



Ermittlung des voraussichtlichen Stromertrags durch Windkraftnutzung im Land Bremen im Jahr 2020

Version 2: ohne Einzelenergieerträge zum Schutz von Betriebsgeheimnissen

Auftraggeber:

Freie Hansestadt Bremen

**vertreten durch den Senator für Umwelt, Bau,
Verkehr und Europa**

Ansgaritorstraße 2

D – 28195 Bremen

Auftragnehmer:

Deutsche WindGuard

Consulting GmbH

Oldenburger Straße 65

D - 26316 Varel

Projekt-Nr.: VC09056

Bericht-Nr.: PE09012

Berichtsdatum: 21.10.2009



DAP-PL-3565.99

Ermittlung des voraussichtlichen Stromertrags durch Windkraftnutzung im Land Bremen im Jahr 2020

Deutsche WindGuard Consulting GmbH
Oldenburger Straße 65
26316 Varel
Tel.: +49 (0)4451-9515-0
Fax: +49 (0)4451-9515-29
Email: info@windguard.de

Auftraggeber: Der Senator für Umwelt, Bau, Verkehr
und Europa
Ansgaritorstr. 2
D – 28195 Bremen

Kontakt: Herr Dr. Jan Viebrock-Heinken
Projekt-Nr.: VC 09056
Bericht-Nr.: PP 09012
Version: 2
Datum: 21.10.2009

**Deutsche WindGuard
Consulting GmbH
Oldenburger Straße 65
D-26316 Varel
Tel.: 04451 / 95 15 - 0 · Fax: 95 15 - 29**

Erstellt von:



Dipl.-Kffr. Bärbel Eichler

Geprüft von:



Dipl.-Phys. Gerhard J. Gerdes

Dieser Bericht darf ohne die schriftliche Genehmigung der Deutschen WindGuard Consulting GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

INHALT

1	EINLEITUNG	3
1.1	Untersuchungsgegenstand	3
2	METHODIK	5
2.1	Naturschutzfachlich, baurechtliche und luftfahrtrechtliche Beurteilung	5
2.1.1	Naturschutzrechtliche Belange	5
2.1.2	Baurechtliche Belange	6
2.1.3	Luftfahrtrechtliche Belange	6
2.2	Entwurf der WEA-Aufstellungen	7
2.3	Immissionsschutzrechtliche Beurteilung	7
2.4	Energieertragsprognose	8
2.4.1	Ermittlung der Windverteilung und der Jahresenergieerträge	8
2.4.2	Prüfung und Bearbeitung der WEA-Kennlinien	10
2.4.3	Abgleich der meteorologischen Eingangsdaten	10
3	RAHMENBEDINGUNGEN DER STUDIE	12
3.1	Status der WEA-Installationen im Land Bremen	12
3.2	Höhenbegrenzung und Schallimmissionsgrenzen	14
3.3	Nutzungsdauer	15
3.4	Stand der Technik im Jahr 2020	15
3.5	Rechtliche Situation	17
4	ERGEBNISSE	18
4.1	Ergebnisse der naturschutzfachlichen, bau- und luftfahrtrechtlichen Beurteilung	18
4.2	Ergebnisse der immissionsschutzrechtlichen Beurteilung	23
4.3	Ergebnisse der potentiellen Flächenverfügbarkeit	24
4.4	Ergebnisse der Ertragsermittlung	36
4.4.1	Anlagenkonfigurationen	36
4.4.2	Energieerträge	42
5	ZUSAMMENFASSUNG	62
6	REFERENZEN	64
7	ANHANG	65

1 Einleitung

1.1 Untersuchungsgegenstand

Das Land Bremen beabsichtigt, im Rahmen der Erstellung des Energie- und Klimaschutzprogramms 2020, ein Szenario zu der Einsparung von CO₂-Emissionen im Land Bremen bis zum Jahr 2020 erarbeiten zu lassen. Unter anderem ist hierzu die Prognose der Stromerzeugung durch die Nutzung der Windenergie im Jahr 2020 nötig, welche Gegenstand dieser Untersuchung ist. Auftraggeber der Studie ist Der Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa (SUBVE) der Hansestadt Bremen.

Grundlage der Prognose sind die vom Auftraggeber benannten, bestehenden und konkret geplanten Windenergieanlagen (WEA) mit Standort, Typ, Leistung (voraussichtlichem) Errichtungsjahr und durchschnittlichem Jahresertrag. Diese Angaben werden in der Prognose unverändert zu Grunde gelegt.

In einem ersten Schritt wurden die Windenergieanlagen bestimmt,

- die bis zum Jahr 2020 wegen des Erreichens der üblichen Nutzungsdauer voraussichtlich außer Betrieb genommen und nicht ersetzt werden,
- die bis zum Jahr 2020 wahrscheinlich durch neue, größere WEA ersetzt werden (Repowering),
- die bis zum Jahr 2020 voraussichtlich unverändert betrieben werden sowie
- die auf den bestehenden Flächen und geplanten Vorrangflächen zusätzlich neu errichtet werden können.

Für die Annahme neu zu errichtender WEA wurde die Genehmigungsfähigkeit insbesondere anhand des Immissionsschutz-, Naturschutz-, Bau- und Luftfahrtrechts geprüft und die Realisierungswahrscheinlichkeit eingeschätzt. Soweit eine abschließende Aussage hierzu nur auf der Grundlage detaillierter Untersuchungen möglich wäre (z.B. Naturschutz), wurden plausible Annahmen getroffen. Für die Prüfung der immissionsschutzrechtlichen Belange wurde eine realistische Zusatzbelastung an den relevanten Immissionsorten ermittelt und die gewerbliche Vorbelastung sowie die ggf. vorhandenen ständig vorherrschenden Fremdgeräusche anhand vorhandener Daten bzw. plausibler Abschätzungen einbezogen.

Schutzgebiete und Bauleitplanungen wurden ebenfalls berücksichtigt. Sofern die Errichtung von WEA durch die Änderung bestehender oder konkret geplanter, aber in der Praxis noch nicht umgesetzter Bauleitpläne ermöglicht werden könnte, wurden die erforderlichen Änderungen benannt. Weiterhin wurde untersucht und benannt, ob zur Errichtung der jeweiligen WEA weitere Sonderbauflächen im Flächennutzungsplan ausgewiesen werden müssen.

Es wurde die Anzahl der voraussichtlich entfallenden sowie der neuen Anlagen, deren Leistung und deren durchschnittlicher Jahresenergieertrag abgeschätzt und im Saldo mit den verbleibenden Anlagen der voraussichtliche Stromertrag durch Windenergienutzung im Jahr 2020 ermittelt.

Die Untersuchung der naturschutz-, bau- und luftfahrtrechtlichen Belange wurde im Unterauftrag der Deutschen Windguard Consulting GmbH (DWG) an die **Planungsgruppe Grün** mit Sitz in **Bremen** vergeben.

Für die Untersuchung der immissionsschutzrechtlichen Belange (schalltechnische Berechnungen) wurde die Gesellschaft **ted GmbH** in **Bremerhaven** unterbeauftragt.

Die ausführliche Darstellung der Ergebnisse der Planungsgruppe Grün und ted GmbH befinden sich in der Anlage 2 und Anlage 3, die diesem Bericht beigelegt sind.

2 Methodik

Die Durchführung der Studie gliedert sich in vier Arbeitsabschnitte. In den Abschnitten 2.1 bis 2.3 erfolgte die Festlegung aller existierenden und geplanten WEA-Standorte in Bremen und Bremerhaven für das Jahr 2020. In Abschnitt 2.1 wurden die naturschutzfachlichen, baurechtlichen und luftfahrtrechtlichen Belange beurteilt und die daraus resultierenden Standorte für die zukünftige Windenergienutzung ermittelt. In Abschnitt 2.2 erfolgte zunächst die initiale Planung der Aufstellungsgeometrien der WEA an den von der SUBVE benannten Standorten bzw. Eignungsflächen. In Abschnitt 2.3 wurde dann die Beurteilung der im vorigen Arbeitsschritt ermittelten Standorte und Anlagentypen im Hinblick auf immissionsrechtliche Genehmigungsfähigkeit durchgeführt.

Da dieser Arbeitsschritt zu Änderungen in der Aufstellung, Größe und Leistung der geplanten WEA führte wurde mit den Ergebnissen aus den Abschnitten 2.1 und 2.3 dann in Abschnitt 2.2 die Planung der geeigneten Aufstellung der WEA wiederholt. Die beiden Arbeitsschritte 2.2 und 2.3 fanden somit iterativ statt, da die Ergebnisse der einzelnen Schritte aufeinander abgestimmt werden mussten. Ergebnis ist die Festlegung aller für die Windenergienutzung im Jahr 2020 als geeignet betrachteten Standorte sowie die jeweilig realisierbaren Größen und Leistungen der geplanten WEA.

Im letzten Arbeitsschritt, in Abschnitt 2.4, erfolgte die Berechnung der zu erwartenden Jahresenergieerträge für jede einzelne WEA. In Summe ergeben diese Jahresenergieerträge den für das Land Bremen im Jahr 2020 zu erwartenden Jahresenergieertrag aus der Windenergienutzung unter Berücksichtigung der in Kapitel 3 genannten Rahmenbedingungen der Studie.

2.1 Naturschutzfachlich, baurechtliche und luftfahrtrechtliche Beurteilung

Die Prüfung der Standorte und potenzieller Erweiterungsflächen erfolgte anhand der nachfolgend aufgeführten Grundlagen. Eine Prüfung und Auswertung der Genehmigungsunterlagen zu den einzelnen Standorten erfolgte vereinbarungsgemäß nicht.

2.1.1 Naturschutzrechtliche Belange

Die naturschutzrechtlichen Belange wurden anhand der Schutzgebiete sowie anhand von landesweit vorliegenden Daten aus dem IEP (Integriertes Erfassungsprogramm Bremen) beurteilt. Diese Informationen und Daten wurden von SUBVE zur Verfügung gestellt. Bestimmte Gebiete, wie die Gebiete von gemeinschaftlicher Bedeutung und Europäische Vogelschutzgebiete (§ 26b BremNatSchG) sowie die Naturschutzgebiete (§ 19 BremNatSchG) wurden dabei als Ausschlussgebiete bewertet. Ausnahmen bilden bestehende Windenergieanlagen in diesen Schutzgebieten. Hier wurde eine Einzelfallprüfung durchgeführt. Andere Schutzgebiete wie z.B. Landschaftsschutzgebiete wurden als abwägungsrelevante Kriterien in die Beurteilung eingestellt. Betrachtet wurde jeweils das Umfeld der einzelnen Windenergie-

anlagenstandorte. Die Standorte bzw. potenzielle Erweiterungsflächen wurden hinsichtlich vorliegender Ausschlusskriterien und abwägungsrelevanter Daten vergleichend beurteilt.

2.1.2 Baurechtliche Belange

Die baurechtlichen Belange wurden anhand des Flächennutzungsplanes Bremen und des Flächennutzungsplanes Bremerhaven beurteilt. Die Flächennutzungspläne wurden digital (GIS-Shapes) von SUBVE bzw. dem Stadtplanungsamt Bremerhaven zur Verfügung gestellt. Siedlungsflächen wurden grundsätzlich als Ausschlussgebiete bewertet. Betrachtet wurde jeweils das Umfeld der einzelnen Windenergieanlagenstandorte. Die Standorte bzw. potenziellen Erweiterungsflächen wurden hinsichtlich vorliegender Ausschlusskriterien und abwägungsrelevanter Daten vergleichend beurteilt.

2.1.3 Luftfahrtrechtliche Belange

Die luftfahrtrechtlichen Belange wurden anhand der Anflugkorridore und Bauschutzbereiche des Airport Bremen und des Regionalflughafen Bremerhaven beurteilt. Der Bauschutzbereich des Flughafens Lemwerder entfällt zukünftig und wird dementsprechend im vorliegenden Gutachten nicht betrachtet. Ein entsprechendes Änderungsverfahren läuft derzeit.

Betrachtet wurden die jeweiligen Anflugkorridore und Bauschutzbereiche mit den entsprechenden Bauhöhenbeschränkungen. Die Luftfahrtbehörden können für diese Geländeteile Bauhöhen festlegen, bis zu welchen Bauwerke ohne ihre Zustimmung genehmigt werden können. Es wird darauf hingewiesen, ob die vorhandenen Standorte bzw. potenziellen Erweiterungsflächen innerhalb von Bauschutzbereichen liegen.

Darüber hinaus erfolgte eine grobe Einschätzung der Luftfahrt- und Luftsicherheitsbehörde Bremen (Juli 2009). Das Ergebnis dieser groben Abschätzung, bei der nicht sicher gestellt sein kann, dass alle Belange hinreichend berücksichtigt wurden, wurde in die Betrachtung im Rahmen dieses Gutachtens einbezogen.

Laut Luftfahrt- und Luftsicherheitsbehörde Bremen sind alle Standorte bei entsprechender Hinderniskennzeichnung unproblematisch.

Mögliche Radarstörungen können nur in Einzelfallbetrachtungen von der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH ermittelt werden (oder unter Einschaltung von Gutachtern; dies muss allerdings von der DFS akzeptiert werden). Im Rahmen dieses Gutachtens ist keine abschließende Bewertung möglich. Übersichtskarten des Schutzbereichs der ASR-Anlage für Bremen und Bremerhaven befinden sich unter dem Titel „Luftfahrtrechtliche Belange“ ebenso wie textliche Ausführungen zu den jeweiligen Standorten in dem Bericht der Planungsgruppe Grün, welcher in der Anlage 2 diesem Bericht beigelegt ist.

2.2 Entwurf der WEA-Aufstellungen

Die Festlegung der Anlagenstandorte und Anlagengrößen erfolgte in einem iterativen Arbeitsprozess im Rahmen von mehreren Arbeitssitzungen der beteiligten Firmen Planungsgruppe Grün, ted GmbH und Deutsche Windguard. Im Rahmen dieser Treffen wurden auf Basis der gesammelten immissionsschutz-, naturschutz- bau- und luftfahrtrechtlichen Informationen alle relevanten Flächen nacheinander einer gemeinsamen Prüfung unterzogen und es erfolgte eine Auslegung der Flächen und eine Auswahl der zukünftig zu installierenden WEA, wobei für jeden Standort eine geeignete WEA-Größe und Aufstellungskonfiguration bestimmt wurde. Bezüglich der WEA-Größe wurde eine Prognose über die im Jahr 2020 existierende Windenergieanlagentechnologie getroffen.

2.3 Immissionsschutzrechtliche Beurteilung

Für die Überprüfung der planungsrechtlichen Situation im Einwirkungsbereich der zu prüfenden Windenergieanlagen wurden Informationen aus Flächennutzungsplänen, Bebauungsplänen und tatsächlicher Nutzung zusammengetragen.

Die Leistungsdaten der WEA wurden aufgrund vorliegender Kenndaten bestimmt. Für WEA größerer Leistungsklassen, die zurzeit noch nicht am Markt zur Verfügung stehen, wurde eine Abschätzung aufgrund vorhandener Windenergieanlagendaten getroffen.

Die schallimmissionsrechtliche Überprüfung der WEA erfolgte für die unter Punkt 2.2 von der Deutschen WindGuard ermittelten Standorte. Die vorhandenen Vorbelastungen wurden anhand der 76. Flächennutzungsplan-Änderung ermittelt.

Die WEA wurden mit für den leistungsoptimierten Betrieb festgelegten Schalleistungspegeln in das Prognosemodell eingebracht und die Beurteilungspegel an den relevanten Immissionsorten bestimmt. Weiterhin wurde der Einwirkungsbereich auf vorhandene Vorbelastungen geprüft. Falls diese auftraten und ihre Höhe bekannt oder abschätzbar war, wurde aus der vorhandenen Vorbelastung und der Zusatzbelastung durch die WEA die Gesamtbelastung bestimmt.

Gemäß TA Lärm darf die Genehmigung für eine zu beurteilende Anlage auch bei einer Überschreitung der Immissionsrichtwerte aufgrund der Vorbelastung nicht versagt werden, wenn der von der Anlage verursachte Immissionsbeitrag im Hinblick auf den Gesetzeszweck als nicht relevant anzusehen ist. Das ist in der Regel der Fall, wenn die von der zu beurteilenden Anlage ausgehende Zusatzbelastung die Immissionswerte am maßgeblichen Immissionssort um mindestens 6 dB(A) unterschreitet.

Im Rahmen dieser Beurteilung wird davon ausgegangen, dass bei den zu untersuchenden Standorten dieser Regelfall gegeben ist. Grundsätzlich gilt jedoch, dass im Falle der Realisierung einer WEA- oder Windparkplanung Einzelfallprüfungen erforderlich sind, gerade im Hinblick darauf, dass zum Teil Anlagentypen zugrunde gelegt wurden, deren Schallemissionen abgeschätzt wurden und sich in Zukunft noch ändern können.

Die Beurteilung einer möglichen Immission durch Schattenwurf der geplanten WEA ist nur durch Einzelfallprüfung jedes einzelnen Standortes möglich; die Entfernung, Lage und räumliche Orientierung einzelner Gebäude muss hierbei im Einzelnen überprüft werden. Da diese Prüfungen den Rahmen der Studie gesprengt hätten, waren sie nicht Bestandteil der Beauftragung. Die Ertragsminderungen, die gegebenenfalls durch schattenwurfbedingte, zeitlich begrenzte Abschaltungen zu erwarten sind, werden den Gesamtertrag für das Land Bremen aber nicht erheblich beeinträchtigen.

2.4 Energieertragsprognose

In den Arbeitsschritten der vorangegangenen Abschnitte 2.1 bis 2.3 erfolgte die Festlegung aller existierenden und geplanten WEA-Standorte in Bremen und Bremerhaven für das Jahr 2020. Im letzten Arbeitsschritt erfolgte die Ermittlung des standortspezifischen Energieertrags für alle laut Prognose im Jahr 2020 existierenden WEA.

Basis der Ertragsberechnung sind:

- die im vorigen Arbeitsschritt festgelegten WEA-Standorte
- die technischen Eigenschaften der im Jahre 2020 im Betrieb befindlichen prognostizierten WEA (Leistungskurve und Schubbeiwertkurve). Voraussichtlich werden im Jahre 2020 WEA-Typen zur Verfügung stehen, die größer sind als die derzeit verfügbaren WEA Typen. Für diese WEA wurden realistische Leistungskurven (relevant für den Ertrag) und Schubbeiwertkurven (relevant für die Ertragsminderung durch gegenseitige Abschattung) eingeschätzt.
- eine Geländebeschreibung (Rauigkeits- und Höhenstruktur) auf Basis topographischer Karten
- Erträge und Verfügbarkeiten bestehender Anlagen im Untersuchungsgebiet oder deren Nachbarschaft
- Langzeitmeteorologische Daten oder Indizes

2.4.1 Ermittlung der Windverteilung und der Jahresenergieerträge

Die Ermittlung der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit und der Jahresenergieerträge der Windenergieanlagen erfolgt nach dem Europäischen Windatlasverfahren mit Hilfe des "Wind Atlas Analysis and Application Program" (WASP, Version 8.1) des Risø National Laboratory, Roskilde, Dänemark [2].

Die Ermittlung der Windverhältnisse am geplanten Standort erfolgt auf Basis der Daten bestehender meteorologischer Messstationen. Ein Abgleich der berechneten Jahresenergieerträge wird mit Hilfe von Betriebsergebnissen von bestehenden WEA in der Umgebung der geplanten WEA-Standorte durchgeführt (Vergleichs-WEA). Dabei wird das Europäische Windatlasverfahren für die Vergleichs-WEA in analoger Weise angewendet wie für die

geplanten Anlagen (inkl. einer detaillierten Standortbeschreibung für die Standorte der Vergleichs-WEA). Die Vergleichs-WEA dienen somit zur Skalierung der Winddaten der meteorologischen Messstationen (siehe Abschnitt 0), wodurch die Unsicherheit der Ertragsberechnung für die geplanten Anlagen signifikant reduziert wird.

Für die unter Punkt 2.1 bis 2.3 ermittelten Anlagenkonfigurationen werden die zu erwartenden mittleren Jahresenergieerträge sowie der Parkwirkungsgrad jeder einzelnen WEA und des Gesamtparks berechnet. Die Berechnungen der Jahresenergieerträge erfolgten mit Hilfe der Software WindPRO (Version 2.6) des dänischen Entwicklers EMD. Der Parkwirkungsgrad ist das Verhältnis zwischen der Summe der erzeugten elektrischen Leistung aller Windenergieanlagen eines Windparks unter Berücksichtigung der durch gegenseitige Abschattung entstehenden Verluste und der Summe der Leistung aller Windenergieanlagen unter der Annahme einer ungestörten Anströmung. Eingangsdaten für die Windparkberechnungen sind Windstatistiken der vorausgegangenen Windprognose. Die Windparkberechnungen erfolgten auf der Basis des PARK-Modells des Risø National Laboratory, Roskilde, Dänemark unter Annahme der standardmäßigen Ausbreitungskonstanten für die Nachlaufströmungen von 0.075.

Ergebnis der Berechnungen sind für jeden WEA-Standort der Jahresmittelwert und die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit sowie der zu erwartende mittlere Jahresenergieertrag der WEA für den ausgewählten Anlagentyp.

Hinweis: In der vorliegenden Prognose wurden für die bereits bestehenden Anlagen und für die Anlagen, für die bereits Planungen vorliegen Angaben bezüglich Standort, Typ, Leistung, Errichtungs- bzw. voraussichtliches Errichtungsjahr und durchschnittlicher Jahresenergieertrag vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Auf Wunsch des Auftraggebers wurden die gelieferten Energieerträge unverändert in die Prognose übernommen, d.h. sie basieren nicht auf Berechnungen der Deutsche WindGuard. Die übernommenen Erträge sind in den Ergebnissen besonders gekennzeichnet. Abgleich der meteorologischen Datenbasis und des Prognoseverfahrens mit Betriebsergebnissen benachbarter Windenergieanlagen

Das Ergebnis von Energieertragsermittlungen und die Unsicherheit der Ermittlung werden in besonderem Maße durch die meteorologische Datenbasis beeinflusst. Die für die Energieertragsermittlung verwendeten Windeingangsdaten wurden mit den Betriebsergebnissen existierender Windenergieanlagen in der Umgebung detailliert abgeglichen. Der Winddatenabgleich umfasst folgende Schritte:

- Die vorliegenden monatlichen Energieertragsdaten der Vergleichs-WEA werden hinsichtlich der technischen Verfügbarkeit bereinigt und auf Plausibilität geprüft.
- Da das Windpotenzial starken zeitlichen Variationen unterliegt und die Betriebsergebnisse der Vergleichs-WEA nur über beschränkte Zeiträume vorliegen, wird mit Hilfe von Windindices ein Langzeitbezug der Energieertragsdaten hergestellt.

- Für die Vergleichs-WEA wird eine Energieertragsprognose mit Hilfe des Europäischen Windatlasverfahrens erstellt, und zwar mit einer gleichermaßen detaillierten Standortbeschreibung (Rauhigkeiten, Orographie) wie für die neu geplanten WEA.
- Die Windeingangsdaten für das Prognoseverfahren werden so ausgesucht bzw. skaliert, dass die Abweichungen der prognostizierten Energieerträge von den realen, verfügbarkeitsbereinigten und langzeitbezogenen Energieerträgen der Vergleichsanlagen minimiert werden. Die verschiedenen Vergleichswindparks werden für den Abgleich des Prognoseverfahrens auf Basis einer detaillierten Unsicherheitsbetrachtung so gewichtet, dass sich für den prognostizierten Energieertrag des geplanten Windparks ein Minimum der Unsicherheiten einstellt.

2.4.2 Prüfung und Bearbeitung der WEA-Kennlinien

Für die Energieertragsberechnung werden typenspezifische Leistungs- und Schubbeiwertkennlinien der WEA benötigt. Dies betrifft sowohl die geplanten WEA als auch die Vergleichs-WEA, deren Betriebsergebnisse für den Abgleich des Prognoseverfahrens zur Verfügung standen.

Um eine Vergleichbarkeit aller verwendeten Leistungskennlinien zu gewährleisten, müssen die Kennlinien der berücksichtigten Vergleichs-WEA generell bezüglich des Anemometertyps nach der in Referenz [1] beschriebenen Methode auf die Kennlinien der geplanten WEA-Typen abgestimmt werden. Der Hintergrund für diese Vorgehensweise ist, dass verschiedene Anemometertypen unterschiedlich auf die in der freien Strömung vorhandene Turbulenz reagieren, wodurch die gemessenen Leistungskurven systematisch beeinflusst werden. Im vorliegenden Fall wurden die Kennlinien allesamt mit Anemometertypen gemessen, die bezüglich der Turbulenzeinflüsse dem Stand der Technik entsprechen, oder es lagen berechnete Kennlinien vor. Bei letzteren wird davon ausgegangen, dass sich die Windgeschwindigkeiten ebenfalls auf Anemometertypen beziehen, die dem Stand der Technik entsprechen. Eine Anpassung der Leistungskennlinien auf ein Bezugsanemometer war daher im vorliegenden Fall nicht erforderlich.

Für die Studie wurden Annahmen über zukünftige WEA, die es zurzeit noch nicht auf dem Markt gibt, getroffen. Die Leistungskennlinien und Schubbeiwertkurven für diese Anlagentypen wurden von der Deutschen WindGuard generiert.

2.4.3 Abgleich der meteorologischen Eingangsdaten

Der Abgleich des Berechnungsverfahren mit den Betriebsergebnissen der Vergleichs-WEA wurde wie folgt vorgenommen:

- Für alle betrachteten Vergleichs-WEA wurde eine Energieertragsprognose mit Hilfe des Europäischen Windatlasverfahrens erstellt, wobei eine ebenso detaillierte Standortbeschreibung (Orographie, Geländerauhigkeiten, Windhindernisse) wie für die Umgebung

der neu geplanten Anlagen zugrunde gelegt wurde. Die Energieerträge der Vergleichswindparks wurden jeweils für solche Windparkkonfigurationen berechnet, wie sie in den bewerteten Betriebszeiträumen vorlagen. Dabei wurde ggf. die Abschattungswirkung benachbarter WEA entsprechend berücksichtigt.

- Die meteorologischen Eingangsdaten wurden so ausgewählt, dass sich eine bestmögliche Übereinstimmung der Prognose mit den realen, langzeitbezogenen und um die technische Verfügbarkeit bereinigten Energieerträgen der Vergleichs-WEA ergab.

Für die Energieertragsprognose standen Winddaten verschiedener meteorologischer Langzeitmessstationen in der Umgebung der geplanten Standorte zur Verfügung. Bei der Auswahl der meteorologischen Langzeitstationen erwies sich aufgrund der Nähe zu den Standorten die Station des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in Bremen als besonders geeignet. Die Windgeschwindigkeitsdaten dieser Station mussten für die Feinabstimmung des Prognoseverfahrens für die Standorte im Bremer Raum um ca. 8 % nach unten skaliert werden. Für die Standorte im Raum Bremerhaven wurden sie um 1% nach unten skaliert.

Station	Quelle	Messhöhe	Zeitraum
Bremen	DWD	10 m	1979-1993

Tabelle 1: Für die Berechnungen zugrunde gelegte meteorologische Langzeitstation

Anmerkung: Aufgrund der Aufgabenstellung wurde eine detaillierte Berechnung der Unsicherheiten für jeden einzelnen WEA-Standort nicht durchgeführt. Die Ergebnisse der Studie sind daher nicht für wirtschaftliche Analysen verwendbar.

3 Rahmenbedingungen der Studie

3.1 Status der WEA-Installationen im Land Bremen

Im Folgenden werden in Tabelle 2 und Tabelle 3 die Windenergieanlagenstandorte aufgeführt, die derzeit im Land Bremen vorhanden sind bzw. für die bereits konkrete Planungen vorliegen.

Im Rahmen der Studie wurde eine Betriebsdauer der WEA von 15 Jahren angenommen, siehe Abschnitt 3.3. In Bezug auf das Prognosejahr 2020 bedeutet dies, dass alle WEA, die nach 2005 errichtet wurden, nicht für ein Repowering in Frage kommen, Abweichungen sind möglich und werden entsprechend erläutert.

Die Tabelle 2 und 3 enthalten in der Spalte „Repowering“ das endgültige Ergebnis inwieweit ein Standort für ein Repowering geeignet ist oder nicht, wobei detailliertere Erläuterungen hinsichtlich der Eignung erst an späterer Stelle in Kapitel 4 aufgeführt sind.

Nr.	Standort	Anzahl der bestehenden WEA	Anlagentyp	Leistung der WEA	Inbetriebnahme	Bestand 2020	Repowering
1	Hasenbüren	1	AN Bonus	150 kW	Jan. 1992	nein	nein
2	Strom, GVZ	1	Lagerwey	75 kW	Jan. 1992	nein	nein
3	Lehester Deich	1	AN Bonus	150 kW	Jan. 1993	nein	nein
4	Seehausen	4	AN Bonus	150 kW	Aug. 1993	nein	ja
5	Stromer Landstrasse	1	Krogmann	50 kW	Nov. 1994	nein	nein
6	Blockland/A27	3	AN Bonus	600 kW/ 44-3	1997	nein	ja
7	Moorlosenkirche	1	Enercon E40	350 kW	1998	nein	nein
8	Halmer Weg	4	AN Bonus	600 kW/ 44-3	1999	nein	ja
9	Wasserhorst	1	AN Bonus	600kW/ 44-3	2000	nein	ja
10	Mahndorf	5	AN Bonus	2MW/76	2002	nein	ja
11	Optionsfläche Industriepark	6	AN Bonus	2MW/76	2002	nein	ja
12	Rekum I	1	Enercon E66	1.8 MW	2003	nein	ja
13	Rekum II	1	Enercon E66	1.8 MW	2004	nein	ja
14	Strom I	1	Enercon E40	600 kW	2004	nein	ja

15	Stahlwerke	4	AN Bonus	2.3 MW	2004/2005	nein	ja
16	Strom II	1	Enercon E40	600 kW	2005	nein	ja
17	Stahlwerke-Erg.	2	Enercon E82	2 MW	2007	ja	nein
18	Strom III	1	Enercon E53	800 kW	2009	ja	nein
19	Seehausen_neu (P6-2)	1	Enercon E82	2.0 MW	Planung	ja	nein
20	Blocklanddeponie (Planung-P1)	4	Repower MM 82/92	2050 kW	Planung	ja	nein
21	Optionsfläche IP_Erg (P2)	2	Enercon E82	2 MW	Planung	ja	nein
21 a	Forschungsanlage IP (Uni Bremen/WG)	1	typenlos	6 MW	Planung	ja	nein
22	Industriehäfen (Planung-P3)	3	Enercon E82	2 MW	Planung	ja	nein
23	Seehausen (P4)	3	Planung	2MW	Planung	ja	nein
24	Mahndorf II (P5)	4	Enercon E82	2 MW	Planung	ja	nein
25	Bremer Kreuz (P6-3)	1	Planung	2/2.5 MW	Planung	ja	nein
26	Sonderbaufläche A27/Ritterhuder Heerstr.	Planung	Planung	Planung	Planung	ja	nein

Tabelle 2: Aktueller Anlagenbestand und aktuelle Planungen im Raum Bremen

Nr.	Standort	Anzahl der bestehenden WEA	Anlagentyp	Leistung der WEA	Inbetriebnahme	Bestand 2020	Repowering
1	Fischereihafen	2	AN Bonus	450 kW	Apr. 1992	nein	nein
2	Geestemünde	1	AN Bonus	150 kW	Aug. 1994	nein	ja
3	Speckenbüttel I	1	Multibrid	5 MW	2004	nein	ja
4	Weddewarden	3	Siemens	2.3 MW	2006	ja	nein
5	Speckenbüttel II	1	Multibrid	5 MW	2006	ja	nein
6	Überseering	1	Enercon E82	2 MW	2006	ja	nein
7	Bohmsiel	1	Conergy	900 kW	2007	ja	nein
8	Grauwalling	1	Conergy	900 kW	2007	nein	ja*
9	Grauwalling	1	Enercon E 82	3 MW	2007	ja	nein
10	A27/BHV Mitte	2	Multibrid	5 MW	2008	ja	nein
11	Speckenbüttel III	1	Repower	5 MW	2009	ja	nein
12	A27/Bürgerwindpark	4-7	typenlos	ca.5 MW	Planung	ja	nein
13	Weddewarden II	1	typenlos	2/3 MW	Planung	ja	nein

Tabelle 3: Aktueller Anlagenbestand und aktuelle Planungen im Raum Bremerhaven.

***Hinweis:** Am Standort Nr. 8 (Grauwalling) ist im Jahr 2020 die angenommene Betriebsdauer von 15 Jahren noch nicht erreicht, was zunächst ein Repowering ausschließen würde; da es sich bei diesem Standort allerdings um ein Testfeld des Herstellers Power Wind handelt, ist davon auszugehen, dass der Standort für Versuchszwecke genutzt wird und ein Repowering mit dem nächst größeren Anlagentypen des Herstellers erfolgt.

3.2 Höhenbegrenzung und Schallimmissionsgrenzen

Begrenzende Faktoren für die Durchführung von Repowering-Maßnahmen und Überplanung von Windparkflächen sind die Gesamthöhenbegrenzung und die Schallimmissionsgrenzen am Standort.

Für die Gesamthöhenbegrenzung gerade an Binnenlandstandorten sollte – als Daumenregel – die Gesamthöhe einer WEA so gewählt sein, dass die untere Blattspitze des Rotorkreises nicht unterhalb der 3-fachen Höhe der näheren Hindernisse beträgt. Als Erfahrungswert an Binnenlandstandorten sollte eine untere Blattspitzenhöhe von 60 m nicht unterschritten werden. Für die derzeitige Generation von WEA mit 80 m Rotordurchmesser bedeutet dies eine Gesamthöhe von 140 m für die Generation der derzeit geplanten 100 m-Durchmesser Anlagen 160 m sowie für die zukünftige Generation der 6MW-WEA eine Gesamthöhe von ca. 190 m. Diese Werte sind für den Betrieb von WEA an nicht exponierten Standorten im Binnenland als

Minimum anzusehen, bei geringeren Gesamt- bzw. Nabenhöhen droht ein Standort schnell unwirtschaftlich zu werden.

Eine weitere Begrenzung für die Größe von WEA kann bei Repowering-Vorhaben in der erlaubten Schallimmission liegen. Bei unveränderter Bauweise entwickeln WEA mit steigender Größe eine höhere Schallemission. Moderne Anlagen werden jedoch konstruktiv mit immer geringerer spezifischer Schallabstrahlung gebaut, so dass die Zunahme der Schallemission nur in sehr geringem Maße mit der Größe der Anlagen steigt.

Im Rahmen der Studie werden die an den jeweiligen Standorten geltenden Schallimmissionswerte der Bebauung bzw. Flächenausweisungen berücksichtigt; alle neu zu errichtenden WEA sind dergestalt in der Studie geplant, dass alle Schallimmissionswerte eingehalten werden.

3.3 Nutzungsdauer

In der Regel sind WEA für eine Lebensdauer von 20 Jahren ausgelegt. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass der Ersatz der WEA durch größere Anlagen an Standorten, die für die Windenergienutzung ausgewiesen sind, früher stattfindet. Der Grund liegt hauptsächlich in der besseren Nutzung der Flächen durch größere und ertragsstärkere moderne Anlagen sowie sicherlich auch in einem erneuten Beginn der EEG-Vergütung für die Neuanlagen.

Der Zeitpunkt des Repowering richtet sich wesentlich nach der wirtschaftlichen Situation eines Windparks, je früher die Finanzierung abgeschlossen ist, desto früher wird über ein Repowering nachgedacht. Dies gilt insbesondere für ertragsstarke Standorte in Küstennähe. Ein wichtiger Faktor für die Durchführung eines Repowering ist die Planungssituation am Standort. Ermöglicht diese den Betrieb größerer und vor allem höherer WEA, steigt der wirtschaftliche Vorteil des Repowering.

Im Rahmen der Studie wurde eine Betriebsdauer der WEA von 15 Jahren angenommen. In Bezug auf das Prognosejahr 2020 bedeutet dies, dass alle WEA, die nach 2005 errichtet wurden, nicht für ein Repowering in Frage kommen.

3.4 Stand der Technik im Jahr 2020

Die Entwicklung der Technik von WEA hat in den vergangenen 20 Jahren ein enormes Wachstum der Anlagengröße ermöglicht, eine grafische Übersicht gibt Abbildung 1 wieder.

Leistungssteigerung:

in nur 20 Jahren wurde der Ertrag von Windenergieanlagen um das 100fache gesteigert. Mit den 5MW Anlagen wird er sich noch einmal mit fünf multiplizieren.

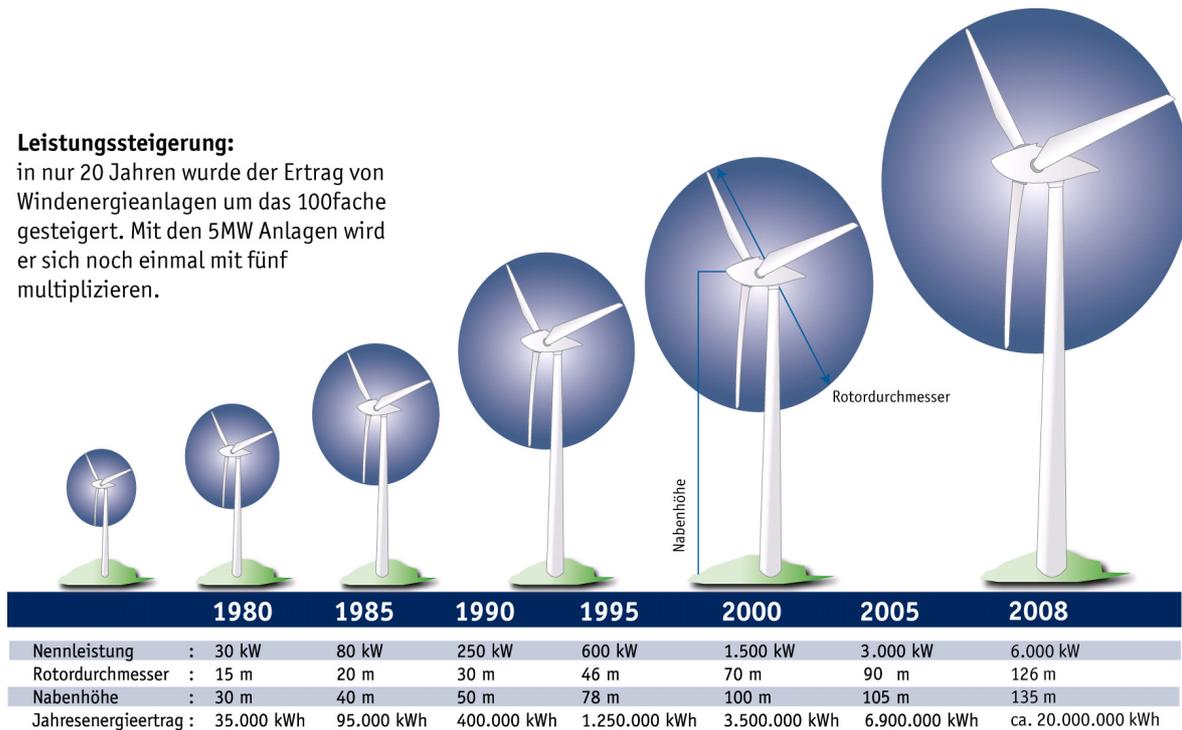


Abbildung 1: Entwicklung der WEA-Technik (Quelle: Bundesverband Windenergie).

Der Zeitpunkt der Entwicklung einer WEA aus dem Prototypenstadium heraus bedeutet in der Regel die Übernahme in die Planung neuer Windparks. Dies gilt hauptsächlich für Deutschland, da hier aufgrund der beschränkt zur Verfügung stehenden Flächen einerseits und der bereits großen Zahl installierter WEA die Ausnutzung freier, beplanbarer Flächen andererseits die WEA-Generation mit der jeweils größten Rotorfläche verwendet wird, um die bestmögliche Nutzung der Flächen zu erlauben.

Für die Entwicklung im Land Bremen bedeutet dies, dass Planungen in den kommenden Jahren zunächst noch mit den WEA der 3MW-Generation mit Rotordurchmessern von 90 bis ca. 105 m geplant werden. Danach werden mit großer Wahrscheinlichkeit die Anlagen der 6MW-Generation eingesetzt werden. Inwieweit die weitere Entwicklung bis zum Jahr 2020 in Richtung auf 10MW-WEA mit für das Binnenland sinnvollen Rotordurchmessern von 160 bis 170 m in Bremen zu realisierbaren Windparks führen wird ist fraglich. Gesamthöhen von 230 m und größerer Abstände zur Bebauung sind auf den begrenzten Flächen im Land Bremen sicherlich nicht unproblematisch.

Im Rahmen der Studie wurden zwei Szenarien für den Ausbau der Windenergie in Bremen berechnet. Im ersten, optimistischen Szenario werden an Standorten, an denen dies möglich ist, 6 MW-WEA geplant sowie an Standorten mit räumlichen Einschränkungen (im Wesentlichen durch Schallemission) Anlagen mit 3 MW Leistung und 90 m Rotordurchmesser. Darüber hinaus werden an Standorten, an denen bereits heute konkrete Planungen vorliegen, die dort genannten Anlagengrößen verwendet, dies sind in der Regel 2MW-WEA.

Im zweiten Szenario wird die an manchen Standorten derzeit existierende Gesamthöhenbeschränkung als bis zum Jahr 2020 fortdauernd eingestuft. Entsprechend ist auf diesen Flächen ein WEA-Typ mit 3 MW, entsprechend einer Gesamthöhe von 150 m, in der Studie vorgesehen.

3.5 Rechtliche Situation

Bei der Beurteilung der Situation im Jahr 2020 wird nicht von einer Änderung der Gesetzeslage ausgegangen. D.h. es wird angenommen, dass das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) bis 2020 bestehen bleibt und den Betrieb auch von neu installierten WEA im Binnenland und an der Küste wirtschaftlich auskömmlich ermöglicht.

Bezüglich der baurechtlichen und planerischen Situation wird ebenfalls keine Veränderung angenommen. Dies bedeutet im Wesentlichen, dass die Grenzwerte und Berechnungsverfahren für Schallimmission, die auf die Windenergienutzung anzuwenden sind, unverändert bleiben.

Indizien für geplante rechtliche Änderungen, die den Aufbau von neuen WEA einschränken werden, liegen derzeit nicht vor.

Lediglich bezüglich der Gesamtbauhöhenbegrenzung wurde eine mögliche Änderung der Genehmigungssituation in Betracht gezogen. Aufgrund der Erfahrung, die Kommunen in der Vergangenheit mit WEA unterschiedlicher Bauhöhen gemacht haben, sind vielerorts Bauhöhenbeschränkung entschärft oder ganz beseitigt worden, um eine wirtschaftlich mögliche oder bessere Nutzung von Eignungsflächen mit WEA zuzulassen. Diesem Umstand wurde in der Studie durch die Berechnung von zwei Szenarien Rechnung getragen, siehe Abschnitt 3.4. Die derzeit auf einigen Eignungsflächen geltenden Gesamthöhenbeschränkungen wurden in Szenario 2 als weiterhin bestehend eingestuft, in Szenario 1 wurden die Beschränkungen als aufgehoben betrachtet.

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der naturschutzfachlichen, bau- und luftfahrtrechtlichen Beurteilung

In den Tabellen 4 und 5 werden die Ergebnisse der naturschutzfachlichen, bau- und luftfahrtrechtlichen Beurteilung der einzelnen Standorte mit möglichen Einschränkungen kurz dargestellt.

Hinsichtlich der detaillierten Ergebnisse wird auf den Bericht der Planungsgruppe Grün verwiesen, der als Anlage 2 diesem Bericht beigelegt ist.

Nr.	Standort	Repowering bis zum Jahr 2020	Erweiterung des Bestandes	Anmerkungen
1	Hasenbüren	nein	nein	<u>baurechtlich</u> : Sondergebiet für WEA wurden auf dem Stahlwerkegelände festgesetzt, deswegen kein Repowering auf der Südseite der Weser; Durch die östlich angrenzend verlaufende Freileitung (ca. 112m hoch) besteht eine räuml Begrenzung und Höhenbegrenzung; Außerdem räumliche Beschränkung durch westl. zur WEA gelegenen Hafen; <u>Naturschutz</u> : Freihalten wegen Austauschbeziehung zwischen VSG Niedervieland und VSG Werderland, Zugkorridor Vogelzug an Weser und Ochtum, Rastplatz am Dunzenwerder
2	Strom, GVZ	nein	nein	<u>baurechtlich</u> : Standort liegt im Gewerbegebiet; Hinsichtlich der Lärmbelastung sind Betriebsleiterwohnungen im Gewerbegebiet zu beachten (vgl. Festsetzungen B-Plan); Aufgrund der Bebauung ist räumlich gesehen kein Repowering durch eine größere WEA möglich; Konzentration der Windkraftnutzung auf die südwestlich gelegene Sondergebietsfläche;
3	Lehester Deich	ja (unter Vorbehalt)	nein	<u>baurechtlich</u> : Es liegen Wohnbauflächen am Lehester Deich in weniger als 500m Entfernung; WEA steht im Außenbereich nach§35BauGB. <u>Naturschutz</u> : Größere Anlage könnte zu Konflikt mit VSG (Austauschbeziehungen) und NatSch führen; Beeinträchtigung des Landschaftsbildes im für Erholungsnutzung bedeutsamen Blockland;
4	Seehausen	ja	nein	<u>baurechtlich</u> : Gemischte Bauflächen in ca. 500m Entfernung zum geplanten Repoweringstandort; Aktuell ist das Repowering der bestehenden 4 WEA durch 1 neue WEA (siehe Planung Nr. 6-2) vorgesehen;
5	Stromer Landstrasse	nein	nein	<u>baurechtlich</u> : Das Repowering des Standortes Nr. 5 kann innerhalb des angrenzend bestehenden Sondergebietes für WEA erfolgen, vgl. Nr. 16, Nr. 14 und Planung Nr. 6 <u>Naturschutz</u> : Standort liegt in Schutzgebieten (FFH, VSG, LSG);
6	Blockland/A27	ja (unter Vorbehalt)	nein	<u>baurechtl.</u> : In ca. 600m südlich angrenzend befinden sich Kleingartengebiete; Verzicht auf die Standorte Nr. 3 und Nr. 9 und stattdessen Bündelung des Repowering in diesem SondergebietNr.6 <u>Naturschutz</u> : Standort liegt in Schutzgebieten (LSG, VSG, FFH Zentrales Blockland); Aufgrund der angrenzenden Autobahn besteht bereits ein Meidungsradius der Avifauna

				aufgrund von Lärm (Vorbelastung); Das Sondergebiet wird außerdem von einer Freileitung in Nord-Süd-Richtung gequert. Erweiterung in östl. Richtung führt potenz. zu Konflikten mit Avifauna des NSG Kuhgrabensee; Bei höheren WEA ist ggf. größerer Abstand zur Autobahn erforderlich. Die WEA rücken dadurch in das FFH-Gebiet (Polder Oberblockland); Es wäre eine Befreiung erforderlich und die Alternativlosigkeit bezügl. des Standortes müsste dargestellt werden; <u>Luftfahrt</u> : Der Standort liegt innerhalb des 10km Radius des Schutzbereichs ASR Anlage des Flughafens (Hindernissüberwachungsbereich)
7	Moorlosenkirche	nein	nein	<u>baurechtlich</u> : Sondergebiet für WEA auf dem Stahlwerkegelände, deswegen kein weiteres Repowering an diesem Standort Nr.7imVSGWerderland; <u>Naturschutz</u> : Freihalten wegen Austauschbeziehung zwischen VSG Niedervieland und VSG Werderland, Zugkorridor Vogelzug an Weser und Ochtum, Rastplatz am Dunzenwerder (wie bei Nr. 1)
8	Halmer Weg	ja	nein	<u>baurechtlich</u> : in ca. 800m gemischte Baufläche (Neubaugebiet Seehausen); in Bezug auf das angrenzende Gewerbegebiet muss die Bauleitplanung tätig werden und entweder Betriebsleiterwohnungen ausschließen oder als Industriegebiet ausweisen, sonst gibt es Konflikte hinsichtlich Lärm beim Repowering; Räumliche Beschränkung hinsichtlich der Aufstellung bei Repowering durch A 281 und geplanten Ausgleichsflächen; der Abstand zur geplanten Autobahn muss berücksichtigtwerden. <u>Naturschutz</u> : Vorbelastung durch geplante A 281 und angrenzendes Gewerbegebiet; Berücksichtigung der Ausgleichsflächen für die A281 (s.o.) <u>Luftfahrt</u> : Der Standort liegt innerhalb des 10km Radius des Schutzbereichs ASR Anlage des Flughafens (Hindernissüberwachungsbereich)
9	Wasserhorst	ja (unter Vorbehalt)	nein	Die WEA wird für den Schöpfwerkbetrieb genutzt, dieses kann aber auch über alternative Stromspeisung betrieben werden. <u>baurechtlich</u> : Wohnbauflächen liegen in ca. 700m Entfernung; WEA steht im Außenbereich nach §35 BauGB. <u>Naturschutz</u> : größere Anlage könnte zu Konflikt mit VSG und Vogelzug an der Lesum führen;
10	Mahndorf	ja	nein	<u>baurechtlich</u> : Für Repowering geeignet; Erweiterung aufgr. Landesgrenze nur in westl. Richtung möglich, hier aber Konflikt mit Anflugsektor des Flughafens; außerdemwurde südl. eine weitere Sonderbaufläche für WEA neu ausgewiesen, die ggf. besser für Erweiterung geeignet ist; <u>Naturschutz</u> : Standort liegt angrenzend an LSG, aber VorbelastungdurchAutobahn; <u>Luftfahrt</u> : Standort liegt im Randbereich des Anflugsektors 27 (Ost), Der Standort liegt außerdem innerhalb des 10km Radius des Schutzbereichs ASR Anlage.
11	Optionsfläche Industriepark	ja	ja (vgl. Planung Nr. 21 u. 21 a)	<u>baurechtlich</u> : der Standort liegt im Gewerbegebiet; es besteht bereits die Option zwei weitere WEA auf der nördlich angrenzenden Sonderbaufläche zu bauen (vgl. Planung Nr. 2); Westlich verlaufen 2 Freileitungen, die beim Repowering zu berücksichtigen sind. <u>Naturschutz</u> : ggf. Konflikt mit angrenzenden Schutzgebieten bei höheren WEA, aber Bestands WEA sind bereits 118m hoch, außerdem besteht Vorbelastung durch Stahlwerkebetrieb und die westlich verlaufende Freileitung;

				<p>Bei höheren WEA könnte Konflikt hinsichtlich Beeinträchtigung des Landschaftsbildes für Knoop's Park und Wohngebäuden an der Lesementstehen.</p> <p><u>Luftfahrt:</u> Der Standort liegt außerhalb des Schutzbereichs der ASR-Anlage. Laut Luftfahrtbehörde können für diesen Standort auch außerhalb des Radarschutzbereichs Anforderungen der Flugsicherung nicht ausgeschlossen werden.</p>
12	Rekum I	ja	ja	<p><u>baurechtlich:</u> Erweiterung in westliche Richtung ist naturschutzfachlich denkbar, kann aber zu Konflikt mit Wohnbebauung in ca. 650m Entfernung führen; Östlich verlaufen zwei Freileitungen;</p>
13	Rekum II	ja	ja	<p><u>baurechtlich:</u> Erweiterung in westliche Richtung ist naturschutzfachlich denkbar, kann aber zu Konflikt mit Wohnbebauung in ca. 650m Entfernung führen; Östlich verlaufen zwei Freileitungen;</p>
14	Strom I	ja (vgl. Nr. 16)	nein	<p><u>baurechtlich:</u> Planung Nr. 6-1 wurde 2009 umgesetzt; Parallel zur geplanten Autobahn A281 verläuft eine Freileitung, die beim Repowering zu beachten ist.</p> <p><u>Naturschutz:</u> das Sondergebiet liegt in FFH- und VSG Niedervieland-Stromer Feldmark; In der SchutzgebietsVO wird das Sondergebiet für WEA berücksichtigt. Unter § 6 „Zulässige Handlungen“ der SchutzgebietsVO steht, dass die ordnungsgemäße Unterhaltung und Erneuerung der zum Zeitpunkt des Inkrafttretens vorhandenen WEA und deren Außenanlagen auf den mit der 1. FNP-Änderung vom 2. Okt. 2001 im FNP entsprechend dargestellten Fläche sowie die Errichtung weiterer WEA im Rahmen der baurechtlichen Zulassung zulässig ist ;</p> <p>Es besteht eine Vorbelastung durch geplante A281 und die nördlich verlaufende Freileitung;</p> <p><u>Luftfahrt:</u> Der Standort liegt innerhalb des 10km Radius des Schutzbereichs ASR Anlage des Flughafens (Hindernisüberwachungsbereich)</p>
15	Stahlwerke	ja	ja	<p><u>baurechtlich:</u> Erweiterung in nördlicher Richtung im Bereich des Stahlwerkegeländes möglich; Der bestehende Vorrangstandort bietet noch Platz für mindestens eine weitere WEA; Dies ist abhängig von der Eigenplanung der Stahlwerke; Vorhandene Gleisanlagen sind zu beachten; Hinsichtlich Lärm sind im Gewerbegebiet Wohnungen am Hafen zu beachten, außerdem Wohnhäuser bei der Moorlosenkirche; Die Sonderbaufläche wird von 3 Freileitungen in West-Ost-Richtung gequert (max. ca. 56m hoch), südwestlich verlaufen zwei die Weser querenden Freileitungen;</p>
16	Strom II	ja (vgl. Nr. 14)	nein	<p><u>baurechtlich:</u> Planung Nr. 6-1 wurde 2009 umgesetzt; Parallel zur Autobahn verläuft eine Freileitung, die beim Repowering zu beachten ist.</p> <p><u>Naturschutz:</u> Sondergebiet liegt in Schutzgebiete; Es besteht aber Vorbelastung durch geplante A281 und die nördlich verlaufende Freileitung;</p> <p><u>Luftfahrt:</u> Der Standort liegt innerhalb des 10km Radius des Schutzbereichs der ASR Anlage des Flughafens (Hindernisüberwachungsbereich)</p>

17	Stahlwerke-Erg.	nein (Errichtungsjahr derzeitiger Anlagen: 2007)	nein	Errichtungsjahr derzeitiger Anlagen: 2007 ; kein Repowering aufgrund des Anlagenalters bis zum Jahr 2020
18	Strom III	nein (Errichtungsjahr derzeitiger Anlage: 2009)	nein	<u>baurechtlich</u> : Planung Nr. 6 wurde 2009 umgesetzt; Parallel zur Autobahn verläuft eine Freileitung, die beim Repowering zu beachten ist. <u>Naturschutz</u> : Sondergebiet liegt in Schutzgebieten (LSG; VSG, FFH), es besteht eine Vorbelastung durch geplante A281 und die nördlich verlaufende Freileitung; <u>Luftfahrt</u> : Standort liegt am Rand des 6km Kreis (Bauschutzzone) um den Flughafen; Der Standort liegt außerdem innerhalb des 10km Radius des Schutzbereichs ASR Anlage des Flughafens (Hindernisüberwachungsbereich)
19	Seehausen_neu (P6-2)	nein (Neuerrichtung in Planung, vgl. Nr. 4)	nein	<u>baurechtlich</u> : 1 WEA als Ersatz für 4 bestehende WEA geplant (vgl. Nr. 4) <u>Luftfahrt</u> : Der Standort liegt innerhalb des 10km Radius des Schutzbereichs ASR Anlage des Flughafens (Hindernisüberwachungsbereich)
20	Blocklanddeponie (Planung-P1)	nein (Neuerrichtung in Planung)	nein	<u>Luftfahrt</u> : Der Standort liegt innerhalb des 10km Radius des Schutzbereichs ASR Anlage des Flughafens (Hindernisüberwachungsbereich)
21	Optionsfläche IP_Erg (P2)	nein (Neuerrichtung in Planung)	nein (vgl. Nr. 11)	<u>Naturschutz</u> : Bei höheren WEA könnte Konflikt hinsichtlich Beeinträchtigung des Landschaftsbildes für Knoops Park und Wohngebäuden an der Lesum entstehen.
21 a	Forschungsanlage IP (Uni Bremen/WG)	nein (Neuerrichtung in Planung)	nein (vgl. Nr. 11)	
22	Industriehäfen (Planung-P3)	nein (Neuerrichtung in Planung)	ja	<u>baurechtlich</u> : der Vorrangstandort bietet für weitere WEA Platz, als die bisher vorgesehenen 3 WEA; räumlich eingeschränkt wird die Sonderbaufläche durch den geplanten Wesertunnel und die A 281; hinsichtlich Lärmbelastung ist die südlich der Weser gelegene gemischte Baufläche (Wohnbebauung) zu beachten
23	Seehausen (P4)	nein (Neuerrichtung in Planung)	nein	<u>Luftfahrt</u> : Der Standort liegt innerhalb des 10km Radius des Schutzbereichs ASR Anlage des Flughafens (Hindernisüberwachungsbereich)
24	Mahndorf II (P5)	nein (Neuerrichtung in Planung)	ja	<u>baurechtlich</u> : Erweiterung des Bestandes in westliche Richtung in Kombination mit geplantem Gewerbegebiet denkbar; <u>Naturschutz</u> : Standort liegt im LSG <u>Luftfahrt</u> : Der Standort liegt innerhalb des 10km Radius des Schutzbereichs ASR Anlage des Flughafens (Hindernisüberwachungsbereich)

25	Bremer Kreuz (P6-3)	Nein (Neuerichtung in Planung)	nein	<u>Luftfahrt:</u> Standort liegt im Anflugsektor 27 (Ost)
26	Sonderbaufläche A27/Ritterhuder Heerstr.	Nein (Neuerichtung denkbar, z.Zt. nicht in Planung)	nein	WEA wurden bisher nicht umgesetzt, aufgrund nicht verfügbarer Grundstücke; Nördlich des Standortes verlaufen Freileitungen entlang des Maschinenfleets.

Tabelle 4: Darstellung der Eignung der Standorte hinsichtlich eines Repowering aus naturschutzrechtlicher, baurechtlicher und luftfahrtrechtlicher Sicht im Raum Bremen

Nr.	Standort	Repowering bis zum Jahr 2020	Erweiterung des Bestandes	Anmerkungen
1	Fischereihafen	nein	nein	<u>Naturschutz:</u> Westlich an Standort angrenzend ist lt. FNP die Ausweisung der Weser als FFH-Gebiet (Schutzgegenstand Fische), in Ergänzung zu den bereits beschlossenen FFH-Gebieten,geplant. <u>Luftfahrt:</u> Die Anlagen stehen in dem beschränkten Bau-schutzbereich nach §17 LuftVG und innerhalb des 1,5km Kreis um FBP.
2	Geestemünde	ja	nein	<u>baurechtlich:</u> Östlich angrenzend verläuft die Autobahn, die im Rahmen eines Repowerings bezüglich der Abstände zu beachten ist. In ca. 500m Entfernung befindet sich Wohnbauung. <u>Naturschutz:</u> Keine Schutzgebiete betroffen. Der Standort ist durch die östlich angrenzend verlaufende Autobahn vorbelastet. <u>Luftfahrt:</u> Der Standort befindet sich innerhalb des Hindernisüberwachungsbereichs nach § 18 LuftVG.
3	Speckenbüttel I	ja	nein	<u>Baurechtlich:</u> Standort liegt innerhalb des Gewerbegebietes. <u>Naturschutz:</u> Keine Schutzgebiete betroffen.
4	Weddewarden	nein (Errichtungsjahr derzeitiger Anlagen: 2006)	nein	<u>Baurechtlich:</u> Standort liegt innerhalb eines Sondergebietes für WEA. In ca. 500m Entfernung sind Wohnbauflächen, die bezüglich Lärm im Rahmen eines Repowerings zu beachten sind. <u>Naturschutz:</u> Keine Schutzgebiete betroffen.
5	Speckenbüttel II	nein (Errichtungsjahr derzeitiger Anlagen: 2006)	nein	<u>Baurechtlich:</u> Standort liegt innerhalb des Gewerbegebietes. <u>Naturschutz:</u> Keine Schutzgebiete betroffen.
6	Überseering	nein (Errichtungsjahr derzeitiger Anlagen: 2006)	nein	<u>Baurechtlich:</u> Standort liegt innerhalb des Gewerbegebietes. <u>Naturschutz:</u> Keine Schutzgebiete betroffen.

7	Bohmsiel	nein (Errichtungsjahr derzeitiger Anlagen: 2007)	nein	<u>Baurechtlich:</u> Standort liegt innerhalb des Gewerbegebietes. <u>Naturschutz:</u> Keine Schutzgebiete betroffen. <u>Luftfahrt:</u> Der Standort befindet sich innerhalb des Hindernisüberwachungsbereichs nach § 18 LuftVG.
8	Grauwalling	ja (Repowering wahrscheinlich, da es sich um einen Teststandort handelt)	nein	<u>Baurechtlich:</u> Standort liegt innerhalb des Gewerbegebietes. Es handelt sich um einen Teststandort. In ca. 750m Entfernung befindet sich ein Wohngebiet. <u>Naturschutz:</u> Keine Schutzgebiete betroffen.
9	Grauwalling	nein (Errichtungsjahr derzeitiger Anlagen: 2007)	nein	<u>Baurechtlich:</u> Standort liegt innerhalb des Gewerbegebietes. Es handelt sich um einen Teststandort. In ca. 750m Entfernung befindet sich ein Wohngebiet. <u>Naturschutz:</u> Keine Schutzgebiete betroffen.
10	A27/BHV Mitte	nein (Errichtungsjahr derzeitiger Anlagen: 2008)	nein	<u>Baurechtlich:</u> Standort liegt innerhalb von Flächen für die Landwirtschaft. Die zwei WEA Standorte werden von 2 Freileitungen in West-Ost-Richtung gequert. <u>Naturschutz:</u> Keine Schutzgebiete betroffen. Nordwestlich des Standortes Nr. 1-2 befindet sich ein gesetzlich geschützter Landschaftsbestandteil.
11	Speckenbüttel III	nein (Errichtungsjahr derzeitiger Anlagen: 2009)	nein	<u>Baurechtlich:</u> Standort liegt innerhalb des Gewerbegebietes. In ca. 550m Entfernung befindet sich Wohnbebauung. <u>Naturschutz:</u> Keine Schutzgebiete betroffen.
12	A27/Bürgerwindpark	nein (Neuerrichtung in Planung)	nein	<u>Baurechtlich:</u> Standort liegt innerhalb von Flächen für die Landwirtschaft. Westlich des Windparks verläuft eine Freileitung. <u>Naturschutz:</u> Keine Schutzgebiete betroffen. Innerhalb des Windparks und angrenzend befinden sich gesetzlich geschützte Landschaftsbestandteile.
13	Weddewarden II	nein (Neuerrichtung in Planung)	nein	<u>Baurechtlich:</u> Standort liegt innerhalb von Flächen für die Landwirtschaft. In ca. 550m Entfernung befinden sich Wohngebiete. <u>Naturschutz:</u> Keine Schutzgebiete betroffen.

Tabelle 5: Darstellung der Eignung der Standorte hinsichtlich eines Repowering aus naturschutzrechtlicher, baurechtlicher und luftfahrtrechtlicher Sicht im Raum Bremerhaven

4.2 Ergebnisse der immissionsschutzrechtlichen Beurteilung

Auf Grundlage der naturschutz-, bau- und luftfahrtrechtlichen Ergebnisse wurden für die Flächen, die für ein Repowering geeignet sind, jeweils an die Standortbedingungen angepasste Anlagenkonfigurationen entworfen. Hierbei wurden für Abstände zu Autobahnen und Freileitungen die Kipphöhen (Nabenhöhe plus Rotorradius) der jeweiligen WEA angesetzt. Lediglich in einem Fall wurde davon abgewichen; am Standort Nr. 6 (Blockland/A27) ist der Abstand der WEA zur Autobahn mit 146 bzw. 140 m knapp geringer als Kipphöhe (150m). Grundsätzlich sollte die Frage des einzuhaltenden Abstandes von WEA zu Autobahnen

geklärt werden, da es diesbezüglich unterschiedliche Empfehlungen der einzelnen Bundesländer gibt, dies kann im Rahmen dieser Studie allerdings nicht erfolgen.

Soweit bereits konkrete Planungen vorlagen, wurde diese übernommen. Die Informationen hierzu wurden vom Auftraggeber bereitgestellt

Die Anlagenkonfigurationen wurden von der Firma ted GmbH hinsichtlich des Immissions-schutzes beurteilt.

Bezüglich der detaillierten Ergebnisse wird auf den Bericht der Firma ted GmbH verwiesen, der als Anlage 3 diesem Bericht beigefügt ist.

4.3 Ergebnisse der potentiellen Flächenverfügbarkeit

Abgeleitet aus den Ergebnissen der naturschutzfachlichen, bau-, luftfahrt- und immissions-schutzrechtlichen Beurteilung und weiterer Restriktionen, wie z.B. Nichtverfügbarkeit von Grundstücken, Höhenbeschränkungen für WEA, Betriebsleiterwohnungen, technische Ein-schränkungen etc., ergeben sich die potenziellen Anlagenbestände für das Jahr 2020 im Raum Bremen und Bremerhaven. Die detaillierten Ergebnisse sind nachfolgenden Tabellen 6 bis 9 zu entnehmen.

Es wurden jeweils 2 Szenarien entworfen. Im ersten, optimistischen Szenario wurde davon ausgegangen, dass mögliche Restriktionen, die die optimale Ausnutzung der Flächen ein-schränken, beseitigt werden.

Das zweite Szenario stellt die Situation bei Nichtbeseitigung der Restriktionen dar. Daraus ergibt sich eine geringere Anzahl von WEA und auch eine geringere installierte Gesamt-leistung, weil einige Flächen nur mit Anlagen von geringerer Nennleistung und niedrigerer Nabenhöhe bebaut werden könnten bzw. einige Flächen wegfallen würden.

Die Unterschiede zwischen den beiden Szenarien sind jeweils in den Tabellen 10 und 11 in einer Übersicht und im nachfolgenden Text dargestellt.

Nr.	Standort	WEA-Typ	Anzahl WEA	Leis-tung/ WEA [MW]	Leis-tung-gesamt [MW]	Na-ben-höhe [m]	Rotor-durch-messer [m]	Anmerkungen
6	Blockland/A27	Enercon E70-E4	2	2	4	114	71	Aus schalltechnischen Gründen ist ein Repowering nur möglich mit WEA vom Typ z.B. Enercon E70-E4. Aufgrund des einzuhaltenen Sicherheitsabstandes zur Autobahn, würden die WEA in das FFH-Gebiet und VSG hineinrücken. Für die dortigen Brutvögel liegt bereits eine Vorbelastung durch die Autobahn

								<p>vor, eine Verschiebung der Sonderbaufläche um 100m in das FFH-Gebiet lässt keine Beeinträchtigungen für die Brutvögel erwarten.</p> <p>Empfehlung: Verschiebung der bisherigen Sonderbaufläche für Windenergie in Richtung Norden um ca. 100m in das FFH-Gebiet und VSG. Kipphöhe (150m) der WEA zur Autobahn kann nicht einhalten werden. Notwendiger Abstand zu Autobahnen sollte geklärt werden.</p>
8	Halmer Weg	6MW-WEA	2	6	12	130	126	<p>Repowering mit 6MW-WEA möglich, wenn bauleitplanerisch Betriebsleiterwohnungen ausgeschlossen werden oder eine Ausweisung als Industriegebiet im FNP erfolgt, sonst aus schalltechnischer Sicht keine Errichtung von WEA möglich</p>
9	Wasserhorst	Enercon E 48	1	0,8	0,8	50	48	<p>Standort liegt im Außenbereich nach § 35 BauGB, wird z.Zt. vom Deichverband für Schöpfwerkbetrieb genutzt. Es müsste eine Einzelfallprüfung erfolgen, ob ein öffentlicher Belang vorliegt der ein Repowering im Außenbereich gem. § 35 BauGB rechtfertigt. Standort liegt im LSG und VSG, Repowering nur möglich bei Einhalten der Anlagen dimensionen der bisherigen WEA (z.B. Enercon E48), sonst Konflikte mit Vogelzug</p>
10	Mahndorf/A1	3MW-WEA	4	3	12	130	90	<p>keine Höhenbegrenzung lt. FNP; aufgrund südlich angrenzender WEA-Sonderbaufläche ist schalltechnisch ein Repowering nur mit max. 3 MW-Anlagen möglich (vgl. Nr. 24 Mahndorf II)</p>
11	Optionsfläche Industriepark	6MW-WEA	3	6	18	130	126	<p>keine Höhenbegrenzung lt. FNP, Repowering mit 3 WEA vom Typ 6MW möglich</p>
12	Rekum	Enercon	1	1,8	1,8	65	71	<p>Aus schalltechnischen Gründen ist hier nur ein</p>

		E66						Repowering mit Anlagen des derzeit installierten oder ähnlichen Typs möglich. Bei größeren WEA z.B. 3 MW müssten nächtliche Leistungsbeschränkungen von ca. 30% vorgenommen werden, dadurch wäre ein wirtschaftlicher Betrieb nicht mehr möglich
13	Rekum	Enercon E66	1	1,8	1,8	65	71	Aus schalltechnischen Gründen ist hier nur ein Repowering mit Anlagen des derzeit installierten oder ähnlichen Typs möglich. Bei größeren WEA z.B. 3 MW müssten nächtliche Leistungsbeschränkungen von ca. 50% vorgenommen werden, dadurch wäre ein wirtschaftlicher Betrieb nicht mehr möglich
15	Stahlwerke	Enercon E82	5	2,3	11,5	138	82	Höhenbeschränkung lt. FNP auf 100 m Nabe, aus schalltechnischen Gründen wäre bei der Errichtung von 3 bzw. 6MW WEA eine nächtliche Leistungsbeschränkung nötig, so dass ein wirtschaftlicher Betrieb nicht mehr möglich wäre, daher nur Repowering mit WEA der Größenordnung z.B. Enercon E82 empfohlen; mögliche Konflikte, die aufgrund eigener Planungen der Stahlwerke entstehen könnten, müssten zivilrechtlich geklärt werden, eine Berücksichtigung im Rahmen dieser Untersuchung kann nicht erfolgen Empfehlung: Höhenbeschränkung aufheben
16	Strom II	3MW-WEA	1	3	3	110	90	keine Höhenbeschränkung lt. FNP, hier: 110m NH aufgrund des einzuhaltenden Abstandes (Kipphöhe) zu Freileitungen. Strom I u. Strom II wurden ersetzt durch eine 3MW WEA (vgl. auch Nr. 18 Strom III); schalltechnisch ist eine nächtliche Leistungsbeschränkung auf 50% nötig
17	Stahlwerke_Erg.	Enercon E82	2	2	4	100	82	kein Repowering, da Altanlagenbestand von 2007, Höhenbeschränkung lt. FNP auf max. 150 m Gesamthöhe

18	Strom III	Enercon E53	1	0,8	0,8	73	53	kein Repowering, da Altanlagenbestand von 2009; keine Höhenbeschränkung lt. FNP
19	Seehausen_neu	Enercon E82	1	2,0	2,0	98	82	Repowering der 4 bestehenden WEA (vgl. Tabelle 4, Nr. 4) geplant, Ersatz durch 1 WEA vom Typ Enercon E82; keine Höhenbeschränkung lt. FNP
20	Blocklanddeponie	Repower MM82/9 2	4	2,05	8,2	100	82/92	Repowering bereits in Planung, aus schalltechnischen Gründen ist eine schalloptimierte Betriebsweise nötig, keine Höhenbeschränkung lt. FNP
21	Optionsfläche Industriepark_Erg	Enercon E82	2	2	4	108	82	Flächenerweiterung des Standortes Nr. 11, Repowering geplant; Höhenbeschränkung lt. FNP auf max. 150m Gesamthöhe
21a	Industriepark (Forschungsanlage Uni Bremen /Windguard)	6MW-WEA	1	6	6	130	126	Flächenerweiterung des Standortes Nr. 11, Grundstückssicherung ist noch nicht erfolgt, schallimmissionsrechtlich könnten Probleme auftreten, da im FNP momentan flächenbezogene Schallpegel festgelegt sind. Sollten diese Restriktionen nicht beseitigt werden, könnte die WEA nicht errichtet werden
22	Industriehäfen	Enercon E82	3	2	6	108	82	Errichtung bereits geplant, Höhenbeschränkung lt. FNP auf max. 150m Gesamthöhe (Erweiterung der Fläche siehe Nr. 22a)
22a	Industriehäfen_Ergänzung	6MW-WEA	2	6	12	130	126	Erweiterung der Fläche Nr. 22 mit 6MW-WEA, Höhenbeschränkung lt. FNP auf max. 150m Gesamthöhe, Empfehlung: Höhenbeschränkung aufheben, sonst nur Errichtung von 3MW-Anlagen möglich
23	Seehausen	z.B. Enercon E82	3	2	6	108	82	Errichtung neuer WEA bereits geplant, Höhenbeschränkung lt. FNP auf max. 150m Gesamthöhe
24	Mahndorf II	Enercon E82	5	2	10	108	82	Errichtung bereits geplant, Höhenbeschränkung lt. FNP auf max. 150m Gesamthöhe
24a	Mahndorf II (Erw.)	z. B. Enercon E82	4	2,3	9,2	108	82	Mögliche westliche Erweiterung der WEA Sonderbaufläche Mahndorf II, (vgl. Nr. 24) Abstand zum Vogelschutzgebiet von 500 m wurde berücksichtigt; Schallimmissionsrechtlich unbedenk-

								lich; luftfahrtrechtlich könnten Probleme auftreten, Einzelfallprüfung erforderlich Empfehlung: Ausweisung als Sonderbaufläche für WEA im FNP
25	Bremer Kreuz	z.B. Enercon E82	1	2,3	2,3	138	82	Errichtung neuer WEA bereits geplant, Höhenbeschränkung lt. FNP auf max. 180m Gesamthöhe
26	Sonderbaufläche A27/Ritterhuder Heerstr.	z.B. Enercon E70-E4	2	2	4	114	71	Höhenbeschränkung lt. FNP auf max. 150m Gesamthöhe, potentielle Planungen wurden bisher nicht umgesetzt aufgrund Nichtverfügbarkeit der Grundstücke, bei unveränderter Situation bis zum Jahr 2020 keine Errichtung von WEA möglich; aus schalltechnischen Gründen könnten nur WEA z.B. vom Typ Enercon E70-E4 errichtet werden, hiervon müsste 1 WEA nachts in geräuschoptimierter Betriebsweise laufen (1000 kW)
	Anzahl Gesamt-WEA:		51					
	Gesamt Gesamtleistung (MW):				139,2			

Tabelle 6: Potenzieller Anlagenbestand 2020 im Raum Bremen (Szenario 1)

Nr.	Standort	WEA-Typ	Anzahl WEA	Leistung/WEA [MW]	Leistung gesamt [MW]	Nabenhöhe [m]	Rotordurchmesser [m]	Anmerkungen
10	Mahndorf/A1	3MW-WEA	4	3	12	130	90	keine Höhenbegrenzung lt. FNP; aufgrund südlich angrenzender WEA Sonderbaufläche ist schalltechnisch ein Repowering nur mit max. 3 MW-Anlagen möglich (vgl. Nr. 24 Mahndorf II)
11	Optionsfläche Industriepark	6MW-WEA	3	6	18	130	126	keine Höhenbegrenzung lt. FNP, Repowering mit 3 WEA vom Typ 6MW möglich
12	Rekum	Enercon E66	1	1,8	1,8	65	71	Aus schalltechnischen Gründen ist hier nur ein Repowering mit Anlagen des derzeit installierten oder ähnlichen Typs möglich.

								Bei größeren WEA z.B. 3 MW müssten nächtliche Leistungsbeschränkungen von ca. 30% vorgenommen werden, dadurch wäre ein wirtschaftlicher Betrieb nicht mehr möglich
13	Rekum	Enercon E66	1	1,8	1,8	65	71	Aus schalltechnischen Gründen ist hier nur ein Repowering mit Anlagen des derzeitigen installierten oder ähnlichen Typs möglich. Bei größeren WEA z.B. 3 MW müssten nächtliche Leistungsbeschränkungen von ca. 50% vorgenommen werden, dadurch wäre ein wirtschaftlicher Betrieb nicht mehr möglich
15	Stahlwerke	Enercon E 82	5	2,3	11,5	100	82	Höhenbeschränkung lt. FNP auf 100 m Nabe, aus schalltechnischen Gründen wäre bei der Errichtung von 3 bzw. 6MW WEA eine nächtliche Leistungsbeschränkung nötig, so dass ein wirtschaftlicher Betrieb nicht mehr möglich wäre, daher nur Repowering mit WEA der Größenordnung z.B. Enercon E82 empfohlen; mögliche Konflikte, die aufgrund eigener Planungen der Stahlwerke entstehen könnten, müssten zivilrechtlich geklärt werden, eine Berücksichtigung im Rahmen dieser Untersuchung kann nicht erfolgen
16	Strom II	3MW-WEA	1	3	3	110	90	keine Höhenbeschränkung lt. FNP, hier: 110m NH aufgrund des einzuhaltenen Abstandes (Kipphöhe) zu Freileitungen. Strom I u. Strom II wurden ersetzt durch eine 3MW WEA (vgl. auch Nr. 18 Strom III); schalltechnisch ist eine nächtliche Leistungsbeschränkung auf 50% nötig
17	Stahlwerke_Erg.	Enercon E82	2	2	4	100	82	kein Repowering, da Altanlagenbestand von 2007, Höhenbeschränkung lt. FNP auf max. 150 m Gesamthöhe
18	Strom III	Enercon E53	1	0,8	0,8	73	53	kein Repowering, da Altanlagenbestand von 2009; keine Höhenbeschränkung lt. FNP
19	Seehausen_neu	Enercon E82	1	2,0	2,0	98	82	Repowering der 4 bestehenden WEA (vgl. Tabelle 4, Nr. 4)

								geplant, Ersatz durch 1 WEA vom Typ Enercon E82; keine Höhenbeschränkung lt. FNP
20	Blocklanddeponie	Repower MM82/9 2	4	2,05	8,2	100	82/92	Repowering bereits in Planung, aus schalltechnischen Gründen ist eine schalloptimierte Betriebsweise nötig, keine Höhenbeschränkung lt. FNP
21	Optionsfläche Industriepark_Erg	Enercon E82	2	2	4	108	82	Flächenerweiterung des Standortes Nr. 11, Repowering geplant; Höhenbeschränkung lt. FNP auf max. 150m Gesamthöhe
22	Industriehäfen	Enercon E82	3	2	6	108	82	Errichtung bereits geplant, Höhenbeschränkung lt. FNP auf max. 150m Gesamthöhe (Erweiterung der Fläche siehe Nr. 22a)
22a	Industriehäfen_Ergänzung	3MW-WEA	2	3	6	105	90	Erweiterung der Fläche Nr. 22 mit 3MW-WEA, Höhenbeschränkung lt. FNP auf max. 150m Gesamthöhe,
23	Seehausen	z.B. Enercon E82	3	2	6	108	82	Errichtung neuer WEA bereits geplant, Höhenbeschränkung lt. FNP auf max. 150m Gesamthöhe
24	Mahndorf II	Enercon E82	5	2	10	108	82	Errichtung bereits geplant, Höhenbeschränkung lt. FNP auf max. 150m Gesamthöhe
25	Bremer Kreuz	z.B. Enercon E82	1	2,3	2,3	138	82	Errichtung neuer WEA bereits geplant, Höhenbeschränkung lt. FNP auf max. 180m Gesamthöhe
	Anzahl Gesamt-WEA		39					
	Gesamtleistung (MW):				97,4			

Tabelle 7: Potenzieller Anlagenbestand 2020 im Raum Bremen (Szenario 2)

Nr.	Standort	WEA-Typ	Anzahl WEA	Leistung/WEA [MW]	Leistung gesamt [MW]	Nabenhöhe [m]	Rotordurchmesser [m]	Anmerkungen
2	Geestemünde	z.B. Enercon E53	1	0,8	0,8	73	53	keine Höhenbeschränkung lt. FNP; schallimmissionsrechtlich ist ein Repowering nur möglich mit einer WEA im Bereich 800 kW (z.B. Enercon E53)
3	Speckenbüttel I	8MW-WEA	1	8	8	140	160	keine Höhenbeschränkung lt. FNP, Repowering mit WEA z.B. 8 MW möglich
4	Weddewarden	Siemens SWT 2.3	3	2,3	6,9	103	93	kein Repowering, da Altanlagenbestand von 2006 (Sondergebiet WEA); Höhenbeschränkung lt. FNP auf max. 150 m Gesamthöhe
5	Speckenbüttel II	Multibrid M5000	1	5	5	102	116	kein Repowering, da Altanlagenbestand von 2006; keine Höhenbeschränkung lt. FNP
6	Überseering	Enercon E82	1	2	2	108	82	kein Repowering, da Altanlagenbestand von 2006; keine Höhenbeschränkung lt. FNP
7	Bohmsiel	Powerwind PW55 (Conergy 900)	1	0,9	0,9	44	55	kein Repowering, da Altanlagenbestand von 2007; keine Höhenbeschränkung lt. FNP
8	Grauwallring	Powerwind PW90	1	2,5	2,5	100	90	Keine Höhenbeschränkung lt. FNP; es ist zu erwarten, dass die bestehende Altanlage ersetzt wird, da es sich hier um einen Teststandort des Herstellers Power-Wind handelt
9	Grauwallring	Enercon E82	1	3	3	108	82	kein Repowering, da Altanlagenbestand von 2007; keine Höhenbeschränkung lt. FNP
10	A27/Bhv-Mitte	Multibrid M5000	2	5	10	130	116	kein Repowering, da Altanlagenbestand von 2008; keine Höhenbeschränkung

								lt. FNP
11	Speckenbüttel III	Repower 5M	1	5	5	120	126	kein Repowering, da Altanlagenbestand von 2008; keine Höhenbeschränkung lt. FNP
12	Bürgerwindpark/A27	5MW-WEA	7	5	35	120	126	keine Höhenbeschränkung lt. FNP; WEA in Planung, Planung z.Zt. noch nicht abgeschlossen, nach Abschluss der Planung müsste eine schallimmissionsrechtliche Überprüfung erfolgen
13	Weddewarden II	3MW-WEA	1	3	3	100	90	keine Höhenbeschränkung lt. FNP; Neuerrichtung WEA in Planung
	Anzahl Gesamt-WEA:		21					
	Gesamtleistung (MW):			82,1				

Tabelle 8: Potenzieller Anlagenbestand 2020 im Raum Bremerhaven (Szenario 1)

Nr.	Standort	WEA-Typ	Anzahl WEA	Leistung/WEA [MW]	Leistung gesamt [MW]	Nabenhöhe [m]	Rotordurchmesser [m]	Anmerkungen
2	Geestemünde	z.B. Enercon E53	1	0,8	0,8	73	53	keine Höhenbeschränkung lt. FNP; schallimmissionsrechtlich ist ein Repowering nur möglich mit einer WEA im Bereich 800 kW (z.B. Enercon E53)
3	Speckenbüttel I	8MW-WEA	1	8	8	140	160	keine Höhenbeschränkung lt. FNP, Repowering mit WEA z.B. 8 MW möglich
4	Weddewarden	Siemens SWT 2.3	3	2,3	6,9	103	93	kein Repowering, da Altanlagenbestand von 2006 (Sondergebiet WEA); Höhenbeschränkung lt. FNP auf max. 150 m Gesamthöhe
5	Speckenbüttel II	Multibrid M5000	1	5	5	102	116	kein Repowering, da Altanlagenbestand von 2006; keine

								Höhenbeschränkung lt. FNP
6	Überseering	Enercon E82	1	2	2	108	82	kein Repowering, da Altanlagenbestand von 2006; keine Höhenbeschränkung lt. FNP
7	Bohmsiel	Powerwind PW55 (Conergy 900)	1	0,9	0,9	44	55	kein Repowering, da Altanlagenbestand von 2007; keine Höhenbeschränkung lt. FNP
8	Grauwallingring	Powerwind PW90	1	2,5	2,5	100	90	Keine Höhenbeschränkung lt. FNP; es ist zu erwarten, dass die bestehende Altanlage ersetzt wird, da es sich hier um einen Teststandort des Herstellers Power-Wind handelt
9	Grauwallingring	Enercon E82	1	3	3	108	82	kein Repowering, da Altanlagenbestand von 2007; keine Höhenbeschränkung lt. FNP
10	A27/Bhv-Mitte	Multibrid M5000	2	5	10	130	116	kein Repowering, da Altanlagenbestand von 2008; keine Höhenbeschränkung lt. FNP
11	Speckenbüttel III	Repower 5M	1	5	5	120	126	kein Repowering, da Altanlagenbestand von 2008; keine Höhenbeschränkung lt. FNP
12	Bürgerwindpark/A27	5MW-WEA	4	5	20	120	126	keine Höhenbeschränkung lt. FNP; WEA in Planung, Planung z.Zt. noch nicht abgeschlossen, nach Abschluss der Planung müsste eine schallimmissionsrechtliche Überprüfung erfolgen
13	Weddewarden II	3MW-WEA	1	3	3	100	90	keine Höhenbeschränkung lt. FNP; Neuerrichtung WEA in Planung
	Anzahl Gesamt-WEA:		18					
	Gesamtleistung (MW):			67,1				

Tabelle 9: Potenzieller Anlagenbestand 2020 im Raum Bremerhaven (Szenario 2)

Nr.	Standort	Szenario 1	Szenario 2
6	Blockland	Es wird empfohlen eine Verschiebung der bisherigen Sonderbaufläche ca. 100 m in das FFH-Gebiet vorzunehmen	Standort entfällt
8	Halmer Weg	Aus schalltechnischen Gründen ist es nötig, Betriebsleiterwohnungen im angrenzenden Gewerbegebiet auszuschließen oder eine Ausweisung als Industriegebiet im FNP vorzunehmen	Standort entfällt
9	Wasserhorst	Standort liegt im Außenbereich nach § 35 BauGB, Einzelfallprüfung erforderlich, ob öffentlicher Belang vorliegt	Standort entfällt
15	Stahlwerke	Höhenbeschränkung lt. FNP auf 100 m Nabe. Bei Aufhebung der Höhenbeschränkung ist eine Errichtung von 5 WEA der 2MW-Klasse mit 138 m Nabenhöhe möglich	Bei Nichtaufhebung der Höhenbeschränkung Errichtung von 5 WEA der 2MW-Klasse mit 100 m Nabenhöhe
21 a	Forschungsanlage Uni Bremen/WG	Grundstückssicherung ist noch nicht erfolgt, weiterhin bestehen im FNP flächenbezogene Schallpegel	Standort entfällt
22 a	Industriehäfen-Erg.	Höhenbeschränkung lt. FNP auf 150 m Gesamthöhe, bei Aufhebung der Höhenbeschränkung Errichtung von zwei 6MW-WEA mit 130 m NH möglich	Bei Nichtaufhebung der Höhenbeschränkung Errichtung von zwei 3MW-WEA mit 105 m Nabenhöhe

24 a	Mahndorf II (Erw.)	Es wird empfohlen, den Standort als westliche Erweiterung zu Mahndorf II im FNP als Sonderbaufläche auszuweisen	Standort entfällt
26	Sonderbaufläche A27/Ritterhuder Heerstr.	Standort ist im FNP als Sonderbaufläche ausgewiesen; Planungen konnten bisher aufgrund Nichtverfügbarkeit der Grundstücke nicht umgesetzt werden	Standort entfällt

Tabelle 10: Unterschiede zwischen dem Szenario 1 und dem Szenario 2 im Raum Bremen

Anmerkung: Der Standort Nr. 3 (Lehester Deich) ist weder im Szenario 1 noch im Szenario 2 vorhanden, obwohl er aus naturschutzfachlicher- bau- und luftfahrtrechtlicher Sicht unter Vorbehalt für ein Repowering geeignet ist (siehe Tabelle 4). Bei der bestehenden Anlage handelt es sich um eine WEA vom Typ AN Bonus 150 kW, mit einem Rotordurchmesser von 23 m und einer Nabenhöhe von 30 m, die seit 1993 vom Deichverband rechts der Weser betrieben wird. Der Standort liegt im Außenbereich nach § 35 BauGB, wodurch eine Einzelfallprüfung erforderlich wäre, ob ein öffentlicher Belang vorliegt. Des Weiteren befindet sich der Standort im Landschaftsschutzgebiet „Borgfeld Warf“ und grenzt in unmittelbarer Nähe an verschiedene Naturschutzgebiete und Vogelschutzgebiete an (detaillierte Erläuterungen können dem Bericht der Planungsgruppe Grün entnommen werden, der als Anlage 2 diesem Bericht beigelegt ist). Weiterhin befinden sich in weniger als 500 m Entfernung Wohnbauflächen. All dies führt dazu, dass keine größere WEA installiert werden könnte und ein Repowering nur möglich wäre, wenn die bisherigen Anlagendimensionen eingehalten werden. Da zurzeit keine adäquate Anlage dieser Größenordnung auf dem Windenergieanlagenmarkt zur Verfügung steht, wurde die WEA nicht in den potentiellen Anlagenbestand 2020 übernommen. Es ist allerdings nicht auszuschließen, dass bis zum Jahr 2020 wieder WEA dieser Größenordnung zur Verfügung stehen werden.

Nr.	Standort	Szenario 1	Szenario 2
12	Bürgerwindpark/A27	Potentielle Flächengröße siehe Abb. 13; auf der Fläche könnten ca. 35 MW Leistung installiert werden, dies entspricht 7 WEA vom Typ 5 MW	Potentielle Flächengröße siehe Abb. 14; auf der Fläche könnten ca. 20 MW Leistung installiert werden, dies entspricht 4 WEA vom Typ 5 MW

Tabelle 11: Unterschiede zwischen dem Szenario 1 und dem Szenario 2 im Raum Bremerhaven

4.4 Ergebnisse der Ertragsermittlung

Das nachfolgende Kapitel stellt die Ergebnisse der Ertragsermittlung dar. Hierbei werden zunächst die Anlagenkonfigurationen in den Tabellen 12 bis 15 aufgeführt. Diese enthalten Angaben über die Koordinaten, Anlagentyp, Nennleistung, Nabenhöhe und Rotordurchmesser der ausgewählten WEA.

4.4.1 Anlagenkonfigurationen

Potenzieller Anlagenbestand 2020 Bremen (Szenario 1)							
Standort-Nr.	Standort Name	Koordinaten UTM WGS84		WEA-Typ	Nennleistung [MW]	Rotor-durchmesser [m]	Naben-höhe [m]
		Ost [m]	Nord [m]				
6	Blockland/A 27	3'488'558	5'887'285	EnerconE70-E4	2.0	71.0	114
		3'488'892	5'887'262	EnerconE70-E4	2.0	71.0	114
8	Halmer Weg	3'480'147	5'885'558	6MW-WEA	6.0	126.0	130
		3'479'540	5'885'122	6MW-WEA	6.0	126.0	130
9	Wasserhorst	3'481'783	5'892'267	Enercon E48	0.8	48.0	50
10	Mahndorf/A 1	3'495'125	5'877'381	3MW-WEA	3.0	90.0	130
		3'495'495	5'877'206	3MW-WEA	3.0	90.0	130
		3'495'956	5'877'075	3MW-WEA	3.0	90.0	130
		3'496'385	5'877'047	3MW-WEA	3.0	90.0	130
11	Optionsfläche IP	3'477'967	5'890'431	6MW-WEA	6.0	126.0	130
		3'477'602	5'889'698	6MW-WEA	6.0	126.0	130
		3'478'186	5'889'920	6MW-WEA	6.0	126.0	130
12	Rekum I	3'468'397	5'898'404	Enercon E66	1.8	70.0	65
13	Rekum II	3'468'397	5'898'705	Enercon E66	1.8	70.0	65
15	Stahlwerke	3'477'788	5'888'703	Enercon E82	2.3	82.0	138
		3'478'044	5'888'520	Enercon E82	2.3	82.0	138
		3'478'335	5'888'380	Enercon E82	2.3	82.0	138
		3'478'760	5'888'212	Enercon E 82	2.3	82.0	138
		3'478'608	5'888'960	Enercon E 82	2.3	82.0	138
16	Strom II	3'480'761	5'883'575	3MW-WEA	3.0	90.0	110
17	Stahlwerke_Erg.	3'477'325	5'889'142	Enercon E82	2.0	82.0	100
		3'477'610	5'888'971	Enercon E82	2.0	82.0	100
18	Strom III	3'481'265	5'883'325	Enercon E53	0.8	53.0	73
19	Seehausen neu	3'480'996	5'887'019	Enercon E82	2.0	82.0	98
20	Blocklanddeponie	3'486'164	5'887'753	RepowerMM82	2.0	82.0	100
		3'486'439	5'887'715	RepowerMM82	2.0	82.0	100
		3'486'603	5'887'950	RepowerMM92	2.0	92.0	100
		3'486'904	5'887'648	RepowerMM92	2.0	92.0	100

21	Optionsfläche IP Erg.	3'478'176	5'890'900	Enercon E82	2.0	82.0	108	
		3'478'505	5'890'785	Enercon E82	2.0	82.0	108	
21a	Forschungsanlage UniBremen/WG	3'478'814	5'890'581	6MW-WEA	6.0	126.0	130	
22	Industriehäfen	3'480'066	5'888'409	Enercon E82	2.0	82.0	108	
		3'480'072	5'888'683	Enercon E82	2.0	82.0	108	
		3'480'528	5'888'324	Enercon E82	2.0	82.0	108	
	22a	Industriehäfen-Ergänzung	3'481'096	5'888'450	6MW-WEA	6.0	126.0	130
			3'479'785	5'887'880	6MW-WEA	6.0	126.0	130
23	Seehausen	3'480'945	5'885'428	Enercon E82	2.0	82.0	108	
		3'481'102	5'885'619	Enercon E82	2.0	82.0	108	
		3'481'270	5'885'802	Enercon E82	2.0	82.0	108	
24	Mahndorf II (Fläche E)	3'495'348	5'877'016	Enercon E82	2.0	82.0	108	
		3'495'751	5'876'904	Enercon E82	2.0	82.0	108	
		3'495'698	5'876'511	Enercon E82	2.0	82.0	108	
		3'495'221	5'876'507	Enercon E82	2.0	82.0	108	
		3'495'269	5'876'762	Enercon E82	2.0	82.0	108	
24 a	Mahndorf II (Erw.)	3'494'939	5'877'055	Enercon E82	2.3	82.0	108	
		3'494'718	5'876'716	Enercon E82	2.3	82.0	108	
		3'494'266	5'876'832	Enercon E82	2.3	82.0	108	
		3'494'426	5'877'272	Enercon E82	2.3	82.0	108	
25	Bremer Kreuz	3'498'638	5'879'489	Enercon E82	2.3	82.0	138	
26	Sonderbauf. A27/RitterhuderHeerstr.			EnerconE70-E4	2.0	71.0	114	
		3'482'839	5'890'172					
		3'483'118	5'890'004	EnerconE70-E4	2.0	71.0	114	
Gesamtanzahl WEA:				51				
Gesamtleistung (MW):					139.2			

Tabelle 12: Potenzieller Anlagenbestand 2020 im Raum Bremen (Szenario 1)

Potenzieller Anlagenbestand 2020 Bremen (Szenario 2)							
Standort-Nr.	Standort Name	Koordinaten UTM WGS84		WEA-Typ	Nennleistung [MW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]
		Ost [m]	Nord [m]				
10	Mahndorf/A 1	3'495'125	5'877'381	3MW-WEA	3.0	90.0	130
		3'495'495	5'877'206	3MW-WEA	3.0	90.0	130
		3'495'956	5'877'075	3MW-WEA	3.0	90.0	130
		3'496'385	5'877'047	3MW-WEA	3.0	90.0	130
11	Optionsfläche IP	3'477'967	5'890'431	6MW-WEA	6.0	126.0	130
		3'477'602	5'889'698	6MW-WEA	6.0	126.0	130
		3'478'186	5'889'920	6MW-WEA	6.0	126.0	130
12	Rekum I	3'468'397	5'898'404	EnerconE66	1.8	70.0	65
13	Rekum II	3'468'397	5'898'705	EnerconE66	1.8	70.0	65
15	Stahlwerke	3'477'788	5'888'703	Enercon E82	2.3	82.0	100
		3'478'044	5'888'520	Enercon E82	2.3	82.0	100
		3'478'335	5'888'380	Enercon E82	2.3	82.0	100
		3'478'760	5'888'212	Enercon E 82	2.3	82.0	100
		3'478'608	5'888'960	Enercon E 82	2.3	82.0	100
16	Strom II	3'480'761	5'883'575	3MW-WEA	3.0	90.0	110
17	Stahlwerke_Erg.	3'477'325	5'889'142	Enercon E82	2.0	82.0	100
		3'477'610	5'888'971	Enercon E82	2.0	82.0	100
18	Strom III	3'481'265	5'883'325	Enercon E53	0.8	53.0	73
19	Seehausen neu	3'480'996	5'887'019	Enercon E82	2.0	82.0	98
20	Blocklanddeponie	3'486'164	5'887'753	RepowerMM82	2.00	82.0	100
		3'486'439	5'887'715	RepowerMM82	2.00	82.0	100
		3'486'603	5'887'950	RepowerMM92	2.00	92.0	100
		3'486'904	5'887'648	RepowerMM92	2.00	92.0	100
21	Optionsfläche IP Erg.	3'478'176	5'890'900	Enercon E82	2.0	82.0	108
		3'478'505	5'890'785	Enercon E82	2.0	82.0	108
22	Industriehäfen	3'480'066	5'888'409	Enercon E82	2.0	82.0	108
		3'480'072	5'888'683	Enercon E82	2.0	82.0	108
		3'480'528	5'888'324	Enercon E82	2.0	82.0	108
22a	Industriehäfen-Ergänzung	3'481'096	5'888'450	3MW-WEA	3.0	90.0	105
		3'479'785	5'887'880	3MW-WEA	3.0	90.0	105
23	Seehausen	3'480'945	5'885'428	Enercon E82	2.0	82.0	108
		3'481'102	5'885'619	Enercon E82	2.0	82.0	108
		3'481'270	5'885'802	Enercon E82	2.0	82.0	108

24	Mahndorf II (Fläche E)	3'495'348	5'877'016	Enercon E82	2.0	82.0	108
		3'495'751	5'876'904	Enercon E82	2.0	82.0	108
		3'495'698	5'876'511	Enercon E82	2.0	82.0	108
		3'495'221	5'876'507	Enercon E82	2.0	82.0	108
		3'495'269	5'876'762	Enercon E82	2.0	82.0	108
25	Bremer Kreuz	3'498'638	5'879'489	Enercon E82	2.3	82.0	138
Gesamtanzahl WEA:				39			
Gesamtleistung (MW)					97.2		

Tabelle 13: Potenzieller Anlagenbestand 2020 im Raum Bremen (Szenario 2)

Potenzieller Anlagenbestand 2020 Bremerhaven (Szenario 1)							
Standort-Nr.	Standort Name	Koordinaten UTM WGS84		WEA-Typ	Nennleistung [MW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]
		Ost [m]	Nord [m]				
2	Geestemünde	3'474'798	5'933'921	Enercon E53	0.8	53.0	73
3	Speckenbüttel I	3'470'679	5'940'761	8MW-WEA	8.0	160.0	140
4	Weddewarden	3'470'026	5'941'541	Siemens SWT 2.3	2.3	93.0	103
		3'470'232	5'941'387	Siemens SWT 2.3	2.3	93.0	103
		3'470'393	5'941'273	Siemens SWT 2.3	2.3	93.0	103
5	Speckenbüttel II	3'470'928	5'940'605	Multibrid 5MW	5.0	116.0	102
6	Überseering	3'470'204	5'940'462	Enercon E82	2.0	82.0	108
7	Bohmsiel	3'473'094	5'928'454	Conergy PW55	0.9	55.0	44
8	Grauwallring	3'471'223	5'940'279	Conergy PW90	2.5	90.0	100
9	Grauwallring	3'471'094	5'939'892	Enercon E 82	3.0	82.0	108
10	A27/Bhv-Mitte	3'475'088	5'936'705	Multibrid 5MW	5.0	116.0	130
		3'475'188	5'936'190	Multibrid 5MW	5.0	116.0	130
11	Speckenbüttel III	3'469'783	5'940'604	Repower 5M	5.0	126.0	120
12	Bürgerwindpark/A27			Repower 5M	5.0	126.0	120
				Repower 5M	5.0	126.0	120
				Repower 5M	5.0	126.0	120
				Repower 5M	5.0	126.0	120
				Repower 5M	5.0	126.0	120
				Repower 5M	5.0	126.0	120
13	Weddewarden II	3'469'867	5'941'010	3MW-WEA	3.0	90.0	100
Gesamtanzahl WEA:				21			
Gesamtleistung (MW):					82.1		

Tabelle 14: Potenzieller Anlagenbestand 2020 im Raum Bremerhaven (Szenario 1)

Potenzieller Anlagenbestand 2020 Bremerhaven (Szenario 2)							
Standort-Nr.	Standort Name	Koordinaten UTM WGS84		WEA-Typ	Nennleistung [MW]	Rotor-durchmesser [m]	Nabenhöhe [m]
		Ost [m]	Nord [m]				
2	Geestemünde	3'474'798	5'933'921	Enercon E53	0.8	53.0	73
3	Speckenbüttel I	3'470'679	5'940'761	8MW-WEA	8.0	160.0	140
4	Weddewarden	3'470'026	5'941'541	Siemens SWT 2.3	2.3	93.0	103
		3'470'232	5'941'387	Siemens SWT 2.3	2.3	93.0	103
		3'470'393	5'941'273	Siemens SWT 2.3	2.3	93.0	103
5	Speckenbüttel II	3'470'928	5'940'605	Multibrid 5MW	5.0	116.0	102
6	Überseering	3'470'204	5'940'462	Enercon E82	2.0	82.0	108
7	Bohmsiel	3'473'094	5'928'454	Conergy PW55	0.9	55.0	44
8	Grauwallring	3'471'223	5'940'279	Conergy PW90	2.5	90.0	100
9	Grauwallring	3'471'094	5'939'892	Enercon E 82	3.0	82.0	108
10	A27/Bhv-Mitte	3'475'088	5'936'705	Multibrid 5MW	5.0	116.0	130
		3'475'188	5'936'190	Multibrid 5MW	5.0	116.0	130
11	Speckenbüttel III	3'469'783	5'940'604	Repower 5M	5.0	126.0	120
12	Bürgerwindpark/A27			Repower 5M	5.0	126.0	120
				Repower 5M	5.0	126.0	120
				Repower 5M	5.0	126.0	120
				Repower 5M	5.0	126.0	120
13	Weddewarden II	3'469'867	5'941'010	3MW-WEA	3.0	90.0	100
Gesamtanzahl WEA:				18			
Gesamtleistung (MW):					67.1		

Tabelle 15: Potenzieller Anlagenbestand 2020 im Raum Bremerhaven (Szenario 2)

4.4.2 Energieerträge

Die Tabellen 16 bis 19 enthalten die Nettoenergieerträge der im Kapitel 4.3.1 dargestellten Anlagenkonfigurationen.

Die Nettoenergieerträge beinhalten mögliche Abschattungsverluste aufgrund benachbarter WEA. Des Weiteren wurde ein Abschlag von insgesamt 4% vorgenommen, wobei 2 % Verluste für technische Verfügbarkeit und 2 % für Netzverluste angesetzt wurden. Weiterhin wurden nächtliche Leistungsabregelungen aus schallimmissionsrechtlichen Gründen berücksichtigt.

Die gelb unterlegten Energieerträge wurden vom Auftraggeber geliefert und auf seinen Wunsch in die Prognose eingearbeitet. Sie beruhen nicht auf Berechnungen der Deutschen Windguard.

Es ist zu erwähnen, dass sich der Bürgerwindpark A27 im Raum Bremerhaven (Standort Nr. 12) bisher noch in der Planungsphase befindet. Weder die Flächengröße noch die genauen Anlagenpositionen standen zum Zeitpunkt der Berichterstellung fest. Bezüglich der Flächengröße werden zurzeit zwei Varianten diskutiert: zum einen eine Fläche, auf der ca. 35 MW Leistung installiert werden könnten und zum anderen eine kleinere Fläche, auf der Platz für ca. 20 MW installierter Leistung wäre. Da Anlagen vom Typ der 5MW-Klasse angedacht sind, könnte die größere Fläche mit 7 WEA und die kleinere mit 4 WEA umgesetzt werden.

Zur Berechnung der Energieerträge für den Bürgerwindpark wurden exemplarischen Annahmen getroffen, die nicht zwangsläufig den tatsächlichen Bedingungen bei einer späteren Realisierung des Windpark entsprechen. Abweichungen der angenommenen Anlagenpositionen, des verwendeten Anlagentyps oder der angesetzten Nabenhöhen führen auch zu Abweichungen des Energieertrags. Weiterhin wurde auf eine Schallimmissionsermittlung verzichtet, da die genauen Anlagenpositionen bzw. die Flächengröße noch nicht feststanden. Mögliche Restriktionen schallimmissionsrechtlicher Art konnten demzufolge bei den Berechnungen nicht berücksichtigt werden. Die graphische Darstellung der Flächen kann den Abbildungen 13 und 14 entnommen werden.

Energieerträge für Anlagenbestand 2020 Bremen (Szenario 1)						
Standort-Nr.	Standort Name	WEA-Typ	Nennleistung [MW]	Nabenhöhe [m]	Nettoenergieertrag (MWh/a)	Leistungsbegrenzung
6	Blockland/A 27	EnerconE70-E4	2.0	114		1)
		EnerconE70-E4	2.0	114		1)
8	Halmer Weg	6MW-WEA	6.0	130		
		6MW-WEA	6.0	130		
9	Wasserhorst	Enercon E48	0.8	50		
10	Mahndorf/A 1	3MW-WEA	3.0	130		
		3MW-WEA	3.0	130		
		3MW-WEA	3.0	130		
		3MW-WEA	3.0	130		
11	Optionsfläche IP	6MW-WEA	6.0	130		
		6MW-WEA	6.0	130		
		6MW-WEA	6.0	130		
12	Rekum I	Enercon E66	1.8	65		
13	Rekum II	Enercon E66	1.8	65		
15	Stahlwerke	Enercon E82	2.3	138		
		Enercon E82	2.3	138		
		Enercon E82	2.3	138		
		Enercon E82	2.3	138		
		Enercon E82	2.3	138		
16	Strom II	3MW-WEA	3.0	110		2)
17	Stahlwerke_Erg.	Enercon E82	2.0	100		
		Enercon E82	2.0	100		
18	Strom III	Enercon E53	0.8	73		
19	Seehausen neu	Enercon E82	2.0	98		
20	Blocklanddeponie	RepowerMM82	2.0	100		3)
		RepowerMM82	2.0	100		3)
		RepowerMM92	2.0	100		
		RepowerMM92	2.0	100		4)
21	Optionsfläche IP Erg.	Enercon E82	2.0	108		
		Enercon E82	2.0	108		
21a	Forschungsanlage UniBremen/WG	6MW-WEA	6.0	130		

22	Industriehäfen	Enercon E82	2.0	108		
		Enercon E82	2.0	108		
		Enercon E82	2.0	108		
22a	Industriehäfen-Ergänzung	6MW-WEA	6.0	130		
		6MW-WEA	6.0	130		
23	Seehausen	Enercon E82	2.0	108		
		Enercon E82	2.0	108		
		Enercon E82	2.0	108		
24	Mahndorf II (Fläche E)	Enercon E82	2.0	108		
		Enercon E82	2.0	108		
		Enercon E82	2.0	108		
		Enercon E82	2.0	108		
		Enercon E82	2.0	108		
24 a	Mahndorf II (Erw.)	Enercon E82	2.3	108		
		Enercon E82	2.3	108		
		Enercon E82	2.3	108		
		Enercon E82	2.3	108		
25	Bremer Kreuz	Enercon E82	2.3	138		
26	Sonderbaufl. A27/Ritterhuder Heerstr.	EnerconE70-E4	2.0	114		
		EnerconE70-E4	2.0	114		1)
Gesamtanzahl WEA:		51				
Gesamtleistung [MW]:			139.2			
Gesamtenergieertrag [MWh/a]:					283605	

Tabelle 16: Nettoenergieerträge für potenziellen Anlagenbestand 2020 im Raum Bremen (Szenario 1)

Folgende schallimmissionsrechtliche Leistungsbegrenzungen wurden vorgenommen:

Kennzeichnung 1) WEA muss nachts auf 1000 kW Nennleistung begrenzt werden

Kennzeichnung 2) WEA muss nachts auf 50% Nennleistung reduziert werden

Kennzeichnung 3) WEA läuft im geräuschoptimierten Betrieb bei 102 dB(A)

Kennzeichnung 4) WEA läuft im geräuschoptimierten Betrieb bei 99,5 dB(A)

Energieerträge für Anlagenbestand 2020 Bremen (Szenario 2)						
Standort-Nr.	Standort Name	WEA-Typ	Nennleistung [MW]	Nabenhöhe [m]	Nettoenergieertrag [MWh/a]	Leistungsbegrenzung
10	Mahndorf/A 1	3MW-WEA	3.0	130		
		3MW-WEA	3.0	130		
		3MW-WEA	3.0	130		
		3MW-WEA	3.0	130		
11	Optionsfläche IP	6MW-WEA	6.0	130		
		6MW-WEA	6.0	130		
		6MW-WEA	6.0	130		
12	Rekum I	Enercon E66	1.8	65		
13	Rekum II	EnerconE66	1.8	65		
15	Stahlwerke	Enercon E82	2.3	100		
		Enercon E82	2.3	100		
		Enercon E82	2.3	100		
		Enercon E82	2.3	100		
		Enercon E82	2.3	100		
16	Strom II	3MW-WEA	3.0	110		1)
17	Stahlwerke_Erg.	Enercon E82	2.0	100		
		Enercon E82	2.0	100		
18	Strom III	Enercon E53	0.8	73		
19	Seehausen neu	Enercon E82	2.0	98		
20	Blocklanddeponie	RepowerMM82	2.0	100		2)
		RepowerMM82	2.0	100		2)
		RepowerMM92	2.0	100		
		RepowerMM92	2.0	100		3)
21	Optionsfläche IP Erg.	Enercon E82	2.0	108		
		Enercon E82	2.0	108		
22	Industriehäfen	Enercon E82	2.0	108		
		Enercon E82	2.0	108		
		Enercon E82	2.0	108		
22a	Industriehäfen-Ergänzung	3MW-WEA	3.0	105		
		3MW-WEA	3.0	105		
23	Seehausen	Enercon E82	2.0	108		
		Enercon E82	2.0	108		
		Enercon E82	2.0	108		

24	Mahndorf II (Fläche E)	Enercon E82	2.0	108		
		Enercon E82	2.0	108		
		Enercon E82	2.0	108		
		Enercon E82	2.0	108		
		Enercon E82	2.0	108		
25	Bremer Kreuz	Enercon E82	2.3	138		
Gesamtanzahl WEA:		39				
Gesamtleistung [MW]:			97.2			
Gesamtenergieertrag [MWh/a]:					195705	

Tabelle 17: Nettoenergieerträge für potenziellen Anlagenbestand 2020 im Raum Bremen (Szenario 2)

Folgende schallimmissionsrechtliche Leistungsbegrenzungen wurden vorgenommen:

Kennzeichnung 1) WEA müssen nachts auf 50% Nennleistung reduziert werden

Kennzeichnung 2) WEA laufen im geräuschoptimierten Betrieb bei 102 dB(A)

Kennzeichnung 3) WEA laufen im geräuschoptimierten Betrieb bei 99,5 dB(A)

Energieerträge für Anlagenbestand 2020 Bremerhaven Szenario 1					
Standort-Nr.	Standort Name	WEA-Typ	Nennleistung [MW]	Nabenhöhe [m]	Nettoenergieertrag [MWh/a]
2	Geestemünde	Enercon E53	0.8	73	
3	Speckenbüttel I	8MW-WEA	8.0	140	
4	Weddewarden	Siemens SWT 2.3	2.3	103	
		Siemens SWT 2.3	2.3	103	
		Siemens SWT 2.3	2.3	103	
5	Speckenbüttel II	Multibrid 5MW	5.0	102	
6	Überseering	Enercon E82	2.0	108	
7	Bohmsiel	Conergy PW55	0.9	44	
8	Grauwallring	Conergy PW90	2.5	100	
9	Grauwallring	Enercon E 82	3.0	108	
10	A27/Bhv-Mitte	Multibrid 5MW	5.0	130	
		Multibrid 5MW	5.0	130	
11	Speckenbüttel III	Repower 5M	5.0	120	
12	Bürgerwindpark / A27	Repower 5M	5.0	120	
		Repower 5M	5.0	120	
		Repower 5M	5.0	120	
		Repower 5M	5.0	120	
		Repower 5M	5.0	120	
		Repower 5M	5.0	120	
13	Weddewarden II	3MW-WEA	3.0	100	
	Gesamtanzahl WEA:	21			
	Gesamtleistung [MW]:		82.1		
	Gesamtenergieertrag [MWh/a]:				204'837

Tabelle 18: Nettoenergieerträge für potenziellen Anlagenbestand 2020 im Raum Bremerhaven (Szenario 1)

Energieerträge für Anlagenbestand 2020 Bremerhaven Szenario 2					
Standort-Nr.	Standort Name	WEA-Typ	Nennleistung [MW]	Nabenhöhe [m]	Nettoenergieertrag [MWh/a]
2	Geestemünde	Enercon E53	0.8	73	
3	Speckenbüttel I	8MW-WEA	8.0	140	
4	Weddewarden	Siemens SWT 2.3	2.3	103	
		Siemens SWT 2.3	2.3	103	
		Siemens SWT 2.3	2.3	103	
5	Speckenbüttel II	Multibrid 5MW	5.0	102	
6	Überseering	Enercon E82	2.0	108	
7	Bohmsiel	Conergy PW55	0.9	44	
8	Grauwalling	Conergy PW90	2.5	100	
9	Grauwalling	Enercon E 82	3.0	108	
10	A27/Bhv-Mitte	Multibrid 5MW	5.0	130	
		Multibrid 5MW	5.0	130	
11	Speckenbüttel III	Repower 5M	5.0	120	
12	Bürgerwindpark / A27	Repower 5M	5.0	120	
		Repower 5M	5.0	120	
		Repower 5M	5.0	120	
		Repower 5M	5.0	120	
13	Weddewarden II	3MW-WEA	3.0	100	
	Gesamtanzahl WEA:	18			
	Gesamtleistung [MW]:		67.1		
	Gesamtenergieertrag [MWh/a]:				173'409

Tabelle 19: Nettoenergieerträge für potenziellen Anlagenbestand 2020 im Raum Bremerhaven (Szenario 2)

Die nachfolgenden Abbildungen Nr. 2 bis 9 zeigen die einzelnen WEA-Standorte im Raum Bremen, wobei die neu zu errichtenden Anlagen mit einem roten Kreuz dargestellt sind und die bereits existierenden mit einem blauen Stern.

Analog dazu zeigen die Abbildungen Nr. 10 bis 14 die Standorte im Raum Bremerhaven.

Gesamtübersichtskarten aller Anlagenstandorte für den Raum Bremen (Szenario 1 und 2) und für den Raum Bremerhaven befinden sich in der Anlage 1 dieses Berichts.

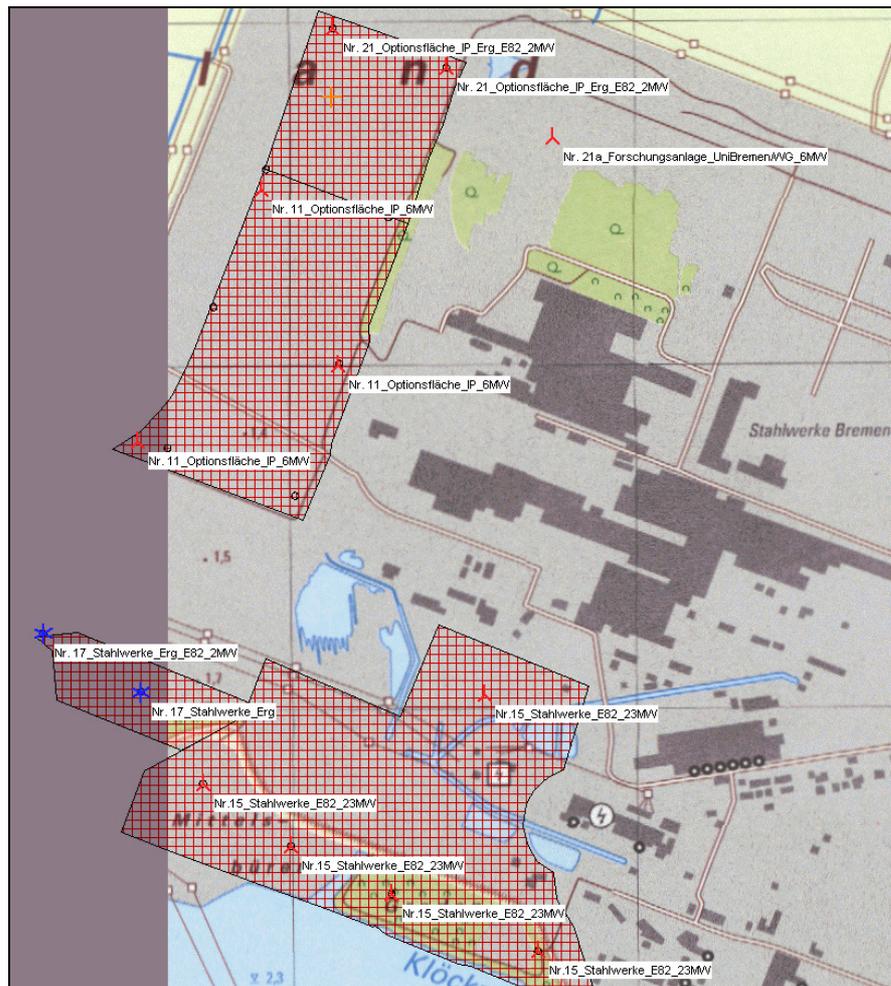


Abbildung 2: Übersichtskarte der Standorte Nr. 11 (Optionsfläche Industriepark), Nr. 15 (Stahlwerke), Nr. 17 (Stahlwerke_Erg), Nr. 21 (Optionsfläche IP_Erg) und Nr. 21 a (Forschungsanlage Uni Bremen/WG); im Szenario 2 würde WEA Nr. 21 a entfallen



Abbildung 3: Übersichtskarte des Standortes Nr. 9 (Wasserhorst); im Szenario 2 würde die WEA Nr. 9 entfallen

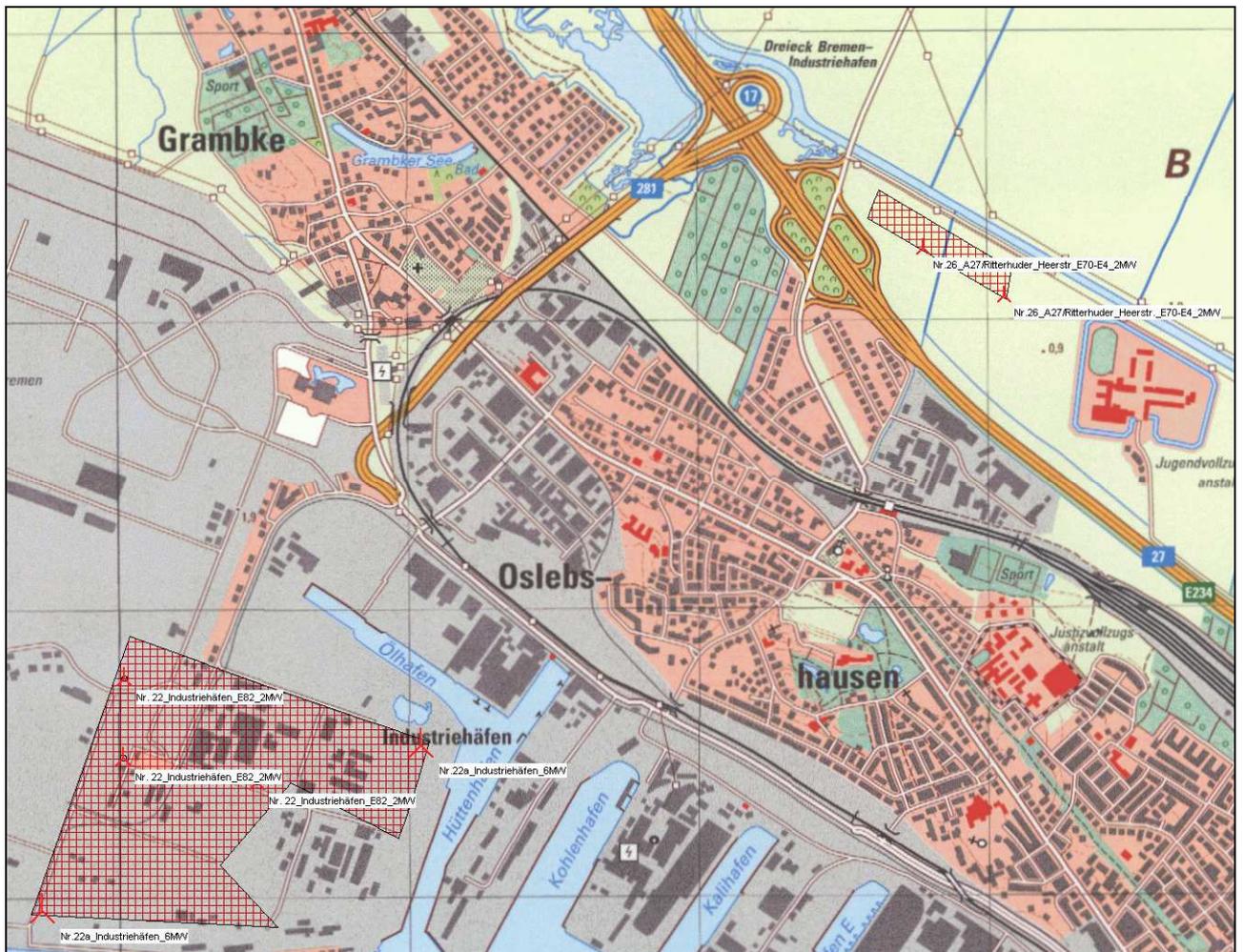


Abbildung 4: Übersichtskarte der Standorte Nr. 22 und Nr. 22 a (Industriehäfen) und Nr. 26 (A27/Ritterhuder Heerstr.); im Szenario 2 würden die WEA Nr. 26 entfallen

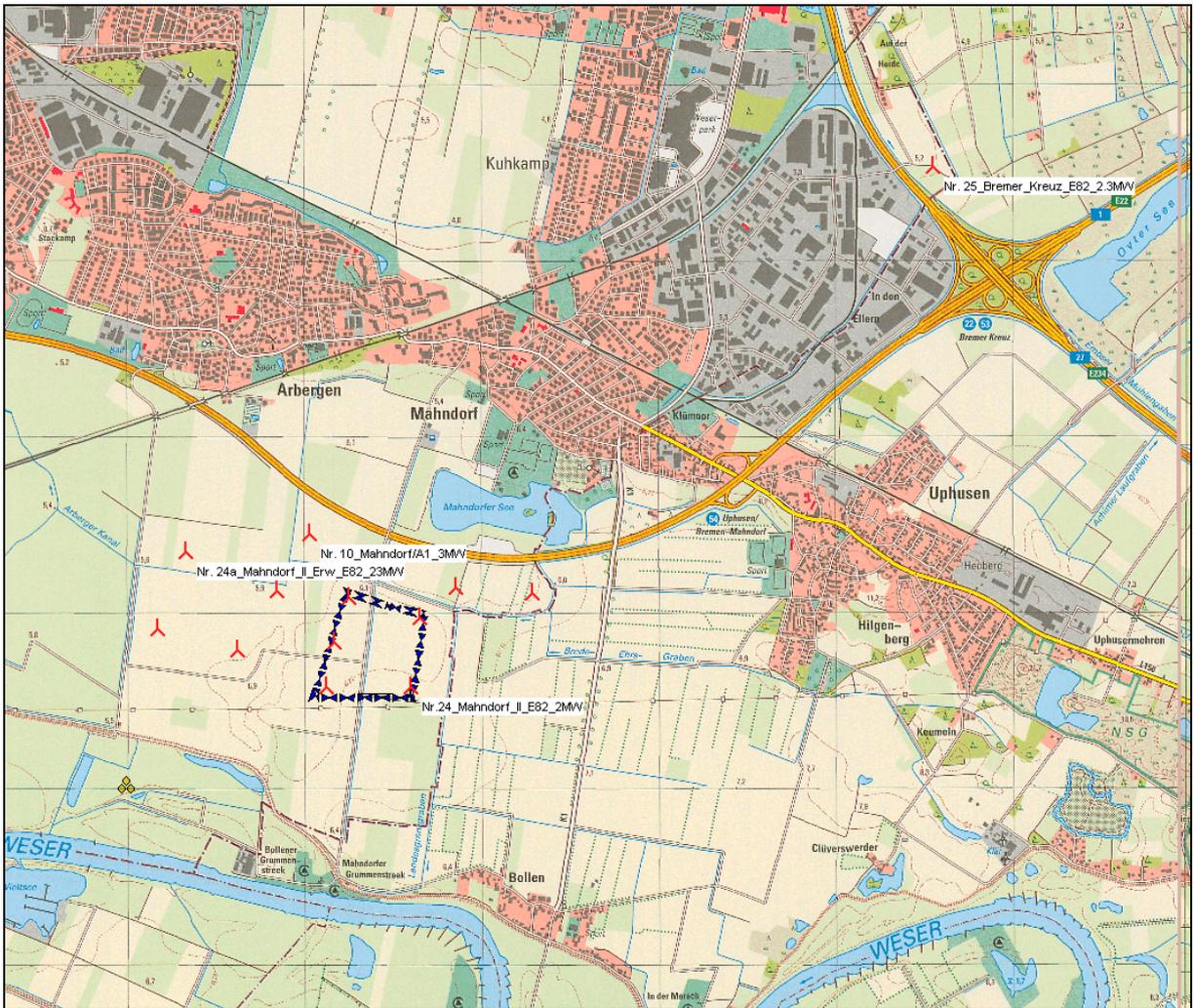


Abbildung 5: Übersichtskarte der Standorte Nr. 10 (Mahndorf), Nr. 24 (Mahndorf II), Nr. 24a (Mahndorf II-Erweiterung) und Nr. 25 (Bremer Kreuz); im Szenario 2 würden die 4 WEA Nr. 24 a entfallen

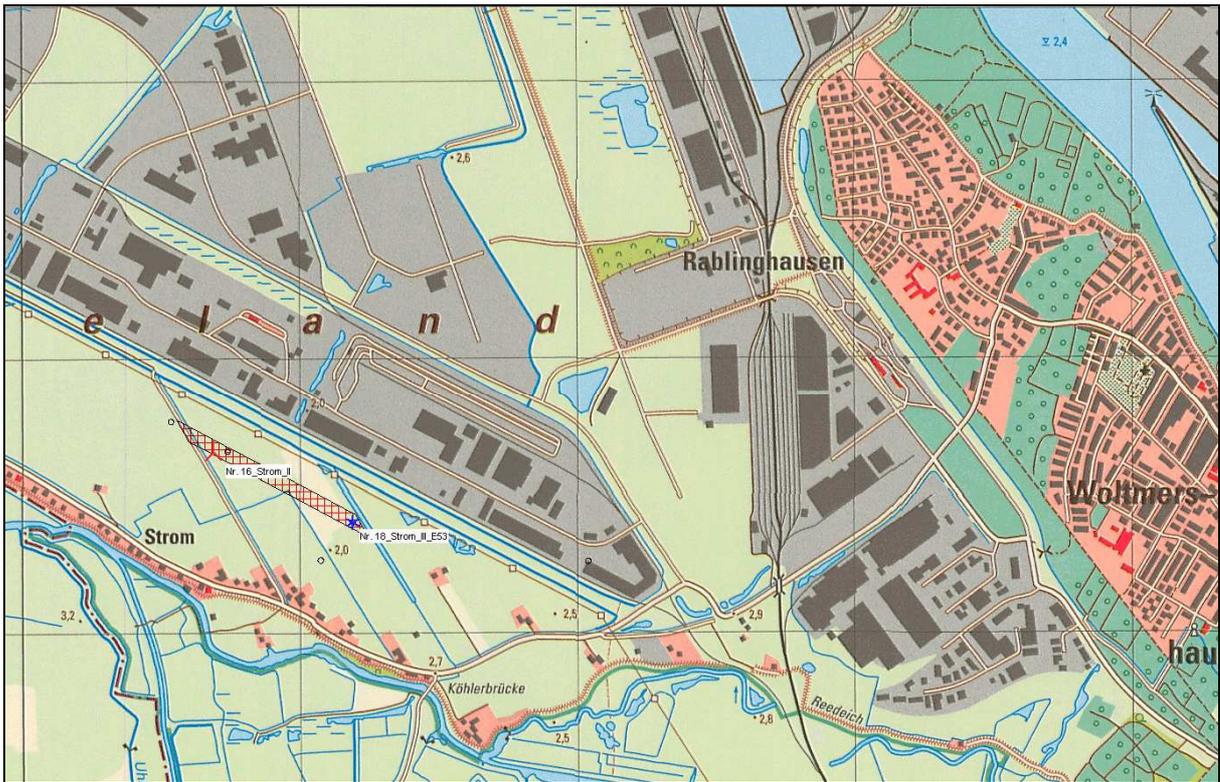


Abbildung 6: Übersichtskarte der Standorte Nr. 16 und Nr. 18 (Strom II und Strom III)



Abbildung 7: Übersichtskarte der Standorte Nr. 8 (Halmer Weg), Nr. 19 (Seehausen_neu) und Nr. 23 (Seehausen); im Szenario 2 würden die WEA Nr. 8 entfallen

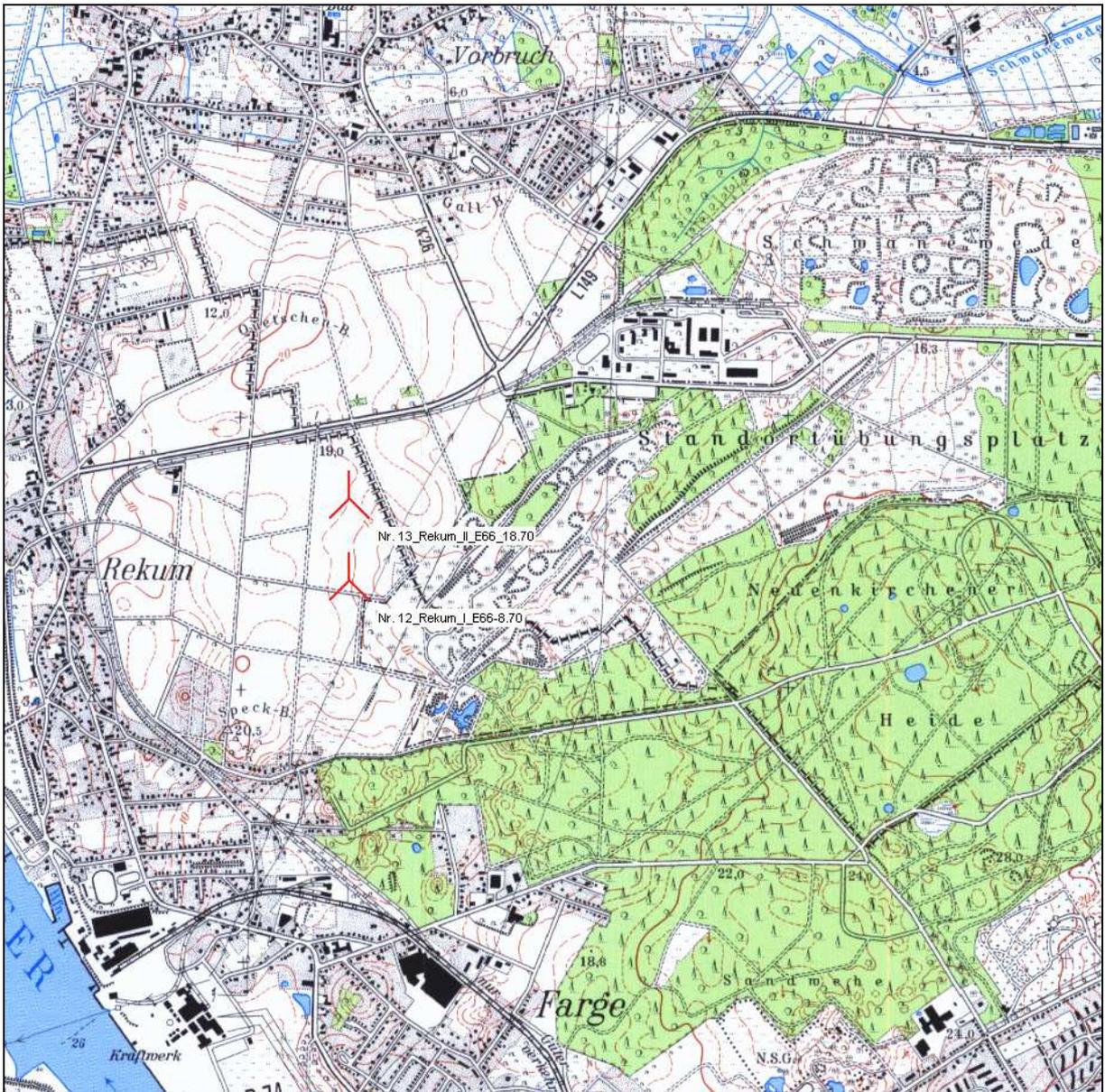


Abbildung 9: Übersichtskarte der Standorte Nr. 12 und Nr. 13 (Rekum)

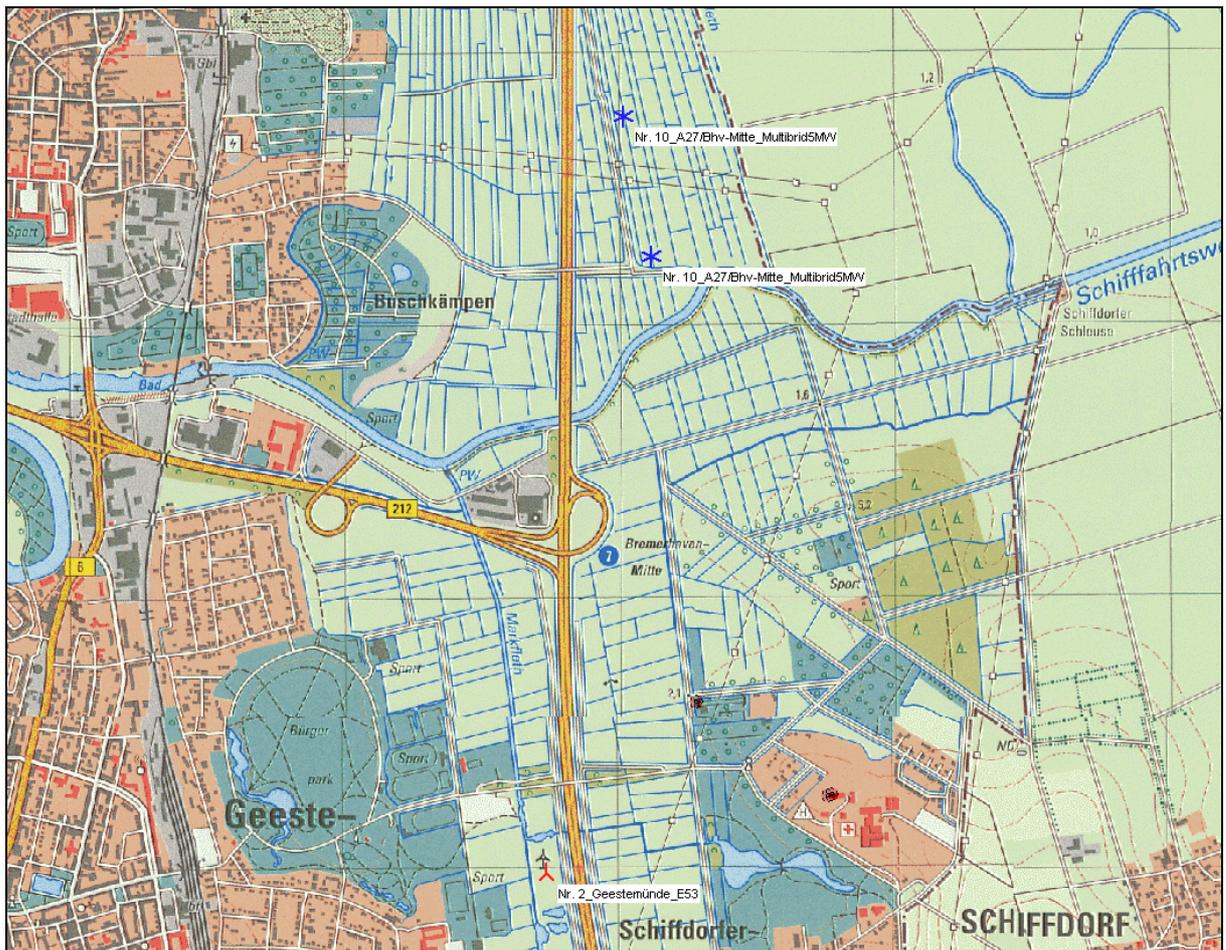


Abbildung 10: Übersichtskarte der Standorte Nr. 10 (A27/Bhv-Mitte) und Nr. 2 (Geestemünde)

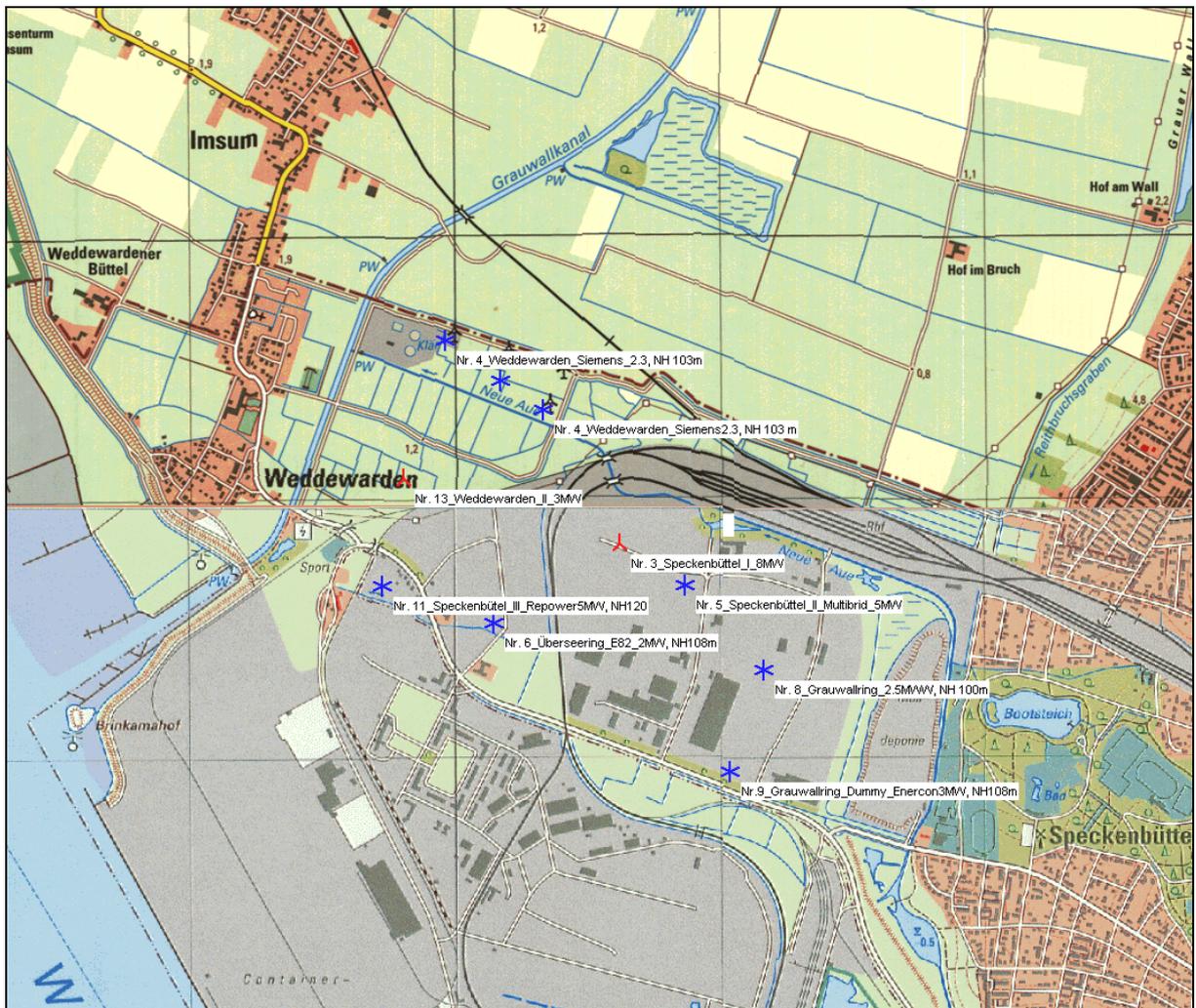


Abbildung 11: Übersichtskarte der Standorte Nr. 4 (Weddewarden), Nr. 13 (Weddewarden II), Nr. 3 (Speckenbüttel I), Nr. 5 (Speckenbüttel II), Nr. 11 (Speckenbüttel III), Nr. 6 (Überseering), Nr. 8 (Grauwalling) und Nr. 9 (Grauwalling)

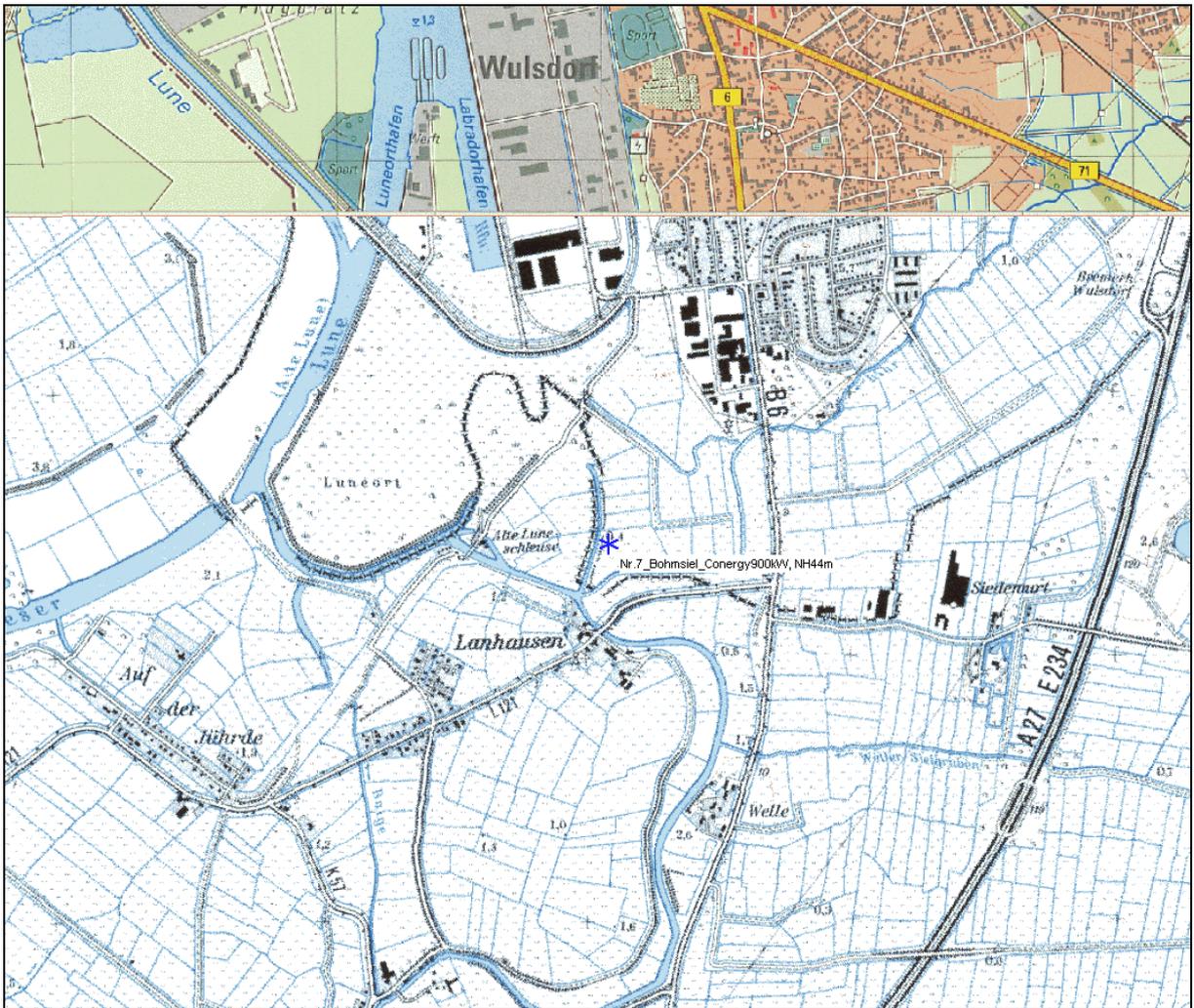


Abbildung 12: Übersichtskarte des Standortes Nr. 7 (Bohmsiel)

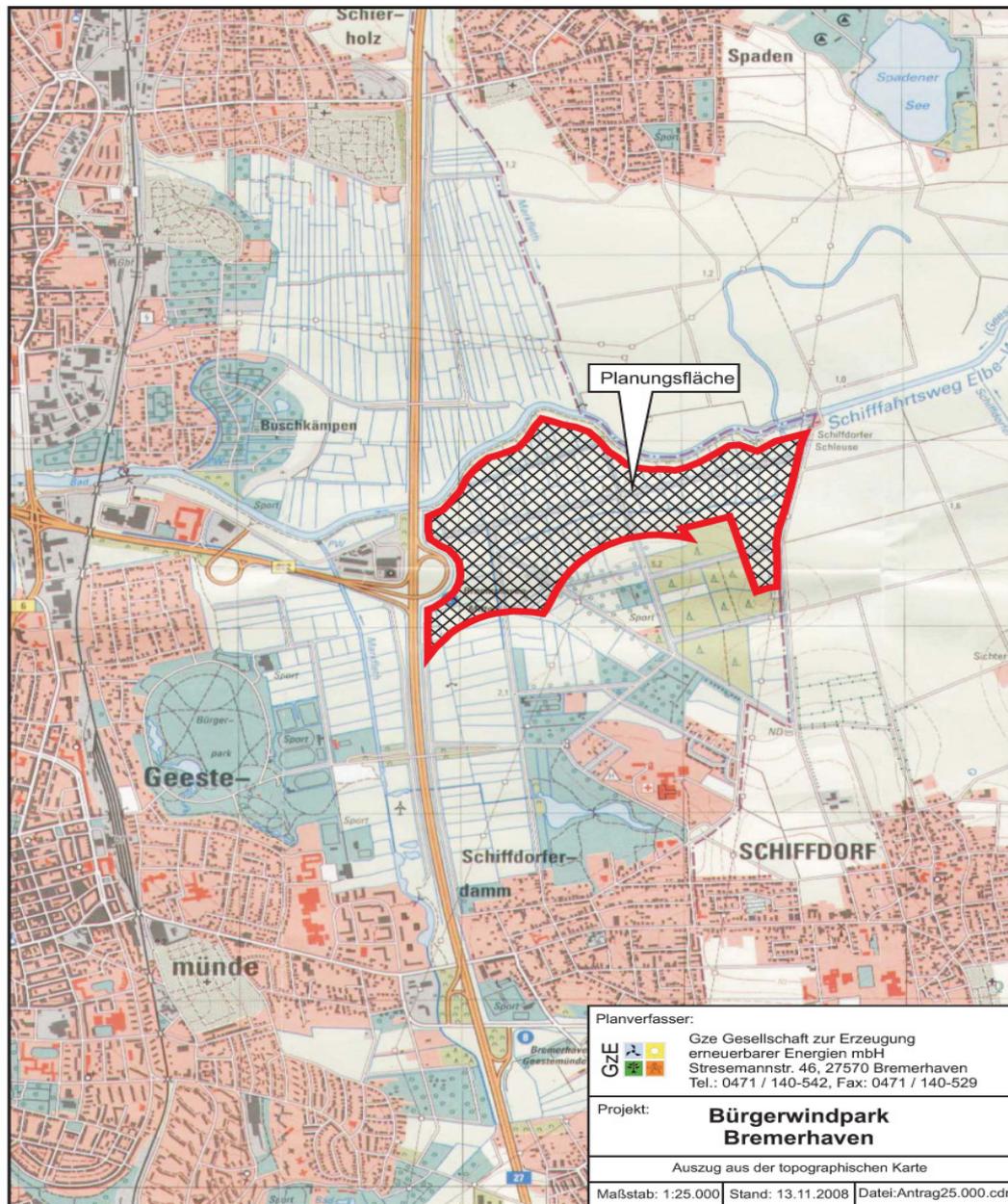


Abbildung 13: Übersichtskarte des Standortes Nr. 12 (Bürgerwindpark); Planungsfläche entsprechend Szenario 1

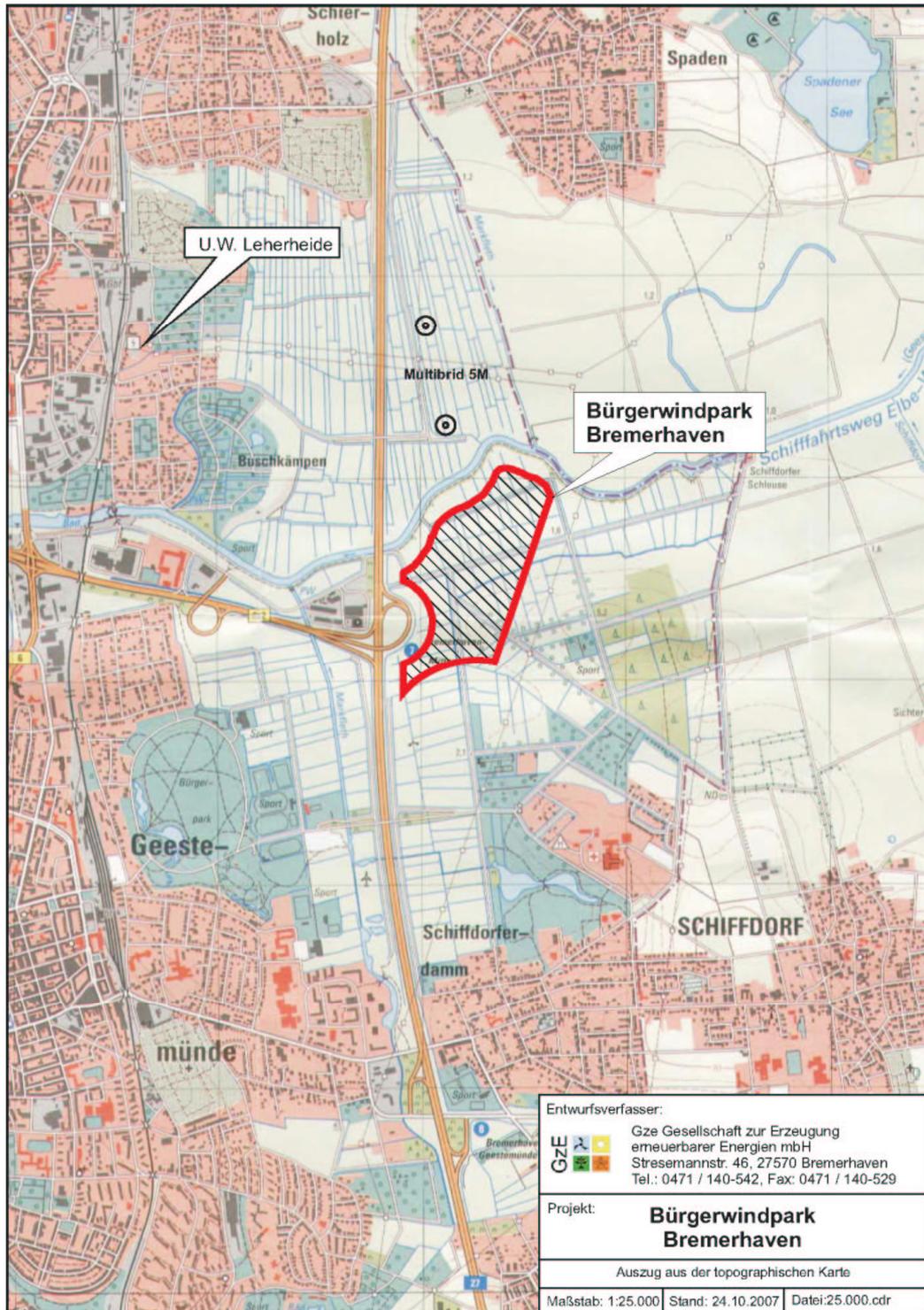


Abbildung 14: Übersichtskarte des Standortes Nr. 12 (Bürgerwindpark); Planungsfläche entsprechend Szenario 2

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurde das voraussichtliche Ertragspotential der Windenergienutzung im Land Bremen für das Jahr 2020 abgeschätzt. Die Abschätzung dient als eine der Grundlagen für das Szenario zu der Einsparung von CO₂-Emissionen im Land Bremen bis zum Jahr 2020, das im Rahmen der Erstellung des Energie- und Klimaschutzprogramms 2020 erarbeitet wird. Durchgeführt wurde die Studie im Auftrag des Senators für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa der Hansestadt Bremen.

Die Studie gliedert sich in vier wesentliche Arbeitsabschnitte. Im ersten Arbeitsschritt wurden die naturschutzfachlichen, baurechtlichen und luftfahrtrechtlichen Belange beurteilt und die daraus resultierenden, generell für die zukünftige Windenergienutzung geeigneten Standorte ermittelt. In den beiden folgenden Arbeitsschritten, Arbeitsschritt 2 und 3, wurden die Standorte jeder einzelnen WEA auf den Eignungsflächen und Einzelstandorten geographisch genau ermittelt, inklusive der möglichen Anlagentypen und –größen. Im Arbeitsschritt 2 wurden aufgrund der Ergebnisse der naturschutzfachlichen, baurechtlichen und luftfahrtrechtlichen Beurteilung Aufstellungsgeometrien und Anlagentypen entworfen. In Arbeitsschritt 3 wurden diese dann bezüglich der Belange der Schallimmission überprüft. Arbeitsschritt 2 und 3 wurden iterativ solange wiederholt, bis optimierte, machbare Aufstellungsgeometrien bzw. Standortkoordinaten und Anlagengrößen erstellt waren.

Der letzte Arbeitsschritt, in dem die Berechnung der zu erwartenden Jahresenergieerträge für jede einzelne WEA erfolgte, wurde in zwei Szenarien untergliedert. Im ersten, optimistischen Szenario wurden an Standorten, an denen dies möglich ist, 6 MW-WEA geplant sowie an Standorten mit immissionsschutzrechtlichen und räumlichen Einschränkungen Anlagen mit 3 MW Leistung und 90 m Rotordurchmesser oder kleiner. Darüber hinaus wurde an Standorten, an denen bereits heute konkrete Planungen vorliegen, die dort genannten Anlagengrößen verwendet, in der Regel 2 MW-WEA.

Auf Basis der zu erwartenden Jahresenergieerträge der einzelnen WEA ergibt sich, unter Berücksichtigung der genannten Rahmenbedingungen, in Summe der für das Land Bremen im Jahr 2020 zu erwartende Jahresenergieertrag aus der Windenergienutzung der Studie. Dieser Jahresenergieertrag beträgt unter der Annahme standardisierter Abschläge für Anlagenverfügbarkeit und Windpark-internen Netzverlusten **283.605 MWh/a** für das optimistische Szenario 1 (Bremen) sowie **195.705 MWh/a** für das Szenario 2 (Bremen), unter der Annahme der bestehenden planungsrechtlichen Restriktionen. Das optimistische Szenario ergibt einen Mehrertrag von 31%. Der Jahresenergieertrag für das Szenario 1 in Bremerhaven liegt bei **204.837 MWh/a** und für das Szenario 2 bei **173.409 MWh/a**, womit sich für das Szenario 1 ein Mehrertrag von 15,3% ergibt.

Die vorliegende Studie unterliegt einigen Einschränkungen bezüglich ihrer Anwendung. Die hier durchgeführten Beurteilungen der naturschutzfachlichen, baurechtlichen, luftfahrt- und immissionsschutzrechtlichen Belange wird der beabsichtigten Verwendung im Rahmen eines

Szenarios zur CO₂-Einsparung im Land Bremen im Jahr 2020 gerecht, ersetzt aber in keiner Weise die Prüfung im Einzelfall jeder zukünftig im Land Bremen geplanten WEA oder Windparks. Weiterhin sind die Ergebnisse ebenfalls nicht als Grundlage für die Verwendung in Wirtschaftlichkeitsanalysen für Windenergie-Projekte geeignet. Hierfür ist u.a. die genaue Betrachtung der im Zuge der Ertragsermittlung entstehenden Unsicherheiten der einzelnen Verfahrensschritte an jedem einzelnen Standort und für die einzelnen Anlagentypen, Umgebungscharakteristika etc. erforderlich, die im Rahmen der Studie nicht durchgeführt wurden. Weiterhin wurden der Untersuchung zum Teil Anlagentypen zugrunde gelegt, deren technische Charakteristiken (u.a. Schallemission) abgeschätzt wurden und die sich in der Zukunft noch ändern werden. Grundsätzlich gilt somit, dass im Falle der Realisierung einer WEA- oder Windparkplanung eine Einzelfallprüfung bezüglich der beschriebenen Parameter unabdingbar ist.

Die beschriebenen Untersuchungen wurden nach bestem Wissen unparteiisch durchgeführt. Für die ermittelten Ergebnisse und die Richtigkeit der Darstellungen in diesem Bericht übernimmt die Deutsche WindGuard Consulting GmbH keine Gewähr.

6 Referenzen

- [1] A. Albers; Identification of variables for Site Calibration and Power Curve Assessment in Complex Terrain; Project Task 6, Relative Power Curve Measurements in Flat terrain, Final Report-No.: JOR3-CT98-0257-0601-DEWI07, 2001
- [2] Troen, Ib; E.L. Petersen et al: Europäischer Windatlas, Roskilde, Risø National Laboratory, 1990.

7 Anhang

- Anlage 1: Gesamtübersichtskarten der Windenergieanlagenstandorte im Raum Bremen und Bremerhaven
- Anlage 2: Naturschutzfachlich, baurechtlich und luftfahrtrechtliche Beurteilung der Planungsgruppe Grün vom 11.09.2009
- Anlage 3: Schalltechnische Untersuchung der ted GmbH vom 21.10.2009