

Projekt: Waldgutachten
Untersuchung zu Bodenchemie, Humuszustand und
Bodenvegetation zur Abschätzung möglicher
Gefährdungen der Waldbestände durch die geplante
Erweiterung der Kälbermastanlage am Standort Warlow

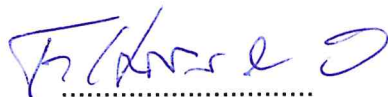
Auftraggeber: Van Dam Naturalys GmbH
Ludwigsluster Straße 17 e
19288 Warlow

Auftragnehmer: UWEG Umwelt-Forschungs- und
Dienstleistungsgesellschaft mbH
Ingenieurbüro Umwelt u. Akkreditiertes Prüflabor für
chemische Untersuchungen
Coppistraße 10, 16227 Eberswalde
Tel. 03334 / 4295-10, Fax -18,
E-Mail service@uweg-online.de

Projektbearbeiter: Dr. F. Hornschuch

Ort, Datum: Eberswalde, 16.09.2020

Unterschriften:



Dr. F. Hornschuch
Projektbearbeiter



Dr. J. Kletzin
Geschäftsführer

Inhalt

1 Einleitung	4
2 Lage des Untersuchungsgebietes	6
3 Schutzgebiete, geschützte Biotope und Waldfunktionen	6
3.1 Schutzgebiete.....	6
3.2 Geschützte Waldbiotope.....	7
3.3 Sonstige Waldfunktionen	8
4 Methodik.....	9
4.1 Vorgehensweise	9
4.2 Probeflächenauswahl und Termin.....	9
4.3 Schadansprache und Kronenzustand Bestand	10
4.4 Bioindikation und Humusformenansprache anhand der Bodenvegetation	13
4.5 Humus- und Bodenbeprobung	14
4.6 Laboruntersuchungen.....	15
4.7 Auswertung	15
5 Aktueller Zustand von Bestand und Standort.....	17
5.1 Beschreibung der untersuchten Bestände	17
5.2 Schadeinstufung der Bäume.....	21
5.3 Bodenkundlicher Zustand – Kartierte Standortseigenschaften.....	22
5.4 Bodenkundlicher Zustand – Bodenprofile	22
5.5 Bodenchemischer Zustand – Säure-Basen-Ausstattung.....	23
5.6 Bodenchemischer Zustand – Stickstoffvorräte und C/N-Verhältnis	24
5.7 Bodenkundlicher Zustand – Humusprofile und Humusformen	25
5.7.1 Morphologische Humusform	25
5.7.2 Chemisch-analytische Humusform.....	25
5.7.3 Vegetationsdiagnostische Humusform	25
5.8 Vegetation der Probeflächen	26
5.9 Bioindikation und Humusansprache anhand der Bodenvegetation	27
5.9.1 Bioindikation anhand der Artengruppenspektren nach PASSARGE & HOFMANN (1964)	27
5.9.2 Bioindikation anhand der Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (1992).....	27
5.9.3 Bioindikation anhand der über die Zustands-Vegetationsformen nach KOPP hergeleiteten Humusformen (SEA 1996)	29
6 Prognostische Beurteilung der Standorte	32
6.1 Ökosystemspezifische Schutzkategorien und Gefährdungsstufen	32
6.2 Belastbarkeitsgrenzen der Bestände für Säuren (bzw. säurebildenden Stickstoff).....	32
6.3 Belastbarkeitsgrenzen der Bestände für eutrophierenden Stickstoff	33
6.4 Bewertung der Stickstoffwirkungen.....	41
6.4.1 Vitalität der Bestände.....	41
6.4.2 Bodenvegetation.....	42

6.4.3 Gefährdungsbeurteilung der Waldbestände anhand standortsbezogener Critical Loads	42
6.4.4 Gefährdungsbeurteilung der anlagennahen Feldgehölze in der Agrarlandschaft	43
7 Forstlich relevante Maßnahmen zur Minderung der Stickstoffwirkungen	44
8 Quellenverzeichnis	47
8.1 Literatur	47
8.2 Gesetze, Richtlinien, Erlasse	50
8.3 Internetquellen.....	50
Anlagen.....	50

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Humusanalysen (UWEG-Prüfbericht 1492-20)

Anlage 2: Mineralbodenanalysen (UWEG-Prüfbericht 1493-20)

Anlage 3: Schadeinstufung der Gehölze

1 Einleitung

Die van Dam Naturalys GmbH beabsichtigt am Standort Warlow eine Erweiterung der bisher dort bestehenden Kälbermastanlage mit 1.840 Plätzen für Kälber und Jungrinder unter 8 Monaten. Das im Osten angrenzende Waldgebiet gehört zum LSG „Schloßpark Ludwigslust mit anschließendem Bruch- und Mischwald sowie oberer Rögnitzniederung“. Innerhalb dieses Schutzgebiets befindet sich am Stadtrand von Ludwigslust das FFH-Gebiet „Schlosspark Ludwigslust“, welches jedoch außerhalb des prognostizierten Depositionsradius der Anlage liegt.

Eine Anlagenerweiterung im geplanten Ausmaß ist genehmigungsfähig, wenn die prognostizierten höheren N-Emissionen aus den Ställen durch die angrenzenden Wälder/Forsten schadfrei aufgenommen werden können und/oder es forstliche Möglichkeiten für die Verwertung des anfallenden Stickstoffs gibt. Geschützte Waldökosysteme dürfen auch hinsichtlich ihrer lebensraumtypischen Artenstruktur keinen Schaden nehmen.

Ziel des Waldgutachtens ist es, die Aufnahmefähigkeit der umliegenden Wälder im Bezug auf die prognostizierte Stickstofffracht zu bewerten, eine Aussage über mögliche Auswirkungen des erhöhten Eintrags zu treffen und die Umweltrelevanz zu bewerten. Dabei wird anhand der Analyse von Bestandesvitalität, Bodenvegetation und dem Bodenzustand festgestellt, ob mit kritischen stickstoff- bzw. säurebedingten Elementausträgen zu rechnen ist.

Wird der Beurteilungswert („Abschneidekriterium“) der **Gesamtbelastung** im Wald entsprechend des LAI-Leitfadens „Ermittlung und Bewertung von Stickstoffeinträgen“ (LAI 2012) von erlaubten $10 \mu\text{m}^{-3}$ Ammoniakkonzentration bzw. $20 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ Stickstoffdeposition überschritten, ist nach TA Luft Nr. 4.8 eine Einzelfallprüfung erforderlich und mögliche Wirkungen auf Waldbestände sind in einem Gutachten zu untersuchen. Normalerweise wird die Einzelfallprüfung für Waldflächen veranlasst, wenn eine **Zusatzbelastung** von $> 3 \mu\text{g N m}^{-3}$ Ammoniakkonzentration bzw. $> 5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ Stickstoffdeposition ermittelt wird.

Bei Überschreitung dieser Zusatzbelastungs-Schwelle werden immissionsbedingte Einschränkungen der **Produktions-** und / oder der **Regulationsfunktion** von Forst- bzw. Waldökosystemen nicht mehr ausgeschlossen.

Aufgrund eines jungen Urteils vom OVG Magdeburg zeichnet sich ab, dass das bisher für „normale“ Biotope und Waldflächen angewandte Abschneidekriterium von $5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ nicht rechtskonform ist und stattdessen hier – wie für FFH-LRT – die zur Erhaltung der **Biotop- oder Lebensraumfunktion** einzuhaltende $0,3 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ -Grenze heranzuziehen ist. Damit vergrößert sich die zu beurteilende Waldfläche erheblich.

Im Ergebnis der Standortvorprüfung wurde die Einzelfallprüfung für die Waldflächen veranlasst, da für die angrenzenden Waldökosysteme eine Zusatzbelastung von $> 0,3 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ Stickstoffdeposition ermittelt wird (ZIMMERMANN 2020, Tab. 1, Abb. 4).

Im Rahmen der aktuellen Rechtsprechung (vgl. z. B. die Urteile des BVerwG vom 14.4.2010 - 9 A 5.08 sowie des OVG Münster vom 1.12.2011) werden die **Critical-Loads (CL) als Beurteilungsmaßstab** für die Bewertung von Stickstoffimmissionen anerkannt, da sie die Grenze der nach naturschutzfachlicher Einschätzung unbedenklichen Immissionen markieren. Insofern ist der CL-Schwellenwert im Falle einer entsprechenden Flächenbetroffenheit von empfindlichen Lebensraumtypen grundsätzlich gleichzusetzen mit der Schwelle relevanter

bzw. erheblicher Beeinträchtigungen. Eine Überschreitung der Critical Loads für N hätte bei N-sensitiven Ökosystemen und LRT vermutlich negative Folgen für die Lebensraumfunktion (Artenzusammensetzung) und damit den Erhaltungszustand.

Ausgehend von der Gesamtbelastung (Summe aus Hintergrund-, Vor- und Zusatzbelastung), der Waldfunktion sowie Angaben zu den Standortseigenschaften wird die Belastbarkeit durch den Vergleich der CL des Waldökosystems (BW) mit der Gesamtbelastung (GB) ermittelt.

Die Critical Loads können als Tabellenwerte herangezogen oder einzelfallbezogen (Standort und Bestand) mittels Massenbilanzmethode berechnet werden. Letztgenanntes Vorgehen wird der Vorzug gegeben.

Die Firma UWEG mbH, vertreten durch Dr. J. KLETZIN, wurde am 29.06.2020 von Herrn H. PALSMA, Unternehmensberatung Wöbbelin, mit der Erstellung eines Waldgutachtens beauftragt, um mögliche Umweltauswirkungen der erhöhten N-Immissionen auf die umliegenden Wälder zu prüfen und darzustellen. Durch das Gutachten sollen Nährstoffstatus und Puffervermögen des Waldbodens, Humuszustand, Vegetationszusammensetzung und die Bestandesvitalität an unterschiedlichen Lokalitäten vor dem Hintergrund standörtlicher Gegebenheiten und prognostizierter N-Zusatzbelastung dargestellt werden.



Abb. 1a:

Blick an einem Regentag vom Waldrand nach Westnordwesten zur Stallanlage auf dem Langen Berg, Im Mittelgrund die von Gehölzen begleitete Rögnitz.

09.07.2020

den Anhang II-Arten *Osmoderma eremita*, *Unio crassus* und *Vertigo moulinsiana* beginnt erst 3.100 m südwestlich der Rinderanlage und liegt außerhalb des Immissionsgebietes (Abb. 2).

3.2 Geschützte Waldbiotope

Die Abfragen erfolgten über das Geoportal „GAIA-MV“.

Innerhalb des betroffenen Waldgebietes wurden keine Wald-Lebensraumtypen (WLRT) kartiert und festgesetzt. Allerdings befinden sich mehrere, nach Länderrecht geschützte Gehölzbiotope im Einflussgebiet (Abb. 2).

Einige Biotop sind aufgrund ihres landschaftsprägenden Charakters geschützt (Feldgehölze in waldarmem Gebiet). Bei geschützten Biotopen innerhalb des Waldkomplexes handelt es sich um erlenreiche Feuchtwälder auf organischen Feuchtstandorten, d.h. bewaldetes Niedermoor.

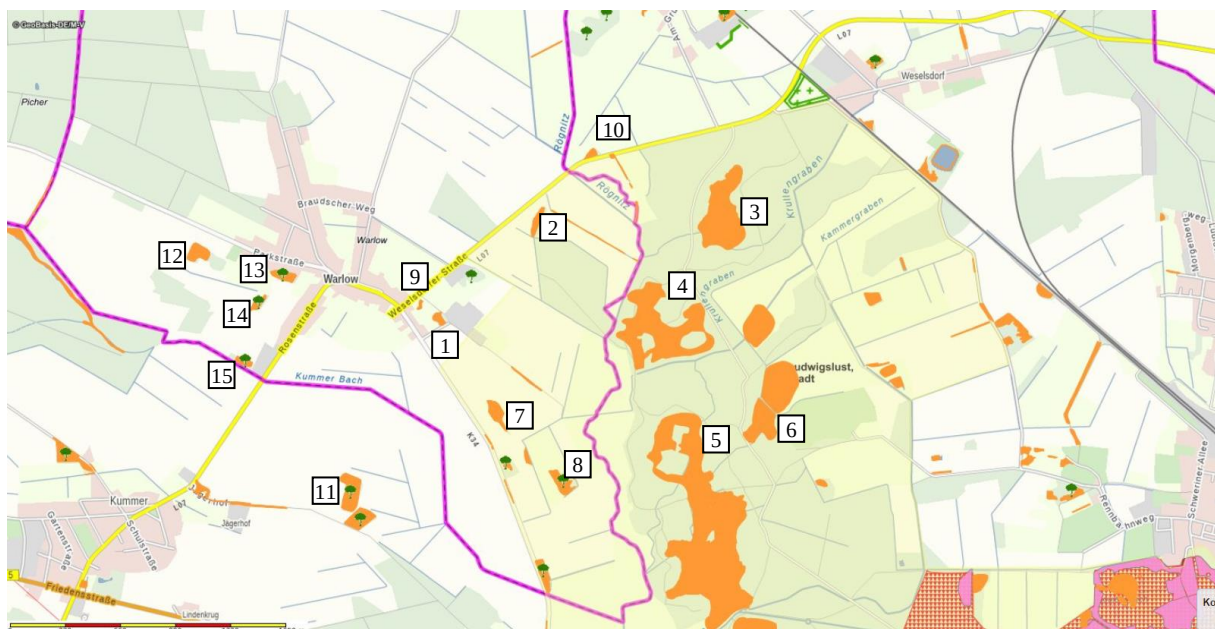


Abb. 2: LSG, FFH-Gebiet und geschützte Gehölzbiotope im Einflussgebiet. Quelle: Gaia-MV, LIV (2020)

Gelb unterlegt: LSG

Rot kreuzschraffiert und lila: FFH-Gebiet mit WLRTs (unten rechts, außerhalb Immissionsgebiet)

Baumsignatur: landschaftsprägende Waldinsel

Ocker: Geschütztes Biotop, davon baumbestanden:

- 1: Baumgruppe; Eiche; sonstiger Laubbaum, 0,3916 ha, Warlow, 2: Feldgehölz; Eiche; Strauchschicht, 0,6590 ha, Warlow, 3 Erlenbruch im „Schweinehagen“ im Schloßpark Ludwigslust, 8,4911 ha, Stadt Ludwigslust, 4: Feuchtwald östlich Warlow, 13,4003 ha, Stadt Ludwigslust, 5: Erlenbruch im „Schweinehagen“ und Schloßpark Ludwigslust, 12,1143 ha, Stadt Ludwigslust, 6: Feuchtwald südwestlich Rennbahn Ludwigslust, 3,0487 ha, Stadt Ludwigslust, 7: Feuchtwald südöstlich Warlow, 1,0221 ha, Warlow, 8: Feldgehölz; Erle; Esche; Weide; sonstiger Laubbaum, 1,0811 ha, Warlow, 9: Baumgruppe, 0,1353 ha, Warlow, 10: Feldgehölz; Eiche; Buche; Untergrund beweidet, 0,2808 ha, Stadt Ludwigslust, 11: Feldgehölz; Kiefer; Eiche; jüngerer Bestand, 1,1725 ha, Stadt Ludwigslust, 12: Feldgehölz; Kiefer, 1,0700 ha, Warlow, 13: Feldgehölz; Kiefer, 0,7326 ha, Warlow, 14: Feldgehölz; Kiefer, 0,4101 ha, Warlow, 15: Feldgehölz; Kiefer, 0,3940 ha, Warlow
- ... weitere Feldgehölze als Hecken in der Feldflur

3.3 Sonstige Waldfunktionen

Die Abfragen erfolgten über das Geoportal „GAIA-MV“.

Außer naturschutzspezifischen Funktionen erfüllen Wälder weitere Funktionen (Abb. 3).

- Zunächst ist hier die Erholungsleistung zu nennen.
- Entlang der Bachläufe und Fließe ist häufig Erosionsschutzwald ausgewiesen.
- Einige Abschnitte sind überflutungsgefährdet (Krullengraben, Rögnitz) oder/und erfüllen die Funktion eines Uferschutzwaldes (entlang der Rögnitz) (in Abb. 3 nicht dargestellt).
- Bei mehreren Beständen handelt es sich um Saatgutbestände und/oder Genressourcen der Schwarz-Erle.
- Im Hinblick auf akustische und stoffliche Emissionen sind Lärm- und Immissionsschutzwälder zu nennen.



Abb. 3: Weitere Waldfunktionen im Einflussgebiet. Quelle: Gaia-MV, LIV (2020)

Olivgrün: Wald mit Erholungsfunktion Intensitätsstufe II

Hellgrün mit Baumsignaturen: Wald in denkmalgeschützten Parks (unten rechts, außerhalb Immissionsgebiet)

Braun, Kreuzschraffur: Bodenschutzwald Typ 4 - Nassstandort

Lila, senkrecht schraffiert: Lärmschutzwald

Lila, schräg schraffiert: Immissionsschutzwald

Lila, I: Anlagenstandort zu Immissionsschutzwäldern

Rotes Dreieck, RER: forstliches Vermehrungsgut und Genressource – Schwarz-Erle

4 Methodik

4.1 Vorgehensweise

Grundlagen für eine Bewertung kann durch folgenden Bearbeitungsverlauf gewonnen werden:

- 1) Prüfung Schutzstatus, Naturnähe und Waldfunktion der Bestände (s. Kap. 3)
- 2) Entnahme und Analyse von Bodenproben zur Kontrolle des aktuellen N-Status an ausgewählten Probepunkten
- 3) Ansprache des Humuszustandes über Weiserarten nach SEA95 (in der Vegetationsperiode),
- 4) Prüfung von ammoniakbedingten Veränderungen anhand der Vitalität der Gehölze (Ermittlung von Schadstufen, in der Vegetationsperiode),
- 5) Untersuchung der Bodenvegetation auf Stickstoff-/Störungszeiger und Berechnung mittlerer Zeigerwerte für F, R und N (ELLENBERG et al.),
- 6) Berechnung der N-Stoffflüsse und Modellierung der Critical Loads mittels einfacher Massenbilanzmethode,
- 7) wenn vorhanden: Bewertung der N-Empfindlichkeit betroffener Wald-Lebensraumtypen (FFH-Verträglichkeitsprüfung FFH-VP), Feststellung der Abweichung von der lebensraumtypischen (Pflanzen-) Artenausstattung und Analyse der Empfindlichkeit vorhandener typischer Arten, das Maß der Prüfintensität hat sich nach dem Grad der Schutzwürdigkeit des jeweils betroffenen Schutzgutes und den möglichen Gefährdungen zu richten (LAMPRECHT et al. 2004)

4.2 Probeflächenauswahl und Termin

Bei der Wahl der Probeflächen (PF) (syn. Probekreise, PK) wurde sich an den modellierten N-Depositionswerten (UBA 2020, ZIMMERMANN 2020), der im Luftbild erkennbaren und vergleichbaren Kronenstrukturen (Portal GAIA-MV, LIV 2020) und der der forstlichen Standortskarte orientiert. Die aktuelle Stickstoff-Hintergrundbelast sowie die durch die Anlagengröße beeinflusste aktuelle und die prognostizierte Gesamtbelastung geht aus Tab. 1 hervor.

Die im „Handlungsrahmen Brandenburg“ (DORN et al. 2003) vorgeschlagene sternförmige Anordnung musste entsprechend der Lage der Waldstücke modifiziert werden, indem lediglich Standorte östlich und südöstlich betrachtet wurden.

Anhand der Forstlichen Standortskarte wurden im Immissionsgebiet 10 repräsentative Standortseinheiten vorausgewählt (W 1 bis W 10, Abb. 4, Tab. 1).

Je nach Geländesituation sollten an maximal 4 Standorten Bodenproben entnommen und Untersuchungen zur Bestandesvitalität und zur Bodenvegetation vorgenommen werden. Situativ wurden im Gelände die Probepunkte W 1 und W 3 ausgewählt. Es handelt sich um relativ frische Standorte, an denen sich zusätzliche N-Einträge stärker auswirken dürften, als bei grundwassernahen, feuchten Böden.

In W 1 und W 3 fanden Boden- und Humus-beprobungen sowie die Bestandes- und Vegetationsansprachen statt.

Die Bodenprobenahme sowie die Geländeerhebungen zum Kronenzustand und der (Boden-) Vegetation erfolgten am 09.07.2020.

Das Beprobungsdesign wurde an den Brandenburger „Handlungsrahmen zur Beurteilung von Waldökosystemen im Umfeld von Tierhaltungsanlagen“ (DORN et al. 2003), der Arbeitsanleitung zur „Bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald (BZE)“ (BMELV 2006) sowie dem brandenburgischen Verfahren der „Ökosystemaren Umweltbeobachtung im Wald“ (WOLFF et al. 2007) angelehnt. Die Probekreise haben einen Radius von 10 m.

4.3 Schadansprache und Kronenzustand Bestand

Der Kronenzustand jedes einzelnen Probenbaumes wurde am 09.07.2020 durch eine visuelle Schätzung erhoben. Es wurden die Belaubung im Vergleich zu einem voll belaubten Referenzbaum (relativer Blattverlust) und des Grades der Vergilbung der Blätter erfasst.

Dabei wurden nur die Bereiche der Baumkrone berücksichtigt, die sich ohne störende Einflüsse durch benachbarte Baumkronen oder Lichtmangel entwickeln konnten.

Daneben wurden auf den Probeflächen Merkmale, wie Bestandesauflichtung, Vergrasung, Ausbreitung von N-Zeigern in der Kraut- oder Strauchschicht, Vergilbungen / Verfärbungen und Insekten / Pilze erfasst.

Für die Aufnahmen diente ein einheitliches Formblatt (Anlage 3). Als Anspringehilfe für Blattverluste wurde zusätzlich AG KRONENZUSTAND (2007) herangezogen.

Eine Fotodokumentation des Kronenschirms über dem Standort konnte aufgrund des Dauerregens am Erfassungstermin 09.07.2020 nicht erfolgen

Tab. 1: Lage der Probekreise mit Stickstoff-Hintergrund- sowie vorhandener und prognostizierter Zusatzbelastung (ZIMMERMANN 2020)

	ETRS89 / UTM Zone 33N		Gemeinde	Gemarkung	Flur	Flurst.	Forstamt	Forstrevier	Forstabt.	Richtung	Entfernung [m]	Hintergrundbelastung [kgN ha ⁻¹ a ⁻¹]	Zusatzbelastung vorhanden [kgN ha ⁻¹ a ⁻¹]	Zusatzbelastung prognost. [kgN ha ⁻¹ a ⁻¹]
W1	33262158.42	5916586.17	Ludwigslust-Land	Warlow	5	79	Grabow	Schlossgarten	2013 Na6	ONO	630	16	2,17	3,97
W2	33262955.83	5917297.03	Ludwigslust-Stadt	Niendorf/Weselsdorf	2	7/11	Grabow	Schlossgarten	2046a7	NO	1.600	16	0,28	0,46
W3	33263021.92	5917046.75	Ludwigslust-Stadt	Niendorf/Weselsdorf	2	7/11	Grabow	Schlossgarten	2047 a3	ONO	1.550	18	0,26	0,51
W4	33262801.92	5915722.35	Ludwigslust-Stadt	Ludwigslust	19	18	Grabow	Schlossgarten	N2038 a3	SO	1.300	16	0,20	0,36
W5	33262307.12	5916723.47	Ludwigslust-Land	Warlow	5	79	Grabow	Schlossgarten	2013 Na4	NO	750	16	1,32	2,37
W6	33262406.25	5916531.40	Ludwigslust-Land	Warlow	5	79	Grabow	Schlossgarten	2013 Na3	ONO	780	16	0,94	1,80
W7	33262465.39	5916309.82	Ludwigslust-Land	Warlow	5	79	Grabow	Schlossgarten	2013 Na1	O	810	16	0,76	1,40
W8	33262717.57	5916450.60	Ludwigslust-Stadt	Ludwigslust	19	264	Grabow	Schlossgarten	N2045a2	O	1.100	16	0,49	0,84
W9	33263202.80	5916961.58	Ludwigslust-Stadt	Niendorf/Weselsdorf	2	7/11	Grabow	Schlossgarten	N2047a2	ONO	1.650	16	0,23	0,43
W10	33262809.74	5915998.70	Ludwigslust-Stadt	Ludwigslust	1	9	Grabow	Schlossgarten	N2043a3	OSO	1.200	16	0,23	0,43

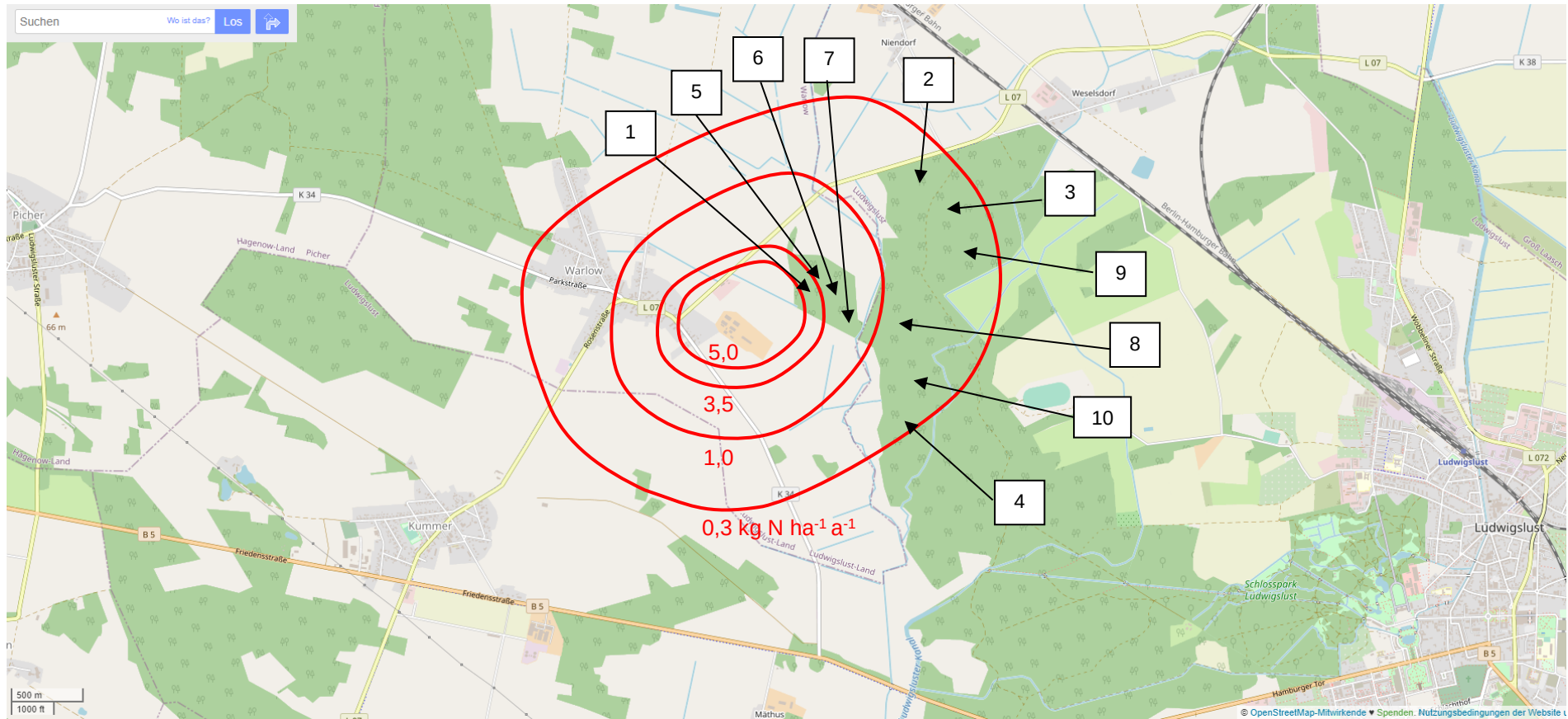


Abb. 4: Ungefähre Ausbreitung der Stickstoff-Zusatzdeposition (rot, in $\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$) und Lage der Probeflächen W1 bis W10 (schwarz). Quelle: ZIMMERMANN (2020), OpenStreetMap

4.4 Bioindikation und Humusformenansprache anhand der Bodenvegetation

Vegetationsaufnahme

Die Vegetation wurde am 09.07.2020 in den Probekreisen flächig nach der Methode BRAUN-BLANQUET aufgenommen (DIERSCHKE 1994). Die Vegetationsaufnahmefläche der Probekreise schrittweise konzentrisch erweitert, bis keine / kaum noch neue Artenfunde gemacht wurden (Minimumareal). Die Aufnahmefläche für die Vegetation war i.d.R. größer als die Probekreisfläche für die Schadansprache und Bodenbeprobung. Insbesondere Buchenbestände im geschlossenen Baumholzstadium sind relativ dunkel und das Minimumareal relativ groß (DIERSCHKE 1994).

Deckungswerte wurden in Prozent angegeben. Deckungsgrade unter 1% wurden dabei einheitlich mit 0,1% und vereinzelt auftretende Pflanzen mit 0,01% bewertet (ELLENBERG et al. 1992). Im Rahmen der Vegetationsaufnahme wurden keine Wuchs- und Vitalitätsmerkmale der einzelnen Arten erfasst.

Bioindikation

Die Vegetation kann auf veränderte Standortbedingungen mit Verschiebung ihres Arten- oder Dominanzgefüges reagieren. Bei der Bioindikation wird – ausgehend von der Kenntnis der ökologischen Amplitude der Arten – auf Standortzustände und -dynamik geschlossen.

Die mittleren Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (1992) sind ein häufig angewandtes Werkzeug, um anhand des Artenvorkommens und ggf. der Wuchsdichte der Pflanzen auf standortökologische Bedingungen zu schließen. Es handelt sich um empirisch gewonnene Kardinalzahlen unterschiedlicher Klassenintervalle gegenüber verschiedener Standortfaktoren. Zur Bioindikation der Flächen wurden die Zeigerwerte der vorkommenden Pflanzenarten für Feuchte (F), Bodenreaktion (R) und Stickstoff (N) verwendet und arithmetisch gemittelt.

Humusform

Die Kenntnis der Artenzusammensetzung der Bodenvegetation dient weiterhin der Humusformenansprache nach dem Nordostdeutschen Verfahren der Standortserkundung (SEA 1996). Dazu wird zunächst die Vegetationsform anhand des Vorkommens diagnostisch wichtiger Weiserarten bzw. Weiserartengruppen beschrieben (SEA 1996, LUA 2004). Diese entspricht der Zustands-Standortsform, d.h. der Humusform nach Stickstoff- und Feuchtestufe.

Nach diesem Verfahren werden bei der Standortkartierung die Humusformen bestimmt und flächig auf der Standortkarte ausgewiesen. Diese konnten den Standorten zugeordnet werden (Tab. 1).

An den Standorten W1 und W3 wurde die Humusform anhand der aktuellen Vegetationsaufnahme bestimmt.

Bei Immissionen kann es zu „disharmonischen Humusformen“ kommen, wo - chemisch-analytisch bestimmbar - Stickstoff- und Säure-Base-Stufen voneinander abweichen. Für Kiefernforste konnten entsprechende Vegetationsformen beschrieben werden, die diese Zustände indizieren (KONOPATZKY & KOPP 2001). Für Laubwälder erfolgt die Ermittlung von Disharmonien über die chemische Humusanalytik.

4.5 Humus- und Bodenbeprobung

Im Mittelpunkt dieser beiden Flächen wurde ein kleines Bodenprofil bis 60 cm Tiefe angelegt. Aus dem Bodenprofil wurden volumengerechte Bodenproben entnommen und zwar aus folgenden Tiefenstufen:

- 0 – 20 cm 1x Stechzylinder aus der Stirnwand
- 20 – 40 cm 3x Stechzylinder aus der Stirnwand und den beiden Flanken
- 40 – 60 cm 3x Stechzylinder aus der Stirnwand und den beiden Flanken

Im Radius von 10 m vom Bodenprofil wurden in den vier Haupthimmelsrichtungen Satellitenpunkte festgelegt. Hier wurden mittels Stechzylinder wieder je eine volumengerechte Probe aus 0-20 cm Tiefe entnommen und mit den Proben gleicher Tiefe der anderen Satellitenpunkte und der Bodengrube vermischt.

Um an den Satellitenpunkten keine weiteren Bodenprofile anlegen zu müssen, wurde das Bodenprobematerial aus 20-40 cm und 40-60 cm Tiefe mittels Bodenbohrer (ohne Volumenbezug) gewonnen und zunächst nur untereinander gemischt. Die Mischung mit den volumengerecht gewonnenen Probematerial aus dem Bodenprofil erfolgte erst im Labor *nach* der Bestimmung der Lagerungsdichte.

Durch die Satellitenanordnung wurde auch für die größeren Tiefenstufen eine gewisse Flächenrepräsentanz und Homogenisierung im Blick auf die Bodenchemie erreicht.

Die Beprobung der Humusauflage erfolgte flächenbezogen mittels Stechrahmen in der Nähe des Bodenprofils sowie der 4 Satellitenpunkte (Mischprobe).

In Tab. 2 sind die am 09.07.2020 entnommenen Bodenproben und deren Verteilung zusammenfassend dargestellt.

Tab. 2: Anzahl und Verteilung der flächen- bzw. volumengerecht und der nicht- volumengerecht (*) gewonnenen Proben

Tiefenstufe	Probenahme- gerät	W1					W3				
		Grube	Nord	Ost	Süd	West	Grube	Nord	Ost	Süd	West
Humusauflage	St.-Rahmen	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0-20 cm	St.-Zylinder	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
20-40 cm	St.-Zylinder	3					3				
	Bod.-Bohrer*		1	1	1	1		1	1	1	1
40-60 cm	St.-Zylinder	3					3				
	Bod.-Bohrer*		1	1	1	1		1	1	1	1

4.6 Laboruntersuchungen

Die Laboruntersuchungen bilden die Grundlage für die Beurteilung des Stickstoffstatus der Humusaufgaben, der Abweichung gegenüber dem Gleichgewichtszustand, der Risiken gegenüber Säurestress, der Stickstoffmineralisation sowie der Basensättigung. Besonderer Wert wurde auf die Einheitlichkeit der Laboranalysen Wert gelegt, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse abzusichern.

Im Labor wurden folgende Parameter bestimmt:

Humusaufgaben: K, Mg, Ca, Mn, Al, Fe, P; Königswasseraufschluss

C; nasse Veraschung

N; Kjeldahl - Aufschluss

heißwasserlöslicher Stickstoff

Mineralboden: Lagerungsdichte

pH (KCl); KCl (0,1m) - Extraktion

pH₀, pH_p, C_t, N_t, Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn (NH₄Cl – Extrakt)

Die Untersuchungsmethoden und Nachweisgrenzen sind in der Anlage im Prüfprotokoll dokumentiert.

4.7 Auswertung

Die Auswertung soll eine möglichst umfassende Beschreibung des aktuell vorhandenen bodenchemischen Zustandes ermöglichen. Relevante Veränderungen im Stoffhaushalt der Böden, die durch das Eintragsgeschehen ausgelöst werden, sollten erkannt werden. Die nachfolgend aufgeführten Kennwerte stellen eine Auswahl wichtiger Größen aus dem oben aufgeführten Methodenleitfaden der beiden genannten Untersuchungsprogramme dar.

a) Bewertung des Stickstoffstatus und der Humusvorräte

Es werden C/N – Verhältnis, pH-Wert und Humusform der Probenentnahmepunkte dargestellt und im Vergleich mit der Nährkraft der Standorte bewertet. Die Humus- und Nährstoffvorräte der untersuchten Flächen werden ausgewiesen. Die Analysenwerte werden mit Vegetationsaufnahmen abgeglichen.

b) Bewertung der Risiken für Säurestress

Es werden die pH-Werte dargestellt und der Pufferbereich der Böden ausgewiesen. Parallel dazu werden die Sättigungsgrade, die KAK_{eff} und die Basensättigung berechnet und dargestellt.

Die Prognose der Standortentwicklung unter veränderten N-Eintragsbedingungen wird zunächst ausgehend vom aktuellen Zustand des Waldes (Ernährung, Vitalität) über die Schätzung der wesentlichen Parameter des Standortes vorgenommen.

Die Auswertung soll eine möglichst umfassende Beschreibung des aktuell vorhandenen bodenchemischen Zustandes ermöglichen.

Stickstoffstatus und Humusvorräte: Es werden C/N – Verhältnis, BS, pH-Wert und Humusform der Messfläche dargestellt und im Vergleich mit der Nährkraft der Standorte bewertet. Die Humus- und Nährstoffvorräte der untersuchten Flächen werden ausgewiesen.

Im Rahmen der ökologischen Beurteilung der Standorte wird geprüft, wieweit der gegenwärtige Belastungsstatus vom natürlichen oder einem anderen ökologisch verträglichen Status abweicht.

5 Aktueller Zustand von Bestand und Standort

5.1 Beschreibung der untersuchten Bestände

Probefläche W 1 (Buchenbestand, Abb. 5)

Ludwigslust-Land, Gemarkung Warlow, Flur 5, Flurstück 79

Forstamt Grabow, Revier Schlossgarten, Forstabteilung 2013 Na6

ETRS89-Koordinaten, UTM-Zone 33N (zE-N): R: 33262158.42, H: 5916586.17

Hauptbestand = SEI, 113 Jahre, RBU, 113 Jahre, HBU, 73 Jahre

ostnordöstlich, ca. 630 m vom Anlagenstandort entfernt

Buchen-Stieleichenbestand (Baumholz) ohne Unterwuchs



Abb. 5:
Bestandesbild
Probefläche W 1,
09.07.2020

Probefläche W 3 (Kiefernbestand, Abb. 6)

Ludwigslust-Stadt, Gemarkung Niendorf/Weselsdorf, Flur 2, Flurstück 7/11

Forstamt Grabow, Revier Schlossgarten, Forstabteilung 62047 a3

ETRS89-Koordinaten, UTM-Zone 33N (zE-N): R: 33263021.92, H: 5917046.75

Hauptbestand = GKI, 42 Jahre

ostnordöstlich, ca. 1.550 m vom Anlagenstandort entfernt

Kiefernbestand (Stangenholz)



Abb. 6:
Bestandesbild
Probefläche W 3,
09.07.2020

In W 4 erfolgte aufgrund der jungen Bodenbeeinflussung durch Unterbau in Pflanzstreifen keine Standortsaufnahme (Abb. 7). Außerdem wurden die Bestände W 2 und W 5 bis W 10 nicht beprobt.

Standorts-/bodenkundliche, bestandeskundliche, vegetationskundliche und wildtierökologische Informationen zu den Beständen sind in den Tabellen 3-5 zusammengefasst.



Abb. 7:
Bestandesbild
Probefläche W 4,
09.07.2020

Waldgutachen zur Erweiterung der Kälbermastanlage am Standort Warlow

Tab. 3: Standortdaten (Feinboden-, Standorts-, Humusform, Stickstoff-Abweichstufen entsprechend Standortskarte bzw. * aktuell)

	Forstabt.	Feinboden- form (Kurz- zeichen)	Feinbodenform (Name)	Haupt- bodenform	Nähr- kraft- stufe	KMgCaP- Serie	Seite in SEA95, Teil D	Standortsf orm	Feuchte- stufe Zus.	Humus- form kart.	Normal- Humus- form	Abweich- stufen N*
W1	2013 Na6	DzSB	Döberitzer Sand-Gleyrostpodsol	s GRP	Z4		268	Z1	5_st_f	iRM	RM	0
W2	2046a7	WeSB	Wesendorfer Sand-Gleyhumusrostpodsol	s GHRP	Z2	I	271	NZ2	4_st_f	fRM	RM	0
W3	2047 a3	WeSB	Wesendorfer Sand-Gleyhumusrostpodsol	s GHRP	Z2	I	271	NZ2	4_st_f	fRM	RM	0
W4	N2038 a3	NsSB	Neuhauser Sand-Gleyfilzhumusrostpodsol	s GFHRP	Z4 (K)	III, V	273	NZ2	4_mst_f	fRM	RM	0
W5	2013 Na4	NaSG	Nassenheider Sand-Humusgley	s HG	K		422	NK1	3_f	nMM	MM	0
W6	2013 Na3	DzSB	Döberitzer Sand-Gleyrostpodsol	s GRP	Z4		268	NZ2	4_st_f	fRM	RM	0
W7	2013 Na1	KrSG	Kreuzbrucher Sand-Humusgley	s HG	M		422	NM2	4_f	fMo	Mo	0
W8	N2045a2	NaSG	Nassenheider Sand-Humusgley	s HG	K		422	NK1	3_f	fRM	MM	-2
W9	N2047a2	Mk	kräftiges Moor	Torf	K			OK2	2_hf_f	nk	/	/
W10	N2043a3	BdSG	Bohldammer Sand-Moorgley	s MG	K		427	NK1	3_f	fMM	MM	0

Tab. 4: Bestandesdaten (Baumarten und Alter entspr. Wirtschaftsbuch)

	Forstabt.	BA 1	Alt.1	BA 2	Alt.2	BA 3	Alt.3	BA 4	Alt.4	BA 5	Alt.5	BA 6	Alt.6
W1	2013 Na6	SEI	113	RBU	113	HBU	73	GBI	73	RER	73	GES	73
W2	2046a7	GBI	90	RER	90	GKI	90	SEI	80				
W3	2047 a3	GKI	42	GBI	40	GFI	37						
W4	N2038 a3	RER	88	RBU	142	GES	100	GBI	47	JLÄ	49	WER	49
W5	2013 Na4	RER	73	SEI	73	RBU	73	GES	73	GBI	73	GKI	127
W6	2013 Na3	SEI	73	RER	73	GBI	72						
W7	2013 Na1	SEI	118	RER	57	RBU	110						
W8	N2045a2	RER	78	RBU	88	SEI	118						
W9	N2047a2	RER	98										
W10	N2043a3	RER	89	GBI	82	RER	34	GKI	87	SEI	112	GFI	52

Tab. 5: Aktuelle und potenziell-natürliche Vegetation (Ökosystemtypen) mit Nettoprimärproduktion Holz (HOFMANN & POMMER 2013) sowie wildökologische Habitatelemente mit Winterärsungs-Nutzvorrat (HOFMANN et al. 2008) und N-Entzug im Winter (BALLA et al. 2012). *keine vollständige Übereinstimmung, Übernahme eines benachbarten Typs, ** HYNEN et al. (2010), GOMEZ-GARCIA et al. (2014)

	Forst- abteilung	Stand- orts- form	Akt. Vegetation mit Code und Norm- Standortsform	Pot.-nat. Vegetation mit Code und Norm-Standortsform	NPP Holz aktuell [t ha ⁻¹ a ⁻¹]	NPP Holz pot.-nat. [t ha ⁻¹ a ⁻¹]	wildökologisches Habitatelement mit Code	Winterärsungs- Nutzvorrat [kg TS ha ⁻¹]	N-Entzug Winter [kg N ha ⁻¹ a ⁻¹]
W1	2013 Na6	Z1	Pillenseggen-Buchenwald (Lb31 auf Z2), Pfeifengras-Buchenwald (Lb11 auf NZ1)*	Wie akt.	4,5 (Lb21 auf M2)*	4,5 (Lb21 auf M2)*	Adlerfarn-Buchen- Schattwald (W32a5)	6	0,746
W2	2046a7	NZ2	Adlerfarn-Sandbirkenforst (Y24 auf)	Sternmieren-Moorbirken- Stieleichenwald (H3 auf NZ1,2)	4,6**	5,0*	Adlerfarn-Birken- Lichtwald (W13a3)	12	0,285
W3	2047 a3	NZ2	Adlerfarn-Kiefernforst (X113 auf NZ1,2)	Sternmieren-Moorbirken- Stieleichenwald (H3 auf NZ1,2)	5,0	5,0*	Adlerfarn-Kiefern- Lichtwald (W11a1)	10	1,044
W4	N2038 a3	NZ2	Pfeifengras-Buchenwald (Lb11 auf NZ2) mit Fichte unterbaut	Pfeifengras-Buchenwald (Lb11 auf NZ2)	4,5 (Lb21 auf M2)*	4,5 (Lb21 auf M2)*	Adlerfarn-Buchen- Schattwald (W32a5)	6	0,746
W5	2013 Na4	NK1	Schwarzerlen-Buchenwald (Mb12 auf OK)*, eigtl. Halbforst mit SEI, GES	Sternmieren-Stieleichen- Hainbuchenwald (F22 auf NK2)	5,5*	4,2	Grasreicher Hain- buchenwald (W24a1)*	27*	1,684*
W6	2013 Na3	NZ2	Pfeifengras-Buchenwald (Lb11 auf NZ2)	Wie akt.	4,5 (Lb21 auf M2)*	4,5 (Lb21 auf M2)*	Adlerfarn-Buchen- Schattwald (W32a5)	6	0,746
W7	2013 Na1	NM2	Faulbaum-Buchenwald (Lb13 auf NM2)	Wie akt.	4,5 (Lb21 auf M2)*	4,5 (Lb21 auf M2)*	Adlerfarn-Buchen- Schattwald (W32a5)	6	0,746
W8	N2045a2	NK1	Schwarzerlen-Buchenwald (Mb12 auf OK), mit SEI	Sternmieren-Stieleichen- Hainbuchenwald (F22 auf NK2)	5,5	4,2	Grasreicher Hain- buchenwald (W24a1)*	27*	1,684*
W9	N2047a2	OK2	Sumpfscheggen-Schwarzerlenwald (D134)	Wie akt.	3,3	3,3	Großscheggen-Erlenwald (W21a2)	27	0,221
W10	N2043a3	NK1	Schwarzerlen-Buchenwald (Mb12 auf OK)*, eigtl. Halbforst ohne RBU, mit GBI, SEI, GKI, GFI	Sternmieren-Stieleichen- Hainbuchenwald (F22 auf NK2)	5,5*	4,2	Grasreicher Hain- buchenwald (W24a1)*	27*	1,684*

Heutige potenzielle natürliche Vegetation (HPNV 2003) nach LUNG (2020):

- W 1, W 5, W 6, W 7: Ausprägungsform der naturnahen Wälder: Eichen- und Eichenmischwald auf trockenen bis nassen, nährstoffreichen bis nährstoffarmen Mineralböden (*Quercetea roboretetiae*), (*Carpino-Fagetea*);
- W 8, W 10: Ausprägungsform der naturnahen Wälder: Edellaubbaum- und Edellaubbaummischwald auf trockenen bis nassen, nährstoffreichen Mineralböden (*Carpino-Fagetea*);
- W 2, W 3, W 4, W 9: nicht angegeben

Heutige Potentielle Natürliche Vegetation (HPNV) Maßstab 1 : 50.000, nach bundesweiter Legende nach LUNG (2020):

- W 1 bis W 10: Rasenschmielen-Buchenwald auf feuchten mineralischen Standorten, M59

5.2 Schadeinstufung der Bäume

In Anlage 3 finden sich die Formblätter mit Bestandesdaten und der Beurteilung der Schadeinstufung für einzelne Rubriken. Die Schadstufeneinteilung ist an DORN et al. (2003) angelehnt.

SCHLUTOW & SCHEUSCHNER (2008) beziehen diese Vitalitätsparameter in die Berechnung ihres Critical load mit ein. Im vorliegenden Gutachten sollen sie jedoch separat dargestellt und besprochen werden, da es sich um sehr unterschiedliche, nicht immer untereinander vergleichbare Bestandestypen handelt.

Kronenverlichtungen:

Bei Buche (W 1) liegt die Verlichtung bei 35%, bei Kiefer (W 3) bei 30%. Die Situation kann vor dem Hintergrund der Trockenheit während der Vegetationsperioden in 2018 bis 2020 kaum (monokausal) als stickstoffbedingt bewertet werden.

Blattverluste:

Blatt- bzw. Nadelverluste sind nicht mit der Nähe zur Anlage korreliert. Während der näher liegende Buchenbestand W 1 voll belaubt erscheint (Stufe 1), sind im entfernten und durch vorgelagerte Wälder gut abgeschirmten Kiefernbestand W 3 erhöhte Nadelverluste (Stufe 2) feststellbar. Grund hierfür könnte witterungsbedingter Stress durch Grundwasserabsenkung sein.

Bestandesauflichtung:

Etwaige Bestandesauflichtungen sind schwer als Folge der N-Immissionen zu interpretieren, da es sich um unterschiedliche Bestandestypen (RBU, GKI, stadiales Bestandesalter) von bewirtschafteten Wäldern/Forsten handelt.

Ausbreitung von *Calamagrostis*:

Die Bewertung der Ausbreitung von *Calamagrostis epigejos* wäre ohne Kenntnis der Stamm-Standortseigenschaften und dem typischen Vegetationsbild zweier Bestandestypen (RBU, GKI) nicht sehr aussagekräftig. Die Ausbreitung von Land-Reitgras ist ein guter Indikator für zunehmende Nährstoffungleichgewichte in von Kiefernforsten nährstoffärmeren, mehr oder weniger trockener Sandstandorte. Auf beiden Standorten spielt die Art keine Rolle.

Andere Stickstoffzeiger:

Im Buchenbestand W 1 ist kein signifikantes Vorkommen von Störungszeigern erkennbar. Im Kiefernbestand W 3 kommen als Störungszeiger Brombeere und Himbeere mit einem gewissen Deckungsgrad vor.

Vergilbungen/ Verfärbungen:

Signifikante Verfärbungen sind nicht erkennbar.

Insekten/ Pilze:

Schäden durch Pilzbefall sind ebenfalls nicht signifikant.

In der Summe ergeben sich folgende Einordnung in Schadstufen:

W 1: 1,0

W 3: 1,4

Demnach ist keine Vorschädigung der Bestände erkennbar.

5.3 Bodenkundlicher Zustand – Kartierte Standortseigenschaften

Die Kenntnis der Stammeigenschaften der Standorte ist eine Voraussetzung für die sachlich richtige Bewertung des Puffervermögens. Die Angaben zu den Stammeigenschaften wurden aus der Standortskarte entnommen. Für die im Untersuchungsgebiet liegenden Standorte wurden die in Tab. 3 ausgewiesenen Feinboden-, Standorts- und Humusformen kartiert.

5.4 Bodenkundlicher Zustand – Bodenprofile

In der Mitte der Probeflächen W 1 und W 3 wurden Bodenprofile angelegt. Das Horizont- und Substratprofil geht aus folgenden Übersichten hervor.

Bei den Standorten handelt es sich um grundwassernahe Podsole, Podsol-Gleye und Niedermoorböden.

Probefläche W 11 (Abb. 8)



Abb. 8:
Bodenprofil
Warlow 1

Ol	+ 5 cm	
Ofh	+ 3 cm	
Ahe	0-10 cm	fSu
Ae	10-27 cm	fSu
Bhs	27-52 cm	fSu
C/Go	52-62... cm	fSu

Probefläche W 3 (Abb. 9)



Abb. 9:
Bodenprofil
Warlow 3

Ofh	+ 5 cm	
OhAh(Aa)	0-15 cm	U
Ah (Aa)	15-50 cm	U
Gor	50-60... cm	fS

5.5 Bodenchemischer Zustand – Säure-Basen-Ausstattung

Die alle analysierten bodenchemischen Parameter gehen aus den Prüfprotokollen in Anlage 1 und 2 hervor. In Tab. 6 und 7 werden auszugswise die Kennwerte dargestellt, die den Säure-Bases-Status der Flächen kennzeichnen.

Tab. 6: Säure-Base-Zustand der Probeflächen (pH wurde nur in H₂O analysiert)

PF	Tiefe	pH (H ₂ O)	Pufferbereich*	KAK _{eff} [μmol l/Ä/g]	Bewertung**	V-Wert [%]	Bewertung**	C/N-Verh.	Bewertung**
W1	Auflage	4,61	Aust.	676,6	extr. hoch	63	mäßig hoch	29,53	weit
	0-20 cm	3,94	Al	60,8	gering	4	sehr gering	20,65	mäßig weit
	20-40 cm	4,01	Al	40,9	sehr gering	3	sehr gering	22,61	mäßig weit
	40-60 cm	4,52	Aust.	40,4	sehr gering	13	gering	23,84	mäßig weit
W3	Auflage	4,59	Aust.	747,2	extr. hoch	86	sehr hoch	31,79	weit
	0-20 cm	3,33	Al	121,2	mittel	11	gering	11,19	eng
	20-40 cm	3,47	Al	49,3	sehr gering	8	gering	37,28	sehr weit
	40-60 cm	3,48	Al	46,1	sehr gering	7	gering	51,52	sehr weit

* <http://deacademic.com/dic.nsf/dewiki/1140312>, ** WSL (2018)



Tab. 7: Austauscherbelegung in 0-60 cm und Bewertung der Elastizität gegenüber Säurebelastung (n. RIEK & WOLFF 2007, zit. in RIEK et al. 2015, eigentlich für 0-90 cm)

	Sättigung [%]			Elastizität nach Riek & Wolff (2007)		
	Ca+Mg	Mg	K	Ca+Mg	Mg	K
W1	7,4	2,4	0,9	gering	mäßig-mittel	sehr gering
W3	6,3	1,9	2,0	gering	gering	gering-mäßig

Erwartungsgemäß sind die Standorte W 1 und W 3 relativ sauer und basenarm. Besonders gering ist die Pufferfähigkeit im oberen Mineralboden des grundwasserferneren Standortes W 1 (Bleichhorizont Ae), die im unteren Bereich des Profils (Bhs-Horizont, schwacher Grundwassereinfluss) aber wieder ansteigt.

Der humus-/torfreiche und grundwassernahe Standort W 3 hingegen weist zwar einen hohen C-Gehalt und damit ein sehr weites C/N-Verhältnis auf, ist aber besser mit Basen versorgt als W 1.

Auf den ziemlich nährstoffarmen Standorten W 1 und W 2 konnte Kalium in mittlerer Bodentiefe (20-60 cm) nicht nachgewiesen werden (Anlage 1, Tab. 8). Im Buchenbestand W 1 war der K-Gehalt auch im Oberboden (0-20 cm) nur mäßig.

Da grundwasserferne, relativ nährstoffarme Z1-Standorte im betroffenen Waldgebiet seltener als mineralische Nassböden mit den Nährkraftstufen NZ...NK sind, bestehen für die Bestände keine flächigen, sondern allzumal punktuelle Risiken für Säurestress infolge von Basen-, insbesondere Kaliummangel.

5.6 Bodenchemischer Zustand – Stickstoffvorräte und C/N-Verhältnis

Aus der Elementausstattung und der spezifischen Bodendichte an den Standorten (Anlage 1, 2) wurden Elementvorräte ermittelt (Tab. 8).

Tab. 8: Lagerungsdichte und Elementvorräte im Oberboden der Probeflächen

PF	Tiefe	Ld	C	N	Humus	Ca	Mg	K	Na	Al	Fe	Mn
	cm	g cm ⁻³	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹	t ha ⁻¹
1	Auflage		160,7	5,4	277,0							
	0-20 cm	1,06	67,2	3,3	115,9	54,8	17,4	13,4	18,5	259,8	30,6	8,7
	20-40 cm	1,38	48,2	2,1	83,1	45,4	6,7	0,0	14,8	548,6	59,8	10,6
	40-60 cm	1,38	68,2	2,9	117,6	234,9	16,4	0,0	23,1	607,3	68,3	10,6
3	Auflage		65,0	2,0	112,1							
	0-20 cm	0,71	49,8	4,4	85,8	266,9	30,5	40,1	43,4	637,5	69,3	6,3
	20-40 cm	1,03	48,4	1,3	83,5	91,7	7,2	0,0	58,9	247,7	20,3	7,8
	40-60 cm	1,30	80,0	1,6	137,9	24,6	3,3	0,0	155,2	635,8	17,9	9,7

Die Bestände weisen hohe Kohlenstoff- und Humusvorräte auf.

Am Standort W 1 ist der Stickstoffvorrat in allen Tiefenstufen höher als in W 3. Das muss jedoch nicht an der größeren Nähe zur N-emittierenden Rinderanlage liegen, sondern an den besseren N-Umsätzen des terrestrischen Z-Standortes W 1 gegenüber des NZ-Standorts W 3, wo zeitweise anaeroben Bedingungen vorherrschen.

Nach MATZNER et al. (1997, zit. in DORN et al. 2003) reduzieren mächtige Auflagen mit weiten C/N-Verhältnissen die Nitratauswaschungsgefahr. Da sich die Bestände bei Warlow durch relativ mächtige Auflagehumusschichten auszeichnen (Tab. 10), ist ihre Bedeutung als N-Senke. In Tab. 9 wird die Nitratauswaschungsgefahr anhand des Humuszustandes (C/N-Verhältnis) in der Auflageschicht bewertet.

Tab. 9: C/N-Verhältnis und Nitratauswaschungsgefahr (NG, n. MATZNER et al. 1997, zit. in DORN et al. 2003)

PF		C/N	Bezeichnung	NG
1	Auflage	29,53	weit	mittel
	0-20 cm	20,65	mäßig weit	
	20-40 cm	22,61	mäßig weit	
	40-60 cm	23,84	mäßig weit	
3	Auflage	31,79	weit	gering
	0-20 cm	11,19	eng	
	20-40 cm	37,28	sehr weit	
	40-60 cm	51,52	sehr weit	

5.7 Bodenkundlicher Zustand – Humusprofile und Humusformen

5.7.1 Morphologische Humusform

Die morphologische Humusformen nach KA 5 (AG BODEN 2005) sind für beide Probestellen W 1 und W 3 rothumusartiger Moder (Abb. 10). In W 1 ist eine Tendenz zu Rohhumus gegeben, da sich die mächtigen Oh- und Of-Schichten relativ deutlich voneinander abgesetzt haben.

Tab. 10: Humusprofile an den Probestellen (kumulative Mächtigkeit in cm ab Mineralbodenoberkante)

		Grube	Nord	Ost	Süd	West	Ø
W 1	Ofh	8,0	11,0	12,5	7,0	12,0	10,1
W 3	Ofh	6,0	6,0	3,0	2,5	5,0	4,5

5.7.2 Chemisch-analytische Humusform

Aus Tab. 11 gehen die für die Humusformenansprache nach SEA 95 relevanten Parameter der Probestellen und die entsprechenden Spannen für die Humusform hervor. Der Befund weist auf eine Disharmonie zwischen Stickstoff-Stufe (im Rahmen der Erwartung) und Säure-Base-Stufe (verbessert) hin.

- W 1: Die Kohlenstoff-/Stickstoff-Parameter der Auflage weisen auf rothumusartigen Moder, die Säure-Base-Parameter jedoch auf mullartige Humusformen hin.
- W 3: Die Kohlenstoff-/Stickstoff-Parameter der Auflage zeigen Rohhumus mit Tendenz zum rothumusartigen Moder an. Die Säure-Base-Parameter indizieren allerdings mullartige Humusformen.

Tab. 11: Humusparameter in Auflage und Oberboden der Probestellen und chemisch-analytische Humusform nach SEA 95 (dunkelgrau: für Humusauflage, hellgrau: Mineralboden 0-20 cm)

PF		H*	B*	Mu	MM	Mo	RM	Ro	Ma	Hu
1	BS	63	4	(68) 66...>46	(48) 46...>30	(32) 30...>18	(20) 18...>10	10...>6	(12) 10...>6	(12) 10...>6
	pH (H ₂ O/KCl)	4,6	3,9	>4,8	5,0...4,0	4,2...3,2	<3,4	<3,2	<3,2	<3,2
	C/N	29,5	20,7	11,6...14,7	14,2...18,5	17,8...23,8	22,7...31,2	29,4...41,6	38,6	38,6
3	BS	86	11	(68) 66...>46	(48) 46...>30	(32) 30...>18	(20) 18...>10	10...>6	(12) 10...>6	(12) 10...>6
	pH (H ₂ O/KCl)	4,6	3,3	>4,8	5,0...4,0	4,2...3,2	<3,4	<3,2	<3,2	<3,2
	C/N	31,8	11,19	11,6...14,7	14,2...18,5	17,8...23,8	22,7...31,2	29,4...41,6	38,6	38,6

* Parameterkennwert in der Probestelle (PF) für die Humusauflage (H) und Mineralboden 0-20 cm (B)

5.7.3 Vegetationsdiagnostische Humusform

Die Humusform wird nach SEA 95 normalerweise (bei Kartierungen) aus der Vegetation abgeleitet. Das Vorgehen wird in Kap. 5.9.3 erklärt. An dieser Stelle wird auf das Ergebnis vorausgegriffen:

- PF 1: feuchter rothumusartiger Moder (fRM) bis frischer Rohhumus (iRo).
- PF 3: feuchter rothumusartiger Moder (fRM) (mit Tendenz trocken-frischer Rohhumus)

5.8 Vegetation der Probeflächen

Die Vegetationsaufnahmen sind in Tab. 12 dargestellt. Nach lateinischem und deutschem Pflanzennamen folgen die Spalten „soziologisch-ökologische Artengruppe“ und „Vegetationsschicht“ bevor die beiden Vegetationsaufnahmen für W 1 und W 3 aufgeführt sind.

Im unteren Teil der Tab. 12 sind die Ökosystemtypen (aktuelle Vegetation) sowie die mutmaßliche potentielle natürliche Vegetation zugeordnet (Nomenklatur und Codierung nach HOFMANN & POMMER 2013).

Tab. 12: Vegetationstabelle mit Deckungsgraden [%], Artengruppen und Weiserwerten, sortiert nach Vegetationsschichten

Artnamen lateinisch	Artnamen deutsch	Schicht	W 1	W 3	s.ö.AG	F	R	N
obere Baumschicht		B1	85	75				
untere Baumschicht		B2	7	5				
Strauchschicht		S	0	10				
Krautschicht		K	0,1	90				
Mooschicht		M	0,1	10				
<i>Betula pendula</i>	Hänge-Birke	B1		15	B6	x	x	x
		B2		5				
		S		3				
<i>Fagus sylvatica</i>	Rotbuche	B1	80		B5	5	x	x
		B2	7					
<i>Pinus sylvestris</i>	Waldkiefer	B1		65	B6	x	x	x
<i>Quercus robur</i>	Stiel-Eiche	B1	5		B5	x	x	x
		K		0,1				
<i>Frangula alnus</i>	Faulbaum	S		7	S2	7-	x	2
<i>Dryopteris carthusiana</i>	Dorniger Wurmfarne	K		0,1	K6.3	x	4	3
<i>Molinia caerulea</i>	Blaues Pfeifengras	K	0,1	60	K2.7	7-	x	2
<i>Picea abies</i>	Fichte	K		0,1	B3	x	x	x
<i>Pteridium aquilinum</i>	Adlerfarn	K		50	K6.4	6-	3	3
<i>Rubus fruticosus agg</i>	Brombeere Fo.Gr.	K		3	K5.3	x	x	x
<i>Rubus idaeus</i>	Himbeere	K		1	K5.3	5	x	6
<i>Trientalis europaea</i>	Europ. Siebenstern	K		1	K6.3	x	3	2
<i>Brachythecium rivulare</i>	Bach.-Kurzbl.moos	M		1	M1.1	7	5	
<i>Dicranella heteromalla</i>	Kleines Besenmoos	M	0,1		M6.1	4	2	
<i>Dicranum polysetum</i>	Welliges Besenmoos	M		0,1	M6.4	4	5	
<i>Eurhynchium swartzii</i>	Schönschnabelmoos	M		2	M2.1	4	7	
<i>Hypnum cupressif.</i>	Zypressen-Astmoos	M	0,1	6	M6.3	4	4	
<i>Pleurozium schreberi</i>	Rotstengelmoos	M		2	M6.4	4	2	
<i>Polytrichum formosum</i>	Frauenhaarmoos	M		0,1	M6.2	6	2	
<i>Scleropodium purum</i>	Grünstengelmoos	M		1	M6.2	4	5	
Σ Gesamtartenzahl			5	18				
Σ Störungszeiger			0	2				

Die aktuelle und die potenzielle natürliche Vegetation lassen sich als Ökosystemtypen nach HOFMANN & POMMER (2013) folgendermaßen einordnen:

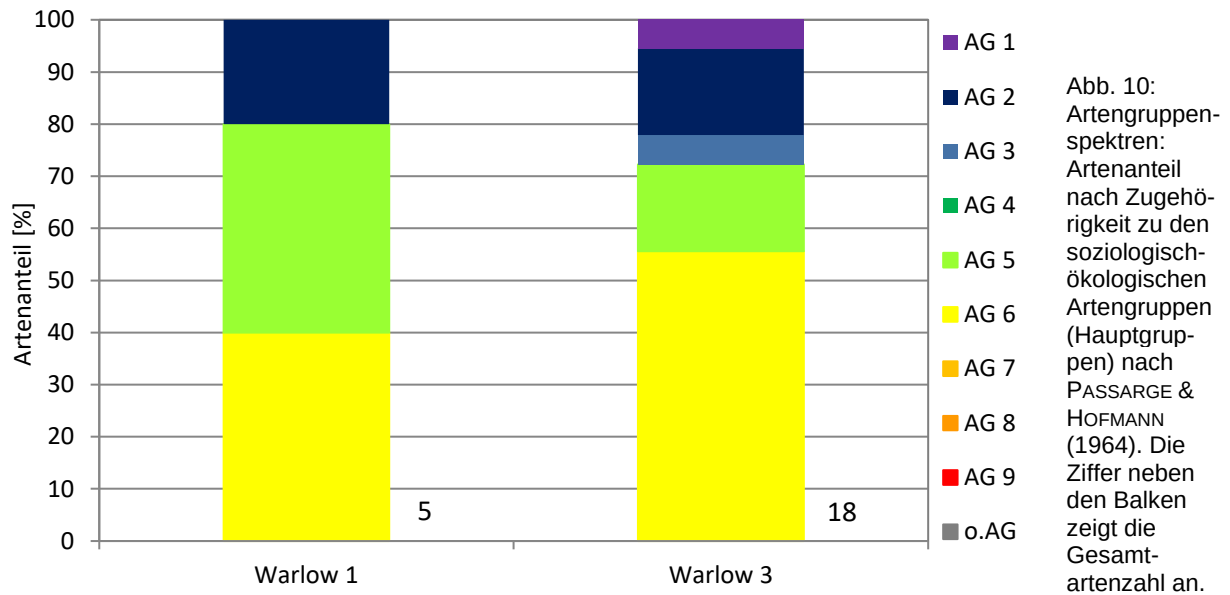
- W 1: Aktuelle Vegetation: Pfeifengras-Buchenwald (Lb11)
Pot.-natürliche Vegetation: Pfeifengras-Buchenwald (Lb11)
- W 3: Aktuelle Vegetation: Adlerfarn-Kiefernforst (X113)
Pot.-natürliche Vegetation: Sternmieren-Moorbirken-Stieleichenwald (H3)

5.9 Bioindikation und Humusansprache anhand der Bodenvegetation

5.9.1 Bioindikation anhand der Artengruppenspektren nach PASSARGE & HOFMANN (1964)

Die Vegetationstabelle Tab. 12 beinhaltet für alle Probeflächen die Artenzusammensetzung und die Deckungsgrade sowie die Zugehörigkeit der Arten zu den soziologisch-ökologischen Gruppen (mit Untergruppen).

In Abb. 10 ist dargestellt, in welchen Anteilen sich die Arten der untersuchten Probeflächen W 1 und W 3 auf die soziologisch-ökologische Hauptartengruppen verteilen.



Verbreitet sind typische Rohhumus-Arten (Artengruppe 6) sowie Arten, die mittlere Nährstoffverhältnisse und Moder (Artengruppe 5) anzeigen. Auch Feuchtezeiger (Artengruppe 2) nehmen einen hohen Anteil ein. Es fehlen Mull- (AG4), Trocken- (AG7) und Wärmezeiger AG8, AG9).

5.9.2 Bioindikation anhand der Zeigerwerte nach ELLENBERG et al. (1992)

Die Vegetationstabelle Tab. 12 beinhaltet für alle Probeflächen die Artenzusammensetzung und die Deckungsgrade.

In den Abb. 11-13 sind die mittleren, arithmetischen Zeigerwerte nach ELLENBERG für die beiden Probeflächen W 1 und W 2 dargestellt.



Abb.11: Mittlere Feuchtezahlen, arithmetisch

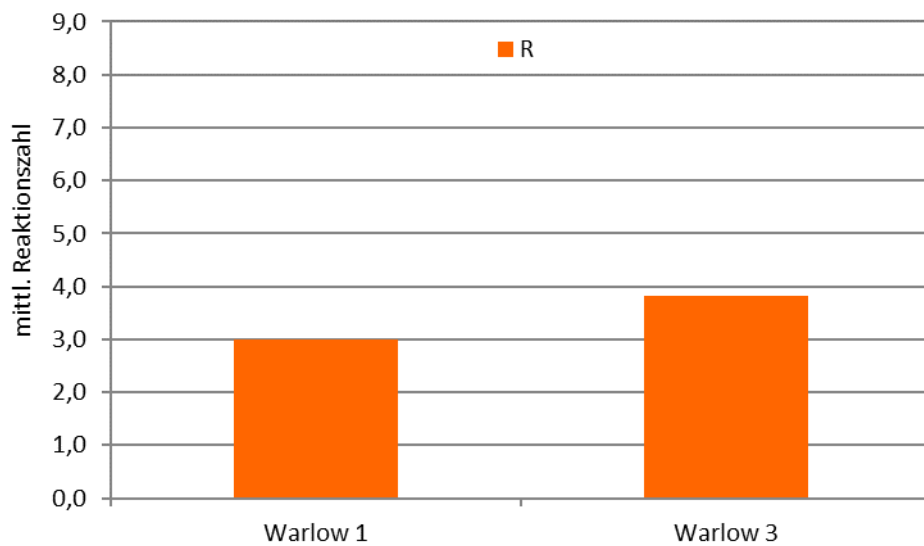


Abb.12: Mittlere Reaktionszahlen, arithmetisch

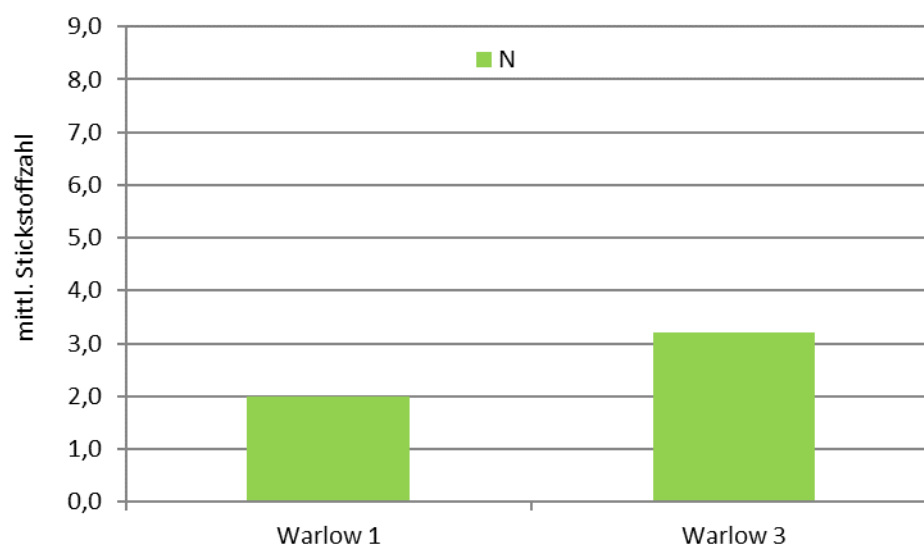


Abb. 13: Mittlere Stickstoffzahlen, arithmetisch

Die Standorte werden durch die Bodenvegetation (Frischezeiger) als mittelfeucht gekennzeichnet (Abb. 11). Mit den mittleren Reaktionszahlen werden saure (W 1) bis schwach

saure Oberbodenverhältnisse angezeigt (W 3, Abb. 12) und die Stickstoffzahlen weisen auf sehr stickstoffarme (W 1) bis stickstoffarme Bedingungen hin (W 3, Abb. 13).

5.9.3 Bioindikation anhand der über die Zustands-Vegetationsformen nach KOPP hergeleiteten Humusformen (SEA 1996)

Nach dem nordostdeutschen Verfahren der forstlichen Standortserkundung werden die Humusformen anhand der Bodenvegetation, über sogenannte Vegetationsformen, kartiert. Bei den Vegetationsformen handelt es sich um syntaxonomische Einheiten, die aus ökologischen Weiserartengruppen kombiniert werden. Mit ihrer Hilfe kann die Humusform – differenziert nach Nährkraft- und Feuchtestufe – angesprochen werden (Tab. 13). Um die Feuchtestufe zu differenzieren, sind u.U. noch geländemorphologische Merkmale, wie Kuppen- oder Senkenlage, notwendig. Die Vegetationsformen sind z.B. in SEA (1996) und LUA (2004) definiert.

Tab. 13: Zustands-Standortsgruppen-Schema (Schema für Normal-Humusformen), unterteilt in 7 Nährkraft- und 5 Feuchtestufen mit den jeweiligen Humus- und Vegetationsformen. Erstreckt sich eine Vegetationsform über mehrere Feuchtestufen, sind zu deren Differenzierung zusätzlich geländemorphologische Merkmale notwendig („H.“ in runden Klammern () bedeutet „Hager-“ und steht für geringe Humus-Akkumulationsmenge / -Auflagemächtigkeit infolge spezieller Geländesituation; Vegetationsformen stehen in eckigen Klammern [])

Nährkr.st./ Humusfo.→ Feuchtest. ↓	reich Mull Mu	kräftig mullart. Moder MM	mittel typ. (H.) Moder (H)Mo	zml. arm roh. (H.) Moder (H)RM	arm (H.) Roh- humus (H)Ro	sehr arm Mager- rohhum. Ma	dystroph Hunger- rohhum. Hu
trocken t	tMu [Du]	tMM [Ri]	t(H)Mo [Sk (StKr)]	t(H)RM [KB (St)]	t(H)Ro [B (Wm)]	tMa [Zm]	tHu [F]
mäßig frisch m	mMu [Lu]	mMM [Ri]	m(H)Mo [Sk (StKr)]	m(H)RM [KB (St)]	m(H) [B (Wm)]	mMa [Zm]	mHu [F]
frisch i	iMu [Lu]	iMM [Ri]	i(H)Mo [Sk (StKr)]	i(H)RM [PfKB (St)]	i(H)Ro [PfB (Wm)]	iMa [PfZm]	iHu [F]
feucht f	fMu [RaLu]	fMM [RaRi]	fMo [Ra]	fRM [SkPf]	fRo [Pf]	n. belegt	n. belegt
nass n	nMu [IrLu]	nMM [Ko]	nMo [Sr]	nRM [SkTo]	nRo [To]	n. belegt	n. belegt

Zur besseren Objektivierung und Nachvollziehbarkeit der Humusformenansprache wurde für die vorliegende Untersuchung das potenzielle Vorkommen jeder Einzelart innerhalb des Zustands-Standortsgruppen-Schemas (syn. Humusformen-Schema) numerisch zusammengezählt. Festgestellte Arten des Vegetationsformen-Konzeptes erhielten für eine diskrete Standortsform einen ganzen Punkt, wenn sich ihr Vorkommensschwerpunkt hier befand und nur einen halben Punkt, wenn ihr Schwerpunkt woanders lag (z.B. Arten der Riesenschwingel-Formengruppe auf mMu, fMu, fMM, nMM, bei Schwerpunkt auf tMM, mMM, iMM). Ein viertel Punkt wurde vergeben, wenn nur wenige Arten der Formengruppe an diesem ökologischen Rand auftreten (z.B. Arten der Sauerklee-Formengruppe auf RM).

Da manche Formengruppen auch sehr viele Arten beinhalten können, ergibt ihr Vorkommen am Rand ihrer ökologischen Amplitude u.U. – selbst bei Halbierung oder Viertelung – zu hohe Summenwerte (z.B. Sauerklee-Formengruppe). **Letztlich sind diagnostisch wichtige Arten entscheidend, um auf die Humusform zu schließen.** Die Humusformen-Schemata mit Zahlenwerten sollten daher nur der ersten Orientierung dienen.

Die Humusformen-Schemata für die einzelnen Probeflächen sind in Tab. 15-16 zu finden. Hierbei zeigt die Graustufung den Schwerpunkt und grenzüberschreitende Tendenzen an. Rot

umrandet sind die forstlich kartierten Zustände, mit einer Strichellinie die mit der Standortsform im Gleichgewicht stehende „Normal-Humusform“ gekennzeichnet.

Mitunter wird bei der Humusformenkartierung nach dem nordostdeutschen Verfahren eine „zweigliedrige Nährkraftstufe“ angegeben, d.h. dass von der Stickstoffstufe (n) die Säure-Base-Stufe (b) unterschieden wird. Weichen Stickstoff- und Säure-Base-Stufe um eine oder mehrere Punkte voneinander ab, z.B. bei stickstoffbedingter Versauerung oder basischen Staubeinträgen, liegt eine „disharmonische Humusform“ vor (Tab. 14).

Der chemische Befund weist auf eine Disharmonie mit besserer Säure-Base-Stufe hin (Aggradation, s. Kap. 5.7.2, Tab. 11).

Tab. 14: Humusformen mit zweigliedriger Nährkraftstufe, dargestellt am Beispiel der Feuchtestufe „frisch“ („i“), graue Felder: harmonische Nährkraftstufen

		Mull	mullart. Moder	Moder	rohhum. Moder	Rohhumus	Magerrohhum.	Hungerrohhum.
		iMu	iMM	iMo	iRM	iRo	iMa	iHu
		n7	n6	n5	n4	n3	n2	n1
carbonathaltig	b8	i b8 Mu	i b8 MM	i b8 Mo	i b8 RM	i b8 Ro	i b8 Ma	
basenreich	b7	i b7 Mu	i b7 MM	i b7 Mo	i b7 RM	i b7 Ro	i b7 Ma	
zieml.basenreich	b6	i b6 Mu	i b6 MM	i b6 Mo	i b6 RM	i b6 Ro	i b6 Ma	
mäß.basenreich	b5	i b5 Mu	i b5 MM	i b5 Mo	i b5 RM	i b5 Ro	i b5 Ma	
zieml.basenarm	b4	i b4 Mu	i b4 MM	i b4 Mo	i b4 RM	i b4 Ro	i b4 Ma	

Probefläche W 1 (Tab. 15)

Tab. 15: Humusformen-Schema mit Bewertung von W 1. Grau: diagnostizierte Humusform, Strichellinie: von forstl. Standortserkundung kartierte Humusform, rot: Normal-Humusform.

Fläche 1	Mu	MM	(H)Mo	R(H)M	(H)Ro	Ma	Hu
t	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
m	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0
i	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	0,0
f	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0		
n	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0		

Die standortskundlich kartierte Humusform ist frischer rohumusartiger Moder (fRM). Unter Berücksichtigung des Kontakt-Pedotops nach Norden (nass) ist die Normal-Humusform der kartierten Feinbodenform frischer bis feuchter rohumusartiger Moder (iRM-fRM). Die anhand der Vegetation diagnostizierte Humusform ist als **feuchter rohumusartiger Moder bis frischer Rohhumus anzusprechen (iRo)**.

Anhand der Vegetation wird tendenziell eine schlechtere Humusform angezeigt, als standortskundlich zu erwarten war und forstlich kartiert wurde (**Nährkraft-Abweichstufen -1**).

Probefläche W 3 (Tab. 16)

Tab. 16: Humusformen-Schema mit Bewertung von W 3. Grau: diagnostizierte Humusform, Strichellinie: von forstl. Standortserkundung kartierte Humusform, rot: Normal-Humusform.

Fläche 3	Mu	MM	(H)Mo	R(H)M	(H)Ro	Ma	Hu
t	0,0	0,5	1,0	2,8	5,0	0,5	0,0
m	0,0	0,5	1,0	2,8	5,0	0,5	0,0
i	0,0	0,5	1,0	3,3	3,0	1,0	0,0
f	0,0	0,5	0,5	3,0	2,0		
n	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0		

Am Standort W 3 wurde feuchter rohhumusartiger Moder (fRM) kartiert. Das wäre auch als Normal-Humusform des Feinbodens in dieser Geländelage zu erwarten.

Die vegetationsdiagnostisch abgeleitete Humusform ist etwas weit und muss interpretiert werden. Einerseits wird frischer bis feuchter rohhumusartiger Moder und andererseits trockener bis mäßig frischer Rohhumus angezeigt.

Dorniger Wurmfarne, Adlerfarne, Wald-Frauenhaarmoos, Grünstengelmoos und Rotstengelmoos, die in W 3 vorkommen, sind vor allem im trockenen bis frischem Rohhumus verbreitet. Lässt man die Moose beiseite, wird durch die Gefäßpflanzen **feuchter rohhumusartiger Moder (fRM)** diagnostiziert, wie auf der Standortkarte angegeben und als Normal-Humusform erwartet.

Anhand der Vegetation ist also eine eher ungünstigere Humusform (**Nährkraft-Abweichstufen -1**) und schlechtere Oberbodenfeuchteverhältnisse (**Feuchte-Abweichstufen +1...+3**) zu konstatieren.

6 Prognostische Beurteilung der Standorte

Im Rahmen der prognostischen Beurteilung der Standorte wird geprüft, wieweit der gegenwärtige Belastungsstatus infolge der geplanten Zusatzbelastung zukünftig von einem ökologisch verträglichen Status abweicht. Die Risiken für den Waldbestand bei N-Einträgen ergeben sich vor allem durch eutrophierende Wirkung oder Säurestress.

Bei der Beurteilung aus forstlicher Sicht spielen bei einmaliger Erfassung insbesondere die Hemerobie (Naturabweichung) der Bestände, die N-Vorbelastungen und die Puffer- und Speicherfähigkeit der Böden eine ausschlaggebende Rolle. Hier sind folgende Komponenten zu betrachten:

1. Die aktuelle Vitalität der Bestände, erkennbare Altschäden,
2. Die Veränderungen in den Humusauflagen,
3. Der bodenchemische Zustand,
4. Das lebensraumtypische Arteninventar (nur bei Betroffenheit von Natura 2000-Gebieten)

6.1 Ökosystemspezifische Schutzkategorien und Gefährdungsstufen

Für die Beurteilung einer Schädigung durch N-Immission ist entscheidend, welche Waldfunktionen die Bestände gemäß forstlichem Rahmenplan erfüllen müssen.

Bei Wäldern, die als FFH-Lebensraumtypen einem gesetzlichen Schutz unterstehen (WLRT), sind die Regelungen der Kategorie „*Lebensraumfunktion*“ anzuwenden. Der gesamte Lebensraum, einschließlich seiner charakteristischen Artenausstattung ist zu erhalten. Bei nicht speziell natur- oder artenschutzrechtlich geschützten stickstoffempfindlichen Ökosystemen wird die „*Regulationsfunktion*“ berücksichtigt, weil überhöhte N-Einträge Fruchtbarkeit und Pufferfähigkeit der Böden sowie Qualität des Grund- und Oberflächenwassers und somit nachgeschaltete Umweltmedien negativ beeinflussen können.

In vielen Fällen steht für die „*Produktionsfunktion*“, also der Erhalt der Baum- bzw. Bestandesvitalität anlagennaher Bestände im Vordergrund und die N-Gesamtbelastungen dürfen zu keinem Vitalitätsverlust der Bäume und keiner Bestandesdestabilisierung führen. Abweichend von LAI (2012) werden Wälder in Mecklenburg-Vorpommern wegen ihres geringen Flächenanteils und ihrer besonderen Bedeutung für den Naturhaushalt mindestens der Schutzgutkategorie „*Regulationsfunktion*“ zugeordnet.

Nach der Zuordnung von Ökosystemen zu den o.g. Schutzgutkategorien (1) Lebensraumfunktion, (2) Regulationsfunktion oder (3) Produktionsfunktion kann über Zuweisung von „*Zuschlagsfaktoren*“, die über Indikatoren erfolgt, die „*Gefährdungsstufe*“ abgeleitet werden (LAI 2012). Dieser Verfahrensschritt ist dem eigentlichen Waldgutachten vorgeschaltet (s. Kap. 1).

6.2 Belastbarkeitsgrenzen der Bestände für Säuren (bzw. säurebildenden Stickstoff)

Zur Bodenversauerung tragen zu 40% Ammoniak, gefolgt von Stickstoffoxiden (NO_x) und Schwefeldioxid (SO_2) bei. Säureeinträge beschleunigen die Versauerung, einem natürlichen Prozess der Bodenentwicklung. Beim Eintrag von Ammonium wird die Versauerung des Bodens durch mehrere Prozesse bestimmt: Zum einen geben Pflanzen Protonen (H^+) an die Bodenlösung ab, wenn sie Ammonium (NH_4^+) aufnehmen (Ladungsausgleich). Zum anderen werden Protonen freigesetzt, wenn Ammonium in Nitrat (NO_3^-) umgewandelt wird. Wird das Nitrat von den Pflanzen aufgenommen oder ausgewaschen, bleibt ein Säureüberschuss im Boden. Dieser Prozess findet v.a. bei warmer Witterung statt (LFU 2004).

Bei den Untersuchungsparametern Boden-pH und Basensättigung konnten MOHR & DÄMMGEN (2013b) im Umfeld nordwestdeutscher Tierhaltungsanlagen keine statistisch signifikante Reaktion auf – teilweise sehr hohe – N-Zusatzdepositionen nachweisen.

Im Untersuchungsgebiet ist ein gewisses Risiko für Versauerungsprozesse auf den grundwasserfernen, ohnehin basenarmen (insbesondere K) Z1-Standorten mit Gley podsolen gegeben, die allerdings nur einen geringen Flächenanteil im Untersuchungsraum einnehmen. Diese Standorte sollten unbedingt mit Laubhölzern bestockt bleiben (W 1) oder entsprechend umgebaut werden, v.a. wenn sie sich am anlagennahen Bestandesrand mit höheren N-Einfuhren befinden.

Moderate Stickstoffeinträge werden aufgrund einer mächtigen Humusaufgaben (mst. RM) mit sehr weitem C/N-Verhältnis im Mineralboden jedoch kaum als Protonenquelle wirksam.

6.3 Belastbarkeitsgrenzen der Bestände für eutrophierenden Stickstoff

Berechnung mittels einfacher Massenbilanzmethode (SMB)

Standortsbezogenen Analysen sollte gegenüber generalisierten Tabellenwerten immer der Vorzug gegeben werden.

Im „Handlungsrahmen Brandenburg“ (DORN et al. 2003) wird eine kompartimentweise Berechnung der Flüsse nach der einfachen Massenbilanzmethode (SMB) vorgegeben. Da die Berechnungen und Dimensionen (Einheiten) hier nicht immer nachvollziehbar sind, wurden zur Ermittlung der Stickstoffflüsse auch NAGEL et al. (2003), SCHLUTOW & SCHEUSCHNER (2010), NAGEL & GREGOR (2013) und NAGEL et al. (2014a, b) zu Rate gezogen.

Die Ergebnisse sind in Tab. 18 dargestellt. Die Stickstoffflüsse und Bilanzen werden in kg Stickstoff und in eq Stickstoff angegeben. Der Umrechnungsfaktor beträgt 71,428.

Die nach dem Mapping Manual (ICP Modelling & Mapping 2010, zit in NAGEL et al. 2014a, 2014b) zur Anwendung kommende Formel für die Massenbilanzrechnung geht von folgendem Gleichgewicht aus:

$$N_{dep} = N_u + N_i + N_{le} + N_{de}$$

mit:

N_{dep}	lokale Stickstoffdeposition
N_u	Stickstoffaufnahme durch den Bestand
N_i	Stickstoffimmobilisierung
N_{le}	oder auch $N_{le(acc)}$: tolerierbare Auswaschung durch natürliche Hintergrund-Nitratkonzentration im Sickerwasser
N_{de}	Denitrifikation

Immobilisierungsfaktor und Immobilisierungsrate von Stickstoff (N_i)

Die Immobilisierung von Stickstoff im Humus und Oberboden stellt eine Senke für Stickstoff dar. Sie ist temperaturabhängig. Nimmt man den regionaltypischen Wert von 8°C erhält man mit NAGEL & GREGOR (2013) eine Rate von **1,5 kg N ha⁻¹ a⁻¹**. Der Temperaturzusammenhang wird in NAGEL et al. (2014) mittels Funktion dargestellt und zeigt den starken Abfall zwischen 5,0°C und 8,5 °C.

Zu diesem Betrag muss die kurzfristige Immobilisierung $N_{i(kurz)}$ hinzugenommen werden:

$$N_i = N_{i(T)} + f_i \cdot N_{(acc)}$$

mit dem Immobilisierungsfaktor:

$$f_i = \frac{CN_{crit} - CN_{min}}{CN_{max} - CN_{min}} \quad \text{für } CN_{min} < CN_{crit} < CN_{max}$$

$$f_i = 1 \quad \text{für } CN_{crit} \geq CN_{max}$$

$$f_i = 0 \quad \text{für } CN_{crit} \leq CN_{min}$$

und:

CN_{real}	Gemessenes C/N-Verhältnis am einzelnen Standort (Tab. 17)
CN_{crit}	Kritisches C/N-Verhältnis (75%-Quantil der BZE/ Level II Standorte nach Humusformen gegliedert, Tab. 17)
CN_{min}	Minimales C/N-Verhältnis (5%-Quantil der BZE/ Level II Standorte nach Humusformen gegliedert, Tab. 17)

Die kurzfristige Immobilisierung berechnen DORN et al. (2003):

$$N_{i(kurz)} = N_{dep} - N_u - N_{(min)} \cdot \left(\frac{CN_{real} - CN_{min}}{CN_{crit} - CN_{min}} \right)$$

Tab. 17: Kritisches und minimales C/N-Verhältnis in der Auflage nach Humusformen (oben) und real gemessene C/N-Verhältnisse

Humusform	Abkürzung (nach SEA95)	kritisches C/N (75 %-Quantil)	minimales C/N (5%-Quantil)
Mull	Mu	17	9
Mullartiger Moder	MM	19,5	11,4
Moder	Mo	25,3	17,8
Rohhumusartiger Moder	RM	26,5	19,2
Rohhumus	Ro	27,3	18,1
Standort (mit BA, HF)	aktuelles C/N	kritisches C/N (n=5)	minimales C/N (n=5)
W 1 (RBU+SEI, RM)	29,53	26,5	19,2
W 2 (GBI+RER, RM)	?	26,5	19,2
W 3 (GKI, RM)	31,79	26,5	19,2
W 4 (RER+RBU, RM)	?	26,5	19,2
W 5 (RER+RBU, MM)	?	19,5	11,4
W 6 (SEI+RER, RM)	?	26,5	19,2
W 7 (SEI+RER, RM)	?	26,5	19,2
W 8 (RER+RBU, MM)	?	19,5	11,4
W 9 (RER, -*)	?	27,3*	18,1*
W 10 (RER, MM)	?	26,5	19,2

Der Immobilisierungsfaktor f_i nimmt also je nach Humuszustand einen Wert zwischen 0 und 1 an. Die Beurteilung der Humusqualität, die in die Berechnung der N-Immobilisierungsrate eingeht, erfolgt also über das C/N-Verhältnis bzw. den Immobilisierungsfaktor f_i .

Auf den Flächen W 1 und W 3 lagen die aktuellen C/N-Werte über dem kritischen C/N-Verhältnissen und f_i nahm Werte > 1 an (1,41 und 1,72). Die morphologische und vegetationsdiagnostische Humusform, die kartiert wurde, zeigt demnach eine bessere Stickstoffversorgung an, als die chemische Zusammensetzung erwarten ließe. Das stimmt mit der Beobachtung überein, dass sich überall sehr mächtige Auflagen gebildet haben und die

Vegetation eine schlechte N-Versorgung anzeigt. Für die untersuchten Standorte W 1 und W 3 wurde daher $f_i = 1$ festgesetzt.

Für die Flächen W 2 und W 4 bis W 10 konnten keine kurzfristige Immobilisierung berechnet werden, da keine Humusproben entnommen und analysiert wurden. Für sie wurde der Faktor 0,8 unterstellt.

SCHLUTOW & SCHEUSCHNER (2010) gehen in Rückgriff auf KLAP et al. (1997) bei großporigen Bodenarten (Sand, Lehm) von einem $CN_{min} = 15$ und $CN_{max} = 35$ (bei Mooren 40) *im Oberboden* aus.

Lokale Stickstoffdeposition (N_{dep})

Die lokale Stickstoffdeposition setzt sich aus der Vorbelastung und der anlagenbedingten Zusatzbelastung zusammen. Die Vorbelastung wiederum ergibt sich aus der Hintergrundbelastung bei verschiedenen Landnutzungstypen (hier: Laubwald oder Nadelwald) sowie der Einträge durch vorhandene lokale Emittenten (hier: Rinderanlage aktuell). Vorbelastungen durch Vorhaben Dritter sind nicht bekannt. Als Hintergrundbelastung für die Landnutzungsgruppe „Laubwald“ gilt im Untersuchungsgebiet **16 kg N ha⁻¹ a⁻¹** und **18 kg N ha⁻¹ a⁻¹** für Nadelwald (UBA 2020).

In Tab. 1 ist die Hintergrund-, die Vor- und die prognostizierte Gesamtbelastung nach Anlagenerweiterung an den verschiedenen Standorten angegeben. Zur Plausibilität der Modellrechnungen mittels AUSTAL2000 für Wälder siehe MOHR & DÄMMGEN (2013a).

Netto-Stickstoffaufnahme durch den Bestand (N_u)

Durch Baumernte werden dem Ökosystem im Stammholz und in der Rinde festgelegter Stickstoff entzogen. Stickstoffbindung und –export über die Holznutzung ist an den Standorten möglich, da es sich um Wirtschaftswald handelt.

HOFMANN & POMMER (2013) geben für viele, aber nicht für alle Wald- und Forstökosysteme Nordostdeutschlands die durchschnittliche oberirdische Nettoprimärproduktion für Holz (Trockenmasse) an. Für die Berechnung mussten daher u.U. Werte für Bestände ähnlicher Standorte aber mit gleicher Hauptbaumart verwendet werden (Tab. 5).

Eine hohe Produktivität erreichen Buchenbestände, gefolgt von Kiefernforsten. Eichen- und besonders Hainbuchenbestände weisen eine geringe Holzproduktion auf. Für Birke in Nordostdeutschland wurden von HOFMANN & POMMER (2013) keine Zahlen publiziert. Die Holzproduktion eines 50–80 jährigen Birkenforstes werden von Hynynen et al. (2010) und Gomez-Garcia et al. (2014) mit 5–10 m³ ha⁻¹ a⁻¹ angegeben, was bei einer Holzdichte von 0,61 g cm⁻³ einer NPP (Holz) von 4,6 t ha⁻¹ a⁻¹ entspricht. Birkenbestände werden jedoch nicht immer optimal genutzt weil der Fokus auf wenige Zielbaumarten gerichtet ist und relativ viel Totholz in der Fläche bleibt.

Derbholz und Rinde enthalten bei den verschiedenen Nutzbaumarten spezifische Nährelementanteile. Nach BOLTE et al. (2001, zit. in DORN et al. 2003) beträgt die minimale ($ct_{(N)min}$) und maximale N-Konzentration ($ct_{(N)max}$) in Stamm und Rinde bei *Kiefern* (W 3) 0,98 bis 2,45 kg N t⁻¹ TS. Es wird mit dem Mittelwert von 1,72 kg N t⁻¹ TS gerechnet. Bei *Buchen* (W 1, W 4, W 5) beträgt die Spanne 1,75 bis 4,50 kg N t⁻¹ TS (MW = 3,13 kg N t⁻¹ TS) und bei *Eiche* (W 6, W 7) 1,8 bis 4,7 kg N t⁻¹ TS (MW = 3,25 kg N t⁻¹ TS). Erlen-Derbholz mit Rinde speichert im Mittel 1,40 kg N t⁻¹ TS (W 9, W 10) und Birken-Derbholz mit Rinde ca. 1,70 kg N t⁻¹ TS (W 2, JACOBSEN et al. 2002).

Netto-Stickstoffaufnahme durch äsendes Schalenwild ($N_{u(Tiere)}$)

Biomasseentzug erfolgt immer auch durch äsendes Wild (Entnahme des Wildbrets). Dieser Aspekt wurde bei Massenbilanz-Berechnungen bisher nicht beachtet. Gut validierte Werte des Winteräsungsvorrates (schadlos von äsendem Wild genutzten Trockenbiomasse) für

wiederkäuendes Schalenwild für Wald- und Offenlandbiotope („wildökologische Habitatelelemente“) werden von HOFMANN et al. (2008) angegeben (Tab. 5).

Nach BALLA et al. (2012) sollte der Stickstoffentzug durch äsendes Wild nicht einfach auf den Ernteentzug aufgeschlagen werden. Die Autoren sprechen sich dafür aus, höchstens den Winterwert zu verwenden. BALLA et al. (2012) nutzen die Vorratswerte von HOFMANN et al. (2008), um den Stickstoffentzug aus LRT durch Äsung abschätzen zu können (Tab. 5). Die Berechnungsweise wird nicht mitgeteilt. Welcher Teil des Vorrates auch tatsächlich entnommen wird, liegt an der Wilddichte und den Wildarten (Anteil Raufutterfresser).

Stickstoffaufnahme durch Bodenvegetation und Bodenmikroflora

Die Bodenvegetation stellt in vielen Wald- oder Forstbeständen einen wichtigen N-Zwischenspeicher dar. Da diese Speicher Stickstoff nicht über mehrere Jahre hinweg bindet (abgesehen bei Vertorfung / Humifizierung), sondern am Ende der Vegetationsperiode wieder abgibt, werden beide Kompartimente bei der weiteren Berechnung nicht berücksichtigt. Das gilt auch für die Niedermoor-Standorte mit aktiver Torfbildung.

Sickerungsrate (Q_B)

Die Sickerungsrate ist abhängig vom Freilandniederschlag und von der Evapotranspiration. Sie wird maßgeblich durch die Baumart und das Alter bzw. Kronenstrukturen und Bestandesdichte bestimmt. In sandigen und grundwasserfernen Böden versickert das Wasser schneller und bleibt nur kurze Zeit für Baumwurzeln erreichbar.

Im Naturraum sind überdurchschnittliche Niederschlagsmengen zwischen 660 und 670 mm pro Jahr zu verzeichnen. Für die Berechnung wird daher 665 mm angesetzt.

In einem 135-jährigen Buchenbestand auf Sandbraunerde wurde bei einer Niederschlagsmenge von 620 mm eine Sickerung von 21%, unter 135-jährigen Eichen 17% und unter 76-jährigen Kiefern 13% festgestellt (ANDERS et al. 2002). Für den Birkenbestand (W 2) wird 15% zugrunde gelegt.

Kritische N-Konzentration und tolerierbarer Stickstoffaustrag mit dem Sickerwasser ($N_{le(acc)}$)

Der tolerierbare Stickstoffaustrag mit dem Sickerwasser ($N_{le(acc)}$) berechnet sich aus der Sickerwassermenge Q_B (oder PS) und dem Grenzwert der Stickstoffkonzentration in der Bodenlösung (N_{crit}).

$$N_{le(acc)} = Q_B \cdot [N]_{crit}$$

Die kurzfristige Belastbarkeit $[N]_{crit}$, d.h. die Menge, die auch in unbeeinflussten Landschaften durch Feuchteschwankungen des Bodens ins Grundwasser ausgewaschen wird, kann nach BOLTE et al. (2001, zit in DORN et al. 2003) mittels kritischer Stickstoffkonzentration anhand der tolerierbaren Blattspiegelwerte ermittelt werden, der bei Laubbäumen mit 2,5 % N in der TS angesetzt wird. Der tolerierbare Stickstoffaustrag ergibt sich aus:

$$[N]_{crit} = 10 \cdot (N_{fol(acc)} - a_0/a_1)^{-1}$$

Dabei ist $N_{fol(acc)}$ der tolerierbare Stickstoff-Gehalt in Nadeln oder Blätter und wird für Laubbäume mit 2,5 % in TS angesetzt, a_0 als 1. Regressionskoeffizient für Laubbäume mit 2,7 und a_1 als 2. Regressionskoeffizient für Laubbäume mit 0,39.

Die akzeptable Grenzkonzentration unter Laubwald wird in der Literatur üblicherweise – Vorschlägen des europäischen Koordinierungszentrums „Wirkungen“ (UN/ECE/CCE 1993) folgend – mit **0,0002...0,0004 kg N m⁻³** und unter Nadelwald mit **0,0002 kg N m⁻³** angegeben (NAGEL & GREGOR 2013). Unter Laubwäldern Mitteleuropas ergibt sich meist ein N-Austrag von 2...4 kg N ha⁻¹ a⁻¹ und unter Nadelwäldern ein Wert von 0,5...3 kg N ha⁻¹ a⁻¹ (SCHLUTOW & SCHEUSCHNER 2009, NAGEL et al. 2014b). Mit dieser niedrigen Grenzkonzentration wird gewährleistet, dass der Grundwasseraustausch in verschiedenen empfindlichen benachbarten Ökosystemen nicht zu einer Überbelastung des empfindlicheren Ökosystems führt (SCHLUTOW & SCHEUSCHNER 2009).

BALLA et al. (2013) führen unter Bezugnahme auf Manual ICP MODELLING & MAPPING (2010) kritische (akzeptable) N-Konzentrationen in der Bodenlösung an, die in verschiedenen (abgegrenzten) Vegetationstypen zu Vegetationsveränderungen führen. Nach Daten, die in den Niederlanden erhoben wurden, ist diese Grenze in Laubwäldern bei einer Konzentration von 3,5...6,5 mg N l⁻¹ gegeben. Für Nadelwälder werden 2,5...4 mg N l⁻¹ angegeben.

Bereits 1-3 mg N l⁻¹ kann die Feinwurzelmasse und Durchwurzelungstiefe negativ beeinflussen. Dieser Aspekt spielt in den untersuchten Beständen aufgrund relativ guter Wasserversorgung und guter Tiefendurchwurzelung durch die Hauptbaumarten aber keine entscheidende Rolle.

Aus empirischen Daten zu Vegetationstrends in unterschiedlichen Vegetationstypen leiten BALLA et al. (2013) ein Entscheidungsschema ab. Demnach kann für baumbeherrschte Pflanzengesellschaften eine kritische N-Konzentration von **3 mg N l⁻¹, d.h. 0,003kg N m⁻³** angenommen werden.

Ähnliche Grenzwerte für pflanzenschädigenden N-Konzentrationen im Sickerwasser nennen SCHLUTOW et al. (2017):

- Baumarten mit hoher Sensitivität der Feinwurzeln, mit hoher Frostempfindlichkeit und Anfälligkeit gegenüber Pilzkrankheiten: 3 mg N l⁻¹
- wenig sensitive Nadelbaum-Arten: 4 mg N l⁻¹
- wenig sensitive Laubbaum-Arten: 5 mg N l⁻¹
- sonstige Grasarten: 3 mg N l⁻¹
- sonstige Krautarten: 5 mg N l⁻¹

Gleichzeitig wird mit den wie oben beschrieben hergeleiteten [N]_{crit}-Werten auch das Grundwasser geschützt. Der kritische Grenzwert von ≤ 5 mg N l⁻¹ ist deutlich strenger als der EU-Grenzwert für Trinkwasser von 50 mg Nitrat pro Liter (= 11 mg N l⁻¹).

Denitrifikationsfaktor und Denitrifikationsrate von Stickstoff (N_{de})

Die Denitrifikationsrate wird nach DORN et al. (2003) aus einem bodenspezifischen Denitrifikationsfaktor und dem tolerierbaren Stickstoffaustrag berechnet:

$$N_{de} = (fr_{de}/(1-fr_{de})) \cdot N_{le(acc)}$$

Der Denitrifikationsfaktor fr_{de} (od. f_{de}), der zwischen 0 und 1 liegt, kann anhand der Texturklassen des Bodens geschätzt werden und liegt bei Sandböden mit Tonanteil < 20% bei 0,1 und bei > 60 % bei 0,5. Nach DE VRIES et al. (1990, zit. in NAGEL et al. 2003) wird auf vergleyten Sandböden der Faktor mit 0,5 (zeitweise anaerob) und auf Torfböden pauschal mit 0,8 und angenommen (durchgehend anaerobe Bedingungen, für reduzierende Bakterien nicht limitierend). Entsprechend unterschiedlicher Drainagen lassen sich für hydromorphe Horizonte und Mischhorizonte fr_{de} -Faktoren berechnen und für das gesamte Profil mitteln (SCHLUTOW et al. 2017).

Für die Bestände auf Sand-Gley-(rost-)podsolon (W1, W2, W3, W4, W6) wird der mittlere Faktor **0,5** angenommen, auf Sand-Humusgley (W5, W7, W8) **0,6**, auf Sand-Moorgley (W 10) **0,7** und auf reinem Niedermoorboden (Torf, W9) **0,8** zugrunde gelegt.

Die kurzfristige Denitrifikation kann aus Deposition, Bestandsaufnahme und Immobilisierung berechnet werden:

$$N_{de(kurz)} = fr_{de} \cdot (N_{dep} - N_u - N_i).$$

NAGEL et al. (2003) bevorzugen ein Modell mit höherer Wirklichkeitsnähe:

$$N_{de} = \begin{cases} fr_{de}(N_{dep} - N_u - N_i) & \text{wenn } N_{dep} > N_u + N_i \\ 0 & \text{andernfalls} \end{cases}$$

Critical Load für eutrophierenden Stickstoff (CL_{nut}(N))

Für eutrophierenden Stickstoff ergibt sich der Critical Load (NAGEL et al. 2014a):

$$CL_{nut}(N) = N_u + N_i + N_{(acc)} + N_{de}$$

bzw.:

$$CL_{nut}(N) = N_u + N_i + \frac{N_{(acc)}}{1 - fr_{de}}$$

Der Critical Load der Ökosysteme liegt zwischen **16,9 kg N ha⁻¹ a⁻¹** im Birkenbestand W 2 und **34,2 kg N ha⁻¹ a⁻¹** im produktionskräftigen Buchen-Stieleichen-Erlenbestand W 5 (Tab. 18).

In Tab. 19 ist dargestellt, welche der Flächen die N-Einträge immobilisieren / binden können oder ob überschüssiges N vorliegt.

Alle Bestände können die prognostizierte Gesamtstickstoffmenge aufnehmen und verwerten. Die Austräge überschreiten keine CL-Schwellenwerte. Die Aufnahmekapazität auf den mit Birke (W 2) und mit Kiefer (W 3) bestockten Probeflächen reicht jedoch gerade so aus.

Tab. 18: Berechnung der N-Flüsse und N-Bilanz nach der einfachen Massen-Bilanzmethode (SMB) in Anlehnung an DORN et al. (2003)

Fläche	diagnostizierte Humusform	Baumart	Stickstoff-Hintergrundbelastung	Stickstoff-Vorbelastung	Stickstoff-Zusatzbelastung	Stickstoffdeposition progn.	Nettoprimärproduktion Holz+Rinde	Stickstoffkonzentration im Holz	Netto-Stickstoffaufnahme Bestand	Netto-Stickstoffenzug Äsung	Freilandniederschlag	Sickerungsrate von Freiland	Sickermenge	Grenzwert N-Konz. Bodenlösung	tolerierbarer N-Austrag Sickerwasser	aktuelles C/N	minimales C/N der Humusform	kritisches C/N der Humusform	Immobilisationsfaktor	temperaturabh. Immobilisierungsrate	Immobilisierung gesamt	Denitrifikationsfaktor	Denitrifikationsrate	Summe Austräge	CL für eutrophierenden N-Eintrag													
			kg/(ha*a)	kg/(ha*a)	kg/(ha*a)	Ndep	NPPh	c(N)min	c(N)max	c(N)mittel	Nu	Bio TS	NuTiere		QB	QB	PS	[N]crit	Nle(acc)		C/Nreal	C/Ncrit	C/Nmin	fi	Ni(T)	Ni	frde	Nde	Nout	CLnut(N)								
			kg/(ha*a)	kg/(ha*a)	kg/(ha*a)	kg/(ha*a)	t/(ha*a)	kg/t	kg/t	kg/t	kg/(ha*a)	eq/(ha*a)	kg/(ha*a)	eq/(ha*a)	mm/a	%	mm/a	m³/(ha*a)	kg/m³	kg/(ha*a)	eq/(ha*a)					kg/(ha*a)	eq/(ha*a)	kg/(ha*a)	eq/(ha*a)	kg/(ha*a)	eq/(ha*a)							
Warlow 1	RM	RBU, SEI	16	2,2	4,0	20,0	1426	4,5	1,75	4,50	3,13	14,1	1004	6	0,7	53	665	21	139,7	1397	0,003	4,2	299	29,5	26,5	19,2	1,00	1,5	107	5,7	406	0,5	4,2	299	23,2	1656	28,9	2063
Warlow 2	RM	GBI, RER	16	0,3	0,5	16,5	1176	4,6			1,70	7,8	559	12	0,3	20	665	13	86,5	865	0,003	2,6	185		26,5	19,2	0,80	1,5	107	3,6	255	0,5	2,6	185	13,3	949	16,9	1205
Warlow 3	RM	GKI	18	0,3	0,5	18,5	1322	5,0	0,98	2,45	1,72	8,6	612	10	1,0	75	665	13	86,5	865	0,003	2,6	185	31,8	26,5	19,2	1,00	1,5	107	4,1	292	0,5	2,6	185	14,8	1058	18,9	1350
Warlow 4	RM	RER, RBU	16	0,2	0,4	16,4	1169	4,5	1,75	4,50	3,13	14,1	1004	6	0,7	53	665	21	139,7	1397	0,003	4,2	299		26,5	19,2	0,80	1,5	107	4,9	347	0,5	4,2	299	23,2	1656	28,0	2003
Warlow 5	MM	RER, RBU	16	1,3	2,4	18,4	1312	5,5	1,75	4,50	3,13	17,2	1228	27	1,7	120	665	21	139,7	1397	0,003	4,2	299		19,5	11,4	0,80	1,5	107	4,9	347	0,6	6,3	449	29,3	2096	34,2	2443
Warlow 6	RM	SEI, RER	16	0,9	1,8	17,8	1271	4,5	1,80	4,70	3,25	14,6	1045	6	0,7	53	665	17	113,1	1131	0,003	3,4	242		26,5	19,2	0,80	1,5	107	4,2	301	0,5	3,4	242	22,2	1582	26,4	1883
Warlow 7	Mo	SEI, RER	16	0,8	1,4	17,4	1243	4,5	1,80	4,70	3,25	14,6	1045	6	0,7	53	665	17	113,1	1131	0,003	3,4	242		26,5	19,2	0,80	1,5	107	4,2	301	0,6	5,1	363	23,8	1704	28,1	2004
Warlow 8	MM	RER, RBU	16	0,5	0,8	16,8	1203	4,2	1,75	4,50	3,13	13,1	937	27	1,7	120	665	21	139,7	1397	0,003	4,2	299		19,5	11,4	0,80	1,5	107	4,9	347	0,6	6,3	449	25,3	1806	30,1	2152
Warlow 9		RER	16	0,2	0,4	16,4	1174	3,3			1,40	4,6	330	27	0,2	16	665	15	99,8	998	0,003	3,0	214		27,3	18,1	0,80	1,5	107	3,9	278	0,8	12,0	855	19,8	1415	23,7	1693
Warlow 10	MM	RER	16	0,2	0,4	16,4	1174	3,3			1,40	4,6	330	27	1,7	120	665	15	99,8	998	0,003	3,0	214		26,5	19,2	0,80	1,5	107	3,9	278	0,7	7,0	499	16,3	1163	20,2	1441

Tab. 19: Vergleich der N-Einträge, der Critical load für N ($\text{kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$) sowie die N-Bilanz bei aktueller Bestockung und unterschiedlicher Zusatzbelastung (ohne, aktuell, prognostiziert)

PF	Hintergrundbelastung (HB)	vorhandene Belastung (VB)	pronost. Belastung (PB)	Critical load (CL)	o. Zusatz (CL – HB)	aktuell (CL – VB)	Prognose (CL – PB)
W1	16	18,2	20,0	28,9	12,9	10,7	8,9
W2	16	16,3	16,5	16,9	0,9	0,6	0,4
W3	18	18,3	18,5	18,9	0,9	0,6	0,4
W4	16	16,2	16,4	28,0	12,0	11,8	11,7
W5	16	17,3	18,4	34,2	18,2	16,9	15,8
W6	16	16,9	17,8	26,4	10,4	9,4	8,6
W7	16	16,8	17,4	28,1	12,1	11,3	10,7
W8	16	16,5	16,8	30,1	14,1	13,6	13,3
W9	16	16,2	16,4	23,7	7,7	7,5	7,3
W10	16	16,2	16,4	20,2	4,2	3,9	3,7

Grenzen bei der Interpretation generalisierter Critical Loads

Vergleicht man die Critical Loads für eutrophierenden Stickstoff mit den Gesamtdositionen reduzierter und oxidiert Stickstoffverbindungen, zeigt sich, dass bei ca. 99% der Waldfläche Deutschlands die kritischen Belastungsgrenzen (empirische CL) überschritten sind (WETT 2003). Insbesondere der Nordwesten Deutschlands sowie der Süden Ostdeutschlands weisen mit über $15 \text{ kg N ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ überdurchschnittliche Critical Load-Überschreitungen auf (UBA 2017). Die generalisierten Critical Load-Werten zugrunde liegende Definition der N-Sättigungen sollte durchaus kritisch hinterfragt werden, denn bezogen auf konkrete Standorte und unter dem Aspekt der Vorsorge kann man auf zu niedrige Critical Load-Werte kommen (WETT 2003).

Das durch ein eventuelles Überschreiten der Critical Loads angezeigte Risiko bedeutet *nicht*, dass in dem betrachteten Jahr tatsächlich schädliche chemische Kennwerte erreicht oder biologische Wirkungen sichtbar werden. Es kann Jahrzehnte dauern, bis Ökosysteme auf Critical Load-Überschreitungen reagieren. Außerdem handelt es sich um generalisierte Werte, die nicht alle Standortssituationen abbilden.

Wenngleich die Vegetation durch N-Anreicherung und Biomassezuwachs in der Lage ist, größere Mengen an Stickstoff auch mittelfristig zu speichern, so stellt der Boden zusammen mit der Humusaufgabe die weitaus größere N-Senke dar.

Wegen der extremen räumlichen Streuung der Höhe des Bodenstickstoffvorrates konnten MOHR & DÄMMGEN (2013b) in Wäldern im Umfeld nordwestdeutscher Tierhaltungsanlagen *keinen* Einfluss der NH_3 -Emissionen benachbarter Stallanlagen auf diesen N-Pool feststellen. Dieser Umstand stellt für die Bilanzierung der N-Flüsse in Waldökosystemen generell ein Problem dar. Im Bodenumus gebunden liegen die N-Vorräte mitteleuropäischer Wälder zwischen etwa 1 und über 15 Mg ha^{-1} ; in den Böden norddeutscher Nadelwälder etwa 3 bis 6 kg ha^{-1} (WOLFF & RIEK 1996, BARTENS & BÜTTNER 1997, HEINSDORF 1997, zit. in MOHR & DÄMMGEN 2013b). Auch beim N-Vorrat im Auflagehumus waren in den nordwestdeutschen Wäldern keine statistisch signifikanten Reaktionen auf die – teilweise sehr hohen – N-Zusatzdepositionen nachweisbar.

Während MOHR & DÄMMGEN keine statistisch signifikanten Reaktionen des N-Vorrates in Boden und Auflagehumus auf die – teilweise sehr hohen – N-Zusatzdepositionen nachweisen konnten, riefen aber bereits geringere N-Depositionen negative Wirkungen auf das C/N-Verhältnis im Auflagehumus, den $\text{N}_{\min}$ -Vorrat im Mineralboden und die N-Konzentration in den Nadeln hervor. Diese Indikatoren zeigen auch in der bundesweiten Auswertung forstlicher Monitoringdaten (BZE, Level II) empfindliche Reaktionen auf atmosphärische N-Einträge. Die C/N-Verhältnisse im nordwestdeutschen Untersuchungsgebiet waren mit 17 bis 25 deutlich

reduziert. Bereits bei vorgefundenen C/N-Verhältnissen unter 25 besteht das Risiko erhöhter NO_3 -Austräge in allen durch die Autoren untersuchten Wäldern.

6.4 Bewertung der Stickstoffwirkungen

6.4.1 Vitalität der Bestände

Definiertes Erhaltungsziel von Wäldern außerhalb der FFH-Gebiete und N-empfindlicher LRT ist die Sicherung ihrer Produktionsfunktion, d.h. dass die aktuell vorhandenen Haupt- und Mischbaumarten 100% vital bleiben.

Bei der Interpretation der Vitalität der Bestände ist zu beachten, dass Stickstoff zunächst eine düngende Wirkung auf die Gehölze hat.

Unterhalb der maximal möglichen Assimilationsrate liegende Ammoniakkonzentrationen kann die Pflanze metabolisieren und damit entgiften. Ein weiterer, zunächst positiver Effekt bei geringen bis mittleren Ammoniak-Konzentrationen liegt in der Erhöhung der Photosyntheserate. Dieser Prozess wird durch eine gesteigerte Produktion von Blattpigmenten und löslichem Protein (blaugrüne Nadeln bei Kiefern) verursacht und fördert in der Regel das Wachstum. Anhand der folgenden Merkmale ist die düngende Wirkung von Stickstoff im Bestand erkennbar:

- Stämme – infolge eines verstärkten Längenwachstums häufig gekrümmt, bogig,
- Zuwachs im Bereich der Terminaltriebe überdurchschnittlich,
- Blätter, Nadeln überdurchschnittlich groß, Nadeln häufig gedreht,
- Farbe der Assimilationsorgane meist dunkel-blaugrün.

Oberhalb der maximal möglichen Assimilationsrate liegende Ammoniak-Konzentrationen führen zu Nährstoffdisharmonien sowie zu Blatt- oder Nadelverlusten. Schädwirkungen in den Beständen sind an folgenden Merkmalen erkennbar:

- Blätter, Nadeln mit deutlich erkennbaren Vergilbungen, Nekrosen und Chlorosen,
- Bildung von Kurztrieben,
- Verstärkte Mortalität, häufig Kronenbruch,
- das Feinwurzelswachstum nimmt ab,
- es besteht eine verstärkte Anfälligkeit gegenüber biotischen Schaderregern,
- deutliche Vergrasung der Bestände infolge abnehmender Belaubung-/ Benadelung,
- erhöhte Anfälligkeit gegenüber Wasserstress.

Ein besonderes Problem stellt die einseitige Wachstumsförderung der Sprossorgane durch Stickstoff dar (VAN DIJK et al. 1990): nur das Wachstum der oberirdischen Teile wird gefördert, während das Wachstum der für die Wasser- und Nährstoffaufnahme zuständigen Wurzeln eher gehemmt wird. Bei erhöhter N-Versorgung werden mehr Kohlehydrate auf Kosten der Wurzeln in den Sprossorganen gebunden (WALLENDÄ et al. 1996), was sich negativ auf den Energiehaushalt der Wurzeln auswirkt. Bei einem zunehmenden Ungleichgewicht zwischen Spross- und Wurzelmasse steigt das Risiko für Trockenstress, unausgeglichene Nährstoffversorgung und Windwurf.

Ein signifikant höherer Anteil krummer Stämme in den untersuchten Beständen war nicht erkennbar.

Die moderaten Schäden am Feinreisig und den Assimilationsorganen der Bäume sowie Nadelverlust im Kiefernbestand W 3 lassen sich aufgrund des extremen Witterungseinflusses der letzten drei Jahre nicht monokausal auf stickstoffbedingte Beschädigungen zurückführen.

Landesweit sind vor allem an randständigen Kiefern auch an stickstoffarmen Standorten erhebliche Trockenschäden zu beobachten. Witterungsextreme sind ein wesentlicher Stressfaktor, dem N-gedüngte Bäume mit akkzeleriertem oberirdischem Wachstum bei gleichzeitigem Feinwurzel- und Mykorrhizzaabbau ausgesetzt sind (ANDERS et al. 2002).

6.4.2 Bodenvegetation

In Kiefernforsten ärmerer, mehr oder weniger trockener/frischer Standorte kann das Auftreten von Störzeigern ein Indikator für N-immissionsbedingte Nährstoffungleichgewichte sein. Diese Arten weisen aber auch darauf hin, dass das Standortspotenzial durch die Wirtschaftsbaumart nicht voll abgeschöpft wird, hier: Kiefer statt Buche und Erle.

Im Kiefernbestand W 3 traten mit Brombeere und Himbeere Störungszeiger bzw. Zeiger für N-Überschuss hervor und kennzeichnen einen N-Überschuss infolge der Fehlbestockung. Flächendeckend sind aber Zeiger für nährstoffarme und feuchte Bedingungen vorhanden, allem voran Pfeifengras.

Ein übermäßiges Auftreten stickstoffzeigender Pflanzen ist im gesamten Waldgebiet nicht erkennbar.

Trotz des vereinzelt auftretens dieser Arten werden durch den N-Weiserwert nach ELLENBERG und die Vegetationsformen nach KOPP eher stickstofflimitierte Verhältnisse angezeigt.

6.4.3 Gefährdungsbeurteilung der Waldbestände anhand standortsbezogener Critical Loads

Alle untersuchten Bestände können die aktuellen und die prognostizierten Stickstoffeinträge verwerten oder binden und stellen somit N-Senken dar.

Mit Ausnahme der kleinflächigen Kiefern- und Birkenaufforstungen zeichnen sich die Waldbestände zwischen Warlow und Ludwigslust durch eine relativ große Naturnähe, Baumartenmischung und Struktureichtum aus. Die Critical Loads zu diesen naturnahen Wald- und Halbforstökosystemen wurden vereinfachend anhand von standortsbezogenen Modellbeständen mit (einer) Hauptbaumart berechnet und werden damit wahrscheinlich sogar unterschätzt.

Am niedrigsten sind die CL in den Kiefern- und Birkenbeständen, die als bewirtschaftete Forsten aber immer noch eine leicht negative N-Bilanz ausweisen. Als Forstökosysteme, die das Standortspotenzial nicht abschöpfen, neigen sie zu Instabilität und Auflösungserscheinungen (ANDERS et al. 2002).

Eine hohe Stabilität und N-Aufnahmekapazität weisen die naturnah aufgebauten und geschichteten Beständen auf. Hier wird nicht nur der oberirdische Wuchsraum optimal genutzt (ANDERS et al. 2002), sondern auch der Wurzelraum (HORNSCHUCH 2009). Dabei wird nicht nur kurzfristig Stickstoff im Bodenraum gebunden und in lebenden Feinwurzeln und Mykorrhizza immobilisiert. Ein höheres Wurzelstreuaukommen führt mittelfristig auch zu einer Humusakkumulation und besseren N-Speicherfähigkeit im Mineralboden. Durch die intensive Mineralbodendurchwurzelung in Mischbeständen kann eine effizientere Nitrataufnahme erfolgen. N-Austräge mit dem Sickerwasser werden reduziert.

Verstärkt wird die N-Speicherfähigkeit durch die Humusanreicherung und Vertorfung infolge des hohen Grundwasserstandes.

Bei einigen der von Immission betroffenen Bestände im Waldkomplex handelt es sich um nach § 20 Abs. 1 Satz 4 NatSchAG M-V geschützte naturnahe Bruch und Sumpfwälder (s. Abb. 2, Nr. 3 = W 9, Nr. 4 = W 10). Die N-Zusatzbelastung hat – wie oben dargelegt – keine nachteiligen erheblichen oder nachhaltigen Wirkungen auf die Bestandesstabilität. Auch ein stärkerer Wandel der Bodenvegetation ist auf diesen grundwassernahen, meist

nährstoffkräftigen Standorten nicht zu erwarten. Der charakteristische Zustand in der Vegetationsstruktur und -zusammensetzung wird nicht verändert.

6.4.4 Gefährdungsbeurteilung der anlagennahen Feldgehölze in der Agrarlandschaft

Nach § 20 Abs. 1 Satz 4 NatSchAG M-V sind

„naturnahe Bruch-, Sumpf- und Auwälder, Gebüsche und Wälder trockenwarmer Standorte, Feldgehölze und Feldhecken geschützt.“

Biotope im Wirkraum, die nach § 20 NatSchAG M-V (ersetzt § 20 NatSchG M-V) geschützt sind, sind in Abb. 2 dargestellt. Bei baumbestandenen Biotopen handelt sich um Erlenbrücher und Feuchtwälder, die von anderen Wirtschaftswäldern umgeben sind (Kap. 6.4.3), sowie um Feuchtwälder (Nr. 7), Feldgehölze bzw. Baumgruppen/-reihen (Nr. 1, 2, 8-15) in der Feldflur.

Über das Arteninventar und die Baumvitalität der betreffenden Biotope in der Feldflur können leider keine Aussagen getroffen werden, sie wurden im Rahmen dieses Waldgutachtens nicht bearbeitet.

Unzulässig sind

„Maßnahmen, die zu einer Zerstörung, Beschädigung, Veränderung des charakteristischen Zustandes oder sonstigen erheblichen oder nachhaltigen Beeinträchtigung ... in der in der Anlage 2 zu diesem Gesetz beschriebenen Ausprägung führen können.“

Viele der betroffenen Feldgehölze befinden sich in geringerer Distanz zum Anlagenstandort als die analysierten Standorte W 1 bis W 10 innerhalb der zusammenhängenden Waldfläche im Osten (Abb. 2).

Isolierte Feldgehölze in der Acker- oder Weidelandschaft unterliegen relativ starken Stickstoffeinträgen. Das liegt einerseits an der Nähe und der variablen Richtung der Emissionsquellen (z.B. Düngung, Eintrag nährstoffreicher Stäube beim Pflügen, Viehläger im Baumschatten) und andererseits an dem ungünstigen Verhältnis zwischen Waldrand und -fläche. Von Natur aus weisen diese Biotope ein ungünstiges Verhältnis von Waldrand/Trauf und dem geschlossenen Baumbestand auf und kämten aufgrund der Rauigkeit überproportional viel trockene und nasse Deposition (Aerosole, Schadstoffe) aus, die die Gehölze potenziell direkt oder indirekt über den Bodenpfad schädigen können.

Aufgrund dieser permanenten Umwelteinflüsse hat sich allerdings auch eine Gehölzstruktur und Artenmischung mit hoher Resilienz entwickelt. Eine Gefährdung dieser geschützten Biotope dürfte daher viel eher von den landwirtschaftlichen Aktivitäten in direkter Nähe ausgehen (Roden/Beschneiden, Beweidung, Beschädigung des Wurzelsystems durch Pflügen).

7 Forstlich relevante Maßnahmen zur Minderung der Stickstoffwirkungen

Für die Feldgehölze und Baumgruppen in der Agrarlandschaft ist der Erhalt der Vegetationsstrukturen vordringliches Ziel und Schutzzweck, was ggf. durch die Förderung N-toleranter Gehölze (Bäume und Sträucher) gewährleistet werden muss.

In die geschlossenen Waldgebiete östlich der Anlage werden relativ geringe Mengen an Stickstoff eingetragen. **Da die betroffenen Bestände verschiedenster Standorte und Bestockung (exemplarisch analysiert an den Probestflächen W 1 bis W 10) diese Stickstoffmengen aufnehmen und verwerten können, sind spezielle land- und forstwirtschaftliche Maßnahmen zum Schutz der Wälder nicht vordringlich.**

Angesichts der dauerhaft hohen N-Hintergrundbelastung sowie zunehmender klimatischer Belastungen sollen einige Maßnahmen aufgezählt werden, die unter den gegebenen Bestandes- und Standortverhältnissen sinnvoll erscheinen, um Stressreaktionen der Gehölze und schleichende Wandlungsprozesse der Vegetation zu vermeiden.

Waldmantel zum Immissionsschutz

Als „Immissionsschutzwald“ (SMUL 2005, STROHBACH et al. 2012) ist bisher lediglich ein kleiner Bereich nördlich der Anlage gekennzeichnet (Abb. 3).

Großes Optimierungspotenzial besteht am Waldrand östlich des Anlagenstandortes, wo ein gestufter Waldmantel zu entwickeln bzw. zu erhalten ist, der nasse und trockene Depositionen ausfiltert und damit verhindert, dass sie tiefer in die Waldbestände hineingetragen werden. Da es sich um grundwassernahe Standorte handelt, kann hier u.a. auch die Fichte, die eine große Oberfläche aufweist, eine gewisse Rolle spielen.

Durch Einbringen, Nachpflanzen und Pflege von Sträuchern und kleinen Baumarten können entsprechende Traufstrukturen auch in Waldinseln aufgebaut und diese Feldgehölze „stabilisiert“ werden.

Umbau anlagennaher Kiefern- und Birkenbestände

Eine hohe Resilienz ist in vielen Beständen bereits durch eine gewisse Baumartenvielfalt und Struktureichtum gegeben. Anlagennahe Reinbestände mit geringer Holzproduktion, insbesondere auf nährstoffarmen und grundwasserferneren Standorten, sollten standortsgerecht unter Verwendung mehrerer Baumarten umgebaut werden. Ein flächiger Unterbau mit Fichte sollte jedoch vermieden werden. Je nach Ausgangslage (Bestandesalter) handelt es sich um eine mittel- oder langfristige Zielstellung.

Schließung von Bestandeslücken

Bei ausschließlich krautigem/grasartigem Aufwuchs besteht die Gefahr der N-Wiederfreisetzung nach der Vegetationsperiode, weshalb die Nutzung des N-Potenzials durch eine geschichtete Gehölzvegetation optimal ist (WETT 2003). Bei hoher Bestandesdichte kann ein nicht unerheblicher N-Anteil in Holz und Rinde gespeichert und durch Holzernte entzogen werden.

Bestandesauflichtung und Bodenerwärmung führen außerdem zu erhöhter Mineralisierung, Humusabbau und ggf. Nitrataustrag (WETT 2003). Umgekehrt mindern geschlossene Kronenstrukturen die Bodenerwärmung, was zu einem Anwachsen der Humusmächtigkeit und dieses N-Speichers führt. Es ist also eine zu starke Bestandesauflichtung zu vermeiden, damit die N-Mineralisierungsrate auf natürlichem Niveau bleibt. Teilareale mit dichter Verjüngung und Strauchschicht sind zu akzeptieren und eine gezielte künstliche Auslese möglichst spät und vorsichtig vorzunehmen, um einen großen N-Speicher „Gehölze“ zu behalten.

Lange Verjüngungszeiträume und Einzelbaumernte

Eine Vorausverjüngung hat sich im Hinblick auf eine Reduzierung der Nitratausträge als sehr wirksam erwiesen. Generell helfen lange Verjüngungszeiträume mit dosierten Hiebseingriffen das Nitrataustragsrisiko in Grenzen zu halten (BLOCK 2006).

Nicht nur für Kahlschläge, sondern auch für Femelhiebe mit anfänglicher Entnahme größerer Baumgruppen und für großflächige Schirmschläge wurden erhöhte Nitratausträge nachgewiesen (BLOCK 2006). Daraus leitet sich die Empfehlung für eine einzelstammweise Nutzung in anlagennahen Beständen ab.

Auch die Feldgehölze sollten entsprechend bewirtschaftet werden, um einen Stickstoffentzug zu erreichen. Die Stammentnahme muss dabei behutsam erfolgen, um die Vegetationsstruktur und damit das Landschaftsbild nicht negativ zu beeinflussen.

6 Zusammenfassung

Am Standort Warlow nordwestlich von Ludwigslust ist eine Erweiterung der bestehenden Kälbermastanlage geplant. Damit ist eine moderate Erhöhung des Stickstoffeintrags in benachbarte Wälder und Flurgehölze verbunden, die zu einer Minderung der Gehölzvitalität, Veränderung der Vegetationsstruktur und -zusammensetzung und Belastung angrenzender Systeme (z.B. Grundwasser) führen könnte.

Das Risiko für einen stickstoffinduzierten Säurestress und Gefährdungen der Waldbestände durch N-Eutrophierung war durch ein Waldgutachten festzustellen.

Neben „normalen“ Wirtschaftswäldern, Forsten und Halbforsten sind im Einflussgebiet auch geschützte, gehölzbestandene Biotope, wie Erlenbruch- und Feuchtwälder sowie Flurgehölze vorhanden. Schutzgebiete und FFH-Lebensraumtypen sind nicht betroffen.

Anhand der forstlichen Standortskarte wurden 10 repräsentative Standorts- und Bestandeskonstellationen ausgewählt und analysiert. In zwei Beständen – einem Buchenbestand auf Z1-Standort (W 1) und einem Kieferforst auf NZ2-Standort (W 3) – wurden bestandes-, vegetations-, humus- und bodenkundliche Aufnahmen vorgenommen. Es wurden pH-Wert und Elementgehalte bestimmt und wichtige Bodenparameter berechnet.

Die Vitalität der Bestände ist ausgesprochen gut und stickstoffbedingte Stresssymptome nicht erkennbar. Die mäßigen Nadelverluste / Kronenverlichtungen im Kiefernbestand W 3 können auch auf witterungsbedingten Stress zurückgeführt werden.

Vegetationskundlich fällt auf, dass die Bestände von Feuchte- und/oder Magerkeitszeiger dominiert bzw. gekennzeichnet werden und nur wenige Störungszeiger auftreten. Das mäßige Vorkommen von Brombeere und Himbeere in W 3 kann jedoch v.a. auf die Forstnatur (ungenutztes Standortspotenzial) zurückgeführt werden und ist weniger eine Folge der aktuellen N-Immissionen.

Viele Standorte sind grundwassernah (Mischbestände mit Buche, Stieleiche, Birke) bzw. -geprägt (Erlenwälder) und nur wenige grundwasserfern (z.B. Buchenbestand W 1). Die Bestände weisen mächtige Humusaufgaben auf (N-Senke!). Das C/N-Verhältnis in der Humusaufgabe, aber auch im Mineralboden, ist ausgesprochen weit. Demgegenüber ist die Basensättigung in Auflage und Oberboden relativ günstig. Die Mineralböden der Standorte W 1 und W 3 sind sauer und basenarm, insbesondere an Kalium.

Die Versauerungstendenz der Böden basenarmer Z1-Standorte, die aber nur einen kleinen Flächenanteil einnehmen, wird durch eine meist naturnahe Laubbaumbestockung und die Grundwassernähe abgemildert.

Für alle 10 Standorte wurden mittels Massenbilanz-Methode die Stickstoff-Ein- und -Ausfuhr, sowie Immobilisierungsraten berechnet, um die standorts- und ökosystem-spezifischen kritischen Eintragsraten (critical load, CL) für eutrophierenden Stickstoff zu ermitteln. Dazu mussten standorts- und bestandesbezogen vegetationskundliche, wildtier-ökologische, hydrologische und humusökologische Parameter berücksichtigt werden.

Alle untersuchten Waldbestände, einschließlich der Kiefern- und Birken-dominierten, können die am jeweiligen Ort prognostizierte Stickstoffeinträge vollständig aufnehmen und verwerten. Eine Schädigung ist nicht zu erwarten. Am höchsten ist der CL in produktionskräftigen Buchen- (Stieleichen-) Erlen-Mischbeständen auf NK-Standorten, am geringsten in Kiefern- und Birkenforsten der NZ-Standorte.

Schlussendlich werden Hinweise gegeben, wie die Bestände angesichts der zwar nur mäßigen N-Zusatzbelastung, aber einer bleibend hohen N-Hintergrundbelastung, verbunden mit klimabedingtem Stress zusätzlich stabilisiert und deren Resilienz erhöht werden können. Dabei wird der Blick auch auf die (geschützten) Waldinseln der Feldflur gerichtet.

8 Quellenverzeichnis

8.1 Literatur

- AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. Hg. Von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Zusammenarbeit mit den Staatlichen Geologischen Diensten der Bundesrepublik Deutschland. Ad-Hoc-Arbeitsgruppe Boden, Vorsitz Eckelmann, W., 5. Auflage, Hannover, 438 S.
- AG KRONENZUSTAND (2007): Waldbäume. Bilderserien zur Einschätzung von Kronenverlichtungen bei Waldbäumen. Hrsg.: Arbeitsgemeinschaft Kronenzustand des Bundes und der Länder in Deutschland, 2. Aufl. 2007, Verlag M. Faste, 130 S.
- ANDERS, S., BECK, W., BOLTE, A., HOFMANN, G., JENSSEN, M., KRAKAU, U.-K. & MÜLLER, J. (2002): Ökologie und Vegetation der Wälder Nordostdeutschlands. Kessel, Oberwinter
- ANDERS, S., BECK, W., HORNSCHUCH, F.; MÜLLER, J.; STEINER, A. (2003): Abschlussbericht des BMBF-Verbundprojektes Ökologische Voraussetzungen und Wirkungen des Waldumbaus im nordostdeutschen Tiefland. Teilvorhaben A: Untersuchungen zur Ökologie von Kiefern-Buuchen-Mischbeständen im nordostdeutschen Tiefland und Ableitung von Empfehlungen zur Durchführung des Buchen-Unterbaus in Kiefernreinbeständen. Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Institut für Forstökologie und Walderfassung, Eberswalde, Dezember 2003, 226 S.
- ANDERS, S., HOFMANN, G., UNGER, S. (1985): Quantifizierung der Leistungspotenz natürlicher Standortproduktivkräfte für die Rohholzerzeugung anhand ökologischer Ertragsmodelle. Beitr. f. Forstwirtsch. 19: 97-109.
- BALLA, S.; SCHLUTOW, A.; UHL, R.; LORENTZ, H.; FÖRSTER, M.; BECKER, C.; SCHEUSCHNER, TH.; KIEBEL, A.; HERZOG, W.; DÜRING, I.; LÜTTMANN, J.; MÜLLER-PFANNENSTIEL, K. (2013): Untersuchung und Bewertung von straßenverkehrsbedingten Nährstoffeinträgen in empfindliche Biotop. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 1099, BMVBS Abteilung Straßenbau, Bonn, 424 S. + Anlagen
- BALLA, ST.; MÜLLER-PFANNENSTIEL, K.; UHL, R.; KIEBEL, A.; LÜTTMANN, J.; LORENTZ, H.; DÜRING, I.; SCHLUTOW, A.; FÖRSTER, M.; BECKER, C.; HERZOG, W. (2012): Untersuchung und Bewertung von straßenverkehrsbedingten Nährstoffeinträgen in empfindliche Biotop. Endbericht zu FE 84.0102/2009, Hrsg. Bundesanstalt für Straßenwesen, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Band 1099. November 2012, 424 S.
- BLOCK, J. (2006): Stickstoffbelastung der rheinland-pfälzischen Wälder. Mitteilungen aus der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Nr. 60/06, Hrsg. Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland Pfalz, Trippstadt, S. 1-31.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. Ulmer Verlag, Stuttgart, 684 S.
- DORN, S.; EINERT, P.; REGULIN, K.; STROHBACH, B.; WOHLFART, T. (2003): Handlungsrahmen zur Beurteilung von Waldökosystemen im Umfeld von Tierhaltungsanlagen. Erarb. Von der Arbeitsgruppe des MLUR „Immissionsschutz von Tieranlagen“, Dezember 2003, 42 S.
- ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W., PAULISSEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobotanica 18. 2. Aufl., Erich Goltze, Göttingen, 258 S.

- GOMEZ-GARCIA, E.; CRECENTE-CAMPO, F.; TOBIN, B.; HAWKINS, M.; NIEUWENHUIS, M.; DIEGUEZ-ARANDA, U. A dynamic volume and biomass growth model system for even-aged downy birch stands in south-western Europe. *Forestry* 2014, 87, 165–176.
- HOFMANN, G. (2002): Entwicklung der Waldvegetation des nordostdeutschen Tieflandes unter den Bedingungen steigender Stickstoffeinträge in Verbindung mit Niederschlagsarmut. In: ANDERS, S., BECK, W., BOLTE, A., HOFMANN, G., JENSSEN, M., KRAKAU, U.-K. & MÜLLER, J.: *Ökologie und Vegetation der Wälder Nordostdeutschlands*. Kessel, Oberwinter, S. 24-41, 201-269.
- HOFMANN, G., POMMER, U. (2013): *Die Waldvegetation Nordostdeutschlands*. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 54, Hrsg. Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (MIL) des Landes Brandenburg und Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde, 315 S. + Karte, 596 S.
- HORNSCHUCH, F. (2009): *Ausbreitungsstrategien der Feinwurzelsysteme von Wald-Kiefer (Pinus sylvestris L.) und Rot-Buche (Fagus sylvatica L.) in Rein- und Umbaubeständen – Modifikation durch Konkurrenz und kleinräumige Bodenheterogenität*. Dissertation TU Dresden, Forstwiss. Beitr. Tharandt / Contributions to Forest Science 30, Eugen Ulmer, Stuttgart, 340 S.
- HYNNEN, J.; NIEMISTÖ, P.; VIHÄÄ-AARNIO, A.; BRUNNER, A.; HEIN, S.; VELLING, P. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *Forestry* 2010, 83, 103–119.
- KONOPATZKY, A.; KOPP, D. (2001): Weiserartengruppen der Bodenvegetation zur Kennzeichnung des Stickstoff- und Säure-Basenzustandes im Auflagehumus von immissionsbeeinflussten und immissionsfernen Kiefernforsten des nordostdeutschen Tieflandes auf mäßig frischen und frischen Standorten. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 9: 189-202.
- KOPP, D.; SCHWANECKE, W. (1994): *Standörtlich-naturräumliche Grundlagen ökologiegerechter Forstwirtschaft*. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 248 S.
- LAI (2012): *Leitfaden zur Ermittlung und Bewertung von Stickstoffeinträgen*. Hrsg. Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz. Langfassung, Stand: 1. März 2012, 82 S.
- LFU (2004): *Ammoniak und Ammonium*. Hrsg. Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Autoren: Stroh, K.; Djeradi, B., BayLfU 2004 - PS1 / Umweltberatung Bayern, 11 S.
- LUNG (2005): *Karte der Heutigen Potentiellen Natürlichen Vegetation Mecklenburg-Vorpommerns*. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie M-V 2005, Heft 1.
- MOHR, K.; DÄMMGEN, U. (2013a): Belastung von Wäldern in Nordwest-Niedersachsen durch Ammoniak und Ammonium in der Umgebung von Tierhaltungsanlagen. Teil 1. Bestimmung und Bewertung von Dosis-Größen. *Landbauforsch. Appl Agric Forestry Res* 2 (63): 115-128. DOI:10.3220/LBF_2013_115-128
- MOHR, K.; DÄMMGEN, U. (2013b): Belastung von Wäldern in Nordwest-Niedersachsen durch Ammoniak und Ammonium in der Umgebung von Tierhaltungsanlagen. Teil 2. Wirkungen auf Böden und Vegetation. *Landbauforsch. Appl Agric Forestry Res* 2 (63): 129-142. DOI:10.3220/LBF_2013_129-142.
- NAGEL, H.D.; BECKER, R.; EITNER, H.; HÜBENER, PH.; KUNZE, F.; SCHLUTOW, A.; SCHÜTZE, G.; WEIGELT-KIRCHNER, R. (2004): *Critical Loads für Säure und eutrophierenden Stickstoff*. Abschlussbericht zum F/E-Vorhaben 200 85 212, des Umweltbundesamtes,

Gesellschaft für Ökosystemanalyse und Umweltdatenmanagement (mbH), Dezember 2004, 120 S. + 51 S. Anhang

- NAGEL, H.-D.; GREGOR, H.-D. (Hrsg.) (2013): Ökologische Belastungsgrenzen - Critical Loads & Levels: Ein internationales Konzept für die Luftreinhaltepolitik. Springer-Verlag, 259 S.
- NAGEL, H.-D.; SCHLUTOW, A.; SCHEUSCHNER, TH. (2014a): Modellierung und Kartierung atmosphärischer Stoffeinträge und kritischer Belastungsschwellen zur kontinuierlichen Bewertung der ökosystemspezifischen Gefährdung der Biodiversität in Deutschland - PINETI (Pollutant INput and EcosysTem Impact). Teilbericht 4 Critical Load, Exceedance und Belastungsbewertung. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Forschungskennzahl 3710 63 246 UBA-FB 002007/4, UBA-Texte 63/2014, 62 S.
- NAGEL, H.-D.; SCHEUSCHNER, TH. ; SCHLUTOW, A., WEIGELT-KIRCHNER, R. (2014b): Entwicklung von ökologischen Belastungs-grenzen – Critical Loads – verschiedener Ökosysteme in Abhängigkeit von Klima-wandel und Luftschadstoffen im polnisch-sächsischen Grenzraum. Hrsg.: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Dresden, 61 S.
- ORTLOFF, W.; SCHLAEPFER, R. (1996): Stickstoff und Waldschäden: eine Literaturübersicht. Allg. Forst- u. J.-Ztg. 167 (9-10): 184-201.
- PASSARGE, H., HOFMANN, G (1964): Soziologische Artengruppen mitteleuropäischer Wälder Arch. Forstwes.13 (9): 913-937.
- SCHLUTOW, A.; SCHEUSCHNER, TH. (2008): Ermittlung von Belastbarkeitsgrenzen für Waldökosysteme. ÖKO-DATA Straußberg, 30. Oktober 2008, 95 S.
- SCHLUTOW, A.; SCHEUSCHNER, TH. (2009): Ökologische Belastungsgrenzen. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Heft 16/2009, Dresden, 112 S.
- SCHLUTOW, A.; SCHEUSCHNER, TH. (2010): FFN-Verträglichkeitsprüfung versauernder Schadstoffeinträge aus dem KW Datteln in den FFH-Gebieten „Lippeaue“, Lippe-Unna, Hamm, Soest, Warendorf“, „In den Kämpfen, Im Mersche, Lengerner Hufeisen“ und „Wälder bei Cappenburg“. ÖKO-DATA Straußberg, Strausberg, 12. Juli 2010, 55 S.
- SCHLUTOW, A.; BOUWER, Y.; SCHEUSCHNER, TH.; NAGEL, H.-D. (2017): Ermittlung und Bewertung der Einträge von versauernden und eutrophierenden Luftschadstoffe in terrestrische Ökosysteme (PINETI2). Teilbericht II. Critical Load, Exceedance und Belastungsbewertung. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Forschungskennzahl 3712 63 240 1 UBA-FB 002525/2, TEXTE 63/2017, Hrsg. Umweltbundesamt, Dessau-Rosslau, August 2017, 95 S.
- SEA 95 (1996): Anleitung für die Standortserkundung im nordostdeutschen Tiefland (Standortserkundungsanleitung). 2. Auflage der SEA 74, 1.1.1996, Schwerin, Eberswalde (Teil A). Schwerin, Eberswalde, 300 S.
- SEA 95 (2005): Anleitung für die Standortserkundung im nordostdeutschen Tiefland (Standortserkundungsanleitung). Teil D, Feinbodenformen-Katalog, Schwerin, Eberswalde, 424 S.
- SMUL (2005): Empfehlungen zur Anlage und Behandlung von Immissionsschutzwald um Tierproduktionsanlagen Immissionsschutzwald. Hrsg. Sächsisches Staatsministerium

für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) Dresden, Staatsbetrieb Sachsenforst, Dezember 2005, 24 S.

STROHBACH, B. (2007): Anforderungen an die Einzelfallprüfung für das Schutzgut Wald (Waldgutachten). Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 29, Hrsg. MLUV Brandenburg Potsdam und LFE Eberswalde, 29-37.

STROHBACH, B.; EINERT, P.; LEHMANN, B.; LÖFFLER, S. (2012): Massentierhaltung versus Waldgesundheit – Ergebnisse zur Diagnose und Behandlung stickstoffbelasteter Wälder. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 49, Hrsg. MIL Brandenburg Potsdam und LFE Eberswalde, 37-46.

VAN DIJK, H.F.; DE LOUW, M.H.; ROELOFS, J.G.; VERBURGH, J.J. (1990): Impact of artificial ammonium-enriched rainwater on soils and young coniferous trees in a greenhouse. Part II: Effects on the trees. Environ. Pollut. 63: 41-59.

WETT, N. (2003): Aspekte des Prozesses der N-Freisetzung aus Humusvorratsabbau. Dissertation, Universität Kassel, 158 S.

8.2 Gesetze, Richtlinien, Erlasse

NatSchAG M-V: Gesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern zur Ausführung des Bundesnaturschutzgesetzes (Naturschutzausführungsgesetz - NatSchAG M-V) vom 23. Februar 2010

TA Luft (2002): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002.

8.3 Internetquellen

LIV (2020): Geodatenviewer Gaia-MV, Hrsg. Landesamt für innere Verwaltung Mecklenburg-Vorpommern, Amt für Geoinformation, Vermessungs- und Katasterwesen, Schwerin, <https://www.gaia-mv.de/gaia/gaia.php>

LF (2020): Landesforst Mecklenburg-Vorpommern, Karte der Forstämter, Hrsg. Landesforst Mecklenburg-Vorpommern, Malchin, <http://www.wald-mv.de/Forstaemter/>

LUNG (2020): Kartenportal Umwelt Mecklenburg-Vorpommern, Hrsg. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern, Güstrow, <https://www.umweltkarten.mv-regierung.de/atlas/script/index.php>

Open Street Map (2020): <https://www.openstreetmap.org/#map=14/53.3404/11.4263>

UBA (2020): Interaktiver Kartendienst: Hintergrundbelastungsdaten Stickstoff. Bezugszeitraum: Dreijahresmittelwert der Jahre 2013-2015, Landnutzungs-kategorie Laubwald, Landnutzungs-kategorie Nadelwald, <https://gis.uba.de/website/depo1/>

Anlagen

Anlage 1: Humusanalysen (UWEG-Prüfbericht 1492-20)

Anlage 2: Mineralbodenanalysen (UWEG-Prüfbericht 1493-20)

Anlage 3: Schadeinstufung der Gehölze

ANLAGE 1

Humusanalysen (UWEG-Prüfbericht 1492-20)

Eco-Cert
OT Karow
Teerofen Haus 3
19395 Plau

PRÜFBERICHT - Nr.: 1492/20

Auftraggeber : siehe Anschriftsfeld
Auftragseingangsnummer : A0807-20
Datum Probenahme : unbekannt
Datum Probeneingang : 09.07.2020
Probenehmer : B. Lemke, UWEG mbH
Probenahmeort : Warlow Waldgutachten
Prüfgegenstände : 2 Humusproben
Prüfparameter : Feststoff: pH-Wert, Gesamtstickstoff, TOC, C/N,
Anteil Steine
NH₄Cl-Auszug: K, Ca, Mg, Na, Mn, Fe, P, Al
1:2-Wasserauszug: Nitrat, Ammonium
Prüfergebnisse : siehe Seite 2
Prüfverfahren : siehe Seite 3
Prüfbeginn : 10.07.2020
Prüfende : 03.08.2020
Unteraufträge : keine
Bemerkungen : keine
Anlagen : keine

PRÜFERGEBNISSE

Labor-Nr.	Pr.-Nr.	Probenart	Trocken-gewicht g	Anteil Steine [%]	pH-Wert	Stickstoff %	Kohlenstoff %	C/N	NH ₄ -N mg/100g	NO ₃ -N mg/100g
1	W1-H	Humusauflage	5835	ohne	H ₂ O Extrakt 4,61	1,40	41,31	29,53	1,76	0,019
2	W3-H	Humusauflage	2422	ohne	4,59	1,27	40,27	31,79	2,35	0,220

Labor-Nr.	Pr.-Nr.	Probenart	Aluminium mg/100g	Calcium mg/100g	Eisen mg/100g	Kalium mg/100g	Magnesium mg/100g	Mangan mg/100g	Natrium mg/100g	Phosphor mg/100g	pH-Wert pH ₀	pH-Wert pH _p
1	W1-H	Humusauflage	140	583	31,6	89,5	115	21,6	38,2	68,6	4,82	2,80
2	W3-H	Humusauflage	34,3	997	18,2	69,7	138	29,5	31,4	60,9	4,82	2,99

n.n. = nicht nachweisbar (< Bestimmungsgrenze)

PRÜFVERFAHREN

Parameter	Untersuchungsmethode	Bestimmungsgrenze
Stickstoff	DIN EN 16169:2012-11	0,010%
Kohlenstoff	DIN ISO 10694:1996-08	0,01%
pH-Wert	HFA, 2005, Teil A, Methode A 3.1.1.2*	-
Al, Fe, Ca, K, Mg, Na, Mn, P	HFA, 2005, Teil A, Methode A 3.2.1.8* DIN EN ISO 11885:2009-09 (ICP-OES)	0,1 - 0,5 mg/100g
Ammonium-Stickstoff	HFA, 2005, Teil A, Methode A 3.2.2.1* EN ISO 11732:2005-05 (E23) (FIA)	0,01 mg/100g
Nitrat-Stickstoff	HFA, 2005, Teil A, Methode A 3.2.2.1* DIN EN ISO 13395:1996-12 (D28) (FIA)	0,01 mg/100g

* nicht akkreditiert

Die Präzision der Meßergebnisse liegt innerhalb der in den Verfahren angegebenen Grenzen. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Ohne schriftliche Genehmigung des Prüflaboratoriums darf der Prüfbericht weder ganz noch auszugsweise vervielfältigt werden.

Eberswalde, den 03.08.2020



Dr. Maria Klimakow
Prüfleiter
(techn. Richtigkeit)


Dr. J. Kletzin
Leiter der Prüfeinrichtung

ANLAGE 2

Mineralbodenanalysen (UWEG-Prüfbericht 1493-20)

Eco-Cert
OT Karow
Teerofen Haus 3
19395 Plau

PRÜFBERICHT - Nr.: 1493/20

Auftraggeber : siehe Anschriftsfeld
Auftragseingangsnummer : A0807-20
Datum Probenahme : unbekannt
Datum Probeneingang : 09.07.2020
Probenehmer : B. Lemke, UWEG mbH
Probenahmeort : Warlow Waldgutachten
Prüfgegenstände : 6 Proben Mineralboden
Prüfparameter : Feststoff: pH-Wert, Gesamtstickstoff, TOC, C/N,
Anteil Steine
NH₄Cl-Auszug: K, Ca, Mg, Na, Mn, Fe, P, Al
1:2-Wasserauszug: Nitrat, Ammonium
Prüfergebnisse : siehe Seite 2
Prüfverfahren : siehe Seite 3
Prüfbeginn : 10.07.2020
Prüfende : 03.08.2020
Unteraufträge : keine
Bemerkungen : keine
Anlagen : keine

PRÜFERGEBNISSE

Labor-Nr.	Pr.-Nr.	Probenart	Trocken- gewicht g	Anteil Steine [%]	pH-Wert	Stickstoff	Kohlenstoff	C/N	NH ₄ -N mg/100g	NO ₃ -N mg/100g
					H ₂ O Extrakt	%	%			
3	W1-0-20T	Boden	1292	0,05	3,94	0,154	3,18	20,65	0,284	0,014
4	W1-20-40T	Boden	1006	0,87	4,01	0,078	1,76	22,61	0,161	n.n.
5	W1-40-60T	Boden	975	4,0	4,52	0,108	2,57	23,84	0,046	n.n.
6	W3-0-20T	Boden	865	0,39	3,33	0,314	3,51	11,19	0,400	0,073
7	W3-20-40T	Boden	754	ohne	3,47	0,063	2,35	37,28	0,218	0,042
8	W3-40-60T	Boden	956	ohne	3,48	0,060	3,07	51,52	0,184	n.n.

Labor-Nr.	Pr.-Nr.	Probenart	Aluminium mg/100g	Calcium mg/100g	Eisen mg/100g	Kalium mg/100g	Magnesium mg/100g	Mangan mg/100g	Natrium mg/100g	Phosphor mg/100g	pH-Wert	
											pH0	pHp
3	W1-0-20T	Boden	12,3	2,59	1,45	0,633	0,824	0,411	0,873	1,06	4,82	3,01
4	W1-20-40T	Boden	20,0	1,65	2,18	n.n.	0,244	0,385	0,540	n.n.	4,82	3,43
5	W1-40-60T	Boden	22,8	8,83	2,57	n.n.	0,618	0,399	0,870	n.n.	4,82	3,70
6	W3-0-20T	Boden	45,0	18,8	4,90	2,83	2,16	0,443	3,06	0,904	4,82	2,91
7	W3-20-40T	Boden	12,0	4,46	0,986	n.n.	0,349	0,381	2,87	0,497	4,82	3,15
8	W3-40-60T	Boden	24,4	0,942	0,686	n.n.	0,128	0,370	5,95	n.n.	4,82	3,45

n.n. = nicht nachweisbar (< Bestimmungsgrenze)

PRÜFVERFAHREN

Parameter	Untersuchungsmethode	Bestimmungsgrenze
Stickstoff	DIN EN 16169:2012-11	0,010%
Kohlenstoff	DIN ISO 10694:1996-08	0,01%
pH-Wert	HFA, 2005, Teil A, Methode A 3.1.1.2*	-
Al, Fe, Ca, K, Mg, Na, Mn, P	HFA, 2005, Teil A, Methode A 3.2.1.8* DIN EN ISO 11885:2009-09 (ICP-OES)	0,1 - 0,5 mg/100g
Ammonium-Stickstoff	HFA, 2005, Teil A, Methode A 3.2.2.1* EN ISO 11732:2005-05 (E23) (FIA)	0,01 mg/100g
Nitrat-Stickstoff	HFA, 2005, Teil A, Methode A 3.2.2.1* DIN EN ISO 13395:1996-12 (D28) (FIA)	0,01 mg/100g

* nicht akkreditiert

Die Präzision der Meßergebnisse liegt innerhalb der in den Verfahren angegebenen Grenzen. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Ohne schriftliche Genehmigung des Prüflaboratoriums darf der Prüfbericht weder ganz noch auszugsweise vervielfältigt werden.

Eberswalde, den 03.08.2020



Dr. Maria Klimakow
Prüfleiter
(techn. Richtigkeit)



Dr. J. Kletzin
Leiter der Prüfeinrichtung

ANLAGE 3

Schadeinstufung der Gehölze

Schadeinstufung der Probeflächen

Fläche (m²):

Stammstandortsform: Z1

Fl.-Nr.: Warlow 1

Datum: 09.07.2020

Forstamt Grabow

Revier: Schlossgarten

Abt: 2013 Na6

Baumart: RBU

Alter: 113

Baumart: SEI

Alter: 113

Relief: eben

Position: ONO

Neigung: 0°

Entfernung N-Quelle: 630 m

Art der Quelle: Rinderanlage

HW: 5916586.17

RW: 33262158.42

Anzahl Bäume insgesamt*: 13

Bestandesmischung: Mischbestand

Bäume mit Kronenschäden: 0

Mischungsform:

N-Zeiger:

Bäume mit gekrümmten Stämmen: 1

Bemerkungen:

Abgestorbene Bäume: 0

Blatt-/ Nadelgrößen:

min:

klein

Höhe:

Mittel:

25

mittel

x

max:

groß

Schadstufe	Nadel-/ Blattverluste	Bestandesauflichtung	Ausbreitung v. Calamagrostis (%)	Vergilbungen, Verfärbungen	Insekten/Pilze
1	1. Voll vorhanden 2. voll vorhanden 3. Teilw. Vorhanden	normal, geschlossen	< 5 vereinzelt vorhanden	bis 10 %	ohne
2	1. Voll vorhanden 2. Beginn. Verl. 3. Teilw. Vorhanden	schwache Auflichtung	5 ... 25 gruppenweise vorhanden	11 - 25 %	vereinzelt an Nadeln/ Bl.
3	1. Voll vorhanden 2. Deutl. vorhanden 3. nicht vorhanden	merkliche Auflichtung	25 ... 50 1/3... 1/2 der Fl.deckend	26 - 60 %	merklich an Nadeln/ Bl.
4	1. Beginn. Verl. 2. kaum vorhanden 3. nicht vorhanden	starke Auflichtung mit kleinen Blößen	50 ... 75 > Hälfte der Fläche deckend	61 - 100 %	merklich an Stamm + Nadeln/ Bl.
5	1. deutl. Verl. 2. nicht vorhanden 3. nicht vorhanden	extreme Auflichtung mit gr. Blößen	> 75 nahezu geschl. deckend	hoher Anteil bereits abgestorben	extrem befallen!!!
Stufe	1	1	1	1	1

Mittel

1

Schadeinstufung der Probeflächen

Fläche (m²):

Stammstandortsform:

NZ2

Fl.-Nr.: Warlow 3

Datum: 09.07.2020

Forstamt Grabow

Revier: Schlossgarten

Abt: 2047 a3

Baumart: GKI

Alter: 42

Baumart: GBI

Alter: 40

Relief: eben

Position: ONO

Neigung: 0°

Entfernung N-Quelle: 1550 m

Art der Quelle: Rinderanlage

HW: 5917046.75

RW: 33263021.92

Anzahl Bäume insgesamt*: 35

Bestandesmischung: Rein- (Misch-) Bestand

Bäume mit Kronenschäden: 0

Mischungsform:

N-Zeiger: Brombeere, Himbeere

Bäume mit gekrümmten Stämmen: 3

Bemerkungen:

Abgestorbene Bäume: 0

Blatt-/ Nadelgrößen:

min:

klein

Höhe:

Mittel:

20

mittel

x

max:

groß

Schadstufe	Nadel-/ Blattverluste	Bestandesauflichtung	Ausbreitung v. Calamagrostis (%)	Vergilbungen, Verfärbungen	Insekten/Pilze
1	1. Voll vorhanden 2. voll vorhanden 3. Teilw. Vorhanden	normal, geschlossen	< 5 vereinzelt vorhanden	bis 10 %	ohne
2	1. Voll vorhanden 2. Beginn. Verl. 3. Teilw. Vorhanden	schwache Auflichtung	5 ... 25 gruppenweise vorhanden	11 - 25 %	vereinzelt an Nadeln/ Bl.
3	1. Voll vorhanden 2. Deutl. vorhanden 3. nicht vorhanden	merkliche Auflichtung	25 ... 50 1/3... 1/2 der Fl.deckend	26 - 60 %	merklich an Nadeln/ Bl.
4	1. Beginn. Verl. 2. kaum vorhanden 3. nicht vorhanden	starke Auflichtung mit kleinen Blößen	50 ... 75 > Hälfte der Fläche deckend	61 - 100 %	merklich an Stamm + Nadeln/ Bl.
5	1. deutl. Verl. 2. nicht vorhanden 3. nicht vorhanden	extreme Auflichtung mit gr. Blößen	> 75 nahezu geschl. deckend	hoher Anteil bereits abgestorben	extrem befallen!!!
Stufe	2	2	1	1	1

Mittel

1,4