

## Die Potenzialstudien des Fraunhofer IWES zur Windenergienutzung an Land von 2011 und 2013 - Kommentar

### Hintergrund

Wenn die 2% der hessischen Landesfläche zur Sprache kommen, auf denen angeblich WEA mit total 14 GW Nennleistung einen mittleren Jahresenergieertrag von 28 TWh erzeugen können, dann weisen Landesregierung, Parteien, Regierungspräsidien und Mitglieder der Regionalversammlungen auf die Ergebnisse der Potenzialstudie des Fraunhofer IWES aus dem Jahre 2011. Unter welchen Umständen die drei vorgenannten Zahlenwerte zustande kamen, ob sie jemals realistisch waren, und ob sie auf die heutige Situation in Hessen zutreffen, scheint im vorgenannten Personenkreis weitgehend unbekannt zu sein. Der Unterzeichner unterzieht deshalb die Potenzialstudie einer kritischen Beurteilung und benutzt dafür die Langfassung des Studienberichtes. Die Ergebnisse dieser Beurteilung gelten nicht nur für Hessen, sondern analog auch für jedes andere Bundesland dessen Regierung WEA in Windparks konzentrieren will und den landespezifischen mittleren WEA-Jahresenergieertrag aus der Potenzialstudie des Fraunhofer IWES als Stromwendeziel übernommen hat.

Dieselbe kritische Beurteilung erfährt die Potenzialstudie des Umweltbundesamtes (UBA) aus dem Jahre 2013, an der das Fraunhofer IWES beteiligt war. Sie weicht insofern von der Potenzialstudie des Jahres 2011 ab, als sie keine festen Mindestabstände zu Wohnbau-, Erholungs-, Gewerbe- und Industrieflächen handhabt, sondern Mindestabstände, die ausschließlich auf pauschalen Prognosen der Schallimmission beruhen. Zudem belegt die Studie das offensichtlich unausrottbare Wunschenken des Fraunhofer IWES mit Bezug auf die statistischen Eigenschaften der Energieerzeugung mittels Windenergieanlagen.

Der vorliegende Kommentar enthält eine Kurzfassung der jeweils wichtigsten Abschnitte der beiden Studienberichte sowie, in blauer Kursivschrift, die Kommentare des Unterzeichners zu diesen Abschnitten. Zusätzliche Informationen zu einigen Einzelthemen findet der Leser im Glossar (Seite 28 bis 29) und in den Anhängen A bis E (Seite 30 bis 35).

**Der eilige Leser beschränke sich auf den Gesamtkommentar und das Fazit zur 1. Potenzialstudie (Seite 11 bis 14), auf den Vergleich der wichtigsten Ergebnisse der 1. und 2. Potenzialstudie (Seite 23 bis 25) und auf den Gesamtkommentar zur 2. Potenzialstudie (Seite 25 bis 27).**

**Friedrich Keller**

Dipl. Physiker

Mitglied des Fachausschusses „Technik und Wirtschaft“

Des Landesverbandes VERNUNFTKRAFT-Hessen e.V.

Bündnis der hessischen Bürgerinitiativen für eine vernünftige Energiepolitik

im Juli 2015

## Abkürzungen und Nomenklatur

<b>anemos</b>	: griechisch für „Wind“, „Lufthauch“
<b>BWE</b>	: Bundesverband Windenergie
<b>CORINE</b>	: Coordination of Information on the Environment
<b>COSMO</b>	: Consortium for Small-scale Modeling
<b>DWD</b>	: Deutscher Wetterdienst
<b>GIS</b>	: Geo-Informationssystem
<b>GW</b>	: Gigawatt
<b>ha</b>	: Hektar (10000 m <sup>2</sup> )
<b>HMWEVL</b>	: Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung
<b>IWES</b>	: Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik
<b>TA</b>	: Technische Anleitung
<b>TWh</b>	: Terawattstunden
<b>UBA</b>	: Umweltbundesamt
<b>VLS</b>	: Vollaststunden
<b>WEA</b>	: Windenergieanlage(n)

Die Potenzialstudien berechnen Flächenpotenziale, Nennleistungspotenziale, Potenziale des mittleren Jahresenergieertrags und mittlere Vollaststundenzahlen. D.h. Flächen, Nennleistungen, mittlere Jahresenergieerträge und Vollaststunden, die im Rahmen der Windenergienutzung in ganz Deutschland und in den Bundesländern unter den getroffenen Annahmen, Vereinfachungen und Vernachlässigungen zur Verfügung stehen könnten. Zur besseren Lesbarkeit verwendet der vorliegende Kommentar die verkürzten Bezeichnungen:

- **Leistungspotenzial** an Stelle von **Nennleistungspotenzial**
- **Jahresertragspotenzial** an Stelle von **Potenzial des mittleren Jahresenergieertrags**
- **Vollaststunden** an Stelle von **mittlere Jahresvollaststundenzahl**

## Die 1. Studie zum Potenzial der Windenergie an Land (2011)

**Vollständiger Titel des Studienberichts:** „Potenzial der Windenergienutzung an Land – Langfassung“

**Auftraggeber:** Bundesverband Windenergie (BWE)

**Auftragnehmer:** Fraunhofer IWES, Kassel

**Herausgeber der Lang- und Kurzfassung des Studienberichts:** Bundesverband Windenergie (BWE)

Langfassung: Preis 177,80 Euro

Kurzfassung: kostenlos

**Ausgabedatum des Studienberichts:** Mai 2011

**Fragestellung des Auftraggebers BWE:** Ist die Annahme plausibel, dass 1 – 2% der Oberfläche Deutschlands für Windenergienutzung zur Verfügung stehen?

### **Digitale Daten zur Oberflächenbedeckung**

Benutzt wurden CORINE und das Digitale Landschaftsmodell 250 (DLM250). CORINE nutzt Satellitenbilder und beschreibt die Oberflächenbedeckung mit etwa 100m x 100m Auflösung. Schmale, linienförmige Objekte wie Straßen, Schienenwege und Hochspannungsleitungen bildet CORINE nicht oder nur ungenügend ab.

DLM250 beschreibt die Vegetation und das geografische Relief sowie Industrieflächen, Straßen, Schienenwege, Hochspannungsleitungen, Flugplätze, Wasserwege. Alleinstehende Gebäude im Außenbereich wie Einzelgehöfte, Forsthäuser und alleinstehende Wohnhäuser werden jedoch in DLM250 nicht berücksichtigt. Auch werden Dörfer und Weiler teilweise nur als Punkte wiedergegeben.

*Kommentar: Die Potenzialstudie lässt Pufferzonen um alleinstehende bewohnte Gebäude unberücksichtigt. Zudem sind in der Potenzialstudie Pufferzonen um diejenigen Dörfer und Weiler flächenmäßig zu klein, die im DLM250 als Punkte dargestellt werden. Die wichtigsten Eigenschaften von CORINE und DLM250 finden sich im Glossar (Seite 28/29).*

### **Methode**

Bei der Ermittlung des Flächenpotenzials wird vereinfachend von deutschlandweit einheitlichen Ausschlusskriterien, Abstandsregelungen und eingesetzter WEA-Technik ausgegangen. Die Methode besteht aus 5 Schritten:

1. Zunächst werden die Kriterien für Ausschlussflächen definiert.
2. Dann werden die nutzbaren Flächen bestimmt.
3. Danach folgt die Berechnung der mittleren Jahreswindgeschwindigkeit für jedes 100m x 100m Flächenelement innerhalb der nutzbaren Flächen.
4. Aufgrund der Windhöflichkeit werden nun die Anlagenstandorte festgelegt und wird eine der beiden Referenz-WEA gewählt (techn. Daten der Referenz-WEA siehe weiter unten).
5. Zuletzt werden das Leistungspotenzial und das Jahresertragspotenzial berechnet. Dies geschieht separat für jedes Bundesland und für Deutschland insgesamt.

### **Definitionen nutzbare Flächen**

Mit Bezug auf das Flächenpotenzial verwendet die Studie folgende Definitionen. Die Windhöflichkeit der Flächen spielt hierbei noch keine Rolle.

## **Definition ‚nicht nutzbare Flächen‘**

Das sind bebaute Flächen, Gewässer, Gezeitenzone, Dauerschneezonen, Verkehrswege, Hochspannungsleitungen, Pufferzonen.

## **Definition ‚alle nutzbaren Flächen‘**

Ist identisch mit der Gesamtfläche der drei folgenden Flächenkategorien und gleichzeitig identisch mit allen Flächen, die nicht zur Kategorie der ‚nicht nutzbaren Flächen‘ gehören.

## **Definition ‚nutzbare Flächen ohne Restriktionen‘**

Das sind alle Flächen, die außerhalb von Wald-, Natur- und Landschaftsschutzgebieten liegen und nicht zur Kategorie der nicht nutzbaren Flächen gehören.

**Definition ‚nutzbare Waldflächen außerhalb von Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘** Spricht für sich selbst. Dient zur Bestimmung des Windkraftpotentials im Wald.

## **Definition ‚nutzbare Flächen in Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘**

Als nutzbar werden Landschaftsschutzgebiete, Naturparke, Biosphärenreservate und Fauna-Flora-Habitate betrachtet, ganz gleich, ob es sich dabei um Waldflächen handelt oder nicht. Als nicht nutzbar werden Nationalparke, Naturschutzgebiete und Vogelschutzgebiete betrachtet.

***Kommentar:** Nachfrage beim Fraunhofer IWES, ergab, dass in der Studie nur maximal 25% der ‚nutzbaren Flächen in Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘ mit WEA besetzt wurden. Diese Randbedingung findet sich zwar im Studienbericht der 2. Potenzialstudie<sup>1)</sup>, aber nirgendwo im Studienbericht der hier behandelten Potenzialstudie.*

## **Angewendete Puffer**

- |   |                   |
|---|-------------------|
| • Nicht nutzbare Natur- und Landschaftsschutzgebiete: | 200m              |
| • Siedlungen:   | 1000m             |
| • Industrieflächen:                                   | 200m              |
| • Autobahnen Land- und Kreisstraßen:                  | 100m              |
| • Eisenbahnlinien:                                    | 200m              |
| • Hochspannungsleitungen:                             | 300m              |
| • Flüsse und Kanäle breiter als 18m:                  | 300m              |
| • Rollbahnen und Flughäfen:                           | mindestens 1000m. |

Die Studie verwendet keinen Puffer um alleinstehende Gebäude im Außenbereich (Einzelgehöfte, Forsthäuser, alleinstehende Wohnhäuser), da die benutzten Daten zur Oberflächenbedeckung diese Gebäudekategorien nicht berücksichtigen.

## **Windgeschwindigkeitsmodelle**

Die Studie verwendet die Windgeschwindigkeitsdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Hierbei handelt es sich um die Weibullparameter für 80 m über Grund. Sie stehen an jedem Gitterpunkt eines 1km x 1km-Gitters zur Verfügung, das ganz Deutschland bedeckt. Die Studie berechnet mit Hilfe dieser Windgeschwindigkeitsdaten das Jahresertragspotenzial an jedem WEA-Standort.

***Kommentar:** Als Ergänzung zu der kurzen und nicht besonders ergiebige Erläuterung im Studienbericht siehe Anhang B des vorliegenden Kommentars: „Windkartenerstellung DWD Windkarten“ der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg.*

*Die Weibull-Parameter für Orte zwischen benachbarten Gitterpunkten werden offenbar mittels Interpolation berechnet. Repräsentative Zahlenwerte für das Jahresertragspotenzial erfordern Messwert-Zeitreihen über die vergangenen 30 Jahre. Diese Voraussetzung erfüllen die Winddaten des DWD aber nicht, denn sie beschränken sich lediglich auf den Zeitraum 1981 bis 2000. Die Autoren des Studienberichtes sind sich*

<sup>1)</sup> „Potenzial der Windenergie an Land“ im Auftrag des Umwelt-Bundesamtes

*allerdings bewusst, dass mit den DWD-Daten nur eine größenordnungsmäßige Ertragsberechnung möglich ist.*

Um den Einfluss der Windgeschwindigkeitsdaten auf die Windenergieerträge abschätzen zu können, zieht die Studie den anemos-Windatlas Deutschland als sekundäre Winddaten-Quelle heran. Ebenso wie die DWD Windkarten beruht auch der anemos-Windatlas auf langjährigen Windmessungen. Der Windatlas liefert die Weibullparameter für jeweils 100 m und 150 m über Grund an jedem Gitterpunkt eines 5 km x 5 km-Gitters, das ganz Deutschland bedeckt.

***Kommentar:** Die Erläuterungen im Studienbericht zum anemos-Windatlas sind nicht minder unbefriedigend als jene zu den DWD-Winddaten. Das grobe Raster des anemos-Windatlas spricht gegen seine Verwendung. Vorteilhaft ist dagegen die Tatsache, dass die Parameter der Weibull-Verteilung für 100m und 150m über Grund direkt berechnet werden können, d.h. ohne Extrapolation auf Basis eines angenommenen Windprofils. Der von Fraunhofer-IWES angestrebte Vergleich der Erträge auf Basis der DWD- und der anemos-Winddaten führt zu keinen sinnvollen Schlussfolgerungen (siehe weiter unten).*

*Sehr hilflos wirkt in diesem Zusammenhang die Bemerkung: „Eine Abschätzung der durch die Winddaten gemachten Fehler ist im Rahmen dieser Studie nicht möglich, da bereits die besten verfügbaren Daten verwendet wurden.“ Entweder ist das Prädikat „die besten“ vollkommen inhaltsleer oder auf irgendeine Weise gerechtfertigt. Diese Rechtfertigung ergibt sich einzig und alleine aus der Genauigkeit mit der die beiden Datensätze die Wirklichkeit in statistischem Sinne beschreiben können.*

## **Windprofil, Verluste und Nichtverfügbarkeit**

Zur Berechnung der mittleren Jahreswindgeschwindigkeit auf den Nabenhöhen der beiden Referenz-WEA verwendet die Studie die Näherungsformel für ein logarithmisches Windprofil. Die dafür notwendige Rauigkeitslänge leitet die Studie aus den CORINE-Bodenbedeckungsdaten ab.

Die aerodynamischen Verluste jeder Anlage werden mit 10% des mittleren Jahresertrags in Rechnung gestellt und die technische Nichtverfügbarkeit mit 3% des mittleren Jahresertrags.

## **Referenz-Windenergieanlagen**

Die Studie geht aus von folgenden Referenz-WEA:

- Eine Starkwind-WEA mit 3-MW Nennleistung, 100m Nabenhöhe und 100m Rotordurchmesser sowie
- Eine Schwachwind-WEA mit ebenfalls 3 MW Nennleistung, 150m Nabenhöhe und 115m Rotordurchmesser.

Die beiden WEA-Typen besitzen unterschiedliche Leistungskennlinien, die von bestehenden Anlagen abgeleitet wurden (siehe Anhang A).

## **Platzierung innerhalb der nutzbaren Flächen**

Die Studie geht von einer vollständigen Neubelegung mit Referenz-WEA aus, d.h. Altanlagen werden als nicht-existent betrachtet.

Innerhalb jeder der nutzbaren Einzelflächen wird zunächst der Ort mit den besten Windbedingungen gesucht. Die Starkwind Referenz-WEA repräsentiert stets die erste Wahl für jeden Aufstellungsort. Erreicht diese keine 1600 Vollaststunden (VLS), so wird eine Schwachwind Referenz-WEA platziert. Erreicht diese ebenfalls keine 1600 VLS, so ist der betreffende Aufstellungsort ungeeignet. Um einen geeigneten Aufstellungsort wird eine Pufferzone mit einem Radius gleich 4-mal dem Rotordurchmesser eingerichtet. Innerhalb dieser Zone darf kein Fußpunkt einer anderen Anlage platziert werden. Sodann wird in dem verbleibenden Rest der betreffenden nutzbaren Fläche wiederum nach dem Ort mit den besten Windbedingungen gesucht usw. bis innerhalb der Fläche keine Referenz-WEA mehr platziert werden kann.

Die Flächenauflösung ist durch CORINE vorgegeben und beträgt 100m x 100m = 1 ha. Der Studienbericht notiert hierzu: "Das Verfahren erlaubt es, auch im großen Maße kleine Flächen effektiv zu nutzen. So kann

jede kleine nutzbare Fläche (z.B. von 1 Hektar Größe) inmitten von nicht nutzbaren Flächen besetzt werden“.

**Kommentar:** Die in der Studie angewandte Suche nach Standorten für WEA weicht von der Methode ab, die gegenwärtig in der hessischen Praxis angewendet wird. Dort wird implizit unterschieden zwischen Ausschlusskriterien (rechtlich festgelegte und planerisch zwingende Belange, die eine Platzierung von WEA ausschließen), Positivkriterien (Windhöflichkeit) und Abwägungskriterien (zur Bewertung und Abstimmung von Raumnutzungsansprüchen die mit der Windenergienutzung konkurrieren). In der hessischen Planungspraxis wird die Reihenfolge:

1. Bestimmung der Flächen mit mindestens 5,75m/s mittlerer Jahreswindgeschwindigkeit in 140m Höhe über Grund;
2. Berücksichtigung von Ausschlusskriterien (alle Arten von Puffer und nicht nutzbaren Flächen);
3. Berücksichtigung von ortsspezifischen Ausschluss- und Abwägungskriterien;
4. Definitive Festlegung der Vorranggebiete für WEA;
5. Festlegung der WEA-Standorte innerhalb der Vorranggebiete.

angewandt. Aus simulationstechnischen Gründen wäre es unpraktisch, wenn die Studie diese Reihenfolge nachvollziehen würde. Sie lässt deshalb den 4. Schritt unberücksichtigt, da die Art und Weise wie Vorranggebiete definiert werden, weder während der Laufzeit der Studie noch gegenwärtig bundesweit einheitlich geregelt war bzw. ist. Den 3. Schritt kann die Studie wegen des dafür notwendigen hohen Aufwandes ebenfalls nicht berücksichtigen. Man beachte ferner:

- Die Platzierungsmethode der Studie versucht nicht, WEA in Windparks mit mindestens 3 WEA zu konzentrieren, wie es der aktuelle Landesentwicklungsplan Hessen vorsieht, sondern lässt auch alleinstehende WEA und Gruppen von 2 WEA zu.
- Zur Vereinfachung des WEA-Platzierungsverfahrens unterscheidet die Studie nicht zwischen Haupt- und Nebenwindrichtung, sondern wendet einen in allen Richtungen gleichen Mindestabstand von 4 Rotordurchmessern an. Normalerweise gelten 5 Rotordurchmesser Mindestabstand in der Hauptwindrichtung und 3 Rotordurchmesser Mindestabstand in der Nebenwindrichtung.
- Die im Studienbericht gepriesene Nutzbarkeit selbst kleinster Flächen inmitten von nicht nutzbaren Flächen spielt zwar in der IWES-Platzierungssimulation eine Rolle, ist jedoch ohne Bedeutung in Bundesländern die WEA in Windparks konzentrieren, wie z.B. in Hessen.
- Obwohl Fragen der Wirtschaftlichkeit nicht Gegenstand der Studie sind, kann es die Studie nicht vermeiden, indirekt eine Annahme mit Bezug auf die Wirtschaftlichkeit zu machen, nämlich durch die Wahl einer VLS-Untergrenze. Die Studie geht nämlich implizit von der Annahme aus, dass 1600 VLS generell einen noch rentablen Betrieb erlauben.
- Im Studienbericht fehlen die mittleren Jahreswindgeschwindigkeiten, die für 1600 VLS hinreichend sind. Eigene Berechnungen mit Hilfe der beiden Leistungskennlinien in Abschnitt 3.4 des Studienberichts zeigen, dass die Starkwind-WEA auf 140m über Grund im Offenland mindestens 5,6 m/s für 1600 VLS benötigt und im Wald 5,8 m/s. Für die Schwachwind-WEA sind mindestens 4,85 m/s erforderlich <sup>2)</sup>.
- Aus dem Vorstehenden darf man schließen, dass die Gesamtheit der hessischen windhöflichen Flächen gemäß dem 5,75m/s-Kriterium kleiner ist als die Gesamtheit der windhöflichen Flächen die

---

<sup>2)</sup> Die Schwachwind Referenz-WEA benötigt 4,85 m/s mittlere Jahreswindgeschwindigkeit auf 150m Höhe über Grund und die Starkwind Referenz-WEA 5,35 m/s auf 100m über Grund. Beides gilt für eine Luftdichte von 1,225 kg/m<sup>3</sup>. Mittels Umrechnung dieser Windgeschwindigkeiten auf 140m über Grund kann der Anschluss an die hessischen Windpotenzialkarten hergestellt werden. Diese Karten handhaben 140m als Referenzhöhe. Im vorliegenden Kommentar geschieht die Umrechnung mit Hilfe der logarithmischen Höhenformel auf Seite 16 des Studienberichts. Für die Starkwind-WEA geschieht die Rechnung mit den maximalen Rauigkeitslängen für Offenland und Wald, d.h. 10cm und 200cm. Für die Schwachwindanlage lohnt sich die Umrechnung nicht wegen des geringen Höhenunterschiedes zwischen 150m und 140m.

*in der Studie mit dem 1600 VLS-Kriterium ermittelt werden. Seltsamerweise fehlen im Studienbericht Angaben zur Gesamtgröße der windhöffigen Flächen in den einzelnen Bundesländern.*

## **Wirtschaftlichkeit**

Die Studie enthält keine Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit der Windenergieanlagen, da nicht Gegenstand des Studienauftrags.

*Kommentar: Dass die Studie implizit eine Annahme mit Bezug auf die Untergrenze der Wirtschaftlichkeit der Referenz-WEA verwendet, wird im Kommentar hiervoor dargelegt.*

## **Bewertung durch die Autoren des Studienberichts**

Um den Studienaufwand in vertretbaren Grenzen zu halten, konnten nicht alle Hinderungsgründe für das Platzen von WEA berücksichtigt werden. Das gilt insbesondere für lokale Hinderungsgründe wie Besitzfragen, alleinstehende Gebäude im Außenbereich, Störung von Wetter- und Flugüberwachungsradars, das Vorkommen seltener Tierarten und alle weiteren Arten von Einzelfallentscheidungen. Die Autoren kommen zu der (realistischen) Auffassung, dass nicht alle ermittelten nutzbaren Flächen in Wirklichkeit zur Verfügung stehen werden.

## **Resultate für Deutschland gesamt** (Angaben in Prozent beziehen sich auf die Gesamtfläche Deutschlands, sie beträgt 357340 km<sup>2</sup>)

Größe ‚nutzbarer Flächen ohne Restriktionen‘	: 28100 km <sup>2</sup> (7,9%)
Größe der aufgrund der Windhöffigkeit nutzbaren Teilfläche innerhalb der ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘	: 27400 km <sup>2</sup> <sup>3)</sup> (7,7 %)
Größe der ‚nutzbaren Waldflächen außerhalb von Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘	: 15673 km <sup>2</sup> (4,4%)
Größe der ‚nutzbaren Flächen in Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘	: 36160 km <sup>2</sup> (10,1%)
Leistungspotenzial auf ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘	: 722 GW
Vollaststunden	: 2071
Jahresertragspotenzial auf ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘	: fehlt <sup>4)</sup>
Größe ‚aller nutzbare Flächen‘	: 79.950 km <sup>2</sup> (22,3%)
Größe der aufgrund der Windhöffigkeit nutzbaren Teilfläche innerhalb ‚aller nutzbaren Flächen‘	: fehlt
Leistungspotenzial auf ‚allen nutzbaren Flächen‘	: 1581 GW
Jahresertragspotenzial auf ‚allen nutzbaren Flächen‘	: 3274 TWh
Leistungspotenzial und Jahresertragspotenzial auf ‚nutzbaren Waldflächen außerhalb von Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘	: fehlt
Leistungspotenzial und Jahresertragspotenzial auf ‚nutzbaren Waldflächen in Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘	: fehlt

*Kommentar: 97,5% der ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘ sind also ausreichend windhöffig, um mindestens eine der beiden Referenz-WEA installieren zu können. Dieser überraschend hohe Prozentsatz wird wahrscheinlich durch die sehr geringe VLS-Untergrenze von 1600 verursacht, die die Studie als*

<sup>3)</sup> D.h. 97,5% der ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘

<sup>4)</sup> Fehlt im Studienbericht. Lässt sich aber mit dem Leistungspotenzial von 722 GW und den 2071 VLS errechnen, was 1495 TWh ergibt.

Auswahlkriterium benutzt. Leider fehlt die Größe der windhöffigen Flächen innerhalb der anderen 3 Kategorien nutzbarer Flächen Deutschlands.

In der Langfassung des Studienberichts fehlen die Leistungs- und Jahresertragspotenziale der ‚nutzbaren Waldflächen außerhalb von Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘ und der ‚nutzbaren Flächen in Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘. Das Fehlen dieser wichtigen Teilergebnisse ist merkwürdig, da Para. 3.3.3 und 3.3.4 des Studienberichts explizit darauf hinweist, dass durch Aufgliederung der Landesfläche in 5 Flächenkategorien das Potenzial der Windenergie auf Waldflächen und in Natur- und Landschaftsschutzgebieten abgeschätzt werden kann. Leider kann der Leser aus den vorhandenen Daten nur das Leistungs- und Jahresertragspotenzial für die Summe der beiden Flächenkategorien berechnen. Man erhält **859 GW** und **1779 TWh**.

Sehr aufschlussreich ist auch der mittlere Anteil am Flächenpotenzial pro WEA, ausgedrückt in ha/WEA. Er zeigt für jede der relevanten Flächenkategorien an, wieviel ha eine WEA im Mittel benötigt. Die Rechnung ist einfach, wie das folgende Beispiel mit ‚allen nutzbaren Flächen‘ demonstriert:

$$\begin{aligned} \text{Mittlerer Anteil am Flächenpotenzial pro WEA} &= \\ &= (79.950 \text{ km}^2 * 100 \text{ ha/km}^2 * 3 \text{ MW WEA-Nennleistung}) / 1.581.000 \text{ MW Leistungspotenzial} = \\ &= \mathbf{15,2 \text{ ha/WEA}} \end{aligned}$$

Für die ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘ erhält man nach demselben Schema **11,7 ha/WEA** und für die Summe aus ‚nutzbaren Waldflächen außerhalb von Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘ und ‚nutzbaren Flächen in Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘ ergibt sich **18,1 ha/WEA**. Der geringe mittlere Anteil pro WEA am Flächenpotenzial ‚nutzbarer Flächen ohne Restriktionen‘ ist bemerkenswert. Im Kommentar zu den Ergebnissen für Hessen wird darauf näher eingegangen.

Dem 1581 GW Leistungspotenzial auf ‚allen nutzbaren Flächen‘ Deutschlands entsprechen 527.000 WEA beider Referenztypen. Für die ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘ Deutschlands berechnet die Studie ein Leistungspotenzial von 722 GW, was 240.700 WEA der Referenztypen entspricht. Jeder Gedanke an eine Realisierung solch ungeheurer WEA-Mengen ist völlig absurd!

**Resultate für Hessen** (Angaben in Prozent beziehen sich auf die Landesfläche Hessens, sie beträgt 21115 km<sup>2</sup>)

Größe ‚aller nutzbaren Flächen‘	: 4315 km <sup>2</sup> (20,4%)
Größe der ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘	: 714 km <sup>2</sup> (3,4%)
Größe der ‚nutzbaren Waldflächen außerhalb von Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘	: 1471 km <sup>2</sup> (7%)
Größe der ‚nutzbaren Flächen in Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘	: 2130 km <sup>2</sup> (10,1%)
Größe der aufgrund der Windhöffigkeit nutzbaren Teilfläche innerhalb der ‚Flächen ohne Restriktionen‘	: fehlt
Größe der aufgrund der Windhöffigkeit nutzbaren Teilfläche innerhalb der ‚nutzbaren Waldflächen außerhalb von Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘	: fehlt
Größe der aufgrund der Windhöffigkeit nutzbaren Teilfläche innerhalb der ‚nutzbaren Flächen in Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘	: fehlt
Vollaststunden	: 1965
Leistungspotenzial auf ‚allen nutzbaren Flächen‘	: 77 GW

<b>Jahresertragspotenzial auf ‚allen nutzbaren Flächen‘</b>	: 151 TWh
<b>Leistungspotenzial auf ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘</b>	: 24 GW <sup>5)</sup>
<b>Jahresertragspotenzial auf ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘</b>	: fehlt <sup>6)</sup>
<b>Leistungspotenzial auf ‚nutzbaren Waldflächen außerhalb Von Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘</b>	: fehlt
<b>Leistungspotenzial auf ‚nutzbaren Flächen in Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘</b>	: fehlt

**Kommentar:** Mit Bezug auf die Bundesländer fehlen im Studienbericht die Größe der windhöffigen Flächen innerhalb der 4 Kategorien nutzbarer Flächen sowie die Leistungs- und Jahresertragspotenziale der ‚nutzbaren Waldflächen außerhalb von Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘ und der ‚nutzbaren Flächen in Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘. Das Leistungs- und Jahresertragspotenzial, das für die Summe dieser beiden Flächenkategorien gilt, kann jedoch aus den vorhandenen Daten berechnet werden. Für Hessen erhält man **53 GW** und **103,8 TWh**.

Die obenstehenden Resultate für Hessen ergeben pro WEA folgende mittleren Anteile am Flächenpotenzial <sup>7)</sup>:

- WEA auf ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘ : 8,9 ha
- WEA auf ‚allen nutzbaren Flächen‘ : 16,8ha
- WEA auf ‚nutzbaren Waldflächen außerhalb von Natur- und  
Landschaftsschutzgebieten‘ und auf ‚nutzbaren Flächen in Natur-  
und Landschaftsschutzgebieten‘ : 20,4 ha

Die 8,9 ha/WEA sind außerordentlich gering. Auf Anfrage antwortete Fraunhofer IWES, dass dies durch die starke Fragmentierung der ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘ verursacht wird, im Zusammenhang mit der Platzierungsmethode. Wegen der vielfältigen Pufferzonen um Industrie-, Gewerbe-, Wohn- und Erholungsgebiete sowie um Infrastruktureinrichtungen sind die ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘ teilweise stark zergliedert und kleinflächig. Das Entgegengesetzte gilt für die nutzbaren Flächen innerhalb von Wald-, Natur- und Landschaftsschutzgebieten. Da die Platzierungsmethode der Studie keine Windparkbildung anstrebt, nutzt sie auch kleinste windhöffige Flächen. Sie kann folglich auf 422,3 km<sup>2</sup> <sup>8)</sup> ‚nutzbarer Flächen ohne Restriktionen‘ erheblich mehr Referenz-WEA platzieren als auf 422,3 km<sup>2</sup> ‚nutzbarer Waldflächen außerhalb von Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘ und ‚nutzbarer Flächen in Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘ (siehe auch das Beispiel in Anhang C).

Wie sind nun die vielgenannten 14 GW bzw. 28 TWh entstanden? Zwei Prozent der hessischen Landesfläche entsprechen 422,3 km<sup>2</sup>. Einfache Dreisatzrechnung mit den 422,3 km<sup>2</sup>, den betreffenden Flächen-, Leistungs-

<sup>5)</sup> Was die 24 GW betrifft, fehlt es dem Studienbericht an Klarheit. Tabelle 3 im Bericht nennt für Hessen 24 GW Nennleistung als „maximales Potenzial“. Aufgrund der Abschnittstitel 4.3.1 und 4.3.2 und aufgrund der Tabellenlegende ist aber zu erkennen, dass es sich bei den 24 GW lediglich um das Leistungspotenzial der 714 km<sup>2</sup> ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘ handelt.

<sup>6)</sup> Fehlt im Studienbericht. Lässt sich aber mit dem Leistungspotenzial von 24 GW und den 1965 VLS errechnen, was 47,2 TWh ergibt.

<sup>7)</sup> Die Zahlenwerte für die durchschnittlichen Flächenanteile wären etwas kleiner, wenn man das Leistungspotenzial auf die windhöffigen Flächen innerhalb der ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘ bzw. ‚aller nutzbaren Flächen‘ beziehen könnte. Unverständlicherweise fehlen im Studienbericht Angaben zur Größe der windhöffigen Flächen in den einzelnen Bundesländern.

<sup>8)</sup> D.h. auf 2% der Landesfläche Hessens.

und Jahresertragspotenzialen ergeben:

WEA auf 422,3 km <sup>2</sup> ‚nutzbarer Flächen ohne Restriktionen‘	:	14,2 GW	27,9 TWh
WEA auf 422,3 km <sup>2</sup> ‚aller nutzbaren Flächen‘	:	7,5 GW	14,8 TWh
WEA auf 422,3 km <sup>2</sup> ‚nutzbarer Waldflächen außerhalb von Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘ und ‚nutzbarer Flächen in Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘	:	6,2 GW	12,2 TWh

Die 2% der Landesfläche und das zugehörige auf 28 TWh gerundete Jahresertragspotenzial finden sich in der „Änderung des Landesentwicklungsplans Hessen 2000 – Vorgaben zur Nutzung der Wind-energie“ vom Juli 2013. Das ist sehr verwunderlich, denn:

- Die hessische Landesregierung hat erst nach Veröffentlichung des Studienberichts beschlossen, Wald-, Natur- und Landschaftsschutzgebiete für die Windkraft zu öffnen. Da damit ‚alle nutzbaren Flächen‘ an die Stelle der ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘ getreten sind, sind die 28 TWh nicht mehr aktuell. Die Landesregierung kann nur noch mit höchstens 14,8 TWh rechnen. Also mit knapp der Hälfte dessen, was sie erwartet!
- Falls WEA ausschließlich auf ‚nutzbaren Waldflächen außerhalb von Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘ und auf ‚nutzbaren Flächen in Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘ installiert werden, sind höchstens 6,2 GW und 12,2 TWh zu erwarten.

Mit anderen Worten, 14 GW Leistungs- und 28 TWh Jahresertragspotenzial sind in Hessen weder praktisch noch theoretisch erreichbar!

Tabelle 18 im Abschnitt „8.7 Steckbrief Hessen“ auf Seite 73 der Langfassung des Studienberichtes ist fehlerhaft. Gemäß der Tabellenlegende soll die Spalte „Hessen – 2% der Gesamtfläche“ das Leistungs- und Jahresertragspotenzial auf 422,3 km<sup>2</sup> ‚nutzbarer Flächen‘ enthalten. Die Zahlenwerte 14 GW und 28 TWh beziehen sich jedoch das Leistungs- und Jahresertragspotenzial auf 422,3 km<sup>2</sup> ‚nutzbarer Flächen ohne Restriktionen‘. Dasselbe gilt für die Spalte „Deutschland 2% der Gesamtfläche“. Siehe hierzu auch Appendix D. Man beachte, dass es sich hierbei um einen systematischen Fehler handelt, der in den entsprechenden Tabellen aller Ländersteckbriefe von Abschnitt 8 auftritt!

### **Vergleich der Erträge auf Basis der beiden Winddatenquellen (DWD und anemos-Windatlas)**

Verglichen mit dem Jahresertragspotenzial für Deutschland auf der Basis der DWD-Winddaten, liefern die Berechnungen mit Hilfe der Winddaten des anemos-Windatlas ein um 20% höheres Jahresertragspotenzial. Die Autoren des Studienberichts begründen diesen großen Unterschied mit den Unvollkommenheiten der Daten des DWD und des anemos-windatlas. Die 1km x 1km horizontale Gitterweite der DWD-Daten sei unzureichend um komplexes Gelände darzustellen. Dasselbe gelte in noch stärkerem Maße für die 5km x 5km horizontale Gitterweite des anemos-Wind-atlas. Zudem Sorge die Extrapolation der DWD-Winddaten auf Nabenhöhe für zusätzliche Fehler. Die Winddaten des anemos-Windatlas hätten zwar nicht auf Nabenhöhe interpoliert werden müssen, sondern wurden direkt berechnet, doch seien die Windbedingungen in 150m Höhe über Grund noch nicht ausreichend erforscht.

**Kommentar:** Die Tatsache, dass sich mit Hilfe des anemos-Windatlas ein ca. 20% höheres Ertragspotenzial einstellt, beweist, dass mehr Wind auch mehr Ertrag bedeutet. Allerdings ist diese Einsicht trivial und benötigte nicht den Einsatz einer zweiten Wind-Datenquelle. Das Ergebnis ist auf jeden Fall kein Beweis für die größere Genauigkeit des Windatlas. Insgesamt macht dieser Abschnitt des Studienberichts nicht den Eindruck, als hätte überlegene Sachkunde den Autoren die Feder geführt.

### **Sensitivitätsanalysen**

Im Rahmen der Studie wird eine Reihe von Sensitivitätsanalysen durchgeführt, u.a. mit Bezug auf den Mindestabstand von WEA zu Wohnbauflächen, Gewässern, Sport- und Freizeitstätten, Industriegebieten, Flughäfen, Autobahnen, Bundesstraßen, Eisenbahnen, Freileitungen und Schutzgebieten. Der Mindestabstand zu Wohnbauflächen hat den größten Effekt auf die ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘. Durch Vergrößerung des 1000m Mindestabstandes auf 1500m sinkt ihr Anteil an der Fläche Deutschlands von

7,9% auf 3%. Umgekehrt steigt der Anteil ‚nutzbarer Flächen ohne Restriktionen‘ von 7,9% auf 14,5% der Fläche Deutschlands, wenn der Mindestabstand um Wohnbauflächen von 1000m auf 500m verringert wird (siehe Abb. 39 und 40 des Studienberichts).

***Kommentar:** Man beachte, dass die Sensitivitätsanalysen die sog. nutzbaren Flächen betreffen ohne Rücksichtnahme auf deren Windhöffigkeit. Fehlt auf den nutzbaren Flächen die nötige Windhöffigkeit, so mögen sie für das eine oder andere nutzbar sein, nicht jedoch für die Windenergie. Äußerst wichtig gewesen wäre in diesem Zusammenhang eine Sensitivitätsanalyse mit Bezug auf die Größe der windhöffigen Flächen innerhalb der nutzbaren Flächen, durch Variation der VLS-Untergrenze. Leider wurde diese Analyse unterlassen.*

## **Zusammenfassung im Studienbericht**

Der Studienbericht betrachtet die vom BWE angenommenen 2% der Fläche Deutschlands als eine realistische Annahme, sowohl für ganz Deutschland als für die Flächenländer, mit Ausnahme des Saarlandes.

Die Studie kommt zum Ergebnis, dass 22,3% der Fläche Deutschlands für Windenergie nutzbar ist. Jedoch nur 7,9% der Fläche Deutschlands ist nutzbar, wenn WEA auf die ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘ beschränkt werden<sup>9)</sup>.

Die Studie hält 20,4% der hessischen Landesfläche für nutzbar, jedoch nur 4,3% der Landesfläche, wenn WEA nur auf ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘ platziert werden.

Sehr wichtig ist Punkt 2 der Zusammenfassung, Zitat: „In der Studie werden Richtwerte der möglichen Energieerträge angegeben. Diese berücksichtigen keine lokalen orographischen oder topographischen Aspekte und keine Hindernisse oder kleinräumliche Windverhältnisse und sind daher als Vergleichsgrößen zwischen Regionen anzusehen und nicht als absolut zu erwartende Erträge.“

***Kommentar:** Punkt 2 der Zusammenfassung des Studienberichtes wurde und wird noch immer von den Landespolitikern jedweder Couleur nicht beachtet, da sie offensichtlich nie die Studie gelesen haben. Idealerweise hätte die Studie neben den Flächen-, Leistungs- und Jahresertragspotenzialen sowie den VLS auch deren Unsicherheits- bzw. Fehlergrenzen ermitteln müssen. Vermutlich war das mit vertretbarem Aufwand im Rahmen der Studie nicht möglich. Die Antwort auf die Frage, ob 2% der Landesfläche für die Windkraftnutzung eine realistische Annahme repräsentiert, beruht damit auf den Gefühlen der Studienteilnehmer und nicht auf nachvollziehbaren Überlegungen.*

## **Gesamtkommentar zum Studienbericht der Potenzialstudie**

***Entgegen einer manchmal gehörten Meinung gibt es zwischen Merkels Stromwende und dem hessischen Energiegipfel einerseits und dem Anlass für die Studie „Potenzial der Windenergienutzung an Land“ andererseits keinen ursächlichen Zusammenhang. Anlass für die Studie war das Geschäftsinteresse der Windenergiebranche. Der BWE benötigte für seine angeschlossenen Mitglieder eine fundierte Mengenschätzung mit Bezug auf den deutschen Binnenmarkt für WEA. Der BWE legte deshalb dem Fraunhofer IWES die Frage vor, ob die Annahme, dass 1% bzw. 2% der Landesfläche Deutschlands für die Windenergienutzung an Land zur Verfügung stehen, eine realistische Annahme sei.***

---

<sup>9)</sup> D.h. außerhalb von Wald und außerhalb von Natur- und Landschaftsschutzgebieten.

Die IWES-Studie musste ihrerseits von Annahmen ausgehen. Diese weichen in einigen Punkten von der aktuellen hessischen Planungspraxis ab:

- Die Studie legt den Nachdruck auf die ‚nutzbaren Flächen außerhalb von Wald-, Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘<sup>10)</sup>. Das äußert sich weniger in der Langfassung als in der Kurzfassung des Studienberichtes, in deren Tabellen 2 und 3 ausschließlich die Leistungs- und Jahresertragspotenziale dieser einen Flächenkategorie zu finden sind. Dagegen lässt die hessische Planungspraxis Windenergienutzung auf ‚allen nutzbaren Flächen‘ zu. Das sind nutzbare Flächen außerhalb und innerhalb von Wald-, Natur- und Landschaftsschutzgebieten.
- Die Platzierungsmethode für WEA in der Studie ist nicht auf Konzentration von WEA in Windparks angelegt<sup>11)</sup> sondern erlaubt auch isoliert stehende WEA und Gruppen von 2 WEA. Die hessische Planungspraxis ist dagegen ausschließlich auf Windparks mit mindestens 3 WEA ausgerichtet.
- Die Studie platziert WEA nur dort, wo sie mindestens 1600 VLS erreichen. Dagegen erlaubt die hessische Planungspraxis WEA nur auf Flächen mit mindestens 5,75 m/s mittlerer Jahreswindgeschwindigkeit. Die 5,75 m/s repräsentieren ein strengeres Kriterium als die 1600 VLS<sup>12)</sup>. Infolgedessen überschätzt die Studie die Gesamtgröße der nutzbaren windhöffigen Flächen in Hessen.

Wegen der vielfältigen Pufferzonen um Industrie-, Gewerbe-, Wohn- und Erholungsgebiete sowie um Infrastruktureinrichtungen sind die nutzbaren Flächen außerhalb von Wald-, Natur- und Landschaftsschutzgebieten teilweise stark zergliedert und kleinflächig. Das Entgegengesetzte gilt für die nutzbaren Flächen innerhalb von Wald-, Natur- und Landschaftsschutzgebieten. Da die Platzierungsmethode der Studie keine Windparkbildung anstrebt, nutzt sie auch kleinste windhöffige Flächen. Sie kann folglich auf 2% der nutzbaren Landesfläche (d.h. 422,3 km<sup>2</sup>) außerhalb von Wald-, Natur- und Landschaftsschutzgebieten, erheblich mehr WEA platzieren als auf 422,3 km<sup>2</sup> nutzbarer Flächen innerhalb von Wald-, Natur- und Landschaftsschutzgebieten. Siehe hierzu auch die Erläuterung in Appendix C. Die Anzahl platzierbarer WEA auf 422,3 km<sup>2</sup> aller nutzbaren Flächen Hessens liegt zwischen diesen beiden Extremen. Diese Größenverhältnisse spiegeln sich natürlich auch in den Leistungs- und Jahresertragspotenzialen der drei genannten Flächenkategorien wieder (siehe Tabelle).

	Nutzbare Flächen außerhalb von Wald-, Natur- und Landschaftsschutzgebieten in Hessen	Alle nutzbaren Flächen in Hessen	Nutzbare Flächen innerhalb von Wald-, Natur- und Landschaftsschutzgebieten in Hessen
Leistungspotenzial	14,2 GW	7,5 GW	6,2 GW
Jahresertragspotenzial	27,9 TWh	14,8 TWh	12,2 TWh

Man erkennt, dass als Folge der hessischen Planungspraxis, auf 2% der Landesfläche nur ein Jahresenergieertrag zwischen 12,2 TWh und 14,8 TWh erwartet werden kann, je nachdem ob die ausgewiesenen Vorrangflächen mehrheitlich in Wald-, Natur- und Landschaftsschutzgebieten liegen oder gleichmäßig über alle nutzbaren Flächen verteilt sind.

<sup>10)</sup> Zur besseren Lesbarkeit für Leser, die den Hauptteil des Kommentars überschlagen haben, wird in der Gesamtzusammenfassung anstelle von ‚nutzbare Flächen ohne Restriktionen‘ der Begriff ‚nutzbare Flächen außerhalb von Wald-, Natur- und Landschaftsschutzgebieten‘ verwendet.

<sup>11)</sup> Was natürlich nicht ausschließt, dass die Platzierungsmethode im Falle von großen zusammenhängenden und windhöffigen nutzbaren Flächen praktisch von selbst Windparks generiert.

<sup>12)</sup> Das folgt aus den Leistungskennlinien der Referenz-WEA im Studienbericht.

*Die Studie verwendet Winddaten des DWD um die Jahresertragspotenziale zu berechnen. Zu Vergleichszwecken verwendet sie auch Daten des anemos-Windatlas. Die DWD- und anemos-Winddaten sind prinzipiell fehlerbehaftet, d.h. sie beschreiben die wirklichen Windverhältnisse nur näherungsweise. Demzufolge sind auch die berechneten Leistungs- und Jahresertragspotenziale fehlerbehaftet. Eine Fehleranalyse<sup>13)</sup> wäre also angebracht gewesen. Sie wurde jedoch mit der sehr merkwürdigen Begründung unterlassen, dass mit den DWD- und anemos-Daten bereits die besten verfügbaren Winddaten verwendet wurden. Wie wenig das Prädikat „die besten“ aussagt zeigt Abschnitt 5.4 des Studienberichtes: Das mit anemos-Daten ermittelte Jahresertragspotenzial Deutschlands ist um 20% größer als jenes, das mit DWD-Daten ermittelt wurde! Die Winddaten des DWD und des anemos-Windatlas eignen sich also nicht für zuverlässige Voraussagen der Jahresertragspotenziale, sondern nur für relativ grobe Ertragsberechnungen. Zu diesem Ergebnis kommen schlussendlich auch die Autoren des Studienberichtes. Sie weisen sowohl in der Langfassung als in der Kurzfassung ausdrücklich darauf hin, dass die Jahresertragspotenziale nur als Richtwerte interpretiert werden dürfen und nur zum Vergleich der Bundesländer untereinander benutzt werden sollten. Diese Warnung wurde ganz offensichtlich vom Hessischen Energiegipfel und später vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung (HMWEVL) missachtet.*

*In der Studie bleiben alle Arten von Einzelfallentscheidungen unberücksichtigt. Aus diesem Grund überschätzt die Studie prinzipiell die Größe der nutzbaren Flächen. Zudem fehlt im digitalen Landschaftsmodell des Fraunhofer IWES eine Reihe von Details, welche das Flächenpotenzial einschränken<sup>14)</sup>. In der Einleitung des Studienberichts liest man: „Das Fraunhofer IWES hat anhand der GIS-Daten vorhandene Potenziale im Rahmen der möglichen Genauigkeit ermittelt.“ Die Autoren sahen sich dennoch außerstande diese „mögliche Genauigkeit“ zu quantifizieren, denn die Studie unterlässt es, die maximal möglichen Fehler der Flächenpotenziale zu bestimmen. Ein Flächenpotenzial ohne Angabe der Fehlergrenzen ist jedoch grundsätzlich wertlos - es sei denn, das berechnete Flächenpotenzial einerseits und die quantitative Erwartung des BWE andererseits (d.h. 2% der Landesfläche) liegen so weit auseinander, dass die quantitative Erwartung mit großer Wahrscheinlichkeit realistisch ist<sup>15)</sup>. Die Entscheidung, ob 2% der Landesfläche zur Verfügung stehen werden oder nicht, muss also entweder auf einer Fehleranalyse beruhen oder auf ausreichenden Erfahrungen aus gleichartigen Studien.*

*Der Erwartung des BWE - d.h. den 2% der Landesfläche Deutschlands - steht ein berechnetes Potenzial von 22,3% für alle nutzbaren Flächen gegenüber. Der erwartete Prozentsatz ist also ein elftel des ermittelten Prozentsatzes. Ist dieser Unterschied groß genug, um angesichts der zahlreichen Annahmen und Vernachlässigungen in der Studie die 2% als realistisch zu akzeptieren? Hier sind zumindest Zweifel angebracht. Trotzdem ist in den Augen der Autoren des Studienberichtes die 2%-Erwartung realistisch. Diese Einschätzung entspringt jedoch keiner soliden empirisch-systematischen Fehleranalyse sondern lediglich den Gefühlen der Autoren. Auch weckt der Studienbericht nicht den Eindruck, als beruhe dieses Urteil auf langer Erfahrung mit gleichartigen Studien.*

*Noch dringender stellt sich die Frage nach dem Realitätsgehalt der 2% im Falle der nutzbaren Flächen außerhalb von Wald-, Natur- und Landschaftsschutzgebieten. Denn hier steht den erwarteten 2% der Landesfläche Deutschlands ein ermitteltes Potenzial von nur 7,9% gegenüber. Die Erwartung beträgt also nur ein Viertel des ermittelten Potenzials. Dessen ungeachtet betrachten die Autoren des Studienberichtes auch für diesen Fall die 2% als einen realistischen Wert.*

---

<sup>13)</sup> Um festzustellen, wie weit die tatsächlichen Jahresertragspotenziale von den berechneten Jahresertragspotenzialen abweichen können.

<sup>14)</sup> Z.B. Wohnhäuser, Forsthäuser und Einzelgehöfte im Außenbereich sowie die flächenmäßige Ausdehnung von Dörfern und Weilern.

<sup>15)</sup> In diesem Fall müssten die vom BWE erwarteten 2% nur dann verworfen werden, wenn der Fehler (die Ungenauigkeit) des ermittelten Potenzials unwahrscheinlich groß wäre.

*Die Kritik hiervoor trifft in gleichem Umfang für die Flächenpotenziale Hessens zu. Hier gilt:*

- *alle nutzbaren Flächen = 20,4% der Landesfläche und*
- *nutzbare Flächen außerhalb von Wald-, Natur- und Landschaftsschutzgebieten = 3,4% der Landesfläche.*

*Die 2%-Erwartung für Hessen betrifft also ein Zehntel aller nutzbaren Flächen bzw. weniger als die Hälfte der nutzbaren Flächen außerhalb von Wald-, Natur- und Landschaftsschutzgebieten. Für die erstgenannte Flächenkategorie ist die 2% Erwartung aus den hiervoor genannten Gründen zweifelhaft und für die zweite Flächenkategorie ist sie unwahrscheinlich. Trotzdem meint der Studienbericht, dass 2% der hessischen Landesfläche verfügbar sein werden.*

*Die Resultattabelle 18 im Abschnitt „8.7 Steckbrief Hessen“ des Studienberichtes enthält zwei grobe Fehler. Siehe hierzu Anhang D des vorliegenden Kommentars. Dieselben Fehler treten auch in den Steckbriefen der anderen Bundesländer auf (Abschnitte 8.1. – 8.15).*

## Fazit

*Die Studie kann weder beweisen, dass 2% der Landesfläche Hessens für Windenergiezwecke zur Verfügung stehen, noch kann sie beweisen, dass mit der hessischen Planungspraxis auf 2% der Landesfläche theoretisch oder praktisch ein Jahresenergieertrag von 28 TWh möglich ist. Die Studienergebnisse sind deshalb als Zielvorgabe für die hessische Stromwende ungeeignet. Die vielgenannten 28 TWh sind 2013 entweder durch Nachlässigkeit oder durch fehlenden Sachverstand des HMWEVL in die „Änderung des Landesentwicklungsplans – Hessen 2000, Vorgaben zur Nutzung der Windenergie“ gelangt.*

*Die Potenzialstudie wurde vom BWE beauftragt und diente primär den Geschäftsinteressen der Verbandsmitglieder. Für diesen Verwendungszweck ist die Qualität des Studienberichtes durchaus akzeptabel. Die im vorliegenden Kommentar genannten Mängel und Schwächen der Studie mögen durch Budget- und Zeitbeschränkungen sowie durch mangelnde Erfahrung verursacht worden sein. Doch an eine Studie, die Zielvorgaben für die hessischen Planungen definieren soll, müssen erheblich höhere Anforderungen gestellt werden als an eine Studie für den Interessenverband BWE. Dies um das Risiko von einschneidenden ökonomischen und politischen Fehlentwicklungen für Hessen zu vermeiden. Die Teilnehmer des Hessischen Energiegipfels hätten die Ergebnisse der Potenzialstudie deshalb schon im Jahre 2011 auf ihre Schwächen hin untersuchen müssen. Noch viel notwendiger wäre eine Prüfung der Studienergebnisse durch das HMWEVL gewesen, bevor 2013 einzelne Ergebnisse aus der Kurzfassung des Studienberichtes in die „Änderung des Landesentwicklungsplans - Hessen 2000“ übernommen wurden. Auch nach den Landtagswahlen im September 2013 kam im HMWEVL niemand auf diesen Gedanken. Die Tatsache, dass diese Prüfung unterblieb und dass den Beteiligten im HMWEVL nachweislich noch nicht einmal die Langfassung des Studienberichtes vorlag, zeugt sowohl von fehlendem Sachverstand als auch von einem gefährlichen Mangel an Sorgfalt im Ministerium.*

*Nicht nur vor diesem Hintergrund steht die hessische Stromwende auf ziemlich schwachen Füßen. Von einer Projektplanung, die diesen Namen verdient und die einem Projekt dieser Größenordnung angemessen ist, lässt sich weit und breit nichts erkennen. Stattdessen scheint die Landesregierung die Ausweisung von Vorranggebieten für Windenergie als Projektplanung misszuverstehen. Daran und am völlig kritiklosen Umgang des HMWEVL mit den Ergebnissen der Potenzialstudie lässt sich studieren, dass Energiepolitik in Deutschland nicht gemacht wird, um die Energieversorgung zu sichern oder zu verbessern, sondern um sie „nachhaltig“ aussehen zu lassen. Es ist höchste Zeit, dass die hessische Landesregierung zu technisch-ökonomischer Nüchternheit mit Bezug auf Fragen der Stromerzeugung zurückfindet, anstatt auf Biegen und Brechen 2% der Landesfläche mit WEA vollzustellen und auf 28 TWh Energieertrag pro Jahr zu hoffen.*

## Die 2. Studie zum Potenzial der Windenergie an Land (2013)

**Vollständiger Titel des Studienberichts:** „Potenzial der Windenergie an Land“

**Auftraggeber und Herausgeber des Studienberichts:** Umweltbundesamt (UBA), der Bericht ist kostenlos.

**Auftragnehmer (Modellierung und Berechnung):** Fraunhofer IWES, Kassel

**Ausgabedatum des Studienberichts:** Juni 2013

### **Fragestellung des Auftraggebers**

Wie groß ist in Deutschland das gesamte technisch-ökologische Potenzial der Windenergie an Land, d.h. das Potenzial, das nach technischen und ökologischen Aspekten zur Verfügung steht?

In diesem Zusammenhang versteht die Studie unter ‚technischem Potenzial‘ jenen Teil der Energie des Windes, der mit den aktuell leistungsfähigsten WEA in elektrische Energie umgesetzt werden kann. Das ‚technisch-ökologische Potenzial‘ repräsentiert dagegen den Teil des technischen Potenzials, das unter Berücksichtigung ökologischer Beschränkungen nutzbar gemacht werden kann. Der Ausdruck „ökologische Beschränkungen“ bezeichnet jene Schutzmaßnahmen für Mensch, Tier und Pflanze, die zum Ausschluss von Flächen von der Windkraftnutzung führen.

### **Digitale Daten zur Oberflächenbedeckung und Geländeform**

Anders als in der 1. Studie kommt nun das Digitale Landschaftsmodell Basis-DLM zur Anwendung. Es beschreibt im Vektorformat Geo-Objekte, wie Gebäude, Industrieflächen, Straßen und Autobahnen, Schienenwege, Hochspannungsleitungen, Flugplätze, Wasserwege und Vegetation. Es enthält auch alleinstehende Gebäude im Außenbereich (Einzelgehöfte, Forsthäuser, alleinstehende Wohnhäuser, Feldscheunen usw.) und beschreibt die flächenmäßige Ausdehnung von Dörfern und Weilern.

Zusätzlich zum Basis-DLM verwendet die Studie das Digitale Geländemodell 25 (DGM25). Es enthält die Höhenstruktur des Geländes im 25m x 25m-Raster. Mit seiner Hilfe ist es möglich, Flächen die wegen zu großen Hangneigungen als Aufstellungsort für WEA nicht in Frage kommen, zu entdecken und auszuschließen. Als maximal zulässige Hangneigung handhabt die Studie 30 Grad.

*Kommentar: Die wichtigsten Charakteristika des Basis-DLM und des DGM25 finden sich im Glossar auf Seite 28/29.*

### **Methode**

Ähnlich wie in der 1. Potenzialstudie wird bei der Ermittlung des Flächenpotenzials vereinfachend von deutschlandweit einheitlichen Ausschlusskriterien, Abstandsregelungen und einzusetzender WEA-Technik ausgegangen. Zunächst werden die Ausschlussflächen bestimmt, danach das für Windenergie nutzbare Flächenpotenzial. Dann werden die Anlagenstandorte innerhalb der nutzbaren Flächen festgelegt und zuletzt die Leistungspotenziale und Jahresertragspotenziale berechnet. Das geschieht separat für die drei Bundesländergruppen „Nord“, „Mitte“ und „Süd“ sowie für Deutschland insgesamt. Die Bundesländergruppen setzen sich wie folgt zusammen:

**Nord:** Berlin, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein.

**Mitte:** Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Sachsen, Thüringen.

**Süd:** Baden-Württemberg, Bayern, Saarland

*Kommentar: Die Studienergebnisse der beiden Studien können also nicht direkt, d.h. per Bundesland,*

*miteinander verglichen werden. Der Studienbericht nennt keinen Grund für diese sehr rätselhafte Beschränkung.*

## **Angewendete Puffer**

Abweichend von der 1. Potenzialstudie werden keine festen Puffer zu Wohnbauflächen sowie zu Industrie- und Gewerbeflächen verwendet. Stattdessen bestimmen die Tag-/Nacht-Lärmschutzrichtwerte gemäß der Technischen Anleitung-Lärm (TA-Lärm) die Puffer. Zu diesem Zweck wird die Lärmbelastung am Immissionsort pauschal nach dem sog. Alternativen Verfahren gemäß DIN-ISO 9613-2 geschätzt (siehe Anhang E).

*Kommentar: Das „Alternative Verfahren mit A-bewerteten Einzalkenngrößen“ wird derzeit in der Mehrzahl der Geräuschprognosen für WEA angewendet.*

D.h. WEA werden je nach ihrem Abstand zu Wohnbau-, Erholungs-, Industrie- und Gewerbeflächen entweder ausschließlich im Normalmodus oder tagsüber im Normalmodus und zwischen 22Uhr und 6Uhr im lärmreduzierten Modus betrieben. Für Details siehe insbesondere Abschnitt 4.2.1 des Studienberichts.

Da die Daten zu Wohnbauflächen im Basis-DLM nicht eindeutig den Gebietstypen der TA-Lärm bzw. der Baunutzungsverordnung (BauNVO) zuzuordnen sind, verwendet die Studie für Industrie- und Gewerbeflächen einerseits und für reine Wohngebiete, Misch- und Dorfgebiete andererseits, jeweils einheitliche Immissionsrichtwerte die zum Teil strenger zum Teil weniger streng sind als vorgeschrieben - siehe auch im Studienbericht Abschnitt 4.2.1 und Tabellen 2 und 3 ebenda. Alleinstehende Gebäude im Außenbereich (Einzelgehöfte, Forsthäuser, alleinstehende Wohnhäuser) werden bei der Ermittlung des Flächenpotenzials berücksichtigt.

*Kommentar: Allerdings vermeldet der Studienbericht nicht explizit, ob die hierfür angewendeten Mindestabstände auch auf Lärmschutzrichtwerten beruhen.*

**Tabelle der Immissionsrichtwerte, Mindestabstände und Abstandsbereiche im lärmreduzierten Betrieb**

Art der baulichen Nutzung	Immissionsrichtwert (Nacht)	Zulässiger Mindestabstand der WEA eines Windparks, die am dichtesten am Immissionsort steht	Abstandsbereich vom Immissionsort innerhalb dessen die WEA eines Windparks nachts im lärmreduzierten Betrieb laufen müssen
Industrie- und Gewerbeflächen	50dB(A)	250m	250 – 500m
Wohnbauflächen	40dB(A)	600m	600 – 1400m
Kurgebiete, Wochenend- und Ferienhausbebauung, Campingplätze	35dB(A)	900m	900 – 2000m

Feste Puffer besitzen folgende Objekte (jeweils von der äußersten Rotorspitze bis zum Rand des betreffenden Objektes)

- Autobahnen: 100m
- Sonstige Straßen: 80m
- Eisenbahnlinien: 250m
- Seilbahnen: 300m
- Hochspannungsleitungen: 120m
- Flughäfen: ca. 5000m
- Flugplätze: ca. 1760m
- Gewässer 1. Ordnung: 65m
- Gewässer 2. und 3. Ordnung: 5m
- Schifffahrtskanal: 65m

Die Studie schließt Nationalparks, Naturschutzgebiete, Vogelschutzgebiete und FFH-Gebiete zum Fledermausschutz von der Windkraftnutzung aus und handhabt zu diesen Gebieten (außer FFH-Gebieten) einen 200m Schutzabstand. Feuchtgebiete nach Ramsar-Konvention, die Kern- und Pflegezonen von Biosphärenreservaten, geschützte Landschaftsbestandteile sowie mindestens 75% der Landschaftsschutzgebiete jedes Bundeslandes betrachtet die Studie ebenfalls als ein Tabu für die Windkraftnutzung - allerdings ohne Schutzabstände.

Für WEA vollkommen tabu ist Wald in Bundesländern mit einem Waldanteil unter 15% sowie Bodenschutzwald und Sichtschutzwald. Maximal 25% des Erholungswaldes Stufe I und II jedes Bundeslandes werden in die Ermittlung des Flächenpotenzials miteinbezogen. Doch nur in drei Bundesländern werden die 25% überhaupt erreicht.

Wie die 1. Potenzialstudie kann auch die 2. Potenzialstudie die Belange des besonderen Artenschutzes nicht als Restriktion berücksichtigen. Dies geschieht in der Praxis mittels Einzelfallentscheidungen. Im Rahmen einer Potenzialstudie können diese jedoch nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand nachgebildet werden.

Für weitere Details siehe Abschnitt 4.2 des Studienberichts. Eine Zusammenstellung der Ausschlussflächen und Puffer findet sich im Anhang des Studienberichts.

**Kommentar:** *Wie bereits eine Sensitivitätsanalyse in der 1. Potenzialstudie zeigte, haben die Mindestabstände von WEA zu Wohnbauflächen einen großen Einfluss auf die Größe des Flächenpotenzials. Offenbar will die 2. Studie dieses Potenzial ausschöpfen, indem nun zum Festlegen des Mindestabstandes die pauschale Schallimmissions-Prognose als alleiniges Kriterium herangezogen wird. Es ist zu erwarten, dass das UBA dieses Steckenpferd auch in Zukunft reiten wird. Das beweist seine Veröffentlichung „Einfluss des Abstands zwischen Windenergieanlagen und Wohnbauflächen auf das Potenzial der Windenergie an Land“, erschienen im Oktober 2014, in der Teilergebnisse der 2. Potenzialstudie neu aufgewärmt werden.*

*Man beachte, dass die inländische WEA-Lärmwirkungsforschung noch in den Kinderschuhen steckt, während ausländische Erkenntnisse von deutschen Verwaltungsgerichten nicht anerkannt werden. Dies gilt sowohl für den hörbaren als auch für den niederfrequenten, nicht hörbaren Schall (Infraschall). Ob und in welchem Umfang vom WEA-Schall Gesundheitsgefahren ausgehen, kann deshalb noch nicht sicher beurteilt werden. Die TA-Lärm von 1998 berücksichtigt diese möglichen Gesundheitsgefahren auf jeden Fall nicht. Insbesondere misst das sog. Alternativen Verfahren gemäß DIN-ISO 9613-2 nicht den Infraschallanteil des WEA-Lärms.*

*In der Praxis soll der Gutachter, der eine Schallprognose durchführt, die örtlichen Gegebenheiten der Empfangsorte aus eigener Anschauung kennen. Nur so kann er z.B. Pegelerhöhungen, die aufgrund von Schallreflexionen auftreten, in der Prognose berücksichtigen. Die in der Studie verwendeten digitalen Daten zur Bebauung, Landnutzung und Geländebeschaffenheit können die eigene Anschauung des Gutachters vor Ort aber nicht ersetzen. Mit anderen Worten, ein Pauschalverfahren hätte in der Studie nur dann eine Berechtigung, wenn gleichzeitig nachgewiesen würde, dass es Lärmpegelüberschreitungen an mindestens 90% aller in Frage kommenden Immissionsorte mit Sicherheit ausschließt. Von einem diesbezüglichen Nachweis ist aber im Studienbericht nicht das Geringste zu finden. Stattdessen wird die sog. 1 dB(A) Sicherheitsreserve der WEA-Hersteller, zusammen mit einer zusätzlichen Sicherheitsreserve von 1 dB(A) als ausreichend betrachtet, ohne den Nachweis für die Allgemein-gültigkeit dieser Annahme zu erbringen. Siehe zu diesem Thema auch Anhang E.*

*Führt ein Bundesland die immissionsbasierte Abstandsregelung ein, so sind die Windparkanwohner der Willkür von Windparkbetreibern ausgeliefert, falls diese ihre Auflagen zum lärmreduzierten Nachtbetrieb zeitweise oder ständig negieren sollten. Der Nachweis der Zuwiderhandlung und die Durchsetzung der Auflagen liegen dann bei den Anwohnern, die vermutlich in der Mehrzahl der Fälle resignieren werden angesichts des dafür notwendigen Zeit- und Kostenaufwandes.*

*Eine der Ungereimtheiten der 2. Potenzialstudie besteht darin, dass sie einerseits fehlende Akzeptanz der lokalen Bevölkerung als eine der Unwägbarkeiten im Rahmen der Potenzialbestimmung betrachtet, sich aber*

*andererseits nicht scheut, das Prinzip des immissionsbasierten Mindestabstandes zu Wohnbauflächen einzuführen, obwohl dadurch in der Praxis die Akzeptanz noch weiter abnehmen wird.*

## **Referenz-Windenergieanlagen**

Zwei WEA-Typen werden verwendet:

- Eine Starkwind-WEA mit 3,4-MW Nennleistung, 100m Nabenhöhe, 104m Rotordurchmesser, mit garantiertem Schalleistungspegel im lärmreduzierten Betriebsmodus 100 dB(A) und garantiertem Schalleistungspegel im Standard-Betriebsmodus 105,6 dB(A).
- Eine Schwachwind-WEA mit 3,2-MW Nennleistung, 140m Nabenhöhe, 114m Rotordurchmesser, mit garantiertem Schalleistungspegel im lärmreduzierten Betriebsmodus 99,5 dB(A) und garantiertem Schalleistungspegel im Standard-Betriebsmodus 105,2 dB(A).

Abweichend von der 1. Potenzialstudie spielten niedrige Schalleistungspegel eine entscheidende Rolle bei der Typenauswahl, da die 2. Studie den Mindestabstand von WEA zu Wohnbauflächen aufgrund von Schall-Immissionswerten bestimmt. Die Studie berücksichtigt den Ertragsverlust durch lärmreduzierten Betrieb (Verringerung der Rotordrehzahl) zwischen 22 Uhr und 6 Uhr.

Für die beiden Anlagentypen wurden zwei unterschiedliche Leistungskennlinien von Herstellern zur Verfügung gestellt.

***Kommentar:** Im Gegensatz zur 1. Potenzialstudie sind die Leistungskennlinien der beiden Referenz-WEA nicht in den Studienbericht aufgenommen worden, was das Vertrauen des Lesers in die Studienresultate nicht gerade erhöht.*

## **Windgeschwindigkeitsmodell**

Im Gegensatz zur 1. Studie kommt nun das COSMO-DE Modell des DWD zum Einsatz. Der DWD verwendet dieses Simulationsmodell zur täglichen Wettervorhersage. Unter den Ergebnisdaten des COSMO-DE sind für die Studie lediglich die horizontale Komponente der Windgeschwindigkeit und die Luftdichte als Funktionen der Zeit relevant, und zwar in 100 m und 140 m Höhe über Grund. Sie stehen an jedem Gitternetzpunkt eines 2,8 km x 2,8 km-Rasters zur Verfügung, das ganz Deutschland und einige seiner Nachbarländer bedeckt (siehe Glossar Seite 28/29).

Repräsentative Zahlenwerte für das Jahresertragspotenzial erfordern Zeitreihen über die vergangenen 30 Jahre. Das COSMO-DE bietet jedoch nur Daten über die vergangenen 5 Jahre. Diese Daten werden deshalb mit Hilfe von Re-Analysedaten des „ERA interim“ Projektes kalibriert. Als Resultat dieses Prozessschrittes stehen für jeden Gitternetzpunkt langzeit-kalibrierte Weibull-Parameter für 100 m und 140 m über Grund zur Verfügung. Mit Bezug auf das Kalibrierungsverfahren verweist der Studientext nach einer separaten, unveröffentlichten (!) Untersuchung <sup>16)</sup> im Auftrag des UBA.

Weibull-Parameter eignen sich nicht zum berechnen des Jahresertragspotenzials jener WEA, die tagsüber im Normalbetrieb und nachts im lärmreduzierten Betrieb laufen. Hierfür müssen für jeden Gitternetzpunkt kalibrierte Zeitreihen der Windgeschwindigkeit generiert werden.

***Kommentar:** Zu diesem sehr komplexen Thema können keine sehr ausführlichen Erläuterungen im Studienbericht erwartet werden. Der Leser muss jedoch den Verweis des UBA nach einem unveröffentlichten Bericht über die wichtige Kalibrierungsmethode als höchst merkwürdig empfinden. Als ebenfalls völlig unbefriedigend entpuppt sich die Fußnote 49 des Studienberichts – sie handelt ebenfalls von der Kalibrierung der Windgeschwindigkeits-Zeitreihen. Zum Thema COSMO-DE und Re-Analyse siehe auch Glossar auf Seite 28/29.*

*Die 2. Potenzialstudie suggeriert zwar, dass COSMO-DE eine „vergleichsweise genaue Darstellung der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhen von mehr als 100m“ ermöglicht. Aber wie in der 1. Potenzialstudie,*

---

<sup>16)</sup> J. Tambke, L. von Bremen: „Kalibrierung von Wetterdaten zur Ermittlung der Onshore-Windpotenziale“, 2012

*sind die Autoren nicht in der Lage, Fehlergrenzen für die berechneten mittleren Jahreswindgeschwindigkeiten anzugeben. Infolgedessen fragt sich der Leser, auf welchem Vergleich „die vergleichsweise genaue Darstellung“ eigentlich beruht.*

## **Platzierung innerhalb der nutzbaren Flächen**

Die Studie geht, so wie die 1. Potenzialstudie, von einer vollständigen Neubelegung mit WEA aus, d.h. Bestandsanlagen werden als nicht-existent betrachtet.

Die für Windenergie nutzbaren Flächen werden zunächst für jedes einzelne Bundesland ermittelt. Als Grundlage für die Platzierung der WEA wird eine Rasterkarte mit einer Auflösung von 25 x 25 m erzeugt und jedem Rasterpunkt werden die Eigenschaften:

- Ausschlussfläche,
- Fläche für Normalbetrieb,
- Fläche für Normalbetrieb, kombiniert mit lärmreduzierten Betrieb.

zugeordnet. Wie im Falle der 1. Potenzialstudie, versucht die Platzierungsmethode nicht, Windparks mit mindestens 3 WEA zu generieren, sondern sie lässt auch alleinstehende WEA und Gruppen von 2 WEA zu. Und ebenso wie in der 1. Potenzialstudie, werden selbst kleinste windhöfliche Flächen zur Platzierung von WEA genutzt.

Abweichend von der 1. Potenzialstudie werden die Starkwind Referenz-WEA auf Flächen mit mittleren Jahreswindgeschwindigkeiten größer oder gleich 7,5m/s in 140m Höhe über Grund <sup>17)</sup> platziert und die Schwachwind Referenz-WEA auf Flächen mit weniger als 7,5m/s in 140m Höhe über Grund. D.h. für Starkwind-WEA ist stets eine Mindest-VLS gewährleistet für Schwachwind-WEA jedoch nicht.

Mit Hilfe der Windgeschwindigkeitsdaten und der Leistungskennlinien der beiden Referenz-WEA werden für jeden Rasterpunkt innerhalb der nutzbaren Flächen die VLS für Normalbetrieb und, soweit erforderlich, für kombinierten Betrieb berechnet und dem Rasterpunkt zugeordnet. Die WEA-Platzierung beginnt, ähnlich wie in der 1. Potenzialstudie, jeweils im Rasterpunkt mit der höchsten VLS. Mit Bezug auf die Platzierung von Schwachwindanlagen wird keine Untergrenze der VLS berücksichtigt, da das Jahresertragspotenzial in ganz Deutschland nur noch unwesentlich steigt, wenn sie an Orten platziert werden, die weniger als 1600 VLS hergeben (siehe Abschnitt 5.2 des Studienberichts).

Ebenso wie in der 1. Potenzialstudie wird auch in der 2. Studie nicht zwischen Haupt- und Nebenwindrichtung unterschieden. Doch abweichend von der 1. Potenzialstudie verwendet sie nur einen einzigen Mindestabstand zwischen benachbarten WEA, nämlich den 4-fachen Rotordurchmesser der Schwachwindanlage, d.h. generell 456m.

**Kommentar:** *Obwohl die Studie das Flächenpotenzial per Bundesland berechnet, wird es im Studienbericht nicht per Bundesland dokumentiert. Ein Grund für diese unnötige und sehr gravierende Abweichung von der 1. Potenzialstudie wird nicht genannt.*

*Auch hätte der Leser gerne für jede der beiden Referenz-WEA die VLS gewusst, die 7,5 m/s mittlerer Jahreswindgeschwindigkeit in 140m Höhe über Grund entsprechen. Diese Angaben fehlen leider. Da es die Autoren des Studienberichtes nicht für nötig gefunden haben, die Leistungskennlinien der beiden Referenz-WEA zu dokumentieren, ist es dem Leser auch nicht möglich, die VLS selbst zu berechnen.*

## **Ertragsberechnung**

Das COSMO-DE Windgeschwindigkeitsmodell liefert direkt die Weibull-Parameter der mittleren Jahreswindgeschwindigkeit für 100m und 140m Höhe über Grund – also ohne Zuhilfenahme einer zusätzlichen Höhenformel wie in der 1. Potenzialstudie. Da für Ertragsberechnungen im kombinierten Betrieb

---

<sup>17)</sup> Gemäß den Windpotenzialkarten des TÜV-Süd gibt es in Hessen nur wenige Orte an denen 7,5 m/s in 140 m Höhe erreicht oder überschritten werden. Der vorliegende Kommentar geht deshalb davon aus, dass in Hessen der Anteil der Starkwind Referenz-WEA am Leistungspotenzial vernachlässigbar ist.

„normal/lärmreduziert“ Weibull-Verteilungen ungeeignet sind, müssen die Windgeschwindigkeiten als Funktionen der Zeit generiert und anhand der Re-Analysedaten kalibriert werden.

Die aerodynamischen Windparkverluste werden mit 10% des mittleren Jahresertrags in Rechnung gebracht und die technische Nichtverfügbarkeit mit 3% des mittleren Jahresertrags.

*Kommentar: Abschnitt 4.3.2. der Studie sagt, dass die Jahresertragsdaten für jeden der 25m x 25m Rasterpunkte der nutzbaren Flächen berechnet werden. Das geschieht wahrscheinlich mittels Interpolation der Weibull-Parameter zwischen benachbarten 2,8km x 2,8km Gitterpunkten.*

## Wirtschaftlichkeit

Die Studie enthält keine Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit, da nicht Gegenstand des Studienauftrags.

*Kommentar: Wie die 1. Potenzialstudie, verwendet auch die 2. Studie zum Platzieren der beiden Referenz-WEA eine implizite Annahme mit Bezug auf die Untergrenze der Wirtschaftlichkeit, nämlich die obengenannte mittlere Jahreswindgeschwindigkeit von 7,5 m/s in 140m Höhe über Grund. Sie ist jedoch auf die Starkwind Referenz-WEA beschränkt. Für die Schwachwind Referenz-WEA handhabt die Studie keine feste Untergrenze.*

## Resultate

### Größe der nutzbaren Flächen absolut und als Flächen-Prozentsatz der betreffenden Bundesländer-gruppe bzw. Deutschlands

Nord	: 22851 km <sup>2</sup>	16,4%
Mitte	: 11200 km <sup>2</sup>	10,2%
Süd	: 15310 km <sup>2</sup>	14,1%
ganz Deutschland	: 49361 km <sup>2</sup>	13,8%

### Leistungspotenzial auf allen nutzbaren Flächen

Nord	: 526 GW
Mitte	: 287 GW
Süd	: 375 GW
ganz Deutschland	: 1188 GW (bei 1600 Mindest-VLS für Schwachwind Referenz-WEA)
ganz Deutschland	: 930 GW (bei 2200 Mindest-VLS für Schwachwind Referenz-WEA)

### Jahresertragspotenzial und mittlere Vollaststundenzahl auf allen nutzbaren Flächen

Nord	: 1379 TWh	2621 VLS
Mitte	: 728 TWh	2540 VLS
Süd	: 791 TWh	2108 VLS
ganz Deutschland	: 2898 TWh	2440 VLS (bei 1600 Mindest-VLS für Schwachwind Referenz-WEA)
ganz Deutschland	: 2400 TWh (bei 2200 Mindest-VLS für Schwachwind Referenz-WEA; keine Angaben zu Gesamt-VLS im Studienbericht)	

*Kommentar: Im Vergleich zur 1. Potenzialstudie fällt das Resultat der 2. Studie erstaunlich mager aus, was die Vielfalt der Ergebnisse betrifft. Der Studienbericht vermittelt den Eindruck als wolle der Auftraggeber UBA oder der Auftragnehmer Fraunhofer IWES nicht nur den Vergleich mit den Ergebnissen der 1. Studie erschweren, sondern es dem Leser des Studienberichtes auch unmöglich machen, aus Teilergebnissen eigene Schlüsse zu ziehen.*

*Der durchschnittliche Anteil pro WEA an allen nutzbaren Flächen in der Bundesländergruppe Mitte beträgt 12,5 ha (bei 11200 km<sup>2</sup>, 286,67 GW und 3,2 MW WEA-Nennleistung<sup>18)</sup>).*

<sup>18)</sup> Gemäß den Windpotenzialkarten des TÜV-Süd gibt es in Hessen nur wenige Orte an denen 7,5 m/s in 140 m Höhe erreicht oder überschritten werden. Der vorliegende Kommentar geht deshalb davon aus, dass in Hessen der Anteil der Starkwind Referenz-WEA am Leistungspotenzial vernachlässigbar ist.

*Für ganz Deutschland erhält man 365.500 WEA. Ließe sich diese gigantische Anzahl realisieren, stünde im Mittel 1 WEA auf 1,02 km<sup>2</sup> der Landesfläche. In diesem Zusammenhang muss man jedoch den Autoren zugutehalten, dass sie die Warnungen vor übertriebenen Erwartungen im Studienbericht noch nachdrücklicher formuliert haben als im Studienbericht zur 1. Potenzialstudie (siehe die Abschnitte „2 – Vorbemerkungen“ und „5.4 Einordnung der Ergebnisse“). Insbesondere wird deutlich vermerkt, dass die Studie auf die Frage des UBA nach dem technisch-ökologischen Potenzial der Windenergie an Land keine befriedigende Antwort geben kann. Das technisch-ökologische Potenzial ist erheblich kleiner als die ermittelten Zahlen vermuten lassen. Und noch erheblich kleiner als das technisch-ökologische Potenzial ist das wirklich realisierbare Potenzial. Die voraussichtlich große Diskrepanz zwischen den Studienergebnissen und dem wirklich verfügbaren Potenzial wird verursacht durch:*

- 1. fehlende, unvollständige oder fehlerbehaftete Daten,*
- 2. unbekannte Modellfehler,*
- 3. Vernachlässigung von Wirtschaftlichkeitsaspekten,*
- 4. die Tatsache, alle Aspekte, die in der Genehmigungspraxis Einzelfallentscheidungen erfordern, überhaupt nicht oder höchstens nur sehr pauschal berücksichtigen zu können,*
- 5. die Notwendigkeit, deutschlandweit dieselben WEA-Typen und Planungskriterien anwenden zu müssen.*

*Ohne Anspruch auf Vollständigkeit hiernach einige Beispiele zu den 5 vorgenannten Ursachenkategorien:*

- Widerstand aus der lokalen Bevölkerung gegen geplante Vorranggebiete.*
- Aspekte des Artenschutzes windkraftsensibler Tierarten.*
- Aspekte des Denkmalschutzes.*
- Unvollständige Daten zur Waldnutzung aufgrund unterschiedlicher Waldkartierungspraktiken in den Bundesländern.*
- Unbekannte Modellfehler im verwendeten Windgeschwindigkeitsmodell.*
- Die Frage, ob die gewählten Stark- und Schwachwind Referenz-WEA im Rahmen zukünftiger Investitionsentscheidungen überhaupt repräsentativ sind.*
- Unbekannte Fehler im pauschalen Immissions-Prognoseverfahren zur Ermittlung des Mindestabstandes zu Wohnbau-, Erholungs-, Industrie- und Gewerbeflächen.*
- Vernachlässigung von Aspekten die Investitionsentscheidungen für oder gegen Windkraft beeinflussen.*
- Den Studienteilnehmern unbekanntes militärische oder zivile Nutzungsansprüche (Radaranlagen).*
- Unterschiedliche Planungspraxis der Bundesländer.*
- Flächennutzungsarten, die der Windenergienutzung entgegenstehen, die aber im Basis-DLM nicht oder nur unvollständig dokumentiert sind (z.B. Wasserschutz- und Überschwemmungsgebiete).*
- Den Studienteilnehmern unbekanntes kommunale Pläne bzgl. Vorranggebiete für Industrie-, Gewerbe- und Wohnbauflächen.*

## **Sensitivitätsanalysen**

Ebenso wie in der 1. Potenzialstudie wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um die funktionale Abhängigkeit zwischen dem Flächenpotenzial einerseits und dem Abstand zu Wohnbauflächen andererseits zu bestimmen. Wird der Abstand zu Wohnbauflächen von 600m auf 1000m vergrößert, so reduziert sich das Flächenpotenzial von 13,8% auf 5,6% der Fläche Deutschlands. Weitere Vergrößerung des Abstandes auf 1200m verursacht ein Absinken des Flächenpotenzials auf 3,4% der Fläche Deutschlands. Die Analyse bestätigt also die entsprechenden Ergebnisse der 1. Potenzialstudie.

Eine weitere Sensitivitätsanalyse beschäftigt sich mit dem Jahresertragspotenzial der Schwachwind Referenz-WEA in Abhängigkeit von den VLS. Die Studie platziert zunächst diesen WEA-Typ, ohne eine Untergrenze der VLS zu berücksichtigen. Danach nur an Orten, die eine gewisse Mindest-VLS garantieren. Diese VLS-Untergrenze wird schrittweise von 500 VLS bis auf 3500 VLS angehoben. Unterhalb von 1600 VLS

liefern Schwachwind Referenz-WEA in der Simulation des Fraunhofer IWES nur einen vernachlässigbar kleinen Beitrag zum Ertragspotenzial, während innerhalb der verfügbaren Flächen Deutschlands keine Orte existieren, an denen sie 3200 oder mehr VLS erreichen können.

Mit steigender Mindest-VLS sinkt die Anzahl der in der Bundesländergruppe Süd platzierbaren Schwachwind-WEA erwartungsgemäß sehr stark. Weniger stark sinkt sie in der Bundesländergruppe Mitte und am wenigsten in der Bundesländergruppe Nord.

Die Autoren des Studienberichtes betrachten 2200 VLS als Untergrenze für den Einsatz von Schwachwindanlagen des Referenztyps, wie ein Blick in den Abschnitt „Zusammenfassung“ auf Seite 2 des Studienberichts zeigt.

Die folgende Tabelle enthält einige Ergebnisse der Analyse, gültig für ganz Deutschland.

### Leistungs- und Jahresertragspotenzial der Schwachwind Referenz-WEA in Abhängigkeit von der Mindest-VLS

	Untergrenze Vollaststundenzahl (nur Schwachwind Referenz-WEA)				
	keine	1600	2200	2600	2800
<b>Leistungspotenzial Deutschland gesamt</b> (beide Referenz-WEA Typen zusammen)	<b>1190 GW</b>	<b>1160 GW</b>	<b>930 GW</b>	--	<b>450 GW</b>
<b>Jahresertragspotenzial Deutschland gesamt</b> (beide Referenz-WEA Typen zusammen)	<b>2900 TWh</b>	<b>2860 TWh</b>	<b>2410 TWh</b>	<b>1900 TWh</b> <sup>19)</sup>	<b>1190 TWh</b>

*Zum Vergleich: der Brutto-Inlandstromverbrauch betrug 2013 ca. 600TWh.*

**Kommentar:** Ein Vergleich der Jahreserträge für die Fälle „keine VLS-Untergrenze“ und „2800 VLS-Untergrenze“ in Abb. 13 und Tabelle 12 des Studienberichtes liefert für „keine Untergrenze“ ca. 2200 TWh als Ertragsanteil der Schwachwind-WEA und ca. 700 TWh als Ertragsanteil der Starkwind-WEA. Der Ertragsanteil der Starkwind-WEA in ganz Deutschland beträgt also nur ca. ein Viertel des Gesamtertrages aller WEA.

*Leider vermeiden die Autoren des Studienberichtes, eine Begründung für ihre Auffassung, dass 2200 VLS die Untergrenze für den Einsatz der Schwachwind Referenz-WEA repräsentieren. Ebenso wenig enthält der Bericht eine Begründung für die 7,5 m/s mittlere Jahreswindgeschwindigkeit in 140m Höhe über Grund, die im Rahmen der WEA-Platzierung als Auswahlkriterium zwischen Schwach- und Starkwind-WEA verwendet wird.*

### Schlussfolgerungen:

In diesem Abschnitt des Studienberichtes sind u.a. die folgenden Aussagen bemerkenswert:

- Es existieren ausreichend Standorte, die in Verbindung mit modernen WEA eine gleichmäßige Stromeinspeisung durch eine hohe Auslastung versprechen.
- Es stehen genügend Flächen zur Verfügung, um vorrangig konfliktfreie und kosteneffiziente Standorte zu bevorzugen.
- Falls sich der Strombedarf durch Elektromobilität und elektrischer Wärmeerzeugung in Zukunft erhöhen sollte, kann das (durch Aufstellung weiterer WEA) kompensiert werden.

**Kommentar:** Die erste Schlussfolgerung beruht auf einem offenbar unausrottbaren Wunschenken des Fraunhofer IWES, denn die gemittelt 2440 VLS für Gesamt-Deutschland mögen das Eine oder Andere garantieren, doch ganz sicher garantieren sie keine gleichmäßige Stromeinspeisung im Sinne von „nicht oder

<sup>19)</sup> Folgt aus Abbildung 13 des Studienberichtes.

*nur wenig schwankend“ und noch viel weniger im Sinne von „bedarfsgerecht“!*

*Die zweite Schlussfolgerung ist ebenfalls sehr gewagt, denn sie geht davon aus, dass die immissionsorientierte WEA-Platzierung konfliktfrei sein wird. Die betroffene Bevölkerung wird diese Meinung höchstwahrscheinlich nicht teilen.*

*Auch die dritte Schlussfolgerung ist eine völlig unbewiesene Behauptung. Sie wird den Autoren des Studienberichtes durch die Hoffnung eingegeben, dass trotz der vielen Lücken, Unbekannten, Unwägbarkeiten und Vernachlässigungen in den benutzten Daten und Randbedingungen genügend Flächenpotenzial für den langfristigen Windkraftausbau übrig bleibt.*

## **Vergleich der wichtigsten Ergebnisse der 1. und der 2. Potenzialstudie**

*In untenstehender Tabelle sind die wichtigsten Ergebnisse beider Studien zusammengefasst (siehe auch nächste Seite). Um einen direkten Vergleich zu ermöglichen, hat Unterzeichner die bundesland-bezogenen Ergebnisse der 1. Studie in bundesländergruppenbezogene Ergebnisse umgerechnet. Die Bundesländergruppen setzen sich wie folgt zusammen:*

**Nord:** Berlin, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein.

**Mitte:** Hessen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Sachsen, Thüringen.

**Süd:** Baden-Württemberg, Bayern, Saarland

<b>Bundesländergruppe</b>	<b>Ergebnisse für ‚alle nutzbare Flächen‘</b>	<b>1. Potenzialstudie (2011)</b>	<b>2. Potenzialstudie (2013)</b>
<b>Nord</b>	<b>Flächenpotenzial in km<sup>2</sup> und in Prozent der Ländergruppenfläche</b>	34.867 km <sup>2</sup> (25%)	22.851 km <sup>2</sup> (16,4%)
	<b>Leistungspotenzial</b>	760 GW	526 GW
	<b>Jahresertragspotenzial</b>	1616 TWh	1379 TWh
	<b>Vollaststunden</b>	2126	2621
<b>Mitte</b>	<b>Flächenpotenzial in km<sup>2</sup> und in Prozent der Ländergruppenfläche</b>	19.968 km <sup>2</sup> (18,2%)	11.200 km <sup>2</sup> (10,2%)
	<b>Leistungspotenzial</b>	419 GW	287 GW
	<b>Jahresertragspotenzial</b>	829 TWh	728 TWh
	<b>Vollaststunden</b>	1980	2540
	<b>Durchschnittl. Anteil am Flächenpotenzial Bei Nennleistung</b>	14,3 ha pro WEA 3 MW	12,5 ha pro WEA 3,2 MW <sup>20)</sup>

<sup>20)</sup> Gemäß den Windpotenzialkarten des TÜV-Süd gibt es in Hessen nur wenige Orte an denen 7,5 m/s in 140 m Höhe erreicht oder überschritten werden. Der vorliegende Kommentar geht deshalb davon aus, dass in Hessen der Anteil der Starkwind Referenz-WEA am Leistungspotenzial vernachlässigbar ist.

<b>Süd</b>	<b>Flächenpotenzial in km<sup>2</sup> und in Prozent der Ländergruppenfläche</b>	25.115 km <sup>2</sup> (23,1%)	15.310 km <sup>2</sup> (14,1%)
	<b>Leistungspotenzial</b>	481 GW	375 GW
	<b>Jahresertragspotenzial</b>	939 TWh	791 TWh
	<b>Vollaststunden</b>	1950	2108
<b>Deutschland gesamt</b>	<b>Flächenpotenzial in km<sup>2</sup> und in Prozent der Fläche Deutschlands</b>	79.950 km <sup>2</sup> (22,3%)	49.361 km <sup>2</sup> (13,8%)
	<b>Leistungspotenzial</b>	1660 GW	1188 GW
	<b>Jahresertragspotenzial</b>	3383 TWh	2898 TWh
	<b>Vollaststunden</b>	2038	2440
	<b>Durchschnittl. Anteil am Flächenpotenzial bei Nennleistung</b>	14,5 ha pro WEA 3 MW	13,5 ha pro WEA 3,25 MW <sup>21)</sup>

Verglichen mit der 1. Potenzialstudie ist das Flächenpotenzial der 2. Studie dramatisch kleiner geworden. Für Gesamt-Deutschland ist es auf 62% der Flächen der 1. Studie zurückgegangen. Dieser Rückgang ist umso erstaunlicher als die 2. Potenzialstudie den immissionsbasierten Mindestabstand anwendet, den die Studie im Falle von Wohnbauflächen zu 600m annimmt und der damit wesentlich kleiner ist als der 1000m Mindestabstand der 1. Studie. Gemäß den Sensitivitätsanalysen beider Studien hätte sich dadurch das Flächenpotenzial Deutschlands eigentlich auf etwa das Doppelte vergrößern müssen. Da die 1. Potenzialstudie in der 2. Studie aber mit keinem Wort erwähnt wird, enthält die 2. Studie auch keine Erklärung für die beachtliche Verkleinerung des Flächenpotenzials. Die Ursachen können u.a. liegen in:

- Puffer um Einzelgehöfte, Forsthäuser, alleinstehende Wohnhäuser im Außenbereich (in der 1. Potenzialstudie noch nicht berücksichtigt).
- Ausschluss von Flächen wegen zu großer Hangneigung.
- Größere Puffer um Dörfer und Weiler (sie sind in der 1. Potenzialstudie zu klein, da im DLM-250 Dörfer und Weiler zum Teil nur als geometrische Punkte dargestellt werden).
- Größere Puffer um Flughäfen und Flugplätze.
- Eventuell größerer Flächenanteil von Schutzgebieten.

Der Leser beachte, dass das Leistungspotenzial Deutschlands auf 72% und das Jahresertragspotenzial nur auf 86% gesunken ist. Die VLS sind gegenüber der 1. Potenzialstudie gestiegen – in Gesamt-Deutschland um 20%, in der Bundesländergruppe Süd um 8%, in Nord um 23% und in Mitte sogar um 28%. Der Grund für diese ungleichmäßige VLS-Erhöhung bleibt im Dunkeln.

In der Bundesländergruppe Mitte ist der mittlere Anteil am Flächenpotential pro WEA im Vergleich zur 1. Potenzialstudie von 14,3 ha/WEA auf 12,5 ha/WEA gesunken. Auch für Gesamt-Deutschland ist dieselbe Tendenz feststellbar. D.h. die WEA scheinen in der 2. Studie im Mittel dichter beieinander zu stehen. Möglicherweise verursacht das feinere Flächenraster der 2. Studie diesen Effekt. Es beträgt 25m x 25m, in der 1. Studie dagegen 100m x 100m. Andererseits verwendet die 1. Studie zwei WEA-Mindestabstände (400m für Starkwind-WEA und 460m für Schwachwind-WEA), die 2. Studie aber nur den 456m WEA-

<sup>21)</sup> Gemittelte Nennleistung bei einem von Unterzeichner angenommenen Verhältnis von einem Viertel Starkwind Referenz-WEA und drei Vierteln Schwachwind Referenz-WEA in Gesamt-Deutschland.

*Mindestabstand, also den größeren der beiden. Das sorgt dafür, dass in der 2. Studie die Starkwind-WEA weiter auseinanderstehen als notwendig. Eindeutige Gründe für den geringeren mittleren Flächenanteil pro WEA an ‚allen nutzbaren Fläche‘ sind also nicht erkennbar.*

*Welches Leistungs- und Jahresertragspotenzial kann aufgrund der 2. Potenzialstudie für Hessen auf 422,3 km<sup>2</sup> ‚aller nutzbaren Flächen‘ erwartet werden? Um diese beiden Größen abzuschätzen, muss man von der Voraussetzung ausgehen, dass sowohl die prozentuale Verringerung des mittleren Flächenanteils pro WEA als auch die prozentuale Vergrößerung der VLS der Bundesländergruppe Mitte näherungsweise auch für die einzelnen Länder dieser Bundesländergruppe gilt. Für Hessen bedeutet das:*

- die mittlere VLS steigt von 1965 auf 2492;
- der mittlere Anteil am Flächenpotenzial sinkt von 16,8 ha/WEA auf 14,7 ha/WEA.

*Damit und mit den 3,2 MW Nennleistung der Schwachwind Referenz-WEA erhält man ein Leistungspotenzial von:*

$$(422,3 \text{ km}^2 * 100\text{ha}/\text{km}^2 * 3,2 \text{ MW}) / 14,7 \text{ ha}/\text{WEA} = 9,2 \text{ GW}$$

*Zusammen mit 2492 VLS ergibt das ein Jahresertragspotenzial von 22,9 TWh. Also immer noch erheblich unterhalb den bekannten 14 GW und 28 TWh.*

## **Gesamtkommentar zum Studienbericht der 2. Potenzialstudie**

*Die Studie soll das technisch-ökologische Potenzial der Windenergie an Land ermitteln. Sie unterscheidet sich darin nicht von der 1. Potenzialstudie, obwohl dort die Fragestellung des BWE weniger spezifisch formuliert ist. Anders als der BWE hegt das UBA jedoch keine quantitative Erwartung bzgl. des Flächenpotenzials.*

*Im Gegensatz zur 1. Potenzialstudie und ohne ersichtlichen Grund präsentiert die 2. Studie ihre Ergebnisdaten nicht per Bundesland sondern für die drei Bundesländergruppen Nord, Mitte und Süd. Und dies obwohl die Studie das Flächenpotenzial per Bundesland berechnet! Ein Grund für diese Abweichung von der 1. Potenzialstudie wird nicht genannt. Der Vergleich der Ergebnisse beider Studien pro Bundesland wird dadurch unmöglich gemacht, wodurch der Studienbericht erheblich an Wert verliert.*

*Statt der 5 Flächenkategorien der 1. Potenzialstudie bedient sich die 2. Studie nur noch der beiden Kategorien ‚nicht nutzbare Flächen‘ und ‚nutzbare Flächen‘.*

*Mit Bezug auf die Methode und die Datenbasis lassen sich folgende Unterschiede zur 1. Potenzialstudie feststellen:*

- Ein digitales Landschaftsmodell mit mehr Details.
- Ein anderes Auswahlkriterium bzgl. der Wahl zwischen Stark- und Schwachwind Referenz-WEA im Rahmen der WEA-Platzierung.
- Ein anderes Windgeschwindigkeitsmodell.
- Andere Referenz-WEA mit 6,7% bzw. 13% höherer Nennleistung.
- Nur einen einzigen Mindestabstand von 456m zwischen den Referenz-WEA (in der 1. Studie 400m und 460m).
- An die Stelle fester Mindestabstände zu Wohnbau-, Erholungs-, Industrie- und Gewerbeflächen treten Mindestabstände, die auf pauschalen Immissionsprognosen beruhen. Damit ergeben sich u.a. 600m als Mindestabstand zu Wohnbauflächen anstelle der 1000m in der 1. Potenzialstudie. WEA im Abstandsbereich zwischen 600m und 1400m zu Wohnbauflächen werden zwischen 22 Uhr und 6 Uhr im lärmreduzierten Modus betrieben.

*Bzgl. des immissionsbasierten Mindestabstandes sei darauf hingewiesen, dass die inländische WEA-Lärmwirkungsforschung in Deutschland noch wenig entwickelt ist. Dies gilt sowohl für den hörbaren als auch für den niederfrequenten, nicht hörbaren Schall (Infraschall). Ob und in welchem Umfang vom WEA-*

*Schall Gesundheitsgefahren ausgehen, kann deshalb noch nicht sicher beurteilt werden. Die TA-Lärm von 1998 berücksichtigt diese möglichen Gesundheitsgefahren jedenfalls nicht. Insbesondere misst das in der Studie verwendete sog. Alternative Verfahren gemäß DIN-ISO 9613-2 nicht den Infraschallanteil des WEA-Lärms.*

*Verglichen mit der 1. Potenzialstudie ist die Gesamtgröße ‚aller nutzbaren Flächen‘ Deutschlands dramatisch gesunken, und zwar auf 62% ‚aller nutzbaren Flächen‘ der 1. Studie. Gemäß den Sensitivitätsanalysen beider Studien hätte sich aber, wegen des in der 2. Studie angewendeten immissionsbasierten Mindestabstandes, das Flächenpotenzial auf etwa das Doppelte vergrößern müssen. Dieses überraschende Ergebnis legt die Vermutung nahe, dass das Flächenpotenzial noch einmal zusätzlich halbiert worden wäre, wenn die 2. Studie die festen Mindestabstände der 1. Studie übernommen hätte. D.h. das Flächenpotenzial wäre auf etwa ein Drittel ‚aller nutzbaren Flächen‘, so wie in der 1. Studie ermittelt, abgesunken.*

*Notwendige methodischen Vereinfachungen sowie unbekanntes, unvollständiges und nicht sicher abschätzbare Daten und Randbedingungen stehen der genauen Ermittlung des technisch-ökologischen Flächenpotenzials im Wege. Nach Auffassung der Autoren des Studienberichtes ist das wirkliche technisch-ökologische Potenzial erheblich kleiner als das errechnete. Noch erheblich geringer ist das wirklich verfügbare Potenzial Deutschlands. Wie in der 1. Potenzialstudie, bleibt die Frage nach den Fehlergrenzen bzw. Unsicherheiten der ermittelten Potenziale unbeantwortet. Ob als wirklich verfügbares Flächenpotenzial drei Viertel, die Hälfte oder nur ein Zehntel des berechneten Flächenpotenzials erwartet werden kann, erfährt der Leser nicht.*

*Da die 2. Potenzialstudie keine Daten für die einzelnen Bundesländer enthält, kann das Leistungs- und Jahresertragspotenzial für Hessen nicht direkt berechnet werden. Eine indirekte Berechnung ist jedoch auf Basis der prozentualen Unterschiede zwischen den Ergebnissen der beiden Studien möglich. Für Hessen folgt daraus ein mittlerer Anteil von 14,7 ha/WEA am Flächenpotenzial ‚aller nutzbaren Flächen‘ und 2492 VLS, was zusammen mit 3,2 MW Nennleistung der Schwachwind Referenz-WEA <sup>22)</sup> ein Leistungspotenzial von 9,2 GW und ein Jahresertragspotenzial von 22,9 TWh auf 2% der Landesfläche ergibt. Also immer noch erheblich unterhalb der von der Landesregierung erhofften 14 GW und 28 TWh.*

*Gemäß Studienbericht ermöglicht das verwendete COSMO-DE Modell „... die vergleichsweise genaue Darstellung der Windgeschwindigkeit in Nabenhöhen von mehr als 100m“. Möglicherweise soll dieser Satz dem Leser einen Eindruck von der Genauigkeit des Modells vermitteln, denn merkwürdigerweise enthält der Studienbericht weder Angaben zur relativen Genauigkeit (...vergleichsweise genaue Darstellung...) noch zur absoluten Genauigkeit des COSMO-DE Modells. Es drängt sich der Verdacht auf, dass das Fraunhofer IWES zwar von Simulationsdaten des COSMO-DE Modells Gebrauch gemacht hat, aber keinerlei Kenntnisse mit Bezug auf dessen Stärken und Schwächen, insbesondere mit Bezug auf dessen Genauigkeit besaß.*

*Der Studienbericht gibt auch keinerlei Aufschluss über die Gründe für die auffällig stark angestiegenen VLS in der Bundesländergruppe Mitte. Er begnügt sich lediglich mit einer Warnung vor überzogenen Erwartungen – sie fällt, im Vergleich zu der 1. Potenzialstudie, noch erheblich deutlicher aus. Vor diesem Hintergrund stellt sich allerdings auch die Frage nach dem Nutzen der 2. Potenzialstudie. Offenbar ist die Studie hauptsächlich dem Bestreben des BUA entsprungen, den Mindestabstand zwischen WEA und Wohnbebauung auf das Geringstmögliche zu verringern, um das größtmögliche Flächenpotenzial zu erzielen. Dem BUA scheint dabei entgangen zu sein, dass ein Flächenpotenzial ohne Angabe der damit verbundenen Fehlergrenzen grundsätzlich wertlos ist. Dasselbe gilt für das Nennleistungs- und das Jahresertragspotenzial.*

---

<sup>22)</sup> Der vorliegende Kommentar geht davon aus, dass in Hessen der Anteil der Starkwind Referenz-WEA am Leistungspotenzial vernachlässigbar ist (siehe auch Fußnote 20).

*Leider vermeiden die Autoren des Studienberichtes, eine Begründung für ihre Auffassung, dass 2200 VLS die Untergrenze für den Einsatz der Schwachwind Referenz-WEA repräsentieren. Ebenso wenig enthält der Bericht eine Begründung für die 7,5 m/s mittlere Jahreswindgeschwindigkeit in 140m Höhe über Grund, die im Rahmen der WEA-Platzierung als Auswahlkriterium zwischen Schwach- und Starkwind-WEA verwendet wird.*

*Zu den Merkwürdigkeiten der Studie gehört die Tatsache, dass sie einerseits fehlende Akzeptanz der lokalen Bevölkerung als eine der Unwägbarkeiten im Rahmen der Potenzialbestimmung betrachtet, sich aber andererseits nicht scheut, das Prinzip des immissionsbasierten Mindestabstandes zu Wohnbauflächen einzuführen, obwohl dadurch in der Praxis die Akzeptanz noch weiter abnehmen wird.*

*Besonders bemerkenswert im Abschnitt „Schlussfolgerungen“ des Studienberichtes ist die Behauptung, in Deutschland seien ausreichend Standorte für WEA vorhanden, die in Verbindung mit den Referenz-WEA Typen eine gleichmäßige Stromerzeugung durch hohe Auslastung versprechen. Diese Ansicht beruht auf einem offensichtlich unausrottbaren Wunschdenken des Fraunhofer IWES und zeugt von dessen bestürzend geringer Einsicht in die statistischen Eigenschaften der Energieerzeugung mittels WEA. Die gemittelt 2440 VLS der 2. Potenzialstudie mögen das Eine oder Andere garantieren, doch ganz sicher garantieren sie keine gleichmäßige Energieerzeugung im Sinne von „nicht oder nur wenig schwankend“ und noch viel weniger eine Energieerzeugung im Sinne von „bedarfsgerecht“!*

## Glossar

### **Basis-DLM (Digitales Basis-Landschaftsmodell)**

Das Basis-DLM (früher unter dem Namen DLM25 bekannt) ist das digitale Landschaftsmodell mit dem höchsten Detailgrad. Es ist zweidimensional und deckt die gesamte Landesfläche Deutschlands lückenlos ab. In ihm wird die Landschaft systematisch nach Objektarten und zugehörigen beschreibenden Informationen strukturiert. D.h. der Grunddatenbestand umfasst Objektarten und deren wichtigste Attribute, wie z. B.:

- Sämtliche Straßen, Wege, Eisenbahnen, Gewässer und Grenzen.
- Die flächenhaften Landschaftsteile entsprechend ihrer Landnutzung, z.B. Wohnbau-, Industrie-, Gewerbeflächen, land- und forstwirtschaftliche Flächen, Gewässerflächen, Gemeindegebiete.

Der Informationsumfang des Basis-DLM entspricht etwa dem einer Karte im Masstab 1: 25.000. Die Landesvermessungsämter der Bundesländer betreuen nur den Teil des Basis-DLM, der innerhalb der Grenzen des betreffenden Bundeslandes liegt.

### **CORINE Landcover (CORINE = Coordination of Information on the Environment)**

Für dieses Programm werden digitale Satellitenbilder von Mitgliedstaaten der Europäischen Union im Maßstab 1:100.000 einheitlich erfasst und hinsichtlich der Flächennutzung ausgewertet. Die Ersterfassung im Jahre 1990 erfolgte einheitlich nach 44 Landnutzungsklassen, von denen 37 Klassen in Deutschland relevant sind.

### **COSMO-DE Simulationsmodell**

Das Consortium for Small-scale Modeling (COSMO) ist eine Kooperation mehrerer nationaler Wetterdienste in Europa und wurde im Oktober 1998 gegründet. Die Hauptaufgabe des Konsortiums bestand (und besteht noch immer) in der Entwicklung, Verbesserung und Pflege eines Simulationsmodells, das die hydrothermodynamischen Vorgänge in einem begrenzten Ausschnitt der Atmosphäre beschreibt. Das Modell wird von den Mitgliedern des Konsortiums sowohl für tägliche Wettervorhersagen als auch für Forschungsaufgaben angewendet. Im Rahmen einer Lizenzvereinbarung ist es auch zugänglich für nationale Universitäten und Forschungsinstitute.

Das Simulationsmodell beruht auf den Eulerschen Gleichungen der Hydro-Thermodynamik in max. 50 Höhengschichten und 421 x 461 horizontalen Gitterpunkten (total also 9,7 Millionen Gitterpunkte). Die niedrigste Höhengschicht liegt 10m über Grund. Die horizontale Gitterweite, d.h. der Abstand zwischen benachbarten horizontalen Gitterpunkten in jeder der 50 Höhengschichten, beträgt 2,8 km x 2,8 km. Die 421 x 461 horizontalen Gitterpunkte decken Deutschland, Österreich und die Schweiz vollständig und die anderen Nachbarländer Deutschlands teilweise ab. COSMO-DE berechnet als Funktionen der Zeit u.a. die atmosphärischen Zustandsgrößen:

- Windgeschwindigkeit (horizontale und vertikale Komponenten),
- Temperatur,
- Luftdichte,
- Luftdruck
- Feuchte.

Der DWD führt mit COSMO-DE alle 3 Stunden eine 15-stündige Wettervorhersage im Zeitraum von T – 3 Std. bis T + 15 Std. durch, wobei T der Zeitpunkt ist, an dem die Berechnung einer neuen Vorhersage durchgeführt wird. Dabei fließen Messungen von Wind, Druck, Temperatur und Feuchte, die in den zurückliegenden 3 Stunden mittels ortsfesten, fahrenden und fliegenden Sensoren getätigt wurden, in die Berechnung ein.

## **DGM25 (Digitales Geländemodell 25)**

Das Digitale Geländemodell DGM25 beschreibt die Geländeformen der Erdoberfläche mit Hilfe von in einem regelmäßigen horizontalen Gitter angeordneten Punkten. Der horizontale Abstand der Punkte, die sogenannte Gitterweite, beträgt 25 m. Das DGM25 wurde durch Digitalisierung von Höhenlinien (10m-, 5m-, 2,5m- und 1,25m-Isolinien), von markanten Höhenpunkten, von Uferlinien und Böschungen sowie durch photogrammetrische Stereoauswertung von Luftbildern des Maßstabs 1 : 12 500 erstellt.

## **DLM250 (Digitales Landschaftsmodell 250)**

Das DLM250 ist Bestandteil des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS). DLM250 ist auf die Oberfläche Deutschlands beschränkt. Es beschreibt in Vektorform topographische Objekte der Landschaft, z.B. Straßen, Wege, Eisenbahnen, Gewässer, Siedlungen, Vegetation, Verwaltungsgrenzen.

Die Objekte werden einer bestimmten Objektart zugeordnet und durch ihre räumliche Lage, ihren geometrischen Typ und beschreibende Attribute definiert. Der Informationsumfang des DLM250 entspricht etwa dem Informationsumfang einer Karte im Maßstab 1: 250.000.

## **Re-Analyse**

Der Begriff "Re-Analyse" leitet sich von den numerischen Analysen im Rahmen der Wetterprognosen ab. Bei der Re-Analyse werden Wetter-Beobachtungsdaten aus der Vergangenheit, die über einen langen Zeitraum gewonnen wurden, mit Hilfe eines numerischen Simulationsmodells der Atmosphäre zurückgerechnet und auf ein dreidimensionales Gitter interpoliert. Die Beobachtungsdaten stammen von Wetterstationen, Schiffen, Flugzeugen, Radiosonden und Satelliten. Die Re-Analyse analysiert, korrigiert und bewertet diese meteorologischen Messungen aus der Vergangenheit, berücksichtigt Messfehler und schließt Datenlücken. Das Ergebnis ist ein Datensatz mit angemessener räumlicher und zeitlicher Auflösung, der sich zum Beispiel für die Langzeitkalibrierung kurzzeitiger Windmessungen oder Wind-Simulationen eignet.

## Anhang A: Leistungscharakteristiken Referenz-WEA

Die Daten in untenstehender Tabelle wurden anhand von Abb. 5 des Studienberichts ermittelt.

Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe [m/s]	Ausgangsleistung [MW] Schwachwind-WEA	Ausgangsleistung [MW] Starkwind-WEA
0	0	0
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0,092	0,092
5	0,33	0,24
6	0,62	0,46
7	1,04	0,73
8	1,57	1,13
9	2,12	1,61
10	2,6	2,16
11	2,93	2,63
12	2,98	2,89
13	3	2,98
14	3	3
15 bis 25	3	3

## Anhang B: Windkartenerstellung - DWD Windkarten Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (ohne Datum)

Um die mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über Grund in Abhängigkeit von den verschiedenen Einflussgrößen in einem größeren Maßstab darstellen zu können, wird beim Deutschen Wetterdienst das Statistische Windfeldmodell (SWM) eingesetzt. Dieses Modell ist ein Regressionsmodell, das die Windgeschwindigkeiten als eine Funktion von bekannten Parametern (z. B. der Höhe über Meeresspiegel, der geographischen Lage, der Geländeform und der Bodenrauigkeit) darstellt.

Da das Jahresmittel der Windgeschwindigkeit neben der Höhenlage auch von großräumigen Lageparametern wie der geographischen Breite und der geographischen Länge abhängig ist, wurden die Daten von insgesamt 218 Windmessstationen des Deutschen Wetterdienstes bei der statistischen Untersuchung herangezogen. Diese Stationen unterscheiden sich bezüglich der Landnutzung in der näheren Stationsumgebung beträchtlich voneinander: Einige Windmessstationen liegen im Innenstadtbereich mit meist hoher Bebauungsdichte. Die meisten verwendeten Stationen liegen jedoch entweder in Stadtrandlagen und sind somit repräsentativ für die Windverhältnisse im siedlungsnahen Bereich oder sie befinden sich in meist völlig freier, ungestörter Lage (Flughafenstationen). Neben den o.a. großräumigen (regionalen) Abhängigkeiten, können daher auch lokale Effekte wie Bebauungsdichte/ Bewaldungsdichte berücksichtigt und statistisch erfasst werden.

Nur wenige Stationen spiegeln den Einfluss von topographischen Formen (z.B. Tal- oder Kuppenlagen) wieder. Da die Gestalt der Erdoberfläche jedoch einen starken Einfluss auf das Windfeld ausübt, wurden

zusätzlich noch 30 temporäre Windmessstationen in die Untersuchung mit einbezogen um die Wirkung von topographischen Formen auf die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit quantitativ zu erfassen. Die statistischen Auswertungen beziehen sich auf den langjährigen Zeitraum 1981 bis 2000 und eine Messhöhe von 10 m über Grund. Stationen mit geringerer Messdauer (z.B. Temporärstationen) wurden mit Hilfe einer geeigneten Bezugsstation auf diesen Zeitraum hochgerechnet.

Mit diesen Windgeschwindigkeitsdaten wurde eine nichtlineare, multiple Regression durchgeführt. Auf eine ausführliche Diskussion der einzelnen Einflussparameter auf das Windfeld in 10 m Höhe über Grund wird an dieser Stelle verzichtet. Der interessierte Leser sei auf (GERTH und CHRISTOFFER, 1994) verwiesen, wo neben einer detaillierten Beschreibung der Ergebnisse auch farbige Karten in unterschiedlichen Maßstäben veröffentlicht sind. Stattdessen sind nachfolgend kurz die jeweiligen Abhängigkeiten aufgeführt:

- allgemein gesehen nimmt die Windgeschwindigkeit mit der Höhe zu. In Höhenlagen bis 500 m über NN ist diese Zunahme der Windgeschwindigkeit jedoch gering. Oberhalb 500 m ü. NN wird die Höhenabhängigkeit ausgeprägter.
- die Abhängigkeit von der geographischen Lage ergibt eine Abnahme des Windes nach Süden und Osten hin.
- der Hindernisanteil (= prozentualer Anteil an bebauten oder bewaldeten Flächen) im Umkreis von 500 m um die Station führt zu starken Änderungen der Windgeschwindigkeit auf engstem Raum und überdeckt in der Regel den Einfluss von Geländehöhe und geographischer Lage.
- topographische Formen (parametrisiert über die mittlere prozentuale Geländesteigung in den 8 Hauptwindrichtungen) bewirken eine (mehr oder weniger ausgeprägte) Verringerung des Jahresmittels der Windgeschwindigkeit in Tal- oder Muldenlagen und eine Überhöhung über Kuppen- bzw. Kammlagen.

Unter Berücksichtigung aller hier beschriebenen Einflussgrößen erhält man folgende Gütemaße zwischen den gemessenen mittleren Windgeschwindigkeiten und den mit der Regressionsgleichung berechneten Werten: Der Korrelationskoeffizient ist mit 0,993 sehr hoch; die Streuung beträgt 0,14 m/s. Die lokalen Effekte der Reduktion oder Überhöhung aufgrund unterschiedlicher topographischer Formen und Landnutzungen sind auf der Grundlage des vorliegenden Datenmaterials als statistisch hoch signifikant einzustufen. Eine gesonderte Untersuchung zeigte, dass bereits 150 Stationen ausreichen, um die o.a. Genauigkeit zu erzielen. Des Weiteren wurde die Regressionsgleichung auch auf einige Stationen angewandt, die nicht zu den verwendeten Untersuchungsstationen gehören. Auch diese Kontrollrechnungen zeigen gute Übereinstimmungen im Rahmen der o.a. Werte.

Siehe: [www2.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/abt5/klimaatlas\\_bw/wind/erstellung](http://www2.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/abt5/klimaatlas_bw/wind/erstellung)

**Kommentar:** Die  $\pm 0.14$  m/s Streuung bieten im praktischen Gebrauch keine große Hilfe, denn sie bezieht sich ausschließlich auf die 218 geographischen Orte der DWD-Wetterstationen und der 30 temporären Windmessstationen. An Orten zwischen DWD-Wetterstationen muss mit erheblich größeren Abweichungen gerechnet werden, insbesondere in kleinräumig-bergigen Geländen mit stark zergliederter Landnutzung.

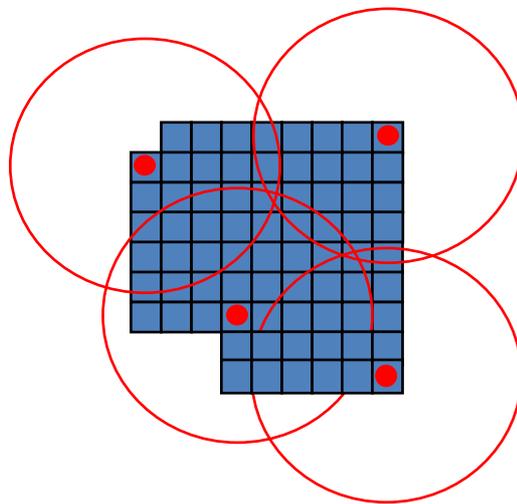
## Anhang C: Beispiel für WEA-Flächenanteile bei stark fragmentierten nutzbaren Flächen

Der Effekt stark fragmentierter nutzbarer (und gleichzeitig windhöffiger) Flächen lässt sich mittels des folgenden Gedankenexperimentes verdeutlichen. Wären alle hessischen Vorranggebiete 100 ha groß und betrüge der Flächenanteil pro WEA 20 ha, dann erhielte man auf 2% der hessischen Landesfläche 42.200 ha / 100 ha = 422 Vorranggebiete mit je 5 WEA - also total 2110 WEA in ganz Hessen.

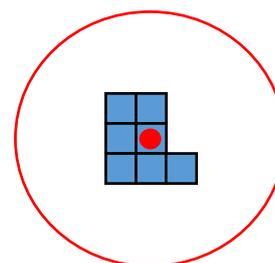
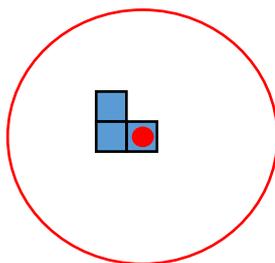
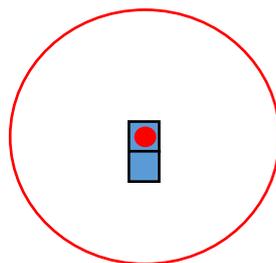
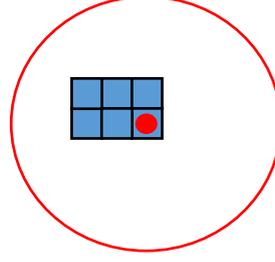
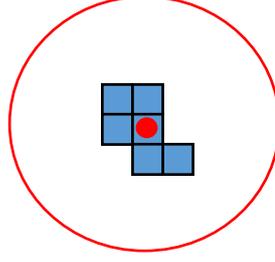
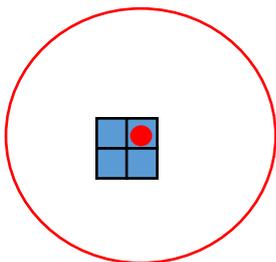
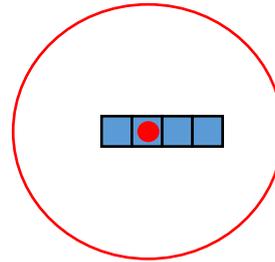
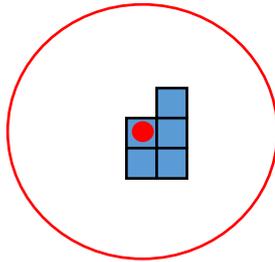
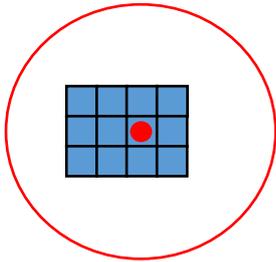
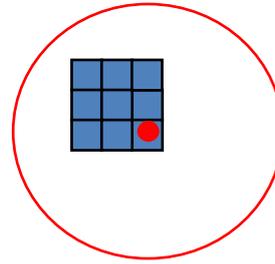
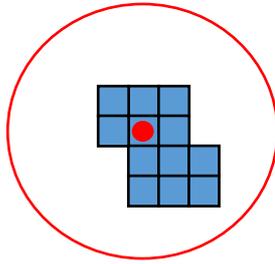
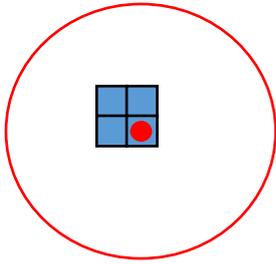
Wäre dagegen die Fragmentierung der nutzbaren (und gleichzeitig windhöffigen) hessischen Flächen dermaßen stark, dass lediglich Vorranggebiete mit 5 ha zur Verfügung stünden und lägen alle diese Mini-Vorranggebiete mehr als 4 WEA-Rotordurchmesser auseinander, dann betrüge der Flächenanteil pro WEA nur 5 ha. Auf 2% der hessischen Landesfläche gäbe es dann 42.200 ha / 5 ha = 8440 Vorranggebiete mit je 1 WEA – also total 8440 WEA in ganz Hessen. D.h. je stärker die Fragmentierung der nutzbaren Flächen ist, desto mehr WEA lassen sich auf 2% der Landesfläche unterbringen.

Wem dieses Gedankenexperiment zu abstrakt ist, der betrachte die untenstehende Skizze und die Skizze auf der folgenden Seite. Darin stellen die blauen Flächen windhöffige Flächen innerhalb der ‚nutzbaren Flächen‘ dar. Alle windhöffigen Flächen sind aus Flächenelementen von 100m x 100m = 1 ha zusammengesetzt. Die roten Punkte kennzeichnen die Standorte der WEA, während die Kreise den Mindestabstand zwischen benachbarten WEA-Standorten markieren. Als Mindestabstand zwischen benachbarten WEA gilt: 4 x Rotordurchmesser = 460 m in allen Richtungen (d.h. es werden hier nur Schwachwind Referenz-WEA betrachtet).

Die erste Skizze zeigt, dass auf der dargestellten 74 ha großen, zusammenhängenden Fläche nur 4 WEA platziert werden können.



In der Skizze auf der folgenden Seite wurden die 74 ha in 12 Einzelflächen mit einer Größe zwischen 2 und 12 ha zerlegt. Auf jeder dieser Einzelflächen kann nur eine WEA platziert werden. Der Abstand zwischen den Einzelflächen ist größer als 460m. D.h. auf den 74 ha lassen sich nun 12 WEA unterbringen, also dreimal mehr als auf der zusammenhängenden 74 ha großen Fläche. Das Beispiel zeigt, dass mit zunehmender Fragmentierung der Flächen die Anzahl der platzierbaren WEA zunimmt.



## Anhang D: Ausschnitt aus Seite 73 des Studienberichtes (Langfassung)

**TABELLE 18:**  
Leistungen und Erträge  
in Hessen und Dtl. für alle  
nutzbaren Flächen bzw.  
für 2 % der Gesamtfläche

	Hessen		Deutschland	
	Alle nutzbaren Flächen	2 % der Gesamtfläche	Alle nutzbaren Flächen	2 % der Gesamtfläche
Installierte Leistung	77 GW	14 GW	1.581 GW	189 GW
Ertrag	151 TWh/a	28 TWh/a	3.274 TWh/a	390 TWh/a

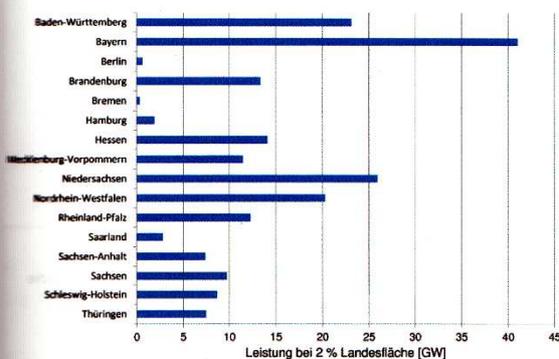


ABB. 86: Leistungen bei Nutzung von 2 % der Landesflächen

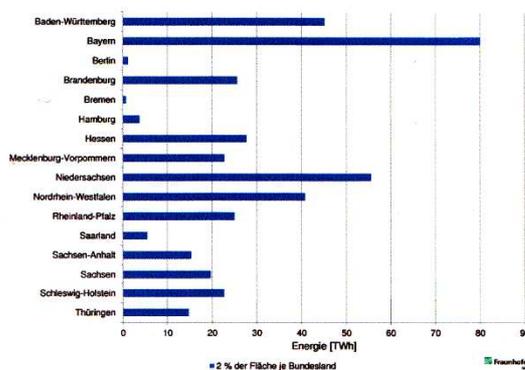


ABB. 87: Erträge bei Nutzung von 2 % der Landesflächen

Die wesentlichen Ergebnisse der Studie für Hessen sind:

- Insgesamt kann das 2%-Ziel als realistisch angesehen werden.
- In Hessen stehen auf Basis der Geodaten 3,4 % der Landesfläche außerhalb von Wäldern und Schutzgebieten für die Windenergienutzung zur Verfügung.
- Unter Einbeziehung von Wäldern und zusätzlich Schutzgebieten ergeben sich 10,4 % bzw. 20,4 % nutzbare Fläche.
- Bei Nutzung von 2 % der Fläche Hessens könnten 14 GW Leistung installiert werden.
- Im Mittel können in Hessen 1.965 Volllaststunden erreicht werden.
- Daraus errechnet sich ein potenzieller Energieertrag in Höhe von 28 TWh/a.
- Das entspricht 63,2 % des Bruttostromverbrauchs von 44,3 TWh in Hessen im Jahr 2008.

Tabelle 18 ist fehlerhaft. Sie enthält in den Spalten „2% der Gesamtfläche“ verkehrte Zahlenwerte (siehe rote Markierungen). Diese gelten nicht für ‚alle nutzbaren Flächen‘ sondern für ‚nutzbaren Flächen ohne Restriktionen‘, d.h. für nutzbare Flächen außerhalb von Wald-, Natur- und Landschaftsschutzgebieten. Die korrekten Zahlenwerte für ‚alle nutzbaren Flächen‘ sind 7,5 GW und 14,8 TWh (Hessen) sowie 141,3 GW und 292,7 TWh (Deutschland).

Auch im zusammenfassenden Text unter ABB. 86 sind an den rot unterstrichenen Stellen Korrekturen notwendig. Richtig muss es heißen:

- Bei Nutzung von 2% der Fläche Hessens könnten 7,5 GW Leistung installiert werden.
- Daraus errechnet sich ein potenzieller Energieertrag in Höhe von 14,8 TWh.
- Das entspricht 33,4% des Bruttostromverbrauchs von 44,3 TWh in Hessen im Jahr 2008.

Analoge Korrekturen sind auch in den Steckbriefen der anderen Bundesländer angebracht – d.h. in den anderen Tabellen und Texten im Abschnitt 8 der Langfassung des Studienberichtes.

## Anhang E: Schallimmissionsprognose – Alternatives Verfahren

Die TA-Lärm definiert zwei Arten der Schallimmissionsprognose:

- die detaillierte frequenzselektive Prognose nach Abschnitt A.2.3 der TA Lärm;
- die überschlägige Prognose nach Abschnitt A.2.4. der TA Lärm.

Die überschlägige Prognose vernachlässigt die Schalldämpfung der Luft und führt am Empfangsort zu einem gegenüber der Wirklichkeit stark überhöhten Schallpegel. Aus diesem Grunde wird sie von Windkraftplanern in der Regel nicht angewendet.

Die detaillierte frequenzselektive Prognose kann ihrerseits auf zwei verschiedenen Arten durchgeführt werden:

- Durch Rechnung mit Oktavpegeln mit Mittenfrequenzen von 63Hz bis 4000 Hz gemäß DIN-ISO 9613-3
- Durch Rechnung mit A-bewerteten Einzahlkenngrößen nach Abschnitt 1 der DIN-ISO 9613-2 (sog. Alternatives Verfahren)

Dabei sind die in der DIN-ISO 9613-2 genannten Voraussetzungen zur Anwendbarkeit der frequenzselektiven Prognosemodelle zu beachten:

- Die frequenzselektive Rechnung soll nur zur Prognose der Schallausbreitung über annähernd flachem Boden eingesetzt werden.
- Die Berechnung mit A-bewerteten Einzahlkenngrößen ist unzulässig, wenn der Schall ein reiner Ton ist oder wenn die Schallausbreitung über überwiegend akustisch schallhartem Boden erfolgt (Straßenpflaster, festgestampfte Böden). Als akustisch nicht schallhart werden Böden bezeichnet, die bewachsen oder für Bewuchs geeignet sind.

Man beachte, dass die beiden detaillierten Prognoseverfahren unter identischen Umständen unterschiedliche Immissionspegel liefern - abhängig vom Schallspektrum, der Höhe der Schallquelle, dem Abstand zwischen Quelle und Immissionsort und dem Bodentyp.

Die TA-Lärm fordert, dass im Rahmen jeder Immissionsprognose auch eine Aussage zur Prognoseunsicherheit gemacht wird. Die Prognoseunsicherheit des reinen Rechenverfahrens wird in der DIN-ISO 9613-2 auf  $\pm 3$  dB geschätzt, wobei zu beachten ist:

1. Die gemittelte Höhe von Schallquelle und Empfänger über Grund ist größer als 5m und kleiner als 30m.
2. Der Abstand zwischen Schallquelle und Empfänger ist größer als 100m und kleiner als 1000m.
3. Die Schallquelle ist punktförmig und strahlt gleichmäßig in alle Richtungen ab.
4. Einfache Schallausbreitungsbedingungen, d.h. es existieren keine Reflexionen und Abschirmungen.

Hinzu kommen die Fehler mit denen alle relevanten Daten gemessen oder geschätzt wurden und die Serienstreuung der Quelle mit Bezug auf die Schallabstrahlung. Die 1. und 3. Voraussetzung hiervoor trifft auf die heutigen WEA prinzipiell nicht mehr zu. Die übrigen Voraussetzungen hängen von der lokalen Situation ab. Für Anwendungsfälle, in denen die obigen Bedingungen nicht erfüllt sind, macht die DIN ISO 9613-2 keine Angaben zur Prognoseunsicherheit. Sie kann vom Gutachter nur aufgrund von hinreichender Erfahrung geschätzt werden.