

an die Firma

Alpiq Energie Deutschland GmbH

Kantstrasse 21

10623 Berlin

von

Nefino GmbH

Andreaestraße 2a

30159 Hannover

über

**Update: Analyse des Aufkommens von  
Windenergieanlagen in Deutschland  
ohne Repoweringpotential aufgrund  
raumplanerischer Restriktionen**

## 1. Ausgangssituation

---

Die Alpiq AG befasst sich derzeit mit dem deutschen Windenergiemarkt und fokussiert dabei insbesondere operative Windenergieanlagen, die ab Ende 2020 erstmals aus der Fördersystematik des Erneuerbaren Energien Gesetzes (EEG) fallen und aufgrund raumplanerischer Restriktionen kein Repowering zulassen. Für diese Windenergieanlagen verbleibt somit als einzige Alternative zur endgültigen Stilllegung lediglich deren Weiterbetrieb außerhalb der Fördersystematik, beispielsweise im Rahmen der Direktvermarktung an der Strombörse oder mittels Power Purchase Agreements. Die Alpiq AG plant für diese Windenergieanlagen mit Hilfe innovativer Weiterbetriebs- und Vermarktungskonzepte Laufzeitverlängerungen auch in der Post-EEG Ära wirtschaftlich, finanzierbar und risikotragfähig möglich zu machen. Für den Auftraggeber hat der Auftragnehmer daher eine Dokumentation ausgearbeitet, die das voraussichtliche Aufkommen „nicht-repowerbarer“ Windenergieanlagen in Deutschland bis Ende 2025 analysiert und visualisiert.

## 2. Einleitung

---

In Deutschland regelt das EEG die Vergütung von Windenergieanlagen und sieht einen Förderzeitraum von 20 Jahren ab dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme vor. Das EEG ist initial am 01.04.2000 in Kraft getreten. Dabei betraf es allerdings nicht nur alle Windenergieanlagen, die im Anschluss in Betrieb genommen worden sind, sondern ermöglichte auch allen Bestandsanlagen einen Zugang zur festen Einspeisevergütung. Dementsprechend gewährt das EEG seither allen Windenergieanlagen mit Inbetriebnahme vor dem 01.01.2001 eine feste Einspeisevergütung bis zum 31.12.2020. Aufgrund dieser Besonderheit fallen Ende 2020 somit gleichzeitig mehr als 5.000 Windenergieanlagen erstmals aus der Fördersystematik des EEG. Weitere mehr als 6.500 Windenergieanlagen folgen nach und nach bis Ende 2025 in den darauffolgenden Jahren. Insgesamt summiert sich die installierte Leistung der betroffenen Windenergieanlagen auf mehr als 14.500 MW und umfasst somit etwa ein Drittel der derzeit installierten Gesamtleistung von Windenergieanlagen in Deutschland.

In der Post-EEG-Ära ergeben sich für Eigentümer/Betreiber betroffener Windenergieanlagen unterschiedliche Strategien: (I) Repowering; (II) Weiterbetrieb und anschließendes Repowering; (III) Weiterbetrieb und anschließende Stilllegung; oder (IV) Stilllegung. Die derzeit größte Herausforderung für betroffene Eigentümer/Betreiber besteht demnach darin, die jeweils park- bzw. anlagenspezifisch optimale Post-EEG-Strategie zu finden. In diesem Zusammenhang müssen diverse räumliche, technische und ökonomische Aspekte anlagenspezifisch für alle möglichen Optionen bewertet und verglichen werden, um letztlich die optimale Strategie ermitteln zu können. Dabei besteht der erste Schritt stets in der Durchführung einer geografischen Raumplanungsanalyse, um festzustellen, ob für eine betroffene Windenergieanlage bzw. einen Windpark unter Berücksichtigung der bundeslandspezifischen [Abstandsempfehlungen zur Ausweisung von Windenergiegebieten](#) überhaupt ein Repowering infrage kommt. Für Windenergieanlagen bzw. Windparks, deren Standorte gegen diese Abstandsempfehlungen verstoßen, ist die Machbarkeit eines Repowerings in der Post-EEG-Ära höchst unwahrscheinlich und es verbleibt voraussichtlich lediglich die Option eines Weiterbetriebs, um eine sofortige Stilllegung des Windenergieanlagenbetriebs am jeweiligen Standort zu vermeiden.

Die konkrete Ausübung der Abstandsempfehlungen der Bundesländer durch Ausweisung von Windvorrang- bzw. -eignungsgebieten obliegt i.d.R. wiederum der Regionalplanung, die bundesweit in 109 Planungsregionen umgesetzt wird. Ein Großteil der sogenannten regionalen Raumordnungspläne (RROP) befindet sich derzeit in der Überarbeitung. Da die Abstandsempfehlungen durch die Planungsregionen in den RROP teilweise sogar restriktiver ausgeübt werden, ist davon auszugehen, dass das durch die geografische Raumplanungsanalyse ermittelte Aufkommen von „nicht-repowerbaren“ Windenergieanlagen das Mindestaufkommen darstellt. Es ist somit davon auszugehen, dass weitere Windenergieanlagen das Aufkommen ergänzen werden, deren Standorte zwar nicht gegen die festgelegten Abstandsempfehlungen verstoßen, allerdings auch nicht innerhalb oder in unmittelbarer Nähe eines ausgewiesenen Vorrang- bzw. Eignungsgebiets liegen.

Um die Alpiq AG in der Herleitung des hieraus ableitbaren Weiterbetriebspotenzials in Deutschland zu unterstützen, hat die Nefino GmbH demnach im Auftrag der Alpiq AG mithilfe des Geoinformationssystems Nefino LI die vorliegende Ergebnisdokumentation ausgearbeitet, die das voraussichtliche Aufkommen „nicht-repowerbarer“ Windenergieanlagen in Deutschland in räumlicher (NUTS-3-Regionen), zeitlicher (jährlich) und technologischer Auflösung (Leistungsklassen) analysiert und visualisiert. Die Ergebnisdokumentation umfasst alle Windenergieanlagen, die spätestens bis Ende 2025 ihren Anspruch auf EEG-Vergütung verlieren. Im Anschluss an die Auswertung der Ergebnisse (siehe Kapitel 3) umfasst dieses Dokument zudem eine kurze Erläuterung der Funktionsweise von Nefino LI (siehe Kapitel 4).

### 3. Ergebnisse

Die Tabellen 1 bis 3 sowie die Abbildungen 1 bis 4 zeigen eine Übersicht aller „nicht-repowerbaren“ Windenergieanlagen (Anzahl und summierte installierte Leistung), die bis spätestens Ende 2025 in die Post-EEG-Ära übergehen werden. Die betroffenen Windenergieanlagen sind nach dem Jahr der Beendigung des Anspruchs auf EEG-Vergütung sowie nach ausgewählten Leistungsklassen unterteilt. Die darauffolgenden Abbildungen 5 bis 7 visualisieren die Daten für die Gesamtleistung aus den Diagrammen in Heatmaps, um Trends und besonders relevante Regionen herauszustellen. Die Grundlage der Analyse bilden die Tabellen im Anhang, die pro Bundesland jeweils die Anzahl und Gesamtleistung aller „nicht-repowerbaren“ Windenergieanlagen darstellen.

*Tabelle 1. Anzahl (#) und installierte Leistung (kW) aller 9.256 „nicht-repowerbaren“ Windenergieanlagen pro Leistungsklasse*

NUTS-1-Regionen														Summe	
		<500 kW		500 kW bis <750 kW		750 kW bis < 1000 kW		1000 kW bis <1500 kW		1500 kW bis <2000 kW		ab 2000 kW			
		#	kW	#	kW	#	kW	#	kW	#	kW	#	kW	#	kW
Baden-Württemberg	BW	12	1185	58	34520	38	31000	36	39000	52	81300	14	28600	210	215605
Bayern	BY	10	693	88	50540	10	7900	23	24800	65	100200	14	28400	210	212533
Brandenburg	BRB	15	3214	266	150440	95	78800	101	114450	439	692400	186	372150	1102	1411454
Bremen	HBR	7	1400	11	6500					2	3600	14	32200	34	43700
Hamburg	HH	1	270	16	8800					4	6600			21	15670
Hessen	HES	18	3660	189	107600	6	4900	64	69100	72	113400	10	21500	359	320160
Mecklenburg-Vorpom.	MV	47	14360	268	150230	35	30200	77	90800	148	226650	74	151700	649	663940
Niedersachsen	NI	256	51932	706	386850	75	62455	214	253950	699	1163250	286	587550	2236	2505987
Nordrhein-Westfalen	NRW	183	28018	493	281980	78	61700	264	276300	491	786600	111	222750	1620	1657348
Rheinland-Pfalz	RLP	21	3915	127	71040	12	10050	72	77650	143	225100	49	102500	424	490255
Saarland	SL	1	250	3	1700	4	3400	2	2200	16	25200			26	32750
Sachsen	SN	34	7802	210	121700	17	14350	41	42800	144	230400	47	94400	493	511452
Sachsen-Anhalt	ST	8	1880	173	101440	63	52250	110	128800	353	560250	157	326300	864	1170920
Schleswig-Holstein	SH	55	11220	260	153180	38	32250	106	124550	234	372000	108	228575	801	921775
Thüringen	TH	5	860	80	45320	29	24100	17	20150	61	96900	15	30000	207	217330
<b>Summe</b>		<b>673</b>	<b>130659</b>	<b>2948</b>	<b>1671840</b>	<b>500</b>	<b>413355</b>	<b>1127</b>	<b>1264550</b>	<b>2923</b>	<b>4683850</b>	<b>1085</b>	<b>2226625</b>	<b>9256</b>	<b>10390879</b>

Tabelle 2. Anzahl (#) und installierte Leistung (kW) aller 9.256 „nicht-repowerbaren“ Windenergieanlagen pro Jahr des Eintritts in die Post-EEG-Ära

NUTS-1-Regionen		Jahr der Beendigung des Anspruchs auf EEG-Vergütung													
		31.12.2020		31.12.2021		31.12.2022		31.12.2023		31.12.2024		31.12.2025		Summe	
		#	kW	#	kW	#	kW	#	kW	#	kW	#	kW	#	kW
Baden-Württemberg	BW	72	46355	43	45450	40	47700	22	27100	23	34400	10	14600	210	215605
Bayern	BY	77	51333	28	25400	43	47700	28	33000	16	25500	18	29600	210	212533
Brandenburg	BRB	270	181824	154	192970	201	269410	212	327350	95	154300	170	285600	1102	1411454
Bremen	HBR	16	6700			9	18000	1	1800	5	12000	3	5200	34	43700
Hamburg	HH	16	12070	3	1500	1	600			1	1500			21	15670
Hessen	HES	210	132840	29	30220	45	51200	28	32200	31	49900	16	23800	359	320160
Mecklenburg-Vorpom.	MV	369	256160	88	109060	60	75250	59	90920	39	70150	34	62400	649	663940
Niedersachsen	NI	1077	728012	259	337755	309	472110	245	375200	194	330540	152	262370	2236	2505987
Nordrhein-Westfalen	NRW	615	345373	194	229385	319	383660	244	328400	138	211530	110	159000	1620	1657348
Rheinland-Pfalz	RLP	166	117095	54	65860	69	97600	50	72800	46	73400	39	63500	424	490255
Saarland	SL	2	750	5	4400	1	1500	6	9000	11	16500	1	600	26	32750
Sachsen	SN	292	225862	70	86230	55	72460	44	76100	20	33750	12	17050	493	511452
Sachsen-Anhalt	ST	266	253570	142	165100	180	267250	102	164850	85	158550	89	161600	864	1170920
Schleswig-Holstein	SH	388	296000	160	207440	104	148310	74	125350	46	85725	29	58950	801	921775
Thüringen	TH	102	71880	9	9400	34	40200	39	64550	18	24900	5	6400	207	217330
<b>Summe</b>		<b>3938</b>	<b>2725824</b>	<b>1238</b>	<b>1510170</b>	<b>1470</b>	<b>1992950</b>	<b>1154</b>	<b>1728620</b>	<b>768</b>	<b>1282645</b>	<b>688</b>	<b>1150670</b>	<b>9256</b>	<b>10390879</b>

Tabelle 3. Anzahl (#) und installierte Leistung (kW) und Weiterbetriebsquote aller 12.396 Windenergieanlagen

	BW	BY	BRB	HBR	HH	HES	MV	NI	NRW	RLP	SL	SN	ST	SH	TH
#	248	210	1710	36	29	394	864	3107	1827	540	35	589	1492	938	377
kW	256265	212533	2312774	47700	19470	357680	937240	3788787	1890468	664065	45550	647382	2036480	1119405	456905
kW/#	1033	1012	1352	1325	671	908	1085	1219	1035	1230	1301	1099	1365	1193	1212
Quote	84%	100%	61%	92%	80%	90%	71%	66%	88%	74%	72%	79%	57%	82%	48%

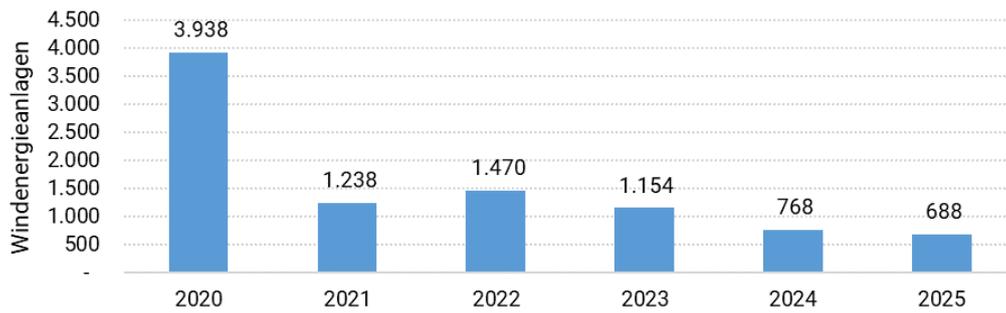


Abbildung 1. Anzahl „nicht-repowerbarer“ Windenergieanlagen pro Jahr des Eintritts in die Post-EEG-Ära

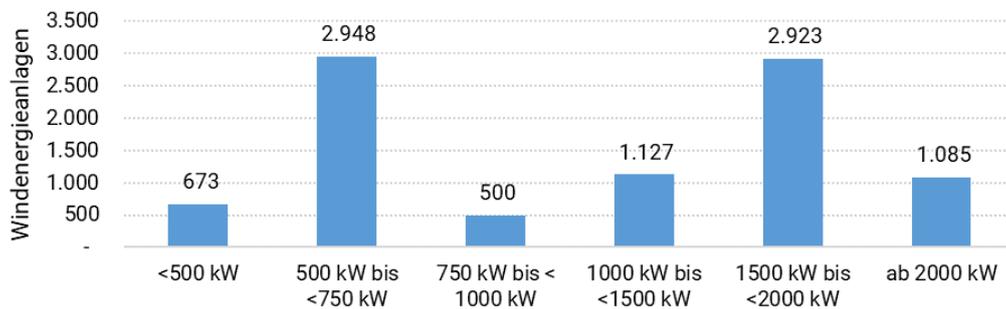


Abbildung 2. Anzahl „nicht-repowerbarer“ Windenergieanlagen pro Leistungsklasse

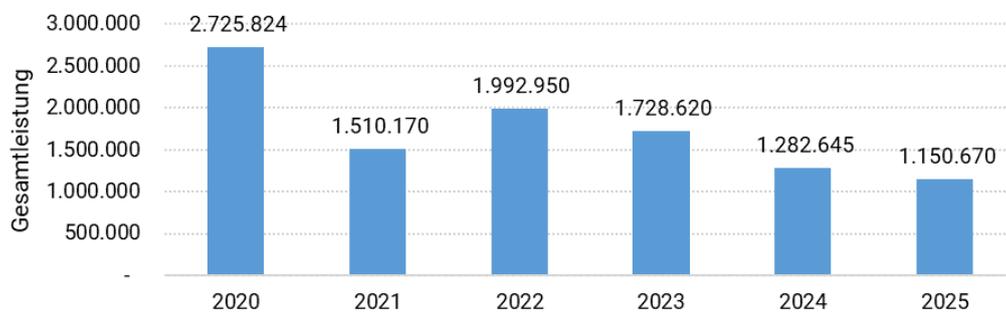


Abbildung 3. Installierte Leistung „nicht-repowerbarer“ Windenergieanlagen pro Jahr des Eintritts in die Post-EEG-Ära

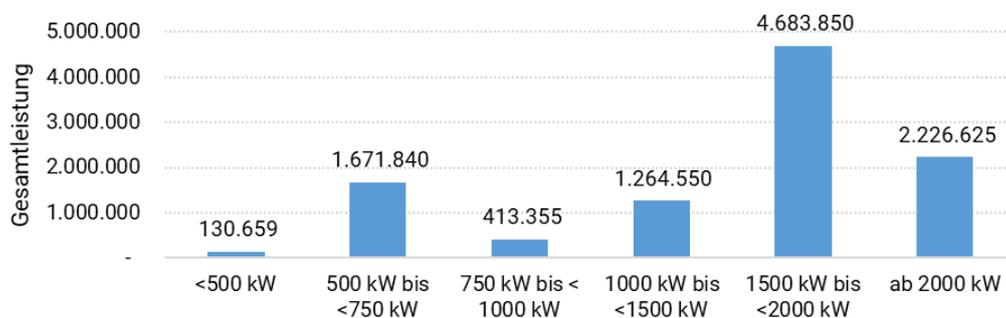


Abbildung 4. Installierte Leistung „nicht-repowerbarer“ Windenergieanlagen pro Leistungsklasse

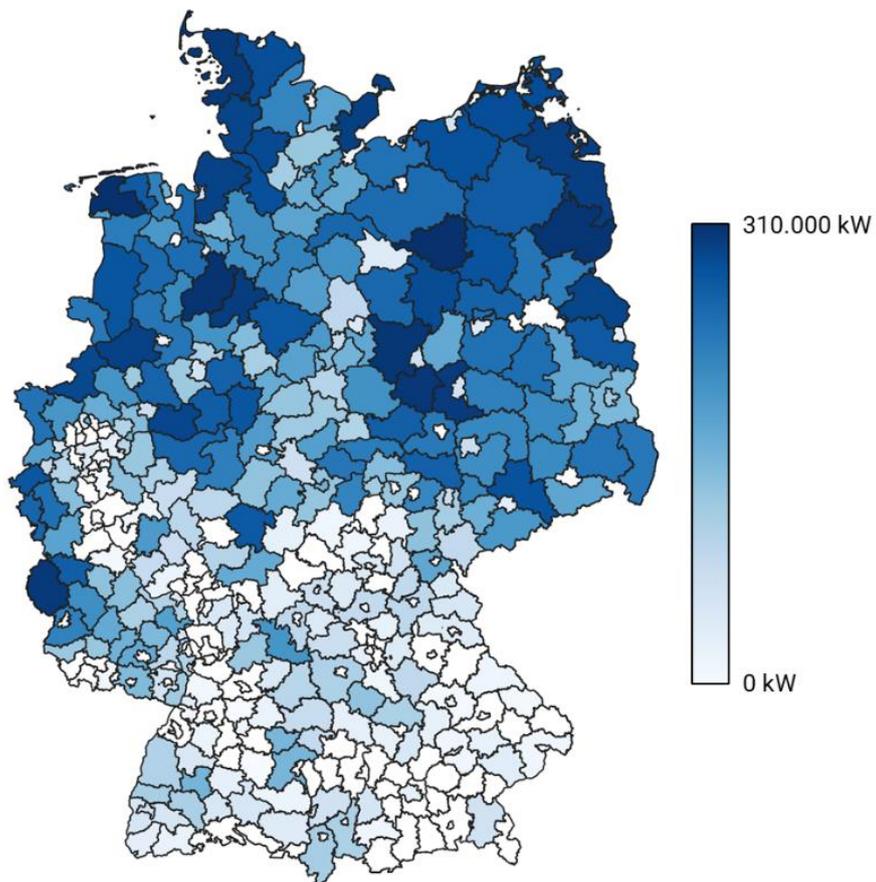


Abbildung 5. Heatmap der installierten Leistung „nicht-repowerbarer“ Windenergieanlagen pro NUTS-3 Region

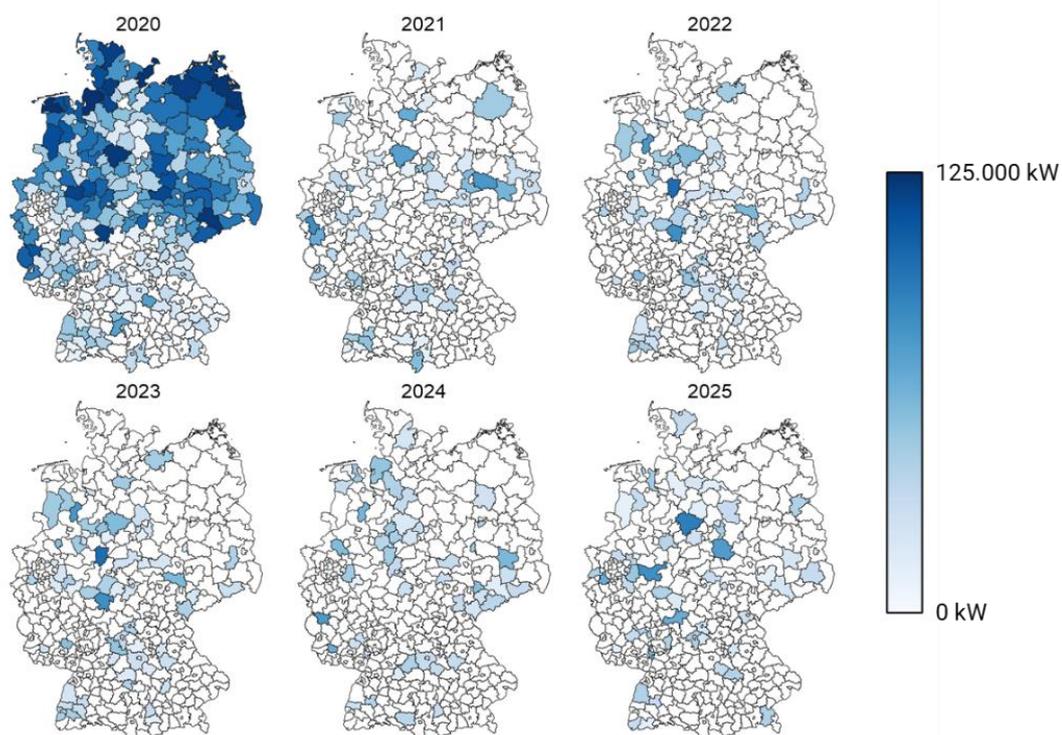


Abbildung 6. Heatmaps der installierten Leistung „nicht-repowerbarer“ Windenergieanlagen pro NUTS-3 Region und Jahr

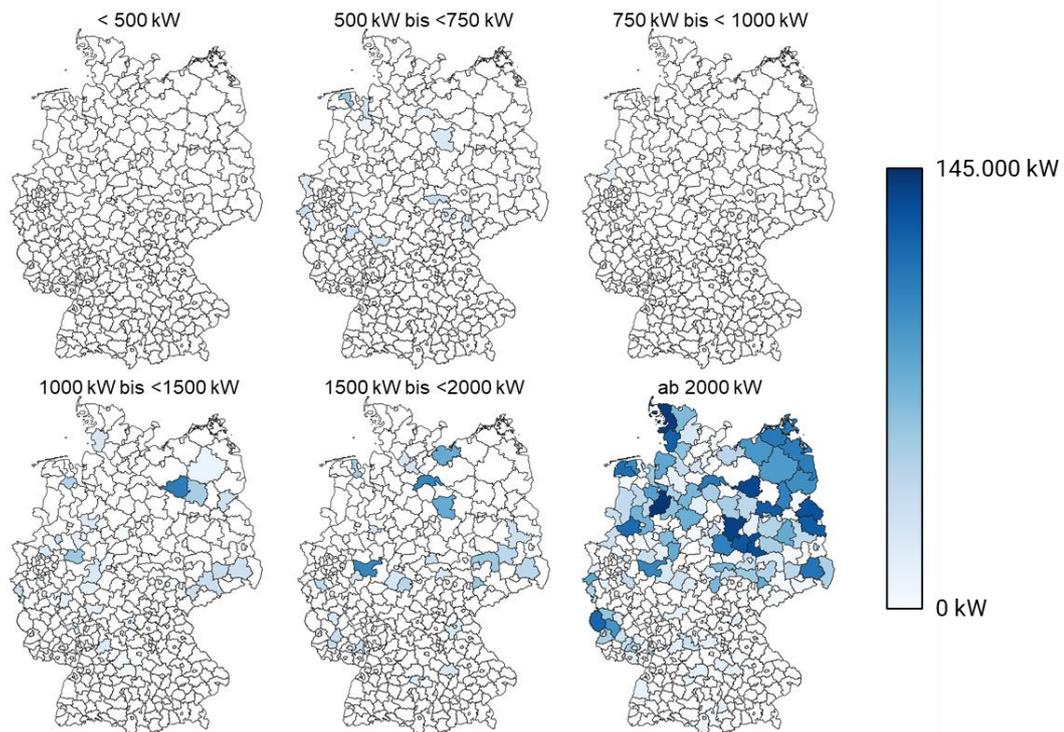


Abbildung 7. Heatmaps der installierten Leistung „nicht-repowerbarer“ Windenergieanlagen pro NUTS-3 Region und Leistungsklasse

### **Interpretation**

Die Ergebnisse der geografischen Raumplanungsanalyse zeigen, dass für mehr als zwei Drittel (70,24%) aller untersuchten 12.396 Windenergieanlagen ein Repowering voraussichtlich nicht möglich ist und für diese Anlagen lediglich die Option des Weiterbetriebs im Post-EEG-Zeitalter als einzige Option zur endgültigen Stilllegung verbleibt. Die durchschnittliche installierte Leistung beträgt 1136 kW/Windenergieanlage für alle untersuchten Windenergieanlagen, wohingegen die „nicht-repowerbaren“ Anlagen eine etwas geringere durchschnittliche installierte Leistung von 1123 kW/Windenergieanlage aufweisen. Die meisten „nicht-repowerbaren“ Windenergieanlagen stehen in Niedersachsen. Weitere Bundesländer mit großem Weiterbetriebspotenzial sind Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern, Schleswig-Holstein, Sachsen und Nordrhein-Westfalen. In den genannten Bundesländern wurde bereits in den 1990er Jahren und auch zu Beginn der 2000er Jahre verhältnismäßig viel Windenergieleistung zugebaut. Aufgrund wenig restriktiver Abstandsempfehlungen zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme dieser Windenergieanlagen, stehen in diesen Bundesländern viele Altanlagen oft sehr nah an (Splitter-) Siedlungen. Da die Abstandsempfehlungen seither immens zugenommen haben und für ein potenzielles Repoweringprojekt ein Zuschlag auf Einspeisevergütung im Rahmen der EEG-Ausschreibungen lediglich mit deutlich größeren Windenergieanlagen realisierbar ist, bietet sich für viele betroffene Windenergieanlagen der Weiterbetrieb als einzige Alternative an.

#### 4. Methodik

---

Zur Berechnung der dargestellten Ergebnisse verarbeitet Nefino LI mehr als 45 unterschiedliche Layer (geografische Datensätze). Zudem sind in die Analysen die Standortkoordinaten der mehr als 12.000 Windenergieanlagen eingeflossen, die bis Ende 2025 aus der EEG-Fördersystematik fallen. Dabei wurde für jeden Standort der Abstand zum jeweils nächstgelegenen Layer ermittelt, sodass für jede Windenergieanlage der Abstand zum nächstgelegenen Siedlungsgebiet, Gewerbegebiet, Naturschutzgebiet, etc. bekannt ist.

Anschließend wurde eine Referenzwindenergieanlage für ein potenzielles Repoweringprojekt ausgewählt, da diverse bundeslandspezifische Abstandsempfehlungen von anlagenspezifischen Attributen (insb. Nabenhöhe, Rotordurchmesser und Gesamthöhe) abhängig sind. Das bekannteste Beispiel ist hierbei die sogenannte „10H-Regelung“ in Bayern, die einen Mindestabstand des 10-fachen der Gesamthöhe einer Windenergieanlage zu (Splitter-) Siedlungen vorschreibt. Die hier aufgezeigten Ergebnisse beruhen auf der Annahme einer modernen Windenergieanlage mit einer Nabenhöhe von 120m und einem Rotordurchmesser von 150m.

Auf Basis der Anlagenattribute wurden dann unter Berücksichtigung der bundeslandspezifischen Abstandsempfehlungen die notwendigen Mindestabstände zu den jeweiligen Layern berechnet und in einem letzten Schritt mit den anfangs berechneten tatsächlichen Abständen jeder Windenergieanlage verglichen:

#### **Beispiel: „10H-Regelung“**

$$\text{Mindestabstand} = 1.950\text{m} = 10 \times (120\text{m Nabenhöhe} + \frac{1}{2} \times 150\text{m Rotordurchmesser})$$

Wenn im Beispiel der ermittelte Abstand eines Standortes den Mindestabstand von 1.950m unterschritten hätte, hätte Nefino LI die dazugehörige Anlage als „nicht-repowerbar“ unter Berücksichtigung räumlicher Aspekte kategorisiert und vice versa. Diese Methodik wurde auf jede Windenergieanlage und jede Abstandsempfehlung angewendet und die errechneten Ergebnisse anschließend in der vorliegenden Dokumentation konsolidiert. Tabelle 4 skizziert die angewendeten Abstandsregelungen.

Tabelle 4. Angewandte Abstandsempfehlungen in Metern auf Bundeslandebene:  
RR=Rotorradius, H=Gesamthöhe, RD=Rotordurchmesser, NH=Nabenhöhe

	BW	BY	BRB	HBR	HH	HES	MV	NI	NRW	RLP	SL	ST	SN	SH	TH
Allgemeine und reine Wohngebiete	1000	10H	1000	800	800	1000	1000	800	1000	1000	1000	1000	1000	800	1000
Wohnbebauung im Außenbereich	800	10H	1000	800	800	1000	800	800	800	800	800	800	800	800	800
Kur- und Klinikgebiete	1000														
Campingplätze, Ferienhaus- und Wochenendhausgebiete	1000														
Gewerbe- und Industriegebiete	500														
Sport-, Freizeit- und Erholungsflächen	800														
Strom, Fluss, Bach (1. Ordnung)	65														
Strom, Fluss, Bach (2. und 3. Ordnung)	5														
Kanal (Schifffahrt)	65														
Kanal (Wasserwirtschaft)	0														
Binnensee	5														
Kultur, Naturdenkmale und geschützte Ensembles	300														
Naturschutzgebiete (§ 23 BNatSchG)	200	200	200	200	300	0	600	200	300	200	200	200	200	300 + RR	300
Nationalparke (§ 24 BNatSchG)	200	200	200	200	200	0	1000	200	300	200	200	1000	200	300 + RR	600
Naturparks	0														
Landschaftsschutzgebiete (§ 26 BNatSchG)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	0	0	0
SPA-Gebiete (Richtlinie 79/409 EWG)	700	1200	0	0	300	0	500	0	300	0	0	1000	0	300 + RR	0
FFH-Gebiete (Richtlinie 92/43EWG)	0	0	0	0	200	0	500	0	300	0	200	1000	0	300 + RR	0
Biosphärenreservate (§ 25 BNatSchG)	0	0	0	0	0	0	500	0	0	0	0	1000	0	0	0
Gesetzlich geschützte Biotope	0	0	0	0	0	0	200	0	300	0	0	200	0	0	0
Ufer und Deiche an Gewässern und Meeresküsten	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	10
Heilquellenschutzgebiet, Trinkwasserschutzgebiet	0														
Überschwemmungsgebiete und Hochwasserschutzdeiche	0														
Feuchtgebiete internationaler Bedeutung (RAMSAR)	0	0	0	0	500	0	0	0	0	0	0	0	0	300 + RR	0
Militärische Anlagen und Sonderflächen des Bundes	0														
Flugsicherungsanlagen (VOR)	15000														
Flugsicherungsanlagen (DVOR)	10000														
Flughäfen	Bauschutzbereich														
Flugplätze, Landeplätze, Segelfluggelände, Tieffluggebiete	Bauschutzbereich														
Messstation Erdbebenüberwachung	5000		0	0	0	6000	0	0	5000	0	0	0	0	0	10000
(Wetter-) Radarstandorte	15000														
Messfeld DWD	15000														
Rohstoffsicherung	0														
Bundesautobahnen	100	100	100	40	100	150	100	40	40	100	100	200	100	100	40
Bundesstraßen	40	40	40	40	100	100	40	20	20	40	100	200	40	40	20
Landesstraßen	40	40	40	40	100	100	40	20	20	40	100	200	40	40	20
Kreisstraßen	30	30	30	40	100	100	30	20	20	30	50	200	30	30	20
Bahnlinien	50	50	50	50	50	100	50	1.5*(RD + NH)	50	50	100	200	50	150	40
Freileitungen	100	100	100	100	100	100	100	RD	RD	3*RD	100	200	100	100	100