

KURZANALYSE ZU ANLAGENOPTIO-
NEN FÜR EIN GEWERBEGEBIET

KURZANALYSE ZU ANLAGENOPTIONEN FÜR EIN GEWERBEGEBIET

Kurztitel: Anlagenoptionen für ein Gewerbegebiet

Bearbeitung: *DEUTSCHE*
WINDGUARD



Foto Titelseite: © Deutsche WindGuard GmbH

Projektnummer: 

Berichtsnummer: 

Auftraggeber:

Bremerhavener Gesellschaft
für Investitionsförderung
und Stadtentwicklung mbH



BIS Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und
Stadtentwicklung mbH

Am Alten Hafen 118

27568 Bremerhaven

Varel, Oktober 2022

DEUTSCHE WINDGUARD

Deutsche WindGuard GmbH
Oldenburger Straße 65
26316 Varel

Telefon 04451 9515 0
Telefax 04451 9515 29
E-Mail info@windguard.de
URL <http://www.windguard.de/>

Es wird versichert, dass die vorliegenden Ermittlungen unparteiisch, gewissenhaft und nach bestem Wissen und Gewissen durchgeführt wurden. Für die ermittelten Ergebnisse und die Richtigkeit der Darstellung in diesem Bericht übernimmt die Deutsche WindGuard GmbH keine Gewähr.

Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Berichtes ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Deutschen WindGuard GmbH, Varel erlaubt.

Dieser Bericht umfasst 15 Seiten inklusive Deckblatt.

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	V
1 HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG	1
2 VERFÜGBARE ANLAGENTYPEN	1
2.1 AUSSCHREIBUNGSANLAGEN.....	1
2.1.1 Anlagenkonfiguration.....	2
2.1.2 Energieertrag.....	3
2.1.3 Schalleistungspegel	5
2.2 AUSSCHREIBUNGSFREIE ANLAGEN	6
2.2.1 Anlagenkonfiguration.....	6
2.2.2 Energieertrag.....	7
2.2.3 Schalleistungspegel	7
3 AUSGEWÄHLTE BEISPIELANLAGEN	8
LITERATURVERZEICHNIS.....	10

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Übersicht über verfügbare Gesamthöhen und Nennleistungen	3
Abbildung 2:	Übersicht über verfügbare Nabenhöhen und Rotordurchmesser	3
Abbildung 3:	Übersicht über jährliche Energieerträge bei einer Standortgüte von 85% nach Gesamthöhen.....	4
Abbildung 4:	Schalleistungspegel in Abhängigkeit von der Nennleistung der Anlage.....	5
Abbildung 5:	Schalleistungspegel in Abhängigkeit von der im jeweiligen Betriebsmodus erreichten Leistung der Anlage	6
Abbildung 6:	Übersicht über verfügbare Gesamthöhen und Nennleistungen ≤ 1 MW	7
Abbildung 7:	Lautstärke in Abhängigkeit von der Entfernung zur Anlage gemäß Herstellerangaben.....	8

1 HINTERGRUND UND ZIELSETZUNG

Im Süden von Bremerhaven wird aktuell das nachhaltige Gewerbegebiet „Lune Delta“ durch die Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung entwickelt und vermarktet. Dieses Vorhaben läuft in Verbindung mit dem Projekt „Green Economy“. Ziel ist es, dass dieses Gewerbegebiet ressourcensparend sein wird und so ideale Rahmenbedingungen für potenziell interessierte Unternehmen zum nachhaltigen Wirtschaften gegeben sind. [BIS 2022]

In diesem Rahmen prüft die BIS aktuell, ob die Nutzung von Windenergie im Gewerbegebiet „Lune Delta“ möglich sein könnte. Das Gewerbegebiet könnte somit einen Betrag zu den erst kürzlich gesteigerten Zielen zum Windenergieausbau in Deutschland erbringen.

Der Windenergienutzung entgegenstehen könnten neben Aspekten des Natur- und Artenschutzes sowie der Schallemissionen von Windenergieanlagen auch die drei in der Nähe des entstehenden Gewerbegebiets errichteten Bestandanlagen. In der vorliegenden Kurzanalyse wird nach aktuellem Stand geprüft, welche Anlagentechnologien potenziell für eine Nutzung im entstehenden Gewerbegebiet verfügbar sind.

2 VERFÜGBARE ANLAGENTYPEN

Auf Basis einer Recherche wurden Anlagentypen von unterschiedlichen Herstellern erfasst. Die Anlagentypen sind grob in zwei Gruppen – Ausschreibungsanlagen und Kleinanlagen unterteilt.

2.1 AUSSCHREIBUNGSANLAGEN

Ausschreibungsanlagen sind Windenergieanlage ab einem Megawatt¹ Nennleistung, die zur Erzielung eines Förderanspruchs nach EEG 2023 an einer Ausschreibung für Windenergieanlagen an Land teilnehmen müssen. Ausnahmen gelten z.B. für Bürgerwindenergieanlagen, jedoch wird davon ausgegangen, dass in einem Gewerbegebiet keine Bürgerwindenergie realisiert wird.

¹ Vor in Kraft treten des EEG 2023 müssen Anlagen ab 750 kW an den Ausschreibungen teilnehmen.

Eine Teilnahme an einer Ausschreibung ist auch nicht zwingend zur Installation erforderlich – jedoch kann ein Förderanspruch nach EEG nur mittels Ausschreibungsteilnahme erlangt werden.

Der weit überwiegende Teil von Anlagen in Deutschland entspricht diesen Großanlagen. Am Markt sind verschiedene Anlagenhersteller aktiv, die die Installationen in der Vergangenheit dominiert haben. Einige weitere kleinere, weniger etablierte Hersteller wurden in den Recherchen ebenfalls berücksichtigt.

2.1.1 ANLAGENKONFIGURATION

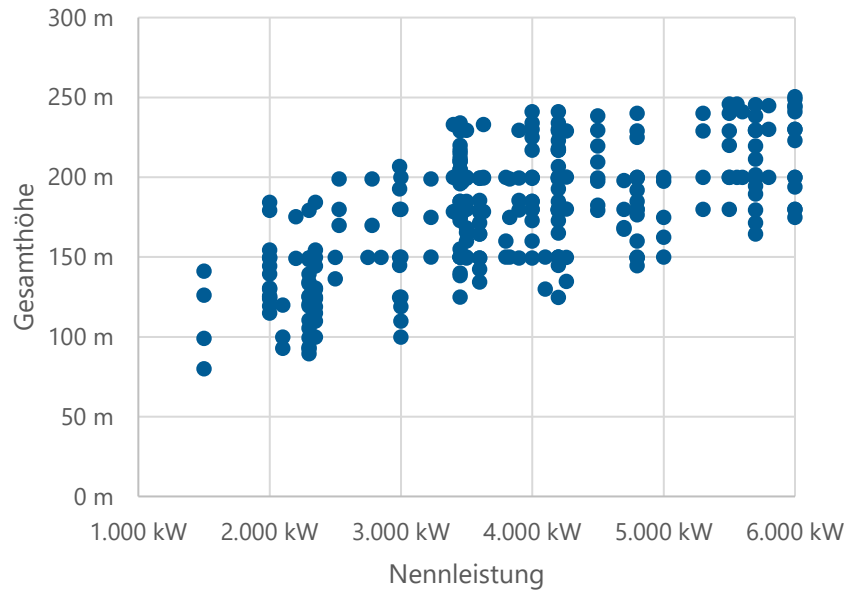
Die Anlagentypen definieren sich insbesondere über den Rotordurchmesser und die Nennleistung, wobei letztes teilweise variiert werden kann. Über unterschiedliche Nabenhöhen kann die Gesamthöhe je Typ variiert werden.

So ergeben sich für unterschiedliche zulässige Gesamthöhen verfügbare Anlagentypen mit unterschiedlichen Konfigurationen, Schalleigenschaften und zu erwartende Energieerträgen.

In der Übersichtsdarstellung in Abbildung 1 sind verfügbare Anlagenkonfigurationen (hier dargestellt mittels der Nennleistung und der Gesamthöhe) aufgeführt. Nicht für alle Konfigurationen konnte abschließend sichergestellt werden, dass diese auch für den deutschen Markt zertifiziert vorliegen. Insbesondere sehr niedrige Nabenhöhe sind weniger gefragt. Anlagen mit Rotordurchmesser unter 100 m verschwinden zunehmend aus den Portfolien der Hersteller. Somit bewegen sich die angebotenen Gesamthöhen mit zunehmender Leistung auf 250 m zu. Die Recherche wurde vom Auftraggeber auf Anlagen bis 6 MW begrenzt. Neueste heute angekündigte Typen überschreiten diese Schwelle bereits.

Abbildung 1:
Übersicht über verfügbare Gesamthöhen und Nennleistungen

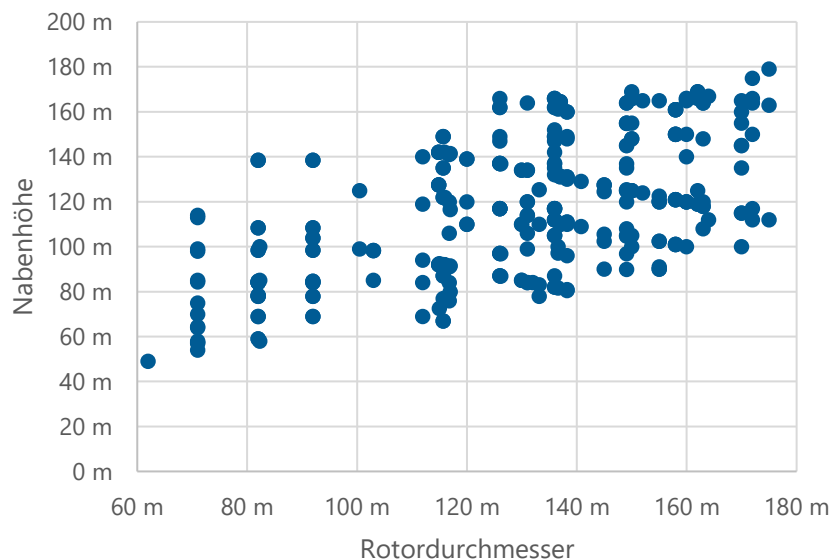
Datenbasis: Eigene Recherche



Die in Abbildung 1 dargestellten Gesamthöhen setzen sich jeweils aus der Nabhöhe und dem (halben) Rotordurchmesser einer Anlagenkonfiguration zusammen. Die erfassten Kombinationsmöglichkeiten sind in Abbildung 2 dargestellt.

Abbildung 2:
Übersicht über verfügbare Nabhöhen und Rotordurchmesser

Datenbasis: Eigene Recherche



2.1.2 ENERGIEERTRAG

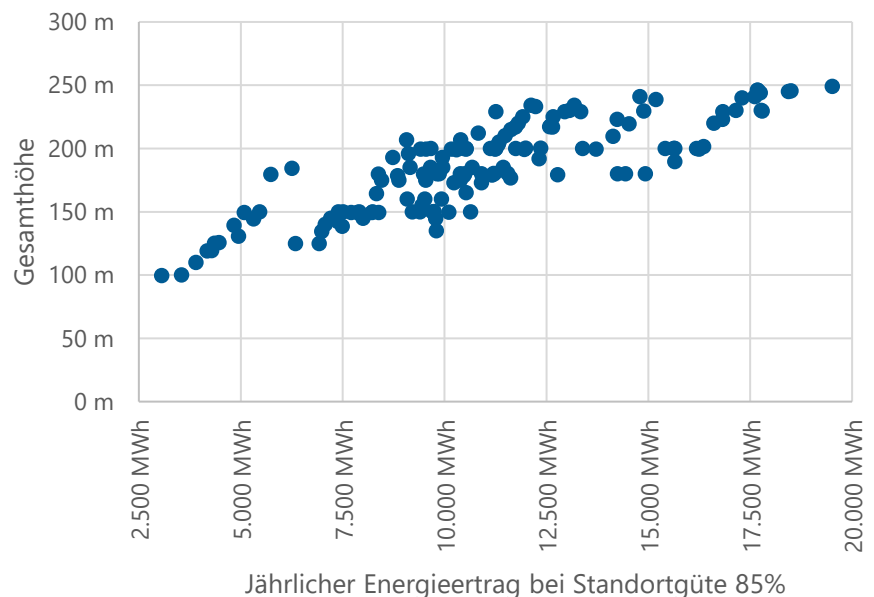
Je höher (Rotordurchmesser und Nabhöhe) und leistungsfähiger eine Anlage ist, desto höher ist der zu erwartende Energieertrag. Dieser hängt neben der Anlagenkonfiguration davon ab, welche Standorteigenschaften vorliegen. Neben der Windhöffigkeit des Standortorts umfasst dies auch möglicherweise vorliegende Abregelungen am Standort, die zu berücksichtigen sind. Abhängig davon, welchen Strombedarf die sich im Gewerbegebiet ansiedelnden Unternehmen haben, könnten

entsprechend unterschiedliche Anlagentechnologien für die jeweiligen Unternehmen interessant sein.²

Für viele, allerdings nicht alle erfassten Anlagenkonfigurationen liegen zu erwartende Energieerträge vor. Diese beziehen sich auf einen Sogenannten Referenzstandort nach EEG 2017 mit einer frei angeströmten Anlage mit einer Windgeschwindigkeit von 6,45 m/s in 100 Nabenhöhe. Diese Standortgüte von 100% erreichen nur wenige Anlagen in Deutschland (Mittelwert im aktuellen Zubau ca. 76%). Für einen potenziellen Standort im Gewerbegebiet Luneplate wird im Folgenden vereinfacht eine Standortgüte von 85% angenommen. Diese muss in Rahmen weiterer Planungen hinterfragt und Anlagen und abhängig von den tatsächlichen Standortbedingungen gutachterlich ermittelt werden. Die Übersicht in Abbildung 3 vermittelt einen Eindruck über die zu erwartenden Energieerträge bei der angenommenen Standortgüte von 85%. Sollten am Standort erhebliche genehmigungsrechtliche Abregelungen erforderlich sein, bedingt z.B. durch die Nähe zum Naturschutzgebiet Luneplate oder mögliche Schallemissionsbedingte Abregelungen, kann eine niedrigere Standortgüte vorliegen und somit auch ein niedrigerer Energieertrag zu erwarten sein.

Abbildung 3:
Übersicht über jährliche Energieerträge bei einer Standortgüte von 85% nach Gesamthöhen

Datenbasis: Eigene Recherche (vorranging [FGW o. J.]) und Berechnung



² Neben der jährlichen Erzeugung ist zu berücksichtigen, dass Windenergieanlagen nicht kontinuierlich einspeisen und entsprechend nicht immer zu Lastzeiten eines Unternehmen Wind weht.

2.1.3 SCHALLLEISTUNGSPEGEL

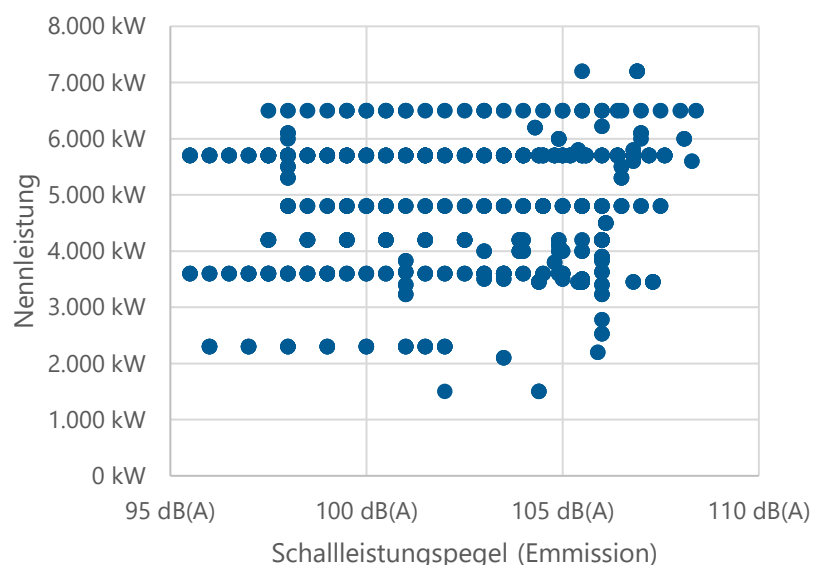
Als besonders kritisches Kriterium für die Installation einer Windenergieanlage im Gewerbegebiet Luneplate wurden durch die BIS die von der Anlage erzeugten Schallemissionen identifiziert. Die Schallemissionen einer Anlage können zum Beispiel durch gezackte Flügelkanten (Trailing-Edge-Serrations) gesenkt werden. Auch kann die Schallemission durch eine Drosselung der Anlage reduziert werden. Dies erfolgt jedoch zu Lasten der zu erwartenden Energieerträge.

Im Rahmen der Kurzstudie wurden die Schalleistungspegel verschiedener verfügbarer Anlagentypen recherchiert und erfasst. Die Daten entstammen Herstellerangaben, Genehmigungsunterlagen und anderen Veröffentlichungen. Nicht für alle Typen liegen entsprechende Informationen vor. Bei vorliegenden Schalleistungspegeln ist zudem nicht immer bekannt, ob diese durch den Einsatz von Serrations oder mittels einer Leistungsreduktion der Anlage erreicht werden konnten. Einige im Rahmen der Recherche erfassten Daten mussten zudem nachträglich ausgeschlossen werden, da anzunehmen war, dass es sich bei den Schallpegeln nicht um die an der Anlage auftretenden Emissionen, sondern um in unbekannter Entfernung auftretende Immissionen handeln könnte.

In Abbildung 4 sind die jeweiligen Schalleistungspegel in Abhängigkeit von der Nennleistung des jeweiligen Anlagentyps aufgezeigt. Es wird deutlich, dass bei einer bestimmten Nennleistung aufgrund unterschiedlicher Betriebsmodi und Anlagenmodifikationen viele unterschiedliche Schalleistungspegel anliegen können.

Abbildung 4:
Schalleistungspegel in
Abhängigkeit von der
Nennleistung der An-
lage

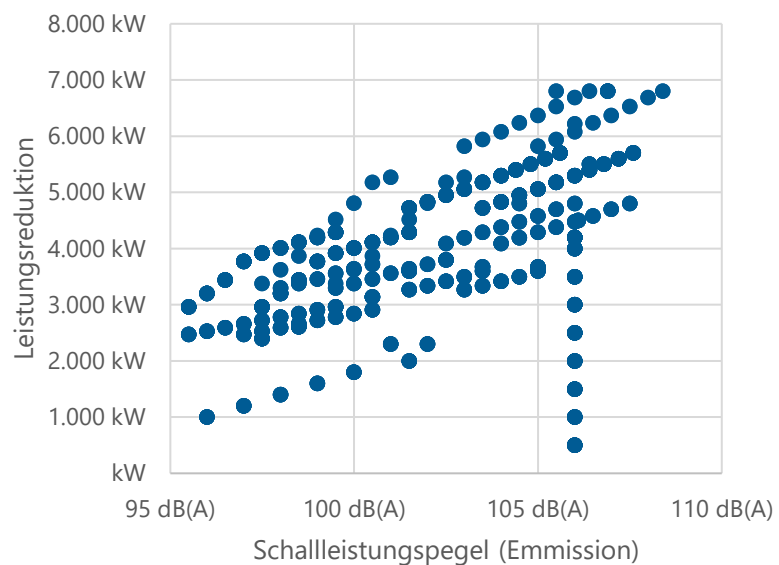
Datenbasis: Eigene Re-
cherche



Der Einfluss der Betriebsmodi wird in Abbildung 5 verdeutlicht, die die jeweiligen Schallleistungspegel unter Berücksichtigung der im Betriebsmodus anliegenden Leistungsreduktion aufzeigt. Grundsätzlich ist beim leistungsreduzierten Betrieb von eigentlich leistungsstärkeren Anlagen zu berücksichtigen, dass das Verhältnis zwischen Investition für die Anlage und erzielbarem Energieertrag negativ beeinflusst wird und entsprechend die Wirtschaftlichkeit zu prüfen ist. Zudem ist zu prüfen, ob ein dauerhaft gedrosselter Betrieb weitere Auswirkungen auf die Anlage hat.

Abbildung 5:
Schallleistungspegel in
Abhängigkeit von der
im jeweiligen Betriebs-
modus erreichten Leis-
tung der Anlage

Datenbasis: Eigene Re-
cherche



2.2 AUSSCHREIBUNGSFREIE ANLAGEN

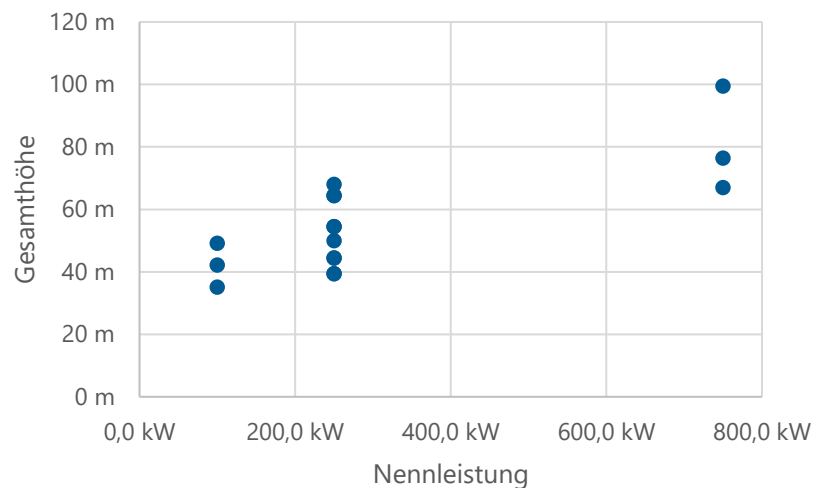
Ausschreibungsfreie Anlagen sind nach EEG 2023 WEA mit einer Nennleistung bis zu 1 MW definiert. (Im EEG 2017 und 2021 lag die Schwelle zur Ausschreibungsfreiheit bisher noch bei 750 kW). Anlagen in diesem Segment werden aktuell kaum errichtet.

2.2.1 ANLAGENKONFIGURATION

Entsprechend ist die Anlagenauswahl, die die aktuelle Recherche ergeben hat, wie in Abbildung 6 ersichtlich, deutlich geringer als bei den großen Anlagen. Die erfassten Anlagen werden explizit für deutsche Akteure angeboten. Weitere Hersteller und Anlagentypen sind zwar weltweit vertreten, allerdings sind bisher nicht viele Hersteller auf dem deutschen Markt aktiv und lediglich wenige Anlagen für den deutschen Markt vorgesehen.

Abbildung 6:
Übersicht über verfügbare Gesamthöhen und Nennleistungen ≤ 1 MW

Datenbasis: Eigene Recherche



Im bisherigen Zubau in Deutschland sind Enercon-Anlagen mit einer Nennleistung von 800 kW regelmäßig vertreten gewesen. Diese Anlagentypen werden beim Hersteller inzwischen aber nicht mehr im verfügbaren Portfolio gelistet. [Weber 2017] Ein weiterer Hersteller entwickelt zurzeit eine Vertikalachsenanlage (Prototypenstatus) in der entsprechenden Leistungsklasse, diese ist aufgrund der nicht vorliegenden Vergleichbarkeit ebenfalls von der Darstellung ausgenommen. Wenn diese Anlagen kommerzielle Reife erreichen, könnten Sie eine Alternative zu Horizontalachsen darstellen, da damit geworben wird, dass die Technologie vergleichsweise leise sei. [Agile Wind Power AG 2022]

2.2.2 ENERGIEERTRAG

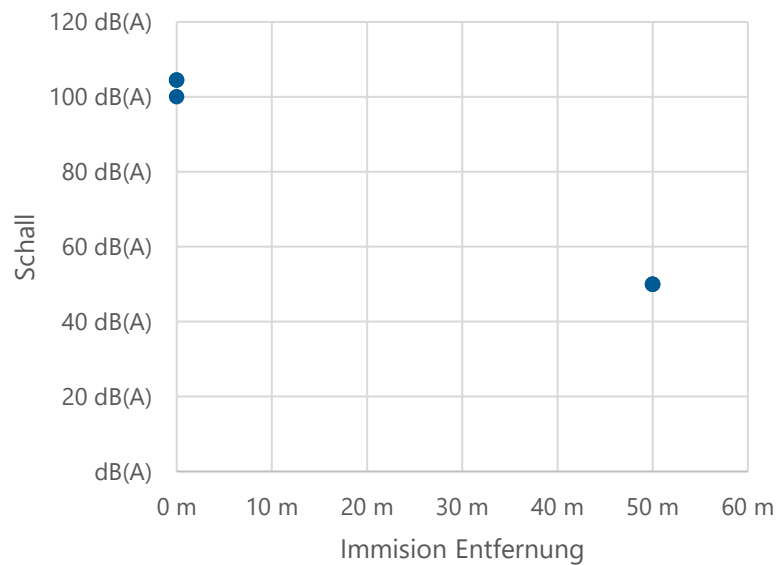
Die zu erwartenden Energieerträge der kleinen Anlagen hängen wie auch bei den großen Anlagen von Windgeschwindigkeiten, Turbulenzen und weiteren Standortrestriktionen ab. Der Recherche zufolge könnte eine 250 kW Anlage bei 5 m/s in Nabenhöhe 270 MWh pro Jahr erzeugen. Eine 750 kW Anlage bei 6 m/s ohne weitere Verlustfaktoren 1.700 MWh.

2.2.3 SCHALLLEISTUNGSPEGEL

Für die wenigen Anlagentypen zwischen 100 kW und 1 MW liegen auch nur wenige Informationen zu den Schallleistungspegeln vor. An der Anlage liegen diese soweit bekannt bei regulärem Betrieb bei 100 bis 105 dB(A). Für die kleinen Anlagentypen liegen nur Angaben vor, dass in 50 m Entfernung Immissionen von 50 dB(A) auftreten.

Abbildung 7:
Lautstärke in Abhängigkeit von der Entfernung zur Anlage gemäß Herstellerangaben

Datenbasis: Eigene Recherche



3 AUSGEWÄHLTE BEISPIELANLAGEN

Bei der Auswahl von Beispielanlagen gilt zu berücksichtigen, dass die langfristige Verfügbarkeit von Anlagentypen nicht gewährleistet ist. Die Technologie wird stetig weiterentwickelt und verändert. Bei zunehmendem Bedarf an Anlagen für Gewerbeflächen könnten beispielweise weitere Typen verfügbar werden. Zudem spielen in der späteren realen Technologieauswahl weitere Parameter wie der Energiebedarf der Unternehmen, die weitere Bebauung, tatsächliche Windverhältnisse, Kostenfragen etc. eine Rolle. Entsprechend sind die Beispielanlagen tatsächlich nur als grobe Orientierung zu verstehen.

Als Beispielanlage < 1 MW wird die DW61x750 von EWT vorgeschlagen. Die Anlage wird mit einer Nennleistung von 750 KW, einem Rotordurchmesser von 61 m und verfügbaren Nabenhöhen von 46 m und 69 m angeboten. Es ergibt sich eine Gesamthöhe von 79,5 m bzw. 99,5 m. [EWT 2017a] Der Schalleistungspegel liegt im Volllastbereich bei 104,5 dB(A). [EWT 2017b]

Im Bereich über 1 MW (bis zu 6 MW) sind die Auswahloptionen von Anlagentypen vielfältig. Als Beispielanlagen könnten z.B. eine Enercon E-82 mit 2,3 MW Nennleistung und einem Rotordurchmesser von 82 m und eine Nordex N117 mit einer Leistung von 3,6 MW und einem Rotordurchmesser von 117 m gewählt werden. Beide Anlagen befinden sich hinsichtlich der Anlagenkonfiguration am unteren Spektrum der beim jeweiligen Hersteller verfügbaren Typen. Sie sind jeweils in unterschiedlichen Nabenhöhe verfügbar, und damit hinsichtlich der

Gesamthöhe flexibel. Die E-82 mit Nabenhöhen von 78 m, 84 m, 85 m, 98 m, 108 m und 138 m angeboten. Die Gesamthöhe liegt entsprechend zwischen 119 m und 179 m. Die N117 ist aufgrund des größeren Rotors bei vergleichbarer Nabenhöhe etwas höher und wird mit Nabenhöhe von 78 m bis 134 m angeboten. Die Gesamthöhe liegt somit zwischen 139 m und 193 m.

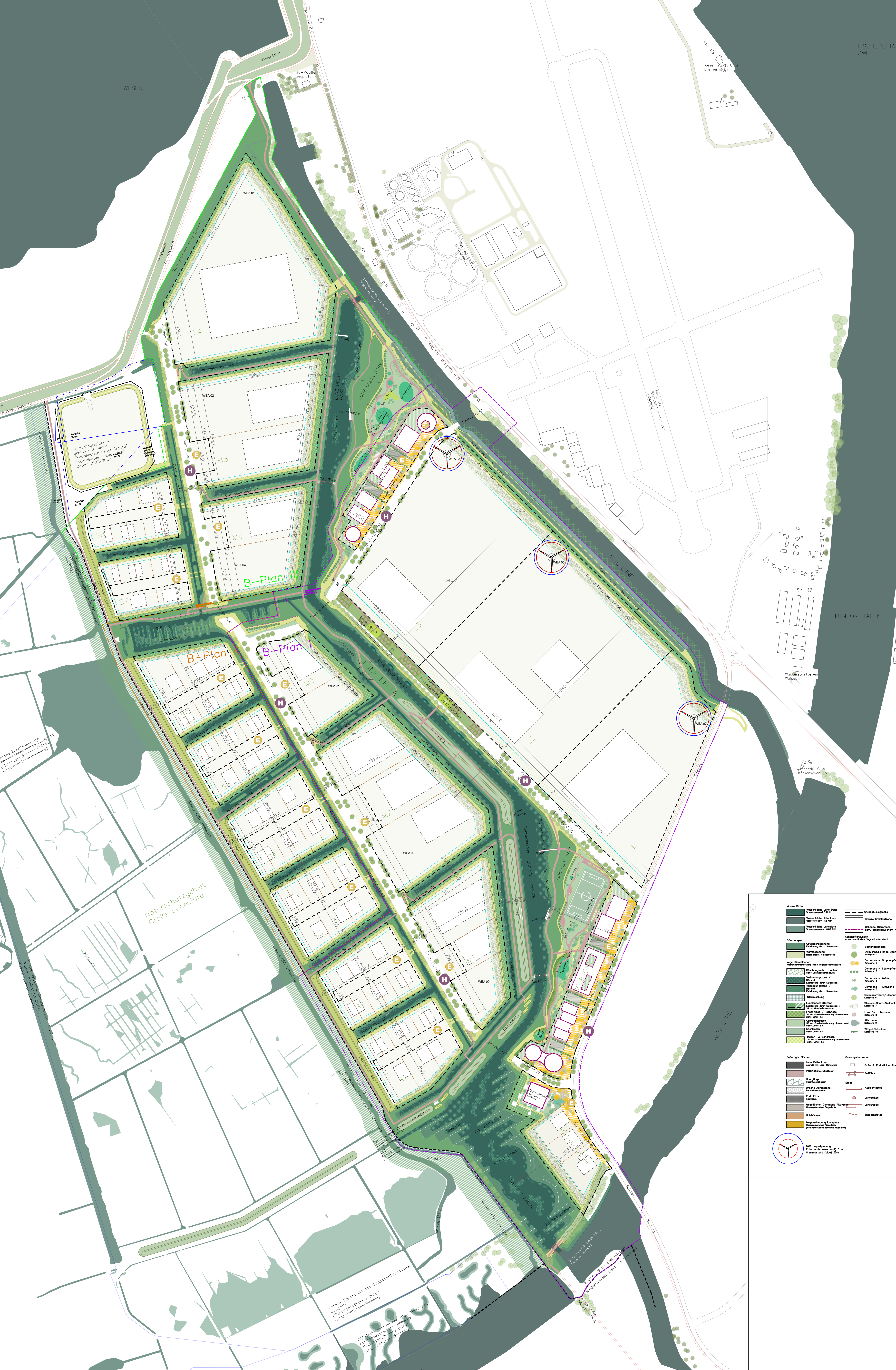
Eine Steigerung der Anlagendimensionen ist entsprechend möglich, wenn die genehmigungsrechtlichen Bedingungen dies zulassen. [Enercon 2022; Nordex SE 2022]. Beide Anlagen sind mit Serrations verfügbar und können in schallreduzierten Modi betreiben werden. Zum Berichtszeitpunkt konnte noch keine Herstellerfreigabe zur Weitergabe entsprechender Datenblätter erzielt werden. Entsprechende Anfragen laufen noch und werden bei positiver Bestätigung nachgereicht.

LITERATURVERZEICHNIS

- Agile Wind Power AG. (2022). *Vorteile - Vertical Sky*. <https://www.agilewind-power.com/de/vorteile>
- BIS, BIS Bremerhavener Gesellschaft für Investitionsförderung und Stadtentwicklung mbH. (2022, September 9). *Nachhaltiges Gewerbegebiet Luneplate*. <https://www.bis-bremerhaven.de/projekte-und-kooperationen/luneplate.98332.html>
- Enercon. (2022). *Enercon Produktportfolio - Technische Datenblätter*. https://www.enercon.de/fileadmin/Redakteur/Medien-Portal/EC_WEA_DE.pdf
- EWT, Emergya Wind Technologies. (2017a). *Technische Spezifikation DW61x750*.
- EWT, Emergya Wind Technologies. (2017b). *Schalleistungspegel DW61x750*.
- FGW. (o. J.). *Referenzertragsverfahren*. <https://wind-fgw.de/themen/referenzertraege/>
- Nordex SE. (2022, Oktober 6). *N117/3600*. Nordex SE - Deutsch. <https://www.nordex-online.com/de/product/n117-3600/>
- Weber, Tilman. (2017, September 29). Rotorblattfertigung für kleine Anlagen vor dem Aus. *ERNEUERBARE ENERGIEN*. <https://www.erneuerbareenergien.de/energie-recht/enercon-rotorblattfertigung-fuer-kleine-anlagen-vor-dem-aus>

WESER

FISCHEREIHAFEN
ZWEI



Treibstofflagerplatz –
gemäß Unterflogen
Koordinaten neuer Grenz
Koordinaten neu
Datum: 21.08.2023

Dollme Erweiterung des
Kompensationsraumes Lunepole
(Planungsmaßnahme Untere
Kompensationsräume)

NATURSCHUTZGEBIET
Grobe Lunepole

Dollme Erweiterung des Kompensationsraumes
Lunepole
(Planungsmaßnahme Untere
Kompensationsräume)

Wasserflächen	Wasserfläche Lunedelta	Wasserfläche ALTE LUNE	Wasserfläche LUNEPLEATE	Wasserfläche LUNELAGUNE	Wasserfläche WEAG	Wasserfläche ALTE WESER
Steigungen	Gründungsfläche	Erhöhung zum Gelände	Senkung zum Gelände	Senkung / Absenkung	Senkung / Absenkung	Senkung / Absenkung
Vegetationsflächen	Nachbepflanzung	Nachbepflanzung	Nachbepflanzung	Nachbepflanzung	Nachbepflanzung	Nachbepflanzung
Belegte Flächen	Lüne Delta Long	Lüne Delta Long	Lüne Delta Long	Lüne Delta Long	Lüne Delta Long	Lüne Delta Long

Belegte Flächen	Lüne Delta Long	Lüne Delta Long	Lüne Delta Long	Lüne Delta Long	Lüne Delta Long	Lüne Delta Long
Gerungene Flächen	Fuß- & Radfahren über Grün	Fuß- & Radfahren über Grün	Fuß- & Radfahren über Grün	Fuß- & Radfahren über Grün	Fuß- & Radfahren über Grün	Fuß- & Radfahren über Grün

Sonderzeichen	Sonderzeichen	Sonderzeichen	Sonderzeichen	Sonderzeichen	Sonderzeichen	Sonderzeichen
Grünflächen	Grünflächen	Grünflächen	Grünflächen	Grünflächen	Grünflächen	Grünflächen

BIS Bremerhaven: Lunedelta (ENTWURF)

Version	Datum	Änderungen	Autor
A1	29.03.2023		PHJ

HNW:
 Kartengrundlage: VFA-3-VF-P-02 Überlichtplan mit B-Plan Grenz, Kompilmiert (11.08.2022); Zur Verfügung gestellt von BIS Bremerhaven

DEUTSCHE WINDGUARD
 Deutsche WindGuard Offshore GmbH
 Oldenburger Straße 65
 D-26316 Varel
 Tel.: +49 (0) 4451 - 95 15 - 0
 www.windguard.de