

FACHBEITRAG
zur
Umwandlung von Wald nach § 8 NWaldLG

zum Vorhaben
Repowering Windpark Deinste-Helmste

- Landkreis Stade -

im Auftrag der
Deinste-Helmste-Wind GmbH & Co. KG
Hauptstraße 9
21717 Deinste

INGENIEURBÜRO PROF.
DR.
OLDENBURG GMBH

Immissionsprognosen (Gerüche, Stäube, Gase, Schall) · Umweltverträglichkeitsstudien
Landschaftsplanung · Bauleitplanung · Genehmigungsverfahren nach BImSchG
Berichtspflichten · Beratung · Planung in Lüftungstechnik und Abluftreinigung

Bearbeiter: Steve Wunderlich

steve.wunderlich@ing-oldenburg.de

Tel. 04779 92 500 0
Fax 04779 92 500 29

Büro Niedersachsen:
Osterende 68
21734 Oederquart
Tel. 04779 92 500 0
Fax 04779 92 500 29

Büro Mecklenburg-Vorpommern:
Molkereistraße 9/1
19089 Crivitz
Tel. 03863 522 94 0
Fax 03863 52 294 29

www.ing-oldenburg.de

FFB 24.198 Rev. 1
20. März 2025

07_WaldumwFachbeitr_WPDeinsteHelmste_20250320_V2

1 Zusammenfassung

Die Deinste-Helmste-Wind GmbH & Co. KG plant, im Zuge eines Repowerings sechzehn bestehende Windenergieanlagen (WEA) durch zehn modernere, leistungsstärkere WEA zu ersetzen. Der Standort von einer der neu zu errichtenden WEA einschließlich ihrer Zuwegung schneidet zwei Flächen an, die Wald im Sinne von § 2 NWaldLG darstellen. Daher wird es notwendig, Wald nach § 8 NWaldLG umzuwandeln. Einer der Waldbestände erstreckt sich auf dem Flurstück 34/1, Flur 4, Gemarkung Helmste. Der andere Waldbestand liegt auf dem Flurstück 31, Flur 4, Gemarkung Helmste. Von Waldumwandlung betroffen sind lediglich Teilflächen dieser zwei Waldbestände, die zusammengenommen eine Größe von 12.028 m² haben.

Waldumwandlung zieht einen Verlust der Waldfunktionen nach sich und ist entsprechend zu kompensieren. In vorliegendem Beitrag wird der Kompensationsumfang ermittelt. Unter Berücksichtigung der jeweiligen funktionalen Wertigkeit der zwei Waldbestände errechnet sich für die Waldumwandlung ein Kompensationsumfang von insgesamt 14.433 m².

Eine von der Unteren Waldbehörde für erforderlich gehaltene Zusatzbetrachtung zur Kohlenstoffspeicherfunktion des Waldes sowie zum Verhältnis von CO₂-Einsparung durch die Windenergieerzeugung und CO₂-Aufnahmeverlust bei einer etwaigen Waldrodung kommt zu folgendem Ergebnis:

Der Vergleich der Kohlenstoffspeicherung von (Lärchen-)Wald, Grünland und Acker anhand der jeweiligen Kohlenstoffvorräte bzw. -teilstoffvorräte zeichnet unter Berücksichtigung unterschiedlicher zeitlicher, aber auch räumlicher Systemgrenzen kein ein eindeutiges Bild zugunsten des Waldes. Die Gegenüberstellung der CO₂-Einsparung durch Windenergieerzeugung und des Verlusts der CO₂-Aufnahme bei einer etwaigen Waldrodung zeigt, dass die CO₂-Einsparung sehr viel höher ausfällt als der CO₂-Aufnahmeverlust. Das CO₂-Einsparpotenzial durch den Betrieb der Windenergieanlage ist so hoch, dass der Verlust des „klimawirksamen Potenzials“ des Lärchenwaldes – das heißt des Kohlenstoffspeichers und des CO₂-Aufnahmevermögens – innerhalb weniger Monate aufgewogen wäre.

Der Fachbeitrag wurde nach bestem Wissen und Gewissen erstellt.

Oederquart, den 20. März 2025

(Dipl.-Forstwirt Steve Wunderlich)

(Dr. rer. nat. Per Schleuß)

2 Problemstellung

Die Deinste-Helmste-Wind GmbH & Co. KG betreibt im Gelände südlich von Deinste und Helmste Stromerzeugung aus Windenergie. Es ist geplant, im Zuge eines Repowerings sechzehn bestehende Windenergieanlagen (WEA) durch zehn modernere, leistungsstärkere WEA zu ersetzen. Der Bau der WEA wird nach § 16 b (1) BImSchG beantragt.

In der aktuellen Planung (ASB ARCHITEKTEN 2024) schneidet der Standort von einer der neu zu errichtenden WEA einschließlich ihrer Zuwegung zwei Flächen an, die Wald im Sinne von § 2 NWaldLG darstellen. Daher wird es notwendig, Wald nach § 8 NWaldLG umzuwandeln. Waldumwandlung zieht einen Verlust der Waldfunktionen nach sich und ist entsprechend zu kompensieren. In vorliegendem Beitrag wird anhand der Waldwertigkeit der Kompensationsumfang ermittelt.

3 Ermittlung des Kompensationsumfangs

Nach den Ausführungsbestimmungen zum NWaldLG (ML 2016) wird im ersten Schritt für jede umzuwandelnde Waldfläche beurteilt, wie die charakteristischen Merkmale der drei Waldfunktionen, Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion, ausgeprägt sind. Dies geschieht durch die Vergabe von Wertpunkten (WP) von 1 (unterdurchschnittlich) bis 4 (herausragend) für jedes einzelne Waldfunktionsmerkmal. Durch Mittelung der WP der Einzelmerkmale erhält man die Wertstufe (WS) für die jeweilige Waldfunktion. Im zweiten Schritt werden für jede Waldfläche die WS der drei grundsätzlich gleichrangig nebeneinanderstehenden und als eine Einheit zu betrachtenden Waldfunktionen arithmetisch gemittelt und so die Waldwertigkeiten berechnet. Aus diesen Waldwertigkeiten ist dann die Kompensationshöhe (Faktor) gemäß Tab. 1 abzuleiten.

Tab. 1: Kompensationshöhen in Abhängigkeit von der Wertigkeit des Waldes nach ML (2016)

Wertigkeit des Waldes	Kompensationshöhe
< 2	1,0 – 1,2
≥ 2 – 3	1,3 – 1,7
> 3	1,8 – 3,0

Falls auf einzelnen Waldflächen herausragende spezielle Waldfunktionen erfüllt werden oder relevante Sondersituationen vorliegen, sind zum ermittelten Kompensationsfaktor Zuschläge zu addieren (vgl. ML 2016). Abschließend werden die Größen der einzelnen Waldflächen mit den jeweiligen Kompensationsfaktoren multipliziert und zur Gesamtkompensationsflächengröße summiert.

3.1 Waldflächen

Von Waldumwandlung betroffen sind zwei Bestände. Einer dieser Waldbestände erstreckt sich auf dem Flurstück 34/1, Flur 4, Gemarkung Helmste. Der andere Waldbestand liegt auf dem Flurstück 31, Flur 4, Gemarkung Helmste (Abb. 1 und Tab. 2). Es handelt sich hierbei um zwei Mischbestände aus Japan-Lärche und Gewöhnlicher Fichte der Altersklasse IV (60 – 80 Jahre) Beide Waldbestände stellen normalen Wirtschaftswald dar.

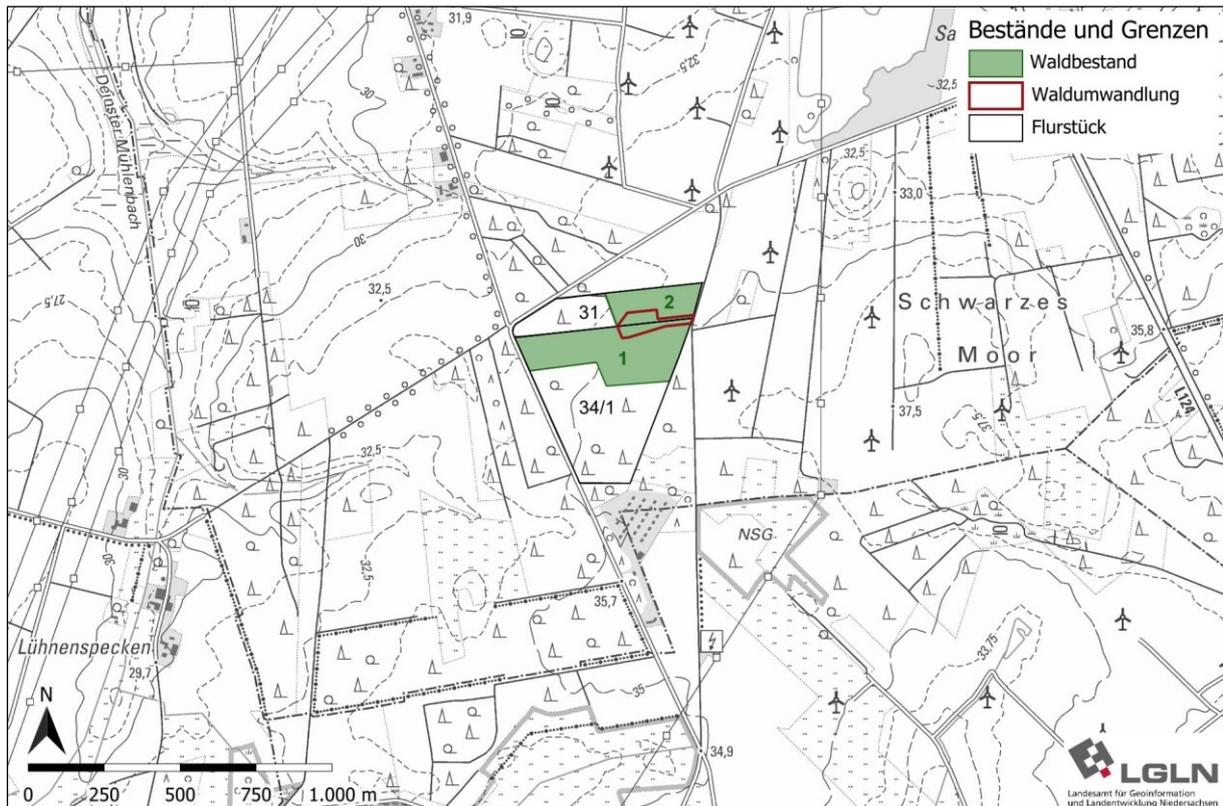


Abb. 1: Lage der zwei von Waldumwandlung betroffenen Waldbestände südlich von Deinste und Helmste (M 1:25.000)

Tab. 2: Kurzcharakteristik der Waldumwandlungsbestände

	Waldbestand 1	Waldbestand 2
Gemarkung	Helmste	Helmste
Flur	4	4
Flurstück	34/1	31
Abteilung ¹⁾	2	2
Unterabteilung und Unterfläche ¹⁾	A ₄	B ₁
Bewirtschaftungsklasse ¹⁾	Normaler Wirtschaftswald	Normaler Wirtschaftswald
Hauptbestand ¹⁾	Japan-Lärche, Gew. Fichte	Japan-Lärche, Gew. Fichte
Altersklasse ¹⁾	IV (60 – 80 Jahre)	IV (60 – 80 Jahre)
Sonstiges	reichlich Fichtenunterstand	reichlich Fichtenunterstand

Legende:

¹⁾Gemäß Auszug aus dem Waldbesitzer- und Bestandesverzeichnis (Stichtag der Forsteinrichtung: 01.10.2001). Die Zuordnung der Altersklassen erfolgte anhand des aktuellen Baumalters.

3.2 Wertigkeit der Waldfunktionen

3.2.1 Nutzfunktion

Die Wertigkeitsermittlung für die Nutzfunktion erfolgt anhand von neun Merkmalen. Es ergeben sich folgende Wertigkeiten:

Befahrbarkeit des Standortes

Die Waldstandorte sind nicht von Grundwasser beeinflusst; der Einfluss von Stauwasser ist gering oder allenfalls moderat. Ausgeprägte Vernässung spielt demnach keine Rolle. Die Waldbestände liegen im Tiefland, in ebenem Gelände. Somit sind keine Steigungen durch Forstfahrzeuge zu überwinden. Zudem sind bezüglich Höhe und Dauer extreme Schneelagen äußerst selten. Die umzuwandelnden Waldbestände sind demnach zuallermeist sehr gut zu befahren. → 4 WP (Wertpunkte)

Erschließung

Die Waldbestände sind ausgehend von einer nahe vorbeiführenden Verbindungstraße durch unbefestigte Forstwege groberschlossen. Eine Feinerschließung ist durch Rückegassen gegeben. → 3 WP

Infrastruktur

Die Bewirtschaftung der zwei Waldbestände erfolgt fachkundig in Betreuung durch die Bezirksförsterei Harsefeld. Für eine rasche Holzabfuhr stehen die unweit vorbeiführende Verbindungsstraße und, im weiteren Verlauf, die Landesstraßen 124 und 123 zur Verfügung. Das nächstgelegene stationäre Sägewerk liegt rund 60 km entfernt. → 3 WP

Gunst der Lage

Die Waldbestände befinden sich im Tiefland mit nur geringfügigen Geländeerhebungen, auf einer Höhe von 35 bis 36 m ü. NN (planare Höhenstufe). Es herrscht atlantisches Tieflandklima mit ziemlich hohen Niederschlägen, hoher relativer Luftfeuchtigkeit, geringer Sonnenscheindauer, geringer Jahresschwankung der Lufttemperatur sowie anhaltend hohen Windgeschwindigkeiten (vgl. ML 2004). Eine ungünstige Geländeexposition liegt jeweils nicht vor. Somit sind abgesehen vom in Küstennähe typischerweise erhöhten Windeinfluss grundsätzlich gute Voraussetzungen für das Baumwachstum gegeben. → 3 WP

Standortskraft

Die Standorte beider Waldbestände werden als frisch/vorratsfrisch und mäßig nährstoffversorgt eingeschätzt. Damit bieten diese weder ausgesprochen günstige noch ungünstige Wachstumsvoraussetzungen. Für die in den umzuwandelnden Teilen jeweils dominierende Japan-Lärche ist der Standort mäßig ertragsfähig (Leistungsklasse 9), für die hier anteilig

weniger bedeutsame Fichte überdurchschnittlich ertragsfähig (Leistungsklasse 12) (vgl. Auszug aus dem Waldbesitzer- und Bestandesverzeichnis). → 2 WP

Bonität/Produktivität

Die in den umzuwandelnden Teilen der zwei Waldbestände dominierende Japan-Lärche fällt in die II. Ertragsklasse, die hier anteilig weniger bedeutsame Fichte in die I. Ertragsklasse¹. Beide Waldbestände sind demnach alles in allem nur durchschnittlich produktiv. → 2 WP

Pflegezustand der Bestände

Die zwei Waldbestände sind gepflegt und wirken stabil. → 3 WP

Forstwirtschaftliche Bedeutung von Holzart und -qualität

Das Holz der jeweils bestandesprägenden Baumart (Lärche) besitzt hohe forstwirtschaftliche Bedeutung. In beiden Beständen ist es von normaler Qualität (Wertklasse 3) (vgl. Auszug aus dem Waldbesitzer- und Bestandesverzeichnis). → 2 WP

Hiebsreife

Die Hauptbaumart der zwei Waldbestände (Lärche) hat ihre Standardumtriebszeit oder aber ihre Zielstärke für Stammholz noch nicht erreicht, erlaubt aber Vornutzungen. → 2 WP

Tab. 3: Bewertung der Nutzfunktion

Nutzfunktion		
Merkmal	Waldbestand 1	Waldbestand 2
Befahrbarkeit	4	4
Erschließung	3	3
Infrastruktur	3	3
Gunst der Lage	3	3
Standortskraft	2	2
Bonität	2	2
Pflegezustand	3	3
Holzart/-qualität	2	2
Hiebsreife	2	2
Wertigkeit der Funktion	2,7	2,7

¹ Ermittlung aus der Leistungsklasse (vgl. Auszug aus dem Waldbesitzer- und Bestandesverzeichnis) gemäß Tab. 1.2 der Waldbewertungsrichtlinien (WBR 2020 in ML [2019] bzw. NLF [2024])

3.2.2 Schutzfunktion

Auch die Wertigkeit der Schutzfunktion wird anhand von neun Merkmalen ermittelt:

Bedeutung für den Biotop- und Artenschutz

Die zwei Waldbestände entsprechen jeweils einem Lärchenforst (WZL) und besitzen damit lediglich allgemeine bis geringe naturschutzfachliche Bedeutung (Wertstufe II nach BIERHALS 2004 in DRACHENFELS 2024). → 1 WP

Naturnähe der Waldgesellschaft

Im Bereich der zwei Waldbestände bildet überwiegend Flattergras-Buchenwald, teils auch Drahtschmielen-Buchenwald die Potentielle Natürliche Vegetation (PNV) (vgl. LANDKREIS STADE 2014). Als Lärchenforste entsprechen beide Bestände nicht der PNV bzw. der natürlichen Waldgesellschaft. → 1 WP

Strukturreichtum

Die zwei Waldbestände zeigen horizontal einen gleichförmigen Aufbau. Vertikal sorgt eine lockere zweite Bestandesschicht aus Fichte für etwas mehr Strukturreichtum. → 2 WP

Bedeutung für Biotopvernetzung

Die beiden Waldbestände sind Teil des Waldbiotopverbundgebiets 'Forst Lühnenspecken und Schwarzes Moor' (WBV-VG-19), wobei sie besondere Bedeutung für den Biotopverbund haben (vgl. LANDKREIS STADE 2014). → 3 WP

Totholzvorkommen

Stehendes Totholz findet sich in keinem der zwei Waldbestände. Liegendes Totholz kommt jeweils nur in sehr geringer Menge vor und speist sich aus schwächeren, im Zuge der natürlichen Differenzierung ausgeschiedenen Bestandegliedern und aus Astholz. → 1 WP

Ungestörtheit des Waldstandortes

Einen historisch alten Waldstandort mit langer Lebensraumkontinuität nimmt keiner der beiden Waldbestände ein (vgl. LANDKREIS STADE 2014). Durch ihre Lage abseits von Siedlungen unterliegen die Waldbestände keinen Standortstörungen, die über das forstwirtschaftlich übliche Maß hinausgehen (keine Grünschnitt-, Boden- und Schuttablagerungen usw.). → 2 WP

Bedeutung für Lärm-, Immissions- und Klimaschutz

Beide Waldbestände erfüllen keine besondere Lärm-, Immissions- und Klimaschutzfunktion (Datensatz des Forstplanungsamts der Niedersächsischen Landesforsten zu den Waldfunktionen). → 1 WP

Bedeutung für Boden- und Gewässerschutz

Den zwei Waldbeständen ist keine besondere Bodenschutzfunktion, beispielsweise als Erosions- oder Lawinenschutzwald, zugeordnet (Datensatz des Forstplanungsamts der Niedersächsischen Landesforsten zu den Waldfunktionen). Sie liegen außerhalb von Wasserschutzgebieten sowie fernab von Oberflächengewässern, insbesondere von solchen, die der Wasserrahmenrichtlinie unterliegen (vgl. MU 2024). Eine besondere Gewässerschutzfunktion erfüllen die Waldbestände demnach ebenfalls nicht. → 1 WP

Struktureichtum des Waldrandes

Waldbestand 1 ist ausschließlich von anderen Waldflächen umgeben und besitzt somit keine Waldaußenränder. Die vorhandenen Waldinnenränder werden lediglich vom Trauf gebildet. → 1 WP

Waldbestand 2 weist im Norden einen Waldaußenrand bestehend aus dem Waldtrauf und einem minimal ausgeprägten Waldmantel auf. Im Osten wird der Waldbestand von einer Reihe älterer Eiche gesäumt, die ihn zu einem vorbeiführenden Weg hin abgrenzt. Im Westen und Süden existieren Waldinnenränder, die lediglich aus dem Trauf bestehen. → 2 WP

Tab. 4: Bewertung der Schutzfunktion

Schutzfunktion		
Merkmal	Waldbestand 1	Waldbestand 2
Bedeutung für Biotop- und Artenschutz	1	1
Naturnähe der Waldgesellschaft	1	1
Struktureichtum	2	2
Bedeutung für Biotopvernetzung	3	3
Totholzvorkommen	1	1
Ungestörtheit des Waldstandortes	2	2
Lärm-, Immissions- und Klimaschutz	1	1
Boden- und Gewässerschutz	1	1
Struktureichtum des Waldrandes	1	2
Wertigkeit der Funktion	1,4	1,6

3.2.3 Erholungsfunktion

Bei der Erholungsfunktion werden fünf Merkmale für die Wertigkeitsermittlung herangezogen:

Frequentierung/Sicherung der Erholung

Die zwei Waldbestände werden in der Regel nicht oder allenfalls sehr sporadisch durch Erholungssuchende frequentiert. Ihre Bedeutung zur Sicherung der Erholung ist somit gering. → 1 WP

Vorranggebiet für Erholung

Für den Bereich der Waldbestände ist weder ein Vorbehaltsgebiet noch ein Vorranggebiet für Erholung ausgewiesen (vgl. LANDKREIS STADE 2013). Die Waldbestände liegen in einer Gegend mit moderater Bedeutung für Tourismus und Erholung. → 2 WP

Bedeutung für das Landschaftsbild

Die Waldbestände liegen in der 'Beverner Geest', einer naturräumlichen Untereinheit der 'Zeve-ner Geest', die ihrerseits Teil der naturräumlichen Region 'Stader Geest' ist. Charakteristisch für die 'Beverner Geest' ist ein Wechsel von lehmgeprägten Geestkuppen und Geestrücken mit feuchten bis nassen Mulden und Niederungen. Auf den Kuppen und Rücken herrscht Ackerland vor, das bisweilen von größeren Buchen-Eichenwäldern und Nadelholzforsten unterbrochen wird. Die zwei Waldbestände sind Teil der Landschaftsbildeinheit 'Wald-Offenland-Komplex zwischen Frankenmoor und Rüstjer Forst' (LBE-085), ein Gebiet mit mittlerer Bedeutung für das Landschaftsbild und das Landschaftserleben (vgl. LANDKREIS STADE 2014). → 2 WP

Gestalterischer Wert des Bestandes/Parkwaldung

Beide Waldbestände wurden unter forstwirtschaftlichen Gesichtspunkten begründet und gepflegt. Sie besitzen somit keinerlei gestalterischen Wert. → 1 WP

Touristische Erschließung

Die Waldbestände sind nicht touristisch erschlossen. Es führen weder markierte Wander-, Rad- und Reitwege noch Skiloipen oder ähnliches durch sie hindurch bzw. an ihnen vorbei. Allenfalls Waldbestand 1 wird im Westen auf kurzer Strecke vom Radweg zwischen Deinste und Ohrensen tangiert → 1 WP

Tab. 5: Bewertung der Erholungsfunktion

Erholungsfunktion		
Merkmal	Waldbestand 1	Waldbestand 2
Frequentierung/Erholungssicherung	1	1
Vorranggebiet für Erholung	2	2
Bedeutung für das Landschaftsbild	2	2
Gestalterischer Wert/Parkwaldung	1	1
Touristische Erschließung	1	1
Wertigkeit der Funktion	1,4	1,4

3.3 Kompensationsflächengröße

Tab. 6 zeigt die Berechnung der Waldwertigkeit und der davon abhängigen Kompensationsflächengröße. Die Wertigkeit der zwei Waldbestände beträgt 1,9 Punkte. Durch Verteilung des nach Tab. 1, S. 2 abzuleitenden Kompensationshöhenintervalls (1,0 – 1,2) auf den Wertebereich der Waldwertigkeit (<2) ergibt sich jeweils ein Kompensationsfaktor von 1,2. Zuschläge aufgrund besonderer Waldfunktionen oder Sondersituationen sind bei keinem der beiden Waldbestände zu berücksichtigen. Durch Summierung der Produkte aus Umwandlungsteilfläche und Kompensationsfaktor ergibt sich eine Kompensationsflächengröße von 14.433 m².

Tab. 6: Berechnung der Kompensationsflächengröße

Merkmal	Waldbestand 1	Waldbestand 2
Nutzfunktion	2,7	2,7
Schutzfunktion	1,4	1,6
Erholungsfunktion	1,4	1,4
Wertigkeit des Waldes ¹⁾	1,8	1,8
Kompensationsfaktor ²⁾	1,2	1,2
Umwandlungsteilfläche ³⁾	6.161 m ²	5.867 m ²
Kompensationsfläche⁴⁾	7.393 m ²	7.040 m ²
	14.433 m²	

Legende:

- ¹⁾ Mittelwert aus den einzelnen, gleichgewichteten Funktionswertigkeiten
- ²⁾ ermittelt durch Verteilung der nach Tab. 1, S. 2 abzuleitenden Kompensationshöhenintervalle (1,0 – 1,2) auf den Wertebereich der Waldwertigkeit (jeweils <2)
- ³⁾ ermittelt in GIS auf Grundlage der aktuellen Planzeichnung (ASB ARCHITEKTEN 2024)
- ⁴⁾ Produkt aus Umwandlungsteilfläche und Kompensationsfaktor

4 Zusatzbetrachtung

4.1 Kohlenstoffspeicherung

Mit der bis hierher vorgenommenen Ermittlung der Kompensationsflächengröße sind die waldrechtlichen Bestimmungen zur Kompensationsbedarfsermittlung bei Waldumwandlung nach § 8 NWaldLG vollständig berücksichtigt. In der Situation jedoch, dass der Landkreis Stade einen geringen Waldanteil aufweist und Wald im Normalfall einen erheblichen Kohlenstoffspeicher darstellt, sieht die Untere Waldbehörde einen besonderen Grund für den Erhalt des Waldes anstelle seiner Beseitigung für die Errichtung einer Windenergieanlage. Zumindest aber möchte es sich die Untere Waldbehörde vorbehalten, einen höheren Kompensationsbedarf anzusetzen als in Kap. 3 des vorliegenden Fachbeitrags ermittelt, falls dem Walderhalt im Abwägungsprozess gewichtigere Gründe bzw. Interessen entgegenstehen. (Herr Dr. Andreas [Fachbereich Naturschutz des Landkreises Stade], mündliche Mitteilung; zuletzt bei gemeinsamem Gesprächstermin am 17.09.2024 mit ihm, Herrn Werner [Deinste-Helmste Wind GmbH & Co. KG], Herrn Handelsmann [selbständiger Unternehmensberater] sowie Frau Michaelsen und Herrn Wunderlich [Ingenieurbüro Prof. Dr. Oldenburg GmbH]).

Die Errichtung von Windenergieanlagen im Wald als Beitrag zum Klimaschutz ist eine von mehreren aktuell diskutierten Optionen (vgl. SCHULZE et al. 2021). Grund hierfür ist, dass je nach Situation „die Einsparung von CO₂ durch Windenergieanlagen [...] um einen Faktor von mehr als 1.000 höher [liegen kann], als die durch die dafür notwendige Rodung von Wald verlorene CO₂-Aufnahme“ (UBA 2021). Problematisch hieran ist jedoch, dass andere wichtige Ökosystemleistungen des Waldes nach dessen Umwandlung in einen Windenergieanlagenstandort nicht mehr erbracht werden können. Daher liegt es nahe, Windenergieanlagen vorzugsweise außerhalb von Wäldern, auf Intensivgrünland und Acker zu errichten. Gegenüber Waldökosystemen stellen Intensivgrünland und Acker Ökosysteme dar, deren Leistungen mit Blick auf Qualität bzw. Schutz von Luft, Wasser und Boden, auf (naturnahe) Lebensgemeinschaften, aber auch auf Erholungsfunktionalität geringer einzuschätzen sind.

Die Ökosystemleistungen von Wald überschneiden sich weitgehend mit Teilaspekten der drei übergeordneten Waldfunktionen, die in Kap. 3 des vorliegenden Fachbeitrags betrachtet wurden. Die Kohlenstoffspeicherfunktion findet in dieser Betrachtung allerdings keine ausdrückliche Berücksichtigung. Im Folgenden wird daher der Kohlenstoffvorrat von Wald mit den Kohlenstoffvorräten von (Intensiv-)Grünland und Acker - als grundsätzlich alternative Windenergieanlagenstandorte - verglichen. Dieser Vergleich soll einen Eindruck von der Wertigkeit des Waldes bezüglich Kohlenstoffspeicherung gegenüber den beiden anderen Nutzungsformen

vermitteln und eine Grundlage für den Abwägungsprozess der Waldumwandlung bzw. für die Anpassung des Kompensationsbedarfs bilden.

Um mit vertretbarem Aufwand die Kohlenstoffvorräte von Wald, Grünland und Acker gegenüberstellen zu können (vgl. Tab. 7), war es notwendig, einige Grundannahmen zu treffen und Vereinfachungen vorzunehmen. Zunächst wurde der Kohlenstoffspeicher der drei Ökosystemtypen als bestehend aus den Teilspeichern 'oberirdische Biomasse' und 'Boden' angenommen. Die oberirdische Biomasse umfasst in vorliegender Betrachtung den Holzvorrat einschließlich Totholz (Wald), die Masse des „Grasbestands“ (Grünland) bzw. die Masse der Feldfrucht (Acker). Der Holzvorrat bezieht sich auf die Baumart Lärche, die Hauptbaumart der beiden umzuwandelnden Bestände. Als „Grasbestand“ wurde der Aufwuchs von Wiesen, das heißt Grünland mit Schnittnutzung, berücksichtigt. Als Feldfrucht wiederum wurde Silomais angenommen, der in der Region häufig angebaut wird. Werte für den Kohlenstoffvorrat der oberirdischen Biomasse von (Lärchen-)Wald wurden der Kohlenstoffinventur 2017 (JOHANN HEINRICH VON THÜNEN-INSTITUT 2024) entnommen. Bei Grünland und Acker wurden die Kohlenstoffvorräte der oberirdischen Biomasse aus den Ertragswerten für Wiesen-Grünschnitt bzw. Silomais (STATISTISCHES BUNDESAMT 2024) unter Ansatz eines geschätzten Kohlenstoffgehalts für krautige Pflanzen von 40 % in der Trockenmasse errechnet. Der Boden umfasst bei Wald die organische Auflage (Auflagehumus) und den Mineralboden bis 90 cm Tiefe, bei Grünland und Acker den Mineralboden bis 100 cm. Für die Quantifizierung der Boden-Kohlenstoffvorräte erfolgte ein Rückgriff auf Werte aus der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II, WELLBROCK et al. 2016) bzw. aus der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft (BZE-LW, POEPLAU et al. 2020). Sowohl für die oberirdische Biomasse als auch für den Boden wurden bei allen drei Ökosystemtypen demnach Werte verwendet, die einen bundesweiten Durchschnitt wiedergeben, was für die hiesige Betrachtung aber als hinreichend erscheint.

Tab. 7: Gegenüberstellung der Kohlenstoffvorräte von Wald, Grünland und Acker

Kompartiment	Kohlenstoffvorrat (t C ha ⁻¹)		
	Wald	Grünland	Acker
Biomasse ¹⁾	92	3	6
Boden ²⁾	110	135	96
Summe	202	138	102

Legende:

¹⁾ Wald: C-Vorrat in der oberirdischen Biomasse für Lärchenwald der Altersstufe 60 – 80 Jahre (JOHANN HEINRICH VON THÜNEN-INSTITUT 2024)

Grünland: Produkt aus Ertrag auf Wiesen (70,4 dt ha⁻¹ bzw. 7,04 t ha⁻¹ [STATISTISCHES BUNDESAMT 2024]) und geschätztem C-Gehalt für krautige Pflanzen (0,4 bzw. 40 % TM)

Acker: Produkt aus Ertrag von Silomais/Grünmais einschließlich Lieschkolbenschrot (443,7 dt ha⁻¹ bzw. 44,37 t ha⁻¹ Grünmasse [STATISTISCHES BUNDESAMT 2024]), Trockenmasse-Anteil (0,35 bzw. 35 %) und geschätztem C-Gehalt für krautige Pflanzen (0,4 bzw. 40 % TM)

²⁾ Wald: C-Vorrat in Auflagehumus und Mineralboden bis 90 cm Tiefe für den Bestockungstyp 'Sonstiger Nadelwald' (WELLBROCK et al. 2016)

Grünland/Acker: C-Vorrat in Mineralboden bis 100 cm Tiefe (POEPLAU et al. 2020)

einfach zu erhebenden Kohlenstoffvorräten allerdings kaum zur Verfügung. Darüber hinaus ist die NPP lediglich als Potenzial zum Kohlenstoffvorratsaufbau zu betrachten, das auf Ebene des Waldbestandes je nach Baumalter sehr unterschiedlich ist. Eine hohe NPP ist besonders dann vorteilhaft, wenn das hierdurch aufgenommene CO₂ sehr langfristig gespeichert wird, und umgekehrt. Diesbezüglich ist anzunehmen, dass Wald gegenüber Grünland und Acker „klimagünstiger“ ist. Grund hierfür ist, dass sich der Kohlenstoffspeicher des Waldes (hier vor allem als oberirdische Biomasse verstanden) über viele Jahre aufbaut und das Holz bzw. der Kohlenstoff - eine entsprechende Holzqualität vorausgesetzt - zu einem erheblichen Teil in langlebigere Produkte (Bauholz im weiteren Sinne, Möbelholz) eingeht. Demgegenüber wird der oberirdische Kohlenstoffvorrat von Grünland und Acker jährlich abgebaut und der Grünschnitt bzw. die Feldfrucht von heterotrophen Organismen zur Energiegewinnung verstoffwechselt (Nahrungsaufnahme von Menschen und Tieren, aber auch von Mikroorganismen in einer Biogasanlage usw.), wobei allerdings ein gewisser Teil dieses Kohlenstoffs zeitweise in die Organismen eingebaut wird (Lebendmasse) oder aber als Wirtschaftsdünger (Gülle, Gärreste usw.) dem Boden zugeführt werden. Allerdings folgen sowohl bei Wald als auch bei Grünland und Acker noch weitere Prozesse bis die jeweiligen Kohlenstoffkreisläufe geschlossen sind. Letztlich kommt man auch mit der NPP wieder zur Frage nach der zeitlichen und räumlichen Definition eines Kohlenstoffspeichers bzw. nach den Systemgrenzen für eine adäquate CO₂-Bilanzierung. Um die dargestellten Schwierigkeiten mit dem oberirdischen Kohlenstoffspeicher zu umgehen, wäre es denkbar, nur den unterirdischen Kohlenstoffspeicher, das heißt den Kohlenstoffvorrat des Bodens, zwischen Wald, Grünland und Acker zu vergleichen. Dies stellt insofern einen gangbaren Weg dar, als dass der Bodenkohlenstoffvorrat insbesondere bei Böden ohne carbonatisches Grundgestein von der oberirdischen Kohlenstoffdynamik wesentlich mitbestimmt wird und somit kein abgeschlossenes Reservoir bildet. Wie Tab. 7, S. 11 - die Daten der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II, WELLBROCK et al. 2016) bzw. der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft (BZE-LW, POEPLAU et al. 2020) wiedergibt - zeigt, ist der Bodenkohlenstoffvorrat von Grünland am höchsten. An zweiter Stelle steht Wald. Acker bevorratet am wenigsten Kohlenstoff im Boden. Der Bodenkohlenstoffvorrat von Grünland ist gegenüber Wald um rund 23 %, gegenüber Acker um rund 41 % höher. Damit ergibt sich ein anderes Bild als beim obigen Vergleich des gesamten Kohlenstoffvorrats.

4.2 CO₂-Einsparung der Windenergieanlage vs. CO₂-Aufnahme des Waldes

In Kap. 4.1 wurde einleitend erwähnt, dass die CO₂-Einsparung durch Windenergieerzeugung den Verlust der CO₂-Aufnahme bei einer etwaigen Waldrodung um mehr als das Tausendfache übersteigen kann. Grundlage dieser Aussage war eine Beispielrechnung des Umweltbundes-

amtes (UBA 2022). Bei einem gemeinsamem Gesprächstermin von Herrn Dr. Andreas und Frau Ipsen (Fachbereich Naturschutz des Landkreises Stade) sowie Frau Dr. Hoeft, Herrn Dr. Schleuß und Herrn Wunderlich (Ingenieurbüro Prof. Dr. Oldenburg GmbH) am 28.01.2025 wurde sich darauf verständigt, eine solche Vergleichsrechnung konkret für die Situation der im Rahmen des Repoweringvorhabens der Deinste-Helmste Wind GmbH & Co. KG im Wald geplanten Windenergieanlage durchzuführen.

CO₂-Einsparung der Windenergieanlage: Die im Wald geplante Windenergieanlage ist vom Typ Vestas V172 mit einer Nennleistung von 7,2 MW bzw. 7.200 kW. Als Volllastzeit werden 2.500 h a⁻¹ angesetzt (vgl. DEUTSCHE WINDGUARD GMBH 2020). Das Produkt aus Nennleistung und Volllastzeit ergibt die von der Windenergieanlage jährlich erzeugte Energie. Diese beträgt 18 x 10⁶ kWh a⁻¹. Die CO₂-Einsparung errechnet sich, indem die jährlich von der Windenergieanlage erzeugte Energie mit den spezifischen CO₂-Emissionen des deutschen Strommixes multipliziert wird. Im Jahr 2023 wurden bei der Stromerzeugung in Deutschland durchschnittlich 380 g CO₂ kWh⁻¹ emittiert (UBA 2025). Zu diesem Wert tragen vor allem die hohen spezifischen CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung mit fossilen Energieträgern bei. Wird die Stromerzeugung zunehmend von regenerativen Energieträgern mit geringen spezifischen CO₂-Emissionen - insbesondere Windenergieanlagen - geleistet, kann der CO₂-Ausstoß des Strommixes insgesamt reduziert und somit CO₂ eingespart werden. In hiesigem Fall beläuft sich die CO₂-Einsparung auf 6,840 x 10⁹ g CO₂ a⁻¹ bzw. 6.840 t CO₂ a⁻¹ (Tab. 8). Wird nur mit den spezifischen CO₂-Emissionen aus der Stromerzeugung mit fossilen Energieträgern als Einsparpotenzial gerechnet (305 g CO₂ kWh⁻¹)², ergibt sich eine CO₂-Einsparung von 5,485 x 10⁹ g CO₂ a⁻¹ bzw. 5.485 t CO₂ a⁻¹.

Tab. 8: Berechnung der CO₂-Einsparung durch die Windenergieanlage

Kenngröße	Einheit	Vestas V172
Nennleistung ¹⁾	kW	7.200
Volllastzeit ²⁾	h a ⁻¹	2.500
Jährlich erzeugte Energie	kWh a ⁻¹	18 x 10 ⁶
Spezifische CO ₂ -Emission d. dt. Strommix ³⁾	g CO ₂ kWh ⁻¹	380
CO₂-Einsparung	t CO₂ a⁻¹	6.840

Legende:

¹⁾ Datenblatt der Windenergieanlage V172-7.2 MW™ (VESTAS WIND SYSTEMS A/S 2025)

²⁾ Annahme auf Basis von Angaben in DEUTSCHE WINDGUARD GMBH (2020)

³⁾ Bezugsjahr 2023 (UBA 2025)

² Summe der nach Anteil am deutschen Strommix 2023 gewichteten spezifischen CO₂-Emissionen der fossilen Energieträger (Erdgas, Steinkohle, Braunkohle). Datengrundlage: ENERCITY AG (2025), BNETZA (2025)

CO₂-Aufnahme des Waldes: Hauptbaumart im hier betrachteten Wald ist Japan-Lärche der Altersstufe IV (60 – 80 Jahre) in der II. Ertragsklasse. Als Maß für die CO₂-Aufnahme wird der laufende jährliche Zuwachs des Lärchenbestandes im Alter 60 Jahre (IZ₆₀) verwendet. Der IZ₆₀ beträgt nach Ertragstafel rund 8 Vfm ha⁻¹ a⁻¹ (LFB 2016). Durch Multiplikation des IZ₆₀ mit einer Rohdichte von Lärchenholz von 0,54 g cm⁻³ (ALBRECHT 1972, zit. in FVA 2021) und einem durchschnittlichen Kohlenstoffgehalt von Holz von 50 % (Faustzahl, als dimensionslose Dezimale: 0,5) errechnet sich die Menge an Kohlenstoff, die gegenwärtig durch das Wachstum des Lärchenbestandes jährlich aufgenommen wird. Diese beträgt 2,160 x 10⁶ g C ha⁻¹ a⁻¹ bzw. 2,160 t C ha⁻¹ a⁻¹, was wiederum 7,921 t CO₂ ha⁻¹ a⁻¹ entspricht. Für die Errichtung der Windenergieanlage werden 1,2 ha Lärchenwald umgewandelt bzw. gerodet. Dementsprechend beläuft sich die Menge an CO₂, die gegenwärtig aufgenommen, aufgrund von Waldumwandlung zukünftig jedoch nicht mehr gebunden werden kann, auf 9,5 t CO₂ a⁻¹.

Tab. 9: Berechnung der CO₂-Aufnahme durch den Lärchenwald

Kenngröße	Einheit	Japan-Lärche, 60 – 80 Jahre, II. Ertragsklasse
laufender jährlicher Zuwachs ¹⁾	Vfm ha ⁻¹ a ⁻¹	8
Holz-Rohdichte ²⁾	g cm ⁻³	0,54
C-Gehalt Holz ³⁾	-	0,50
C-Aufnahmerate	t C ha ⁻¹ a ⁻¹	2,160
CO ₂ -Aufnahmerate ⁴⁾	t CO ₂ ha ⁻¹ a ⁻¹	7,921
Flächengröße Waldumwandlung ⁵⁾	ha	1,2
CO₂-Einsparung	t CO₂ a⁻¹	9,5

Legende:

- ¹⁾ Bezugsbestandessalter 60 Jahre, Wert aus Ertragstafel (SCHÖBER 1953, zit. in LFB 2016) / 1 Vfm = 1 Vorratsfestmeter = 1 m³ Derbholz mit Rinde
²⁾ ALBRECHT (1972), zit. in FVA (2021)
³⁾ Faustzahl: 50 %, dargestellt als dimensionslose Dezimale
⁴⁾ CO₂-Aufnahmerate = C-Aufnahmerate x 3,667
⁵⁾ Summe der Flächengrößen der zwei Waldumwandlungsteilflächen aus Tab. 6, S. 9

Vergleich: Durch den Betrieb der geplanten Windenergieanlage können je nach Bezugsrahmen 6.840 t CO₂ a⁻¹ bzw. 5.485 t CO₂ a⁻¹ eingespart werden. Die für die Errichtung der Windenergieanlage notwendige Waldumwandlung bewirkt, dass 9,5 t CO₂ a⁻¹ nicht mehr durch Wachstum des Lärchenwaldes aufgenommen werden können. Diese Zahlen zeigen, dass die CO₂-Einsparung durch die Windenergieanlage etwa 600- bis 700-fach höher ist, als der Verlust von CO₂-Aufnahme durch den Lärchenwald. Das heißt, die Vermeidung von CO₂-Emissionen aus der „Verstromung“ fossiler Energieträger durch den alternativen Betrieb der Windenergieanlage kompensiert den Verlust des CO₂-Aufnahmepotenzials des Lärchenwaldes um ein Vielfaches.

Bezüglich des Kohlenstoffspeichers des Lärchenwaldes ergibt sich folgendes Bild. Angenommen, mit der Waldumwandlung ginge der gesamte Kohlenstoffvorrat (oberirdische Biomasse

(SCHÖBER 1953 zit. in LFB 2016) kann der IZ nur bis zu einem Bestandesalter von 60 Jahren entnommen werden. Ab dem Alter 30 Jahre ist der IZ der Japan-Lärche rückläufig. Da der hiesige Lärchenbestand bereits fast 75 Jahre alt ist, wird seine gegenwärtige Wachstumsrate und damit die CO₂-Aufnahme durch den in hiesiger Berechnung verwendeten IZ₆₀ daher etwas überschätzt. Da sich der IZ auf die Derbholzmasse (Schaftholz, Rinde und Astholz > 7 cm Durchmesser) bezieht, entspricht er nicht dem gesamten Biomassezuwachs, was wiederum eine Unterschätzung der CO₂-Aufnahme bedeutet. Alles in allem dürften sich die hier diskutierten Aspekte allerdings kaum auf die wesentlichen Aussagen des obigen Vergleichs von CO₂-Einsparung durch die Windenergieanlage und der CO₂-Aufnahme durch den Wald auswirken.

4.3 Fazit

Der Vergleich der Kohlenstoffspeicherung von (Lärchen-)Wald, Grünland und Acker anhand der jeweiligen Kohlenstoffvorräte bzw. -teilverräte (Kap. 4.1) zeichnet unter Berücksichtigung unterschiedlicher zeitlicher, aber auch räumlicher Systemgrenzen kein ein eindeutiges Bild zugunsten des Waldes. Die Gegenüberstellung der CO₂-Einsparung durch Windenergieerzeugung und des Verlusts der CO₂-Aufnahme bei einer etwaigen Waldrodung (Kap. 4.2) zeigt, dass die CO₂-Einsparung sehr viel höher ausfällt als der CO₂-Aufnahmeverlust. Das CO₂-Einsparpotenzial durch den Betrieb der Windenergieanlage ist so hoch, dass der Verlust des „klimawirksamen Potenzials“ des Lärchenwaldes – das heißt des Kohlenstoffspeichers und des CO₂-Aufnahmevermögens – innerhalb weniger Monate aufgewogen wäre. Problematisch hieran ist allerdings, dass mit der Waldrodung zur Schaffung eines Windenergieanlagenstandorts weitere wichtige Ökosystemleistungen bzw. Funktionen des Waldes verloren gehen. Dieser Verlust wird jedoch durch die gemäß NWaldLG zu leistende Ersatzaufforstung angemessen kompensiert.

5 Arbeitsunterlagen

- ASB ARCHITEKTEN (2024): WP Deinste-Helmste – Lageplan WEA 10 (M 1:2.000), Entwurfsverfasser: Alexandra Schulte-Beckmann, Stand 22.11.2024
- BIERHALS E., DRACHENFELS O. V. UND RASPER M. (2004): Wertstufen und Regenerationsfähigkeit der Biotoptypen in Niedersachsen. Inform.d. Naturschutz Niedersachs. 24, Nr. 4: 231–240
- BNETZA - BUNDESNETZAGENTUR FÜR ELEKTRIZITÄT, GAS, TELEKOMMUNIKATION, POST UND EISENBAHNEN (2025): Internetportal: SMARD - Strommarktdaten für Deutschland, Rubrik: Energiemarkt aktuell - Der Strommarkt im Jahr 2024. [online] URL: <https://www.smard.de/page/home/topic-article/211784/215556> (Abruf März 2025)
- DEUTSCHE WINDGUARD GMBH (2020): Volllaststunden von Windenergieanlagen an Land – Entwicklung, Einflüsse, Auswirkungen. Bericht im Auftrag des Bundesverbands WindEnergie e.V., Berlin sowie des Landesverbands Erneuerbare Energien NRW e.V., Düsseldorf, 54 S. [online] URL: https://www.windguard.de/veroeffentlichungen.html?file=files/cto_layout/img/unternehmen/veroeffentlichungen/2020/Volllaststunden%20von%20Windenergieanlagen%20an%20Land%2020.pdf (Abruf März 2025)
- DRACHENFELS O. V. (2024): Rote Liste der Biotoptypen in Niedersachsen – Regenerationsfähigkeit, Biotopwerte, Grundwasserabhängigkeit, Nährstoffempfindlichkeit, Gefährdung. Inform.d. Naturschutz Niedersachs. 43, Nr. 2, S. 69–140
- DRACHENFELS O. V. (2021): Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung der gesetzlich geschützten Biotope sowie der Lebensraumtypen von Anhang I der FFH-Richtlinie. Stand März 2021. Naturschutz Landschaftspf. Niedersachs. Heft A/4: 336 S. Hannover (mit Korrekturen und Änderungen, Stand 01.03.2023)
- ENERCITY AG (2025): Themenportal - #unsere Welt, Rubrik - Gut zu wissen: Fakten zur Energie- und CO₂-Bilanz von Windkraftanlagen. [online] URL: <https://www.enercity.de/magazin/unsere-welt/energiebilanz-windenergieanlagen> (Abruf März 2025)
- FVA - FORSTLICHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (2021): Alternative Baumarten im Klimawandel - Eine Stoffsammlung. Artensteckbriefe 2.0. [online] URL: https://www.fva-bw.de/fileadmin/publikationen/sonstiges/2021_fva_artensteckbriefe.pdf (Abruf März 2025)
- JOHANN HEINRICH VON THÜNEN-INSTITUT (2024): Ergebnisdatenbank der Bundeswaldinventur – Kohlenstoffinventur 2017. [online] URL: <https://bwi.info/?lang=de> (Abruf Dezember 2024)
- LFB - LANDESBETRIEB FORST BRANDENBURG (Hrsg.) (2016): Hilfstafeln für den Forstbetrieb - Grafische Ertragstafelauszüge für das nordostdeutsche Tiefland. 3. Auflage [online] URL: <https://forst.brandenburg.de/sixcms/media.php/9/ertragstafeln.pdf> (Abruf März 2025)
- LANDKREIS STADE (2013): Regionales Raumordnungsprogramm 2013 – Landkreis Stade
- LANDKREIS STADE (2014): Landschaftsrahmenplan für den Landkreis Stade – Neuaufstellung 2014
- LBEG - LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE (2024): NIBIS®KARTENSERVEN. [online] URL: <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/> [Abruf Dezember 2024]
- ML - NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR DEN LÄNDLICHEN RAUM, ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2004): Langfristige ökologische Waldentwicklung. Richtlinien zur Baumartenwahl. Aus dem Walde – Schriftenreihe Waldentwicklung Niedersachsen 54, 145 S.
- ML - NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, VERBRAUCHERSCHUTZ UND LANDESENTWICKLUNG (2016): Ausführungsbestimmungen zum NWaldLG. RdErl. d. ML v. 5.11.2016 – 406-64002-136 – In: NIEDERSÄCHSISCHE STAATSKANZLEI (2016): Niedersächsisches Ministerialblatt Nr. 43/2016 vom 16.11.2016, S. 1087-1110.
- ML - NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT, VERBRAUCHERSCHUTZ UND LANDESENTWICKLUNG (2019): Waldbewertungsrichtlinien (WBR 2020). RdErl. d. ML v. 4. 12. 2019 – 405-64310-30.1-2 – In: NIEDERSÄCHSISCHE STAATSKANZLEI (2019): Niedersächsisches Ministerialblatt Nr. 48/2019 vom 11.12.2019, S. 1717-1818.

- MU - NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE UND KLIMASCHUTZ (2024): Niedersächsische Umweltkarten. [online] URL: https://www.umweltkarten-niedersachsen.de/GlobalNetFX_Umweltkarten/ [Abruf Dezember 2024]
- NLF - NIEDERSÄCHSISCHE LANDESFORSTEN (2024): Ertragstafeln - Umrechnung von Ertragsklassen in Leistungsklassen. [online] URL: https://www.landesforsten.de/wp-content/uploads/2018/05/tab_2_umrechnung_01.pdf In: Downloads Waldbewertung. URL: <https://www.landesforsten.de/bewirtschaften/unsere-dienstleistungen/waldbewertung/> [Abruf Dezember 2024].
- NIEDERSÄCHSISCHE STAATSKANZLEI (2002): Niedersächsisches Gesetz über den Wald und die Landschaftsordnung (NWaldLG) vom 21. März 2002 (Nds. GVBl. S. 112), zuletzt geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 17.05.2023 (Nds. GVBl. S. 315)
- POEPLAU C., JACOBS A., DON A., VOS C., SCHNEIDER F., WITTNEBEL M., TIEMEYER B., HEIDKAMP A., PRIETZ R., and FLESSA H. (2020): Stocks of organic carbon in German agricultural soils – Key results of the first comprehensive inventory. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2020, 183, 665–681
- SCHULZE E. D., ROCK J., KROIHER F., EGENOLF V., WELLBROCK N., IRSLINGER R., BOLTE A., und SPELLMANN H. (2021): Klimaschutz mit Wald – Speicherung von Kohlenstoff im Ökosystem und Substitution fossiler Brennstoffe. *Biol. Unserer Zeit* 1/2021 (51), 46–54
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2024): GENESIS-Online – Datenbank des Statistischen Bundesamtes. Ernte-u. Betriebsbericht: Feldfrüchte und Grünland. Tabelle 41241-0005 (Anbaufläche, Erntemenge, Ertrag je Hektar (Feldfrüchte und Grünland): Deutschland, Jahre, Fruchtarten) [online] URL: <https://www-genesis.destatis.de/datenbank/online/statistic/41241/table/41241-0005> (Abruf Dezember 2024)
- UBA – Umweltbundesamt (2021): Themenpapier - Ökobilanz der Windenergieanlagen an Land. [online] URL: https://stories.umweltbundesamt.de/system/files/document/20210527_Themenkompass_Oekobilanz.pdf (Abruf Dezember 2024)
- UBA – Umweltbundesamt (2025): Themenportal - Energiebedingte Emissionen von Klimagasen und Luftschadstoffen: Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommixes [online] URL: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energiebedingte-emissionen#treibhausgas-emissionen-des-deutschen-strommixes> (Abruf März 2025)
- VESTAS WIND SYSTEMS A/S (2025): Datenblatt - V172-7.2 MW™. [online] URL: <https://www.vestas.com/en/energy-solutions/onshore-wind-turbines/enventus-platform/V172-7-2-MW> [Abruf März 2025]
- WELLBROCK N., BOLTE A., und FLESSA H. (eds) (2016): Dynamik und räumliche Muster forstlicher Standorte in Deutschland – Ergebnisse der Bodenzustandserhebung im Wald 2006 bis 2008. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig, Thünen Report 43: 550 S.