



Windkraftwerke im Wald

Ergänzungen zu UPI-Bericht 88

Dieter Teufel
Sabine Arnold
Petra Bauer
Alexandra Shemberova

UPI-Bericht Nr. 89

Dezember 2024

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Gesetzesänderungen zum beschleunigten Ausbau der Windenergie 2022 - 2024	2
2.1	Massive Schwächung des Naturschutzes	3
2.2	Geplantes Beschleunigungsgesetz	5
2.2.1	Schwerpunkträume windkraftsensibler Arten	7
3	Flächenverbrauch von Windenergieanlagen.....	10
4	Vergleich der Stromerträge zwischen Standorten im Offenland in der Rheinebene und auf Höhen im Odenwald	21
5	Weitere Unterschiede zwischen Offenland- und Waldstandorten.....	31
6	Gibt es ohne Waldstandorte genügend Flächen für Windkraftwerke ?	32
6.1	Studie des Bundesamts für Naturschutz (BfN)	32
6.2	Windpotentialflächen des Landes Baden-Württemberg.....	34
6.3	Entwurf des Teilregionalplans Windenergie des VRRN.....	37
6.4	Nachbarschaftsverband Heidelberg-Mannheim	37
7	Klima- und Artenschutz müssen zusammen gedacht werden	40
8	Bildverzeichnis.....	41
9	Tabellenverzeichnis	42
10	Abkürzungen	42

1 Einleitung

Im März 2023 veröffentlichte das UPI den UPI-Bericht 88 „Windkraftwerke im Wald - Bewertung und Alternativen“. Dieser füllte eine Lücke in der Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten und Nebenwirkungen von Windenergieanlagen an Land. Aufgrund der hohen Nachfrage wurden bis Januar 2024 drei erweiterte Auflagen erstellt.

Inzwischen wurden weitere Erkenntnisse gewonnen, weshalb mit dem nun vorliegenden UPI-Bericht 89 ein Ergänzungsbericht zu dem UPI-Bericht 88 erstellt wurde.

Er enthält die Ergebnisse neuer Untersuchungen am UPI zum Stromertrag von Windenergieanlagen an verschiedenen Standorten und zur vergleichenden Bewertung von Standorten im Offenland und im Wald sowie wesentliche Informationen zum Thema aus der Diskussion von Waldstandorten in den letzten Monaten. Ein weiteres Kriterium zur Auswahl der zusätzlichen Informationen im neuen UPI-Bericht 89 waren Nachfragen bei zahlreichen Vortragsveranstaltungen zum Thema.

2 Gesetzesänderungen zum beschleunigten Ausbau der Windenergie 2022 - 2024

In den letzten Jahren wurde in Deutschland eine Reihe von Gesetzen geändert, um Hemmnisse für den Ausbau der Windenergie u.a. im Bereich Arten- und Naturschutz abzubauen oder ganz zu beseitigen.

Neben diesen inhaltlichen Gesetzesänderungen zur Verringerung des Natur- und Artenschutzes ist vor allem die Einführung eines erheblichen Zeitdrucks zu bemerken, der in Zukunft zu Lasten sachgerechter Entscheidungen gehen wird. Ein Beispiel ist die Neufassung des §10 Genehmigungsverfahren Absatz (5) des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG), in der jetzt festgelegt ist:

*„(5) Die für die Erteilung der Genehmigung zuständige Behörde (Genehmigungsbehörde) holt die Stellungnahmen der Behörden ein, deren Aufgabenbereich durch das Vorhaben berührt wird. ... Hat eine zu beteiligende Behörde bei einem Verfahren zur Genehmigung einer Anlage **innerhalb einer Frist von einem Monat** keine Stellungnahme abgegeben, so ist davon auszugehen, dass die zu beteiligende Behörde sich nicht äußern will, soweit die zu beteiligende Behörde nicht in schriftlicher Form um **eine einmalige Verlängerung um bis zu einem Monat** bittet; die Möglichkeit zur Verlängerung **gilt nicht für Verfahren zur Genehmigung einer Anlage zur Nutzung erneuerbarer Energien** oder einer Anlage zur Herstellung von Wasserstoff aus erneuerbaren Energien...“*

Eine ungerechtfertigte Eile wurde auch in den einzelnen Verfahren zur Änderung der rechtlichen Rahmenbedingungen an den Tag gelegt. So wurde z.B. in der Verbände-beteiligung zur „Verordnung zur Festlegung der Anforderungen an die fachgerechte Durchführung einer Habitatpotentialanalyse im Anwendungsbereich des §45 Bundesnaturschutzgesetz für kollisionsgefährdete Brutvogelarten bei der Genehmigung von Windkraftanlagen“ der Entwurf der Verordnung am Freitag 15.12.2023 um 15:33 Uhr (!) per Email an die Verbände gesandt. Als Frist zur Abgabe einer Stellungnahme war der 5. Januar 2024 festgelegt. Die Verbände sollten also in der Weihnachts- und Neujahrszeit innerhalb kürzester Zeit komplizierte Gesetzesänderungen verstehen und Stellung dazu nehmen.

Ein solches Vorgehen deutet darauf hin, dass dem Gesetzgeber, in diesem Fall dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz mehr an einer schnellen und möglichst geräuschlosen Absenkung von Naturschutzstandards als an einer fachgerechten Beteiligung und Abfrage kompetenter Stellungnahmen gelegen ist. So soll mit dieser Verordnung z.B. festgelegt werden, dass Habitatpotentialanalysen nur aufgrund vorhandener Daten durchgeführt werden. Inhaltlich notwendige Methoden wie z. B. Raumnutzungsanalysen werden ausgeschlossen, die Pufferdistanzen zu Grenzen von Vogelflugkorridoren werden auf nur noch 50 m (!) reduziert. Dies sind insbesondere bei den heutigen großen Windenergieanlagen inakzeptable Bedingungen.

2.1 Massive Schwächung des Naturschutzes

Mit mehreren Gesetzänderungen wurde der Naturschutz in entscheidenden Punkten so geschwächt, dass in Zukunft Windenergieanlagen auch gegen Erfordernisse des Naturschutzes umgesetzt werden können. Die wichtigsten Änderungen dazu wurden in Novellen des Bundesnaturschutzgesetzes eingeführt. Bereits im Dezember 2022 wurde mit der Einfügung des § 45b Absatz 1 bis 5 u.a. festgelegt, dass in Genehmigungsverfahren nur noch eine abgeschlossene Liste von lediglich 15 Vogelarten (bisher 40) berücksichtigt werden müssen. Schlaggefährdete seltene Arten wie Schwarzstorch, Kranich, Wachtelkönig, Goldregenpfeifer, Waldschnepfe, Ziegenmelker, Wiedehopf, Auer-, Birk- und Haselhuhn, Bekassine, Uferschnepfe, Brachvogel und Kiebitz dürfen jetzt im Genehmigungsverfahren für Windkraftwerke nicht mehr betrachtet werden.

Schutzmaßnahmen für diese 15 Brutvogelarten und für Fledermäuse dürfen in Zukunft außerdem von der Genehmigungsbehörde nur noch angeordnet werden, soweit sie den Jahresenergieertrag in Süddeutschland um höchstens 6 % verringern. Beantragt der Betreiber eine Ausnahme, reduziert sich dieser Grenzwert auf 4%.

In manchen früheren Genehmigungsbescheiden für WEA wie z.B. dem Genehmigungsbescheid für die Windenergieanlagen auf dem Greiner Eck im Odenwald vom 16.2.2016 wurde dazu noch festgelegt:

„Zur Vermeidung von betriebsbedingten Tötungen der im Untersuchungsgebiet vorkommenden kollisionsgefährdeten Fledermausarten ... sind mit Inbetriebnahme der WKA folgende Abschaltvorgaben einzuhalten:

*Die WKA sind vom 15. März bis zum 31. August von einer Stunde vor Sonnenuntergang bis zum Sonnenaufgang bei Windgeschwindigkeiten **unter 6 m/sec** und Temperaturen ab 9° C abzuschalten. Die WKA sind vom 1. September bis 1. Dezember von drei Stunden vor Sonnenuntergang bis zum Sonnenaufgang bei Windgeschwindigkeiten unter 6 m/sec und Temperaturen ab 9° C abzuschalten.“¹*

Bild 1 zeigt die Aktivität von Fledermäusen in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit. Daraus ist ersichtlich, dass etwa ein Drittel der Aktivitäten oberhalb einer Windgeschwindigkeit von 6 m/s stattfinden und allein deshalb von dieser Regelung im Genehmigungsbescheid nicht erfasst werden.

¹ Regierungspräsidium Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Darmstadt, Genehmigungsbescheid Windpark Greiner Eck GmbH & Co. KG, 68519 Viernheim, 16.2.2016, S. 26

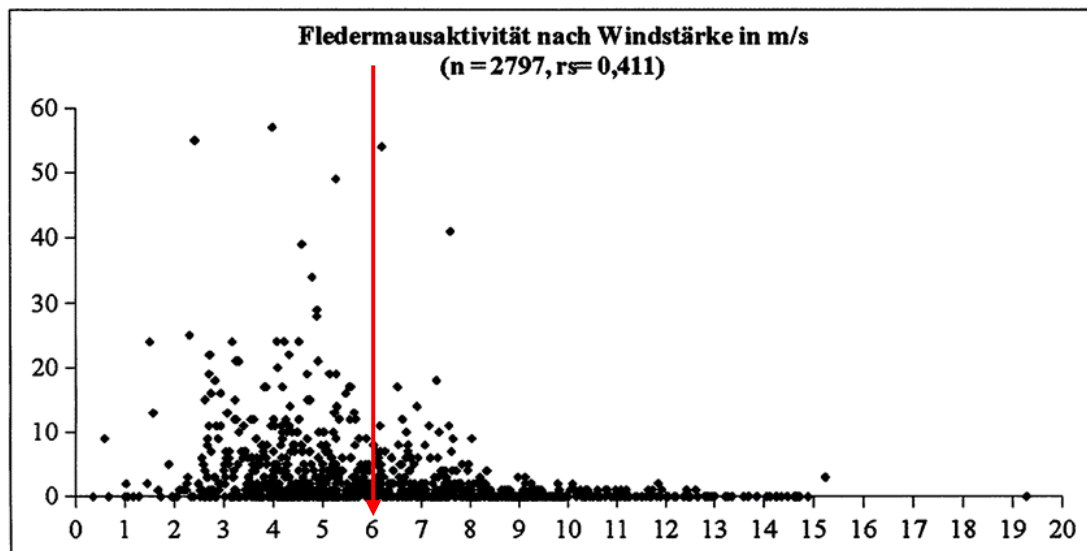


Abb. 3. Verteilung der Gesamtaktivitäten der Fledermäuse in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit. Total activity pattern of bats in relation to wind speed.

Bild 1: Fledermausaktivität in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit²

Noch problematischer ist, dass die ausschlaggebenden Parameter Temperatur und Windgeschwindigkeit **lediglich punktuell an der Gondel** gemessen und dann auf den gesamten Rotorbereich übertragen werden. Die Gondeln der WEA des Windparks Greiner Eck haben eine Höhe von 135 m, die von modernen Anlagen eine Höhe von ca. 200 m. In diesen Höhen herrschen deutlich höhere Windgeschwindigkeiten als im unteren Teil des von den Rotoren überstrichenen Flugbereichs (bei modernen Anlagen ca. 100 – 200 m).³

Damit wird zusätzlich zu der Beschränkung der Abschaltmaßnahmen auf maximal 4 - 6% des Jahresstromertrags die Fledermausaktivität im gesamten Rotorbereich systematisch unterschätzt. Das Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung schätzt, dass durch die bisherigen 30 000 WEA rund 200 000 Fledermäuse pro Jahr getötet werden.⁴

Fledermäuse haben eine relativ geringe Reproduktionsrate (zwischen 0,5 und 1 Jungtier pro Jahr⁵) und eine hohe Lebenserwartung. Dies führt zu einer hohen Empfindlichkeit der Populationen gegenüber anthropogen bedingter Mortalität.

Bei den meisten der bisherigen WEA gilt die Beschränkung der Abschaltmaßnahmen auf maximal 4 - 6% des Jahresertrags, die durch die Novellierung des BNatSchG inzwischen für Neuanlagen eingeführt wurde, noch nicht.

Erst seit kurzem ist nachgewiesen, dass bestimmte Fledermausarten Windenergieanlagen großräumig meiden. Dies führt zusätzlich zu dem Schlagrisiko dazu, dass Fledermäuse

² Bach, L. und P., Einfluss der Windgeschwindigkeit auf die Aktivität von Fledermäusen, *Nyctalus* (N.F.), Berlin 14, 2009, Heft 1-2, S. 3-13

³ siehe dazu auch: Richarz, Klaus, Windenergie im Lebensraum Wald, Gefahr für die Artenvielfalt – Situation und Handlungsbedarf, 2021, Deutsche Wildtier Stiftung,

⁴ Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung
www.izw-berlin.de/de/pressemitteilung/windenergie-und-fledermausschutz-forschende-fordern-globale-anwendung-von-massnahmen-zur-senkung-der-schlagopferzahlen.html

⁵ Bei einigen Arten, wie der Zweifarbfledermaus und dem Großen Abendsegler, können in seltenen Fällen auch Zwillingsgeburten vorkommen.

ihren Lebensraum verlieren. Dieser Effekt ist bei bisherigen Anlagen in einer Distanz bis 800 m und mehr rund um die Rotoren feststellbar.^{6 7}

Betroffen sind vor allem Fledermausarten, die ihre Beute durch passives Hören orten. Die Insekten machen durch ihre eigenen Krabbelgeräusche auf sich aufmerksam und verraten dadurch ihren Standort. Daraufhin werden sie von den Fledermäusen vom Untergrund abgelesen und gefressen. Es wird vermutet, dass diese Fledermausarten die Krabbelgeräusche nicht mehr hören können, wenn die Windenergieanlage Lärm erzeugt. Ein eben solcher Einfluss wurde bereits durch Straßenlärm nachgewiesen. Bei den Ergebnissen muss beachtet werden, dass die Untersuchungen im Umkreis bestehender Anlagen gemacht wurden, die kleiner sind als die heute und in Zukunft geplanten Anlagen.

2.2 Geplantes Beschleunigungsgesetz

Am 16. August 2024 wurde der Entwurf des geplanten Beschleunigungsgesetzes⁸ als „besonders eilbedürftig“ an den Bundestag geleitet. Der Gesetzentwurf hat 101 Seiten. Im Gesetzgebungsverfahren hatten die Umwelt- und Naturschutzverbände 7 Werktage im April 2024 Zeit zu einer Stellungnahme.

Das Beschleunigungsgesetz enthält zahlreiche Änderungen des

- Windenergieflächenbedarfsgesetzes (WindBG)
- Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG)
- Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG)
- Baugesetzbuches (BauGB)
- Raumordnungsgesetzes (ROG)
- Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG),

mit denen der Bau vor allem von Windenergieanlagen weiter beschleunigt werden soll.

Die wichtigste Maßnahme ist die Einführung von Beschleunigungsgebieten für Windenergie, in denen im Genehmigungsverfahren für Windkraftwerke in Zukunft

1. keine Umweltverträglichkeitsprüfung,
2. keine Prüfung in Bezug auf Natura 2000-Gebiete,
3. keine artenschutzrechtliche Prüfung und
4. keine Prüfung des Grundwasserschutzes

mehr durchzuführen ist. An deren Stelle tritt ein Überprüfungsverfahren lediglich auf Grundlage vorhandener Daten.

⁶ Simon P. Gaultier et al., The presence of wind turbines repels bats in boreal forests, Landscape and Urban Planning 231 (2023) 104636
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104636>
journal homepage: www.elsevier.com/locate/landurbplan

⁷ J.S. S. Ellerbrok et al., Activity of forest specialist bats decreases towards wind turbines at forest sites, J Appl Ecol. 2022;59:2497–25
<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1365-2664.14249>

⁸ Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie (EU) 2023/2413 in den Bereichen Windenergie an Land und Solarenergie sowie für Energiespeichereinrichtungen am selben Standort, Stand August 2024

An die Stelle einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) tritt eine „strategische Umweltprüfung (SUP)“ mit wesentlich geringeren Anforderungen und Prüfungstiefe. Dabei ist die Prüfungstiefe der SUP egal. Das Gesetz erfordert lediglich formal das Vorliegen einer SUP, ohne Anforderungen an die SUP zu stellen.

Durch Einfügung der § 249a BauGB, § 254f BauGB Absatz 3 und § 28 ROG (2) soll bestimmt werden, dass von Regionalverbänden oder Gemeinden in Regional-, Flächen-nutzungs- oder Bebauungsplänen festgelegte Windvorranggebiete **automatisch** zu Beschleunigungsgebieten werden, sofern sie nicht in Natura-2000-, Naturschutzgebieten oder Biosphärenreservaten liegen oder *„landesweit bedeutende Vorkommen mindestens einer durch den Ausbau der Windenergie betroffenen“* geschützten Art enthalten.

Windenergieanlagen, die in solchen Beschleunigungsgebieten beantragt werden, können in einem späteren Genehmigungsverfahren von der Genehmigungsbehörde aus naturschutz-, artenschutz- und wasserschutzrechtlichen Gründen prinzipiell **nicht mehr abgelehnt werden**.

Die Genehmigungsbehörde kann anstelle einer Versagung der Genehmigung lediglich noch Auflagen machen. Soweit Maßnahmen für den Schutz von Arten allerdings nicht verfügbar oder Daten nicht vorhanden sind, hat der Betreiber als Ausgleich lediglich eine einmalige Geldzahlung an den Bund zu leisten: 7 800 €/MW bei Abschaltauflagen, ansonsten 52 000 €/MW. Dies sind bei heutigen Anlagen ca. 56 000 bis 374 000 € je Anlage, was in der Größenordnung einer Jahrespachtrate liegt.

Gerodete Waldflächen müssen nicht mehr an anderer Stelle aufgeforstet werden. Wenn dafür keine geeigneten Flächen verfügbar sind, kann dies nicht mehr zur Versagung der Genehmigung führen. Es ist lediglich noch eine einmalige Geldauflage möglich. Auch heute bereits werden oft Wiederaufforstungsmaßnahmen von kalamitätsbedingten Kahlf Flächen als Aufwertungs- und Verbesserungsmaßnahmen anerkannt,⁹ die ohne WEA von der Forstwirtschaft sowieso wieder aufgeforstet worden wären.

Mit Festsetzung der Zahlung sind keine weiteren Prüfungen der Einhaltung der Vorschriften des Bundesnaturschutzgesetzes und des Wasserhaushaltsgesetzes mehr durchzuführen.

Müssten mehrere Auflagen angeordnet werden, die die Zumutbarkeitsschwelle überschreiten würden, *„hat die zuständige Behörde zu entscheiden, welche Maßnahmen bis zur Grenze der Zumutbarkeitsschwelle angeordnet werden.“*

In einem Beschleunigungsgebiet findet außerdem *„keine Abwägung gegenläufiger Belange statt.“*

Kann die Behörde innerhalb 30 (in Beschleunigungsgebieten) bzw. 45 Tagen (außerhalb von Beschleunigungsgebieten) nach Einreichung der Umweltdaten durch den Antragsteller keine Entscheidung treffen, ist die Anlage automatisch natur- und wasserschutzrechtlich genehmigt !

⁹ z.B. Kreis Siegen-Wittgenstein, Genehmigungsbescheid, Az. 70.1-970.0010/22/1.6.2, Errichtung und Betrieb von sieben Windkraftanlagen ... in 57339 Erndtebrück, 15.3.2024, S. 92

In der Sachverständigenanhörung des Ausschusses für Klimaschutz und Energie am 16. Oktober 2024 wurde das Ziel einer Beschleunigung des Ausbaus erneuerbarer Energien von den Sachverständigen zwar mehrheitlich geteilt, der Gesetzentwurf von verschiedenen Sachverständigen aber kritisiert. Der NABU forderte, dass die Beschleunigungsbemühungen bei der Energiewende konsequent beide Krisen - Klima und Natur - gleichermaßen berücksichtigen müssen. Genau das aber sei bei der dem Gesetzentwurf zugrunde liegenden RED III-Richtlinie der EU nicht gelungen, den die deutsche Bundesregierung maßgeblich vorangetrieben hat. Bei der Gebietsauswahl und Festlegung von Schutzmaßnahmen könne es zu einer eklatanten Verletzung von Verpflichtungen zum Schutz der Biodiversität kommen.¹⁰

2.2.1 Schwerpunktträume windkraftsensibler Arten

Karten mit Schwerpunktorkommen windkraftsensibler Vogel- und Fledermausarten sind in einigen Bundesländern landesweite Planungshilfen für die Regionalplanung. Sie werden in Baden-Württemberg nach zwei Kategorien differenziert: Kategorie A sind ausgewählte naturschutzfachlich sehr hochwertige Bereiche und Kategorie B sind ausgewählte naturschutzfachlich hochwertige Bereiche.¹¹

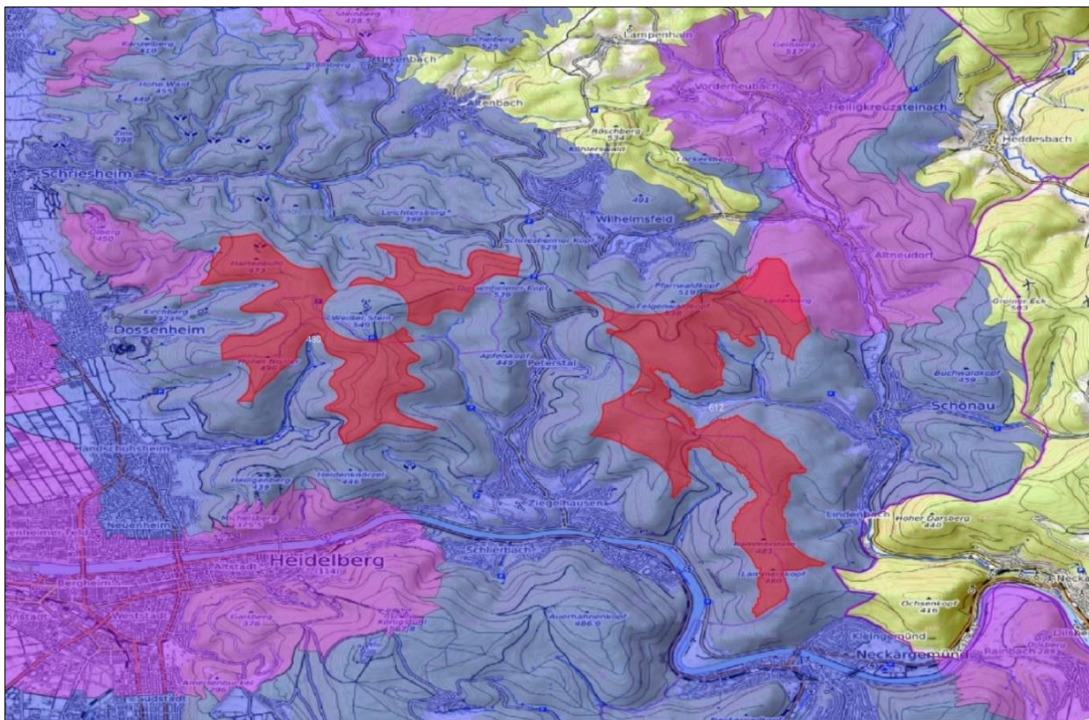


Bild 2: Schwerpunktorkommen windkraftsensibler Arten: Kat. A violett, Kat. B blau, in Heidelberg geplante Vorranggebiete Weißer Stein und Lammerskopf rot

¹⁰ Stellungnahme des NABU-Bundesverbands zum Entwurf eines Gesetzes zur Umsetzung der Richtlinie (EU) 2023/2413 in den Bereichen Windenergie an Land und Solarenergie sowie für Energiespeicherranlagen am selben Standort (Drucksache 20/12785), 15.10.2024 www.bundestag.de/resource/blob/1024448/80f8275b9f2f613340e1813ccd12b820/Stellungnahme_NABU_eV.pdf

¹¹ LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, Schwerpunktorkommen windkraftsensibler Arten <https://rips-metadaten.lubw.de/trefferanzeige?docuuiid=83153E75-D72C-4971-B4C4-9B27E9C23181>

Bild 2 zeigt als Beispiel die Lage von Schwerpunktorkommen windkraftsensibler Arten in Heidelberg und zwei geplante Vorranggebiete für Windenergie.

Eine interessante juristische Frage ist, ob Gebiete mit Schwerpunktorkommen windkraftsensibler Arten einen Schutz vor der späteren automatischen Umwandlung von Windvorranggebieten in Beschleunigungsgebiete bieten? Diese Frage wird in Regionalplankreisen bei der derzeitigen Ausweisung von Vorranggebieten in der Regel bejaht, weil in der Gesetzesbegründung für das Beschleunigungsgesetz Schwerpunkträume als Beispiele genannt sind, die von der Umwandlung in ein Beschleunigungsgebiet ausgeschlossen werden.

Das Problem ist jedoch, „dass es nach wie vor keine rechtliche Normierung von Schwerpunkträumen gibt.“, wie die Fachagentur Windenergie an Land in einer einschlägigen Veröffentlichung zu Recht ausführt.¹² Schwerpunkträume sind in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich definiert oder auch gar nicht ausgewiesen.

Im Zuge der Beschleunigungsmaßnahmen wurde am 1.2.2023 im Raumordnungsgesetz §8 Abs.5 ROG20 neu eingefügt. Dieser beinhaltet eine **Verordnungsermächtigung** für das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen für rechtliche Vorgaben zur Berücksichtigung artenschutzrechtlicher Belange auf Planungsebene. Die Fachagentur Windenergie an Land führt dazu aus: „Eine bundesweite Normierung von Schwerpunkträumen könnte durch eine entsprechende Verordnung erfolgen. Auf diese Weise könnte der Schwerpunkträume-Ansatz für die Regionalplanung und bzw. oder Landesplanung Verbindlichkeit erlangen.“

Es ist fraglich, ob in einer solchen bundeseinheitlichen Normierung z.B. die in Baden-Württemberg bestehenden, im Vergleich zu anderen Bundesländern umfassenden Schwerpunkträume in ihrer jetzigen Form bestehen bleiben.

Tabelle 1 zeigt zusammengefasst die Reihenfolge der wichtigsten Änderungen und den Zeitpunkt des Inkrafttretens, Tabelle 2 wichtige Inhalte der Gesetzesänderungen.

Gesetz	Zeitpunkt der Inkraftsetzung
EU-Notfall-Verordnung	22. Dezember 2023
Änderung des Bundesnaturschutzgesetzes	zuletzt geändert durch Art. 5 G v. 8.5.2024 I Nr. 153
Änderung des Windenergieflächenbedarfsgesetzes	zuletzt geändert durch Art. 6 G v. 26.7.2023 I Nr. 202
Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes	zuletzt geändert durch Art. 11 Abs. 3 G v. 26.7.2023 I Nr. 202
Änderung des Baugesetzbuchs	zuletzt geändert durch Art. 3 G v. 20.12.2023 I Nr. 394
Änderung des Raumordnungsgesetzes	zuletzt geändert durch Art. 1 G v 22.3.2023 I Nr. 88

¹² Fachagentur Windenergie an Land, Schwerpunkträume zum Artenschutz in der Windenergieplanung, September 2023, S. 92ff

Änderung des Erneuerbaren-Energien-Gesetzes	zuletzt geändert 15. Mai 2024
BImSchG-Novelle Beschleunigung immissionsschutzrechtlicher Genehmigungsverfahren	beschlossen im Bundestag am 6.6.2024
Verordnung zur Festlegung der Anforderungen an die fachgerechte Durchführung einer Habitatpotentialanalyse im Anwendungsbereich des §45b des BNatSchG	Juli 2024 in Bearbeitung
Beschleunigungsgesetz Windenergie (Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie (EU) 2023/2413 im Bereich WE)	Referentenentwurf vom Bundeskabinett am 15.4.2024 beschlossen, Gesetzentwurf am 24.7.2024, 1. Lesung im Bundestag am 26.9.2024

Tabelle 1: Gesetzesvorhaben der Bundesregierung zur Beschleunigung des Windenergieausbaus, unvollständig

Gesetz	Wichtige Inhalte
EU-Notfall-Verordnung	22.12.2023: u.a. WEA „ <i>im überragenden öffentlichen Interesse</i> “; dienen der „ <i>öffentlichen Gesundheit und Sicherheit</i> “
Änderungen des Bundesnaturschutzgesetzes	8.12.2022: zahlreiche Änderungen, u.a. WEA „ <i>im überragenden öffentlichen Interesse</i> “; in Landschaftsschutzgebieten; es werden nur noch 15 Vogelarten berücksichtigt
Änderung des Windenergieflächenbedarfsgesetzes	20.07.2022: Flächenziele 2%; 26.7.2023: keine UVP in Vorranggebiet bei Antrag vor 30.6.25
Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes	26.7.2023: u.a. bei Einsprüchen im Genehmigungsverfahren Erörterungstermin nur noch, wenn durch den Antragsteller beantragt
Änderung des Baugesetzbuchs	20.12.2023: u.a. Gemeinden können unabhängig von Regional-/Flächennutzungsplan selbstständig WE-Gebiete ausweisen, auch wenn sie den Zielen der Raumordnung widersprechen
BImSchG-Novelle Beschleunigung immissionsschutzrechtlicher Genehmigungsverfahren	6.6.2024: Ausschlussfrist für Stellungnahme zu beteiligender Behörden 1 Monat; bei WEA keine Verlängerungsmöglichkeit
Verordnung zur Festlegung der Anforderungen an die fachgerechte Durchführung einer Habitatpotentialanalyse im Anwendungsbereich des §45b des BNatSchG	8/2024 in Bearbeitung: u.a. Beschränkung auf vorhandene Daten, Ausschluss notwendiger Methoden wie z. B. Raumnutzungsanalyse; Pufferdistanzen zu Grenzen von Vogelflugkorridoren auf 50 m reduziert
Beschleunigungsgesetz Windenergie (Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie (EU) 2023/2413 im Bereich WE)	Gesetzentwurf vom 24.7.2024: In Beschleunigungsgebieten keine UVP, artenschutzrechtliche Prüfung und Prüfung des Grundwasserschutzes mehr; Windvorranggebiete außerhalb Natura-2000 Gebieten etc. werden automatisch zu Beschleunigungsgebieten, u.v.a.

Tabelle 2: Wichtige Inhalte der Gesetzesänderungen zum Ausbau der Windenergie 2022 – 2024, unvollständig

3 Flächenverbrauch von Windenergieanlagen

Regenerative Energiequellen wie Wind und Sonne weisen im Gegensatz zu fossiler oder nuklearer Energie nur eine geringe Energiedichte auf. Zu ihrer Gewinnung sind deshalb sehr große Flächen und Anlagen nötig, die mit Naturräumen konkurrieren.

Die Bundesregierung hat sich in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie das Ziel gesetzt, den täglichen Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsfläche bis 2030 auf unter 30 Hektar pro Tag zu reduzieren.¹³

In Baden-Württemberg hat sich die grün-schwarze Landesregierung im Koalitionsvertrag folgende Ziele gesetzt:¹⁴

- Bis 2030 sollen weniger als 3 Hektar neue Flächen pro Tag beansprucht werden.
- Langfristig soll bis 2035 eine "Netto-Null" beim Flächenverbrauch erreicht werden.

In den Plansätzen und Begründung des Einheitlichen Regionalplans Rhein-Neckar, Fortschreibung Teilregionalplan Windenergie heißt es unter „ZIELE UND GRUNDSÄTZE DER REGIONALPLANUNG“ an erster Stelle:

*„Vorhaben zur Windenergienutzung sollen in einer **flächensparenden, die Bodenversiegelung auf das notwendige Maß begrenzenden und den Außenbereich schonenden Weise** ausgeführt werden.“¹⁵*

Diese Ziele zur Begrenzung des Flächenverbrauchs sind sinnvoll. Sie werden allerdings bei der Planung von Windkraftanlagen im Wald in vielen Fällen nicht beachtet.

Dies beginnt damit, dass im Vorfeld von Planungen oft deutlich zu niedrige Werte für den Flächenbedarf angegeben werden.

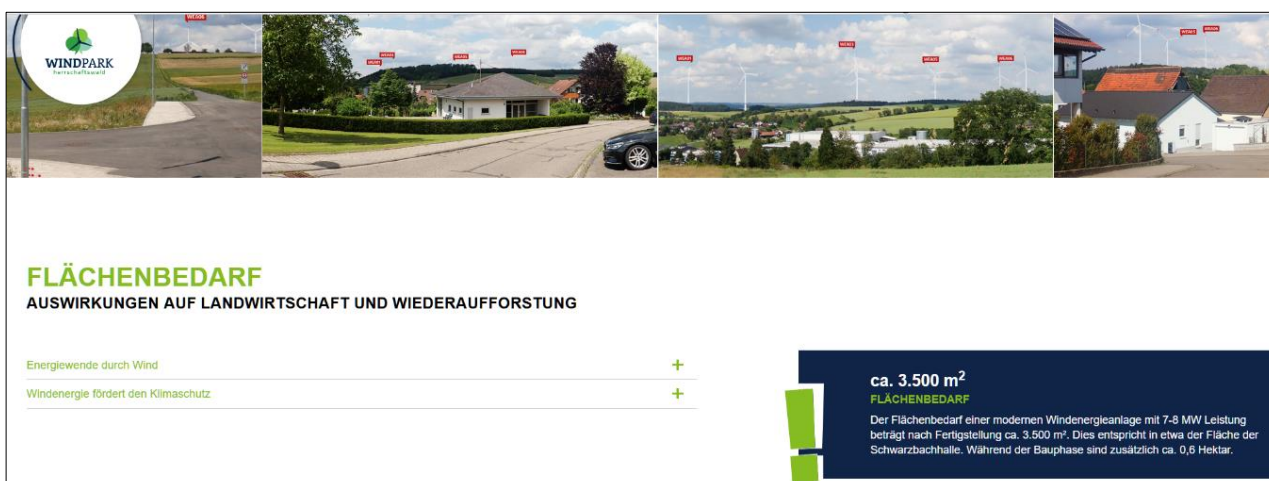
Ein Beispiel ist der geplante Windpark Herrschaftswald bei Helmstadt-Bargen: Bild 3 zeigt die Internetseite der Gemeinde Helmstadt-Bargen <https://windpark-herrschaftswald.de/> vor dem Bürgerentscheid über 9 WKW im gemeindeeigenen Herrschaftswald am 20. Juli 2024. Auf der Internetseite wurde damals behauptet, „Der Flächenbedarf einer modernen Windenergieanlage mit 7-8 MW Leistung beträgt nach Fertigstellung **ca. 2.000 m²**.“ (Bild 3)

Nachdem sich bei dem Bürgerentscheid 62% der abstimmenden Bevölkerung für den „Windpark Herrschaftswald“ aussprachen, wurde auf derselben Internetseite **mit 3.500 m² ein 75% höherer Flächenverbrauch** als vorher angegeben. (Bild 4)

¹³ Bundesregierung, Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie Weiterentwicklung 2021, Langfassung www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte-der-bundesregierung/nachhaltigkeitspolitik/deutsche-nachhaltigkeitsstrategie-318846
www.bundesregierung.de/resource/blob/975274/1873516/9d73d857a3f7f0f8df5ac1b4c349fa07/2021-03-10-dns-2021-finale-langfassung-barrierefrei-data.pdf?download=1

¹⁴ <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/bodenschutz/flaechenverbrauch>

¹⁵ VRRN Verband Region Rhein-Neckar, [Einheitlicher Regionalplan Rhein-Neckar | Fortschreibung Teilregionalplan Windenergie, Plansätze & Begründung, Dezember 2023](#), Seite 3

**Bild 3: Internetseite windpark-herrschaftswald.de vor Bürgerentscheid¹⁶****Bild 4: Internetseite windpark-herrschaftswald.de nach Bürgerentscheid¹⁷**

Beide Zahlen sind für moderne Windenergieanlagen im Wald falsch und etwa um den Faktor 3 bis 4 zu niedrig.

Bild 5 bis Bild 8 zeigen als Beispiele den Flächenverbrauch und die Geländeeingriffe für 3,45 MW-Anlagen des Windparks Mannstein.

¹⁶ <https://windpark-herrschaftswald.de/>, abgerufen 9.7.2024

¹⁷ <https://windpark-herrschaftswald.de/>, abgerufen 19.8.2024



Bild 5: Windpark Mannstein 3,45 MW¹⁸

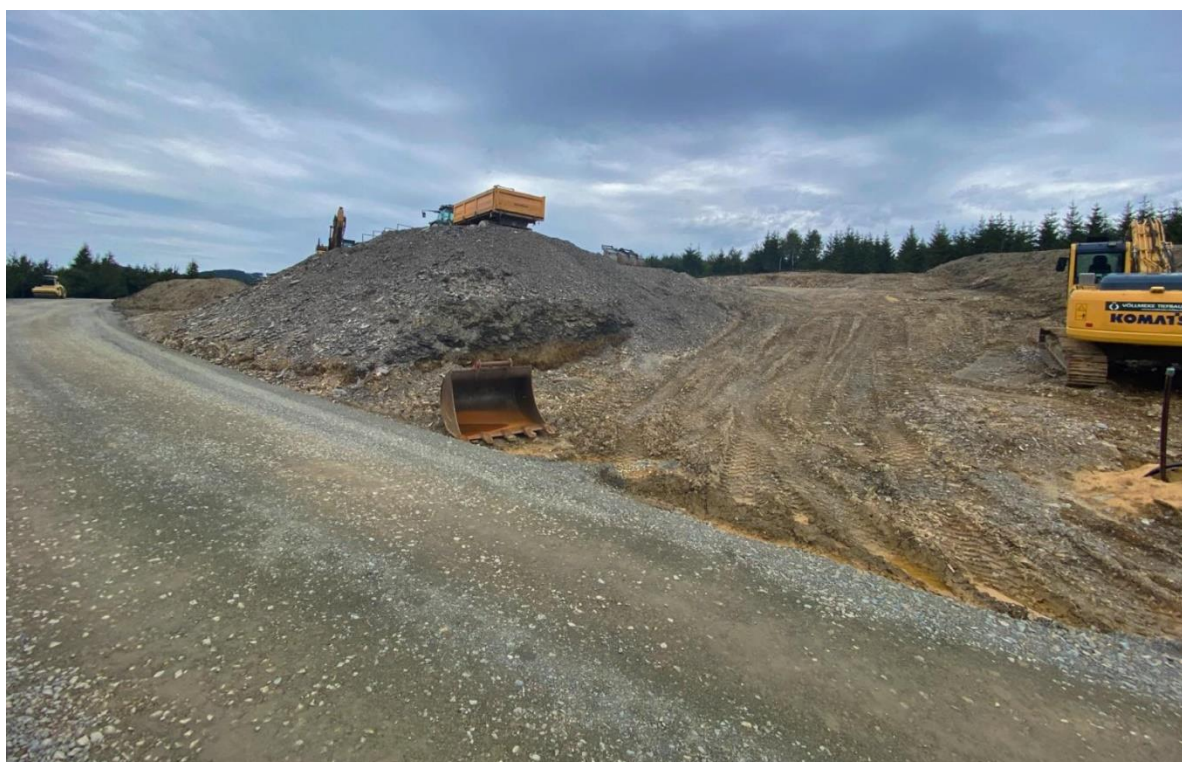


Bild 6: Windpark Mannstein 3,45 MW¹⁹

¹⁸ Rudolf Ersepke, Drohnenaufnahmen Windpark Mannstein August 2023
www.youtube.com/watch?v=kt64paj6kwc

¹⁹ Naturdenkmal Mannstein
www.facebook.com/pages/Naturdenkmal%20Mannstein/1538648563104145/



Bild 7: Wegebau für Windpark Mannstein 3,45 MW¹⁹



Bild 8: Wegebau für Windpark Mannstein 3,45 MW¹⁹

Die notwendige Geländeneivellierung im Wald für den Bau eines WKW von 4,2 MW bei Stärklos (Landkreis Hersfeld-Rotenburg) zeigt eindrucksvoll ein Luftbild des Projektierers JUWI GmbH. Eine schriftlich angefragte Abdruckerlaubnis dieses Fotos wurde von der Betreiberfirma JUWI GmbH jedoch leider abgelehnt. Das interessante Foto ist allerdings noch über folgenden Link²⁰ im Internet zu finden.

Sowohl aus Genehmigungsbescheiden für Windenergieanlagen als auch durch Vermessungen bestehender Anlagen z.B. in Google Earth lassen sich die tatsächlichen Flächenverbräuche der Anlagen im Wald und im Offenland ermitteln. Diese liegen für eine moderne Anlage von 7 MW im Wald bei ca. 8 000 bis 15 000 m² (0,8 bis 1,5 ha), im Offenland bei ca. 3 000 m² (0,3 ha).

Die in Diskussionen oft falschen, viel zu niedrig angegebenen Werte für den Flächenverbrauch von WEA haben mehrere Ursachen:

Zum einen wird einfach der Durchschnitt bisheriger Anlagen verwendet. Dieser liegt z.B. nach einer Veröffentlichung der Fachagentur Windenergie an Land bei 0,62 ha dauerhaft plus 0,31 ha temporär während des Baus.

Tabelle 2: Windenergieanlagen mit spezifischen Angaben zur Waldflächeninanspruchnahme; Datenerhebung FA Wind

Anlagenstandorte im Wald	Erfasste Anlagen	Windpark- größe	Ø Waldflächen- inanspruchnahme pro Anlage [in Hektar]	
			dauerhaft	temporär
Baden-Württemberg	148	1 - 16 WEA	0,62 ha	0,31 ha

Tabelle 3: Durchschnittlicher Flächenbedarf bisheriger Windenergieanlagen im Wald in Baden-Württemberg²¹

Die in der Veröffentlichung der Fachagentur Windenergie an Land angegebenen Werte beziehen sich auf 148 bestehende WEA. Die durchschnittliche Leistungsgröße bisheriger WEA in Baden-Württemberg liegt allerdings nur bei 2,9 MW. Heute geplante Anlagen haben eine mehr als doppelt so hohe Leistung von ca. 7 MW.

Zum anderen bestehen zwischen einzelnen Standorten große Unterschiede im Flächenverbrauch. Am höchsten ist dieser bei Standorten im Wald, für die eine breite Zuwegung neu geschaffen und oft ein Großteil des Geländes nivelliert werden muss.

²⁰ <https://m.osthessen-news.de/beitrag.php?id=11703312> oder <http://tinyurl.com/3pbz6e2t>

²¹ Fachagentur Windenergie an Land: Entwicklung der Windenergie im Wald, 7. Aufl. 2022. S.15

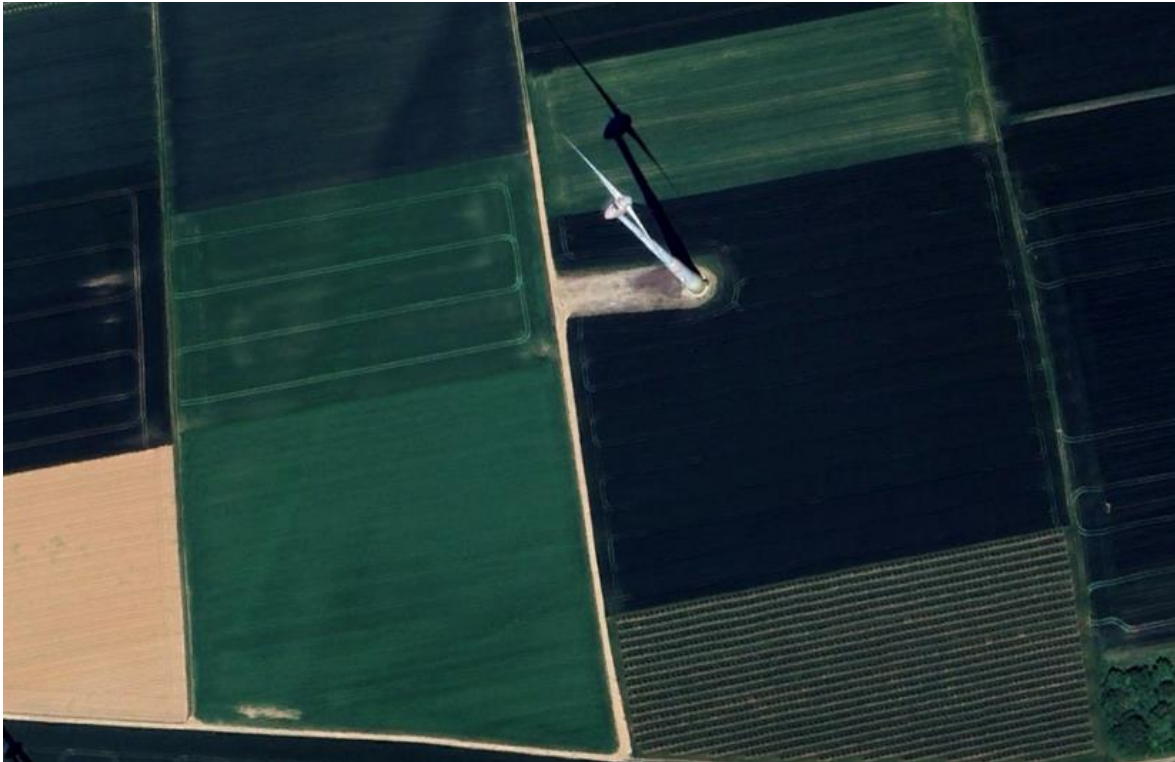


Bild 9: 4,2 MW Anlage im Offenland in Mainz/Klein-Winternheim, dauerhafter Flächenverbrauch 0,22 ha²²

Mit Abstand am niedrigsten ist der Flächenverbrauch im Offenland, wo

- kein Wald für die Zuwegung gerodet werden muss,
- das Lichttraumprofil von Wegen in der Regel nicht verbreitert werden muss
- bestehende Wege höchstens durch temporäre Stahlplatten verbreitert werden müssen,
- in der Regel kein Gelände nivelliert werden muss und
- keine Flächen für eventuelle Reparaturen frei gehalten werden müssen.

Beispiele zeigen Bild 9 bis Bild 14.

Nach Aufbau der Anlage kann der größte Teil der beim Bau belegten Fläche wieder landwirtschaftlich genutzt werden.

Bei Anlagen im Wald kann zwar der kleinere Teil der gerodeten Fläche zunächst wieder aufgeforstet werden. Im Falle von Reparaturen mit Komponententausch, die nicht selten sind, und auch beim Rückbau muss aber ein Teil dieser Flächen wieder gerodet werden. Dies betrifft im Falle von Reparaturen mit Komponententausch z.B. die Montagefläche, die Ballast- und Hilfskranfläche, die Rüstfläche und die gesamte Zuwegung.

²² Google Earth, 03/2023



Bild 10: Mobile Stahlplatten zur temporären Ertüchtigung von Wegen



Bild 11: Windenergieanlagen in Schwegenheim bei Römerberg



Bild 12: Windenergieanlagen in Schwegenheim bei Römerberg

Gut zu sehen ist die Größe des jeweiligen Flächenverbrauchs in Luftbildern z.B. in Google Earth, siehe Bild 13 und Bild 14.

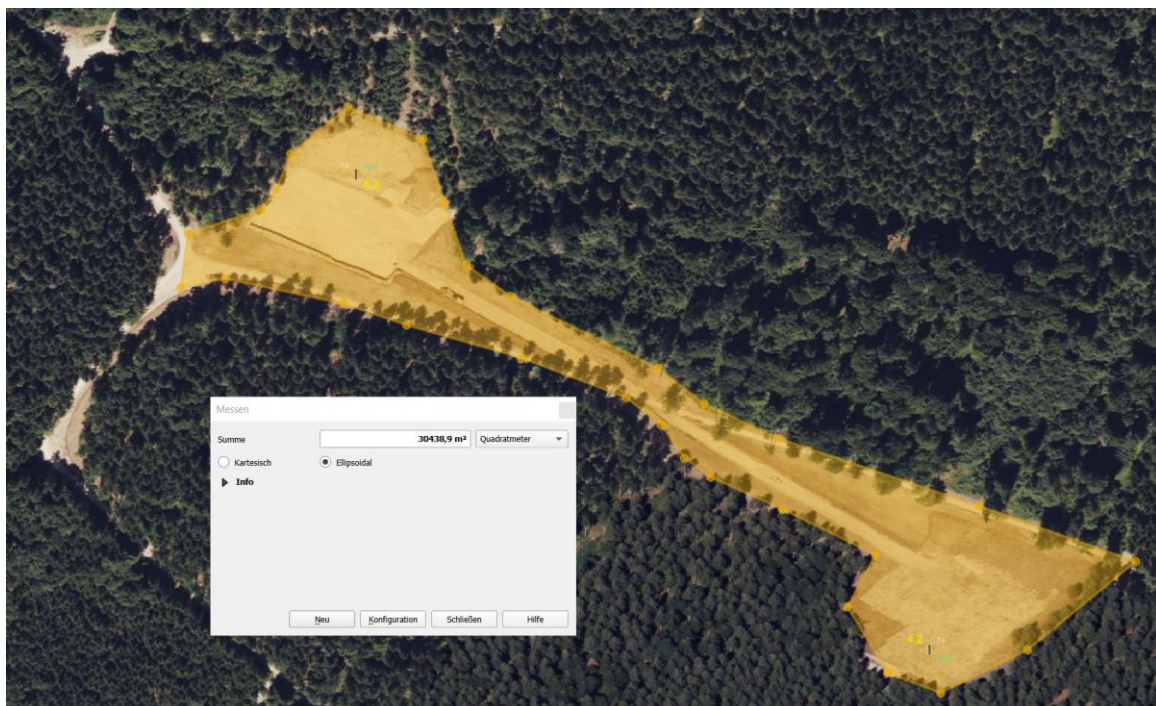


Bild 13: Zwei WEA Vestas V150 4,2 MW 2023, Rotorlänge 74 m, im Wald bei Tuttlingen/Immendingen: Rodung 3 ha allein für Baufläche²³



Bild 14: Bau einer 4,5 MW-Anlage im Offenland, dauerhafter Flächenverbrauch 0,28 ha²⁴ (rötlich), andere Flächen während Bau mit Stahlplatten belegt = temporär

Bild 15 zeigt den Vergleich des spezifischen Flächenverbrauchs von Energiequellen in Quadratmeter pro erzeugter MWh und Jahr.

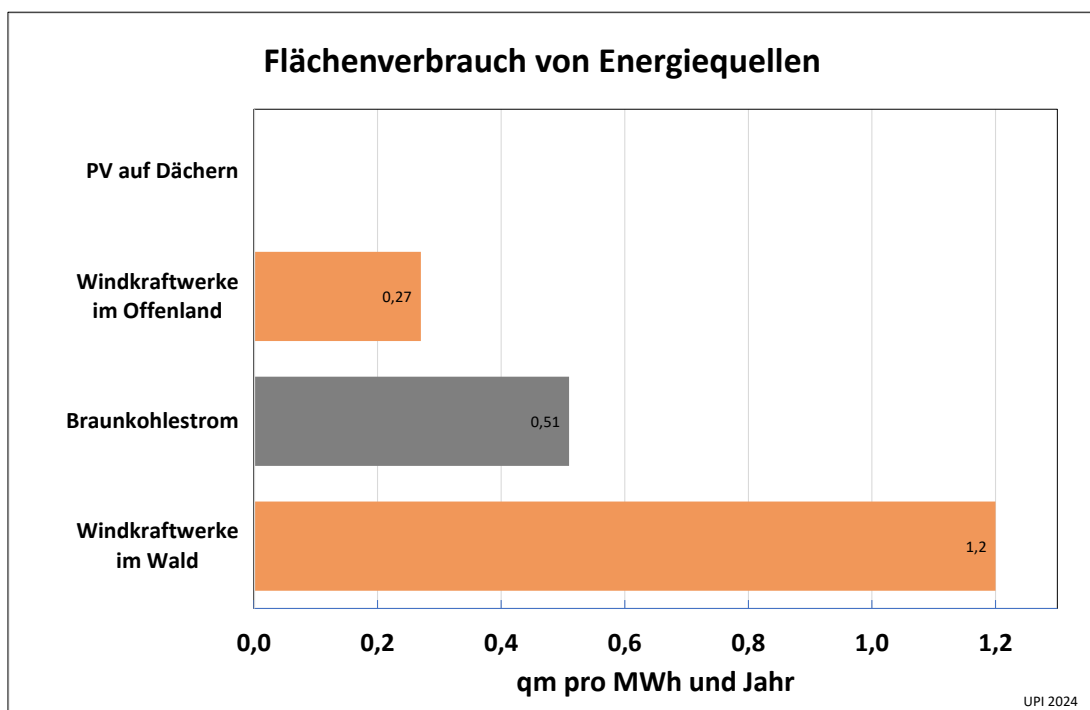


Bild 15: Flächenverbrauch von Energiequellen

Während Photovoltaik auf Dächern überhaupt keinen zusätzlichen Flächenbedarf verursacht, liegt der Flächenverbrauch von Windkraftwerken im Wald im Durchschnitt 4,4 mal so hoch wie im Offenland. Er liegt damit z.B. auch mehr als doppelt so hoch wie der Flächenverbrauch von Braunkohlestrom im Tagebau. Auch andere flächenhafte Auswirkungen sind bei Waldstandorten gravierender als bei Standorten im Offenland. Eine neue Untersuchung von Geographen der Universitäten Nanjing und Schanghai und des Woods Instituts der Stanford Universität analysierte anhand von Satellitenbeobachtungen die Eingriffe in Wald durch Windkraftwerke in sechs Ländern (USA, Schweden, China, Großbritannien und Kanada).²⁵

Dabei wurde der NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) auf Basis von Satelliten-daten ermittelt. Der NDVI ist ein Maß für die Dichte und Vitalität der Vegetation bzw. deren photosynthetische Aktivität. Er liegt bei Landflächen zwischen 0 und +1. Ein Wert zwischen 0 und 0,2 entspricht nahezu vegetationsfreien Flächen, ein Wert nahe 1 lässt auf eine hohe Vegetationsbedeckung mit grünen Pflanzen schließen. In den betroffenen Waldgebieten um Windkraftwerke zeigte sich eine Abnahme des NDVI um 0,03 bis 0,33 im Vergleich zu vorher. Die nachweisbar beeinträchtigte Waldfläche um die Windkraftwerke lag zwischen 1,5 und 6,5 ha/MW, im Durchschnitt bei 4,3 ha/MW (umgerechnet wären dies bei 7 MW ca. 10 bis 45 ha, im Mittel 30 ha.). Dieser Wert ist im Flächenverbrauch von WKW im Wald in Bild 15 noch nicht enthalten.

Die Fläche, in der eine statistisch signifikante Abnahme des NDVI gemessen wird, ist damit deutlich größer als die reine Waldrodungsfläche. Dies dürfte durch die Rodungen entlang der geschaffenen Zuwegung und der Fläche der WKW verursacht sein, durch die vorher geschlossene Waldbestände aufgerissen werden. In deren Folge entstehen durch Erwärmung des Waldbodens bei Sonneneinstrahlung Mikro-Thermiken, die bei Trockenheit Austrocknungsvorgänge in größeren Waldbeständen verstärken.

Für die durchschnittliche Zunahme der Bodenerosion pro Flächeneinheit durch Bau der Zuwegungen im Wald ergeben sich in der Untersuchung Werte zwischen 24,8 und 274,3 Tonnen pro Hektar und Jahr, während der Bau von Windkraftanlagen eine Zunahme der Bodenerosion zwischen 26,5 und 263,5 Tonnen pro Hektar und Jahr verursacht.

Ein in der Diskussion bei der Planung von Windkraftwerken im Wald häufig vorgebrachtes Argument lautet, dass man es so einrichten könne, dass die Anlagen nicht in „wertvollem“ Wald, sondern gezielt z.B. in Fichtenmonokulturen, auf durch Borkenkäfer geschädigten Flächen oder auf Kahlflächen errichtet werden könnten, um dadurch die ökologischen Beeinträchtigungen gering zu halten. Dieses auf den ersten Blick plausibel erscheinende Argument ist jedoch nicht tragfähig. Wald ist einem steten Wandel unterworfen. Heutige Kahlflächen oder durch Schädlinge geschädigte Flächen werden wieder durch Mischwald aufgeforstet oder regenerieren sich von selbst durch Naturverjüngung, dasselbe gilt nach der Ernte für Fichtenmonokulturen. Die Forstwirtschaft hat sich in den letzten Jahrzehnten deutlich gewandelt und Fehler früherer Generationen erkannt. Auf Waldflächen, die für ein

²⁵ Zilong Xia et al., Assessment of forest disturbance and soil erosion in wind farm project using satellite observations, ELSEVIER, Resources, Conservation and Recycling, Volume 212, Januar 2025
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107934>

Windkraftwerk dauerhaft gerodet und geschottet werden, wird dagegen wahrscheinlich nie mehr Wald wachsen.



Bild 16: Naturverjüngung auf ehemaliger Kalamitätsfläche

Es kommt ein Zweites hinzu: Das Argument der Wahl „ökologisch unproblematischer“ Standorte im Wald hat zur Voraussetzung, dass Standorte für WKW frei gewählt werden könnten. Dies ist jedoch nicht der Fall. Gerade bei Standorten im Wald in Mittelgebirgen bestehen bei der Standortplanung mehrere Zwangsfaktoren, die eine freie Standortwahl nicht möglich machen:

1. WKW müssen in Hauptwindrichtung einen Abstand von mindestens 5 Rotordurchmessern, in Nebenwindrichtung von mindestens 3 Rotordurchmessern einhalten, um Verluste durch sogenannte Nachlaufeffekte (Verringerung der Windgeschwindigkeit und Erhöhung von Turbulenzen durch die benachbarten WKW) gering zu halten.
2. Das Gelände der Anlage muss in einer ausreichenden Länge von ca. 200 m und ausreichenden Breite von ca. 30 - 70 m mit vertretbarem Aufwand nivelliert werden können. (Neigung höchstens 1%, Kranaufstellfläche 0%)
3. Es muss aus ökonomischen Gründen eine ausreichend hohe Zahl von Anlagen errichtet werden können, um die Investitionsnebenkosten (Zuwegung, Stromanbindung, Gutachten etc.) in einem ökonomisch vertretbaren Rahmen zu halten.

Bild 17 zeigt als Beispiel die aufgrund dieser Rahmenbedingungen in Frage kommenden Standorte auf den zwei im Heidelberger Wald geplanten Windvorrangflächen.

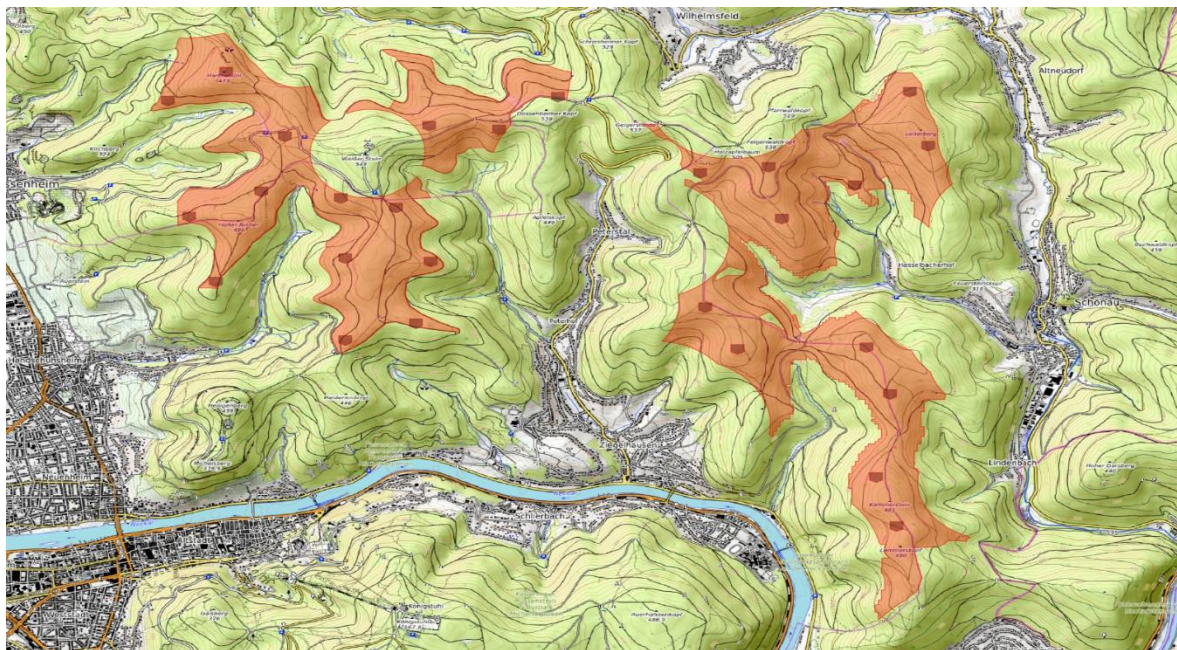


Bild 17: Mögliche WKW-Standorte (grau) auf den geplanten Windvorrangflächen (hellrot) Weißer Stein und Lammerskopf in Heidelberg, violett: Gemarkungsgrenze

4 Vergleich der Stromerträge zwischen Standorten im Offenland in der Rheinebene und auf Höhen im Odenwald

In UPI-Bericht 88 hatten wir ausgehend von den im Windatlas Baden-Württemberg 2019 angegebenen Werten berechnet, dass Windkraftwerke auf Höhen des Odenwaldes einen etwa 20% höheren Ertrag liefern würden als Anlagen in der Rheinebene im Offenland.²⁶

Inzwischen haben wir die tatsächlichen Stromerträge aller Windenergieanlagen im Odenwald und der vergleichbaren Anlagen im Offenland in der rheinland-pfälzischen Rheinebene zwischen Frankreich und Dittelsheim ermittelt und verglichen. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden nur Anlagen ab mindestens 2,4 MW Nennleistung berücksichtigt, über die Ertragsdaten der letzten 4 Jahre vorliegen. Das Ergebnis zeigt Bild 18 bis Bild 19.

Die realen Stromerträge der Anlagen am Netzeinspeisepunkt werden auf den Seiten der Bundesnetzagentur jährlich in Form von Monatswerten vollständig veröffentlicht. Im Falle des Windparks Stillfüssel im Odenwald fehlen in den Daten der Bundesnetzagentur im letzten untersuchten Jahr 2023 allerdings die Werte für das 4. Quartal 2023. Mehrere schriftliche und telefonische Anfragen im September und Oktober 2024 an die vier für den Windpark Stillfüssel zuständigen Firmen ENTEGA AG, ENTEGA Regenerativ GmbH, Messstellenbetrieb COUNT+CARE GmbH und e-netz Südhessen AG Netzzugang/Einspeisung, um Daten dieser Erträge des 4. Quartals 2023 zu erhalten, wurden leider nicht inhaltlich beantwortet. Es war auch nicht möglich, Auskunft darüber zu erhalten, ob Anlagen am Stillfüssel in diesem Zeitraum wegen Schäden oder Sanierung stilllagen.

²⁶ UPI-Bericht 88 „Windkraftwerke im Wald - Bewertung und Alternativen“, März 2023, Bild 27 ff
www.upi-institut.de/upi88.pdf

Die fehlenden Werte für den Windpark Stillfüßel im 4. Quartal 2023 wurden deshalb aus den Monatswerten 2022 mit den prozentualen Änderungen der Monatswerte Oktober – Dezember von 2022 auf 2023 der anderen Anlagen im Odenwald geschätzt. Zugunsten des Windparks Stillfüßel wurde dabei angenommen, dass alle 5 Anlagen im fehlenden 4. Quartal 2023 vollständig in Betrieb waren.²⁷

Da die Anlagen unterschiedliche Nennleistungen (MW) haben, müssen ihre Stromerträge auf ein einheitliches Maß umgerechnet werden. Es gibt dazu zwei Möglichkeiten:

Volllaststunden und Ernteleistung

Die errechneten Volllaststunden geben an, wie viele Stunden im Jahr die Anlage theoretisch bei Volllast hätte laufen müssen, um die tatsächlich produzierte Strommenge zu erzeugen.

$$\text{Volllaststunden } h = \frac{\text{jährlicher Stromertrag der Anlage in MWh}}{\text{Nennleistung in MW}}$$

Die Ernteleistung gibt an, wieviel Watt Stromleistung im Jahresmittel die WEA pro Quadratmeter vom Rotor überstrichener Kreisfläche aus dem Wind geerntet und in das Netz eingespeist hat. Sie hat dieselbe Einheit W/m² wie die im Windatlas angegebene physikalische Windleistungsdichte.

$$\text{Ernteleistung } \frac{W}{m^2} = \frac{\text{jährlicher Stromertrag der Anlage in Wh}}{8760 \text{ Jahresstunden} \times \text{von Rotoren überstrichene Fläche in } m^2}$$

Die Volllaststunden sind bei sonst gleichen technischen Bedingungen der Anlage umso größer, je kleiner die Nennleistung ist. Die Ernteleistung dagegen ist unabhängig von der Nennleistung. Sie stellt deshalb das realistischere Maß für einen Vergleich von Standorten dar.

Die Ergebnisse überraschen, da sie völlig anders sind als die in der öffentlichen Diskussion von Befürwortern der Anlagen im Wald geäußerten Mutmaßungen über den Unterschied des Stromertrags zwischen Odenwald und Rheinebene und auch anders als die von uns im UPI-Bericht 88 aus den Werten des Windatlases Baden-Württemberg 2019 berechneten Unterschiede.

Die Volllaststunden der Anlagen in der Ebene liegen im Durchschnitt der vier Jahre 2020 – 2023 lediglich um 6,1% niedriger als auf den Höhen des Odenwaldes. (Bild 18)

Die realen Stromerträge der Anlagen, ausgedrückt durch die mittlere Ernteleistung pro Quadratmeter Rotorfläche, sind in der Rheinebene fast gleich zu der im Odenwald (0,4% höher). (Bild 19)

²⁷ Im Nachhinein erfuhren wir von Anwohnern, dass mindestens in den Monaten November und Dezember 2023 die Anlagen in Stillfüßel nicht vollständig in Betrieb waren, da u.a. ein Rotor monatelang defekt war und repariert werden musste. Dies dürfte der Grund dafür sein, dass vom Betreiber die Stromerträge der letzten 3 Monate 2023 der Bundesnetzagentur nicht gemeldet wurden und dem UPI-Institut trotz mehrerer Rückfragen keine Auskunft erteilt wurde. Da bei den Berechnungen des UPI angenommen wurde, dass die Anlagen Stillfüßel im fehlenden 4. Quartal 2023 vollständig in Betrieb waren, sind die in Bild 18 und Bild 19 für Stillfüßel und den Durchschnitt der WEA im Odenwald dargestellten Werte etwas überschätzt.

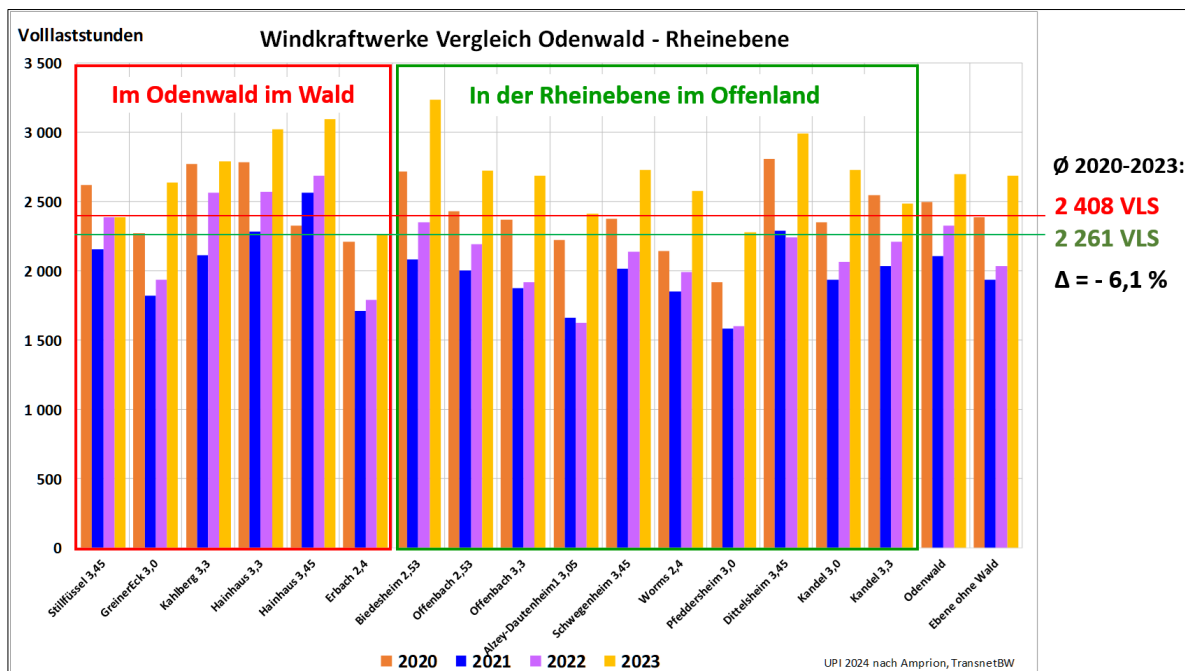


Bild 18: Vergleich der realen WEA-Stromerträge im Odenwald und in der Rheinebene nach Volllaststunden in den Jahren 2020 bis 2023 ²⁸

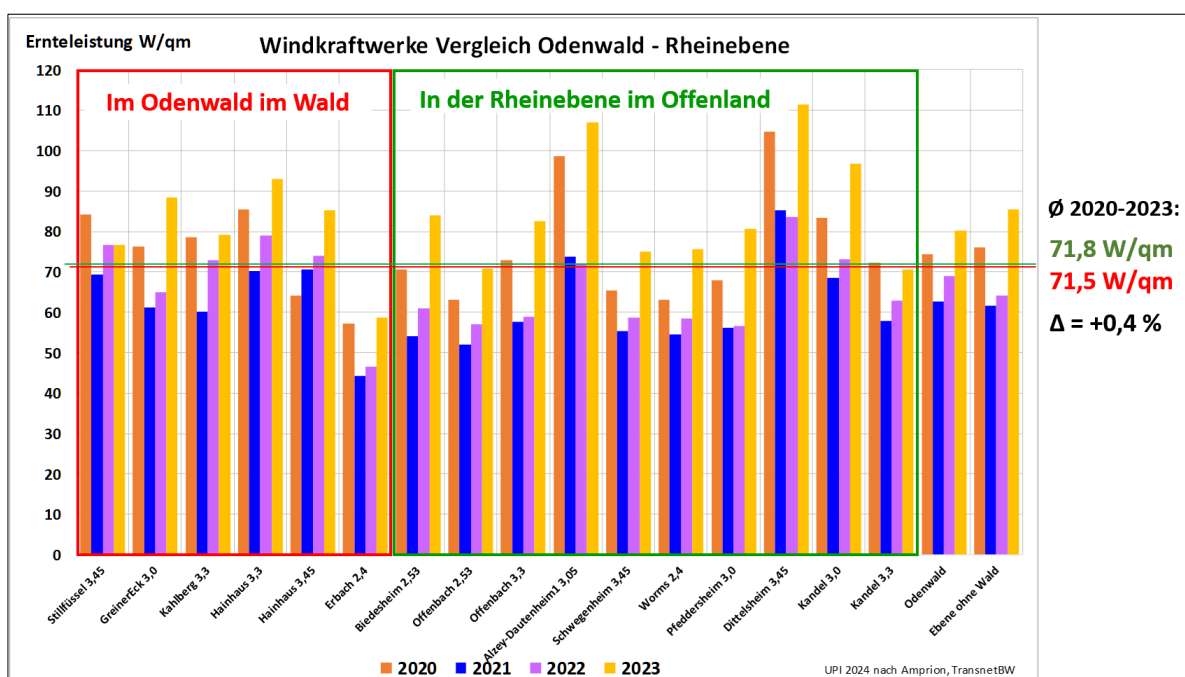


Bild 19: Vergleich der realen WEA-Stromerträge im Odenwald und in der Rheinebene nach geernteter Leistung in W/m² in den Jahren 2020 bis 2023 ²⁸

Betrachtet man wegen der für das 4. Quartal 2023 des Windparks Stillfüßel fehlenden und für diesen Zeitraum nur berechneten Werte nur die drei Jahre 2020 – 2022, liegen die Volllaststunden der Anlagen in der Ebene im Durchschnitt um 8,3% niedriger als auf den Höhen des Odenwaldes. (Bild 20) Die geerntete Windleistung in der Rheinebene ist pro Quadratmeter Rotorfläche mit -2% nur geringfügig niedriger als im Odenwald (Bild 21).

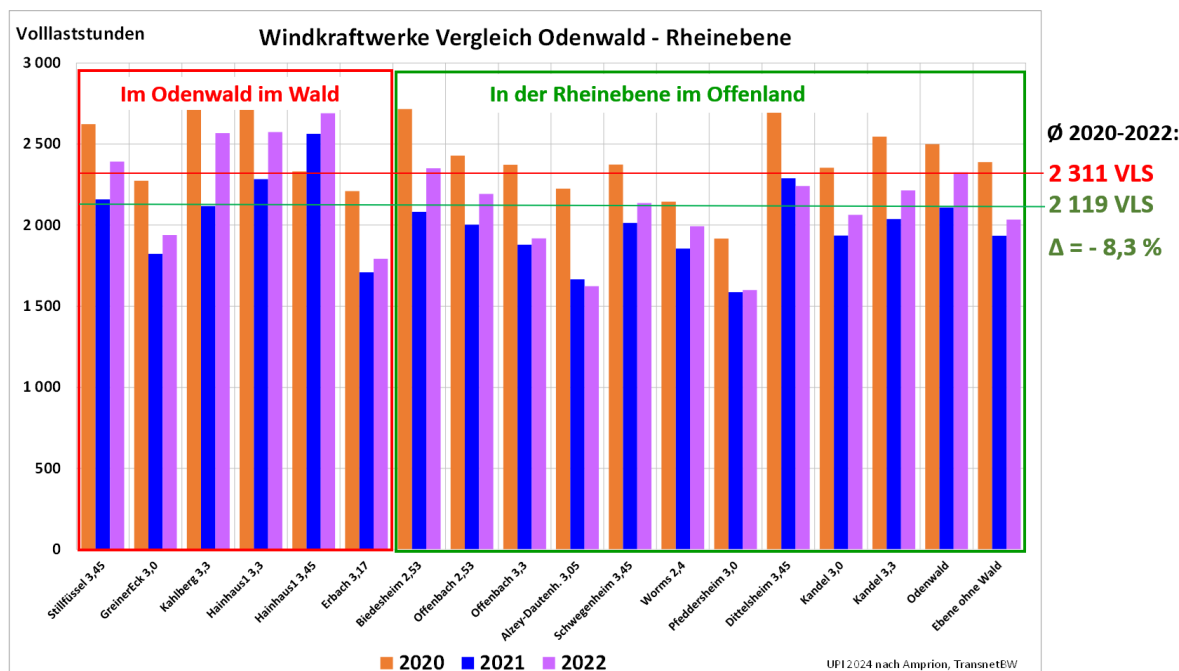


Bild 20: Vergleich der realen WEA-Stromerträge im Odenwald und in der Rheinebene nach Volllaststunden in den Jahren 2020 bis 2022 ²⁸

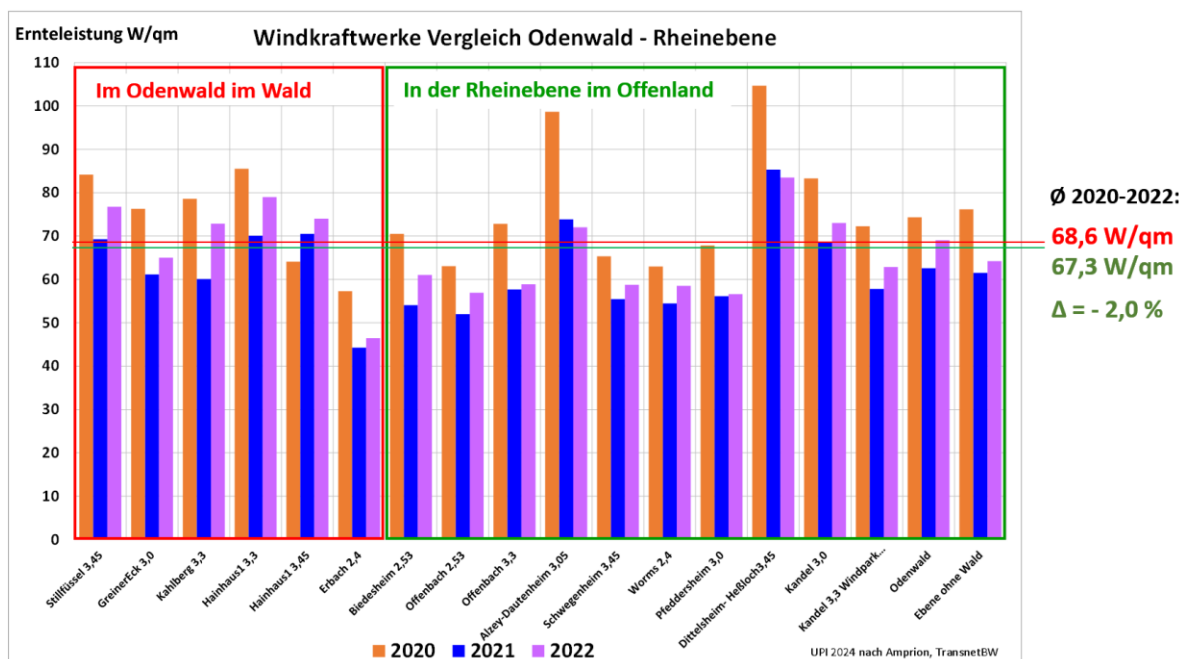


Bild 21: Vergleich der realen WEA-Stromerträge im Odenwald und in der Rheinebene nach geernteter Leistung in W/m² in den Jahren 2020 bis 2022 ²⁸

Diese Ergebnisse der realen Stromeinspeisung der Anlagen in den letzten Jahren entsprechen nicht den aus den Windleistungsdichten des letzten Windatlasses Baden-Württemberg 2019 zu erwartenden Werten. Woran liegt das ?

Ein Blick in den vorletzten Windatlas Baden-Württemberg 2011²⁹ kann eine erste Antwort geben. Bild 22 bis Bild 24 zeigen Bilder und Sachverhalte zum Unterschied von Standorten im Wald und im Offenland, die im neuen Windatlas Baden-Württemberg 2019 leider nicht mehr erhalten und nicht mehr erwähnt sind.

Standort innerhalb des Waldes

Bei einer Situierung innerhalb des Waldes tritt der Effekt auf, dass die tatsächliche Höhe der Windmessung bzw. der Windkraftanlage nicht mehr deren nominalen Höhe entspricht. Dies beruht gem. Abb. 17 auf dem Effekt der Anhebung der Strömung durch den umgebenden Wald. In der nachfolgenden Abbildung soll dieser Sachverhalt dargestellt werden.



Abb. 17: Entwicklung des Windprofils im Wald.

Bild 22: Maßgebende Höhe von WEA im Wald, aus ²⁹

²⁹ Windatlas Baden-Württemberg, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart, S. 19ff Kap. 1.3.2. Wind im Wald, 2011
www.staedtebauliche-klimafibel.de/pdf/Windatlas-B-W-2011.pdf

Planungen im Wald bedürfen größerer Abstände, da durch den Wald selbst höhere Turbulenzen und zusätzliche Ablösewirbel an den Baumspitzen erzeugt werden. In den Hauptwindrichtungen sollte der Minimalabstand sehr viel größer als 5 Rotordurchmesser gewählt werden. In ausgeprägten Nebenwindrichtungen kann ein Abstand von 3 Rotordurchmessern ausreichend sein.

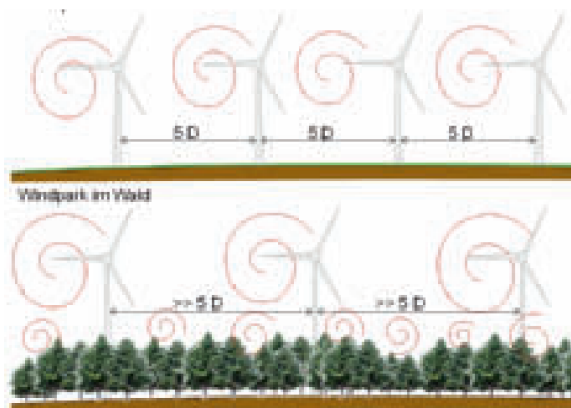


Abb. 18: Vergleich der Anlagenabstände am waldfreien und am bewaldeten Standort.

Bild 23: Notwendige Abstände von WEA aufgrund Turbulenzen, aus ²⁹

schätzung des künftigen Energieertrages an Waldstandorten zu verschiedenen Zeitpunkten, wie in Abb. 19 illustriert.

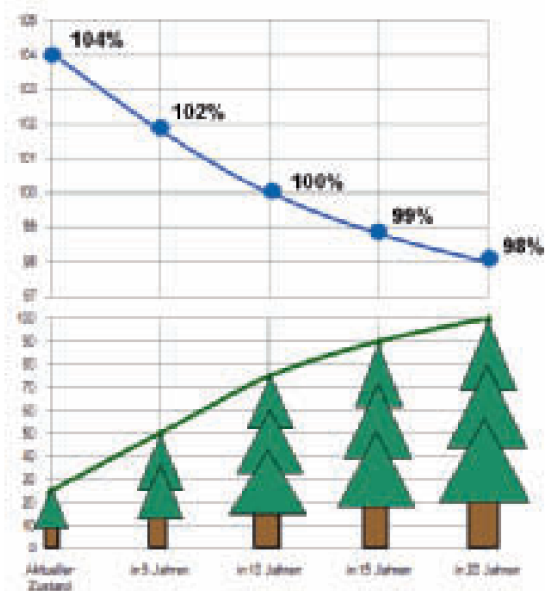


Abb. 19: Auswirkungen von Wiederaufforstung; relativer Ertrag und relative Baumhöhe.

Bild 24: Abnahme des Energieertrags von WEA im Wald mit dem Wachstum der Bäume, aus ²⁹

Im UPI-Bericht 88 wurde bereits gezeigt, dass der aktuelle Windatlas Baden-Württemberg die Windleistungsdichte auf den Höhen der Mittelgebirge überschätzt, da er bei der Berechnung der gekappten Windleistungsdichte eine Kappung erst bei unrealistischen 15 m/s Windgeschwindigkeit annimmt, während bei Windenergieanlagen aller Hersteller wegen der begrenzten Generatorleistung bereits ab Windgeschwindigkeiten von 10-12 m/s keine Erhöhung der abgegebenen Leistung mehr eintritt.³⁰ Dadurch werden die Unterschiede zwischen Ebene und Bergen in den Karten des Windatlases etwa 15 - 20% stärker dargestellt als sie der Realität der WKW an diesen Standorten entsprechen.

Aufschlussreich ist darüber hinaus ein Vergleich der Ergebnisse des Windatlases Baden-Württemberg 2019 mit dem Windatlas Rheinland-Pfalz³¹, siehe Bild 25.

Während die Windgeschwindigkeiten in 160 m Höhe in der Rheinebene westlich des Odenwaldes auf baden-württembergischer Seite im Durchschnitt bei 5,25 m/s liegen, liegen sie nach dem rheinland-pfälzischen Windatlas in der Rheinebene in diesem Bereich linksrheinisch bei ca. 6,0 m/s. Da die Windgeschwindigkeit in die Berechnung der kinetischen Energie des Windes in der 3. Potenz eingeht, bedeutet dies, dass der Stromertrag von WEA linksrheinisch nach den Werten des rheinland-pfälzischen Windatlases **um ca. 50% höher liegt** als rechtsrheinisch nach den Werten des baden-württembergischen Windatlases. Kurioserweise gilt dies z.B. auch für baden-württembergische Gebiete, die links des Rheins liegen wie die Kollerinsel. (siehe Pfeil in Bild 25)

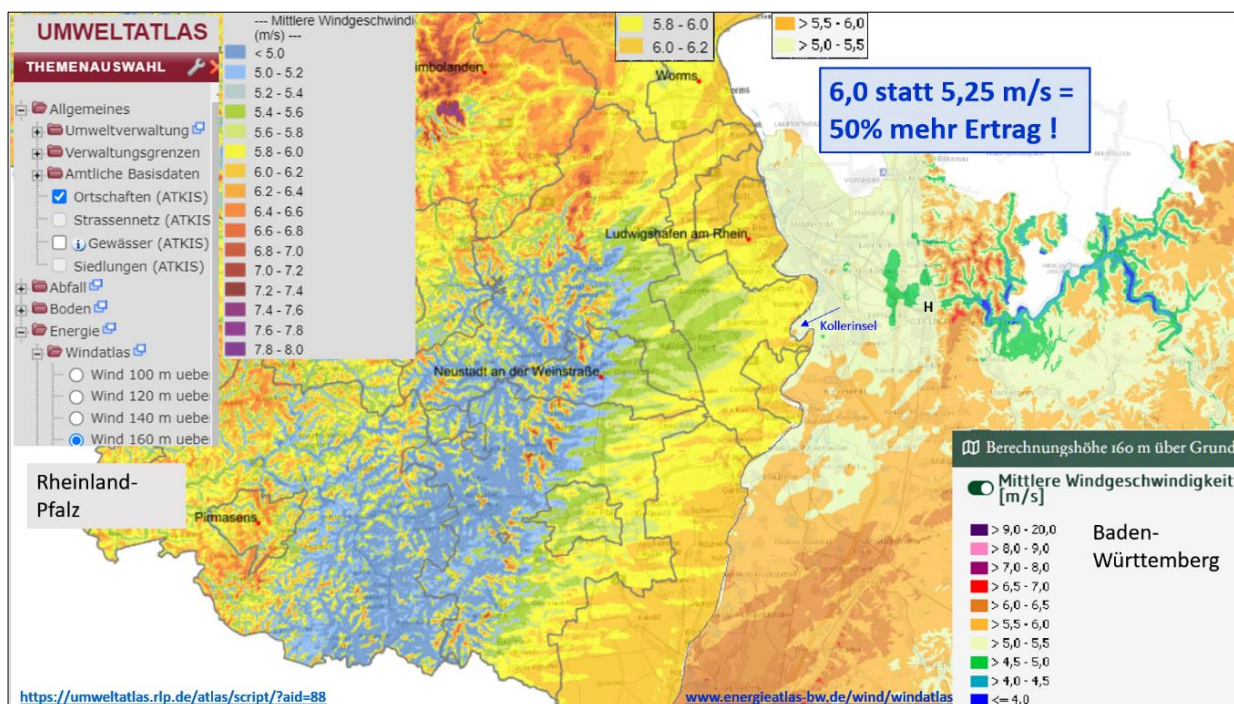


Bild 25: Windgeschwindigkeiten in 160 m Höhe nach Windatlanten Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg, originale Farbcodierung der Atlanten

³⁰ siehe UPI-Bericht 88, Seite 30ff

³¹ Windatlas Rheinland-Pfalz, abgerufen 21.10.2024
<https://umweltatlas.rlp.de/atlas/script/?aid=88>

Da sich Windgeschwindigkeiten in 160 m Höhe weder durch den Rhein noch durch eine Landesgrenze abrupt ändern können, muss einer der beiden Windatlanten falsche Werte liefern.

Welcher Windatlas die realistischeren Werte zeigt, kann zunächst nicht entschieden werden. Ein Blick in die Karten der bisher realisierten Windkraftwerke gibt jedoch Aufschluss.

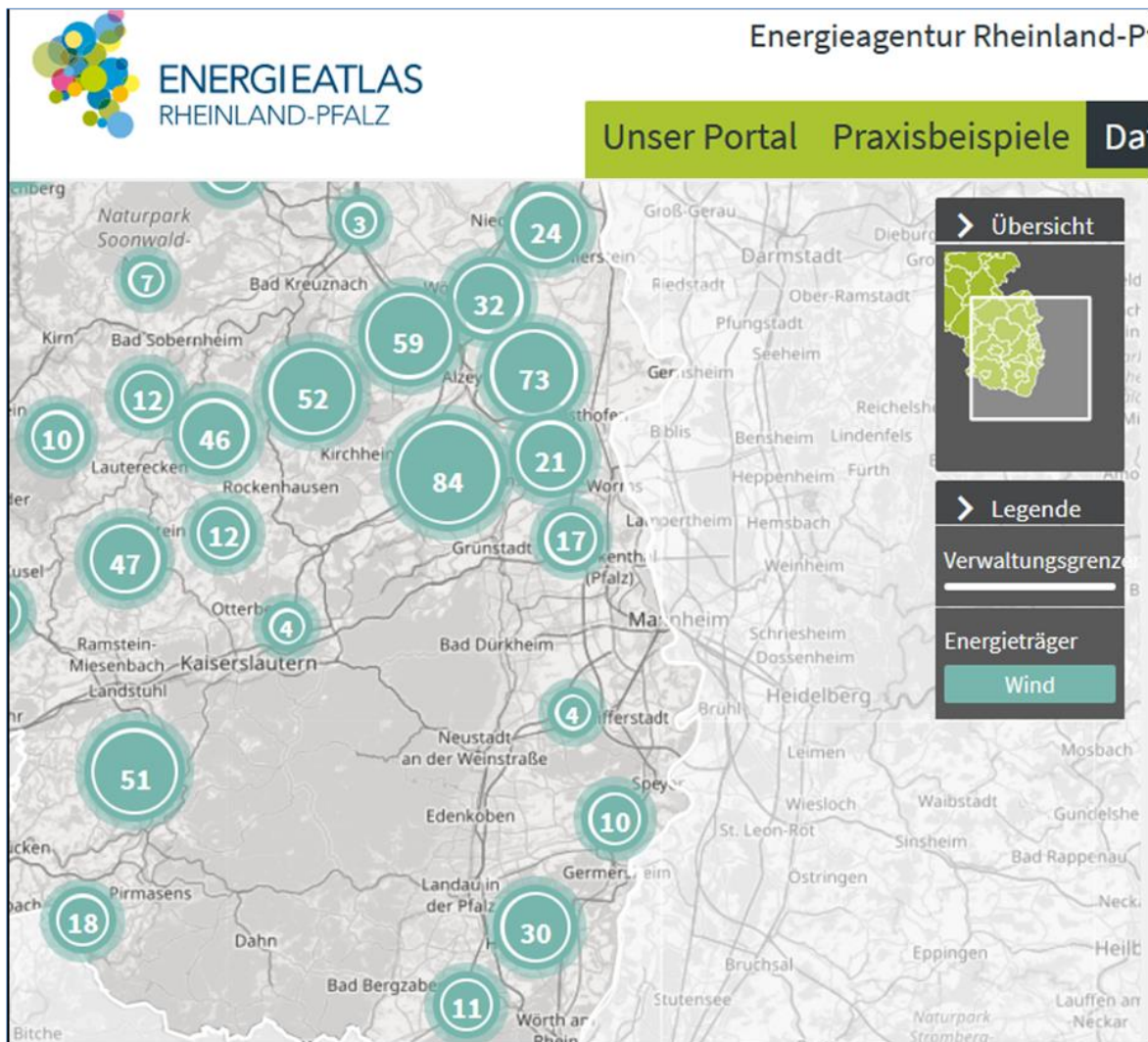


Bild 26: Existierende Windenergieanlagen in Rheinland-Pfalz³²

Seit 2013 wurden auf rheinland-pfälzischer Seite der Rheinebene 160 Windkraftwerke im Offenland errichtet. Im Vergleich dazu existieren auf der baden-württembergischen Seite bisher lediglich 3 WEA.

³² www.energieatlas.rlp.de/earp/daten/strom/ee-anlagen

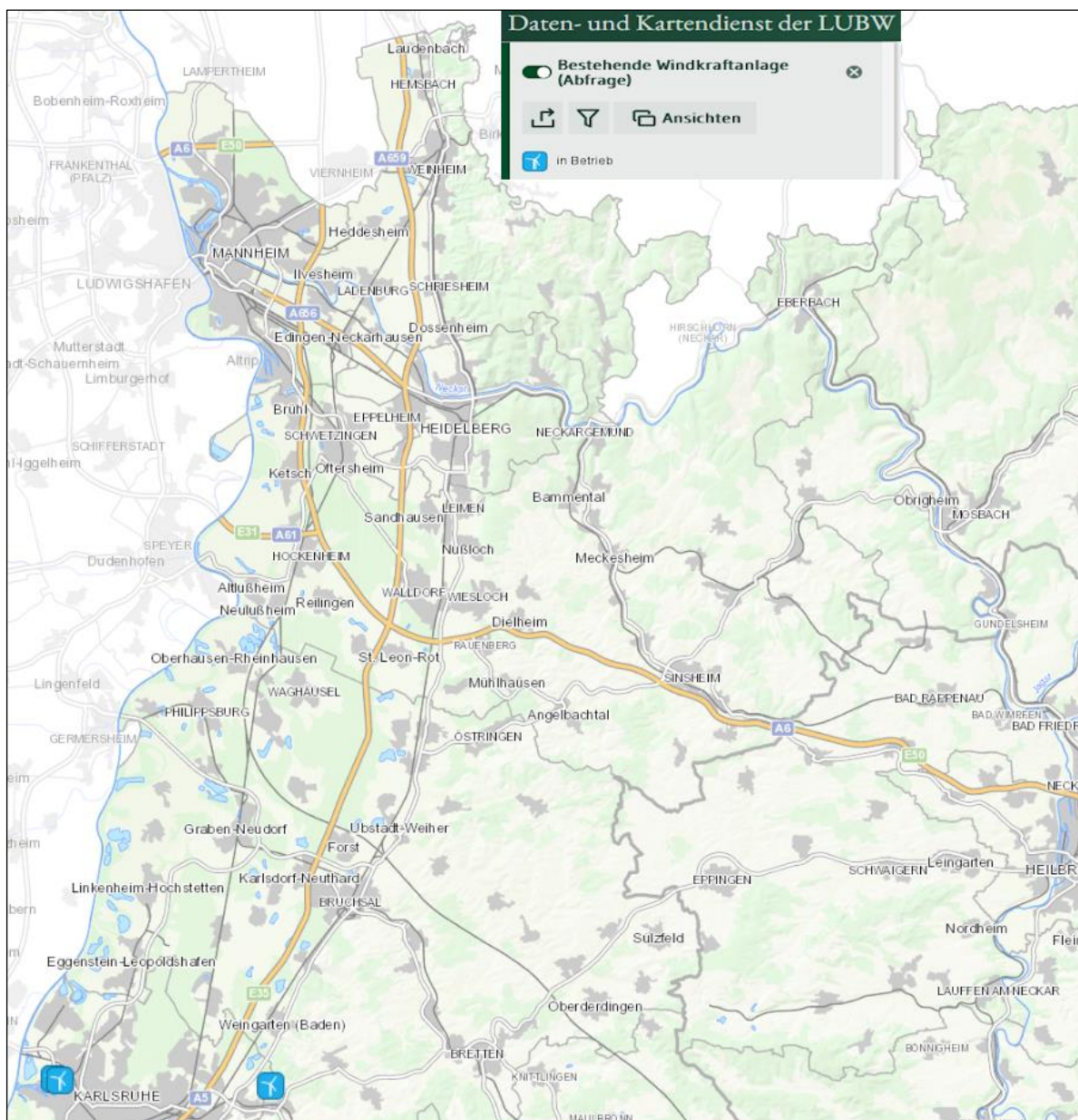


Bild 27: Existierende Windenergieanlagen in Nord-Baden mit Rheinebene und Kraichgau 2024³³

Die realen Stromerträge (Bild 18 und Bild 19) und der Bau und Betrieb der Anlagen in Rheinland-Pfalz stützen die im Windatlas des Landes Rheinland-Pfalz angegebenen Werte. In Rheinland-Pfalz erfolgt im Offenland in der Rheinebene darüber hinaus ein deutlicher Zubau von WEA, der eine breite Zustimmung in der Bevölkerung findet. (Bild 28)

DIE RHEINPFALZ Rhein-Pfalz-Kreis Kultur Lokalsport Ludwigshafen Frankenthal BÖHL-IGGELHEIM Weg frei für vier neue Windräder Markus Müller 28. März 2023 - 17:00 Uhr Lesezeit: 2 Minuten Derzeit erzeugt in Böhl-Iggelheim eine Windkraftanlage erneuerbare Energie. Die möchte ein Investor durch ein effizienteres Modell ersetzen und zusätzliche bauen. Die Gemeinde möchte dafür die rechtlichen Grundlagen schaffen. Da der Vorhabenträger nicht nur das vorhandene Windrad zurückbauen und durch ein größeres, leistungsfähigeres Exemplar ersetzen, sondern in diesem Bereich vier weitere Windräder errichten möchte, soll das dafür vorgesehene Areal vergrößert werden. Außerdem soll ein zweites Gelände zwischen den Bahngleisen und der L454 nach Schifferstadt für ein zusätzliches Windrad ausgewiesen werden. Dafür muss laut Villinger der Flächennutzungsplan entsprechend angepasst werden. Den hierfür erforderlichen Aufstellungsbeschluss fasste der Gemeinderat einstimmig. „Es ist zu begrüßen, dass wir das was tun“, fand Michael Knebel (CDU). Während es früher einen großen Aufschrei gegeben habe, wenn jemand Windkraftanlagen bauen wollte, sei die Bevölkerung mittlerweile dafür sensibilisiert.	SWR» AKTUELL SWR Aktuell Rheinland-Pfalz Ludwigshafen Land beschließt kleinere Mindestabstände Gemeinden in der Pfalz wollen neue Windräder bauen Stand: 25.1.2023, 15:38 Uhr Von Leon Vucemilovic SWR» AKTUELL MILLIONEN FÜR WINDKRAFT IN DER PFALZ 25 neue Windräder um Speyer und in der Südpfalz geplant STAND: 6.6.2023, 11:34 UHR Die Stadtwerke Speyer haben große Pläne: Fünf neue Windparks mit insgesamt 25 Windrädern sollen gebaut werden - an mehreren Orten um die Domstadt und in der Südpfalz. Von dort kommt überwiegend Zustimmung. Geplant sind die Windparks nach Angaben der Stadtwerke für den Rinkenbergerhof, Römerberg, Otterstadt, Herxheim bei Landau und Rheinzabern.	Nr. 164 / Rhein-Neckar-Zeitung 18.7.2024 Rund 4000 Stellungnahmen zur Windkraft <i>Regionalplan muss bis Ende September 2025 beschlossen sein</i> Von Alexander Albrecht Rhein-Neckar. „Das ist schon ein Haufen Holz“, sagt Petra Schellmann. Rund 4000 Stellungnahmen sind bis Fristende zum Regionalplan zur Windkraft eingegangen, handschriftlich, per Fax oder per E-Mail. Und das ist noch längst nicht alles. „In jeder Einwendung werden sechs bis zehn inhaltliche Argumente angeführt“, so die Leitende Direktorin beim Verband Region Rhein-Neckar (VRRN). Bis Ende dieses Monats will Schellmann mit ihrem kleinen Team die Stellungnahmen erfassen. 3000 davon haben Privatpersonen formuliert, und die stammen fast ausschließlich aus Baden-Württemberg. Während die Einwendungen aus Baden-Württemberg häufig einen Verzicht auf oder eine Verkleinerung von Flächen für die Windenergie forderten, würden in denen aus Rheinland-Pfalz zusätzliche gewünscht, sagt Schellmann. 42
---	---	--

Bild 28: Beispiele aktueller Planungen in Rheinland-Pfalz

Demgegenüber jedoch versucht Baden-Württemberg eine Strategie des Baues von Windkraftwerken vor allem im Wald, die bisher keinen Erfolg zeigte und auf z.T. große Ablehnung stößt. Und die, wenn sie irgendwann durch die Änderungen zahlreicher Gesetze doch erfolgreich wäre, massive ökologische Schäden verursachen würde. Eine solche Strategie ist mittelfristig zum Scheitern verurteilt. Sie erreicht weder Akzeptanz noch ausreichenden Klimaschutz.

Warum diese Politik durch einen im Auftrag der Landesregierung Baden-Württemberg erstellten Windatlas unterstützt wird, der die Erträge im Wald auf Mittelgebirgshöhen über- und auf Offenland in der Ebene unterschätzt, kann nur vermutet werden.

RHEIN-NECKAR-ZEITUNG



RNZ+
Baden-Württemberg

500 neue Windräder für den Staatswald

Forstminister Peter Hauk (CDU) will beim Ausbau der Windenergie den Turbo zünden und hat ambitionierte Ziele.

26.07.2021
UPDATE: 27.07.2021 06:00 Uhr
🕒 1 Minute, 56 Sekunden





Bild 29: Beispiel für die Strategie in Baden-Württemberg

Bürgerentscheide Windkraftwerke im Wald	Datum	Ja	Nein	Wahlbe- teiligung
Ilmmünster	2016	40,8 %	55,3 %	68,5 %
Kolbingen	2.7.2023	34 %	66 %	65 %
Meckesheim	23.07.2023	39,04 %	60,96 %	62,0 %
Auerbach	8.10.2023	43,2 %	56,8 %	77,5 %
Niedernhausen	8.10.2023	51,8 %	48,2 %	73,3 %
Markt Wartenberg	11.10.2023	43,2 %	56,8 %	90,4 %
Waibstadt	22.10.2023	46,08 %	53,96 %	61,9 %
Mehring-Altötting	28.1.2024	32,9 %	67,1 %	75 %
Schliengen (Kreis Lörrach)	18.2.2024	43,8 %	56,2 %	60,5%
Pfronstetten (Kreis Reutlingen)	14.4.2024	46,9 %	53,1 %	71,2%
Marktl-Altötting	9.6.2024	60,4 %	39,6 %	70,0%
Vöhringen (Kreis Rottweil)	9.6.2024	33,5 %	66,2 %	
Kiedrich (Rheingau-Taunus)	9.6.2024	41,3 %	58,7 %	72,3%
Helmstadt-Bargen	21.7.2024	62,5 %	37,5 %	53,0%
Birkenfeld (Nordschwarzwald)	10.11.2024	28,83%	71,17%	51,11%
Tiefenbronn (Nordschwarzwald)	10.11.2024	46,06%	53,94%	51,37%

Bild 30: Ausgang von Bürgerentscheiden über geplante Windkraftwerke im Wald

5 Weitere Unterschiede zwischen Offenland- und Waldstandorten

WKW erfordern heute Investitionen von 8 bis 12 Millionen Euro pro Anlage. Während die direkte Investition für die Anlage höchstens durch die Wahl des Herstellers beeinflusst werden kann, hängen die Investitionsnebenkosten stark vom gewählten Standort ab. Hier bestehen zum Teil erhebliche Unterschiede zwischen Standorten im Wald bzw. in Mittelgebirgen und im Offenland. Relevant sind die in Tabelle 4 aufgeführten Faktoren.

Windleistungsdichte lediglich 1 Kriterium, aber ebenfalls wichtig: Aufwand für

1. Abstand zum nächsten Netzverknüpfungspunkt (Länge neuer Mittel- und Hochspannungsleitungen)
2. Abstand zu bestehendem Umspannwerk oder neues Umspannwerk notwendig ?
3. Höhe der Stromverluste bis zum Netzverknüpfungspunkt
4. Notwendigkeit von Geländeneivellierungen (<1% ca. 8 000 qm) ?
5. Zuwegung (Länge der zu verbreiternden und zu schotternden Wege)
6. Zahl der LKW-Fahrten zum Transport des Schotters
7. Zahl der zu fällenden Bäume
8. Bodenrauigkeit, die mit der Höhe von Bäumen zunimmt
9. Turbulenzintensität und notwendige Abstände zwischen den einzelnen Anlagen
10. Kosten für Ausgleichsmaßnahmen
11. Dauer notwendiger Abschaltzeiten wegen Naturschutz
12. Effizienzverluste durch Verschmutzung der Rotorblätter mit Überresten von getöteten Fluginsekten
13. Aufwand für das Genehmigungsverfahren
14. Öffentliche Akzeptanz
15. ggfls. gerichtliche Auseinandersetzungen
16. Wie schnell sind die Anlagen realisierbar ?

Investitionsnebenkosten
Geringerer Stromertrag
Beeinträchtigung der Energiewende

Tabelle 4: Kriterien zur Bewertung eines Windenergieanlagenstandorts

Im Offenland ist der Aufwand für die meisten dieser Faktoren meist geringer, z.T. erheblich geringer, wenn z.B. Umspannwerke und Stromleitungen in der Nähe vorhanden sind.

Interessant ist in diesem Zusammenhang eine Berechnung des Klima-Sachverständigenrats Baden-Württemberg zu den Kosten des Ausschlusses von Waldstandorten für Windenergieanlagen. Der Sachverständigenrat analysierte, wie die Flächen im Landeseigentum für den Ausbau erneuerbarer Energien zur Erreichung von Klimaschutzzielen des Landes genutzt werden könnten.³⁴ Dabei wurden spezifische Investitionskosten in Höhe von 1,144 Mio € pro MW und Investitionsnebenkosten von 3,726 Mio € angenommen. Zugrundegelegt wurden 6 MW-Anlagen. Der Anteil der Investitionsnebenkosten betrug in der Rechnung ca. 35%. Dies entspricht dem bundesdeutschen Durchschnitt, wobei bisher 92% der WEA im Offenland errichtet wurden.

Bei Zugrundelegung der Flächenvorgaben aus dem Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg (KlimaG 2023) und der Werte des Windatlasses Baden-Württemberg 2019 ergaben sich Stromgestehungskosten in Höhe von 7,11 ct/kWh. Werden Standorte im Wald und auf Erhebungen ausgeschlossen, lagen die Stromgestehungskosten mit 7,63 ct /kWh lediglich um 7,3% höher. Allerdings wurden bei der Berechnung der Waldstandorte die **gleichen Investitionsnebenkosten** wie für Offenlandstandorte unterstellt, was zu einer deutlichen Überschätzung des Unterschieds führt bzw. bei einer realistischeren Rechnung den Unterschied wahrscheinlich umkehren würde (siehe Tabelle 4).

6 Gibt es ohne Waldstandorte genügend Flächen für Windkraftwerke ?

In der Diskussion wird oft befürchtet, dass es ohne Waldstandorte zu wenige Flächen für Windkraftwerke gäbe. Dies ist nicht der Fall, wie in den nächsten Kapiteln gezeigt wird.

6.1 Studie des Bundesamts für Naturschutz (BfN)

In UPI-Bericht 88 wurden bereits die Ergebnisse des umfassenden, durch das Bundesamt für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) geförderten Forschungsprojekts „Naturverträgliche Energieversorgung aus 100 % erneuerbaren Energien 2050“ (EE100) der Universität Hannover, des Fraunhofer-Instituts für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (IEE), des Instituts für Elektrische Energiesysteme (IfES), des Instituts für Wirtschaftsinformatik und der TU Berlin dargestellt.³⁵

³⁴ Landesflächen Baden-Württemberg - Aufwind durch Nutzung für Erneuerbare Energien, Klima-Sachverständigenrat Baden-Württemberg, Impulspapier, September 2024

³⁵ Julia Thiele, Julia Wiehe, Philip Gauglitz, Carsten Pape, Clemens Lohr, Astrid Bensmann, Richard Hanke-Rauschenbach, Leonard Kluß, Lutz Hofmann, Tobias Kraschewski, Michael H. Breitner, Bernd Demuth, Eva Vayhinger, Stefan Heiland und Christina von Haaren „Konkretisierung von Ansatzpunkten einer naturverträglichen Ausgestaltung der Energiewende, mit Blick auf strategische Stellschrauben - Naturverträgliche Ausgestaltung der Energiewende“, 2021
www.bfn.de/sites/default/files/2021-09/Skript614.pdf

Das Projekt ermittelte, wo in Deutschland zusätzliche Windkraftwerke ökonomisch sinnvoll und gleichzeitig natur- und menschenverträglich entwickelt werden können. In umfassenden Raumanalysen wurden dabei unter Berücksichtigung von technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Kriterien 23 340 Potenzialflächen der Kategorie „geringer Raumwiderstand“ mit einer Gesamtfläche von 5 320 km² für Onshore-Windenergie ermittelt. Die Flächen nehmen insgesamt 1,5 % der Fläche von Deutschland ein. Sie liegen fast alle außerhalb von Waldgebieten und geschützten Naturräumen. Nur in Einzelfällen wurden Waldstandorte aufgenommen, auf denen z.B. bereits Windkraftwerke errichtet wurden.

Die Ergebnisse zeigen, dass mit den ermittelten Potenzialflächen der Kategorie „geringer Raumwiderstand“ der gesamte Strombedarf von 1 500 TWh im Jahr 2050 auf Bundesebene regenerativ und naturverträglich gedeckt werden könnte. Die hochaufgelösten Eingangsdaten ergeben ein bis zum Jahr 2050 raumverträglich erschließbares Potenzial von

- 884 TWh/a Windstrom On-Shore
- 139 TWh/a Windstrom Off-Shore und
- 937 TWh/a Photovoltaikstrom auf Dächern
- **1 960 TWh/a gesamt** (ohne Wasserkraft, Geothermie etc.)

Zusätzlich weist das Projekt 49 300 Potenzialflächen der Kategorie „mittlerer Raumwiderstand“ mit einer Gesamtfläche von 8 303 km² aus (zusätzlich 2,3% der Fläche Deutschlands). Auch diese Flächen befinden sich weitgehend außerhalb von Waldgebieten. Bilder der BfN-Flächen befinden sich in Kapitel 7.2 des UPI-Berichts 88.

In Deutschland könnten auf den durch das Bundesamt für Naturschutz ermittelten Flächen mit geringem Raumwiderstand nach der Auswertung des UPI-Instituts rund 38 000 neue große Windkraftwerke errichtet werden. Unterstellt man eine Leistung zukünftiger WKW von 7,2 MW wären dies 275 GW, das 4,4-fache aller heutigen WEA in Deutschland. (Tabelle 5) Die neuen 38 000 Anlagen könnten ca. 600 TWh Windstrom pro Jahr zusätzlich erzeugen, ohne dass ökologisch sensible Gebiete angegriffen werden müssten. Zum Vergleich: im Jahr 2023 lag der Stromverbrauch Deutschlands bei 457 TWh.

Mit den Flächen mit mittlerem Raumwiderstand stehen zusätzliche Flächen für 72 000 Windkraftwerke mit einer Leistung von 515 GW und einer Stromerzeugung von ca. 1 135 TWh pro Jahr zur Verfügung.

Flächen für Windenergie in D nach BfN	ha	Flächenanteil D	WKW	Leistung, GW
geringer Raumwiderstand	531 993	1,5%	38 200	275
mittlerer Raumwiderstand	830 294	2,3%	71 600	515
Summe BfN	1 362 287	3,8%	109 800	790
2024 in D			28 667	61,9
zu 2024, Faktor			3,8x	12,8x

Tabelle 5: Windenergiepotentiale auf Flächen des BfN-Projekts für Deutschland ³⁶

In Baden-Württemberg könnten auf den durch das Bundesamt für Naturschutz ermittelten Flächen mit geringem Raumwiderstand rund 2 500 neue große Windkraftwerke errichtet werden. Bei einer Leistung von 7,2 MW/WKW wären dies 18 GW, das Zehnfache aller heutigen WKW in Baden-Württemberg. (Tabelle 6)

Flächen für Windenergie in BaWü nach BfN	ha	Flächenanteil BaWü	WKW	Leistung, GW
geringer Raumwiderstand	35 141	1,0%	2 500	18
mittlerer Raumwiderstand	42 723	1,2%	3 700	27
Summe BfN	77 864	2,2%	6 200	45
2024 in BaWü			776	1,8
zu 2024, Faktor			8x	25x

Tabelle 6: Windenergiepotentiale auf Flächen des BfN-Projekts für Baden-Württemberg ³⁶

In den vom BfN erfassten Flächen sind darüber hinaus nicht alle für Windenergie geeigneten ökologisch vertretbaren Flächen enthalten. Dies wird am Ende dieses Kapitels am Beispiel des Rhein-Neckar-Raumes dargestellt.

6.2 Windpotentialflächen des Landes Baden-Württemberg

Das Land Baden-Württemberg hat in seinem Energieatlas Windpotentialflächen ermittelt, die im Daten- und Kartendienst der LUBW dargestellt sind. Auswahlkriterium war u.a. eine mittlere gekappte Windleistungsdichte nach dem Windatlas von mindestens 215 W/m² in einer Höhe von 160 m über Grund. Diese Windpotentialflächen stellen als Suchräume die Grundlage der derzeit stattfindenden Regionalplanung dar, in der Vorranggebiete für Windenergienutzung festgeschrieben werden sollen. 62,4% der Fläche dieser baden-württembergischen Windpotentialflächen liegen jedoch im Wald, sie nehmen eine Fläche von 11,8% des Landes Baden-Württemberg ein.

Zieht man von diesen Flächen alle Flächen im Wald- und in Natura-2000-Gebieten ab, nehmen diese Windpotentialflächen immer noch eine Fläche von 4,3% Baden-Württembergs ein. Das ist das 2,4-fache des nach dem Windenergieflächenbedarfsgesetz für Windenergie in Baden-Württemberg benötigten Flächenanteils von 1,8%.

	Zahl	ha	Anteil BaWü
Windpotentialflächen BaWü	12 553	420 381	11,8%
Windpotentialflächen BaWü ohne Wald	8 835	157 989	4,4%
Windpotentialflächen BaWü ohne Wald, FFH- u. Vogelschutzgebiete	8 676	154 090	4,3%

Tabelle 7: Windpotentialflächen des Energieatlas Baden-Württemberg 2019

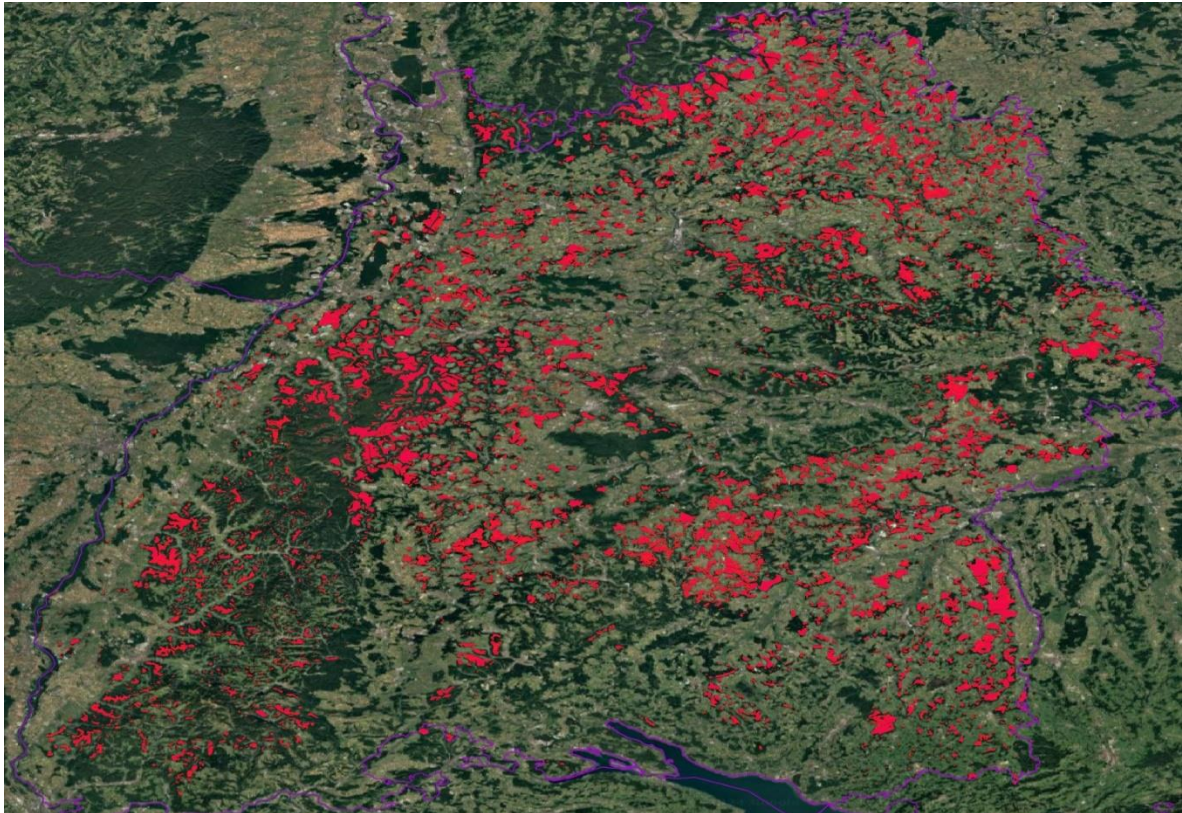


Bild 31: Windpotentialflächen des Energieatlas Baden-Württemberg im Wald (rot)

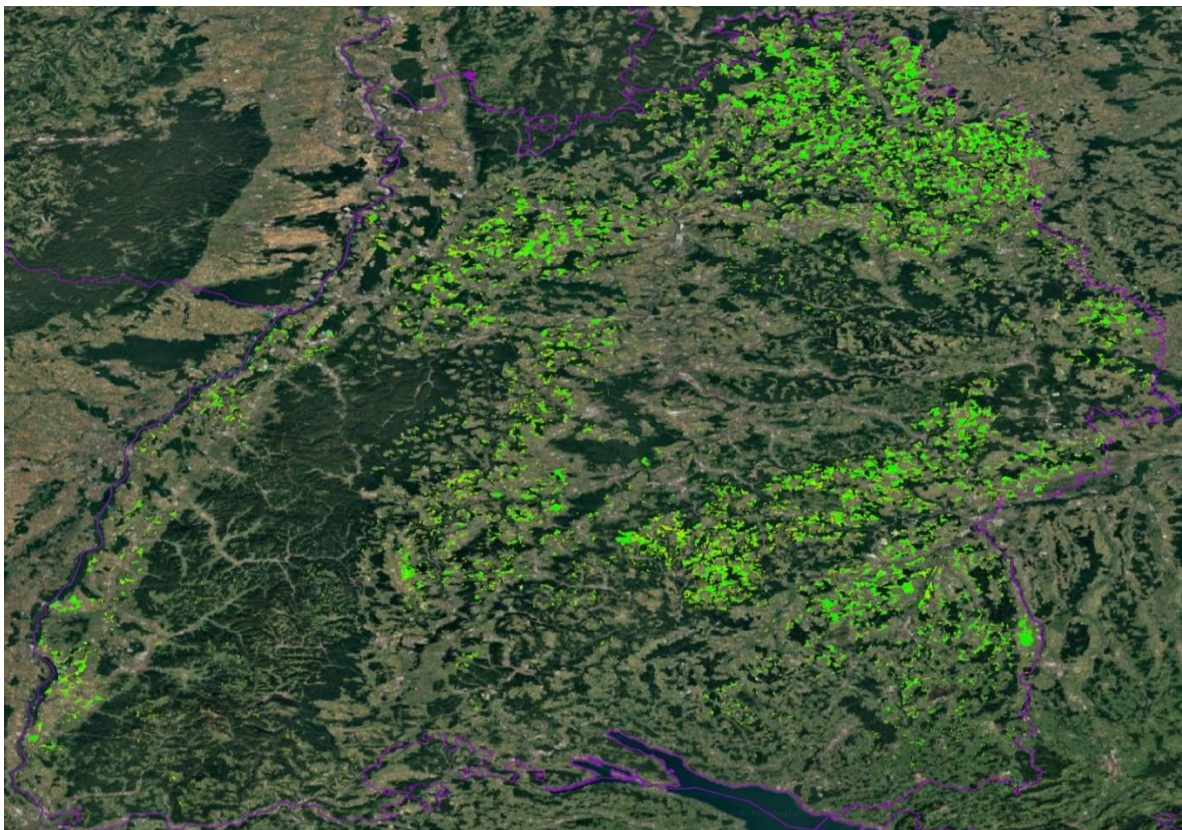


Bild 32: Windpotentialflächen des Energieatlas Baden-Württemberg außerhalb von Wald und Natura-2000-Gebieten (hellgrün)

Wichtig ist, dass die Windpotentialflächen des Landes aufgrund der Windhöflichkeit des Windatlasses Baden-Württemberg ermittelt wurden, der wie oben gezeigt, verschiedene Schwächen aufweist. Zusätzlich wurde den Regionalverbänden durch das Umweltministerium für die Erstellung der Regionalpläne für Windvorranggebiete als Ausschlusskriterium für Windvorrangflächen eine gekappte Windleistungsdichte nach dem Windatlas von mindestens 190 W/m² **in 160 m Höhe** vorgegeben. Dies entspricht jedoch nicht mehr dem heutigen Stand der Technik. Die Nabenhöhe ist in der Vergangenheit kontinuierlich angestiegen, sie nahm von 2010 bis 2018 um 50 m zu.³⁷ Heutige Windenergieanlagen liegen in der Nabenhöhe z.T. deutlich über 160 m, wie Tabelle 8 zeigt. Auch in Zukunft wird die Nabenhöhe von Windkraftwerken weiter zunehmen, da sowohl Windgeschwindigkeiten als auch Stetigkeit des Windes mit der Höhe über Grund zunehmen. In einer Nabenhöhe von 200 m über Grund liegt der Stromertrag einer Anlage rund 20% höher als bei der Nabenhöhe von 160 m. In Schipkau in Brandenburg wird seit September 2024 die erste Windenergieanlage mit einer Nabenhöhe von 300 m gebaut.³⁸ Die Inbetriebnahme ist für das Jahr 2025 geplant.

WKW-Typ	Jahr	Leistung, MW	Nabenhöhe, m	Rotordurchmesser, m
General Electric 3.6-137	2017	3,6	165	137
Gamesa SWT-3.15-142	2017	3,15	165	130
Enercon E-160 EP5	2020	4,6	166	160
Gamesa SG 7.0-170	2021	7,0	165	170
Enercon E-175 EP5	2022	6,0	162	175
Nordex N175/6.X	2024	6,x	179	175
Vestas V172-7.2 a	2024	7,2	175	172
Goldwind GW 191/6000	2024	6,0	185	191
Vestas V172-7.2 b	2024	7,2	199	172
GICON®-Höhenwindrad ³⁹	2024	3,8 ⁴⁰	300	126

Tabelle 8: Leistung, Nabenhöhe und Rotordurchmesser gängiger Windkrafttypen

Es kann angenommen werden, dass sich die Technik der WKW insbesondere für Schwachwindstandorte auch in Zukunft weiter entwickeln wird. Die derzeit erstellten Regionalpläne sollen die Grundlagen für die zukünftige Entwicklung schaffen. Das durch das Umweltministerium vorgegebene Ausschlusskriterium für Windvorranggebiete von mindestens 190 W/m² in nur 160 m Höhe ist deshalb nicht zukunftsfähig.

Die Reduktion der CO₂-Emissionen wird im Bereich Kraftwerke und Stromproduktion über das EU-CO₂-Emissionszertifikatesystem gesteuert. Die Zahl der durch die EU ausgegebenen Emissionszertifikate wird in Zukunft entsprechend der notwendigen Emissionsreduktion stark zurückgehen. Dadurch werden die Preise der Zertifikate deutlich ansteigen.

³⁷ Deutsche WINDGUARD, Volllaststunden von Windenergieanlagen an Land – Entwicklung, Einflüsse, Auswirkungen, Oktober 2020

³⁸ www.handelsblatt.com/unternehmen/nachhaltigkeit/energiewende-in-brandenburg-entsteht-windkraft-der-naechsten-generation/100082329.html

³⁹ www.gicon.de/news/article/items/grundsteinlegung-fuer-das-gicon-hoehenwindrad

⁴⁰ in 300 m Höhe höhere Volllaststundenzahl = trotz Einsparung am Generator hoher Stromertrag

Dies wird dazu führen, dass der Preis der konventionellen Stromerzeugung in Zukunft weiter ansteigen wird und die Nutzung der Windenergie zunehmend auch an Schwachwindstandorten ökonomisch interessant werden wird.

Zusätzlich muss damit gerechnet werden, dass aufgrund des Klimawandels und der dadurch erfolgten Zunahme der Energie in der Atmosphäre die Windgeschwindigkeiten in Zukunft zunehmen könnten.

6.3 Entwurf des Teilregionalplans Windenergie des VRRN

Der Entwurf des Teilregionalplans Wind des Verbands Region Rhein-Neckar (VRRN) schlägt im baden-württembergischen Teilraum 56 Flächen als zukünftige Windvorrangflächen vor, die zusammen 4,6% der Fläche einnehmen.⁴¹

Im Umweltbericht des VRRN werden 13 dieser Flächen in die Kategorie  „nicht geeignet“ eingestuft. 9 weitere Flächen der im Umweltbericht mit der Kategorie  „bedingt geeignet“ bewerteten Flächen sind aus ökologischer Sicht ebenfalls problematisch.⁴² Werden diese 21 Flächen gestrichen, verbleiben 34 Flächen mit einer Gesamtfläche von 5 832 ha, was 2,39% der baden-württembergischen Teilfläche des Regionalplans entspricht. Damit wäre das Kriterium 1,8% gut und ökologisch vertretbar erfüllt. Tabelle 9 zeigt das Ergebnis.

Vorranggebiete Kategorie	Zahl	ha	Flächenanteil
 geeignet	1	332	0,14 %
 bedingt geeignet	42	6 729	2,76 %
 nicht geeignet	13	4 055	1,66 %
 Kategorie bedingt geeignet, aber problematisch	9	1 229	0,50 %
nicht problematisch	34	5 832	2,39 %

Tabelle 9: VRRN Entwurf Regionalplan Teil Baden-Württemberg unproblematische Windvorrangflächen

6.4 Nachbarschaftsverband Heidelberg-Mannheim

Im Rhein-Neckar-Raum ermittelte der Nachbarschaftsverband Heidelberg-Mannheim im März 2023⁴³ die aufgrund der neuen Gesetzeslage möglichen Flächen für Windenergienutzung. Das UPI hat den Siedlungsabstand dieser Flächen von 500 m auf den vom VRRN für den Regionalplan verwendeten 700 m erweitert und aus diesen Flächen die in Bild 33 enthaltenen ökologisch vertretbaren zusätzlichen Flächen für Windenergie ausgewählt. Diese nehmen zusammen eine Fläche von 1 597 ha ein, was 0,65% des baden-württembergischen Teilraums des Verbands Region Rhein-Neckar (VRRN)

⁴¹ Verband Region Rhein-Neckar (VRRN): Einheitlicher Regionalplan Rhein-Neckar, Fortschreibung des Teilregionalplans Windenergie, Umweltbericht, 1/2024

⁴² UPI-Umwelt- und Prognose-Institut, Stellungnahme zur Fortschreibung Teilregionalplan Windenergie zum Einheitlichen Regionalplan Rhein-Neckar, März 2024

⁴³ GIS-Daten: Nachbarschaftsverband Heidelberg-Mannheim

entspricht. 100% dieser ökologisch wahrscheinlich vertretbaren Flächen sind bisher nicht im Entwurf des Regionalplans des VRRN enthalten, 92,9% sind nicht Bestandteil der vom BfN vorgeschlagenen Flächen und 95,7% dieser Flächen sind nicht in den Windpotentialflächen des Landes enthalten.

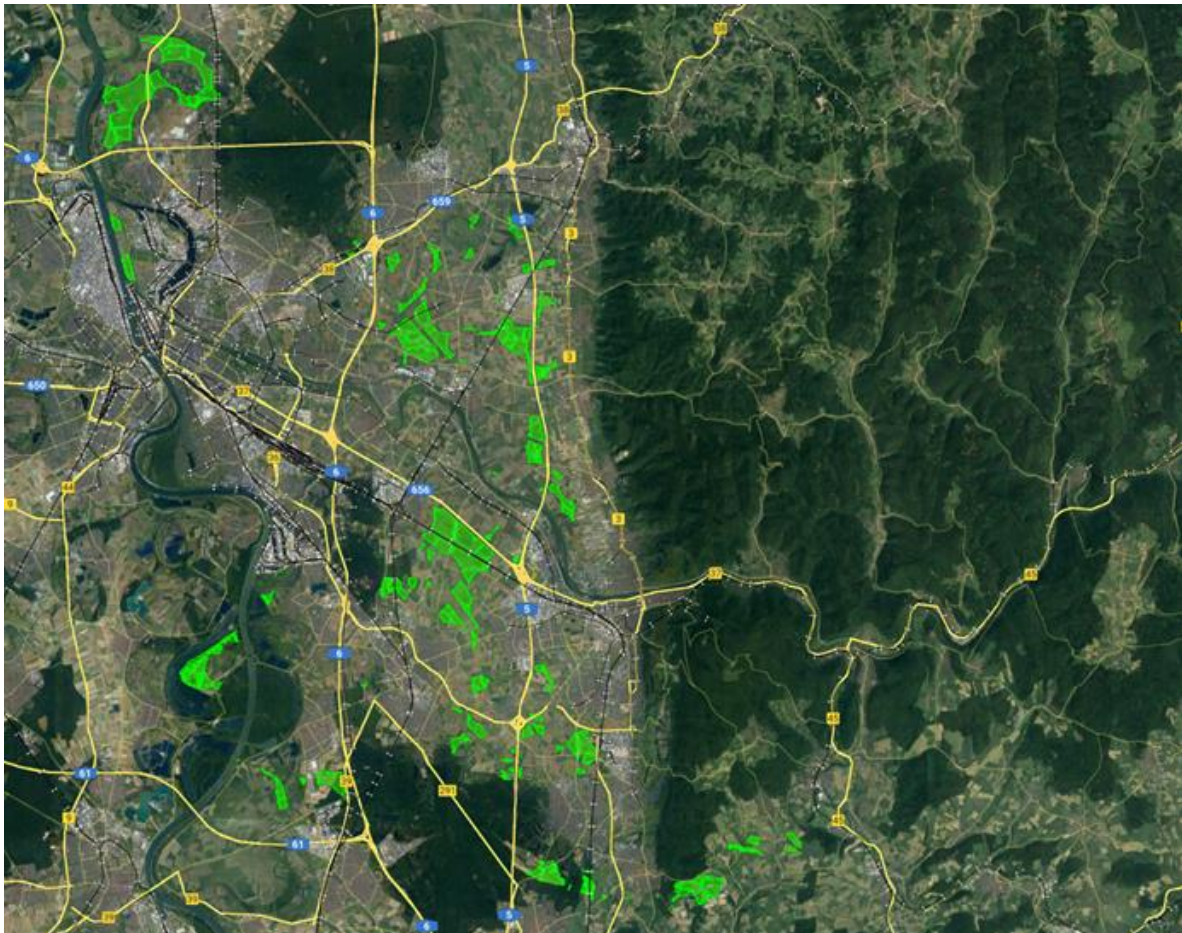


Bild 33: Zusätzliche ökologisch wahrscheinlich vertretbare Flächen für Windenergie im Gebiet Heidelberg-Mannheim

Bild 34 und Bild 35 zeigen als Beispiele zwei solcher Flächen, die durch Intensivlandwirtschaft geprägt sind. Die Landschaft enthält keine Bäume, Sträucher oder Hecken mehr, Strukturelemente der Landschaft sind stattdessen Stromleitungen und Straßen.

Zu effektiven Ausgleichsmaßnahmen in solchen Räumen macht der NABU Heidelberg in einer Stellungnahme von 2024 praktikable Vorschläge.⁴⁴

⁴⁴ Vorstand NABU-Heidelberg e.V., Stellungnahme des NABU Heidelberg zu Windkraftanlagen in der Region Heidelberg, 2024
www.nabu-heidelberg.de/app/download/8541291263/NABU-Stellungnahme-Windkraft-in-der+Region-Heidelberg-2024.pdf?t=1733582930
www.nabu-heidelberg.de/themen-und-projekte/windkraftanlagen/



Bild 34: Fläche nordwestlich der K 4147 auf Heidelberger Gemarkung



Bild 35: Fläche zwischen A 656 und Bahn auf Edingen - Neckarhausener Gemarkung

7 Klima- und Artenschutz müssen zusammen gedacht werden

Die BfN-Studie legt neben der Ermittlung einer ausreichenden Zahl konfliktfreier und konfliktarmer Flächen für den Ausbau der Windenergie dar, dass parallel zum Ausbau erneuerbarer Energien der Nutzungsgrad des heutigen Energiesystems durch Abbau klimaschädlicher Subventionen und durch Internalisierung externer Kosten gesenkt werden muss.

Im vorletzten UPI-Bericht 88 wurden dazu 11 Sektoren untersucht, in denen durch sinnvolle Maßnahmen CO₂-Emissionen gesenkt werden können. Bild 36 zeigt die Ergebnisse für Baden-Württemberg. Mit den bisher in Baden-Württemberg nicht genutzten Potentialen könnte so viel CO₂ vermieden werden wie durch 3 500 neue große Windkraftwerke.

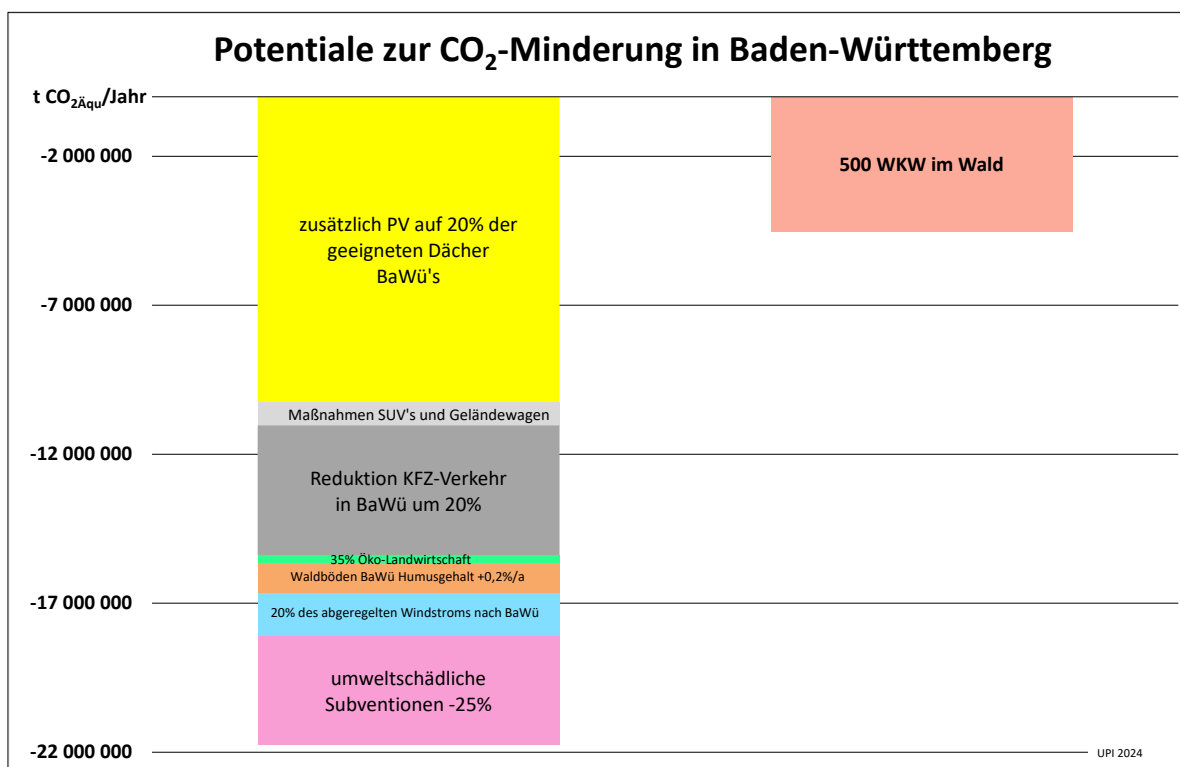


Bild 36: Bestehende Potentiale zur CO₂-Minderung in Baden-Württemberg²⁶

Dies bedeutet nicht, dass auf den Bau weiterer WKW verzichtet werden könnte. Die Nutzung der Windenergie ist zum Aufbau eines CO₂-freien Energiesystems unverzichtbar.

Wie in Kapitel 6 gezeigt, bestehen zur Nutzung der Windenergie ausreichende Flächenpotentiale, ohne dass ökologisch empfindliche Räume angegriffen werden müssten. Schwerpunkte und Prioritätensetzung der Klimaschutzpolitik müssen jedoch sinnvoll verteilt sein. Eine Energiepolitik, die die Möglichkeiten zur CO₂-Minderung vernachlässigt oder nur auf Sparflamme betreibt und stattdessen Umwelt- und Naturschutzstandards senkt und den Bau von Windkraftwerken vor allem im Wald und in sensiblen Räumen vorantreibt und dadurch nicht vorankommt, schadet sowohl dem Klima- als auch dem Arten-, Natur- und Umweltschutz.

8 Bildverzeichnis

Bild 1: Fledermausaktivität in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit	4
Bild 2: Schwerpunktorkommen windkraftsensibler Arten: Kat. A violett, Kat. B blau, in Heidelberg geplante Vorranggebiete Weißer Stein und Lammerskopf rot	7
Bild 3: Internetseite windpark-herrschaftswald.de vor Bürgerentscheid	11
Bild 4: Internetseite windpark-herrschaftswald.de nach Bürgerentscheid	11
Bild 5: Windpark Mannstein 3,45 MW	12
Bild 6: Windpark Mannstein 3,45 MW	12
Bild 7: Wegebau für Windpark Mannstein 3,45 MW ¹⁹	13
Bild 8: Wegebau für Windpark Mannstein 3,45 MW ¹⁹	13
Bild 9: 4,2 MW Anlage im Offenland in Mainz/Klein-Winternheim, dauerhafter Flächenverbrauch 0,22 ha	15
Bild 10: Mobile Stahlplatten zur temporären Ertüchtigung von Wegen	16
Bild 11: Windenergieanlagen in Schwegenheim bei Römerberg	16
Bild 12: Windenergieanlagen in Schwegenheim bei Römerberg	17
Bild 13: Zwei WEA Vestas V150 4,2 MW 2023, Rotorlänge 74 m, im Wald bei Tuttlingen/Immendingen: Rodung 3 ha allein für Baufläche	17
Bild 14: Bau einer 4,5 MW-Anlage im Offenland, dauerhafter Flächenverbrauch 0,28 ha (rötlich), andere Flächen während Bau mit Stahlplatten belegt = temporär	18
Bild 15: Flächenverbrauch von Energiequellen	18
Bild 16: Naturverjüngung auf ehemaliger Kalamitätsfläche	20
Bild 17: Mögliche WKW-Standorte (grau) auf den geplanten Windvorrangflächen (hellrot) Weißer Stein und Lammerskopf in Heidelberg, violett: Gemarkungsgrenze	21
Bild 18: Vergleich der realen WEA-Stromerträge im Odenwald und in der Rheinebene nach Volllaststunden in den Jahren 2020 bis 2023	23
Bild 19: Vergleich der realen WEA-Stromerträge im Odenwald und in der Rheinebene nach geernteter Leistung in W/m ² in den Jahren 2020 bis 2023 ²⁸	23
Bild 20: Vergleich der realen WEA-Stromerträge im Odenwald und in der Rheinebene nach Volllaststunden in den Jahren 2020 bis 2022 ²⁸	24
Bild 21: Vergleich der realen WEA-Stromerträge im Odenwald und in der Rheinebene nach geernteter Leistung in W/m ² in den Jahren 2020 bis 2022 ²⁸	24
Bild 22: Maßgebende Höhe von WEA im Wald, aus ²⁹	25
Bild 23: Notwendige Abstände von WEA aufgrund Turbulenzen, aus ²⁹	26
Bild 24: Abnahme des Energieertrags von WEA im Wald mit dem Wachstum der Bäume, aus ²⁹	26
Bild 25: Windgeschwindigkeiten in 160 m Höhe nach Windatlanten Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg, originale Farbcodierung der Atlanten	27
Bild 26: Existierende Windenergieanlagen in Rheinland-Pfalz	28
Bild 27: Existierende Windenergieanlagen in Nord-Baden mit Rheinebene und Kraichgau 2024	29
Bild 28: Beispiele aktueller Planungen in Rheinland-Pfalz	30

Bild 29: Beispiel für die Strategie in Baden-Württemberg	30
Bild 30: Ausgang von Bürgerentscheiden über geplante Windkraftwerke im Wald.....	31
Bild 31: Windpotentialflächen des Energieatlas Baden-Württemberg im Wald (rot).....	35
Bild 32: Windpotentialflächen des Energieatlas Baden-Württemberg außerhalb von Wald und Natura-2000-Gebieten (hellgrün)	35
Bild 33: Zusätzliche ökologisch wahrscheinlich vertretbare Flächen für Windenergie im Gebiet Heidelberg-Mannheim	38
Bild 34: Fläche nordwestlich der K 4147 auf Heidelberger Gemarkung.....	39
Bild 35: Fläche zwischen A 656 und Bahn auf Edingen - Neckarhausener Gemarkung	39
Bild 36: Bestehende Potentiale zur CO ₂ -Minderung in Baden-Württemberg ²⁶	40

9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gesetzesvorhaben der Bundesregierung zur Beschleunigung des Windenergieausbaus, unvollständig.....	9
Tabelle 2: Wichtige Inhalte der Gesetzesänderungen zum Ausbau der Windenergie 2022 – 2024, unvollständig	9
Tabelle 3: Durchschnittlicher Flächenbedarf bisheriger Windenergieanlagen im Wald in Baden-Württemberg	14
Tabelle 4: Kriterien zur Bewertung eines Windenergieanlagenstandorts.....	31
Tabelle 5: Windenergiepotentiale auf Flächen des BfN-Projekts für Deutschland	33
Tabelle 6: Windenergiepotentiale auf Flächen des BfN-Projekts für Baden-Württemberg ³⁶	34
Tabelle 7: Windpotentialflächen des Energieatlas Baden-Württemberg 2019	34
Tabelle 8: Leistung, Nabenhöhe und Rotordurchmesser gängiger Windkrafttypen	36
Tabelle 9: VRRN Entwurf Regionalplan Teil Baden-Württemberg unproblematische Windvorrangflächen.....	37

10 Abkürzungen

Ernteleistung	durch eine WEA im Jahresmittel geerntete Windleistung in Watt pro 1 m ² der von den Rotoren überstrichenen Rotorkreisfläche; Einheit W/m ²
GW	Giga-Watt = 10 ⁹ Watt
Nennleistung	maximal mögliche Stromleistung des Generators einer WEA; Einheit MW
MW	Mega-Watt = 10 ⁶ Watt
MWh	Megawattstunden = 10 ⁶ Wattstunden = 1 000 Kilowattstunden (kWh)
TW	Tera-Watt = 10 ¹² Watt
TWh	Terawattstunden = 10 ¹² Wattstunden = 1 Milliarde Kilowattstunden (kWh)
WEA, WKW	Windenergieanlage, Windkraftwerk
Windleistungsdichte	Maß für die Bewegungsenergie des Windes, die im Jahresmittel durch eine Fläche von 1 m ² Luft fließt; Einheit W/m ²