



BMVI-Online-Publikation, Nr. 08/2015

Räumlich differenzierte Flächen- potentiale für erneuerbare Energien in Deutschland

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Berlin
Referat G 30

Auftragnehmer

Bosch & Partner GmbH, Hannover
Dr. Wolfgang Peters, Sven Schicketanz, Dr. Marie Hanusch, Alexandra Rohr, Miriam Kothe, Pascal Kinast

in Kooperation mit

Leipziger Institut für Energie GmbH, Leipzig

Matthias Reichmuth, Christian Lorenz, Anne Scheuermann, Alexander Schiffler, Gerd Schröder

Wissenschaftliche Begleitung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im
Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)

Klaus Einig

Dr. Brigitte Zaspel-Heisters

Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten

Zitierhinweise

BMVI (Hrsg.): Räumlich differenzierte Flächenpotentiale für erneuerbare Energien in Deutschland.
BMVI-Online-Publikation 08/2015.

Die vom Auftragnehmer vertretene Auffassung ist nicht unbedingt mit der des Herausgebers oder der wissenschaftlichen Begleitung identisch.

ISSN 2364-6020

© BBSR August 2015

Inhaltsverzeichnis		Seite
Kurzfassung		9
Teil A	Endbericht	17
1	Zielsetzung und Aufbau des Berichts.....	18
1.1	Hintergrund	18
1.2	Aufgaben und Ziele	19
1.3	Vorgehensweise.....	23
2	Methoden und Ergebnisse vorliegender Erhebungen der Flächenpotentiale für den Ausbau erneuerbarer Energien auf Bundes- und Landesebene	27
2.1	Potenzialstudien auf Bundesebene	27
2.2	Potenzialstudien auf Landesebene.....	31
2.3	Fazit	32
3	Ausbauziele des Bundes und der Länder.....	34
3.1	Ausbauziele des Bundes	34
3.2	Ausbauziele der Länder.....	36
3.3	Schlussfolgerungen für den Forschungsansatz	39
4	Formen der Flächeninanspruchnahme und Raumwirkung der EE-Sparten... 	40
4.1	Struktur und Vorgehensweise.....	40
4.2	Windenergie	42
4.3	Photovoltaik-Freiflächen	44
4.4	Photovoltaik-Dachflächen.....	51
4.5	Wasserkraft	54
4.6	Tiefengeothermie	55
4.7	Bioenergie	58
4.8	Zwischenfazit.....	65
5	Methodik der Potenzialanalyse flächenneutraler EE-Nutzungen	66
5.1	Photovoltaik-Dachflächen.....	66
5.2	Wasserkraft	66
5.3	Tiefengeothermie	67
5.4	Bioenergie aus Reststoffen.....	67
5.5	Schlussfolgerungen	68

6	Methodischer Ansatz zur Potenzialanalyse der flächenrelevanten EE-Sparten Windenergie und PV-Freiflächen.....	69
6.1	Konzeptioneller Hintergrund	69
6.2	Festlegung der Flächenkategorien zur Abbildung der im Raum repräsentierten Belange	71
6.3	Bewertung der Empfindlichkeit der Flächenkategorien gegenüber den einzelnen EE-Sparten.....	79
6.4	Bewertung der Bedeutung bzw. Wertigkeit der Flächenkategorien	80
6.5	Ableitung und Definition von Konfliktrisikoklasse/Restriktionsgrad der Flächenkategorien.....	81
6.6	Bewertung des Konfliktrisikos konkreter Flächen durch Aggregation der Restriktionsgrade der auf ihr liegenden Kategorien	85
6.7	Quantitative Abschätzung von Flächen- und Energiepotenzialen	89
6.8	Diskussion der Vor- und Nachteile der beiden Bewertungsansätze	90
7	Methodischer Ansatz der Potenzialanalyse für Bioenergie aus Anbaubiomasse.....	92
8	Ermittelte Potenziale erneuerbarer Energien auf Bundesebene	94
8.1	Photovoltaik-Dachflächen	94
8.2	Wasserkraft	97
8.3	Tiefengeothermie	98
8.4	Bioenergie aus Reststoffen.....	99
8.5	Windenergie	101
8.6	Photovoltaik-Freiflächen	111
8.7	Biomasseanbau.....	116
8.8	Umgang mit Flächenkonkurrenzen zwischen flächenrelevanten EE-Sparten	117
8.9	Diskussion der Datengrundlagen.....	118
8.10	Diskussion der Ergebnisse	121
8.11	Schlussfolgerungen für die Methodendiskussion	125

9	Übertragbarkeit der Methodik zur Abschätzung der Flächenpotenziale für die Nutzung Erneuerbarer Energien.....	127
10	Ausblick und weiterer Forschungsbedarf	131
Teil B	Anhang.....	133
1	Ausbauziele der Bundesländer Baden-Württemberg und Sachsen.....	134
2	Übersicht der zentralen Zielstellungen und Methoden einschlägiger Potenzialstudien erneuerbarer Energien auf Bundes- und Landesebene....	135
3	Überblick der Ausbauziele und -pfade für erneuerbare Energien auf Bundesebene bis 2030/32	146
4	Übersicht der verwendeten Nutzungs- und Flächenkategorien der ATKIS Daten	149
5	Flächenkategorien für eine bundesweite Potenzialanalyse mit exemplarischer Bewertung der Konfliktrisikostufen	151
5.1	Windenergie	152
5.2	Photovoltaik-Freifläche	177
6	Festgelegte technische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen für die EE-Sparten.....	200
7	Spartenübergreifende Rahmenbedingungen	204
8	Strombedarfsanalyse auf Bundesebene.....	207
8.1	Methodik zur Strombedarfsanalyse	207
8.2	Zwischenfazit.....	215
	Quellenverzeichnis.....	217

Abbildungsverzeichnis**Seite**

<i>Abbildung 1 Schematischer Überblick über die Arbeitspakete und Berichtsstruktur</i>	<i>23</i>
<i>Abbildung 2 Nutzbare Fläche in km² nach Bundesland [BWE 2011]</i>	<i>30</i>
<i>Abbildung 3 Ausbauziele erneuerbarer Energien nach Bundesland bis zum Jahr 2022 (in Gigawatt) nach dena [2012].</i>	<i>37</i>
<i>Abbildung 4 Screenshot des Verschattungsberechnungstools der Fa. Schletter.....</i>	<i>47</i>
<i>Abbildung 5 Regionale Verteilung von energetisch nutzbaren Aquiferen [LIAG 2011].....</i>	<i>57</i>
<i>Abbildung 6 Konfliktanalyse auf der Sachebene anhand des Grundmodells Ursache-Wirkung-Betroffener [nach Bernotat 2003]</i>	<i>79</i>
<i>Abbildung 7 Schematische Darstellung der Vorgehensweise bei der GIS-gestützten Ermittlung der Potenzialflächen.....</i>	<i>86</i>
<i>Abbildung 8 Schematische Darstellung der Vorgehensweise bei der GIS-gestützten Ermittlung der Gesamtrestriktionsklasse nach n-Ansatz.....</i>	<i>87</i>
<i>Abbildung 9 Schematische Darstellung der Vorgehensweise bei der GIS-gestützten Ermittlung des Gesamtrestriktionsgrades nach wirkungsfokussierten Ansatz..</i>	<i>87</i>
<i>Abbildung 10 Fallkonstellation der Bewertung von überlagerten Restriktionsflächen deren Gesamtwertung nicht zum Ausschluss der Fläche führt</i>	<i>88</i>
<i>Abbildung 12 n-Ansatz für Flächenpotenziale der Windenergie auf Bundesebene.....</i>	<i>108</i>
<i>Abbildung 13 w-Ansatz für Flächenpotenziale der Windenergie auf Bundesebene</i>	<i>109</i>
<i>Abbildung 14 Direkte Tabuflächen für die Windenergienutzung auf Bundesebene</i>	<i>110</i>
<i>Abbildung 15 n-Ansatz für Flächenpotenziale für PV-Freifläche auf Bundesebene.....</i>	<i>114</i>
<i>Abbildung 16 Tabuflächen für PV-Freiflächenanlagen auf Bundesebene.....</i>	<i>115</i>
<i>Abbildung 17 Überblick der Tabuflächen nach Nutzungs- und Flächenkategorien und den festgelegten Abstandswerten für die Windenergienutzung</i>	<i>124</i>
<i>Abbildung 18 Die Module des Berechnungsmodells und Anpassungserfordernisse</i>	<i>128</i>
<i>Abbildung 19 Modell einer regionalisierten Strombedarfsanalyse</i>	<i>207</i>
<i>Abbildung 20 Stromverbrauch/-bedarf der Privaten Haushalte nach Anwendungsarten.....</i>	<i>208</i>
<i>Abbildung 21 Stromverbrauch/-bedarf der Privaten Haushalte des Landkreises Bautzen nach Anwendungsarten</i>	<i>210</i>
<i>Abbildung 22 Stromverbrauch/-bedarf der Sektoren Industrie/GHD des Landkreises Bautzen</i>	<i>212</i>
<i>Abbildung 23 Stromverbrauch/-bedarf des Verkehrssektors des Landkreises Bautzen.....</i>	<i>214</i>
<i>Abbildung 24 Stromverbrauch/-bedarf des Landkreises Bautzen.....</i>	<i>214</i>
<i>Abbildung 25 Stromverbrauch/-bedarf des Freistaats Sachsen.....</i>	<i>215</i>

Tabellenverzeichnis**Seite**

<i>Tabelle 1</i>	<i>Übersicht der weitestgehenden Ausbaupfade Erneuerbarer Energien in den relevanten Veröffentlichungen der Bundesregierung.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabelle 2</i>	<i>Überblick der verwendeten Zieldimensionen bei der Formulierung von Ausbaupfaden und -zielen im Strombereich auf Landesebene.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabelle 3</i>	<i>Bundesländer mit politischen Zielsetzungen für Erneuerbare Energien, ergänzt nach Jonck und Hodsman [2012] und AEE [2012]</i>	<i>38</i>
<i>Tabelle 4</i>	<i>Konflikte bezüglich der Flächeninanspruchnahme und Raumwirkung der Windenergienutzung</i>	<i>44</i>
<i>Tabelle 5</i>	<i>Überblick zum Stand der Technik der Wirkungsgrade von Solarmodulen [DGS 2010].....</i>	<i>45</i>
<i>Tabelle 6</i>	<i>Errechnete installierbare Leistung von PV-Freiflächenanlagen pro Hektar bei verschattungsfreier Montage auf unterschiedlichen Breitenkreisen [eigene Berechnung des IE Leipzig (Nutzung des Schletter-Simulationsprogramms)] .</i>	<i>48</i>
<i>Tabelle 7</i>	<i>Konflikte bezüglich der Flächeninanspruchnahme für PV-Freiflächenanlagen.</i>	<i>51</i>
<i>Tabelle 8</i>	<i>Kulturspezifische Stromerträge je Hektar Anbaufläche [FNR 2011].....</i>	<i>63</i>
<i>Tabelle 9</i>	<i>Potenzielle Konflikte des Biomasseanbaus mit Schutzbelangen</i>	<i>64</i>
<i>Tabelle 10</i>	<i>Übersicht der Datenbasis von Nutzungs- und Flächenkategorien spezifischer Bedeutung (detaillierte Auflistung der ATKIS Zuordnung im Anhang Teil B 5).</i>	<i>73</i>
<i>Tabelle 11</i>	<i>Übersicht der Datenbasis zu naturschutz- und gemeinschaftsrechtlichen Flächenkategorien auf Bundesebene.</i>	<i>75</i>
<i>Tabelle 12</i>	<i>Erläuterung der fünf Bewertungskategorien des normenfokussierten Ansatzes (vgl. Anhang Teil B 6).....</i>	<i>83</i>
<i>Tabelle 13</i>	<i>Erläuterung der zehn Bewertungskategorien des wirkungsfokussierten Ansatzes</i>	<i>85</i>
<i>Tabelle 14</i>	<i>Technisches Potenzial der Photovoltaik auf Dachflächen nach Bundesländern</i>	<i>96</i>
<i>Tabelle 15</i>	<i>Technisches und erschließbares Potenzial der Wasserkraft nach Bundesländern.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabelle 16</i>	<i>Technisches Potenzial der Tiefengeothermie nach Bundesländern.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabelle 17</i>	<i>Technisches Brennstoffpotenzial von Biomasse-Reststoffen in Deutschland 2008.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabelle 18</i>	<i>Übersicht der Flächenpotenziale für Windenergie nach dem n-Ansatz.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabelle 19</i>	<i>Übersicht der Flächenpotenziale für Windenergie nach dem w-Ansatz</i>	<i>106</i>
<i>Tabelle 20</i>	<i>Übersicht der Flächenpotenziale für PV-Freifläche nach dem n-Ansatz</i>	<i>113</i>
<i>Tabelle 21:</i>	<i>Übersicht der Flächenpotenziale der Biomassebereitstellung zur Stromerzeugung und Potenziale der installierbaren Leistung sowie der Stromerzeugung.....</i>	<i>117</i>
<i>Tabelle 22:</i>	<i>Überblick zum Wissensbedarf und der Datenverfügbarkeit auf Bundesebene</i>	<i>119</i>
<i>Tabelle 23:</i>	<i>Überblick zu den Qualitäten verwendeter Datengrundlagen</i>	<i>120</i>
<i>Tabelle 24</i>	<i>Exemplarische Übersicht der Zielgrößen zum Ausbau der jährlichen Stromerzeugung aus erneuerbarer Energien anhand der relevanten Veröffentlichungen der Bundesländer Baden-Württemberg und Sachsen</i>	<i>134</i>
<i>Tabelle 25</i>	<i>Ergebnisübersicht der Analyse von drei Potenzialstudien auf Bundesebene.</i>	<i>135</i>

<i>Tabelle 26</i>	<i>Ergebnisse der Kurzrecherche von vier Landespotenzialstudien.....</i>	<i>140</i>
<i>Tabelle 27</i>	<i>Zielgrößen zum Ausbau der Leistung von Anlagen zur Stromerzeugung erneuerbarer Energien in den relevanten Veröffentlichungen der Bundesregierung.....</i>	<i>147</i>
<i>Tabelle 28</i>	<i>Zielgrößen zum Ausbau der jährlichen Stromerzeugung aus erneuerbarer Energien in den relevanten Veröffentlichungen der Bundesregierung</i>	<i>148</i>
<i>Tabelle 29</i>	<i>Übersicht der Indikatoren- und Datenbasis zu besondere Nutzungs- und Flächenkategorien auf Bundesebene, zusammengestellt aus den ATKIS-Daten.</i>	<i>149</i>
<i>Tabelle 30</i>	<i>Fachliche Bewertung der Restriktivität von Nutzungs- und Flächenkategorien gegenüber der Windenergienutzung zur Ermittlung umwelt- und raumverträglicher Potenzialflächen</i>	<i>153</i>
<i>Tabelle 31</i>	<i>Fachliche Bewertung der Restriktionsgrade von Flächennutzungen gegenüber Solarenergie auf Freiflächen</i>	<i>177</i>
<i>Tabelle 32</i>	<i>Übersicht der spartenspezifischen wirtschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen sowie der Flächenbedarfe</i>	<i>200</i>
<i>Tabelle 33</i>	<i>Datengrundlagen zur Berechnung des Stromverbrauchs/-bedarfs der Privaten Haushalte.....</i>	<i>209</i>
<i>Tabelle 34</i>	<i>Datengrundlagen zur Berechnung des Stromverbrauchs/-bedarfs der Sektoren Industrie/GHD</i>	<i>211</i>
<i>Tabelle 35</i>	<i>Datengrundlagen zur Berechnung des Stromverbrauchs/-bedarfs des Verkehrssektors</i>	<i>213</i>

Abkürzungsverzeichnis

ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BVerwGE	Bundesverwaltungsgericht
DBFZ	Deutsches Biomasseforschungszentrum
DWD	Deutscher Wetterdienst
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare Energien Gesetz
FFH	Flora-Fauna-Habitat
GIS	Geographisches Informationssystem
GVE	Großvieheinheiten
KUP	Kurzumtriebsplantagen
NawaRo	Nachwachsende Rohstoffe
OVG	Oberverwaltungsgericht
PV	Photovoltaik (häufige Unterscheidung in PV-Dachfläche und PV-Freifläche)
ROPLAMO	Raumordnungsplan-Monitor
WEA	Windenergieanlage

Kurzfassung

Problemstellung

Die Frage nach der **Verfügbarkeit möglichst raum- und umweltverträglicher Flächen- und Erzeugungspotenziale** gewinnt auf allen Planungsebenen (Bund, Länder, Regionen und Kommunen) zunehmend an Bedeutung. Dahinter steht das erklärte Ziel der Bundesregierung die Nutzung erneuerbarer Energien (EE), insbesondere zur Stromerzeugung, deutlich auszubauen. Das 2010 von der Bundesregierung beschlossene Energiekonzept formuliert hierzu Ausbauziele, die den Nutzungsdruck auf die verfügbaren Flächen absehbar deutlich erhöhen werden. Durch das zuletzt 2014 novellierte EEG wird vermutlich auch die Zunahme des Flächendrucks etwas gemindert, der Trend wird aber anhalten.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Stromgewinnung aus erneuerbaren Energien (EE) aufgrund des größeren Flächenbedarfs im Vergleich zur fossilen Energieerzeugung wesentlich raumwirksamer ist. Hintergrund ist die geringere Energiedichte der EE. Zwar ist die Intensität der Auswirkungen einzelner Anlagen und Nutzungen deutlich schwächer, die von den Wirkungen betroffene Gesamtfläche jedoch bedeutend größer. Bereits heute, bei einem EE-Anteil von ca. 20 % am Bruttostromverbrauch [BMU 2012c], sind sichtbare Nutzungskonflikte mit anderen Raumnutzungen und den Zielen des Naturschutzes eine ubiquitäre Begleiterscheinung. Mit Blick auf das Bundesziel, bis 2020 den EE-Anteil am Bruttostromverbrauch auf 35 % und bis 2030 auf 50 % zu erhöhen, wird deutlich, dass sich die Konflikte weiter verschärfen werden. Zur Konfliktvermeidung bzw. -minimierung, ist es erforderlich, die unter angemessener Berücksichtigung von Raum- und Umweltbelangen vorliegenden Flächenpotenziale für die Nutzung erneuerbarer Energien zu kennen, um Vorhaben zukünftig auf die geeigneten Standorte lenken zu können. Denn nicht jeder Raum ist gleichermaßen für die Nutzung der verschiedenen Sparten der erneuerbaren Energien geeignet. Um negative Auswirkungen zu minimieren, ist daher eine räumliche Steuerung des Ausbaus auf jene Standorte unerlässlich, die sich besonders für die entsprechende Nutzungsart eignen und gleichzeitig andere Nutzungs- und Schutzbelange möglichst wenig beeinträchtigt. Der Raumordnung kommt dabei die wichtige Rolle zu, die Eignungsmerkmale sowie die entgegenstehenden Nutzungs- und Schutzbelange möglichst frühzeitig in die Planungs- und Entscheidungsprozesse einzubringen. Das sollte bereits bei der Formulierung von Ausbauzielen durch die Bundesregierung beginnen, indem diese von Anfang an mit den unter Berücksichtigung der entgegenstehenden Nutzungs- und Schutzbelange zur Verfügung stehenden Flächenpotenzialen abgeglichen werden.

Zielsetzung

Vor diesem Hintergrund ist es Ziel des Forschungsvorhabens, ein praxisgerechtes **Methodenkonzept zur quantitativen Abschätzung der Flächenpotenziale** zu entwickeln, die zur Nutzung durch die verschiedenen EE-Sparten zur Verfügung stehen. Dazu gehören der Biomasseanbau und Bioenergieanlagen, Photovoltaik, Windenergie, Wasserkraft und Tiefengeothermie. Die Erarbeitung des Methodenkonzepts erfolgte mit Blick auf eine bundesweite Anwendbarkeit. Dabei stand die Frage im Vordergrund, wie die verschiedenen Parameter, durch die die Flächenpotenziale bestimmt werden (Eignungskriterien: Windhöufigkeit, Solarstrahlung, spartenspezifischer Flächenbedarf und raumbezogene Wirkungen auf andere

Nutzungs- und Schutzbelange) angemessen und mit vertretbarem Aufwand berücksichtigt werden können.

Vorgehen

Die Durchführung des Forschungsvorhabens erfolgte in vier Arbeitsphasen: eine Analysephase, eine Entwicklungs- und eine Ermittlungsphase mit anschließender Auswertungsphase.

Mit der Auswertung und Aufbereitung des aktuellen Stands von Forschung und Technik sowie des technischen Entwicklungspotenzials erneuerbarer Energien wurden in der **Analysephase** die zentralen Voraussetzungen für die Methodenentwicklung geschaffen. Darauf bauten eine Analyse sowie ein Expertendiskurs zur breiten Diskussion über Anforderungen, Möglichkeiten und Grenzen von Potenzialanalysen erneuerbarer Energien auf. Dazu kam die Recherche relevanter Geodaten, die anwendungsorientiert in Form von Nutzungs- und Flächenkategorien aufbereitet wurden. Ausgehend vom ermittelten Stand der Technik wurden im Ergebnis die für Potenzialanalysen auf Bundesebene relevanten Rahmenbedingungen festgelegt. Das gilt insbesondere für die durchschnittlichen Flächenbedarfe und typischen Raumwirkungen der verschiedenen EE-Sparten sowie die Auswahl der für die Potenzialermittlung geeigneten Geodaten.

In der **Entwicklungsphase** wurde das Grundgerüst der Analysemethode iterativ erarbeitet. Begonnen wurde mit der Auswahl von Nutzungs- und Flächenkategorien, welche die Abbildung der spezifischen Eignung und Empfindlichkeit eines Raumes im Hinblick auf die Nutzung erneuerbarer Energien erlauben. Anschließend wurden diese hinsichtlich ihrer Restriktivität gegenüber einer Nutzung der einzelnen EE-Sparten bewertet. Dabei galt der Anspruch eine räumlich differenzierte Analyse zu ermöglichen, die über eine ja/nein-Bewertung der Flächen als „Tabu“ oder „Eignung“ hinausgeht. Im Anschluss erfolgte die Entwicklung der GIS-gestützten Methodik zur räumlichen Analyse der Potenzialflächen, die eine Verschneidung der räumlichen Eignung und Empfindlichkeit mit den spezifischen Anforderungen und Raumwirkungen der einzelnen EE-Nutzungsformen erlaubt.

In der **Ermittlungsphase** wurden die Flächenpotentiale für die EE-Nutzung bundesweit mit Hilfe der entwickelten Methoden beispielhaft ermittelt, indem den einzelnen Flächenkategorien auf der Grundlage einer ersten groben gutachterlichen Einschätzung der möglichen Wirkungszusammenhänge, Restriktionsgrade zugeordnet wurden. Dabei wurden innerhalb des Forschungsvorhabens exemplarisch zwei unterschiedliche Strategien verfolgt.

In der abschließenden **Auswertungsphase** wurden das Methodenkonzept und die beiden Bewertungsstrategien verglichen und die exemplarisch unter Anwendung der Methodik erzielten Ergebnisse analysiert.

Projektergebnisse

Die exemplarische Anwendung der entwickelten Methodik hat die grundsätzliche Praktikabilität des Ansatzes unter Beweis gestellt. Das gilt nicht zuletzt auch für die komplexen GIS-gestützten Schritte der Methodik. Gleichzeitig wurde jedoch auch deutlich, wie stark die Ergebnisse davon abhängen, mit welchen Restriktionsgraden die einzelnen Flächenkategorien

bewertet wurden. Daher ist es im Sinne zuverlässiger Ergebnisse erforderlich, die Bewertung der Flächenkategorien auf eine gesichertere Wissensbasis zu stellen und diese in einem möglichst breit angelegten Expertenkreis zu diskutieren.

Die unter Anwendung der Methodik ermittelten Ergebnisse bilden die Flächenpotenziale für den Ausbau erneuerbarer Energien auf Bundesebene **nachvollziehbar** ab. Dabei kann grundsätzlich zwischen flächenneutralen (z.B. PV-Dachflächenanlagen) und flächenrelevanten (z.B. Windenergie oder PV-Freiflächen) EE-Sparten unterschieden werden.

Das Potenzial für die Nutzung der **flächenneutralen** erneuerbaren Energien wird weniger von den naturschutzfachlichen und raumplanerischen Gegebenheiten bestimmt als vielmehr von den technischen Anforderungen und ökonomischen Bedingungen. Vor diesem Hintergrund wurden diese Kriterien in der Methodik zur Potenzialabschätzung für diese EE-Sparten in den Vordergrund gerückt. Im Ergebnis sind die **PV-Dachflächenpotenziale** insgesamt sehr hoch. Selbst, wenn ein Drittel aller geeigneten Dächer aufgrund persönlicher Gründe der Eigentümer nicht genutzt werden würde, ist das technisch geeignete Dachflächenpotenzial groß genug, um auch die am weitesten gesteckten Ausbauziele, die bis 2032 65 GW aus PV-Anlagen vorsehen [BMU 2012], zu erreichen, und dass, ohne zusätzliche Freiflächen in Anspruch nehmen zu müssen. Auch das voraussichtlich realisierbare Erzeugungspotenzial der **Wasserkraft** ist groß genug, um die Ausbauziele erreichen zu können. Deutschlandweit wurde ein voraussichtlich realisierbares Leistungspotenzial von 1.123 MW ermittelt. Im Bereich der **Tiefengeothermie** ist aufgrund der technischen Bedingungen mittelfristig nicht mit einer Erschließung der vorhandenen Potenziale zu rechnen. Die Ermittlung der Bioenergiepotenziale aus **Biomassereststoffen** ist aufgrund vielfältiger technischer und wirtschaftlicher Randbedingungen insgesamt mit vergleichsweise großen Unsicherheiten verbunden. Bei vorsichtiger Schätzung unter Berücksichtigung dieser Unsicherheiten beträgt das für die Stromerzeugung erschließbare Potenzial jährlich rund 25 TWh. Das Potenzial wird jedoch bereits zu mehr als 90 % für die Wärmeerzeugung genutzt. Die Nutzung der Potenziale der flächenneutralen erneuerbaren Energien würde den Flächenbedarf für die **flächenrelevanten Formen der EE-Nutzung** mindern und sollte daher eindeutig Vorrang haben.

Die Größe der Flächenpotenziale für die flächenrelevanten EE-Formen ist in erster Linie abhängig von der Eignung und den bestehenden Nutzungsrestriktionen aufgrund entgegenstehender Nutzungs- und Schutzbelange. Das auf der Grundlage unterschiedlicher Restriktionskriterien ermittelte restriktionsfreie Flächenpotenzial für die **Windenergienutzung** an Land beträgt rund 1,7 % der Bundesfläche. Dabei sind dem Bündelungsgebot folgend nur Flächen eingerechnet, die groß genug sind, drei oder mehr Anlagen aufzunehmen. Ausgehend vom angenommenen Flächenbedarf je Anlage, könnten auf dieser Fläche rund 125 GW Leistung realisiert werden. Im Bereich der Flächenpotenziale für **PV-Freiflächenanlagen** wurden für die Nutzung restriktionsfreie Flächen im Gesamtumfang von ca. 316.400 ha ermittelt, rund 0,9 % der Fläche der Bundesrepublik. Bei alleiniger Nutzung der restriktionsfreien Fläche und unter Beachtung sich ausschließender Doppelnutzung ergeben sich damit Flächenpotenziale für über 143 GW installierbare Leistung. Die ermittelten Potenziale für den **Biomasseanbau zur Stromerzeugung** betragen rund 1.856.000 ha. Das entspricht ca. 11 % der landwirtschaftlichen Fläche Deutschlands. Unter der Annahme von Durchschnittswerten ermöglicht diese Fläche über den Biogaspfad die Versorgung von rund 3.712 MW installierbarer Leistung und eine mögliche Erzeugung von 27.840 GWh pro Jahr.

Ob die ermittelten Potenziale tatsächlich realisiert werden, hängt entscheidend von der Entwicklung der technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ab. Diese werden nicht zuletzt durch die EEG-Vergütung bestimmt und können daher vom Bedarf auch gezielt beeinflusst werden.

Ausblick

Die mit der Nutzung erneuerbarer Energien verbundenen Konflikte werden mit dem Ausbau der EE in Zukunft weiter zunehmen. Das macht es erforderlich, die möglichen Konflikte mit anderen raumbezogenen Belangen bereits bei der Potenzialermittlung zu bedenken. Das Vorhaben liefert dazu ein methodisches Konzept für eine bundesweite Analyse. Mit dem vorliegenden Berechnungsmodell wird eine Methodik vorgelegt, die es ermöglicht, die Nutzung der einzelnen Sparten erneuerbarer Energien und deren grundlegenden Raumansprüche und Raumwirkungen mit den im Raum vorliegenden Gegebenheiten und planerischen Zielsetzungen zu verschneiden. So können den Flächen Konfliktrisiken bzw. Nutzungsrestriktionen zugeordnet werden, welche die Flächenpotenziale für die einzelnen EE-Sparten einschränken. Im Ergebnis werden Flächenpotenziale ermittelt, die die konkurrierenden Nutzungs- und Schutzbelange im Raum berücksichtigen.

Indem diese Flächenpotenziale den EE-Ausbauzielen gegenübergestellt werden, kann abgeschätzt werden, ob sich die Ausbauziele im Raum ohne größere Nutzungskonflikte umsetzen lassen oder sie andernfalls angepasst werden sollten.

Mit Hilfe der entwickelten Methodik können verschiedene Szenarien und Rahmenbedingungen zum Ausbau der Nutzung Erneuerbarer Energien, wie z.B. die Definition von Mindestabständen oder die räumliche Verteilung (zentral/dezentral), relativ schnell im Hinblick auf die damit verbundenen räumlichen Konfliktrisiken beurteilt werden.

Mit Blick auf die zukünftigen Anforderungen ist festzustellen, dass verstärkt qualifiziertere Grundlagen für Entscheidungen über den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien benötigt werden. Es ist erforderlich die vorhandenen Flächenkategorien weiter zu differenzieren und deren Bewertung auf eine breitere fachliche Basis zu stellen. Im Zentrum muss dabei die Vorgehensweise zur Bewertung der Nutzungsrestriktionen von Flächen bzw. Flächenkategorien stehen. Dazu ist die Fortführung der Diskussion auf zwei Ebenen erforderlich. Zunächst sollte die Expertendiskussion auf der fachlich methodischen Ebene fortgesetzt werden. Um eine Bewertung der Flächen- und Nutzungskategorien auf instrumenteller Ebene vorzunehmen, kann eine Diskussion mit Experten weiterhelfen. Als zunehmend wichtiger Bestandteil der Analyse sind dabei die Aussagen der Raumordnung, insbesondere die der Regionalplanung, zu beurteilen.

Letztlich rückt, neben der Raumwirksamkeit des EE-Ausbaus, zunehmend auch die Bewertung der Raumverträglichkeit des Netzausbaus als mögliches Anwendungsfeld der Methodik in den Blick.

Abstract

Problem statement

The question of the availability **of space and generation potentials** in a manner most suitable for the area and the environment is gaining importance at all planning levels (federal, state, regional and municipal). This is due to the national government's goal to extensively expand the use of renewable energy especially in the field of electricity generation. The national government's energy concept of 2010 formulates development goals, which will further increase the demand for available space. The pressure on available space will probably lessen slightly due to the 2014 amendments to the *EEG* (Renewable Energy Law) but the trend will continue.

Generally speaking one can say that electricity generation from renewable energy sources requires more space compared to energy generation from fossil fuels. This is due to the lower energy density of renewable energy. The intensity of the impact of single sites and usage is significantly lower but the total area impacted upon is significantly greater. Today's 20 per cent share of renewable energy in the gross electricity consumption [BMU 2012c] already shows a conflict in interest with other space usages and aims of conservation. Conflicts will intensify due to the federal level's goal to increase the share of renewable energy to 35 per cent in 2020 and 50 per cent in 2030. In order to avoid or minimise the potential conflicts, one needs to know the space potential for the use for renewable energy, based on the spatial and environmental concerns in order to direct projects towards suitable sites. Not every area is suitable in the same way for the usage of the different types of renewable energies. In order to minimise negative impacts, the expansion of renewable energy requires spatial control for sites suited for a certain type of usage and which cause the least concerns about usage and conservation. Land use planning is of importance to introduce suitability attributes as well as conflicting usage and conservation concerns early on in the planning and decision-making process. This should already feature in the formulating of the government's expansion goals through the examination of potential areas while paying attention to conflicting usage and conservation concerns.

Objective

Against this backdrop, this research project aims to develop a practical **methodological concept for a quantitative estimate of potential areas**, which can be used for the different types of renewable energy (biomass/biogas sites, photovoltaics, wind energy, hydrodynamic power and minewater projects). This concept was developed to be applied nationwide. The main question was how the different parameters used to define the spatial potentials (suitability, wind conditions, solar radiation, type-specific spatial requirements and space-related impacts on other usage as well as conservation concerns) can be factored in appropriately and with reasonable effort.

Approach

The research project consisted of four work phases: an analytical phase, a development phase, an investigative phase and an evaluation phase.

The central prerequisites for the development of the method for the **analytical phase** were established with the evaluation and the processing of the current state of research and technology as well as the technical development potential of renewable energy. It was the basis for an analysis and discourse of experts on the possibilities and limits of analyses of potentials of renewable energy. Relevant geo-data was edited in an application-oriented manner. Starting from the determined state of technology, the general requirements for the analysis of potentials of renewable energy at federal level were set. This is particularly true for the average area requirements and typical spatial impacts of different renewable energy types as well as the selection of the suitable geo-data for the determination of the potential.

The basic framework of the method of analysis was compiled iteratively in the **development phase**. It began with the selection of usage and spatial categories, which allowed the mapping of the specific suitability and sensitivity of a space concerning its usage by renewable energy. These spaces were then reviewed according to their restrictions vis-à-vis the different renewable energy types. The aim was to allow for a spatially differentiated analysis, which went beyond a yes/no-assessment, i.e. “taboo” or “suitable”, of the areas. Subsequently a GIS-based method for the analyses of potentials was developed, which allowed for a blending of the spatial suitability and sensitivity with the specific requirements and spatial impacts of the usage by the individual types of renewable energy.

In the **investigative phase**, the developed methods were used to investigate potential spaces for renewable energy nationwide by allocating grades of restrictions to the individual spatial categories based on a first, rough expert’s option on the potential impacts. The research project exemplarily followed two different strategies here.

The **evaluation phase** consisted of the comparison between the concept of the method and the two evaluation strategies as well as the exemplary results generated from the applied method.

Project results

The exemplary application of the developed method proved the general practicability of the approach. This includes the complex GIS-supported steps. At the same time, however, it was made clear how much the results depend on the evaluation of the grades of restriction allocated to the individual spatial categories. To ensure reliable results, it is therefore of utmost importance to place this assessment of spatial categories on a sound knowledge base and to discuss and debate these in an as wide as possible experts’ circle.

The results generate based on the method comprehensibly show the spatial potential for the expansion of renewable energy at the federal level. One can distinguish between spatially neutral (e.g. roof-based photovoltaics) and spatially relevant (e.g. wind energy or open space photovoltaics) types of renewable energy.

The potential for the usage of **spatially neutral** renewable energy is less dependent on the circumstances from a conservation and landscape planning perspective but rather on the

technological requirements and the economic conditions. For this reason, these criteria were the focal point of the method to estimate the potential for these types of renewable energy. The result shows that the **potential for roof-space photovoltaics** is very high. Even if one third of the technically suitable roofs were not used for personal concerns, the remaining roof-space potential is large enough to generate the most ambitious goal, to generate 65 GW by the year 2032 [BMU 2012] from PV-sites without having to resort to additional open plan spaces. Furthermore, the probable realistic generation potential of **hydrodynamic power** is large enough to reach the expansion goals. The realistic generation potential for the country lies at 1.123 MW. Due to the technical preconditions, it is unlikely that the probable realistic generation from minewater projects will be achieved. The investigation of bio-energy potential from **biomass waste** is highly uncertain due to the variety of technical and scientific boundary conditions. Conservative estimates taking into account these uncertainties place the yearly potential of electricity generation at around 25 TWh. This potential is however already in use by more than 90 per cent for the generation of heat. The usage of the spatially neutral potential would reduce the total area required for the spatially relevant forms of renewable energy and thus should be a priority.

The size of the potential space for the spatially relevant types of renewable energy depends foremost of the suitability and usage restrictions in place for usage and conservation concerns. Based on different restriction criteria the restriction-free spatial potential for onshore wind energy is 1.7 per cent of the national area. This includes only those areas, which are large enough for three or more sites. Based on the expected spatial requirement per site, 125 GW power could be generated here. For open space photovoltaics the space potential comes to 316,400 ha, approx. 0.9 per cent of Germany. By only using restriction-free spaces and avoiding a double usage, there is a potential for the generation of 143 GW. The potential for biomass energy for electricity generation is 1,856,000 ha, 11 per cent of German agricultural land. Using mean values, this area would provide 3,712 MW of installed power and a potential generation of 27,840 GWh per year.

Whether the determined potential can be implemented depends on the development of the technical and economical frameworks, which in the end are set by the *EEG* tariff and can therefore directly be influenced by demand.

Perspective

The conflicts due to the usage of renewable energy will increase with the expansion of renewables in the future. It is therefore essential to include potential conflicts in the list of other spatial concerns in the investigation of potentials. This project provides a methodological concept for a national analysis. The calculation model presents a method, which allows for the blending of the different types of renewable energy and their spatial demands and impact with the present circumstances in the space and the planning goals. Spaces can be allocated conflict and usage risks, which restrict the space potential for the individual types of renewable energy. The results show only space potentials, which have considered the competing usage and conservation concerns.

Comparing this spatial potential with the expansion goals of renewable energy provides an estimate if the expansion goals can be implemented without major usage conflicts or whether they need to be adjusted.

The method allows for a quick assessment of the spatial conflict risks of different scenarios and frameworks involved in the expansion of usage of renewable energy such as defining minimum distances or spatial distribution (centralised/decentralised).

Looking at future demands, there is an increased need for a qualified decision-making process regarding the further expansion of renewable energy. Spatial categories need to be differentiated more and the evaluation needs to be based on a wider specialist basis. The process of evaluating usage restrictions of spaces and spatial categories needs to be at the forefront. The debate ought to be continued at two levels: We need one expert round on the specialist methodological level. We need a second expert group to evaluate the spatial and usage categories. The analysis of land use planning, especially at the regional level, is gaining in importance.

Finally, in addition to the spatial relevance of the expansion of renewable energy, the assessment of the spatial compatibility of the grid expansion is moving into the spotlight as a possible field this method can be applied to.

Teil A Endbericht

1 Zielsetzung und Aufbau des Berichts

1.1 Hintergrund

Die Strom- und Wärmegewinnung aus erneuerbaren Energien (EE) ist im Vergleich zur fossilen Energieerzeugung wesentlich raumgreifender. Zwar ist die Intensität der Auswirkungen der einzelnen Anlagen auf Raum und Umwelt deutlich geringer, der Gesamtbedarf an Fläche ist aufgrund der niedrigeren Energiedichte jedoch deutlich größer. Mit der weiteren Zunahme der Nutzung EE verstärkt sich der Druck auf die aus energiewirtschaftlicher Sicht gut geeigneten Flächen. Schon heute, bei einem EE-Anteil von ca. 20 % am Bruttostromverbrauch [BMU 2012c], bestehen daher vielfältige Konflikte mit bestehenden Nutzungen und Schutzinteressen. Mit Realisierung des Bundesziels, bis 2020 den EE-Anteil am Bruttostromverbrauch auf 35 % und bis 2030 auf 50 % zu erhöhen, werden sich diese Flächennutzungskonflikte weiter verschärfen. Vor dem Hintergrund begrenzter Flächenressourcen muss daher bereits auf Bundesebene parallel zur Erarbeitung von Strategien zum Ausbau der EE-Nutzung der Frage nachgegangen werden, ob und wie die Ausbaupfade und -ziele umwelt- und raumverträglich umgesetzt werden können. Dies nicht zuletzt, um der grundlegenden Anforderung Rechnung zu tragen, dass die abschätzbaren Auswirkungen des Ausbaus EE die natürliche Umwelt nicht erheblich beeinträchtigen und mit den bestehenden sowie geplanten Raumnutzungen und -funktionen vereinbar sein sollen.

Die jeweiligen Sparten der erneuerbaren Energien (Bioenergie, Photovoltaik, Windenergie an Land, Wasserkraft und Tiefengeothermie) stellen unterschiedliche Anforderungen an ihre Standorte und sind mit unterschiedlichen Wirkungen auf andere Raumnutzungen und Schutzanforderungen verbunden. Nicht jeder Raum ist daher gleichermaßen für die Nutzung der verschiedenen Sparten geeignet. Um Nutzungskonflikte und negative Auswirkungen beim Ausbau zu minimieren, ist eine räumliche Steuerung des Ausbaus unerlässlich, die die Energieproduktion aus erneuerbaren Quellen auf möglichst verträgliche Standorte lenkt und von unverträglichen Standorten fern hält.

Aufgrund der gegenüber konventionellen Energienutzungsformen deutlich höheren Raumwirksamkeit von erneuerbaren Energien sowie ihrer vornehmlich dezentralen und kleinteiligen Struktur, bedarf der Ausbau erneuerbarer Energien einer besonders intensiven und frühzeitigen Überprüfung der Raumverträglichkeit der gesetzten politischen Ziele. Dazu ist es zuerst erforderlich, den in Deutschland verfügbaren Umfang der nutzbaren Flächenpotenziale zu ermitteln. Um abschätzen zu können, welcher Flächenumfang in Deutschland zur Windenergienutzung, zum Anbau von energetisch verwertbarer Biomasse und zur Produktion von Sonnenstrom in PV-Freiflächenanlagen geeignet ist, müssen die raumbezogenen Restriktionen bekannt sein.

Aktuell wird bundesweit eine intensive Fachdiskussion über Methoden zur Ermittlung von Flächenpotenzialen und den dabei zu berücksichtigenden Einflussfaktoren geführt [vgl. Calles 2012, UBA Potenzialstudie Windenergie an Land 2013, LANUV Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW 2012, Workshop TU Berlin 2012]. Grundsätzlich ist das Ausmaß der Flächenpotenziale einerseits von den naturräumlichen Gegebenheiten abhängig, welche die Eignung und Schutzbedürftigkeit bestimmen, und andererseits von normativen Vorgaben für die Nutzung des Raumes. Beide Dimensionen mit gleicher Intensität zu analysieren ist bisher

in keiner deutschlandweiten Studie gelungen. So legte die UBA-Studie den Schwerpunkt ihrer Betrachtung auf die Windhöufigkeit und naturschutz- sowie immissionschutzrechtliche Nutzungsvorgaben, berücksichtigte aber nicht die Festlegungen der Regionalplanung. Letztere bestimmen in Deutschland ganz entscheidend darüber, welche Standorte nach aktueller Planungslage für den Bau von Windenergieanlagen infrage kommen und welche rechtlich verbindlichen Vorgaben bei der Genehmigung von anderen Vorhaben erneuerbarer Energie zu berücksichtigen sind. Allerdings sind die rechtlich und planerisch festgelegten Normen in den Ländern immer auch Ausdruck aktueller landespolitischer Wertungen und Strategien zum Ausbau erneuerbarer Energien. Diese unterliegen zum Teil immer wieder Veränderungen. Auch naturschutz-, immissionsschutz- und raumordnungsrechtliche Festlegungen und Vorgaben werden im Laufe der Zeit immer wieder geändert. Verfügbare Datengrundlagen weisen dem gegenüber häufig nur eine eingeschränkte Aktualität auf. In vielen Fällen können auch kleinräumige Verhältnisse nur unzureichend durch Geodaten abgebildet werden, so dass nicht selten Annahmen getroffen und Schätzungen vorgenommen werden müssen. Vor diesem Hintergrund muss festgehalten werden, dass die Ergebnisse der Potenzialhebungen grundsätzlich immer abhängig sind von den berücksichtigten Eingangsparametern und deren Aussagegenauigkeit. Sie stellen keine allgemeingültigen Werte dar. In der Konsequenz sind die Transparenz der Analysemethodik sowie die Abstimmung der Methodik in einem diskursiven Prozess entscheidende Bedingungen für die Validität der Ergebnisse.

1.2 Aufgaben und Ziele

Voraussetzung für die Erarbeitung von Zielen und Strategien, für einen möglichst raum- und umweltverträglichen Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien, ist die Kenntnis über die unter Berücksichtigung umwelt- und raumplanerischer Anforderungen realisierbaren Flächen- und Energiepotenziale. Dieses macht es erforderlich Flächenpotenziale für den Ausbau der Nutzung Erneuerbarer Energien aus Bundessicht zu bestimmen, die die entgegenstehenden raumplanerischen und umweltbezogenen Belange unter Anwendung bundesweit einheitlicher Kriterien berücksichtigen.

Das Vorhaben unterstellt, dass der Bund, wenn er eigene Ausbaupfade und -ziele definiert, dann auch eine eigene Bewertung der Tragfähigkeit des Raumes und seiner Funktionen für die EE-Nutzung durchführen muss, um die raum- und umweltverträgliche Umsetzbarkeit seiner Ziele beurteilen zu können¹. Die aus den Festlegungen und Raumeigenschaften resultierenden spezifischen Restriktionen gegenüber der Nutzung der verschiedenen EE-Sparten wird daher nicht direkt aus den Vorgaben der Länder, wie z.B. länderspezifische Abstandregelungen übernommen, sondern nach bundesweit einheitlichen Maßstäben bewertet, indem den Flächenkategorien der Länder Restriktionsklassen zugeordnet werden.

¹ Wenn dem Bund auf der einen Seite zugestanden wird, eigene Ausbauziele für die Nutzung EE zu formulieren, statt nur die Ausbauziele der Länder und Regionen zu addieren, sollte ihm auch zugestanden werden, die räumliche Tragfähigkeit für die Umsetzung der Ziele nach eigenen Kriterien zu bewerten. Angesichts der Größe des Bezugsraums Bundesrepublik und der notwendigen Einheitlichkeit der Bewertungsmaßstäbe, müssen diese notwendigerweise verallgemeinern und letztlich gröber sein, als auf Ebene der Regionalplanung.

Würde man die Flächenpotenziale direkt aus den Festlegungen der Länder ableiten, ohne diese aus bundesperspektive zu bewerten, würde man sich allein den Maßstäben der einzelnen Bundesländer und den daraus resultierenden Zielen und Strategien zum Ausbau der Nutzung Erneuerbarer Energien anschließen. Die Ermittlung des bundesweiten Potenzials soll hier aber nicht einfach durch eine schlichte Addition der Ergebnisse aus den Potenzialermittlungen der Länder erfolgen, wie das beispielsweise in einem Szenario der Netzentwicklungsplanung erfolgt ist. Bezüglich dieser Ergebnisse herrscht weitgehendes Einvernehmen darüber, dass die Potenziale insgesamt deutlich zu hoch gegriffen sind. Zudem würde sich der Bund von den schwankenden grundlegenden Einstellungen der Länder zum Ausbau der Erneuerbaren Energien, wie sie zuletzt z.B. in den in Bayern politisch geforderten Abstandswerten der Windenergienutzung zu Siedlungen zum Ausdruck gekommen sind, abhängig machen.

Die im Raum vorliegenden Belange erzeugen Restriktionen gegenüber der EE-Nutzung. Die Art und Stärke dieser Restriktionen werden durch die, mit den einzelnen Nutzungsformen (EE-Sparten) verbundenen, spezifischen Wirkungen auf die einzelnen Belange bestimmt. Im Ergebnis muss definiert werden, welche der die Belange repräsentierenden Flächenkategorien wie gut mit den einzelnen EE-Nutzungen und deren spezifischen Wirkungen vereinbar sind. Dies wird durch den spartenspezifischen Restriktionsgrad der Flächenkategorien gegenüber EE-Nutzungen ausgedrückt.

Grundlage für die Einstufung der Flächenkategorien in Restriktionsklassen bildet daher eine Abschätzung der mit einer Nutzung dieser Flächen potenziell verbundenen Konfliktrisiken. Da nur wenige Flächenkategorien bestimmte EE-Nutzungen kategorisch ausschließen, ist es erforderlich, die Wirkungen der einzelnen EE-Sparten auf jene durch die Flächenkategorien repräsentierten Flächeneigenschaften und Zielaussagen abzuschätzen. Viele Flächeneigenschaften bzw. planerische Zielaussagen, welche zukünftige Flächeneigenschaften repräsentieren, sind zum Teil und unter Einschränkungen für die EE-Nutzung geeignet. Diese Teilflächen sind daher mit einem geringeren Konfliktrisiko behaftet. Ganz ohne Konfliktrisiken, kann beispielsweise sogar innerhalb von Eignungsgebieten keine Windenergienutzung realisiert werden, da auch hier immer noch Artenschutzbelange, die bei der Flächenauswahl nicht erfasst werden konnten zur Unzulässigkeit führen können.

Das Flächenpotenzial repräsentiert die Summe der Flächen deren Restriktionsklassen eine Nutzung erneuerbarer Energieproduktion nicht unwahrscheinlich erscheinen lassen (Klassen mit niedrigen bzw. gar keinen Restriktionen gegenüber den einzelnen Energiesparten). Dabei werden die Flächen, deren Kategorien eine bedingte Nutzung möglich erscheinen lassen, entsprechend ihrer Restriktionsklassen anteilig in der Aufsummierung der Flächengrößen berücksichtigt, ohne dass die geeigneten Flächenteile räumlich genau bestimmt werden. Dies bedeutet, dass das Flächenpotenzial direkter Ausdruck einer aus der Perspektive und nach Maßstäben des Bundes vorgenommenen Bewertung ist. Dabei beinhaltet die Bewertung allerdings die rechtlichen Vorgaben der berücksichtigten raumordnungs- und naturschutzrechtlichen Festlegungen sowie die durch Abstandregelungen repräsentierten Raumeigenschaften der Länder.

Die Ermittlung von Flächenpotenzialen steht dabei immer unter dem Vorbehalt, dass es kein absolutes und einzig wahres Flächenpotenzial für den Ausbau der Erneuerbaren Energien

gibt, sondern dass die Größe der ermittelten Potenziale maßgeblich von den berücksichtigten Einflussfaktoren und deren Bewertung abhängig ist. Die Bewertung kann dabei immer dann hohe Gültigkeit beanspruchen, wenn sie im Kontext breiter gesellschaftlicher, politischer und planerischer Abwägungs- und Diskussionsprozesse erfolgt ist.

Vor diesem Hintergrund besteht die Hauptaufgabe des Vorhabens in der Entwicklung und Erprobung einer Methodik zur Abschätzung der raum- und umweltverträglichen Flächenpotenziale für die Nutzung der verschiedenen EE-Sparten. Damit verbunden ist die exemplarische Analyse der spartenspezifischen Flächenpotenziale auf Bundesebene. Ein Fokus wird dabei auf die besonders raumwirksamen Sparten Windenergienutzung und Photovoltaikfreiflächenanlagen gelegt.

Für die zu entwickelnde Methodik bedeutet das, dass ein flexibles Instrument bereitgestellt werden muss, welches einen transparenten Analyseprozess gewährleistet. Die möglichen kurz- und mittelfristigen Veränderungen der Einflussfaktoren und deren Bewertung sollten im Rahmen von alternativen Szenarien berücksichtigt werden können, ohne die Methodik in ihrer Grundstruktur verändern zu müssen. Damit soll ermöglicht werden auf die unterschiedlichen Entwicklungen beim Ausbau der EE reagieren zu können und die dafür erforderlichen politischen und planerischen Entscheidungen zu unterstützen.

Die Methodik basiert auf der Weiterentwicklung etablierter Ansätze sowie bestehender Analysemethoden. Besonderes Augenmerk wird auf die Berücksichtigung von raumordnerischen Belangen und Festsetzungen gelegt, wie sie durch die Regionalplanung der Länder definiert werden. Berücksichtigt werden zeichnerische, verbindliche Festlegungen aus aktuell gültigen Plänen der Regionalplanung, die im Rahmen des Raumordnungsplanmonitors (ROPLAMO) für das gesamte Bundesgebiet vorliegen. Der ROPLAMO beinhaltet die wesentlichen raumrelevanten Datengrundlagen und Informationen für landes- und regionsweit ausgewiesenen verbindlichen zeichnerische Festlegungen der Raumordnung (Ziele und Grundsätze der Raumordnung).

Mit der entwickelten Methodik wird eine räumlich differenzierte Potenzialanalyse auf Bundesebene ermöglicht, die auf der Grundlage bundesweit vorhandener Geodaten die ökologische und raumplanerische Eignung der Bundesrepublik für die Nutzung durch die verschiedenen EE-Sparten berücksichtigt. Dies erfolgt nach einem bundesweit einheitlichen Grundkonzept, in dem die geographischen Besonderheiten und Unterschiede zwischen einzelnen Regionen auf der Grundlage verfügbarer Geodaten abgebildet werden.

Um die Flächenpotenziale für erneuerbare Energien räumlich differenziert und spartenspezifisch ermitteln zu können, müssen folgende Parameter berücksichtigt werden:

- die Art der spartenspezifischen Flächeninanspruchnahmen und die daraus resultierenden Raumwirkungen,
- die aus der Beschaffenheit und den spezifischen normativen Bindungen resultierende Empfindlichkeit der Flächen- und Raumeinheiten gegenüber diesen Wirkungen und die damit verbundenen potentiellen umweltbezogenen und raumordnerischen Restriktionen aufgrund der zu erwartenden Konflikte mit konkurrierenden Nutzungsinter-

ressen (Siedlung, Landwirtschaft, Forstwirtschaft) und Schutzinteressen (Naturschutz, Mindestabstände etc.),

- die physischen Voraussetzungen für die technische Eignung von Flächen- und Raumeinheiten sowie die damit verbundenen Bedingungen für die Wirtschaftlichkeit der Nutzung der einzelnen EE-Sparten.

Durch die Analyseergebnisse soll den Akteuren eine solide Sachgrundlage bereitgestellt werden, auf der eine transparente Diskussion von Ausbauzielen, den damit verbundenen Konsequenzen für den Raum und die darin enthaltenen Nutzungen und Funktionen möglich ist. Damit werden sie in die Lage versetzt, Handlungsempfehlungen für den weiteren Ausbau der EE vor dem Hintergrund der räumlichen Tragfähigkeit zu formulieren. Weiterführend wird damit die Grundlage zur Prüfung bestehender Zielsetzungen auf ihre Raum- und Umweltverträglichkeit geschaffen. Dazu ist es nicht erforderlich, konkrete, für die Nutzung Erneuerbarer Energien verfügbare Flächen zu identifizieren, sondern vielmehr ein summarisches Flächenpotenzial zu ermitteln, das sich aber auf verschiedenen Verwaltungsebenen (Bund, Länder, Landkreise) herunterbrechen und damit räumlich differenzieren lassen sollte.

Das Grundkonzept des Berechnungsmodells ist darüber hinaus so angelegt, dass es auch zur getrennten Ermittlung raum- und umweltverträglicher EE-Flächenpotenziale auf Landes- und regionaler Ebene geeignet ist. Dazu können die regionalen Besonderheiten bei Bedarf integriert werden. Regionale Akteure werden befähigt, die zugrunde gelegten Restriktionskriterien nach Bedarf eigenständig zu modifizieren und regional zu ergänzen. So kann das Werkzeug auch die regionalen Planungsakteure darin unterstützen, ihr raumverträgliches Flächenpotenzial zur Nutzung erneuerbarer Energien eigenständig abzuschätzen und schafft damit die Grundlage zur Formulierung regional angepasster Handlungsempfehlungen zum weiteren Ausbau erneuerbarer Energien.

1.3 Vorgehensweise

Die Durchführung des Forschungsvorhabens erfolgt in sechs aufeinander abgestimmten Arbeitspaketen (A-F), die sich in vier Arbeitsphasen aufteilen: Analyse, Entwicklung, Ermittlung und Auswertung (vgl. Abbildung 1).

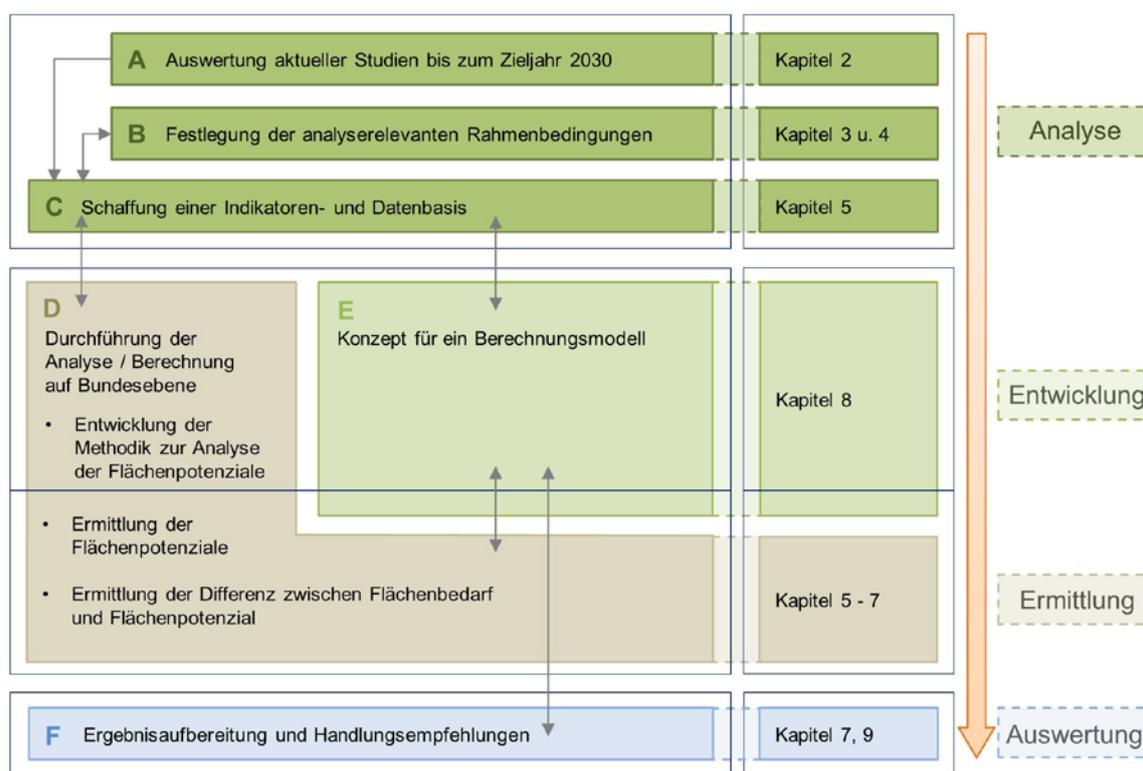


Abbildung 1 Schematischer Überblick über die Arbeitspakete und Berichtsstruktur

Analysephase

Im Rahmen der Analysephase erfolgt zunächst eine Aufbereitung des aktuellen Stands von Forschung und Technik unter Beachtung des technischen Entwicklungspotenzials erneuerbarer Energien. Inhalt ist zudem die Auswertung von Expertenwissen sowie die Recherche und anwendungsorientierte Aufbereitung relevanter Geodaten.

Den ersten Schritt der Analyse stellt die umfassende Recherche und vergleichende **Auswertung aktueller Studien** in Arbeitspaket (AP) A dar. Im Fokus steht dabei die Auswertung von Potenzialstudien mit Aussagen zu Flächenpotenzialen. Das Ergebnis liefert einen Überblick und eine erste Einschätzung der verwendeten Ansätze. Weiterführend werden die seitens der Bundesregierung festgelegten Ausbauziele für Deutschland und der damit verbundenen Nutzungspfade mit Zeithorizonten bis zum Zieljahr 2030 (bspw. Energieszenarien 2011 [Prognos, EWI, GWS 2011],) identifiziert (vgl. Kap. 2). Die mit Blick auf die Stromerzeugung berücksichtigten EE-Sparten umfassen den Biomasseanbau/ Bioenergieanlagen, Photovoltaik, Windenergie an Land, Wasserkraft und Tiefengeothermie.

Parallel erfolgt eine Analyse der spezifischen Flächenbedarfe der einzelnen EE-Sparten sowie der damit verbundenen möglichen Raumwirkungen (vgl. Kap. 4). Voraussetzung dafür ist

die Auswertung des Stands der Technik sowie der möglichen technischen Änderungen im Rahmen der Effizienzsteigerungen der einzelnen EE-Sparten. Bei der spartenbezogenen Auswertung der Flächenbedarfe der EE-Sparten wird zwischen erneuerbaren Energien mit hoher Nutzungskonkurrenz (bspw. PV-Freiflächenanlagen) und solchen mit möglicher Mehrfachnutzung der Fläche unterschieden (bspw. Windenergie auf Ackerstandorten). Da die spezifischen Erträge regional sehr unterschiedlich sein können, erfolgt bei der Auswertung neben einer spartenspezifischen auch eine geographische Differenzierung (Küstenländer, Flachland, Mittelgebirge, waldreiche Regionen, Alpenraum usw.). Um die Übertragbarkeit der Aussagen beurteilen zu können, werden darüber hinaus, auch weitere in den Studien zugrunde gelegte Rahmenbedingungen in die Betrachtung einbezogen, bspw. Annahmen zur Anlagenleistung.

Die Ergebnisse der Recherche in AP A fließen in das AP B **Festlegung der analyserelevanten Rahmenbedingungen** ein. Aus der Spanne ermittelter politischer, rechtlicher und planerischer Rahmenbedingungen und Kriterien, werden für die Bundesebene relevante Kriterien und Werte definiert. Diese bildeten die durchschnittlichen Flächenbedarfe und typische Raumwirkungen der verschiedenen EE-Sparten für die Fragestellung des Projektes angemessen ab.

Auf dieser Grundlage werden raumbezogene Potenzial- und Restriktionskriterien abstrakt entwickelt, welche die spezifische Empfindlichkeit und Tragfähigkeit eines Raumes im Hinblick auf die Nutzung erneuerbarer Energien bestimmen. Dazu ist zunächst festzulegen, welche Empfindlichkeiten die Flächen- und Raumeigenschaften bzw. Nutzungsformen gegenüber den spezifischen Wirkungen der verschiedenen EE-Sparten aufweisen.

Mit der Schaffung einer **Indikatoren- und Datenbasis** wird in AP C die wesentliche Voraussetzung für die Analyse von Flächenpotenzialen erfüllt. Zunächst erfolgt eine umfassende Recherche bundesweit verfügbarer Geodaten und Statistiken. Anschließend wird die Nutzbarkeit der Daten soweit möglich sichergestellt. Parallel werden vor dem Hintergrund typischer Wirkungen der EE-Sparten, zunächst abstrakt die Raumeigenschaften bzw. Nutzungsformen identifiziert, die eine besondere Empfindlichkeit gegenüber den Wirkungen aufweisen. Anschließend werden die als Geodaten vorliegenden Flächenkategorien zunächst daraufhin analysiert, welche der als besonders empfindlich identifizierten Eigenschaften durch sie abgebildet werden. Daraus wird anschließend die jeweilige Indikatorfunktion für die räumliche Abbildung der Empfindlichkeit bestimmt. Parallel werden die als Geodaten vorliegenden Flächenkategorien im Hinblick auf ihre normative Bindung analysiert, indem die ggf. gegen eine EE-Nutzung sprechenden mit den Flächenkategorien verbundenen Ge- und Verbote identifiziert werden. Abschließend werden die für die Analyse relevanten Geodaten anwendungsorientiert in Form einer Datenbank für die folgende Potenzialanalyse aufbereitet.

Entwicklungsphase

In der **Entwicklungsphase** wird zunächst das Grundgerüst der Analysemethoden auf der Grundlage der umfassenden Recherche entwickelt. Darauf aufbauend wird das Konzept für ein Modell zur Berechnung des Umfangs der Flächenpotenziale erarbeitet.

Die Entwicklung der Analysemethoden zur Ermittlung verfügbarer raum- und umweltverträglicher Flächenpotenziale erfolgt in Arbeitspaket D **Durchführung der Analyse und Berechnung auf Bundesebene**. Sie umfasst zwei wesentliche Schritte. Zuerst erfolgt eine Bewertung der Nutzungs- und Flächenkategorien hinsichtlich ihrer Restriktivität gegenüber den verschiedenen Nutzungsformen erneuerbarer Energien. Dabei wird eine räumlich differenzierte Analyse betrieben, die über eine Bewertung der Flächen als „Tabu“ oder „Eignung“ hinausgeht. Im zweiten Schritt erfolgt spartenspezifisch die iterative Entwicklung einer GIS-gestützten Methodik zur flächendeckenden räumlichen Ermittlung des Restriktionsgrades konkreter Flächen gegenüber den einzelnen EE-Sparten. Dies erfolgt durch die Verschneidung der auf einer konkreten Fläche liegenden Flächenkategorien und deren Restriktionsgraden mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS).

Dabei werden zur Bewertung der Restriktionsgrade zwei unterschiedliche Strategien verfolgt, die zu zwei nebeneinander stehenden Bewertungsmethoden führen. Im ersten Ansatz orientiert sich die Bewertung der Flächenkategorien (hinsichtlich ihrer Restriktionen gegenüber der Nutzung Erneuerbarer Energien) sehr stark an den durch die Flächenkategorien abgebildeten Raumeigenschaften und deren Bedeutung und Empfindlichkeit gegenüber den spezifischen Wirkungen der einzelnen Nutzungsformen. Im zweiten Ansatz werden die normativen Gehalte der Flächenkategorien stärker in den Vordergrund gerückt und beurteilt, ob und in wie weit die verschiedenen Sparten der EE-Nutzung mit den hinter den Flächenkategorien stehenden Normen verträglich sind.

Am Schluss wird in beiden Ansätzen aus den Restriktionen der Flächen der Umfang des nutzbaren Flächenpotenzials errechnet.

In Arbeitspaket E wird ausgehend von den exemplarischen Berechnungen in AP D und in Rückkopplung mit den Ergebnissen der Ermittlungs- und Auswertungsphase ein übertragbares **Konzept für ein Berechnungsmodell** erarbeitet. Zentrale Anforderung an die Entwicklung ist eine flexible und additive Erweiterbarkeit des Konzepts. Dies gilt insbesondere hinsichtlich der notwendigen Datengrundlagen sowie Rahmenbedingungen. Das Modell soll für Akteure aller regionalen und überregionalen Planungsebenen mit vertretbarem technischem Aufwand anwendbar sein. Dazu können die zugrunde gelegten Restriktionskriterien individuell modifiziert und ggf. auch regionalbezogen ergänzt werden, so dass auf dieser Grundlage regional angepasste Handlungsempfehlungen für den weiteren Ausbau EE formuliert werden können sowie bestehende Zielsetzungen auf ihre Raum- und Umweltverträglichkeit überprüfbar werden. Die Darstellung erfolgt anhand grafischer Ablaufschemata, mit denen die einzelnen Berechnungsschritte nachgezeichnet werden.

Ermittlungsphasen

Auf der Basis der im Rahmen der Analyse- und Entwicklungsphase erarbeiteten Inhalte und Methoden erfolgte in der **Ermittlungsphase** die exemplarische Berechnung der EE-Potentiale auf Bundesebene.

Für die Ermittlung der Potenziale der EE-Sparten, die mit keinen besonderen Raumwirkungen verbunden sind und damit keine zusätzlichen Flächenbedarfe erfordern, die mit anderen Nutzungs- und Schutzbelangen in Konflikt stehen könnten (PV-Dachflächenanlagen, Ge-

othermie, Wasserkraft etc.) wird auf gängige energiewirtschaftliche Analysemethoden zurückgegriffen und zum Teil vorliegende Ergebnisse aus einschlägigen Studien übernommen.

Der Schwerpunkt der Potenzialermittlung liegt auf den raumwirksamen Sparten, deren Ausbau mit zusätzlichem Flächenbedarf verbunden ist und daher Konflikte mit bestehenden Schutz- und Nutzungsbelangen hervorrufen kann (Wind, PV-Freiflächen und Bioenergie). Für diese EE-Sparten wird der Umfang des Flächenpotenzials unter Berücksichtigung konkurrierender Nutzungen (Siedlung, Landwirtschaft, Forstwirtschaft) und Schutzbelange (Naturschutz, Mindestabstände etc.) und besonderer Eignungen (Windhöflichkeit, Biomasseerträge, geologische Bedingungen etc.) auf Basis der verfügbaren Datenbasis berechnet.

Als Grundlage dienen die Vorarbeiten zu Flächenbedarfen bzw. flächenbezogenen Energieerträgen der einzelnen EE-Nutzungen. Dabei werden deren technische und wirtschaftliche Anforderungen an den Standort berücksichtigt. Zur Ermittlung der Flächenpotentiale werden die im Vorhaben entwickelten spartenspezifischen Methoden exemplarisch angewendet. Bezogen auf die Windenergie- und die PV-Freiflächenpotentiale werden dabei beispielhaft konkrete Restriktionsgrade der verschiedenen Flächenkategorien zugrunde gelegt.

Auswertungsphase

Der vorliegende Bericht beinhaltet eine abschließende Beurteilung der entwickelten Ansätze. In der **Auswertungsphase** wird das vorgeschlagene Konzept für ein Berechnungsmodell sowie die entwickelten Analysemethoden hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit und Eignung als Planungsinstrument bzw. Entscheidungs- und Steuerungsinstrument für unterschiedliche Nutzer bewertet. Abschließend erfolgte die **Ergebnisaufbereitung und Formulierung von Handlungsempfehlungen** in Arbeitspaket F.

Weiterer Forschungsbedarf, der sich während des Projektes herausgestellt hat, wird zusammenfassend dargestellt. Vor dem Hintergrund des raumplanerischen Anliegens einer raum- und umweltverträglichen Zielformulierung und räumlichen Steuerung des Ausbaus der Nutzung erneuerbarer Energien werden die Ergebnisse abschließend hinsichtlich ihrer Validität und Aussagegenauigkeit bewertet und Handlungsempfehlungen für politische Akteure (Land, Bund) abgeleitet.

2 Methoden und Ergebnisse vorliegender Erhebungen der Flächenpotenziale für den Ausbau erneuerbarer Energien auf Bundes- und Landesebene

Potentiale für den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien werden ausgehend von der europäischen Ebene bis hin zu den Städten und Gemeinden auf allen Planungsebenen ermittelt und formuliert. Sie gehen aus unterschiedlichen Studien hervor, die sich mit dem erforderlichen Umfang und der zukünftigen Gestaltung des Ausbaus der Nutzung erneuerbarer Energien befassen. Die folgende Auswertung von aktuellen Studien auf Bundesebene [vgl. insb. UBA 2013, BWE 2011, SRU 2010] und auf Landesebene [vgl. insb. LUBW 2012, IÖW 2012, PRO 2011] zu Ausbaupotenzialen erneuerbarer Energien gibt einen Überblick über die jeweiligen Schwerpunktsetzungen und den Stand der Methoden, auf dessen Grundlage ein eigener Ansatz entwickelt wird.

2.1 Potenzialstudien auf Bundesebene

Vornehmlich im Bereich der Windenergie aber auch für die Wasserkraft, Bioenergie und weitere EE-Sparten wurden bereits bundesweite Ausbaupotentiale ermittelt. Besonders interessant ist hier eine aktuelle Studie des Umweltbundesamtes (UBA-Studie):

- *Potentiale der Windenergie an Land – Studie zur Ermittlung der bundesweiten technisch-ökologischen Flächen- und Leistungspotenziale der Windenergienutzung an Land*, UBA 2013.

Als weitere Potenzialstudien werden die Studie des Bundesverbandes Windenergie zu bundesweiten Windenergiepotenzialen (BWE-Studie) sowie die Studie des Sachverständigenrates für Umweltfragen zum Ausbau der erneuerbaren Energien (SRU-Studie) untersucht:

- *Studie zum Potenzial der Windenergienutzung an Land – Kurzfassung*, BWE 2011.
- *Möglichkeiten und Grenzen der Integration verschiedener regenerativer Energiequellen zu einer 100 % regenerativen Stromversorgung der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2050*, SRU 2010.

Abhängig vom Hintergrund und vom Zweck der Studien, werden unterschiedliche Zielsetzungen und Ansprüche deutlich, die sich in der Methodenwahl, der Festlegung von Potenzialbegriffen sowie den verwendeten Datengrundlagen widerspiegeln (vgl. Anhang Teil B 3).

Zentrale Zielstellung der UBA-Studie war es abzuschätzen, welchen Stellenwert die Windenergie an Land im Rahmen der Energiewende unter Umweltgesichtspunkten einnehmen kann [UBA 2013, 7f.]. Dazu erfolgte bezogen auf das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland die Ermittlung des unter technischen und ökologischen Gesichtspunkten verfügbaren Flächen-, Leistungs- und Energiepotenzials der Windenergie an Land.

An ähnlichen Zielen orientierte sich die SRU-Studie – Darstellung der Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien für die Stromerzeugung in Deutschland unter Berücksichtigung technischer und ökologischer Aspekte [SRU 2010]. Wogegen die BWE-Studie eher die tech-

nisch nutzbaren Flächenpotenziale betont [BWE 2011]. Bereits in der Zielstellung der Studien sind Unterschiede hinsichtlich der Gewichtung von Raum- und Umweltbelangen festzustellen.

Eine wichtige Grundlage für die Analyse von Potenzialen für den Ausbau erneuerbarer Energien stellt die Definitionen der verwendeten Potenzialbegriffe dar. So wird in der UBA-Studie zuerst ausgeführt, dass das theoretische Potenzial das theoretisch physikalisch nutzbare Energieangebot des Windes darstellt. Weiterführend wird dargelegt, dass das technische Potenzial der Teil dieser Energie ist, welcher bei der Umwandlung in elektrische Energie durch den Betrieb von WEA genutzt werden kann. Das technisch-ökologische Potenzial stellt schließlich den Teil des technischen Potenzials dar, der unter Berücksichtigung ökologischer Restriktionen nutzbar wäre. Welche ökologischen Restriktionen hier berücksichtigt werden, wird nachfolgend ausgeführt.

Die SRU- und die BWE-Studie definieren die ermittelten Potenziale nicht direkt. Während in der SRU-Studie von technischen und ökologischen Restriktionen gesprochen wird, die bei der Potenzialerfassung berücksichtigt werden, spricht die BWE Studie lediglich von Potenzialen im Allgemeinen.

Bei der Betrachtung der drei Studien wird nachfolgend ein besonderes Augenmerk auf die Analysemethoden und verwendete Datengrundlagen gelegt. Ausgehend von der UBA Studie werden im Vergleich mit den beiden anderen Untersuchungen die Gemeinsamkeiten und Unterschiede herausgestellt.

Analyseansätze

Die UBA-Studie führt die Ermittlung des Potenzials in zwei Schritten durch. Diese entsprechen der, bereits im Rahmen der BWE-Studie entwickelten Vorgehensweise. Zuerst erfolgt eine GIS-gestützte Analyse der Flächenpotenziale. Dazu werden Tabu-, Eignungs- und Restriktionsflächen sowie Flächen mit besonderer Windhöflichkeit (Windfelder) miteinander überlagert und verschnitten. Auf der Grundlage der dabei gewonnenen Ergebnisse wird die Berechnung der installierbaren Leistung und des Stromertrags durchgeführt, indem die zuvor festgelegten Referenzanlagen (definierte Anlagenwerte für Stark- und Schwachwindanlagen) optimal und standortgenau in den restriktionsfreien und mit Restriktionen belegten Gebieten platziert werden. Dabei erfolgt keine weitere Differenzierung der Restriktionsflächen nach dem Grad der Restriktionen.

Im Vergleich dazu wird in der SRU-Studie eine gröbere Analyse beschrieben. Auf der Grundlage von flächendeckenden Rauminformationen in Form von Rasterzellen (10 km x 10 km) erfolgt eine GIS-gestützte Flächenanalyse durch die Verschneidung von Tabu-, Eignungs- und Restriktionsflächen. Den Restriktionsflächen werden Nutzungsgrade zugeordnet, die zum Schluss eine Abschätzung der für die Nutzung zur Verfügung stehenden Anteile erlauben. Die Restriktionsgrade werden damit in nutzbare Flächenanteile umgewandelt.

Verwendete Daten

In der UBA-Studie wurden Daten zur Flächennutzung (ATKIS), geschützten Gebieten (BfN Schutzgebiete), Waldfunktionenkartierung der Bundesländer und eine Digitales Höhenmodell

verwendet. Den Nutzungs- und Schutzgebietskategorien wurden Abstandswerte zugewiesen, welche über die nach TA Lärm einzuhaltenden Grenzwerte (Siedlungen, Schutzgebiete, etc.), die baurechtliche Sicherheitsabstände (Straßen, Flughäfen, etc.) sowie über natur- und schutzfachliche Annahmen begründet wurden. Zusätzlich erfolgte eine an den Lärmimmissionen orientierte Anpassung der standardisierten Abstandflächen zu Siedlungen, indem die Reliefeigenschaften des Geländes einbezogen wurden.

Die UBA-Studie führt aus, dass vereinfachte Annahmen getroffen wurden, welche für die Analyseebene Bund adäquat sind. Daten zum Artenschutz waren nicht verfügbar, so dass die artenschutzrechtlichen Risiken, genau wie die mit der Planungs- und Genehmigungspraxis verbundenen Unsicherheiten nicht berücksichtigt wurden. Die BWE-Studie berücksichtigt nur die Kategorien der Flächennutzung sowie Schutzgebiete und verschneidet diese mit den Flächen besonderer Windhöflichkeit. In der SRU-Studie wurden im Vergleich dazu ausschließlich Schutzgebiete und Kategorien der Flächennutzung verwendet.

Bewertung der Flächeneignung

Die Bewertung der Flächeneignung erfolgte in der UBA-Studie maßgeblich mit Hilfe der Kategorien Tabu- und Eignungsfläche. Die einzige Kategorie mit Restriktionen, die anteilig berücksichtigt wurde war Landschaftsschutzgebiet (LSG). Den LSG-Flächen wurde aufgrund der bestehenden naturschutzrechtlichen und –fachlichen Nutzungsrestriktionen eine anteilige Nutzbarkeit von 25 % zugewiesen. Die Aggregation der Restriktionen auf einer Fläche erfolgte nach dem Maximalwert-Prinzip.

In der SRU-Studie wurden Flächenkategorien mit Nutzungsrestriktionen dagegen konsequent Anteile, als Prozentwert zugeordnet, die für EE zur Verfügung stehen.

In der BWE-Studie zeigt sich, dass die Bundesländer mit großer räumlicher Ausdehnung auch die größten Flächenpotenziale zur Windkraftnutzung aufweisen. Die Analyse der Flächenpotenziale nach Bundesländern unterscheidet dabei Flächen ohne Restriktionen, nutzbaren Wald ohne Schutzgebiet und nutzbare Schutzgebiete (siehe hierzu Abbildung 2). Nicht berücksichtigt sind dort allerdings sowohl die positiven planerischen Ausweisungen von Vorrang- oder Eignungsgebieten für die Windenergienutzung in gültigen Regionalplänen, als auch die in den Plänen enthaltenen negativen planerischen Festlegungen, die Flächen ausweisen, wo der Bau und Betrieb von Windenergieanlagen kaum möglich oder sogar grundsätzlich ausgeschlossen ist.

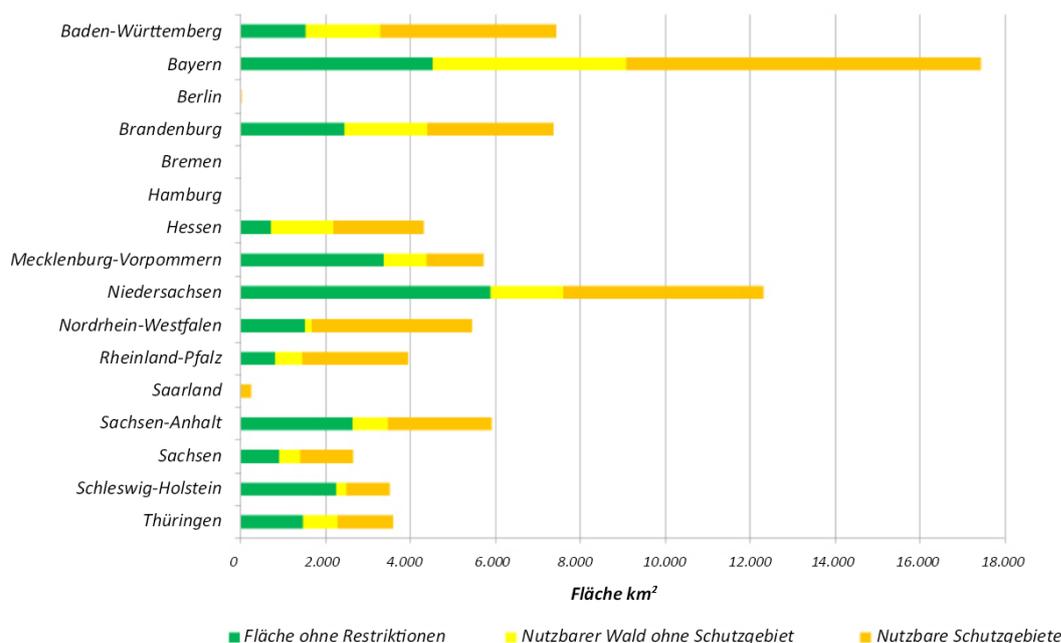


Abbildung 2 Nutzbare Fläche in km² nach Bundesland [BWE 2011]

Die BWE-Studie weist für das Bundesland Bayern ein besonders großes Flächenpotenzial aus. Allerdings liegt der weit überwiegende Teil im Wald oder in Schutzgebieten. Aufgrund der großen Landesflächen folgen auf den nächsten Rängen Niedersachsen, Baden-Württemberg und Brandenburg. Auf den Flächen ohne Restriktion ergibt sich deutschlandweit eine mögliche installierte Leistung von 722 GW. Werden zusätzliche Gebiete im Wald oder Schutzgebieten bebaut, erhöht sich das maximale technische Potenzial auf ca. 1.500 GW.

Ergebnisse

Ziel der UBA Studie war es ursprünglich, die technisch-ökologischen Flächen-, Leistungs- und Erzeugungspotenziale für Windenergie an Land zu ermitteln. Dies war mit den verfügbaren Datengrundlagen jedoch nicht im umfassenden Sinne möglich. Im Ergebnis werden daher die Potenziale der restriktionsfreien Flächen sowie die der „teilweise nutzbaren“ Flächen dargestellt. Bezogen auf die letzteren kann nur im Einzelfall über die Eignung entschieden werden, so dass das Potenzial dieser Flächen nicht quantifiziert wird. Im Ergebnis ist das so ermittelte restriktionsfreie Flächenpotenzial mit 13,8 % der Landesfläche der Bundesrepublik Deutschland sehr hoch. Das liegt in erster Linie daran, dass die Mindestabstände zu Siedlungen allein aus immissionsschutzrechtlicher Sicht definiert wurden und die Festsetzungskategorien der Raumordnung, aus denen sich nicht selten Restriktionen für die Windenergienutzung ergeben, außen vor gelassen wurden.

In ähnlicher Weise geben die Ergebnisse der BWE Studie wieder, wieviel Prozent der Bundesfläche sowie der jeweiligen Landesflächen konkret für die Windenergie zur Verfügung stehen. Dagegen weißt die SRU-Studie allgemeine Nutzungspotenziale aus, die in Deutschland unter Berücksichtigung ökologischer Restriktionen für Windenergie zur Verfügung stehen.

2.2 Potenzialstudien auf Landesebene

Für die Analyse von Potenzialen auf der Bundesebene kommen Methoden und Datengrundlagen in Betracht, die regelmäßig auf der Ebene der Länder eingesetzt werden. Anhand der folgenden Studien wird die mögliche Übertragung und Anwendung auf die Bundesebene betrachtet:

- *Potenzialstudie Erneuerbarer Energien NRW, Teil 1 - Windenergie*, LANUV 2012
- *Potenzialatlas Erneuerbare Energien*, LUBW 2012
- *Erneuerbare Energien - Potenziale in Brandenburg 2030*, IÖW 2012
- *Kurzfassung des überarbeiteten Endberichtes zur Windpotenzialstudie Saarland*, ALPRO 2011

Auch bei gleichen Zielsetzungen, wie bspw. der Analyse von Windenergiepotenzialen in den Ländern NRW und Saarland [LANUV 2012 und ALPRO 2011], werden sowohl unterschiedliche Methoden zur Ermittlung angewendet als auch unterschiedliche Potenzialbegriffe bedient (vgl. Anhang Teil B 3). Im Mittelpunkt steht regelmäßig das Ziel die technischen Potenziale zu ermitteln. Die Definitionen des technischen Potenzials unterscheiden sich dabei jedoch zum Teil. Weiterführend wird in den Studien auch das ökologische Potenzial angeführt. Die Raumverträglichkeit wird nicht als Ziel genannt.

In den Studien wurden jeweils eigene Kriterienkataloge erstellt. Diese beinhalten die bei der Analyse genutzten Flächenkategorien und Bewertungen der spezifischen Restriktionen. Die Bewertung erfolgt zum Teil durch die Gutachter aber auch im diskursiven Prozess mit weiteren Akteuren [LANUV 2012]. Wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse nehmen dabei die verwendeten Datengrundlagen. In allen vier Studien zum Einsatz kamen dabei Daten zu:

- Flächennutzungen (Siedlung, Gewerbe-Handel-Industrie (GHI), Infrastruktur, Landwirtschaft, Wald und Forst, etc.)
- Schutzgebieten (Naturschutzgebiet, Wasserschutzgebiet, Waldschutz, etc.)

Ergänzend wurden in einzelnen Studien weitere Daten verwendet. Diese dienen durch die Abbildung regionaler Spezifika zur weiteren Differenzierung und Schärfung der Ergebnisse.

- Windfeldkarte (verschiedene Höhen zwischen 100 und 150 Meter) – LANUV 2012, LUBW 2012, ALPRO 2011
- Schwerpunktbereiche des Artenschutzes – LUBW 2012
- Schalloptimierte Betrachtung – LANUV 2012
- Landesplanerische Aussagen zu Bereichen für den Schutz von Natur, Abgrabungsbereiche inkl. Nachnutzung und aktuelle Braunkohletagebauflächen, Überschwemmungsgebiete – LANUV 2012

Zudem führen LANUV 2012 und LUBW 2013 Datengrundlagen auf, die nicht berücksichtigt werden konnten, da sie überhaupt nicht oder nicht landesweit vorlagen. Dazu zählen insbesondere Nutzungskategorien, wie militärische Flächen aber auch Schutzbelange, wie z.B. bedeutende Landschaftsbildqualitäten, Bodendenkmale oder Prozessschutzflächen, die u. U. einen Ausschluss der EE-Nutzung bedeuten könnten.

Die Potenzialanalyse erfolgt durch die Überlagerung und Verschneidung der Flächenkategorien. Im Ergebnis liegen Tabu- bzw. Restriktionsflächen vor. Dabei unterscheiden sich die Definitionen von Restriktionsflächen zum Teil deutlich. Nach LUBW 2012 liegen zwei Typen von Restriktionsflächen vor, überwiegend oder bedingt geeignete und überwiegend ungeeignete Gebiete. Bode et al. 2009 unterscheiden lediglich zwischen Tabu und Restriktion und in ALPRO 2011 werden „harte“ und „weiche“ Ausschlussflächen verwendet, die beide letztlich ein Tabu bedeuten.

Allgemein werden neben den Flächenpotenzialen auch Energiepotenziale berechnet. Diese basieren auf den ermittelten Potenzialflächen und festgelegten Annahmen zur installierbaren Leistung sowie den möglichen Erträgen. Dabei werden in einigen Fällen auch anteilige Nutzungen von Flächenkategorien einbezogen. Neben den Unterschieden bei der Ermittlung der Flächenpotenziale weichen auch die Annahmen zur durchschnittlichen Anlagenleistung und weitere Faktoren zur Ermittlung der Energiepotenziale voneinander ab.

2.3 Fazit

Die Ergebnisse der Auswertung zeigen, dass eine Vergleichbarkeit der methodischen Ansätze nicht immer gegeben ist. Es bestehen unterschiedliche Zielsetzungen und Vorgehensweisen bei der Ermittlung von Potenzialen erneuerbarer Energien, welche wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse haben.

In den aktuellen Studien werden Zielstellungen verfolgt, die überwiegend im technisch-ökologischen Potenzialbereich liegen. Es werden dabei die Flächenpotenziale ermittelt und in der Regel auch die Leistungs- und Energiepotenziale. Für die Analyse gelten GIS-gestützte Ansätze unter Verwendung von Vektor- und Rasterdaten als Standard. Die Analyse stützt sich dabei auf die gängigen Datengrundlagen (Flächennutzung und Schutzgebiete), die ggf. um einzelne Datensätze (bspw. Schallimmissionsorientierte Abstände zu Siedlungsflächen) erweitert werden.

Unterschiede zwischen den Betrachtungsebenen Bund und Länder zeigen sich besonders hinsichtlich der verwendeten Datengrundlagen. Wobei weder auf der Bundes- noch auf der Landesebene verbindliche Festsetzungen der Raumordnung berücksichtigt werden. Hinsichtlich der Informationen zu ökologischen Konfliktfeldern werden zum Teil bereits auf der Landesebene Artenschutzaspekte berücksichtigt. Dazu werden Daten zu Verbreitungsräumen empfindlicher Vogelarten in die Flächenanalyse aufgenommen.

Gleichzeitig weichen die Studien hinsichtlich der Interpretation, Verwendung und Bewertung der Datensätze deutlich voneinander ab. Überwiegend werden Informationen und Daten genutzt, die eine regionalisierte Potenzialanalyse erlauben. Logische Konsequenz der unter-

schiedlichen Zielsetzungen und Herangehensweisen sind unterschiedliche Potenzialwerte in den Ergebnissen der installierten Stromerzeugungsleistung der erneuerbaren Energien.

Die gewählten methodischen Ansätze unterscheiden sich je nach Planungsebene und Zielsetzung. Dies spiegelt sich insbesondere in der Verwendung von Ausschluss-, Restriktion- und Gunstflächen wieder. Überwiegend werden für die Flächenanalyse Ausschlusskriterien herangezogen. Im Hinblick auf den Umgang mit Restriktionskriterien unterscheiden sich die Studien gravierend. Auf der einen Seite werden anhand der Restriktionskriterien Flächen identifiziert, die der Einzelfallprüfung bedürfen. Auf der anderen Seite werden Restriktionsstufen im Sinne von Wahrscheinlichkeiten für die Realisierbarkeit von Planungen interpretiert, die in nutzbare Flächenanteile umgerechnet werden.

3 Ausbauziele des Bundes und der Länder

3.1 Ausbauziele des Bundes

Die Ausbauziele des Bundes zur Nutzung erneuerbarer Energien konkretisieren die Vorgaben einer EU-Richtlinie aus dem Jahr 2009 [EU 2009]. Seitdem wurden in unterschiedlichen Studien und Prognosen Ausbaupfade und -ziele für die Bundesrepublik formuliert [z. B. BEE 2009, Bund 2010a, Prognos, EWI, GWS 2010, BMU 2012a]. Um die zu prüfenden Zielwerte für die Studie festlegen zu können, wird eine Analyse der wesentlichen Ausbaupfade mit ihren Zielvorstellungen durchgeführt. Zur Festlegung des Prüfmaßstabs erfolgt ein Vergleich relevanter Zielwerte für die einzelnen EE-Sparten durch eine tabellarische Gegenüberstellung.

Zuerst wurden die Ausbauziele 2010 im Rahmen des Nationalen Aktionsplans für erneuerbare Energien [Bund 2010a] veröffentlicht. Wenige Wochen später wurden die Szenarien [Prognos, EWI, GWS 2010] veröffentlicht, deren Eckwerte dann zur Grundlage des Energiekonzeptes der Bundesregierung wurden. Durch die Beschlüsse zum Ende der Nutzung der Kernenergie vom Juni 2011 ergaben sich bei diesen Szenarien noch Korrekturen, die dann in den „Energieszenarien 2011“ ihren Niederschlag fanden [Prognos, EWI, GWS 2011]. Der Ausbaupfad für die erneuerbaren Energien wurde darin allerdings nur geringfügig den aktuelleren Erkenntnissen angepasst. Die letzte Version des Ausbaustandes bis 2011 wurde vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) Anfang 2012 veröffentlicht [BMU 2012a].

Unabhängig von dieser Entwicklung hatte das BMU den Ausbaupfad für erneuerbare Energien im Rahmen einer Leitstudie entwickelt, die 2009, 2010 [BMU 2010] sowie im März 2012 [BMU 2012b] jeweils aktualisiert wurde. Im Zusammenhang mit der Internetveröffentlichung der Leitstudie erläutert das Bundesumweltministerium:

„Inzwischen wird in Presseberichten der Eindruck erweckt, es gebe grundlegende Diskrepanzen zwischen der „Leitstudie 2010“ und dem Energiekonzept der Bundesregierung. Diese Berichte geben Anlass zu folgender Klarstellung:

- ⇒ Im Energiekonzept ist das Ziel verankert, bis 2050 80 % des Bruttostromverbrauchs durch erneuerbare Energien zu decken. In den Basisszenarien der "Leitstudie 2010" werden gut 86 % erreicht. Dieser Wert ist mit Blick auf einen Betrachtungszeitraum von 40 Jahren eine unwesentliche Abweichung, im Übrigen widerspricht eine Übererfüllung auch nicht der Zielsetzung des Energiekonzeptes. Im Kern bestätigt die "Leitstudie 2010" damit, dass das im Energiekonzept verankerte Ziel der Bundesregierung erreichbar ist.

[...]

- ⇒ Weitere wichtige Ergebnisse der Leitstudie 2010, wie beispielsweise die Minderung der Treibhausgasemissionen, weichen nicht von den Zielsetzungen des Energiekonzeptes ab.

Insgesamt zeigt das breite Spektrum der in jüngster Zeit veröffentlichten Szenarien zur Energieversorgung, dass sehr verschiedene Wege denkbar sind, was angesichts eines Betrachtungszeitraums bis 2050 auch kein Wunder ist. Insoweit ist zu beachten, dass ein Szenario keine Prognose ist, sondern mögliche Entwicklungen aufzeigt.“ [BMU 2011a].

Damit wird deutlich, dass es insbesondere hinsichtlich des Ausbaus der erneuerbaren Energien mehrere Szenarien und damit Ausbaupfade gibt, mit denen sich der grundsätzliche Rahmen erreichen lässt, der hinsichtlich der Stromproduktion durch eine Zeitreihe von Zielen definiert ist, aus denen sich der prozentuale Anteil der erneuerbaren Energien an der Deckung des deutschen Strombedarfs in Zehnjahresschritten in den Jahren 2020 (35 %) bis 2050 (80 %) ergibt. Da die genannten EE-Anteile in den jeweiligen Jahren „spätestens“ erreicht werden sollen, sind auch Szenarien vorstellbar, in denen die entsprechenden Anteile in den genannten Jahren noch etwas höher ausfallen.

Als Ausbaupfad weiterhin wichtig ist der **Szenariorahmen**, den die Übertragungsnetzbetreiber 2011 mit der Bundesnetzagentur abgestimmt haben, um auf dieser Grundlage den Ausbau der Stromnetze zu entwickeln [ÜNB 2011]. Dieser Szenariorahmen baut bereits auf der Rahmenentwicklung der im Energiekonzept von 2010 definierten Ziele auf, hat jedoch im Laufe des Jahres 2011 einen Konsultationsprozess durchlaufen und noch aktuelle Entwicklungen berücksichtigt. Als Bezugszeitpunkte wurden dort 2022 und 2032 gewählt.

Weitere veröffentlichte Ausbaupfade der erneuerbaren Energien stellen keine offiziellen Ziele der Regierung dar, sondern schätzen jeweils eine absehbare Entwicklung ein, so z. B. die Branchenprognose bis 2020 [BEE 2009] oder die ÜNB-Mittelfristprognose [IE 2011].

Auf der Grundlage der Auswertung von einschlägigen Veröffentlichungen der Bundesregierung mit Aussagen zu Ausbauzielen und -pfaden wurden die Kriterien festgelegt, anhand derer die verschiedenen Zielkonzepte zum EE-Ausbau ausgewertet wurden. Herangezogen wurden Aussagen zur Gesamtleistung nach „Nationaler Aktionsplan EE“ [Bund 2010a], nach „Leitstudie 2010, Basisszenario A“ [BMU 2012] und nach „Energieszenarien 2011“ [Prognos, EWI, GWS 2011] (Szenario Ausstieg) in ihrer jeweils aktuellsten Fassung. Ergänzend wurde das Szenario zur Gesamtleistung nach NEP-Szenario B [ÜNB 2011] mit dem Bezugszeitpunkt 2032 betrachtet. Im Rahmen des Vorhabens wurden die jeweils weitestgehenden Ziele zu den EE-Sparten als Maßstab festgesetzt, um sie den unter Berücksichtigung der Flächenrestriktionen verfügbaren Flächenpotenzialen gegenüberzustellen (vgl. Tabelle 1 und Anhang Teil B 4).

Tabelle 1 Übersicht der weitestgehenden Ausbaupfade Erneuerbarer Energien in den relevanten Veröffentlichungen der Bundesregierung

Energieträger	Wasser- kraft	Bio- energie	Geo- thermie	Wind- energie an Land	Solar- energie	Erneuerbare Energien gesamt
Zielgrößen zum Ausbau der Leistung von Anlagen zur Stromerzeugung	5,4 GW (2030)	9,4 GW ² (2032)	1 GW (2030)	64,5 GW (2032)	65 GW (2032)	176 GW³ (2030/32)
Zielgrößen zum Ausbau der jährlichen Stromerzeugung	24,0 TWh (2030)	52,7 TWh ⁴ (2032)	6,5 TWh (2030)	135,5 TWh (2032)	55,2 TWh (2030)	374,6 TWh⁵ (2030/32)

Bei der Einordnung weitestgehender Ausbauziele und -pfade sind spartenübergreifende Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Vor dem Hintergrund, dass der EE-Ausbau wesentlich auf fluktuierenden Energieträgern (Wind- und Solarenergie) beruht, sind die Zielgrößen mit Blick auf mögliche temporäre Überschusserzeugungen und deren Speicherung zu bewerten. Grundsätzlich kann ein begrenzter Ausgleich zwischen unterschiedlichen erneuerbaren Energien erfolgen. Weitere Ausführungen beinhaltet Anhang Teil B 8.

3.2 Ausbauziele der Länder

Die Umsetzung der Bundesziele allein den Ländern zu überlassen und den Erfolg von den Ausbauzielen der Länder abhängig zu machen, wird der Verantwortung des Bundes nicht gerecht, denn wesentliche gesetzliche Steuerungsinstrumente, wie allen voran das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) liegen in der Verantwortung des Bundes. Die Bundesziele einfach auf die jeweiligen Flächenanteile der einzelnen Bundesländer herunter zu brechen, würde jedoch die spezifischen naturräumlichen Voraussetzungen der einzelnen Bundesländer und die damit verbundenen Möglichkeiten zur Nutzung Erneuerbarer Energien außer Acht lassen. So sind dicht besiedelte, industriell geprägte Bundesländer wie Nordrhein-Westfalen mit dünn besiedelten Flächenländern wie Mecklenburg-Vorpommern nur schwer vergleichbar.

Gleichzeitig bestehen auf der Ebene der Bundesländer selbstverständlich eigene Ausbauziele, die je nach den politischen Zielen der jeweiligen Landesregierungen unterschiedlich ambitioniert und detailliert ausfallen. Einen Gesamtüberblick der Länderziele bis zum Jahr 2022 bietet eine Studie der dena [2012] (vgl. Abbildung 3). In der Summe übersteigen die Länderziele die von der Bundesregierung formulierten Ausbauziele deutlich.

² einschl. Klär- und Deponiegas, aber ohne biogene Abfälle

³ ohne Klär- und Deponiegas sowie ohne biogene Abfälle

⁴ einschl. Deponie- und Klärgas, aber ohne biogene Abfälle

⁵ ohne biogene Abfälle, Klär- und Deponiegas

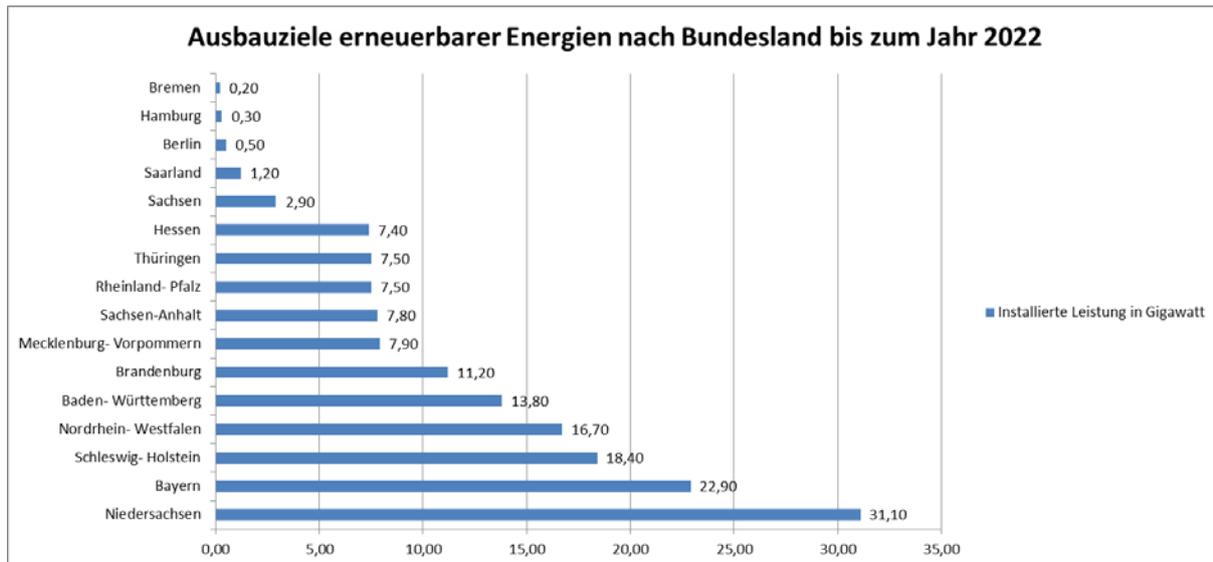


Abbildung 3 Ausbauziele erneuerbarer Energien nach Bundesland bis zum Jahr 2022 (in Gigawatt) nach dena [2012].

Wie auf Bundesebene liegen auch in den Ländern Zielformulierungen und Ausbaupfade unterschiedlicher Zeithorizonte und Verbindlichkeiten vor (bspw. beinhalten in Baden-Württemberg der Koalitionsvertrag 2011 und das Energiekonzept 2020 Zielwerte). Dabei besitzen die Zielformulierungen häufig abweichende Zieldimensionen (vgl. Tabelle 2), die einen Vergleich erschweren. Einen Überblick der Heterogenität der politischen Zielsetzungen für erneuerbare Energien geben Jonck und Hodsman [2012] (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 2 Überblick der verwendeten Zieldimensionen bei der Formulierung von Ausbaupfaden und -zielen im Strombereich auf Landesebene

Zieldimensionen	Bereitstellung von x TWh als Jahresstromerzeugung
	Bereitstellung und Deckung eines Anteils x am Strombedarf
	Bereitstellung und Deckung eines Anteils x am Primärenergiebedarf
	Bereitstellung eines Flächenanteils x an der Landesfläche
	Installation einer bestimmten Gesamtleistung bis zum Jahr 2020
	Qualitative Zielformulierung
	Erschließbares Potenzial Strom

Tabelle 3 Bundesländer mit politischen Zielsetzungen für Erneuerbare Energien, ergänzt nach Jonck und Hodsman [2012] und AEE [2012]

	Baden-Württemberg	Bayern	Berlin	Brandenburg	Bremen	Hamburg	Hessen	Mecklenburg-Vorpommern	Niedersachsen	Nordrhein-Westfalen	Rheinland-Pfalz	Saarland	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Schleswig-Holstein	Thüringen
Primärenergieverbrauch	X			X										X		
Biomasse		X		X												
Windenergie				X												
Solarenergie				X												
Geothermie				X												
Wasserkraft				X												
Endenergieverbrauch		X					X		X					X	X	X
Biomasse							X									X
Windenergie							X									X
Solarenergie							X									X
Geothermie							X									X
Wasserkraft							X									X
Strom	X	X	X		X	X		X	X		X	X	X	X	X	X
Biomasse	X	X	X		X			X	X			X	X			
Windenergie	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X		X	
Solarenergie	X	X	X		X			X	X		X	X	X	X		
Wasserkraft	X	X						X	X				X			
Geothermie	X	X						X					X			
Wärme	X	X	X		X				X		X			X	X	
Biomasse	X	X	X						X							
Solarenergie	X	X	X						X							
Geothermie	X	X	X						X							

Für die Bundesländer Baden-Württemberg und Sachsen erfolgte eine detaillierte Herleitung und Begründung der länderspezifischen Ausbauziele (vgl. Anhang Teil B 2). Eine darüber hinausgehende Auswertung von Landeszielen und -ausbaupfaden konnte im Vorhaben aufgrund der komplexen Sachverhalte in den Bundesländern nicht erfolgen.

3.3 Schlussfolgerungen für den Forschungsansatz

Die genauere Analyse der Ausbauziele in den Bundesländern hat deutlich gemacht, dass deren Herleitung und Begründung in der Regel nicht unter Beachtung raumordnerischer und umweltplanerischer Belange erfolgt und keine transparente Vorgehensweise gewählt wird. Die Anforderungen eines möglichst raum- und umweltverträglichen Ausbaus EE bleiben daher weitgehend unberücksichtigt. Dies trifft insbesondere im Hinblick auf die flächenrelevanten EE-Sparten Windenergie und Photovoltaik-Freifläche zu, deren zunehmende Flächenkonkurrenzen und Nutzungskonflikte oft außer Acht gelassen werden.

Besteht der Anspruch raum- und umweltplanerische Restriktionen bereits bei der Formulierung der Ausbauziele erneuerbarer Energien zu berücksichtigen, ist eine Weiterentwicklung bestehender Methoden der Potenzialabschätzung erforderlich.

Aktuelle Studien zu Ausbaupotenzialen erneuerbarer Energien beziehen die Analyse von Flächenpotenzialen verstärkt mit ein. Dies verdeutlicht die zunehmende **Bedeutung raum- und umweltplanerischer Inhalte** bei der Formulierung zukünftiger Ziele und Ausbaupfade. Dabei zeigt der Vergleich einschlägiger Potenzialstudien, dass zunehmend Wert darauf gelegt wird, die räumliche Tragfähigkeit bei der Dimensionierung des EE-Ausbaus zu berücksichtigen. Im Detail unterscheiden sich die angewandten Methoden jedoch stark. Das erschwert eine Vergleichbarkeit und Übertragbarkeit auf verschiedene Planungsebenen und macht die Umsetzung des Gegenstromprinzips bei der Planung des Ausbaus erneuerbarer Energien sehr schwierig.

Dabei stellt die Integration raumordnerischer Aspekte aufgrund der inhomogenen Datenlage aus Bundessicht eine besondere Herausforderung dar. Informationssysteme wie das ROP-LAMO eröffnen hier Möglichkeiten die entsprechenden Belange früh und effizient zu berücksichtigen und die erforderlichen Potenzialanalysen in diesem Sinne zu qualifizieren.

Die ausgewerteten Veröffentlichungen der Bundesregierung und der Länder zu Ausbauzielen und -pfaden zeigen, dass diese in sehr unterschiedliche politische Strategien eingebunden sind und auf sehr unterschiedlichen Grundlagen beruhen. Ein fachlich qualifizierter, nachvollziehbarer Abgleich der Ziele und Strategien zwischen Bundes- und Länderebene wird dadurch erheblich erschwert. Eine gute Vernetzung zwischen den Ausbauzielen und -pfaden erneuerbarer Energien auf Bundes- und Landesebene und ein wechselseitiger Abgleich mit Flächenpotenzialen ist zwingend erforderlich. Mit den Ergebnissen der Potenzialanalysen kann eine Überprüfung bestehender Ziele und Ausbaupfade auf ihre Raum- und Umweltverträglichkeit fundiert vorgenommen werden.

4 Formen der Flächeninanspruchnahme und Raumwirkung der EE-Sparten

Die Erzeugung von Strom aus **erneuerbaren Energien erfordert grundsätzlich Fläche**. Dabei sind sowohl der Flächenbedarf je Leistungseinheit, als auch die Formen der Flächeninanspruchnahme und die damit verbundenen räumlichen Wirkungen je nach Energiesparte spezifisch. So kann nicht per se davon ausgegangen werden, dass die für die Nutzung erneuerbarer Energien in Anspruch genommenen Flächen anderen Nutzungen und Funktionen vollständig entzogen werden. Andererseits reichen die Raumwirkungen, insbesondere der Windenergienutzung, deutlich über die konkreten Anlagenstandorte hinaus.

Soll bei der Analyse von Flächenpotenzialen nicht nur die spartenspezifische Eignung der Flächen (Windhöflichkeit, Biomasseerträge, geologische Bedingungen etc.) berücksichtigt werden, sondern auch die Restriktionen durch konkurrierende Nutzungen oder Schutzanforderungen, sind die spartenspezifischen Raumwirkungen besonders hinsichtlich ihrer Qualität und nicht nur ihrer Ausdehnung zu analysieren. Nur wenn die mit den einzelnen Sparten verbundenen Wirkungen bekannt sind, kann beurteilt werden, ob und in wie weit eine konkrete EE-Nutzung an einem Standort mit den sonstigen auf diesen Flächen oder im Umfeld vertretenen Belangen verträglich ist.

Als Grundlage für die Potenzialanalyse werden daher, bezogen auf die einzelnen EE-Sparten, nachfolgend zum einen sowohl die konkreten Flächenbedarfe je Leistungseinheit ermittelt, damit neben den Flächenpotenzialen auch die Energiepotenziale bestimmt werden können. Und zum anderen darüber hinaus die spezifischen Raumwirkungen qualitativ beschrieben, um die Verträglichkeit der EE-Nutzung mit anderen Belangen beurteilen zu können und daraus die Nutzungsrestriktionen bestimmter Flächen und Räume abzuleiten.

4.1 Struktur und Vorgehensweise

Auf der Grundlage einer umfassenden Recherche und Zusammenfassung einschlägiger Studien wird im Folgenden zunächst der spezifische **Flächenbedarf der einzelnen EE-Sparten** benannt. Die zugrunde gelegten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und technischen Einflussfaktoren in Verbindung mit dem Stand der Technik werden dabei jeweils benannt. Darauf aufbauend werden die spezifischen **Raumwirkungen** und die daraus resultierenden potenziellen Konflikte mit anderen Schutz- und Nutzungsbelangen analysiert. Weiterführend werden die limitierenden Faktoren für diejenigen EE-Sparten aufgezeigt, deren Ausbau keinen direkten Bedarf an zusätzlichen Freiflächen bedeutet (PV-Dachflächen, Wasserkraft, Geothermie). Darüber hinaus werden regional zu unterscheidende Bedingungen identifiziert, die es bei der Abschätzung der Energiepotenziale zu berücksichtigen gilt (z. B. Windhöflichkeit und Globalstrahlung).

Der in erster Linie durch technische Rahmenbedingungen bestimmte durchschnittliche, spartenspezifische Flächenbedarf pro installierter Leistungs- bzw. Energieertragseinheit ist eine grundlegende Ausgangsbedingung für die flächen- und raumbezogene Umsetzung vorgegebener Energieausbauziele. Die letztlich die Flächeneffizienz der verschiedenen EENutzungen bestimmenden Werte dürfen aufgrund der unterschiedlichen, mit dem Flächen-

bedarf verbundenen Raumwirkungen und Nutzungskonkurrenzen, jedoch nicht als alleiniges Kriterium für die Auswahl der am besten geeigneten Nutzung herangezogen werden.

Besonders bei der direkten Inanspruchnahme von Freiflächen ist die Nutzung erneuerbarer Energien stets mit spezifischen Wirkungen auf Raum und Umwelt verbunden. Dabei wirken die Energieerzeugungsanlagen oder die Biomassebereitstellung sehr häufig über den konkreten Standort hinaus und die EE-Nutzung steht nicht selten in Konkurrenz zu anderen möglichen Nutzungen (Landwirtschaft, Verkehr, Wohnen etc.) und Schutzfunktionen (ökologische Funktionen, Landschaftsbild, Erholung etc.), die ebenfalls auf den Flächen realisiert werden könnten. Unter Berücksichtigung der daraus resultierenden Nutzungskonflikte muss die Bewertung der Eignung von Flächen für die Nutzung durch erneuerbare Energien weiter gefasst werden. Neben der „energieseitigen“ Eignung (Windhöflichkeit, Sonneneinstrahlung, Biomasseertrag, etc.) muss immer auch die Bedeutung der Flächen für mögliche andere Nutzungen und Funktionen, die durch die spartenspezifischen Wirkungen der EE-Nutzung beeinflusst bzw. beeinträchtigt werden können (Empfindlichkeit), als Restriktion in die Bewertung einbezogen werden. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass vorgegebene EE-Ausbauziele zwar in einem ersten Schritt anhand spartenspezifischer Kenngrößen für die technisch-wirtschaftlichen Flächenbedarfe unter Berücksichtigung bestimmter regionalisierender Faktoren in bundesweite Flächenbedarfe übersetzt werden können. Die Eignung der Flächen im umfassenderen Sinne und damit das bundesweite Ausbaupotenzial sollte jedoch nur unter Einbeziehung der mit den Nutzungen verbundenen spartenspezifischen Wirkungen bzw. den daraus resultierenden räumlich konkretisierten Nutzungskonkurrenzen und möglichen Beeinträchtigungen der spezifischen Funktionen des Raumes ermittelt werden. Diese sind dann als Nutzungsrestriktionen zu berücksichtigen.

Mit Blick auf eine in diesem Sinne umfassende Abschätzung der Potenziale für den Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien unter Berücksichtigung möglicher raum- und umweltbezogener Nutzungskonflikte und daraus resultierender Restriktionen bietet es sich an, die EE-Sparten zunächst hinsichtlich ihrer grundsätzlichen Flächenrelevanz und damit verbundenen Raumwirkungen zu charakterisieren.

Im Fokus des Vorhabens stehen die **flächenrelevanten** Nutzungsformen erneuerbarer Energien Wind, PV-Freiflächen und Bioenergie aus Anbaubiomassee, also diejenigen EE-Sparten, die besonders flächenbeanspruchend und raumwirksam sind. Hier sind die potenziellen Raumwirkungen und damit verbundenen Nutzungskonkurrenzen, aus denen sich wesentliche räumliche Nutzungsrestriktionen ergeben, besonders groß. Dabei stellt die Biomassebereitstellung zur energetischen Nutzung als Teil des komplexen Systems der landwirtschaftlichen Bodennutzung einen Sonderfall dar.

Alle anderen EE-Sparten können weitestgehend **flächenneutral** ausgebaut werden, da ihre Nutzung keine zusätzlichen Freiflächen in Anspruch nimmt und demzufolge keine erheblichen Raumwirkungen zu erwarten sind. Dazu gehören die Bioenergieerzeugung aus Biomassereststoffe, PV- und Solarthermieranlagen an oder auf Bauwerken, Wasserkraftnutzung und die Geothermie. Auch bezogen auf diese Sparten werden die methodischen Ansätze zur Abschätzung ihrer Ausbaupotenziale analysiert und angewendet.

4.2 Windenergie

4.2.1 Stand der Technik

Auf derzeitigen Onshore-Windanlagenstandorten werden Windkraftanlagen mit einer Turbinenleistung von 2 bis 3 MW errichtet [DEWI 2011]. Turbinengrößen über 3 MW werden derzeit im Offshore-Bereich (auf See) errichtet. Die Anlagen an Land haben eine Nabenhöhe (wenn vor Ort zulässig) von über 100 m. Je nach Windhöffigkeit werden Rotoren mit einem Durchmesser von 90 m bis ca. 115 m eingesetzt, um möglichst maximale Stromerträge zu erzielen. Neu errichtete Anlagen erreichen dabei aktuell ca. 2.000 Volllaststunden, während die bestehenden Anlagen mit im Mittel rund 1.750 Volllaststunden deutlich darunter liegen (vgl. auch [IE 2011]).

4.2.2 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Die Wirtschaftlichkeit von Windenergieanlagen hängt entscheidend von der Auslastung der Anlagen und der dabei erzeugten Strommenge ab, die nach EEG vergütet wird. Eine Volllaststundenzahl von mindestens 1.600 sollte gewährleistet sein [BWE 2011]. Die Volllaststundenzahl wird einerseits durch die Windbedingungen vor Ort und andererseits durch die Nabenhöhe sowie Rotorgröße der Anlage beeinflusst. Hier gilt: Je geringer die durchschnittliche Windgeschwindigkeit vor Ort, desto größer muss die Nabenhöhe und der Rotordurchmesser der Anlage sein.

Der wirtschaftliche Betrieb von Windkraftanlagen hängt auch stark von den Investitionsnebenkosten und den Betriebskosten ab. Kostenanalysen zeigen, dass die Fundamentkosten durch die erhöhte Anforderung an die Standsicherheit neuer hoher Anlagen (Stand der Technik) im Vergleich zu älteren kleineren Anlagen gestiegen sind [DWG 2011]. Ebenso werden zunehmende Netzanbindungskosten aufgrund der gestiegenen installierten Leistung je Windpark und ggf. zusätzliche Umspannwerke zur Einspeisung des produzierten Stroms als Ursache für steigende Investitionskosten genannt. Teilweise kommen erhöhte Erschließungskosten für neu anzulegende Zufahrtswege in unwegsamem Gelände (z.B. Waldstandorte) auf die Investoren zu, da gut erschlossene Standorte zunehmend knapper werden.

4.2.3 Flächenbedarf

Um möglichst hohe Windenergieerträge zu erzeugen, ist die Einhaltung von Mindestabständen der Anlagen zueinander wichtig. Sind die Abstände zu niedrig gewählt, droht eine Abschattung der Windanlagen untereinander. Als Durchschnittswert bekannter Flächenbedarfe können ca. **5 ha je MW installierter Leistung** angenommen werden [Einig et al. 2011]. Dieser Wert kann jedoch von Region zu Region abweichen. So können Windanlagenstandorte mit geringerem Windangebot (Windhöffigkeit bzw. durchschnittlicher Windgeschwindigkeit) zu einem größeren Flächenbedarf führen. Bei zukünftig zunehmender Leistung der Einzelanlagen, wird der durchschnittliche Flächenbedarf tendenziell abnehmen. In einer Windenergiepotenzialstudie des Bundesverbandes Windenergie [BWE 2011] wurden für den Abstand zwischen den Turbinen vier Rotordurchmesser angesetzt. Damit reichen an einem guten Standort ca. 400 m als Abstand zwischen den Anlagen aus, während an Schwachwindstandorten aufgrund der größeren Rotoren der Abstand ca. 460 m beträgt. In der Praxis wer-

den diese Werte teilweise auch unterschritten, d. h. es werden gewisse Verluste in Kauf genommen, um eine höhere Leistung installieren zu können. Auch Standorte an den Rändern von Eignungsgebieten benötigen den Abstand zu Nachbaranlagen nicht in alle Richtungen. Zudem liegt dieser Berechnung ein homogen strukturierter Windpark mit identischen Einzelanlagen zugrunde. Insofern stellt die nachfolgende Abschätzung eher den maximalen als den durchschnittlichen Flächenbedarf dar.

Für Strom aus Onshore-Windenergieanlagen kann ein durchschnittlicher Flächenbedarf von ca. 2,5 ha/GWh * a (es liegen 5 ha/MW zu Grunde) angesetzt werden. Dabei wird von einem Ertrag von ca. 2 GWh je 1 MW (dies entspricht einer durchschnittlichen Volllaststundenzahl von 2.000 h) Leistung ausgegangen.

4.2.4 Windaufkommen

Aufgrund der regional unterschiedlichen Windhöffigkeit ist eine regionale Differenzierung der Energieerträge je Fläche erforderlich. Hierfür bietet der Deutsche Wetterdienst (DWD) und andere Anbieter (auszugsweise Anemos oder WindPro) entsprechende Karten zu Windfeldern unter Verwendung statistischer Wind-Modell-Daten je Region an [DWD 2004]⁶.

Die teilräumig ausgeprägten Unterschiede der Windhöffigkeit bestimmen nicht zuletzt die grundsätzlichen Möglichkeiten und Grenzen der Windenergienutzung in einer Region und beeinflussen damit auch den der Potenzialerhebung zugrunde zulegenden Flächenbedarf zur Erzeugung konkreter Strommengen. Prinzipiell kann davon ausgegangen werden, dass im Norden Deutschlands aufgrund des besseren Windangebots küstennaher Standorte der Flächenbedarf kleiner ist, als im Süden, wo schlechtere Windverhältnisse überwiegen.

Ausgehend von den regional verfügbaren Flächen können die installierbare Leistung (in MW) pro ha sowie der spezifische Ertrag in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit bestimmt werden. Damit wird eine regional differenzierte Potenzialabschätzung möglich, die die regionalen Ertragssituationen berücksichtigt.

4.2.5 Raum- und Umweltwirkung

Bedingt durch die Flächeninanspruchnahme und Raumwirkung durch die Windenergienutzung besteht auf den damit belegten Flächen Konkurrenz zu bestimmten anderen Nutzungen. Dennoch sind sowohl die landwirtschaftliche Bodennutzung als auch andere gegenüber den spezifischen Wirkungen der Windenergienutzung weniger empfindliche Flächennutzungen wie z.B. Gewerbe und Verkehr in den Räumen mit Windenergienutzung nicht vollständig ausgeschlossen. Empfindliche Nutzungen wie Wohnen oder strenger Naturschutz werden durch die Windenergienutzung jedoch in den betroffenen Räumen weitgehend ausgeschlossen. Auch bestimmte ökologische Funktionen des Raumes (insbesondere abiotische Naturhaushaltsfunktionen) können trotz Windenergienutzung weiter aufrechterhalten werden.

⁶ Daten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zur Windkraftnutzungseignung auf der Basis des Referenzkriteriums gemäß EEG liegen für die Bundesrepublik und je Bundesland vor, weiteres in Kap. 6.2.

Aus der Analyse von Literatur, die mögliche Auswirkungen und Konflikte der Windenergienutzung thematisiert, wird deutlich, dass im Wesentlichen mit den in Tabelle 4 aufgeführten Wirkungszusammenhängen und daraus resultierenden potenziellen Konflikten mit anderen Nutzungs- und Schutzbelangen zu rechnen ist [vgl. z.B. BWE 2008, Bosch & Partner 2007, Klinski et al. 2007, Hoetker et al. 2004, Hoetker 2006, Deutscher Naturschutzring 2005, Birdlife International 2005, EUROBATS 2006, LANUV 2008]. Entsprechend der betroffenen Schutzgüter lassen sich die relevanten Wirkungszusammenhänge vier Konfliktgruppen zuordnen.

Da die Intensität der im konkreten Fall durch die Windenergienutzung ausgelösten Konflikte ganz wesentlich von der Empfindlichkeit und der Bedeutung der auf den betreffenden Flächen sonst noch vertretenden Nutzungs- und Schutzbelange abhängt, lassen sich aus den Konflikttypen Flächen- und Standortqualitäten ableiten, die keine oder eine nur eingeschränkte Nutzung der Windenergie zulassen (vgl. Tabelle 4). Diese Flächen- und Standortqualitäten gilt es im Zuge der Potenzialabschätzung durch geeignete Geodaten im Raum abzubilden, um die dahinterstehenden Belange angemessen zu berücksichtigen.

4.3 Photovoltaik-Freiflächen

4.3.1 Stand der Technik

Um im Hinblick auf die Abschätzung von Energiepotenzialen bestimmen zu können, wie viel Strom je Flächen mit Hilfe von Photovoltaik-Freiflächenanlagen erzeugt werden kann, ist der Modulwirkungsgrad ein zentraler technischer Parameter. Dieser gibt an, wie viel der Solarenergie, die auf die Photovoltaik Module trifft, von diesen in Solarstrom umgewandelt wird. Der Modulwirkungsgrad wird unter Standard-Testbedingungen gemessen und von den Herstellern der Solarmodule angegeben. Weit verbreitet sind heute **Modulwirkungsgrade** zwischen 14 % und 15 % (vgl. Tabelle 5). Aktuelle Rekordwerte liegen im Labor bereits bei mehr als 20 % [Solarserver 2012].

Tabelle 4 Konflikte bezüglich der Flächeninanspruchnahme und Raumwirkung der Windenergienutzung

Konfliktgruppen	Flächen- bzw. Standortqualitäten besonderer Empfindlichkeit
Abiotik	
Direkter Flächenverlust	<ul style="list-style-type: none"> Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser)
Fauna	
Individuenverlust von Vögeln durch Kollisionen an Onshore-Windenergieanlagen	<ul style="list-style-type: none"> Brut-, Rast und Nahrungshabitate besonders störungsempfindlicher Avifauna Korridore von Zugvögeln
Individuenverlust von Fledermäusen durch Kollisionen an Onshore-Windenergieanlagen	<ul style="list-style-type: none"> Brut- und Nahrungshabitate von Fledermäusen Zugkorridore von Fledermäusen
Störung von Brut- und Rastvögeln durch sich drehende Windenergieanlagen und dadurch Meidung des Gebietes mit Lebensraumverlust	<ul style="list-style-type: none"> Zugkorridore von Vögeln Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate empfindlicher Vogelarten
Mensch	
Beeinträchtigung des Landschaftsbildes/Erholungsfunktion für den Menschen durch Einführung technischer Bauwerke	<ul style="list-style-type: none"> Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung Gebiete mit besonderer Erholungsfunktion

Konfliktgruppen	Flächen- bzw. Standortqualitäten besonderer Empfindlichkeit
(Windenergieanlagen)	<ul style="list-style-type: none"> • Gebiete mit besonderer Eigenart, Vielfalt und Schönheit
Störung des Menschen durch betriebsbedingte Geräuschemissionen der sich drehenden Windenergieanlagen	<ul style="list-style-type: none"> • Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung • Gebiete mit besonderen Schallschutzanforderungen • Gebiete mit besonderer Erholungsfunktion
Störung des Menschen durch Schattenwurf der drehenden Rotoren	<ul style="list-style-type: none"> • Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung • Gebiete mit besonderer Erholungsfunktion
Stresswirkung der Hinderniskennzeichnung auf den Menschen	<ul style="list-style-type: none"> • Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung • Gebiete mit besonderer Erholungsfunktion
Weitere	
Verdrängung von Nutzungen mit besonderer Funktion	<ul style="list-style-type: none"> • Gebiete mit besonderem Bestandsschutz

Tabelle 5 Überblick zum Stand der Technik der Wirkungsgrade von Solarmodulen [DGS 2010]

Modultyp	Modulwirkungsgrad
monokristalline Module	15 - 18,8°%
polykristalline Module	13 - 17,1°%
amorphe Silizium Dünnschichtmodule	5 - 7°%
mikromorphe Siliziumzellen	7 - 12°%
CIS-Dünnschichtmodule	7 - 12,2°%
CdTe-Dünnschichtmodule	7 - 11°%

Für die Berechnung von Energieerzeugungspotenzialen ist es somit sinnvoll, von einem aktuellen Wirkungsgrad von 15 % auszugehen, der langfristig für serienmäßig hergestellte Module auf bis zu 20 % ansteigen kann. Als **Performance Ratio der Anlage**, also dem Verhältnis zwischen dem tatsächlichen Nutzertrag und dem aufgrund des Wirkungsgrades den bei der regional vorliegenden Sonneneinstrahlung rechnerisch zu erwartenden Sollertrag einer Anlage, wurde 80 % als typischer Wert angesetzt [vgl. Klärle 2011].

4.3.2 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

In den bisherigen Fassungen des EEG, in denen PV-Freiflächenanlagen einen Anspruch auf Vergütung hatten (2004, 2009, 2012), waren für diese an fast allen Standorten auskömmliche Einspeisevergütungen gewährleistet. Dabei waren die durch den Betrieb von PV-Freiflächenanlagen zu erzielenden Renditen bereits in der Vergangenheit von der Entwicklung der Modul- bzw. Systempreise (einschl. Kosten für Erschließung oder Pacht des Geländes) sowie von der Zinsentwicklung abhängig und somit einem stetigen Wandel unterworfen. In Süddeutschland und in anderen Gebieten mit hoher Globalstrahlung ist die Rentabilität generell besser, da auf der gleichen Fläche deutlich höhere Erträge erzielt werden können (vgl. nachfolgend unter „Flächenbedarf“ und „Regionale Differenzierung“). Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben aber neben dem Ertrag auch die Kosten der Netzanbindung (höher bei größerer Entfernung zum Anschlusspunkt an das Mittelspannungsnetz) und die Größe der erschlossenen Fläche (bei sinkenden Einspeisevergütungen zunehmend größere Mindestflächen, um Skaleneffekte zu erreichen). Auf Flächen, auf denen das EEG keinen Vergü-

tungsanspruch vorsieht (z. B. Grünland, seit Mitte 2010 auch Äcker, sofern nicht an Bundesautobahnen oder Schienenwegen gelegen), ist ein wirtschaftlicher Betrieb dagegen bislang nur in den Ausnahmefällen möglich, in denen eine umfassende Eigennutzung, z.B. durch energieintensive Industriebetriebe, praktiziert wird.

In den ausgewerteten Studien wurden zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit im Ergebnis sehr unterschiedliche Bedingungen ermittelt, etwa hinsichtlich der Mindestgröße pro Standort oder der mindestens erforderlichen Globalstrahlung. Da die Entwicklung der Einspeisevergütungen und der Systempreise ständigen Schwankungen unterliegen, sind hier keine pauschalen Aussagen möglich.

4.3.3 Flächenbedarf

Nach dem aktuellen Stand der Technik kann man davon ausgehen, dass für ein MW installierter Leistung ca. 2 bis 2,5 ha Fläche benötigt werden, wobei die konkrete Fläche wesentlich von der Topographie sowie vom Breitengrad abhängt (nachfolgend unter „Regionale Differenzierung“ erläutert). In erster Näherung kann für Deutschland ein Mittelwert der Einstrahlung von 1050 kWh/m²*a angesetzt werden (trifft z. B. in Nürnberg, Frankfurt, Riesa oder Anklam zu [DGS 2010]). Hieraus kann ein durchschnittlicher Jahresertrag von rund 1.000 kWh pro Kilowatt Maximalleistung (kWp) errichteter Anlagen abgeleitet werden.

Wie schon bei der Windenergie gibt es auch im Bereich der Photovoltaik etliche Beispiele von Freiflächenanlagen, bei denen geringere Mindestabstände gewählt wurden, wodurch die installierte Leistung pro Flächeneinheit noch deutlich erhöht wurde. Aufgrund von zeitweise auftretender Verschattung fällt der spezifische Ertrag je kWp installierter Leistung dann allerdings etwas geringer aus. Bei Modulknappheit oder geringen Erlösen für den verkauften Strom ist eher mit steiler aufgestellten Modulen zu rechnen (um den Ertrag aller installierten Module zu optimieren), bei Flächenknappheit (z. B. hohe Pachtpreise oder kleine Geländeeinheiten) sind eher flacher aufgeständerte Module zu erwarten. Da aber davon ausgegangen werden muss, dass die Kostenstruktur und die künftigen Vergütungssätze eher eine optimale Ausnutzung der errichteten Module nahelegen als eine höhere Ausnutzung der Freifläche, wurde bei der Berechnung der auf den als geeignet identifizierten Flächen zu errichtenden Leistungen und damit zu erzielenden Energieerträgen von idealen Reihenabständen ausgegangen.

Bei einer langfristigen Steigerung der Modulwirkungsgrade von 15 % auf 20 % würden dieser Flächenbedarf (sowohl bezogen auf die installierte Leistung als auch auf den Ertrag) um ein Viertel sinken.

4.3.4 Regionale Differenzierung

Entsprechend dem regional unterschiedlichen Sonnenstand sowie der Dauer und Intensität der Sonneneinstrahlung können die oben für Deutschland angegebenen Durchschnittswerte zum Ertrag je Flächeneinheit regional spezifiziert werden.

Der erste Parameter, der hierzu zu berücksichtigen ist, ist der **Breitengrad**. Mit einem Excel-Tool der Firma Schletter GmbH (vgl. Abbildung 4) kann der potenzielle Ertrag einer Anlage

abhängig vom Breitengrad ihres Standortes (Deutschland liegt zwischen dem 47. und 55. Breitengrad) und dem damit verbundenen Sonnenstand berechnet werden.

Verschattungsberechnung Flechdech  **SCHLETTER** Solar Montagesystem GmbH

Auswahl Länderkarte: Deutschland, Österreich, Schweiz [\(zum Vergrößern klicken\)](#)

Eingabedaten

Datum	21. März 2012
Kunde	Muster
Anlage	Muster
Breitengrad	51
Modulhöhe [m]	3,3
Reihenlänge [m]	
Reihenanzahl	10
Aufstellwinkel β [°]	25

Verschattungsberechnung

Verschattungswinkel α [°]	15,5
Grundlinie [m]	2,99
Senkrechte Höhe [m]	1,39
Mindestabstand [m]	5,03
Reihenteilung [m]	8,02

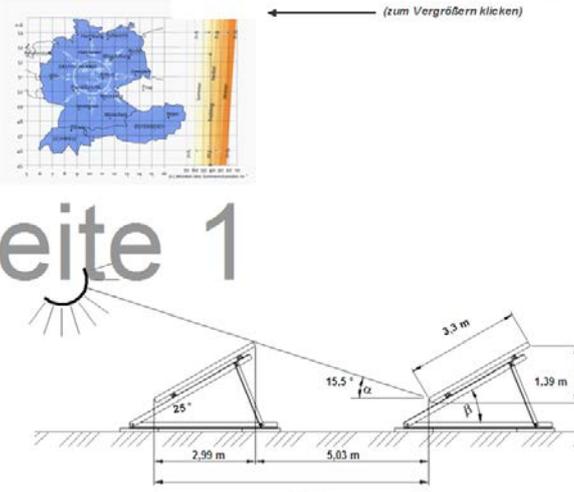
Flächenvergleich

Modulfläche netto [m ²]	
Benötigte Dachbreite [m]	0
Benötigte Dachtiefe [m]	
Benötigte Dachfläche [m ²]	
Dachfläche / Modulfläche	

Bitte beachten:

- Die Verschattungsberechnung ist ein Kundenservice der Fa. Schletter; alle Ergebnisse ohne Gewähr.
- Dachneigungen nach Norden werden über negative Dachneigungseingabe erfüllt.
- Die Verschattungsberechnung ist gültig für Standorte zwischen nördlichem und südlichem Polarkreis. Basis ist eine verschattungsfreie Ausrichtung zur Wintersonnenwende (21. Dez. bzw. 21. Juni mittags; niedrigster Sonnenstand des Jahres).

Beachten Sie bitte, dass diese Berechnungsbasis einen wirtschaftlichen Kompromiss darstellt und keine generelle Verschattungsfreiheit gewährleistet, da in den Wintermonaten morgens und abends tiefere Sonnenstände vorkommen als mittags. Im Zweifelsfall sollte eine Anlagensimulation mit einem der marktüblichen Simulationsprogramme erfolgen, um die Ertragsverluste zu quantifizieren.



Seite 1

Abbildung 4 Screenshot des Verschattungsberechnungstools der Fa. Schletter

Für die Berechnung wird von einem kristallinen Modul mit einer charakteristischen Größe von 1642 x 994 mm ausgegangen, die Nennleistung dieses 2012 am stärksten verbreiteten Modultyps beträgt 230 Watt peak (Wp), der Wirkungsgrad liegt somit bei 14,09 %. In der Praxis werden die Module zumeist zweireihig im Hochformat auf dem Modultisch angeordnet. Aus der Modullänge und unter Berücksichtigung eines gewissen Montageabstandes zwischen den zwei Reihen ergibt sich eine Reihenhöhe von ca. 3,30 m. Die Reihenhöhe ist Grundlage der Verschattungsberechnung. Der Modellfall ist in Deutschland charakteristisch, dennoch können die Abmessungen der Modulflächen in Länge und Breite deutlich von den Annahmen abweichen. Unter Eingabe des Breitengrades ermittelt das Excel-Tool der Firma Schletter sowohl den Verschattungswinkel als auch den notwendigen Reihenabstand. Bei der Berechnung wurde von einer ebenen Fläche ausgegangen. Standortspezifische Geländeneigungen können einen signifikanten Einfluss auf den Verschattungswinkel und den Reihenabstand haben, wurden aber bei der Untersuchung außen vor gelassen. In Tabelle 6 sind die Berechnungsergebnisse des Verschattungswinkels und des Reihenabstandes für verschiedene Standorte zwischen dem 47. und 55. Breitengrad zusammengefasst.

Tabelle 6 Errechnete installierbare Leistung von PV-Freiflächenanlagen pro Hektar bei verschattungsfreier Montage auf unterschiedlichen Breitenkreisen [eigene Berechnung des IE Leipzig (Nutzung des Schletter-Simulationsprogramms)]

Stadt (Beispiel-Standort)	Breitengrad	Verschattungswinkel [°]	Reihenabstand [m]	Anzahl der Reihen	Installierbare Leistung [kWp/ha]
Flensburg	54,8	11,7	9,73	10,3	449,1
Stralsund	54,3	12,2	9,44	10,6	462,9
Hamburg	53,6	12,9	9,08	11,0	481,3
Berlin	52,5	14,0	8,58	11,7	509,3
Erfurt	51,0	15,5	8,02	12,5	544,9
Bayreuth	49,9	16,6	7,67	13,0	569,8
Karlsruhe	49,0	17,5	7,41	13,5	589,7
Passau	48,6	17,9	7,31	13,7	597,8
Freiburg	48,0	18,5	7,16	14,0	610,3

Es zeigt sich, dass sich der Verschattungswinkel mit zunehmendem Breitengrad verringert. Um Verschattungen während der ertragreichen Mittagsstunden zu vermeiden, müssen die Reihenabstände einer PV-Freiflächenanlage in Norddeutschland deutlich größer gewählt werden als bei einer vergleichbaren Anlage im Süden. Für die Installation einer PV-Anlage in Norddeutschland ist daher ein höherer Flächenbedarf erforderlich als für eine vergleichbare Anlage mit derselben Leistung in Süddeutschland.

Um die installierbare Leistung je nach Standort zu verifizieren, wird eine Fläche von einem Hektar zugrunde gelegt. Diese Fläche wird in 100 m Länge und 100 m Breite aufgeteilt. Mit dieser Aufteilung soll eine Vergleichbarkeit zwischen den in der Praxis sehr unterschiedlichen Flächengrößen und -formen gewährleistet werden.

Bei einer Flächenbreite von 100 m und einer Modulbreite von 0,994 m können unter Berücksichtigung eines gewissen Montageabstandes ca. 95 Module nebeneinander montiert werden. Da die Module zweireihig installiert sind, besteht eine Reihe aus insgesamt 190 Modulen. Bei einem typischen kristallinen Modul mit einer Nennleistung von 230 Wp entspricht dies einer installierten Leistung von 43,7 kWp pro Reihe.

Auf einer Länge von 100 m können je nach Breitengrad unterschiedlich viele Modulreihen installiert werden. In Flensburg können maximal 10 Reihen hintereinander errichtet werden, währenddessen es in Freiburg bis zu 14 Reihen sind (siehe Tabelle 6).

Durch Multiplikation der Reihenanzahl mit der installierten Leistung pro Reihe von 43,7 kWp ergeben sich die in Tabelle 6 abgebildeten installierbaren Leistungen je Standort. Demnach variiert die installierbare spezifische Leistung je nach geographischer Lage des Standortes zwischen 449 kWp/ha und 610 kWp/ha.

Bei dieser Art der Flächenbedarfsermittlung in Abhängigkeit vom Breitengrad ist anzumerken, dass es sich um eine idealisierte Freiflächenanlage handelt. Grundsätzlich können die getroffenen Annahmen zur Modulgeometrie und zur Montageart sowie zur Modulnennleistung abweichen.

Zusätzlich zum dargestellten Flächenbedarf für die Module sind Flächen für Wechselrichter, Transformatoren, Zuwegungen und Umzäunungen der Freiflächenanlage zu berücksichtigen. Der Idealwert von 450 bis 610 kWp/ha bei verschattungsfreier Montage lässt sich somit nie vollständig erreichen, sondern wird je nach topographischen Verhältnissen und Konstellation der übrigen Systemkomponenten um rund 15 % niedriger liegen, damit ergeben sich Werte zwischen 380 und 520 kWp/ha, was einem Flächenbedarf von 1,9 bis 2,6 ha/MWp entspricht.

Der zweite Einflussfaktor neben dem Breitengrad (in Kombination mit der Form der Aufständigung) ist die **Globalstrahlung**. Die Globalstrahlung ist nicht allein von der geographischen Breite, sondern auch von der Topographie und der Zahl der jährlich auftretenden Sonnenstunden abhängig. Die mittlere jährliche Sonneneinstrahlung liegt in den deutschen Regionen zwischen ca. 940 kWh/m² (Region Hamburg, Harz oder Sauerland) und 1.200 kWh/m² (bayerische Alpen) [DGS 2010].

Aus diesen Werten leiten sich durchschnittliche Jahreserträge für Freiflächenanlagen zwischen 885 kWh/kWp und 1.165 kWh/kWp ab [vgl. IE et al. 2011]. Der theoretische Durchschnittsertrag aller potenziell nutzbaren Flächen in Deutschland liegt dabei niedriger als der Mittelwert der Erträge aller bestehenden Anlagen in Deutschland, da in strahlungsreichen Regionen bisher mehr Anlagen errichtet wurden.

Durch die sich überlagernden Effekte beider Faktoren (Globalstrahlung und Reihenabstände in Abhängigkeit vom Breitengrad) können sich beträchtliche Abweichungen vom errechneten mittleren Energieertrag pro Hektar ergeben. Ausgehend von einem über die gesamte Bundesrepublik gemittelten Energieertrag von 400 GWh/(a*ha) können sich Abweichungen von +/- 30 % je nach der Lage (Breitenkreis, Globalstrahlung) ergeben, wobei im Süden der Bundesrepublik häufig eine hohe Globalstrahlung und ein günstiger Sonnenstand zusammentreffen, ebenso wie niedrige Globalstrahlung und ein eher ungünstiger Sonnenstand im Norden des Landes.

Da sich die unterschiedlichen Teilräume in Deutschland aufgrund dieser Bedingungen sehr deutlich unterscheiden, ist es für die Potenzialabschätzung erforderlich, eine regionale Differenzierung der Energieerträge aus PV-Freiflächenanlagen vorzunehmen. Für jede betrachtete Region, wird ein Zu- und Abschlag festgelegt, der aus dem Breitenkreis und der Globalstrahlung abgeleitet ist und der insgesamt eine Differenz von bis zu 30 % zwischen bestem und schlechtestem Fall ausmachen kann. Diese Angaben beziehen sich jeweils auf einen Modulwirkungsgrad von 15 % (Stand der Technik) sowie eine im Dezember mittags verschattungsfreie Aufständigung von 25° geneigten Modulen. Je nach Technologie und Aufstellart kann der Flächenbedarf noch erheblich stärker abweichen.

Für Strom aus PV-Freiflächenanlagen kann damit ein durchschnittlicher Flächenbedarf von 2,2 ha/(GWh*a) angesetzt werden. Hinzu kommt die Abweichung aufgrund der geographischen Lage, die unter „Regionale Differenzierung“ aufgeführt ist. Je nach Breitengradabhängigem Sonnenstand und Globalstrahlung kann dieser Wert um rund 30 % nach oben oder unten abweichen.

Für Strom aus PV-Freiflächenanlagen (mit 15 % Modulwirkungsgrad) kann damit je nach Lage (Region) ein Flächenbedarf zwischen 1,65 und 3,0 ha/(GWh*a) angesetzt werden.

Umgekehrt ergibt sich ein Jahresertrag von rund 460 MWh/ha als Mittelwert für Deutschland.

4.3.5 Raum- und Umweltwirkung

Auch der Bau, die Anlage und der Betrieb von PV-Freiflächenanlagen ist mit Raum- und Umweltwirkungen verbunden. Es besteht eine direkte Konkurrenz zu anderen Nutzungen, da sowohl eine landwirtschaftliche Bodennutzung als auch andere Flächennutzungen wie Wohnen, Gewerbe und Verkehr nach der Errichtung von PV-Anlagen auf den betreffenden Flächen faktisch ausgeschlossen sind. Bestimmte Schutzfunktionen wie z.B. Grundwasserschutz und -neubildung werden dagegen durch die Anlagen nicht oder nur in sehr geringem Maße beeinträchtigt. Bezogen auf die unterschiedlichen Raum- und Umweltfunktionen können je nach Standortempfindlichkeit spezifische Konflikte auftreten (vgl. Tabelle 7). Diese lassen sich entsprechend der betroffenen Raum- und Umweltbelangen fünf Konfliktgruppen zuordnen.

Da die Intensität der im konkreten Fall durch die Wirkungen der PV-Freiflächenanlagen ausgelösten Konflikte ganz wesentlich von der Empfindlichkeit und der Bedeutung der auf den betreffenden Flächen vertretenden Nutzungs- und Schutzbelangen abhängt, lassen sich aus den Konflikttypen Flächen- und Standortqualitäten ableiten, die keine oder nur eingeschränkt eine Nutzung der Windenergie zulassen (vgl. Tabelle 7). Diese Flächen- und Standortqualitäten gilt es im Zuge der Potenzialabschätzung durch geeignete Geodaten im Raum abzubilden, um die dahinterstehenden Belange angemessen zu berücksichtigen.

Dabei ist zu beachten, dass das Spektrum der für PV-Freiflächenanlagen in Anspruch genommenen Flächen derzeit noch stark durch die Vergütungsvoraussetzungen des EEG geprägt ist. Die alte EEG-Flächenkulisse umfasste Konversionsflächen, Randflächen an Autobahnen und Schienenwegen innerhalb eines 110 Meter Korridors sowie bestimmte Industrie- und Gewerbegebiete (§ 32 EEG). Aus diesem Grund beschränkt sich die Flächeninanspruchnahme vorerst auf die Flächentypen, für die eine Vergütung des erzeugten Stroms nach EEG garantiert ist. Mit der im Sommer 2014 erfolgten Novellierung des EEG wurde die Beschränkung der Vergütungsfähigkeit von Anlagen auf die genannten Flächenkategorien beibehalten. Die Vergütung insgesamt aber gesenkt.

Bei weiter sinkenden Modulpreisen ist jedoch zu erwarten, dass zukünftig (3-5 Jahre) Anlagen errichtet werden, die auf Eigennutzung bzw. Direktvermarktung ausgerichtet sind und auf eine Vergütung nach EEG verzichten, so dass dafür auch landwirtschaftliche Nutzflächen außerhalb der Randflächen an Schienenwegen und Autobahnen in Anspruch genommen werden können.

Tabelle 7 Konflikte bezüglich der Flächeninanspruchnahme für PV-Freiflächenanlagen

Konfliktgruppen	Flächen- bzw. Standortqualitäten besonderer Empfindlichkeit
Abiotik	
Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts durch anlagenbedingte Bodenversiegelung und -überschirmung mit negativen Auswirkungen	<ul style="list-style-type: none"> • Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser) • Gebiete mit besonders geringer Vorbelastung
Flora	
Baubedingte Veränderung der biotischen Standortfaktoren	<ul style="list-style-type: none"> • Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktionen) • Gebiete mit besonders geringer Vorbelastung
Fauna	
Entzug des Lebensraums für die Fauna durch die Einzäunung des Betriebsgeländes (Barriereeffekt).	<ul style="list-style-type: none"> • Brut-, Nahrungs- und Rasthabitat besonders empfindlicher Groß- und Mittelsäuger • Verbindungsflächen zwischen Einzelpopulationen einer Metapopulation • Lebensräume wandernder Arten
Lebensraumverluste und Beeinträchtigungen durch direkte Flächeninanspruchnahme	<ul style="list-style-type: none"> • Brut-, Nahrungs- und Rasthabitat besonders empfindlicher Arten (bspw. Offenlandarten)
Mensch	
Beeinträchtigung des Landschaftsbildes/Erholungsfunktion für den Menschen durch Einführung technischer Bauwerke (PV-Freiflächenanlagen)	<ul style="list-style-type: none"> • Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung • Gebiete mit besonderer Erholungsfunktion • Gebiete mit besonderer Eigenart, Vielfalt und Schönheit • Gebiete mit besonderen Kultur-, bau- und Bodendenkmälern • Gebiete mit besonderer Sichtschuttfunktion
Beeinträchtigungen für Menschen durch visuelle Wirkungen und optische Emissionen	<ul style="list-style-type: none"> • Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung • Kuppen oder Tallagen mit besonderem Erholungswert • Sichtachsen mit besonderem Erholungswert
Weitere	
Verdrängung von Nutzungen mit besonderer Funktion	<ul style="list-style-type: none"> • Gebiete mit besonderem Bestandsschutz

4.4 Photovoltaik-Dachflächen

Im Vergleich zur Freiflächenphotovoltaik ist der Anteil der PV-Anlagen, die an und auf Gebäuden angebracht werden deutlich höher und deren Beitrag zur Stromerzeugung wesentlich größer. Gleichzeitig erzeugen mit Ausnahme des Umstandes, dass die Flächen auch für Solaranlagen und damit für die Wärmeerzeugung genutzt werden könnten, in der Regel keine direkten Nutzungskonkurrenzen.

4.4.1 Stand der Technik

Genau wie bei den PV-Freiflächenanlagen, gehen die ausgewerteten Studien überwiegend von einem Modulwirkungsgrad von 15 % aus. Dieser wird durch den überwiegenden Einsatz kristalliner Module bei Dachanlagen auch überwiegend erreicht. Aufgrund der Begrenztheit der Dachflächen und die damit verbundene Kostenstruktur wird auf den Einsatz kostengünstigerer Module mit geringeren Wirkungsgraden und geringerer Leistung in der Regel verzichtet. Auch zur Performance Ratio gelten dieselben technischen Grundlagen wie bei den Photovoltaik-Freiflächen (vgl. Kapitel 4.3).

Bei der Analyse der Nutzbarkeit von Dachflächen muss berücksichtigt werden, dass die Ausrichtung und die Neigung in der Regel nicht frei wählbar sind, sondern von der vorhandenen

Dachform abhängen. Dadurch liegen die typischen jährlichen Erträge pro installierter Leistungseinheit niedriger als bei Freiflächenanlagen. Ausgehend von den in Kapitel 4.3 dargestellten durchschnittlichen Ertragswerten, kann bei neuen Dachanlagen im bundesweiten Durchschnitt mit rund 950 Vollbenutzungsstunden pro Jahr gerechnet werden. Entsprechend der regional unterschiedlichen Globalstrahlung ergeben sich je nach Standort zwischen 830 und 1.110 Vollbenutzungsstunden für die in Deutschland charakteristische Mischung aus unterschiedlich geneigten Dachanlagen.

4.4.2 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Das EEG vergütet seit dem Jahr 2000 PV-Dachanlagen mit einem Einspeisetarif, der auf vielen Dachflächen einen rentablen Betrieb ermöglicht. Inzwischen liegen die Gestehungskosten der Solarstromerzeugung niedriger als der Haushaltsstromtarif, so dass sich der Eigenverbrauch des Stroms für Privathaushalte auch nach Wegfall der Eigenverbrauchsvergütung lohnt. Die Wirtschaftlichkeit der Dachanlage ergibt sich damit als Mischkalkulation aus dem Einspeisetarif des nicht selbst benötigten Stroms und aus den vermiedenen Strombezugskosten. Damit ist die Wirtschaftlichkeit der Anlage direkt mit den zu zahlenden Haushalts- bzw. Gewerbestromtarifen verknüpft. Im Übrigen hängt die Rentabilität der Anlage – ebenso wie in Kapitel 4.3 für Freiflächenanlagen aufgeführt – von den Investitionskosten (spezifische Systempreise der Anlage einschl. Wechselrichter) einerseits und der Höhe der gesetzlichen Einspeisevergütung andererseits ab.

4.4.3 Flächenbedarf

Bei einem Wirkungsgrad zwischen 14 % und 15 % werden für die Module mit 1 kWp Leistung jeweils 7 m² schräge Dachfläche benötigt. Auf Flachdächern gelten die Abstandsrechnungen wie bei Freiflächenanlagen, da dort von aufgeständerten Modulen auszugehen ist.

Der Anteil geeigneter Dachflächen an allen vorhandenen Dachflächen wird je nach Studie unterschiedlich berechnet. Generell werden Dachflächen, die überwiegend nach Norden ausgerichtet sind bzw. um mehr als 45° von der Südausrichtung abweichen, aus Effizienzgründen ausgeschlossen [Everding et al. 2007]. Ebenso scheiden Dächer aus, deren Bestand nicht über 20 Jahre gesichert ist, so dass der nach EEG zugesicherte Vergütungszeitraum nicht ausgeschöpft werden kann.

In vielen Potenzialstudien [PV-BW 2011, Lödl et al 2010, Ecofys 2004] wurde auch ein Abschlagsfaktor für Dächer berücksichtigt, auf denen aus statischen Gründen keine PV-Module installiert werden können. Ein Teil der Dächer kommt aus Gründen des Denkmalschutzes nicht für eine Nutzung durch PV-Dachanlagen in Betracht. So haben etliche Kommunen Satzungen für historische Innenstädte erlassen, die eine optische Veränderung der Gebäude nicht zulassen. Dachintegrierte und farblich angepasste Module werden in solchen Fällen aus Kostengründen meist nicht in Betracht gezogen.

Ein Teil der technisch grundsätzlich geeigneten Dachflächen kommt für eine PV-Nutzung nicht infrage, weil sie für die Wärmeerzeugung durch solarthermische Anlagen genutzt werden.

Neben diesen technischen und wirtschaftlichen Beschränkungen muss davon ausgegangen werden, dass nur ein Teil aller Hausbesitzer grundsätzlich bereit ist, in Photovoltaik-Anlagen zu investieren. Ein großer Teil der Hausbesitzer befindet sich bereits im Seniorenalter, so dass die verbleibende Lebenserwartung niedriger ist als die planmäßige Amortisationszeit der PV-Anlage. In einigen Regionen ist die Finanzkraft der Hausbesitzer zum Teil so schwach, dass eine zusätzliche Kreditaufnahme zur Vorfinanzierung der Anlagen-Investition nicht in Betracht kommt. Und schließlich handelt nicht jeder Hausbesitzer nach rein betriebswirtschaftlichen Maßstäben, sondern beispielsweise auch nach ästhetischen oder anderen Präferenzen.

4.4.4 Regionale Differenzierung

Wie auch bei den PV-Freiflächenanlagen ist für die Energieerträge der PV-Dachanlagen aufgrund der unterschiedlichen Globalstrahlung eine regionale Differenzierung der Energieerträge je Fläche angebracht. Vom mittleren angesetzten Ertrag für Neuanlagen (950 kWh/kWp) können dadurch Abweichungen um bis zu 13 % nach unten (835 Vollbenutzungsstunden) oder bis zu 17 % nach oben (1.115 Vollbenutzungsstunden) resultieren [eigene Berechnung des IE Leipzig unter Anwendung des Schletter-Simulationsprogramms].

Da der Energieertrag aus Photovoltaik-Dachanlagen somit in erster Linie von der örtlichen Globalstrahlung abhängt, lässt sich die installierbare Leistung in jeder deutschen Teilregion anhand der gleichen Methodik ermitteln (siehe Kapitel 5.1). Der das Potenzial bestimmende Faktor ist gleich der Größe der sinnvoll nutzbaren Dachfläche pro Gebietseinheit.

4.4.5 Raumwirkung

Die Flächeninanspruchnahme von Solaranlagen auf Bauwerken erzeugt mit Ausnahme der alternativ möglichen Nutzung für die Wärmeerzeugung durch Solaranlagen in der Regel keine direkte Nutzungskonkurrenz. Im Hinblick auf die Inanspruchnahme von Freiflächen und die regelmäßig damit verbundenen Schutz- und Nutzungskonkurrenzen besteht damit keine Relevanz.

Dennoch gehen von der Errichtung und dem Betrieb von PV-Dachflächen z. B. ästhetische Wirkungen aus, die möglicherweise in Konflikt zu Denkmalschutzbelangen stehen könnten und das technische Dachflächenpotenzial möglicherweise einschränken. Diese Effekte lassen sich jedoch auf der Ebene einer bundesweiten Betrachtung nicht berücksichtigen, so dass hier allein vorgenannte technische, wirtschaftliche und soziale Aspekte als potenzial-einschränkende Faktoren in die Analyse einbezogen werden können.

Für Strom aus PV-Dachflächenanlagen kann ein durchschnittlicher Flächenbedarf von 0,75 ha/(GWh*a) angesetzt werden, ohne dass dadurch jedoch Freiflächen in Anspruch genommen werden. Je nach regionaler Lage und damit verbundener Globalstrahlung kann dieser Wert zwischen 13 % nach unten und 17 % nach oben abweichen.

Für Strom aus PV-Dachflächenanlagen (mit 15 % Modulwirkungsgrad und 7 m²/kW Leistung) kann damit je nach Lage (Region) ein Dachflächenbedarf zwischen 0,85 und 0.63 ha/(GWh*a) angesetzt werden.

Umgekehrt ergibt sich ein Jahresertrag von 1.357 MWh/ha Dachfläche als Mittelwert für Deutschland.

4.5 Wasserkraft

Im Hinblick auf die Wasserkraft ist zukünftig keine gravierende zusätzliche Flächeninanspruchnahme zu erwarten. Im Vorhaben wird sie als nicht freiflächenrelevant eingeordnet. Die Potenziale liegen ausschließlich im Ausbau bestehender, bisher nicht zur Energieerzeugung genutzter Wehre oder in der Modernisierung älterer Anlagen. Die Raumwirkung des Ausbaus der Wasserkraft ist auf Bundesebene kaum darstellbar.

4.5.1 Stand der Technik

Die Nutzung der Wasserkraft ist seit mehr als 100 Jahren eine bewährte Technologie. Durch den technischen Fortschritt können nur noch geringe Verbesserungen hinsichtlich der Effizienz bewirkt werden. Das betrifft beispielsweise den Wirkungsgrad der Turbinen. Unter Berücksichtigung der Fallhöhenverluste in Rechen, Kanälen und Bauwerken sowie der typischen Wirkungsgrade von Turbinen, Getriebe und Generatoren kann ein durchschnittlicher technischer Anlagenwirkungsgrad für das Gesamtsystem von 85 % für große Anlagen ab 1 MW sowie von 80 % für Anlagen mit weniger als 1 MW installierter Leistung angesetzt werden [Floeksmühle 2010]. Hinzu kommen die aufgrund der schwankenden Wasserstände tatsächlich erreichbaren Vollbenutzungsstunden. Für Anlagen ab 1 MW Leistung wurden in der Studie nach Auswertung der Daten von 240 Standorten im Durchschnitt 5.000 Vollbenutzungsstunden pro Jahr ermittelt.

Für die Berechnung der Energiepotenziale aus Wasserkraft wurden in der Studie unterschiedliche Werte für unterschiedlich große Gewässer zu Grunde gelegt. Berücksichtigt wurden weiterhin die Einhaltung eines Mindestwasserabflusses außerhalb der Turbinen (pauschal mit 10 %) sowie die für Fischaufstiegsanlagen erforderlichen Wassermengen.

4.5.2 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Der überwiegende Teil des heute in Deutschland erzeugten Wasserkraft-Stroms wird ohne Rückgriff auf das EEG frei vermarktet. Das EEG hat Anreize dafür geschaffen, auch kleinere Anlagen, die betriebswirtschaftlich im Strommarkt nicht dauerhaft rentabel betrieben werden könnten, durch feste Einspeisevergütungen in ihrer Rentabilität deutlich zu verbessern. Dieser Anreiz besteht auch für Modernisierungsinvestitionen bei größeren Wasserkraftwerken. Allerdings stellen die naturschutzrechtlichen Rahmenbedingungen sowie die aus der Wasserrahmenrichtlinie resultierenden rechtlichen Anforderungen, sehr hohe fachliche Bedingungen an die Modernisierung der Anlagen. Soll eine Vergütung des Stroms nach EEG erfolgen, sind im Zusammenhang mit der Modernisierung zudem explizit Maßnahmen zur Ökologischen Aufwertung nachzuweisen, die mit zusätzlichen Kosten verbunden sind. Eine Neuerrichtung von Querbauwerken in Flüssen ist aufgrund der umweltrechtlichen Bestimmungen

weitgehend ausgeschlossen. Aus diesem Grunde ist das realisierbare Zubaupotenzial für die Wasserkraftnutzung deutlich geringer einzuschätzen als das auf der Grundlage der genannten Annahmen zu ermittelnde technische Zubaupotenzial.

4.5.3 Regionale Differenzierung

Die Regionale Differenzierung der Wasserkraftpotenziale ergibt sich in erster Linie aus dem Relief und den damit verbundenen Gefällen der Fließgewässer. Die regionalen Unterschiede kommen nicht zuletzt in der bisher umfangreichsten Potenzialanalyse zu Ausdruck, die im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit durchgeführt wurde [vgl. Floecksmühle 2010, 2011]. Hier wurden auch die Potenziale für die einzelnen Bundesländer analysiert, wobei zwischen dem auf der Grundlage der physikalischen und technischen Bedingungen ermittelten technischen Erzeugungspotenzial und dem unter den genannten rechtlichen Bedingungen realisierbaren Zubaupotenzial unterschieden wurde.

Realisierbar ist demnach das „Erweiterungs- und Modernisierungspotenzial vorhandener Wasserkraftanlagen und einem Zubaupotenzial an bisher nicht durch die Wasserkraft genutzten Gewässerstrecken. Neben freien Fließstrecken gehören hierzu auch Strecken, in denen bereits Querbauwerke vorhanden sind“ [Anderer 2011]. Anders als beim technischen Potenzial wurde das Potenzial derjenigen frei fließenden Strecken an Rhein, Elbe, Donau und Oder, deren Ausbau aktuell nicht genehmigungsfähig erscheint, nicht mit einbezogen.

Das realisierbare Zubaupotenzial setzt sich zusammen aus einem Erweiterungs- und Modernisierungspotenzial für bereits vorhandene Anlagen sowie aus einem Neubaupotenzial, das sich jedoch auf bestehende Querbauwerke beschränkt. Die Ergebnisse aus der Studie sind in Kapitel 8.2 dargestellt.

Für Wasserkraftanlagen liegt kein Flächenbedarf mit Bezug zur Leistung und Stromerzeugung vor. Der technische Wirkungsgrad beträgt für das Gesamtsystem 85 % für große Anlagen ab 1 MW sowie 80 % für Anlagen mit weniger als 1 MW installierter Leistung.

Regionale Unterschiede resultieren aus der unterschiedlichen Ausprägung des Gewässernetzes in den Teilräumen und dem dort bereits realisierten Umfang der Wasserkraftnutzung.

4.6 Tiefengeothermie

Die Stromerzeugung aus der Tiefengeothermie wird im Kontext des Vorhabens als nicht freiflächenrelevant eingestuft. Die Nutzung der Tiefengeothermie nimmt lediglich am Standort der Anlage in begrenztem Maße Fläche in Anspruch. Nur auf dieser direkt genutzten Fläche ist die gleichzeitige Realisierung anderer Schutz- und Nutzungsfunktionen des Raumes ausgeschlossen. Allerdings gilt die Nutzung der Geothermie in der Nähe zu Wohngebieten als ausgeschlossen, da es wiederholt zu tektonischen Verwerfungen gekommen ist und damit verbundene Fragen der Gebäudesicherheit aufgeworfen werden. Gleichzeitig ist es aufgrund des erforderlichen Absatzes der bei der Stromproduktion anfallenden Abwärme sinnvoll die Nähe zu bestehenden Wärmenetzen zu suchen.

Da sowohl die mit der geringen Flächeninanspruchnahme verbundenen Effekte, als auch die tektonischen Wirkungen auf den umgebenden Raum nur sehr kleinräumig ausgeprägt sind, werden die daraus resultierenden Nutzungseinschränkungen im Zuge der bundesweiten Betrachtung zunächst vernachlässigt.

4.6.1 Stand der Technik

Bei der Nutzung der Tiefengeothermie können zwei Technologien unterschieden werden:

Bei der **hydrothermalen Tiefengeothermie** werden wasserführende Schichten (Aquifere) in großer Tiefe genutzt. Diese werden in der Regel durch zwei Bohrungen (eine sogenannte Dublette) aufgeschlossen und die im Untergrund vorhandene Wärme über einen Thermal-Kreislauf zu Tage gefördert. Das Thermalwasser wird über einen Wärmeüberträger in geschlossenem Kreislauf gefahren und wird anschließend wieder in den Untergrund verpresst. Aufbauend auf dieser Anordnung existieren in Deutschland aktuell vier geothermische Anlagen zur Bereitstellung von Strom. Als rein wärmenutzende Systeme aus Aquiferen sind in Deutschland über 20 Projekte aktiv, welche z. T. schon über Jahrzehnte betrieben werden.

Die **petrothermale Geothermie** (Hot Dry Rock) nutzt heiße mehr oder weniger trockene Gesteinsschichten, welche durch künstlich erzeugte Risse und Sprünge als eine Art Wärmetauscher erschlossen werden. Die Erschließung erfolgt wiederum durch (mindestens) eine Dublette, um einen gleichmäßigen Thermalkreislauf realisieren zu können. Es existieren in Deutschland und im Elsass aktuell zwei Forschungsprojekte (Soultz, Groß Schönebeck), welche diesen technologischen Ansatz voranbringen wollen. Diese Technologie wird jedoch auch in absehbarer Zeit keine Marktreife erreichen.

Aufgrund der vergleichsweise geringen Größe der zur Nutzung der Tiefengeothermie erforderlichen Bauwerke kann der spezifische Flächenbedarf der Geothermienutzung vernachlässigt werden. Die Nutzung ist aufgrund der spezifischen geologischen Voraussetzungen nur für wenige Teilräume in Deutschland relevant (vgl. Abbildung 5). Große Gebiete Deutschlands weisen kein Potenzial an heißen wasserführenden Schichten (Aquifere) auf, die sich für eine Nutzung der Tiefengeothermie für die Stromerzeugung eignen. Wenn die Hot-Dry-Rock-Technologie jedoch Anwendungsreife erlangt könnte sich diese Einschätzung in Zukunft ändern.

4.6.2 Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Die geothermische Stromerzeugung ist in Deutschland eine noch junge und aufgrund der technischen und geologischen Randbedingungen vergleichsweise teure Technologie, welche mit z. T. hohen Unsicherheiten (Fündigkeitsrisiko) bei der Projektumsetzung und einem hohen Kapitaleinsatz zur Bohrungsniederbringung zu kämpfen hat. Aufgrund regional unterschiedlicher geothermischer Temperatur-Tiefen-Gradienten variieren die zu erbringenden Bohrtiefen und damit auch Kosten geographisch z. T. erheblich. Darüber hinaus können Akzeptanzprobleme in der Bevölkerung aufgrund mikroseismischer Ereignisse zu zusätzlichen Hemmnissen bei der Projektrealisierung führen.

Ausschlaggebend für den wirtschaftlichen Erfolg eines Projektes sind neben der Temperatur des Thermalwassers seine Fließrate und chemische Zusammensetzung. Beide Parameter

haben direkten Einfluss auf den Aufwand, welcher zur Förderung des Thermalwassers notwendig ist. Da der Verstromungswirkungsgrad der Tiefengeothermie in Deutschland in der Größenordnung zwischen 10 und 15 % liegt, fallen prozessbedingt große Wärmemengen an, die es sinnvoll zu nutzen gilt. Der schwierigen wirtschaftlichen Situation wird im EEG 2012 durch die mittlerweile höchsten Vergütungssätze und einfache Klassifizierung für geothermische Stromerzeugung Rechnung getragen.

4.6.3 Regionale Differenzierung

Das Potenzial unterscheidet sich nach geologisch geeigneten Gebieten aus veröffentlichten Potenzialerhebungen. Die Potenzialermittlung nach Jung et al. [2002] stellte die technischen Potenziale einer geothermischen Stromerzeugung der drei Aquifer-Bereiche, Norddeutsches Becken, Oberrheingraben und süddeutsches Molassebecken zusammen (vgl. Abbildung 5).

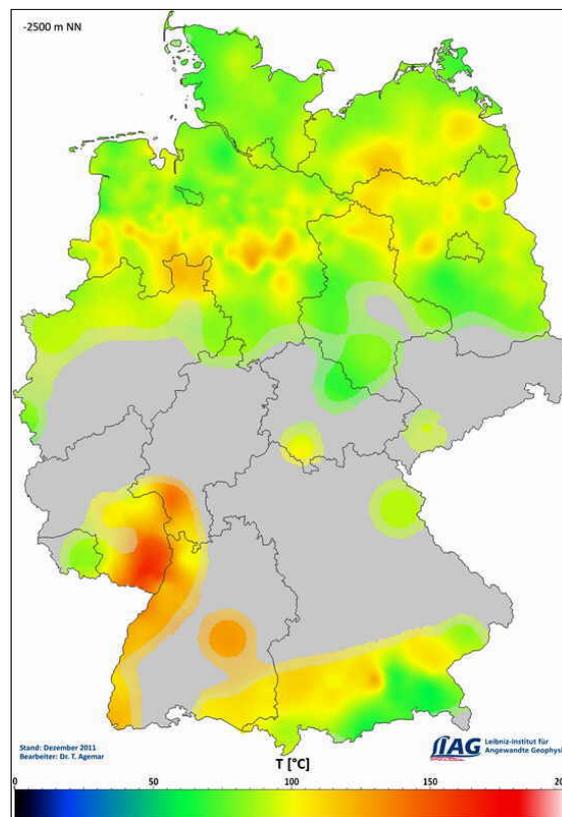


Abbildung 5 Regionale Verteilung von energetisch nutzbaren Aquiferen [LIAG 2011]

Dabei herrschen jeweils unterschiedliche Temperaturklassen. In den Gebieten in Norddeutschland und im Oberrheingraben liegen die Temperaturen aufgrund der geologischen Bedingungen in den Klassen 100-130°C, 130-160°C sowie 160-190°C. Im Molassebecken sind lediglich Temperaturen von 100 bis 130°C anzutreffen.

Die Ergebnisse der auf dieser Grundlage angestellten Berechnungen der Energiepotenziale sind in Kapitel 8.3 aufgeführt.

Die aus der Tiefengeothermie zu gewinnenden Energiemengen sind abhängig von der Leistung der unter technischen und wirtschaftlich akzeptablen Bedingungen installierbaren Anla-

gen. Dabei wird die Nutzung aufgrund der geologischen Bedingungen auch in absehbarer Zeit auf das Norddeutsche Becken, den Oberrheingraben sowie das Molassebecken beschränkt bleiben. Aktuell ist die Nutzung jedoch auch hier noch unwirtschaftlich und die Technik nicht marktreif.

Eine regionale Differenzierung der Nutzbarkeit lässt sich hinsichtlich der in den genannten Regionen anzutreffenden Temperaturklassen vornehmen. Hier ist der Oberrheingraben mit Temperaturen von bis zu 190°C besonders interessant.

4.7 Bioenergie

Der Anteil der Bioenergie an der Stromerzeugung beträgt derzeit ca. 5,5 % [BMU 2011b]. Dabei kommt für die Erzeugung von Strom eine große Vielfalt von Biomasseeinsatzstoffen infrage, die auf unterschiedlichen Konversionspfaden zu Strom umgewandelt werden. Daraus ergibt sich insgesamt eine außerordentliche Vielfalt an möglichen Nutzungsformen und Verwertungslinien. Im Folgenden werden die zur Stromerzeugung zentralen Konversionspfade Biogas und Feststoffverbrennung betrachtet. Da Biomasse neben der Stromerzeugung auch für Kraftstoff- oder Wärmeerzeugung genutzt werden kann, müssen diesbezüglich Annahmen zu diesen Verwertungswegen der Biomasse auf den für die Biomassebereitstellung zur Verfügung stehenden Flächen getroffen werden.

Im Hinblick auf die mit dem Betrieb der Bioenergieanlagen sowie der Biomassebereitstellung verbundenen Flächenbedarfe und der damit verbundenen Raum- und Umweltwirkungen ist auf der Ebene einer bundesweiten Analyse zunächst ausschließlich der Biomasseanbau von Bedeutung. Biomasseanlagen zur energetischen Nutzung besitzen gegenüber dem Anbau der Einsatzstoffe einen verschwindend geringen direkten Freiflächenbedarf sowie einen geringen, darüber hinausgehenden Wirkradius. Neben der flächenwirksamen Anbaubiomasse werden als Basispotenzial auch die nicht flächen- und raumrelevanten Biomassereststoffpotenziale Bioabfall, Landschaftspflegematerial und kommunaler Grünschnitt sowie Waldrestholz als Einsatzstoffe berücksichtigt.

Um den aus dem Biomassepotenzial zu erzielenden Energieertrag bestimmen zu können, müssen Annahmen zur Verteilung der energetisch genutzten Anbau- und Reststoffbiomasse auf die Konversionswege getroffen werden. Daraus kann abgeleitet werden, welche Biomassebedarfe aus Reststoffen gedeckt werden können und welcher Teil der Biomassebereitstellung flächenrelevante nachwachsende Rohstoffe (NawaRo) betrifft. Parallel werden die Flächenbedarfe aus dem Substratbedarf an Anbaubiomasse abgeleitet. Dieser hängt insbesondere davon ab, wie intensiv die Substrate erzeugt werden.

Um aus den auf diese Weise ermittelten Flächenpotenzialen Energieerträge ableiten zu können, müssen Annahmen zu den Konversionswegen getroffen werden. Dabei folgen die damit verbundenen Anlagentypen und Einsatzstoffe unterschiedlichen Anreizsystemen und verfügen über einen uneinheitlichen Stand der Technik. Die Attraktivität der möglichen Konversionswege hängt daher ganz wesentlich von den technischen und wirtschaftlichen, d.h. förderpolitischen, Rahmenbedingungen ab. Im Fokus stehen dabei zwei wesentliche Konversionswege zur Erzeugung von Strom aus Anbaubiomasse: zum einen der Biogaspfad und zum anderen die Feststoffverbrennung.

4.7.1 Konversionsweg Biogasnutzung

Im Hinblick auf die Potenziale für die Stromerzeugung aus Biomasse sind insbesondere landwirtschaftliche Biogasanlagen relevant, die im Schwerpunkt Anbaubiomasse nutzen.

Stand der Technik

Um bezogen auf den Konversionsweg Biogas den Energieertrag je Fläche bzw. den Flächenbedarf je Energiemenge bestimmen zu können, sind Annahmen hinsichtlich der technischen Ausstattung der Anlagen zu treffen, die deren Effizienz bestimmen. Das betrifft folgende Parameter:

- Installierte Leistung der Anlagentypen,
- Volllaststundenzahl,
- Elektrischer Wirkungsgrad des Blockheizkraftwerkes (BHKW),
- Biomasseertrag unter Beachtung der Anbauintensität.

In den einschlägigen Studien zu Biomasse-/Bioenergiepotenzialen wurde nicht ersichtlich, welche Anlagentypen jeweils als Standard angesetzt wurden. Gegenwärtig kann eine typische Anlageleistung von 380 kW_{el} angesetzt werden [DBFZ 2011]. Rund 60 % der installierten Biogasanlagen liegen im Bereich zwischen 150 und 500 kW_{el} [DBFZ 2011]. Die mittlere Anlagenleistung von Neuanlagen, die im Jahr 2010 in Betrieb gegangen sind, lag bei ca. 300 kW_{el}.

Dabei wird für die Biogasanlagen von bis zu 8.000 Volllaststunden pro Jahr ausgegangen. Die im Rahmen des EEG-Monitorings ermittelte mittlere Volllaststundenzahl beträgt rund 7.700 Stunden pro Jahr, wobei ein Großteil der Anlagen auch 8.000 Stunden erreicht [DBFZ 2011]. Zum Teil werden in den Potenzialstudien unterschiedliche Wirkungsgrade zwischen 37-40 % angenommen. Vor diesem Hintergrund kann überschlägig davon ausgegangen werden, dass bei Einsatz von Energiepflanzensilagen im Durchschnitt für je 20 Tonnen verfügbarer Frischmasse ca. 1 kW_{el} (186,6 Nm³, 52,7 % CH₄, 38 % el. Wirkungsgrad, 7.500 h Laufzeit des BHKW) installiert werden können [Bosch & Partner 2010]. Eine durchschnittliche Biogasanlage mit einer Leistung von 380 kW_{el} benötigt damit 7.600 Tonnen Biomasse pro Jahr. Abhängig vom Hektarertrag der unterschiedlichen Anbaukulturen lässt sich daraus der Flächenbedarf je Leistungseinheit berechnen.

Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Das Ausmaß der Biogaserzeugung ist in erster Linie abhängig von den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Diese werden maßgeblich vom Erneuerbare-Energien Gesetz (EEG) bestimmt. Nur durch die Mindestvergütung für Strom aus Biogas, die durch das EEG garantiert wird, kann ein wirtschaftlicher Anlagenbetrieb erreicht werden, der gegenüber der klassischen Landwirtschaft mit Nahrungs- und Futtermittelproduktion mit seinen Förder- und Marktbedingungen attraktiv ist.

Nach EEG 2012 wird für Strom aus Biogasanlagen eine leistungsbezogene Grundvergütung gewährt. Darüber hinaus erhält der Anlagenbetreiber eine weitere Einspeisevergütung, die von dem in der Biogasanlage eingesetzten Substrat abhängig ist:

- für Nachwachsende Rohstoffe (Vergütungsklasse I),
- für Gülle, Mist und Landschaftspflegematerial (Vergütungsklasse II) oder
- für die Vergärung von Bioabfällen.

Um die volle Einspeisevergütung zu erhalten, gibt es neben den substratbezogenen Bedingungen verschiedene weitere technische Vorgaben wie eine Mindestwärmenutzung und die Begrenzung des Maiseinsatzes.

Ein wichtiger Faktor für die Wirtschaftlichkeit einer Anlage sind die Bereitstellungskosten für die eingesetzten nachwachsenden Rohstoffe. Bei Biogasanlagen, die auf den Zukauf von Substrat angewiesen sind, können steigende Substratpreise dazu führen, dass der Betrieb trotz garantierter EEG-Einspeisevergütungen unwirtschaftlich wird. Aus diesem Grunde ist das Potenzial für die Erzeugung von Strom aus Biogas anders als bei den übrigen EE-Sparten, neben der Höhe der EEG-Vergütung auch stark von der Entwicklung der wirtschaftlichen Attraktivität konkurrierender Flächennutzungen abhängig.

Flächenbedarf

Der Flächenbedarf je Leistungseinheit der Biogasanlage bzw. Energiemenge produzierten Stroms ist vom Wirkungsgrad der Anlage in Verbindung mit dem Hektarertrag sowie dem Gasertrag der eingesetzten Energiepflanzen abhängig (vgl. Kapitel 4.7.3).

Regionale Differenzierung

Eine regionale Differenzierung der Bioenergieanlagen kann hinsichtlich der durchschnittlichen Anlagengröße erfolgen. Im Durchschnitt werden in Süddeutschland deutlich kleinere, dafür aber wesentlich mehr Anlagen errichtet und betrieben, während in Norddeutschland große Anlagen über 300 kW_{el} vorherrschen. Dieses ist vor allem durch die unterschiedliche Struktur der landwirtschaftlichen Betriebe begründet.

4.7.2 Konversionsweg Feststoffverbrennung

Wenn auch der weit überwiegende Teil der zur Verbrennung eingesetzten Biomasse aus Reststoffen (Waldrestholz, Altholz, etc.) besteht, ist davon auszugehen, dass zunehmend mehr Anbaubiomasse, insbesondere Miscanthus sowie Holz aus Kurzumtriebsplantagen, eingesetzt werden, die auf landwirtschaftlichen Flächen produziert werden und damit flächenrelevant werden. Der Flächenbedarf je produzierter Strommenge ist auch hier neben dem Biomasseertrag abhängig vom Stand der Technik und der damit verbundenen Effizienz der Heizkraftwerke.

Stand der Technik

Je nach Größe der Heizkraftwerke kann von folgenden Volllaststunden der Stromerzeugung ausgegangen werden [DBFZ 2011]:

- Anlagen im Leistungsbereich $\leq 0,15$ MW_{el}: 2.500 h/a,
- Anlagen im Leistungsbereich $\geq 0,15-1$ MW_{el}: 4.000 h/a,
- Anlagen im Leistungsbereich $> 1-10$ MW_{el}: 6.000 h/a,
- Anlagen im Leistungsbereich > 10 MW_{el}: 7.500 h/a.

Der elektrische Wirkungsgrad von Biomasseheizkraftwerken ist maßgeblich von der Verbrennungstechnologie und dem Umfang der Wärmenutzung abhängig. Beispielsweise liegt bei einem rost- und wirbelschichtbefeuerten Dampfkessel mit Turbine der elektrische Wirkungsgrad bei reiner Verstromung bei ca. 25-30 % und bei Kraft-Wärmekopplung bei ca. 10-15 % (bei einem Gesamtwirkungsgrad von bis zu 90 %). Ein vergleichsweise hoher elektrischer Wirkungsgrad (bis ca. 35 %) kann durch thermische Biomassevergasung erreicht werden.

Im Hinblick auf die Bestimmung des erforderlichen Flächenbedarfs für die Stromerzeugung aus Feststoffverbrennung wird als durchschnittlicher Stand der Technik für Biomassekraftwerke von einer 2,5 MW Anlage, bei 6.000 Volllaststunden und einem Wirkungsgrad von 30 % ausgegangen.

Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Die Wirtschaftlichkeit der Stromerzeugung aus Feststoffverbrennung wird wie bei den anderen EE-Sparten auch, ganz wesentlich vom EEG bestimmt. Daneben hat aber ähnlich wie im Biogasbereich auch die Entwicklung der Holzpreise einen großen Einfluss. Wesentliche Kriterien für die Höhe der EEG-Vergütung sind neben der Leistungsklasse der Anlage, die verwendeten Einsatzstoffe sowie die Nutzung der Abwärme (Kraft-Wärme-Kopplung).

Die Bereitstellungskosten für die zur Verbrennung eingesetzten nachwachsenden Rohstoffe, sind sowohl bei naturbelassenem Holz (Wald(rest)holz, Landschaftspflegeholz) in den vergangenen Jahren stetig gestiegen [DBFZ 2011]. Sollte diese Entwicklung weiter anhalten, ist damit zu rechnen, dass die Holzproduktion in Kurzumtriebsplantagen wirtschaftlich attraktiver wird und der Flächenbedarf für diese Kulturen zunimmt.

Flächenbedarf

Der aus dem Einsatz von Anbaubiomasse resultierende Flächenbedarf je Energiemenge ist zum einen von den anlagenbezogenen Parametern (Anlagengröße bzw. -leistung und Wirkungsgrad) abhängig und zum anderen von den Hektarerträgen der eingesetzten Festbrennstoffe sowie deren Energiegehalt.

Die Auswertung relevanter Studien [HMUELV 2010, BMVBS 2010] zeigt, dass die Stromerzeugung aus Festbrennstoffen gegenwärtig mit Werten zwischen 23-31 MWh/ha*a (rund 0,02 bis 0,03 GWh/ha) zu rechnen ist.

Regionale Differenzierung

Eine regionale Differenzierung der Anlagen zur Verbrennung von Festbrennstoffen und damit verbunden der Effizienz der Stromerzeugung ist nicht auszumachen. Weder die Anlagengrößen noch deren Technologie und Wirkungsgrad unterliegen grundsätzlichen regionalen Un-

terschieden. Das gleiche gilt für die Hektarerträge und die Energiegehalte der zur Produktion von Festbrennstoffen herangezogenen Anbaukulturen.

Für Strom aus Festbrennstoff kann ein Flächenbedarf zwischen 30 und 50 ha/GWh*a angesetzt werden.

4.7.3 Biomassebereitstellung aus Biomassereststoffe

Die Nutzung von Biomassereststoffen bietet ein Basispotenzial für die Substratversorgung von Bioenergieanlagen, für das keine zusätzlichen Flächen bereitgestellt werden müssen. Entsprechend sind mit der Nutzung von Biomassereststoffen in der Regel auch keine direkten nachteiligen Raum- und Umweltwirkungen verbunden, die bei der Potenzialabschätzung als Einschränkung berücksichtigt werden müssten.

Die Größe des für die Stromerzeugung nutzbaren Biomassepotenzials aus Reststoffen wird aus aktuellen Berechnungen des Deutschen Biomasseforschungszentrums übernommen [DBFZ 2011]. Die Ergebnisse sind in Kapitel 8.4 dargestellt.

4.7.4 Biomassebereitstellung aus Energiepflanzenanbau

Während die Raum- und Umweltwirkungen der Biomasseverwertungsanlagen und die Biomassebereitstellung aus Biomassereststoffen auf der Ebene einer bundesweiten Betrachtung eher zu vernachlässigen sind, geht die gezielte Produktion von Biomasse, die zur energetischen Nutzung eingesetzt wird, mit großem Flächenbedarf und umfangreichen Raum- und Umweltwirkungen einher.

Stand der Technik

Aufgrund der fachrechtlichen Vorgaben zur guten fachlichen Praxis sowie der Förderbedingungen der gemeinsamen Agrarpolitik kann für die Ermittlung des Flächenbedarfs davon ausgegangen werden, dass der Anbau klassischer einjähriger Energiepflanzen wie Mais oder Getreide grundsätzlich in einer dreigliedrigen Fruchtfolge stattfindet.

Beim Anbau und der Nutzung von Agrarholz in Kurzumtriebsplantagen kann davon ausgegangen werden, dass im Durchschnitt ein vierjähriger Umtrieb erfolgt und die Plantagen aus wirtschaftlichen Gründen mindestens 20 Jahre Bestand haben.

Flächenbedarf

Der sich aus der Stromerzeugung aus Anbaubiomasse ergebende Flächenbedarf ist dem Hektarertrag und dem Energiegehalt der Energiepflanzen immer auch vom Wirkungsgrad der Konversionswege und damit der dazu eingesetzten Anlage abhängig (vgl. Kapitel 4.7.1). Bezogen auf die Stromerzeugung über den Biogaspfad und die in Kapitel 4.7.1 ausgeführten Annahmen über die durchschnittliche technische Ausstattung und Effizienz der Biogasanlagen, ergeben sich aus den unterschiedlichen Hektarerträgen und Energiegehalten der Substrate folgende flächenbezogene Stromerträge der verschiedenen Anbaukulturen:

Tabelle 8 Kulturspezifische Stromerträge je Hektar Anbaufläche [FNR 2011]

Anbaukultur	Stromertrag pro Fläche
Maissilage	18.489 kWh _{el} /ha
Zuckerrüben	17.289 kWh _{el} /ha
Sudangras	12.711 kWh _{el} /ha
Getreide-GPS(Ganzpflanzensilage)	11.586 kWh _{el} /ha
Grassilage	10.826 kWh _{el} /ha

Für die Substratbereitstellung aus Anbaubiomasse kann damit im Durchschnitt von einem Flächenbedarf zwischen 200 und 300 ha je 500 kW_{el} installierter Leistung ausgegangen werden. Der direkte Flächenbedarf einer durchschnittlichen Biogasanlage, inklusive der erforderlichen Siloflächen, ist mit ca. 5.000 m² dagegen zu vernachlässigen.

Bezogen auf die produzierte Strommenge zeigt die Auswertung relevanter Studien [vgl. FNR 2011, HMUELV 2010], dass gegenwärtig mit Werten zwischen 10,8-18,5 MWh/ha*a (rund 0,01 bis 0,02 GWh/ha*a) gerechnet werden kann.

Regionale Differenzierung

Eine regionale Differenzierung der Flächenbedarfe je Energiemenge könnte sich aus unterschiedlichen Bodenqualitäten und den sich daraus ergebenden Hektarerträgen sowie der regional unterschiedlichen Verteilung der Anlagengrößen ableiten lassen. Die Einflüsse beider Faktoren sind jedoch angesichts der anderen, unabhängig von Regionen stark variierenden, Anbausysteme und Technologien sowie deren Effizienzunterschiede so gering, dass auf eine regionale Differenzierung der Flächenbedarfe verzichtet werden kann.

Für die Stromerzeugung aus Biogas auf der Grundlage von Anbaubiomasse kann ein Flächenbedarf zwischen 50 bis 100 ha/GWh*a angesetzt werden.

4.7.5 Raumwirkung der Bioenergienutzung

Wie bereits ausgeführt, werden die wesentlichen Raumwirkungen im Bereich der Bioenergie durch den Anbau und die Bereitstellung der genutzten Biomasse entfaltet. Durch die Energieanlagen selbst und den Einsatz von Biomassereststoffe werden nur vergleichsweise geringe Raum- und Umweltwirkungen verursacht die auf der Ebene einer bundesweiten Betrachtung zu vernachlässigen sind. Der gezielte Biomasseanbau auf landwirtschaftlichen Nutzflächen (z. B. Kurzumtriebsplantagen für die Feststoffverbrennung oder Getreideganzpflanzen für Biogas) steht dagegen immer großflächig in direkter Flächenkonkurrenz zum Nahrungs- und Futtermittelanbau.

Bezogen auf andere Raum- und Umweltfunktionen können je nach Raumeigenschaften und planerischen Zielaussagen über die direkte Nutzungskonkurrenz eine Reihe weiterer Konflikte auftreten. Entsprechend können den einzelnen Konflikten Flächen- und Standortqualitäten hoher Bedeutung und Empfindlichkeit zugeordnet werden, die als Indikator der Konflikintensität mit Schutzbelangen fungieren. Dabei können abgeleitet aus den typischen Wirkfaktoren des Biomasseanbaus vier Konfliktgruppen zugeordnet werden (vgl. Tabelle 9).

Tabelle 9 *Potenzielle Konflikte des Biomasseanbaus mit Schutzbelangen*

Konfliktgruppen	Flächen- bzw. Standortqualitäten besonderer Empfindlichkeit
Fauna	
Verlust von Lebensräumen und ökologischen Naturhaushaltsfunktionen durch Grünlandintensivierung und -umbruch	<ul style="list-style-type: none"> • Brut- und Nahrungshabitat besonders angepasster, empfindlicher Avifauna • Lebensräume empfindlicher und standortangepasster Arten • Besondere Synergien zwischen Arteninventar und Lebensraum
Verlust von Kohlenstoffsinken durch Grünlandumbruch oder Waldumwandlung	<ul style="list-style-type: none"> • Moor- und Waldstandorte mit hoher CO₂-Senkenfunktion
Abiotik	
Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes durch Verschmutzung und Belastung von Wasser, Boden und Luft	<ul style="list-style-type: none"> • Gebiete besonderer Empfindlichkeit gegenüber Einträgen in Boden und Gewässer
Beeinträchtigung des Landschaftswasserhaushalts durch Energiepflanzenanbau mit hohem Wasserbedarf	<ul style="list-style-type: none"> • Standorte empfindlicher Bodenfunktionen • Trockene Standorte • Standorte mit geringem Wasserrückhalt
Verlust von Brachflächen durch den Energiepflanzenanbau	<ul style="list-style-type: none"> • Brachflächen mit empfindlichen Entwicklungsstadien • Brachflächen die als Lebensraum empfindlicher Arten dienen
Flora	
Verlust von Agrobiodiversität durch Verengung der Fruchtfolgen im Energiepflanzenanbau	<ul style="list-style-type: none"> • Nahrungshabitat besonders an die traditionelle landwirtschaftliche Nutzung angepasster empfindlicher Avifauna • Lebensräume besonders an traditionelle landwirtschaftliche Nutzung angepasster empfindlicher Fauna • Besondere Synergien zwischen Arteninventar und Lebensraum
Verlust von heimischen Arten durch invasive Kulturen	<ul style="list-style-type: none"> • Gebiete mit besonderer Empfindlichkeit gegenüber invasiven Kulturen
Mensch	
Beeinträchtigung des Landschaftsbildes/Erholungsfunktion für den Menschen durch hochwüchsige Energiepflanzen auf Acker und Grünland	<ul style="list-style-type: none"> • Gebiete mit besonderer Erholungsfunktion • Kuppen oder Tallagen mit besonderem Erholungswert • Sichtachsen mit besonderem Erholungswert

Mögliche Konflikte des Energiepflanzenanbaus mit aktuellen oder geplanten Raumnutzungen und daraus resultierende Restriktionen betreffen insbesondere Nutzungskonkurrenzen innerhalb der Landwirtschaft, wie die Konkurrenz zum Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln.

Geht man davon aus, dass die in der Bundesrepublik zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Nutzflächen vorrangig für die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln genutzt werden sollen, dann hängt die Gesamtgröße der für den Anbau energetisch nutzbarer Biomasse verfügbaren landwirtschaftlichen Nutzfläche ganz wesentlich davon ab, wie viel Fläche für die klassische landwirtschaftliche Bodennutzung benötigt wird. Dieser Flächenbedarf wiederum ist von einer ganzen Reihe von gesellschaftlichen und ökonomischen Rahmenbedingungen abhängig, die nur sehr schwer detailliert zu erfassen sind. Daher muss für die Potenzialermittlung ein pragmatischer Ansatz verfolgt werden, um den maximalen Anteil der für die Bioenergieproduktion verfügbaren landwirtschaftlichen Flächen zu bestimmen.

Vor dem Hintergrund aktueller politischer Diskussionen im Kontext der zunehmenden Nutzungskonkurrenz auf Ackerflächen sowie der Kontroverse „Tank oder Teller“ werden ver-

mehrt Maximalwerte von 30 % (landwirtschaftlicher Ackerfläche) genannt (vgl. beispielsweise Biomassestrategie Brandenburg, MUGV 2010). Auf Grünlandstandorten sollen nicht mehr als 20 % für die Biomasseproduktion zur energetischen Nutzung in Anspruch genommen werden. Will man diesen Durchschnittswert zur Grundlage der Ermittlung von Flächenpotenzialen für die Biomassebereitstellung heranziehen, ist eine regionale Differenzierung erforderlich, die in Abhängigkeit von regionalen Besonderheiten der Futter- und Nahrungsmittelproduktion, wie z. B. große Anteile an Sonderkulturen (wie bspw. Spargel) oder besonders große Viehbestände mit entsprechender Futtermittelnachfrage, bestimmt werden muss. Diese Besonderheiten führen dazu, dass in den Regionen mit den klassischen Anbauprodukten tendenziell ein höherer Deckungsbeitrag erreicht werden kann, als mit der Produktion von energetisch genutzter Anbaubiomasse, so dass deren Anteile hier geringer ausfallen.

Über die landwirtschaftsinterne Verwertungskonkurrenz hinaus bestehen weiterhin grundsätzlich Konkurrenzen zu allen anderen Flächennutzungen, die keine parallele landwirtschaftliche Bodennutzung zulassen. In der Summe ist der Umfang der betreffenden Flächen jedoch so gering, dass er über die pauschale Festlegung des 30%-Anteils abgedeckt wird.

4.8 Zwischenfazit

Die aus den technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen abzuleitenden durchschnittlichen Flächenbedarfe je EE-Sparte bzw. Konversionspfad bilden die fachliche Grundlage für die Abschätzung der bundesweit verfügbaren EE-Ausbaupotenziale. Die auf diese Weise ermittelten durchschnittlichen Flächenbedarfe je Energiemenge sind für alle EE-Sparten im Überblick im Anhang dargestellt (vgl. Anhang Teil B 7).

Da die Spannweite und die Entwicklungsdynamik der technologischen Möglichkeiten sehr groß ist, ist es erforderlich die Methodik zur Potenzialabschätzung so auszugestalten, dass sie möglichst flexibel auf die sich ändernden technischen und wirtschaftlichen Bedingungen angepasst werden kann. In diesem Sinne müssen die Rahmenbedingungen jederzeit entsprechend der gegenwärtigen und zukünftigen Bedingungen einstellbar sein.

Aufgrund der spartenspezifischen Wirkungen der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (Flächenversiegelung, Lärmemissionen, Sichtbarkeit, Zerschneidungswirkung etc.) sind die Potenziale nicht nur aufgrund aktueller oder planerisch festgelegter konkurrierender Flächennutzungen eingeschränkt, sondern auch durch gegenüber diesen Wirkungen empfindlichen rechtlich determinierten Schutzbelangen (Bodenschutz, Lebensraumfunktionen, Landschaftsbild, Freiraumschutz etc.). Das Wirkungswissen zu den einzelnen EE-Sparten und Konversionswegen in Verbindung mit den spezifischen Empfindlichkeiten des Standortes sind entscheidende Grundlage zur Identifizierung von potenziellen Konflikten.

Im Sinne eines möglichst konfliktarmen Ausbaus der Nutzung Erneuerbarer Energien ist es erforderlich, diejenigen Flächen, die mit konkurrierenden Nutzungen belegt sind oder gegenüber den betreffenden Wirkungen empfindliche Schutzfunktionen erfüllen, von unverträglichen EE-Nutzungen freizuhalten. Durch die raum- bzw. flächenbezogenen Nutzungsrestriktionen wird das theoretisch verfügbare Flächenpotenzial daher erheblich eingeschränkt.

5 Methodik der Potenzialanalyse flächenneutraler EE-Nutzungen

Wie im vorangehenden Kapitel ausgeführt, ist es aus Sicht der Raum- und Umweltplanung für die Potenzialanalyse sinnvoll, die verschiedenen EE-Sparten daraufhin zu unterscheiden, ob ihre Nutzung mit relevanten Flächeninanspruchnahmen oder Raumwirkungen verbunden sind oder diese so gering sind, dass sie bei einer Betrachtung auf Bundesebene vernachlässigt werden können und daher als flächenneutral einzustufen sind. Für die Analyse der Energiepotenziale aus flächenneutralen erneuerbarer Energien werden für die Analyse auf Bundesebene vornehmlich statistische Daten herangezogen. Die entsprechenden Vorgehensweisen zur Ermittlung der Potenziale für die EE-Sparte Photovoltaik auf Dachflächen, Wasserkraft, Tiefengeothermie und Bioenergie aus Biomassereststoffen werden für die Anwendung auf Bundesebene im Folgenden dargestellt. Um eine regionale Differenzierung der Potenziale aufzeigen zu können, werden dabei wesentliche Aspekte der sich regional unterscheidenden, die Potenziale bestimmenden Faktoren deutlich gemacht.

5.1 Photovoltaik-Dachflächen

Der methodische Ansatz zur Ermittlung der Potenziale für die Nutzung von PV-Anlagen auf Dächern basiert auf der Abschätzung nutzbarer Dächer. In Verbindung mit Bestandsdaten über Wohngebäude der statistischen Landesämter und des statistische Bundesamtes werden zunächst die grundsätzlich nutzbaren Dachflächenpotenziale abgeschätzt.

Dazu werden ausgehend von den laut der Statistiken vorhandenen Dächern anhand spezifischer Kennzahlen zur Eignung von Dachflächen aufgrund unwirtschaftlicher oder aus anderen Gründen ungeeigneter Neigung/Ausrichtung, Denkmalschutz oder unzureichender Statik, diejenigen abgezogen, die nicht für PV-Anlagen nutzbar sind. Dabei wird die regionale Verteilung der Dächer berücksichtigt.

Für Nichtwohngebäude liegt eine Bestandsstatistik aller Dachflächen nicht vor. Hier wird die verfügbare Dachfläche anhand eines etablierten Faktors geschätzt [vgl. IE 2009].

Die Analysemethode berücksichtigt auch die Konkurrenzen mit Nutzung durch Solarthermieanlagen, indem je nach Region von unterschiedlichen Verteilungen von Einfamilienhäusern, Zweifamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern ausgegangen wird sowie je nach mittlere Wohnungsanzahl der Mehrfamilienhäuser ein spezifischer Anteil der Flächen für die Wärmenutzung angesetzt wird.

Ausgehend von den ermittelten Dachflächenpotenzialen werden die Leistungs- und Erzeugungspotenziale unter Annahmen durchschnittlicher Werte für den Modulwirkungsgrad und die Globalstrahlung berechnet.

5.2 Wasserkraft

Für die Ermittlung der Energiepotenziale aus Wasserkraft wird auf die Ergebnisse der Potenzialstudie des Ingenieurbüros Floecksmühle zurückgegriffen [Floecksmühle 2010]. Wesentliche Größe bei der Abschätzung von Wasserkraftpotenzialen ist neben den Abflusssmengen,

aus denen sich die theoretische Obergrenze des Wasserkraftpotentials ableiten lassen das „Linienpotenzial der Gewässer“. Der maximale Energievorrat eines Gewässers wird aus dem durchschnittlichen jährlichen Abflussvolumen der Fließgewässer und den vorhandenen Gefällen ohne Berücksichtigung der Fließverluste abgeleitet [Floecksmühle 2010]. Auf der Grundlage dieser statistischen Kennzahlen lassen sich die Potenziale differenziert nach kleinen Wasserkraftanlagen (<1 MW) und großen Wasserkraftanlagen (≥1 MW) analysieren. Dabei erfolgt eine Standortbetrachtung für potenzielle Anlagen ≥1 MW. Für kleine Wasserkraftanlagen werden, aufgrund unzureichender Datenlage, die Potenziale anhand von Vergleichsgewässern auf das nutzbare Potenzial heruntergebrochen [Floecksmühle 2010].

Die Vorgehensweise lässt eine räumliche Differenzierung nach Gewässerabschnitten zu. Auf diese wird das realisierbare Zubaupotenzial, im Sinne des Erweiterungs- und Modernisierungspotenzials von vorhandenen Anlagen, bezogen sowie das Neubaupotenzial abgeschätzt.

Die Leistungs- und Energiepotenziale wurden in der Studie abschließend aus den Kennwerten zum Wirkungsgrad und den Vollbenutzungsstunden der Anlage berechnet.

5.3 Tiefengeothermie

Für die Abschätzung des Potenzials der Tiefengeothermie wird auf Statistiken und Erhebungen zu den geologisch grundsätzlich für die Nutzung geeigneten Gebieten zurückgegriffen. Dabei ist hinsichtlich der Potenziale nach unterschiedlichen Temperaturklassen zu unterscheiden. Eine zentrale Grundlage bildet die Potenzialermittlung von Jung et al. aus dem Jahr 2002, die die technischen Potenziale der geothermischen Stromerzeugung für die drei Aquiferen-Bereiche Norddeutsches Becken, Oberrheingraben und süddeutsches Molassebecken zusammenträgt [Jung et al. 2002] (vgl. Abbildung 5). Grundsätzlich kommen nur Gebiete in Norddeutschland und im Oberrheingraben aufgrund der geologischen Bedingungen und der damit verbundenen Temperaturklassen 100-130°C, 130-160°C sowie 160-190°C für eine Nutzung in Frage. Im Molassebecken findet sich lediglich die erstgenannte Temperaturklasse von 100-130°C.

Anzumerken ist, dass das Potenzial der Tiefengeothermie im strengen Sinne nicht als regenerativ (vergleichbar z. B. zur solaren Einstrahlung) eingestuft werden kann. Aus diesem Grund wird es vergleichbar zu den fossilen Energieträgern im Sinne einer Ressource als absolut nutzbare Energiemenge und nicht als nutzbare Energiemenge pro Jahr angegeben. Wurde ein erschlossenes Gesteinsvolumen oder eine Aquiferschicht einmal ausgekühlt kann es Jahrzehnte bis Jahrhunderte dauern bis sich diese wieder temperaturmäßig regeneriert hat.

5.4 Bioenergie aus Reststoffen

Zur Ermittlung der Bioenergiepotenziale aus Biomassereststoffen wurde im Rahmen des Vorhabens auf die Ergebnisse der Potenzialanalyse des Deutschen Biomasseforschungszentrums (DBFZ) [DBFZ 2011] zurückgegriffen, welche auf der Auswertung einschlägiger Statistik-Daten basiert. Die Statistiken umfassen beispielsweise die Bundeswaldinventur 2, den Holzmarktbericht und weitere einschlägige Statistiken des Statistischen Bundesamtes.

Aus den dort gewonnenen Informationen wurden in der Studie des DBFZ anhand von Durchschnittswerten für die einzelnen Bereich der Biomassereststoffe gesonderte Berechnungen angestellt.

Speziell für den großen Bereich der Forstwirtschaft wurden in einem abschließenden Schritt Faktoren, wie z. B. Mobilisierungsraten oder Bergungs- und Transportverluste sowie ökologische Nutzungsrestriktionen einbezogen, welche die nutzbaren Potenziale in der Praxis deutlich reduzieren.

Zur Ermittlung der Reststoffe Gülle und Festmist, wurden die Viehbestände in Großvieheinheiten (GVE) und die Viehbestandsgrößen auf Bundeslandebene herangezogen. Davon ausgehend wurden je nach Tierart spezifische Werte zum Anfall von Gülle und Festmist angenommen.

Landschaftspflegematerial wurde auf der Grundlage von durchschnittlichen Ertragswerten für unterschiedliche Flächentypen anhand der Daten zu Flächengrößen vom Statistischen Bundesamt ermittelt. Aufgrund des hohen technischen Bergungs- und Transportaufwandes wurde dabei ein Erschließungsfaktor von 50 % angesetzt.

Die Berechnung des technischen Potenzials aus Bio- und Grünabfällen erfolgte basierend auf dem durchschnittlichen Pro-Kopf-Aufkommen an Bio- und Grünabfall sowie bundeslandspezifischen Bevölkerungszahlen.

5.5 Schlussfolgerungen

Für die Abschätzung der flächenneutralen EE-Potentiale wurde im Wesentlichen auf vorliegende Studien zurückgegriffen. Die darin verfolgten methodischen Ansätze zur Ermittlung erlauben eine hinreichende räumliche Differenzierung der vorliegenden Energiepotentiale, so dass darauf aufbauend regionale Unterschiede herausgearbeitet werden können.

Aufgrund der zu vernachlässigenden Flächeninanspruchnahme und Raumwirkung ergeben sich aus raumplanerischer und naturschutzfachlicher Sicht zunächst keine spezifischen Anforderungen an die Nutzung dieser EE-Sparten, welche die in den Studien aus vorrangig energiewirtschaftlicher Sicht ermittelten Potenziale einschränken.

Für eine genauere räumliche Analyse wären detailliertere Geodaten wünschenswert, wie bspw. ein 3D-Gebäudemodell, das zur Ermittlung von Flächenpotenzialen für PV-Dachanlagen eingesetzt werden kann, wie es auf Landes- und regionaler Ebene bereits teilweise durchgeführt wird. Allerdings ist der technische Aufwand im Verhältnis zum Erkenntnisgewinn für eine Anwendung auf Bundesebene bisher noch zu hoch. Die größeren Unsicherheiten im Hinblick auf die Abschätzung der nutzbaren flächenneutralen erneuerbaren Energien liegen überwiegend im technischen und wirtschaftlichen Bereich.

6 Methodischer Ansatz zur Potenzialanalyse der flächenrelevanten EE-Sparten Windenergie und PV-Freiflächen

Mit Voranschreiten der Energiewende besteht zunehmend die Gefahr, dass der Ausbau der Nutzung der flächenrelevanten EE-Sparten erhebliche Konflikte mit anderen Nutzungs- und Schutzbelangen im Raum verursacht. Vor diesem Hintergrund wächst die Herausforderung, die Flächeninanspruchnahme beim Ausbau der erneuerbaren Energien raum- und umweltverträglich zu gestalten. Das beginnt bereits bei der Ermittlung der Ausbaupotenziale. Daher gilt es hier für die Sparten Windenergie und PV-Freiflächen zunächst eine transparente Methodik zu entwickeln, mit der die Flächenpotenziale für deren Ausbau unter möglichst differenzierter Berücksichtigung raumbezogen konkurrierender Nutzungs- und Schutzbelange ermittelt werden können. Eine Beschränkung allein auf die Analyse des technischen Potenzials, ohne Berücksichtigung von Nutzungsrestriktionen, die sich aus anderen Nutzungs- und Schutzbelangen und den rechtsverbindlichen Vorgaben der Raumordnung, des Naturschutzes und des Immissionsschutzes im Raum ergeben, greift grundsätzlich zu kurz. Wenn Potenziale ausgewiesen werden sollen, die so weit wie möglich im Einklang mit anderen Belangen im Raum realisiert werden können, müssen diese Belange auch bereits in die Potenzialermittlung einfließen.

Die bisher praktizierten Methoden zur Analyse von Ausbaupotenzialen erneuerbarer Energien (vgl. Kapitel 2.1) erfüllen den Anspruch, konkurrierende Nutzungs- und Schutzbelange im Raum in die Betrachtung einzubeziehen, nur unzureichend. Insbesondere die Berücksichtigung raumordnerischer Festsetzungen erfolgt bisher kaum. Auch die gebotene Transparenz der verwendeten Datengrundlagen und vorgenommenen Bewertungen ist bisher häufig nicht gewährleistet. Dies gilt insbesondere für die methodischen Ansätze auf Bundesebene.

In diesem Kapitel werden daher die Grundlagen für eine entsprechende Weiterentwicklung der Methoden zur Potenzialanalyse der besonders flächenrelevanten und raumwirksamen EE-Sparten Windenergie und PV-Freiflächen für eine Anwendung auf Bundesebene dargestellt. Dazu werden die theoretischen Hintergründe und wesentlichen Eckpunkte der Analysen erläutert. Abschließend werden die entwickelten Ansätze kritisch bewertet.

6.1 Konzeptioneller Hintergrund

Die Nutzung erneuerbarer Energien kann zu Konflikten mit anderen im Raum vertretenden Nutzungen und Schutzbedürfnissen führen. Das gilt insbesondere für die flächenrelevanten und raumwirksamen EE-Sparten Windenergie, PV-Freiflächen und in eingeschränkter Form dem Biomasseanbau. Im Sinne eines möglichst raum- und umweltverträglichen Ausbaus der EE-Nutzung gilt es, Flächen und Räume mit einem hohen Konfliktrisiko von der Nutzung auszunehmen. Dazu ist es erforderlich, diese konfliktreichen Flächen und Räume möglichst frühzeitig zu identifizieren und soweit möglich bereits bei der Ermittlung der Flächenpotenziale zu berücksichtigen. So kann die räumliche Tragfähigkeit bereits bei der Formulierung von Ausbauzielen für die EE-Nutzung, die an den Flächenpotenzialen orientiert sein sollten, mit einbezogen werden.

Um die im Raum mit der Nutzung erneuerbarer Energien konkurrierenden Nutzungs- und Schutzbelange bei der Analyse der Flächenpotenziale für den Ausbau berücksichtigen zu

können, ist es erforderlich die rechtsverbindlichen Vorgaben der Raumordnung und des Natur- und Immissionsschutzes und die im Falle einer EE-Nutzung damit verbundenen Konfliktrisiken bei der Bestimmung des Flächenpotenzials zu berücksichtigen. Damit wird die Grundlage geschaffen, der Formulierung von Ausbauzielen von Beginn an nur die Flächenpotenziale zugrunde zu legen, die mit einem möglichst geringen rechtlichen Konfliktrisiko realisiert werden können.

Je nach Art und Ausprägung des konkreten Raums und der damit einhergehenden Empfindlichkeit gegenüber den spezifischen Wirkfaktoren kann es durch die Nutzung erneuerbarer Energien zu Veränderungen der raum- und umweltspezifischen Eigenschaften und Funktionen kommen. Müssen diese Veränderungen im Sinne von Beeinträchtigungen als negativ oder unerwünscht bewertet werden, resultieren daraus Konflikte mit den Zielen des Natur- und Umweltschutzes oder mit aktuellen sowie angestrebten anderweitigen Nutzungen bzw. Belangen der Raumordnung. Diese Konflikte gilt es zu prognostizieren und hinsichtlich ihrer spezifischen Intensität zu bewerten. In Verbindung mit der standortabhängigen Empfindlichkeit gegenüber den spartenbezogenen Wirkungen gilt: Je stärker die negativen Wirkungen auf der einen Seite und je empfindlicher und wertvoller die im betroffene Raum vertretenden Belange auf der anderen Seite, desto größer ist der zu erwartende Nutzungskonflikt. Die Konfliktintensität ist damit einerseits von der Art der EE-Nutzung in ihrer konkreten Ausführung und zum anderen von der spezifischen Empfindlichkeit und Bedeutung der betroffenen Nutzungs- und Schutzbelange bestimmt.

Grundsätzlich kann zwischen temporären Konflikten und andauernden Konflikten unterschieden werden. Temporär ist ein Konflikt dann, wenn die ursprünglichen Nutzungs- und Schutzbelange im Raum erhalten bleiben und nach Rückbau der Anlagen zur Nutzung der erneuerbaren Energien wieder zur Geltung kommen können. So beispielsweise bei der Wohnfunktion oder dem oberflächennahen Rohstoffabbau. Endgültig ist ein Konflikt, wenn beispielsweise Umweltfaktoren wie Biotop zerstört werden und deren Lebensraumfunktion auch nach der Aufgabe der EE-Nutzung nicht mehr erfüllt werden kann.

Auf der Ebene einer bundesweiten Betrachtung können die Nutzungs- und Schutzbelange nur durch die bundesweit als Geodaten verfügbaren raum- und flächenbezogenen Informationen über naturschutz-, immissionsschutz- und raumordnungsrechtliche Vorgaben und Geodaten zur Bodenbedeckung und Flächennutzung abgebildet werden. Die Schutzbelange, die im Wesentlichen naturschutz- und umweltrechtlich normiert sind, können zum einen über die natürlichen Standorteigenschaften abgebildet werden, denen z.B. naturschutzrechtlich pauschal eine besondere Bedeutung zugewiesen wird (besondere Biotoptypen, Vorkommen geschützter Arten etc.) und zum anderen durch rechtlich definierte Gebietskategorien, wie bspw. Naturschutzgebiete oder Wasserschutzgebiete.

Für die erforderliche Bewertung des im Falle der Realisierung der einzelnen EE-Nutzungen im Raum zu erwartenden Konfliktrisikos, müssen den Nutzungs- und Schutzbelange repräsentierenden und als Geodaten verfügbaren Flächenkategorien Konfliktrisikostufen bzw. daraus resultierende, auf die EE-Nutzungen bezogene Restriktionsklassen zugeordnet werden.

Das konkret mit der potenziellen Nutzung einer Fläche oder einem Raum für erneuerbare Energien verbundene Konfliktrisiko mit anderen Belangen, ist abhängig von zwei Aspekten: von der Bedeutung bzw. Wertigkeit der im Raum ausgeprägten Belange bzw. der diese repräsentierenden Flächeneigenschaften einerseits und von deren spezifischer Empfindlichkeit gegenüber den mit den einzelnen EE-Sparten verbundenen Wirkungen bzw. Wirkfaktoren andererseits. Je größer die Bedeutung eines im Raum ausgeprägten Belanges und je empfindlicher dieser Belang gegenüber den Wirkungen einer einzelnen EE-Sparte ist, desto höher ist das mit der potenziellen EE-Nutzung verbundene Konfliktrisiko und je höher ist damit auch der Restriktionsgrad der Fläche gegenüber der EE-Nutzung.

Die grundlegende Aufgabe der zu entwickelnden Methodik besteht darin, das Konfliktrisiko mit anderen im Raum vorliegenden Nutzungs- und Schutzbelangen zu bewerten, welches mit der Nutzung eines Raumes für die Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien verbunden wäre, um daraus die Restriktivität von Flächen und Räumen (spartenspezifische Restriktionen gegenüber EE-Nutzung) ableiten zu können. Primäre Grundlage bilden die rechtlichen Bindungswirkungen verbindlicher naturschutz-, immissionsschutz- und raumordnungsrechtlicher Vorgaben, die im Hinblick auf ihre Vereinbarkeit mit Vorhaben zur Nutzung erneuerbarer Energien beurteilt werden müssen. Dazu sind fünf wesentliche Schritte erforderlich:

1. Festlegung der Flächenkategorien zur Abbildung der im Raum repräsentierten Belange,
2. Bewertung der Empfindlichkeit der Flächenkategorien gegenüber den einzelnen EE-Sparten,
3. Bewertung der Bedeutung bzw. Wertigkeit der Flächenkategorien,
4. Ableitung und Definition von Konfliktrisikoklassen/Restriktionsgraden der einzelnen Flächenkategorien und der mit ihnen teilweise verknüpften verbindlichen naturschutz-, immissionsschutz- und raumordnungsrechtlichen Vorgaben gegenüber Vorhaben zur Nutzung erneuerbarer Energien,
5. Bewertung des Konfliktrisikos konkreter Flächen durch Aggregation der Restriktionsgrade der auf ihr liegenden Flächenkategorien,
6. Quantitative Abschätzung der unter den definierten Restriktionsbedingungen bestehenden Flächen- und Energiepotenzialen.

6.2 Festlegung der Flächenkategorien zur Abbildung der im Raum repräsentierten Belange

Die Höhe des mit der Nutzung der einzelnen EE-Sparten auf einer Fläche verbundenen Konfliktrisikos und die daraus resultierende Restriktion im Hinblick auf die Nutzung erneuerbarer Energien wird anhand der auf ihr liegenden Flächenkategorien bewertet, die bundesweit als Geodaten verfügbar und vergleichbar sind. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Höhe des Konfliktrisikos und die damit verbundenen Restriktionen einer konkreten Fläche wesentlich abhängig sind von den naturschutz-, immissionsschutz- und raumordnungsrechtlichen Festlegungen sowie allgemein rechtlich geschützten Raumeigenschaften und deren rechtlicher Bedeutung sowie insbesondere deren Empfindlichkeit gegenüber den mit den verschiedenen EE-Nutzungen verbundenen spezifischen Wirkungen.

Das betrifft grundsätzlich folgende Belange:

- Aktuelle Raumnutzungen wie bspw. Landwirtschaft, Verkehr, Wohnen, Erholung
- Abstandsregelungen, wie bspw. der einzuhaltende Abstand von Windenergieanlagen zur Wohnbebauung.
- Geplante Nutzungen wie bspw. Vorranggebiete Bodenabbau
- Naturschutzbelange wie bspw. Arten-, Biotop- und Landschaftsschutz

Diese Belange werden zum einen durch normative Festsetzungen bspw. der Regionalplanung oder des Naturschutzes repräsentiert und zum anderen durch Raumeigenschaften, die übergeordneten rechtlichen Schutz genießen, wie z.B. Vorkommen geschützter Arten oder geschützter Biotope. Diese Belange gilt es durch Flächenkategorien im Raum abzubilden.

Gleichzeitig müsste auch die raumbezogene Eignung bezogen auf die spezifischen Anforderungen der einzelnen EE-Sparten (Windhöufigkeit, Baugrundeigenschaften, Globalstrahlung etc.) in die Potenzialermittlung einbezogen werden, die über die Wirtschaftlichkeit des Potenzials entscheidend mitbestimmt (vgl. Kapitel 4).

Allgemeine Voraussetzung ist, dass diese Kategorien als Geodaten oder Daten mit konkretem Raumbezug (beispielsweise Koordinaten oder Gemeindezuordnung) bundesweit in vergleichbarer Qualität vorliegen und so eine räumliche Analyse erlauben. Eine eigene Erhebung zusätzlicher Daten ist aufgrund der Größe des Bezugsraums (Gesamtfläche der Bundesrepublik) nicht praktikabel. Im Rahmen des Vorhabens wurde ein Katalog von geeigneten Nutzungs- und Flächenkategorien erarbeitet, die aus vorliegenden Daten entnommen werden können. Ein Novum stellt dabei die Einbeziehung der Daten des ROPLAMO dar. In keiner bundesweiten Potenzialbetrachtung ist es bisher gelungen, die verbindlichen zeichnerischen Festlegungen der Regionalplanung (Raumordnungsgebiete zu Natur- und Landschaft, Land- und Forstwirtschaft, Trinkwasserressourcenschutz, Erholung, Siedlung und Verkehr, Rohstoffsicherung und Windenergienutzung) flächendeckend zu berücksichtigen.

Insgesamt umfasst der Katalog Daten zu:

- Flächennutzungen
- Naturschutzrechtliche Schutzgebiete
- Raumordnerische Festsetzungen
- Klimadaten (Globalstrahlung)

Die Auswahl der genutzten Flächenkategorien ist für jede zu analysierende EE-Sparte spezifisch, da nur die Flächenkategorien einbezogen werden, die eine Empfindlichkeit gegenüber den jeweiligen Wirkungen der einzelnen Sparten aufweisen.

Die nachfolgend aufgeführte Auswahl von Kategorien ist nicht abschließend und kann bei einer Übertragung der Methodik je nach Analyseebene und Entwicklung der Datenverfügbarkeit erweitert werden.

Kategorien von Flächennutzungen spezifischer Bedeutung

Eine zentrale Grundlage für die Beurteilung des Raums hinsichtlich seiner Empfindlichkeit gegenüber der potenziellen EE-Nutzung erfolgt anhand des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS AAA-Datenmodell⁷). Dieses stellt mit seinen Bestandsdaten einen detaillierten und flächendeckenden Datensatz zur Flächennutzung in Deutschland dar und bildet daher die im Raum bestehenden Nutzungsbelange gut ab.

Die Nutzung von ATKIS-Daten ist aufgrund ihrer hohen Genauigkeit, gegenüber anderen Datensätzen, wie beispielsweise CORINE Land Cover Daten (basiert auf der Auswertung von Satellitenbildern) zu bevorzugen. Durch die schrittweise Einführung des AAA-Datenmodells liegt aktuell kein bundesweit einheitlicher Datensatz vor. Für 12 Länder sind Daten bereits im neuen AAA-Datenmodell aktiv, für die verbleibenden vier Länder (Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen und Saarland) steht gegenwärtig ausschließlich die alte Klassifizierung zur Verfügung.

Die Verwendung setzt den Abgleich der Datenmodelle des Basis-DLM mit dem AAA-Datenmodell für die verbleibenden Bundesländer voraus, um eine einheitliche, transparente Methodik und länderübergreifende Vergleichbarkeit zu gewährleisten (vgl. Anhang Teil B 5)

Um die Handhabbarkeit zu erhöhen erfolgte eine Aufbereitung der ATKIS-Daten. Die mit den Datensätzen vorgegebenen Objektarten und -klassen wurden dazu in themenspezifische Einheiten zu Nutzungs- und Flächenkategorien zusammengefasst (vgl. Tabelle 10).

Tabelle 10 Übersicht der Datenbasis von Nutzungs- und Flächenkategorien spezifischer Bedeutung (detaillierte Auflistung der ATKIS Zuordnung im Anhang Teil B 5)

Nutzungs-/ Flächenkategorie	beinhaltete Elemente
Forst- und Waldflächen	Alle Wald- und Forstgebiete ohne besondere Waldfunktionen
stehende Gewässer	Binnenseen, Stauseen, Teiche
fließende Gewässer	Flüsse, Bäche, Kanäle, Gräben
Landwirtschaftliche Fläche	Ackerland, Grünland, Gartenland, Baumschulen, Weingärten, Obstplantagen, Brachland
Moore und Sümpfe	Moor, Moos, Sumpf, Ried, Nasser Boden
Offenland (außer Landwirtschaft)	Gehölze, Heide, Unland, unbestimmte und vegetationslose Fläche
reine Wohngebiete	Wohnbaufläche
Mischgebiete	Siedlung gemischter Nutzung und besonderer funktionaler Prägung

⁷ Bisher als Basis-DLM verfügbar. Mit der bundesweiten Einführung des AAA-Modells werden die ATKIS-Daten entsprechend der Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Bemessungswesens neu modelliert. Die Umstellung der vier verbleibenden Bundesländer wird voraussichtlich bis Ende 2013 abgeschlossen sein.

Nutzungs-/ Flächenkategorie	beinhaltete Elemente
Siedlungsfreiflächen, Freizeitanlagen	Freizeitanlagen, Sportanlagen, Friedhöfe, Grünanlagen, Campingplätze
weitere baulich geprägte Flächen	Industrie- und Gewerbegebiete, Halden, Bergbauggebiete, Tagebau, Gruben, Steinbrüche
Infrastruktur	Verkehrswege im Sinne von Straßen, Plätzen und Schienenwegen, Flächen an Hochspannungsleitungen, Flughäfen

Durch die Flächenkategorien zur der Bodenbedeckung und Flächennutzung können unterschiedliche potenzielle Konflikte abgebildet werden, die durch einen Ausbau erneuerbarer Energieproduktion wahrscheinlich an bestimmten Standorten verursacht würden. Darüber hinaus können anhand der Kategorien ebenso Gunsteigenschaften abgebildet und bewertet werden. Bspw. stellen Korridore entlang von Bundesautobahnen oder Schienenwegen aus fachlicher Sicht vorbelastete Bereiche dar, in denen eine Nutzung durch EE potenziell zu einer vergleichsweise geringen zusätzlichen Belastung führt. Die Flächennutzungen sind dabei Indikatoren für spezifische Standortqualitäten im Sinne besonderer Empfindlichkeit oder Eignung im Hinblick auf eine EE-Nutzung.

Kategorien naturschutz- und gemeinschaftsrechtlicher Schutzgebiete

Die Ausweisung von naturschutzrechtlichen Schutzgebieten erfolgt im Bundesgebiet einheitlich (vgl. Tabelle 11). Die einzelnen Schutzgebietstypen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Schutzgegenstände und der ausgelösten rechtlichen Bindung zum Teil stark. Die normative Bindung ist daher unterschiedlich kraftvoll.

Das Netz „Natura 2000“ dient dem Schutz der wildlebenden europäischen Vögel (Vogelschutzgebiete) sowie der in den Anhängen I und II FFH-RL aufgeführten Arten und Lebensraumtypen (FFH-Gebiete).

Bundesweit verfügbare Datensätze zu Schutzgebieten werden vom Bundesamt für Naturschutz in regelmäßigen Abständen aktualisiert und veröffentlicht. Eine Ausnahme stellen die Daten zum Biotopverbund dar, sie bedürfen einer gesonderten Anfrage.

Tabelle 11 Übersicht der Datenbasis zu naturschutz- und gemeinschaftsrechtlichen Flächenkategorien auf Bundesebene.

Schutzkategorie	Stand
Biosphärenreservate (mit Zonierung)	2011
FFH-Gebiete	2011
Vogelschutzgebiete	2011
Landschaftsschutzgebiete	2010
Naturparke	2012
Naturschutzgebiete	2010
Nationalparke	2011
Unzerschnittene verkehrsarme Räume	2011
Biotopverbund	2011

Wasserschutzgebiete

Neben den naturschutzrechtlichen Gebietskategorien werden auch durch die wasserrechtlichen Schutzgebietskategorien flächenbezogenen Restriktionen gegenüber der Nutzung erneuerbarer Energien abgebildet. Das betrifft die Wasserschutzzonen I (Fassungsbereich), II (engeres Schutzgebiet) und III (weiteres Schutzgebiet) sowie die Heilquellenschutzgebiete. In der Wasserschutzzone I sind in der Regel jegliche anderweitige Nutzung und das Betreten für Unbefugte verboten. In der Wasserschutzzone II ist eine Verletzung der Deckschicht verboten, weshalb strenge Nutzungsbeschränkungen für Bebauung bestehen. In der Schutzzone III gilt in der Regel u.a. eine Beschränkung der landwirtschaftlichen Düngung, die den Energiepflanzenanbau einschränken könnte.

Flächenkategorien zur Abbildung von Vorkommen empfindlicher Arten

Die Vorschriften des Allgemeinen und Besonderen Artenschutzes zielen darauf ab, die wildlebenden Arten und ihre Lebensgemeinschaften in überlebensfähigen Populationen sowie ihre Lebensstätten zu erhalten und verdrängte wild lebende Arten wieder anzusiedeln. Das deutsche Naturschutzrecht unterscheidet gemäß ihrer Schutzbedürftigkeit besonders und streng geschützte Arten, für die entsprechend unterschiedliche Schutzbedingungen einschlägig sind. Der Ausbau der EE kann dabei in Bezug auf den Besonderen Artenschutzes gem. § 44 (1) BNatSchG sowohl zur Verletzung der Schädigungsverbote (z.B. Kollisionen an WEA) als auch zur Zerstörung von Lebens- und Fortpflanzungsstätten führen (z.B. Überbauung von Habitaten europäisch geschützter Arten durch PV-Freiflächenanlagen). Treten die o.g. Verbotstatbestände ein, sind Vorhaben nur unter engen Voraussetzungen im Rahmen einer Ausnahme gem. § 45 (7) BNatSchG zulässig. Diese Voraussetzungen (u.a. Alternativlosigkeit, Überwiegen von zwingenden Gründen des öffentlichen Interesses) treffen für Vorhaben zur Nutzung Erneuerbarer Energien in der Regel nicht zu, so dass eine Genehmigung dann nicht erteilt werden kann.

Aufgrund dieser gravierenden planerischen Konsequenzen wäre eine möglichst frühzeitige Berücksichtigung entsprechender Räume bereits im Zuge der Potenzialanalyse wünschens-

wert. Allerdings ist die vorhandene Datenbasis bisher bundesweit nicht hinreichend flächendeckend und vergleichbar ausgestaltet. So können, zumindest auf der Bundesebene, zunächst Artenschutzaspekte nur sehr indirekt über andere naturschutzrechtliche und -fachliche Flächenkategorien in die Analyse einfließen, indem unterstellt wird, dass in sehr naturnahen Räumen eine vergleichsweise hohe Wahrscheinlichkeit besteht, geschützte Arten anzutreffen.

Flächenkategorien zu geschützten Biotopen

Gem. § 30 BNatSchG unterliegen bestimmte Biotope einem generellen gesetzlichen Schutz. Die Zerstörung oder sonstige erhebliche Beeinträchtigung eines geschützten Biotops bedarf einer Ausnahmegenehmigung, die nur erteilt werden kann, wenn die Beeinträchtigungen ausgeglichen werden können. Ansonsten ist eine Befreiung zu erteilen. Durch den gesetzlichen Schutz der natürlichen Feuchtgebietsbiotope werden u.a. auch die Verpflichtungen der Ramsar-Konvention erfüllt.

Aufgrund der überwiegend eher kleinräumigen Verbreitung von geschützten Biotopen, kann davon ausgegangen werden, dass sich eine direkte Inanspruchnahme der Flächen durch den Ausbau der erneuerbaren Energien häufig vermeiden lässt. Für die Potenzialanalyse auf Bundesebene sind diese Flächenkategorien daher eher als Indikator für das Vorkommen geschützter Arten von Bedeutung deren Aktionsradius häufig weit über die eigentliche Biotopfläche hinausragt.

Kategorien raumordnerischer Festsetzungen

Ein großer Teil der im Raum vertretenen Nutzungs- und Schutzbelange kann über die zeichnerischen Festlegungen der überörtlichen Raumordnungsplanung abgebildet werden. Die in Kraft befindlichen Raumordnungspläne werden in einem digitalen Planinformationssystem des BBSR, dem Raumordnungsplan-Monitor (ROPLAMO), dokumentiert und laufend aktualisiert.

Beim ROPLAMO handelt es sich um eine GIS-gestützte Datenbank, in der die rechtsgültigen Raumordnungspläne von Bund, Ländern und Regionen erfasst und die zeichnerischen Festlegungen dieser Pläne als Geodaten systematisch zusammengetragen werden. Zentrale Datenbasis des Raumordnungsplan-Monitors ist ein Planarchiv in dem seit 2006 Druckexemplare der Raumordnungspläne sowie digitale Dateien der textlichen und zeichnerischen Festlegungen archiviert werden. Im Fokus des Monitors stehen allerdings die zeichnerischen Festlegungen der Pläne. Die Geodaten der zeichnerischen Planausweisungen werden im ROPLAMO zu einem bundesweiten Datensatz zusammengeführt und ermöglichen flächendeckende Analysen der Ausweisungspraxis.

Die Aktualisierung der Datenbank erfolgt kontinuierlich. Derzeit umfasst der Raumordnungsplan-Monitor Informationen zu rund 1500 Dokumenten der Raumordnungsplanung. Neben den umfassenden integrierten Plänen, die alle Themenbereiche abdecken, werden auch Änderungen, Teilfortschreibungen und sachliche Teilpläne berücksichtigt.

Die Struktur des ROPLAMO-Objektartenkatalogs orientiert sich an der im Raumordnungsgesetz für Raumordnungspläne festgelegten Grundstruktur sowie den dort vorgegebenen Mindestinhalten. Demnach sind in integrierten Raumordnungsplänen regelmäßig Aussagen zu den drei Themenfeldern Siedlungsstruktur, Freiraumschutz und Infrastruktur zu machen. Diese Vorgaben bedingen bundesweit eine relativ große Übereinstimmung von Grundstruktur und Kerninhalten der Pläne. Allerdings sind darüber hinaus landesspezifische Charakteristika vorzufinden, die sich unter anderem im Umfang der Plandokumente sowie der jeweils gewählten thematischen Tiefe und Breite widerspiegeln. Landesregelungen führen dazu, dass Raumordnungspläne eines Landes in der Regel eine deutlich größere Ähnlichkeit hinsichtlich der Struktur und Inhalte besitzen als die Pläne verschiedener Länder.

Der Katalog deckt die thematische Vielfalt der Raumordnungspläne ab und ermöglicht innerhalb der drei großen Themenbereiche eine deutlich feinere Differenzierung. Insgesamt werden rund 70 Einzelthemen bzw. Objekte unterschieden, auf deren Basis eine Selektion der für bestimmte inhaltliche Fragestellungen relevanten Planzeichen erfolgt.

Für die Kategorisierung der Planzeichen hinsichtlich Rechtsnormqualität und Raumordnungsgebietstyp werden die Informationen der Legenden, der Planzeichenverordnungen und sonstige Informationen der Planungsträger herangezogen.

Verbindliche Festlegungen in Raumordnungsplänen erfolgen in Form von Zielen oder Grundsätzen der Raumordnung. Festlegungen, die als Ziel der Raumordnung erfolgen, sind von ihren Adressaten zwingend zu befolgen. Durch sie wird eine Beachtungspflicht ausgelöst. Eine Überwindung der Vorgaben im Rahmen einer eigenen Abwägungsentscheidung ist nicht möglich. Demgegenüber ist eine Überwindung von als Grundsatz getroffenen Festlegungen im Rahmen einer Abwägungsentscheidung möglich. Die durch Grundsätze bedingte Berücksichtigungspflicht legt fest, dass die Festlegung bei dieser Entscheidung ein besonders hohes Gewicht erhält. Das Raumordnungsgesetz schreibt seit 1998 eine Kennzeichnung von Zielen vor. Während die Kennzeichnung bei textlichen Festlegungen inzwischen regelmäßig erfolgt, wird diese noch nicht in allen Festlegungskarten entsprechend angewandt. Sofern die Angaben der Legende keine eindeutige Bestimmung zulassen, werden die textlichen Festlegungen zur Einordnung genutzt. Ist eine eindeutige Kategorisierung auf Grundlage der zeichnerischen und textlichen Aussagen sowie unter Zuhilfenahme landesrechtlicher Vorschriften nicht möglich, erfolgt zur Gewährleistung einer zweifelsfreien Kategorisierung eine Rücksprache mit den Trägern der Landes- bzw. Regionalplanung.

Von den zeichnerischen Festlegungen sind für die Regionalplanung vor allem die flächenhaften Planzeichen von Bedeutung. Gebiets- und standortscharfe Flächenausweisungen mit raumordnungsrechtlicher Verbindlichkeit werden als Raumordnungsgebiete bezeichnet. Das Raumordnungsgesetz unterscheidet Vorrang-, Vorbehalts-, Eignungs- und Vorranggebiete mit Ausschlusswirkung.

Das Kernstück der ROPLAMO-Datenbank bilden die digitalen Geodaten der zeichnerischen Festlegungen der Raumordnungspläne. Die Geodaten werden dem BBSR von den rund 120 verschiedenen Planungsträgern zur Verfügung gestellt. Zur Erstellung eines bundesweiten

Datensatzes aller verbindlichen zeichnerischen Festlegungen der Bundes-, Landes- und Regionalpläne müssen diese in ihrer Datenstruktur und auch Projektion häufig sehr heterogenen Daten an die Struktur des ROPLAMO angepasst werden. Zudem wird die Datenqualität überprüft, um Geometriefehler (beispielsweise werden flächenhafte Festlegungen als Liniengeometrie oder Punktsymbole als Flächengeometrie gespeichert) ausschließen bzw. korrigieren zu können. Das Legendenhandbuch leistet hierbei den grundlegenden Beitrag zur Bildung des bundesweiten Datensatzes. Nur in wenigen Fällen sind die im Legendenhandbuch erfassten Attribute bereits in den Geodaten der Länder und Regionen integriert. Zumeist geben die Datenattribute keine Auskunft über Rechtsnormqualität oder Raumordnungsgebietstyp. Erst die Verknüpfung der Geodaten mit dem Legendenhandbuch erlaubt eine vergleichende Analyse der Festlegungen.

Derzeit umfasst der ROPLAMO-Geodatenbestand rund 94 % aller verbindlichen zeichnerischen Festlegungen der in Kraft befindlichen Regionalpläne. Auf dieser Grundlage können Kartendarstellungen der in Landes- und Regionalplänen ausgewiesenen Raumordnungsgebiete unterschiedlicher thematischer Ausprägung realisiert werden. Da Lage und Größe der Raumordnungsgebiete bekannt sind, können sowohl kleinräumige Analysen durchgeführt, als auch Indikatoren auf Ebene der Planungsregionen gebildet werden.

Die im ROPLAMO enthaltenen Flächenkategorien bilden damit die zentrale Basis für die Ableitung von standortbezogenen Aussagen zu Restriktionen gegenüber Vorhaben der erneuerbaren Energieproduktion.

Windhöffigkeit und Globalstrahlung

Für die Bestimmung der Flächenpotenziale der Windenergie ist die **Windhöffigkeit** von großer Bedeutung. Sie ist ein entscheidender Faktor zur Abgrenzung wirtschaftlicher Ausschluss-, Restriktions- und Gunstbereiche. Aktuelle Daten in hinreichender Auflösung sind jedoch nicht frei zugänglich. Lediglich Daten zur Windhöffigkeit von 2004 liegen beim Deutschen Wetterdienst (DWD) frei verfügbar vor [DWD 2004]. Diese Karten grenzen die Gebiete mit unterschiedlichen Eignungsgraden für eine potenzielle Windenergienutzung voneinander ab. Dabei beziehen sich die Daten aus 2004 jedoch auf eine Höhe von 80 m und eine veraltete Referenzanlage. Sowohl die Technik der WEA also auch die zu betrachtende Höhe, gegenwärtig zwischen 100 und 140 m, haben sich entscheidend verändert. Hinzu kommt, dass die Daten zur Windhöffigkeit mit zum Teil erheblichen Ungenauigkeiten einhergehen und sich lediglich eine relative Eignung ablesen lässt. Um Flächen und Räume im Hinblick auf ihre Windhöffigkeit und die damit verbundene Wirtschaftlichkeit beurteilen zu können, sind überwiegend langzeitige Standortmessungen notwendig. Da entsprechende Messungen nur im Einzelfall erfolgen, ist davon auszugehen, dass die unter Verwendung der vorliegenden Winddaten ermittelten Flächenpotenziale häufig mit gewissen Unsicherheiten verbunden sind. In dieser Studie werden aufgrund der schlechten Verfügbarkeit keine Daten der Windhöffigkeit bei der Ermittlung des Flächenpotenzials berücksichtigt.

Erheblichen Einfluss auf das wirtschaftliche Potenzial von PV-Freiflächenanlagen besitzt die **Globalstrahlung**. Datengrundlagen für die Bundesrepublik werden vom DWD kostenfrei in einer Auflösung von 1-km-Abstand zur Verfügung gestellt. Sie basieren auf den 30-jährigen Mittelwerten aus dem Zeitraum 1981 – 2010 und bilden die durchschnittlichen Strahlungs-

verhältnisse ab. Je nach Lage der Potenzialflächen sind somit unterschiedliche Erträge zu erwarten, was im Rahmen dieser Studie durch regional differenzierte Ertragsannahmen berücksichtigt wurde.

Weitere im Sinne der technischen Eignung und damit verbundenen Wirtschaftlichkeit relevante Flächeneigenschaften (bspw. Flächeneignung vor dem Hintergrund der Hangneigung oder Baugrundeignung) werden aufgrund der Betrachtungsebene nicht in die Bewertung einbezogen.

6.3 Bewertung der Empfindlichkeit der Flächenkategorien gegenüber den einzelnen EE-Sparten

Zur Bestimmung des mit den einzelnen Flächenkategorien verbundenen Konfliktrisikos muss zunächst die Empfindlichkeit der durch sie abgebildeten Nutzungs- und Schutzbelange gegenüber den spezifischen Wirkungen der Windenergienutzung sowie der PV-Freiflächenanlagen bewertet werden.

Die verschiedenen EE-Nutzungen (=> Ursachen) sind grundsätzlich mit spezifischen Wirkungen verbunden. Werden die erneuerbaren Energien an einem konkreten Standort realisiert, treffen die Wirkungen auf den umgebenden Raum und führen dort möglicherweise zu Konflikten (=> Betroffener) mit seinen bestehenden Nutzungsfunktionen und naturräumlichen Eigenschaften. Folgende Abbildung 6 erläutert das Denkmodell.

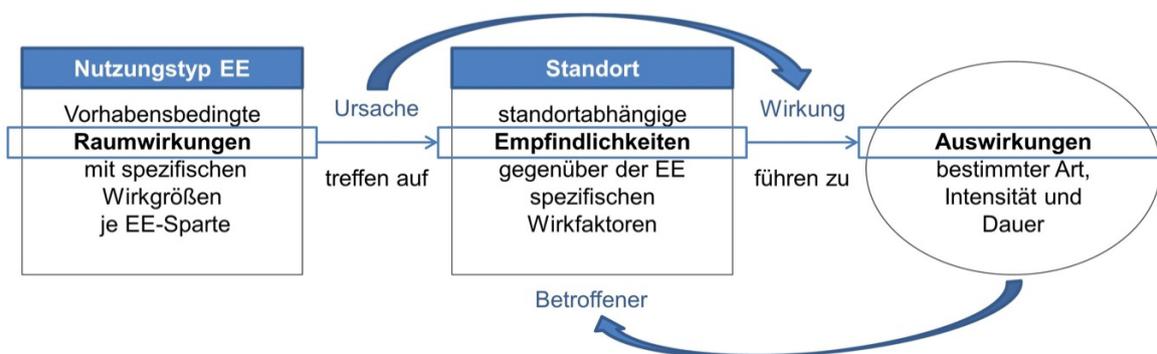


Abbildung 6 Konfliktanalyse auf der Sachebene anhand des Grundmodells Ursache-Wirkung-Betroffener [nach Bernotat 2003]

Dazu werden zunächst spartenbezogen die **spezifischen Wirkprofile** der EE-Nutzungen definiert (bspw. Flächenversiegelung, Lärmemissionen, Sichtbarkeit, Zerschneidungswirkung etc.). Ausgehend von den Wirkprofilen kann dann bewertet werden, ob und in wie weit die spezifischen Eigenschaften, der mit den Flächenkategorien verbundenen Schutz- und Nutzungsbelange gegenüber den einzelnen Wirkfaktoren empfindlich sind (vgl. Anhang 5.)).

Aufgrund des nur eingeschränkten Wirkungswissens, können in einigen Fällen lediglich Abschätzungen der durch die Flächen- und Nutzungskategorien abgebildeten raum- und umweltbezogenen Empfindlichkeit vorgenommen werden. Die überwiegende Zahl der Gebietskategorien kann jedoch relativ eindeutig hinsichtlich ihrer spezifischen Verträglichkeit mit den einzelnen EE-Sparten bewertet werden. Die Zuordnung der Flächenkategorien zu Kon-

fliktrisikoklassen kann daher nicht auf einer breiten empirischen Grundlage erfolgen, sondern muss auf einer Abschätzung beruhen, die allenfalls im Zuge eines Beteiligungsprozesses durch Expertenwissen abgesichert werden kann.

Da die Reichweite einzelner Wirkfaktoren der EE-Nutzungen, insbesondere der Windenergienutzung, zum Teil deutlich über den Standort der Anlage hinausgehen, besteht bei Nutzungs- und Flächenkategorien, die gegenüber diesen weitreichenden Wirkungen empfindlich sind (z.B. Flächenkategorien für besonderes Landschaftsbild oder Siedlungsflächen) auch dann ein erhebliches Konfliktpotenzial, wenn sie im weiteren Umkreis der Anlagenstandorte vorkommen. Um diese Wirkungszusammenhänge bei der räumlichen Analyse berücksichtigen zu können, werden ausgewählte Flächen- und Nutzungskategorien je nach Reichweite der Wirkungen der betrachteten EE-Nutzung mit Pufferflächen versehen, denen ebenfalls ein Restriktionsgrad zugewiesen wird. So lassen sich die Puffer zu Siedlungen beispielsweise aus Immissionspegeln für Lärm (gemäß TA Lärm) ableiten. Aber auch aus naturschutzfachlichen Gesichtspunkten können Puffer zu bspw. Vogelschutzgebieten erforderlich sein, um das Risiko für die Beeinträchtigung der Gebiete angemessen zu erfassen.

6.4 Bewertung der Bedeutung bzw. Wertigkeit der Flächenkategorien

Die konkrete Bedeutung bzw. Wertigkeit einer Fläche wird in erster Linie durch den normativen Gehalt der sie belegenden Flächenkategorien bestimmt. Die Beurteilung der sich aus der Intensität des mit der EE-Nutzung verbundenen Konfliktes ergebenden Restriktivität einer Fläche ist neben der Empfindlichkeit ganz wesentlich von der **Kraft der normativen Bindung** der Flächen- und Nutzungskategorien als Ausdruck der rechtlich bestimmten Inhalte (Fachrecht, Verordnungen und weiteren einschlägigen Regelungen, wie bspw. Windenergieerlasse der Bundesländer) abhängig. Zum Teil lassen sich aus den Schutzgebietsverordnungen direkt Verbote der Errichtung bestimmter Anlagen erneuerbarer Energien ableiten. So sind für die gemeinschaftsrechtlich geschützten Gebiete aus dem Netz NATURA 2000 generell alle Veränderungen und Störungen unzulässig, die zu einer erheblichen Beeinträchtigung der für die Erhaltungsziele oder den Schutzzweck maßgeblichen Bestandteile führen können. Die Kategorie besitzt demnach eine starke normative Bindung und damit verbunden eine besondere Bedeutung bzw. Wertigkeit.

Eine Vielzahl der Nutzungs- und Flächenkategorien ist über naturschutz- und raumordnungsrechtliche sowie planerische Festlegungen definiert, die zum Teil in Verbindung mit rechtsverbindlichen Abstandsregelungen stehen. Diese schließen eine Nutzung der Fläche durch erneuerbare Energien zwar selten kategorisch aus, beinhalten jedoch häufig Inhalte die eine normative Wirkung gegenüber einer EE-Nutzung entfalten.

Aus diesem Grund ist die Berücksichtigung der rechtlichen und planerischen Inhalte der Nutzungs- und Flächenkategorien wesentlicher Bestandteil der Bewertung der Restriktivität einer Fläche gegenüber der EE Nutzung. Beispielsweise ist die Kraft der normativen Bindung eines Naturschutzgebietes allgemein höher zu bewerten als die eines Landschaftsschutzgebietes, gleiches gilt in Bezug auf Ziele im Vergleich zu Grundsätzen der Raumordnung. Das schließt nicht aus, dass allgemein auch Ausnahmeregelungen oder Zielabweichungsverfahren gegenüber normativen Festlegungen, wie beispielsweise Zielen der Raumordnung oder

Naturschutzgebietsverordnungen möglich sind, so dass eine EE-Nutzung letztlich nicht kategorisch ausgeschlossen ist.

Hinsichtlich der normativen Inhalte ist auf der Bundesebene eine Detailanalyse, bspw. in Form einer Auswertung von Schutzgebietsverordnung oder textlichen Erläuterungen zu den raumordnerischen Festsetzungen jedoch nicht mit gerechtfertigtem Aufwand zu leisten, so dass den betreffenden Gebietskategorien trotz der angesprochenen Ausnahmemöglichkeiten eine hohe Bedeutung zugewiesen wird.

Einen Sonderfall stellen die raumordnerischen Festsetzungen von Eignungs- und Vorranggebieten für die Windenergienutzung dar. Besteht durch diese Gebiete beispielsweise für die Windenergienutzung eine Ausschlusswirkung nach außen, so stellt dies eine hohe normative Bindung dar, die nur schwer überwunden werden kann. Das aktuelle Flächenpotenzial für die Windenergienutzung ist damit im Grunde auf die bereits ausgewiesenen Flächen beschränkt.

Angesichts des aktuellen Umstandes, dass die raumplanerische Festsetzung solcher Konzentrationszonen für die Windenergienutzung oder B-Pläne für PV-Freiflächenanlagen gegenwärtig sehr kurzfristigen politischen und planerischen Aktualisierungszyklen unterworfen ist, greift es zu kurz, sich im Zuge einer bundesweit angelegten Potenzialerhebung auf diese Flächen allein zu beschränken. Die entwickelte Methode soll vielmehr die Möglichkeit eröffnen, über diese Flächen hinaus Aussagen zum Flächenpotenzial treffen zu können.

Diese Abschätzung der rechtlich determinierten Bedeutung bzw. Wertigkeit der Flächenkategorien ist zusammen mit der Einschätzung der Empfindlichkeit, Grundlage für die Zuordnung der Flächenkategorien zu Konfliktrisikoklassen.

6.5 Ableitung und Definition von Konfliktrisikoklasse/Restriktionsgrad der Flächenkategorien

Grundlage bildet zunächst die Bewertung der normativen Bindungen und daraus resultierenden Bedeutung sowie der Empfindlichkeiten von Flächen- bzw. Raumeinheiten auf der einen Seite (Betroffene) und die Bewertung der Wirkungen der flächenrelevanten EE-Sparten auf der anderen Seite (Ursache). Daraus wird im zweiten Schritt die auf die einzelnen Flächenkategorien bezogene Bewertung des mit einer EE-Nutzung voraussichtlich verbundenen Konfliktrisikos sowie der daraus resultierenden Nutzungsrestriktionen hergeleitet.

Die als Geodaten vorliegenden Nutzungs- oder Flächenkategorien werden dabei zum einen als Indikator für die spezifische ökologische Empfindlichkeit des Raums gegenüber den jeweiligen Wirkungen der EE-Nutzungen herangezogen. Zum anderen bilden sie die normativen Vorgaben für den Raum ab, die ebenfalls von den EE-Nutzungen und deren Wirkung betroffen sein können. Da die Wirkungsgefüge und die daraus potenziell resultierenden Konflikte im Hinblick auf die einzelnen Flächenkategorien sehr unterschiedlich ausgeprägt sind, wird es dem Anspruch einer räumlich und inhaltlich differenzierten Analyse nicht gerecht, wenn die Bewertung der Nutzungs- und Flächenkategorien nur zwischen „Tabu“ oder „Eignung“ unterscheidet. Ziel ist stattdessen eine gestufte Bewertung von Restriktionsgraden zwischen den beiden Polen Tabu und Eignung. Dabei sind folgende Aspekte in die Bewertung einzubeziehen:

- Die spartenspezifische Empfindlichkeit der durch die Flächenkategorien abgebildeten Flächeneigenschaft bzw. Nutzungsmöglichkeiten gegenüber den Wirkfaktoren der einzelnen EE-Nutzung,
- die Treffsicherheit der Abbildung der relevanten Eigenschaften durch die Flächenkategorien (Indikatorfunktion hinsichtlich der vor dem Hintergrund der spartenbezogenen typischen Wirkungsgefüge relevanten Flächen- und Raumeigenschaften),
- die Bedeutung der Flächeneigenschaft durch die mit den Flächenkategorien verbundene Kraft der normativen Bindung.

Grundsätzlich gilt,

je

- höher die Empfindlichkeit der durch die Flächenkategorien abgebildeten Belange,
- treffsicherer die Abbildung dieser Belange durch Flächenkategorien im Raum und
- größer die Kraft der mit den Flächenkategorien verbundenen normativen Bindung,

desto

- größer ist das mit der Flächenkategorie verbundene Konfliktrisiko zu bewerten und
- höher ist der Restriktionsgrad der Flächenkategorie.

Ausgehend von diesen Überlegungen erfolgt unter Berücksichtigung der drei Kriterien eine spartenspezifische Bewertung der zuvor (vgl. Kap. 6.2) festgelegten Nutzungs- und Flächenkategorien. Dazu werden die drei Kriterien nicht nach einem formalisierten Verfahren aggregiert, sondern vielmehr nach einer von Experten vorgenommenen Einschätzung der Konfliktrisiko- bzw. Restriktionsklassen, welche die drei Aspekte einbezieht. Eine stärkere Formalisierung der Bewertung würde eine Genauigkeit suggerieren, die aufgrund der bestehenden regionalen Unterschiede in der Definition der Flächenkategorien und deren Zuweisungspraxis, nicht gerechtfertigt ist. Um die Genauigkeit und damit die Gültigkeit der Expertenurteile zu erhöhen, ist stattdessen anzuraten, die Bewertung der Restriktionen der Flächenkategorien in einem möglichst breit angelegten Expertendiskurs zu qualifizieren. Im Rahmen des Vorhabens wurde hierzu bereits ein Expertenworkshop durchgeführt, der jedoch nur eine erste grobe Plausibilitätsprüfung der von den Forschungsnehmern in Abstimmung mit dem BBSR vorgenommenen Wertzuweisungen leisten konnte.

Es werden zwei Ansätze zur Bewertung der Konfliktrisiken bzw. Restriktionsgrade der Flächenkategorien parallel entwickelt und am Beispiel der Windenergie erprobt. Diese unterscheiden sich hinsichtlich der Gewichtung der Bewertungskriterien Bedeutung und Empfindlichkeit sowie hinsichtlich der Anzahl der Konfliktrisikoklassen bzw. Restriktionsstufen.

Abschließend werden die unterschiedlichen Bewertungsansätze gegenübergestellt und kritisch verglichen.

Normenfokussierter Ansatz

Im normfokussierten Ansatz wird die Bewertung der Restriktivität der Flächenkategorien stärker aus ihrer **normativer Bindungswirkung** abgeleitet und anhand einer fünf-stufigen Ordinalskala vorgenommen. Die Unterscheidungsmerkmale der Bewertungsklassen entsprechen dem in der Raumplanung auf regionaler und kommunaler Ebene üblichen Ansatz bei der Bestimmung von Restriktionen, wie er z.B. bei der Aufstellung von Flächennutzungs- oder Regionalplänen den dort üblichen Ausschlussverfahren zugrunde liegt.

Tabelle 12 Erläuterung der fünf Bewertungskategorien des normenfokussierten Ansatzes (vgl. Anhang Teil B 6)

Skala n-Ansatz	Bewertungskategorien Unterscheidungsmerkmale der Bewertungskriterien (Kraft der normativen Bindung)
A	<u>Tabuflächen:</u> Harte Tabuzone im Sinne der Rechtsprechung des BVerwGE (siehe hierzu ausführliche Urteil des OVG Berlin Brandenburg, 24.10.2011, Az. 2 A 2.09), WEA und PV-Anlagen sind zwingend aus tatsächlichen oder rechtlichen Erfordernissen unzulässig und Ausnahmen generell ausgeschlossen.
B	<u>Harte Restriktionsflächen:</u> Gebiete, in denen WEA und PV-Anlage nicht zwingend unzulässig sind, jedoch nur in Ausnahmefällen zulässig sein können. Da entsprechende Anlagen in der Regel ausgeschlossen sind, kann nur ein sehr kleiner Anteil dieser Gebiete für entsprechende Nutzungen erschlossen werden.
C	<u>Weiche Restriktionsflächen:</u> Gebiete, ohne harte Ausschlusskriterien gegenüber WEA oder PV-Anlagen. Nicht an jedem Standort dieser Gebietstypen ist eine WEA oder PV-Anlage genehmigungsfähig. Ausnahmen treten deutlich häufiger auf, als bei den harten Restriktionsflächen.
D	<u>Neutrale Gebietsfestlegungen:</u> Gebiete, in denen WEA oder PV-Anlagen tatsächlich und rechtlich möglich wären, weil keine anlagenspezifischen Ausschlusskriterien existieren.
Eignungsflächen	<u>Eignungsflächen:</u> Gebiete, denen aufgrund der Planerischen Vorgaben eine besondere Eignung für die Nutzung durch WEA zugesprochen wird.

Insgesamt stehen fünf Bewertungsstufen für die Analyse der Potenzialflächen zur Verfügung (vgl. Tabelle 12). Die Nutzungs- und Flächenkategorien können restriktionsfrei oder mit harten sowie weichen Restriktionen belegt sein. Schließen sie eine Nutzung vollständig aus, gelten sie als Tabufläche.

Neben den Flächenkategorien, die Restriktionen für die Windenergienutzung bedeuten, kann bei bestimmten Nutzungs- und Flächenkategorien davon ausgegangen werden, dass eine besondere Eignung für die Nutzung durch Windenergie vorliegt. Sie bilden Bereiche ab, in denen eine Nutzung der Windenergie durch planerische Festlegungen ausdrücklich vorgesehen ist und daher mit einem sehr geringen Konfliktrisiko realisiert werden kann.

Wirkungsfokussierter Ansatz

Im **wirkungsfokussierten Ansatz** wird die Bewertung des Konfliktrisikos bzw. der Restriktionen der Flächenkategorien stärker an der Empfindlichkeit der durch die Flächenkategorien repräsentierten bundesrechtlich normierten Belange orientiert. So kann den aus den spartenabhängigen spezifischen Wirkungen resultierenden potenziellen nachteiligen Veränderungen der Raumeigenschaften und den daraus resultierenden Konflikten größeres Gewicht beigemessen werden. Gleichzeitig wird den aktuellen regionalplanerischen Festlegungen der Länder tendenziell eine geringere Bedeutung beigemessen. Die Potenziale werden damit stärker auf der Grundlage bundesweit gültiger rechtlicher Vorgaben zur Raumnutzung und dem Schutz von Raumfunktionen ermittelt. Die Restriktionsgrade der aktuellen regionalplanerischen Festsetzungen der Länder, wie sie im ROPLAMO zusammengetragen sind, werden hier nicht in erster Linie aus dem Grad der normativen Bindung abgeleitet. Die Gebietskategorien der regionalplanerischen Festsetzungen der Länder werden vielmehr als Indikator aufgrund ihrer rechtlichen Normierung für aus Bundessicht bedeutende Schutz- und Nutzungsbelange genutzt und unter Berücksichtigung ihrer Empfindlichkeit gegenüber den Wirkungen der einzelnen EE-Sparten bewertet.

Zur Bewertung wird eine 10-stufige Ordinalskala genutzt (vgl. Tabelle 13). Die Nutzungs- und Flächenkategorien können WEA oder PV-Freiflächenanlagen ausschließen (Tabuflächen), gegenüber den einzelnen Nutzungen restriktionsfrei sein oder mit unterschiedlich ausgeprägten Restriktionsgraden belegt sein.

Tabelle 13 Erläuterung der zehn Bewertungskategorien des wirkungsfokussierten Ansatzes

Skala	Bewertungskategorien Unterscheidungsmerkmale der Bewertungskriterien (Kraft der normativen Bindung / Umwelt- und Raumkonflikte)
10	<u>Tabuflächen:</u> Gebiete, mit harten Ausschlusskriterien, in denen WEA- und PV-Anlagen aus tatsächlichen oder normativen Erfordernissen als unzulässig zu bewerten und Ausnahmen ausgeschlossen sind. Sowie Gebiete, in denen erhebliche Umwelt- oder Raumkonflikte unausweichlich zu erwarten sind.
9	<u>Flächen sehr starker Restriktivität:</u> Gebiete, mit starken Ausschlusskriterien, in denen WEA- und PV-Anlagen jedoch aus tatsächlichen oder normativen Erfordernissen nicht zwingend als unzulässig zu bewerten sind, da Ausnahmen in Einzelfällen zulässig sind. Sowie Gebiete, in denen nicht zwingend erhebliche Umwelt- oder Raumkonflikte zu erwarten sind, jedoch eine hohe Eintrittswahrscheinlichkeit besteht.
8	
7	<u>Flächen schwacher bis starker Restriktivität</u>
6	Die Unterscheidungsmerkmale der Restriktionsgrade zwischen 9 „sehr starke Restriktivität“ und 1 „sehr schwache Restriktivität“ sind nicht abschließend festgelegt. Die Restriktivität steigt von 1 zu 9 in ihrer Stärke kontinuierlich an.
5	
4	Da den Nutzungs- und Flächenkategorien keine abschließenden Restriktionsgrade anhand objektiver Unterscheidungsmerkmale zugeordnet werden können, sind neben der Festlegung des Maximums und Minimums auch nicht zwingende Unterscheidungsmerkmale zu definieren.
3	
2	
1	<u>Flächen sehr schwache Restriktivität:</u> Gebiete, ohne harte Ausschlusskriterien gegenüber WEA- oder PV-Anlagen. In denen jedoch nicht an jedem Standort eine WEA- oder PV-Anlage als normativ zulässig zu bewerten ist. Sowie Gebiete in denen nur in Einzelfällen erhebliche Umwelt- oder Raumkonflikte zu erwarten sind.
0	<u>Neutrale Flächen:</u> Gebiete mit Umwelt- und Raumfunktionen, in denen WEA- oder PV-Anlagen als tatsächlich und normativ möglich zu bewerten sind, weil keine anlagenspezifischen Konflikte oder Ausschlusskriterien existieren.

*Der wirkungsfokussierte Ansatz verfolgt die stärkere Differenzierung bei der Bewertung von Restriktionsflächen. Bewertet wird zwischen sehr harter (Restriktionsgrad 9) und sehr weicher Restriktion (Restriktionsgrad 1). Dabei ist die Wertzuweisung aus der Zusammenschau der o.g. Teilkriterien abzuleiten (vgl. Anhang Teil B 6).

6.6 Bewertung des Konfliktrisikos konkreter Flächen durch Aggregation der Restriktionsgrade der auf ihr liegenden Kategorien

Je höher die aus dem möglichen spartenspezifischen Wirkungsgefüge resultierende Empfindlichkeit der durch die Flächenkategorie abgebildeten Raumeigenschaften und je stärker die mit der Flächenkategorie verbundene normative Bindung und damit die darin zum Ausdruck kommende Bedeutung der entsprechenden Fläche ist, desto höher ist das mit einer Nutzung dieser Fläche verbundene Konfliktrisiko und damit deren Restriktivität gegenüber der EE-Nutzung.

Vor diesem Hintergrund erfolgt die Bewertung des konkreten Raumes anhand der Restriktionsgrade bzw. Konfliktrisikoklassen der jeweils überlagernden Flächenkategorien. Dazu werden die Geodaten von Flächen- und Nutzungskategorien mit Hilfe eines GIS überlagert und verschnitten (vgl. Abbildung 7).

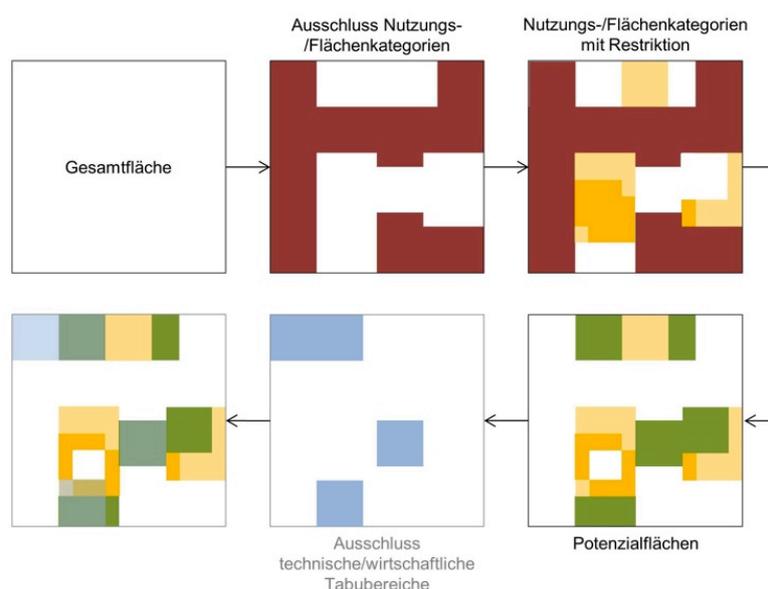


Abbildung 7 Schematische Darstellung der Vorgehensweise bei der GIS-gestützten Ermittlung der Potenzialflächen

Dabei werden zuerst die mit der höchsten Restriktivität bewerteten Nutzungs- und Flächenkategorien (Tabuflächen) aus der Gesamtfläche entfernt. Die verbleibenden Potenzialflächen werden dann mit den Kategorien verschnitten, die mit einer Restriktivität unterhalb der Tabuschwelle belegt wurden. Im Ergebnis liegt eine Flächenkulisse vor, die zum einen Tabu- und Restriktionsflächen sowie restriktionsfreie Fläche eindeutig flächenscharf darstellt.

Insgesamt stellen die Ergebnisse damit ausschließlich die unter Berücksichtigung der Raum- und Umweltbelange vorliegenden Potenzialflächen dar. Die räumliche Verteilung von technischen oder wirtschaftlichen Ausschluss- und Restriktionsflächen konnte im Vorhaben aufgrund unzureichender Datengrundlagen nicht berücksichtigt werden.

Normenfokussierter Ansatz

Zur Ermittlung der Gesamtrestriktion wird zunächst geprüft welche Restriktionsklassen sich überlagern. Entscheidend sind dann nicht die Überlagerungsdichten, sondern die auf der Fläche vorkommenden Restriktionsklassen. Wenn sich auf einer Fläche Kategorien mit harten und weichen Restriktionen überlagern, wird die Gesamtrestriktion im Sinne des Maximalwert-Prinzips festgestellt (vgl. Abbildung 8).

- Liegen ausschließlich Flächen mit einer C-Restriktion übereinander, erhält die Fläche die Bewertung C (weiche Restriktionsflächen).
- Ist mindestens eine Fläche mit B bewertet, ist die Gesamtrestriktion ebenfalls B (harte Restriktionsflächen).

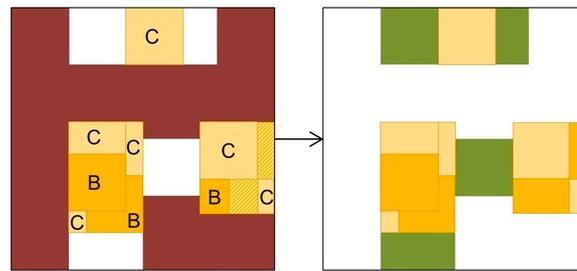


Abbildung 8 Schematische Darstellung der Vorgehensweise bei der GIS-gestützten Ermittlung der Gesamtrestriktionsklasse nach n-Ansatz

Wirkungsfokussierter Ansatz

Der Gesamtrestriktionsgrad einer konkreten Fläche wird aus der Aggregation der Restriktionsgrade der auf ihr übereinander liegenden Flächenkategorien ermittelt. Dazu wird zunächst geprüft, welche Hauptkonfliktgruppen durch die sich überlagernden Flächenkategorien abgebildet werden. Für die Aggregation der Restriktionsgrade ist es wesentlich, ob es sich dabei um unterschiedliche oder gleiche Konflikttypen handelt.

In einigen Fällen wird die gleiche Flächeneigenschaft durch unterschiedliche Flächenkategorien mehrfach abgebildet werden (z.B. liegen Schutzgebietskategorien und geschützte Biotoptypen häufig übereinander). Werden durch mehrere Flächen- und Nutzungskategorien auf der Fläche die **gleichen Belange** und damit die gleichen potenziellen Konflikte abgebildet, erfolgt die Aggregation nach dem Maximalwert-Prinzip, so dass sich der stärkste Restriktionsgrad durchsetzt (s.o.). Dies trifft beispielsweise bei der Überlagerung der Kategorien Landschaftsschutzgebiet (Restriktionsgrad 8) und der raumordnerischen Festsetzung Grundsatz Erholung (Restriktionsgrad 5) zu. Beide Flächenkategorien bilden die Belange Landschaftsbild und Erholung ab und weisen damit auf das Schutzgut Mensch hin. Entsprechend ist die Gesamtrestriktion mit 8 zu bewerten.

Werden durch die sich auf einer Fläche überlagernden Flächen- und Nutzungskategorien **unterschiedliche Belange** abgebildet ist davon auszugehen, dass sich das Konfliktrisiko kumuliert. Um diesen Aspekt bei der Analyse zu berücksichtigen, werden die Restriktionsgrade der sich überlagernden Flächenkategorien so aggregiert, dass der Gesamtrestriktionsgrad des Gebietes höher ist als die der einzelnen Flächenkategorien. In diesem Sinne müssen für die Aggregation vier wesentliche Konstellationen berücksichtigt werden (vgl. Abbildung 9).

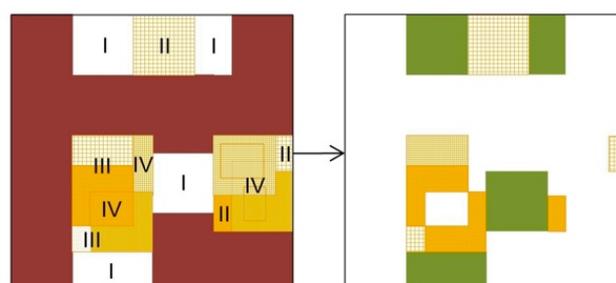


Abbildung 9 Schematische Darstellung der Vorgehensweise bei der GIS-gestützten Ermittlung des Gesamtrestriktionsgrades nach wirkungsfokussierten Ansatz

Diese vier Konstellationen und die Ableitung des Gesamtrestriktionsgrades werden im Folgenden erläutert.

- I Eine Fläche ist ausschließlich mit Flächen- oder Nutzungskategorien ohne Restriktion gegenüber EE-Nutzungen belegt**
→ Die Eignung für die Nutzung durch die EE-Sparte ist uneingeschränkt.
- II Eine Fläche ist nur mit einer Flächen- oder Nutzungskategorie mit einheitlichem Restriktionsgrad belegt:**
→ Die Eignung für die Nutzung durch die EE-Sparte ist eingeschränkt. Die Fläche steht entsprechend ihres Restriktionsgrades anteilig zur Verfügung.
- III Eine Fläche ist mit mehr als einer Flächen- oder Nutzungskategorie belegt, deren Restriktionsgrade alle unterhalb der Ausschlussschwelle liegen:**
→ Die Eignung für die Nutzung durch die EE-Sparte ist eingeschränkt. Die Aggregation der Restriktionsgrade der einzelnen Flächenkategorien erfolgt entsprechend der Kombination der durch die Flächen- und Nutzungskategorien repräsentierten Belange und damit verbundenen Hauptkonflikttypen.

Die Wertung erfolgt entlang von drei Schritten (vgl. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

1. Prüfen welche Flächen- und Nutzungskategorien sich auf der Fläche überlagern.
2. Prüfen ob unterschiedliche Hauptkonfliktgruppen betroffen sind.
3. Aggregation der Restriktionsgrade der Nutzungs- und Flächenkategorien zum Gesamtrestriktionsgrad der konkreten Fläche entsprechend der nachfolgenden Fallkonstellationen.



Abbildung 10 Fallkonstellation der Bewertung von überlagerten Restriktionsflächen deren Gesamtwertung nicht zum Ausschluss der Fläche führt

Flächen **gleicher Hauptkonfliktgruppen** werden nach dem Maximalwert-Prinzip bewertet; solange die Überlagerung entweder zwei Kategorien, drei Kategorien von denen mindestens ein Restriktionsgrad unter 6 liegt oder vier Kategorien von denen mindestens zwei Kategorien unter 6 liegen entspricht. Wenn sich beispielsweise ein SPA-Gebiet (Konfliktrisikoklasse 9) und ein Ziel Natur und Landschaft (Konfliktrisikoklasse

8) überlagern muss der Gesamtrestriktionsgrad der Fläche entsprechend der höchsten Stufe der Flächenkategorien mit 9 bewertet werden, weil beide Flächenkategorien den Schutzbelang und damit die Hauptkonfliktgruppe Fauna abbilden.

Flächen **unterschiedlicher Hauptkonfliktgruppen** werden, um kumulierende Wirkungen zu berücksichtigen, nach folgender Regel bewertet: pro zusätzlicher Hauptkonfliktgruppe wird der Restriktionsgrad um eine Klasse erhöht, solange die Überlagerung zwei Kategorien (mind. ein Restriktionsgrad unter 6), drei Kategorien (mind. zwei Restriktionsgrade unter 6) oder vier Kategorien (mind. drei Restriktionsgrade unter 6) entspricht. Das bedeutet, wenn sich beispielsweise ein Landschaftsschutzgebiet (Stufe 8 der Hkg. Mensch), ein Offenland (außer Landwirtschaft) (Stufe 3 der Hkg. Weitere) sowie ein Grundsatz Industrie und Gewerbe (Stufe 5 der Hkg. Weitere) überlagern, muss der Gesamtrestriktionsgrad der Fläche mit 9 bewertet werden, weil die stärkste Restriktion durch die kumulierten Konflikte aus anderen Hauptkonfliktgruppen erhöht wird.

Sobald Positivflächen in der Überlagerung auftreten, verringert sich der Gesamtrestriktionsgrad um eine Stufe.

IV Flächen mit mindestens einer Flächen- oder Nutzungskategorie mit Ausschlusswirkung:

Die Eignung für die Nutzung durch die EE-Sparte ist ausgeschlossen. Es wird angenommen, dass eine Nutzung aufgrund der sehr hohen Restriktionsdichte oder überwiegend hohen Restriktionsgrade (alle >6) nicht realisierbar ist. Dazu zählen Konstellationen die durch o.a. Fallkonstellationen nicht erfasst werden.

6.7 Quantitative Abschätzung von Flächen- und Energiepotenzialen

Während sich aus den als restriktionsfrei bewerteten Flächen bereits direkt flächenscharfe Aussagen zu konkreten Flächenpotenzialen generieren lassen und die Ausschlussflächen ebenfalls genau abgrenzbar sind, sind die konkret nutzbaren Bereiche innerhalb der mit Restriktionsstufen belegten Flächen zunächst nicht direkt zu verorten.

Um das Flächenpotenzial für den Ausbau erneuerbarer Energieproduktion abschätzen zu können, ist es erforderlich die nutzbaren Anteile innerhalb der Restriktionsflächen zu quantifizieren. Eine exakte räumliche Verortung dieser Flächenanteile ist dabei jedoch nicht erforderlich.

Eine genaue räumliche Zuordnung der tatsächlich konkret geeigneten Flächen würde erfordern, die GIS-verfügbaren Flächen- und Nutzungskategorien mit detaillierteren Informationen inhaltlich und räumlich weiter zu differenzieren. So könnten beispielsweise Schutzgebiete weiter zoniert werden, indem eine Auswertung der ihnen zugrundeliegenden Verordnungen hinsichtlich der Verortung der konkreten Schutzbelange und daraus resultierenden Konfliktpotenziale erfolgt. Diese Vorgehensweise würde zum Teil bereits der konkreten Flächensuche auf den nachfolgenden Planungsebenen vorgreifen, was mit dem Vorhaben ausdrücklich nicht beabsichtigt ist.

Im Rahmen des auf die Wirkungsgefüge der EE-Sparten fokussierten methodischen Ansatzes wurden im Vorhaben deshalb den für die konkreten Flächen ermittelten Gesamtrestriktionsgraden Flächenanteile zugeordnet, auf denen eine konfliktarme EE-Nutzung als möglich angesehen werden kann. Aus der Aggregation sich überlagernder Flächenkategorien resultierende Restriktionsgrade je Potenzialfläche werden die prozentualen Flächenanteile abgeleitet, die voraussichtlich für Vorhaben erneuerbarer Energieproduktion zur Verfügung stehen. In der Praxis sind den Flächen- und Nutzungskategorien die nach dem normenfokussierten Ansatz mit einer harten Restriktion „B“ belegt sind (siehe Anhang Teil B 6), gegenwärtig pauschal nutzbare Flächenanteile zugeordnet, die je nach Studie zwischen 1 % und 35 % liegen [vgl. SRU 2010]. Durch den Rückgriff auf eine kleinstufige Skala kann dieser eher große Spielraum deutlich eingegrenzt werden.

Unter der Prämisse,

- dass ein Gesamtrestriktionsgrad von 1 bedeutet, dass ein weit überwiegender Teil der Potenzialfläche raum- und umweltverträglich durch EE genutzt werden könnte und,
- dass ein Gesamtrestriktionsgrad von 9 bedeutet, dass ein weit überwiegender Teil der Fläche nicht genutzt werden kann,

werden die ermittelten Gesamtrestriktionsgrade der Flächen in nutzbare Flächenanteile umgerechnet. Dabei gilt für die Bewertung der konkreten Flächen die Regel, dass je Restriktionsstufe anteilig 10% der Potenzialfläche in die Berechnung der Flächenpotentiale einbezogen wird. Für eine Fläche mit einem Gesamtrestriktionsgrad von 8 wird damit angenommen, dass sie zu 20 % für eine EE-Nutzung geeignet ist. Für eine Fläche mit einem Gesamtrestriktionsgrad von 3 wird von 70 % nutzbarem Flächenanteil ausgegangen.

6.8 Diskussion der Vor- und Nachteile der beiden Bewertungsansätze

Die beiden in Bezug auf die Windenergienutzung beispielhaft parallel verfolgten Bewertungsansätze unterscheiden sich im Wesentlichen hinsichtlich drei zentraler Aspekte: Erstens in Bezug auf die Gewichtung der verwendeten Bewertungskriterien, zweitens hinsichtlich der Bewertungsskala und drittens durch Aussagen zur Nutzbarkeit von Flächen für Vorhaben erneuerbarer Energieproduktion. Aus der Anwendung der Ansätze sind jeweils spezifische Vor- und Nachteile deutlich geworden.

Im normenfokussierten Ansatz erfolgt die Bewertung der Nutzungs- und Flächenkategorien im Wesentlichen auf Grund ihrer rechtlich und planerisch verbindlichen Festsetzung. Vorteilhaft ist, dass damit weitgehend eindeutige Eignungen des Raumes definiert sind. Annahmen hinsichtlich der Treffsicherheit der Abbildung bestimmter Raumeigenschaften sind weniger vorzunehmen. Dennoch müssen auch hier Annahmen hinsichtlich der Verträglichkeit der EE-Nutzung mit den normierten Nutzungs- und Raumbelangen getroffen werden, da nicht alle Flächenkategorien EE-Nutzungen eindeutig zulassen oder ausschließen.

Dagegen werden im wirkungsfokussierten Ansatz die Restriktionsgrade der Flächenkategorien stärker aus den spezifischen Wirkprofilen der einzelnen EE-Sparten und der daraus resultierenden Empfindlichkeit der durch die Flächenkategorien abgebildeten Belange abgelei-

tet. Dies erfordert eine komplexere Modellvorstellung über das zugrundeliegende Wirkungsgefüge. Da die Datengrundlagen bisher keine wissenschaftlich exakte Wirkungsanalyse und -bewertung erlauben, ist es ratsam die Plausibilität und Gültigkeit der Bewertung der Flächenkategorien durch eine breite Expertenabstimmung zu validieren.

Hinsichtlich der unterschiedlichen Bewertungsskalen sind mit der Verwendung einer fünf-stufigen gegenüber einer 10-stufigen Bewertungsskala der Restriktivität methodische sowie funktionale Vor- und Nachteile verbunden. Beispielsweise bestehen wesentliche Unterschiede bei der Aggregation der überlagerten Flächen.

Die fünf-stufige Skalierung nach dem normenfokussierten Ansatz ist weniger sensitiv gegenüber der Vielfalt der Flächenkategorien und der durch sie abgebildeten Belange. So führen geringfügige Abweichungen von bspw. Empfindlichkeit zu keiner Änderung der Einstufung. Dies ist zunächst ein Nachteil, wenn möglichst weitgehende Differenzierungen bei der Bewertung ermöglicht werden sollen. Andererseits ist dies vor dem Hintergrund der Sicherheit und Validität der getroffenen Bewertung als Vorteil zu beurteilen. Zudem kann die kleinteilige Skala des wirkungsfokussierenden Ansatzes von Nachteil sein, da lediglich die Grenzen im Sinne sehr schwacher und sehr starker Restriktivität definiert sind und die Unterscheidungsmerkmale zur Einordnung der Restriktionsgrade in der Spanne zwischen 2 und 8 fehlen. Die konkrete Beurteilung, ob ein Restriktionsgrad von bspw. 2 oder 3 vorliegt, kann jedoch in der Regel nur schwer fachlich und selten empirisch oder wissenschaftlich begründet werden, so dass eine sehr detaillierte Definition der einzelnen Wertstufen kaum möglich ist. Vielmehr muss die Einstufung entsprechend der ordinalen Skalierung im Vergleich der einzelnen Flächenkategorien untereinander erfolgen und daraus eine Rangfolge hergeleitet werden.

Im Hinblick auf den angelegten Expertendiskurs zur Bewertung der Flächenkategorien, eröffnet die vorgegebene kleinstufige Bewertungsskala im Gegensatz zur größeren Skala des normenfokussierten Ansatzes darüber hinaus einen größeren Spielraum um Zwischenstufen abzubilden. Dieser erleichtert es aus der Befragung und dem Diskussions-/Abstimmungsprozesse Konsenspositionen abzuleiten. Hier kann eine Feinabstimmung herbeigeführt werden, die mit der größeren Skalierung verloren geht. So werden im Rahmen der exemplarischen Analyse FFH Gebiete und Biosphärenreservate Zone III nach dem n-Ansatz jeweils mit Restriktionsklasse „B“ bewertet. Im w-Ansatz findet eine weitere Differenzierung der Restriktivität statt (FFH Gebiete „9“ und Biosphärenreservat Zone III „7“), die den abgebildeten Raumeigenschaften und deren unterschiedlicher Empfindlichkeit eher gerecht werden kann. Dies wirkt sich letztlich auf den Umfang und die Verteilung der Restriktionsflächen im Raum aus.

7 Methodischer Ansatz der Potenzialanalyse für Bioenergie aus Anbaubiomasse

Bei der Ermittlung von Flächenpotenzialen für die Nutzung erneuerbarer Energien stellt die Stromerzeugung aus Anbaubiomasse einen Sonderfall dar.

Die Produktion von Biomasse für die anschließende Stromerzeugung ist grundsätzlich mit einer intensiven Inanspruchnahme von Flächen verbunden. Potenzialflächen beschränken sich dabei jedoch auf die landwirtschaftliche Nutzfläche, wo bereits der Anbau von Biomasse als Futter- oder Nahrungsmittel sowie zur stofflichen Nutzung erfolgt. Von einer Ausdehnung über die gegenwärtig landwirtschaftlich genutzten Flächen hinaus ist nicht auszugehen. Vielmehr ist mit einer weiteren Verringerung der Nutzfläche auf Grund des jährlichen Flächenverbrauchs durch Siedlungs- und Verkehrsflächen zu rechnen.

Gleichzeitig ist die Fläche für den Energiepflanzenanbau, abgesehen von den allgemeinen Anforderungen an die landwirtschaftliche Bodennutzung (Gute fachliche Praxis, Düngemittelverordnung, etc.), die in gleicher Weise für den Energiepflanzenanbau gelten, frei von Restriktionen. Obwohl sowohl raumplanerische als auch naturschutzfachliche Anforderungen für die Flächen bestehen können, betreffen diese nie die grundlegende landwirtschaftliche Funktion der Fläche oder die Entscheidungen über den Verwertungspfad. Unterschiede bei der Produktion von Biomasse zur energetischen Verwertung bestehen im Einzelfall allenfalls hinsichtlich der Bewirtschaftungsweisen und den genutzten, z.T. neuen Anbaukulturen. Wesentlich sind die häufig aufgrund geringerer Qualitätsansprüche und des Einsatzes anderer Kulturen geänderten Düngemittel- und Pflanzenschutzmittelgaben, die Bodenbearbeitung sowie die Erntetermine. Aufgrund der fehlenden Anknüpfungspunkte für eine Begrenzung oder Steuerung innerhalb der Landwirtschaft wäre theoretisch auch eine 100 %ige Inanspruchnahme der Fläche durch den Energiepflanzenanbau zulässig.

Die Ableitung von spezifischen Flächenpotenzialen für den Energiepflanzenanbau aufgrund von Nutzungs- und Schutzbelangen der Räume ist vor diesem Hintergrund nicht praktikabel. Entscheidend muss daher die Frage sein, welcher Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche für den Energiepflanzenanbau zur Verfügung steht. Zentrale Hemmnisse liegen dabei in den Nutzungskonkurrenzen mit der Produktion von Futter- und Nahrungsmitteln sowie mit dem Anbau von Biomasse für die stoffliche Verwertung, die nach übereinstimmender politischer Auffassung grundsätzlich Vorrang vor der energetischen Nutzung haben sollte.

Ausgangspunkt der Analyse der Potenziale auf Bundesebene ist daher die Festsetzung eines maximalen Anteils landwirtschaftlicher Nutzfläche, der für die Erzeugung energetisch genutzter Biomasse bereitgestellt werden soll. Dafür gibt es zunächst keine direkten Vorgaben. Es liegt jedoch nahe, den Anteil im Kontext der in der Landwirtschaft und Politik sowie Öffentlichkeit diskutierten Prämissen „Food First“ und „regionale Eigenversorgung“ festzulegen. Unter „Food First“ ist der Vorrang von Anbaufläche für Nahrungs- und Futtermittel gegenüber anderen Verwertungspfaden zu verstehen. Im Sinne einer „regionalen Eigenversorgung“ sollen möglichst große Anteile der benötigten Biomasse im Umfeld des Verbrauchs erzeugt werden.

Der methodische Ansatz ermöglicht es, die innerhalb der Landwirtschaft und des dort bestehenden Spannungsfelds unterschiedlicher Verwertungspfade für eine energetische Nutzung verfügbaren Flächenanteile zu bestimmen. Auf dieser Grundlage kann eine räumliche Differenzierung der Potenziale erfolgen, in dem der zur Deckung des definierten Nahrungs- und Futtermittelbedarfs sowie zur stofflichen Nutzung erforderlicher Flächenbedarf ermittelt wird und im Umkehrschluss daraus die für den Energiepflanzenanbau verfügbaren Flächenanteile bestimmt werden.

8 Ermittelte Potenziale erneuerbarer Energien auf Bundesebene

In der vorliegenden Studie wurden die Potenziale für den Ausbau Erneuerbarer Energien aus Perspektive des Bundes ermittelt. Dazu wurden vorab die technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen sowie die damit verbundenen spezifischen Flächenbedarfe der EE-Sparten festgelegt.

Die Vorgehensweise folgt der in Kapitel 5 bis 7 entwickelten Methodik. Besonderes Gewicht wurde dabei auf die flächenrelevanten Sparten Windenergie und PV-Freiflächenanlagen gelegt. Für die einzelnen EE-Sparten werden im Folgenden zunächst die ermittelten Ergebnisse dargestellt. Die dafür zugrunde gelegten Grundannahmen und Informationsgrundlagen werden in Kapitel 4 ausgeführt. Abschließend werden die Ergebnisse und Datengrundlagen kritisch diskutiert.

8.1 Photovoltaik-Dachflächen

Zentrale Größe bei der Analyse von Potenzialen zur Nutzung von PV-Dachflächenanlagen ist die verfügbare Dachfläche. Diese setzt sich aus Dächern der Wohngebäude und Dächern der Nichtwohngebäude (landwirtschaftlichen und Gewerbebauten, Bahnhöfe, Kirchen, Schulen usw.) zusammen.

Die statistischen Landesämter und das statistische Bundesamt verfügen über Bestandsdaten zu Wohngebäuden, gegliedert nach den Typen Einfamilien-, Zweifamilien- und Mehrfamilienhaus sowie deren Wohnflächen [StBA 2011]. Diese Daten liegen für alle Bundesländer vor, bei den statistischen Landesämtern – soweit publiziert – auch nach Kreisen bzw. Gemeinden sortiert. Somit lassen sich diese Daten auch für regionale Potenzialbetrachtungen gut nutzen. Ausgewiesen werden dort:

- die Anzahl der Wohngebäude, gegliedert nach Einfamilienhäusern, Zweifamilienhäusern und Mehrfamilienhäusern (ab 3 Wohnungen)
- die Wohnfläche der Wohnungen in diesen Wohngebäuden (in 1000 m²), in der gleichen Gliederung
- die Anzahl der Wohnungen in diesen Wohngebäuden, in der gleichen Gliederung

Als Zwischenergebnis liegen die mittleren Wohnflächen pro Wohngebäude sowie für die Mehrfamilienhäuser auch die mittlere Zahl der Wohnungen pro Gebäude vor.

Aufgrund der unterschiedlichen Geschosshöhen und unter Berücksichtigung von überdachten Teilbereichen, die nicht zur Wohnfläche zählen (z. B. Treppenhäuser) wurde die Dachfläche der verschiedenen Gebäudetypen wie folgt abgeschätzt:

- 85 m² Dachfläche pro 100 m² Wohnfläche in Einfamilienhäusern,
- 66 m² Dachfläche pro 100 m² Wohnfläche in Zweifamilienhäusern,
- 33 m² Dachfläche pro 100 m² Wohnfläche in Mehrfamilienhäusern.

Unter dieser Annahme kann die Gesamtfläche aller Dächer der Wohngebäude in jeder benötigten räumlichen Gliederung errechnet werden [IE 2009].

Für die Nichtwohngebäude lag eine vergleichbare Bestandsstatistik nicht vor. Statistiken zu Nichtwohngebäuden werden lediglich im Rahmen der Statistik der Baufertigstellungen erhoben. Diese konnte jedoch auch nur grobe Hinweise geben, da die Lebensdauer der Nichtwohngebäude im Durchschnitt deutlich kürzer ausfallen dürfte als die der Wohngebäude (hier wird mit einer mittleren Lebensdauer von 100 Jahren gerechnet). Zudem schwanken die Baufertigstellungen gerade im gewerblichen Bereich in den Landkreisen sehr stark von einem Jahr zum anderen. Nach Berücksichtigung unterschiedlicher Aspekte (auch im überregionalen Vergleich) wird für jeweils 3 m² Dachfläche auf Wohngebäuden 1 m² Dachfläche auf Nichtwohngebäuden angesetzt [IE 2009].

Soll der Nutzung der Solarthermie zur direkten Erzeugung von Wärme bei Nutzung der Dachflächenpotentiale auf Wohngebäuden Vorrang eingeräumt werden, so müssen bundesweit rund 40 % der Dachflächen für die Solarthermie freigehalten werden.

Die Methodik zur Berechnung dieser Anteile wurde vom IE Leipzig erstmals in einem Projekt für den Vogtlandkreis beschrieben [IE 2009]. Bei optimaler Auslegung der Solarthermieanlagen können der Warmwasserbedarf sowie 40 % des Heizwärmebedarfs solarthermisch gedeckt werden. Je nach Kollektortyp (Flachkollektor, Röhrenkollektor) und vorherrschenden Strahlungsverhältnissen kann mit einem Quadratmeter Kollektorfläche ein Wärmeertrag zwischen 300 und 660 kWh_{th} erzielt werden. Ein Wärmeertrag von 500 kWh_{th} pro Quadratmeter Kollektorfläche ist mit moderner Technik in allen Fällen realistisch. Daraus ergeben sich die zur solaren Deckung des Wärmebedarfs erforderlichen Dachflächen. Bei einer nach Gebäudetypen gegliederten Darstellung zeigt sich, dass der Solarwärmebedarf bei Mehrfamilienhäusern – je nach mittlerer Anzahl der Wohnungen pro Gebäude – zwischen drei Vierteln und der gesamten verfügbaren Dachflächen erfordert, während bei Einfamilienhäusern noch mehr als die Hälfte der verfügbaren Dachflächen freibleibt und damit ein Potenzial zur Erzeugung von Solarstrom ermöglicht. Bei Zweifamilienhäusern erfordert die Warmwasserbereitung und anteilige Deckung des Heizenergiebedarfs im Mittel etwas mehr als die Hälfte der verfügbaren Dachflächen. Für Nichtwohngebäude wurde keine Nutzung der Solarthermie angenommen.

Aus diesem Ansatz ergibt sich die angenäherte Fläche aller verfügbaren Dachflächen durch Multiplikation der Dachflächen von Wohngebäuden mit dem Faktor 4/3. Nach [Everding et al. 2007] werden von dieser Gesamtfläche 38 % als solar nutzbares Flächenpotenzial berechnet, für Deutschland sind dies ca. 105.000 ha. Auf diesen (in der Regel bereits schräg ausgerichteten und damit vollständig zu überdeckenden) Flächen kann – bei Annahme eines Modulwirkungsgrads von 15 % – auf jeweils 7 m² ein kW Solarmodule zur Stromerzeugung errichtet werden, sofern die Flächen nicht durch Wärmekollektoren belegt werden sollen. Bei den Berechnungen für das Vogtland [IE 2009] waren noch 9 m² pro kW angesetzt worden.

Ohne Berücksichtigung der Option „Solarthermie“ ergibt sich damit ein Potenzial zur Installation von rund 150 GW auf Dachflächen in Deutschland. Bei einer mittleren Globalstrahlung von 1050 W/(m²*a) lassen sich damit rund 142 GWh Strom pro Jahr erzeugen.

Soll der Nutzung der Solarthermie zur direkten Erzeugung von Wärme Vorrang bei Nutzung der Dachflächenpotentiale auf Wohngebäuden eingeräumt werden, so müssen im bundesweiten Mittel rund 40 % der Dachflächen für die Solarthermie freigehalten werden. Die installierbare Leistung beträgt in diesem Fall 89 GW und der Jahresertrag ca. 85 GWh.

Die entsprechenden Daten sind auf Ebene der Bundesländer verfügbar und lassen sich entsprechend differenziert ausweisen (vgl. Tabelle 14).

Tabelle 14 Technisches Potenzial der Photovoltaik auf Dachflächen nach Bundesländern

Bezugsraum (Bundesland / Deutschland)	Solar nutzbare Dachfläche	installierbare PV- Leistung ohne Solarthermie- nutzung	installierbare PV- Leistung bei Solar- thermienutzung	PV-Jahresertrag ohne Solarther- mienutzung	PV-Jahresertrag bei Solarther- mienutzung
	in ha	in MW	in MW	in GWh	in GWh
Baden-Württemberg	13.803	19.719	11.799	19.857	11.882
Bayern	17.701	25.288	15.482	26.141	16.005
Berlin	2.730	3.900	1.855	3.510	1.670
Brandenburg	3.123	4.462	2.698	4.135	2.501
Bremen	736	1.051	595	912	516
Hamburg	1.534	2.191	1.156	1.855	979
Hessen	8.002	11.432	6.860	10.778	6.468
Mecklenburg-Vorpommern	1.900	2.714	1.591	2.530	1.483
Niedersachsen	11.972	17.103	10.658	15.027	9.364
Nordrhein-Westfalen	21.156	30.223	17.765	26.877	15.798
Rheinland-Pfalz	6.473	9.247	5.794	8.916	5.586
Saarland	1.698	2.426	1.515	2.391	1.493
Sachsen	4.193	5.990	3.290	5.711	3.137
Sachsen-Anhalt	2.862	4.089	2.410	3.745	2.208
Schleswig-Holstein	3.985	5.693	3.529	4.880	3.025
Thüringen	2.669	3.812	2.252	3.533	2.087
Deutschland	104.537	149.339	89.251	140.779	84.147

Quellen: Berechnungen des IE Leipzig auf Basis der Wohngebäudestatistik des statistischen Bundesamtes [StBA 2011], der statistischen Landesämter und Einschätzungen zur Globalstrahlung pro Bundesland nach [DGS 2010].

Da die tatsächliche Nutzung der Solarthermie in der Regel unter der hier angenommenen maximalen Ausnutzung bleibt, liegt das tatsächliche PV-Potenzial auf Dächern für Deutschland zwischen den beiden dargestellten Werten, d. h. zwischen 89 GW und 150 GW.

Innerhalb dieses großen technischen Potenzials bleibt im Wesentlichen offen, welcher Teil des Potenzials erschließbar ist, d. h. welcher Anteil der Hausbesitzer das technische Potenzial auch für die Solarenergie ausnutzen möchte. Diese Investitionsbereitschaft hängt nicht nur von der Rentabilität ab, sondern auch von weiteren Faktoren, so beispielsweise von der Außenwirkung (Image bei Nachbarn) oder von der Zukunftsperspektive der jeweiligen Immobilie und ihrer Eigentümer. Der Mobilisierungsgrad geeigneter Dachflächen kann folglich auch regional sehr unterschiedlich ausfallen.

Selbst wenn die Besitzer von einem Drittel aller geeigneten Dächer die Solarenergie nicht nutzen, würde das Erzeugungspotenzial – im Rahmen der unter Kapitel 4.4 behandelten Grenzen – für die Bundesrepublik zur Erreichung des weitest gehenden Ausbaupfades genügen, ohne zusätzliche Freiflächen in Anspruch zu nehmen. Im Bereich der Photovoltaik sollen bis 2030 65 GW (vgl. Kap. 3, Tabelle 1) installiert werden. Wird das Potenzial darüber

hinaus genutzt, vermindert sich der Flächenbedarf für den Anbau von Energiepflanzen oder Windparks.

8.2 Wasserkraft

Im Rahmen des Vorhabens wurde auf Werte der bisher umfangreichsten Potenzialanalyse im Bereich der Wasserkraft zurückgegriffen. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit ermittelte das Ingenieurbüro Floecksmühle im Jahr 2010 die Wasserkraftpotenziale in der Bundesrepublik [Floecksmühle 2010]. Auf dieser Datengrundlage wurde im darauffolgenden Jahr eine Analyse für alle deutschen Bundesländer durchgeführt [Floecksmühle 2011].

Die Methodik zur Berechnung der Potenziale zum Ausbau der Wasserkraft ist in Kapitel 5.2 aufgeführt. Wesentliche Grundlage ist ein unveröffentlichtes Gutachten des Ingenieurbüros Floecksmühle [Floecksmühle 2011] im Auftrag des Leipziger Instituts für Energie. Dabei wurde zwischen dem technischen Erzeugungs-Potenzial und dem realisierbaren Zubaupotenzial unterschieden.

Das realisierbare Zubaupotenzial setzt sich zusammen aus einem Erweiterungs- und Modernisierungspotenzial für bereits vorhandene Anlagen sowie aus einem Neubaupotenzial an bestehenden Querbauwerken. Die Ergebnisse sind in Tabelle 15 dargestellt. In Einzelfällen können technische Potenziale eines Bundeslandes auch durch Kraftwerke eines benachbarten Bundeslandes genutzt werden, wenn der Rückstau von Querbauwerken flussaufwärts über die Landesgrenze hinweg reicht.

Mit der Nutzung des voraussichtlich realisierbaren Erzeugungspotenzials kann in jedem Bundesland zur Erreichung der gesetzten Klimaschutzziele, ohne die Inanspruchnahme zusätzlicher Flächen, beigetragen werden. Die Nutzung dieses Potenzials vermindert somit indirekt den Flächenbedarf für den Anbau von Energiepflanzen oder für Windparks bzw. Solar-Freiflächenanlagen.

Tabelle 15 Technisches und erschließbares Potenzial der Wasserkraft nach Bundesländern

Bezugsraum (Bundesland / Deutschland)	installierte Leistung im März 2010*	noch unerschlossenes technisches Leistungs-Potenzial	voraussichtlich realisierbares Leistungs-Potenzial**	noch unerschlossenes Erzeugungs-Potenzial	voraussichtlich realisierbares Erzeugungs-Potenzial
	in MW	in MW	in MW	in GWh	in GWh
Baden-Württemberg	834,6	704,9	246,5	2.335	707
Bayern	2.514,0	480,9	535,0	2.011	1.626
Berlin	0,0	0,8	0,2	3	1
Brandenburg	4,6	139,1	2,4	695	9
Bremen	0,0	1,2	10***	6	42***
Hamburg	0,1	3,1	0,1	15	1
Hessen	100,7	287,9	31,1	1.512	95
Mecklenburg-Vorpommern	2,8	9,2	1,0	53	3
Niedersachsen	97,5	213,7	54,2	1.112	158
Nordrhein-Westfalen	193,0	1.242,8	52,2	6.590	170
Rheinland-Pfalz****	244,9	624,1	146,3	3.209	472
Saarland	21,5	9,3	10,8	47	23
Sachsen	89,2	207,6	10,4	1.144	24
Sachsen-Anhalt	25,3	353,2	8,5	1.789	24
Schleswig-Holstein	6,3	8,2	0,6	63	3
Thüringen	30,5	136,8	13,7	560	25
Deutschland	4.165	4.423	1.123	21.144	3.382

* ohne installierte Leistung in Pumpspeicherkraftwerken, einschließlich Erzeugung aus natürlichem Zufluss in Pumpspeicherkraftwerken

** Enthalten ist das Erweiterungs- und Modernisierungspotenzial, das für Ausbaugrade > 1 ermittelt wurde. Daher können die Leistungsangaben hier größer sein, als das unerschlossene Leistungs-Potenzial (vorherige Spalte)

*** 2010 im Bau befindliche Wasserkraftanlage mit Nutzung eines Teils des technischen Potenzials von Niedersachsen, seit März 2012 im Regelbetrieb

**** voraussichtlich niedriger, da Datengrundlage nachträglich korrigiert werden muss [Anderer 2012]

Quelle: [Floeskmühle 2011]

8.3 Tiefengeothermie

Das technische Potenzial zur Nutzung der Tiefengeothermie wurde für heiße Aquifere auf der Grundlage der Methodik von Jung et al. [2002] ermittelt und in Temperaturklassen gegliedert. Die ausführliche Beschreibung der Methodik findet sich in Kapitel 5.3. Unter der Annahme einer 100-jährigen Nutzungsdauer der Gesamt-Potenziale der jeweiligen Gebiete und Temperaturklassen, wurden diese über die Anteile der Bundeslandflächen in den einzelnen Temperaturklassen auf die Bundesländer aufgeteilt. Dabei sind die Energiemengen unabhängig von der installierten Leistung. Während das Potenzial des Molassebeckens zu 100% dem Freistaat Bayern zuzurechnen ist, muss im Oberrheingraben auf bis zu drei und im Norddeutschen Becken auf sechs Bundesländer aufgeteilt werden. Einige Bereiche des Norddeutschen Beckens weisen zwar Aquifere auf, deren Temperatur ermöglicht jedoch keine Stromerzeugung, so dass auf diese Bundesländer kein Anteil des Potenzials entfällt, z. B. Schleswig-Holstein oder Nordrhein-Westfalen. Die Ergebnisse sind nach Bundesländern in Tabelle 16 aufgeführt.

Tabelle 16 Technisches Potenzial der Tiefengeothermie nach Bundesländern

Bezugsraum (Bundesland / Deutschland)	Erzeugbare elektrische Energie in GWh/a*				
	Temperaturklasse	100-130°C	130-160°C	160-190°C	Summen
Baden-Württemberg		367,7	1.510,8	1.245,8	3.124,3
Bayern		1.666,2	0	0	1.666,2
Berlin		163,6	0	0	163,6
Brandenburg		1.497,2	3.742,2	673,5	5.913,0
Bremen		0	57,3	0	57,3
Hamburg		0	0	0	0
Hessen		33,8	230,9	0	264,7
Mecklenburg-Vorpommern		813,8	2.714,8	299,5	3.828,1
Niedersachsen		486,0	6.503,7	276,7	7.266,3
Nordrhein-Westfalen		0	0	0	0
Rheinland-Pfalz		678,7	1.063,1	553,7	2.295,5
Saarland		0	0	0	0
Sachsen		0	0	0	0
Sachsen-Anhalt		621,7	867,0	0	1.488,8
Schleswig-Holstein		0	0	0	0
Thüringen		0	0	0	0
Deutschland		6.327,7	16.689,8	3.049,2	26.067,3

*unter der Annahme einer 100-jährigen Nutzungsdauer
Quelle: Auswertung des IE Leipzig auf Grundlage von [Jung et al. 2002]

Das technische Potenzial kann zwar grundsätzlich erschlossen werden, die Erschließung ist aber in dünn besiedelten Gebieten in der Regel unwirtschaftlich, da der größte Teil der gewonnenen Energie in Form von Wärme auftritt. Dort, wo keine Wärmeabnehmer (z. B. Industrieunternehmen oder Fernwärmenetze) verfügbar sind, d. h. abseits von Ballungsräumen, ist mit der Erschließung der technischen Potenziale daher nicht zu rechnen.

8.4 Bioenergie aus Reststoffen

Im Bereich der Bioenergie besteht ein wesentlicher Teil der regelmäßig anfallenden Biomassepotentiale aus Reststoffen, für die keine Fläche belegt werden muss. Daneben sind forstwirtschaftliche Biomassereststoffe (Waldrestholz) einzubeziehen, die teils bereits genutzt werden, teilweise aber noch in größerer Menge anfallen, als sie genutzt werden [DBFZ 2011]. Ermittelt wurden dazu die technischen Brennstoffpotentiale. Diese Potentiale entsprechen der verfügbaren Primärenergie. Diese kann dann je nach Konversionspfad in Elektrizität, Wärme oder Kraftstoff umgewandelt werden. Auf Grund der technischen Rahmenbedingungen bei der Kraft-Wärme-Kopplung ergibt sich bei dieser effektivsten Form der Umwandlung der Brennstoffpotentiale in Endenergie überwiegend Wärme als Endenergieträger. Die Nutzung von Reststoffen als Kraftstoff stellt derzeit noch eine Ausnahme dar, kann aber bei Integration von Holz in die Produktion zukünftiger Biokraftstoffe eine Rolle spielen – aktuell werden Kraftstoffe in aller Regel aus angebaute Biomasse gewonnen (Ölsaaten für Biodiesel, Zuckerrüben für Ethanol).

Tabelle 17 gibt zunächst die technischen Primärenergiepotentiale von Biomasse wieder, soweit diese nicht auf Äckern angebaut werden muss.

Tabelle 17 Technisches Brennstoffpotenzial von Biomasse-Reststoffen in Deutschland 2008

Bezugsraum (Bundesland / Deutschland)	Technisches Brennstoffpotenzial in PJ/a				Summe
	Waldholz, Waldrestholz	Landschafts- pflegematerial	Industrierestholz, Altholz, Stroh	Bio- u. Grünab- fall, Exkremete	
Baden-Württemberg	71,6	2,6	40,8	8,6	123,6
Bayern	139,7	2,2	69,6	19,6	231,1
Berlin	0,0	0,6	1,8	1,3	3,6
Brandenburg	41,0	1,1	18,7	4,5	65,3
Bremen	0,0	0,2	0,9	0,2	1,3
Hamburg	0,0	0,4	1,5	0,5	2,4
Hessen	45,5	1,0	16,7	4,3	67,5
Mecklenburg-Vorpommern	25,4	1,5	25,4	3,8	56,1
Niedersachsen	43,0	4,0	30,8	21,3	99,1
Nordrhein-Westfalen	27,3	3,3	32,3	17,3	80,1
Rheinland-Pfalz	35,3	3,1	14,7	3,1	56,2
Saarland	5,5	0,1	-0,1	0,6	6,1
Sachsen	26,5	1,0	16,1	4,3	47,9
Sachsen-Anhalt	25,3	3,0	3,9	3,6	35,8
Schleswig-Holstein	9,1	0,9	14,3	6,4	30,7
Thüringen	16,3	0,4	19,4	2,7	38,7
Deutschland	511,4	25,4	306,8	102,1	945,7

Dieses Potenzial ist in der Zukunft Veränderungen unterworfen. Für 2020 wird beispielsweise prognostiziert, dass die Potenziale aus der Forstwirtschaft um rund 13 % ansteigen, während im Bereich von Stroh und von tierischen Exkrementen rückläufige Mengen anfallen. Zusammengenommen werden die Potenziale aus Reststoffen geringfügig zunehmen.

Für die Umwandlung in Endenergieträger wird angenommen, dass die Potenziale der Forstwirtschaft überwiegend für die Wärmeerzeugung zum Einsatz kommen. Bei den übrigen Energieträgern ist davon auszugehen, dass diese in Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung in Strom und Wärme umgewandelt werden. Auch bei diesem Prozess dominiert der Wärmevertrag vor dem Stromertrag. Bei bestehenden Anlagen, die einen sehr großen Teil des Potenzials bereits ausnutzen, findet allerdings teilweise auch eine reine Stromerzeugung statt (ländliche Biogasanlagen ohne Wärmeabsatz) – im aktuellen EEG ist die Wärmenutzung verpflichtend geworden. Technisch ist diese Verteilung allerdings nicht zwingend, denn grundsätzlich könnte auch forstwirtschaftliche Biomasse in Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung genutzt werden und damit zur Stromerzeugung beitragen.

Ausgehend von den beschriebenen Verwendungszwecken und typischen Wirkungsgraden bei der Verstromung in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen ergibt sich aus den in Tabelle 17 dargestellten Brennstoffpotenzialen für das Jahr 2008 ein Stromerzeugungspotenzial von gut 30 TWh, für 2020 errechnen sich 29 TWh (u. a. aufgrund rückläufiger Mengen bei Exkrementen und Stroh). Der überwiegende Teil dieser Potenziale wird bereits heute genutzt, insbesondere die im Wirtschaftskreislauf befindlichen Reststoffe (Industrierestholz, landwirtschaftliche Reststoffe wie Gülle oder Grünabfall). Noch nicht vollständig genutzt werden Bioabfälle (geeignete Kompostierungsanlagen könnten noch um eine Vergärungsstufe erweitert werden [Witzenhausen 2007]), Landschaftspflegematerial und Waldrestholz (der dezentrale Anfall macht die Nutzung unwirtschaftlich).

Eine Erhöhung der Energieausbeute aus bereits genutzten Materialien kann eintreten, wenn die noch ausschließlich zur Wärme- oder ausschließlich zur Stromproduktion genutzten Stoffe zukünftig in Kraft-Wärme-Kopplung mit einem höheren Gesamtwirkungsgrad genutzt werden. Dies könnte allerdings bei bestimmten Anlagen auch zur Verminderung der Stromproduktion führen, nämlich dann, wenn die (meist älteren) Anlagen derzeit zur Stromerzeugung optimiert sind und der höchste Gesamtwirkungsgrad bei Kraft-Wärme-Kopplung und geringerer Stromproduktion erreicht wird.

Unter Berücksichtigung dieser Unsicherheiten kann im Bereich der Stromerzeugung aus Biomasse-Reststoffen davon ausgegangen werden, dass in Deutschland ein erschließbares Potenzial von jährlich rund 25 TWh Strom besteht, das zu mehr als 90 % bereits genutzt wird. Zukünftig kann das Potenzial nur dann erkennbar ansteigen, wenn die bisher zur alleinigen Wärmeerzeugung genutzte forstwirtschaftliche Biomasse für Kraft-Wärme-Kopplung genutzt würde. Dies ist angesichts der hohen Nachfrage auf dem Wärmemarkt (Pelletheizungen etc.) jedoch unwahrscheinlich [DBFZ 2011].

8.5 Windenergie

8.5.1 Umsetzung der methodischen Ansätze

Die Ermittlung der Flächenpotentiale für die Windenergienutzung erfolgt anhand der in Kapitel 6 dargestellten Methodik. Erster Schritt war die Festlegung der Flächenkategorien zur Abbildung der im Raum repräsentierten Belange. Für diese wurden in den folgenden zwei Schritten Bewertungen der Empfindlichkeiten der Flächenkategorien gegenüber der Windenergienutzung sowie der Bedeutung bzw. Wertigkeit der Flächenkategorien vorgenommen. Auf dieser Grundlage konnten dann Restriktionsklassen und Restriktionsgrade abgeleitet werden. Im Anschluss erfolgte die Bewertung des Konfliktrisikos konkreter Flächen durch die Aggregation der Restriktionsklassen/-grade. Abschließend wurden quantitative Flächen- und Energiepotentiale ermittelt.

Auswahl der Flächenkategorien zur Abbildung der im Raum vertretenen Belange

Voraussetzung war, dass nur Flächenkategorien berücksichtigt werden können, die als Geodaten oder Daten mit konkretem Raumbezug vorliegen. Für die Bundesebene bestand zudem der Anspruch, dass die Daten Aussagen für das gesamte Bundesgebiet zulassen. Die abschließende Auswahl von 48 Flächenkategorien ist in Anhang Teil B 6 dargestellt.

Die Datenakquise erfolgte auf der Grundlage des in Kapitel 6.2 zusammengestellten Katalogs möglicher Flächenkategorien, die die Bereiche der realen Flächennutzung, naturschutzrechtliche Schutzgebiete, raumordnerische Festsetzungen sowie damit teilweise verbundene Abstandsregelungen umfassen. Anhand der in Kapitel 4 beschriebenen Anforderungen wurden alle Datengrundlagen in einem ersten Schritt aufbereitet. Es erfolgte eine Anpassung der Geodaten für die bundesweite Analyse bei der, wenn notwendig, Kategorien zusammengefasst oder in Unterkategorien aufgeteilt wurden.

Weitere Bedingung für die Nutzbarkeit war ein direkter Flächenbezug der Informationen. Alle Linienelemente, z.B. Straßen, wurden entsprechend der realen Breite ihrer Fahrspuren in

Flächenelemente umgewandelt. Bestand der Bedarf, Schutzabstände aufgrund der über den Anlagenstandort hinausgehenden Wirkreichweite zu berücksichtigen, wurden entsprechenden Flächenkategorien im GIS Abstandsflächen hinzugefügt. Zu den gegenüber weitreichenden Wirkungen, wie Lärmemissionen, Schattenwurf und Sichtbarkeit, besonders empfindlichen Flächenkategorien zählen z.B. Wohngebiete. Abgeleitet aus der angenommenen durchschnittlichen Reichweite der Wirkungen von Windenergieanlagen ergaben sich zusätzliche Restriktionsflächen in Form von Abstandsflächen. Im Falle der Wohngebiete wurde beispielsweise ein generalisierter Abstand von 1.000 m angelegt, wohlwissend, dass die in den einzelnen Bundesländern durch die Regionalplanung zugrunde gelegten Mindestabstände deutlich variieren. Für eine aus Bundessicht zu erarbeitende Potenzialstudie ist es jedoch geboten, einheitliche Mindestabstände anzulegen und nicht die in den Ländern in der Regel als Empfehlungen formulierten Werte zugrunde zu legen.

Die Aufbereitung und Bearbeitung der zeichnerischen Festlegungen von Regionalplänen erfolgte auf der Datengrundlage des ROPLAMO und wurde stets separat durch das BBSR durchgeführt. Dabei erforderte die Kategorisierung besondere Sorgfalt, denn die raumordnerischen Festsetzungen der einzelnen Bundesländer sind überwiegend heterogen. Die Zusammenfassung der länderspezifischen Festsetzungen erfolgte nach thematischen Schwerpunkten, wie bspw. Natur und Landschaft, die ggf. mehrere Festsetzungen beinhalten (vgl. Anhang Teil B 6). Daraus resultieren bezogen auf die einzelnen Bundesländer unterschiedliche Ausprägungen der vorliegenden ROPLAMO-Kategorien.

Bewertung der Flächenkategorien

Grundlage für die anschließende Ableitung von Restriktionsklassen/-graden der Flächenkategorien ist ihre jeweilige Empfindlichkeit gegenüber der potenziellen Windenergienutzung sowie ihre normative Bindung und die damit verbundene Bedeutung bzw. Wertigkeit. Die konkreten Ergebnisse der Bewertung der Flächenkategorien sind in Anhang Teil B 6 dargestellt.

Bewertet wurde zunächst die Empfindlichkeit der durch die Flächenkategorie abgebildeten Nutzungs- und Schutzbelange gegenüber dem spezifischen Wirkprofil von Windenergieanlagen (Flächenversiegelung, Lärmemissionen, Sichtbarkeit und Raumwirkung, etc.). Dabei konnten dem überwiegenden Teil der Flächenkategorien eindeutig spezifische Empfindlichkeiten zugewiesen werden. In einigen Fällen konnten jedoch nur grobe und unsichere Abschätzungen vorgenommen werden.

Eine Vielzahl der ausgewählten Flächenkategorien ist durch naturschutz- und raumordnungsrechtliche sowie planerische Festlegungen definiert. Die daraus resultierenden Ge- und Verbote erlaubten eine Bewertung der normativen Wirkung gegenüber der potenziellen Nutzung. Wobei ein kategorischer Ausschluss der Windenergienutzung die Ausnahme darstellte. Bei der Bewertung von raumordnerischen Festsetzungen wurde, wie in Kapitel 6.4 ausgeführt, die für Festsetzungen von Eignungs- und Vorranggebieten für die Windenergienutzung zum Teil bestehende Ausschlusswirkung nach außen nicht berücksichtigt. Die entsprechenden Flächen wurden jedoch als Gunsträume bewertet.

Ableitung von Restriktionsklasse und Restriktionsgraden

Die Ableitung der Restriktionsgrade und -klassen war mit dem Anspruch verbunden, eine inhaltlich differenzierte Analyse durchführen zu können, die über eine Unterscheidung der Flächen zwischen „Tabu“ und „Eignung“ hinausgeht.

Anhand der gutachterlichen Bewertung der rechtlich determinierten Bedeutung bzw. Wertigkeit der Flächenkategorien wurden, zusammen mit der Einschätzung der Empfindlichkeit, die voraussichtlich mit der Windenergienutzung verbundenen Konfliktrisiken sowie die daraus resultierenden Nutzungsrestriktionen abgeleitet. Diese wurden abschließend als Restriktionsgrade bzw. -klassen festgehalten.

Dabei wurden zuerst Flächenkategorien identifiziert, die aus raumplanerischen und naturschutzfachlichen Gründen nicht für WEA nutzbar sind. Für die verbleibenden Kategorien wurden vor dem Hintergrund der Bewertung der Empfindlichkeit und normativen Bindung (s.o.) entsprechende Restriktionsgrade und -klassen zugeordnet. Dabei wurden nach dem in Kapitel 6.5 beschriebenen Vorgehen zwei methodische Varianten parallel verfolgt, die zum einen den Normgehalt der Flächenkategorien in den Vordergrund stellen (n-Ansatz) und zum anderen stärker die Wirkungen betonen (w-Ansatz).

Die abschließende Festlegung der Restriktionsgrade und -klassen erfolgte in Abstimmung mit dem Auftraggeber und externen Experten und ist im Ergebnis in Anhang Teil B 6 dargestellt. Dabei wurde der als erforderlich zu erachtende diskursive Prozess der Bewertung in Ansätzen erprobt, jedoch nicht in ausgereifter Form angewendet, so dass die im weiteren Prozess der Potenzialberechnung zur Anwendung gekommenen Restriktionsgrade nur als erste Vorschläge zu bewerten sind.

Aggregation der Restriktionsgrade der Flächenkategorien

Die Aggregation der Restriktionsgrade der sich überlagernden Flächenkategorien nach Kapitel 6.6 für die Analyse der Windenergiepotenziale erfolgte GIS-gestützt.

Aufgrund der Datenstruktur (die ATKIS-Daten liegen je Bundesland getrennt vor) und der großen Datenmengen wurde die Analyse zunächst einzeln für jedes Bundesland durchgeführt. In einem anschließenden Schritt wurden die über die Ländergrenzen hinausragenden Informationen der Abstandsflächen in den angrenzenden Bundesländern berücksichtigt. Abschließend wurde das Gesamtpotenzial durch die Addition der Ergebnisse der einzelnen Bundeslandflächen ermittelt.

Im GIS wurden auf Grundlage der identifizierten Flächen mit Restriktions- und Tabukategorien in einem ersten Schritt alle Tabubereiche aus der Flächenkulisse entfernt. Für die verbleibende Fläche erfolgte die Überlagerung der Restriktionskategorien. Im Ergebnis dieses Schrittes zeigt die Flächenkulisse zum einen die restriktionsfreien Gebiete, die aus raum- und umweltplanerischer Sicht keine Hemmnisse gegenüber der Nutzung durch Windenergie aufweisen. Zum anderen liegen Flächen mit sich überlagernden Restriktionen vor, in denen die Windenergienutzung nicht uneingeschränkt erfolgen kann. Diese Flächen unterscheiden sich in zwei Aspekten: erstens hinsichtlich ihrer Restriktionsdichte, also wie viele Einzelrest-

riktionen sich auf der Fläche überlagern und zweitens hinsichtlich der daraus resultierenden Gesamtrestriktion.

Die Ermittlung der Gesamtrestriktion der Flächen folgt den in Kapitel 6.6 entwickelten Modellen. Die Restriktionsklassen des normenfokussierten Ansatzes wurden anhand des Maximalwert-Prinzips aggregiert. Die Ermittlung der Gesamtrestriktionsgrade des wirkungsfokussierten Ansatzes erfolgte anhand der entwickelten Regeln zur Überlagerung von Flächen unterschiedlicher Restriktionsgrade und Hauptkonfliktgruppen.

8.5.2 Flächen- und Energiepotenziale der Windenergie

Im Ergebnis der GIS-gestützten Aggregation der Flächenkategorien wurden die Flächen- und Energiepotenziale für die zwei Analyseansätze ermittelt.

Der n-Ansatz zeigt neben den Tabu- und restriktionsfreien Flächen die Anteile der Flächen mit harten (B) und weichen (C) Restriktionen.

Nach dem w-Ansatz wurde den Restriktionsflächen (Restriktionsgrade 1 „sehr schwache Restriktion“ bis 9 „sehr starke Restriktion“) entsprechend ihrer Gesamtrestriktion ein spezifischer für die Windenergie nutzbarer Flächenanteil zugeordnet. Die Quantifizierung der nutzbaren Anteile der Restriktionsflächen ergibt zusammen mit den restriktionsfreien Flächen das durch Windenergie nutzbare Flächenpotenzial.

Ergebnisse

Das unter den vorliegenden Annahmen und Einschränkungen ermittelte restriktionsfreie Flächenpotenzial für die Windenergienutzung beträgt rund 1,7 % der Bundesfläche. Auf diesen Flächen können Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von rund 125 GW installiert werden.

Wesentliche Teilergebnisse sind:

- Der Anteil der **restriktionsfreien Fläche** (rund 1,7 % der Bundesfläche) ist nach beiden Ansätzen gleich.
Da für beide Analyseansätze der Datenkatalog mit identischen Flächenkategorien genutzt wurde und jede Kategorie eine Restriktion darstellt, verbleibt die gleiche restriktionsfreie Fläche.
- Der Anteil der **Restriktionsfläche** mit eingeschränkter Nutzbarkeit beträgt nach dem n-Ansatz 9,2 % und nach dem w-Ansatz 2,9 % der Bundesfläche.
- Die räumliche Verteilung des Flächenpotenzials in Deutschland ist heterogen; in einigen Bundesländern beträgt der Anteil an **restriktionsfreier Fläche** deutlich weniger als 1,7 % der Landesfläche (z.B. Nordrhein-Westfalen 0,2 %).

Die ermittelten Potenzialflächen werden in Abbildung 11, Abbildung 12 und Abbildung 13 dargestellt. Unterschieden wird dabei nach

- restriktionsfreien Flächen (grün),

- Restriktionsflächen (orangetöne) und
- nicht nutzbaren Tabuflächen (rot oder weiß).

Ergebnisse des n-Ansatzes

Die Ergebnisse weisen 89 % der Bundesfläche als nicht nutzbar aus. Potenziell nutzbar sind somit ca. 11 % der Bundesrepublik. Etwa ein Sechstel dieser Flächen (1,7 % der Gesamtfläche der Bundesrepublik) ist ohne Restriktionen nutzbar. Der größere Teil der Restriktionsflächen ist mit harten Restriktionen belegt, die eine Realisierung von Windenergieanlagen weitgehend ausschließen und häufig nur im Einzelfall zulassen. Ein Anteil von nicht ganz 0,4 % der Fläche Deutschlands ist unter Beachtung weicher Restriktionen potenziell nutzbar (vgl. Tabelle 18).

Tabelle 18 Übersicht der Flächenpotenziale für Windenergie nach dem n-Ansatz

		normativer Ansatz (n-Ansatz)		
		Fläche in ha	%	
Bundesrepublik Deutschland	Gesamtfläche	35.669.731		
	Tabufläche	A	31.780.231	
	restriktionsfreie Fläche	D	623.804	
	Restriktionsfläche	3.265.696		9,2
		Weiche Restriktion C	154.198	0,4
		Harte Restriktion B	3.111.498	8,8
	Potenziell nutzbare Flächen (restriktionsfreie Flächen + Restriktionsflächen)	3.889.500		10,9
Positivplanerische Potenzialflächen der Regionalplanung (Vorrang/Eignung) Stand 2010 (Quelle: Einig et al. 2011)	131.679		0,37*	

*Aufgrund der regionalplanerischen Aktivitäten in den vergangenen 4 Jahren ist damit zu rechnen, dass sich der Umfang der positivplanerischen Flächen inzwischen erhöht hat. Aktuellere Auswertungen liegen gegenwärtig jedoch nicht vor.

Ergebnisse des w-Ansatzes

Über 95 % der Fläche Deutschlands (95,4 %) sind im Ergebnis der Anwendung des wirkungsbetonten Ansatzes als Tabufläche von der Nutzung für Windenergieanlagen ausgeschlossen. Vom verbleibenden Teil stehen die restriktionsfreien Flächen mit 1,7 % uneingeschränkt als Potenzial zur Verfügung. Die mit Restriktionen behafteten Potenzialflächen umfassen rund 2,9 % der Bundesfläche. Aus der Quantifizierung der nutzbaren Anteile dieser Flächen anhand der unterschiedlichen Restriktionsgrade ergeben sich weitere 0,7 % nutzbare Fläche. Insgesamt stehen im Ergebnis damit rund 2,4 % der Bundesfläche für eine Nutzung durch Windenergieanlagen zur Verfügung (vgl. Tabelle 19).

Tabelle 19 Übersicht der Flächenpotentiale für Windenergie nach dem w-Ansatz

		differenzierter Ansatz (w-Ansatz)		
		Fläche in ha	%	
Bundesrepublik Deutschland	Gesamtfläche	35.669.731	100,0	
	Tabufläche	34.013.649	95,4	
	restriktionsfreie Fläche	623.804	1,7	
	Restriktionsfläche		1.032.279	2,9
		3	10.731	0,0
		5	175.175	0,5
		6	90.745	0,3
		7	29.313	0,1
		8	215.096	0,6
		9	511.218	1,4
Potenziell nutzbare Flächen (restriktionsfreie Flächen + nutzbarer Anteil der Restriktionsfläche)	871.122	2,4		

Die kartographischen Darstellungen zeigen eine gleichmäßige Verteilung der Potenzialflächen (vgl. Abbildung 11). Eine erhöhte Dichte der restriktionsfreien Flächen ist in Thüringen und Mecklenburg-Vorpommern zu erkennen. Hier zeigt sich an den Grenzen zu Brandenburg auch eine deutliche Abgrenzung der Potenzialflächen.

Diese Beobachtung ist auf die Ausprägung der Flächenkategorien zurückzuführen. Zum einen sind die Schutzgebietskategorien mit zum Teil deutlich unterschiedlichen Flächenanteilen in den Bundesländern vertreten. Zum anderen unterscheidet sich die Dichte der ROP-LAMO-Festsetzungen deutlich zwischen den Bundesländern.

Vergleich der Ergebnisse der methodischen Varianten

Die Analyseergebnisse des w-Ansatzes und n-Ansatzes weisen zunächst identische restriktionsfreie Potenzialflächen aus. Dies ist maßgeblich dem gemeinsamen Katalog der Tabu- und Restriktionskategorien geschuldet.

In den weiteren Ergebnissen werden markante Unterschiede deutlich. Der Umfang der Tabuflächen ist im w-Ansatz um rund 6 % größer. Maßgeblicher Hintergrund sind hier, neben zum Teil abweichend bewerteten Flächenkategorien, die unterschiedlichen Aggregationsregeln. Im n-Ansatz kommen zu den, von vorneherein als Tabu bewerteten Flächenkategorien, keine weiteren Tabuflächen hinzu. Dagegen führt die Aggregation im w-Ansatz, vor dem Hintergrund der Restriktionsdichte und potenziell kumulierter Wirkungen, zum Ausschluss weiterer Restriktionsflächen.

Der n-Ansatz verfolgt keine Ausweisung der nutzbaren Anteile der mit Restriktionen belegten Flächen. Im w-Ansatz erlaubt die Quantifizierung nutzbarer Anteile der mit Restriktionen belegten Flächen dagegen eine Abschätzung der voraussichtlich realisierbaren Windenergienutzung in diesem Bereich. Der nutzbare Anteil beträgt hier in der Summe 0,7% der Bundesfläche. Einschließlich des restriktionsfreien Flächenanteils von 1,7 % kommt man damit in der Summe auf einen für die Windenergienutzung verfügbaren Anteil von 2,4 % der Bundesfläche.

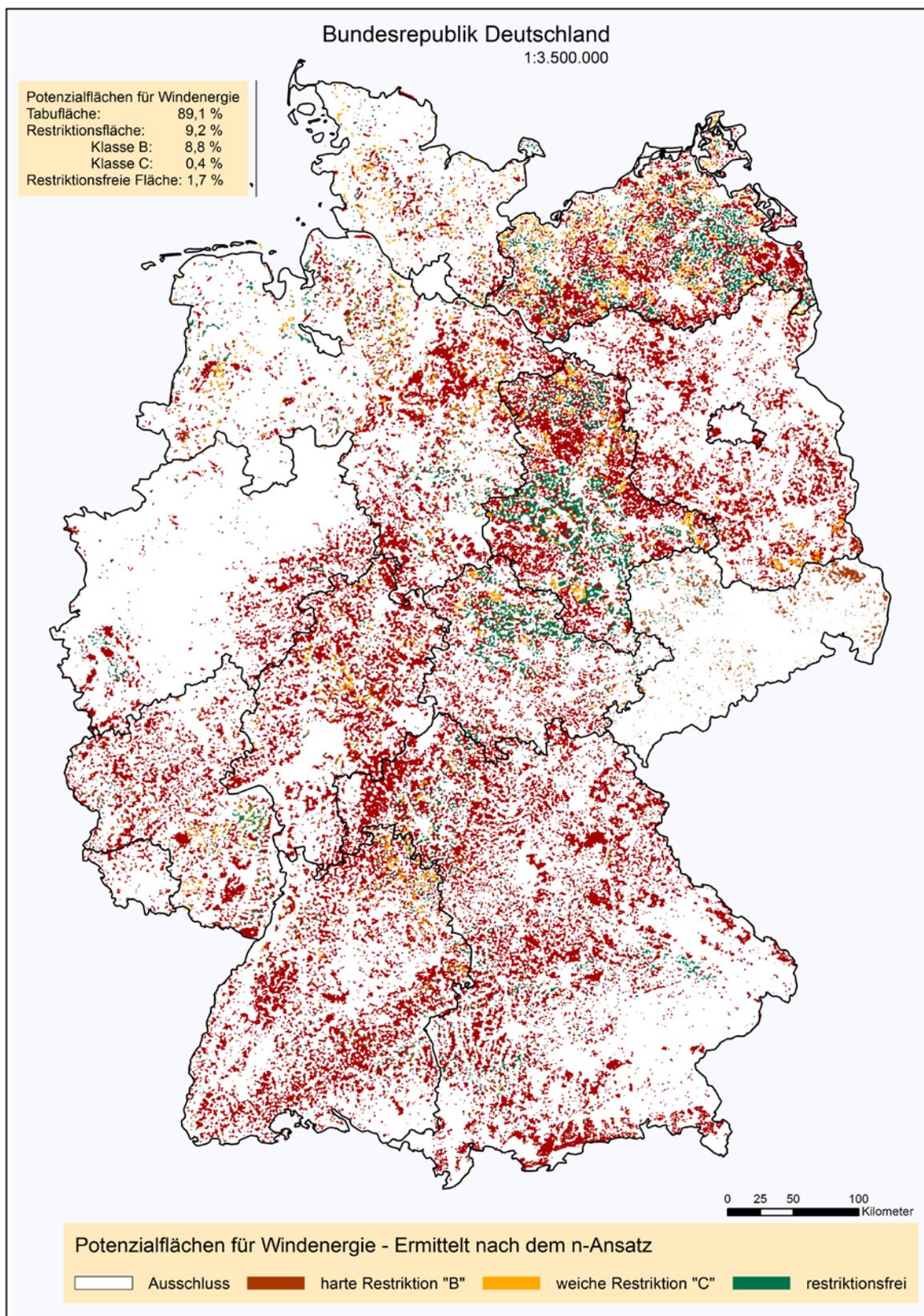


Abbildung 11 n-Ansatz für Flächenpotentiale der Windenergie auf Bundesebene

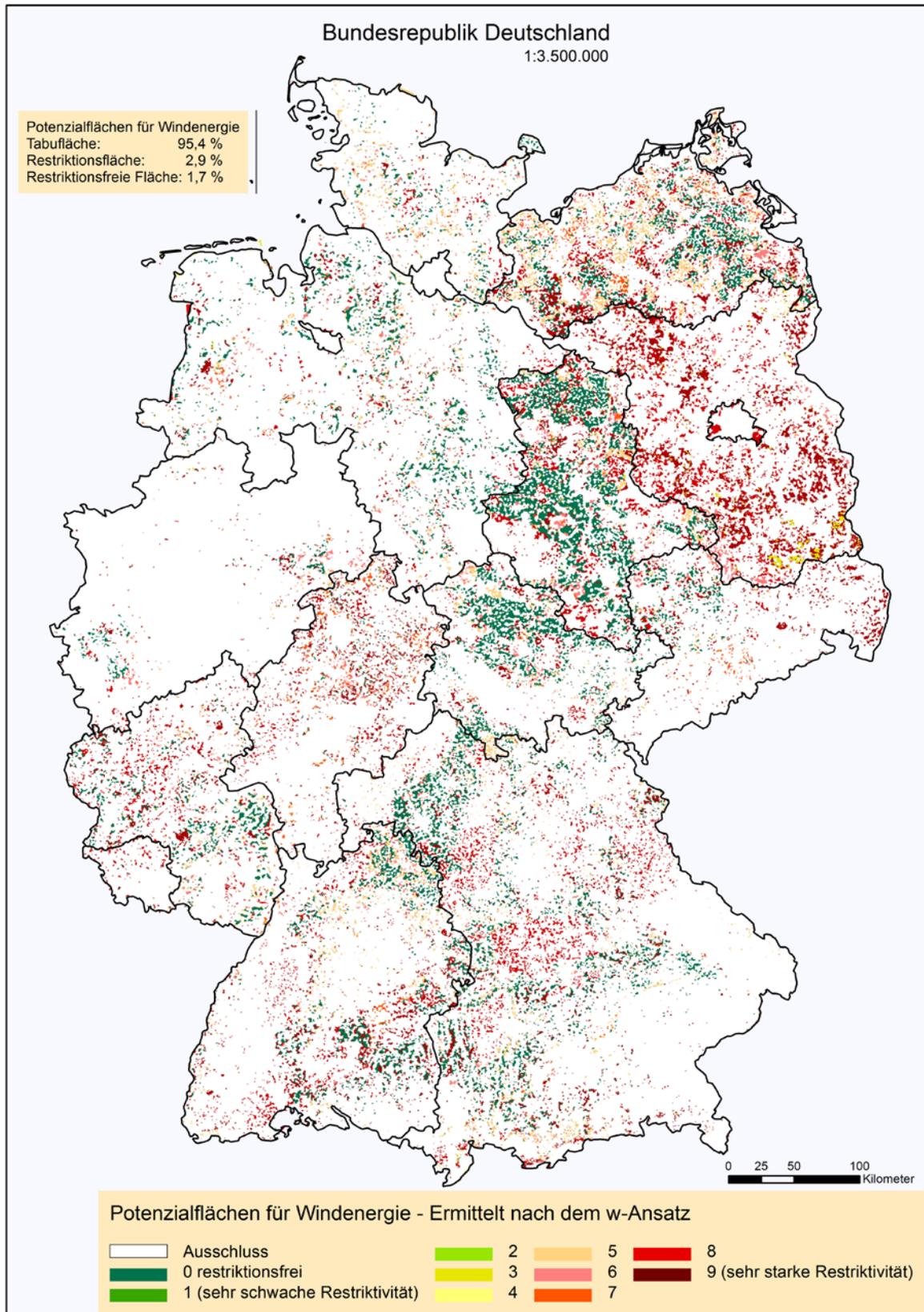


Abbildung 12 w-Ansatz für Flächenpotenziale der Windenergie auf Bundesebene

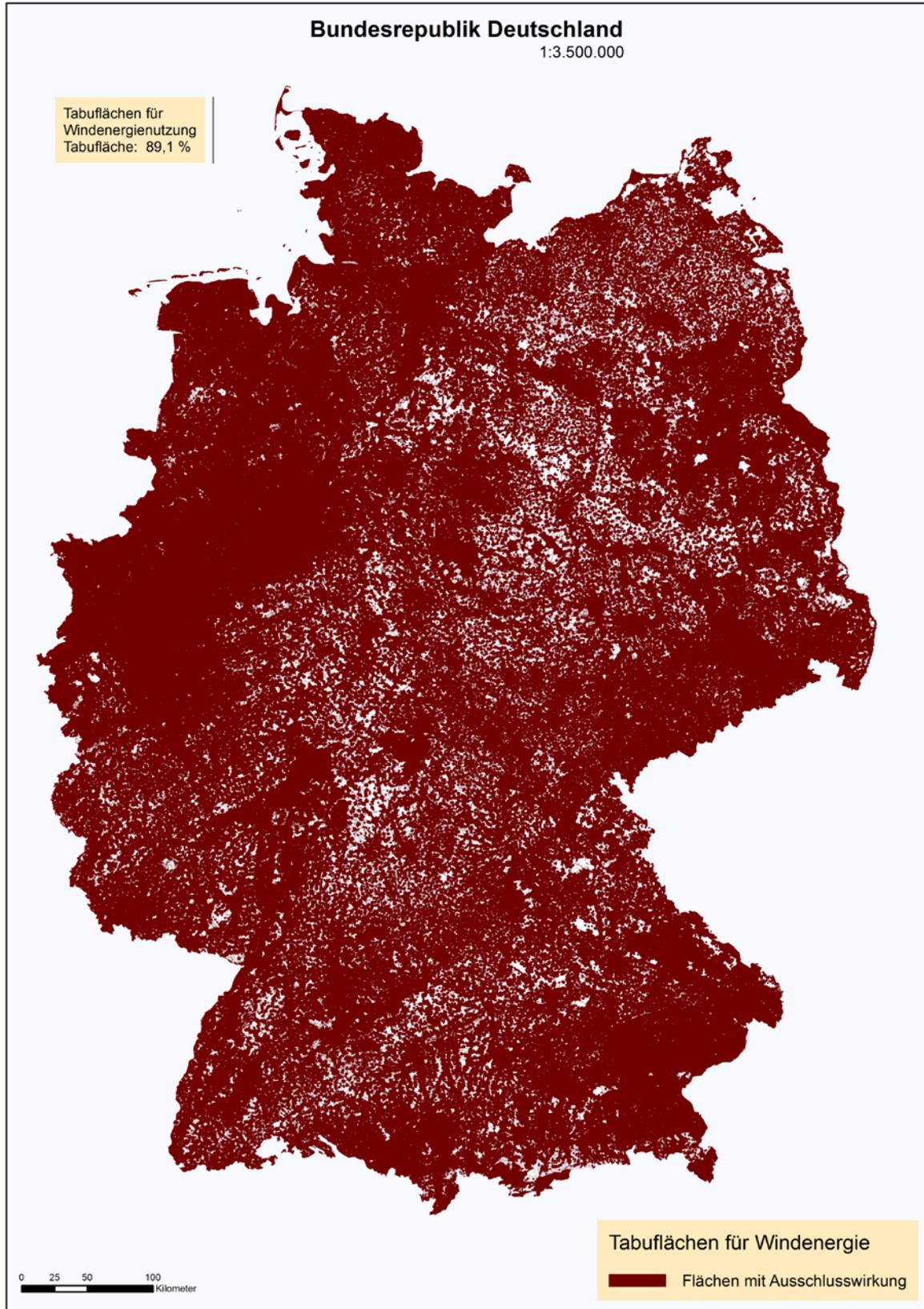


Abbildung 13 Direkte Tabuflächen für die Windenergienutzung auf Bundesebene

8.6 Photovoltaik-Freiflächen

8.6.1 Umsetzung der methodischen Ansätze

Die Ermittlung der Flächenpotenziale für die Nutzung von PV-Freiflächenanlagen erfolgt entsprechend der in Kapitel 6 erarbeiteten Methodik. Im Vergleich zur Vorgehensweise bei der Analyse der Windenergiepotenziale wurde ausschließlich der n-Ansatz verfolgt.

Zur Abbildung der im Raum repräsentierten Belange, wurde auf die gleichen Flächenkategorien zurückgegriffen wie im Zusammenhang mit der Potenzialermittlung für die Windenergienutzung. Ihre Bewertung hinsichtlich der Bedeutung bzw. Wertigkeit sowie Empfindlichkeit wurde jedoch auf die PV-Freiflächennutzung zugeschnitten. Darauffolgend wurden die Restriktionsklassen abgeleitet. Abschließend erfolgten die Bewertung der Nutzungsrestriktionen der Flächen und die Ermittlung der PV-Freiflächenpotenziale.

Bewertung der Flächenkategorien

Grundlage für die anschließende Ableitung von Restriktionsklassen/-graden der Flächenkategorien ist ihre normative Bedeutung bzw. Wertigkeit. Die konkreten Ergebnisse der Bewertung der Flächenkategorien sind in Anhang Teil B 6 dargestellt.

Bewertet wurde die normative Kraft der Flächenkategorien gegenüber der potenziellen Nutzung durch PV-Freiflächenanlagen. Eine Vielzahl der ausgewählten Flächenkategorien ist durch naturschutz- und raumordnungsrechtliche sowie planerische Festlegungen definiert. Wobei ein kategorischer Ausschluss der PV-Freiflächennutzung die Ausnahme war.

Ableitung von Restriktionsklassen und Restriktionsgraden

Auf der Grundlage der gutachterlichen Bewertung der rechtlich determinierten Bedeutung bzw. Wertigkeit der Flächenkategorien wurden die voraussichtlich mit der PV-Nutzung auf Freiflächen verbundenen Konfliktrisiken sowie die daraus resultierenden Nutzungsrestriktionen abgeleitet. Diese wurden abschließend als Restriktionsklassen festgehalten.

Dabei wurden zuerst Flächenkategorien identifiziert, die aus raumplanerischen und naturschutzfachlichen Gründen nicht für WEA nutzbar sind. Für die verbleibenden Kategorien wurden vor dem Hintergrund der Bewertung (s.o.) entsprechende Restriktionsklassen nach dem in Kapitel 6.5 beschriebenen normativen (n-Ansatz) Bewertungsansatz vergeben.

Die abschließende Festlegung der Restriktionsklassen erfolgte in Abstimmung mit dem Auftraggeber und ist im Anhang Teil B 6 dargestellt.

Aggregation der Restriktionsflächen

Die Aggregation der Restriktionsflächen erfolgte für die Analyse der PV-Freiflächenpotenziale GIS-gestützt. Das Vorgehen entspricht der Analyseschritte des n-Ansatzes für die Windenergie wie in Kapitel 8.5.1 erläutert.

8.6.2 Flächen- und Energiepotenziale der PV-Freiflächen

Als Ergebnis der GIS-gestützten Aggregation der hinsichtlich ihrer Nutzungsrestriktionen gegenüber PV-Freiflächen bewerteten Flächenkategorien wurden die Flächenpotenziale für PV-Freiflächenanlagen ermittelt

Ergebnisse

Das unter den vorliegenden Annahmen und Einschränkungen ermittelte Potenzial für die Nutzung von PV-Freiflächenanlagen beträgt ca. 316.400 ha restriktionsfreie Fläche, rund 0,9 % der Landesfläche der Bundesrepublik.

Als wesentliche Teilergebnisse kann festgehalten werden:

- der Anteil der **restriktionsfreien Fläche** beträgt rund 0,9 % der Bundesfläche.
- der Anteil der **Flächen mit eingeschränkter Nutzbarkeit** beträgt rund die Hälfte der Bundesfläche (45,7 %).
- Bei alleiniger Nutzung der restriktionsfreien Fläche ergeben sich – unter den Annahmen eines Flächenbedarfs von 2,2 ha/MW installierter Leistung – über 143 GW installierbare Leistung.

Die ermittelten Potenzialflächen werden in Abbildung 14 und Abbildung 15 dargestellt, unterschieden wird dabei nach

- restriktionsfreien Flächen (grün),
- Restriktionsflächen (orangetöne) und
- nicht nutzbaren Tabuflächen (rot oder weiß).

Im Ergebnis sind etwas mehr als die Hälfte der Bundesrepublik, rund 53,4 % der Bundesfläche, per se nicht für die Nutzung durch PV-Freiflächenanlagen verfügbar. Dagegen stehen etwa 0,9 % restriktionsfreier Fläche. Auf der übrigen Fläche (45,7 %) schränken unterschiedlich starke Restriktionen die bauliche Realisierung von PV-Freiflächenanlagen ein (vgl. Tabelle 20).

Der wesentliche Teil (rund 31,2 % der Bundesfläche) ist mit harten Restriktionen belegt, die eine Realisierung von PV-Freiflächenanlagen weitgehend ausschließen bzw. häufig nur im Ausnahmefall zulassen. Ein Anteil von nicht ganz 15 % der Fläche Deutschlands ist unter Beachtung weicher Restriktionen potenziell nutzbar.

Die kartographische Darstellung der Potenzialflächen (Abbildung 15) zeigt für die Restriktionsflächen eine homogene Verteilung innerhalb der Bundesrepublik, während die restriktionsfreien Flächen in zwei Gebieten konzentriert vorliegen. Diese Konzentration im nordwesten Sachsens und in Nordrhein-Westfalen ist in erster Linie auf die Qualität der Datengrundlagen zurückzuführen. Diese werden ganz wesentlich bestimmt durch die Zahl und Differenzierung der von der Regionalplanung genutzten Festsetzungskategorien. Diese unterscheiden sich zwischen den Bundesländern zum Teil erheblich. In Sachsen wurden, im Gegensatz zu den anderen Bundesländern, beispielsweise auch Vorrangflächen für die Solarener-

gienutzung ausgewiesen. Dadurch ist der Raum in den Bundesländern unterschiedlich dicht mit regionalplanerischen Festsetzungen belegt. Aufgrund dieser Voraussetzungen können länderspezifische Unterschiede in den Ergebnissen auftreten.

Tabelle 20 Übersicht der Flächenpotenziale für PV-Freifläche nach dem n-Ansatz

		normativer Ansatz (n-Ansatz)	
		Fläche in ha	%
Bundesrepublik Deutschland	Gesamtfläche	35.669.731 100,0	
	Tabufläche	A	19.049.462 53,4
	restriktionsfreie Fläche	D	316.366 0,9
	Restriktionsfläche	16.333.104 45,7	
		Weiche Restriktion C	5.182.461 14,5
		Harte Restriktion B	11.150.644 31,2
	Potenziell nutzbare Flächen (restriktionsfreie Flächen + Restriktionsflächen)	16.649.470 46,6	

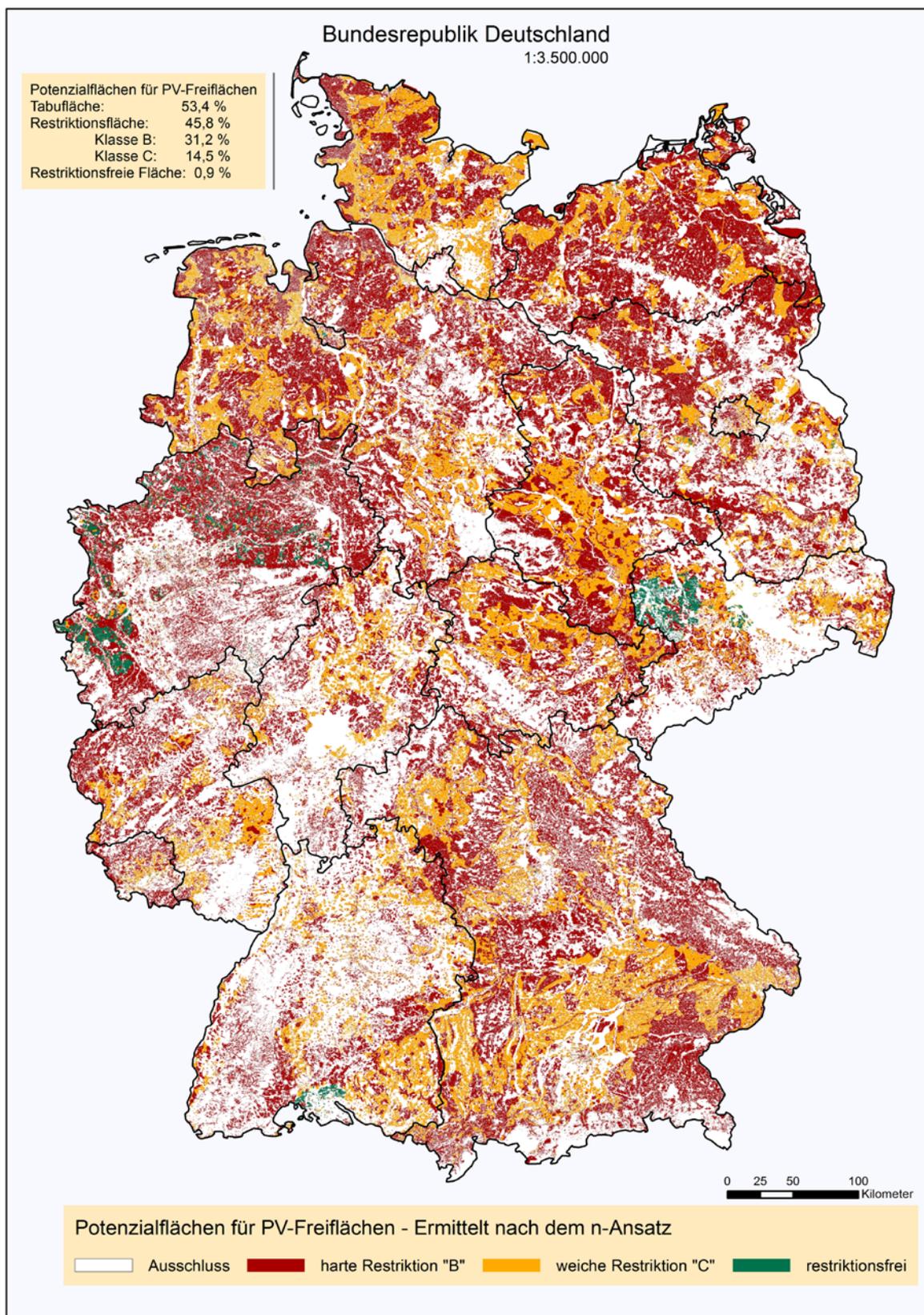


Abbildung 14 n-Ansatz für Flächenpotentiale für PV-Freifläche auf Bundesebene

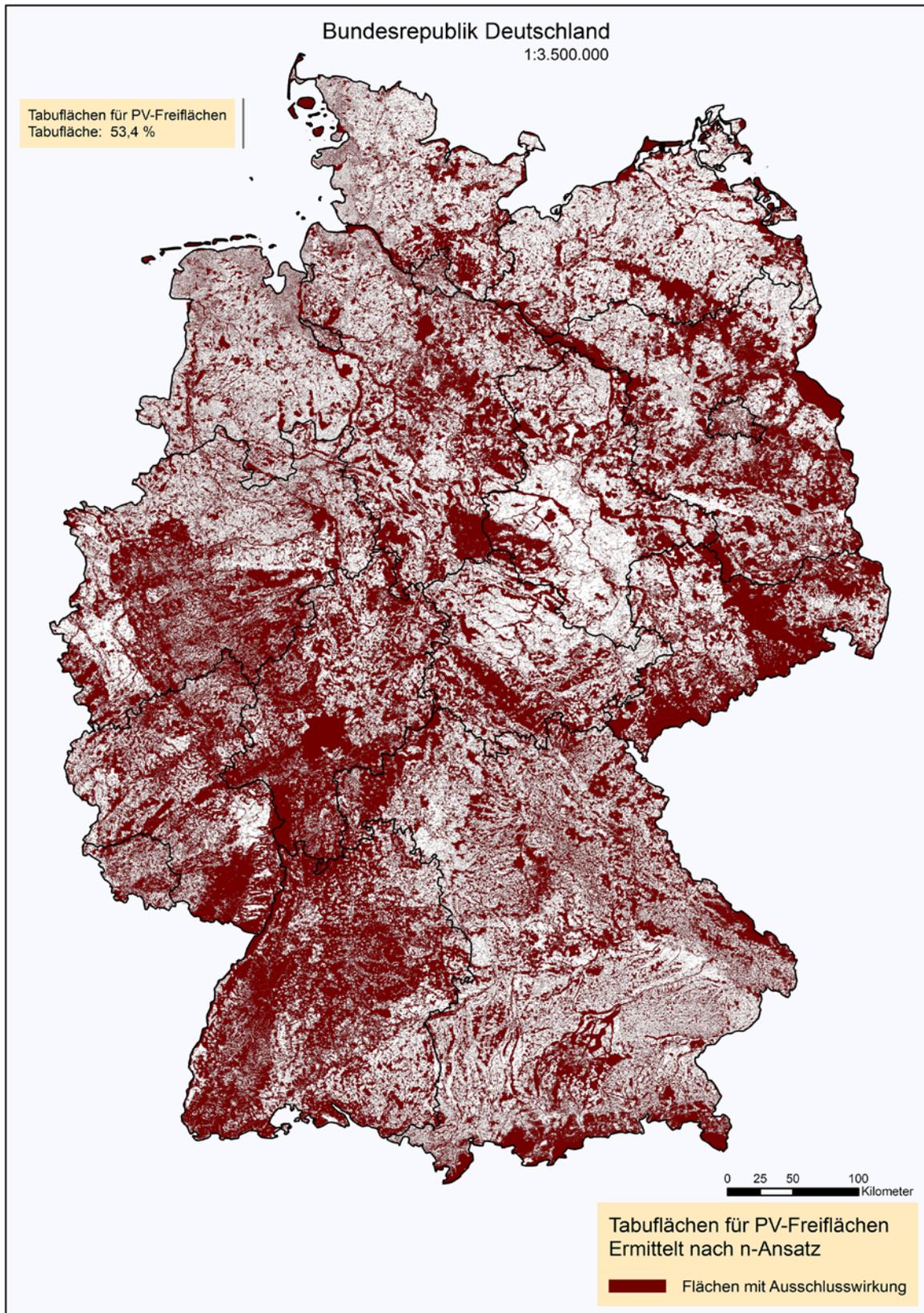


Abbildung 15 Tabuflächen für PV-Freiflächenanlagen auf Bundesebene

8.7 Biomasseanbau

Die Entwicklung der Bioenergie geht mit einem deutlich ausgeweiteten Biomasseanbau zur energetischen Nutzung einher. Von etwa 0,8 Mio. ha landwirtschaftlicher Nutzfläche in 2003 stieg der Umfang bis 2012 auf über 2,4 Mio. ha. Dies ist maßgeblich auf die politischen Anreize für Energie aus biogenen Einsatzstoffen zurückzuführen.

Dieser Flächenumfang entspricht rund 19 % der in Deutschland genutzten Ackerfläche (rund 15 % der gesamten landwirtschaftlichen Fläche). Vor allem werden Ölpflanzen (Raps) und Stärkepflanzen (Kartoffeln, Mais, Getreide, Gras) angebaut. Den größten Zuwachs zwischen 2011 und 2012 verzeichnete die Produktion von Energiepflanzen für Biogasanlagen, die von 0,65 Mio. ha auf 0,9 Mio. ha zunahm. Nach der Mehrzahl der vom BMU [2009] untersuchten Studien steht in Deutschland 2020 eine Ackerfläche zwischen 2,5 und 4 Mio. ha für die energetische und stoffliche Nutzung zur Verfügung [BMU 2009].

8.7.1 Umsetzung der methodischen Ansätze

Der Analyse der raumwirksamen Bioenergiepotenziale ist auf die landwirtschaftliche Nutzfläche fokussiert. Ausgehend von der Maßgabe, dass die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln Vorrang gegenüber dem Biomasseanbau zur Stromerzeugung hat, erfolgte die Ermittlung der Bioenergiepotenziale aus Anbaubiomasse auf der Grundlage der in Kapitel 7 definierten Annahmen.

Zuerst wurde der maximale Anteil an landwirtschaftlicher Fläche, der für Bioenergie genutzt werden soll, definiert. Unter Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Entwicklung und aktuellen Diskussion wurde durch die Forschungsnehmer ein Anteil von maximal 25 % der landwirtschaftlichen Fläche festgesetzt. Dabei ist davon auszugehen, dass die intensive landwirtschaftliche Nutzung innerhalb dieses Rahmens ohne erhebliche Beeinträchtigungen empfindlicher Gebiete erfolgen kann.

Für die Analyse der Potenziale zur Stromerzeugung wurde in einem zweiten Schritt abgeschätzt, welcher Anteil der gesetzten Fläche den unterschiedlichen Verwertungspfaden im Bereich Bioenergie (Mobilität, Wärme, Strom) zur Verfügung steht. Es wurde angenommen, dass zumindest ein Drittel der auf dem maximal bereitstehenden Anteil der Fläche produzierten Biomasse für die Stromerzeugung verfügbar ist.

8.7.2 Flächen- und Energiepotenziale der Bioenergie

Im Ergebnis können rund 1.856.000 ha, dies entspricht ca. 11 % der landwirtschaftlichen Fläche Deutschlands, für den Anbau von Biomasse zur Stromerzeugung genutzt werden (vgl. Tabelle 21). Unter Annahme durchschnittlicher Ertragspotenziale pro Hektar, ergibt sich eine potenzielle Gesamtleistung von rund 3.700 MW und einer möglichen Erzeugung von etwa 27.840 GWh pro Jahr.

Tabelle 21: Übersicht der Flächenpotenziale der Biomassebereitstellung zur Stromerzeugung und Potenziale der installierbaren Leistung sowie der Stromerzeugung.

Bundesland	Landwirtschaftliche Fläche (LF) in ha	Flächenpotenzial (1/3 LF) für Biomasseanbau zur energetischen Nutzung		Potenzial zur Stromerzeugung	
		(2/3) Wärme und Kraftstoff in ha	(1/3) Strom in ha	Installierte elektrische Leistung in MW	Stromerzeugung in GWh/a
Baden-Württemberg	1.409.988	313.331	156.665	313	2.350
Bayern	3.136.843	697.076	348.538	697	5.228
Berlin	2182	485	242	0	4
Brandenburg	1.323.691	294.154	147.077	294	2.206
Bremen	8.252	1.834	917	2	14
Hamburg	14.334	3.185	1.593	3	24
Hessen	766.437	170.319	85.160	170	1.277
Mecklenburg-Vorpommern	1.350.882	300.196	150.098	300	2.251
Niedersachsen	2.577.017	572.670	286.335	573	4.295
Nordrhein-Westfalen	1.463.087	325.130	162.565	325	2.438
Rheinland-Pfalz	705.223	156.716	78.358	157	1.175
Saarland	77.881	17.307	8.653	17	130
Sachsen	912.742	202.832	101.416	203	1.521
Sachsen-Anhalt	1.173.085	260.686	130.343	261	1.955
Schleswig-Holstein	995.637	221.253	110.626	221	1.659
Thüringen	786.762	174.836	87.418	175	1.311
Deutschland	16.704.044 ha	3.712.010 ha	1.856.005 ha	3.712 MW	27.840 GWh/a

Die zukünftige Entwicklung hängt stark von der Entwicklung der Viehbestände sowie der weiteren Flächennutzung ab.

Zwar ist die Landwirtschaft die vorwiegende Nutzungsart der Gesamtfläche Deutschlands, ihr Flächenanteil nimmt jedoch kontinuierlich ab. Hauptgrund ist die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche. Die abnehmende Gesamtfläche durch täglichen Zuwachs der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland entspricht rund 81 ha. Ein wesentlicher Teil betrifft dabei die landwirtschaftlich genutzte Fläche. Die gesamte landwirtschaftliche Fläche sank von 2000 bis 2009 um 1,1 Prozentpunkte von 53,5 % auf 52,4 % der Bundesfläche [Stat.BA 2011].

8.8 Umgang mit Flächenkonkurrenzen zwischen flächenrelevanten EE-Sparten

Die Potenzialflächen für die flächenrelevanten EE-Sparten überlagern sich in einigen Fällen, so dass Nutzungskonkurrenzen zwischen den einzelnen Sparten bestehen können. In diesen Fällen ist darauf zu achten, dass die Flächenpotenziale dann nur für eine Nutzungsoption zur Verfügung stehen.

Grundlegend gilt, dass sich die Wind- und PV-Freiflächennutzung an selben Standorte gegenseitig ausschließen. Die PV-Freiflächennutzung ist auch mit der Biomassebereitstellung nicht vereinbar. Dagegen ist eine kombinierte Nutzung von Windenergie und Biomasseanbau möglich.

Es ist absehbar, dass potenzielle Nutzungskonflikte zwischen Windenergie und PV-Freiflächen ausschließlich auf landwirtschaftlicher Nutzfläche oder anderen Offenlandflächen auftreten können. Die weiteren wesentlichen Flächentypen die für PV-Freiflächenanlagen in Frage kommen, sind für die Windenergie ausgeschlossen. Die Überlagerung der nach dem n-Ansatz ermittelten Potenzialflächen für die Windenergie- und die PV-Freiflächennutzung zeigt allerdings, dass:

- die restriktionsfreien Flächen für PV-Freiflächenanlagen überwiegend (96 % der Potenzialflächen) auch Potenzialflächen für die Windenergienutzung darstellen,
- die restriktionsfreien Flächen für Windenergieanlagen nur zum geringen Anteil (3 % der Potenzialflächen) auch Potenzialflächen für die PV-Freiflächennutzung darstellen.

Ausgehend von der Prämisse, dass die Ausbauziele im Bereich Photovoltaik maßgeblich über die Dachflächenpotentiale realisiert werden sollen, verbliebe lediglich ein geringer bis gar kein Bedarf Freiflächen für PV-Anlagen zu nutzen. Daher würde im Falle einer möglichen Flächenkonkurrenz gelten, dass PV-Freiflächenanlagen nur dann vorzuziehen wären, wenn die Flächennutzung aufgrund standörtlicher Eigenschaften (Windverhältnisse und Globalstrahlung) gegenüber der Windenergie deutlich vorteilhafter ist.

8.9 Diskussion der Datengrundlagen

Der Datenbedarf richtet sich nach dem Anspruch und Ziel der Analyse, so dass je nach Fragestellung Unterschiede bestehen. Die Bedarfe im Kontext der Ermittlung von EE-Potenzialen sind zunächst hinsichtlich des zu erreichenden Detailgrads (theoretisches, mobilisierbares Potenzial) verschieden. Gleichmaßen führt auch die Setzung von thematischen Schwerpunkten (z.B. technisches, ökonomisches oder raum- und umweltverträgliches Potenzial) zu differenzierten Ansprüchen an die Daten. Beispielsweise sind für die Bestimmung des technischen Potenzials von PV-Freiflächenanlagen sowie Windenergie die Berücksichtigung der Hangneigung und damit ein digitales Geländemodell (DGM) mit entsprechenden Informationen wichtig. Diese Daten standen allerdings für diese Studie nicht zur Verfügung. Für die Ausweisung von Potenzialen ist ein DGM nicht zwingend erforderlich.

Die Untersuchung der Flächenpotentiale erfolgte unter Verwendung verschiedener, in Kapitel 6.2 dargestellter und im Anhang Teil B 6 dokumentierter, Daten. Sie besitzen wesentlichen Einfluss auf die Analysequalität. Dabei sind die Daten häufig nicht für Fragestellungen im Bereich des Ausbaus erneuerbarer Energien auf Bundesebene erarbeitet worden. Aus diesem Grund ist die Qualität, im Sinne der Passgenauigkeit, für die durchgeführten Potenzialanalysen nur beschränkt geeignet. So sind beispielsweise aus naturschutzfachlicher Sicht konfliktreiche Flächen weder über Schutzgebietsinformationen noch über andere Nutzungskategorien direkt erfasst.

Dabei besteht aus Sicht der Gutachter aktueller und perspektivischer Bedarf zur Verbesserung der Datenlage. Die gegenwärtigen räumlich strukturellen Entwicklungen, insbesondere im Kontext der Energiewende, mit tiefgreifenden Auswirkungen auf den Raum und die Landschaft können häufig nur eingeschränkt planerisch begleitet werden. Dies bezieht sich zum einen auf den Detailgrad vorhandener Datensätze und zum anderen auf mögliche Raum- und Umweltinformationen die bisher nicht verfügbar sind. Das bedeutet, dass ein Bedarf an

naturschutzfachlichen Aussagen zu spezifischen Empfindlichkeiten von Natur und Landschaft gegenüber den unterschiedlichen Nutzungstypen der EE-Sparten besteht.

8.9.1 Gegenüberstellung von Informationsbedarf und Datenverfügbarkeit

Für die Bestimmung der Flächenpotenziale erneuerbarer Energien auf Bundesebene besteht ein, von der jeweiligen EE-Sparte abhängiger Wissensbedarf. Zu diesem zählen Informationen über die aktuelle und geplante Raumnutzung, naturschutzfachliche Empfindlichkeit und raumordnerische Bedeutung gegenüber der spezifischen EE-Nutzung.

Der Wissensbedarf umfasst Aussagen zur naturschutzfachlichen sowie raumordnerischen Eignung der Flächen für die jeweiligen EE-Sparten (vgl. *Tabelle 22*). Die verfügbaren Datengrundlagen beinhalten jedoch überwiegend allgemeine Informationen, die keinen direkten Bezug zu den relevanten Flächeneignungen für die EE-Nutzung aufweisen. Die Frage, ob eine bestimmte Form erneuerbarer Energie auf einer bestimmten Fläche realisierbar ist oder nicht, war bei deren Erhebung und Erstellung häufig nicht Bestandteil. Daraus folgt, dass die jeweilige Information zur Flächennutzung, -empfindlichkeit sowie -bedeutung regelmäßig hergeleitet und interpretiert werden muss. Dazu bietet die gegenwärtige Datenverfügbarkeit eine solide Grundlage.

Tabelle 22: Überblick zum Wissensbedarf und der Datenverfügbarkeit auf Bundesebene

Wissensbedarf	Datenverfügbarkeit		
	ATKIS	ROPLAMO	Geschützte Gebiete
Rechtliche Vorgabe zur EE-Nutzung	-	(+)	(+)
Konkreter Konflikt mit der aktuellen oder geplanten Raumordnung	-	(+)	-
Andere normative Bedeutung mit Relevanz für die EE-Nutzung	-	+	+
Konkurrierende Flächennutzungen mit Ausschlusswirkung gegenüber einer Nutzung durch erneuerbare Energien	(+)	(+)	(+)
Konkreter Konflikt mit dem Naturschutz	o	-	(+)
Potenzieller Naturschutzkonflikt	o	o	+

+ Informationen verfügbar

(+) Informationen für einzelne EE-Sparten verfügbar

o Informationen können als Indikatoren genutzt werden

- Informationen nicht verfügbar

Flächendeckende Datengrundlagen mit Angaben über die konkrete Naturverträglichkeit der Nutzung von Flächen durch EE liegen nicht vor. Konkrete Konflikte mit dem Naturschutz werden nur von einzelnen Datengrundlagen abgebildet. Um entsprechende Aussagen treffen zu können, ist die Ableitung anhand der Flächennutzung sowie der spezifischen Empfindlichkeit im Hinblick auf das jeweilige Wirkprofil der EE-Anlage notwendig. Grundsätzlich ist es somit auf der verfügbaren Datengrundlage allenfalls möglich, potenzielle Konflikte mit dem Naturschutz abzuleiten.

Ein ähnliches Vorgehen ist hinsichtlich der normativen Bedeutung der Flächen erforderlich. Denn grundlegende Verbote bestehen nur hinsichtlich weniger Konstellationen. Häufig besteht die Möglichkeit Ausnahmeverfahren zu nutzen.

Der größere Teil der verfügbaren Daten erfüllt letztlich nur die Funktion eines Indikators zur Abbildung von potenziellen Konflikten im Raum. Blickt man auf die in Kapitel 6.2 und Anhang Teil B 6 dargestellten Flächenkategorien, so dienen diese Indikatoren jedoch sehr gut zur Abschätzung, des verfügbaren Potenzials. Zum Teil besteht Wissensbedarf zu Detailfragen zu denen jedoch aktuell keine Daten verfügbar sind. Dies betrifft insbesondere die für PV-Freiflächen relevanten Informationen über Konversionsflächen aus wirtschaftlicher oder militärischer Nutzung, welche in den aktuellen Daten zur Flächennutzung nicht enthalten sind.

Insgesamt ist festzustellen, dass die verfügbaren Daten zusammengenommen einen Großteil des Wissensbedarfs zur Durchführung der entwickelten Analyse der Potenziale Wissensbedarf abdecken und damit als **ausreichend zu bewerten** sind.

8.9.2 Qualität verwendeter Daten

Eine Beurteilung der Datenqualität ist im Kontext der Analyseebene, hier die Bundesebene, durchzuführen. Ausschlaggebende Kriterien sind die inhaltliche sowie GIS-technische Vollständigkeit der Informationen, die Aktualität der Daten und der technische Standard. Die zur Analyse verwendeten Daten weisen eine unterschiedliche Qualität auf (vgl. *Tabelle 23*).

Tabelle 23: Überblick zu den Qualitäten verwendeter Datengrundlagen

Qualität der verwendeten Daten	Datengrundlagen		
	ATKIS	ROPLAMO	Geschützte Gebiete
Aktualität	-	+	+
Inhaltliche Vollständigkeit	-	+	-
räumliche Vollständigkeit (GIS)	+	+	o
GIS-technischer Standard	+	+	+

Die ATKIS-Daten weisen einen hohen technischen Standard auf. Die Aktualität ist aufgrund der Umstellung des Datenmodells nicht flächendeckend gegeben. Es ist jedoch davon auszugehen, dass nach der Umstellung ein hoch aktueller Datensatz vorliegt. Zum Teil weisen die Daten inhaltliche Lücken auf. So sind einzelne Informationen nicht für alle Datensätze vorhanden. Es fehlen Detailinformationen zu verschiedenen Nutzungskategorien der ATKIS-Daten, beispielsweise zur Ausprägung von Siedlungen, und der Schutzgebiete, beispielsweise die Zonierung der Naturparke. Die räumliche Vollständigkeit sowie der GIS-technische Standard, also das Vorhandensein aller darzustellenden Objekte kann nicht überprüft werden und wurde als gegeben erachtet.

Die Daten des ROPLAMO weisen eine hohe Aktualität auf. Die Datenbank wird kontinuierlich aktualisiert. Sowohl die Liste der Raumordnungspläne als auch das Planzeichenverzeichnis (Legendenhandbuch) werden nach Bekanntwerden einer Planänderung oder eines In- oder Außerkräftretens eines Plans kurzfristig ergänzt. Die genutzten Geodaten sind Vektordaten, welche von den jeweils zuständigen Trägern der Raumordnung dem BBSR zur Verfügung gestellt wurden. In Fällen alter Planwerke, für die keine Vektordaten bereitgestellt werden konnten, erfolgte eine Digitalisierung auf der Grundlage der gedruckten Raumordnungspläne. Die Integration der Geodaten von zeichnerischen Festlegungen neuer Pläne bzw. Planänderungen wird in der Regel innerhalb eines halben Jahres realisiert. Für den in der

Untersuchung gewählten Stichtag sind sämtliche verbindlichen zeichnerischen Festlegungen im Legendenhandbuch erfasst und die relevanten Geodaten für diese Festlegungen liegen vollständig vor.

Die vom BfN zur Verfügung gestellten Datengrundlagen zu geschützten Gebieten weisen eine hohe Aktualität auf. Sie umfassen jedoch ausschließlich die grundlegenden Informationen zu der Kennzeichnung der Schutzgebietskategorie. Nicht enthalten sind zum Teil räumliche Abgrenzungen von unterschiedlichen Schutzzonen oder auch weiterführende Informationen zu Schutzzwecken und naturschutzfachlichen Besonderheiten. Die Daten besitzen einen hohen technischen Standard und weisen eine räumliche Vollständigkeit auf.

8.10 Diskussion der Ergebnisse

8.10.1 Zuverlässigkeit der Ergebnisse

Bei der Bewertung vorliegender Ergebnisse müssen einige wesentliche Aspekte besonders berücksichtigt werden. Aufgrund der niemals vollständig auszuräumenden Unsicherheiten der zugrunde gelegten Annahmen, müssen die absoluten Werte für die ermittelten Flächenpotenziale mit sachnotwendigen Unschärfen verbunden sein. Darüber hinaus sind zudem Unsicherheiten bei der Berechnung der Leistungs- und Erzeugungspotenzialen zugrundeliegenden Annahmen zu beachten. Diese Unsicherheiten sind aufgrund der technischen Spezifika und der heterogenen Datenlage ja nach EE-Sparte unterschiedlich.

Aus diesem Grund ist es wichtig, die der Potenzialerhebung zugrundeliegenden Bedingungen und Annahmen intensiv zu diskutieren und sich nicht allein auf das Ergebnis zu konzentrieren.

Die hier ermittelten Ergebnisse bilden die unter weitgehender Berücksichtigung von Raum- und Umweltbelangen ermittelten Flächen- und Energiepotenziale für den Ausbau der erneuerbaren Energien ab. Dabei werden sowohl die aus energietechnischer und energiewirtschaftlicher Sicht als auch die aus raumordnerischer und umweltplanerischer Perspektive definierten Annahmen und Bedingungen offengelegt. Verbunden mit der transparenten Methode werden die Ergebnisse daher bis ins Detail **nachvollziehbar**. Gleichzeitig erreichen sie im Vergleich zu anderen bundesweit angelegten Potenzialstudien eine sehr hohe **inhaltliche und räumliche Differenzierung**.

Im Ergebnis wird deutlich, dass bereits das Potenzial der **flächenneutralen** Formen der Nutzung erneuerbarer Energien sehr groß ist, ohne dass dadurch Konkurrenzen zu anderen Flächennutzungen entstehen. In den Analysen wurden neben wenigen naturschutzfachlichen und raumplanerischen Einflussgrößen überwiegend auch die technischen sowie die ökonomischen Kriterien berücksichtigt.

Die ermittelten **PV-Dachflächenpotenziale** sind insgesamt sehr hoch. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass es sich um eine auf statistischen Daten beruhende Schätzung nutzbarer Dachflächen handelt und die Flächen nicht konkret ermittelt wurden. Wesentlich bestimmt wird das verfügbare Dachflächenpotenzial zunächst durch technische Aspekte, welche die Nutzbarkeit von Dachflächen bestimmen. Neben den technischen Bedingungen hängt die Reali-

sierbarkeit ganz wesentlich von wirtschaftlichen Bedingungen und der damit verbundenen Investitionsbereitschaft ab. Selbst wenn jedoch nur zwei Drittel der Besitzer aller geeigneten Dächer die Solarenergie nutzen, würde das realisierbare Erzeugungspotenzial für die Bundesrepublik unter den in Kapitel 4.4 dargelegten Bedingungen ausreichen, um den weitest gehenden Ausbaupfad zu realisieren, der bis 2032 65 GW aus PV-Anlagen vorsieht (vgl. Kap. 3, Tabelle 1). Es müssen zur Erreichung der Ausbauziele für PV-Strom also keine zusätzlichen Freiflächen in Anspruch genommen werden, wenn es gelingt die technisch geeigneten Dachflächen mehrheitlich zu erschließen.

Für das voraussichtlich realisierbare Erzeugungspotenzial der **Wasserkraft** ist festzustellen, dass die Ausbauziele erreicht werden können. Für Deutschland wurde durch Auswertung vorliegender Studien ein voraussichtlich realisierbares Leistungspotenzial von 1.123 MW ermittelt. Zu berücksichtigen ist, dass die Genehmigungsfähigkeit sowohl des Umbaus bestehender Anlagen als auch der Errichtung neuer Anlagen mit vielfältigen wasser- und naturschutzrechtlichen Bedingungen verknüpft ist, die aufgrund der Maßstabebene bei der Potenzialanalyse keine Berücksichtigung finden können, so dass das Ergebnis mit vergleichsweise großen Unsicherheiten behaftet ist.

Im Bereich der **Tiefengeothermie** ist mittelfristig nicht mit einer Erschließung der vorhandenen Potenziale zurechnen. Das durch die geologischen Verhältnisse bestimmte Basispotenzial ist vor dem Hintergrund der technischen Entwicklungen als nur sehr bedingt nutzbar zu bewerten. Langfristig kann jedoch von einer Erreichbarkeit des ausgesprochenen Ziels von einem GW Leistung ausgegangen werden.

Die Potenzialermittlung für die **Biomassereststoffnutzung** ist mit zahlreichen Unsicherheitsfaktoren behaftet. Wesentlich ist, dass für die zum überwiegenden Teil kleinräumig und in geringen Mengen anfallenden Reststoffe kaum detaillierte Daten vorliegen. Die Ableitung der Biomassereststoffpotenziale aus übergeordneten Flächenkategorien oder Strukturdaten, in Verbindung mit der Annahme von durchschnittlichen Ertragswerten, birgt stets Unsicherheiten, die sich in großen Spannweiten der Potenzialwerte zu den einzelnen Fraktionen widerspiegeln. Unter Berücksichtigung dieser Unsicherheiten kann im Bereich der Stromerzeugung aus Biomasse-Reststoffen davon ausgegangen werden, dass in Deutschland ein erschließbares Potenzial von jährlich rund 25 TWh Strom besteht, das zu mehr als 90 % bereits genutzt wird und das zukünftig nur dann erkennbar ansteigen kann, wenn die bisher zur alleinigen Wärmeerzeugung genutzte forstwirtschaftliche Biomasse für Kraft-Wärme-Kopplung genutzt würde. Dies ist angesichts der hohen Nachfrage auf dem Wärmemarkt (Pelletheizungen etc.) jedoch unwahrscheinlich.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass durch die konsequente Nutzung der Potenziale flächenneutraler erneuerbarer Energien der Flächenbedarf für den Anbau von Energiepflanzen oder für Windparks bzw. Solar-Freiflächenanlagen deutlich reduziert werden könnte. Dazu könnte insbesondere eine umfassende Erschließung der Dachflächen PV-Nutzung beitragen. Auf diese Weise könnte nicht zuletzt ein wertvoller Beitrag zur Erreichung des „30 ha Ziels“ der Bundesregierung geleistet werden, nach dem tägliche Neuversiegelung von Boden 30 ha nicht übersteigen soll.

Auf der anderen Seite sind die ermittelten Flächen- und Stromerzeugungspotenziale für die **flächenrelevanten Nutzungsformen erneuerbarer Energien** ebenfalls mit wesentlicher Unsicherheit behaftet.

Bei der Analyse der Flächenpotenziale der **Windenergienutzung** konnte das Vorliegen artenschutzrechtlicher Verbotstatbestände als eines der wichtigsten Ausschlusskriterien auf der hier betrachteten Maßstabsebene nur sehr unzureichend berücksichtigt werden. Artenschutzrechtlich relevante Informationen, wie bspw. zu Lebensräumen oder Zugkorridoren von schlag- oder scheuchempfindlichen Vogelarten oder Fledermausvorkommen liegen auf Bundesebene nicht vor. Bis zu einem gewissen Grad kann davon ausgegangen werden, dass die relevanten Lebensräume dieser Arten durch Schutzgebietskategorien, wie SPA oder FFH-Gebiete abgebildet werden. Damit kann jedoch nicht abschließend ausgeschlossen werden, dass auf den nicht unter diese Kategorien fallenden Flächen, häufig doch artenschutzrechtliche Verbotstatbestände der Windenergienutzung entgegenstehen.

Ebenso konnten der Ermittlung der Flächenpotenziale für die Windenergienutzung nur pauschale Abstände zu Siedlungen zugrunde gelegt werden, um die sich aus den Lärmimmissionen und der bedrängenden Wirkung ergebenden Konflikte und Verbotstatbestände zu berücksichtigen. Die zugrunde gelegten Mindestabstände wurden mit 1.000 m zu Wohngebäuden und 750 m zu Mischgebieten jedoch so groß gewählt, dass etwaige unzulässige Beeinträchtigungen grundsätzlich ausgeschlossen sein sollten. Wie auch in anderen Potenzialstudien bereits festgestellt, ist zu beachten, dass die Gesamtgröße des für die Windenergienutzung verfügbaren Flächenpotenzials ganz wesentlich von den angesetzten Abständen zu Siedlungen bestimmt ist (vgl. Abbildung 16). Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse im Rahmen der Potenzialstudie des UBA zeigen beispielsweise, dass bereits bei einer Erhöhung des Mindestabstands von 600 auf 800 m rund ein Drittel des ermittelten Flächenpotenzials ausgeschlossen wird. Wird der Abstand auf 1.200 m verdoppelt, verringert sich das Flächenpotenzial auf lediglich ein Viertel [vgl. UBA 2013, S. 38].

In die Analyse der Flächenpotenziale für die Windenergienutzung konnten aufgrund der unzureichenden Differenzierung der Datengrundlagen keine technischen oder ökonomischen Restriktionen wie unzureichende technische Voraussetzungen des Standortes oder mangelnder Windhöufigkeit einbezogen werden. Das ermittelte Potenzial für die Windenergienutzung berücksichtigt allein raumplanerische und umweltfachliche Belange, so dass davon auszugehen ist, dass von dem berechneten Flächenpotenzial nur ein Teil technisch und wirtschaftlich realisierbar ist. Um die Größe dieses Anteils genauer quantifizieren zu können, müssten ein differenziertes Höhenmodell sowie differenzierte Winddaten eingesetzt werden. Auf dieser erweiterten Datengrundlage könnten die Ergebnisse eine höhere Aussagegenauigkeit bzgl. der Realisierbarkeit der Potenzialflächen ermöglichen, so dass sich auch die Realisierbarkeit von Ausbauzielen der Bundesregierung im Bereich Windenergie genauer beurteilen ließe.

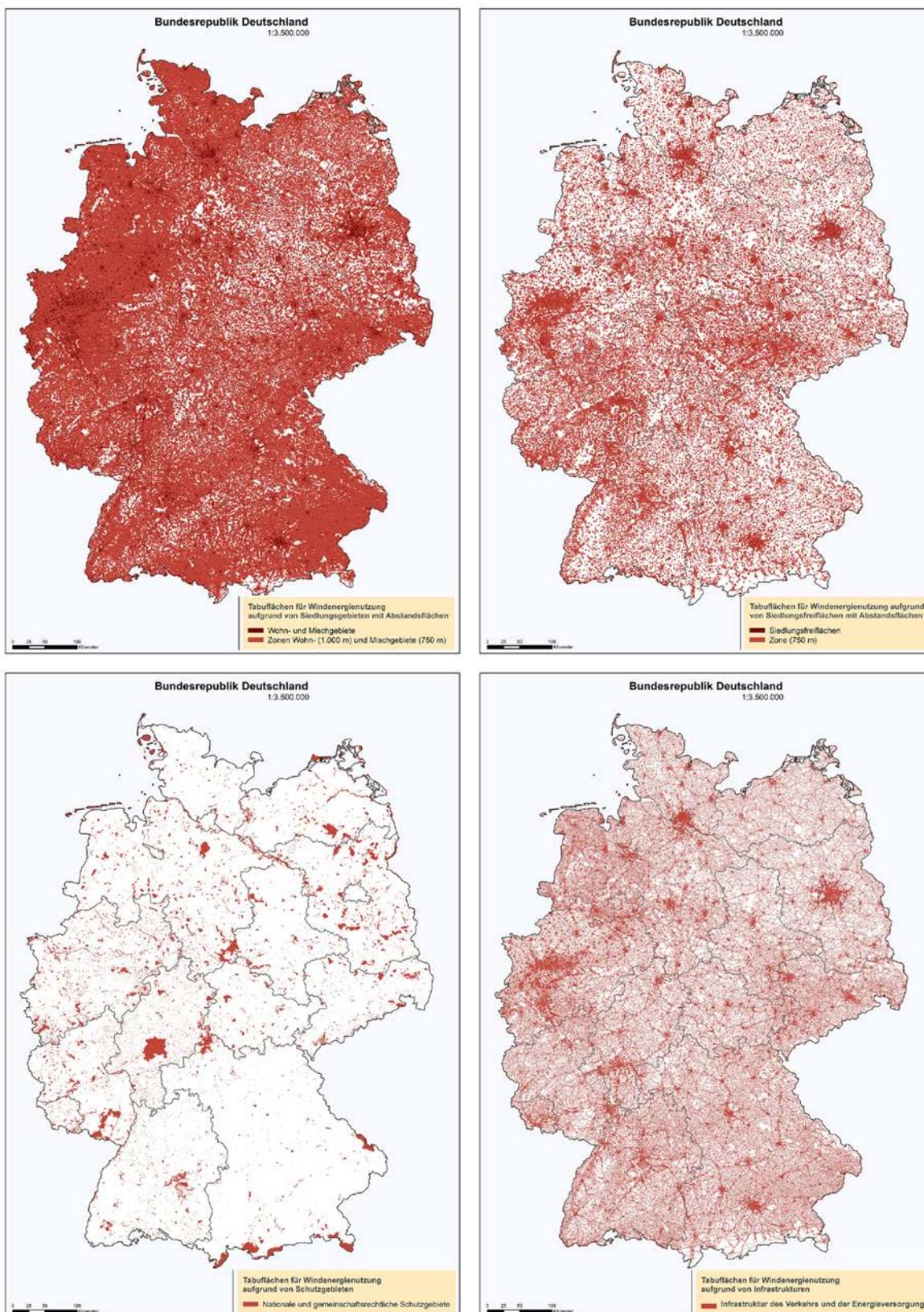


Abbildung 16 Überblick der Tabuflächen nach Nutzungs- und Flächenkategorien und den festgelegten Abstandswerten für die Windenergienutzung

Im Bereich der Flächenpotenziale für **PV-Freiflächenanlagen** wurde eine flächendeckende Analyse durchgeführt. Auch hier sind die Ergebnisse konkreten Einschränkungen unterwor-

fen. Entsprechend der Analyse für die Windenergienutzung konnten aufgrund des bundesweiten Maststabs und der damit verbundenen Datengrundlage keine technischen oder ökonomischen Restriktionen berücksichtigt werden. Es wurde vielmehr eine umfassende Analyse der aus Sicht der Raum- und Umweltplanung möglichst verträglichen Flächenpotenziale durchgeführt und dazu sehr differenziert die raum- und umweltfachlich bedeutsamen Nutzungsrestriktionen einbezogen. Die aufgrund des Vergütungsanspruch nach EEG 2012 ökonomisch vorzüglichen Flächenkategorien (Konversionsflächen, Korridore an Autobahnen und Schienenwegen etc.) wurden, soweit aus den vorliegenden Geodaten zu entnehmen, abgebildet, aber nicht besonders gewichtet. Auch im Zusammenhang mit der Realisierung der PV-Freiflächenpotenziale können im Einzelfall artenschutzrechtliche Verbotstatbestände auftreten, die im Rahmen der Analyse nicht einbezogen werden konnten. Im Gegensatz zur Windenergienutzung sind die potenziellen Konflikte mit dem Artenschutz jedoch deutlich seltener, sodass das Risiko über die Berücksichtigung der Restriktionen naturschutzrechtlicher und -fachlicher Gebietskategorien weitgehend abgebildet werden kann.

Da der **Biomasseanbau zur energetischen Nutzung** als Teil der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung eng mit dem komplexen Systems der landwirtschaftlichen Flächennutzung verwoben ist, ist die Nutzung in ihren Wirkungen nicht grundsätzlich von anderen Anbauformen zu unterscheiden. Daher besteht keine Möglichkeit, Standorte oder Räume aus raumplanerischer sowie ökologischer Sicht speziell hinsichtlich ihrer Eignungen für Biomasseanbau zur energetischen Nutzung zu bewerten. Aus diesem Grund wird für die Ermittlung der Flächenpotenziale, abgeleitet aus einer Literaturanalyse, pauschal ein maximaler Anteil von 25% an der landwirtschaftlichen Nutzfläche festgelegt, der nicht für die Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln benötigt wird und damit für die Biomassebereitstellung zur energetischen Nutzung zur Verfügung steht.

Für alle **ermittelten Potenziale** der flächenrelevanten Nutzungen Erneuerbarer Energien ist davon auszugehen, dass das realisierbare Potenzial deutlich geringer ist als die auf der Grundlage der verfügbaren Daten und getroffenen Annahmen zur Raum- und Umweltwirksamkeit ermittelten Flächenpotenziale. Daraus resultieren auch geringe realisierbare Leistungs- und Energiepotenziale. Nicht berücksichtigt werden konnten ebenfalls die Effekte etwaiger politischer Entwicklungen und Vorgaben in Bezug auf eine mögliche Stärkung des dezentralen Ausbaus der EE gegenüber dem Ausbau an den Standorten mit besonders hohem Energieertrag.

8.11 Schlussfolgerungen für die Methodendiskussion

Die die vorliegende Studie leistet mit ihrer transparenten Darstellung der Analyseansätze und getroffenen Annahmen sowie der kritischen Beleuchtung unsicherer Aussagen einen wichtigen Beitrag zur Methodendiskussion. Die transparente Ausgestaltung der methodischen Ansätze sowie ein möglichst breit angelegter Expertendiskurs zur Bewertung von Ausschluss-, Restriktions- und Gunstkriterien sind als wichtige Bestandteile zukünftiger Potenzialanalysen deutlich geworden. Die während des Vorhabens geführte Expertendiskussion haben den Bedarf aufgezeigt, die auf verschiedenen Ebenen und durch unterschiedliche Akteure betriebenen Potenzialanalysen hinsichtlich ihrer Methoden sowie der getroffenen Annahmen und Wertzuweisungen stärker zu harmonisieren.

Neben den politischen Diskussionen, die vornehmlich über Mindestabstände von Windenergieanlagen zu Siedlungsflächen geführt werden, wird in Fachkreisen auch über die Eignung anderer Flächen- und Nutzungskategorien, wie Waldflächen oder Schutzgebiete, kontrovers diskutiert. Insbesondere die durchgeführte Expertenbefragung zeigte, dass in vielen Fällen sehr heterogene Einschätzungen bezüglich der Restriktivität von Nutzungs- und Flächenkategorien gegenüber flächenrelevanten erneuerbaren Energien vorgenommen werden. Dies betrifft sowohl die Flächenkategorien und Kriterien, die für eine Bewertung herangezogen werden sollen, als auch die Wertzuweisung selber. Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass die jeweiligen Analyseergebnisse ausschließlich im Kontext der jeweils zugrunde gelegten Annahmen und Bewertungsmaßstäbe beurteilt und eingeordnet werden können und daher die Methoden und damit verbundenen Wertzuweisungen wesentlich stärker zum Gegenstand der Diskussion gemacht werden müssen, anstatt nur über die jeweils ermittelten Ergebnisse zu streiten. Die Potenzialanalysen haben deutlich gemacht, wie stark die Ergebnisse von den getroffenen Annahmen und den jeweiligen Restriktionsbewertungen abhängig sind und unterstreichen dadurch die Notwendigkeit eines der eigentlichen Analyse vorgelagerten Abstimmungsprozesses über die zugrunde zulegenden Annahmen und Bedingungen.

Letztlich zeigen die Ergebnisse der durchgeführten Analyse, dass trotz der auf der Ebene einer bundesweiten Betrachtung notwendigerweise zu treffenden Annahmen und Pauschalierungen, Flächenpotenziale unter sehr weit reichender Berücksichtigung der raum- und umweltbezogenen Belange ermittelt werden können. Für die auf Bundesebene zu treffenden, grundlegenden politischen und planerischen Entscheidungen können die Ergebnisse sehr aussagekräftig erzeugt werden. Es wird deutlich, dass gerade die Belange der Raum- und Umweltplanung nicht selten deutlich differenzierter in die Potenzialanalysen eingebracht werden können, als die technischen und wirtschaftlichen Aspekte.

Im Bereich der flächenrelevanten EE-Sparten stellen raumordnerische Belange einen wichtigen Faktor bei der Ermittlung verfügbarer Flächen dar. Die durchgeführte Analyse zeigt, dass es mit Hilfe der ROPLAMO-Daten möglich ist, die planerischen Festsetzungen bereits auf der Bundesebene zur Abschätzung der konfliktarmen Flächenpotenziale zu nutzen. Gleichzeitig wird die besondere Relevanz von Informationen zu raumplanerischen Festsetzungen für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien deutlich. Dies zeigt sich auch in der erheblichen Kraft der normativen Bindung regionalplanerischer Festsetzungen und dem resultierenden Ausschluss von Flächen für die Nutzung raumwirksamer erneuerbarer Energien, wie insbesondere der Windenergienutzung und den PV-Freiflächenanlagen.

Im Rahmen des Projektes wurde ein Methodenkonzept entwickelt, mit dem flexibel auf die vorangestellte Abstimmung der Annahmen und Restriktionsbewertungen einzelner Flächenkategorien reagiert werden kann, so dass ein praktikabler Ansatz vorliegt, der sich bei Bedarf vergleichsweise einfach an veränderte Rahmenbedingungen anpassen lässt.

9 Übertragbarkeit der Methodik zur Abschätzung der Flächenpotenziale für die Nutzung Erneuerbarer Energien

Ziel des iterativen Prozesses der Methodenentwicklung war die Erstellung eines Berechnungsmodells zur räumlich differenzierten Ermittlung der Flächenpotenziale für Windenergie- und PV-Freiflächennutzung. Zentrale Anforderungen waren eine hohe Transparenz der Vorgehensweise sowie die Übertragbarkeit des Grundansatzes auf die, der Bundesebene nachgelagerten Planungsebenen.

Das Grundgerüst bilden die drei zentralen methodischen Schritte der Analysemethode, die unter Anpassung, auch auf anderen Planungsebenen angewendet werden können (vgl. Abbildung 17).

1. Auswahl und Aufbereitung von Geodaten (Auswahl geeigneter Nutzungs- und Flächenkategorien) zur räumlichen Abbildung der Restriktivität gegenüber der EE-Nutzung,
2. Bildung von Restriktionswerten im Zuge eines diskursiven Prozesses (Bewertungskriterien und -regeln) unter Beachtung der spezifischen Flächenbedarfe und Raumwirkungen der EE-Sparte,
3. GIS-gestützte Analyse durch Überlagerung und Verschneiden der als Geodaten vorliegenden Flächenkategorien (Überlagerungs- und Verschneidungsregeln für die GIS-Operationen).

Im Zuge der Methodenentwicklung wurde deutlich, dass zur Erfüllung der Ansprüche und Ziele des Vorhabens ein umfassender Bewertungsansatz erforderlich ist, in dem ein besonderes Augenmerk auf die Festlegung der Rahmenbedingungen und der daraus abzuleitenden Wertzuweisungen gelegt werden muss. Durch die Nutzung eines einheitlichen Grundkonzeptes zur Berechnung der Flächenpotenziale, wird es möglich, Ergebnisse zu unterschiedlichen Planungsebenen (Bund, Land, Regionen) zueinander in Beziehung zu setzen.

Mit dem vorliegenden Berechnungsmodell wird den Akteuren eine Methodik an die Hand gegeben, die es ermöglicht Raumansprüche und Raumwirkungen der einzelnen EE-Sparten mit den räumlichen Gegebenheiten und planerischen Zielsetzungen im Raum zu verschneiden. Im Ergebnis lassen sich raum- und umweltverträgliche Flächenpotenziale ermitteln, die den Ausbauzielen gegenübergestellt werden können.



Abbildung 17 Die Module des Berechnungsmodells und Anpassungserfordernisse

Zur Anwendung auf den nachgelagerten Planungsebenen in konkreten Anwendungsfällen ist das Grundmodell in folgenden Punkten anzupassen:

- Anpassung an die Rahmenbedingungen der jeweiligen Planungseinheit
 - Anpassung des Kriterienkatalogs
 - Anpassung der Auswahl ebenenspezifischer Geodaten (Nutzungs- und Flächenkategorien mit entsprechendem Detailgrad)
- Anpassung der Vorgehensweise zur diskursiven Bildung von Restriktionswerten
 - Auswahl der Akteure für den diskursiven Bewertungsprozess
 - Anpassung der Bewertungskriterien und -regeln

Für die Übertragung des Berechnungsmodells auf nachgeordnete Planungsebenen ist es erforderlich die Module des Berechnungsmodells auf den jeweiligen Untersuchungsraum auszurichten. Dabei bestehen Anpassungserfordernisse hinsichtlich der festzulegenden Rahmenbedingungen sowie der Datenaufbereitung.

Anpassung der zugrunde gelegten Rahmenbedingungen und Annahmen

Bei der Festlegung des Analyserahmens werden die Ausgangs- und Rahmenbedingungen für die Anwendung und Anpassung des methodischen Grundkonzeptes der Potenzialanalyse auf den konkreten Anwendungsfall definiert. Um auf die konkrete Fragestellung der Analyse zu fokussieren, sind die relevanten Einflüsse und Hintergründe zu definieren. Dazu sind die auf der jeweiligen Planungsebene zu berücksichtigenden Bewertungskriterien, die auch über die im Vorhaben angesetzten Kriterien hinausgehen können, festzustellen. Ebenfalls sind weitere technische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen sowie entsprechend des Bezugsraums spezifische Flächenbedarfe der EE-Sparten aus der Sicht der Entscheidungsträger festzulegen, zu definieren und genau zu beschreiben. Die Festlegungen unterstützen die

Entscheidungsträger zudem beim Finden von Argumenten für die Legitimation ihrer Absichten gegenüber weiteren Akteuren und der Öffentlichkeit.

Im Analyserahmen ist weitergehend eine Auswahl geeigneter Nutzungs- und Flächenkategorien in Form eines Kriterienkatalogs zusammenzustellen. Dabei dient die Festlegung relevanter Nutzungs- und Flächenkategorien als zentrale Grundlage für die räumliche Analyse. Einen Ausgangspunkt für die konkrete Anpassung bietet der im vorliegenden Berechnungsmodell enthaltene Katalog (vgl. Anhang Teil B 6).

Ebenfalls Bestandteil des Analyserahmens sind die Flächenbedarfe und damit verbundenen Raumwirkungen der Anlagen, aus denen zum einen die Energiepotenziale aus den Flächenpotenzialen abgeleitet werden können und die zum anderen die Restriktionsgrade der Flächenkategorien gegenüber den Nutzungen bestimmen. Hier sollten, auf der Grundlage der ermittelten und abgestimmten durchschnittlichen Flächenbedarfe, die jeweils auf den betreffenden Untersuchungsraum bezogenen direkten Flächenbedarfe und Raumwirkungen ermittelt werden.

Diskursive Festlegung von angepassten Restriktionswerten

Für die anschließende GIS-Analyse sind im Voraus die anzuwendenden Bewertungsregeln sowie die Überlagerungs- und Verschneidungsregeln für die GIS-Operationen festzusetzen. Dazu sind Abstimmungen bezüglich der Bewertungskriterien in Verbindung mit der Definition von Unterscheidungsmerkmalen vorzunehmen. Weiterhin ist eine Aggregationsmatrix zur Ermittlung der Gesamtrestriktionsgrade zu erstellen. Dazu können die im Vorhaben entwickelten Ansätze als Grundlage für den diskursiven Abstimmungsprozess verwendet werden.

Die konkrete Bewertung der Restriktionsgrade der Flächenkategorien erfolgt später anhand der festgelegten Bewertungsstufen. Dazu können selten empirische Kennwerte oder konkrete rechtliche Festsetzungen herangezogen werden. Wichtig ist es daher, einen diskursiven Prozess zwischen den Akteuren zu gewährleisten, in dem die Wertzuweisungen als gemeinsame Experteneinschätzung vorgenommen werden. Die Auswahl der zu beteiligenden Akteure sollte im Vorlauf festgelegt werden.

Um ggf. örtliche Besonderheiten (z.B. Globalstrahlung) angemessen zu berücksichtigen, werden keine festen, sondern regional differenzierte Ertragskennwerte zu Grunde gelegt. Das Konzept bietet damit bspw. beim Energie-Output die Möglichkeit, regionale und saisonale Unterschiede einzubeziehen, indem bundeslandtypische und bedarfsweise jahreszeitliche Durchschnittserträge angesetzt werden. Dies ist besonders für die Energieträger mit schwankender Einspeisung von besonderer Bedeutung. Zur Anpassung an die konkrete Untersuchungsregion, sind entsprechende Werte einzubeziehen.

Sollen die Analyseergebnisse zur Überprüfung bestimmter Ziele oder Ausbaupfade verwendet werden, sind Eingangs relevante Prüfmaßstäbe festzusetzen. Dazu können bspw. Zielaussagen von Energiekonzepten der Bundesländer oder auch aggregierte Werte aus Energiekonzepten auf regionaler Ebene herangezogen werden. Im Abgleich mit den ebenenspezifischen Ergebnissen kann dann eine Bewertung vor dem Hintergrund der Zielerreichung

vorgenommen werden. Dabei sollte stets der Bezug zur Planungsebene, ggf. unter Beachtung übergeordneter Strategien hergestellt werden.

Datenaufbereitung

Bei der Übertragung auf nachgeordnete Planungsebenen ist es empfehlenswert folgende Aspekte im Kontext der Datenaufbereitung zu berücksichtigen. Vor dem Hintergrund der Festsetzungen im Analyserahmen sind die vorgesehenen Flächen- und Nutzungskategorien auf ihre Verfügbarkeit in vorliegenden Geodaten zu prüfen. Die gesamte Auswahl sollte Eingangs, mit Blick auf die spätere GIS-Analyse, einen identischen Raumbezug aufweisen. Dieser sollte für das Untersuchungsgebiet allgemein anerkannt sein, wie bspw. Lambert Azimuthal Equal Area im geographischen Koordinatensystem GCS WGS 1984 auf der Bundesebene.

Weiterhin ist zu klären, ob die relevanten Geodaten ebenenspezifisch entweder hinsichtlich bestimmter Kategorien (z.B. Nutzungskategorien, Biotoptypen etc.) zusammengefasst werden sollen oder weiter zu differenzieren sind, damit eine angemessene Aussagenschärfe erreicht wird. In diesem Schritt sollten auch die aufgrund von bestimmten Schutzabständen nötigen Pufferflächen, insbesondere zu Siedungsflächen, abgestimmt und festgesetzt werden.

Die abschließenden Schritte der Datenaufbereitung sollten im Rahmen eines diskursiven Prozesses erfolgen. Neben dem inhaltlich wichtigen Bestandteil, der Festlegung der zu verwendenden Abstandswerte, bspw. 1.000 m zu Wohngebieten, steht hier die Bewertung der Nutzungs- und Flächenkategorien hinsichtlich ihrer Restriktivität im Vordergrund. Die zuzuordnenden Restriktionsgrade oder -klassen (Ordinalskala 0-10 oder A-E) sowie Hauptkonflikttypen (bspw. Mensch, Flora, etc.) sind, soweit zweckdienlich, im Kontext der Planungsebene vorzunehmen.

10 Ausblick und weiterer Forschungsbedarf

Die aktuelle Methodendiskussion über die Analyse von Ausbaupotenzialen zeigt das zunehmende Bemühen, neben den technischen Bedingungen auch Nutzungs- und Flächenkonkurrenzen mit anderen Raumbelangen sowie potenzielle Konflikte mit den Zielen des Naturschutzes in die Betrachtung einzubeziehen. Die Ergebnisse des Vorhabens leisten einen Beitrag zu dieser Methodendiskussion, insbesondere im Hinblick auf Transparenz, Detaillierung und Übertragbarkeit.

In diesem Sinne können die im Zuge der Anwendung der Methodik, unter weitest gehender Berücksichtigung von Gesichtspunkten der Raum- und Umweltverträglichkeit ermittelten Flächenpotenziale zum Ausbau der erneuerbaren Energien als deutlich zuverlässiger Grundlage für politische und gesellschaftliche Entscheidung herangezogen werden, als dieses bisher der Fall war. Besonders hinsichtlich der Berücksichtigung von allgemeinen Aussagen zu raumplanerischen Aspekten sind die Ergebnisse neu.

Mit Blick auf die zukünftigen Anforderungen ist festzustellen, dass zunehmend qualifiziertere Grundlagen für Entscheidungen über den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien benötigt werden. Auch die Lösung der bestehenden Divergenzen zwischen den formulierten Ausbauzielen auf den unterschiedlichen Planungsebenen einerseits sowie verfügbaren Flächenpotenzialen andererseits, bedarf praktikabler Instrumente. Denn die Prüfung von politisch motivierten Ausbauzielen auf ihre Raum- und Umweltverträglichkeit ist nur anhand eines Abgleichs mit den Flächenpotenzialen möglich. Dies setzt eine räumlich differenzierte Ermittlung voraus.

Momentan ist die gewählte Vorgehensweise noch hinreichend genau. Sobald für den weiteren Ausbau der EE-Nutzung jedoch in einem deutlich größeren Ausmaß Flächen in Anspruch genommen werden müssen, bedarf es einer feineren Analyse. Als zunehmend wichtiger Bestandteil der Analyse sind dann die Aussagen der Raumordnung, insbesondere die der Regionalplanung, mit in die Potenzialanalysen einzubeziehen, wenn der Anspruch einer möglichst raum- und umweltverträglichen Umsetzung der Energiewende von Anfang an eingelöst werden soll. Ebenso könnten die Flächenausweisungen der Landschaftsplanung zu ökologischen Aspekten bei einer Nutzung durch EE verstärkt in die Analyse einbezogen werden. Entscheidend ist dann, sollen die Erkenntnisse zielführend berücksichtigt werden, dass die raum- und umweltverträgliche Umsetzbarkeit von Beginn an in die Entscheidungsprozesse einbezogen wird. Das würde bedeuten, dass bereits bei der Formulierung von Ausbauzielen auf Bundesebene eine ökologische und raumordnerische Überprüfung der Ausbaupfade erfolgt.

Mit dem vorliegenden Ansatz zur Abschätzung bundesweiter Flächenpotenziale wird den Akteuren eine Methodik an die Hand gegeben, die es ermöglicht Raumansprüche und Raumwirkungen der einzelnen EE-Sparten mit den räumlichen Gegebenheiten und im Raum vorliegenden planerischen Zielsetzungen zu verschneiden. Im Ergebnis lassen sich raum- und umweltverträgliche Flächenpotenziale ermitteln, die den Ausbauzielen gegenübergestellt werden können. Zudem können den ermittelten Flächenpotenzialen prognostizierbare Strombedarfe gegenüber gestellt werden. Diese Erkenntnisse sind beispielsweise für die Planungen zum Stromleitungsausbau von Interesse.

Wie in dem modellhaft durchgeführten Workshop deutlich wurde, kann eine breite Expertendiskussion allgemein zur Qualifizierung von Analysemethoden beitragen, indem die häufig nicht wissenschaftlich exakt abzuleitenden Annahmen zu Raumwirkungen und daraus resultierenden Nutzungsrestriktionen im Sinne eines Delphi-Verfahrens durch Experteneinschätzungen qualifiziert werden. Im Weiteren sollten Rahmenbedingungen und Diskussionsstrukturen für die Experten gestützte Bewertung der Flächen- und Nutzungskategorien auf instrumenteller Ebene weiterentwickelt werden. Es gilt Lösungswege zu eröffnen, die zu einer fachlich, gesellschaftlich und politisch akzeptierten Bewertung der Nutzungsrestriktionen für die Analyse von Flächenpotenzialen führen.

Letztlich besteht dringender Bedarf hinsichtlich der Ausweitung geeigneter Datengrundlagen. Mit den vorliegenden Geodaten und sonstigen Raum und Umweltinformationen können die flächenspezifischen Empfindlichkeiten bisher nur unzureichend abgebildet werden. Wichtig wäre es beispielsweise, die Geodaten von Landschaftsplänen flächendeckend für die Analyse des Flächenpotenzials für Vorhaben erneuerbarer Energieproduktion nützen zu können. So könnten die Entwicklungsziele für Natur und Landschaft und Informationen über besonders erhaltenswerte Teile von Natur und Landschaft (z.B. Vorrangflächen für Naturschutz) sowie sonstige besondere Festsetzungen, z. B. für forstliche Nutzungen (beispielsweise Wiederaufforstungsflächen), um das Standortpotenzials für erneuerbare Energien besser qualifizieren zu können und um eine geschärfte Berücksichtigung der Naturschutzbelange zur umweltplanerischen Unterstützung und Steuerung des Ausbaus der erneuerbaren Energien zu ermöglichen.

Ein weiterführender Anspruch der Raumordnung sollte darüber hinaus darin bestehen, bereits bei der Formulierung von Ausbauzielen auch Aspekte der zukünftigen Verteilung von Nutzungen mit besonderen Strombedarfen eine verstärkte Berücksichtigung zu erfahren. Nur so kann der grundsätzliche Bedarf an Leitungsbau frühzeitig reduziert werden. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, bedarf es einer regionalisierten Strombedarfsanalyse. Aufbauend auf Erkenntnissen zur räumlichen Verteilung des Strombedarfs, könnte der Ausbau bedarfsgerecht gesteuert werden. Hier besteht besonderer Forschungsbedarf.

Teil B Anhang

1 Ausbauziele der Bundesländer Baden-Württemberg und Sachsen

Tabelle 24 Exemplarische Übersicht der Zielgrößen zum Ausbau der jährlichen Stromerzeugung aus erneuerbarer Energien anhand der relevanten Veröffentlichungen der Bundesländer Baden-Württemberg und Sachsen

		Energieträger												
		Windenergie			Photovoltaik			Bioenergie			Wasserkraft		Geothermie	
Bundesland		Bereitstellung der Jahresstromerzeugungsmenge (in TWh)	Bereitstellung eines Anteils am Strombedarf (in %)	Bereitstellung Flächenanteil der Landesfläche (in %)	Bereitstellung der Jahresstromerzeugungsmenge (in TWh)	Bereitstellung eines Anteils am Strombedarf (in %)	Qualitative Zielaussagen	Bereitstellung der Jahresstromerzeugungsmenge (in TWh)	Bereitstellung eines Anteils am Strombedarf (in %)	Qualitative Zielaussagen	Bereitstellung der Jahresstromerzeugungsmenge (in TWh)	Bereitstellung eines Anteils am Strombedarf (in %)	Bereitstellung der Jahresstromerzeugungsmenge (in TWh)	Bereitstellung eines Anteils am Strombedarf (in %)
Baden-Württemberg	Koalitionsvertrag (2011)		mind. 10 %											
	Energiekonzept 2020 (2009)	1,2 TWh	1,7%		mind. 2,7 TWh	3,7 %	PV- auf Dächern u. an Fassaden, nur in Ausnahmefällen auf Freiflächen, z. B. auf Deponien.	4,7 TWh	6,5 %	ausschließliche Verstromung in KWK-Anlagen	5,5 TWh	7,7 %	0,3 TWh	0,4 %
Sachsen	Entwurf Energie- und Klimaprogramm Sachsen (2011)	3,5 TWh		0,5 % der Landesfläche	1,7 TWh			1,8 TWh			0,32 TWh			

2 Übersicht der zentralen Zielstellungen und Methoden einschlägiger Potenzialstudien erneuerbarer Energien auf Bundes- und Landesebene

Tabelle 25 Ergebnisübersicht der Analyse von drei Potenzialstudien auf Bundesebene

	Potentiale der Windenergie an Land Studie zur Ermittlung der bundesweiten technisch-ökologischen Flächen- und Leistungspotentiale der Windenergienutzung an Land, UBA 2013	Studie zum Potenzial der Windenergienutzung an Land Kurzfassung, BWE 2011	Möglichkeiten und Grenzen der Integration verschiedener regenerativer Energiequellen zu einer 100% regenerativen Stromversorgung der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2050, SRU 2010
Zentrale Zielstellungen	<p>Ursprünglich war die Ermittlung des unter technischen und ökologischen Gesichtspunkten verfügbarem Flächen-, Leistungs- und Energiepotenzials der Windenergie an Land im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland vorgesehen (S. 7f.)</p> <p>Mit der verfügbaren Datengrundlage war das Ziel jedoch nicht vollends umzusetzen, so dass die ermittelten Potenziale erheblich größer sind, als das tatsächlich anzunehmende technisch-ökologische Potenzial (S. 8).</p>	Ermittlung des Flächen und Energiepotenzials als Branchenszenario des BWE	Darstellung der Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien (Solar, Wind, Wasserkraft, Geothermie, Biomasse) für die Stromerzeugung in Deutschland unter Berücksichtigung technischer und ökologischer Aspekte (S. 1 und 5)
Methodische Ansätze	Analyseansatz		
	<p>Ermittlung des Potenzials in zwei Schritten (S. 7 und 15ff.):</p> <ul style="list-style-type: none"> - GIS-gestützte Analyse der Flächenpotentiale (Verschneidung von Tabu-, Eignungs- und Restriktionsflächen sowie Windfeldern/Windgeschwindigkeiten), - Berechnung der installierbaren Leistung und des Ertrags auf der Grundlage einer standortgenauen Platzierung von festgelegten Referenzanlagen (definierte Anlagenwerte für Stark- und Schwachwindanlagen) in als potenziell geeignet identifizierten Gebieten. 	<p>GIS-gestützte Flächenanalyse (Verschneidung von Tabu-, Eignungs- und Restriktionsflächen sowie Windhöffigkeiten) in Verbindung mit einer standortgenauen Platzierung von WEA in potenziellen Gebieten zur Ermittlung installierbarer Leistung und des Ertrags.</p> <p>Berücksichtigung von Flächen in Wäldern sowie in Schutzgebieten.</p> <p>Ertragsberechnung abgeleitet aus Windgeschwindigkeit und Anlagentechnik</p>	<p>Ermittlung der Stromerzeugungspotentiale in drei Schritten (S. 4)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erhebung von Ressourcendaten für jeden Energieträger - Ermittlung der Flächen, auf denen die Ressourcen genutzt werden können [GIS-gestützte Flächenanalyse (Verschneidung von Tabu-, Eignungs- und Restriktionsflächen mit Flächennutzungsgraden) detaillierte Datenbasis in Form von Rasterzellen (10 km x 10 km)] - Anwendung eines Kraftwerksmodells
	Definition des Potenzialbegriffs		
	<p>(S. 8) theoretisches Potenzial: theoretisch physikalisch nutzbare Energieangebot des Windes (S. 8)</p> <p>technisches Potenzial: Teil des Energieangebots, welcher bei der Umwandlung in elektrische Energie durch den Betrieb von WEA genutzt werden kann</p> <p>technisch-ökologisches Potenzial: Teil des theoretischen Potenzials, welcher unter Berücksich-</p>	Es erfolgt keine Definition des Potenzialbegriffs.	<p>Es erfolgt keine Definition des Potenzialbegriffs.</p> <p>(S. 4) Aufschluss gibt die Angabe, dass ein Ausschluss aufgrund ökologischer oder technischer Randbedingungen von der Nutzung durch eine bestimmte Energietechnologie erfolgt.</p>

	Potentiale der Windenergie an Land Studie zur Ermittlung der bundesweiten technisch-ökologischen Flächen- und Leistungspotentiale der Windenergienutzung an Land, UBA 2013	Studie zum Potenzial der Windenergienutzung an Land Kurzfassung, BWE 2011	Möglichkeiten und Grenzen der Integration verschiedener regenerativer Energiequellen zu einer 100% regenerativen Stromversorgung der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2050, SRU 2010
	tigung von technischen wie auch ökologischen Restriktionen nutzbar ist ökonomisches Potenzial: Teil des technischen Potenzials, welcher unter Berücksichtigung von wirtschaftlichen Gesichtspunkten (Erlöse und Kosten) erschließbar ist. realisierbares Potenzial Verbleibender Teil des Potenzials, der sich aus der Schnittmenge des technisch-ökologischen und technisch-ökonomischen Potenzials ergibt. Es umfasst viele weitere Restriktionen wie z. B. landschaftsästhetische Gesichtspunkte oder die Akzeptanz der Bevölkerung vor Ort.		
Bewertung der Flächeneignung			
	Unterscheidung von Tabu- und Eignungsflächen (S. 16f.) Eine Ausnahme stellen Landschaftsschutzgebiete da, hier wird von einer anteiligen Nutzbarkeit von 25 % ausgegangen. Die Ermittlung des Gesamtrestriktionsgrads einer Fläche mit sich überlagernden Flächenkategorien erfolgt nach dem Maximalwert-Prinzip (die Flächenkategorie mit dem höchsten Restriktionsgrad setzt sich durch).	Es werden lediglich Ausschluss- und Eignungsflächen definiert, wobei letztere in Flächen ohne Restriktionen, Flächen in Wäldern und Flächen in Schutzgebieten unterschieden werden.	Unterscheidung von Tabu-/Ausschlussflächen, Flächen mit Restriktionen und anteiliger Nutzbarkeit, Flächen mit Nutzungskonkurrenz (S. 4) Festlegung eines Flächennutzungsgrades [in %] unter Berücksichtigung kumulierter Nutzung
Verwendete Flächenkategorien und deren Bewertung			
	(S. 12 und 16f.) Flächenkategorien mit Ausschlusswirkung: Basis-DLM ATKIS – Flächennutzung: - Industrie- und Gewerbeflächen +250m - Wohnbaufläche +600m - Wochenend- und Ferienhausbebauung, Campingplätze +900m - Bundesautobahn +100m - Sonstige Straßen +80m - Schienenstrecken +250m - Seilbahnen +300m - Flughäfen +5.000m (+/-50-100m) - Flugplätze +1.760m	Nutzungs- und Flächenkategorien / Kriterien: Siedlung und andere Nutzung - CORINE (Auflösung 100x100m) und Infrastruktur-(z. B. Straßen, Schienen, Stromleitungen) und Sonderflächendaten (Naturschutzgebiete) Basis-DLM und DLM 250 des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie.	(S. 6) Zur Potenzialanalyse werden verschiedene Datensätze mit räumlichem Bezug verwendet, weitere Angaben wurden nicht gemacht Nutzungs- und Flächenkategorien / Kriterien für EE-Sparten mit Raumwirkung werden über Landbedeckungstypen als Rasterdaten abgebildet Solarenergie: PV auf Freiflächen Ausschluss: - Schutzgebiete - Steigung > 2.1 % Anteilig nutzbar: - Landwirtschaftliche Flächen 0,03 %

	Potentiale der Windenergie an Land Studie zur Ermittlung der bundesweiten technisch-ökologischen Flächen- und Leistungspotentiale der Windenergienutzung an Land, UBA 2013	Studie zum Potenzial der Windenergienutzung an Land Kurzfassung, BWE 2011	Möglichkeiten und Grenzen der Integration verschiedener regenerativer Energiequellen zu einer 100% regenerativen Stromversorgung der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2050, SRU 2010
	<ul style="list-style-type: none"> - Freileitungen +120m BfN Schutzgebiete: - Nationalpark +200m - Naturschutzgebiet +200m - Vogelschutzgebiet/SPA +200m - Feuchtgebiete nach Ramsar-Konvention - Biosphärenreservate Kern-/Pflegezone - FFH-Gebiete (+200m LRT Fledermäuse) - Geschützte Landschaftsbestandteile - Landschaftsschutzgebiet (mit 75% Ausschluss) BfN Biotopverbund - Flächen mit länderübergreifender Bedeutung Waldfunktionenkartierung der Bundesländer Schallschutzbezogenen Abstandsflächen zu Wohnbebauung Digitale Geländemodell (DGM) 25 - Hangneigung Nicht nutzbare Windfelder auf der Grundlage von Wetterdaten und dem Relief 		<ul style="list-style-type: none"> - Grünland 0,03 % - Brach- und spärlich bewachsene Flächen 0,03 % Windenergie an Land Ausschluss: - Schutzgebiete Anteilig Nutzbar: - Wald 0 % - Landwirtschaftliche Flächen 3 % - Strauchland 3 % - Mosaik (Gras/Sträucher/Bäume) 3 % - Landwirtschaftliche Fläche 3 % - Grünland 3 % - Brach- und spärlich bewachsene Flächen 33 % Biomasse Ausschluss: - Schutzgebiete - Steigung > 60 % Anteilig Nutzbar: - Wald, landwirtschaftliche Flächen, Grünland - Siedlungsflächen - Bevölkerungsdichte
Weitere potenzielle Daten und Kategorien mit Restriktionswirkung die nicht verwendet werden konnten			
	<p>(S. 9f)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biosphärenreservate Entwicklungszone - Naturpark - Naturdenkmal - Wasserschutz- und Überschwemmungsgebiete. - Betrieb ziviler und militärischer Funk- oder Radaranlagen - sowie weitere militärische Belange - Aspekte des besonderen Artenschutzes - Aspekte der Planungs- und Genehmigungspraxis - 	Keine Angaben	Keine Angaben

	<p>Potentiale der Windenergie an Land</p> <p>Studie zur Ermittlung der bundesweiten technisch-ökologischen Flächen- und Leistungspotentiale der Windenergienutzung an Land, UBA 2013</p>	<p>Studie zum Potenzial der Windenergienutzung an Land</p> <p>Kurzfassung, BWE 2011</p>	<p>Möglichkeiten und Grenzen der Integration verschiedener regenerativer Energiequellen zu einer 100% regenerativen Stromversorgung der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2050, SRU 2010</p>
<p>Anmerkungen zur gewählten Vorgehensweise</p>			
	<p>Es wurden vereinfachte Annahmen getroffen, welche für die Analyseebene Bund adäquat sind.</p> <p>Artenschutzrechtliche Risiken werden thematisiert aber deren Auswirkungen auf die Größe des realisierbaren Potenzials nicht quantifiziert. Das gleiche gilt für die Einflüsse der Planungs- und Genehmigungspraxis.</p> <p>Die Auswahl der zugrunde gelegten Referenzanlagen hat großen Einfluss auf die Ergebnisse.</p> <p>Die gewählte Nabenhöhe und das Verhältnis von Rotordurchmesser zur Generatorleistung bestimmen die Erträge und die Auslastung der Anlagen. Die niedrigen Schallemissionen der gewählten Referenzanlagen haben einen unmittelbaren Einfluss auf den Abstand, der auf Grundlage der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) zu Siedlungsbereichen eingehalten werden muss und bestimmen somit ganz wesentlich das ermittelte Flächenpotenzial, da die Siedlungsabstände allein aus den Schallschutzbestimmungen abgeleitet werden. In der Praxis unterscheiden sich die Schallemissionen zwischen den unterschiedlichen Anlagentypen jedoch erheblich (S. 10).</p>	<p>Nicht berücksichtigt werden die Geländetopographie, lokale Restriktionen und weitere potenzielle Hemmnisse wie der Artenschutz</p>	<p>Die Flächennutzungsgrade können für die Entwicklung unterschiedlicher Szenarien diskutiert und variiert werden (z.B. Agrarflächen und Waldflächen für die Windenergienutzung, Agrarflächen und Grünland für die Solarenergienutzung mit Photovoltaikanlagen).</p>
<p>Stärken und Schwächen in Bezug zum BBSR-Vorhaben</p>	<p>Stärken:</p> <p>Durch die Platzierung von Stark-/ Schwachwindanlagen in den Potenzialflächen, lassen sich aus den Flächenpotenzialen sehr genaue Energiepotenziale ableiten.</p> <p>Schwächen:</p> <p>Die in der Methodik angelegte Berücksichtigung einer anteiligen Nutzung von Flächen in LSG (25%) wird in der Analyse nicht wirksam. Da durch die Überlagerung von Flächenkategorien bereits mehr als 75 % der LSG-Flächen durch andere Tabukategorien ausgeschlossen wurden, sind LSG quasi nicht in die Ermittlung der Potenzialflächen eingegangen.</p> <p>Es erfolgt keine Berücksichtigung von Restriktionen und Gunstfaktoren aus der Raumordnung.</p> <p>Die nicht als Tabuflächen eingestuft Flächenkategorien sind häufig mit Restriktionen belegt, die eine vollständige Nutzung in der Regel ausschließen. Dieser Umstand wird nicht quantifiziert, so dass sehr hohe Flächenpotenziale ausgewiesen werden. Gleichzeitig wird deutlich gemacht, dass diese Potenziale tatsächlich nur zu geringen Teilen</p>	<p>Stärken:</p> <p>Sehr genaue Berechnung der Energiepotenziale durch Platzierung von Windenergieanlagen in den Potenzialflächen.</p> <p>Schwächen:</p> <p>Es erfolgt keine Berücksichtigung von Raumordnungsaspekten.</p> <p>Die raum- und umweltbezogenen Nutzungsrestriktionen werden nur sehr pauschal und vielfach unzureichend berücksichtigt.</p>	<p>Stärken:</p> <p>Prozentuale Angabe der nutzbaren Anteile erleichtert die Berechnung von Flächenpotenzialen.</p> <p>Quantitative Berücksichtigung von Restriktionsflächen.</p> <p>Schnelle Berechnungszeiten für unterschiedliche Szenarien</p> <p>Schwächen:</p> <p>Die Analyse wurde nicht flächenscharf durchgeführt, das ist auf der Betrachtungsebene nicht möglich.</p> <p>Es erfolgt keine Berücksichtigung von Raumordnungsaspekten.</p>

	<p>Potentiale der Windenergie an Land Studie zur Ermittlung der bundesweiten technisch-ökologischen Flächen- und Leistungspotentiale der Windenergienutzung an Land, UBA 2013</p>	<p>Studie zum Potenzial der Windenergienutzung an Land Kurzfassung, BWE 2011</p>	<p>Möglichkeiten und Grenzen der Integration verschiedener regenerativer Energiequellen zu einer 100% regenerativen Stromversorgung der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2050, SRU 2010</p>
	<p>nutzbar sein werden, ohne diesen Teil zu quantifizieren. Dem gegenüber stellt die konkrete Platzierung von Anlagen eine unverhältnismäßige Genauigkeit dar.</p>		

Tabelle 26 Ergebnisse der Kurzrecherche von vier Landespotenzialstudien

	Potenzialstudie Erneuerbarer Energien NRW Teil 1 Windenergie, LANUV 2012	Erneuerbare Energien - Windenergie Potenziale in Brandenburg 2030, IÖW 2012 mit Bezug zu Bode et al. 2009	Potenzialatlas Erneuerbare Energien LUBW 2012 (online)	Windpotenzialstudie Saarland Kurzfassung des überarbeiteten Endberichts, ALPRO 2011
Zentrale Zielstellungen	Allgemein sollen umweltverträgliche Potenziale der EE-Sparten ermittelt werden. (S. 15) Für den Bereich Windenergie soll die Analyse das machbare Potenzial zum Ausbau der in NRW ermitteln. (S. 19)	Ermittlung von szenariobasierten erschließbaren (technischen), unter Berücksichtigung theoretisch-technischer sowie ökonomischer Potenzialen erneuerbarer Energien und aller Energiepfade bis 2030 (S. 18)	Ermittlung des „Technischen Windenergiepotenzials“ im Sinne geeigneter Flächen und des möglichen Energieertrags Ermittlung der Solarenergie sowie die Wasserkraft	Ermittlung des theoretischen und realisierbaren Windertrag (Windpotenzial und Flächenpotenzial) (S. 7) Aufgabe ist es grundsätzliche Potenziale aufzuzeigen und Grundlagen für Entscheidungsprozesse zu liefern (S. 14)
Methodische Ansätze	Analyseansatz			
GIS-gestützte Windpotenzial- (technisches) und parallele Flächenpotenzialanalyse über Szenarien (S. 19ff.) - Gutachterliche Entwicklung eines Kriterienkatalogs von Landnutzungen mit Ausschluss- und Einzelfallprüfungsbereichen in Abstimmung weiteren Akteuren - Verschneidung von Tabu-, Eignungs- und Einzelfallprüfungsflächen sowie Windfeldern zur Ermittlung von Flächenpotenzialen (Standortscharf) - Potenzialflächen werden eine schalloptimierte Berechnung unterzogen um flexible Abstände zu Wohngebäuden zu berücksichtigen - Berechnung von Stromerträgen anhand von Windfeldern (Standortscharf) Detailgrad: kommunale Ebene (1:50.000)		Auswertung von bestehenden Studien Die Studien für die Windenergie nutzen GIS-basierte Raumanalyse	Windenergie GIS-gestützte Verschneidung von Windpotenzialen mit Flächenpotenzialen - anhand von 4 Eignungsklassen. in Verbindung mit einer standortgenauen Platzierung von WEA in überwiegend oder bedingt geeigneten Gebieten zur Ermittlung installierbarer Leistung und des Ertrags. Umfangreicher Kriterienkatalog. PV und Wasserkraft PV-Freifläche: GIS-gestützte Verschneidung von Eignungsflächen (EEG-Vergütung) mit Ausschlussflächen PV-Dachfläche: Ableitung des Neigungswinkels und der Dachfläche aus Laserscandaten Wasserkraft: Prüfung von Einzelstandorten (WKA, Regelungs-, Sohlenbauwerke)	GIS-gestützte Analyse der Windpotenziale nach dem Grundsatz: Eignungsflächen (ausreichendes Windpotenzial) abzüglich der für WEA nicht in Frage kommenden Flächen (Ausschlussflächen) (S.14) Szenarien in Abhängigkeit der durch die Windparkgröße und genutzten Anlagentypen bedingten Schallemissionen und nötigen Abstandsflächen zu Wohnbebauung (S. 19)
Bewertung der Flächeneignung				
Tabu-, Eignungs- und Einzelfallprüfung Szenarioansatz – unterschiedliche Bewertung der Restriktivität ausgewählter Kategorien (bspw. Waldflächen) schalloptimierte Betrachtung (S. 75ff.)		Unterscheidung von Tabu- und Restriktionsflächen in zwei Stufen	Windenergie: Unterscheidung von überwiegend oder bedingt geeigneten und überwiegend ungeeigneten Gebieten. PV-Freifläche: Unterscheidung von Ausschlussflächen und technisch nutzbaren Flächen	Nutzungs- und Flächenkategorien werden in zwei Kategorien mit Ausschlusscharakter unterteilt (S. 14): 1. „Harte“ Ausschlussflächen, die für eine Nutzung durch Windenergie grundsätzlich nicht in Betracht kommen. 2. „Weiche“ Ausschlussflächen, die aufgrund politischer oder öffentlicher Willensbildung für die Nutzung durch Windenergie entfallen.

	Potenzialstudie Erneuerbarer Energien NRW Teil 1 Windenergie, LANUV 2012	Erneuerbare Energien - Windenergie Potenziale in Brandenburg 2030, IÖW 2012 mit Bezug zu Bode et al. 2009	Potenzialatlas Erneuerbare Energien LUBW 2012 (online)	Windpotenzialstudie Saarland Kurzfassung des überarbeiteten Endberichts, ALPRO 2011
Verwendete Flächenkategorien und deren Bewertung				
	<p>Ausschließlich landesweit verfügbare Daten (S. 19)</p> <p>Nutzungs- und Flächenkategorien / Kriterien (Anhang 1):</p> <p>Basis-DLM (Digitales Landschaftsmodell) ATKIS – Flächennutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Siedlungsbereiche (Ortslagen) inkl. 600m Puffer - Wohnnutzung im Außenbereich inkl. 450m Puffer - Gewerbe- und Industrieansiedlungsbereiche - Infrastruktur (Straße, Schiene, Freileitung, Flughäfen) inkl. Puffer - fließende und stehende Gewässer (ohne Puffer) - Laub-, Misch- und Nadelholzwälder sowie Windwurfflächen, Naturwaldzellen, Saatgutbestände, Versuchsflächen, Wildnisgebiete (nicht in allen Szenarien) <p>Schutzgebiete:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nationalpark - Naturschutzgebiet +300m - gesetzlich geschützte Biotope - FFH-Gebiete +300m - Vogelschutzgebiete +300m - Wasserschutzgebiete nach Schutzzonen <p>Landesplanung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bereiche für den Schutz der Natur - Abgrabungsbereiche inkl. Nachnutzung - Aktuelle Braunkohletagebauflächen - Überschwemmungsgebiete <p>Windfeldkarten (S. 31ff.)</p> <ul style="list-style-type: none"> - in Höhen von 100m, 125m, 135m und 150m 	<p>Analyse von Windenergiepotenzialen (Bode et al. 2009)</p> <p>Nach Bode et al. 2009 Nutzungs- und Flächenkategorien mit Ausschlusscharakter:</p> <p>Restriktionsstufe 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Siedlungen + 1.000m Abstand - Wirtschaftsflächen - Gewerbeflächen - Verkehrsinfrastruktur - Gewässerflächen - Sumpf- und Mooregebiete - Wälder <p>Restriktionsstufe 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Natura 2000 FFH-Gebiete - Natura 2000 SPA-Gebiete + 1.000m Abstand - Nationalparks + 1.000m Abstand - Biosphärenreservate - Naturschutzgebiete + 1.000m Abstand - Landschaftsschutzgebiete 	<p>Windenergie anhand eines Kriterienkatalogs mit den Kategorien und Datengrundlagen:</p> <p>Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wohngebiete + 700 m (i.S.v. Wohnhaus, Wohn- und Betriebsgebäude, Wohn- und Bürogebäude, Wohn- und Geschäftshaus, Wohn- und Verwaltungsgebäude, Wohn- und Wirtschaftsgebäude) - Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten +1.000 m (i.S.v. Altersheim, Krankenhaus, Kurmittelgebäude, Sanatoriumsgebäude) <p>Digitales Landschaftsmodell (DLM):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mischgebiete + 450 m - Industrie- und Gewerbegebiete + 250 m - Grün- und Erholungsflächen (i.S.v. Siedlungsfreifläche (Sportanlage, Freizeitanlage, Friedhof, Grünanlage, Campingplatz), überlagerte Siedlungsfreiflächen (Freilichttheater, Freilichtmuseum, Stadion, Sportplatz, Schießstand, Schwimmbad/Freibad, Freizeitpark/Safaripark/Wildgehege, Auto- kino/Freilichtkino, Golfplatz) - Bundesautobahn +100m - Bundes- und Landesstraßen +40m - Kreisstraßen +30m - Schienenstrecken +50m - Flughäfen, Verkehrslandeplätze, Segelflugplätze +1.000m - Sonderbauflächen Bund (z.B. Einrichtungen der Bundeswehr) (Abstände im Einzelfall) - Binnen- und Fließgewässer +10m - Hochspannungsleitungen +100m - Konzession/Abbaustandorte für oberflächennahe Rohstoffe 	<p>(Anhang I)</p> <p>„Harte“ Kriterien</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wohnbebauung (Wohngebäude) inkl. Abständen unterschieden nach Ortslage und allgemeiner Außenbereich zwischen 350m und 1.300m (über eine Schallemissionsanalyse festgelegt) - Wirtschafts- und Verwaltungsgebäude +20m - Naturschutzgebiete +200m - FFH-Gebiete +200m - Vogelschutzgebiete - Bundesautobahnen, Bundesstraßen, Landstraßen, Fahrbahnen +100m - Kreisstraßen +50m - Gemeindestraßen, Fahrwege +20m - Plätze, Busbahnhöfe, sonstige Verkehrsflächen +100m - Schienenbahnen, Seilbahnen, Bahnhofsanlagen (Bahnhöfe, Haltestellen, Haltepunkte) +100m - Flughäfen, Flugplätze, Rollbahnen +500m - Häfen, Anlegestellen +20m - Freileitungen, Funkmasten, Antennenmasten, Sendemasten +100m - Gewässer (Ströme, Flüsse, Bäche, Kanäle, Binnenseen) +50m - Bereiche mit starken Hangneigungen (> 30 Grad) <p>„Weiche“ Kriterien</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wald- und Gehölzflächen (ohne weitere Erläuterung)

	Potenzialstudie Erneuerbarer Energien NRW Teil 1 Windenergie, LANUV 2012	Erneuerbare Energien - Windenergie Potenziale in Brandenburg 2030, IÖW 2012 mit Bezug zu Bode et al. 2009	Potenzialatlas Erneuerbare Energien LUBW 2012 (online)	Windpotenzialstudie Saarland Kurzfassung des überarbeiteten Endberichts, ALPRO 2011
			LUBW: <ul style="list-style-type: none"> - Geowissenschaftliches Gemeinschaftsobservatorium Schiltach +3km Radius - Nationalpark - Naturschutzgebiete, bestehend und im Verfahren - Ohne Angabe: - Europäische Vogelschutzgebiete mit Vorkommen windkraftempfindlicher Arten - Rast- und Überwinterungsgebiete von Zugvögeln mit internationaler und nationaler Bedeutung - Bann- und Schonwälder - Wasser- u. Heilquellenschutzgebiete Zone I (bestehend und im Verfahren) - Biosphärengebiet - Kernzone Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA): <ul style="list-style-type: none"> - Auerhuhnrelevante Flächen (Kategorie 1) Weitere Daten: <ul style="list-style-type: none"> - Windgeschwindigkeiten von min. 5,5 in 140 m Höhe PV-Freiflächen: Digitales Geländemodell und EEG-Flächenkulisse (Korridore an Bundesautobahnen und Schienenwegen, Konversionsflächen im Sinne von Altlasten und Deponien) unter Ausschluss bestimmter Nutzungskategorien PV-Dachfläche: Laserscandaten (ALS) in Verbindung mit Automatisierten Liegenschaftskarte und digitalen Orthofotos sowie der mittleren jährlichen Globalstrahlung	

	Potenzialstudie Erneuerbarer Energien NRW Teil 1 Windenergie, LANUV 2012	Erneuerbare Energien - Windenergie Potenziale in Brandenburg 2030, IÖW 2012 mit Bezug zu Bode et al. 2009	Potenzialatlas Erneuerbare Energien LUBW 2012 (online)	Windpotenzialstudie Saarland Kurzfassung des überarbeiteten Endberichts, ALPRO 2011
	<p>Kategorien die nicht berücksichtigt wurden, da Daten nicht oder nicht landesweit vorlagen (S. 70 und Anhang 1):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Militärische Flächen - Sendeanlagen - Bauschutzbereiche - Baudenkmale, Bodendenkmale - Reservegebiete für den oberirdischen Abbau nichtenergetischer Bodenschätze - Nachnutzung von Aufschüttungen und Ablagerungen - Flächen vorlaufend zum Braunkohletagebau - Rekultivierte Braunkohletagebauflächen - Naturdenkmal, Nationale Naturmonumente - Regionale Grünzüge - Bereiche für den Schutz der Landschaft und die landschaftsorientierte Erholung - Geschützte Landschaftsbestandteile - Landschaftsschutzgebiet - Landschaftsbild - Artenschutz - Schwerpunktbereiche windenergieempfindlicher und europarechtlich relevanter Vogelarten und Fledermäuse - Standortgerechte Laubwälder - Prozessschutzflächen - Zuwegung im Wald - Netzanbindung - Laufenden Flurbereinigungsverfahren 		<p>Ohne Berücksichtigung blieben auf Grund von mangelnder Datenverfügbarkeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bauschutzbereiche Flughäfen, Verkehrslandeplätze, Segelflugplätze - 700m Pufferzone um Europäische Vogelschutzgebiete mit Vorkommen windkraftempfindlicher Arten - 700m Pufferzone um Rast- und Überwinterungsgebiete von Zugvögeln mit internationaler und nationaler Bedeutung - Europäische Vogelschutzgebiete ohne Vorkommen windkraftempfindlicher Arten - Nationale Naturmonumente - geplanten Bauflächen - das Landschaftsbild - der Denkmalschutz - regionalplanerische Festlegungen (z.B. Grünzüge) - der nicht-gebietsbezogene Artenschutz - der Generalwildwegeplan - Bodenschutzwälder - Erholungswälder mit Rechtsverordnung - militärische Nachtiefflugstrecken Hub-schrauber - Wetterradarstation Feldheim und Türkheim +15km Radius - sowie der behördliche und private Richtfunk <p>LUBW:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 200m Pufferzone um Nationalparke - 200m Pufferzone um Naturschutzgebiete (bestehend und im Verfahren) - 200m Pufferzone um Bann und Schonwälder - 200m Pufferzone um Biosphärenreservat-Kernzone - Biosphärenreservat-Pflegezone 	

	Potenzialstudie Erneuerbarer Energien NRW Teil 1 Windenergie, LANUV 2012	Erneuerbare Energien - Windenergie Potenziale in Brandenburg 2030, IÖW 2012 mit Bezug zu Bode et al. 2009	Potenzialatlas Erneuerbare Energien LUBW 2012 (online)	Windpotenzialstudie Saarland Kurzfassung des überarbeiteten Endberichts, ALPRO 2011
			<ul style="list-style-type: none"> - Flächenhafte Naturdenkmale - Gesetzlich geschützte Biotope (Offenland, Wald) - Wasser- u. Heilquellenschutzgebiete Zone II (bestehend und im Verfahren) und Überschwemmungsgebiete - Landschaftsschutzgebiet - FFH-Gebiet FVA: <ul style="list-style-type: none"> - Auerhuhnrelevante Flächen (Kategorie 2-3) 	
Anmerkungen zur gewählten Vorgehensweise				
	<p>Der Ursprung der Daten ist nicht umfassend dokumentiert.</p> <p>Eine Projektbegleitende Arbeitsgruppe gestaltete den Kriterienkatalog mit.</p> <p>LSG stellen weder Ausschluss noch eine Restriktion dar.</p> <p>Im Resultat entfällt auf die Einzelfallprüfungsbereiche kein Gewicht, da genug Eigentumsflächen vorliegen. Es bedarf keiner Quantifizierung der Restriktionsflächen (Überlagerung von Restriktionsflächen – Dichte, keine Konsequenz).</p> <p>Aussagen zu Flächen- und Ertragspotenzialen für NRW sind auf Ebene der Planungsregionen, Kreise und Gemeinden möglich.</p> <p>Es ist eine Mindestgröße von 1ha und Bündelung als Leitschnur vorgegeben. Windparkflächen müssen umfassen mindestens drei Windenergieanlagen fassen können.</p> <p>Die Art der Einbindung von Experten in die Erstellung des Kriterienkatalogs und dessen Bewertung bleiben unklar.</p>	<p>Es werden ausschließlich Angaben aus bestehenden Studien für Brandenburg ausgewertet.</p>	<p>Windenergie:</p> <p>Nicht alle wünschenswerten Datengrundlagen/ Informationen waren verfügbar bzw. quantifizierbar.</p> <p>Detaillierte lokale Gegebenheiten wurden nicht betrachtet.</p> <p>Der Potenzialatlas und seine kartographischen Übersichtsdarstellungen werden deshalb teilweise sehr vereinfacht.</p> <p>Es sollten Zugkonzentrationskorridore von windkraftempfindlichen Vögeln oder Fledermäusen (soweit bekannt und fachlich konkretisiert) berücksichtigt werden, dies war aber aufgrund fehlender Daten nicht möglich.</p>	<p>Es wird darauf verwiesen, dass es nicht Aufgabe dieser Studie ist, der detaillierten Willensbildung, die zur Festlegung von Ausschlussflächen führt, vorzugreifen, sondern vielmehr grundsätzliche Potenziale aufzuzeigen und Grundlagen für Entscheidungsprozesse zu liefern.</p> <p>Kriterienkatalog in einem diskursiven Es soll also absichtlich kein Verfahren erstellt werden, dies wird aber für weitere Studien für nötig erachtet!</p> <p>Weiche - Ausschlussflächen, die aufgrund politischer oder öffentlicher Willensbildung für die Nutzung durch Windenergie entfallen, wurden nicht berücksichtigt</p>

	Potenzialstudie Erneuerbarer Energien NRW Teil 1 Windenergie, LANUV 2012	Erneuerbare Energien - Windenergie Potenziale in Brandenburg 2030, IÖW 2012 mit Bezug zu Bode et al. 2009	Potenzialatlas Erneuerbare Energien LUBW 2012 (online)	Windpotenzialstudie Saarland Kurzfassung des überarbeiteten Endberichts, ALPRO 2011
Stärken und Schwächen in Bezug zum BBSR-Vorhaben	<p>Stärken: Es wird ein umfangreicher Kriterienkatalog verwendet. Es werden Restriktionsflächen mit erforderlicher Einzelfallprüfung ausgewiesen. Die Potenzialflächen werden mit Hilfe eine schalloptimierte Berechnung und flexiblen Abstände zu Wohngebäuden ermittelt. Standortscharfe Ermittlung der Energiepotenziale auf den Potenzialflächen. Es erfolgt eine Berücksichtigung von Restriktionen und Gunstfaktoren aus der Raumordnung.</p> <p>Schwächen: Die Datenwahl und Erstellung des Kriterienkatalogs ist nicht ausreichend transparent dokumentiert. Dies mindert die Nachvollziehbarkeit der Analyse und die Interpretationsmöglichkeiten der Ergebnisse. Die in der Methodik angelegte Berücksichtigung von Flächen mit erforderlicher Einzelfallprüfung bleibt am Ende zweckfrei, da ausreichend restriktionsfreie Potenzialflächen vorliegen.</p>	<p>Stärken: Unterscheidung zwischen zwei Restriktionsstufen.</p> <p>Schwächen: Der Kriterienkatalog umfasst lediglich die wichtigsten Grundlagendaten. Es werden keine landesspezifischen Daten oder Informationen zu Restriktionen und Gunstfaktoren aus der Raumordnung beachtet.</p>	<p>Stärken: Es wird ein umfangreicher Kriterienkatalog verwendet der eine differenzierte Analyse unter Berücksichtigung landesspezifischer Flächenkategorien erlaubt.</p> <p>Die Flächenkategorien werden anhand von 4 Eignungsklassen bewertet. Dies erlaubt eine differenzierte Analyse der Potenziale.</p>	<p>Stärken: Berücksichtigung von harten und weichen Ausschlusskriterien, die eine abgestufte Potenzialanalyse erlauben.</p> <p>Schwächen: Der Kriterienkatalog wurde ausschließlich von den Gutachtern erarbeitet und nicht mit weiteren Akteuren Diskutiert. Der Datenkatalog weist einen geringen Umfang auf und beinhaltet keine landesspezifischen Informationen.</p>

3 Überblick der Ausbauziele und -pfade für erneuerbare Energien auf Bundesebene bis 2030/32

Als Grundlage der Betrachtung dienen die **drei von der Bundesregierung veröffentlichten Ausbaupfade** [Bund 2010a], [BMU 2012b], [Prognos, EWI, GWS 2011] in ihrer jeweils aktuellsten Fassung. Von diesen drei Ausbaupfaden wird pro Energieträger jeweils geprüft, in welchem Szenario für 2030 das weitestgehende langfristige Ausbauziel enthalten ist. Hinzu kommt das Szenario aus [ÜNB 2011] mit dem Bezugszeitpunkt 2032.

In der nachfolgenden Tabelle 27 wurden die ausgewählten Ausbaupfade mit ihren Zielvorstellungen sowie weitere veröffentlichte Szenarien miteinander nach folgenden Kriterien miteinander verglichen:

- 1.) Ist die Bereitstellung eines bestimmten prozentualen Flächenanteils an der Landesfläche für die Zielerreichung vorgesehen?
(Dies war in keiner der bundesweit verglichenen Szenarien, Zielsetzungen und Konzepte der Fall.)
- 2.) Ist eine bestimmte installierte Gesamtleistung in GW für alle bzw. einzelne erneuerbare Energien vorgesehen, wenn ja welche?
- 3.) Ist eine bestimmte Jahresstromerzeugung in GWh für alle bzw. einzelne erneuerbare Energien vorgesehen, wenn ja welche?
- 4.) Wird die Bereitstellung und Deckung eines bestimmten prozentualen Anteils des deutschen Strombedarfs vorgesehen?
- 5.) Wird die Bereitstellung und Deckung eines bestimmten prozentualen Anteils des deutschen Wärmebedarfs vorgesehen?
- 6.) Wird die Bereitstellung und Deckung eines bestimmten prozentualen Anteils des deutschen Endenergiebedarfs im Verkehrssektor vorgesehen?
- 7.) Wird die Bereitstellung und Deckung eines bestimmten prozentualen Anteils des deutschen Endenergiebedarfs insgesamt vorgesehen?
- 8.) Wird die Bereitstellung und Deckung eines bestimmten prozentualen Anteils des deutschen Primärenergiebedarfs insgesamt vorgesehen?
- 9.) Besteht ein bestimmtes prozentuales Ziel zur Reduzierung der klimarelevanten Treibhausgasemissionen im Vergleich zu einem bestimmten Bezugsjahr?
- 10.) Gibt es konkrete Ziele zur Dezentralisierung der Energieversorgung? (Dies war in keiner der bundesweit verglichenen Szenarien, Zielsetzungen und Konzepte der Fall.)
- 11.) Besteht ein bestimmtes prozentuales Ziel zur Reduzierung des Primärenergieverbrauchs im Vergleich zu einem bestimmten Bezugsjahr?

Sofern sich die Ziele zum Ausbau erneuerbarer Energien auf prozentuale Anteile an der Stromversorgung oder der Energieversorgung beziehen, sind auch die Minderungsziele hinsichtlich des Energieverbrauchs von großer Bedeutung, sofern diese nach den Energieformen Strom, Wärme und Kraftstoffe differenzieren. Beim konkreten Vergleich der Studien zeigte

sich allerdings, dass in allen relevanten Fällen auch konkrete Angaben pro Energieträger enthalten waren, welche installierte Leistung zukünftig vorhanden sein sollte und welchen Beitrag diese zur zukünftigen Stromversorgung leisten soll (Punkte 2 und 3). Durch eine Gegenüberstellung dieser konkreten Angaben kann nachfolgend konkret überprüft werden, ob das Erreichen der genannten Mengenziele hinsichtlich Leistung und Stromerzeugung raumverträglich umgesetzt werden könnte. Ein Vergleich mit Prozentwerten des Strombedarfs kann an dieser Stelle dagegen entfallen.

Da sich der Arbeitsauftrag ausschließlich auf den Stromsektor bezieht, werden die Punkte 5 und 6 nicht weiter betrachtet. Auch die globaleren Punkte 7 bis 11 spielen bei einer alleinigen Betrachtung der potenziell raumverträglichen Stromversorgung keine Rolle mehr, da sie keine konkreten Aussagen zum Stromsektor enthalten. Vor diesem Hintergrund konzentriert sich die weitere Studie auf das raumverträgliche Erreichen der in Tabelle 27 und Tabelle 28 aufgeführten Kennwerte.

Tabelle 27 Zielgrößen zum Ausbau der Leistung von Anlagen zur Stromerzeugung erneuerbarer Energien in den relevanten Veröffentlichungen der Bundesregierung

Energieträger	Ausbau-stand 2011 [BMU 2012a]	Gesamtleistung nach Nationaler Aktionsplan EE [Bund 2010a]	Gesamtleistung nach Energieszenarien 2011 - Szenario Ausstieg [Prognos, EWI, GWS 2011]	Gesamtleistung nach Leitstudie 2010, Basisszenario A [BMU 2012b]	Gesamtleistung nach NEP-Szenario B [ÜNB 2011]	weitestgehender Ausbaupfad ca. 2030 (hier relevant)
Wasserkraft	4,401 GW	2020: 4,3 GW	2020: 5,2 GW, 2030: 5,4 GW*	2020: 4,70 GW 2030: 4,92 GW 2050: 5,20 GW	2022: 4,7 GW 2032: 4,9 GW	5,4 GW (2030)
Bioenergie	5,313 GW ⁸ 5,479 GW ⁹ 7,179 GW ¹⁰	2020: 8,825 GW ¹⁰	2020: 6,5 GW, 2030: 7,2 GW	2020: 7,00 GW ⁸ 2030: 8,03 GW ⁸ 2050: 8,40 GW ⁸	2022: 8,4 GW ⁹ 2032: 9,4 GW^{9*}	9,4 GW ⁹ (2032)
Geothermie	0,0075 GW	2020: 0,298 GW	2020: 0,1 GW, 2030: 0,3 GW	2020: 0,30 GW 2030: 1,00 GW* 2050: 2,95 GW	unter „sonstige“ nicht separat ausgewiesen	1 GW (2030)
Wind-energie an Land	29,075 GW	2020: 35,75 GW	2020: 34,0 GW, 2030: 35,8 GW	2020: 39,47 GW 2030: 43,73 GW 2050: 50,80 GW	2022: 47,5 GW 2032: 64,5 GW*	64,5 GW (2032)
Wind-energie offshore		2020: 10 GW	2020: 9,4 GW, 2030: 16,7 GW	2020: 10,00 GW 2030: 23,50 GW 2050: 32,00 GW	2022: 13,0 GW 2032: 28,8 GW*	28,8 GW (2032)
Solar-energie	24,820 GW	2020: 51,753 GW	2020: 33,3 GW, 2030: 43,1 GW	2020: 53,50 GW 2030: 61,02 GW 2050: 67,21 GW	2022: 54,0 GW 2032: 65,0 GW*	65 GW (2032)
Erneuer-bare Energien gesamt	65.483 GW ¹⁰	2020: 110,934 GW	2020: 90,3 GW 2030: 110,3 GW	2020: 116,8 GW ¹⁰ 2030: 147,8 GW ¹⁰ 2050: 179,0 GW ¹⁰	2022: 129,8 GW ⁹ 2032: 174,4 GW ⁹	176 GW ⁸ (2030/32)

* Der weitestgehende Ausbaupfad ist jeweils **fett** hervorgehoben.

Die Szenarien für den Netzentwicklungsplan wurden lediglich als Leistungen näher berechnet, für die konkreten Stromerzeugungsmengen gibt es aufgrund der noch nicht definierten Standorte und spezifischen Erträge nur eine Abschätzung der erzeugten Strommengen, diese wer-

⁸ ohne Klär- und Deponiegas sowie ohne biogene Abfälle

⁹ einschl. Klär- und Deponiegas, aber ohne biogene Abfälle

¹⁰ einschließlich Klär- und Deponiegas sowie biogene Abfälle

den in Tabelle 28 mit aufgeführt. Für die Mehrzahl der Technologien bedeuten diese Werte das Maximum beim angestrebten Ausbau der erneuerbaren Energien.

Tabelle 28 Zielgrößen zum Ausbau der jährlichen Stromerzeugung aus erneuerbarer Energien in den relevanten Veröffentlichungen der Bundesregierung

Energieträger	Ausbau-stand 2011 ¹¹ [BMU 2012a]	Stromerzeugung nach Nationaler Aktionsplan EE [Bund 2010a]	Stromerzeugung nach Energieszenarien 2011 - Szenario Ausstieg [Prognos, EWI, GWS 2011]	Stromerzeugung nach Leitstudie 2010, Basisszenario A [BMU 2012b]	Stromerzeugung nach NEP-Szenario B [ÜNB 2011]	weitestgehender Ausbaupfad ca. 2030 (hier relevant)
Wasserkraft ¹²	19,5 TWh	2020: 20 TWh	2020: 20,0 TWh, 2030: 24,0 TWh*	2020: 22,30 TWh 2030: 23,42 TWh 2050: 25,04 TWh	2022: 21,8 TWh 2032: 22,7 TWh	24,0 TWh (2030)
Bioenergie	30,2 TWh ¹³ 31,92 TWh ¹⁴ 36,92 TWh ¹⁵	2020: 48.457 TWh ¹⁵	2020: 37,9 TWh, 2030: 42,5 TWh	2020: 42,31 TWh ¹³ 2030: 49,54 TWh ¹³ 2050: 51,84 TWh ¹³	2022: 47,1 TWh ¹⁴ 2032: 52,7 TWh^{14*}	52,7 TWh ¹⁴ (2032)
Geothermie	0,019 TWh	2020: 1,654 TWh	2020: 0,9 TWh, 2030: 2,0 TWh	2020: 1,66 TWh 2030: 6,50 TWh* 2050: 19,18 TWh	k. A.	6,5 TWh (2030)
Windenergie an Land	45,94 TWh	2020: 72,664 TWh	2020: 69,4 TWh, 2030: 77,4 TWh	2020: 81,86 TWh 2030: 100,57 TWh 2050: 132,10 TWh	2022: 99,8 TWh 2032: 135,5 TWh*	135,5 TWh (2032)
Windenergie offshore	0,56 TWh	2020: 31,771 TWh	2020: 32,0 TWh, 2030: 63,5 TWh	2020: 32,95 TWh 2030: 89,30 TWh 2050: 128,0 TWh	2022: 42,3 TWh 2032: 91,0 TWh*	91 TWh (2032)
Solarenergie	19,0 TWh	2020: 41,389 TWh	2020: 32,0 TWh, 2030: 41,4 TWh	2020: 45,09 TWh 2030: 55,20 TWh* 2050: 63,83 TWh	2022: 43,2 TWh 2032: 52,0 TWh	55,2 TWh (2030)
Erneuerbare Energien gesamt	121,9 TWh ¹⁵	2020: 216,935 TWh	2020: 198,7 TWh, 2030: 257,7 TWh	2020: 234,48 TWh ¹⁵ 2030: 350,60 TWh ¹⁵ 2050: 488,72 TWh ¹⁵	2022: 266,4 TWh ¹⁴ 2032: 370,0 TWh ¹⁴	374,6 TWh ¹³ (2030/32)

* Der weitestgehende Ausbaupfad ist jeweils **fett** hervorgehoben.

¹¹ reale Erzeugung des Jahres 2011, nicht witterungsbereinigt

¹² bei Pumpspeichern nur Stromerzeugungsanteil aus natürlichem Zufluss

¹³ ohne biogene Abfälle, Klär- und Deponiegas

¹⁴ einschl. Deponie- und Klärgas, aber ohne biogene Abfälle

¹⁵ einschließlich biogene Abfälle, Klär- und Deponiegas

4 Übersicht der verwendeten Nutzungs- und Flächenkategorien der ATKIS Daten

Tabelle 29 Übersicht der Indikatoren- und Datenbasis zu besondere Nutzungs- und Flächenkategorien auf Bundesebene, zusammengestellt aus den ATKIS-Daten.

Nutzungs-/ Flächenkategorie	"altes" Basis-DLM (Stand 2012) Ebene, Objektart	AAA Basis-DLM (Stand 2012) Ebene, Objektart
Forst- und Waldflächen (ohne besondere Waldfunktionen)	veg03, 4107 Wald, Forst	veg02_f, AX_Wald
stehende Gewässer	gew01, 5112 Binnensee, Stausee, Teich	gew01, AX_StehendesGewaesser
fließende Gewässer	gew01, 5101 Strom, Fluss, Bach 5102 Kanal (Schifffahrt) 5103 Graben, Kanal (Wasserwirtschaft)	gew01, AX_Fliessgewaesser AX_Wasserlauf AX_Kanal
Landwirtschaftliche Fläche	veg01, 4101 Ackerland veg02, 4102 Grünland 4103 Gartenland veg04, 4110 Brachland	veg01, AX_Landwirtschaft (enthält Ackerland, Hopfen, Grünland, Gartenland, Baumschule, Weingarten, Obstplantage)
Moor, Sumpf	veg02, 4105 Moor, Moos veg05, 4106 Sumpf, Ried 4111 Nasser Boden	veg03, AX_Moor AX_Sumpf
Offenland (außer Landwirtschaft) (Gehölze, Heide, unbestimmte und vegetationslose Fläche)	veg02, 4104 Heide veg03, 4108 Gehölz veg04, 4120 Vegetationslose Fläche 4199 Fläche, z.Z. unbestimmbar	veg03, AX_Heide AX_Gehoelz AX_FlaecheZurZeitUnbestimmbar AX_UnlandVegetationsloseFlaeche
reine Wohngebiete	SIE02_F, 2111 Wohnbaufläche	sie02, AX_Wohnbauflaeche

Nutzungs-/ Flächenkategorie	"altes" Basis-DLM (Stand 2012) Ebene, Objektart	AAA Basis-DLM (Stand 2012) Ebene, Objektart
Mischgebiete	SIE02_F, 2113 Fl. gemischter Nutzung 2114 Fl. besonderer funktionaler Prägung	sie02, AX_FlaecheGemischterNutzung AX_FlaecheBesondererFunktionalerPraegung
Siedlungsfreiflächen, Freizeitanlagen	SIE02_F, 2202 Freizeitanlage; SIE03_F komplett (Sportanlagen, Friedhof, Grünanlage, Campingplatz)	sie02, AX_SportFreizeitUndErholungsflaeche AX_Friedhof sie03, AX_BauwerkOderAnlageFuerSportFreizeitUndErholung (Überlagerungsfläche?)
Industrie- und Gewerbegebiete	sie02, 2112 Industrie- und Gewerbefläche	sie02, AX_IndustrieUndGewerbeflaeche AX_Halde AX_Bergbaubetrieb AX_TagebauGrubeSteinbruch
Infrastruktur (Verkehrswege, Flächen an Hochspannungsleitungen, Flughäfen, etc.)	ver01_I / ver01_f, 3101 Straße 3105 Straßenkörper 3103 Platz ver02_I / ver02_f, 3201 Schienenbahn 3205 Bahnstrecke 3202 Seilbahn, Schwebbahn 3204 Bahnkörper 3501 Bahnhofsanlage ver06_I, 3531 Freileitung ver03_f, 3301 Flughafen 3302 Flugplatz, Landeplatz	ver01, AX_Strasse AX_Platz ver03, AX_Bahnstrecke AX_SeilbahnSchwebbahn AX_Bahnverkehr sie03, AX_Leitung ver04, AX_Flugverkehr

5 Flächenkategorien für eine bundesweite Potenzialanalyse mit exemplarischer Bewertung der Konfliktrisikostufen

Die als Geodaten vorliegenden Flächen- und Nutzungskategorien bringen einerseits normative Bindungen und damit verbundene Wertigkeiten zum Ausdruck und bilden auf der anderen Seite spezifische Empfindlichkeiten gegenüber der Nutzung durch Windenergie- und PV-Freiflächenanlagen ab. Abgeleitet aus dem Grad der normativen Bindung und der Indikatorfunktion für die spezifische Empfindlichkeit gegenüber den Wirkungen der EE-Nutzungen ergibt sich die Konfliktrisikostufen bzw. Restriktionsklassen der Nutzungs- und Flächenkategorien. Grundsätzlich gilt, je stärker die normative Bindung einer Nutzungs- oder Flächenkategorie und je empfindlicher die damit verbundenen Raumeigenschaften gegenüber den Wirkungen der einzelnen EE-Nutzungen, desto höher ist deren Konfliktrisikostufe bzw. Restriktionsklasse.

Da die Zusammenhänge aufgrund der bundesweit sehr uneinheitlich gehandhabten Definition der Flächenkategorien sowie des immer noch unvollständigen Wissens über die Wirkungszusammenhänge nicht wissenschaftlich exakt abgeleitet werden können und der erforderlichen Bewertung immer eine gesellschaftliche Abwägung der unterschiedlichen Belange zugrunde liegen muss, wird die nachfolgende Zuordnung der Restriktionsgrad bzw. -klassen lediglich als Vorschlag verstanden, den es breit abzustimmen gilt, um dem Ergebnis der Potentialanalyse eine hohe Gültigkeit zu verleihen.

In diesem Sinne werden nachfolgend zwei Varianten vorgeschlagen. In der ersten Variante wird die normative Bindung der Flächenkategorien in den Vordergrund gestellt und stärker gewichtet. In der zweiten Variante wird zusätzlich die Indikatorfunktion der Flächenkategorien für die konkreten Raumeigenschaften und deren Empfindlichkeiten gegenüber den Wirkungen der EE-Nutzungen in die Bewertung der Konfliktrisikostufen bzw. Restriktionsklassen einbezogen. Die erste Variante (n-Ansatz) nutzt dazu für die Bewertung der Restriktionen eine 3-Stufige ordinalen ABC-Bewertung und stuft darüber hinaus Flächenkategorien als Positivflächen ein, während die zweite Variante (w-Ansatz) mit einer 10-Stufigen Ordinalskala arbeitet.

5.1 Windenergie

Hinsichtlich der Bewertung nach dem w-Ansatz gilt für alle Natur- und Gemeinschaftsschutzgebiete sowie für die Gebiet die als Ziel oder Grundsatz in der Regionalplanung für Natur und Landschaft ausgewiesen sind, dass die Kategorien zumindest teilweise, sofern nicht anders gekennzeichnet, als Indikator für die Abbildung folgender Empfindlichkeiten im Raum herangezogen werden können:

- besondere Erholungsfunktion,
- besondere Eigenart, Vielfalt und Schönheit,
- besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser),
- Gebiete mit besonderen Schallschutzanforderungen,
- Brut-, Rast und Nahrungshabitate besonders störungsempfindlicher Avifauna oder Fledermäusen.

Darüber hinaus eignen sich einzelne Kategorien aufgrund ihrer deutlichen Indikatorfunktion besonders zur Abbildung spezifischer Konflikte.

Tabelle 30 Fachliche Bewertung der Restriktivität von Nutzungs- und Flächenkategorien gegenüber der Windenergienutzung zur Ermittlung umwelt- und raumverträglicher Potenzialflächen

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammengeslossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flächen- und Standortqualitäten besonderer Empfindlichkeit. (deutlich oder teilweise Indikatorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Umweltverträglichkeit)
Naturschutz- und gemeinschaftsrechtliche Schutzgebietskategorien						
Naturschutzgebiet	Gesetzliche Vorschrift <i>§23 BNatSchG Besonderer Schutz von Natur und Landschaft mit Verbot aller Handlungen die zur Zerstörung, Beschädigung oder Veränderung führen können</i>	i.d.R. die strengste nach nationalem Recht gesetzliche Gebietschutzkategorie Erreichung von festgesetzten Schutzzielen i.S. der Erhaltung, Entwicklung oder Wiederherstellung von Lebensstätten, Biotopen oder Lebensgemeinschaften bestimmter wild lebender Tier- und Pflanzenarten	-	A	Naturschutzgebiete umfassen naturschutzfachlich besondere Gebiete, die von Bebauung frei zu halten sind. deutlich: - besondere Erholungsfunktion - besondere Eigenart, Vielfalt und Schönheit	10 / Fauna
Naturpark	Gesetzliche Vorschrift <i>§27 BNatSchG Schutz durch Nutzung im Sinne von Kulturlandschaften und Natur mit hoher Erholungsfunktion</i>	Nach nationalem Recht gesetzliche Gebietsschutzkategorie Schutz durch Nutzung; die Gebiete sind einheitlich zu entwickeln und zu pflegen Kernzone eines Naturparks stellt grundlegend einen Tabubereich dar, auch da es sich gleichzeitig immer um ein Naturschutzgebiet handelt.	Kernzone ist gleichzeitig Naturschutzgebiet Pflege und Entwicklungszone ist gleichzeitig Landschaftsschutzgebiet	B	Die Zonierung ist im BfN-Datensatz nicht enthalten. Hier erfolgt eine Gesamtbewertung. Kernzonen stellen grundlegend einen Tabubereich dar, der von Bebauung frei zu halten ist. Pflege- und Erholungszonen stellen bereits durch Menschen beeinflussten Bereich dar, in denen eine Bebauung, so lange damit keine erheblichen Auswirkungen bzw. Beeinträchtigungen der spezifischen Funktionen der Schutzzone verbunden ist, stattfinden kann. deutlich: keine	8 / Mensch

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Nationalpark	Gesetzliche Vorschrift §24 BNatSchG <i>Schutz der ungestörten Abläufe der Naturvorgän- ge</i>	Nach nationalem Recht gesetzli- che Gebietsschutzkategorie Ziel ist es das Gebiet in einen natürlicheren Zustand zurückzu- versetzen. Dabei dienen die Gebiete jedoch nicht nur dem Schutz von Pflan- zen und Tieren sondern gleichzei- tig auch der Erholung von Men- schen	-	A	Nationalparke enthalten natur- schutzfachlich besonders wertvolle Gebiete, die eine Bebauung aus- schließen. deutlich: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besondere Erho- lungsfunktion- Gebiete mit besonderer Ei- genart, Vielfalt und Schön- heit	10 / Fauna und Flora
Landschaftsschutz- gebiet	Gesetzliche Vorschrift §26 NatSchG <i>Besonderer Schutz von Natur und Landschaft mit Verbot aller Handlungen unter besonderer Beach- tung es §5 Absatz 1</i>	Nach nationalem Recht gesetzli- che Gebietsschutzkategorie Zielen auf das allgemein Erschei- nungsbild der Landschaft und besitzen meist nur geringe Nut- zungseinschränkungen Verboten sind insbesondere alle Handlungen, die den „Charakter“ des Gebiets verändern	-	B	Landschaftsschutzgebiete stellen grundlegend einen Tabubereich dar, sie sind in vielen Bereichen jedoch bereits vorbelastet. deutlich: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besondere Erho- lungsfunktion teilweise: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonderer Ei- genart, Vielfalt und Schön- heit	8 / Mensch

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Biosphärenreservat Zone I+II	Gesetzliche Vorschrift §25 BNatSchG Schutz- gebiet mit wirtschaftlicher Nutzung und den Men- schen, Modellregion nachhaltiger Entwicklung	Nach nationalem Recht gesetzli- che Gebietsschutzkategorie Bei den Schutzzonen I (Kernzo- ne) und II (Pflegezone) handelt es sich um Totalreservate und Na- turschutzgebiete in der nachhalti- ge Entwicklung in ökologischer, ökonomischer und sozialer Hin- sicht exemplarisch verwirklicht werden soll. Landnutzung die in ihrer schonenden, naturnahen Form mit den Schutzziele ver- einbar ist kann in Zone II erfol- gen.	Biosphärenreservats- flächen der Schutzzone I und der Schutzzone II	A	Diese Bereiche dienen langfristi- gem Naturschutz gemäß den Schutzzielen, sie sind in der Regel von der wirtschaftlichen Nutzungen ausgeschlossen. deutlich: - Gebiete mit besondere Erho- lungsfunktion - Gebiete mit besonderer Ei- genart, Vielfalt und Schön- heit - Gebiete mit besonders emp- findlichen abiotischen Funk- tionen (Boden und Wasser)	10 / Fauna und Flora
Biosphärenreservat Zone III	Gesetzliche Vorschrift §25 BNatSchG Schutz- gebiet mit wirtschaftlicher Nutzung und den Men- schen, Modellregion nachhaltiger Entwicklung	Nach nationalem Recht gesetzli- che Gebietsschutzkategorie Bei der Schutzzone III (Entwick- lungszone) handelt es sich um besiedelte und flächenmäßig meist größte Bereiche eines Biosphärenreservats. Dort soll v.a. mit Modellprojekten für eine nachhaltige Bewirtschaftung von Ressourcen geworben und dies gefördert werden.	-	B	Die Zone III der Biosphärenreserva- te ist bereits auf die wirtschaftliche Nutzung und den Menschen ausge- richtet und zum Teil vorbelastet. An diesen Orten können im Einzelfall auch PV-Anlagen ohne erhebliche Beeinträchtigung realisiert werden. deutlich: - Gebiete mit besondere Erho- lungsfunktion	7 / Mensch

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
FFH-Gebiet	<p>Gesetzliche Vorschrift</p> <p><i>RL 92/43/EWG Schutz- gebiet gemeinschaftlicher Bedeutung</i></p>	<p>Nach nationalem Recht gesetzli- che, spezielle europäische Schutzgebiete in Natur- und Landschaftsschutz</p> <p>FFH-Gebiete dienen primär dem Kriterium des Arten- und Habitat- schutzes. Dazu zählen der Schutz von Pflanzen (Flora), Tieren (Fauna) und Habitaten (Lebensraumtypen) die in mehre- ren Anhängen zur FFH-Richtlinie aufgelistet sind.</p> <p>Die Gebiete dürfen durch Vorha- ben nur in Ausnahmefällen erheb- lich beeinträchtigt werden, im Regelfall sind die Vorhaben dann unzulässig.</p>	-	B	<p>FFH-Gebiete sind spezielle europä- ische Schutzgebiete des Natur- und Landschaftsschutzes. Zum Teil werden Schutzzwecke verfolgt zu denen kein Konfliktrisiko durch Windenergie besteht.</p> <p>deutlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonders emp- findlichen Habitaten (Habi- tatfunktion) 	9 / Fauna und Flora
SPA-Gebiet	<p>Gesetzliche Vorschrift</p> <p><i>RL 79/409/EWG Schutz wildlebender Vogelarten und ihrer Lebensräume Aktuelle Fassung 2009/147/EG</i></p>	<p>Nach nationalem Recht gesetzli- che, spezielle europäische Schutzgebiete in Natur- und Landschaftsschutz</p> <p>SPA-Gebiete dienen zur Ein- schränkung und Kontrolle der Jagd ebenso wie zur Verwaltung von Vogelschutzgebieten als eine wesentliche Maßnahme zur Erhaltung, Wiederherstellung bzw. Neuschaffung der Lebens- räume wildlebender Vogelarten.</p>	-	B	<p>SPA-Gebiete schützen besondere Vogelarten. Zum Teil stehen die Vogelarten in keinem Konfliktver- hältnis zur Windenergienutzung.</p> <p>deutlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Brut-, Rast und Nahrungs- habitate besonders stö- rungsempfindlicher Avifauna 	9 / Fauna

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Wasserschutzgebiet Zone I+II	Gesetzliche Vorschrift §§50-53 WHG Dient der quantitativen und qualita- tiven Aufrechterhaltung der Wasserversorgung der Bevölkerung, Eingriffe sind in Zone I+II verboten	Nach nationalem Recht gesetzli- che Gebietsschutzkategorie Wasserschutzgebiete sind Gebie- te, in denen zum Schutz von Gewässern (Grundwasser, ober- irdische Gewässer, Küstenge- wässer) vor schädlichen Einflüs- sen besondere Ge- und Verbote gelten. In Zone I (Fassungsbe- reich) sind jegliche anderweitige Nutzung und das Betreten für Unbefugte verboten. In Zone II (engeres Schutzgebiet) ist die Verletzung der Deckschicht verboten, deshalb gelten Nut- zungsbeschränkungen unter anderem für Bebauung.	Wasserschutzgebiete der Schutzzone I und der Schutzzone II	A	Wasserschutzgebietszonen I+II sind sehr empfindlich gegenüber einer Bebauung und schließen diese aus. deutlich: - Gebiete mit besonders emp- findlichen abiotischen Funk- tionen (Wasser)	10 / Abiotik
Raumordnerische Festsetzungen (Regionalplanung nach § 8 Abs. 1 Nr. 2 ROG)						
Ziel Natur und Land- schaft	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen	Dient der räumlichen Sicherung der Belange von Natur und Land- schaft. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes für Natur und Land- schaft. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, ab- schließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspiel- raum mehr.	Vogelzugkorridore	A	Die Festsetzung Natur und Land- schaft bildet eine überwiegend hohe Empfindlichkeit des Raums gegenüber einer möglichen Wind- energienutzung ab. Sie beinhaltet die Festsetzungen zu Vogelzugkor- ridoren. deutlich: keine	8 / Fauna

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Grundsatz Natur und Landschaft	<p>Grundsatz der Raumord- nung</p> <p>§ 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i></p>	<p>Dient der räumlichen Sicherung der Belange der Natur und Land- schaft.</p> <p>Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ord- nung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.</p>	-	B	<p>Die Festsetzung Natur und Land- schaft bildet die Empfindlichkeit des Raums gegenüber der möglichen Windenergienutzung gut ab.</p> <p>deutlich: keine</p>	5 / Fauna
Ziel Regionaler Grün- zug	<p>Ziel der Raumordnung</p> <p>§ 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i></p>	<p>Dient der räumlichen Sicherung der Regionalen Grünzüge.</p> <p>Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes für Regionale Grünzüge. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.</p>	-	B	<p>Die Festsetzung Regionaler Grün- zug umfasst bandförmige, zusam- menhängende nicht bebaute Ge- biete. Sie dienen zur Vernetzung des Biotopverbunds und zur Gliede- rung von Siedlungsflächen deutlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonders emp- findlichen abiotischen Funk- tionen (Boden und Wasser) <p>teilweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonderer Ei- genart, Vielfalt und Schön- heit 	6 / Fauna

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Grundsatz Regionaler Grünzug	Grundsatz der Raumord- nung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der räumlichen Sicherung der Regionalen Grünzüge. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ord- nung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	C	Die Festsetzung Grundsatz Regio- naler Grünzug umfasst bandförmige, zusammenhängende nicht bebaute Gebiete. Sie dienen zur Vernetzung des Biotopverbunds und zur Gliederung von Siedlungs- flächen. deutlich: keine teilweise: - Gebiete mit besonderer Ei- genart, Vielfalt und Schön- heit - Gebiete mit besonders emp- findlichen abiotischen Funk- tionen (Boden und Wasser)	4 / Fauna
Ziel Erholung	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der räumlichen Sicherung der Erholungsnutzung. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.	-	B	Die Festsetzung Erholung bildet die Empfindlichkeit des Erholungs- raums gut ab. In Einzelfällen kön- nen WEA jedoch ohne Beeinträch- tigung der Erholungsfunktion reali- siert werden. deutlich: - Gebiete mit besondere Erho- lungsfunktion teilweise: - Gebiete mit besonderen Schallschutzanforderungen - Gebiete mit besonderer Ei- genart, Vielfalt und Schön- heit	8 / Mensch

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Grundsatz Erholung	<p>Grundsatz der Raumord- nung</p> <p>§ 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i></p>	<p>Dient der räumlichen Sicherung der Erholungsnutzung.</p> <p>Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ord- nung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.</p>	-	C	<p>Die Festsetzung Erholung bildet die Empfindlichkeit des Erholungs- raums ausreichend ab. In vielen Fällen können WEA ohne Beein- trächtigung der Erholungsfunktion realisiert werden.</p> <p>deutlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besondere Erho- lungsfunktion <p>teilweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonderen Schallschutzanforderungen - Gebiete mit besonderer Ei- genart, Vielfalt und Schön- heit 	5 / Mensch
Ziel Forstwirtschaft	<p>Ziel der Raumordnung</p> <p>§ 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i></p>	<p>Dient der räumlichen Sicherung und Entwicklung regional bedeut- samer Waldfunktionen.</p> <p>Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.</p>	-	B	<p>Der Schutz des bestehenden Wal- des im Kontext der regionalplaneri- schen Festsetzung bildet die Emp- findlichen Waldstandorte gegen- über einer Windenergienutzung ab. Allgemein ist diese jedoch entspre- chend einiger Experten geringer zu bewerten, da Wind im Wald nicht zwingend raumbedeutsam ist und in Einzelfällen ohne erhebliche Beeinträchtigung umgesetzt werden könnte.</p> <p>deutlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz 	9 / Fauna

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
					teilweise: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besondere Erholungsfunktion- Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser)	
Grundsatz Forstwirtschaft	Grundsatz der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichnerischen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der räumlichen Sicherung und Entwicklung regional bedeutender Waldfunktionen. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	C	Die Festsetzung Grundsatz Forstwirtschaft bildet die Empfindlichkeit von Forst-/Waldstandorten überwiegend ab. Es bestehen mögliche konfliktfreie Nutzflächen innerhalb der festgesetzten Bereiche. deutlich: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonderem Bestandsschutz teilweise: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besondere Erholungsfunktion- Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser)	8 / Fauna
Ziel vorbeugender Hochwasserschutz	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG	Dient der Freihaltung von funktionswidriger Nutzung (Funktion als Retentions- bzw. Abfluss-	-	A	Die Empfindlichkeit des Raumes gegenüber einer Windenergienutzung wird von der Festsetzung Ziel	9 / Weitere

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
	<i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichnerischen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	raum). Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.			vorbeugender Hochwasserschutz sehr gut abgebildet. Überschwemmungsgebiete besitzen eine hohe Empfindlichkeit gegenüber möglicher Bebauung. deutlich: keine teilweise: - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz - Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser)	
Grundsatz vorbeugender Hochwasserschutz	Grundsatz der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichnerischen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Freihaltung von funktionswidriger Nutzung (Funktion als Retentions- bzw. Abflussraum). Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	A	Die Empfindlichkeit des Raumes gegenüber einer Windenergienutzung wird von der Festsetzung Grundsatz vorbeugender Hochwasserschutz weitgehend abgebildet. Zukünftige Überschwemmungsgebiete sind nicht zwingend von einer Nutzung durch PV-Anlagen freizuhalten. deutlich: keine teilweise: - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz - Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser)	6 / Weitere

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Ziel Grund- und Ober- flächenwasserschutz	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient dem Schutz von Trinkwas- sergebieten u.a. Gewässern. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.	-	B	Die Empfindlichkeit des Raumes wird von der regional-planerischen Festsetzung Ziel Grund- und Ober- flächenwasserschutz sehr gut abgebildet. Von einer Ausschluss- wirkung der Kategorie wird vor dem Hintergrund möglicher Einzelfälle jedoch abgesehen und ein sehr hoher Restriktionsgrad angesetzt. deutlich: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonders emp- findlichen abiotischen Funk- tionen (Boden und Wasser) Teilweise: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonderem Bestandsschutz	9 / Abiotik
Grundsatz Grund- und Oberflächenwasser- schutz	Grundsatz der Raumord- nung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient dem Schutz von Trinkwas- sergebieten u.a. Gewässern. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ord- nung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	C	Die Empfindlichkeit des Raumes gegenüber Bebauung wird von der Festsetzung Grundsatz Grund- und Oberflächenwasserschutz gut abgebildet. deutlich: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonders emp- findlichen abiotischen Funk- tionen (Boden und Wasser) Teilweise: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonderem Bestandsschutz	6 / Abiotik

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Ziel sonstiger Frei- raumschutz (Vorrang- gebiet)	<p>Ziel der Raumordnung</p> <p>§ 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i></p>	<p>Dient der Ausweisung und Sicherung von Flächen für zweckgebundene Nutzungen, u.a. Freiraumverbund, Forst- und Landwirtschaft.</p> <p>Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.</p>	-	A	<p>Die Kategorie umfasst den Freiraumschutz. Die Festsetzung des Ziels und Ausweisung als Vorranggebiet bildet die Empfindlichkeiten überwiegend ab. Um die möglichen konfliktfreien Nutzflächen innerhalb der festgesetzten Bereiche berücksichtigen zu können, wird bei konkret ausgewiesenem Vorranggebiet, wird ein Restriktionsgrad von 9 angesetzt.</p> <p>deutlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besondere Erholungsfunktion - Gebiete mit besonderer Eigenart, Vielfalt und Schönheit - Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser) - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz <p>teilweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonderen Schallschutzanforderungen 	9 / Weitere

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Ziel sonstiger Frei- raumschutz (nicht als Vorranggebiet bezeich- net)	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Siche- rung von Flächen für zweckge- bundene Nutzungen, u.a. Frei- raumverbund, Forst- und Land- wirtschaft. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.	-	B	Die Kategorie umfasst den Frei- raumschutz. Die Festsetzung des Ziels bildet die Empfindlichkeit gut ab. Um die möglichen konfliktfreien Nutzflächen innerhalb der festge- setzten Bereiche berücksichtigen zu können, wie bei konkret ausge- wiesenem Vorranggebiet, wird ein Restriktionsgrad von 8 angesetzt. deutlich: <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besondere Erho- lungsfunktion - Gebiete mit besonders emp- findlichen abiotischen Funk- tionen (Boden und Wasser) - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz teilweise: <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonderen Schallschutzanforderungen - Gebiete mit besonderer Ei- genart, Vielfalt und Schön- heit 	8 / Weitere

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Grundsatz sonstiger Freiraumschutz	<p>Grundsatz der Raumord- nung</p> <p>§ 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG</p> <p><i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i></p>	<p>Dient der Ausweisung und Siche- rung von Flächen für zweckge- bundene Nutzungen, u.a. Frei- raumverbund, Forst- und Land- wirtschaft.</p> <p>Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ord- nung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.</p>	-	C	<p>Die Kategorie umfasst den Frei- raumschutz. Die Festsetzung des Grundsatzes bildet die Empfindlich- keit ausreichend ab. In vielen Fällen kann jedoch auf diesen Flächen auch Windenergie konfliktfrei reali- siert werden.</p> <p>deutlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besondere Erho- lungsfunktion - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz <p>teilweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonderen Schallschutzanforderungen - Gebiete mit besonderer Ei- genart, Vielfalt und Schön- heit - Gebiete mit besonders emp- findlichen abiotischen Funk- tionen (Boden und Wasser) 	6 / Weitere

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Ziel Oberflächennahe Rohstoffsicherung (ohne Bergbausanie- rung)	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Siche- rung von Gebieten mit oberflä- chennahen Rohstoffen. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.	-	B	Die Restriktivität ergibt sich aus den möglichen Nutzungsoptionen für Windenergie auf Flächen für die Rohstoffgewinnung, die ohne er- hebliche Beeinträchtigung möglich sind. deutlich: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonderem Bestandsschutz	8 / Weitere
Grundsatz Oberflä- chennahe Rohstoffsiche- rung (ohne Berg- bausanierung)	Grundsatz der Raumord- nung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Siche- rung von Gebieten mit oberflä- chennahen Rohstoffen. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ord- nung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	C	Der Grundsatz Oberflächennahe Rohstoffe bildet die Empfindlichkeit des Raums gegenüber Windener- gieanlagen zum Teil ab. In vielen Fällen kann jedoch auf diesen Flächen auch Windenergie konflikt- frei realisiert werden. deutlich: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonderem Bestandsschutz	6 / Weitere
Ziel Verteidigung	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Siche- rung Gebieten für die Verteidi- gung. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.	-	B	Der Indikator bildet die Empfindlich- keit des Raumes sehr gut ab. Es ist jedoch eine teilweise Vereinbarkeit mit der Nutzung durch Windenergie vorhanden. deutlich: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonderem Bestandsschutz	9 / Weitere

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Grundsatz Verteidigung	Grundsatz der Raumord- nung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Siche- rung Gebieten für die Verteidi- gung. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ord- nung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	C	Beim Grundsatz Verteidigung ist davon auszugehen, dass zusätzli- che Möglichkeiten einer Windener- gienutzung bestehen. deutlich: - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz	8 / Weitere
Ziel Windenergie	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Siche- rung Gebieten für die Windnut- zung. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.	-	Positivflächen	Es bestehen keine Konflikte. Die Kategorie zeigt Räume die auf regionaler Ebene bereits als Wind- energiestandorte festgesetzt wur- den. Eine Eignung wird daher angenommen. deutlich: kein	Gunstflächen
Grundsatz Windenergie	Grundsatz der Raumord- nung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Siche- rung Gebieten für die Windnut- zung. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ord- nung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	Positivflächen	Es bestehen keine Konflikte. Die Kategorie zeigt Räume die auf regionaler Ebene bereits als Wind- energiestandorte festgesetzt wur- den. Eine Eignung wird daher angenommen. deutlich: kein	Gunstflächen

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Ziel Solarenergie	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Sicherung Gebieten für die Solarenergienutzung. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.	-	B	Die Gebiete für Solarenergienutzung stellen keine besondere Empfindlichkeit für eine Nutzung durch Windenergieanlagen dar. In bestimmten Fällen kann es jedoch zu technischen Konflikten kommen. deutlich: keine teilweise: - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz	6 / Weitere
Grundsatz Solarenergie	Grundsatz der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Sicherung Gebieten für die Solarenergienutzung. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	C	Die Gebiete für Solarenergienutzung stellen keine besondere Empfindlichkeit für eine Nutzung durch Windenergieanlagen dar. In bestimmten Fällen kann es jedoch zu technischen Konflikten kommen. deutlich: keine teilweise: - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz	6 / Weitere
Siedlungsraum + 750 m Puffer	Grundsatz der Raumordnung § 2 Abs. 2 Nr. 2 ROG	Dient der Ausweisung und Sicherung bestehender und geplanter Siedlungsbereiche. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	A	Die regionalplanerische Kategorie bildet die Empfindlichkeit zukünftiger Siedlungsgebiete gut ab. Im Umkreis der Siedlungsbereiche ist ein Puffer von 750 m zu beachten. deutlich: - Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung teilweise:	10 / Mensch

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
					<ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz - Gebiete mit besonderer Erholungsfunktion - Gebiete mit besonderen Schallschutzanforderungen 	
Ziel Industrie und Ge- werbe	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichnerischen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung von Gebieten für Industrie und Gewerbe. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.	-	B	Die Festsetzung Ziel Industrie und Gewerbe umfasst Bestandsflächen und Flächen mit Vorrang für Industrie und Gewerbe. deutlich: keine teilweise: <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz 	7 / Weitere
Grundsatz Industrie und Gewerbe	Grundsatz der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichnerischen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung von Gebieten für Industrie und Gewerbe. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	C	Die Festsetzung Grundsatz Industrie und Gewerbe umfasst Bestandsflächen und Flächen mit Vorbehalt für Industrie und Gewerbe. deutlich: keine teilweise: <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz 	5 / Weitere

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Flächen mit besonderen Qualitäten						
Forst- und Waldflächen	Gesetzliche Vorschrift § 9 BWaldG <i>Erhaltung des Waldes</i>	Auf Bundes und Landesebene als Wald/Forst geschützte Fläche. Erhalt des Waldes; Wegen seines wirtschaftlichen Nutzens (Nutz- funktion) und wegen seiner Be- deutung für die Umwelt, insbe- sondere für die dauernde Leis- tungsfähigkeit des Naturhaushal- tes, das Klima, den Wasserhaushalt, die Reinhaltung der Luft, die Bodenfruchtbarkeit, das Land- schaftsbild, die Agrar- und Infra- struktur und die Erholung der Bevölkerung (Schutz- und Erho- lungsfunktion) zu erhalten, erfor- derlichenfalls zu mehren und seine ordnungsgemäße Bewirt- schaftung nachhaltig zu sichern.	-	B	Wald- und Forstflächen können durch die WEA im Zuge der Ro- dung und freizuhaltenden Schnei- sen ihre Leitungsfähigkeit und Funktionen verlieren. Bspw. die Habitat- und Erholungsfunktion. In Einzelfällen, bspw. in bestimmte Nutzwaldtypen, können jedoch Anlagen ohne erhebliche Auswir- kungen realisiert werden. deutlich: - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz	9 / Weitere
stehende und fließende Gewässer mit Rand- streifen (20 m Puffer)	Gesetzliche Vorschrift § 61 (1) BNatSchG §§ 36, 38 Abs. 3 WHG § 10 WaStrG	Schutz von Gewässer und deren Randflächen. Gewässerrandstreifen dienen der Erhaltung und Verbesserung der ökologischen Funktionen oberir- discher Gewässer, der Wasser- speicherung, der Sicherung des Wasserabflusses sowie der Verminderung von Stoffeinträgen aus diffusen Quellen.	-	A	Stehende und fließende Gewässer inkl. eines Randstreifens von 20 m sind für die Windenergienutzung als Tabuflächen bewertet. deutlich: - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz - Gebiete mit besonders emp- findlichen abiotischen Funk- tionen (Boden und Wasser) teilweise: keine	10 / Weitere

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Offenland (außer Landwirtschaft)	Kein Rechtscharakter Konkurrierende Flächen- nutzung die WEA aus- schließt	-	Gehölze, Heide, unbe- stimmte und vegetati- onslose Fläche	C	<p>Offenlandflächen außerhalb der Landwirtschaft eignen sich grundlegend für eine Nutzung durch WEA. Zum geringen Teil weisen die Flächen Qualitäten auf die von der Windenergienutzung beeinträchtigt werden können.</p> <p>deutlich: keine</p> <p>teilweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz - Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser) - Gebiete mit besonderer Erholungsfunktion - Gebiete mit besonderer Eigenart, Vielfalt und Schönheit 	3 / Weitere
Moor, Sumpf, nasser Boden	Kein Rechtscharakter Hinweis: Moore sind überwiegend als FFH- Lebensraumtypen ge- schützt (siehe geschützte Gebiete).	-	-	A	<p>Sehr feuchte Standorte sind aufgrund ihrer naturschutzfachlichen Bedeutung und wegen mangelnder Standfestigkeit nicht für die Errichtung von WEA geeignet</p> <p>deutlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser) 	10 / Weitere

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Reine Wohngebiete in Ortslagen + 1.000 m Puffer	Gesetzliche Vorschrift <i>TA Lärm (6. Verwal- tungsvorschrift zum BImSchG)</i>	Schutz gegen Lärm.	-	A	Reine Wohngebieten und ihr Um- feld (Abstand von 1.000 m) sind empfindlich gegenüber Lärm, Schattenwurf und die optisch be- drängende Wirkung von WEA deutlich: - Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung teilweise: - Gebiete mit besonderen Schallschutzanforderungen	10 / Mensch
Wohngebiete außer- halb von Ortslagen (< 10 ha oder 10 Anwe- sen) + 750 m Puffer	Gesetzliche Vorschrift <i>TA Lärm (6. Verwal- tungsvorschrift zum BImSchG)</i>	Schutz gegen Lärm.	-	A	Kleiner Siedlungen und einzelne Wohngebäude sowie ihr Umfeld (Abstand von 750 m) sind empfind- lich gegenüber Lärm, Schattenwurf und die optisch bedrängende Wir- kung von WEA deutlich: - Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung teilweise: - Gebiete mit besonderen Schallschutzanforderungen	10 / Mensch

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Mischgebiete	Gesetzliche Vorschrift <i>TA Lärm (6. Verwal- tungsvorschrift zum BImSchG)</i>	Schutz gegen Lärm.	-	A	Mischgebiete sowie ihr Umfeld (Abstand von 750 m) sind empfind- lich gegenüber Lärm, Schattenwurf und die optisch bedrängende Wir- kung von WEA deutlich: - Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung teilweise: - Gebiete mit besonderen Schallschutzanforderungen	10 / Mensch
Industrie und Gewerbe	Kein Rechtscharakter Konkurrierende Flächen- nutzung die WEA aus- schließt	-	Industrie und Gewerbe	B	Bereits bebaute Flächen lassen keine WEA zu. deutlich: - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz	9 / Mensch
Siedlungsfreiflächen, Freizeitanlagen +750 m Puffer	Gesetzliche Vorschrift <i>TA Lärm (6. Verwal- tungsvorschrift zum BImSchG)</i>	Schutz gegen Lärm.	-	A	Siedlungsfreiflächen und Freizeitan- lagen sind bereits bebaute Gebiete die vornehmlich der Erholung die- nen. Diese Gebiete sowie ihr Um- feld (Abstand von 750 m) sind empfindlich gegenüber Lärm, Schattenwurf und die optisch be- drängende Wirkung von WEA deutlich: - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz - Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung	10 / Mensch

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
					- Gebiete mit besonderen Schallschutzanforderungen	
Verkehrswege (Stra- ßen, Schienenwege) und Hochspannungslei- tungen +100 m Puffer	Gesetzliche Vorschrift für die Pufferbereich: Verbot von Hochbauten und baulichen Anlagen entlang von Straßen zur Sicherung der Verkehrs- sicherheit. § 9 Abs. 1 FStrG (nur für Autobahnen)	Sicherung der Infrastrukturtras- sen	-	A	In vielen Fällen ist davon auszuge- hen, dass der Wirkraum der WEA jedoch keine negativen Auswirkun- gen auf den die Infrastrukturberei- che hat, solange die Anlage selbst nicht im Sicherheitsbereich errichtet wird. Ein Sicherheitsabstand von durchschnittlich 100 m entlang von Infrastrukturflächen ist von Bebau- ung frei zu halten. deutlich: - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz teilweise: keine	10 / Mensch
Flughafen	Kein Rechtscharakter Konkurrierende Flächen- nutzung die WEA aus- schließt	-	-	A	Flughäfen sind als Tabu zu bewer- ten, da keine WEA errichtet werden können deutlich: - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz teilweise: keine	10 / Mensch
Flughafen-Puffer (1.800 m Flugplätze; 5000 m Flughäfen)	Gesetzliche Vorschrift §§ 12, 17 Luftverkehrs- gesetz LuftVG (Bau- schutzbereich)	Beschränkung von Hochbauten im Umfeld von Flughäfen und – plätzen. Freihaltung von Hindernisbegren- zungsflächen bei Flughäfen, welche im Instrumentenflug	-	B	Da es keine bundesweiten Daten zu Bauschutzbereichen von Flughä- fen gibt, wird in einem Umkreis von 5 km eine Nutzbarkeit von 50% der Fläche für die Errichtung von WEA angenommen	6 / Weitere

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortqualitä- ten besonderer Empfind- lichkeit. (deutlich oder teilweise Indikator- funktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
		angeflogen werden.			deutlich: keine teilweise: - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz	

5.2 Photovoltaik-Freifläche

Hinsichtlich der Bewertung nach dem w-Ansatz gilt für alle Natur- und Gemeinschaftsschutzgebiete sowie für die Gebiet die als Ziel oder Grundsatz in der Regionalplanung für Natur und Landschaft ausgewiesen sind, dass die Kategorien zumindest teilweise, sofern nicht anders gekennzeichnet, als Indikator für die Abbildung folgender Empfindlichkeiten im Raum herangezogen werden können:

- besondere Erholungsfunktion,
- besondere Eigenart, Vielfalt und Schönheit,
- besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser),
- Gebiete mit besonderen Schallschutzanforderungen,
- Brut-, Rast und Nahrungshabitate besonders störungsempfindlicher Avifauna oder Fledermäusen.

Darüber hinaus eignen sich einzelne Kategorien aufgrund ihrer deutlichen Indikatorfunktion besonders zur Abbildung spezifischer Konflikte.

Tabelle 31 Fachliche Bewertung der Restriktionsgrade von Flächennutzungen gegenüber Solarenergie auf Freiflächen

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Naturschutz- und gemeinschaftsrechtliche Schutzgebietskategorien						
Naturschutzgebiet	Gesetzliche Vorschrift § 23 BNatSchG <i>Besonde- rer Schutz von Natur und Landschaft mit Verbot aller Handlungen die zur Zerstörung, Beschädi- gung oder Veränderung führen können</i>	i.d.R. die strengste nach nationa- lem Recht gesetzliche Gebiets- schutzkategorie Erreichung von festgesetzten Schutzzielen i.S. der Erhaltung, Entwicklung oder Wiederherstel- lung von Lebensstätten, Biotopen oder Lebensgemeinschaften bestimmter wild lebender Tier-	-	A	Naturschutzgebiete umfassen naturschutzfachlich besondere Gebiete, die von Bebauung frei zu halten sind. deutlich: - Brut-, Rast und Nahrungs- habitate besonders stö- rungsempfindlicher Arten, besonders Groß- und Mittel-	10 / Fauna

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
		und Pflanzenarten			<p>säuger</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonders ge- ringer Vorbelastung - Gebiete mit besonderer Ei- genart, Vielfalt und Schön- heit 	
Naturpark	<p>Gesetzliche Vorschrift</p> <p>§ 27 BNatSchG Schutz durch Nutzung im Sinne von Kulturlandschaften und Natur mit hoher Erholungsfunktion</p>	<p>Nach nationalem Recht gesetzli- che Gebietsschutzkategorie</p> <p>Schutz durch Nutzung; die Gebie- te sind einheitlich zu entwickeln und zu pflegen</p> <p>Kernzone eines Naturparks stellt grundlegend einen Tabubereich dar, auch da es sich gleichzeitig immer um ein Naturschutzgebiet handelt.</p>	<p>Kernzone ist gleichzei- tig Naturschutzgebiet</p> <p>Pflege und Entwick- lungszone ist gleichzei- tig Landschaftsschutz- gebiet</p>	B	<p>Die Zonierung ist im BfN-Datensatz nicht enthalten. Hier erfolgt eine Gesamtbewertung.</p> <p>Kernzonen stellen grundlegend einen Tabubereich dar, der von Bebauung frei zu halten ist.</p> <p>Pflege- und Erholungszonen stellen bereits durch Menschen beeinfluss- ten Bereich dar, in denen eine Bebauung, so lange damit keine erheblichen Auswirkungen bzw. Beeinträchtigungen der spezifi- schen Funktionen der Schutzzone verbunden ist, stattfinden kann.</p> <p>deutlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besondere Er- holungsfunktion - Gebiete mit besonderer Ei- genart, Vielfalt und Schön- heit <p>teilweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonders ge- ringer Vorbelastung 	8 / Mensch

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Nationalpark	Gesetzliche Vorschrift § 24 BNatSchG Schutz der ungestörten Abläufe der Naturvorgänge	Nach nationalem Recht gesetzli- che Gebietsschutzkategorie Ziel ist es das Gebiet in einen natürlicheren Zustand zurückzu- versetzen. Dabei dienen die Gebiete jedoch nicht nur dem Schutz von Pflan- zen und Tieren sondern gleichzei- tig auch der Erholung von Men- schen	-	A	Nationalparke enthalten natur- schutzfachlich besonders wertvolle Gebiete, die eine Bebauung aus- schließen. deutlich: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besondere Er- holungsfunktion- Gebiete mit besonders ge- ringer Vorbelastung- Gebiete mit besonderer Ei- genart, Vielfalt und Schön- heit Teilweise: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonderen Kultur-, Bau- und Boden- denkmälern	10 / Fauna und Flora
Landschaftsschutzge- biet	Gesetzliche Vorschrift § 26 NatSchG Besonde- rer Schutz von Natur und Landschaft mit Verbot aller Handlungen unter besonderer Beachtung es §5 Absatz 1	Nach nationalem Recht gesetzli- che Gebietsschutzkategorie Zielen auf das allgemein Erschei- nungsbild der Landschaft und besitzen meist nur geringe Nut- zungseinschränkungen Verboten sind insbesondere alle Handlungen, die den „Charakter“ des Gebiets verändern	-	B	Innerhalb von Landschaftsschutz- gebiete können PV- Freiflächenanlagen in Einzelfällen ohne erheblich negative Auswir- kungen realisiert werden; bspw. an Rändern oder vorbelasteten Berei- chen. deutlich: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besondere Er- holungsfunktion- Gebiete mit besonderer Ei- genart, Vielfalt und Schön- heit teilweise:	8 / Mensch

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
Biosphärenreservat Zone I+II	Gesetzliche Vorschrift § 25 BNatSchG Schutz durch wirtschaftliche Nutzung und den Men- schen, Modellregion nachhaltiger Entwicklung	Nach nationalem Recht gesetzli- che Gebietsschutzkategorie Bei den Schutzzonen I (Kernzo- ne) und II (Pflegezone) handelt es sich um Totalreservate und Na- turschutzgebiete in der nachhalti- ge Entwicklung in ökologischer, ökonomischer und sozialer Hin- sicht exemplarisch verwirklicht werden soll. Landnutzung die in ihrer schonenden, naturnahen Form mit den Schutzziele ver- einbar ist kann in Zone II erfol- gen.	Biosphärenreservats- flächen der Schutzzone I und der Schutzzone II	A	- Gebiete mit besonders ge- ringer Vorbelastung Diese Bereiche dienen langfristi- gem Naturschutz gemäß den Schutzziele, sie sind in der Regel von der wirtschaftlichen Nutzungen ausgeschlossen. deutlich: - Brut-, Rast und Nahrungs- habitate besonders stö- rungsempfindlicher Arten, besonders Groß- und Mittel- säuger - Gebiete mit besonders emp- findlichen Habitaten (Habi- tatfunktion) - Gebiete mit besonderer Ei- genart, Vielfalt und Schön- heit teilweise: - Gebiete mit besonders ge- ringer Vorbelastung - Gebiete mit besonderen Kultur-, Bau- und Boden- denkmälern	10 / Fauna und Flora
Biosphärenreservat Zone III	Gesetzliche Vorschrift § 25 BNatSchG Schutz durch wirtschaftliche Nutzung und den Men- schen, Modellregion	Nach nationalem Recht gesetzli- che Gebietsschutzkategorie Bei der Schutzzone III (Entwick- lungszone) handelt es sich um besiedelte und flächenmäßig meist größte Bereiche eines	-	B	Die Zone III der Biosphärenreser- vate ist bereits auf die wirtschaftli- che Nutzung und den Menschen ausgerichtet und zum Teil vorbelas- tet. An diesen Orten können im Einzelfall auch PV-Anlagen ohne	7 / Mensch

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
	<i>nachhaltiger Entwicklung</i>	Biosphärenreservats. Dort soll v.a. mit Modellprojekten für eine nachhaltige Bewirtschaftung von Ressourcen geworben und dies gefördert werden.			erhebliche Beeinträchtigung realisiert werden. deutlich: - Gebiete mit besondere Erholungsfunktion - Gebiete mit besonderer Eigenart, Vielfalt und Schönheit	
FFH-Gebiet	Gesetzliche Vorschrift <i>RL 92/43/EWG Schutzgebiet gemeinschaftlicher Bedeutung</i>	Nach nationalem Recht gesetzliche, spezielle europäische Schutzgebiete in Natur- und Landschaftsschutz FFH-Gebiete dienen primär dem Kriterium des Arten- und Habitatschutzes. Dazu zählen der Schutz von Pflanzen (Flora), Tieren (Fauna) und Habitaten (Lebensraumtypen) die in mehreren Anhängen zur FFH-Richtlinie aufgelistet sind. Die Gebiete dürfen durch Vorhaben nur in Ausnahmefällen erheblich beeinträchtigt werden, im Regelfall sind die Vorhaben dann unzulässig.	-	B	FFH-Gebiete sind spezielle europäische Schutzgebiete des Natur- und Landschaftsschutzes. Zum Teil werden Schutzzwecke verfolgt zu denen kein Konfliktrisiko durch PV-Freiflächenanlagen besteht. deutlich: - Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktion) teilweise: - Gebiete mit besonders geringer Vorbelastung	9 / Fauna und Flora
SPA-Gebiet	Gesetzliche Vorschrift <i>RL 79/409/EWG Schutz wildlebender Vogelarten und ihrer Lebensräume</i>	Nach nationalem Recht gesetzliche, spezielle europäische Schutzgebiete in Natur- und Landschaftsschutz SPA-Gebiete dienen zur Einschränkung und Kontrolle der	-	B	SPA-Gebiete schützen besondere Vogelarten. Zum Teil stehen die Vogelarten in keinem Konfliktverhältnis zur PV-Freiflächenutzung. deutlich:	9 / Fauna

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
		Jagd ebenso wie zur Verwaltung von Vogelschutzgebieten als eine wesentliche Maßnahme zur Erhaltung, Wiederherstellung bzw. Neuschaffung der Lebensräume wildlebender Vogelarten.			- Brut-, Rast und Nahrungshabitate besonders störungsempfindlicher Avifauna	
Wasserschutzgebiet Zone I+II	Gesetzliche Vorschrift §§ 50-53 WHG <i>Dient der quantitativen und qualitativen Aufrechterhaltung der Wasserversorgung der Bevölkerung, Eingriffe sind verboten</i>	Nach nationalem Recht gesetzliche Gebietsschutzkategorie Wasserschutzgebiete sind Gebiete, in denen zum Schutz von Gewässern (Grundwasser, oberirdische Gewässer, Küstengewässer) vor schädlichen Einflüssen besondere Ge- und Verbote gelten. In Zone I (Fassungsbe- reich) sind jegliche anderweitige Nutzung und das Betreten für Unbefugte verboten. In Zone II (engeres Schutzgebiet) ist die Verletzung der Deckschicht verboten, deshalb gelten Nutzungsbeschränkungen unter anderem für Bebauung.	Schutzzone I und Schutzzone II der Wasserschutzgebiete	A	Wasserschutzgebietszonen I+II sind sehr empfindlich gegenüber einer Bebauung und schließen diese aus. deutlich: - Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser) teilweise: keine	10 / Abiotik
Biotopverbund	Gesetzliche Vorschrift §§20-21 BNatSchG	Nach nationalem Recht gesetzliche Gebietsschutzkategorie Schaffung eines Netzes von (Einzel-)Biotopen, welches das Überleben bestimmter Arten sichert.	-	C	Der Biotopverbund stellt ein Netz von Lebensräumen für heimische Arten dar, dessen Bestandteile zum Teil durch die PV-Freiflächnutzung beeinträchtigt wären. deutlich: - Verbindungsflächen zwi-	7 / Fauna und Flora

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
					<p>schen Einzelpopulationen einer Metapopulation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lebensräume wandernder Arten 	
Raumordnerische Festsetzungen (Regionalplanung nach § 8 Abs. 1 Nr. 2 ROG)						
Ziel Natur und Land- schaft	<p>Ziel der Raumordnung Dient der räumlichen Sicherung der Belange von Natur und Landschaft</p> <p>§ 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i></p>	<p>Dient der räumlichen Sicherung der Belange von Natur und Land- schaft.</p> <p>Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes für Natur und Land- schaft. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, ab- schließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspiel- raum mehr.</p>	Inkl. Vogelzugkorridore	B	<p>Die Festsetzung Natur und Land- schaft einschließlich der Ziele Vogelzugkorridore bildet eine sehr hohe Empfindlichkeit des Raums gegenüber einer möglichen PV- Freiflächennutzung ab.</p> <p>deutlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lebensräume wandernder Arten - Gebiete mit besonders ge- ringer Vorbelastung <p>teilweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verbindungsflächen zwi- schen Einzelpopulationen einer Metapopulation 	8 / Fauna
Grundlage Natur und Landschaft	<p>Grundsatz der Raumord- nung</p> <p>§ 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i></p>	<p>Dient der räumlichen Sicherung der Belange der Natur und Land- schaft.</p> <p>Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ord- nung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen</p>	-	B	<p>Die Festsetzung Natur und Land- schaft bildet die Empfindlichkeit des Raums gegenüber der möglichen Windenergienutzung gut ab.</p> <p>deutlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonders ge- ringer Vorbelastung <p>teilweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verbindungsflächen zwi- 	5 / Fauna

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
					<p>schen Einzelpopulationen einer Metapopulation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lebensräume wandernder Arten 	
Ziel Regionaler Grünzug	<p>Ziel der Raumordnung</p> <p>§ 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichnerischen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i></p>	<p>Dient der räumlichen Sicherung der Regionalen Grünzüge.</p> <p>Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes für Regionale Grünzüge. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.</p>	-	A	<p>Die Festsetzung Regionaler Grünzug stellt großräumige, bandförmige Freiflächen naturnahe Qualität dar, deren Zweck in der Gliederung von Landschaftsräumen und Siedlungen liegt. Eine Nutzung durch PV-Freiflächen ist dann nicht vereinbar, wenn besondere Erholungsqualitäten beeinträchtigt werden könnten.</p> <p>deutlich: keine</p> <p>teilweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verbindungsflächen zwischen Einzelpopulationen einer Metapopulation - Lebensräume wandernder Arten 	9 / Fauna
Grundsatz Regionaler Grünzug	<p>Grundsatz der Raumordnung</p> <p>§ 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichnerischen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i></p>	<p>Dient der räumlichen Sicherung der Regionalen Grünzüge.</p> <p>Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.</p>	-	B	<p>Die Festsetzung Grundsatz Regionaler Grünzug umfasst bandförmige, zusammenhängende nicht bebaute Gebiete. Sie dienen zur Vernetzung des Biotopverbunds und zur Gliederung von Siedlungsflächen.</p> <p>deutlich: keine</p> <p>teilweise:</p>	6 / Fauna

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
					<ul style="list-style-type: none"> - Verbindungsflächen zwi- schen Einzelpopulationen einer Metapopulation - Lebensräume wandernder Arten 	
Ziel Erholung	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der räumlichen Sicherung der Erholungsnutzung. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.	-	C	Die Festsetzung Erholung bildet die Empfindlichkeit des Erholungs- raums gut ab. Es ist jedoch zu erwarten, dass in Einzelfällen PV- Module ohne Beeinträchtigungen der Erholungsfunktion realisiert werden könnten. deutlich: <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besondere Er- holungsfunktion teilweise: <ul style="list-style-type: none"> - Sichtachsen mit besonde- rem Erholungswert - Gebiete mit besonders ge- ringer Vorbelastung 	10 / Mensch
Grundsatz Erholung	Grundsatz der Raumord- nung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der räumlichen Sicherung der Erholungsnutzung. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ord- nung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	C	Die Festsetzung Erholung bildet die Empfindlichkeit des Erholungs- raums ausreichend ab. In vielen Fällen können PV- Freiflächenanlagen ohne Beein- trächtigung der Erholungsfunktion realisiert werden. deutlich: <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besondere Er- holungsfunktion 	7 / Mensch

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
					teilweise: <ul style="list-style-type: none">- Sichtachsen mit besonde- rem Erholungswert- Gebiete mit besonders ge- ringer Vorbelastung	
Ziel Forstwirtschaft	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der räumlichen Sicherung und Entwicklung regional bedeut- samer Waldfunktionen. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.	-	A	Die Nutzung von Wald und Forst- flächen für PV-Freiflächenanlagen ist sehr unwahrscheinlich. Einer- seits sind die bestehenden Konflikte sehr hoch, andererseits spre- chen wirtschaftliche Aspekte dage- gen. deutlich: <ul style="list-style-type: none">- Gebiet mit besonderer Sichtschutzfunktion- Gebiet mit besonderem Be- standsschutz	10 / Fauna
Grundsatz Forstwirt- schaft	Grundsatz der Raumord- nung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der räumlichen Sicherung und Entwicklung regional bedeut- samer Waldfunktionen. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ord- nung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	B	Innerhalb der festgesetzten Gebie- te zum Grundsatz Forstwirtschaft ist die Empfindlichkeit von Forst- /Waldstandorten überwiegend hoch. Es bestehen mögliche kon- fliktfreie Nutzflächen innerhalb der festgesetzten Bereiche deutlich: <ul style="list-style-type: none">- Gebiet mit besonderer Sichtschutzfunktion- Gebiet mit besonderem Be- standsschutz teilweise:	8 / Fauna

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
					- Lebensräume wandernder Arten	
Ziel vorbeugender Hochwasserschutz	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichnerischen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Freihaltung von funktionswidriger Nutzung (Funktion als Retentions- bzw. Abflussraum). Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.	-	A	Die Empfindlichkeit des Raumes gegenüber einer PV-Freiflächennutzung wird von der Festsetzung Ziel vorbeugender Hochwasserschutz weitgehend abgebildet. Überschwemmungsgebiete besitzen eine hohe Empfindlichkeit gegenüber möglicher Bebauung. deutlich: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser)- Gebiet mit besonderem Bestandsschutz teilweise: keine	10 / Weitere
Grundsatz vorbeugender Hochwasserschutz	Grundsatz der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichnerischen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Freihaltung von funktionswidriger Nutzung (Funktion als Retentions- bzw. Abflussraum). Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	A	Die Empfindlichkeit des Raumes gegenüber einer PV-Freiflächennutzung wird von der Festsetzung Grundsatz vorbeugender Hochwasserschutz weitgehend abgebildet. Zukünftige Überschwemmungsgebiete sind nicht zwingend von einer Nutzung durch PV-Anlagen freizuhalten. deutlich: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funk-	10 / Weitere

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
					tionen (Boden und Wasser) teilweise: - Gebiet mit besonderem Be- standsschutz	
Ziel Windenergie	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Sicherung Gebieten für die Windnutzung. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.	-	B	Die Windeignungsgebiete stellen keine besondere Empfindlichkeit für eine Nutzung durch Photovoltaikanlagen dar. In bestimmten Fällen kann es jedoch zu technischen Konflikten kommen. deutlich: keine teilweise: - Gebiet mit besonderem Bestandsschutz	7 / Weitere
Grundsatz Windenergie	Grundsatz der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Sicherung Gebieten für die Windnutzung. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	B	Die Windeignungsgebiete stellen keine besondere Empfindlichkeit für eine Nutzung durch Photovoltaikanlagen dar. In bestimmten Fällen kann es jedoch zu technischen Konflikten kommen. deutlich: keine teilweise: - Gebiet mit besonderem Bestandsschutz	5 / Weitere
Ziel Solarenergie	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri-</i>	Dient der Ausweisung und Sicherung Gebieten für die Solarenergienutzung. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des	-	Positivflächen	Es bestehen keine Konflikte. Die Kategorie zeigt Räume die auf regionaler Ebene bereits als PV-Freiflächenstandorte festgesetzt wurden. Eine Eignung wird daher	Gunstflächen

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
	<i>schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.			angenommen. deutlich: keine teilweise: keine	
Grundsatz Solarenergie	Grundsatz der Raumord- nung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Siche- rung Gebieten für die Solarener- gienutzung. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ord- nung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	Positivflächen	Es bestehen keine Konflikte. Die Kategorie zeigt Räume die auf regionaler Ebene bereits als PV- Freiflächenstandorte festgesetzt wurden. Eine Eignung wird daher angenommen. deutlich: keine teilweise: keine	Gunstflächen
Ziel Grund- und Ober- flächenwasserschutz	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient dem Schutz von Trinkwas- sergebieten u.a. Gewässern. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.	-	B	Die festgesetzten Gebiete bilden die hohe Empfindlichkeit von schutzbedürftigem Grund- und Oberflächenwasser ab. In Einzelfäl- len könnten PV-Anlagen realisiert werden. deutlich: - Gebiete mit besonders emp- findlichen abiotischen Funk- tionen (Boden und Wasser) - Gebiet mit besonderem Be- standsschutz teilweise: - Gebiete mit besonders ge- ringer Vorbelastung	9 / Abiotik
Grundsatz Grund- und Oberflächenwasser-	Grundsatz der Raumord- nung	Dient dem Schutz von Trinkwas- sergebieten u.a. Gewässern.	-	B	Die Empfindlichkeit des Raumes gegenüber Bebauung wird von der	6 / Abiotik

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
schutz	§ 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichnerischen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.			Festsetzung Grundsatz Grund- und Oberflächenwasserschutz gut abgebildet. deutlich: - Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser) - Gebiet mit besonderem Bestandsschutz teilweise: - Gebiete mit besonders geringer Vorbelastung	
Ziel Oberflächennahe Rohstoffsicherung (ohne Bergbausanierung)	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichnerischen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Sicherung von Gebieten mit oberflächennahen Rohstoffen. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.	-	A	Es bestehen Möglichkeiten der Zwischen- oder Nachnutzung in den regionalplanerisch festgesetzten Gebieten. Entsprechende Bereiche können ohne erhebliche Beeinträchtigung für die Stromerzeugung aus PV-Freiflächenanlagen genutzt werden. deutlich: - Gebiet mit besonderem Bestandsschutz teilweise: keine	9 / Weitere
Grundsatz Oberflächennahe Rohstoffsicherung (ohne Bergbausanierung)	Grundsatz der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in</i>	Dient der Ausweisung und Sicherung von Gebieten mit oberflächennahen Rohstoffen. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ord-	-	B	Der Grundsatz Oberflächennahe Rohstoffe bildet die Empfindlichkeit des Raums gegenüber PV-Freiflächenanlagen zum Teil ab. In vielen Fällen kann jedoch auf	8 / Weitere

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
	<i>Form räumlich zeichnerischen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	nung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.			diesen Flächen auch PV konfliktfrei realisiert werden. deutlich: - Gebiet mit besonderem Bestandsschutz teilweise: keine	
Ziel Verteidigung	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichnerischen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Sicherung Gebieten für die Verteidigung. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.	-	B	Der Indikator bildet die Empfindlichkeit des Raumes sehr gut ab. Es ist jedoch eine teilweise Vereinbarkeit mit der Nutzung durch PV-Freiflächenanlagen vorhanden. deutlich: - Gebiet mit besonderem Bestandsschutz teilweise: keine	9 / Weitere
Grundsatz Verteidigung	Grundsatz der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichnerischen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Sicherung Gebieten für die Verteidigung. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	B	Gegenüber den festgesetzten Zielen, sind die Flächenrestriktionen deutlich geringer zu bewerten, da die Gebiete zum Teil keiner direkten Verteidigungsnutzung unterliegen und Konflikte häufig ausgeschlossen werden können. deutlich: - Gebiet mit besonderem Bestandsschutz teilweise: keine	8 / Weitere
Ziel sonstiger Frei- raumschutz (Vorrang- gebiet)	Ziel der Raumordnung	Dient der Ausweisung und Sicherung von Flächen für zweckgebundene Nutzungen, u.a. Frei-	-	B	Die Kategorie umfasst den Frei- raumschutz. Die Festsetzung des Ziels und Ausweisung als Vorrang-	9 / Mensch

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
	<p>§ 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</p>	<p>raumverbund, Forst- und Land- wirtschaft. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.</p>			<p>gebiet bildet die Empfindlichkeiten überwiegend ab. Um die möglichen konfliktfreien Nutzflächen innerhalb der festgesetzten Bereiche berücksichtigen zu können, wird bei konkret ausgewiesenem Vorranggebiet, wird ein Restriktionsgrad von 9 angesetzt. deutlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besondere Er- holungsfunktion - Gebiete mit besonderer Ei- genart, Vielfalt und Schön- heit - Gebiete mit besonders emp- findlichen abiotischen Funk- tionen (Boden und Wasser) - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz 	
<p>Ziel sonstiger Frei- raumschutz (nicht als Vorranggebiet bezeich- net)</p>	<p>Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</p>	<p>Dient der Ausweisung und Siche- rung von Flächen für zweckge- bundene Nutzungen, u.a. Frei- raumverbund, Forst- und Land- wirtschaft. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.</p>	-	B	<p>Die Kategorie umfasst den Frei- raumschutz. Die Festsetzung des Ziels bildet die Empfindlichkeit gut ab. Um die möglichen konfliktfreien Nutzflächen innerhalb der festge- setzten Bereiche berücksichtigen zu können, wie bei konkret ausge- wiesenem Vorranggebiet, wird ein Restriktionsgrad von 8 angesetzt. deutlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besondere Er- 	8 / Mensch

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
					holungsfunktion - Gebiete mit besonders emp- findlichen abiotischen Funk- tionen (Boden und Wasser) - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz	
Grundsatz sonstiger Freiraumschutz	Grundsatz der Raumord- nung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Siche- rung von Flächen für zweckge- bundene Nutzungen, u.a. Frei- raumverbund, Forst- und Land- wirtschaft. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ord- nung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	C	Die Kategorie umfasst den Frei- raumschutz. Die Festsetzung des Grundsatzes bildet die Empfind- lichkeit ausreichend ab. In vielen Fällen kann jedoch auf diesen Flächen auch PV konfliktfrei reali- siert werden. deutlich: - Gebiete mit besondere Er- holungsfunktion - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz teilweise: - Gebiete mit besonderer Ei- genart, Vielfalt und Schön- heit	6 / Mensch
Ziel Industrie und Ge- werbe	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Siche- rung von Flächen für Industrie und Gewerbe. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend		B	Die Festsetzung des Ziels bildet die Nutzungskonkurrenz gut ab. In einzelnen Fällen können auf diesen Flächen auch PV- Freiflächenanlagen konfliktfrei realisiert werden. deutlich: - Gebiete mit besonderem	7 / Weitere

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
		abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.			Bestandsschutz	
Grundsatz Industrie und Gewerbe	Grundsatz der Raumord- nung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Siche- rung von Flächen für Industrie und Gewerbe. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ord- nung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.		C	Die Festsetzung des Grundsatzes bildet die Nutzungskonkurrenz gut ab. In vielen Fällen können auf diesen Flächen auch PV- Freiflächenanlagen konfliktfrei realisiert werden. deutlich: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonderem Bestandsschutz	5 / Weitere
Siedlungsraum (100 m Puffer)	Grundsatz der Raumord- nung § 2 Abs. 2 Nr. 2 ROG	Dient der Ausweisung und Siche- rung bestehender und geplanter Siedlungsbereiche. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ord- nung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	A	Die regionalplanerische Kategorie bildet die Empfindlichkeit zukünftiger Siedlungsgebiete gut ab. deutlich: <ul style="list-style-type: none">- Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung teilweise: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonderem Bestandsschutz- Gebiete mit besonderer Er- holungsfunktion- Gebiete mit besonderen Schallschutzanforderungen	10 / Mensch
Ziel Landwirtschaft	Ziel der Raumordnung § 3 Abs. 1 Nr. 2 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri-</i>	Dient der Ausweisung und Siche- rung Gebieten für die Landwirt- schaft. Festlegung zur Entwicklung, Ordnung und Sicherung des	-	B	Der Indikator bildet die Empfind- lichkeit des Raumes sehr gut ab. Es ist jedoch eine teilweise Verein- barkeit mit der Nutzung durch PV- Freiflächenanlagen vorhanden.	7 / Weitere

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
	<i>schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Raumes der Erholungsnutzung. Die Festsetzung ist i.S. einer Letztentscheidung, abschließend abgewogen und es besteht kein Abwägungsspielraum mehr.			deutlich: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonderem Bestandsschutz teilweise: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonderer Er- holungsfunktion	
Grundsatz Landwirt- schaft	Grundsatz der Raumord- nung § 3 Abs. 1 Nr. 3 ROG <i>Verbindliche Vorgaben in Form räumlich zeichneri- schen Festlegungen in Raumordnungsplänen</i>	Dient der Ausweisung und Siche- rung Gebieten für die Verteidi- gung. Festlegung der allgemeinen Vorgaben zur Entwicklung, Ord- nung und Sicherung des Raums für nachfolgende Abwägungs- oder Ermessensentscheidungen.	-	C	Gegenüber den festgesetzten Zielen, sind die Flächenrestriktio- nen deutlich geringer zu bewerten. deutlich: keine teilweise: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonderem Bestandsschutz- Gebiete mit besonderer Er- holungsfunktion	5 / Weitere
Flächen mit besonderen Qualitäten						
Forst- und Waldflächen mit 100 m Puffer (Ver- schattung)	Gesetzliche Vorschrift § 9 BWaldG <i>Erhaltung des Waldes</i>	Auf Bundes und Landesebene als Wald/Forst geschützte Fläche. Erhalt des Waldes; Wegen seines wirtschaftlichen Nutzens (Nutz- funktion) und wegen seiner Be- deutung für die Umwelt, insbe- sondere für die dauernde Leis- tungsfähigkeit des Naturhaushal- tes, das Klima, den Wasserhaus- halt, die Reinhaltung der Luft, die Bodenfruchtbarkeit, das Land- schaftsbild, die Agrar-und Infra- struktur und die Erholung der	-	A	Wald- und Forstflächen verlieren durch die Errichtung von PV- Freiflächenanlagen ihre Funktio- nen. deutlich: <ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonderem Bestandsschutz- Gebiete mit besonders emp- findlichen abiotischen Funk- tionen (Boden und Wasser)	10 / Weitere

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
		Bevölkerung (Schutz- und Erholungsfunktion) zu erhalten, erforderlichenfalls zu mehren und seine ordnungsgemäße Bewirtschaftung nachhaltig zu sichern.				
stehende und fließende Gewässer mit Randstreifen (20 m Puffer)	Gesetzliche Vorschrift § 61 (1) BNatSchG § 36 WHG § 10 WaStrG	Schutz von Gewässer und deren Randflächen. Gewässerrandstreifen dienen der Erhaltung und Verbesserung der ökologischen Funktionen oberirdischer Gewässer, der Wasserspeicherung, der Sicherung des Wasserabflusses sowie der Verminderung von Stoffeinträgen aus diffusen Quellen.	-	A	Stehende und fließende Gewässer inkl. des Randstreifens (20 Meter) sind für die PV-Nutzung als Tabuflächen bewertet. deutlich: - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz - Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser) teilweise: keine	10 / Weitere
Landwirtschaftliche Flächen	Kein Rechtscharakter Konkurrierende Flächen- nutzung schließt PV- Freiflächenanlagen aus	-	Ackerland, Grünland	C	Landwirtschaftliche Flächen eignen sich grundlegend für eine Nutzung durch PV-Freiflächenanlagen. Zum Teil weisen die Grünlandflächen Qualitäten auf die von der Nutzung beeinträchtigt werden können. deutlich: keine teilweise: - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz - Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser) - Gebiete mit besonderer Er-	6 / Weitere

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
					holungsfunktion - Gebiete mit besonderer Eigenart, Vielfalt und Schönheit	
Offenland	Kein Rechtscharakter Konkurrierende Flächen- nutzung schließt PV- Freiflächenanlagen aus	-	Gehölze, Heide, unbestimmte und vegetationslose Fläche	C	Offenlandflächen außerhalb der Landwirtschaft eignen sich grundlegend für eine Nutzung durch PV-Freiflächenanlagen. Zum geringen Teil weisen die Flächen Qualitäten auf die von der Nutzung beeinträchtigt werden können. deutlich: keine teilweise: - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz - Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser) - Gebiete mit besonderer Erholungsfunktion - Gebiete mit besonderer Eigenart, Vielfalt und Schönheit	7 / Weitere
Moor, Sumpf	Kein Rechtscharakter Konkurrierende Flächen- nutzung schließt PV- Freiflächenanlagen aus	-	-	B	Sehr feuchte Standorte sind aufgrund ihrer naturschutzfachlichen Bedeutung und wegen mangelnder Standfestigkeit nicht für die Errichtung von PV-Freiflächenanlagen geeignet deutlich:	10 / Weitere

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
					<ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz - Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser) 	
Netz unzerschnittener verkehrsarmer Räume	Kein Rechtscharakter Empfehlung und Planungsvorlage	Monitoring der Landschaftszerschneidung durch Ausweitung von bebauten Siedlungsflächen vor allem durch Verkehrswege (Straßen, Bahntrassen, Kanäle) und andere Infrastrukturmaßnahmen (z. B. Hochspannungsleitungen).	-	B	<p>Der Indikator stellt die Beeinträchtigung der biologischen Vielfalt in Folge der Zerschneidung der Landschaft dar. Das Netz unzerschnittener Räume lässt in Einzelfällen eine Bebauung durch PV-Freiflächenanlagen zu.</p> <p>deutlich: keine</p> <p>teilweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verbindungsflächen zwischen Einzelpopulationen eine Metapopulation - Lebensräume wandernder Arten - Gebiete mit besonderer Erholungsfunktion 	8 / Fauna
Siedlung/Wohn- und Mischgebiet	Kein Rechtscharakter Konkurrierende Flächen-nutzung schließt PV-Freiflächenanlagen aus	-	Siedlungsgebiete aus ATKIS (reine Wohn- und Mischgebiete, bebaute Industrie und Gewerbe Flächen sowie Siedlungsfreiflächen)	B	<p>Siedlungen/Wohngebiete stehen für die Nutzung von PV-Freiflächenanlagen grundsätzlich nicht zur Verfügung.</p> <p>deutlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung <p>teilweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonderem 	10 / Mensch

Nutzungs-/ Flächenkategorie	Rechtscharakter	Intendierte Wirkung	Elemente die in dieser Klasse zusammenge- schlossen sind	n-Ansatz Restriktivität (auf Grundlage der normativen Kraft)	Indikatorfunktion für Flä- chen- und Standortquali- täten besonderer Emp- findlichkeit. (deutlich oder teilweise Indi- katorfunktion)	w-Ansatz Restriktivität / Hauptkonflikt (Auf Grundlage der normative Kraft und der Raum- und Um- weltverträglichkeit)
					Bestandsschutz	
Flughafen	Kein Rechtscharakter Konkurrierende Flächen- nutzung schließt PV- Freiflächenanlagen aus	-	Start-/Landebahn, Baukörper	C	Flughäfen lassen keine PV- Nutzung zu und sind als Tabu zu bewerten. deutlich: - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz teilweise: keine	10 / Weitere
Flughafen Freiflächen und Bauschutzbereiche	Gesetzliche Vorschrift § 12 Luftverkehrsgesetz <i>LuftVG (Bauschutzbe- reich)</i>	Beschränkung von Hochbauten im Umfeld von Flughäfen und – plätzen. Freihaltung von Hindernisbegren- zungsflächen bei Flughäfen, welche im Instrumentenflug angeflogen werden.	-	B	Freiflächen innerhalb ausgewiese- nen Flughafengebieten inkl. Bau- schutzbereichen, können für die PV-Nutzung mit Ausnahmen her- angezogen werden. deutlich: keine teilweise: - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz	7 / Weitere
Verkehrswege (+110 m Puffer für Autobahnen und Schienenwege)	Gesetzliche Vorschrift für die Pufferbereich: Verbot von Hochbauten und baulichen Anlagen entlang von Straßen zur Sicherung der Verkehrs- sicherheit. § 9 Abs. 1 FStrG (nur für Autobahnen)	Sicherung der Infrastrukturtras- sen	Straßen, Schienenwe- ge und Hochspan- nungsleitungen	A	Ein 40 m Korridor entlang von Infrastrukturflächen ist von Bebau- ung frei zu halten. Weitere Ein- schränkungen liegen nicht vor. deutlich - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz teilweise: keine	10 / Weitere

6 Festgelegte technische und wirtschaftliche Rahmenbedingungen für die EE-Sparten

Tabelle 32 Übersicht der spartenspezifischen wirtschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen sowie der Flächenbedarfe

	Rahmenbedingungen und Annahmen		Flächenbedarf		Regionalisierung
	technische (Stand der Technik)	wirtschaftliche	Fläche pro installierter Leistung	Stromertrag pro Fläche	
Windenergie	<ul style="list-style-type: none"> 2 bis 3 MW Leistungsklasse, ab 100 m Nabenhöhe, 90 bis 115 m Rotordurchmesser Im Durchschnitt 2.000 Vollbenutzungsstunden Fläche eines Gebietes: <ul style="list-style-type: none"> Anlagenabstand von 4 Rotordurchmessern, d. h. 400m an guten Standorten bzw. 460 m an Schwachwindstandorten 	<ul style="list-style-type: none"> Optimale Verteilung der Anlagen innerhalb eines Gebiets, um höchste Windausbeute zu erreichen Ausschluss von Standorten, auf denen keine Anlage 1.600 äquivalente Volllaststunden erreicht Standstabilität des Turm-Fundaments (Mehrkosten bei hohen Anlagen) Stromnetzintegration vor Ort (Onshore Windparks werden üblicherweise an das Mittel- bzw. Hochspannungsnetz angeschlossen, zusätzlich kann ein Umspannwerk erforderlich werden), Höhe der Einspeisevergütung (ggf. Repowering-Bonus) 	5 ha/MW (Mittelwert)	ca. 0,4 GWh/a*ha	Windgeschwindigkeit
			Mehrfachnutzung möglich (bspw. Energiepflanzenanbau)		
PV-Freiflächen	<ul style="list-style-type: none"> Modultechnologie: kristallin Wirkungsgrad ca. 15 % Performance Ratio 80 % Jahresertrag im Mittel rund 1.000 kWh/kWp, Bandbreite 885 bis 1.165 kWh/kWp 	<ul style="list-style-type: none"> Höhe der Globalstrahlung Flächenkategorien mit Einspeisevergütung gemäß EEG Aufwand für die Flächenaufbereitung (z.B. Altlastbeseitigung) Kosten für Netzanbindung (z. B. Nähe zu einem 380/110-kV-Umspannwerk) Preis der Module, der Wechselrichter und der Gestelle, ggf. Flächenpachtkosten 	2-2,5 ha/MW	im Mittel 0,46 GWh/a*ha	Breitengrad, Globalstrahlung
			Mehrfachnutzung ausgeschlossen		
Biogas	<ul style="list-style-type: none"> Installierte Leistung der Anlagentypen: 300 kW Volllaststundenzahl: 7.700 h Elektrischer Wirkungsgrad des BHKW: 37 % Biomasseertrag unter Beachtung der Anbauintensität: dreigliedrige Fruchtfolge 	<ul style="list-style-type: none"> EEG-Vergütung: leistungsbezogene Grundvergütung und substratabhängige Vergütung Herstellungskosten für erzeugte nachwachsende Rohstoffe 	nicht leistungsabhängig	10,8-18,5 MWh/ha*a	Anteil landwirtschaftlicher Fläche (für EE)
			Mehrfachnutzung ausgeschlossen		

Festbrennstoff HKW	<ul style="list-style-type: none"> • HKW Wirkungsgrad 25 bis 30% • Anlagen im Leistungsbereich $\leq 0,15$ MWel: 2.500 h/a, • Anlagen im Leistungsbereich $\geq 0,15-1$ MWel: 4 000 h/a, • Anlagen im Leistungsbereich $> 1-10$ MWel: 6.000 h/a, • Anlagen im Leistungsbereich > 10 MWel: 7.500 h/a. • Anbau-/Ernteverfahren KUP 	<ul style="list-style-type: none"> • EEG-Vergütung: leistungsbezogene Grundvergütung • Herstellungskosten für erzeugte nachwachsende Rohstoffe 	nicht leistungsabhängig	23-31 MWh/ha*a	Anteil landwirtschaftlicher Fläche (für EE)
			Mehrfachnutzung ausgeschlossen		
PV-Dachflächen	<ul style="list-style-type: none"> • vorwiegend kristalline Module • Wirkungsgrad Module: 15 % • Performance Ratio: 80 % • Jahresertrag im Mittel rund 950 kWh/kWp, Bandbreite 835 bis 1.115 kWh/kWp 	<ul style="list-style-type: none"> • Eignung von 38% der Dachflächen • Systempreis (Module, Wechselrichter und Unterkonstruktion) • Höhe der Einspeisevergütung, Höhe der Haushalts- bzw. Gewerbestrompreise 	7 m ² /kWp auf Dachflächen	keine zusätzlichen Flächen	Globalstrahlung
			Flächenneutral		
Wasserkraft	<ul style="list-style-type: none"> • Laufwasserkraftwerke an Querbauwerken mit Berücksichtigung der Bewirtschaftungspläne der betroffenen Fließgewässer und Naturschutz • 85 % Anlagenwirkungsgrad für Anlagen ab 1 MW • 80 % Anlagenwirkungsgrad für Anlagen bis 1 MW 	<ul style="list-style-type: none"> • EEG-Vergütung für Kleinanlagen und Modernisierungsinvestitionen größerer Wasserkraftwerke • Eigenwirtschaftlichkeit größerer Bestandsanlagen 	*	*	Bestand und Potenzial sind von der Topografie abhängig
			Flächenneutral		
Geothermie	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzung heißer Aquifere (hydrothermale Tiefengeothermie) mit Dublettenbohrung • keine Berücksichtigung der Hot-Dry-Rock-Technologie 	<ul style="list-style-type: none"> • EEG-Vergütung • Kraft-Wärme-Kopplung • geeignete Temperatur, Fließrate und chemische Zusammensetzung des Aquifers 	*	*	Potenzial hängt von der Verteilung und Temperatur der heißen Aquifere ab
			Flächenneutral		

* Der Flächenbedarf der EE-Sparten Wasserkraft und Geothermie ist auf die Anlagen begrenzt und kann im Rahmen der Studie vernachlässigt werden.

Windenergie

Die Analyse verschiedener Studien zu Flächenbedarfen zur Nutzung der Windenergie zeigt, dass deutschlandweit mit einem Wert von ca. 5 ha je MW installierter Leistung in einer ersten Orientierung gearbeitet werden kann.

Eine Fortführung des vereinfachten Ansatzes mit Hilfe des Orientierungswertes bietet die Studie im Auftrag des Bundesverbandes WindEnergie e.V. (BWE) „Studie zum Potenzial der Windenergienutzung an Land“ [BWE 2011]. Die mögliche installierbare Leistungen und Erträge der Potenzialflächen Flächen wurde dort differenziert auf der Grundlage folgender Faktoren ermittelt:

- Durchschnittliche Windgeschwindigkeiten (sowie statistische Winddaten),
- Bodenbedeckungsdaten,
- Infrastrukturdaten und Sonderflächendaten,
- Stand der Technik moderner Windkraftanlagen,
- Anlagenabstände und Flächenbedarfe,
- Wirtschaftliche und technische Parameter.

Photovoltaik-Freifläche

Der Flächenbedarf von PV-Freiflächenanlagen wird unter der Annahme einer typischen Bauweise (fest Aufständerung, Südausrichtung mit 20° Neigung) so berechnet, dass die Sonne die Module mittags zu allen Jahreszeiten ohne Verschattung erreicht. Dadurch ist der Flächenbedarf in Norddeutschland pro MW installierte Leistung höher als in Süddeutschland. Als Wirkungsgrad für die Module werden 15 % angesetzt. Von der Globalstrahlung als zweitem variablem Parameter kann der Stromertrag abgeleitet werden, so dass der Ertrag pro Flächeneinheit in Süddeutschland wesentlich höher ist als in Norddeutschland. Er schwankt je nach Region zwischen 1,65 (Freiburg oder Alpenvorland) und 3,0 ha/(GWh*a) in Schleswig-Holstein. Für Deutschland ergibt sich ein Durchschnittswert von ca. 2,2 ha/(GWh*a).

Photovoltaik-Dachfläche

Bei einem Modulwirkungsgrad von 14 bis 15 % werden zur Installation einer Anlagenleistung von 1 KW ca. 7 m² geneigte Dachfläche benötigt. Aus der Literatur [Everding 2007] lässt sich ableiten, dass rund 38 % der vorhandenen Dächer auch solar nutzbar sind. Von diesen kann ein Teil für die solarthermische Nutzung freigehalten werden. Die Erträge hängen regional von der Globalstrahlung ab. Für Deutschland ergibt sich ein Wert von 950 kWh/kWp bei einer durchschnittlichen Globalstrahlung von 1.050 W/(m²*a). Das technische Potenzial lässt sich so in der Bandbreite berechnen, die von einer vollständigen Nutzung der geeigneten Dächer für PV bis hin zur maximalen Freihaltung von Flächen für die Solarthermie reicht. Von diesem technischen Potenzial kann derjenige Teil erschlossen werden, bei dem sich die Hausbesitzer aus verschiedensten Motivationen heraus (nicht nur ökonomischen) für eine Investition entscheiden. Der so erzeugte Strom steht ohne Belegung zusätzlicher Flächen zur Verfügung.

Wasserkraft

Für die Bestimmung der technischen und der realisierbaren Potenziale wird auf eine Analyse des Ingenieurbüros Floecksmühle [Floecksmühle 2011] zurückgegriffen. Als realisierbar gelten nur die Modernisierung vorhandener Anlagen sowie die Nutzung derzeit ungenutzter Staustufen, zusätzliche Stauanlagen sind aus wasser- und naturschutzrechtlichen Gründen nicht möglich. Damit trägt die Nutzung der Wasserkraft flächenneutral zur Deckung des Strombedarfs bei.

Tiefengeothermie

Von den unterschiedlichen Technologien zur Nutzung der Tiefengeothermie wurden die Potenziale nur für die Stromerzeugung durch hydrothermale Geothermie bestimmt. Als Voraussetzung für die Stromerzeugung gilt eine Wassertemperatur des Aquifers von mindestens 100°C. Angenommen wurde die allmähliche Abkühlung des Aquifers und Nutzung der darin enthaltenen Energie über einen Zeitraum von 100 Jahren. Die geologischen Verhältnisse führen dazu, dass solche heißen Aquifere sehr unterschiedlich auf die Bundesländer verteilt sind. Deren gespeicherte Energie kann entsprechend der von [Jung et al. 2002] grundlegend berechneten Potenziale regional aufgegliedert werden. Die Potenziale der petrothermalen Geothermie bleiben wegen der noch nicht ausgereiften Technologie vorerst ausgeklammert, im Fall ihrer Erschließung wären sie zur Vollversorgung Deutschlands mit Strom und Wärme mehr als ausreichend.

Bioenergie

Der Flächenbedarf bei der Bioenergieerzeugung geht maßgeblich vom Anbau der Biomasse aus. Bioenergieanlagen sind aufgrund ihrer geringen Flächeninanspruchnahme zu vernachlässigen. Biomassereststoffe besitzen keinen direkten Flächenbedarf. Bei einem Wirkungsgrad von 37% und einer durchschnittlichen installierten Leistung von 300 kW, bei 7.700 Volllaststunden ist für Biogasanlagen von einem Bedarf von rund 150 ha landwirtschaftlicher Ackerfläche auszugehen. Der Flächenbedarf für Biomasseheizkraftwerke wird ausgehend von einer durchschnittlichen Anlage mit 2,5 MW installierte Leistung und 6.000 Volllaststunden bei einem Wirkungsgrad von 30% auf 75 ha festgesetzt.

Die Potenziale können regionalen Unterschieden in der landwirtschaftlichen Struktur angepasst werden, die bspw. durch unterschiedliche Viehbestände gekennzeichnet sind.

7 Spartenübergreifende Rahmenbedingungen

Mögliche temporäre Überschusserzeugung aus fluktuierenden Energieträgern

Nach den Einschätzungen des IE Leipzig im Rahmen der Mittelfristprognose bis 2016 [IE 2011] summieren sich die installierten Leistungen aller EEG-Energieträger (d. h. noch ohne Berücksichtigung der großen Wasserkraft) bis zum Jahresende 2016 auf rund 94 GW in Deutschland, wovon allein 44 GW auf die Photovoltaik entfallen. Selbst unter Berücksichtigung der Tatsache, dass bei der Photovoltaik nicht mehr als 70 % der Leistung gleichzeitig eingespeist wird (für Neuanlagen ist dies nach EEG als Alternative zur Teilnahme am Einspeisemanagement so festgeschrieben [EEG 2012]), verbleiben rund 80 GW Leistung, die an Tagen mit starkem Wind und Sonnenschein gleichzeitig in das deutsche Stromnetz einspeisen könnten.

Bis 2020 nehmen diese Kapazitäten weiter zu, nach dem nationalen Aktionsplan der Bundesregierung [Bund 2010a] ergeben sich bis 2020 installierte Leistungen aller erneuerbaren Energien von über 110 GW – bei Berücksichtigung der Photovoltaik zu nur 70 % verbleiben noch rund 95 GW. Von den 110 GW entfallen lediglich 13,4 GW auf die grundlastfähigen bzw. regelbaren Energieträger Wasserkraft, Biomasse und Geothermie, während der Rest zur fluktuierenden Einspeisung beiträgt.

Dem gegenüber steht ein tendenziell leicht abnehmender Strombedarf in Deutschland, der im Jahr 2016 rund 510 TWh erreichen dürfte [Prognos 2011]. Bei gleichmäßiger Nachfrage entspricht dies im Mittel einer Leistung von ca. 58 GW. Tatsächlich ist die Nachfrage zu Spitzenzeiten deutlich höher und an Sonntagen deutlich niedriger.

Damit wird in absehbarer Zeit die Situation eintreten, dass bei bestimmten Witterungsverhältnissen in Deutschland mehr erneuerbarer Strom in das Stromnetz eingespeist wird als – auch bei Abschaltung aller oder fast aller fossilen Kraftwerke – in Deutschland benötigt wird.

Für Stromlieferungen, die im Zuge des Netzmanagements nicht angenommen werden, weil der Ausbau der Netze nicht rasch genug erfolgt ist, um allen Strom einzuspeisen, werden die Anlagenbetreiber nach § 9 bis § 12 EEG vollständig oder weitgehend für die entgangenen Einspeiseerlöse entschädigt. Insofern wird die Wirtschaftlichkeit neuer Anlagen zur Stromerzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien nicht oder nur marginal beeinträchtigt, wenn nicht der gesamte Strom ins Netz eingespeist werden kann.

Unabhängig von der technischen Frage der Netzeinspeisung stellt sich jedoch bei einer Einspeisung aus erneuerbaren Energien, die weit über dem Strombedarf liegt, die Frage der Vermarktung. Hierfür bilden § 13 EnWG sowie § 8 der Ausgleichsmechanismus-Ausführungsverordnung [AusglMechAV 2011] einen Regelungsrahmen für die nach dem EEG zu festen Einspeisetarifen einspeisenden EEG-Anlagen. Dieser führt dazu, dass die Übertragungsnetzbetreiber Vereinbarungen mit Anlagenbetreibern über Ab- und Zuschaltungen treffen können und dass bei einem Überangebot von Strom an der European Energy Exchange (EEX) nur in begrenztem Umfang negative Preise zugelassen werden. Sofern sich selbst zu negativen Preisen die vorhandene Strommenge nicht vollständig veräußern lässt, können solche Abschaltvereinbarungen greifen. Die Übertragungsnetzbetreiber müssen

hierzu noch eine Verfahrensanweisung entwickeln, in welchen Fällen § 8 AusglMechAV angewandt wird.

Für Anlagenbetreiber, die sich für eine Direktvermarktung mit Marktprämie entschieden haben, dürfte der Weiterbetrieb der Anlagen bereits unrentabel werden, wenn der Börsenpreis leicht negativ wird, da die Marktprämie sich jeweils auf die Differenz zwischen EEG-Vergütung und Monatsmittelwert der Börsenpreise bezieht. Da der Monatsmittelwert auch weiterhin eher im positiven Bereich bleiben dürfte, würde der Betrieb in den Stunden ohne positiven Börsenpreis mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht mehr die Betriebskosten decken.

Für Anlagenbetreiber, die mit festen Verträgen an Stromhändler gebunden sind, welche das Grünstromprivileg nutzen, dürften die stundenweisen Negativpreise nicht wirksam werden, da die Preise in diesen Verträge üblicherweise längerfristig festgelegt sind, so dass diese Anlagen in Zeiten von Einspeisungsüberschuss voraussichtlich weiter betrieben werden.

Letztendlich bedeutet dies, dass es zukünftig häufiger Zeitpunkte geben wird, an denen trotz Verzicht auf konventionelle (fossile) Stromerzeugung nicht der gesamte aus erneuerbaren Energien produzierte Strom verkäuflich sein wird. Der Präsident der Bundesnetzagentur fasste es im Rahmen einer Tagung mit den Worten zusammen: „Wer Strom erzeugt, den keiner braucht, wird entschädigungslos abgeschaltet“ [Kurth 2011]. Damit entsteht für die Betreiber von Anlagen zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien zukünftig ein neues finanzielles Risiko, da es Zeiten geben wird, in denen der Einspeisevorrang gemäß § 8 Abs. 1 EEG ins Leere laufen kann. Besonders betroffen sind von diesem Risiko die Erzeuger von Wind- und Solarenergie, da Überschüsse bei der Stromproduktion genau dann eintreten, wenn aus diesen Energiequellen die volle Leistung eingespeist wird. Die Erzeuger der grundlastfähigen erneuerbaren Energien (Wasserkraft, Biomasse, Geothermie, Klär- und Deponiegase) sind davon zwar mit betroffen, sie können jedoch auch zu allen anderen Stunden des Jahres Strom erzeugen, so dass die beschriebenen Ausfallstunden prozentual geringer ins Gewicht fallen.

Ausgleich zwischen unterschiedlichen erneuerbaren Energien

Da die fluktuierenden Energiequellen Solarenergie und Windenergie saisonal unterschiedlich stark ins Stromnetz einspeisen, kann im Gesamtsystem der Speicherbedarf minimiert werden, wenn die Stromerzeugung dieser beiden Energiequellen in einem bestimmten Verhältnis zueinander steht. Dieses Verhältnis wurde zuerst von einer Studie des ISET Kassel im Auftrag der Firma Siemens aus dem Jahr 2008 ermittelt (zitiert nach [Heide et al. 2010], [Sollmann 2009] und [PV-BW 2011]). Dabei ergaben sich europaweit Verhältnisse von 40 bis 45 % Solarenergie und 55 bis 60 % Windenergie, um den Speicherbedarf zu minimieren. Für einen Einzelstandort wurde diese Relation in einer unveröffentlichten Studie bestätigt [Seeliger 2012]. Je stärker die Ausschöpfung der Potenziale dieser beiden fluktuierenden Energieträger von dieser Relation abweicht, desto aufwändiger wird die saisonale Speicherung von Energieüberschüssen ausfallen. Bei den in Kapitel 3 aufgeführten Szenarien dominiert die Stromerzeugung aus Windenergie bis 2050 noch stärker, selbst wenn nur die Onshore-Windenergie betrachtet wird. Der zusätzlich geplante Ausbau der Offshore-Windenergie verschiebt das Ungleichgewicht nicht so stark, weil die saisonalen Schwankungen der Offshore-

Windenergie deutlich schwächer als die der Onshore-Windenergie ausfallen [Faulstich et al. 2009].

Bewertung der Zielgrößen mit Blick auf Überschussproduktion und deren Speicherung

Die im Aktionsplan [Bund 2010a] oder in der Leitstudie genannten Ziele können für alle grundlastfähigen erneuerbaren Energieträger problemlos in das Energiesystem integriert werden. Auch bei den fluktuierenden Energiequellen (Windenergie, Solarenergie) ist dies grundsätzlich der Fall. Allerdings stehen diese stärker vor dem Risiko, dass der Einspeisevorrang zeitweise nicht mehr greift (wie oben beschrieben) und der Strom nicht mehr vollständig vom Energiesystem aufgenommen werden kann. Dies gilt auch nach der im März 2012 novellierten Vergütungsregelungen für Solarenergie mit einer Verpflichtung der Anlagenbetreiber, einen festen Anteil des Stroms selbst zu verbrauchen oder anderweitig zu vermarkten. Schließlich wirkt sich auch ein hoher Anteil selbst verbrauchten Stroms nicht angebotsdämpfend auf den Strommarkt aus, da der selbst verbrauchte Anteil des Stromes gleichzeitig als potenzielle Nachfrage auf dem Strommarkt wegfällt. Erst wenn es dazu kommt, dass sich Verschiebungen vom Strommarkt zum Wärmemarkt ergeben (z. B. durch vermehrten Einsatz von Wärmepumpen oder Heizstäben, die in Kombination mit PV-Anlagen betrieben werden, durch deren Strom fossile Wärmeerzeuger verdrängt werden, wie es in [Podewils 2011] dargestellt wird), kann eine deutlich höhere Leistung im Bereich der Photovoltaik installiert und auch sinnvoll genutzt werden.

Im Bereich der Windenergie sind derartige Lösungen (abgesehen von Kleinstanlagen auf Gebäudedächern) nicht in Sicht. Hier besteht bei zu starkem Zubau grundsätzlich das Risiko der Erzeugung unverkäuflicher Stromüberschüsse, das sich mittelfristig dämpfend auf die Investitionstätigkeit auswirken könnte.

Ein wesentlicher Ausweg aus der temporären Überschussproduktion aus allen fluktuierenden Energiequellen stellt jedoch die Überführung überschüssigen Stroms aus fluktuierenden Energiequellen in saisonale Speicher dar. Hierfür bietet sich in erster Linie die Umwandlung erneuerbar erzeugten Stroms in Methan (Power-to-Gas) oder Wasserstoff und deren Speicherung im Netz der Erdgasspeicher an. Während die Pumpspeicher in Deutschland derzeit nur 40 GWh Strom speichern können, bieten die Kavernen unter Tage, mit denen schon heute die Nachfrageschwankung nach Erdgas ausgeglichen wird, ein Speichervolumen von 217.000 GWh und können damit den deutschen Erdgasbedarf mehrerer Monate überbrücken. Das Verfahren zur Umwandlung von Biogas sowie erneuerbarem Strom zu Erdgas-Substitut (SNG, substitute natural gas) ist inzwischen Stand der Technik und befindet sich in der Demonstrationsphase [Specht et al. 2010], [Specht 2012].

Es wird daher vorgeschlagen, für die fluktuierende Energieerzeugung aus Photovoltaik und Windenergie die im Leitszenario der Bundesregierung [BMU 2012b] vorgeschlagenen Ausbaupfade mittelfristig nicht wesentlich zu überschreiten, auch wenn die technischen Potenziale einen stärkeren Ausbau ermöglichen würden. Langfristig (Zeithorizont über 2030 hinaus) können aber durch den Einsatz der genannten Erdgasspeicher auch noch deutlich höhere Stromerzeugungspotenziale aus fluktuierenden erneuerbaren Energien erschlossen werden.

8 Strombedarfsanalyse auf Bundesebene

Bestandteil des Forschungsvorhabens war es der Raumordnung die Möglichkeit zu eröffnen raumrelevante Entwicklungen in Zusammenhang mit der Energiewende analysieren und bewerten zu können. Eine wichtige Rolle für die räumliche Steuerung beim Ausbau der erneuerbaren Energien spielt dabei der aktuelle und zukünftige Strombedarf. Kenntnisse über die zukünftige Entwicklung und räumliche Verteilung des Strombedarfs liefern Hinweise darauf, wie und wo die ermittelten Flächenpotenziale vorzugsweise erschlossen werden sollten.

Im Vorhaben wurde eine Methodik zur Ermittlung der regionalen Verteilung des Strombedarfs sowie von Prognosen für 2020 und 2030 entwickelt und erprobt. Voraussetzung für die Entwicklung einer Analyseverfahren zur Ermittlung des Strombedarfs in seiner räumlichen Verteilung auf Bundesebene war es, eine der Potenzialanalysen erneuerbarer Energien entsprechende, regionalisierte Auflösung zu ermöglichen. Damit eng verbunden sind spezifische Anforderungen an die Datengrundlagen.

8.1 Methodik zur Strombedarfsanalyse

Auf Ebene der Bundesländer kann der Endenergieverbrauch für Strom über die Energiebilanzen ermittelt werden. Allerdings ist damit keine Prognose des Strombedarfs bis zum Jahr 2030 möglich. Um den Stromverbrauch auch für kleinere räumliche Einheiten (Landkreise oder Gemeinden) zu ermitteln und v. a. um Aussagen zum zukünftigen Strombedarf treffen zu können, wurde im Vorhaben ein vereinfachtes Berechnungsmodell entwickelt. Mit Hilfe eines Indikatorsystems erfolgt eine "bottom-up"-Berechnung (vgl. Abbildung 18)

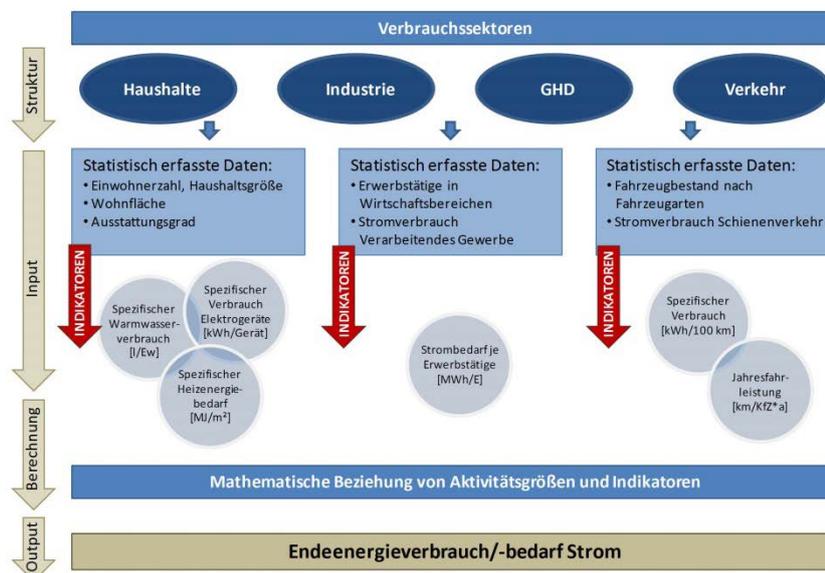


Abbildung 18 Modell einer regionalisierten Strombedarfsanalyse

Unter Berücksichtigung demographischer und technischer Entwicklungen (Energieeffizienz, Elektromobilität etc.) werden nach Verbrauchssektoren private Haushalte, Industrie/GHD sowie Verkehr differenzierte Ergebnisse berechnet. Die Methodik der Strombedarfsprognose stützt sich überwiegend auf allgemein verfügbare Datensätze und erlaubt die Ermittlung des aktuellen Stromverbrauchs (2010) sowie der Strombedarfe 2020 und 2030. Um den Abgleich

mit den regionalisierten Stromerzeugungspotenzialen erneuerbarer Energien zu gewährleisten, kann die Berechnung auf regionaler Ebene (295 Landkreise) durchgeführt werden.

Die entwickelte Methode wird exemplarisch für den Landkreis Bautzen (Abschnitte 0 bis 0) und, um die Ergebnisse überprüfen zu können, auf der Landesebene für den Freistaat Sachsen (Abschnitt 0) angewendet. Nachfolgend werden die für die Berechnung in den einzelnen Verbrauchssektoren notwendigen Strukturdaten (Aktivitätsgrößen) und Kennwerte sowie Anwendungshinweise zum Modell beschrieben. Die Vorgehensweise ist auf andere Landkreise bzw. Bundesländer übertragbar.

Sektor Private Haushalte

Der Strombedarf bei den Privaten Haushalten wird mit fast 60 % hauptsächlich durch Elektrogeräte bestimmt. Zur Raumwärmbereitstellung (Nachtspeicheröfen, Wärmepumpen) werden etwa 20 % des Strombedarfs benötigt. Der Anteil für die Warmwasserbereitung und zum Kochen ist wesentlich geringer (vgl. Abbildung 19). Es wird erwartet, dass sich diese Verteilung bis zum Jahr 2030 nicht wesentlich verändert [Öko-Institut und Prognos 2009].

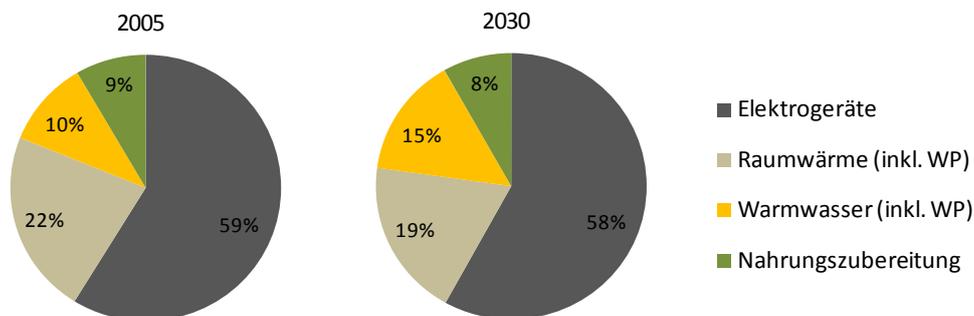


Abbildung 19 Stromverbrauch/-bedarf der Privaten Haushalte nach Anwendungsarten
 Quelle: [Öko-Institut und Prognos 2009], Darstellung: IE

Grundlage für die Aufstellung des Energiebedarfs für Elektrogeräte und für die Nahrungszubereitung sind die spezifischen Geräteverbräuche und der durchschnittliche Ausstattungsgrad je Haushalt. Die Berechnung des Raumwärmebedarfs basiert auf der statistischen Erfassung der energiewirksamen (bewohnten) Wohnfläche und der Zuordnung entsprechender Energiekennwerte (spezifischer Heizwärmebedarf). Bei der Warmwasserbereitung werden der durchschnittliche Warmwasserbedarf pro Einwohner sowie typische Vor- und Rücklauftemperaturen herangezogen. In beide Bereiche gehen jeweils die spezifischen Nutzungsgrade der Anlagentechnik mit ein. In Tabelle 33 sind die Datengrundlagen beispielhaft für den Landkreis Bautzen dargestellt.

Tabelle 33 Datengrundlagen zur Berechnung des Stromverbrauchs/-bedarfs der Privaten Haushalte

Daten	Quelle	Einheit	2010	2020	2030
Regionsspezifische Daten (Beispiel Landkreis Bautzen)					
Einwohnerzahl	BBSR (nicht veröffentlicht)*	Anzahl	321.000	289.000	258.000
Durchschnittliche Haushaltsgröße	Statistisches Landesamt (Mikrozensus)	Personen/ Haushalt	2,0	1,9	
Wohnfläche (Bestand)	Statistisches Landesamt	100 m ²	123.477		
Nicht regionsspezifische Daten					
<u>Strombedarf Elektrogeräte/Nahrungszubereitung</u>					
Ausstattung mit Elektrogeräten, z. B.					
Licht	[Öko-Institut und Prognos 2009], Referenzszenario**	Prozent	100	100	100
Geschirrspüler		Prozent	64	75	80
Elektroherd		Prozent	82	85	86
Mittlerer Geräte-Jahresverbrauch, z. B.					
Licht	[Öko-Institut und Prognos 2009], Referenzszenario**	kWh/Gerät*a	229	125	105
Geschirrspüler		kWh/Gerät*a	229	202	184
Elektroherd		kWh/Gerät*a	365	329	285
<u>Strombedarf Raumwärme</u>					
Entwicklung der Pro-Kopf-Wohnfläche gegenüber 2010	[Shell 2011], [empirica 2005], Trend für Deutschland	Prozent		+10%	+19%
Spezifischer Heizenergiebedarf	[Öko-Institut und Prognos 2009], Referenzszenario**	MJ/m ²	444	385	328
Anteil von Strom zur Erzeugung von Raumwärme	[Öko-Institut und Prognos 2009], Referenzszenario**	Prozent	4,0	4,2	4,0
<u>Strombedarf Warmwasser</u>					
Spezifischer Warmwasserverbrauch	[Öko-Institut und Prognos 2009], Referenzszenario**	l/Einwohner*a	43	45	46
Anteil von Strom zur Erzeugung von Warmwasser	[Öko-Institut und Prognos 2009], Referenzszenario**	Prozent	15,6	18,1	17,7

* Das Statistische Landesamt veröffentlicht Daten zu 2010 und 2025.

** Es liegen Angaben für 2005, 2020 und 2030 vor. Der Wert für 2010 wurde mit den Werten von 2005 und 2020 berechnet.

Die regionsspezifischen Daten sind aus der Statistik verfügbar und für die Landkreise jedes Mal anzupassen. Die nicht regionsspezifischen Daten werden allgemein für Deutschland angenommen und sind daher i. d. R. nicht anzupassen. Sollten hier regionsspezifische Daten verfügbar sein, könnten diese direkt in das Berechnungsmodell eingegeben werden. Die Erhebung der Daten auf Bundeslandebene erfolgt in gleicher Weise.

In dem Berechnungsmodell sind die mathematischen Beziehungen von Aktivitätsgrößen und Indikatoren hinterlegt, so dass nach Eingabe der Daten der Stromverbrauch/-bedarf der Privaten Haushalte für die Jahre 2010, 2020 und 2030 berechnet wird. In Abbildung 20 ist das Ergebnis für den Landkreis Bautzen dargestellt. Da hier die Effekte aus sinkender Bevölkerungszahl (Rückgang der energieverbrauchswirksamen Wohnfläche sowie des Warmwasserverbrauchs) und Effizienzsteigerungen bei Elektrogeräten überwiegen, kann bei den Privaten Haushalten trotz steigender Pro-Kopf-Wohnungsfläche und zunehmender Ausstattung mit Elektrogeräten ein Rückgang des Strombedarfs bis 2030 erreicht werden.

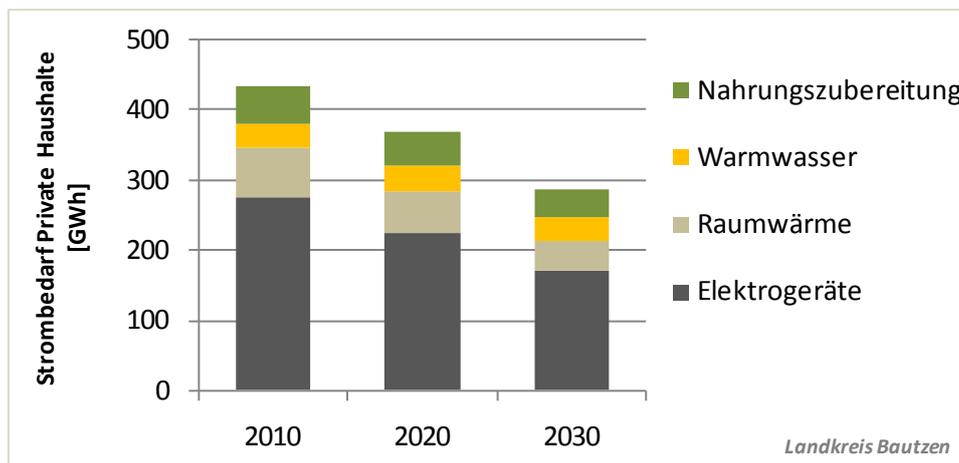


Abbildung 20 Stromverbrauch/-bedarf der Privaten Haushalte des Landkreises Bautzen nach Anwendungsarten

Sektor Industrie/GHD

Aufgrund der gleichen methodischen Vorgehensweise werden die Sektoren Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) zusammengefasst. Für den Wirtschaftsbereich „verarbeitendes Gewerbe“ kann der Stromverbrauch direkt beim Statistischen Landesamt auf Landkreisebene abgerufen werden. Für die anderen Wirtschaftsbereiche wird der Strombedarf aus der Anzahl der Erwerbstätigen und einem spezifischen Strombedarf je Erwerbstätigen (nach [IfE 2010] und [BMWi 2011]) berechnet.

Als Datengrundlage steht die Statistik „Erwerbstätige nach Wirtschaftsbereichen“ zur Verfügung (Tabelle 34). Auf Ebene der Bundesländer sind die Daten frei verfügbar, für die Landkreise können diese bei den Statistischen Landesämtern erfragt werden. Die Fortschreibung der Erwerbstätigen bis 2030 basiert auf [Öko-Institut und Prognos 2009] und wird im Berechnungsmodell berücksichtigt. Dabei werden grundsätzliche bundesdeutsche Tendenzen, wie der anhaltende Trend zur Dienstleistungs- und Wissensgesellschaft, berücksichtigt. Die aktuellen Entwicklungen an den europäischen und weltweiten Finanzmärkten zeigen jedoch, wie schwer es ist, eine wirtschaftliche Entwicklung zu prognostizieren.

Die regionsspezifischen Daten (Tabelle 34) sind für die Landkreise entsprechend anzupassen, die nicht regionsspezifischen Daten werden allgemein für Deutschland angenommen. Sollte der Stromverbrauch außer für das verarbeitende Gewerbe für weitere Wirtschaftsbereiche als Statistik verfügbar sein, kann dieser direkt berücksichtigt werden.

Tabelle 34 Datengrundlagen zur Berechnung des Stromverbrauchs/-bedarfs der Sektoren Industrie/GHD

Daten	Quelle	Einheit	2010	2020*	2030*
Regionsspezifische Daten (Beispiel Landkreis Bautzen)					
<u>Erwerbstätige (E) nach Wirtschaftsbereichen</u>					
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	2010 für Bundesländer: Arbeitskreis Erwerbstätigenrechnung des Bundes und der Länder 2010 für Landkreise: zu erfragen beim Statistischen Landesamt 2020/2030: Faktoren aus [Öko-Institut und Prognos 2009], Trendentwicklung für Deutschland	1.000 E	3,9		
Produzierendes Gewerbe ohne Baugewerbe		1.000 E	31,2		
davon verarbeitendes Gewerbe		1.000 E	29,5		
Baugewerbe		1.000 E	13,0		
Handel, Gastgewerbe, Verkehr		1.000 E	31,7		
Kredit-, Versicherungswesen, Wohnungswesen, Dienstleistungen f. Untern.		1.000 E	17,4		
öffentl. Dienstleistungen, Erziehung, Gesundheitsw.		1.000 E	40,8		
<u>Stromverbrauch nach Wirtschaftsbereichen</u>					
Bergbau und verarbeitendes Gewerbe	Statistisches Landesamt	1.000 MJ	2.693.919		
Nicht regionsspezifische Daten					
<u>Strombedarf je Erwerbstätige (E) nach Wirtschaftsbereichen</u>					
Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	Berechnungen IE nach [IfE 2010] und [BMWi 2011]	MWh/E	7,1		
Produzierendes Gewerbe ohne Baugewerbe		MWh/E	26,5		
Baugewerbe		MWh/E	1,6		
GHD		MWh/E	4,1		
Öffentliche Verwaltung		MWh/E	1,8		

* Die Faktoren zur Entwicklung (für 2020 und 2030) sind im Berechnungsmodell hinterlegt.

Als Ergebnis wird der Stromverbrauch/-bedarf einzelner Wirtschaftsbereiche für die Jahre 2010, 2020 und 2030 dargestellt (Abbildung 21). Auf Grund der rückläufigen demographischen Entwicklung ist von einem Rückgang der Erwerbstätigen auszugehen. Der Strombedarf je Erwerbstätiger wird für diesen Zeitraum als annähernd konstant unterstellt. Damit nimmt der Strombedarf der Sektoren Industrie/GHD im Landkreis Bautzen bis zum Jahr 2030 insgesamt ab.

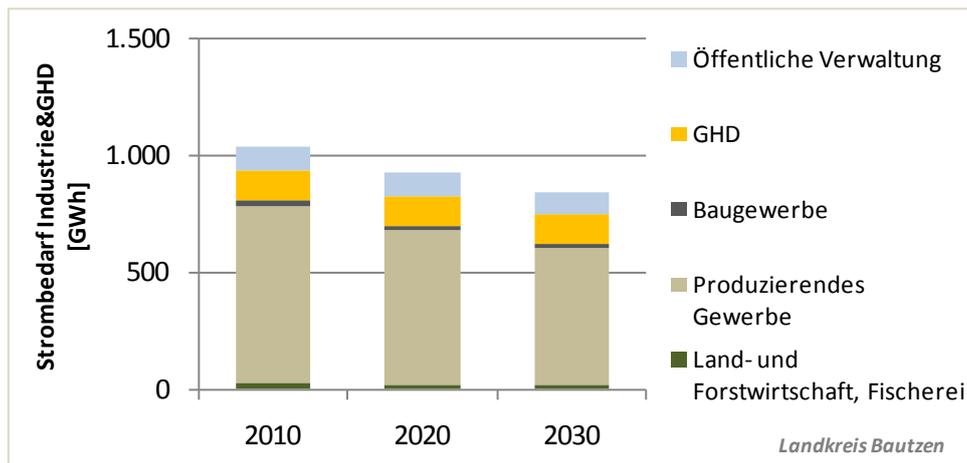


Abbildung 21 Stromverbrauch/-bedarf der Sektoren Industrie/GHD des Landkreises Bautzen

Sektor Verkehr

Für den Stromverbrauch im Verkehrssektor sind überwiegend der Schienen- und Straßenverkehr relevant. Da für den *Schieneverkehr* keine Erhebungen auf regionaler Ebene vorliegen, werden zur Auswertung Daten der Energiebilanzen der Bundesländer herangezogen (Tabelle 35). In einem vereinfachten Ansatz werden diese bevölkerungsproportional auf die Landkreise verteilt. Die Fortschreibung bis zum Jahr 2030 berücksichtigt, neben der voraussichtlichen Bevölkerungsentwicklung im Landkreis, folgende allgemeinen Tendenzen [Öko-Institut und Prognos 2009]:

- Aufgrund der rückläufigen Bevölkerung und eines veränderten Fahrverhaltens gehen Auslastung und Fahrleistungen beim schienengebundenen Öffentlichen Straßenpersonennahverkehr (U-Bahnen, S-Bahnen und Straßenbahnen) zurück.
- Beim Eisenbahnpersonenverkehr (Nah- und Fernverkehr) nimmt der Energieverbrauch durch technische Effizienzsteigerungen leicht ab.
- Der Schienengüterverkehr wird erheblich ausgeweitet; eine bessere Fahrzeugeffizienz kompensiert nur teilweise den höheren Energieverbrauch für steigende Transportleistungen.
- Die Bedeutung von Diesel nimmt ab, so dass sich der Verbrauchsanteil von Strom überproportional erhöht.

Beim *Straßenverkehr* werden vereinfachend nur Pkw mit elektrischem Antrieb¹⁶ berücksichtigt. Zwar gibt es auch Lkw mit Elektroantrieb, allerdings werden diese durch hohe Investitionen und eine begrenzte Reichweite gegenüber Dieseltransportern kaum bis zum Jahr 2030 konkurrenzfähig sein. Für die Ermittlung der Anzahl von Elektro-Pkw auf Landkreis-

¹⁶ Dazu gehören Elektrofahrzeuge und Plug-in-Hybrid.

ebene wird der Anteil der Pkw mit elektrischem Antrieb am gesamten Pkw-Bestand auf Bundesebene übernommen. Für die Fortschreibung werden die von der Bundesregierung angestrebten Ziele (bis zum Jahr 2020 eine Million Elektrofahrzeuge und bis zum Jahr 2030 sechs Millionen Elektrofahrzeuge im Pkw-Bestand) anteilmäßig, unter Berücksichtigung der zu erwartenden Bevölkerungsentwicklung im Landkreis, übernommen (Tabelle 35).

Tabelle 35 Datengrundlagen zur Berechnung des Stromverbrauchs/-bedarfs des Verkehrssektors

Daten	Quelle	Einheit	2010	2020*	2030*
Regionsspezifische Daten (Beispiel Landkreis Bautzen)					
Einwohnerzahl Landkreis	BBSR (nicht veröffentlicht)*	Anzahl	321.000	289.000	258.000
Einwohnerzahl Bundesland	BBSR (nicht veröffentlicht)*	Anzahl	4.139.000	3.878.000	3.592.000
Stromverbrauch Schienenverkehr	Energiebilanz des Bundeslandes	GWh	504		
Pkw-Bestand	Statistisches Landesamt	Anzahl	179.066		
Nicht regionsspezifische Daten					
<u>Strombedarf Straßenverkehr</u>					
Pkw-Bestand Deutschland	[ExxonMobil 2011]	Anzahl in Mio.	42,3	44,0	44,2
davon Elektro-Pkw**	[Bund 2010b]	Anzahl in Mio.		1,0	6,0
Jahresfahrleistung Elektro-Pkw	[Öko-Institut und Prognos 2009]	1.000 Fzkm/FZ	3,7	4,8	6,6
Spezifischer Stromverbrauch					
Elektrofahrzeug	[Öko-Institut und Prognos 2009]	kWh/1.000 km	194	170	150
Plug-in-Hybrid		kWh/1.000 km		245	215

* Das Statistische Landesamt veröffentlicht Daten zu 2010 und 2025.

** Elektrofahrzeuge und Plug-in-Hybrid.

Als Ergebnis lässt sich der Stromverbrauch/-bedarf für die Jahre 2010, 2020 und 2030 jeweils für den Schienen- und Straßenverkehr darstellen (Abbildung 22). Während beim Schienenverkehr lediglich ein leichter Anstieg des Strombedarfs zu erwarten ist, wird der Strombedarf im Straßenverkehr voraussichtlich erheblich zunehmen.¹⁷

¹⁷ Anfang 2012 waren in Deutschland etwa 4.500 Elektroautos zugelassen. Das Erreichen des Zieles der Bundesregierung, 1 Mio. Elektroautos bis 2020, bedeutet einen enormen Zuwachs.

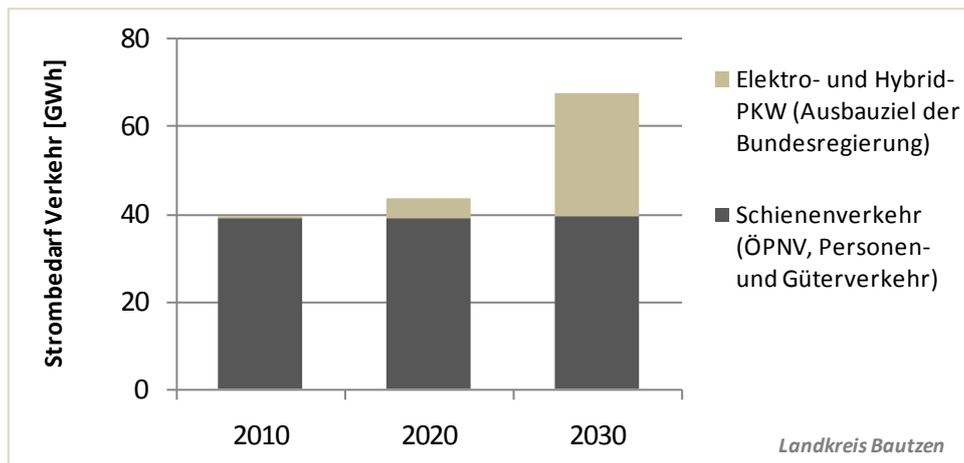


Abbildung 22 Stromverbrauch/-bedarf des Verkehrssektors des Landkreises Bautzen

Gesamter Strombedarf

Um die Frage nach der Verteilung des Strombedarfs in Verbindung mit dem Netzausbau zu beantworten, ist nicht die Differenzierung nach Sektoren, sondern die Summe der Strombedarfe entscheidend (Abbildung 23). Es wird erwartet, dass der Strombedarf des Landkreises Bautzen bis zum Jahr 2030 um 21 % gegenüber 2010 zurückgehen wird.

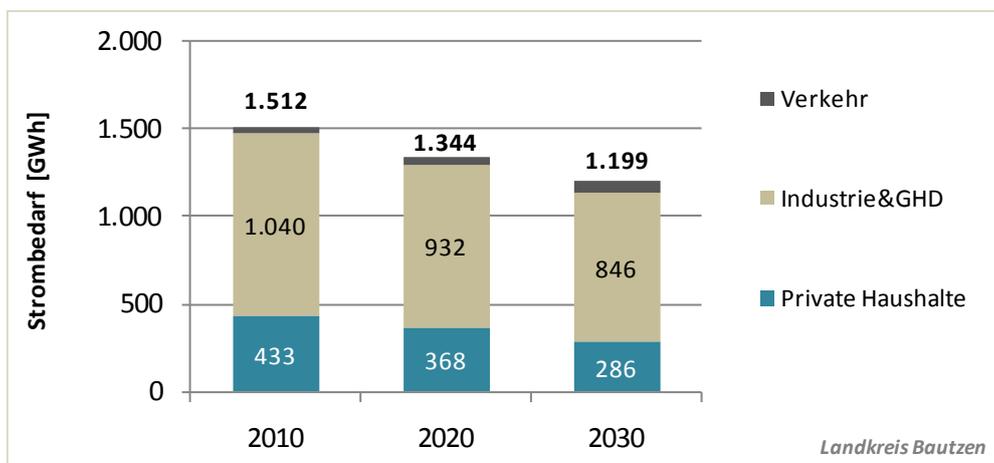


Abbildung 23 Stromverbrauch/-bedarf des Landkreises Bautzen

Vergleichende Betrachtung auf Bundeslandebene

Zur Überprüfung der erarbeiteten Methodik wird ergänzend zu den Ergebnissen auf Landkreisebene (Landkreis Bautzen) der Stromverbrauch/-bedarf auf Bundeslandebene (Sachsen) berechnet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 24 dargestellt.

Die berechneten Werte zum Stromverbrauch für das Jahr 2010 (19.680 GWh) stimmen mit den Daten der Energiebilanz (19.355 GWh) gut überein. Prognosen zum zukünftigen Strombedarf liegen nicht vor. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass der Stromverbrauch in den

kommenden Jahren nicht weiter über das Niveau des Jahres 2008 in Höhe von 21.800 GWh ansteigen wird [SMWA und SMUL 2011]. Dabei wird angenommen, dass der Stromverbrauch infolge des Wirtschaftswachstums durch Effizienzverbesserungen in allen Anwendungsbereichen kompensiert werden kann. Auf nationaler Ebene ist im Energiekonzept der Bundesregierung als Ziel definiert, dass der Stromverbrauch im Jahr 2020 90 % des Wertes des Jahres 2008 betragen soll [Bund 2010b]. Die Ergebnisse des vorliegenden Berechnungsmodells zeigen gegenüber 2010 einen Rückgang des Strombedarfs auf 89 % im Jahr 2020 bzw. 81 % im Jahr 2030 (Abbildung 24) und liegen damit im entsprechenden Bereich.

Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass Zukunftsentwicklungen grundsätzlich nicht vorhersehbar sind, bestätigen die Ergebnisse für Sachsen die allgemeine Anwendbarkeit des Berechnungsmodells.

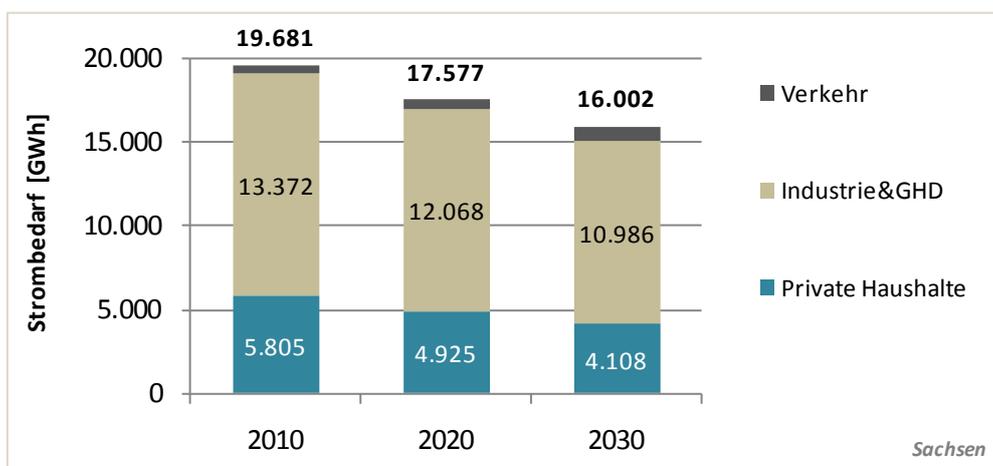


Abbildung 24 Stromverbrauch/-bedarf des Freistaats Sachsen

8.2 Zwischenfazit

Mit dem entwickelten Excel-Modell¹⁸ können für alle Landkreise und Bundesländer mit einem vertretbarem Aufwand Strombedarfe bis zum Jahr 2030 berechnet werden. Die Handhabung des Modells ist einfach gestaltet. Grundlage für das Berechnungsmodell stellen allgemein vorgehaltene statistische Daten (bspw. Einwohnerzahl, Wohnfläche, Erwerbstätigenzahl, Pkw-Bestand) sowie spezifische Indikatoren (bspw. Spezifischer Stromverbrauch von Elektrogeräten, Spezifischer Strombedarf je Erwerbstätiger) dar. Die Überprüfung der Methodik mit Daten auf Bundeslandebene hat eine allgemeine Anwendbarkeit des Berechnungsmodells bestätigt.

Es empfiehlt sich, die Berechnung des Stromverbrauchs zunächst auf Bundeslandebene durchzuführen und das Ergebnis mit dem in der Energiebilanz des Bundeslandes für das Jahr 2010 angegebenen Wert abzugleichen. Neben dem Verkehrssektor wird in der Ener-

¹⁸ Das Berechnungsmodell liegt als MS Excel-Modell vor und ist Bestandteil des Berichts.

giebilanz auch der Bereich Haushalte gesondert ausgewiesen. So kann eingeschätzt werden, ob die im Modell angenommenen allgemeingültigen Daten auch für eine bestimmte Region zutreffen. Gegebenenfalls könnten an folgenden Eingangsdaten Korrekturen für eine regionale Anpassung vorgenommen werden:

- Private Haushalte: Anteil von Strom zur Erzeugung von Raumwärme, Spezifischer Heizenergiebedarf je Wohnfläche, Anteil von Strom zur Erzeugung von Warmwasser und Spezifischer Warmwasserverbrauch je Einwohner.
- Industrie/GHD: Spezifischer Strombedarf je Erwerbstätiger.

Nach Eingabe der regionspezifischen Daten (Tabelle 33 bis Tabelle 35, oberer Teil) können anschließend Stromverbrauch und -bedarf für die Landkreise des Bundeslandes berechnet werden.

Quellenverzeichnis

Tabellarisches Verzeichnis der Literatur

[Kürzel]	Quellenbezeichnung
AEE 2012	Agentur für Erneuerbare Energien (Hrsg.): Föederal-Erneuerbar Landesinfo – Politik. Im Internet: http://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/D/kategorie/politik ; letzter Zugriff 12.9.2012.
ALPRO 2011	AL-PRO Planungsbüro für regenerative Energienutzung: Kurzfassung des überarbeiteten Endberichtes zur Windpotenzialstudie Saarland. Bericht Nr. PSE/K-08042011-576-R2-Saarland, April 2011.
Anderer 2012	Anderer, Pia (Ingenieurbüro Floecksmühle): Persönliche Mitteilung zu Datengrundlagen der Moselkraftwerke. Aachen, 22.03.2012.
AusglMechAV 2011	Bundesnetzagentur (Hrsg.): Ausgleichsmechanismus-Ausführungsverordnung vom 22. Februar 2010 (BGBl. I S. 134), die durch Artikel 3 des Gesetzes vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S. 1634) geändert worden ist.
BEE 2009	Bundesverband Erneuerbare Energien e.V. (BEE): Strom-Ausbauprognose der Erneuerbare-Energien-Branche: Stromversorgung 2020, Wege in eine moderne Energiewirtschaft. 56 S., Berlin, Januar 2009.
Bernotat 2003	Bernotat, D. (2003): FFH-Verträglichkeitsprüfung - Fachliche Anforderungen an die Prüfungen nach § 34 und § 35 BNatSchG. In: UVP-report, Sonderheft zum UVP-Kongress 2002: 17-26.
BINE 2011	BINE Informationsdienst: Tiefer Erdwärme auf der Spur. Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik bietet im Internet Zugang zu Basisdaten für die tiefe Geothermie. In BINE-Projektinfo 09/2011.
BMU 2010	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global – „Leitstudie 2010“. Bearbeitet durch DLR, IWES, IFNE, 273 S. Stuttgart, Kassel, Teltow, Dezember 2010.
BMU 2011a	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Hinweise zur Leitstudie 2010. Berlin, Februar 2011. Im Internet unter: http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/47034/ , letzter Zugriff am 23.03.2012.
BMU 2011b	Kurzinfo Bioenergie. Im Internet unter: http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/bioenergie/kurzinfo/doc/4759.php

, letzter Zugriff am 23.07.2012.

- BMU 2012a Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland, Stand März 2012. Im Internet: <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/45919/2720/>, letzter Zugriff am 21.03.2012.
- BMU 2012b Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Bearbeitet durch DLR, IWES, IFNE, 331 S. Stuttgart, Kassel, Teltow, 29.03.2012.
- BMU 2012c Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.): Erneuerbare Energien 2011 - Daten des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2011 auf der Grundlage der Angaben der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat). Vorläufige Angaben, Stand 08. März 2012.
- BMVBS 2010 Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): Globale und regionale Verteilung von Biomassepotenzialen – Status-quo und Möglichkeiten der Präzisierung. BMVBS-Online-Publikation, Nr. 27/2010, 128 Seiten, November 2010.
- BMWi 2011 Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.): 2. Nationaler Energieeffizienz-Aktionsplan (NEEAP) der Bundesrepublik Deutschland. Berlin, 2011.
- Bode et al. 2009 Bode, Sven, Philip Steden und Jan Berenwinkel: Ökonomische Effekte der Windenergie im Land Brandenburg. arrhenius Institut für Energie- und Klimapolitik, Prognos AG. Berlin, 2009.
- Bund 2010a Bundesregierung: Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, September 2010.
- Bund 2010b Bundesrepublik Deutschland: Nationaler Aktionsplan für Erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. Beschlossen am 4. August 2010. Berlin, 2010.
- BWE 2011 Bundesverband WindEnergie e.V. (Hrsg.): Studie zum Potenzial der Windenergienutzung an Land, bearbeitet durch Fraunhofer IWES (Kassel) – Kurzfassung, Berlin, Mai 2011.
- Callies 2013 Doron Callies: Methodik und erste Ergebnisse der Dissertation - Bestim-

- mung des Potenzials der Windenergie an Land in Deutschland unter Berücksichtigung von geographischen und technischen Rahmenbedingungen. Fraunhofer IWES. März 2013, unveröffentlicht.
- DBFZ 2010 Deutsches BiomasseForschungszentrum: Monitoring zur Wirkung des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Biomasse. Kurztitel: Stromerzeugung aus Biomasse (FKZ: 03MAP138) Zwischenbericht. Oktober 2010.
- DBFZ 2011 Deutsches BiomasseForschungszentrum: Biomassepotenziale in Deutschland 2008 bis 2020. Bearbeitet von U. Seyfert, K. Bunzel und D. Thrän. In: DBFZ-Report Nr. 8, Kompakt, S. 5 – 34. Leipzig, Dezember 2011.
- dena 2012 Deutsche Energie-Agentur: Ausbauziele erneuerbarer Energien nach Bundesland bis zum Jahr 2022 (in Gigawatt). In Focus, 20/2012, 14.05.12, Seite 119. Im Internet: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/232606/umfrage/ausbauziele-erneuerbarer-energien-nach-bundesland/>, letzter Zugriff am 11.09.2012.
- DEWI 2011 DEWI GmbH (Hrsg.): Status der Windenergienutzung in Deutschland – Stand 31.12.2011, o.O., Januar 2012.
- DGS 2010 Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS), Landesverband Berlin-Brandenburg (Hrsg.): Leitfaden Photovoltaische Anlagen. 4. Auflage, Berlin, 2010.
- Ecofys 2004 Ecofys GmbH: Leitbilder und Potenziale eines solaren Städtebaus - Zusammenfassung. Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt unter dem Az. 19719, September 2004.
- EEG 2012 Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG). Konsolidierte (unverbindliche) Fassung des Gesetzestextes in der ab 1. Januar 2012 geltenden Fassung. Grundlage: Entwurf der Bundesregierung vom 6. Juni 2011 – BT-Drucks. 17/6071 und Beschluss des Deutschen Bundestages vom 30. Juni 2011 – BT-Drucks. 17/6363. Berlin, Juni 2011.
- Einig et al. 2011 Einig, Klaus; Heilmann, Jörg; Zaspel, Brigitte (BBSR): Wie viel Platz die Windkraft braucht, In: neue energie Nr. 8, S. 34 – 37, Berlin, August 2011.
- empirica 2005 empirica ag Forschung und Beratung: Wohnflächennachfrage in Deutschland. Berlin, September 2005.
- EU 2009 Europäische Union (Hrsg.): Richtlinie 2009/28/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG. 47 S.; Brüssel,

- April 2009.
- Everding et al. 2007 Everding, Dagmar (Hrsg.): Solarer Städtebau. Vom Pilotprojekt zum planerischen Leitbild. 253 S., Stuttgart, 2007.
- ExxonMobil 2011 ExxonMobil Central Europe Holding GmbH (Hrsg.): Energieprognose 2011-2030 Deutschland. Schwerpunkt: Wie viel Zukunft steckt im Auto von heute? Hamburg, 2011.
- Faulstich et al. 2009 Faulstich, S.; Lyding, P.; Hahn, B.; Callies, D. (Fraunhofer IWES): Betriebsergebnisse, Status Quo – wie schlagen sich die Offshore-Windparks. In: Windenergie Report Deutschland 2009 – Offshore, S. 36 – 39. Kassel, 2009
- Floecksmühle 2010 Ingenieurbüro Floecksmühle, IHS Uni Stuttgart, Hydrotec, Fichtner: Potentialeermittlung für den Ausbau der Wasserkraftnutzung in Deutschland als Grundlage für die Entwicklung einer geeigneten Ausbaustrategie. Schlussbericht im Auftrag des BMU. Aachen, September 2010.
- Floecksmühle 2011 Ingenieurbüro Floecksmühle: Genutztes und zusätzlich ausbaubares Wasserkraftpotenzial in den deutschen Bundesländern. Unveröff. Analyse im Auftrag der Leipziger Institut für Energie GmbH, 24 S., Aachen, August 2011.
- FNR 2011 Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.): Basisdaten Bioenergie Deutschland, 25 Seiten, September 2011.
- GeotIS 2011 Geothermisches Informationssystem für Deutschland: Übersicht über Gebiete, die für eine hydrogeothermische Nutzung möglicherweise geeignet sind. Online unter: <http://www.geotis.de/> . Letzter Zugriff am 22.03.2012 August 2013.
- Heide et al. 2010 Heide, Dominik; von Bremen, Lueder; Greiner, Martin; Hoffmann, Clemens; Speckmann, Markus; Bofinger, Stefan: Seasonal optimal mix of wind and solar power in a future, highly renewable Europe. In: Renewable Energy, 7 S., Frankfurt, Oldenburg, München, Århus, Kassel, Januar 2010.
- HMUELV 2010 Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.): Biomassepotenzialstudie Hessen – Stand und Perspektiven der energetischen Biomassenutzung in Hessen – Materialband, 165 Seiten, 2010.
- IE 2009 Leipziger Institut für Energie GmbH: Energie- und umweltstrategisches Entwicklungs- und Handlungskonzept für die Region Vogtland im Vierländerdeck Sachsen – Tschechien – Bayern – Thüringen. Modul 3: Energetische Potenziale von Wind, Solar, Geothermie und Wasser. 21 S., Leipzig,

August 2009.

- IE 2011 Leipziger Institut für Energie GmbH: Mittelfristprognose zur deutschlandweiten Stromerzeugung aus regenerativen Kraftwerken bis 2016. Endbericht im Auftrag der Übertragungsnetzbetreiber, Leipzig, 28.10.2011.
- IE et al. 2011 Reichmuth, M. et al. (IE Leipzig), Kelm, T. et al. (ZSW), Braun, M. et al. (Fraunhofer IWES), Günnewig, D. et al. (Bosch & Partner), Puhe, H. (SO-KO): Vorbereitung und Begleitung des Erfahrungsberichtes 2011 gemäß § 65 EEG im Auftrag des BMU; Vorhaben II c Solare Strahlungsenergie. Endbericht, 397 S., Leipzig, Juni 2011.
- IfE 2010 IfE – Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik TU München: Erstellen der Anwendungsbilanz 2008 für den Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD). Im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V., Berlin, 2010.
- Jonck und
Hodsman
2012 Jonck, J. und Hodsman, M.: Ziele der Erneuerbaren-Energien-Politik in den Bundesländern. In Solarzeitalter, 1/2012, Seite 50-56. Im Internet: http://www.eurosolar.de/de/images/stories/pdf/SZA_1_2012/Jonck_SZA_1_EUROSOLAR.pdf; letzter Zugriff 10.09.2012.
- Jung et al.
2002 Jung, R.; Röhling, S.; Ochmann, N.; Rogge, S.; Schellschmidt, R.; Schulz, R.; Thielemann, T. (Institut für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben): Abschätzung des technischen Potenzials der geothermischen Stromerzeugung und der geothermischen Kraft-Wärmekopplung (KWK) in Deutschland, Hannover, Juli 2002.
- Koalitionsver-
trag BW 2011 Koalitionsvertrag zwischen BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und der SPD Baden – Württemberg Baden 2011-2016.
- Kurth 2011 Kurth, Matthias: Aspekte der Energiewende. Rede des Präsidenten der Bundesnetzagentur bei der Veranstaltung „Eineinhalb Jahre EEG-Strom an der Börse“, Berlin, 12.07.2011.
- LANUV 2012 Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Potenzialstudie Erneuerbare Energien NRW, Teil 1 – Windenergie. LANUV-Fachbericht 40, 2012.
- Lödl et al.
2010 Lödl, M., Kerber, G, Witzmann, R., Hoffmann, C., Metzger, M.: Abschätzung des Photovoltaik-Potentials auf Dachflächen in Deutschland. 11. Symposium Energieinnovation, 10.-12.2.2010, Graz/Austria, 14 Seiten.
- LUBW 2013 Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (Hrsg.): Potenzialatlas Erneuerbare Energien – Windenergie. Online unter: <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/224629/> Stand 2013.

- MUGV 2010 Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV) (Hrsg.): Biomassestrategie des Landes Brandenburg, August 2010.
- Öko-Institut und Prognos 2009 Öko-Institut e.V. und Prognos AG: Modell Deutschland – Klimaschutz bis 2050: Vom Ziel her denken. Basel/Berlin, 2009.
- Podewils 2011 Podewils, Christoph: Ausgeheizt. Mit Photovoltaikanlagen lässt sich warmes Wasser jetzt günstiger erzeugen als mit Solarthermie. In: Photon 11/2011, S. 120 – 125. Aachen, November 2011.
- Prognos 2011 Prognos AG: Letztverbrauch bis 2016, Planungsprämissen für die Berechnung der EEG-Umlage. Dokumentation für die Übertragungsnetzbetreiber. Berlin, 28.10.2011.
- Prognos, EWI, GWS 2010 Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Projekt Nr. 12/10. Für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. 193 Seiten + Anhänge. Basel/Köln/Osnabrück, 27. August 2010.
- Prognos, EWI, GWS 2011 Prognos AG, EWI - Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH (GWS): Energieszenarien 2011. Projekt Nr. 12/10. Für das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. 44 S. Basel/Köln/Osnabrück, Juli 2011.
- PV-BW 2011 Photovoltaik-Industrie in Baden-Württemberg (Hrsg.): Potenzial für Wachstum, Klimaschutz und kostengünstige Energieversorgung. Stellungnahme der PV-Industrie in Baden-Württemberg, 8 S., Mai 2011.
- Seelinger 2012 Seeliger, Wolfgang (AK Photovoltaik Baden-Württemberg): Persönliche Auskunft, Blaubeuren, 19.03.2012.
- Shell 2011 Shell Deutschland Oil GmbH (Hrsg.): Shell Hauswärme-Studie. Nachhaltige Wärmeerzeugung für Wohngebäude: Fakten, Trends und Perspektiven. Hamburg, November 2011.
- SMWA und SMUL 2011 Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr und Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft: Energie- und Klimaprogramm Sachsen. Dresden, Entwurf vom 12.10.2011.
- Solarserver 2012 Haindl Server GmbH (Hrsg.): www.solarserver.de, darin Stichwort „Wirkungsgrad“ unter „Wissen“ und Meldungen vom 06.03.2012 sowie 12.03.2012 unter „Nachrichten“. Letzter Zugriff am 22.03.2012.
- Sollmann Sollmann, Dominik: 0,2 Prozent vom Paradies. Etwa 23 Terawattstunden Speichervermögen trennen uns von der kohlendioxidfreien Stromversor-

- 2009 gung. In: Photon 6/2009, S. 64-76. Aachen, Juni 2009.
- Specht 2012 Specht, Michael (ZSW): „Power-to-Gas“ – Speicherung erneuerbarer Energie im Erdgasnetz“. Festvortrag beim 27. Symposium Photovoltaische Sonnenenergie. Kloster Banz, Bad Staffelstein, 01.03.2012.
- Specht et al. 2010 Specht, M.; Brellochs, J.; Frick, V.; Stürmer, B.; Zuberbühler, U.; Sterner, M. und Waldstein, G.: Speicherung von Bioenergie und erneuerbarem Strom im Erdgasnetz. In.: Erdöl, Erdgas, Kohle, Heft 10/2010, S. 342 – 346. Hamburg/Wien, Oktober 2010.
- SRU 2010 Sachverständigen Rat für Umweltfragen (Hrsg.): Möglichkeiten und Grenzen der Integration verschiedener regenerativer Energiequellen zu einer 100% regenerativen Stromversorgung der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2050, Endbericht in Materialien zur Umweltforschung 4, September 2010.
- StBA 2011 Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Fachserie 5, Reihe 3, Bauen und Wohnen: Bestand an Wohnungen. 56 S., Wiesbaden, Juli 2011.
- TAB 2003 Paschen, H.; Oertel, D.; Grünwald, R. (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag): TAB-Arbeitsbericht Nr. 84: „Möglichkeiten geothermischer Stromerzeugung in Deutschland“ (Autoren:), Berlin, Februar 2003.
- TU Berlin 2012 Technische Universität Berlin: Workshop „Quantifizierung räumlicher Flächenpotentiale erneuerbarer Energien in Deutschland“ am 26.11.2012, im Rahmen des Vorhaben „Effiziente und gerechte Allokation der Produktion erneuerbarer Energien auf nationaler Ebene“.
- UBA 2013 Umweltbundesamt (Hrsg.): Potenzial der Windenergie an Land – Studie zur Ermittlung des bundesweiten Flächen- und Leistungspotenzials der Windenergienutzung an Land. Dessau-Roßlau, Juni 2013.
- UM 2011 Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg (UM) (Hrsg.): Klimaschutzkonzept 2020 PLUS Baden-Württemberg, Februar 2011.
- ÜNB 2011 Übertragungsnetzbetreiber (50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, EnBW Transportnetze AG, TenneT TSO GmbH, Hrsg.): Szenariorahmen für den Netzentwicklungsplan 2012 – Eingangsdaten der Konsultation – o. O., 18. Juli 2011 sowie Bundesnetzagentur: Genehmigung (im Verwaltungsverfahren wegen der Genehmigung des Szenariorahmens für die Netzentwicklungsplanung), 109 S., Bonn, 20.12.2011.

Witzenhausen 2007 Witzenhausen-Institut für Abfall, Umwelt und Energie GmbH; Ingenieurgesellschaft Witzenhausen Fricke und Turk GmbH: Wirtschaftliche Bewertung von Kompostierungsanlagen hinsichtlich der Integration einer Anaerob-Stufe als Vorschaltanlage. Teilbericht im Rahmen des BMU-Verbundvorhabens „Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland“, 2007.

Tabellarisches Verzeichnis der rechtlichen Grundlagen

[Kürzel]	Quellenbezeichnung
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz vom 29. Juli 2009 (BGBl. I S. 2542), das zuletzt durch Artikel 4 Absatz 100 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist.
EEG 2012	Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG). Konsolidierte (unverbindliche) Fassung des Gesetzestextes in der ab 1. Januar 2012 geltenden Fassung. Grundlage: Entwurf der Bundesregierung vom 6. Juni 2011 – BT-Drucks. 17/6071 und Beschluss des Deutschen Bundestages vom 30. Juni 2011 – BT-Drucks. 17/6363. Berlin, Juni 2011.
FStrG	Bundesfernstraßengesetz vom 6. August 1953 (BGBl. I S. 903), das zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 31. Mai 2013 (BGBl. I S. 1388) geändert worden ist.
LuftVG	Luftverkehrsgesetz vom 1. August 1922 (RGBl. 1922 I S. 681), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 175 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist.
RL 79/409/EWG	Richtlinie des Rates vom 2. April 1979 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten (79/409/EWG) (ABl. L 103 vom 25.4.1979, S. 1)
RL 92/43/EWG	Richtlinie des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (92/43/EWG) (ABl. L 206 vom 22.7.1992, S. 7)
ROG	Raumordnungsgesetz vom 22. Dezember 2008 (BGBl. I S. 2986), das zuletzt durch Artikel 9 des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585) geändert worden ist.
TA Lärm / BImSchG	Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm –

TA Lärm) Vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503)

Nach § 48 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) vom 15. März 1974 (BGBl. I S.721) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. Mai 1990 (BGBl. I S.880) wird nach Anhörung der beteiligten Kreise folgende Allgemeine Verwaltungsvorschrift erlassen:

- WaStrG Bundeswasserstraßengesetz vom 2. April 1968 (BGBl. 1968 II S. 173), das zuletzt durch Artikel 4 Absatz 125 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist.
- WHG Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 4 Absatz 76 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154) geändert worden ist.