

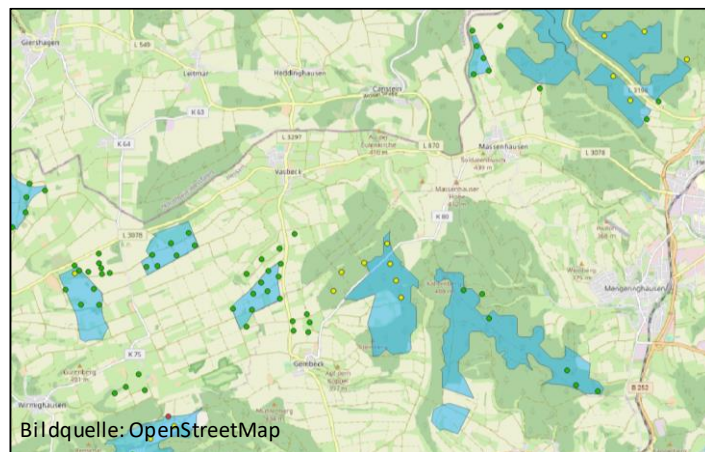
Zusammenfassender Bericht zum Projektabschluss

Projekt ANSWER - Analyse und Perspektiven des hessischen Windenergieausbaus

Datum: 30.04.2023

Förderkennzeichen: 20008433

Berichtszeitraum: 01.10.2021-31.12.2022



Forschungsprojekt	Analyse und Perspektiven des hessischen Windenergieausbaus – (ANSWER)
Projektnummer:	EF960 0036/2021
Aktennummer:	20008433
Laufzeit	09/2021 – 12/2022
Ausführende Stellen	Universität Kassel – Fachbereich 16 Elektrotechnik / Informatik – Fachgebiet Integrierte Energiesysteme
Berichtersteller	Dr. Doron Callies; Dr. Alexander Basse; Johannes Hirschmann, Prof. Dr. Clemens Hoffmann, Dr. Friedrich Krebs

HESSEN



Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Energie,
Verkehr und Wohnen



EUROPÄISCHE UNION:
Investition in Ihre Zukunft
Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

Vorwort

Das Projekt ANSWER – Analysen und Perspektiven des hessischen Windenergieausbaus - wurde mit Mitteln des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen (HMWEVW) und des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) unter der Trägerschaft der WI Bank gefördert. Die Förderung fand im Rahmen des Förderprogramms "Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz / innovative Energietechnologien" (Antrag nach § 6 HEG, Richtlinie zur energetischen Förderung Teil II, Ziffer 3) statt. Das Projekt hatte eine Laufzeit von 15 Monaten (01.10.2021-31.12.2022).

Die inhaltliche Bearbeitung des Projektes fand durch die Universität Kassel (Fachgebiet Integrierte Energiesysteme) statt. Das Projekt wurde von einem Lenkungskreis, bestehend aus Vertreterinnen und Vertretern des HMWEVW und des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) sowie der LandesEnergieAgentur Hessen (LEA) begleitet und unterstützt.

Der vorliegende Bericht fasst die wichtigsten Ergebnisse des Projektes zusammen. Die Struktur des Berichts orientiert sich dabei an den formalen Vorgaben zur Erstellung eines Sachberichts im „Operationellen Programm für die Förderung von Investitionen in Wachstum und Beschäftigung (IWB-EFRE-Programm Hessen)“.

Inhalt

1.	Ausgangslage und geplante Zielsetzung des Vorhabens.....	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Ziele	2
2.	Arbeitsplan	2
AP 1	Flächenanalyse	2
AP 2	Ursachenanalyse – Gründe für nicht (effizient) genutzte VRG	3
AP 3	WEA und Drehfunkfeuer	4
3.	Konkretisierung der erreichten Ergebnisse	4
3.1	Windenergiepotenzial auf den hessischen VRG.....	5
3.2	Hemmnisse beim Ausbau der Windenergie.....	5
3.3	Hemmnis Geländeneigung	11
3.4	Hemmnis Flächeneigentümer	15
3.5	Hemmnis Artenschutz	23
3.6	Hemmnis Drehfunkfeuer.....	28
3.7	Hemmnis militärische Tiefflugstrecken, An- und Abflugbereiche und Übungsgebiete	32
3.8	Weitergehende Maßnahmenvorschläge zum Ausbau der Windenergie in Hessen	35
4.	Wissenschaftliche Anschlussfähigkeit und Übertragung der Projektergebnisse	40
	Literaturverzeichnis	41

1. Ausgangslage und geplante Zielsetzung des Vorhabens

1.1 Ausgangslage

In Hessen sind über die Teilregionalpläne Energie¹ insgesamt 418 „Vorranggebiete zur Nutzung der Windenergie“ (Windvorranggebiete, VRG) mit Ausschlusswirkung ausgewiesen. Diese nehmen einen Anteil von 1,89 % (39.916 ha) der hessischen Landesfläche ein. Im Rahmen der Analysen der LandesEnergieAgentur Hessen (LEA) zum Ausbau der Windenergie zeigte sich, dass ein größerer Teil der VRG bislang nicht bebaut ist. Außerdem deuteten erste Abschätzungen darauf hin, dass zahlreiche der bebauten VRG eine relativ geringe Bebauungsdichte aufweisen. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die drei Teilregionalpläne zu verschiedenen Zeiten in Kraft getreten sind und so regional unterschiedliche Entwicklungen zu erwarten sind. So ist die genehmigte 1. Änderung des Teilplans Erneuerbare Energien (TPEE) 2019 Südhessen erst Anfang 2022 in Kraft getreten, sodass hier ein weniger weit fortgeschrittener Windenergieausbau erwartet werden kann.

Warum Windenergieprojekte in der Praxis nicht, oder bezogen auf die VRG-Flächenausnutzung nicht optimal, realisiert werden, hat viele Ursachen. Diese sind i. d. R. bekannt (z. B. Naturschutz, Flugsicherheit, fehlende Bereitschaft der Eigentümer ihre Flächen zur Verfügung zu stellen). Es war allerdings nicht bekannt, welche Ursachen bei den hessischen VRG in welchem Maße ausschlaggebend sind. Hier waren ein vertiefender Blick und eine systematische Quantifizierung der Ursachen erforderlich, um entsprechende Maßnahmen für die Reduzierung der Hindernisse des Windenergieausbaus zu identifizieren.

Durch neue Forschungsergebnisse zu den Störeinflüssen von Windenergieanlagen (WEA) auf die Signale der Drehfunkfeuer (Funkanlagen zur Flugnavigation) sowie die technische Entwicklung inklusive des Abbaus von Drehfunkfeuern besteht insbesondere im Bereich der Flugsicherheit die Aussicht, dass es zu einer besseren Nutzbarkeit einzelner VRG für die Windenergie kommen könnte. Hier sollte das diesbezügliche Potenzial abgeschätzt werden. Wichtige Beiträge für einen effizienten und naturverträglichen Windenergie-Ausbau liefert die Verwaltungsvorschrift Naturschutz/Windenergie (HMUKLV/HMWEVW) 2020. Dies gilt insbesondere auf dem Gebiet der Vermeidung, wo sie u. a. anstelle der bis dato häufig praktizierten mehrmonatigen ganztägigen Anlagenabschaltung nur noch die Anlagenabschaltung bei Niedrigwind vorsieht. Dies soll eine hohe Schutzwirkung vor Vogelkollisionen und eine bessere Ausschöpfung der Windenergiepotenziale bewirken. Darüber hinaus soll zugleich durch diese Form der Vermeidung der Gang in die artenschutzrechtliche Ausnahme reduziert werden.

Im Projektverlauf kam es aufgrund umfangreicher Maßnahmen und Gesetzesanpassungen auf Bundesebene (z. B. Bundesnaturschutzgesetz [1], Windenergieflächenbedarfsgesetz [2]) und auf europäischer Ebene (EU-NotfallVO) [3] zu einer deutlichen Änderung der Ausgangslage. Die Berücksichtigung der veränderten rechtlichen Rahmenbedingungen konnte nur in begrenztem Maße geleistet werden. Gerade für technische Analysen, z. B. im Bereich der Doppler-Drehfunkfeuer oder des Wetterradars, wurden allerdings die aktuellen Informationen zur Bewertung der Hemmnisse herangezogen.

¹ Teilregionalplan Energie Nordhessen 2017/2020, Teilregionalplan Energie Mittelhessen 2016/2020 sowie Sachlicher Teilplan Erneuerbare Energien (TPEE) 2019 des Regionalplans Südhessen/Regionalen Flächennutzungsplans 2010 und in dessen 1. Änderung.

1.2 Ziele

Ziel des Projektes ANSWER war es, den Ausbauzustand der hessischen Vorranggebiete detailliert zu analysieren, und Potenziale und Hemmnisse für den Ausbau der Windenergie auf den hessischen VRG aufzuzeigen und Maßnahmen zur kurzfristigen Optimierung des Flächenpotenzials zu identifizieren. Die Untersuchungen im Rahmen von ANSWER konzentrierten sich dabei auf die VRG; WEA oder Flächen außerhalb von VRG waren nicht Bestandteil der Analysen.

Dazu wurden Ursachen für eine nicht effiziente Bebauung von Windvorranggebieten systematisch identifiziert, analysiert und quantifiziert. Im Rahmen einer Analyse von bebauten und nicht bebauten VRG wurden unter anderem Faktoren wie Standortbeschaffenheit, Windverhältnisse und Anlageneigenschaften beleuchtet sowie die gewählten Anlagenstandorte bzw. das Windparkdesign in den Vorranggebieten untersucht. Um die Anregungen der Stakeholder aus den Ministerien berücksichtigen zu können, wurde das Projekt von einem Lenkungskreis begleitet und beraten. Außerdem wurde dieser Projektbericht mit dem Lenkungskreis abgestimmt.

Die Kenntnis zu den Hemmnissen und die Ableitung von Handlungsvorschlägen ermöglichen eine effizientere Ausnutzung der VRG sowie eine zügigere Umsetzung der Planung und Projektierung. Damit wurde durch das Projekt ein Beitrag zur Verringerung klimarelevanter Emissionen (Treibhausgasreduzierung) geleistet, da fossile Kraftwerke verstärkt durch klimafreundliche Windenergieanlagen ersetzt werden können.

2. Arbeitsplan

Das Projekt gliederte sich in drei inhaltliche Arbeitspakete. Im Rahmen des Projektes kam es zu inhaltlichen Anpassungen und Verzögerungen, sodass das Projekt entsprechend um drei Monate verlängert wurde. Dabei wurde unter Berücksichtigung des Feedbacks des Lenkungskreises ein deutlich größerer Schwerpunkt auf systematische Befragungen von Projektierern, Planern und anderen Stakeholdern gelegt als ursprünglich geplant. Dafür wurden die Abstandsanalysen etwas reduziert, da sich früh abzeichnete, dass es keine Hinweise auf übermäßig bzw. unnötig große Abstände zwischen den WEA gibt. Die Gründe für eine weniger dichte Bebauung sind also offensichtlich in den Hemmnissen zu suchen. Dementsprechend wurde die Analyse dieser im ANSWER-Projekt deutlich in den Vordergrund gerückt. Der Zeitplan unter Berücksichtigung der Verlängerung ist im Folgenden dargestellt.

AP 1 Flächenanalyse

Im ersten Arbeitspaket wurde eine Klassifizierung der VRG und Windenergieanlagen nach ausgewählten Parametern (z.B. Eigentümer, Hangneigung, Windbedingungen etc.) vorgenommen. Es konnten deutlich mehr Geodaten zur Klassierung der VRG (z. B. zur Eigentumsstruktur der VRG) akquiriert werden als ursprünglich erwartet als ursprünglich erwartet was die Detailtiefe erhöhte.

Auf Basis der Daten wurden die Anlagenabstände von Bestands-WEA anhand einer Nearest-Neighbour-Methode analysiert. Im Ergebnis ließ sich zeigen, dass die relativen Abstände von WEA in Rotordurchmessern tendenziell eher geringer geworden sind und aktuell der Abstand von drei Rotordurchmessern in Nebenwindrichtung eine gute Näherung darstellt. In Hauptwindrichtung wurde ein Abstand von fünf Rotordurchmesser als gute Näherung angesehen. Dies wurde bei der späteren Ableitung der Szenarien für das Flächenpotenzial berücksichtigt.

Auf Basis einer Analyse der Geodaten konnte auch die Effizienz der Bebauung von Flächen bestimmt und dargestellt werden. Damit erfolgte einerseits eine Analyse dessen, welche VRG überhaupt bebaut wurden und andererseits, welche Bebauungsdichte auf den bereits bebauten VRG vorliegt. Letzteres

konnte in Abhängigkeit von verschiedenen Geoinformationen bestimmt werden (z.B. Flächengröße, -form).

Im nächsten Schritt wurde eine Anlagenplatzierung entsprechend eines Basis-Szenarios (konservative Betrachtung mit aktueller WEA-Technologie) durchgeführt. Dabei wurden die Windenergieanlagen mit einem Rotordurchmesser von 160 m, Nabenhöhen von 170 m und einer Leistung von 5,5 MW im Abstand von 5 Rotordurchmessern (RD) in Hauptwindrichtung und 3 RD in Nebenwindrichtung auf den verfügbaren Flächen der VRG, mit und ohne Berücksichtigung der aktuellen Bebauung und ohne Geländeeinflüsse sowie sonstigen Hemmnissen, ideal platziert. Dadurch ergab sich eine (unter den gewählten Randbedingungen) maximale bzw. theoretisch mögliche Leistungsdichte („Grünflächenpotenzial“). Aus dem Vergleich der realen Installationen und der möglichen installierbaren Leistung der Simulation, ließ sich überdies eine systematische Bestimmung der Effizienz der Flächennutzung ableiten. Darüber hinaus wurden verschiedene Sensitivitätsanalysen zu Nabenhöhen, WEA-Abständen und WEA-Anlagengrößen durchgeführt. Ein wichtiger Wunsch des Lenkungskreises war es, nicht nur die installierbaren Leistungen zu betrachten, sondern zusätzlich auch die Erträge zu ermitteln. Zuletzt wurde ein zeitabhängiges Repowering-Szenario mit progressiver Technologieentwicklung durchgeführt. Dabei wurde angenommen, dass alle WEA, die aktuell im Genehmigungsverfahren und vor Inbetriebnahme sind, realisiert werden. Alle WEA in Betrieb wurden entsprechend ihres Alters nach 20 Jahren repowert (jährliche Repowering-Simulation). Ausgehend von der oben beschriebenen Anlagentechnologie wurde dabei eine progressive technische Weiterentwicklung angenommen. Dies umfasste eine Zunahme des Rotordurchmessers um 10 m pro 5 Jahre sowie eine entsprechende Zunahme der Leistung (gleichbleibendes Generator-Rotor-Verhältnis). Die restlichen Freiflächen wurden dann mit WEA mit 180 m Rotordurchmesser und 7,0 MW Nennleistung bestmöglich besetzt (ideale Nachverdichtung). Das Szenario bildet folglich das theoretische Potenzial für das Jahr 2042, unter der Annahme, dass ein Repowering stets nach 20 Jahren Betriebsdauer erfolgt, ab. Je nach Geschäftsmodell kann es sein, dass WEA auch nach dem Ende der EEG-Vergütung weiterbetrieben werden. Sollten WEA auf den VRG länger als 20 Jahre betrieben werden, so verschiebt sich der Zeitpunkt des Repowering, sodass dann die Flächen erst entsprechend später zur Verfügung stehen.

AP 2 Ursachenanalyse – Gründe für nicht (effizient) genutzte VRG

In der Praxis treten auf den Flächen innerhalb der VRG Restriktionen und Hemmnisse auf, die einer vollständigen Bebauung der Flächen entgegenstehen können. Im zweiten Arbeitspaket wurden solche möglichen Ursachen für eine Nicht- sowie nicht effiziente Bebauung auf Basis der GIS-Analysen identifiziert. Dabei wurde direkt auf den Ergebnissen von AP 1 aufgebaut.

Im Rahmen der Ursachenanalyse wurden standardisierte Befragungen von den hessischen Genehmigungsbehörden und Projektierern durchgeführt, mit dem Ziel, die Hemmnisse beim Windenergieausbau möglichst detailliert zu identifizieren. Die Rückmeldungen zu diesen Befragungen stellten eine wesentliche Informationsquelle für das Projekt dar. Des Weiteren wurden Recherchen zu potenziellen Hemmnissen anhand der Steckbriefe, die die oberen Landesplanungsbehörden für jedes Windenergievorranggebiet erstellt haben, durchgeführt. Hierfür wurden die Steckbriefe in aktueller Form ausgewertet sowie weitere Hintergrundinformationen in Gesprächen erfragt.

Im Rahmen der Befragung wurden Informationen von den Regierungspräsidien (Genehmiger:innen und teilweise Regionalplanung) und Projektierern (unterstützt durch den Bundesverband Windenergie) zur Verfügung gestellt. Aus der Projektiererbefragung lagen Angaben zu 140 (33,5%) der insgesamt 418 VRG vor. Die Bezugsfläche (Fläche, zu der Angaben gemacht wurden) belief sich mit

12.972 ha zu 32,5 % der gesamten VRG-Fläche. Hierbei wurden 18 Fragebögen von in Hessen aktiven Projektierern und Betreibern ausgefüllt und dem Projekt zur Verfügung gestellt.

Basierend auf den Befragungen wurden Ursachen für die Nicht- bzw. nur teilweise Bebauung der VRG herausgearbeitet. Dabei ist zu beachten, dass Ablehnungen im Genehmigungsverfahren sich nicht auf die Flächen, sondern die WEA beziehen und Flächenverluste nur abgeschätzt werden können. Als besonders schwierig erwies sich auch die Einschätzung, ob es sich um langfristige Flächenverluste handelt, oder ob zeitlich veränderliche Einflüsse (z. B. Vogelhorste) die Ursache für Flächenverluste sind. Hier gingen die Einschätzungen der Befragten teilweise sehr weit auseinander. So ist es z. B. im Fall von Artenschutz durchaus denkbar, dass auch aufgrund der räumlichen Veränderungen von z. B. Horsten einige durch den Artenschutz verursachte Hemmnisse zukünftig an diesen Stellen nicht mehr auftreten. Allerdings kann eine Layoutanpassung des Windparks zur Berücksichtigung z.B. aufgrund des Artenschutzes auch zu einer längerfristigen reduzierten Bebauungsdichte der VRG-Fläche führen. Diese reduzierte Bebauungsdichte ist dann für die Lebenszeit des Windparks gegeben und lässt sich i. d. R. erst durch ein Repowering erhöhen. Auf Basis der Befragungen wurden die zentralen Erkenntnisse über Gründe für Einschränkungen der ausgewiesenen VRG hinsichtlich ihrer Bedeutsamkeit für den Ausbau der Windenergie in Hessen bewertet. Die Auswertung der Fragebögen förderte umfangreiche Kenntnisse zu den Hemmnissen zu Tage. So wurden als wesentliche Hemmnisse unwillige Flächeneigentümer, komplexe Eigentumsstrukturen, Artenschutzbelange und Konflikte mit Infrastrukturen (vor allem der Luftfahrt) identifiziert.

Anschließend wurden die Erkenntnisse der vorigen (Unter-) Arbeitspakete genutzt, um Vorschläge für die Förderung des hessischen Windenergieausbaus (z. B. durch ein Monitoring oder die Weiterentwicklung der Flächenkulisse unter Berücksichtigung der Anforderungen aus dem WindBG) zu machen und im Lenkungskreis zu diskutieren. Hierfür wurde eine kritische Betrachtung der Erreichbarkeit der Windausbauziele mit den vorhandenen Flächen und deren absehbarer Flächennutzung durchgeführt. Diese zeigen, dass trotz des großen theoretischen Potenzials auf den hessischen VRG jetzt verschiedene Maßnahmen angestoßen werden sollten (siehe Abschnitt 3), um bestehende Hemmnisse abzubauen und Prozesse zu starten, die in der Praxis eine hohe Leistungsdichte auf den VRG und damit eine hohe installierte Leistung insgesamt ermöglichen. Die Ergebnisse wurden mit dem Lenkungskreis diskutiert.

AP 3 WEA und Drehfunkfeuer

Das im WERAN plus Projekt entwickelte Prognosetool, mit dem die Störeintrwirkung von WEA auf die Signale von Drehfunkfeuer simuliert bzw. abgeschätzt werden können, konnte beschafft, installiert und genutzt werden. Zur Vertiefung der Thematik wurde an der Universität Kassel zudem eine Bachelorarbeit geschrieben, in welcher umfangreiche Analysen mit dem WERAN plus Tool durchgeführt wurden. Dabei wurden erstmals die von der Bundesregierung in Bezug auf die Doppler-Drehfunkfeuer beschlossene Reduzierung der Anlagenschutzbereiche in die Modellierung mit aufgenommen.

3. Konkretisierung der erreichten Ergebnisse

Von den gewonnenen Erkenntnissen profitieren insbesondere öffentliche hessische Stakeholder wie die Ministerien und die Regierungspräsidien. Mit Blick auf die Vorreiterrolle Hessens bei der Ausweisung von Windvorranggebieten können aber auch andere Bundesländer von den gemachten Erfahrungen (z. B. dass Hemmnisse im Bereich der Eigentümer trotz sonstiger Eignung der Fläche für die Windenergie den Windenergieausbau behindern können oder dass der Grad der Geländeneigung einen wesentlichen Einfluss auf die Bebauung einer Fläche hat) und den im Projekt erreichten Ergebnissen profitieren.

Im Folgenden sind die wesentlichen Projektergebnisse dargestellt.

3.1 Windenergiepotenzial auf den hessischen VRG

Die Analyse des Potenzials zum Ausbau der Windenergie auf den hessischen VRG (39.916 ha bzw. 1,89 % der hessischen Landesfläche), ohne Berücksichtigung der Hemmnisse und des Geländeeinflusses, ergab:

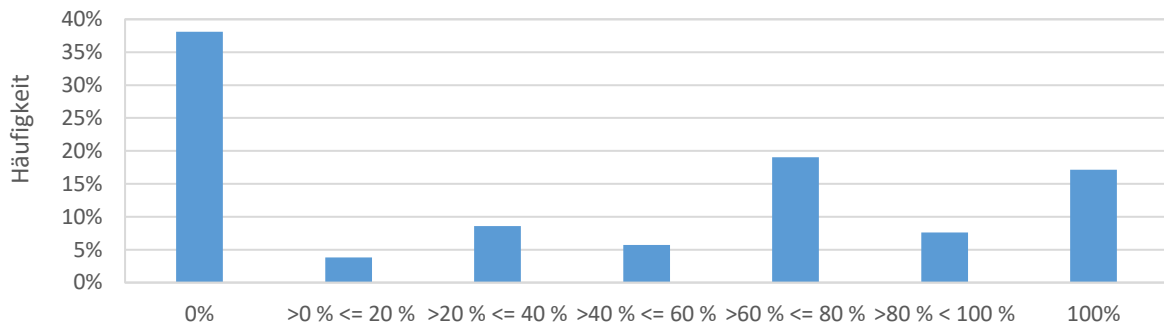
- Das theoretische Potenzial („Grünflächenpotenzial“, d.h. optimale Flächenausnutzung der VRG ohne Berücksichtigung von Gelände und Hemmnissen) mit aktueller WEA-Technologie (Rotordurchmesser von 160 m, Nabenhöhe von 170 m und einer Leistung von 5,5 MW im Abstand von 5 Rotordurchmessern (RD) in Hauptwindrichtung und 3 RD in Nebenwindrichtung) beträgt hinsichtlich der Bebauungsdichte 0,32 MW/ha. Das theoretische Potenzial hinsichtlich der jährlichen Energieerträge beläuft sich damit auf ca. 35 TWh/a. Für die Ertragsberechnung ergaben sich mit den anemos Windatlasdaten (von anemos kalibriert mit WEA-Erträgen) und einer Annahme von 10 % Verlusten (v.a. aufgrund von aerodynamischer Abschattung, elektrischer Verluste im Windpark, Stillstand aufgrund Instandhaltungsmaßnahmen oder technischen Defekten) im Mittel 2.700 Volllaststunden. Für die Berechnung wurde die gesamte VRG-Kulisse verwendet.
- WEA mit größeren Rotoren von 200 m Durchmesser erhöhen die installierbare theoretische Leistung, bei gleichbleibendem Verhältnis von Rotorfläche zur Generatormennleistung, um ca. 15 %. Besonders sensitiv sind die installierbaren Leistungen auf die Anlagenabstände. So führt eine Reduktion der mittleren WEA-Abstände um 20 % (4 RD in Hauptwindrichtung und 2,4 RD in Nebenwindrichtung) zu einer Erhöhung der theoretischen Leistung um ca. 40 %. Der Grund für diese starke Potenzialzunahme liegt in dem quadratischen Zusammenhang von der (geringeren) belegten Fläche mit den (kleineren) Ellipsenradien, die durch die Abstände festgelegt sind. Allerdings reduzieren sich die Erträge der einzelnen WEA aufgrund der aerodynamischen Abschattung im Windpark. Zudem nimmt die Lebensdauer der WEA aufgrund der höheren Anlagenbelastung durch die stärkeren Luftverwirbelungen in Nachlauf ab.
- Sensitivitätsanalysen zur Nabenhöhe ergaben, dass das Potenzial hinsichtlich des Energieertrags bei einer Erhöhung der Nabenhöhe von 170 m auf 200 m bei ansonsten gleichbleibender Anlagenkonfiguration um ca. 10 % steigt.
- Das zeitabhängige Repowering Szenario mit progressiver Technologieentwicklung zeigt eine Potenzialerhöhung in der Größenordnung von ca. 15 %. Damit ergibt sich ein theoretisches (Energie-) Potenzial von insgesamt ca. 40 TWh/a auf den hessischen VRG für das Jahr 2042 unter der Annahme, dass alle derzeit in Betrieb befindlichen WEA nach 20 Jahren Betriebsdauer ersetzt und die neuen WEA ideal platziert werden (s. Abschnitt 2).

3.2 Hemmnisse beim Ausbau der Windenergie

Die Analyse des Ist-Zustandes ergab, dass die auf den VRG real installierten Leistungen deutlich von den (theoretischen) Potenzialwerten abweichen. Dabei ist zu beachten, dass die Teilregionalpläne Energie teilweise noch nicht lange in Kraft sind (so wurde der Teilregionalplan Energie Südhessen im Jahr 2019 bzw. die 1. Änderung im Jahr 2022 genehmigt). Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Flächensicherung üblicherweise bereits vor Inkrafttreten der Teilregionalpläne angegangen wird und die Projektierer prinzipiell zeitnah nach Inkrafttreten dieser eine Genehmigung anstreben können.

Durch die Existenz von Hemmnissen werden die installierbare Leistung und damit auch die Erträge in der Praxis deutlich reduziert. Die Ergebnisse der im Projekt durchgeführten Projektiererbefragung zeigen eine deutliche Reduktion des Leistungspotenzials aufgrund von Hemmnissen auf (s. Abbildung 1). So war nach Einschätzung im Befragungszeitraum (zweites Quartal 2022) auf 37 % der

Bezugsflächen (d.h. die Flächen, auf die sich die Antworten bezogen - dies sind entweder ganze VRG oder der Teil eines VRG auf dem ein Windparkprojekt geplant wurde) aktuell keine Installation von WEA möglich. Zudem ließen sich bei Windparkprojekten, bei denen mindestens eine WEA tatsächlich gebaut werden konnte i. d. R. nur ein Teil der möglichen WEA Leistung realisieren. So wurden z. B. bei ca. 19 % der Planungen zwischen 60 und 80 % der möglichen Leistung erreicht (siehe Abbildung 1). Auf den Flächen, auf denen sich mindestens eine WEA installieren ließ, konnte durchschnittlich mehr als ein Drittel der möglichen Leistung nicht realisiert werden.



Verhältnis von tatsächlicher zu möglicher Leistung [%] (n=105)

Abbildung 1: Statistische Auswertung zur Reduktion des Leistungspotenzials aufgrund von Hemmnissen auf den VRG (Datengrundlage: Projektiererbefragung).

Im Folgenden wurden deshalb die verschiedenen Hemmnisse genauer analysiert.

Ein Teil der Hemmnisse konnte anhand von GIS-Analysen untersucht werden. Darüber hinaus konnten auch allgemeine Erkenntnisse zur Auswirkung von Eigenschaften der Flächen (z.B. Geometrien) generiert werden. Ein wesentlicher Teil der Ergebnisse ist im Folgenden dargestellt:

- Es gibt einen sehr deutlichen Zusammenhang zwischen Bebauungsdichte und Geländeneigung. So ist die Bebauungsdichte bei einer Steigung von 0-5 % etwa fünfmal so hoch wie bei 20-25 %. Aufgrund der von VRG einzuhaltenden landes- und regionalplanerischen Abstandsvorgaben sowie der erforderlichen durchschnittlichen Windgeschwindigkeit liegen zahlreiche VRG in Hessen in höheren Mittelgebirgslagen. Entsprechend kommt es vor, dass Teilflächen in den VRG eine Steigung von z. T. über 30 % aufweisen. Auf diesen Teilflächen wurden bislang gar keine WEA errichtet. Wahrscheinliche Gründe für eine geringe Bebauungsdichte bei großer Geländeneigung sind die technische und wirtschaftliche Realisierbarkeit, eine erhöhte Umweltauswirkung (Eingriffsminimierung) in Steilhängen und die Berücksichtigung von Zuwegungen sowie Windbedingungen, welche in den steilen Hanglagen oft weniger gut sind als auf abgeflachten Kuppen oder Höhenplateaus. Das Thema Geländeneigung wird in Abschnitt 3.3 noch einmal detaillierter dargestellt.
- Kleine VRG haben eine deutlich höhere Bebauungsdichte als größere. Dies ist vor allem ein Geometrieeffekt, der sich auf Basis von Simulationen mit Anlagenplatzierungen belegen lässt.
- VRG, die ausschließlich im Offenland oder im Wald liegen, haben gegenüber VRG mit einem Mischanteil eine etwas höhere Bebauungsdichte.
- Ein Zusammenhang zwischen der Bebauungsdichte und der mittleren Windgeschwindigkeit auf dem VRG konnte nicht festgestellt werden.
- Bei einer erhöhten Anzahl privater Eigentümer an Flurstücken auf VRG ist eine geringere Bebauungsdichte zu beobachten (s. Abschnitt 3.4 Hemmnis Flächeneigentümer).

- Bei Betrachtung der auf den VRG realisierten WEA zeigte sich, dass die heute vorhandenen WEA meist eine wenig effiziente Bebauung mit sich bringen (geringe Leistungsdichte, die einerseits mit der geringen WEA-Größe bzw. -Leistung selbst, aber vor allem auch mit den Hemmnissen bei der Errichtung erklärbar ist). Die mit Stand Januar 2022 643 auf VRG in Betrieb befindlichen WEA haben in Summe eine Leistung von 1.561 MW. Die von ihnen insgesamt belegte Fläche beträgt 13.042 ha. Dies entspricht 77,3 % der Gesamtfläche aller bebauten VRG und 32,7 % der gesamten hessischen VRG-Fläche. Auf den bebauten VRG ist folglich nur noch wenig Fläche frei (22,7 %). Für die Installation von neuen, großen, modernen WEA (wie im Basisszenario und dem Repowering Szenario beschrieben) stellt dies ein aktuelles Hemmnis dar. Allerdings bietet sich in den nächsten beiden Jahrzehnten die Möglichkeit, quasi den gesamten WEA-Bestand über ein Repowering zu ersetzen (vor allem Mitte/Ende der dreißiger Jahre, sofern ein Repowering bereits nach 20 Betriebsjahren stattfindet). Dadurch ist das Hemmnis bisher wenig effizient bebauter VRG langfristig größtenteils auflösbar, jedoch für den kurz- und mittelfristigen Windenergieausbau in Hessen relevant. Im Zuge von Nachverdichtungen könnten bereits wenige große WEA (mit aktueller Anlagentechnologie) kurzfristig eine spürbare Erhöhung der Bebauungsdichte auf einzelnen VRG erreichen. Gerade durch den aktuellen Abbau von Hemmnissen (z. B. Drehfunkfeuer, Wetterradar, Artenschutz) entstehen hier neue Möglichkeiten. Trotzdem wird das Potenzial für weitere Verdichtung auf Grund der hohen Flächenbelegung der bereits bebauten VRG bisher als überschaubar eingeschätzt. Eine nähere VRG-spezifische Untersuchung könnte hilfreich sein, um die Potenziale zu identifizieren und Möglichkeiten für eine Förderung der Nachverdichtung zu eruieren.

Die meisten Hemmnisse können durch politische oder technische Maßnahmen reduziert werden. Die zentralen Hemmnisse in Hessen sind entsprechend der Projektiererbefragung aus dem Frühjahr 2022 in Abbildung 2 dargestellt.

Die Haupthemmnisse in Bezug auf den Ausbau der Windenergie in Hessen lagen im Bereich der Konflikte mit Flächeneigentümern, Artenschutz sowie Wetter-, Flugradar und militärische Luftfahrt. Von Bedeutung ist auch die Akzeptanz vor Ort sowie die Komplexität des Standortes. Die geringe Windhöflichkeit wurde nur in Einzelfällen als Hemmnis ausgewählt.

Eine genauere Betrachtung der Haupthemmniskategorien zeigt, dass im Bereich der Konflikte mit Flächeneigentümern vor allem Kommunen, die ihre Flächen nicht zur Verfügung stellen, als Hemmnis angesehen werden (über 50 % der Nennungen in dieser Hauptkategorie). Darüber hinaus spielen die noch nicht ausgebauten Flächen des HessenForst, komplexe Eigentümerstrukturen und unwillige private Eigentümer eine wesentliche Rolle.

Im Bereich Artenschutz dominiert das Thema Rotmilan mit ca. 70 % der Nennungen in dieser Kategorie.

Bei der Hauptkategorie „Wetter-, Flugradar und militärische Luftfahrt“ sind es vor allem die militärischen Tiefflugstrecken (53 %), gefolgt von den Drehfunkfeuern (29 %), die als Hemmnisse angesehen werden.

Im Projekt wurde im Rahmen von näherungsweise Abschätzungen eine Bewertung der Hemmnisse vorgenommen. Dabei wurde versucht, den aktuellen Stand der Hemmnisse zu ermitteln. Viele Hemmnisse unterliegen zeitlichen Entwicklungen, die z. T. nur schwer abschätzbar sind. Die Quantifizierung der Flächenverluste durch die Hemmnisse ist ebenfalls sehr unsicher und zeitlich variabel. Ein Beispiel hierfür sind gefährdete Vogelarten. Auswirkungen von aktuellen rechtlichen Vorgaben im Bereich des Artenschutzes (VwV 2020 [4] und das im Jahr 2022 geänderte Bundesnaturschutzgesetz [1] sowie die EU-NotfallVO [3]) können derzeit nicht abgeschätzt werden, da hierzu noch wenig Erfahrung und Rechtsprechung vorliegen.

Auch technische Entwicklungen und Vorgaben können Hemmnisse deutlich reduzieren, wie das Beispiel der Drehfunkfeuer zeigt. Für die Drehfunkfeuer wurden spezielle umfangreiche Modellierungen mit dem WERAN plus Tool durchgeführt. Diese zeigten, dass die Anpassungen des „Osterpakets“ (z. B. Anhebung des maximalen Winkelfehlers von 3,0° auf 3,6° oder Reduzierung des DVOR anlageneigenen Fehlers von 2,0° auf 1,5°) der Bundesregierung und die veränderte Bewertung der Störwirkung von Drehfunkfeuern durch die DFS quasi eine Auflösung des Hemmnis Drehfunkfeuer für WEA auf VRG bedeuten. So zeigte eine im Rahmen des ANSWER-Projektes durchgeführte Simulation, dass auch bei einer Installation einer großen Anzahl an neuen WEA auf den von den Drehfunkfeuern betroffenen VRG die zulässigen Winkelfehler bei keinem Drehfunkfeuer in Hessen überschritten würden (s. Abschnitt 3.6 Hemmnis Drehfunkfeuer).

Häufigkeiten der Nennung der verschiedenen Hauptkategorien der Hemmnisse

(Datengrundlage sind die drei größten genannten Hemmnisse)

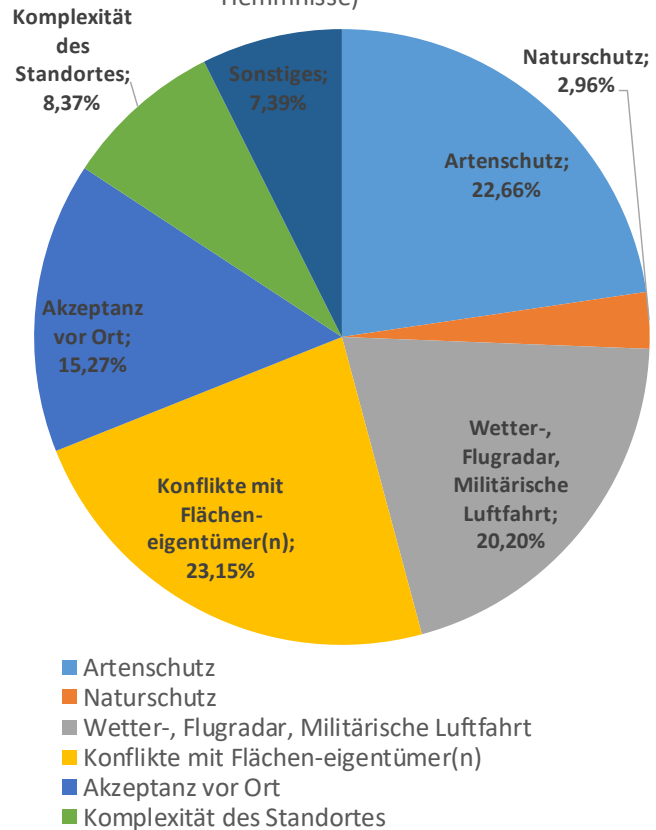


Abbildung 2: Anteil der genannten Hauptkategorien der Hemmnisse

Trotz dieser Unsicherheiten hinsichtlich der zeitlichen Entwicklung der Hemmnisse wurde entsprechend der Projektziele eine quantitative Bewertung der Hemmnisse durchgeführt, die es erlaubt, eine Bedeutung dieser für den Windenergieausbau in Hessen abzuleiten. Damit werden Ansatzpunkte für die Ergreifung und Priorisierung von Maßnahmen identifiziert. Wichtig ist auch zu verstehen, dass die Hemmnisse unterschiedlich stark wiegen. So ist eine Kommune dann ein besonders großes Hemmnis für den Ausbau der Windenergienutzung, wenn sie Flächeneigentümer ist, deren Fläche innerhalb eines VRG liegt und darauf den Ausbau der Windenergie verhindert. Eine Kommune, die nicht Flächeneigentümer ist, kann dagegen nur im begrenzten Maße auf ein Windparkprojekt einwirken. Abschließend sei darauf hingewiesen, dass eine einfache Addition der Hemmnisse (bzw. der mit ihnen verbundenen Flächenverluste) nicht sinnvoll ist, da sich diese auch überlagern können.

Für ein besseres Verständnis der Größenordnung der aufgrund der Hemmnisse auftretenden potenziellen Verluste, wurden diese sowohl als Flächengrößen (in ha) als auch in Form von potenziell verlorenen Erträgen (in TWh/a) abgeschätzt. Letzteres ist insoweit herausfordernd, weil hierfür kein etabliertes Verfahren bekannt ist.

Deshalb wurde ein vereinfachter Ansatz gewählt, bei dem die Flächenverluste über die gesamte VRG-Fläche skaliert und der Ertrag entsprechend reduziert wurde.

Als Bezugspotenzial wurde zunächst das Grünflächenpotenzial des Basisszenarios von 35 TWh (s. Abschnitt 3.1 Windenergiepotenzial auf den hessischen VRG) gewählt. Sind zum Beispiel 10 % der hessischen VRG-Fläche von einem aktuellen Hemmnis betroffen, so dass keine Nutzung durch WEA möglich ist, wird auch der Ertragsverlust auf 10 % des möglichen Potenzials geschätzt. Bei den ca. 35 TWh/a theoretischem Ertragspotenzial, entspricht dies also 3,5 TWh/a, die basierend auf der aktuellen VRG-Gebietskulisse nicht verfügbar wären. Anschließend wurde in gleicher Weise das langfristige Ertragspotenzial unter Berücksichtigung des Repowerings (zeitabhängiges Repowering Szenario) für das Jahr 2042 (40 TWh/a) als Bezugspotenzial genutzt. Bei 10 % Flächenverlust ergab sich dabei ein Ertragsverlust von 4 TWh/a. Die entsprechenden Werte stellen die theoretischen Ertragsverluste auf der aktuellen VRG-Gebietskulisse für das aktuelle Potenzial und das Potenzial im Jahr 2042 dar, wenn die Hemmnisse bis zu diesem Zeitpunkt unverändert blieben.

Bei dieser direkten Umrechnung von Flächen in Ertragsverluste wirkt sich der Flächenverlust unmittelbar, d.h. linear auf die Leistung und Erträge aus. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass die tatsächlichen Ertragsverluste i. d. R. geringer sind, weil nicht berücksichtigt wird, dass die übrige Restfläche auf Grund der geringeren Größe i. d. R. direkt zu einer dichteren Bebauung führt (wie zuvor beschrieben steigt die Dichte der Bebauung bei kleineren Flächen an). Gerade bei Flächenverlusten auf kleineren VRG kann erwartet werden, dass dieser Effekt in einer signifikanten Größenordnung auftritt, wodurch die Umrechnung von Fläche in Ertragsverluste zu einer systematischen Überschätzung führen dürfte. Deshalb wurde bei der Angabe der Ertragsverlustwerte (in TWh/a) im Folgenden die Formulierung „bis zu“ gewählt. In der Praxis kann außerdem gerade bei kleinflächigen Hemmnissen um diese herum gebaut werden, sodass es nicht zwangsläufig zu einer Reduktion der Erträge kommt. Die direkte, lineare Umrechnung von Flächenverlust in Ertragsverlust funktioniert also dann besser, wenn die betroffenen Flächen groß und zusammenhängend sind. Dies ist bei großflächig wirkenden Hemmnissen oft der Fall. Möglich ist allerdings auch, dass bei sehr großen von Hemmnissen betroffenen VRG-Anteilen eine Bebauung des gesamten VRG nicht mehr möglich bzw. attraktiv ist.

Ein weiterer wesentlicher Punkt ist, dass durch das WindBG den Bundesländern zukünftig konkrete Mindestziele für Windenergiegebiete vorgegeben werden. Flächen, die aufgrund von Hemmnissen für die Windenergienutzung un- bzw. nur bedingt geeignet sind, sollten nicht Bestandteil der Windenergiegebiete werden bzw. nicht in die Flächenbilanzierung einfließen. Konkret bedeutet dies: Wenn ein Hemmnis z. B. 2 % der VRG-Fläche betrifft, so ist in der Praxis auf den Windenergiegebieten

zunächst mit weniger als 2 % Leistungs- und Ertragsverlust zu rechnen. Würden diese 2 % Fläche allerdings nicht als Windenergiegebiete mitgezählt und an anderer Stelle ausgewiesen werden, könnten dadurch dann neue WEA mit entsprechenden Leistungen und Erträgen in der Größenordnung von 2 % realisiert werden.

Besonders herausfordernd ist auch die Quantifizierung des Hemmnis Geländeneigung. Der Grund hierfür ist, dass es sich nicht um einen Flächenverlust, sondern um eine weniger dichte Bebauung (geringere Leistungsdichte) handelt. Hier wurde ebenfalls ein vereinfachter, linearer Ansatz gewählt (beschrieben in Abschnitt 3.3 Hemmnis Geländeneigung), dessen Ergebnisse die in der Praxis real zu erwartenden Ertragsverluste tendenziell übersteigen dürften, weil Verlagerungseffekte des WEA Layouts im gewählten Verfahren nicht abschließend berücksichtigt sind. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf zur genaueren Quantifizierung der Ertragsverlustwerte. Es sollten entsprechend komplexere Verfahren entwickelt werden. Diese sollten in der Lage sein, Verlagerungen von WEA von Hangstandorten hin zu Teilflächen mit geringerer Steigung zu simulieren.

Für eine präzisere Quantifizierung der Hemmnisse fehlt es derzeit an genauen Verfahren, diese sollten die Hemmnisse VRG spezifisch berücksichtigen. An dieser Stelle besteht Bedarf, bessere Verfahren zu entwickeln. Dies war im Rahmen des Forschungsprojektes nicht möglich, sollte aber zukünftig als Bestandteil weiterer Forschung angestrebt werden.

Im Folgenden werden fünf der bisher wichtigsten Hemmnisse in einzelnen Abschnitten dargestellt, die einen bedeutsamen Einfluss auf die Leistungsdichte haben (oder dies zumindest bis zum Abschluss des Projektes hatten). Dabei werden die Hemmnisse diskutiert und quantifiziert. Neben diesen fünf Hemmnissen wurden im Rahmen der Projektiererbefragung noch eine größere Anzahl an Hemmnissen mit geringeren Auswirkungen identifiziert. Dabei handelt es sich um lokale bzw. kommunale Akzeptanz vor Ort (ohne Eigentum an VRG-Flächen), Naturschutz (z. B. Biotope, hochwertiger Baumbestand), DWD-Weterradar, militärisches Radar, Einflugschneisen ziviler Flughäfen, schlechte Windbedingungen, sehr komplizierte Standorterschließung, Trinkwasserschutz, Denkmalschutz (z. B. Wölbäcker), konkurrierende Projektierer an einem VRG sowie um veraltete Baugenehmigungen aufgrund langer Genehmigungsverfahren und Klagen. Die meisten dieser Hemmnisse sind schwer zu quantifizieren, in Summe sind sie aber nicht vernachlässigbar.

Eine Besonderheit stellt hierbei allerdings das Hemmnis DWD Weterradar dar, welches aktuell 364 ha im 5 km Sperrbereich (nicht genehmigungsfähig) betrifft und bis Anfang 2023 1.777 ha Schutzbereich (in der Vergangenheit teilweise nicht genehmigungsfähig) betraf. Dieses Hemmnis wird sich aufgrund neuer Verfahren des DWD [5] und der Entscheidung des DWD, einer Nutzung von WEA im Schutzbereich (5 -15 km Entfernung) nicht zu widersprechen [6] nun deutlich reduzieren. Mit dem in der Vergangenheit bereits angekündigten Umzug von Flechtdorf nach Jesberg sollte sich das Hemmnis dann komplett auflösen, da es dann auch keine VRG im 5 km Sperrbereich mehr gibt.

Ein Hemmnis, bei dem sich tendenziell eine Zunahme des Konfliktes ergeben könnte, ist das Luftverteidigungsradar (LVR). Bisher war dieser Konflikt nicht das zentrale Hemmnis für Hessen, führte aber immer wieder zur Nichtgenehmigung von Windenergieanlagen. Der Anteil der von diesem Konflikt betroffenen WEA auf VRG wird durch zunehmende Nabenhöhen steigen. Ggf. könnte auch die Genehmigungsfähigkeit zukünftiger WEA durch negative Auswirkungen von Kumulationseffekten zurückgehen. Zum Jahresbeginn 2022 wurde außerdem bekannt, dass das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) plant, den § 18a Abs. 1 S. 1 LuftVG neben zivilen Flugsicherungseinrichtungen nun auch um militärische Einrichtungen zu erweitern [7]. Damit würden der Bundeswehr bei LVR größere Beurteilungsspielräume bei der Bewertung des Störeinflusses von WEA eingeräumt. Die geplante Gesetzesänderung könnte laut BWE der Bundeswehr die Möglichkeit einräumen, WEA großflächig zu blockieren [8]. Ob die Befürchtungen des BWE tatsächlich eintreten

und in welchem Maße in den nächsten Jahren technische Maßnahmen zur Reduktion des Konfliktes getroffen werden, ist nicht aktuell abschätzbar. Im Gegensatz zu Drehfunkfeuern und Wetterradaren ist eher mit einer Vergrößerung des Hemmnis zu rechnen.

3.3 Hemmnis Geländeneigung

Mittels Analysen auf Basis der aktuellen WEA-Kulisse (Stand Januar 2022) wurden Zusammenhänge zwischen Bebauung (Leistungsdichte) und Hangneigung analysiert. Dabei wurde zunächst die Verteilung der Geländeneigung auf den VRG untersucht, also die Häufigkeiten der auf den VRG auftretenden Hangneigungen ermittelt. Dargestellt ist dies in Abbildung 3. Die räumliche Auflösung bei diesen Analysen ergab sich durch die Gitterweite der DGM-25-Daten zu Kacheln der Größe 25 m x 25 m. Diese Rastergröße liegt in der Größenordnung aktueller WEA-Fundamente.

Die Orographie der VRG ist oft komplex, nicht zuletzt, da Kuppenstandorte hinsichtlich des Windpotenzials tendenziell geeigneter sind als Tallagen (die Windbedingungen stellen ein Kriterium bei der Flächenausweisung dar). Extreme Geländeneigungen (> 25 %) treten jedoch selten auf.

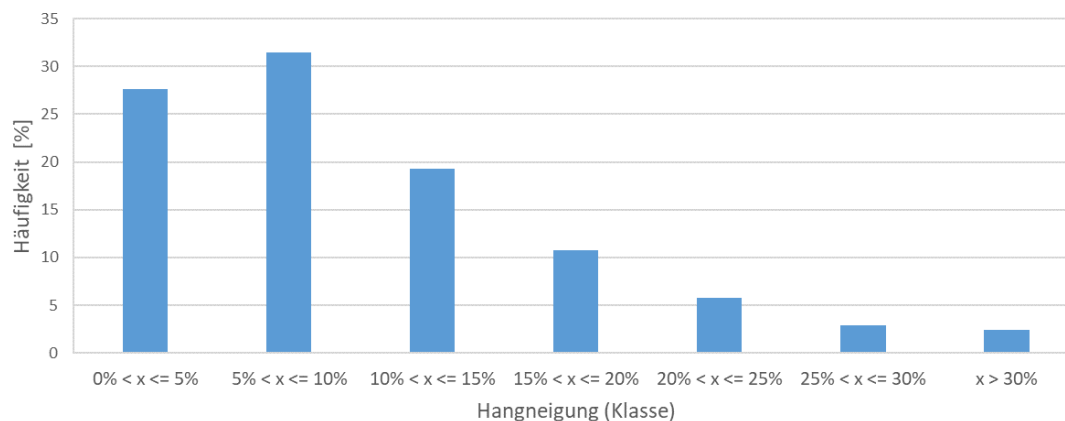


Abbildung 3: Häufigkeit der Hangneigung auf den hessischen VRG.

Anschließend wurden die auf den einzelnen Kacheln installierten Leistungen der Bestandsanlagen aufsummiert und damit die Leistungsdichte in Abhängigkeit der Geländeneigung bestimmt.

Wie in Abbildung 4 zu sehen ist, nimmt die Anzahl an WEA mit der Geländeneigung ab. Ebenso nimmt die Leistungsdichte mit der Geländeneigung ab (Abbildung 5). Daraus konnte geschlossen werden, dass die Geländeneigung ein sehr relevantes Hemmnis für die Errichtung von Windenergieanlagen darstellt. So ist die Leistungsdichte in flachem Gelände (Hangneigung <= 5 %) fast fünf Mal so hoch wie bei Hangneigungen zwischen 20 % und 25 %. Nur 12 Anlagen sind auf VRG-Flächen mit einer Hangneigung von über 20 % installiert worden (Stand Januar 2022). Dies entspricht weniger als 2 % aller WEA, obwohl der Flächenanteil mit dieser Hangneigung bei über 11 % liegt.

Daraus wurde die Schlussfolgerung abgeleitet, dass Flächen mit Hangneigungen > 20 % i. d. R. nicht bebaut werden und selbst bei 15 % nur bedingt eine Eignung für die Nutzung der Windenergie vorliegt. Auf Hangneigungen mit mehr als 30 % wurde auf hessischen VRG bisher gar keine WEA installiert, bei mehr als 25 % Hangneigung sind es auch nur zwei WEA. Die Ausweisung von Flächen mit geringer Standortkomplexität unterstützt folglich tendenziell das Ziel einer hohen Leistungsdichte.

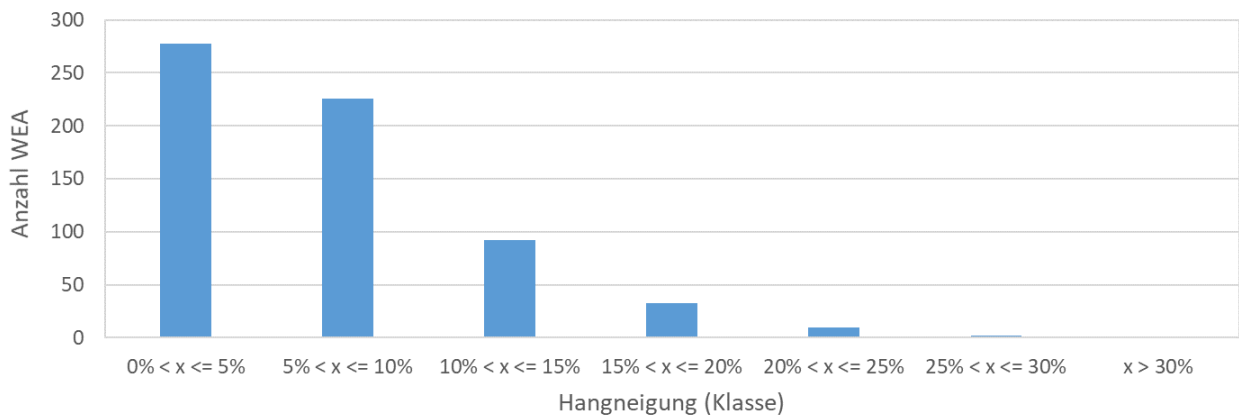


Abbildung 4: Abhängigkeit der WEA-Anzahl von der Hangneigung (betrachtet wurden nur in Betrieb befindliche Anlagen auf VRG).

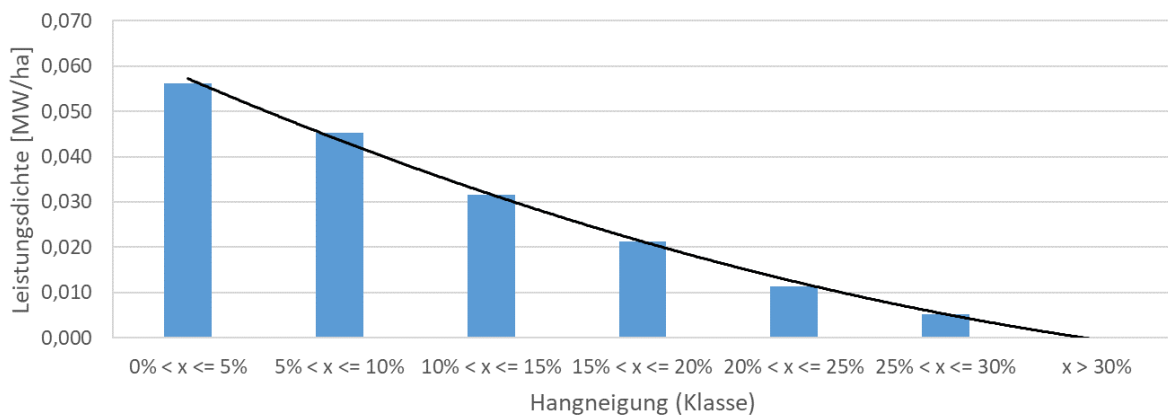


Abbildung 5: Abhängigkeit der Leistungsdichte von der Hangneigung (betrachtet wurden nur in Betrieb befindliche Anlagen auf VRG).

Als wahrscheinliche Gründe für den in Abbildung 4 und Abbildung 5 dargestellten Zusammenhang kommen in Frage, dass Installation und Erschließung von WEA in steilem Gelände technisch aufwändiger sowie wirtschaftlich und hinsichtlich Umweltauswirkungen nachteilig sind (so fördert der Abtrag von Hängen z.B. die Bodenerosion, außerdem müssen i.d.R. größere Mengen Erdboden bewegt werden). Daher werden Windenergieanlagen eher in weniger steilem Gelände errichtet. Die Windbedingungen sind zudem auf Hügelkuppen tendenziell besser als in Hanglagen. Auch die Zuwegung ist in Regionen mit steilen Hängen oft eine Herausforderung.

Am Beispiel des VRG 3112 in Mittelhessen ist exemplarisch dargestellt, dass WEA an weniger steilen Standorten gebaut werden.

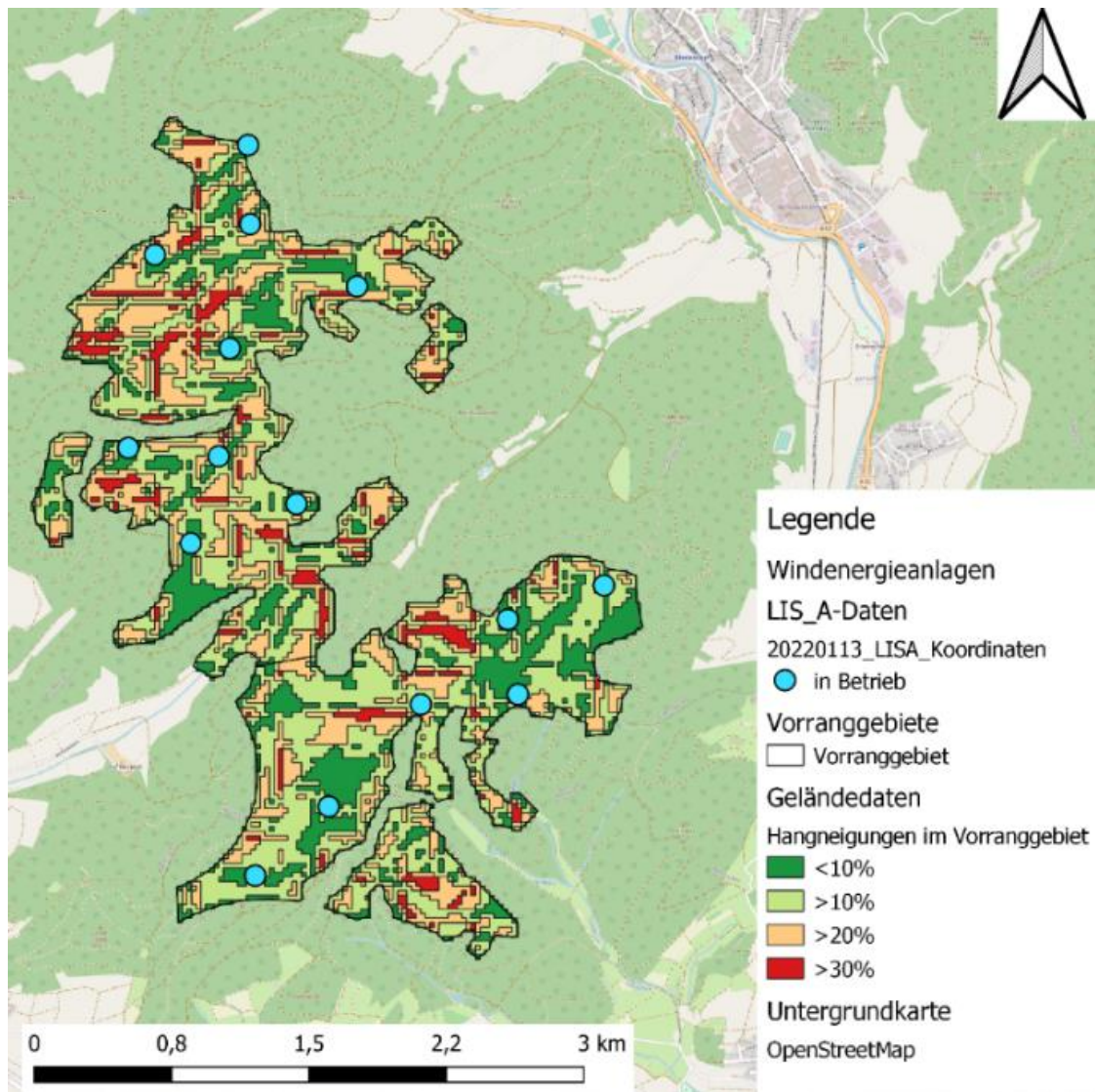


Abbildung 6: Verteilung der WEA (Windparklayout) im VRG 3112 in Mittelhessen.

All dies hat Auswirkungen auf die Leistungsdichte auf einem Vorranggebiet. Einerseits werden ganze Teilflächen aus wirtschaftlichen Gründen als nicht nutzbar eingestuft. In der Projektiererbefragung wurden in 8,4 % der Fälle die Komplexität des Geländes als eines der drei größten Hemmnisse genannt (diese Hauptkategorie, beinhaltet die einzelnen Rückmeldungen zu „zu starke Geländeneigung“, „Topographie“ und „sehr komplizierte Standortschließung“). Dieser Wert ist deutlich geringer als die Abschätzung von HessenForst, der das Relief nach dem Artenschutz als zweitgrößtes Hemmnis ansieht. Zu beachten ist hier aber, dass bei den Einschätzungen von HessenForst, im Gegensatz zur Projektiererbefragung, nur Einschätzungen für andere Eigentümer als Hemmnisse abgegeben wurden (da HessenForst als Eigentümer von Staatswaldflächen für sich keine Hemmnisse bei der Flächenbereitstellung sieht) und so die Ergebnisse nicht direkt vergleichbar sind.

Das Layout wird von den Projektierer:innen aus wirtschaftlichen Gründen so angepasst, dass bevorzugt Flächen mit geringer Steigung bebaut werden. Dadurch entfällt zwar i. d. R. keine gesamte Fläche (was in einzelnen Fällen auch vorkommen kann, wenn sich ein VRG aufgrund des Geländes nicht wirtschaftlich erschließen lässt) und die Geländekomplexität wird von Projektierern unter Umständen nicht als zentrales Hemmnis der Fläche aufgefasst. Der Platzbedarf steigt jedoch ggf. an und es können

einzelne WEAs wegfallen. Dies reduziert letztlich die auf der Fläche realisierte Leistung gegenüber der theoretisch möglichen. Es ist davon auszugehen, dass dieser Aspekt in der Projektiererbefragung nicht oder nur sehr eingeschränkt abgebildet ist.

Über den Zusammenhang zwischen Leistungsdichte und Geländeneigung (Abbildung 5) sowie der Kenntnis über die Verteilung der Hangneigung auf den VRG (Abbildung 3) kann das aufgrund des Hemmnis Hangneigung reduzierte Potenzial auf den hessischen VRG grob abgeschätzt werden. Damit ist es möglich, den Einfluss der Geländeneigung als Hemmnis in erster Näherung zu quantifizieren. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass das Ergebnis einen oberen Grenzwert darstellt, weil Verschiebungseffekte hin zu Flächenstücken mit geringerer Hangneigung nicht berücksichtigt sind (s. auch Erläuterungen in Abschnitt 3.2 Hemmnisse beim Ausbau der Windenergie). Zur genaueren Quantifizierung der Ertragsverlustwerte bedarf es einer deutlich komplexeren Methodik, welche die Verlagerung von WEA von Hangstandorten hin zu Teilflächen mit geringerer Steigung detaillierter berücksichtigt. Dies war im Rahmen des ANSWER-Projektes aufgrund der Komplexität so nicht darstellbar.

Für die Berechnung wurde davon ausgegangen, dass bei Teilflächen mit geringer Steigung (< 5%) keine Einschränkungen aufgrund des Geländes vorliegt. Unter Vernachlässigung aller weiteren Hemmnisse wurde daher zunächst angesetzt, dass auf Teilflächen mit geringer Steigung (< 5%) eine ideale, vollständige Bebauung möglich ist. Für die Teilflächen mit größerer Steigung reduziert sich das Potenzial entsprechend des in Abbildung 5 dargestellten Verlaufs. Unter Kenntnis der Häufigkeiten der einzelnen Hangneigungsklassen (Abbildung 3) wurde damit im Projekt der durch Geländeneigung bedingte Potenzialverlust abgeschätzt.

Mit diesem Ansatz lässt sich gegenüber dem Grünflächenpotenzial, welches ein flaches Gelände unterstellt, eine durch Hangneigung um etwa 32 % reduzierte Bebauungsdichte bestimmen. Auf die 35 TWh/a (Grünflächenpotenzial im Basisszenario) bezogen ergeben sich ca. 11 TWh/a Ertragsverlust aufgrund der Hangneigung. Dieser Wert ist aufgrund der methodischen Vereinfachung, wie bereits beschrieben, als oberer Grenzwert zu verstehen. Der tatsächliche Verlust könnte in der Praxis spürbar darunter liegen.

Anteil von aktueller VRG-Fläche mit reduzierter Bebauung: Knapp 2.300 ha weisen eine Steigung zwischen 20 und 25 % auf und bei ca. 1.200 ha liegt eine Steigung zwischen 25 und 30 % vor (jeweils stark eingeschränkte Nutzbarkeit). Bei knapp 1.000 ha beträgt die Steigung mehr als 30 % (bisher keine Windenergienutzung). Auch bei etwas geringeren Steigungen zwischen 10 und 15% (7.700 ha) und insbesondere zwischen 15 und 20 % (4.300 ha) liegt statistisch gesehen eine geringere Bebauungsdichte vor als bei flachen Geländeanteilen.

Einschätzung zur Entwicklung des Hemmnis Geländeneigung auf der VRG-Fläche: Starke Geländeneigung ist dauerhaft nachteilig. Wie stark sich das Hemmnis auswirkt, hängt von verschiedenen Entwicklungen zur Wirtschaftlichkeit und den konkreten Flächenzuschnitten ab. Nach Einschätzung des Projektteams kann eine Errichtung von großen WEA in komplexem Gelände einfacher kleinskalige Geländeeffekte kompensieren, da auf einer VRG-Fläche eine geringere Anzahl geeigneter Standorte benötigt werden, als bei einer größeren Anzahl kleinerer WEA. Außerdem lassen sich bei größeren, teureren Anlagen Eingriffe in das Gelände potenziell leichter wirtschaftlich realisieren, da die Kosten für die Erschließung einen kleineren Anteil ausmachen. Darüber hinaus ermöglichen es sehr große Nabenhöhen, auch in Hanglagen in den Höhenbereich besserer Windbedingungen vorzudringen.

Aktueller Potenzialverlust auf der VRG-Fläche aufgrund des Hemmnis Geländeneigung: Bis zu 11 TWh/a im Basisszenario (aktuelle WEA-Technologie) und bis zu 13 TWh/a im zeitabhängigen Repowering Szenario

Maßnahmenvorschläge:

- Stärkere Berücksichtigung der Geländeneigung bei Neuausweisung von Flächen. Das bedeutet möglichst eine Ausweisung von Flächen mit maximal 15 % Hangneigung.
- Bei Ausweisung von VRG mit Flächenanteilen mit starker Hangneigung (> 15 %):
 - Prüfung, ob trotz Flächenanteil mit starker Hangneigung eine energetisch optimale Bebauung möglich ist.
 - Fällt die vorgenannte Prüfung negativ aus, sollten die Flächenanteile mit starker Hangneigung nicht auf die Flächenbeitragswert angerechnet werden. Eine Kompensation dieser Flächen durch Neuausweisung in flachem Gelände bzw. entsprechende Vergrößerung des Vorranggebietes wäre hier vorzusehen. Dies impliziert bei hinreichend großen Flächen mit entsprechender Steigung – unter Berücksichtigung der Maßstabebene der Regionalplanung – auch ein „Ab- und Ausschneiden“ von Teilen von bereits in der Vergangenheit ausgewiesenen VRG-Flächen mit großer Hangneigung.

3.4 Hemmnis Flächeneigentümer

Entsprechend der Ergebnisse der Projektiererbefragung stellen Konflikte mit Flächeneigentümern das häufigste genannte Hemmnis dar, wobei der Art des Eigentümers (Kommune, Land, Privatpersonen) eine wichtige Bedeutung zukommt. Der Ermittlung der VRG lag ein umfassendes, gesamtträumliches Planungskonzept zugrunde. Kein Kriterium stellten hingegen die Eigentumsverhältnisse dar. Eine Abwägung darf nur unter Berücksichtigung der öffentlichen Belange stattfinden und nicht die Bereitschaft von Eigentümern zur Bereitstellung der Flächen für die Windenergienutzung (welche sich ohnehin über die Zeit ändern kann) berücksichtigen. In diesem Zusammenhang war die bisherige Ausschlusswirkung der VRG in Hessen von besonderer Bedeutung. Der Nachteil dieser ist, dass unwillige Eigentümer, die Flächen innerhalb der VRG-Fläche besitzen, diese nicht zur Verfügung stellen, während willige Eigentümer mit Flächen außerhalb von VRG keinerlei Möglichkeit haben, diese Flächen für die Windenergienutzung zur Verfügung zu stellen.

Für die Errichtung von Windenergieanlagen müssen die Standorte der Windenergieanlagen inklusive der umgebenden Bereiche der Baulast gesichert werden. Hierbei erweisen sich Eigentümergrenzen als eine wichtige Herausforderung.

Vor diesem Hintergrund wurde im Projekt die Eigentümerstruktur auf den VRG untersucht. Wie in Abbildung 7 zu sehen ist, sind die drei wichtigsten Eigentümer das Land (größtenteils verwaltet durch HessenForst), private Flächeneigentümer sowie Kommunen. Insgesamt sind diese drei Eigentümerarten in Besitz von 94 % der VRG-Fläche. Die restlichen 6 % entfallen auf die Landkreise, den Bund und auf „Mischflächen“, die gemeinschaftliches Eigentum umfassen (u.a. Personengemeinschaften, Interessenten- und Gemeinschaftswald mit mehr als einem Eigentümer).

Dabei treten regionale Unterschiede auf: Während in Süd- und Mittelhessen eine recht ähnliche Eigentümerstruktur mit mehr kommunalen Flächen (ca. 38 %) vorliegt, ist in Nordhessen ein höherer Flächenanteil im Landesbesitz (ca. 50 %).

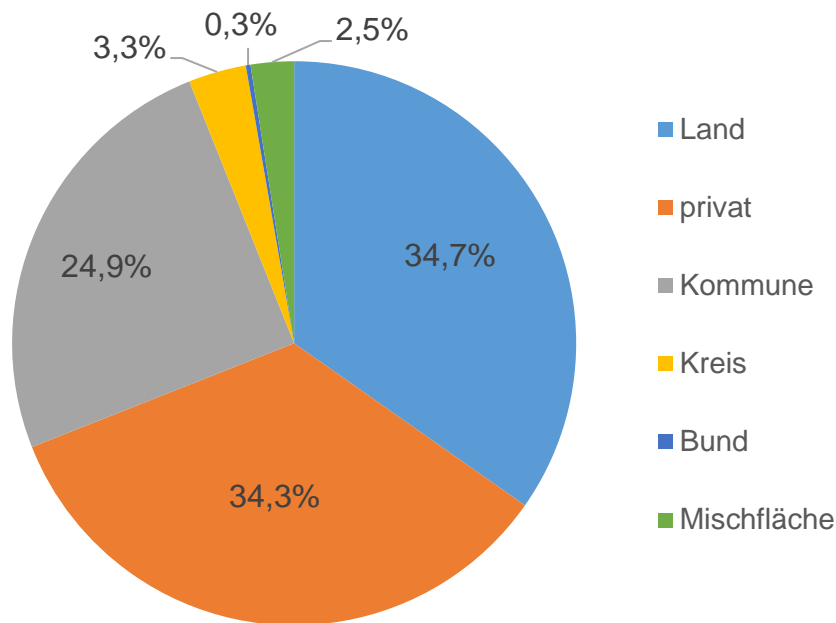


Abbildung 7: Flächenanteile nach Eigentümer auf den VRG.

Im Rahmen der Projektiererbefragung wurden insbesondere unwillige kommunale Eigentümer als Hemmnis identifiziert. So wurden unwillige oder zögerliche kommunale Flächeneigentümer rund fünf Mal so häufig als Hemmnis genannt wie private Eigentümer. Dabei ist zu beachten, dass nur 24,9 % der VRG-Fläche in kommunaler Hand liegt, während 34,3 % im privaten Besitz ist. Neben der Unwilligkeit der Eigentümer stellen auch die Komplexität der Eigentümerstruktur und die teils noch nicht erfolgte Vergabe von Flächen von HessenForst zentrale Hemmnisse dar.

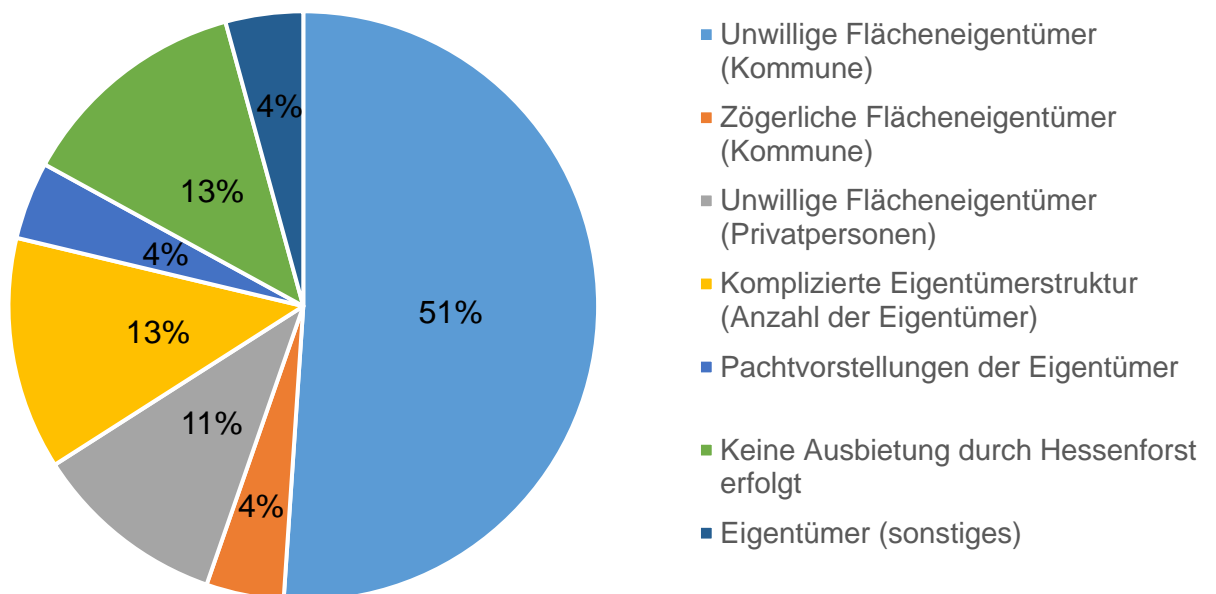


Abbildung 8: Aufteilung des Hemmnis „Konflikte mit Flächeneigentümer(n)“ auf die verschiedenen Unterkategorien.

Neben der spezifischen Untersuchung von Hemmnissen wurde in der Projektiererbefragung abgefragt, wie die Kommune vor Ort generell zum Windenergieausbau steht. Dies bezieht sich nicht nur auf die Kommunen, die Flächeneigentümer sind. Das Ergebnis in Abbildung 9 zeigt, dass die Kommunen in

Nord- und Mittelhessen etwas stärker gegen als für den Windenergieausbau sind. Besonders stark ist demnach allerdings die Ablehnung durch die Kommunen in Südhessen.

Für eine Abschätzung der betroffenen Flächen (Hektarzahlen) wurden die Ergebnisse mit den entsprechenden regionalen Flächenanteilen skaliert. Nicht berücksichtigt wurden dabei Standorte, zu denen es keine Einschätzung gab, oder die Frage mit „unklar“ beantwortet wurde. Dies stellt eine näherungsweise Betrachtung dar. Außerdem ist es wichtig zu beachten, dass die Befragung der Projektierer:innen im zweiten Quartal 2022 stattfand. Effekte, die zu einer Änderung der Meinung durch den Krieg in der Ukraine bzw. die Energiekrise aufgetreten sein könnten, sind hier folglich kaum bzw. gar nicht abgebildet.

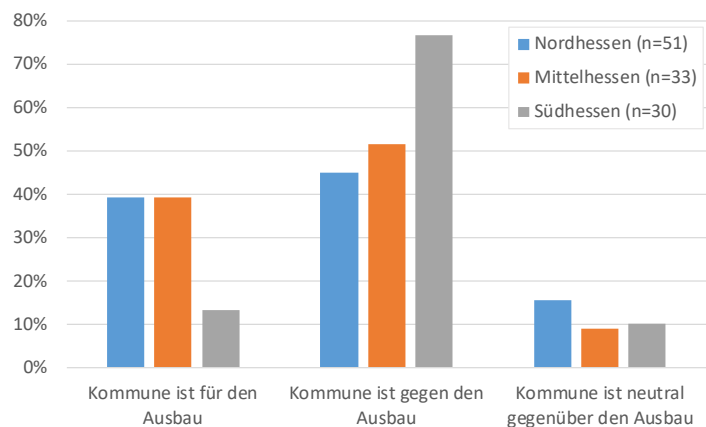


Abbildung 9: Kommunale Zustimmung zur Windenergie nach Regierungsbezirk in Hessen

In Tabelle 1 sind die regionalisierten Ergebnisse der Befragung und die kommunalen Eigentumsverhältnisse als Grundlage für die Berechnung der betroffenen Fläche (siehe Abbildung 9) dargestellt. Hierfür wurde der kommunale VRG-Flächenanteil mit dem Anteil der Kommunen, die sich gegen den Ausbau der Windenergienutzung aussprechen, multipliziert. Vor allem die große Ablehnung der Windenergie in Südhessen, zusammen mit dem hohen Flächenanteil, führt zu einem großen Anteil nicht verfügbarer Fläche (29,2 % der südhessischen VRG-Fläche). In Mittelhessen ist die Situation mit 19,2 % betroffener VRG-Fläche besser, aber immer noch von großer Relevanz. In Nordhessen spielt das Hemmnis der Kommune nur eine untergeordnete Rolle. Dies liegt daran, dass nur 7,3 % der nordhessischen VRG-Fläche in kommunaler Hand ist. Werden die regional nichtverfügbaren Flächen addiert, ergeben sich für Hessen über 6.000 ha betroffene VRG-Fläche.

Tabelle 1: Abschätzung der vom Hemmnis „Kommune steht der Windenergie ablehnend gegenüber“ betroffenen Flächenanteile

Region	VRG-Fläche [ha]	Kommunale VRG-Fläche [ha]	Kommunaler Flächenanteil an VRG	Anteil der Kommunen gegen einen Ausbau	Von Ablehnung betroffene VRG-Fläche [ha]	Von Ablehnung betroffener VRG-Flächenanteil
Nordhessen	16.678	1.210	7,3%	45,1%	546	3,3%
Mittelhessen	12.070	4.490	37,2%	51,5%	2.313	19,2%
Südhessen	11.168	4.256	38,1%	76,7%	3.263	29,2%
Hessen	39.916	9.955	24,9%	55,9%	6.122	15,3%

Die Abschätzung des Hemmnisses der unwilligen privaten Eigentümer erfolgt vereinfachend relativ zu den kommunalen Eigentümern. In der Projektiererbefragung entfielen beim Hemmnis unwillige Eigentümer 11 % auf private Eigentümer, während unwillige und zögerliche Kommunen mit 55 % fünf Mal so oft angegeben wurden, obwohl die VRG-Fläche der privaten Eigentümer sogar größer ist als die der Kommunen. Mit diesem Verhältnis wird die betroffene Fläche auf etwa ein Fünftel der Größenordnung der kommunalen Fläche abgeschätzt und beträgt somit ca. 1.200 ha. Daraus wird offensichtlich, dass private Eigentümer ein deutlich geringeres Hemmnis darstellen. Dies hängt

mutmaßlich damit zusammen, dass die Möglichkeit der Generierung von Pachteinahmen für Privatpersonen eine deutliche höhere Bedeutung haben als für Kommunen, für die die Akzeptanz in der Bevölkerung offensichtlich eine größere Bedeutung hat. So wurde auch im Rahmen des Projektverlaufs von Vertretern des BWE Nordhessen die Bitte geäußert, privaten Waldbesitzern, die sich aktuell oft aufgrund der Waldschäden in finanziell herausfordernden Situationen befinden, die Möglichkeit zu eröffnen, ihre Flächen für den Windenergieausbau zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus werden Akzeptanzfragen bei politischen Entscheidungen wie der von Kommunen zur Windenergienutzung als deutlich relevanter eingeschätzt als bei Privatpersonen. Somit kann mangelnde lokale Akzeptanz bei kommunalen Flächen ein größeres Hindernis darstellen als dies bei den auf privaten Flächen geplanten Windenergieprojekten der Fall ist. Dies ist mutmaßlich insbesondere dann der Fall, wenn die privaten Flächeneigentümer nicht in der Nähe der betroffenen Fläche ansässig sind.

Auch die teils noch fehlende Vergabe von Flächen des landeseigenen Betriebs HessenForst ist aktuell ein Hemmnis für die Verfügbarkeit von Fläche und machte 13 % der Konflikte mit Flächeneigentümern aus. Aktuell hat HessenForst etwa die Hälfte (49 %) seiner VRG-Fläche von insgesamt ca. 13.800 ha vertraglich vergeben. Die noch nicht vergebene Fläche von ca. 7.000 ha stellt kein langfristiges Hemmnis dar, da zu erwarten ist, dass diese Fläche in den nächsten Jahren vergeben wird. Dass noch nicht alle geeigneten landeseigenen Windvorrangflächen von Hessen-Forst vergeben werden konnten, ist in der flächenmäßigen Größenordnung und dem Aufwand der Flächenvergabe begründet. Bereits über weitere ca. 1.200 ha werden aktuell Gespräche geführt oder befinden sich in der Ausbietung. Der Landesbetrieb Hessen-Forst arbeitet die weiteren geeigneten Flächen sukzessive nach eigener Priorisierung, unter Berücksichtigung von Anfragen von Entwicklern ab. Für die zeitliche Umsetzung wird dabei auch berücksichtigt, dass benachbarte (mitbetroffene) Eigentümer sich der Flächenbereitstellung von HessenForst nicht verschließen. Für die Bereitstellung der noch unbeplanten landeseigenen Windvorrangflächen hat HessenForst für die jeweils kommenden zwei Jahre eine zeitliche Korridorplanung als Staffelplanung vorgesehen. Es gibt allerdings keinen Zeitplan für die Flächenvergabe, der darüber hinaus konkrete Ziele beinhaltet.

Eine hohe Bedeutung hat nach Abbildung 8 auch die Komplexität der Eigentümerstruktur auf den hessischen VRG, die bei Konflikten mit Eigentümern in 13 % der Fälle genannt wurde. Bei knapp einem Viertel der privaten Flächenanteile (Flurstücke auf VRG in Privatbesitz) sind zwei oder mehr private Flächeneigentümer am Flurstück auf VRG beteiligt (s. Abbildung 10). In der Praxis kann dies die Flächensicherung für Projektierer von Windparks erschweren – insbesondere, da es das Risiko erhöht, dass ein Eigentümer der Errichtung von Windenergieanlagen nicht zustimmt. Dabei ist die jeweilige Fläche oft über einen längeren Zeitraum nicht für die Windenergie nutzbar. In der Praxis zeigt sich, dass auch bei nur anteilig durch Pachtverträge gesicherter VRG-Fläche Windparkprojekte begonnen werden, wenn diese ökonomisch darstellbar sind. In der Folge ist für das gesamte VRG eine weniger dichte Bebauung zu erwarten.

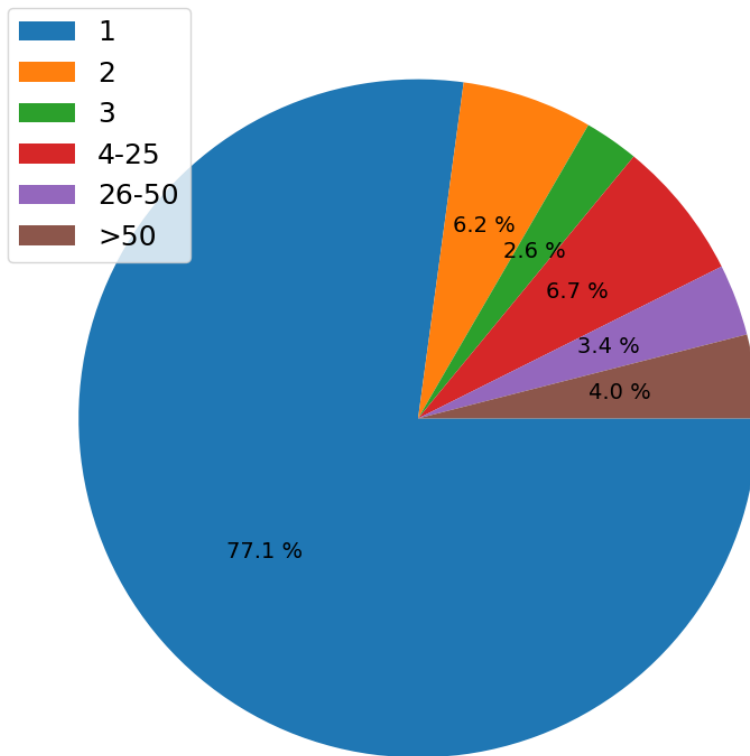


Abbildung 10: Häufigkeiten der Anzahl privater Eigentümer bei privaten Flächen auf VRG (es wurden nur Flächenstücke > 1 ha betrachtet).

Dass sich eine komplexe Eigentümerstruktur unmittelbar auf die Bebauung auswirkt, zeigt die nachfolgende Abbildung 11, in der die Leistungsdichte in Abhängigkeit der Anzahl privater Eigentümer dargestellt ist. Demnach sinkt die Leistungsdichte auf den jeweiligen Flächenstücken mit der Anzahl der (privaten) Eigentümer deutlich. So liegt bei Flurstücken mit mehr als drei privaten Flächeneigentümern im Mittel eine um fast 40 % geringere Leistungsdichte vor als bei Flurstücken mit nur einem privaten Eigentümer.

Auf Basis dieser Erkenntnis kann unter Berücksichtigung der Flächenanteile und der entsprechenden Bebauungsdichte ein äquivalenter Flächenverlust berechnet werden. Dieser entspricht etwas mehr als 1.600 ha. Die entsprechenden Verluste bezogen auf den Energieertrag betragen 1,4 TWh/a bezogen auf das Basisszenario (aktuelle WEA-Technologie) bzw. 1,6 TWh/a bezogen auf das zeitabhängige Repoweringsszenario.

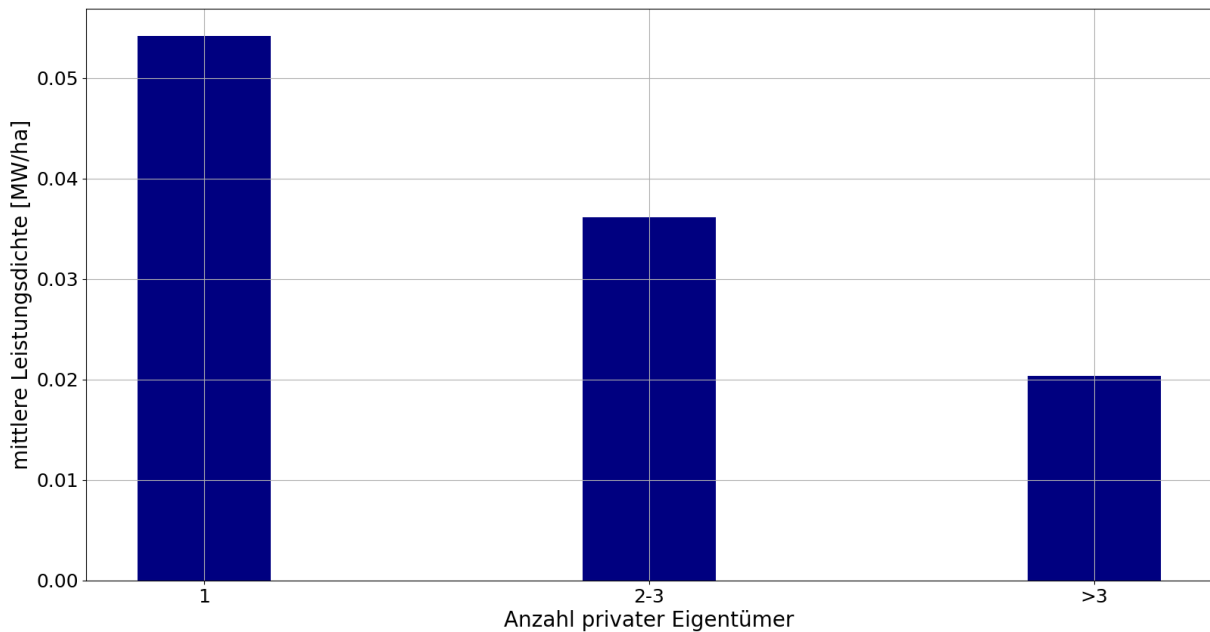


Abbildung 11: Leistungsdichte auf privaten VRG-Flächenanteilen in Abhängigkeit der Anzahl privater Eigentümer (es wurden nur Eigentümer mit Flächenstücken > 1 ha betrachtet).

Neben der Anzahl privater Eigentümer kann auch die unterschiedliche Art von Eigentümern eine Herausforderung darstellen. Potenziell ist jede Eigentümergrenze ein Hemmnis, da nicht sichergestellt werden kann, dass es gelingt, die gesamte Fläche zu sichern. Nur dies würde eine optimale Bebauung des gesamten VRG ermöglichen. Neben der prinzipiellen Möglichkeit der Sicherung der Fläche können bestimmte Eigentümer, die besondere Pachtvorstellungen oder hohe finanzielle Erwartungen haben, auch gemieden werden. Dadurch kann, bezogen auf das gesamte VRG, eine nicht optimale Flächennutzung entstehen.

Neben der Bereitschaft der Zurverfügungstellung der Flächen und den Pachtvorstellungen können aber auch andere Hemmnisse auftreten. So wurde im Rahmen der Projektiererbefragung in einem Fall davon berichtet, dass die Grundstückseigentümer zwar namentlich ermittelbar, aber nicht auffindbar waren und dadurch eine WEA nicht zu realisieren war.

In der Praxis tritt die Herausforderung auf, dass es einem Projektierer im Rahmen der Flächenakquise gelingen muss, die Flächen inklusive Baulasten vertraglich zu sichern. Bei der Flächenakquise besteht die zentrale Konkurrenzsituation zwischen den Projektierern. Dieser Wettbewerb kann dazu führen, dass eine VRG-Fläche nicht optimal bebaut wird. Einerseits findet eine Optimierung der Projekte nur unter Berücksichtigung der eigenen gesicherten Fläche und nicht des gesamten VRG statt. Andererseits kann es sogar sein, dass die Errichtung einer WEA den Bau einer WEA eines Mitbewerbers ausschließt. Hierzu erläuterte ein Projektierer, dass in solchen Fällen zwar eine Abstimmung versucht wird, diese aber nicht zwangsläufig erfolgreich ist. In einem solchen Fall versuchen die konkurrierenden Firmen schnellstmöglich die Genehmigung zu erwirken und sich so gegen den Konkurrenten durchzusetzen. So gibt es aktuell ein Beispiel in Nordhessen, bei dem, nach Einschätzung der Regionalplanung, auf die Fläche insgesamt vier WEA passen würden. Ein Projektierer beantragt aktuell zwei WEA, ein anderer drei. Nur eines der Projekte wird realisiert werden können. Damit werden nur die Hälfte oder drei Viertel der möglichen WEA gebaut. Eine spätere Nachverdichtung erscheint zukünftig schwierig. Eine Quantifizierung des Hemmnisses konkurrierender Flächeneigentümer war im Rahmen des ANSWER-Projektes nicht möglich.

Fazit und Ausblick zum Hemmnis Flächeneigentümer

Das Hemmnis der Flächeneigentümer ist aufgrund seiner Größe (in Summe ca. 16.000 ha bzw. 40 % der VRG-Fläche quantifiziert) aktuell besonders bedeutend. Überdies ist die Problematik je nach Eigentümer verschieden. Private Eigentümer stellen ein eher geringes Hemmnis dar, da sie in der Regel ihre Flächen zur Verfügung stellen. Die nicht verfügbaren Landesflächen von HessenForst werden in den nächsten Jahren sukzessive verfügbar gemacht werden, wobei hierfür eine zeitliche Planung sinnvoll erscheint. Komplexe Eigentümerstrukturen und sonstige Eigentumskonflikte werden dauerhaft eine Herausforderung für die Projektierer darstellen. Besonders relevant sind aktuell unwillige Kommunen, da diese über große Flächen verfügen, die für den weiteren Windenergieausbau in Hessen sehr bedeutsam sind. Dies ist insbesondere von Bedeutung, da VRG in Hessen bisher eine Ausschlusswirkung haben, die es anderen willigen Kommunen und Privatwaldbesitzern außerhalb von VRG nicht ermöglicht, ihre Flächen zur Verfügung zu stellen und so zur hessischen Energiewende beizutragen.

Allerdings plant die Bundesregierung im aktuellen Modernisierungspaket [9] unter dem Punkt „Flächenbereitstellung und Verfahrensbeschleunigung für Erneuerbare Energien“ gewisse Maßnahmen, um den weiteren Windenergieausbau auch außerhalb der Windgebiete (welche teilweise auch als Windflächen bezeichnet werden) zu ermöglichen. So wird mit dem Hinweis auf den Bedarf für günstigen Strom von Gewerbe und Industrie in Aussicht gestellt, Möglichkeiten für die kurzfristige Zurverfügungstellung von Flächen für Windenergieanlagen an Land zu schaffen. „Dafür soll der Handlungsspielraum für Kommunen erweitert werden, indem die Kommunen auch dann Flächen für Windenergie ausweisen können, wenn die regionalen Planungen in ihrem Gebiet keine Windflächen vorgesehen haben. Zusätzlich soll eine flächenspezifische Außenbereichsprivilegierung für bestimmte besonders geeignete Flächen eingeführt werden.“ Hierfür ist die „direkte Belieferung der benachbarten Unternehmen“ ein Kriterium. Damit soll hier wohl ein Bau von WEA in Industriegebieten oder industrienahen Gebieten ermöglicht werden. Außerdem wird in Aussicht gestellt, den „Handlungsspielraum für Länder“ zu erweitern, „wenn sie die allgemeine Außenbereichsprivilegierung vorziehen wollen (Länderöffnungsklausel)“. Wie im Detail diese Pläne umgesetzt werden und wie sie sich letztendlich praktisch auswirken, bleibt abzuwarten.

Eine Besonderheit gilt für Repowering-Projekte, die bis zum 31.12.2030 eine Privilegierung erfahren und bei Einhaltung der rechtlichen Bestimmungen (z.B. Lärmschutz) auch außerhalb von VRG gebaut werden dürfen, sofern sie nicht in Naturschutz- oder Natura 2000-Gebieten liegen.

Aktuell betroffene VRG-Fläche unwillige Kommune (siehe Tabelle 1): ca. 6.000 ha

Aktuell betroffene VRG-Fläche unwillige Private Eigentümer: ca. 1.200 ha (Flächenäquivalent)

Aktuell betroffene VRG-Fläche komplexe Eigentümerstruktur: ca. 1.600 ha

Aktuell betroffene VRG-Fläche bislang noch nicht vertraglich vergebene Fläche des HessenForst: ca. 7.000 ha

Aktuell betroffene VRG-Fläche sonstige Eigentümer Hemmnisse: Nicht quantifizierbar

Einschätzung zur Entwicklung des Hemmnis unwillige Kommune: Die Entwicklung des Hemmnis ist unklar; es hängt davon ab, wie sich der politische Wille und die Akzeptanz vor Ort entwickelt. Seit Januar 2023 können Anlagenbetreiber Kommunen, deren Gemeindegebiet sich zumindest teilweise innerhalb eines um die Windenergieanlage gelegenen Umkreises von 2.500 m um die Turmmitte der Windenergieanlage befindet, auf Grundlage von § 6 EEG mit bis zu 0,2 Cent/kWh (flächenanteilabhängig) am Windenergieprojekt beteiligen. Dies sollte die Akzeptanz zwar erhöhen, allerdings ist fraglich, ob den Kommunen, die bisher schon auf Pacht verzichtet haben, damit

ausreichend große Anreize gegeben werden. Auch ist abzuwarten, ob der Krieg in der Ukraine zu einem Umdenken von bisher unwilligen Kommunen bzw. deren Bürgern führt.

Einschätzung zur Entwicklung des Hemmnis unwilliger privater Eigentümer auf der VRG-Fläche: Könnte etwas weiter zurückgehen, wird sich aber nicht auflösen lassen. Hemmnisse unwillige Eigentümer lassen laut Projektiererbefragung nur auf langen Zeitskalen Änderungen erwarten.

Einschätzung zur Entwicklung des Hemmnis komplexe Eigentümerstruktur auf der VRG-Fläche: Wird sich kaum ändern lassen und weiterbestehen.

Einschätzung zur Entwicklung des Hemmnis noch nicht vertraglich vergebene Landesfläche: Hemmnis wird sich auflösen, da das Land Hessen seine Fläche zur Verfügung stellen wird. Die Frage ist, wann dies im jeweiligen Einzelfall sein wird.

Aktueller Potenzialverlust auf der VRG-Fläche aufgrund unwilliger Kommunen: Bis zu 5 TWh/a im Basisszenario (aktuelle WEA-Technologie) und bis zu 6 TWh/a im zeitabhängigen Repoweringszenario; **zukünftig:** Theoretisch kann sich dieses Hemmnis komplett auflösen, wobei dann keine einzige Kommune, die im Besitz von VRG-Flächen ist, mehr gegen den Windenergieausbau sein dürfte. Dies erscheint den Autoren sehr optimistisch. Perspektivisch kann jedoch zumindest teilweise eine Verfügbarkeit der Fläche für Windenergie erwartet werden; die Dauer und die tatsächliche Größenordnung des Potenzialverlusts sind jedoch unklar.

Aktueller Potenzialverlust auf der VRG-Fläche aufgrund unwilliger privater Eigentümer: Bis zu 1,1 TWh/a im Basisszenario (aktuelle WEA-Technologie) und bis zu 1,2 TWh/a im zeitabhängigen Repoweringszenario; **zukünftig:** Theoretisch kann sich dieses Hemmnis komplett auflösen, wobei dann kein einziger privater Besitzer die Nutzung seiner VRG-Flächen mehr ablehnen dürfte. Dies erscheint den Autoren sehr optimistisch. Perspektivisch kann zumindest teilweise eine Verfügbarkeit der Fläche für Windenergie erwartet werden; die Dauer und die tatsächliche Größenordnung des Potenzialverlusts sind jedoch unklar.

Aktueller Potenzialverlust auf der VRG-Fläche aufgrund komplexer Eigentümerstrukturen: Bis zu 1,4 TWh/a im Basisszenario (aktuelle WEA-Technologie) und bis zu 1,6 TWh/a im zeitabhängigen Repoweringszenario; **zukünftig:** Wird prinzipiell erhalten bleiben.

Aktueller Potenzialverlust auf der VRG-Fläche aufgrund von HessenForst noch nicht vertraglich vergebene Fläche: Bis zu 6 TWh/a im Basisszenario (aktuelle WEA-Technologie) und bis zu 7 TWh/a im zeitabhängigen Repoweringszenario; **zukünftig:** Fläche wird komplett vergeben, Hemmnis löst sich auf.

Aktueller Potenzialverlust auf der VRG-Fläche aufgrund sonstiger Eigentümer-Hemmnisse: Nicht quantifizierbar.

Maßnahmenvorschläge:

Kommunale Eigentümer:

- Kommunen, die ihre Flächen nicht für die Windenergienutzung zur Verfügung stellen, obwohl die Fläche im Teilregionalplan Energie als VRG festgelegt ist, sollten für den Ausbau der Windenergie sensibilisiert werden. Hierfür sollte die LEA mit den Ministerien entsprechende Konzepte entwickeln.
- Außerdem sollten Kommunen bei der Bereitstellung (Verpachtung an Vorhabenträger) ihrer Flächen unterstützt werden. Bestehende Beratungsangebote der LEA Hessen (z. B. unter toolbox.lea-hessen.de) sollten verstärkt beworben und ausgeweitet werden. In diesem Prozess sollte neben einer Akzeptanzförderung aber auch ein energetischer Vergleich zwischen kommunalpolitischen Zielevereinbarungen (z. B. maximale Anzahl WEA auf kommunalen Flächen) und einem energetischen Optimum stattfinden.
- Sollten Kommunen trotzdem ihre Flächen nicht zur Verfügung stellen, sollte geprüft werden, welche Sanktionsmöglichkeiten bestehen.
- Langfristig wäre auch eine deutschlandweite Verpflichtung der Kommunen zur Flächenbereitstellung ihrer innerhalb der VRG liegenden Flächen für die Windenergienutzung

hilfreich. Ob und wie dies rechtlich realisierbar ist, kann vom Projektteam nicht bewertet werden.

- Langfristig sind Akzeptanzmodelle mit Mehrwert für die Kommunen bzw. betroffenen Bürger:innen denkbar (z. B. Energy-Sharing, günstigere Strompreise für lokal ansässige Unternehmen und Bürger:innen oder ein direktes Energiegeld für Anwohnende).
- Maßnahmen zur Steigerung der Akzeptanz der Windenergie in Hessen (wie die existierenden Bürgerforen oder Kampagnen z. B. „Für mehr positive Energie!“) sind wichtig und sollten weiter ausgebaut werden. Eine gesteigerte Akzeptanz würde es den Kommunen leichter machen, den Windenergieausbau zu fördern.

Private Eigentümer:

- Förderung von Flächenpooling für effiziente Flächenbebauung und Steigerung der Akzeptanz, z. B. durch bestehende Maßnahmen der LEA Hessen.

Landeseigentum:

- Es sollten Maßnahmen entwickelt werden, die eine Zurverfügungstellung von landeseigenen Flächen erleichtern bzw. beschleunigen.
- Diese Maßnahmen sollten durch Schaffung von Akzeptanz bei mitbetroffenen anderen Eigentümern unterstützt werden.
- Es sollte geprüft werden, ob es Möglichkeiten gibt, die effiziente Flächenausnutzung auf den Flächen von HessenForst noch stärker zu fördern.
- Die Erfahrungen und neueren Erkenntnisse des HessenForst zu den bereits ausgewiesenen VRG-Flächen sollte bei der Weiterentwicklung der Flächenkulisse berücksichtigt werden.

Allgemein:

- Es sollte im Rahmen weiterer wissenschaftlicher Untersuchungen analysiert werden, welche WEA-Leistungs- und Energiepotenziale sich unter Berücksichtigung des Repowerings und ggf. weiterer Maßnahmen des Modernisierungspaketes (z. B. die in Aussicht gestellten neuen Möglichkeiten für Kommunen, sobald diese hinreichend konkretisiert sind) außerhalb der VRG für Hessen ergeben.

3.5 Hemmnis Artenschutz

Das Hemmnis Artenschutz ist in höchstem Maße fachlich und rechtlich anspruchsvoll. So erfordern artenschutzrechtliche Bewertungen eines Windparkprojektes umfangreiche Expertise und Gutachten. In Hessen hat sich mit der VwV 2020 [4] und auf Bundesebene mit den im Jahr 2022 gemachten Anpassungen des Bundesnaturschutzgesetzes [1] und weiteren Gesetzen (z. B. EU-NotfallVO [3] [10]) die rechtliche Situation geändert. Es wird im Folgenden der Stand der Befragung und Diskussion im Rahmen des Projektes wiedergegeben. Eine eigenständige vertiefte Untersuchung und Bewertung der Artenschutz-Hemmnisse war nicht Gegenstand des Forschungsvorhabens.

Bei der Projektiererbefragung wurde nach der Flächenverfügbarkeit das Thema Artenschutz als das zweitwichtigste Hemmnis genannt (22,7 % der drei größten genannten Hemmnisse). Der mit Abstand größte Konflikt besteht mit dem Rotmilan (ca. 70 % der Nennungen), aber auch Fledermäuse und andere Vögel wurden als relevantes Hemmnis angegeben. In der Hälfte der Fälle, in denen Artenschutz als Hemmnis genannt wurde, wurde es auch als das größte Hemmnis auf der jeweiligen Fläche angegeben. Dies ist ein deutlich geringerer Wert als Konflikte mit den Eigentümern (72 %), aber ein höherer als bei den Konflikten mit Infrastrukturanlagen (46 %). An dieser Stelle ist noch einmal darauf hinzuweisen, dass die Befragung sowohl Projekte vor als auch nach Inkrafttreten der

Verwaltungsvorschrift Naturschutz/Windenergie 2020 beinhaltet, sodass eine Bewertung aktuellerer Entwicklungen nicht sinnvoll möglich ist. Insbesondere ist eine Einschätzung der Auswirkung der VwV 2020 [4] damit nicht transparent möglich. HessenForst sieht das Thema Artenschutz auf seinen Flächen als das größte Hemmnis an. Dies ist konsistent mit der Befragung der Projektier:innen, da das Hemmnis Flächeneigentümer im Fall von HessenForst nicht gegeben ist.

Die Oberen Naturschutzbehörden (ONB) wurden, entsprechend der Projektiererbefragung, in der Vergangenheit teilweise als unflexibel in Bezug auf die artenschutzrechtliche Auslegung empfunden. Auch wenn sich hier ein stärkerer Pragmatismus abzeichnet, wird von Seiten der Projektier:innen eine noch höhere Flexibilität gewünscht. Gerade die VwV 2020 wird mit Blick auf den aktuellen Forschungsstand von den Projektierern als Instrument mit praktikablen Lösungsansätzen für die Praxis angesehen. Die VwV 2020 wird dafür gelobt, dass sie einen „klaren Rahmen für artenschutzrechtliche Belange setzt und den Ausbau der Windenergie ins richtige Licht rückt“ (anonymisierte Aussage eines Projektierers im Rahmen der Umfrage). Es wurde bei den Rückmeldungen der Befragung mehrfach darauf hingewiesen, dass es eine klare Orientierung der Oberen Naturschutz- und Genehmigungsbehörden an der VwV 2020 geben muss. Es wird die „konsequente und einheitliche“ Anwendung gefordert.

Ein besonders zentraler und im Projektlenkungskreis viel diskutierter Punkt ist die Nutzung der artenschutzrechtlichen Ausnahmegenehmigung auf den Flächen der VRG, die in der VwV 2020 vertiefend behandelt wird (die VwV 2020 führte beispielsweise für den WEA-Ausbau den Ausnahmegrund der öffentlichen Versorgungssicherheit ein). Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich durch aktuelle Änderungen in bundes- und europäischen Gesetzen - z. B. im Rahmen des Naturschutzgesetzes [1] und kurzfristig und zeitlich begrenzt über die EU-NotfallVO [3] bzw. das aktualisierte Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG) mit der Einführung des § 6 - sowohl Untermauerungen dieser Argumentation in der VwV 2020 als auch erhebliche Änderungen ergaben (z. B. Möglichkeit zum Verzicht auf die Artenschutzprüfung durch § 6 WindBG), die so bei der Befragung nicht bekannt waren.

Bezüglich der Nutzung der artenschutzrechtlichen Ausnahme wird in der VwV 2020 explizit darauf hingewiesen, dass aufgrund der hessischen Energieziele und des „fachlich gesteuerten Prozesses der Auswahl und Festlegung von WEA-VRG (...) bei Eintritt etwaiger artenschutzrechtlicher Zugriffsverbote davon auszugehen [ist], dass auch ein Verzicht auf diese WEA-VRG oder ein **Verzicht auf einzelne WEA-Standorte** innerhalb eines VRG - z. B. zugunsten der Standorte in anderen WEA-VRG - **grundsätzlich keine Alternative** darstellt.“ (S. 11 VwV 2020). Im nächsten Abschnitt wird hervorgehoben, dass „**die vollständige und flächeneffiziente Ausnutzung der WEA-VRG erforderlich**“ ist (S. 11 VwV 2020).

Trotz dieser deutlichen Aussagen wird die artenschutzrechtliche Ausnahme, die neben der windabhängigen WEA-Abschaltung ebenfalls zur effizienten Nutzung der WEA-VRG beitragen kann, bisher noch wenig genutzt. Hierzu wurde im Rahmen des Projektes mit mehreren Projektier:innen gesprochen. Als Hauptgrund dafür, dass Projektier:innen die artenschutzrechtliche Ausnahme selten anstreben, wurde das sich ergebende Klagerisiko genannt.

Es ist nach Ansicht der Universität Kassel nicht auszuschließen, dass es aktuell auch an Projektier:innen fehlt, die die finanziellen Ressourcen, Zeitaufwand und Risiken tragen, um ein solches letztinstanzliches Urteil zu erwirken.

In den Gesprächen mit den Projektierern wurde deutlich, dass ein Teil der Projektierer die artenschutzrechtliche Ausnahme gerne als entsprechend probates Mittel zur intensiven Bebauung nutzen möchte, sofern eine entsprechende abschließende Rechtssicherheit gegeben ist. Andere Projektierer äußerten sich etwas weniger progressiv und sehen die Ausnahmegenehmigung

entsprechend ihres Namens selbst dann nur in Ausnahmefällen als Option an. Dieser Auffassung kommt die VwV 2020 entgegen, indem sie durch die Vermeidungsmaßnahme „WEA-Abschaltung bei Niedrigwind“ dazu beiträgt, das Tötungsrisiko kollisionsempfindlicher Vogelvorkommen auf unterhalb der Signifikanzschwelle zu senken und so das Ausnahmeverfahren seltener erforderlich wird (z. B. vorrangig noch bei Betroffenheit des Horstnabereichs).

Darüber hinaus wird vom Projektteam zu Bedenken gegeben, dass die artenschutzrechtliche Ausnahmegenehmigung auch aus Akzeptanzgründen eine gewisse Problematik darstellen könnte. So könnte es Eigentümer geben, die nicht möchten, dass in besonders artenschutzsensiblen Bereichen eine Bebauung mit Windenergieanlagen stattfindet. Eine hohe Transparenz der konzipierten Minderungsmaßnahmen (die VwV 2020 sieht derartige Maßnahmen auch beim Eintritt in das Ausnahmeverfahren vor) und Ausgleichsmaßnahmen sowie deren Kommunikation mit den Flächeneigentümern könnte hier ggf. für Abhilfe sorgen.

Eine Besonderheit beim Thema Artenschutz ist die zeitliche Veränderlichkeit des Hemmnisses. So verändern sich vielfach Horststandorte über die Jahre. Damit kann eine Fläche, die heute von Artenschutz betroffen ist, in Zukunft ohne Konflikt nutzbar sein. Im Prinzip kann bei einem Windpark eine zukünftige Erweiterung an Standorten, die im Rahmen der initialen Projektierung nicht genutzt wurden, nachgeholt werden. In der Praxis wird allerdings i. d. R. ein Layout gewählt, welches die verfügbare Fläche möglichst konfliktarm ausnutzt, d. h. artenschutzrechtlich konfliktträchtige Bereiche außen vor lässt. Selbst wenn eine Fläche nur temporär von Artenschutz-Hemmnissen betroffen ist, kann sie zukünftig trotzdem nicht mehr bebaut werden, da notwendige Abstände zu benachbarten WEA nicht mehr eingehalten werden können. Auf diese Weise entsteht eine weniger effiziente Flächennutzung, die erst im Rahmen eines Repowerings der Gesamtfläche am Ende der Lebensdauer des Windparks korrigiert werden kann. Dem soll aber, wie zuvor beschrieben, die neue VwV 2020 entgegenwirken. Da viele laufende Genehmigungsverfahren noch nach dem „alten“ hessischen Windenergie-Leitfaden zu Ende geführt werden, liegen zur VwV 2020 bislang wenig Erkenntnisse vor.

Die Projektiererbefragung wurde genutzt, um eine Quantifizierung der vom Artenschutz betroffenen Fläche durchzuführen. Hierfür wurden nur Bezugsflächen berücksichtigt, bei denen das Hemmnis Eigentümer nicht angegeben wurde. Denn sofern das Hemmnis Eigentümern vorlag, wurden i. d. R. keine weiteren Informationen zu Hemmnissen auf den Bezugsflächen gegeben. Dies ist insoweit erwartbar, dass Flächen, bei denen eine Sicherung aufgrund der Eigentümer nicht gelingt, gar nicht weiter untersucht werden und Artenschutzhemmnisse entsprechend nicht identifiziert werden. Mit dieser Einschränkung konnten 1.561 ha betroffene Fläche bei 8.561 ha Bezugsfläche (18 %) ermittelt werden. Skaliert auf die fast 40.000 ha gesamte VRG-Fläche ergeben sich damit ca. 7.300 ha, die vom Artenschutz betroffen sind.

Wie bereits erwähnt, sah der HessenForst den Artenschutz als größtes Hemmnis auf seinen Flächen an. Dabei sah er etwa 6.000 ha seiner Fläche als betroffen an, die zu etwa 2/3 als entwicklungsfähig eingestuft wurden. Damit liegt die abgeschätzte, nicht entwicklungsfähige VRG-Fläche des HessenForst bei etwa 2.000 ha. Mit einem vereinfachten Ansatz unter Berücksichtigung des Anteils des HessenForst an der Gesamtfläche von 35 % ergäben sich mit einer einfachen Skalierung ca. 5.800 ha nicht entwicklungsfähige Fläche für die gesamte Vorranggebietskulisse.

Nach Projektende, Ende März 2023, wurde nach Auswertung von HessenForst mitgeteilt, dass er seine Einschätzung aktualisiert hat und nun davon ausgeht, dass von der Gesamtkulisse Staatswald aus verschiedenen Gründen insgesamt ca. 2.930 ha nicht entwickelbar sein werden bzw. Flächen teilweise bereits gescheitert sind. Das wären 21,8 % der Fläche von HessenForst.

Dies ist jedoch nur zu einem Anteil auf den Artenschutz zurückzuführen, da der Entschärfung des Konfliktes der Windenergie mit dem Artenschutz schon Rechnung getragen werden konnte.

Unter der Annahme, dass mit der VwV 2020 und der EU-NotfallVO (s.u.) der Artenschutz nicht länger als Genehmigungshindernis zum Tragen kommt (z. B. Wegfall der artenschutzrechtlich bedingten Anlagenreduktion und ganztägiger Abschaltung über mehrere Monate), würde eine deutliche Potenzialreduktion in Hessen wegfallen.

Fazit und Ausblick zum Hemmnis Artenschutz:

Das Thema Artenschutz ist rechtlich und fachlich in höchstem Maße anspruchsvoll. Gerade die aktuellen Entwicklungen mit der VwV 2020 auf hessischer Seite und ihre frühzeitige zeitliche Überschneidung mit den diversen Maßnahmen der Bundesregierung (z. B. Überarbeitung des Bundesnaturschutzgesetzes, Umsetzung der EU-NotfallVO über das Windenergieflächenbedarfsgesetz) machen die Quantifizierung des Hemmnisses – und erst recht die Abschätzung dessen zukünftiger Entwicklung – besonders schwierig.

Bezüglich der VwV 2020 sind die Erfahrungswerte noch gering. Sie wird von den Projektierern als hilfreiches Instrument gelobt. Offensichtlich sind aber viele Projektierer:innen – nicht nur in Hessen - aktuell noch zurückhaltend beim Anstreben der artenschutzrechtlichen Ausnahmegenehmigung. In der Praxis wird aus Gründen der Risikovermeidung oft um solche artenschutzrechtlich kritischen Bereiche herum geplant. An dieser Stelle wäre Rechtssicherheit in Form eines letztinstanzlichen Urteils hilfreich. Sollte die artenschutzrechtliche Ausnahmegenehmigung sich jedoch als rechtssicheres und auf den VRG breit einsetzbares Mittel etablieren, könnte dieses Hemmnis sich in der Praxis sogar nahezu komplett auflösen.

Für die zukünftige Entwicklung des Konfliktes mit dem Artenschutz ist gerade auch die Entwicklung des Unionsrechts relevant. Hier wurde, unter dem Eindruck des Krieges in der Ukraine, mit der EU-NotfallVO [3] ein temporäres Instrument geschaffen, welches u. a. den Verzicht auf die Artenschutzprüfung bei Windenergieplanungen in Windenergie-Gebieten regelt. Diese Verordnung wurde mit dem Windenergieflächenbedarfsgesetz in nationales Recht umgesetzt. Hier ist insbesondere § 6 WindBG „Verfahrenserleichterungen in Windenergiegebieten“ von Relevanz. Für die Anwendung der EU-NotfallVO müssen diese Windenergiegebiete einer strategischen Umweltprüfung unterzogen worden sein und dürfen nicht in einem Natura 2000-Gebiet, einem Naturschutzgebiet oder einem Nationalpark liegen. Dies ist in Hessen, bis auf wenige Ausnahmen von in Natura 2000-Gebieten liegenden VRG, der Fall. Daher besteht die Möglichkeit, dass die EU-NotfallVO auf den hessischen VRG breite Anwendung finden kann. Der § 6 WindBG ermöglicht die Befreiung von der Pflicht zur Umweltverträglichkeitsprüfung und der artenschutzrechtlichen Prüfung. Auch ist keine Kartierung mehr erforderlich; stattdessen hat die zuständige Behörde „auf Grundlage vorhandener Daten geeignete und verhältnismäßige Minderungsmaßnahmen in den Windenergiegebieten anzuordnen, um die Einhaltung der Vorschriften des § 44 Absatz 1 des Bundesnaturschutzgesetzes zu gewährleisten. (...) Soweit geeignete und verhältnismäßige Maßnahmen nicht verfügbar oder Daten nicht vorhanden sind, hat der Betreiber eine Zahlung in Geld zu leisten.“ Diese Zahlung ist jährlich über die Betriebsdauer fällig und wird vom Bundesministerium für Umwelt zweckgebunden für die „Sicherung oder Verbesserung des Erhaltungszustandes der durch den Betrieb von Windenergieanlagen betroffenen Arten“ eingesetzt. Durch den Wegfall der Artenschutzprüfung ist eine artenschutzrechtliche Ausnahme, wie sie bislang das Bundesnaturschutzgesetz und entsprechend auch die VwV 2020 vorsahen, nicht mehr erforderlich.

Die EU-NotfallIVO ist bis 30.06.2024 befristet, allerdings ist im Rahmen des beschleunigten EE Ausbaus des European Green Deal und des damit verbundenen Politikprogramms REPowerEU eine Überarbeitung von Rechtsakten mit Energie- und Klimaschutzbezug geplant. Damit könnte die EU-NotfallIVO, eine „Brückenregelung“ darstellen und dann von einem dauerhaften Gesetz abgelöst werden, welches sehr ähnliche Regelungen enthält [11].

Sowohl durch die VwV 2020 als auch durch die EU-NotfallIVO wird eine deutliche Reduktion des Hemmnis Artenschutz erwartet. Durch die Vermeidungsmöglichkeiten (insbesondere der WEA-Abschaltung bei Niedrigwind) der VwV 2020 ist ein geeignetes Zusammenspiel zwischen der VwV 2020 und der EU-NotfallIVO bzw. dem WindBG möglich, zumal die artenschutzrechtliche Vermeidung in der EU-NotfallIVO bzw. dem WindBG eine wichtige Rolle spielt. Wie genau sich die EU-NotfallIVO bzw. § 6 WindBG auswirkt, bleibt abzuwarten. Die aktuellen Regelungen haben bei einem breiteren Einsatz in der Praxis und bei entsprechender Bestätigung vor Gerichten das Potenzial, das Thema Artenschutz als zentrales Hemmnis für den Bau einer WEA auf VRG weitgehend aufzulösen. Ob und welche Art von Nachfolgeregelungen es auf europäischer Ebene (z. B. mit sogenannten Go-To-Areas) geben wird, bleibt abzuwarten. Neben dem Hemmnis der reduzierten Verfügbarkeit von Flächen aus Artenschutzgründen können infolge artenschutzrechtlicher Auflagen auch Ertragsverluste im WEA-Betrieb entstehen. Diese liegen nach Angaben der Projektierer beispielsweise bei Fledermäusen (bei entsprechender Begrenzung auf Jahres-, Tageszeit und meteorologische Bedingungen) in der Größenordnung von 2-4 %. Bei der bislang häufig praktizierten ganztägigen Abschaltung von Anlagen während der Sommermonate (z. B. für den Rotmilan oder Wespenbussard), die nach der VwV 2020 nicht mehr möglich ist, liegen sie deutlich darüber. Ertragsverluste durch Betriebszeitenregelung werden allerdings durch die im novellierten Bundesnaturschutzgesetz enthaltene Definition einer Zumutbarkeitsschwelle begrenzt.

Darüber hinaus wird von Projektierer:innen der Artenschutz als einer der Hauptgründe für die lange Dauer der Verfahren angesehen. Dabei wird der Prüfumfang, die Prüftiefe (mit entsprechenden Nachforderungen), aber vor allem auch die fehlende personelle Ausstattung der Genehmigungsbehörden und ONB, sowie im weiteren Verlauf bei einer Klage der Verwaltungsgerichte, genannt. Auch hier setzt die VwV 2020 an, die Vorgaben u. a. hinsichtlich der Erfassungsmethoden, der einzureichenden Unterlagen und der Möglichkeit von Nachforderungen trifft. Die EU-NotfallIVO reduziert hier zusätzlich durch den Wegfall der Artenschutzprüfung den Prüfumfang wie beschrieben für ihren Geltungszeitraum deutlich, um eine Beschleunigung des Windenergieausbaus zu fördern. Dabei ist zu berücksichtigen, dass alle Genehmigungsverfahren von dieser Beschleunigung profitieren, die innerhalb der 18-monatigen Geltungsdauer der Verordnung (d. h. bis zum 30.06.2024) begonnen haben. Bei dem Beginn der Verfahren ist auf das Datum der Antragstellung, nicht auf den Abschluss des Verfahrens abzustellen.

Betroffene VRG-Fläche ohne Nutzung der artenschutzrechtlichen Ausnahme und der EU-NotfallIVO: 6.000- 7.000 ha (nicht nutzbar ohne artenschutzrechtliche Ausnahmegenehmigung)

Potenzialverlust auf der VRG-Fläche aufgrund von Artenschutz ohne Nutzung der artenschutzrechtlichen Ausnahme und der EU-NotfallIVO: Bis zu 6 TWh/a im Basisszenario (aktuelle WEA-Technologie) und bis zu 7 TWh/a im zeitabhängigen Repowering Szenario.

Einschätzung zur Entwicklung des Hemmnis Artenschutz auf der VRG-Fläche: Es wird erwartet, dass sich Hemmnis Artenschutz aufgrund der verschiedenen gesetzlichen Anpassungen reduziert. Die konsequente Anwendung und Umsetzung der aktuellen VwV 2020 (insbesondere auf dem Gebiet der Vermeidung) und der aktuellen, temporär gültigen EU-NotfallIVO (bzw. einer längerfristigen Nachfolgeregelung) mit entsprechender letztinstanzlicher Rechtssicherheit, könnte das Hemmnis auf

der VRG-Fläche sehr deutlich reduzieren oder sogar komplett auflösen. Hierfür wäre dann allerdings auch die Bereitschaft der Projektierer und Flächeneigentümer zur Nutzung der neuen Möglichkeiten erforderlich.

Maßnahmenvorschläge:

- Konsequente Anwendung der Regelungen zum Schutz windenergiesensibler Arten in der VwV 2020 (insbesondere auf dem Gebiet der Vermeidung) und der EU-NotfallVO bzw. dem WindBG § 6 durch Genehmigungsbehörden.
- Aufklären von Projektierer:innen und Artenschutzgutachter:innen, welche Möglichkeiten die VwV 2020 und neuere Regelungen zu Artenschutz bieten.
- Akzeptieren, dass Projektierer:innen teilweise Klagerisiken nicht tragen können oder wollen und teilweise Flächeneigentümer und Projektierer auch aus Akzeptanzgründen mit Blick auf den Artenschutz eine geringere als die maximal mögliche Bebauung mit WEA bevorzugen.
- Neben der bisherigen Rechtsprechung zur Nutzung der artenschutzrechtlichen Ausnahme auch die künftige Rechtsprechung zur EU-NotfallVO beobachten und bei der Hemmnisbewertung berücksichtigen. Ggf. wäre auch eine Studie zur Auswirkung der Änderungen der europäischen und Bundesvorgaben auf das Hemmnis Artenschutz allgemein und für Hessen im Speziellen hilfreich.
- Beobachtung der aktuellen Entwicklung zu „Go-To-Areas“ der EU und ggf. Kriterien für Go-To-Areas bei Neuausweisungen berücksichtigen.

3.6 Hemmnis Drehfunkfeuer

Drehfunkfeuer (Very high frequency omni-directional range, VOR) sind Flugsicherungseinrichtungen, die von zivilen Luftfahrzeugen zur Navigation verwendet werden. Mit Hilfe elektromagnetischer Wellen, die vom Drehfunkfeuer ausgesendet werden, kann ein Luftfahrzeug seine relative Position zum Drehfunkfeuer bestimmen. Diese ausgesendeten Signale können durch umliegende Objekte, wie beispielsweise Windenergieanlagen, gestört werden.

Drehfunkfeuer stehen nach der satellitengestützten Navigation und der DME (Distance Measuring Equipment) Navigation an dritter Stelle der zur Luftfahrtnavigation eingesetzten Systeme. Sie nehmen damit zukünftig in verstärktem Maße eine Back-up-Funktion wahr [12]. Unterschieden wird zwischen zwei Drehfunkfeuertypen: Das konventionelle VOR (CVOR) und das Doppler-VOR (DVOR). Das CVOR ist ein veralteter Anlagentyp, das eine deutlich erhöhte Störanfälligkeit durch umliegende Objekte aufweist. Im Gegensatz zum CVOR besitzt das DVOR eine verbesserte Technik und ist somit deutlich weniger störanfällig. Als rechtliche Grundlage dient der § 18a LuftVG (Luftverkehrsgesetz). Dieser legt fest, dass Bauwerke nicht errichtet werden dürfen, wenn dadurch Flugsicherungseinrichtungen, wie Drehfunkfeuer, gestört werden können. Das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) entscheidet auf der Grundlage einer gutachtlichen Stellungnahme der Flugsicherungsorganisation (hier: Deutsche Flugsicherung), ob durch die Errichtung von Bauwerken Flugsicherungseinrichtungen gestört werden können. Eine potenzielle Störung durch eine WEA liegt dann vor, wenn sich diese innerhalb des Anlagenschutzbereichs des Drehfunkfeuers befindet.

In der Vergangenheit standen Drehfunkfeuer in Deutschland dem Ausbau der Windenergie häufig entgegen, wenn die WEA innerhalb des für beide Drehfunkfeuertypen festgesetzten Anlagenschutzbereichs von 15 km geplant waren. Seitens der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (ICAO) wird seit November 2015 für CVOR weiterhin ein Anlagenschutzbereich von 15 km empfohlen, für das genauere DVOR wurde der Anlagenschutzbereich auf 10 km festgelegt. Dabei handelt es sich beim ICAO EUR DOC 015 3rd edition um ein Anleitungsmaterial mit generellen Empfehlungen von

denen in begründeten Einzelfällen abgewichen werden darf. Außerdem existiert ein Sperrbereich von 3 km für beide Drehfunkfeuertypen, in dem der Bau von WEA ausgeschlossen werden sollte [13]. Der Sperrbereich von 3 km wurde von der DFS übernommen. Allerdings legte die DFS, entgegen der Empfehlung von ICAO EUR DOC 015 3rd edition, bis August 2022 einen Anlagenschutzbereich von 15 km für ihre beiden Drehfunkfeuertypen zugrunde.

Darüber hinaus verwendete die Deutsche Flugsicherung in ihren Gutachten bislang Berechnungsformeln zur Prognose des durch die geplanten WEA verursachten Störfehlers, bei denen z.T. angezweifelt wurde, dass die Berechnungsformeln wissenschaftlichen Ansprüchen genügten und andererseits nur sehr geringe Fehlertoleranzen zuließen [14].

Die Folge war eine hohe Ablehnung von Windenergieanlagen innerhalb der Anlagenschutzbereiche um Drehfunkfeuer. Im Jahr 2019 wurden in Deutschland durch VOR/DVOR 1.140 WEA mit einer Leistung von 4.789 MW blockiert. Davon entfielen 112 WEA mit einer Leistung von 519 MW auf Hessen [15]. Um diesen Konflikt zu begegnen, wurden die Projekte WERAN (2013-2018) und WERAN plus (2018-2023) von der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB), der Deutschen Flugsicherung und weiteren Forschungspartnern ins Leben gerufen. Ziel dieser Projekte war es unter anderem, eine wissenschaftliche Grundlage für die Störwirkung von WEA auf Drehfunkfeuer zu schaffen. Dafür wurde ein neues Messverfahren entwickelt, das zusätzlich anhand von Simulations- und Prognosemethoden an realen Drehfunkfeuern erfolgreich validiert wurde [16].

Die Projekte WERAN und WERAN plus kamen zu dem Ergebnis, dass „das bisherige Vorgehen zur Bewertung von WEA-Bauvorhaben nicht mehr angemessen ist und dringend überarbeitet werden sollte“ [12]. Daher kommt bereits seit 2020 eine von den Projektpartnern gemeinsam entwickelte Prognoseformel (modifiziertes DFS-Modell) für DVOR zum Einsatz. Seitdem hat sich die Zustimmungquote der DFS zu WEA um DVOR auf über 90 Prozent erhöht [17]. Außerdem werden seit August 2022 schrittweise folgende abgeleitete Maßnahmen aus dem Projekt WERAN plus von der DFS umgesetzt:

- Prüfung der Reduzierung der Anlagenschutzbereiche bei DVOR von 15 km auf 7 km
- Anhebung des maximalen Winkelfehlers von 3,0° auf 3,6°
- Reduzierung des DVOR anlageneigenen Fehlers von 2,0° auf 1,5°
- Verbesserte Prognoseformel „modellbasierte Prognose 3.0“ für DVOR
- Verbesserte Prognoseformel für CVOR
- Verbesserte Vorbelastungsanalyse durch die Doppler-Kreuzpeilung

Die Prüfung zur Reduzierung der Anlagenschutzbereiche bei DVOR ergab, dass bei allen sich in Deutschland befindlichen DVOR, bis auf das DVOR Kempten (Prüfung ausstehend), die Schutzbereiche von 15 km auf 7 km von der DFS reduziert werden [18]. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Anlagenschutzbereiche des CVOR bei 15 km bestehen bleiben. Allerdings rüstet die DFS den Großteil ihrer CVOR bis zum Jahr 2025 auf DVOR auf. Bei den auf DVOR umgerüsteten Drehfunkfeuer kann dann der Anlagenschutzbereich ebenfalls einer Überprüfung zur Reduzierung auf 7 km unterzogen werden. Neben diesen Maßnahmen plant die DFS im Rahmen der Umstellung auf Satellitennavigation bis zum Jahr 2032 20 Anlagen außer Betrieb zu nehmen [19]. Dort wo Drehfunkfeuer abgeschaltet werden, werden zumeist DME mit einem Schutzbereich von 3 km (vorher Sperrbereich) weiterbetrieben [20].

In Deutschland gibt es insgesamt 52 Drehfunkfeuer (40 DVOR und 12 CVOR). Davon befinden sich in Hessen aktuell acht (7 DVOR und 1 CVOR). Zwei weitere Drehfunkfeuer (Warburg und Charlie) ragen mit ihren Anlagenschutzbereichen nach Hessen hinein und finden daher in dieser Analyse ebenso Berücksichtigung (siehe Abbildung 12).

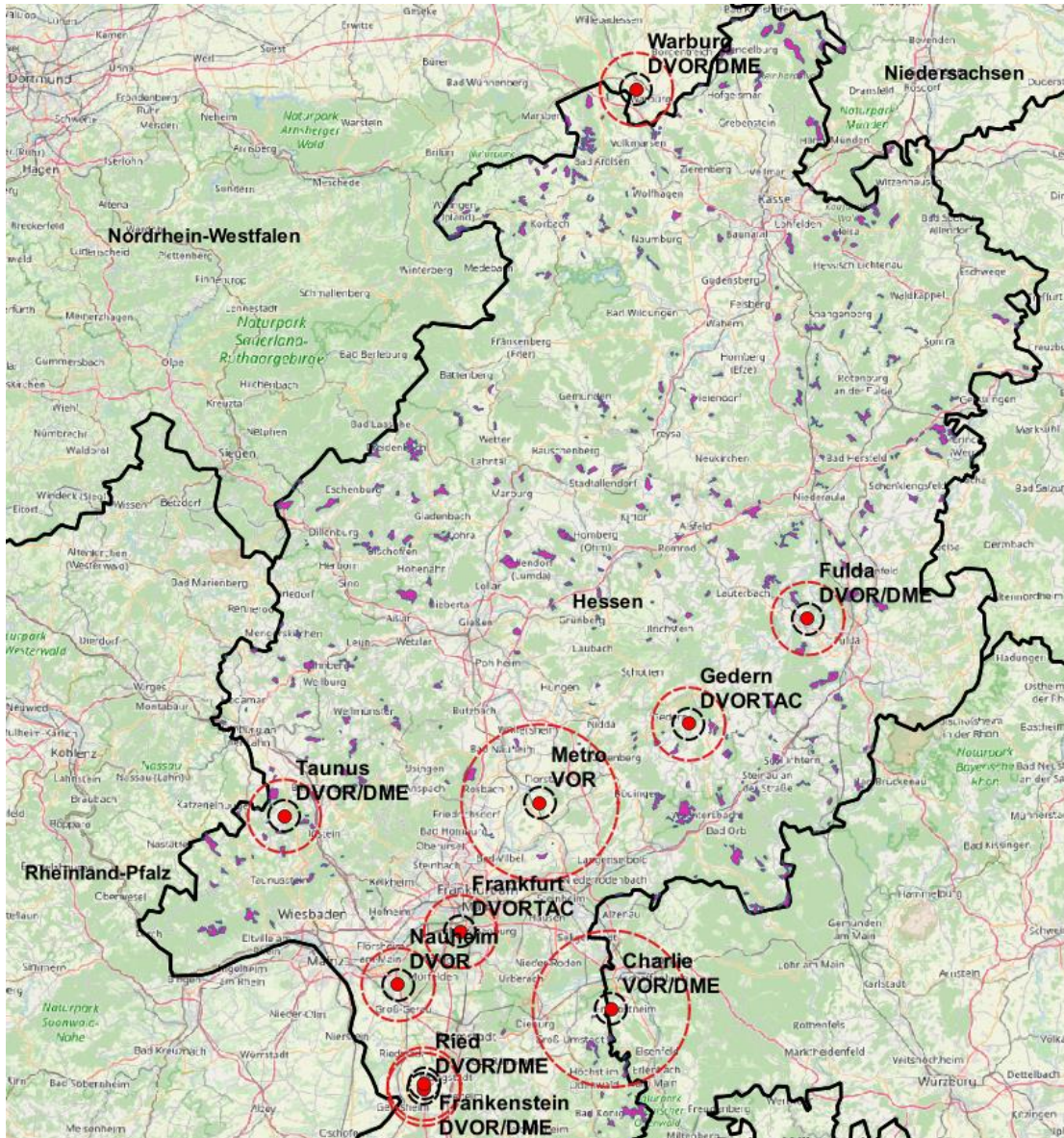


Abbildung 12: Drehfunkfeuer in Hessen und Drehfunkfeuer, die mit ihren Anlagenschutzbereichen nach Hessen hineinragen (rote Punkte). Vorranggebiete in pink. Anlagenschutzbereiche (rot gestrichelte Linie). Sperrbereich 3 km (schwarz gestrichelte Linie). Bildquelle: OpenStreetMap

Tabelle 2: Liste der anstehenden Umrüstungen und Außerbetriebnahmen von Drehfunkfeuern in Hessen (Stand: März 2023)

Drehfunkfeuer	Typ	Bundesland	Anlagen-schutzbereich	Umrüstung auf DVOR	Außerbetrieb-nahme
Warburg	DVOR/DME	NRW	7 km	-	nein
Fulda	DVOR/DME	Hessen	7 km	-	nein
Gedern	DVORTAC	Hessen	7 km	-	2023
Metro	CVOR	Hessen	15 km	nein	2024
Taunus	DVOR/DME	Hessen	7 km	-	nein
Frankfurt	DVORTAC	Hessen	7 km	-	2025
Nauheim	DVOR	Hessen	7 km	-	nein
Charlie	CVOR/DME	Bayern	15 km	nein	2023
Frankenstein	DVOR/DME	Hessen	7 km	-	nein
Ried	DVOR/DME	Hessen	7 km	-	2023

Die Daten aus Tabelle 2 wurden bei der DFS angefragt und von dieser freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Sie beziehen sich auf den Stand März 2023. Die DFS weist allerdings darauf hin, dass sich die Daten aufgrund betrieblicher Anforderungen jederzeit noch ändern können.

Nach diesem Stand werden die Drehfunkfeuer Gedern, Metro, Frankfurt und Charlie nach ihrer Abschaltung als DME weiterbetrieben. Das DME weist im Gegensatz zum Drehfunkfeuer allerdings nur einen Anlagenschutzbereich von 3 km auf. Diese 3 km waren beim Drehfunkfeuer als Sperrbereich definiert, in diesem auch keine Vorranggebiete in Hessen ausgewiesen wurden.

Tabelle 3: VRG-Flächenanalyse der Drehfunkfeuer nach Anlagenschutzbereichen absolut und anteilig an der VRG-Gesamtfläche (39.916 ha). Anmerkung: Teilen sich Drehfunkfeuer VRG-Flächen, so werden diese nicht doppelt aufsummiert.

Drehfunkfeuer	VRG in ha innerhalb 7 km-Anlagenschutzbereich	Anteil in % von VRG-Gesamtfläche	VRG in ha innerhalb 15 km-Anlagenschutzbereich	Anteil in % von VRG-Gesamtfläche
Warburg	15	0,04	1.348	3,4
Fulda	418	1,0	2.082	5,2
Gedern	418	1,0	1.050	2,6
Metro	12	0,03	629	1,6
Taunus	859	2,1	1.893	4,7
Frankfurt	0	0	0	0
Nauheim	0	0	22	0,05
Charlie	109	0,3	565	1,4
Frankenstein	0	0	42	0,1
Ried	0	0	42	0,1
Summe	1.831	4,6	7.631	19,1

Vor Einführung der Maßnahmen, den Anlagenschutzbereich bei DVOR auf 7 km zu verkleinern und Drehfunkfeuer stillzulegen, waren noch 7.631 Hektar (19,1-%) VRG-Fläche innerhalb der Anlagenschutzbereiche in Hessen betroffen. Werden die geplanten Maßnahmen aus Tabelle 2 umgesetzt (Umrüstung auf DVOR und Außerbetriebnahme) und werden gleichzeitig die Anlagenschutzbereiche aller DVOR (auch der umgerüsteten) auf 7 km reduziert, so reduziert sich die von Drehfunkfeuer betroffene VRG-Fläche entsprechend Tabelle 3 (Drehfunkfeuern Gedern, Metro und Charlie werden nicht mehr berücksichtigt) in Hessen auf nur noch 1.292 Hektar (3,2 % der gesamten VRG-Fläche). Dies hätte eine erhebliche Reduzierung der Konflikte von WEA und Drehfunkfeuer, nicht nur in Hessen, sondern in ganz Deutschland zur Folge.

Um die Konflikte von Windenergienutzung und Drehfunkfeuer eingehender zu untersuchen, wurde im Rahmen des ANSWER Projekts eine Bachelorarbeit an der Universität Kassel über „Konflikte von Windenergieanlagen und Drehfunkfeuer mit regionalem Schwerpunkt Hessen“ erstellt [21]. Untersucht wurde, unter anderem, ob die Fehlertoleranzen um DVOR mit den neu eingeführten Maßnahmen aus dem WERAN plus Projekt in verschiedenen Szenarien tatsächlich eingehalten oder überschritten werden. Dazu wurde das von WERAN plus entwickelte Prognosetool „DFSM“ verwendet. Da dieses Prognosetool nur für die Berechnung von DVOR vorgesehen ist, wurden alle relevanten Drehfunkfeuer aus Tabelle 2 als DVOR angenommen. Diese Annahme würde spätestens im Jahr 2024, nach Umrüstung veralteter CVOR zu DVOR, zutreffen. Außerdem wurden die Drehfunkfeuer Gedern und Ried in den Berechnungen nicht berücksichtigt, da sie 2023 abgeschaltet werden sollen. Um die Windvorranggebiete, die nach Außerbetriebnahme von Anlagen und der Reduzierung der Anlagenschutzbereiche in den dann noch existierenden Schutzbereichen von Flugsicherungsanlagen

liegen, mit WEA vollständig auszulasten, damit auch in diesem Fall die Einhaltung der maximalen Fehlertoleranzen gewährleistet werden kann, wurden neben den Bestandsanlagen mit einem Platzierungsalgorithmus WEA in einer Geoinformationssystemsoftware auf den VRG platziert. Zur Berechnung des Prognosefehlers wurde die Berechnungsformel der DFS, sowie die ab August 2022 neu eingeführten Toleranzwerte (siehe oben) verwendet. Die Ergebnisse der Arbeit und eine Anpassung der Randbedingungen auf das Basisszenario haben gezeigt, dass bei Nutzung der aktuellen WEA-Technologie und den Abständen entsprechend des theoretischen „Grünflächenpotenzials“ (s. Abschnitte 2 bzw. 3.1 Windenergiepotenzial auf den hessischen VRG) der maximale Prognosefehler nicht überschritten wird. Auch bei weiteren Szenarien mit größeren Nabenhöhen und Rotordurchmessern wurde für beide Anlagenschutzbereiche (15 km und 7 km) der maximale Prognosefehler nicht überschritten. In der oben genannten Bachelorarbeit, die vertiefende Informationen enthält, wurden zudem umfangreiche Sensitivitätsanalysen z. B. hinsichtlich Anlagentyp (Höhe, Rotordurchmesser) und WEA-Abstände sowie Analysen von Auswirkungen der Distanz von WEA durchgeführt [21].

Mit diesen Ergebnissen konnte gezeigt werden, dass mit den neuen Toleranzwerten und dem Prognosetool „DFS“ ein vollständiger Zubau der VRG mit WEA um die hier betrachteten Drehfunkfeuer möglich ist.

Da die Berechnungen für beide Anlagenschutzbereiche von 15 km und 7 km keine Überschreitung des Toleranzwerts zeigen, kann an dieser Stelle ebenso eine Reduzierung der Anlagenschutzbereiche von 15 km auf 7 km empfohlen werden. Dieses Ergebnis deckt sich mit der Empfehlung aus dem WERAN plus Projekt den Anlagenschutzbereich bei DVOR auf 7 km zu verkleinern. Dies wurde, wie oben beschrieben, von der DFS bei allen DVOR in Hessen bereits umgesetzt. Aktuell beträgt die Genehmigungsquote bei Doppler Drehfunkfeuer 100 % [22].

Fazit und Ausblick zum Hemmnis Drehfunkfeuer: Insgesamt zeigen die Analysen der Universität Kassel und die aktuellen Erkenntnisse auf Bundesebene, dass aufgrund der getroffenen Maßnahmen eine massive Entschärfung des Konfliktes auftritt. Für die hessischen VRG zeichnet sich ab, dass das Hemmnis Drehfunkfeuer sich mehr oder weniger komplett auflösen könnte.

Bis 2022 vom Hemmnis Drehfunkfeuer betroffene VRG-Fläche: 7.631 ha Anlagenschutzbereiche (teilweise nicht genehmigungsfähig)

Einschätzung zur Entwicklung des Hemmnis Drehfunkfeuer auf der VRG-Fläche: 1.292 ha VRG in Anlagenschutzbereichen betroffen (Genehmigungsfähigkeit für betroffene WEA auf VRG wird erwartet)

Aktueller Potenzialverlust auf der VRG-Fläche aufgrund des Hemmnis Drehfunkfeuer: Auch wenn im genehmigungsrechtlichen Einzelfall Ablehnungen durch die BAF erfolgen können, sollte das Hemmnis zukünftig nicht mehr in größerem Umfang zum Tragen kommen.

Maßnahmenvorschläge: Diese Ergebnisse sollten mit der DFS diskutiert werden, um sie zu verifizieren. Außerdem sollte über die nächsten Jahre beobachtet werden, ob die o.g. erwarteten Entwicklungen auch in der Praxis so auftreten. Im Fall von weiteren Flächenausweisungen sollten die nun verfügbaren Tools genutzt werden, um zu überprüfen, inwieweit auch der weitere Ausbau von WEA in einem Anlagenschutzbereich konfliktarm bleibt.

3.7 Hemmnis militärische Tiefflugstrecken, An- und Abflugbereiche und Übungsgebiete

Die Windenergie steht z.T. im Konflikt mit militärischen (Nacht-)Tiefflugstrecken, An- und Abflugbereiche von Flugplätzen sowie fliegerischen Übungsgebieten. Die betroffenen Gebiete befinden sich vor allem in Nordhessen in der Umgebung des Heeresflugplatzes des Kampfhubschrauberregiment 36 „Kurahessen“ bei Fritzlar. Die Hubschrauber (Nacht-)Tiefflugstrecken

(HTFS) inklusive ihrer beidseitigen Puffer von 1,5 km nehmen besonders große Flächen ein und erstrecken sich auch bis nach Mittelhessen.

Die Daten zu den HTFS sind aufgrund der militärischen Geheimhaltung besonders vertraulich. Erst im Jahr 2022 sind die Geodaten für die HTFS dem Land Hessen zur Verfügung gestellt worden. Damit konnte das HMWEVW mittlerweile den tatsächlich durch HTFS betroffenen Flächenanteil der VRG quantifizieren. Sie beträgt in Hessen 4.260 ha (10,7 % der VRG-Fläche). Von dieser Fläche entfallen 3.320 ha auf Nordhessen und 940 ha auf Mittelhessen.

Die An- und Abflugbereiche von Flugplätzen sowie fliegerische Übungsgebiete sind nicht Bestandteil des HTFS-Datensatzes. Mitarbeiter des RP Nordhessen haben die hiervon betroffenen Flächen auf Basis ihrer aktuellen Kenntnisse quantifiziert und diese Daten dem Projekt zur Verfügung gestellt. Auf dieser Basis wurde abgeschätzt, welche VRG-Flächen zusätzlich betroffen sein könnten. Die Analysen ergaben hier eine Größenordnung von 2.560 ha. Diese überlagern sich allerdings teilweise mit den HTFS. Ohne diese Überlagerung, welche sich auf Grundlage der Daten auf 700-800 ha beläuft, ergibt sich die zuvor bereits erwähnte, zusätzlich zu den HTFS betroffene Fläche von etwa 1.800 ha.

In Summe könnten damit ca. 6.000 ha (mindestens aber 4.260 ha) durch Konflikte mit der Bundeswehr betroffen sein. Dies bedeutet nicht, dass generell eine Ablehnung von WEA in diesen Gebieten erfolgen muss. Eine solche Entscheidung hängt von der Bewertung des Einzelfalls ab. In der Vergangenheit gab es immer wieder Beispiele von Zustimmung durch die zuständigen Behörden der Bundeswehr auch in konfliktären Gebieten.

Besonders schwierig bei der Bewertung des Hemmnis ist die Frage, wie sich aktuelle Entwicklungen auswirken. Auf der einen Seite ist durch den Krieg in der Ukraine die Bedeutung der Bundeswehr und ihrer Aufgabe der Landesverteidigung noch einmal präsenter und in ihrer Wichtigkeit gestärkt. Auf der anderen Seite hat die Bundesregierung die Windenergie als überragendes öffentliches Interesse gesetzlich verankert (§ 2 EEG 2023) und ist überdies bemüht, Konflikte zwischen der Windenergienutzung und anderen öffentlichen Belangen zu reduzieren (wie im Bereich der Drehfunkfeuer geschehen).

Hierzu haben das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) und das Bundesministerium der Verteidigung (BMVg) im Frühjahr 2022 die Arbeitsgruppe „Windenergie an Land und Bundeswehr“ ins Leben gerufen, an der auch Hessen durch das HMUKLV als oberste Immissionsschutzbehörde vertreten ist.

Diese Arbeitsgruppe, bestehend aus Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des BMWK, des BMVg, des BAIUDBw, BWE und Ländervertreterinnen und Ländervertreter der Länder (BW, NRW, HE, BY) (AG Bundeswehr und Windenergie), arbeitet an Lösungen zu Detailproblemen. Die Themen wie Mindestführhöhen (MVA), Circling-Verfahren und Hubschraubertiefflugstrecken werden konkret im Zusammenhang mit der Vereinbarkeit, auch unter hinnehmbaren Einschränkungen, von WEA geprüft. Im Rahmen dieser Zusammenarbeit wurde die vertrauliche Weitergabe der Hubschraubertiefflugstrecken an die Länder vereinbart.

Seitens des BMVg ist es nicht geplant, Strecken großräumig zu verlegen, sondern einzelne Strecken- oder Streckenabschnitte zu streichen. Daher ist eine Neubewertung des militärischen Bedarfes unter der Beteiligung der Länder nötig. In dem Zusammenhang sind kleinräumige Verlegungen von Streckenabschnitten, Anpassung der Strecken an Eignungsflächen und eine Deaktivierung von Strecken erforderlich.

Ziele der AG sind auch klare Vorgaben darüber, welche Flächen langfristig für militärische Belange zu sichern und daher von WEA freizuhalten sind.

Fazit und Ausblick zum Hemmnis militärische Tiefflugstrecken, An- und Abflugbereiche und

Übungsgebiete: Der Konflikt der Windenergie mit militärischen (Nacht-)Tiefflugstrecken, An- und Abflugbereichen von Flugplätzen sowie fliegerischen Übungsgebieten ist eine der zentralen Herausforderungen und betrifft bis zu 15 % (mindestens aber 10,7 %) der hessischen VRG-Fläche, die für die Windenergie ganz überwiegend nicht zur Verfügung stehen könnten. Aktuell ist der Konflikt durch vereinzelt Entgegenkommen der Bundeswehr (z. B. bei den VRG-Flächen KB 89 (Orthberg) und KB 90 (Heidberg) für 4 WEA in Nordhessen oder im Altdorfer Wald in Baden-Württemberg, bei dem mit entsprechender politischer Unterstützung eine Einigung mit der Bundeswehr erzielt wurde [23]) geringfügig entschärft. Diese müsste sich jedoch weiter und zuverlässiger bewegen, um die bestehenden Konflikte weiter zu reduzieren. Ob und in welchem Maße dies (z. B. für die Puffergebiete um die HTFS) geschieht, kann aktuell nicht bewertet werden. An dieser Stelle ist es hilfreich, dass das HMUKLV in der AG Windenergie an Land und Bundeswehr vertreten ist. So ist sichergestellt, dass die aktuellsten Informationen und Daten zur Verfügung stehen und bei der weiteren Bewertung des Konfliktes berücksichtigt werden können.

Aktuell vom Hemmnis militärische Tiefflugstrecken, An- und Abflugbereiche und Übungsgebiete betroffene VRG-Fläche: 4.260 bis ca. 6.000 ha (größtenteils Ablehnung der Bundeswehr)

Einschätzung zur Entwicklung des Hemmnis militärische Tiefflugstrecken, An- und Abflugbereiche und Übungsgebiete auf der VRG-Fläche: Ein signifikanter Teil der aktuell betroffenen VRG-Fläche wird wohl auch in Zukunft keine Zustimmung durch die Bundeswehr erhalten.

Aktueller Potenzialverlust auf der VRG-Fläche aufgrund des Hemmnis militärische Tiefflugstrecken, An- und Abflugbereiche und Übungsgebiete: bis zu 3,7 – 5,3 TWh/a im Basisszenario (aktuelle WEA-Technologie) und bis zu 4,3 – 6,0 TWh/a im zeitabhängigen Repowering Szenario

Zukünftiger Potenzialverlust auf der VRG-Fläche durch das Hemmnis militärische Tiefflugstrecken, An- und Abflugbereiche und Übungsgebiete: Ohne Einlenken der Bundeswehr wird der Potenzialverlust entsprechend hoch bleiben. Durch eine erhöhte Kompromissbereitschaft der Bundeswehr kann der Verlust reduziert werden. Eine komplette Auflösung ist nicht erwartbar.

Maßnahmenvorschläge:

- Im Jahr 2022 hat das HMWEVW die Daten der HTFS erhalten. Es wäre hilfreich, wenn die zuständigen Stellen des Bundes dem Land auch die An- und Abflugbereiche und fliegerische Übungsgebieten zur Verfügung stellen würden. Damit ließe sich klären, ob wirklich 6.000 ha betroffen sind.
- Im Rahmen der Neuaufstellung der Teilregionalpläne Energie ist eine Prüfung und ggf. Anpassung der Flächenkulisse entsprechend der Erkenntnisse aus der Diskussion mit der „AG Wind an Land und Bundeswehr“ erforderlich. Für die Vorabschätzung der Genehmigungsfähigkeit von betroffenen Flächen sind klare mit der Bundeswehr im Rahmen des FA abgestimmte Kriterien erforderlich, so dass eine Verfügbarkeit der Fläche vorausgesetzt werden kann.
- Flächen, bei denen eine Nutzung nicht hinreichend sicher möglich ist, sollten nicht als VRG ausgewiesen werden.

3.8 Weitergehende Maßnahmenvorschläge zum Ausbau der Windenergie in Hessen

Aufgrund der identifizierten Hemmnisse ist eine hinreichend hohe Leistungsdichte auf den VRG im Moment nicht erreichbar. Um den Abbau von Hemmnissen und eine effiziente Flächenausnutzung der VRG zu unterstützen, wurden im Rahmen des Projektes verschiedene Maßnahmenvorschläge entwickelt. Diese sind hemmnisspezifisch oder prozessorientiert. Einige wurden bereits im Rahmen der obigen Hemmnisanalyse (Abschnitte 3.2 bis 3.7) genannt und werden im Folgenden zusammengefasst. Ergänzend dazu werden weitere Maßnahmen (z. B. zur zukünftigen Flächenausweisung) aufgeführt.

Maßnahmenvorschläge zur Geländeneigung

- Stärkere Berücksichtigung der Geländeneigung bei Neuausweisung von Flächen. Das bedeutet möglichst eine Ausweisung von Flächen mit maximal 15 % Hangneigung.
- Bei Ausweisung von VRG mit Flächenanteilen mit starker Hangneigung (> 15 %):
 - Prüfung, ob trotz Flächenanteil mit starker Hangneigung eine energetisch optimale Bebauung möglich ist.
 - Fällt die vorgenannte Prüfung negativ aus, sollten die Flächenanteile mit starker Hangneigung nicht auf die Flächenbeitragswert angerechnet werden. Eine Kompensation dieser Flächen durch Neuausweisung in flachem Gelände bzw. entsprechende Vergrößerung des Vorranggebietes wäre hier vorzusehen. Dies impliziert bei hinreichend großen Flächen mit entsprechender Steigung – unter Berücksichtigung der Maßstabebene der Regionalplanung – auch ein „Ab- und Ausschneiden“ von Teilen von bereits in der Vergangenheit ausgewiesenen VRG-Flächen mit großer Hangneigung.

Maßnahmenvorschläge zu Flächeneigentümern:

Kommunale Eigentümer:

- Kommunen, die ihre Flächen nicht für die Windenergienutzung zur Verfügung stellen, obwohl die Fläche im Teilregionalplan Energie als VRG festgelegt ist, sollten für den Ausbau der Windenergie sensibilisiert werden. Hierfür sollte die LEA mit den Ministerien entsprechende Konzepte entwickeln.
- Außerdem sollten Kommunen bei der Bereitstellung (Verpachtung an Vorhabenträger) ihrer Flächen unterstützt werden. Bestehende Beratungsangebote der LEA Hessen (z. B. unter toolbox.lea-hessen.de) sollten verstärkt beworben und ausgeweitet werden. In diesem Prozess sollte neben einer Akzeptanzförderung aber auch ein energetischer Vergleich zwischen kommunalpolitischen Zielevereinbarungen (z. B. maximale Anzahl WEA auf kommunalen Flächen) und einem energetischen Optimum stattfinden.
- Sollten Kommunen trotzdem ihre Flächen nicht zur Verfügung stellen, sollte geprüft werden, welche Sanktionsmöglichkeiten bestehen.
- Langfristig wäre auch eine deutschlandweite Verpflichtung der Kommunen zur Flächenbereitstellung ihrer innerhalb der VRG liegenden Flächen für die Windenergienutzung hilfreich. Ob und wie dies rechtlich realisierbar ist, kann vom Projektteam nicht bewertet werden.
- Langfristig sind Akzeptanzmodelle mit Mehrwert für die Kommunen bzw. betroffenen Bürger:innen denkbar (z. B. Energy-Sharing, günstigere Strompreise für lokal ansässige Unternehmen und Bürger:innen oder ein direktes Energiegeld für Anwohnende).

- Maßnahmen zur Steigerung der Akzeptanz der Windenergie in Hessen (wie die existierenden Bürgerforen oder Kampagnen z. B. „Für mehr positive Energie!“) sind wichtig und sollten weiter ausgebaut werden. Eine gesteigerte Akzeptanz würde es den Kommunen leichter machen, den Windenergieausbau zu fördern.

Private Eigentümer:

Förderung von Flächenpooling für effiziente Flächenbebauung und Steigerung der Akzeptanz, z. B. durch bestehende Maßnahmen der LEA Hessen.

Landeseigentum:

- Es sollten Maßnahmen entwickelt werden, die eine Zurverfügungstellung von landeseigenen Flächen erleichtern bzw. beschleunigen.
- Diese Maßnahmen sollten durch Schaffung von Akzeptanz bei mitbetroffenen anderen Eigentümern unterstützt werden.
- Es sollte geprüft werden, ob es Möglichkeiten gibt, die effiziente Flächenausnutzung auf den Flächen von HessenForst noch stärker zu fördern.
- Die Erfahrungen und neueren Erkenntnisse des HessenForst zu den bereits ausgewiesenen VRG-Flächen sollte bei der Weiterentwicklung der Flächenkulisse berücksichtigt werden.

Allgemein:

- Es sollte im Rahmen weiterer wissenschaftlicher Untersuchungen analysiert werden, welche WEA-Leistungs- und Energiepotenziale sich unter Berücksichtigung des Repowerings und ggf. weiterer Maßnahmen des Modernisierungspaketes (z. B. die in Aussicht gestellten neuen Möglichkeiten für Kommunen, sobald diese hinreichend konkretisiert sind) außerhalb der VRG für Hessen ergeben.

Maßnahmenvorschläge Artenschutz:

- Konsequente Anwendung der Regelungen zum Schutz windenergiesensibler Arten in der VwV 2020 (insbesondere auf dem Gebiet der Vermeidung) und der EU-NotfallVO bzw. dem WindBG § 6 durch Genehmigungsbehörden.
- Aufklären von Projektierer:innen und Artenschutzgutachter:innen, welche Möglichkeiten die VwV 2020 und neuere Regelungen zu Artenschutz bieten
- Akzeptieren, dass Projektierer:innen teilweise Klagerisiken nicht tragen können oder wollen und teilweise Flächeneigentümer und Projektierer auch aus Akzeptanzgründen mit Blick auf den Artenschutz eine geringere als die maximal mögliche Bebauung mit WEA bevorzugen
- Neben der bisherigen Rechtsprechung zur Nutzung der artenschutzrechtlichen Ausnahme auch die künftige Rechtsprechung zur EU-NotfallVO beobachten und bei der Hemmnisbewertung berücksichtigen. Ggf. wäre auch eine Studie zur Auswirkung der Änderungen der europäischen und Bundesvorgaben auf das Hemmnis Artenschutz allgemein und für Hessen im Speziellen hilfreich
- Beobachtung der aktuellen Entwicklung zu „Go-To-Areas“ der EU und ggf. Kriterien für Go-To-Areas bei Neuausweisungen berücksichtigen

Maßnahmenvorschläge Drehfunkfeuer

- Diskussion und Verifizierung der in Abschnitt 3.6 dargestellten Ergebnisse mit der DFS zur Absicherung der Erkenntnisse
- Beobachtung der zukünftigen Entwicklung der Genehmigungssituation von Windenergieanlagen im Anlagenschutzbereich
- Nutzung oder Beauftragung von Fachexperten zur Anwendung von nun verfügbaren Tools (aus dem WERAN plus Projekt) bei weiterer Flächenausweisung, um mögliche Konflikte aufgrund von Drehfunkfeuern frühzeitig zu identifizieren

Maßnahmenvorschläge Militärische Tiefflugstrecken An- und Abflugbereiche

- Im Jahr 2022 hat das HMWEVW die Daten der HTFS erhalten. Es wäre hilfreich, wenn die zuständigen Stellen des Bundes dem Land auch die An- und Abflugbereiche und fliegerische Übungsgebieten zur Verfügung stellen würden. Damit ließe sich klären, ob wirklich 6.000 ha betroffen sind.
- Im Rahmen der Neuaufstellung der Teilregionalpläne Energie ist eine Prüfung und ggf. Anpassung der Flächenkulisse entsprechend der Erkenntnisse aus der Diskussion mit der „AG Wind an Land und Bundeswehr“ erforderlich. Für die Vorab einschätzung der Genehmigungsfähigkeit von betroffenen Flächen sind klare mit der Bundeswehr im Rahmen des FA abgestimmte Kriterien erforderlich, sodass eine Verfügbarkeit der Fläche vorausgesetzt werden kann.
- Flächen, bei denen eine Nutzung nicht hinreichend sicher möglich ist, sollten nicht als VRG ausgewiesen werden.

Maßnahmenvorschläge bezüglich sonstiger Hemmnisse

- Einflugschneisen zivile Luftfahrt
 - Es sollte im Dialog mit dem Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung geklärt werden, wie realistisch solche Verlegungen von Einflugschneisen bzw. Pflichtmeldepunkte für Sichtflug sind, um sicherzustellen, dass entsprechende Einschränkungen bei der Flächenausweisung für die Windenergienutzung berücksichtigt werden können.
- Militärisches Radar
 - Die Entwicklung dieses Hemmnis sollte genau beobachtet werden, um sicherzustellen, dass entsprechende Einschränkungen bei der Flächenausweisung für die Windenergienutzung berücksichtigt werden können. Tendenziell lässt sich eine Erhöhung des Konfliktes aufgrund der höheren WEA und steigenden WEA-Vorbelastung erwarten.
 - Es sollte geprüft werden, ob die Bundeswehr oder unabhängige Experten mit Simulationen (für die Luftverteidigungsradare Auenhausen und Erndtebrück) erforschen können, welche Auswirkungen eine optimale WEA-Standortplanung der VRG in Hessen und den anderen Bundesländern im Bereich des Bundeswehrradars für die Genehmigungsfähigkeit hat. So könnten die zukünftigen Auswirkungen bei einem großflächigen Windenergieausbau abgeschätzt werden und Rückschlüsse auf Genehmigungskonflikte und erforderliche Maßnahmen gezogen werden.
- Denkmalschutz, Naturschutz und sonstige Themen, die bei der Regionalplanung berücksichtigt wurden

- In der Vergangenheit konnten WEA auf VRG z. B. aufgrund von Wölbäckern nicht realisiert werden. Solche Flächen sollten zukünftig entweder nicht Teile der VRG sein oder es sollte sichergestellt werden, dass die Hemmnisse einer Windenergienutzung nicht entgegenstehen.
- Hemmnis Bestandsanlagen auf VRG
 - Aufgrund des aktuell vorherrschenden deutlichen Abbaus von zentralen Hemmnissen (z. B. Drehfunkfeuer, Wetterradar, Artenschutz) könnte ein signifikanter Anteil von Flächen, auf denen WEA in der Vergangenheit abgelehnt wurden, nun genehmigungsfähig sein. Bei Windparks, bei denen einzelne WEA im Projektierungsprozess gescheitert sind und deshalb nun eine wenig effiziente Bebauung vorliegt, stellt sich die Frage, ob eine Nachverdichtung möglich ist, ggf. unter Reduktion von WEA-Abständen (z. B. 4 Rotordurchmesser in Hauptwindrichtung oder sogar noch geringere Abstände). So könnte hier ein relevantes Potenzial bestehen, welches weiter quantifiziert werden sollte. Es sollte im Rahmen einer wissenschaftlichen Untersuchung geprüft werden, welche Möglichkeiten es gibt, Nachverdichtungen auf bestehenden VRG-Flächen zu ermöglichen.
- Sonstige Maßnahmen zur Beschleunigung des Windenergieausbaus in Hessen
 - Insgesamt sollte gewährleistet werden, dass durch entsprechend geeignete Personalstrukturen bei den Fach- und Genehmigungsbehörden und den Verwaltungsgerichten die Aufgabenwahrnehmung zielgerichtet und zeitnah erfolgen kann.
 - Gegebenenfalls könnten Projektmanager in Genehmigungsverfahren nach § 2 Abs. 2 Nr. 5 der 9. BImSchV für Windenergieanlagen für eine vorübergehende Unterstützung einbezogen werden.

Maßnahmenvorschläge WEA-Ausbauziele und Monitoring

- Definition von hessischen Zwischenzielen zum Windenergieausbau in Übereinstimmung mit den Bundeszielen (EEG §4 Ausbaupfade), welche sich auf WEA-Leistung und Windstromproduktion beziehen.
- Überprüfung des Fortschrittes des Windenergieausbaus (Leistung und Erträge) in Hessen insgesamt im Hinblick auf die Zwischenziele und Identifizierung und Umsetzung von Maßnahmen zur Erreichung dieser. Hierfür ist ein entsprechendes Monitoring der VRG-Flächen sowie des WEA-Zubaus erforderlich.
- Die LIS-A Datenbank bietet eine gute Grundlage für das Monitoring des WEA-Zubaus, die weiterentwickelt werden sollte. Ein großer Teil der gescheiterten WEA werden im Genehmigungsverfahren zurückgezogen. Bei diesen fehlen in LIS-A die Gründe, was eine Hemmnisanalyse erschwert. Eine Erweiterung der aktuellen LIS-A Daten um die Gründe für das Zurückziehen des Antrags sollte umgesetzt werden.
- Aufbau eines Flächenmonitorings als zentrale Planungs- und Evaluierungsgrundlage. Hierzu wurden auf Basis der verschiedenen Diskussionen und Überlegungen der Universität Kassel folgende Vorschläge entwickelt:
 - Flächenspezifische Ermittlung von Erwartungs-/Zielwerten für Leistungen und Erträge auf den einzelnen VRG als Bestandteil des Flächenmonitorings. Damit wird eine Referenz für die reale Bebauung geschaffen, welche es möglich macht, diese zu bewerten und Flächenzielabweichungen in beide Richtungen (mehr oder weniger WEA-Leistung bzw. Erträge) zu identifizieren. Die Kumulation der

Zielwertabweichungen der Einzelflächen lässt einen Rückschluss über die Gesamtzielerreichung zu.

- Etablierung von strukturierten Prozessen zur Dokumentation von Aktivitäten wie Voranfragen, Scoping-Termine usw. zum Ausbau der Windenergie auf den einzelnen VRG. Für Voranfragen könnten systematisch Informationen wie Datum der Anfrage, Firma und geplante WEA-Anzahl abgefragt werden und ein kurzes Gesprächsprotokoll erstellt werden. Bei Scoping-Terminen könnte dann ein umfangreiches, strukturiertes Standarddokument ausgefüllt werden, um eine spätere systematische Auswertung des Verlaufs zu dokumentieren. Alle Informationen sollen in einer gemeinsamen Datenbank von Genehmigungsbehörden, Fachbehörden (z. B. ONB) und Regionalplanung gesammelt werden. Damit soll ermöglicht werden, zukünftige Entwicklungen auf VRG abzuschätzen und von Projektierern identifizierte Hemmnisse, welche außerhalb der Genehmigung erkannt werden, zu detektieren. Gerade bei Flächen, bei denen keine Aktivitäten stattfinden, ist es auch interessant, die Gründe zu erfahren. Dies könnte über eine Befragung der Eigentümer realisiert werden.
 - Abgleich der theoretischen Erwartungswerte hinsichtlich installierter Leistung mit von den Projektierern eingereichten Windpark-Layouts. Im Fall von signifikanten Abweichungen (z. B. +/- 10 % der Leistung) sollten diese dokumentiert und eine Untersuchung (Befragung des Projektierers hinsichtlich der Gründe für das gewählte Layout) der Gründe durchgeführt werden. Die ist wichtig für die Entwicklung von Gegenmaßnahmen bei auftretenden Hemmnissen.
 - Regelmäßige Berichterstattung zum Flächenmonitoring an die Ministerien (u. a. Entwicklung von Hemmnissen und sich abzeichnenden Entwicklungen beim Windenergieausbau).
 - Weiterentwicklung der Monitoringprozesse und der Abschätzung der Leistungs-/Ertragserwartungswerte anhand der gewonnenen Erkenntnisse.
- Öffentliche Darstellung aktualisierter Informationen zu den VRG, die für die Öffentlichkeit und die Projektierer relevant sind, naheliegender Weise als Bestandteil des Wind-Atlas Hessen des HLNUG [24]. Durch solche niederschweligen und gut visualisierten Informationen soll die Transparenz zum Windenergieausbau erhöht werden.

Maßnahmenvorschläge zur zukünftigen Flächenausweisung

Nach dem Windenergieflächenbedarfsgesetz (WindBG) ist eine entsprechende Flächenausweisung über die aktuelle Flächenkulisse hinaus auf mindestens 2,2 % der Landesfläche bis 2032 erforderlich. Bis 2027 muss das Land Hessen mindestens 1,8 % der Landesfläche für die Windenergie ausweisen.² Hierzu werden folgende Empfehlungen gemacht:

- Damit die Vorreiterrolle von Hessen erhalten bleibt, sollte die Überarbeitung der Teilregionalpläne Energie möglichst zeitnah erfolgen.
- Es sollte berücksichtigt werden, dass die Flächenziele im WindBG Mindestvorgaben darstellen und eine Abweichung nach oben die installierbare Leistung in Hessen erhöht.
- Zur Erreichung der Ausbauziele muss sichergestellt werden, dass die ausgewiesene Fläche geeignet (real verfügbar) ist. Je kleiner die ausgewiesene Gesamtfläche ist, desto höher sind

² In den Teilregionalplänen Energie sind bereits insgesamt 1,89 % der Landesfläche als VRG für die Windenergienutzung festgelegt.

die Anforderungen an die Eignung, wenn bestimmte Energieziele (installierte Leistung und Erträge) erreicht werden sollen.

- Für die Ausweisung neuer VRG sollten die Erkenntnisse zu Hemmnissen auf bereits ausgewiesenen VRG genutzt werden. Auf dieser Basis sollten die VRG-Abgrenzung und Neuausweisungen im Rahmen der Neuaufstellung der Teilregionalpläne mit den gewonnenen Erkenntnissen optimiert werden (z. B. Hangneigung und Naturwaldentwicklungsflächen).
- Für die Bewertung der Eignung von potenziellen VRG ist eine flächenspezifische Abschätzung von Leistungen und Erträgen (MW/ha und MWh/ha) zu erstellen.
- Es sollten ausschließlich Flächen ausgewiesen werden, die eine hohe Bauungsdichten erwarten lassen. Folgende Maßnahmen zur Sicherstellung der Eignung der Fläche für die Windenergie sollten umgesetzt werden:
 - Berücksichtigung der Hangneigungsproblematik (siehe oben)
 - Durchführung szenarienbasierter Vorabsimulationen mit entsprechenden Tools, ggf. durch Beauftragte (z. B. Prognosetool für Drehfunkfeuer oder Experten für militärisches Radar), um abzuschätzen, in welchem Maße sich auf zukünftigen Flächen Konflikte mit der Infrastruktur unter Berücksichtigung kumulativer Störwirkungen erwarten lassen.
 - Ausweisung von eher kleinen VRG-Flächen, um die Flächeneffizienz zu erhöhen.³
 - Berücksichtigung des Zuschnitts (Form) der VRG
 - Berücksichtigung von technischer und wirtschaftlicher Erschließbarkeit inklusive der Zuwegung und des Netzanschlusses
 - Berücksichtigung von Restriktionen durch Naturwaldentwicklungsflächen.
 - Beauftragung und Nutzung einer mit neuen Verfahren und möglichst umfangreichen Messdaten validierten Windkarte mit Informationen zu den Windbedingungen auf aktuellen und zukünftigen Nabenhöhen
- Prüfen, ob und wie es ermöglicht werden kann, auch außerhalb der VRG Windparkprojekte zu realisieren.

4. Wissenschaftliche Anschlussfähigkeit und Übertragung der Projektergebnisse

Das Land Hessen ist Vorreiter bei der Flächenausweisung für die Nutzung der Windenergie. Es zeigt sich, dass eine flächenbasierte Leistungs- und Ertragsbewertung der ausgewiesenen Flächenkulisse sowie ein gezieltes Monitoring des hierauf stattfindenden Ausbaus wichtige Voraussetzung für die Identifizierung von Hemmnissen und Ableitung von Maßnahmen zur Förderung der effizienten Flächenbebauung sind.

Gerade auch für andere Bundesländer, die noch keine so umfangreiche Erfahrung bei der Ausweisung von Flächen für die Nutzung der Windenergie haben, besteht hier Handlungsbedarf. Dabei können die anderen Bundesländer die in Hessen gemachten Erfahrungen nutzen.

³ Zur Auswirkung der Flächengröße auf die Bebauungsdichte hat die Universität Kassel im Rahmen des Projektes weitere, in diesem Bericht nicht dargestellte Analysen durchgeführt.

Literaturverzeichnis

- [1] DEUTSCHER BUNDESTAG: *Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege* (in Kraft getr. am 29. 7. 2009), Fassung vom 08.12.2022 (2009-07-29). URL: http://www.gesetze-im-internet.de/bnatschg_2009/BNatSchG.pdf
- [2] *Gesetz zur Festlegung von Flächenbedarfen für Windenergieanlagen an Land* (in Kraft getr. am 20. 7. 2022), Fassung vom 20.07.2022 (2022-07-20)
- [3] DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION: *Festlegung eines Rahmens für einen beschleunigten Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien* (in Kraft getr. am 22. 12. 2022), Fassung vom 22.12.2022. In: *Amtsblatt der Europäischen Union* (2022-12-22), L 335, S. 36–44
- [4] HMUKLV UND HMWEVW: *Verwaltungsvorschrift (VwV) „Naturschutz/Windenergie“ (HMUKLV / HMWEVW 2020)* (idF v. Az. IV 4-103b 26-081/2018 und Az. VI-094-c-03-0002#018) (2020-12-17)
- [5] BMWK & BMDV: *Gemeinsam für die Energiewende: Wie Windenergie an Land und Belange von Funknavigationsanlagen und Wetterradaren miteinander vereinbart werden*. Maßnahmenpapier vom 5. April 2022. URL: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/E/gemeinsam-fuer-die-energiewende.pdf?__blob=publicationFile&v=8#:~:text=Im%20Koalitionsvertrag%20wurde%20die%20Verkleinerung,und%20damit%20enormes%20Genehmigungspotenzial%20erschlie%C3%9Fen. – Überprüfungsdatum 2023-01-19
- [6] DEUTSCHER WETTERDIENST: *DWD unterstützt Ausbau der Windkraft in Deutschland: Deutscher Wetterdienst verkleinert Schutzzonen um Wetterradare um fast 90 Prozent*. 10.03.2023. URL: https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2023/20230310_pm_wetterradar.html, Überprüfungsdatum 2023-04-28
- [7] FA WIND: *Windenergieanlagen und Luftverteidigungsradare: Flächenszenarien zur Erfassung von Windenergieanlagen innerhalb der Interessengebiete der Bundeswehr um stationäre militärische Anlagen zur Luftraumüberwachung*. URL <https://fachagentur-windenergie.de/veroeffentlichungen/militaerische-luftraumueberwachung/luftverteidigungsradare/>. – Aktualisierungsdatum: 2022 – Überprüfungsdatum 2023-01-22
- [8] BWE: *Stellungnahme zum BMDV-Entwurf eines 17. Gesetzes zur Änderung des Luftverkehrsgesetzes und anderer Vorschriften: Gesetzgebungsverfahren „frühe Beteiligung“*. URL https://www.windenergie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/publikationen-oeffentlich/themen/04-politische-arbeit/01-gesetzgebung/BWE_Stellungnahme_Aenderung_des_Luftverkehrsgesetzes.pdf – Überprüfungsdatum 2023-01-22
- [9] *Modernisierungspaket für Klimaschutz und Planungsbeschleunigung*. 28.03.2023
- [10] BMWK: *Kabinetts beschließt Beschleuniger für Wind- und Netzausbau - EU-Notfallverordnung wird umgesetzt – Verfahren werden noch mal schneller*. 30.01.2023. URL: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2023/01/20230130-kabinetts-beschliesst-beschleuniger-fur-wind-und-netzausbau.html>
- [11] KOMPETENZZENTRUM NATURSCHUTZ UND ENERGIEWENDE (Hrsg.); CHRISTIANSEN, S. (Mitarb.); MICHAELIS, P. (Mitarb.): *Die EU-Notfallverordnung – Regelungen zur Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Energien: Eine Einführung in die Thematik*. 17.01.2023

- [12] SCHRADER, Thorsten; KLEINE-OSTMANN, Thomas; GARBE, Heyno; WERNER, Jens; SCHUBERT, Karsten; WELLHAUSEN, Jens; LÖWE, Harald: *Bericht zur Wechselwirkung von Windenergieanlagen mit terrestrischer Navigation/Drehfunkfeuern*. 2022
- [13] ICAO EUR DOC 015 3RD EDITION: *European Guidance Material on Managing Building Restricted Areas*. URL: <https://www.icao.int/EURNAT/EUR%20and%20NAT%20Documents/EUR%20Documents/EUR%20Documents/015%20-%20Building%20Restricted%20Areas/ICAO%20EUR%20Doc%20015%20Third%20Edition%20Nov2015.pdf> – Überprüfungsdatum 2023-01-20
- [14] JOSIPOVIC, Neven: *Windenergie und Drehfunkfeuer: Stand der Wissenschaft und Perspektiven*: BWV Berliner Wissenschafts-Verlag GmbH, 2018
- [15] FA WIND: *Hemmnisse beim Ausbau der Windenergie in Deutschland: Ergebnisse einer Branchenumfrage*. URL https://fachagentur-windenergie.de/fileadmin/files/Veroeffentlichungen/Analysen/FA_Wind_Branchenumfrage_beklagte_WEA_Hemmnisse_DVOR_und_Militaer_07-2019.pdf
- [16] SCHRADER, Thorsten: *WERAN „Wechselwirkung Windenergieanlagen und Radar/Navigation“*. URL: https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilungen/abteilung_2/2.2_hochfrequenz_und_felder/2.21/2019-06-13_WERAN_Abschlussbericht.pdf – Überprüfungsdatum 2023-01-20
- [17] DFS: *Flugsicherung hat Anlagenschutzbereiche ihrer Drehfunkfeuer verkleinert*. 12.10.2022. URL: <https://www.dfs.de/homepage/de/medien/presse/2022/12-10-2022-flugsicherung-hat-anlagenschutzbereiche-ihrer-drehfunkfeuer-verkleinert/> – Überprüfungsdatum 2023-01-20
- [18] BAF: *DFS reduziert die Anlagenschutzbereiche*. URL: https://www.baf.bund.de/DE/Themen/Flugsicherungstechnik/Anlagenschutz/anlagenschutz_aktuelleThemen.html – Überprüfungsdatum 2023-01-20
- [19] DFS: *Flugsicherung unterstützt Energiewende*. 06.04.2022. URL: <https://www.dfs.de/homepage/de/medien/presse/2022/06-04-2022-flugsicherung-unterstuetzt-energiewende/> – Überprüfungsdatum 2023-01-20
- [20] DFS: *Flugsicherung und Windenergie*. URL: <https://www.dfs.de/homepage/de/umwelt/windenergie/>
- [21] HIRSCHMANN, Johannes: *Analysen zu Konflikten von Windenergieanlagen und Drehfunkfeuer mit regionalem Schwerpunkt Hessen*. 02.09.2022
- [22] BMWK & BMDV: *Funknavigation und Windenergie an Land: Bericht der Bundesregierung an den Bundestag über Maßnahmen zur besseren Vereinbarkeit von Windenergieanlagen an Land und dem Betrieb von Drehfunkfeuern gemäß § 99a Erneuerbare-Energien-Gesetz (2021)*. URL https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/funknavigation-und-windenergie-an-land.pdf?__blob=publicationFile&v=8 – Überprüfungsdatum 2023-01-20
- [23] SWR4 BADEN-WÜRTTEMBERG: *Hindernis für Windpark im Altdorfer Wald überwunden: Keine militärischen Gründe gegen Großprojekt*. URL <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/friedrichshafen/keine-militaerischen-bedenken-mehr-gegen-windpark-im-altdorfer-wald-100.html>
- [24] HESSISCHES LANDESAMT FÜR NATURSCHUTZ, UMWELT UND GEOLOGIE: *Wind-Atlas Hessen*. URL: <https://windrosen.hessen.de> – Überprüfungsdatum 2023-03-20