



Waldgutachten zur Abschätzung  
möglicher Einflüsse der geän-  
derten Schweinehaltungsanlage  
Düben auf die Böden und Be-  
stände der angrenzenden  
Forstökosysteme

**Prof. Dr. D. Murach**

**Schorfheide, August 2008**

## Inhaltsverzeichnis

Glossar (Erläuterung der verwendeten Abkürzungen und Fachbegriffe)	4
1 Grundlagen des Gutachtens	7
1.1 Gegenstand des Gutachtens	7
1.2 Methodik der Bewertung im Gutachten	7
1.2.1 Sonderfallprüfung nach LAI	7
1.2.2 Einzelfallprüfung	9
1.3 Festlegung des Beurteilungsgebietes	9
1.4 Probenahme/Bonitur im Gelände	10
1.5 Analyse der Boden- und Nadelproben	10
2 Ergebnisse der Datenerhebung	11
2.1 Bestandesbonitur und Standorte	11
2.2 Bodenanalysen	14
2.2.1 Pufferbereiche der Böden	14
2.2.2 C/N-Verhältnisse der Humusformen	14
2.2.3 Die C- und N-Vorräte der Probepunkte	15
2.3 Nadelanalysen	17
2.4 Stickstoff-Immissionen und –Depositionen	18
2.4.1 Lokale Vorbelastungen	18
2.4.2 Belastungen in früheren Zeiten	22
3 Bewertung der Stickstoffeinträge	23
3.1 Sonderfallprüfung nach LAI	23
3.1.1 Verfahrensschritt (1): Ausweisung empfindlicher Ökosysteme im Beurteilungsgebiet	23
3.1.2 Verfahrensschritt (2): Abschneidekriterium	23
3.1.3 Verfahrensschritt (3): Quantifizierung der Empfindlichkeit	23
3.1.4 Verfahrensschritt (4): Ermittlung der Vorbelastung	24
3.1.5 Verfahrensschritt (5): Ermittlung der Zusatzbelastung	24
3.1.6 Verfahrensschritt (6): Ermittlung des Beurteilungswertes für N-Deposition	24
3.1.7 Verfahrensschritt (7): Prüfung ob Gesamtbelastung < Beurteilungswert	25
3.1.8 Verfahrensschritt (8): 30%-Regelung	25
3.1.9 Zusammenfassende Bewertung der Sonderfallprüfung nach LAI	25
3.2 BEinzelfallprüfung nach LAI	26
3.2.1 Vorbemerkungen	26
3.2.2 Verfahren zur Herleitung des modifizierten Critical-Deposition-Levels-(CDL)-Wertes <sup>29</sup>	
3.2.3 Vergleich der zu erwartenden Zusatzbelastungen mit den CDL-Werten für die einzelnen Probenahmepunkte	32
4 Gesamtbewertung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen	33
4.1 Zusammenfassung der Datenanalyse	33
4.2 BErgebnisse des Umweltmonitorings bei der Entenzuchtanlage Grimme	33
4.3 Schlussfolgerungen aus den Untersuchungen	35
5 Zusammenfassung	38
6 Literaturverzeichnis	40
7 Anhang	46
7.1 Aufnahmeprotokoll (s. Datei „Probenahmeprotokoll_Düben.xls“)	
7.2 Kopien Analyseprotokolle (s. Dateien „UWEGxx.gif“)	

## Glossar (Erläuterung der verwendeten Abkürzungen und Fachbegriffe)

<b>Abkürzung</b>	<b>Erläuterung</b>
<u>Ake</u>	Effektive Austauschkapazität. In der Forstwirtschaft üblicher bodenkundlicher Parameter zur Abschätzung der pflanzenverfügbaren Nährstoffvorräte. Wird auch im Rahmen der <u>BZE</u> verwendet. [s. ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG 1996; BML 1990; KÖNIG & WOLFF 1993].
<u>AWP</u>	Altweiserprogramm
<u>Basensättigung</u>	Anteil von [K + Ca + Mg] an der <u>Ake</u>
<u>Basenversorgung</u>	Die Basenversorgung charakterisiert pauschal die Versorgung der Bäume mit Ca, Mg und K. Sie wird bestimmt anhand der <u>Pufferbereiche</u> im Oberboden (0-10cm) und Unterboden (30-40cm). Das Verfahren der Klassifizierung ist in Arbeitskreis Standortkartierung (1996) beschrieben.
<u>Bodenwasserhaushalt</u>	Klassifizierung aufgrund der Höhe der <u>nWSK</u> . Einschätzung der Wasserspeicherfähigkeit der Böden. Höhe der Niederschläge in dieser Kenngröße (im Gegensatz zum <u>Gesamtwasserhaushalt</u> ) nicht berücksichtigt
<u>BZE</u>	Bodenzustandserhebung. Um die Rolle des Bodens im Zusammenhang mit den Immissionsbelastungen der Waldökosysteme regional differenziert beurteilen zu können, wurde von 1987 bis 1993 eine bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald ( <u>BZE</u> ) durchgeführt. Dies geschah in Ergänzung zur jährlichen Waldzustandserhebung.  [Weitere Informationen: BML 1990; <a href="http://www.verbraucherministerium.de/forschungsreport/rep2-98/wald.htm">http://www.verbraucherministerium.de/forschungsreport/rep2-98/wald.htm</a> ]
<u>Critical Deposition Level (CDL)</u>	Ähnlich dem Critical load –Ansatz. Der Critical Deposition Levels-Ansatz geht aber von einem „stand-still“-ähnlichen Prinzip aus, das den aktuellen Zustand des Ökosystems schützen soll, aber dabei die bereits eingetretenen Veränderungen akzeptiert werden. Zudem werden höhere Werte für die Auswaschung (Leaching) und für die Immobilisierung angenommen. Im internationalen Sprachgebrauch wird synonym auch die Bezeichnung Present Threshold Deposition (PTD) verwendet.
<u>Critical level</u>	Schwellenwerte für direkte, akute Wirkungen von Luftschadstoffen. Sie sind die quantitative Abschätzung der Konzentrationen von Schadstoffen in der Atmosphäre (Immissionen), oberhalb der direkte Schadefekte an Rezeptoren (Menschen, Pflanze, Tier...) nach derzeitigem Wissen zu erwarten sind.
<u>Critical load</u>	Schwellenwerte für indirekte langfristige Wirkungen. Sie sind die quantitative Abschätzung der Deposition von Schadstoffen (Exposition), unterhalb der nach derzeitigem Wissen keine schädigenden Wirkungen an spezifizierten sensitiven Elementen (Rezeptoren) nachweisbar sind.
<u>C<sub>t</sub></u>	Gesamt-Kohlenstoff
<u>Ertragsklasse (Ekl.)</u>	Bonität. Relativer oder absoluter Maßstab für die Wuchsleistung eines Bestandes. Diese wird mit den Eingangsgrößen Alter und Baumhöhe anhand von Ertragstafeln bestimmt. Üblich sind 3 Ertragsklassen (I, II, III) mit zusätzlicher Dezimalunterteilung. Ekl. I entspricht der beste Wuchsleistung, Ekl. III der schlechtesten Wuchsleistung.
<u>Flugsand und Dünen</u>	Äolische Ablagerungen. Sie treten vorwiegend in großen Tälern auf, z.T. auch auf Hochflächen. Flugsand sehr wahrscheinlich während der Eiszeit, Dünen später (Holozän) entstanden. Morphologisch nur durch Oberflächenform zu unterscheiden. Flugsande treten besonders in Form geringmächtiger Decksande im Übergangsbereich zwischen <u>Sandlöß</u> und <u>Geschiebedecksand</u> auf. Sie sind meist strukturlos, gelegentlich horizontal geschichtet und diskordant auf periglaziär beeinflusstem Untergrund. Meist Mittel- bis Feinsand. Löß, Sandlöß, Flugsand werden als äquivalente, lithofazielle (äolische) Bildungen aufgefaßt. Einige Autoren rechnen auch noch den <u>Geschiebedecksand</u> dazu (siehe Bemerkungen unter " <u>Geschiebedecksande</u> "). Grobschluffanteil kleiner 20%. Quarzkörner durch Windtransport gerundet. Dünen zeigen meist feinsandige, gleichmäßige Körnung, sind steinfrei und weisen z.T. humose Bestandteile

	älterer A-Horizonte auf. Humusanteile gelten als Hinweis für holozäne Bildung der Dünen
<u>Gesamtwasserhaushalt</u>	Einschätzung der Wasserversorgung eines Bestandes aufgrund der Wasserspeicherfähigkeit des Bodens ( <u>Bodenwasserhaushalt</u> ) und der Gelände- und klimatischen Verhältnisse. Es gibt verschiedene länderspezifische Ansätze im Rahmen der Forstlichen Standortkartierung zur Ermittlung des Gesamtwasserhaushalt,, u. a. auch die <u>Ökologische Feuchtestufe</u> in Rhl.-Pfalz, auf die im vorliegenden Bericht Bezug genommen wird. Näheres zur Methode s. Arbeitskreis Standortkartierung (1996)
<u>Geschiebe</u>	Steine
<u>Geschiebemergel</u> o. -lehme	Ablagerungen der Grundmoränen, die aus Geschieben (Steinen) verschiedener Größe bestehen, die unsortiert in ein lehmiges Bindemittel (Geschiebelehm) oder in ein kalkhaltiges, lehmiges Bindemittel (Geschiebemergel), eingeschaltet sind. Kanten der Geschiebe meist gerundet, allerdings nicht so stark wie bei Flußgeröllen. Gemisch aus Ton, Feinsand und Geschieben. Normalerweise ungeschichtet. Steine sind meist nicht eingeregelt (im Gegensatz zu Fließerden)
<u>Geschiebesande</u> / -kiese / -tone	Eiszeitliche Ablagerungen. Treten vorwiegend im Bereich von Endmoränen auf. Geschiebe und Feinmaterial der betonten Bodenart. Im Unterschied zu <u>Geschiebedecksanden</u> nicht auf eine Mächtigkeit von ca. 1m beschränkt
<u>Geschiebedecksande</u>	Oberste, Geschiebeführende, lehmarne, sandig-kiesige Decken, die Reste einer Grundmoräne sein können oder periglazialer Wanderboden (Solifluktionerscheinungen). Von anderen Autoren werden die Geschiebedecksande vorwiegend auf äolische Bildungen zurückgeführt, z.B. durch Auswehung des feineren Materials aus Grundmoränen während der Weichselvereisung. Oft befindet sich eine Steinsohle an der Basis. Sandanteil >70%, Schluffanteil <20%, Tonanteil <10%. Mächtigkeit von ca. 0,3 bis 1 m, selten 1,5m. Mittel-, Fein- und Grobsande enthaltend. Ihre Entstehung als Fließerde würde z.B. das Vorkommen von Geschieben über Schmelzwassersanden erklären können
<u>GPS</u>	Global Positioning System. Globales Positionierungssystem. Feststellung der Koordinaten des eigenen Standpunktes durch mobile Satellitennavigationsgeräte
<u>HSA</u>	„Handlungsempfehlungen für die Beurteilung von Ammoniakkonzentration und Stickstoffdeposition im Rahmen von Genehmigungsverfahren für Tierhaltungsanlagen in Sachsen-Anhalt“
<u>IPC</u>	Internationales Kooperativprogramm zur integrierten Überwachung der Wirkung von Luftschadstoffen auf Ökosysteme Das Ziel des Programms zur integrierten Umweltüberwachung (IPC Integrated Monitoring) 1989 im Rahmen der UN/ECE-Konvention über den weiträumigen grenzüberschreitenden Transport von Luftverunreinigungen gegründet - besteht darin, mittels eines sehr detaillierten Meßprogrammes eine integrierte Überwachung der Wirkung von Luftschadstoffen auf Ökosysteme zu ermöglichen.
<u>IPC-OES</u>	Optische Emissionspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma. Spezielle Labormethode zur Elementbestimmung
<u>Kraft'sche Baumklasse</u>	Nach der soziologischen Stellung des Baumes im Bestand wird unterschieden nach: Klasse 1: vorherrschend (ausnahmsweise kräftige Krone) Klasse 2: herrschend (Hauptbestand, gut entwickelte Krone) Klasse 3: mitherrschend (untere Grenze des herrschenden Bestandes, Krone eingengt), Klasse 4: beherrscht (Krone verkümmert, zusammengedrückt oder fahnenförmig) Klasse 5: (ganz) unterständig
<u>Kronendurchlass</u>	Wasser und Elementfluss, der durch Aufstellen von Niederschlagssammler im Bestand (im Gegensatz zum Freiland) gemessen wird.
<u>LAI</u>	Abschlussberichts des Arbeitskreises „Ermittlung und Bewertung von Stickstoffeinträgen“ in der Fassung vom 13.09.2007
<u>Level II</u>	Seit 1986 werden der Waldzustand und seine Entwicklung unter den Programmen der UN/ECE und der EU-Kommission im europäischen Maßstab überwacht. Im Level I-Programm erfolgen Erhebungen auf einem systematischen Stichprobennetz, die flächenrepräsentative Informationen über den Waldzustand und dessen Entwicklung bereitstellen.

	Intensive Untersuchung der Ursache-Wirkungs-Beziehungen zwischen Waldökosystemen und den sie beeinflussenden Faktoren werden auf Dauerbeobachtungsflächen des Level II-Programms durchgeführt. Von den europaweit eingerichteten 860 Level II Dauerbeobachtungsflächen stellt die Bundesrepublik Deutschland 89 Flächen, auf denen intensive Untersuchungen zum Stoffhaushalt der Ökosysteme durchgeführt werden. [ <a href="http://www.stadtentwicklung.berlin.de/forsten/waldzustandsbericht2001/de/download/wse_2.pdf">http://www.stadtentwicklung.berlin.de/forsten/waldzustandsbericht2001/de/download/wse_2.pdf</a> ]
<u>Löß</u>	Äolische Ablagerung. Ungeschichtet, mit einem Grobschluffanteil von ca. 60%. Sandgehalt unter 20%. Kalkgehalt unterschiedlich, je nach Herkunft des Lösses; im Mittel 10-20%
<u>µmol IE</u>	Mikromol Ionenäquivalente (engl.: ion equivalents). Zum Vergleich der verschiedenen Elemente im Rahmen der Ansprache der AKe, werden die Elementkonzentrationen in µg angegeben und unter Berücksichtigung des Molekulargewichtes und der Wertigkeit in µmol IE oder µmol IÄ
$N_t$	Gesamt-Stickstoff (Organischer und mineralischer)
<u>nWSK</u>	nutzbare Wasserspeicherkapazität. Gibt den Anteil des Porenraums im Boden an, der Wasser in pflanzenverfügbarer Form speichern kann. Angaben in mm pro 1m Bodentiefe. Werte im Gelände schwanken in Abhängigkeit von der Bodenart (Sand-, Schluff- und Tongehalt) von ca. 100 bis 250 mm.
<u>Ökologische Feuchtestufe</u>	Einschätzung der Wasserversorgung eines Bestandes aufgrund der Wasserspeicherfähigkeit des Bodens, der Niederschläge, der Geländeausformung und der Wuchsleistung von Leitbaumarten. Näheres zur Methode s. Arbeitskreis Standortkartierung (1996)
<u>ÖWK</u>	Ökologische Waldzustandskontrolle
$P_t$	Gesamt-Phosphor (Organischer und mineralischer)
<u>Pufferbereiche</u> (von Böden)	Der Pufferbereich eines Boden wird anhand der pH-Werte bestimmt. Er charakterisiert die Bodenversauerung und damit auch die Bodenchemie, insbesondere die Bedingungen für das Wurzelwachstum und die Basenverfügbarkeit (K, Ca, Mg) der Böden. Das Verfahren der Klassifizierung ist in Arbeitskreis Standortkartierung (1996) beschrieben.
<u>Sander</u>	Glazifluviatile Ablagerungen an Endmoränen. Im Gegensatz zu <u>Geschiebesanden</u> fehlen hier Geschiebe. Geschichtet und häufig mit Ton und Lehm durchsetzt, in der Nähe der Endmoränen auch mit Schottern
<u>Sandlöß</u> oder <u>Flottsand</u>	Äolische Ablagerung mit höherem Sandanteil (mind. 20%) gegenüber <u>Löß</u> (Sandanteil wenige %) und höherer Grobschluffanteil (ca. 30%) gegenüber <u>Flugsand</u> (Schluffanteil wenige %). Häufig ohne Schichtung und meist kalkfrei
<u>Schmelzwassersande</u>	hierzu zählen Vor- und Nachschüttsande, <u>Sander</u> und auch <u>Talsande</u>
<u>Stickstoff-Immobilisierungsrate</u>	Festlegung von Stickstoff in Humus und Oberboden durch Mikroorganismen
<u>Talsande</u>	<u>Schmelzwassersande</u> der Urstromtäler, die in Stauseen der Urstromtälern abgelagert wurden, wo der Abfluß der Schmelzwässer gehemmt war. Meist „schärfere“ Sande als Flugsande, da letztere zusätzlich noch durch Wind verfrachtet wurden; z.T. kiesig und Geschiebeführend, z.T. geschichtet. Korngröße in Abhängigkeit von Fließgeschwindigkeit des Wassers. Meist aber kaum geschichtete, homogene Sande großer Feinkörnigkeit (Fein- und Mittelsande)
<u>TM</u>	Trockenmasse bei 50°C
<u>VDLUFA</u>	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten [ <a href="http://www.VDLUFA.de/vdl_idx.htm">http://www.VDLUFA.de/vdl_idx.htm</a> ]

Unterstrichene Wörter im Text verweisen auf erklärte Begriffe des Glossar

# Waldgutachten zur Abschätzung möglicher Auswirkungen der geänderten Schweinehaltungsanlage Düben auf die Böden und Bestände der angrenzenden Forstökosysteme

## 1 Grundlagen des Gutachtens

### 1.1 Gegenstand des Gutachtens

In dem Gutachten sollen die möglichen Auswirkungen erhöhter N-Depositionen durch die geplante Erweiterung der Schweinehaltungsanlage in Düben auf die Böden und Waldbestände im Einwirkungsbereich der Anlage bewertet werden.

### 1.2 Methodik der Bewertung im Gutachten

#### 1.2.1 Sonderfallprüfung nach LAI

Vom Landesverwaltungsamt Halle wurde mit Schreiben vom 15.11.2007 festgelegt, dass die Beurteilung von Stickstoffdepositionen auf die angrenzenden Forsten nach dem Leitfaden zur „Ermittlung und Bewertung von Stickstoffeinträgen, Abschlussbericht 13.09.2006“ /Erlass des MLU vom 16.02.2007 bzw. den darauf aufbauenden „Handlungsempfehlungen für die Beurteilung von Ammoniakkonzentration und Stickstoffdeposition im Rahmen von Genehmigungsverfahren für Tierhaltungsanlagen in Sachsen-Anhalt“ („HSA“) zu erfolgen hat.

Die HSA stützt sich auf die TA Luft<sup>1</sup> und den Abschlussbericht des Arbeitskreises „Ermittlung und Bewertung von Stickstoffeinträgen“, der eine Handlungsempfehlung für die Bewertung der Stickstoffdeposition im Hinblick auf empfindliche Pflanzen und Ökosysteme gibt (LAI 2006).

Nach TA Luft, Nr. 4.8 (**Sonderfallprüfung zur Stickstoff-Deposition**) soll bei Bau oder Erweiterung landwirtschaftlicher Anlagen, die nach § 4 BImSchG genehmigt werden müssen, auch die Stickstoff-Deposition bewertet werden, wenn entsprechende Anhaltspunkte vorliegen.

Für mögliche schädliche Umwelteinwirkungen durch Stickstoffdeposition gibt die TA Luft in Nr. 4.8 lediglich als Anhaltspunkt eine Viehdichte von 2 Großvieheinheiten je Hektar Landkreisfläche. Weitere Hinweise zur Ermittlung von Anhaltspunkten schädlicher Umwelteinwirkungen durch Stickstoffdeposition, die eine Prüfung des Einzelfalls erforderlich machen, werden nicht gegeben. Das hat den damaligen Unterausschuss „Wirkungsfragen“ der LAI veranlasst, einen Arbeitskreis mit dem Ziel der Klärung dieser Problematik zu beauftragen.

Dieser Arbeitskreis hat im September 2006 einen Abschlussbericht vorgelegt, der eine Handlungsempfehlung für die Bewertung der Stickstoffdeposition im Hinblick auf empfindliche Pflanzen und Ökosysteme gibt (LAI 2006). Diese „Verwaltungsempfehlung“ soll in den Ländern eine zweijährige Erprobungsphase durchlaufen.

Die „Handlungsempfehlungen für die Beurteilung von Ammoniakkonzentration und Stickstoffdeposition im Rahmen von Genehmigungsverfahren für Tierhaltungsanlagen in Sachsen-Anhalt“ (LAU Sachsen-Anhalt 2008) konkretisiert die Sonderfallprüfung nach TA Luft und LAI. Sie wurde zur Grundlage des vorliegenden Gutachtens genommen. Das Verfahren zur Bewertung von Stickstoff-Deposition ist in

<sup>1</sup> Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002, am 01.10.2002 in Kraft getreten.

Abb. 1-1 skizziert und die Verfahrensschritte sind in Kap. 6.2 der HSA und Kap. 7.2 des Abschlussberichts des Arbeitskreises „Ermittlung und Bewertung von Stickstofffeinträgen“ in der Fassung vom 13.09.2006 („LAI“) beschrieben.

Anhang I: Ablaufplan

Prüfung, ob der Schutz vor erheblichen Nachteilen gewährleistet ist

Legende

- IJV...Immissions-Jahres-Vorbelastung
- IJZ...Immissions-Jahres-Zusatzbelastung
- IJG...Immissions-Jahres-Gesamtbelastung
- BUG...Beurteilungsgebiet
- BW...Beurteilungswert

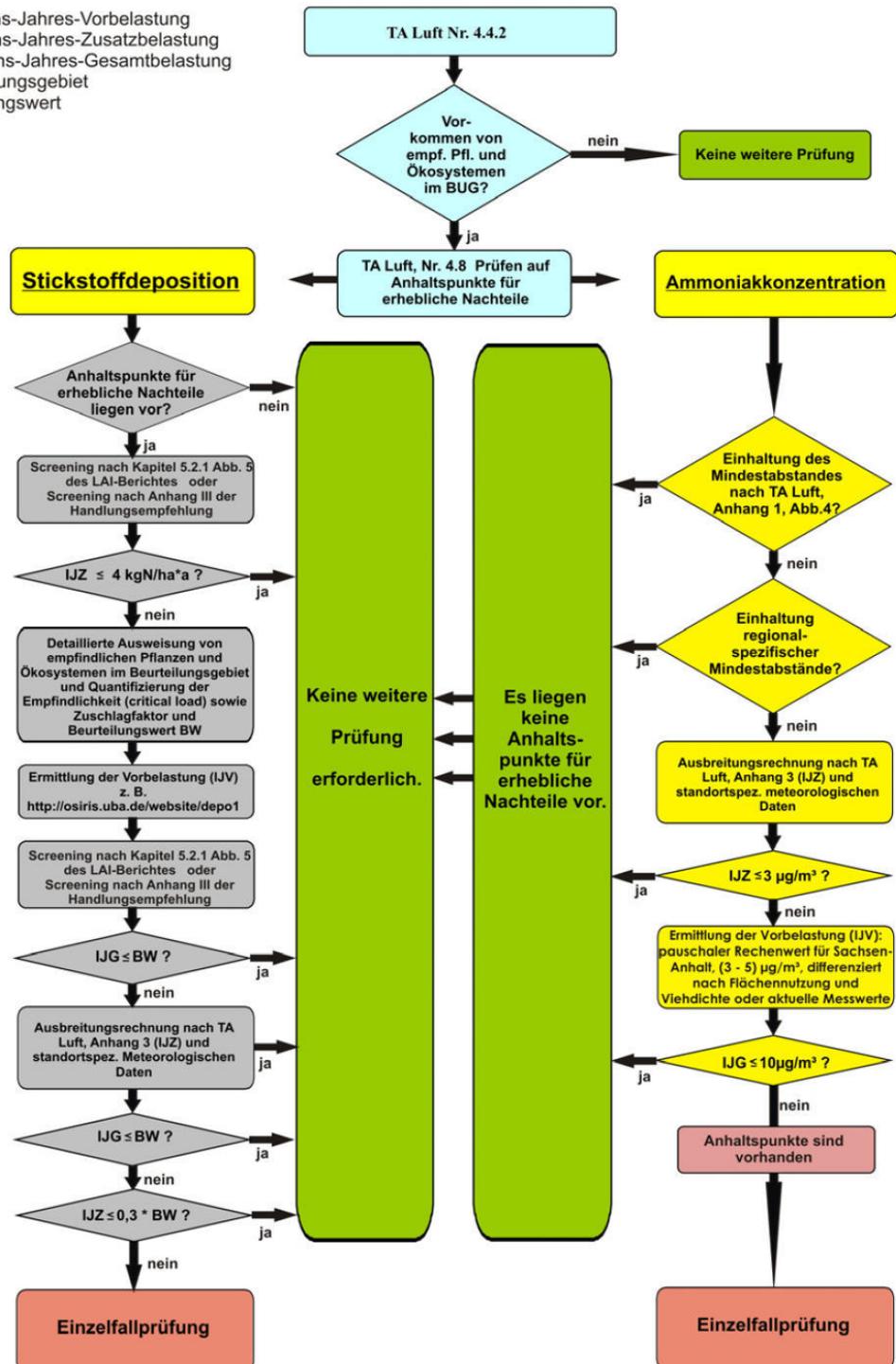


Abb. 1-1: Anhang 1 aus „Handlungsempfehlungen für die Beurteilung von Ammoniakkonzentration und Stickstoffdeposition im Rahmen von Genehmigungsverfahren für Tierhaltungsanlagen in Sachsen-Anhalt“

Zur Durchführung des Verfahrens wurde von dem Ingenieurbüro Dr.-Ing. Wilfried Eckhof eine Ausbreitungsrechnung für Ammoniak zur Verfügung gestellt (s. **Abb. 1-2**), die Abschätzungen über die Zusatzbelastungen durch Stickstoff-Depositionen für die Waldbestände des Papenbusches ermöglicht. Für die Umrechnung der Ammoniak-Konzentrationen der **Abb. 1-2** in N-Depositionen wurde in Absprache mit dem Ingenieurbüro Dr.-Ing. Wilfried Eckhof der Transfer-Faktor „5“ verwendet.

### 1.2.2 Einzelfallprüfung

Ergeben sich aufgrund der Sonderfallprüfung nach TA Luft Nr. 4.8 (s. Kap. 1.2.1) Anhaltspunkte für das Vorliegen erheblicher Nachteile durch Schädigung empfindlicher Pflanzen und Ökosysteme wegen Stickstoffdeposition, so soll nach TA Luft Nr. 4.8, Absatz 7 der Einzelfall geprüft werden.“

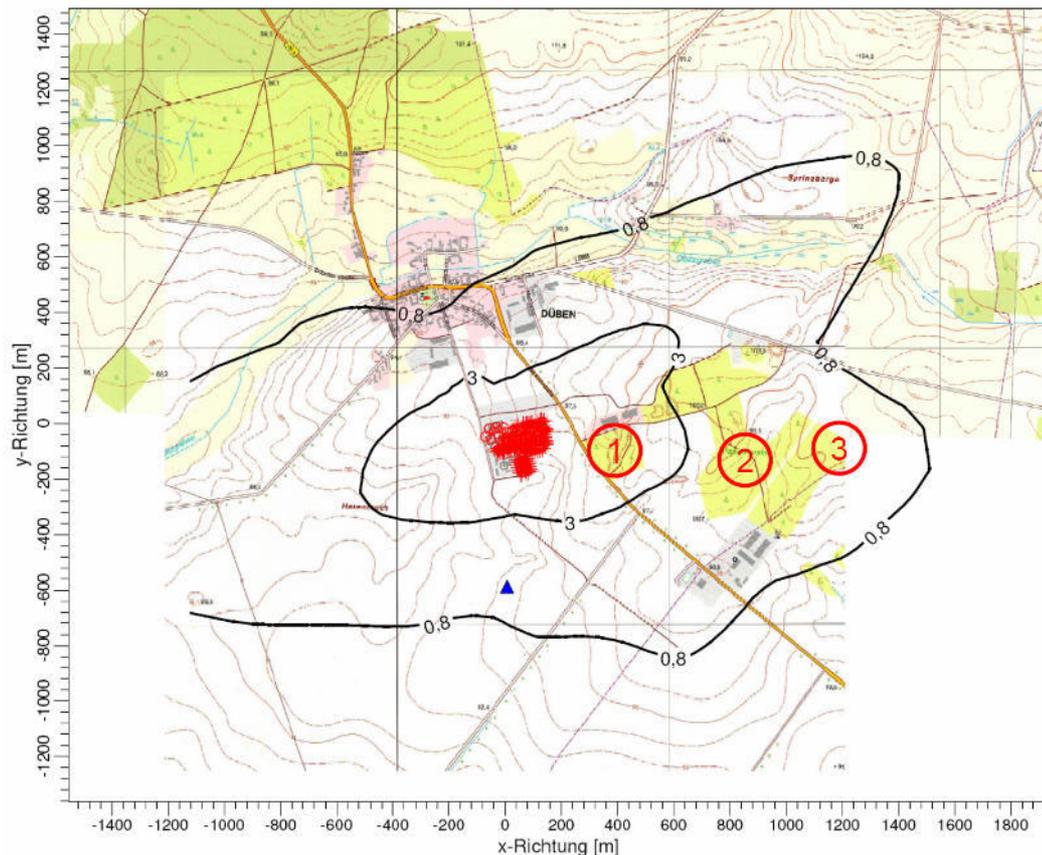
Weitere Konkretisierungen hinsichtlich der Methode der Einzelfallprüfung nach TA Luft Nr. 4.8, Absatz 7 sind weder in der TA Luft noch im LAI oder HSA enthalten. Die Bewertung der Auswirkungen der zusätzlichen N-Depositionen im Rahmen der Einzelfallprüfung erfolgt in dem vorliegenden Gutachten anhand des CDL-Konzeptes (Bolte et al. 2001). Die CDL-Methode nach Bolte et al. 2001 wird auch in Nr. 4 des „Handlungsrahmen Wald“ des Bundeslands Brandenburg (MLUV 2003) im Rahmen der Einzelfallprüfung für die Prognose der Waldentwicklung verwendet und ist vom MLUV Brandenburg für die Einzelfallprüfung nach TA Luft Nr. 4.8, Absatz 7 vorgesehen (MLUV 2007).

Auf der Grundlage geschätzter Zuwachswerte und gemessener C/N-Verhältnisse der Humusaufgabe werden zulässige N-Depositionsraten berechnet.

### 1.3 Festlegung des Beurteilungsgebietes

Vom Landesverwaltungsamt Halle wurde mit Schreiben vom 15.11.2007 ein Untersuchungsradius von 1,1 km benannt. Dieser ist maßgeblich für die Sonderfallprüfung nach LAI (s. Kap. 1.2.1)

Aufgrund des „Abschneidekriteriums“ nach Verfahrensschritt (2) des LAI wird der für das Gutachten maßgebliche Einwirkungsbereich der Anlage durch die  $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{NH}_3$ -Isolinie beschrieben (s. Kap. 3.1.2), was bei Verrechnung mit dem Transfer-Faktor von 5 (s. Kap. 1.2)  $4 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  entspricht. Danach fallen lediglich die Wälder des östlich der Anlage befindlichen Papenbusches in die weitere Bewertung (s. Abb. 1-2) der Sonderfallprüfung (s. Kap. 1.2.1) bzw. der Einzelfallprüfung (s. Kap. 1.2.2).



**Abb. 1-2: Ausbreitungsrechnung für Ammoniak für die geänderte Schweinehaltungsanlage in Düben (erstellt durch Ingenieurbüro Dr.-Ing. W. Eckhof)**

#### 1.4 Probenahme/Bonitur im Gelände

Für das Gutachten wurden in der 14. KW 2008 an drei Stellen Nadel- und Bodenproben entnommen und eine Kronenbonitur durchgeführt. Die Lage der Probenahmepunkte ist in der Abb. 1-2 skizziert. Die genauen Gauß-Krüger-Koordinaten der Probenahmepunkte sind dem Protokoll der Probenahme (s. Anhang) zu entnehmen. Die Koordinaten wurden im Gelände mit GPS ermittelt. Die Nadelprobenahmen erfolgten an Kiefern der Kraft'schen Baumklasse 1 bis 2. Bei der Auswahl der Bestände wurde darauf geachtet, die Proben soweit möglich aus besonders exponierten Beständen (Waldrand, Kuppen) zu gewinnen, um eine potentielle Gefährdung der Bestände besser bewerten zu können.

An den drei Probepunkten wurden Mischproben des letztjährigen Nadeljahrgangs aus der Oberkrone von je 5 Kiefern entnommen.

Die Bodenproben wurden in die Tiefenstufen Humusauflage, 0-20 cm und 20-40cm unterteilt. Die Entnahme der Humusauflage erfolgte mit Stechrahmen, die der Bodenproben mit Stechzylinder jeweils als Mischprobe von je 6 Entnahmestellen.

#### 1.5 Analyse der Boden- und Nadelproben

An den Proben wurden folgende Analysen vorgenommen:

- 1) Bodenproben
  - Humusauflage und Mineralboden
    - $C_t$ : Naßchem. Oxidation mit anschl. titrimetr. Bestimmung
    - $N_t$ : Kjeldahlaufschluß und EN ISO 11732 (Photometrie)
    - $pH$ : DIN ISO 10390

## 2) Nadel- und Blattproben

- $N_t$  mit Kjeldahlaufschluss und EN ISO 11732 (Photometrie)
- $\overline{P}_t$ , K, Ca, Mg Salpetersäuredruckaufschluss und DIN EN ISO 11885 (E22) (ICP-OES)

Die chemischen Analysen wurden von einem akkreditierten Prüflabor durchgeführt.

## 2 Ergebnisse der Datenerhebung

### 2.1 Bestandesbonitur und Standorte

Bei den Wäldern des Papenbusches handelt es sich um Eichen/Kiefern-Mischbestände und Kiefern-Reinbestände (s. Abb. 2-1 und Abb. 2-2) verschiedener Altersstufen, die in der Gegend um Düben nach der Übersichtskarte der Böden von Sachsen-Anhalt (BÜK400) des Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt<sup>2</sup> auf podsolige Sauerbraunerden bis Braunerde-Podsole und Rosterden aus Geschiebedecksand über Schmelzwassersand der Elstereiszeit stocken. Die Jahresniederschläge betragen ca. 600 mm.

Als natürliche Waldgesellschaften sind im weiträumigen Bereich des Untersuchungsgebietes Laubmischwaldgesellschaft aus Buche, Winterlinde, Traubeneiche, und Hainbuche anzunehmen (Kopp und Schwanecke 1994).

Die anthropogenen Beeinflussungen haben in der Vergangenheit besonders das Verbreitungsgebiet des Kiefern-Eichen-Birkenwaldes beeinflusst. Die Degradation der Böden durch Waldweide und Streunutzung hat dort häufig zu reinen Kiefernbeständen geführt.

Aufgrund der bodenkundlichen Untersuchungen müssen die Standorte fast ausnahmslos als buchentauglich bezeichnet werden. Die aktuelle Kiefernbestockung entspricht nicht dem Potential des Standortes.

Bei Punkt 1 der Abb. 1-2 handelt es sich um einen Eichen/Kiefern-Mischbestand, dessen Kiefern im Durchschnitt 1,5 bis 2 Nadeljahrgänge aufweisen, stark anthropogen beeinflusst ist (Aufschüttungen / Beeresträucher etc.) und in dem Holunder und Himbeere deutlich in Erscheinung treten (s. Abb. 2-1 bis Abb. 2-3)

Bei Punkt 2 der Abb. 1-2 handelt es sich um einen Kiefern-Altbestand, der im Durchschnitt 2 Nadeljahrgänge und Himbeere und Calamagrostis aufweist (s. Abb. 2-4 bis Abb. 2-6).

Bei Punkt 3 der Abb. 1-2 handelt es sich um ein Kiefern-Stangenholz mit im Durchschnitt 2,2 Nadeljahrgängen ohne Bodenvegetation (s. Abb. 2-7 bis Abb. 2-9).

Die Kiefern der Probenahmepunkte weisen keine außergewöhnlichen Benadelungsverluste auf. Die Kronen sind an keinem der Probenahmepunkte stark verlichtet.

Nach „Handlungsrahmen Wald“, Tab. 6 (MLUV 2003) sind die Kiefern aufgrund der Kronenbonitur als überwiegend gering geschädigt einzustufen.

Das Vorkommen von Stickstoffzeigern (Himbeere und Holunder) ist ein Hinweis auf eine bessere N-Verfügbarkeit bei den Probenahmepunkten 1 und 2

<sup>2</sup> <http://www.sachsen-anhalt.de/LPSA/index.php?id=20896>



**Abb. 2-1: Probepkt. 1**



**Abb. 2-2: Probepkt. 1**



**Abb. 2-3: Probepkt. 1**



**Abb. 2-4: Probepkt. 2**



**Abb. 2-5: Probepkt. 2**



**Abb. 2-6: Probepkt. 2**



**Abb. 2-7: Probepkt. 3**



**Abb. 2-8: Probepkt. 3**



**Abb. 2-9: Probepkt. 3**

## 2.2 Bodenanalysen

Die Ergebnisse der Bodeninventuren sind der Tab. 2.2-1 zu entnehmen.

Probepunkt	Tiefenstufe	C [%]	N [%]	Hum.-form		pH (H <sub>2</sub> O)	pH (KCL)	C [kg/ha]	N [kg/ha]
				C/N					
1	Humus	27,9	1,59	18	MOA			28964	1654
	0-20cm	1,12	0,145	8		4,25	3,97	25693	3326
	20-40cm	0,99	0,065	15		4,21	4,08	24235	1591
	Profil							78892	6571
2	Humus	34,1	1,85	18	GMO			51195	2775
	0-20cm	0,67	0,036	19		4,57	4,27	15718	845
	20-40cm	0,6	0,028	21		4,46	4,18	19824	925
	Profil							86737	4545
3	Humus	37,3	1,7	22	MOA			10436	476
	0-20cm	1,7	0,118	14		4,68	4,38	32538	2259
	20-40cm	0,63	0,038	17		4,35	4,22	15600	941
	Profil							58574	3675

Legende:  
MOA: feinhumus-  
armer Moder  
GMO: Graswurzel-  
filz- Moder

**Tab. 2.2-1: Ergebnisse der Bodeninventur**

Aus diesen Daten lassen sich –unter Einbeziehung der Trockenraumdichten der einzelnen Bodenschichten- die N- und C-Vorräte der Profile errechnen und entsprechend der Klassifikation des Arbeitskreises Standortkartierung (1996) (s. Tab. 2.2-2) bewerten.

N <sub>eff</sub> (t/ha)	2,5	5	10	20	
C <sub>org</sub> (t/ha)	50	100	200	400	
Bewertung	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch

**Tab. 2.2-2: N- und C-Vorräte im effektiven Wurzelraum (org. Auflage und Mineralboden) nach Arbeitskreis Standortkartierung (1996)**

### 2.2.1 Pufferbereiche der Böden

Die pH-Werte in H<sub>2</sub>O und KCl (s. Tab. 2.2-1) umspannen den Austausch- bis Aluminium-Pufferbereich mit Schwerpunkt im Austauscher-Pufferbereich. Die Böden liegen damit im sauren Bereich, weisen aber für Kiefernstandorte im nordost-deutschen Tiefland eher höhere pH-Werte auf.

### 2.2.2 C/N-Verhältnisse der Humusformen

Nach dem ARBEITSKREIS STANDORTKARTIERUNG (1996) (s. Abb. 2-10) und auch KOPP UND SCHWANECKE (1994) stehen die mittleren C/N-Verhältnisse in der organischen Auflage mit Werten zwischen 18 und 22 in etwa in Übereinstimmung mit den Humusformen, die im Untersuchungsgebiet im Bereich der besseren Moder-Humusformen liegen.

**Tab. 30:** Mittlere Bereiche der Gehalte an Kohlenstoff<sup>1</sup> sowie der C/N- und C/P-Quotienten<sup>2</sup> bei verschiedenen aeromorphen Humusformen (nach VON ZEJSCHEWITZ 1980, verändert)

Humusform	%C	C/N	C/P
L-Mull	2 - 6	10 - 14	10 - 80
F-Mull	3 - 7	14 - 17	50 - 100
Mullartiger Moder	4 - 10	17 - 20	80 - 180
feinhumusarmer Moder	14 - 27	20 - 24	180 - 380
feinhumusreicher Moder	20 - 34	22 - 26	260 - 560
Rohhumusartiger Moder	24 - 41	25 - 31	420 - 740
Rohhumus	33 - 47	29 - 38	600 - 1100

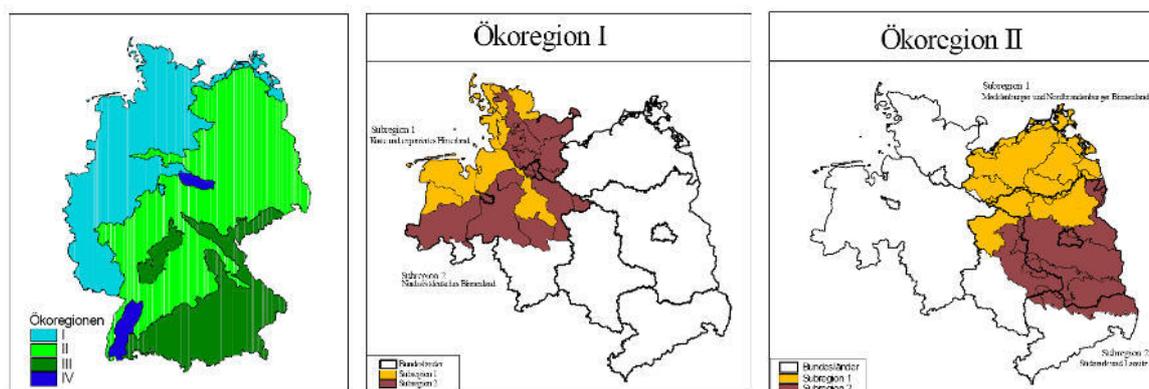
- Bestimmt im Material der Ah-Horizonte bei L-Mull, F-Mull und mullartigem Moder (ab 3 cm unter Mineralbodenoberfläche) sowie im Material der Oh-Horizonte bei den Auflage-Humusformen. Den Analyseergebnissen liegen zwischen 1975 und 1977 entnommene Bodenproben aus dem westfälischen Berg- und Hügelland zugrunde.
- Die Beziehung zwischen dem C/P-Quotienten und den Humusformen ist deutlich weniger straff als zwischen dem C/N-Quotienten und den Humusformen. Vermutlich bestehen beim C/P-Quotienten größere regionale Unterschiede. Bisher fehlt zur sicheren Einstufung ausreichendes Datenmaterial.

**Abb. 2-10: C/N- und C/P-Verhältnisse der verschiedenen Humusformen (aus ARBEITSKREIS STANDORTKARTIERUNG (1996))**

### 2.2.3 Die C- und N-Vorräte der Probepunkte

Die berechneten N- und C-Vorräte (s. Abb. 2-12 und Abb. 2-13) für die Probepunkte sind nach dem ARBEITSKREIS STANDORTKARTIERUNG (1996) als überwiegend gering einzustufen (vgl. Tab. 2.2-2).

Die Kohlenstoff-Zielvorräte, die Baritz (1998) für das nordostdeutsche Flachland nach Ökoregionen und Subregionen differenziert (s. Abb. 2-11) angibt, sind der Tab. 2.2-3 zu entnehmen.



**Abb. 2-11: Ökoregionen mit ihren Subregionen bei Baritz (1998)**

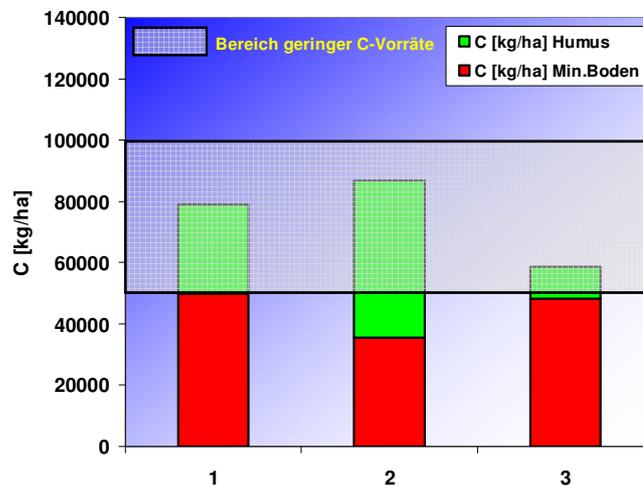
		R			K			M			Z/A		
		Humus	Min.-Bod.	bis									
Ökoregion 1	Subregion1	10	140	200	5	90	200	25	50	100	25	90	300
	Subregion2	10	60	90	5	50	170	25	70	150	25	40	170
Ökoregion 2	Subregion1	5	80	100	5	80	100	10	80	100	20	110	120
	Subregion2	5	30	40	5	30	40	10	50	60	25	80	100

Quellen bei Baritz: Abb.19, 20, 21

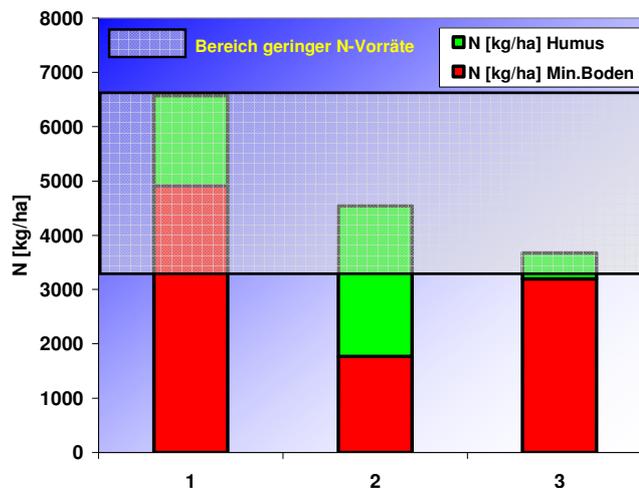
**Tab. 2.2-3: C-Zielvorräte nach Baritz 1998** (gerundete Werte aus den Abb. 19, 20 und 21)

Die Gegend von Düben, die nach Baritz (1998) der Ökoregion II, Subregion 2 (s. Abb. 2-11) zuzuordnen ist, sollte Zielvorräte für Kohlenstoff in Böden für M- bis Z/A-Standorte mit ca. 50 – 100 t/ha C und in der Humusaufgabe von 10-25 t/ha haben, was sich zu Gesamtvorräten von ca. 60 – 125 t/ha addiert.

Aufgrund der lokalklimatischen Verhältnisse des Vorfläminggebietes mit vergleichsweise sehr hohen Niederschlägen für die Ökoregion II, Subregion 2 wird für den Standort Düben ein C-Zielvorrat von ca. 100 t/ha angesetzt.



**Abb. 2-12: C-Vorräte der Probenahmestellen**



**Abb. 2-13: N-Vorräte der Probenahmestellen**

## 2.3 Nadelanalysen

Die N-Konzentrationen in den Nadeln liegen nach HOFMANN & KRAUß (1988) überwiegend im mittleren Bereich (ausreichend bis optimal versorgt) (s. Abb. 2-14).

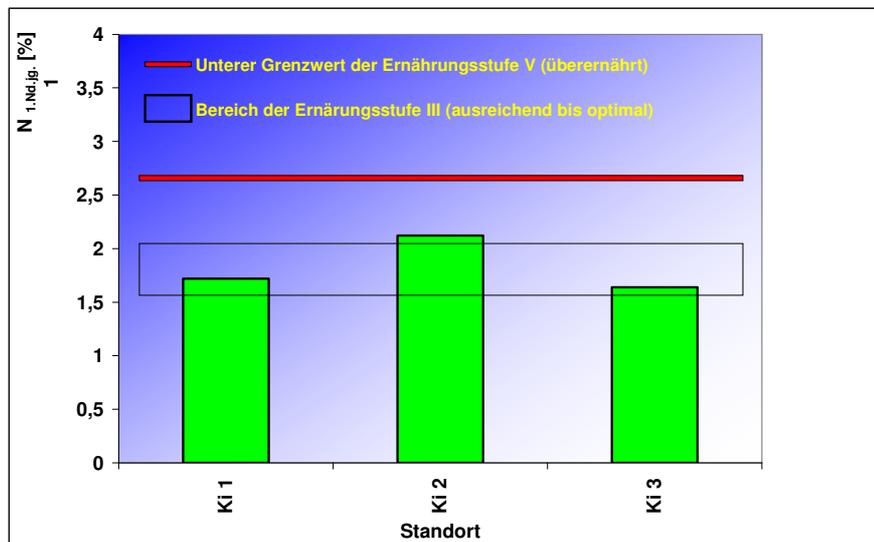


Abb. 2-14: N-Konzentrationen in den 1jährigen Nadeln der Kiefern der Probenahmepunkte

Probenahmepunkt	N		P		K [mg/g]		Ca [mg/g]		Mg [mg/g]	
	[mg/g]		[mg/g]	N/P	[mg/g]	N/K	[mg/g]	N/Ca	[mg/g]	N/Mg
1	17,2		1,30	13,2	4,80	3,6	4,20	4,1	0,60	28,7
2	21,2		1,50	14,1	5,20	4,1	4,90	4,3	0,70	30,3
3	16,4		1,40	11,7	4,50	3,6	3,60	4,6	0,91	18,0

sehr gering	9,3-12,1	0,3-0,48	2,4-3,0	1,0-1,5	0,25-0,40	Versorgungsstufe nach Hofmann u. Krauss (SoziFowi 1988, H.8)
gering	12,1-15,8	0,48-0,75	3,0-3,9	1,5-2,1	0,40-0,60	
<b>mittel</b>	<b>15,8-20,6</b>	<b>0,75-1,19</b>	<b>3,9-4,9</b>	<b>2,1-3,1</b>	<b>0,60-0,90</b>	
hoch	20,6-26,8	1,19-1,89	4,9-6,0	3,1-4,5	0,90-1,50	
sehr hoch	26,8-35	1,89-3,00	6,0-7,7	4,5-6,5	1,50-2,25	

Elementquotienten für eine ausgeglichene Ernährung	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg	n. Handlungsrahmen Wald (2003)
	6 - 12	1 - 3	2 - 20	8 - 30	

Elementquotienten für eine ausgeglichene Ernährung	N/P	N/K	N/Ca	N/Mg	n. de Vries et al. (2000)
	6 - 17	1 - 5	2 - 11	8 - 28	

Tab. 2.3-1: Daten der Nadelanalysen

Auch die anderen Nährelemente liegen im mittleren bis hohen Bereich nach HOFMANN & KRAUß (1988) (Tab. 2.3-1). Bei den Elementverhältnissen gibt es keine Ungleichgewichte, wenn man die Klassifikation von DE VRIES ET AL. (2000) zugrunde legt. Bei der Klassifikation der Elementverhältnisse nach dem Handlungsrahmen Wald (MLUV 2003) deuten sich schwach ausgeprägte Ungleichgewichte beim Stickstoff/Phosphor- und Stickstoff/Kalium-Verhältnis an. Das vom Handlungsrahmen Wald (MLUV 2003) übernommene Klassifikationsschema ist allerdings schon in Zusammenhang mit der Auswertung der bundesweiten Bodenzustandserhebung von WOLF UND RIEK (1996) kritisiert worden, die die Grenzwerte für überregionale Vergleiche in Frage stellen. Unter Anwendung dieser Grenzwerte wiesen bei WOLF

UND RIEK (1996) 93 % der Bestände der 1800 Stichproben der Bodenzustandserhebung in Deutschland Ungleichgewichte bei den N/K-Verhältnissen auf, während aufgrund der Kaliumgehalte bei nur ca. 1 % der Bestände Hinweise auf Kaliummangel bestanden. Eine Disposition der Bestände gegenüber Kaliummangel wird daher konstatiert, eine deutliche Gefährdung allerdings ausgeschlossen.

## 2.4 Stickstoff-Immissionen und –Depositionen

### 2.4.1 Lokale Vorbelastungen

#### 2.4.1.1 Ermittlung mit UBA-Datensatz

Nach LAI wird vorgeschlagen, den im Rahmen eines vom UBA geförderten F+E-Vorhabens erstellten und für Deutschland flächendeckenden Datensatz (1990 – 1999, Auflösung 1 x 1 km) zur Nass-, Trocken- und Gesamtd deposition zur Bestimmung der Vorbelastung in Genehmigungsverfahren zu verwenden. Dieser Datensatz ist im Internet unter <http://osiris.uba.de/website/depo1/viewer.htm> abrufbar.

Begründet wird dieses Vorgehen damit, dass keine landesweiten Messnetze zur Bestimmung der Stickstoffdeposition existieren und die messtechnische Bestimmung der lokalen N-Deposition sehr aufwändig ist. Dieser Aufwand wird für Genehmigungsverfahren für landwirtschaftliche Anlagen i. d. R. als unverhältnismäßig angesehen.

Die Datensätze beruhen auf Hochrechnungen der Emissionen auf Landkreisebene und nachfolgender Modellierung der Deposition auf einem 1 x 1 km Raster. Die lokale Stickstoff-Vorbelastung empfindlicher Ökosysteme kann durch eine räumliche Zuordnung der zu betrachtenden empfindlichen Wald und Offenland-Ökosysteme zur entsprechenden Landnutzungsklasse der Depositions-Kartierung ermittelt werden.

Nach dem UBA-Datensatz ergeben sich für die Waldbestände in Düben (G.-K.-Koordinaten 4527543,311 und 5754346,667) lokale Hintergrundbelastungen von ca. **33-36 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>**.

#### 2.4.1.2 Ermittlung mit Level II-Datensatz

Umfangreiche aber nicht flächendeckende Datensätze zur lokalen Nass-, Trocken- und Gesamtd deposition von Stickstoff stehen im Rahmen des Bund/Länder-Gemeinschaftsprogramms „Forstlichen Umweltmonitoring“ durch das Level-II-Messprogramm zur Verfügung<sup>3</sup>.

Für die Level-II-Standorte in Deutschland werden nach einem einheitlichen Verfahren die Nass-, Trocken- und Gesamtd deposition von Stickstoff in Waldökosystemen mit der Methode der Kronenraumbilanzen nach Ulrich (1994) und Draaijers und Erisman (1995) ermittelt.

Für Deutschland liegen langjährige Messdatenreihen aus dem Level-II-Programm für über 80 Standorte vor (BMVEL 2001).

Der nächstgelegene Level-II-Standort zu Düben liegt nur ca. 15 km Luftlinie entfernt in der Nähe von Grimme und wird nach Auflösung der Forstlichen Landesanstalt Sachsen-Anhalt in Flechtingen von der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt in Göttingen betreut. Im Rahmen eines Waldgutachtens des Autors wurden

<sup>3</sup> <http://www.forstliches-umweltmonitoring.de/arbeitskreis.htm> und [http://www.forstliches-umweltmonitoring.de/LevelII/level\\_II.htm](http://www.forstliches-umweltmonitoring.de/LevelII/level_II.htm)

von der Forstlichen Landesanstalt Sachsen-Anhalt in Flechtingen für das Jahr 2001 für die Level II-Station Nedlitz  $18 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  angegeben<sup>4</sup>. Nach Auskunft der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt in Göttingen lagen die berechneten Werte für das Jahr 2007 bei ca.  $20 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ <sup>5</sup>.

#### 2.4.1.3 *Bewertung der verschiedenen Quantifizierungsansätze für die Festlegung der Hintergrundbelastung mit Stickstoff im Gutachten*

Das „Forstliche Umweltmonitoring“ war bis 2006 20 Jahre lang in ein europäisches Messprogramm (International Cooperative Programme (ICP) forest monitoring) eingebunden, das sich letztendlich von den Waldschadensuntersuchungen und Messprogrammen des Solling-Projektes ableitet. Die mit der Methode der Kronenraumbilanzen nach Ulrich (1994) und Draaijers und Erisman (1995) ermittelten Werte für die Nass-, Trocken- und Gesamtd deposition von Stickstoff in Waldökosystemen haben in der Waldökosystemforschung eine herausragende Bedeutung und sind Grundlage für viele forstökologische Forschungsprojekte gewesen (z. B. Nitrex und Exman auf europäischer Ebene (Murach und Bredemeier 1999, Wright und Rasmussen 1998)). Aus diesen Ansätzen leiten sich letztendlich u. a. auch die empirischen Critical Loads ab. Die ersten Veröffentlichungen zu den Critical-Load-Werten stammen aus den Jahren 1992<sup>6</sup>, einem Zeitraum, der weit vor den Veröffentlichungen des UBA-Messansatzes (Gauger et al. 2000) liegt. Seitdem werden die Critical Loads ständig aktualisiert<sup>4</sup> mit –Zitat Anfang- *Peer-reviewed publications, book chapters, nationally published papers and 'grey' reports of institutes or organisations, if available by request, were incorporated. Results from field addition experiments and mesocosm studies, from correlative or retrospective field studies, and, in few cases, dynamic ecosystem modelling was relevant in this respect.* -Zitat Ende-<sup>4</sup>. Es kann davon ausgegangen werden, dass die in diesen Publikationen hergeleiteten N-Belastungswerte aus lokalen Messungen oder Berechnungen hergeleitet sind und damit eher mit den Level-II-Werten von Kap. 2.4.1.2 zu vergleichen sind als mit denen aus Kap. 2.4.1.1. Für das Gutachten werden daher die Werte aus Kap. 2.4.1.2 als Schätzwerte für die Hintergrundbelastung verwendet.

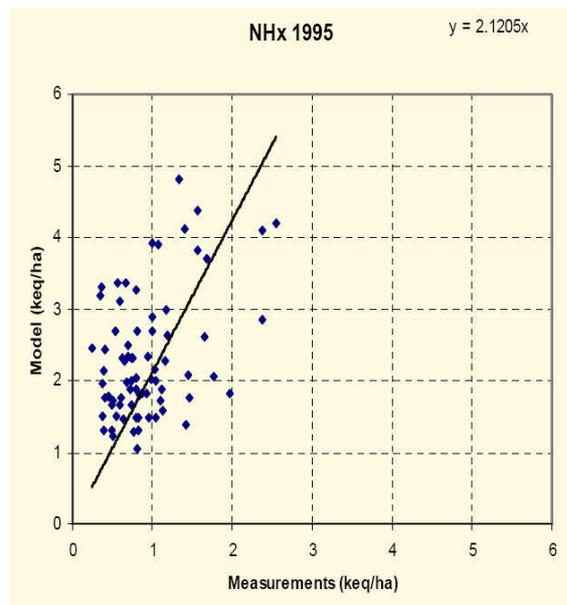
Die großen Abweichungen zwischen den Level-II-N-Depositionswerten von Kap. 2.4.1.2 mit ca.  $20 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  und den UBA-N-Depositionswerten aus Kap. 2.4.1.1 mit ca.  $35 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  können nicht auf die räumliche Variabilität zurückgeführt werden. Für Nedlitz ergeben sich nach der UBA-Methode aus Kap. 2.4.1.1 ebenfalls N-Depositionswerten von ca.  $33\text{-}38 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , die deutlich über den dort berechneten Level-II-Daten liegen. Es handelt sich vielmehr um systematische Abweichungen zwischen den unterschiedlichen Methoden.

Vermeulen et al. (2002) und Walther et al. (2002) diskutieren die Grundlagen der Modellierung der trockenen Deposition des UBA-Ansatzes nach dem EDACS-Depositionsmodell und kommen zu dem Schluss, dass diese verwendeten Modelle einen hohen Dateninput verlangen (z. T. sind meteorologische Parameter als 6-Stunden-Mittel einzugeben), insb. bei der Modellierung der trockenen Deposition über Wäldern noch Fehler von über 100% aufweisen können und dazu tendieren, die trockene Deposition über Wäldern deutlich zu überschätzen.

<sup>4</sup> Schreiben von T. Bayer, 07.06.2001: Aktuelle Stickstoffeinträge an der Level II-Station Nedlitz

<sup>5</sup> Telefonische Auskunft vom 15.07. von Dr. Mindrup

<sup>6</sup> [http://icpmapping.org/cms/zeigeBereich/11/gjbDatei/132/mapman\\_5\\_2.pdf](http://icpmapping.org/cms/zeigeBereich/11/gjbDatei/132/mapman_5_2.pdf)



**Abb. 2-15: Vergleich mit IDEM 1995 (UBA-Modell) modellierter und auf Level-II-Flächen gemessener NHx-Daten (aus Vermeulen et al. 2002).**

(Die Steigung der Regressionsgeraden weicht stark von der 45°-Linie ab, was auf vergleichsweise höhere Werte nach dem UBA-Verfahren hinweist)

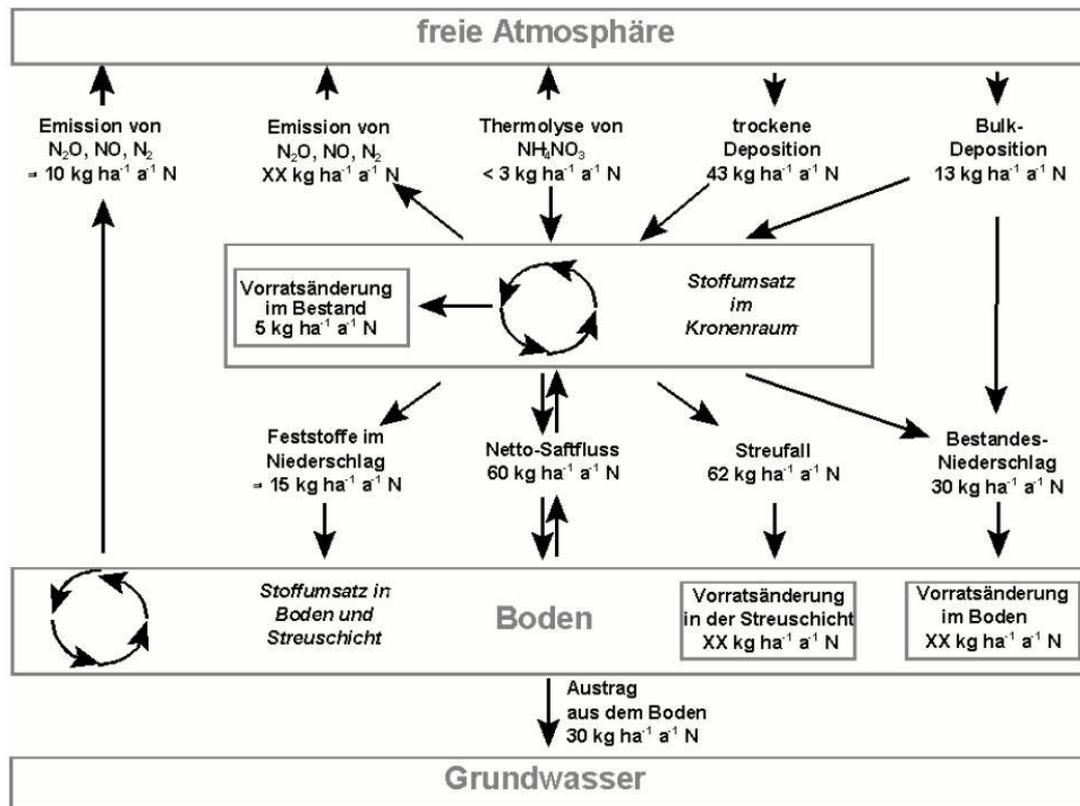
Walther et al. (2002) bewerten das UBA-Modell als kein geeignetes Modell zur Regionalisierung von Länderdaten zu sein und empfehlen eine Regionalisierung von Meßwerten aus den Depositionsnetzen der Länder mit Hilfe von geostatistischen Interpolationsverfahren.

In dem ANSWER-Projekt ((Atmospheric Nitrogen Deposition in the **W**eser-**E**ms **R**egion) des BMU wurde nach einer Erklärung für die Unterschiede zwischen den Schätzungen der Gesamtdeposition nach meteorologischen Modellen wie z.B. der UBA-Methode und den Messungen des Bestandesniederschlags (wie in dem Level-II-Ansatz) gesucht (Mohr et al. 2005). Dazu wurde in einem Kiefernwaldökosystem im Weser-Ems-Gebiet die N-Deposition, die mit mikrometeorologischen Verfahren modelliert wurden, den Daten, die mit der Kronentraufemethode in Kombination mit Kronenraumbilanzierungen bestimmt wurden, gegenübergestellt.

Die hierbei berechneten Differenzen zwischen den beiden Methoden sind beträchtlich. Insgesamt beträgt die mit dem mikrometeorologischen Verfahren in Augustendorf ermittelte trockene Deposition  $44 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Zusammen mit der nassen N-Deposition ( $13 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) ergibt sich eine Gesamtdeposition von  $57 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Dem gegenüber werden in der Kronentraufe lediglich Einträge von  $30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  gemessen. Diese liegen auf gleichem Niveau wie die mit den Kronenraum-Bilanzierungsmodellen von Ulrich (1994) bzw. Draaijers und Erisman (1995) berechneten N-Gesamtdepositionsraten von 30 und  $32 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Der mit der Kronentraufemethode ermittelte N-Eintrag liegt etwa 50 % niedriger als der Eintrag, der sich aus den mikrometeorologischen Messungen und der anschließenden Modellierung des N-Eintrages ergab.

Die Modellierung des N-Eintrags mit dem IDEM-Modell (UBA-Modell) ergibt mit etwa  $49,5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ebenfalls einen deutlich höheren N-Eintrag als die Kronenraumbilanzierung (Meesenburg et al. 2005).

Letztendlich konnte mit ANSWER aber auch keine umfassende Klärung der Stoffflüsse im Kronenraum erreicht werden, u.a. auch deswegen, weil die Stoffflüsse relativ klein gegenüber den Vorräten sind und geringe Vorratsänderungen sich daher infolge der räumlichen Heterogenität nicht in dem erforderlichen Umfang absichern lassen, die Bedeutung der Thermolyse von  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  unklar ist und auch die Emission von  $\text{N}_2\text{O}$  und anderer N-haltiger Gase aus dem Kronenraum nicht quantifiziert werden konnte (s. Abb. 2-16).



**Abb. 2-16: Hypothetische N-Flüsse in dem Kiefernbestand Augustendorf des ANSWER-Projektes nach Mohr et al. (2005)**

Die im ANSWER-Projekt auftretende Differenz von ca.  $25 \text{ N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  zwischen der mit mikrometeorologischen Verfahren modellierter Gesamtdeposition und der gemessenen Kronentraufe auf eine N-Aufnahme im Kronenraum zurückzuführen, erscheint zweifelhaft, da die direkten Untersuchungen zur Stickstoffaufnahme durch Waldbestände mittels  $^{15}\text{N}$ -Technik Stickstoffaufnahmeleistungen in der Größenordnung von lediglich  $1$  bis  $10 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ausweisen (Brumme et al. 1992, Eilers et al. 1992, Garten et al. 1998, Harrison et al. 2000). Obwohl  $^{15}\text{N}$ -Studien i. d. R. nur die N-Aufnahme aus der nassen Deposition erfassen, ist nach Harrison et al. (2000) die gasförmige N-Aufnahme meist geringer als die Aufnahme aus der flüssigen Phase.

Zusammenfassend lässt sich also festhalten, dass die Stickstoffflüsse im Kronenraum von Waldbeständen immer noch nicht vollständig geklärt sind und es bisher noch keine Sicherheiten dafür gibt, dass die Unterschiede zwischen den (mikro)meteorologischen Depositionsmodellen und den Kronenraumbilanzen durch eine N-Aufnahme im Kronenraum hervorgerufen werden.

Das UBA-Verfahren zur Abschätzung der Stickstoff-Gesamtdepositionen hat seine Stärken vor allem in der Abschätzung großflächiger zeitlicher Entwicklungen. Eine Verwendung des UBA-Ansatzes im Critical-load-Konzept bietet sich an, wenn keine Alternativen der Abschätzung der Gesamtdeposition zur Verfügung stehen. Da die Herleitung der Critical-Load-Werte aber nicht auf dem UBA-Modell basiert, erscheint eine Verwendung verfügbarer Level-II-Kronenraumbilanzdaten für die Schätzung der N-Depositionen im Rahmen von Gutachten nach TA Luft und LAI gerechtfertigt und sinnvoll.

In dem vorliegenden Gutachten wurde daher zur Abschätzung der Hintergrundbelastung (lokale Vorbelastung) die Daten der nahe gelegenen Level-II-Fläche Nedlitz verwendet.

## 2.4.2 Belastungen in früheren Zeiten

Für die Einschätzung der Auswirkungen einer zusätzlichen N-Belastung auf die Waldflächen der Untersuchungsfläche sind auch die Untersuchungen von EINERT (1999) von Bedeutung, wonach davon auszugehen ist, dass die N-Depositionen vor 1990 in den ostdeutschen Gebieten um etwa 40% höher waren als die heutigen Werte. Zum Teil sind die Reduktionen noch deutlicher, wie der Vergleich der Daten für die Versuchsfläche „Buchheide“ in SIMON UND WESTENDORFF (1990) und SIMON UND WESTENDORFF (1991) zeigt. Für den Zeitraum 11/85 bis 10/87 werden dort Werte von  $50 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  angegeben, für 1988/89 dagegen nur etwa  $16 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Die wesentlich höhere N-Belastung der Wälder in den ehemaligen DDR-Gebieten geht auch aus den Untersuchungsergebnissen der Landesforstanstalt Eberswalde hervor, wonach sich auf ihren Versuchsflächen ebenfalls ein Rückgang der N-Depositionen von ca.  $26 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  im Jahr 1986 auf ca.  $13 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  im Jahr 2000 nachweisen lässt (s. Abb. 2-17).

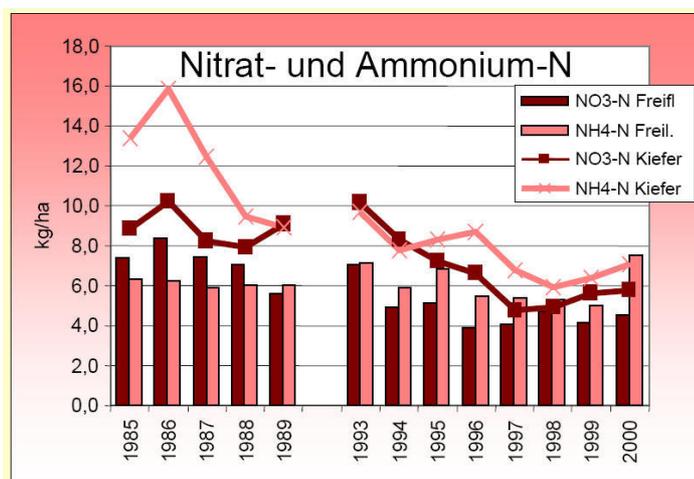


Abb. 2-17: Entwicklung der N-Depositionen auf Versuchsflächen in Brandenburg (aus Kallweit 2002)

### 3 Bewertung der Stickstoffeinträge

Aufbauend auf den Ergebnissen der Datenerhebung wird im Folgenden eine Bewertung der möglichen Auswirkungen der zu erwartenden zukünftigen Stickstoffeinträge durch die geänderte Schweinehaltungsanlage Düben als Sonder- und Einzel-fallprüfung nach LAI bzw. HSA vorgenommen.

#### 3.1 Sonderfallprüfung nach LAI

Die Prüfung des Schutzes der Vegetation vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch N-Deposition wird im Folgenden nach den Anweisungen des Kap. 7.2 des LAI-Berichts 09/2006 durchgeführt unter Berücksichtigung ergänzender Vorschriften und Hinweise in Kap. 6.2 der HSA.

##### 3.1.1 Verfahrensschritt (1): Ausweisung empfindlicher Ökosysteme im Beurteilungsgebiet

Auszugsweise Vorgaben des LAI-Berichts:

*(1) Ausweisung empfindlicher Ökosysteme im Beurteilungsgebiet: Angesichts der Tatsache, dass die Austrittshöhe der Emissionen bei landwirtschaftlichen Anlagen i.d.R. weniger als 20 m über Flur liegt, ist gem. 4.6.2.5 TA Luft das Beurteilungsgebiet die Fläche, die sich innerhalb eines Kreises um den Emissionsschwerpunkt mit einem Radius von mindestens 1 km befindet. Gem. 4.8 TA Luft muss auch im Rahmen der Sonderfallprüfung in immissionschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren die Stickstoff-Deposition innerhalb dieses Beurteilungsgebietes nur für empfindliche Pflanzen und Ökosysteme bewertet werden. Für die Definition der Empfindlichkeit stehen zwei Informationsquellen zur Verfügung:*

*Ø Internationale Liste stickstoffempfindlicher Ökosysteme:*

*Ø Liste stickstoffempfindlicher Ökosysteme auf nationaler Ebene:*

Nach Tab. A2 des LAI-Berichts gehören Laub- und Nadelbäume zu den empfindlichen Ökosystemen, für die ein Critical load-Wertebereich von 15-20 kg N/(ha\*a) angegeben wird. Mit den Forsten des Papenbusch liegen damit empfindlicher Ökosysteme im Beurteilungsgebiet vor.

##### 3.1.2 Verfahrensschritt (2): Abschneidekriterium

Auszugsweise Vorgaben des LAI-Berichts:

*(2) Abschneidekriterium: Liegen empfindliche Ökosysteme im Beurteilungsgebiet, muss gem. 4.8 TA Luft (Abs. 6) ermittelt werden, ob hinreichende Anhaltspunkte für erhebliche Nachteile durch Stickstoff-Deposition vorliegen. In der TA Luft ist die Überschreitung der Viehdichte von 2 GV/ha Landkreisfläche als ein möglicher Anhaltspunkt genannt. Dies schließt nicht aus, dass es noch andere Anhaltspunkte gibt, die eine Sonderfallprüfung erforderlich machen. Die Benennung von hinreichenden Anhaltspunkten ist nicht Bestandteil des Verfahrens, es wird jedoch vorgeschlagen, dass dann wenn die Zusatzbelastung (gesamte Anlage) von 4 kg/ha\*a am Aufpunkt höchster Belastung eines empfindlichen Ökosystems nicht überschritten wird, keine Betrachtung der N-Deposition erfolgen muss (Abschneidekriterium), andernfalls sind nachfolgende Prüfschritte durchzuführen. Dieses Abschneidekriterium kann im Sinne einer Verfahrensvereinfachung als „Bagatelprüfung“ für alle empfindlichen Ökosysteme zu Beginn des Verfahrens verstanden werden, die verhindert, dass unsachgemäß kleine Anlagen geprüft werden.*

Da die Zusatzbelastung (gesamte Anlage) am Aufpunkt höchster Belastung des Papenbusch nach Berechnungen des Ingenieurbüros Dr.-Ing. Wilfried Eckhof<sup>7</sup> mit ca. 55 kg N/(ha\*a) größer als 4 kg N/(ha\*a) ist, entfällt das Abschneidekriterium. Es sind deshalb die nachfolgenden Prüfschritte durchzuführen.

##### 3.1.3 Verfahrensschritt (3): Quantifizierung der Empfindlichkeit

Auszugsweise Vorgaben des LAI-Berichts:

*(3) Quantifizierung der Empfindlichkeit: Die unter (1) genannte, vom ICP Modelling and Mapping der UNECE-Luftreinhaltekonvention auf experimenteller Grundlage erarbeitete Liste weist jeder Ökosystemklasse eine Spannweite maximal tolerierbarer Stickstoffbelastungen (empirische Critical Loads) zu (s. Tabelle A2, Anhang II).*

---

<sup>7</sup> mündl. Mitteilung

Nach Tab. A2 des LAI-Berichts beträgt für Laub- und Nadelbäume der Critical load-Wertebereich 15 - 20 kg N/(ha\*a). Als ökosystemspezifischer critical load Wert kann das Klassenmittel mit 17,5 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> angenommen werden.

$$\text{ÖCL} = 17,5 \text{ kg N}/(\text{ha} \cdot \text{a})$$

### 3.1.4 Verfahrensschritt (4): Ermittlung der Vorbelastung

Auszugsweise Vorgaben des LAI-Berichts:

*(4) Ermittlung der Vorbelastung: Um aufwändige und kostenintensive Messungen zu vermeiden, wird zur Vereinfachung des Vollzugs vorgeschlagen, die Vorbelastung mittels des im Auftrag des UBA erstellten (und alle ca. 4 Jahre zu aktualisierenden) hochauflösenden nationalen Datensatzes zur Stickstoff-Gesamtd deposition zu berechnen (vgl. Kap. 5.1, Anhang I).*

Aufgrund der Nähe des Level-II-Messpunktes Nedlitz, der Luftlinie nur ca. 15 km von Düben entfernt liegt, kann die lokale Hintergrundbelastung durch die Kronenraumbilanz der Level-II-Messstelle geschätzt werden. Die Stickstoff-Gesamtd deposition wurde durch die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt mit ca. 20 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> angegeben<sup>8</sup>.

$$\text{VB} = 2 \text{ kg N}/(\text{ha} \cdot \text{a})$$

### 3.1.5 Verfahrensschritt (5): Ermittlung der Zusatzbelastung

Auszugsweise Vorgaben des LAI-Berichts:

*(5) Ermittlung der Zusatzbelastung: Zur Vereinfachung des Verfahrens kann auf der Grundlage von Mindestabstandsbetrachtungen – vergleichbar der Vorgehensweise bei der Ammoniakkonzentration - die Zusatzbelastung mittels eines Screeningverfahrens abgeschätzt werden.....*

*Des Weiteren können Ausbreitungsrechnungen zur Prognose der Immissionszusatzbelastung durchgeführt werden, diese sind, wie in Genehmigungsverfahren nach TA Luft üblich, nach den Vorgaben des Anhangs 3 der TA Luft durchzuführen.*

Die Zusatzbelastung (gesamte Anlage) am Aufpunkt höchster Belastung des Papenbusches beträgt ca. 55 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (s.3.1.2).

$$\text{ZB} = 55 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$$

### 3.1.6 Verfahrensschritt (6): Ermittlung des Beurteilungswertes für N-Deposition

Auszugsweise Vorgaben des LAI-Berichts:

*(6) Ermittlung des Beurteilungswertes für N-Deposition: Die Ableitung des ökosystemspezifischen Beurteilungswertes erfolgt unter Einbeziehung von „Zuschlagsfaktoren“ (Vgl. Kap. 6). Diese tragen dem Empfindlichkeitsgrad des Ökosystems Rechnung, wobei die Einstufung des Ökosystems nach dem Schlüssel der critical loads für Eutrophierung die Bewertungsbasis darstellt. Demnach ergibt sich der Beurteilungswert aus dem critical loads Wert X Empfindlichkeitswert (Zuschlagsfaktor).*

*Der Beurteilungspunkt ist der Punkt (schutzgutbezogen) mit der mutmaßlich höchsten Gesamtbelastung. Sind mehrere empfindliche Ökosysteme im Beurteilungsgebiet vorhanden, ist eine entsprechende Anzahl von Beurteilungspunkten zu prüfen. Die empfindlichen Ökosysteme im Einflussbereich einer Anlage werden zunächst, unter Berücksichtigung der jeweiligen Funktion (Lebensraum-, Regulations- und Produktionsfunktion) einer Schutzgatkategorie („Gebiete zum Schutz der Natur“ „Boden und Gewässer“ „Forstwirtschaft“) zugeordnet (Vgl. Kap. 6.2).*

*Die Anwendbarkeit der Schutzkategorien wird konsekutiv geprüft: z.B. wird zunächst geprüft, ob das Ökosystem unter gesetzlichem Schutz steht und, falls ja, in welchem Zustand es sich befindet. Falls nein, wird die Regulationsfunktion geprüft. Falls diese Funktion nur schwach gefährdet und das Ökosystem ein Wald mit forstlicher Nutzung ist, wird die Produktionsfunktion geprüft, was den Zuschlagsfaktor weiter erhöhen kann (s. Abb. A8 in Anhang IV).*

*Die Spannweite der Zuschlagsfaktoren umfasst einen Skalenbereich von 1,0 (hohe Gefährdung) bis 3,0 (schwache Gefährdung). Dementsprechend kann der Beurteilungswert zwischen 5 und ca. 70 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> liegen.*

**Zusätzliche Vorgaben nach HSA:**

*Im Ergebnis einer durchgeführten Ausbreitungsrechnung ist für jedes Ökosystem außerdem der Beurteilungspunkt mit der höchsten Belastung durch Stickstoffeintrag bekannt. An diesem Punkt soll die berechnete Gesamtbelastung mit dem Beurteilungswert verglichen werden. Ein erheblicher Nachteil liegt dann vor, wenn die berechnete Gesamtbelastung an Stickstoffdeposition auch an diesem Punkt den Beurteilungswert überschreitet.*

<sup>8</sup> Telefonische Auskunft vom 15.07. von Dr. Mindrup

Aus

(1) Ökosystemspez. critical load Wert (s. 3.1.3):  $\text{ÖCL} = 17,5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$

und

(2.1) Schutzgutkategorie entspr. Funktion: Produktion

(2.2) Gefährdungsstufe: gefährdet (da häufig Stickstoffanzeiger in Bodenvegetation)

(2.3) Zuschlagsfaktor: **ZF= 2,5**

folgt der Beurteilungswert:

$$\text{BW} = \text{ÖCL} * \text{ZF} = 44 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$$

### 3.1.7 Verfahrensschritt (7): Prüfung ob Gesamtbelastung < Beurteilungswert

Auszugsweise Vorgaben des LAI-Berichts:

*(7) Prüfung ob Gesamtbelastung < Beurteilungswert: Ein erheblicher Nachteil liegt demnach vor, wenn der atmosphärische Stickstoff-Gesamteintrag (Vorbelastung gem. UBA Datensatz zur N-Belastung + Zusatzbelastung) den Beurteilungswert (critical load \* Zuschlagsfaktor) überschreitet. Die Genehmigungsfähigkeit kann darüber hinaus mittels einer 30%-Regelung oder im Ergebnis einer Einzelfallprüfung geprüft werden.*

Die Gesamtbelastung ergibt sich aus 3.1.4 und 3.1.5 zu  
**GB= 75 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.**

Der atmosphärische Stickstoff-Gesamteintrag (Vorbelastung gem. UBA Datensatz zur N-Belastung + Zusatzbelastung) überschreitet damit den Beurteilungswert (critical load \*Zuschlagsfaktor).

### 3.1.8 Verfahrensschritt (8): 30%-Regelung

Auszugsweise Vorgaben des LAI-Berichts:

*(8) 30%-Regelung<sup>35,36</sup>: Überschreitet die Gesamtbelastung an einem Beurteilungspunkt den Beurteilungswert, so darf die Genehmigung wegen dieser Überschreitung nicht versagt werden, wenn die Zusatzbelastung einen Wert von 30 vom Hundert des Beurteilungswertes nicht überschreitet. Die 30%-Regelung entfällt bei Ökosystemen, die unter die Schutzkategorie „Gebiete zum Schutz der Natur“ (Lebensraumfunktion) fallen und denen der Gesetzgeber einen sehr hohen Schutzstatus (hohe Gefährdungsstufe) zugewiesen hat (Zuschlagsfaktor 1,0; keine 30%-Regelung). Hierunter fallen z.B. Stickstoffempfindliche FFH Gebiete..*

*„Überschreitet die Zusatzbelastung einen Wert von 30 vom Hundert des Beurteilungswertes und liegen Anhaltspunkte für erhebliche Nachteile vor, muss für die Genehmigungsfähigkeit mittels Einzelfallprüfung nachgewiesen werden, dass der Schutz vor erheblichen Nachteilen durch Schädigung empfindlicher Pflanzen und Ökosysteme durch Stickstoffdeposition in Folge von Bau oder Erweiterung der landwirtschaftlichen Anlage gewährleistet ist.“*

Im vorliegenden Fall überschreitet die Zusatzbelastung (ca.  $55 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  nach 3.1.5) 30% des Beurteilungswertes (nach 3.1.6: 30% von  $44 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1} = 13,2 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) deutlich.

Es ist deshalb eine Einzelfallprüfung erforderlich.

### 3.1.9 Zusammenfassende Bewertung der Sonderfallprüfung nach LAI

Die Bewertung möglicher schädlicher Umwelteinwirkungen durch Stickstoffdeposition auf die Kiefernbestände des Papenbuschs wurde anhand der Handlungsempfehlung des LAI-Abschlussberichts in der Fassung vom 13.09.2006 und der „Handlungsempfehlungen für die Beurteilung von Ammoniakkonzentration und Stickstoffdeposition im Rahmen von Genehmigungsverfahren für Tierhaltungsanlagen in Sachsen-Anhalt“ in der Fassung von Jan. 2008 durchgeführt.

Sie ergab, dass der atmosphärische Stickstoff-Gesamteintrag den Beurteilungswert **überschreitet**. Damit ist eine weitergehende Einzelfallprüfung erforderlich.

### 3.2 Einzelfallprüfung nach LAI

Der LAI macht keine Vorgaben für die Durchführung einer Einzelfallprüfung, die erforderlich wird, falls die Sonderfallprüfung nach Kap. 7.2 des LAI-Berichts 09/2006 eine weitere Überprüfung der Anhaltspunkte für erhebliche Nachteile erforderlich macht.

Das vorliegende Gutachten folgt einem Vorgehen, das 2007 im Rahmen eines Gutachtens zur Abschätzung möglicher Auswirkungen der geplanten Schweinezucht- und -mastanlage Haßleben auf die Böden und Bestände der angrenzenden Forstökosysteme aufgrund der Auswertung des Erörterungstermins im Rahmen des Genehmigungsverfahrens mit dem LUA Brandenburg und einem vom LUA Brandenburg zusätzlich bestellten Obergutachter abgestimmt wurde.

Wesentliche Schritte dieses Vorgehens sind:

- (1) Auswahl je eines Transektes mit den Probenahmepunkten
- (2) Beprobung des Bodens und der Nadeln nach Richtlinien des Handlungsrahmens Wald (MLUV 2003). Analyse des Bodens auf pH, C und N, der Nadeln auf die Hauptelemente. Bestimmung der C- und N-Vorräte für Auflagehumus und Mineralboden.
- (3) Bewertung der Bodenanalysen anhand des Vergleichs mit den Daten von Baritz (1998).
- (4) Die Bewertung der Auswirkungen der zusätzlichen N-Depositionen erfolgt über die **Verwendung des CDL-Konzeptes** (Bolte et al. 2001a). Auf der Grundlage geschätzter Zuwachswerte und gemessener C/N-Verhältnisse der Humusaufgabe werden zulässige N-Depositionsraten berechnet.
- (5) Die Schätzung der Stickstoff-Hintergrundbelastung erfolgt mit den Werten der nächstgelegenen Level-II-Station.

#### 3.2.1 Vorbemerkungen

Das Vorgehen nach LAI skizziert ein praxistaugliches Verfahren, um mit vertretbarem Aufwand eine erste Abschätzung möglicher Auswirkungen erhöhter N-Depositionen im Rahmen von Genehmigungsverfahren zu ermöglichen. Es basiert im Wesentlichen auf dem Critical-Load-Konzept.

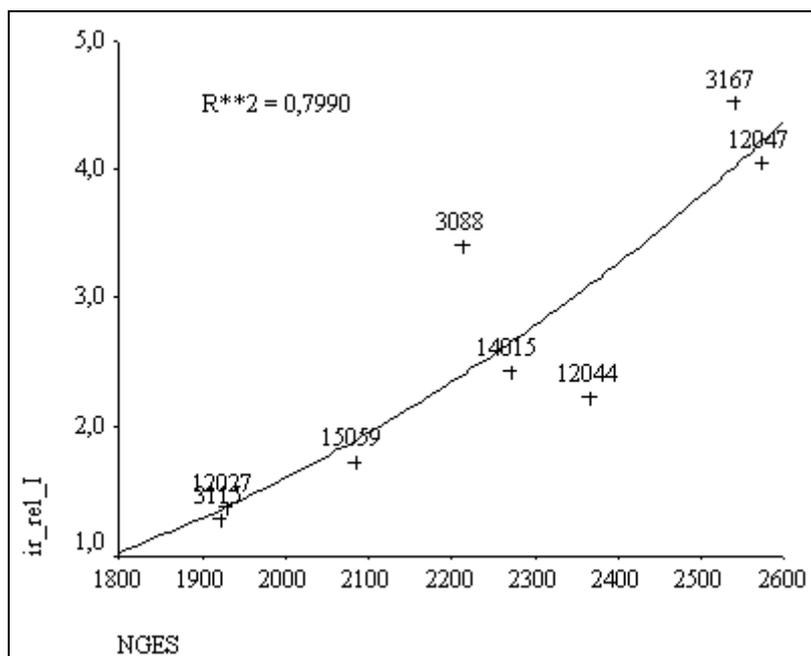
Mit dem Schwellenwertkonzept der kritischen Belastungswerte (Critical loads, Critical levels) wird versucht, rezeptorabhängige ökologische Belastungsgrenzen für eine dauerhaft umweltgerechte Entwicklung zu bestimmen. Dieses Konzept wurde im Rahmen der Aktivitäten zur Luftreinhaltung der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UN-ECE) entwickelt.

Den internationalen Festlegungen innerhalb der UN ECE Luftreinhaltkonvention entsprechend, sind unter kritischen Eintragsraten naturwissenschaftlich begründete Belastungsgrenzen von Rezeptoren wie von Ökosystemen, Teilökosystemen und/oder Organismen bis hin zu Materialien zu verstehen. Schwellenwerte für den direkten Wirkungspfad, bei dem akute, pflanzentoxische Wirkungen infolge hoher Schadstoffkonzentrationen auftreten können, z.B. durch Ozon, werden als Critical levels bezeichnet. Kritische Eintragsraten für indirekt, chronisch v. a. über den Boden, auf das gesamte Ökosystem wirkende Luftschadstoffe, wie z.B. Schwefel und Stickstoffverbindungen, werden Critical loads (CL) genannt.

**Bei Gesamt-Depositionsraten, die unter den Critical loads liegen, sind nach dem derzeitigen Kenntnisstand keine signifikant schädlichen Effekte auf die Struktur oder Funktion von Ökosystemen oder Teilen davon zu erwarten.**

Diese kritischen Eintragsraten gelten unter festen Rahmenbedingungen, wie Zeit, Raum und ökologischem System, die im Einzelnen zu definieren und transparent zu machen sind. Sie sind vorrangig rezeptornah und wirkungsbezogen zu formulieren. Damit werden sowohl das kurzzeitige als auch das kontinuierliche Auftreten von Schadstoffen über einen längeren Zeitraum berücksichtigt (Bolte et al 2001).

D.h. jedes einzelne Waldökosystem hat seinen individuellen Critical-load-Wert. Die empirischen Critical load-Grenzwerte der WHO (2000), die auch im LAI Verwendung finden, die auf die speziellen Randbedingungen eines Einzelfalls keinen Bezug nehmen, sind also nur als absolute Minimalschätzungen für verträgliche N-Einträge in Waldökosysteme zu bewerten, die ohne nähere Analyse wichtiger ökosystemindividueller Prozesse (z.B. Denitrifizierungskapazitäten, Zuwächse, Vorratsänderungen, Austräge mit dem Sickerwasser etc.) Gültigkeit haben. Ein Überschreiten dieser Werte begründet daher nicht automatisch die Gewissheit einer zukünftigen Schädigung der betrachteten Waldbestände. Dies wird z.B. auch durch die Untersuchungen von Riek und Schröder (2002) bestätigt, die den Einfluss atmosphärische Stickstoffeinträge der letzten 20 Jahre auf den Zuwachs bei der Kiefer für das norddeutsche Tiefland untersuchten (s. Abb. 3.2-1). Sie konnten noch bei N-Gesamtdepositionen von  $2600 \text{ mol ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ , das entspricht ca.  $36 \text{ kg N ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ , eine positive Reaktion im Zuwachs der Kiefern feststellen, bei einem N-Eintrag also, der weit über den Critical load-Grenzwerten der WHO (2000) mit  $15 - 20 \text{ kg N ha}^{-1}\text{a}^{-1}$  liegt.



**Abb. 3-1 Beziehung zwischen Jahrringindex ( $ir\_rel\_I$ ) und Stickstoff-Gesamtdeposition ( $N_{GES}$  in  $\text{mol c ha}^{-1}\text{a}^{-1}$ ). (n. Riek und Schröder 2002)**

(Gesamtdeposition berechnet nach UBA-Modell; s.a. Gauger et al. 2000)

[http://www.forstliches-umweltmonitoring.de/Projekte/IFOM/Zwischenbericht1/ifom\\_zw1\\_tp3b.htm](http://www.forstliches-umweltmonitoring.de/Projekte/IFOM/Zwischenbericht1/ifom_zw1_tp3b.htm)

Für die Berechnung von Critical loads (CL) existieren unterschiedliche methodische Ansätze, die grundsätzlich folgendermaßen gegliedert werden können:

- level 0: Empirische Ansätze zur Bestimmung der CL
- level 1: Massenbilanzmethode = Simple Mass Balance = SMB
- level 2: Dynamische Modellierung von CL.

Im Rahmen der IPC-Untersuchungen wird im nationalen Maßstab derzeit der sog. Massenbilanzansatz für die Betrachtung von Waldökosystemen als Rezeptor für Säuredeposition und den Eintrag eutrophierender Stickstoffverbindungen verwendet.

Dabei werden die kritischen Eintragsraten für eutrophierenden Stickstoff nach folgender Gleichung berechnet (Bolte et al. 2001):

Gleichung 1 :  $CL_{(N)} = N_i + N_u + N_{de} + N_{le(acc)}$  wobei

$N_i$  = Stickstoff-Immobilisierungsrate [ $kg\ ha^{-1}\ a^{-1}$ ]

$N_u$  = Netto-Stickstoff-Aufnahmerate im Baumbestand [ $kg\ ha^{-1}\ a^{-1}$ ]

$N_{de}$  = Stickstoff-Denitrifikationsrate [ $kg\ ha^{-1}\ a^{-1}$ ]

$N_{le(acc)}$  = Tolerierbarer Stickstoff-Austrag mit dem Sickerwasser [ $kg\ ha^{-1}\ a^{-1}$ ]

Wie an der Gleichung zu erkennen ist, ist diese weitgehend prozessbasiert und beruht auf einem Gleichgewichtsmodell.

Bolte et al. (2001a) haben dieses Konzept durch die Berücksichtigung baumartenspezifischer Empfindlichkeiten bei der Kalkulation des tolerierbaren Stickstoff-Austrags mit dem Sickerwasser (leaching) und eines altersklassenabhängigen Derbholzzuwachs, sowie ein an den C/N-Verhältnissen der Humusform orientierter Ansatz für die Stickstoff-Immobilisierungsrate einer etwas differenzierteren Betrachtungsweise unterworfen und zum Critical-Deposition-Levels-(CDL)-Konzept weiterentwickelt.

Dieser Ansatz ermöglicht eine vereinfachte Beschreibung des aktuellen Wirkungsstatus eines Waldökosystems und lässt Veränderungen in einzelnen Ökosystemkompartimenten, wie z.B. das C/N-Verhältnis in der Humusaufgabe zu. Eine umfassendere Charakterisierung des aktuellen Wirkungsstatus ist erst mit Hilfe der dynamischen Modellierung möglich ist, welche die zeitliche Entwicklung aller zu betrachtenden Indikatoren zum Ziel hat.

Wenn auch die dynamische Modellierung der Critical Loads bis jetzt noch keine umfassenden praxistauglichen Verfahren für Waldökosystemen hervorgebracht hat - was nicht zuletzt auch in den langen Modellierungszeiträumen begründet liegt- so können doch zumindest einige Teilaspekte einer dynamischen Modellierung in einfachen Ansätzen realisiert werden.

Hierzu gehört z.B. die Veränderung von Biomasse-Kompartimenten (Vorräten) in Waldökosystemen. Durch den Vergleich bestehender unterirdischer (Wurzelbiomasse und organische Substanz im Boden) und oberirdischer (gesamter Bestand mit Bodenvegetation, Stammholz, Ästen und Blättern) Biomassekompartimente mit den Zielgrößen dieser Kompartimente für den Klimaxzustand der jeweiligen Ökosysteme - seien es nun die Altbestände der zu bewertenden Forsten oder die Betriebszieltypen der Forsteinrichtung oder die natürliche potentielle Vegetation für die jeweiligen Standorte- ergeben sich Hinweise auf mögliche zusätzliche Elementfestlegungen und damit Elementverbräuche für die Zeiträume bis zur Erreichung dieser Zielgrößen.

Diese können daher als zeitlich befristete Prozessgrößen bei einem gleichgewichtsfernen Ausgangszustand berücksichtigt werden.

Die Bedeutung solcher Anpassungsprozesse für den Stickstoffhaushalt von Waldökosystemen kann am Beispiel der Akkumulation organischer Substanzen im Boden verdeutlicht werden. Der Boden stellt eine der Hauptsinken für die C- und N-Sequestration in Ökosystemen dar. So wird beispielsweise in einem Buchenwald im Solling nur etwa  $600 \text{ kg N ha}^{-1}$  im aufstockenden Bestand gespeichert, gegenüber  $8700 \text{ kg N ha}^{-1}$  im Boden. Für einen Kiefernbestand in der Lüneburger Heide liegen die Werte bei etwa  $300 \text{ kg N ha}^{-1}$  im aufstockenden Bestand gegenüber  $5400 \text{ kg N ha}^{-1}$  im Boden.

Gotsmy (1997) berichtet von kalkulierten Akkumulationsraten von rund  $130 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  bei Ackererstaufforstungen mit Windschutzanlagen, Heinsdorf (1995a) gibt ca.  $30 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  unter Robinie an.

Eine Zunahme der organischen Substanz im und auf dem Boden kann durch geringere Mineralisierungsraten im Vergleich zu den Mortalitätsraten bei der Bodenvegetation und den Feinwurzeln der Bäume hervorgerufen werden. Sowohl die Feinwurzelproduktion als auch die Nettoprimärproduktion der Bodenvegetation kann eine N-Aufnahme in das Ökosystem von je über  $40 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  begründen (Bolte et al. 2002b; Murach et al. 2002).

Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens wird daher versucht, durch die Kalkulation verschiedener Szenarien eine umfassende Grundlage für die Bewertung der zulässigen N-Einträge zu schaffen. Dabei wird ein modifiziertes Critical-Deposition-Levels-(CDL)-Konzept verwendet, das auch die Möglichkeit von zeitlich befristeten Änderungen in den Vorräten berücksichtigt.

### 3.2.2 Verfahren zur Herleitung des modifizierten Critical-Deposition-Levels-(CDL)-Wertes

Die Berechnung der Critical-Deposition-Levels erfolgt nach folgender Gleichung:

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

#### Verwendete Abkürzungen bei dem Critical-Deposition-Levels-(CDL)-Konzept

<b><math>N_i</math></b> =	Stickstoff-Immobilisierungsrate [ $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ]
<b><math>N_u</math></b> =	Nachhaltig mögliche N-Entnahme mit Hiebsatz in bewirtschafteten Beständen (dGZ 100) [ $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ] (zusätzliche Berücksichtigung von Ästen und Blättern mit 50% des Derbholzwertes)
<b><math>N_{de}</math></b> =	Stickstoff-Denitrifikationsrate [ $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ]
<b><math>N_{le(acc)}</math></b> =	Tolerierbarer Stickstoff-Austrag mit dem Sickerwasser [ $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ]
<b><math>N_{pk}</math></b> =	N-Pool-Änderungen im Ökosystem als jährliche Raten [ $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ]
<b><math>N_{dep}</math></b> =	lokale N-Deposition [ $\text{kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ]
<b><math>N_{le(min)}</math></b> =	minimale N-Auswaschung durch natürliche Hintergrund-Nitratkonzentration im Sickerwasser nach Klap et al. (2000)
<b><math>Q_B</math></b> =	Sickerwasserhöhe [mm]

Die Schätzungen der Flüsse  $N_i$ ,  $N_{de}$  und  $N_{le(acc)}$  für das vorliegende Gutachten erfolgen nach Bolte et al. (2001a).

**N<sub>le(acc)</sub>** (Bolte et al. 2001°; S. 59 u. S. 78ff)

- Schätzung der Sickerwasserrate anhand der Werte aus Sickerwasserkarte Bach et al. (s. **Abb. 3.2-2**) mit 150 mm
- Ansatz für die kritische Stickstoffkonzentration in der Bodenlösung nach Klap et al. (2000) (zit. in Bolte et al. (2001a)):  
für Laubwälder: 0,307 eq m<sup>-3</sup>  
für Nadelwälder: 0,411 eq m<sup>-3</sup>.

**N<sub>u</sub>** (Bolte et al. 2001°; S. 74ff)

Für eine I. Ekl Kiefer ergibt sich ein dGz<sub>100</sub> von 7,8 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup>. Der Anteil der Blätter und Äste unter Derbhohlgrenze wird mit 50% des Derbhohlvorrates mit Rinde veranschlagt. Es wird dabei davon ausgegangen, dass die Bäume auf der Rückegasse oder außerhalb des Bestandes aufgearbeitet werden

**N<sub>de</sub>** (Bolte et al. 2001°; S. 77ff)

Für mittl. Tongehalt < 20%

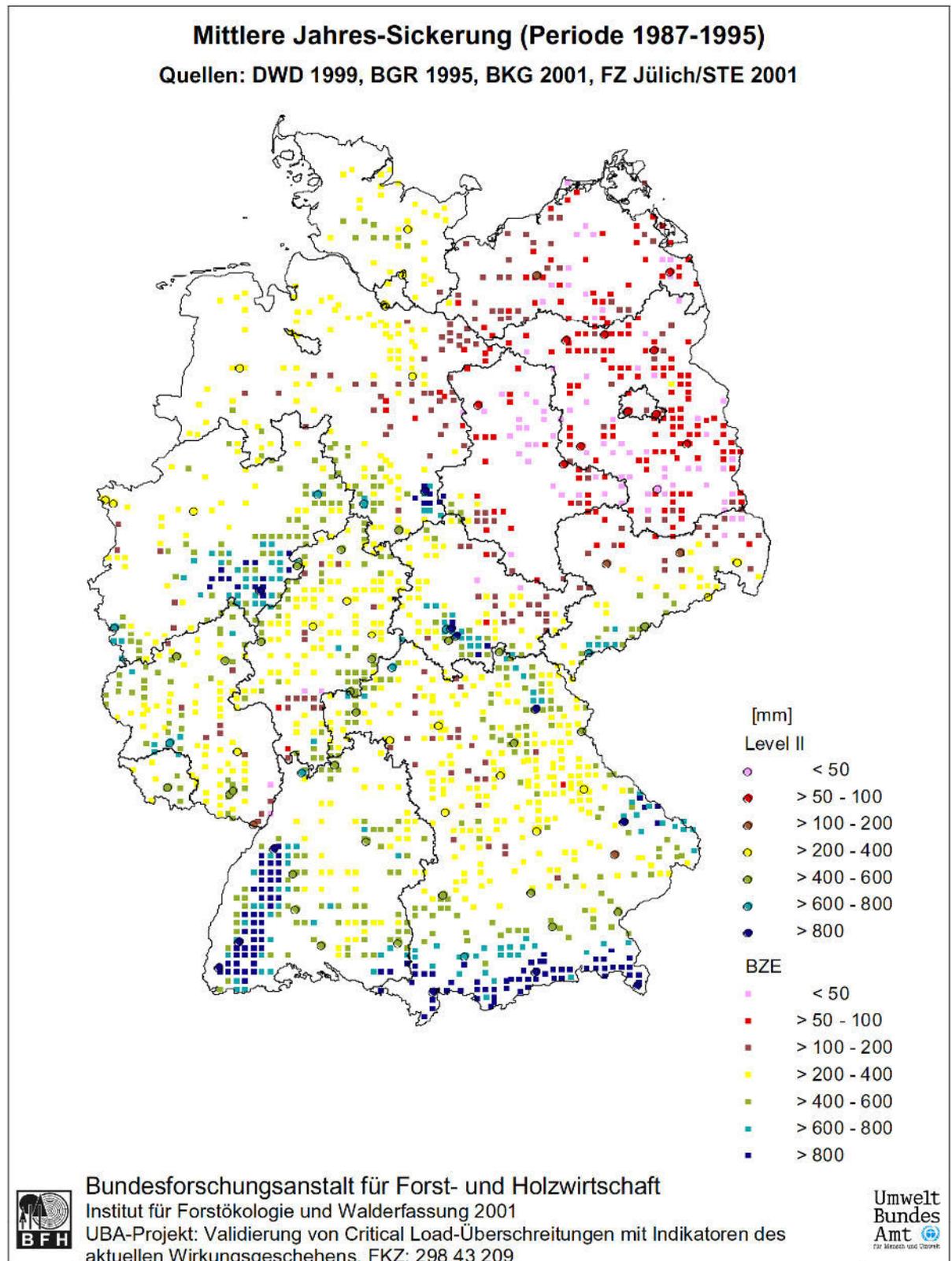
**N<sub>i</sub>** (Bolte et al. 2001°; S. 73ff)

Für **N<sub>dep</sub>** von 2500 eq N ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> und C/N<sub>real</sub>, C/N<sub>min</sub> und C/N<sub>crit</sub> lt. Tab. 2.2-1

$$N_i = (N_{dep} - N_u - N_{le(min)}) \left( \frac{C/N_{real} - C/N_{min}}{C/N_{crit} - C/N_{min}} \right)$$

**N<sub>p</sub>**

Für **N<sub>p</sub>** wird eine Änderung des C-Vorrats im Boden bis zu der Zielgröße nach Kap 2.2.3 in Ansatz gebracht. Dabei wird ein C/N-Verhältnis im Mineralboden von 20 unterstellt und ein Zeitraum für den Aufbau der org. Substanz von bis zu 100 Jahren.



**Abb. 3-2: Kurzfristige mittlere Jahres-Sickerungshöhen [mm] auf BZE- und Level II-Flächen (Mittel der Jahre 1987-1995) n. Bolte et al. (2001a)**

### 3.2.3 Vergleich der zu erwartenden Zusatzbelastungen mit den CDL-Werten für die einzelnen Probenahmepunkte

Die Ergebnisse zur Berechnung der tolerierbaren Zusatzbelastungen nach der modifizierten CDL-Methode nach Kap. 3.2.2 sind der Tab. 3.2-1 zu entnehmen.

Die Berechnungen zeigen, dass **nur für den Probenahmepunkt 1 die  $N_{CDL}$ -Bilanz deutlich positiv** ist, d.h. nur im unmittelbaren Nahbereich der Anlage werden die tolerierbaren Grenzwerte durch die Zusatzbelastung mit Stickstoff überschritten. Dabei ist allerdings zu beachten, dass bei den Berechnungen Vorratsänderungen der Bodenvegetation und der oberirdischen Biomasse der Bäume nicht berücksichtigt wurden. Sie stellen weitere Reserven für N-Senken im Ökosystem dar.

**Die N-Gesamtbilanz für die Punkte 2 und 3 weist Werte von -3 bis -40 kg N ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> aus. Damit könnten die beabsichtigten Zusatzbelastungen dort toleriert werden.**

	alle Standorte		
Sickerwasserrate*	150mm		
Ansatz kritische N-Konz. Bodenlösung* [eq m <sup>-3</sup> ]	0,411		
dGZ <sub>100</sub> , Ki I.EkI**	7,8		
Anteil Rinde*	0,075		
Anteil Stammholz*	0,925		
Dichte Rinde [kg m <sup>-3</sup> ]	320		
Dichte Stammholz [kg m <sup>-3</sup> ]	430		
N-Gehalt Rinde [t t <sup>-1</sup> ]	0,0035		
N-Gehalt Stammholz [t t <sup>-1</sup> ]	0,001924		
fr <sub>de</sub> (Denitrifikationsfaktor)*	0,1		
N <sub>dep</sub> [eq N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	3000		
Zielhumusform	MOA		
C/N <sub>min</sub>	16		
C/N <sub>crit</sub>	25,3		
Ziel C-Vorrat Bodenprofil [t/ha]****	100		
	<b>Ki1</b>	<b>Ki2</b>	<b>Ki3</b>
C/N <sub>real</sub>	18	18	22
Aktuell C-Vorrat Bodenprofil [t/ha]	79	87	59
<b>N<sub>CDL</sub> [kg/ha]</b>	<b>35</b>	<b>32</b>	<b>48</b>
Hintergrundbelastung [kg/ha]	20	20	20
Zusatzbelastung*** [kg/ha]	55	10	5
<b>Bilanz (Gesamtbelastung - N<sub>CDL</sub>) [kg/ha]</b>	<b>40</b>	<b>-2</b>	<b>-23</b>

**Tab. 3.2-1: Kalkulationsgrundlagen und Ergebnisse der Berechnungen nach der modifizierten CDL-Methode**

\*: Werte aus Bolte et al. 2001a (entspricht den Ansätzen im Handlungsrahmens Wald (MLUV 2003))

\*\*.: Ertragstafel Schober

\*\*\*: Die Zusatzbelastungen wurden aus den Werten der Abb. 1-2 durch Multiplikation mit dem Faktor 5 (Begründung siehe Text) berechnet

\*\*\*\*: Werte aus Baritz (1998) für Ökoregion II, Subregion 2. S. Kap. 2.2.3

## **4 Gesamtbewertung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen**

### **4.1 Zusammenfassung der Datenanalyse**

Aus den Ergebnissen der Ergänzungsuntersuchungen lassen sich folgende zwei wesentliche Schlussfolgerungen ziehen:

**(1) Die Ergebnisse der modifizierten CDL-Methode weisen noch Reserven für eine zusätzliche N-Festlegung in den untersuchten Kiefernbeständen der Punkte 2 und 3 aus. Es werden nur an dem Punkt 1 die tolerierbaren Grenzwerte für eine Zusatzbelastung mit Stickstoff durch die Emissionen der geänderten Schweinehaltungsanlage überschritten.**

**(2) Die Nadelspiegelwerte der Kiefern liegen noch nicht im suboptimalen Bereich, sie kennzeichnen eine ausreichende bis optimale Versorgung. Eine Vorbelastung der Standorte mit Stickstoff kann aber auch nicht ausgeschlossen werden, da zumindest am Probenahmepunkt 2 die N-Konzentrationen über 2% liegen und damit in einen potentiell kritischen Bereich nach Handlungsrahmen Wald (MLUV 2003) vorstoßen.**

Im Folgenden sollen aber auch noch Ergebnisse aus Monitoringuntersuchungen in Waldökosystemen herangezogen werden, um die nach Kap. 3.2.3 berechneten tolerierbaren Gesamtbelastungen zu validieren.

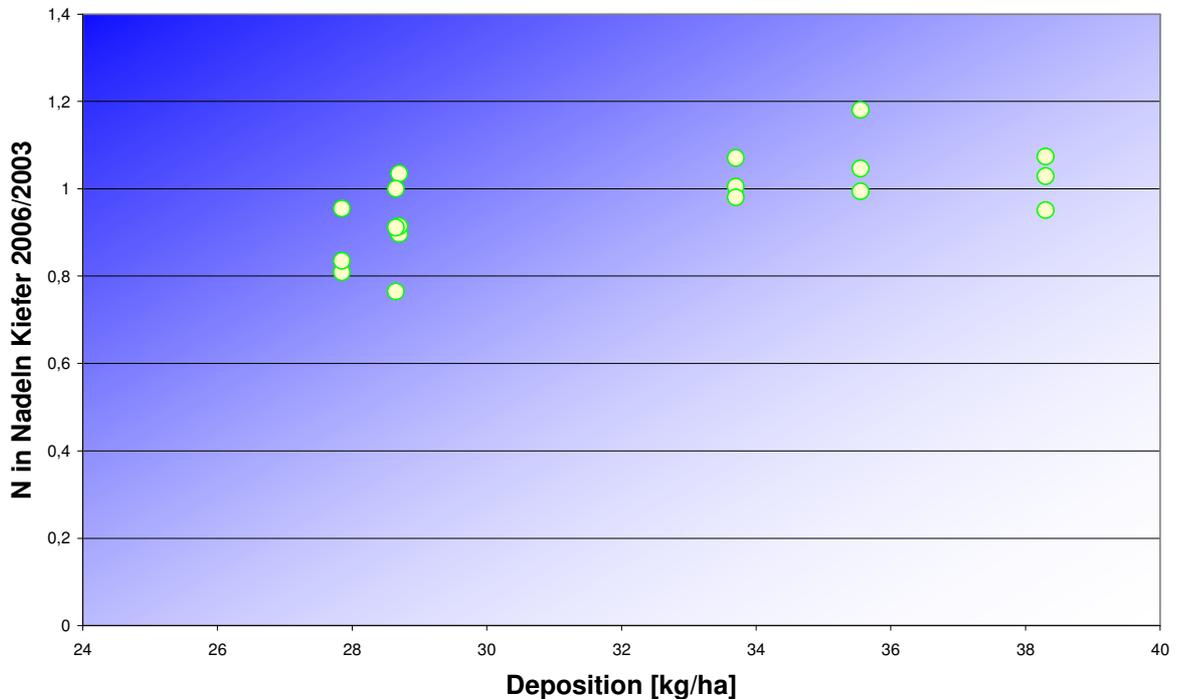
### **4.2 Ergebnisse des Umweltmonitorings bei der Entenzuchtanlage Grimme**

Zur Überprüfung der Auswirkungen von N-Depositionen auf die umliegenden Waldökosysteme wird zurzeit für die Entenzuchtanlage in Grimme (Sachsen-Anhalt), die sich in nur ca. 20 km Entfernung zu der Schweinehaltungsanlage Düben befindet, ein Umweltmonitoring durchgeführt. Die Anlage wurde 2003 in Betrieb genommen. Das Umweltmonitoring umfasst die Erfassung von Klima-, Boden- und umfangreichen Emissionsdaten, wobei auch die Depositionen an mehreren Messstellen rund um die Anlage ermittelt werden.

Das Umweltmonitoring der Anlage in Grimme ist insofern für das vorliegende Gutachten von Bedeutung, als sich aus den Zeitreihen eine Abschätzung hinsichtlich der Auswirkung der Höhe der Stickstoffdepositionen auf die Nadelgehalte bei der Kiefer herleiten lassen. Die Standorte in Grimme sind vergleichbar mit den Standorten der Anlage in Düben. Die Nadeln von Kiefern in Grimme auf M- bis K-Standorten weisen N-Konzentrationen zwischen 1,7 und 2,2 % auf, die C/N-Verhältnisse der Humusformen liegen zwischen 17 und 30 und die N-Vorräte zwischen 2,4 und 7,1 t ha<sup>-1</sup>.

Die Informationen aus Grimme sind für eine Abschätzung der Höhe der tolerierbaren Zusatzbelastungen für Düben von grundlegender Bedeutung.

Abb. 4.3-1 zeigt, dass unter den gegebenen Standortverhältnissen in Grimme **nur ab Werten über  $35 \text{ kg N ha}^{-1}\text{a}^{-1}$  mit einem Anstieg der N-Konzentrationen in den Nadeln gerechnet werden muss, bei Werten unter  $35 \text{ kg N ha}^{-1}\text{a}^{-1}$  kann es sogar zu einer Verringerung der N-Konzentrationen kommen.**



**Abb. 4-1: Beziehung zwischen Steigerung der N-Konzentrationen in Kiefernadeln (von 2003 nach 2006) und der Höhe der N-Deposition für die Entenzuchtanlage Grimme**

In Düben werden Werte über ca.  $35 \text{ kg N ha}^{-1}\text{a}^{-1}$  Gesamtbelastung allerdings nur für die Bestände in der Nähe des Probenahmepunktes 1 erreicht (s. Abb. 1-2 und Tab. 3.2-1). Für den überwiegenden Teil der Kiefernbestände in der Umgebung der Anlage liegen die Gesamtbelastungen unter  $35 \text{ kg/ha}$ .

**Damit ist für die Kiefernbestände in Düben lediglich für die Bestände mit einer Zusatzbelastung über ca.  $35 \text{ kg N ha}^{-1}\text{a}^{-1}$  mit einer Zunahme der N-Konzentrationen in den Nadeln in den kritischen Bereich zu rechnen.**

### 4.3 Schlussfolgerungen aus den Untersuchungen

Da

(1) die Ergebnisse der Bodeninventuren und der CDL-Methode für den überwiegenden Teil der Waldbestände noch Reserven für eine zusätzliche N-Festlegung in allen untersuchten Kiefernbeständen ausweisen, wobei noch Sicherheitsmargen durch die konservativen Kalkulationsansätze für die CDL-Methode und die Nichtberücksichtigung von Vegetations- und Wurzelumsätze bestehen

und

(2) nur an einem Punkt die tolerierbaren Grenzwerte für eine unschädliche Belastung mit Stickstoff durch die Emissionen der geänderten Anlage überschritten wird

und

(3) davon ausgegangen werden kann, dass sich die Nadelgehalte der Kiefern durch die Gesamtbelastung mit Stickstoff überwiegend nicht in kritische Bereiche erhöhen werden,

**ergeben sich für den überwiegenden Teil der Waldbestände keine Hinweise auf eine potentielle Beeinträchtigung des Wachstums der Kiefernwälder durch die geänderte Schweinehaltungsanlage in Düben.**

**Die tolerierbare Gesamtbelastung kann aufgrund der Daten von Düben und der Ergebnisse des Monitorings von Grimme für die Kiefer auf diesen Standorten mit  $35 \text{ kg N a}^{-1}\text{ha}^{-1}$  angenommen werden. Daraus leitet sich eine tolerierbare Zusatzbelastung von  $15 \text{ kg N a}^{-1}\text{ha}^{-1}$  für Kiefer ab.**

**Da die Kiefernbestände des Beurteilungsgebietes sich bis auf eine geringe Fläche innerhalb dieses tolerierbaren Belastungsbereiches befinden, sind die Kiefern durch die zusätzlichen Depositionen der geplanten Erweiterung nicht gefährdet.**

Für alle Laubbaumarten, insb. Buchen, können im Vergleich zu Nadelholzbeständen höhere Toleranzschwellen festgelegt werden (MURACH 2004).

Im Solling wurden Buchenökosysteme auf stark versauerten Böden einer Gesamt-N-Deposition mit langjährigen Mitteln von über  $35 \text{ kg N ha}^{-1}\text{a}^{-1}$  ausgesetzt ohne darauf zurückzuführende Kronenschäden zu zeigen (Bredemeier 1987).

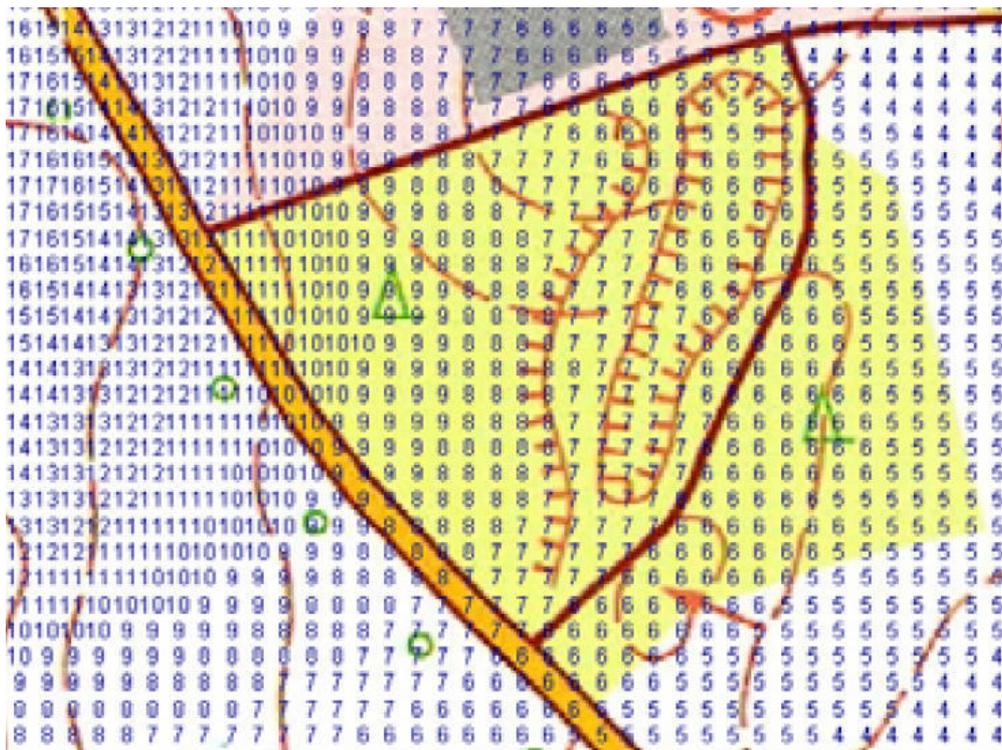
Uebel und Heinsdorf (1997) kommen in ihren Untersuchungen auf Standorten in Brandenburg zu dem Schluss, dass K- und Mg-Düngungen auf degradierten Sandböden zu einer Regradation der Standorte führen können. Es handelte sich bei diesen Untersuchungen um langfristige Versuche von über 60 Jahren in Kiefernbestände, die im Alter von etwa 40 Jahren mit Buche unterbaut wurden. Die langjährigen N-Belastungen auf diesen Standorten, die in der Nähe zu Rinder- und Schweinezuchtbetrieben lagen, werden mit etwa  $60 \text{ kg N ha}^{-1}\text{a}^{-1}$  angegeben. Düngungen mit insgesamt etwa  $500 - 600 \text{ kg K ha}^{-1}$  und  $120 - 160 \text{ kg Mg ha}^{-1}$  verteilt über mehr als 30 Jahre führten zu signifikanten Zuwachssteigerungen von 30 – 90 %. Die Düngungen förderten aber

auch die Wurzelproduktion und Mykorrhizaaktivität. Ohne Düngung wiesen die Buchen Mg-Mangel auf.

Uebel und Heinsdorf (1997) geben für den etwa 60jährigen Produktionszeitraum eine N-Festlegung in der ungedüngten Variante von etwa 1500 kg ha<sup>-1</sup> und für die gedüngte Variante mit Beimischung von Laubholz von etwa 2000 kg ha<sup>-1</sup> an. Die Differenz zwischen den beiden Varianten, die der Düngung und Laubholzbeimischung zuzuschreiben ist, entspricht einer (zusätzlichen) durchschnittlichen jährlichen Festlegungsrate von etwa 20 kg N ha<sup>-1</sup>a<sup>-1</sup> bezogen auf den Düngungszeitraum von etwa 30 Jahren.

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse lassen sich die tolerierbaren Gesamtbelastungen für die Laubbäume des Beurteilungsgebietes, die insbesondere als Eichen im Nordwestbereich des Punktes 1 vorhanden sind, wo auch die höchsten Zusatzbelastungen mit ca. 55-60 kg N a<sup>-1</sup>ha<sup>-1</sup> auftreten (s. Abb. Abb. 4-2, mit etwa 55-60 kg N a<sup>-1</sup>ha<sup>-1</sup> angeben.

**Es treten demnach im Untersuchungsgebiet lediglich für einen kleinen Bereich des Bestandes von Punkt 1, der nordwestlich der 7 µg/m<sup>3</sup> NH<sub>3</sub>-Isolinie liegt, Gesamtbelastungen auf, die die Toleranzschwelle für Laubhölzer um bis zu max. ca. 20 kg N a<sup>-1</sup>ha<sup>-1</sup> überschreiten. Hierfür müssen geeignete Kompensationsmaßnahmen vorgeschlagen werden. Zum Teil kommen hierfür erhöhte Nutzungsansätze beim Holzeinschlag in Frage.**



**Abb. 4-2: NH<sub>3</sub>-Konzentrationen in der Umgebung von Punkt 1 (Berechnungen und Abb. von Ingenieurbüro Dr.-Ing. Wilfried Eckhof)**

Nach den Berechnungen des Ingenieurbüros Dr.-Ing. Wilfried Eckhof sind die N-Belastungen im Planzustand geringer als im gegenwärtig genehmigten Zustand, was für den am höchsten belasteten Punkt 1 eine Belastung durch die Schweinehaltungsanlage von etwa  $25 - 55 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ( $5-11 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ) statt bisher etwa  $35 - 95 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ( $7-19 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ) und damit einer Ermäßigung von etwa durchschnittlich  $25 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  entspricht.

Die Wälder im östlich angrenzenden Nahbereich der Anlage (Probepunkte 1) sind demnach einer Gesamtbelastung von etwa  $45 - 75 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ausgesetzt sein. Die restlichen Waldbestände des Beurteilungsgebietes (Probepunkte 2 und 3) weisen dagegen nach den Berechnungen des Ingenieurbüros Dr.-Ing. Wilfried Eckhof lediglich eine Belastung durch die Schweinehaltungsanlage von unter  $15 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  auf, was einer Gesamtbelastung von unter  $35 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  entspricht.

Wichtig für die Bewertung der N-Depositionen für den Standort Düben ist die Langfristigkeit der bereits bestehenden Vorbelastungen. Die Tierhaltungsanlage wurde nach Auskunft des Ingenieurbüros Dr.-Ing. Wilfried Eckhof in den 70er Jahren in Betrieb genommen. 1997 wurde sie als Schweinemastanlage für 4900 Mastschweine genehmigt, was ca. 20t Ammoniak pro Jahr entspricht. Es kann nach Auskunft des Ingenieurbüros Dr.-Ing. Wilfried Eckhof davon ausgegangen werden, dass die o. a. Gesamtbelastung an den verschiedenen Punkten mit zeitlichen Schwankungen bereits seit über 10 Jahren, wahrscheinlich sogar noch länger besteht.

Auch die Hintergrundbelastung dürfte in den 80iger Jahren wesentlich höher gewesen sein (s. Kap. 2.4.2). Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass EINERT (1999) zeigen konnte, dass die N-Depositionen vor 1990 in den ostdeutschen Gebieten um etwa 40% höher waren als die heutigen Werte. Zum Teil sind die Reduktionen noch deutlicher, wie der Vergleich der Daten für die Versuchsfläche „Buchheide“ in SIMON UND WESTENDORFF (1990) und SIMON UND WESTENDORFF (1991) zeigt. Für den Zeitraum 11/85 bis 10/87 werden dort Werte von  $50 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  angegeben, für 1988/89 dagegen nur etwa  $16 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

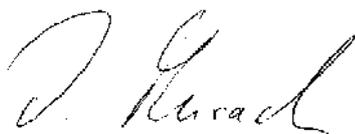
## 5 Zusammenfassung

- In dem Gutachten sollen die möglichen Auswirkungen erhöhter N-Depositionen durch die Erweiterung der Schweinehaltungsanlage in Düben auf die Böden und Waldbestände im Einwirkungsbereich der Anlage bewertet werden.
- Vom Landesverwaltungsamt Halle wurde mit Schreiben vom 15.11.2007 festgelegt, dass die Beurteilung von Stickstoffdepositionen auf die angrenzenden Forsten nach dem Leitfaden zur „Ermittlung und Bewertung von Stickstoffeinträgen, Abschlussbericht 13.09.2006“ /Erlass des MLU vom 16.02.2007 bzw. den darauf aufbauenden „Handlungsempfehlungen für die Beurteilung von Ammoniakkonzentration und Stickstoffdeposition im Rahmen von Genehmigungsverfahren für Tierhaltungsanlagen in Sachsen-Anhalt“ („HSA“) zu erfolgen hat.
- Die „Handlungsempfehlungen für die Beurteilung von Ammoniakkonzentration und Stickstoffdeposition im Rahmen von Genehmigungsverfahren für Tierhaltungsanlagen in Sachsen-Anhalt“ (LAU Sachsen-Anhalt 2008) konkretisiert die Sonderfallprüfung nach TA Luft und LAI.
- Aufgrund der bodenkundlichen Untersuchungen müssen die Standorte fast ausnahmslos als buchentauglich bezeichnet werden. Die aktuelle Kiefernbestockung entspricht nicht dem Potential des Standortes.
- Die Kiefern der Probenahmepunkte weisen keine außergewöhnlichen Benadelungsverluste auf. Die Kronen sind an keinem der Probenahmepunkte stark verlichtet.
- Das Vorkommen von Stickstoffzeigern (Himbeere und Holunder) ist ein Hinweis auf eine bessere N-Verfügbarkeit bei den Probenahmepunkten 1 und 2
- Die berechneten N- und C-Vorräte (s. Abb. 2-12 und Abb. 2-13) für die Probenpunkte sind nach dem ARBEITSKREIS STANDORTKARTIERUNG (1996) als überwiegend gering einzustufen (vgl. Tab. 2.2-2) und erreichen nicht die Zielwerte für die Ökoregion II, Subregion 2 nach Baritz. Es bestehen also noch Reserven für die Akkumulation von C und N im Boden
- Die Humusformen sind für Kieferbestände relativ günstig, sind aber durch die pH-Werte und die teilweise Beimischung von Laubbaumarten mit besser zersetzbarer Streu zu erklären und können nicht ausschließlich auf hohe N-Einträge zurückgeführt werden. Die C/N-Verhältnissen der Humusformen sind niedrig, stehen aber in etwa in Übereinstimmung mit den Humusformen.
- Die Böden zeigen keine außergewöhnliche Bodenversauerung, sie weisen für Kiefernstandorte im nordostdeutschen Tiefland eher höhere pH-Werte auf.
- Die N-Konzentrationen in den Nadeln liegen nach HOFMANN & KRAUB (1988) überwiegend im mittleren Bereich (ausreichend bis optimal versorgt) (s. Abb. 2-14).
- Auch die anderen Nährelemente liegen im mittleren bis hohen Bereich nach HOFMANN & KRAUB (1988) (Tab. 2.3-1). Bei den Elementverhältnisse gibt es keine Ungleichgewichte, wenn man die Klassifikation von DE VRIES ET AL. (2000) zugrunde legt.
- Nach Auskunft der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt in Göttingen lagen die auf Grundlage von Messreihen mit der Kronenraumbilanz berechneten Werte der nächstgelegenen Level-II-Versuchsfläche zu Düben „Nedlitz“ in nur ca. 15 km Luftlinie für das Jahr 2007 bei ca. **20 kg N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>**<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Telefonische Auskunft vom 15.07. von Dr. Mindrup

Diese wurden in dem vorliegenden Gutachten zur Abschätzung der Hintergrundbelastung (lokale Vorbelastung) verwendet.

- Der atmosphärische Stickstoff-Gesamteintrag (Vorbelastung gem. UBA Datensatz zur N-Belastung + Zusatzbelastung) überschreitet den Beurteilungswert nach LAI.
- Im vorliegenden Fall überschreitet die Zusatzbelastung (ca.  $55 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  nach 3.1.5) auch 30% des Beurteilungswertes (nach 3.1.6: 30% von  $44 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1} = 13,2 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) deutlich. Es ist deshalb eine Einzelfallprüfung erforderlich.
- Das vorliegende Gutachten folgt bei der Einzelfallprüfung dem modifizierten Critical-Deposition-Level-(CDL)-Konzept (Bolte et al. 2001), einem bewährten Verfahren, das in Brandenburg für Waldgutachten schon vom Verfasser mit dem LUA Brandenburg abgestimmt wurde.
- **Die tolerierbare Gesamtbelastung kann für Kiefern mit  $35 \text{ kg N a}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  angenommen werden. Daraus leitet sich eine tolerierbare Zusatzbelastung von  $15 \text{ kg N a}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  für Kiefer ab.**
- **Da die Kiefernbestände des Beurteilungsgebietes sich bis auf kleine Bereiche innerhalb dieses tolerierbaren Belastungsbereiches befinden, sind die Kiefern durch die zusätzlichen Depositionen der geplanten Erweiterung nicht gefährdet.**
- **Es treten im Untersuchungsgebiet lediglich für einen kleinen Bereich des Bestandes von Punkt 1, der nordwestlich der  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ NH}_3$ -Isolinie liegt, Gesamtbelastungen auf, die die Toleranzschwelle für Laubhölzer um bis zu max. ca.  $20 \text{ kg N a}^{-1} \text{ ha}^{-1}$  überschreiten. Hierfür müssen geeignete Kompensationsmaßnahmen vorgeschlagen werden. Zum Teil kommen hierfür erhöhte Nutzungsansätze beim Holzeinschlag in Frage.**
- **Die N-Depositionen im Planzustand sind mit ihren Maximalwerten in der Umgebung des Probenahmepunktes 1 mit bis zu etwa  $75 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  hoch, liegen aber unter den gegenwärtigen Belastungen mit bis zu etwa  $95 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$**



Prof. Dr. D. Murach

## 6 Literaturverzeichnis

- Anders, S.**, 1996: Waldökosystemforschung Eberswalde - Struktur, Dynamik und Stabilität von Kiefern- und Buchenökosystemen unter Normal- und multiplen Streßbedingungen unterschiedlicher Ausprägung im norddeutschen Tiefland. Mitt. Bundesforschungsanst. Forst.-Holzwirtsch., 182. S. 1 - 109
- Andersen, B.**, 1986: Impact of nitrogen deposition. In: Critical loads for nitrogen and sulphur. Nordisk ministerad miljö rapport. S. 159 - 197
- Anonymus** 2002: Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 24.07.2002 (GMBI.2002, S.511).
- Arbeitskreis Standortkartierung**, 1996: Forstliche Standortaufnahme, 5. Aufl.. IHW-Verlag, Eching bei München. S. 1 - 352
- Bergmann, J.H.**, 1993: Phänomen Sandrohr; Ursachen der Ausbreitung des Sandrohrs (*Calamagrostis epigejos*) in den Wäldern der östlichen Bundesländern. Der Wald, 43. S. 48 - 49
- Bayerisches Staatsministerium** für Landesentwicklung und Umweltfragen, 1996: Die Bedeutung von Ammoniak und Ammonium für Mensch und Umwelt. <http://www.umweltministerium.bayern.de/service/umwberat/ubbamm.htm>
- Baritz, R.** 1998: Kohlenstoffvorräte der Waldböden Deutschlands. Abschlußbericht zum BML-Forschungsprojekt „UNCED follow-up CO2-Bindung in Waldböden – Sonderauswertung“ BML 614-0224-A3-5/2. Arbeitsbericht des Instituts für Forstökologie und Walderfassung, Eberswalde Nr. 98/1
- BML** (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten), 1990: Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (**BZE**). Arbeitsanleitung. Bonn. (Neuaufgabe: 1994)
- BML** (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten), 2000a: Kennwerte zur Charakterisierung des ökochemischen Bodenzustands und des Gefährdungspotentials durch Bodenversauerung und Stickstoffsättigung an Level II-Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen. Arbeitsgruppe C der Bund-Länder-Arbeitsgruppe Level II.
- BML** (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten), 2000b: Critical loads für Waldökosysteme –Methoden und Ergebnisse für Standorte des Level II-Programms. Arbeitsgruppe A der Bund-Länder-Arbeitsgruppe Level II.
- BMVEL** (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten), 2001: Luftqualität und atmosphärische Stoffeinträge an Level II-Dauerbeobachtungsflächen in Deutschland. Arbeitsgruppe B der Bund-Länder-Arbeitsgruppe Level II.
- Bolte, A.** und Anders, S., 1995: Zur Rolle der Bodenvegetation bei der Destabilisierung stickstoffbelasteter Kiefernforstökosysteme. Beitr. Forstwirtsch. Landschaftsökol., 29. S. 151 - 155
- Bolte, A.**, 1996: Die Bodenvegetation in Kiefernökosystemen eine Steuergröße für den Wasser- und Stoffhaushalt. Mitt. Bundesforschungsanst. Forst. Holzwirtsch., 185. S. 97 -111
- Bolte, A.**, Wolff, B., Burkl, G., Lehmann, R., Kifinger, B., Robrecht, D. und Zahn, H. 2001a: Validierung von Critical load-Überschreitungen mit Indikatoren des aktuellen Wirkungsgeschehens. Abschlussbericht zum UBA-Forschungsprojekt: FKZ 298 43 209. BFH. Eberswalde <http://www.bfafh.de/bibl/pdf/cl1.pdf>

- Bolte, A.,** Leßner, C., Müller, J. und Kallweit, R., 2001b: Zur Rolle der Bodenvegetation im Stoff- und Wasserhaushalt von Kiefernökosystemen – Level II-Untersuchungen in Brandenburg. Beitr. Forstwirtsch. Landschaftsökol., 35. S. 26 - 29
- Bredemeier, M.,** 1987: Stoffbilanzen, interne Protonenproduktion und Gesamtsäurebelastung des Bodens in verschiedenen Waldökosystemen Norddeutschlands
- Brünn, S.,** 1999: Untersuchungen zum Mineralstoffhaushalt von *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth in stickstoffbelasteten Kiefernwäldern. Diss. Uni Göttingen, S. 1 - 163
- Brumme, R.,** Leimcke, U. and Matzner, E. 1992: Interception and uptake of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  from wet deposition by above-ground parts of young beech (*Fagus sylvatica* L.) trees. Plant Soil 142, 273-279.
- De Fries, W. et al.** 2000 : Intensive Monitoring of forest ecosystems in Europe. Technical Report. 2000, EC, UN/ECE 2000, Brussels, Geneva, 191 pp.
- Dise, N.B.,** E. Matzner and P. Gundersen, 1998: Synthesis of nitrogen pools and fluxes from European forest ecosystems. Water,-Air,-and-Soil-Pollution. 105: 1-2, S. 143-154
- Draaijers, G.P.J. and** Erisman, J.W., 1995: A canopy budget model to assess atmospheric deposition from throughfall measurements. Water, Air and Soil Pollution 85. S. 2253 – 2258
- Draaijers, G.P.J.,** Erisman, J.W., Lövblad, G., Spranger, T. and Vel, E., 1998: Quality and uncertainty aspects of forest deposition estimation using throughfall, stemflow and precipitation measurements. TNO-report. TNO-MEP-R98/093
- Dueck, Th.A.,** Koopman, J., Puppi, G. and Isopi, R., 1992: Influence of temperature, ammonia and Ozone on *Pinus sylvestris* L. and *Fagus sylvatica* L. In: Tesche, M. and Feiler, S. (eds.): Air pollution and interactions between organisms in forest ecosystems. 15th International Meeting of specialists in air pollution effects on forest ecosystems. S. 137 - 141
- Eberhardt, E.,** 1993: Weiterführende Untersuchungen zur Immissionsbelastung in Kiefernbeständen auf mesotrophen Standorten im Tiefland Sachsen-Anhalts. Jahresbericht 1993 der Forstlichen Versuchsanstalt Sachsen-Anhalt, Landesforstverwaltung Sachsen-Anhalt, S. 19 - 39
- Eberhardt, E.,** 1995: Exzessive Vergrasung in den Kiefernwäldern Sachsen-Anhalts. Der Wald, 45. S. 226 - 230
- Ellenberg, H.,** 1986:Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. UTB Ulmer, 4. verb. Auflage
- Eilers, G.,** Brumme, R. and Matzner, E. 1992: Above-ground N-uptake from wet deposition by Norway spruce (*Picea abies* Karst.) Forest Ecol Managem 51, 239-249.
- Einert, P.,** 1999: Dynamik der Fremdstoffbelastung Brandenburger Wälder und gegenwärtiger Status an den Level 2-Flächen. Beitr. Forstwirtsch. U. Landsch.ökol. 33. S. 103 - 106
- Erisman, J.W. and** de Vries,W. 2000: Nitrogen Turnover and Effects in Forests; „Factor Forest“-CD, 2000, AID Bonn
- Fachagentur** nachwachsende Rohstoffe, 1999: Modellvorhaben „Schnellwachsende Baumarten“. Landwirtschaftsverlag. Münster
- Garten CT,** Schwab AB, Shirshac TL (1998) Foliar retention of  $^{15}\text{N}$  tracers: implications for net canopy exchange in low- and high-elevation forest ecosystems. Forest Ecol Managem 103, 211-216
- Gauger, T.,** Köble, R., Anshelm, F. 2000 : Kritische Luftschadstoff-Konzentration

- und Eintragsraten sowie ihre Überschreitung für Wald und Agrarökosysteme sowie naturnahe waldfreie Ökosysteme. Teil 1: Deposition Loads 1987 - 1989 und 1993 - 1995. Endbericht 297 85 079. Institut für Navigation der Universität Stuttgart. 140 S.
- Gotsmy, H.**, 1997: Einfluss von Ackeraufforstungen auf Bodenentwicklung, Kohlenstoffhaushalt und Mineralstoffhaushalt am Beispiel niederösterreichischer Windschutzanlagen. Diss. Univ. f. Bodenkultur. Wien [http://boku-is.boku.ac.at:8081/abstract/search.abs\\_text?lang=de&alD=13646](http://boku-is.boku.ac.at:8081/abstract/search.abs_text?lang=de&alD=13646)
- Harrison, A.F., Schulze, E-D., Gebauer, G. and Bruckner, G.** 2000: Canopy uptake and utilization of atmospheric pollutant nitrogen. E-D Schulze (ed) Carbon and nitrogen cycling in European forest ecosystems, Ecol Studies 142, 171-188.
- Heinsdorf, E., Krauss, H.H. und H. Tölle** 1986: Entwicklung der C- und N-Vorräte nach Kahlschlag auf ärmeren Sandböden unter Kiefer. Beitr. für die Forstwirtschaft 1, 8-13.
- Heinsdorf**, 1993: The role of nitrogen in declining scots pine forests (*Pinus sylvestris*) in the lowland of east Germany. Water, Air, and Soil Pollution, 69. S. 21 - 35
- Heinsdorf, D.**, 1992: Neue Kieferschäden. Der Wald, 42. S. 16 - 19
- Heinsdorf, D.**, 1995a: Der Sauener Wald: Erkannbarer Wandel. Beitr. Forstwirtschaft. u. Landsch.ökol., 29. S. 102 - 107
- Heinsdorf, D.**, 1995b: Zum Problem der Ernährung und Düngung der Kiefer unter den Bedingungen hoher Fremdstoffeinträge. In: v. Lüpke (Hrsg.): Waldbauliche Fragen der Kiefernwirtschaft. Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M.. S. 45 - 71
- Heinsdorf, D.**, 1996a: Nährstoffspeicherung in der oberirdischen Phytomasse von Kiefern- und Buchenmischbeständen und Kiefernreinbeständen. Beitr. Forstwirtschaft. Landschaftsökol., 30. S. 110 -113
- Heinsdorf, D.**, 1996b: Untersuchungen über den Vitalitätszustand von Eichenbeständen in Sachsen-Anhalt an Hand von boden- und ernährungkundlichen Kennwerten. Forschungsbericht Forstl. Forschungsanstalt Eberswalde S. 1 - 110
- Heinsdorf, D.**, 1997: Stabilisierung N-geschädigter Kiefernstangenhölzer durch CaMg-Düngung mit Buchenunterbau. AFZ/Der Wald, S. 870 - 874
- Herpel, J., Heinze, M. und Fiedler, H.J.**, 1995: Veränderungen von Boden und Vegetation in Kiefernbeständen der Dübener Heide zwischen 1966 und 1990. Arch. Nat.-Lands., 34. S. 17 - 41
- Hofmann, G. und Krauss, H.H.**, 1988: Die Ausscheidung von Ernährungsstufen für die Baumarten Kiefer und Buche auf der Grundlage von Nadel- und Blattanalysen und Anwendungsmöglichkeiten in der Überwachung des ökologischen Waldzustandes. Soz.Forstwirtschaft Berlin, 38, s. 272-273
- Hofmann, G., Heinsdorf, D. und Krauss, H.H.**, 1990: Wirkung atmogener Stickstoffeinträge auf Produktivität und Stabilität von Kiefern-Ökosystemen. Beitr. Forstwirtschaft., 24. S. 59 -73
- Hofmann, G.**, 1991: Waldökosystem-Katalog: Sandrohr-Kiefernforst-Ökosystem. Der Wald, 41. S. 7
- Hofmann, G.**, 1996: Vegetationswandel in den Wäldern des norddeutschen Tieflandes. Mitt. Bundesforschungsanst. Forst-Holzwirtschaft., 185. S. 45 - 66
- Hofmann, G.**, 1997: Mitteleuropäische Wald- und Forst-Ökosystemtypen in Wort und Bild. AFZ/Der Wald, Sonderheft. S. 1 - 91
- Hüttl, R., Bellmann, K. und Seiler, W.**, 1995: Atmosphärensanierung und

- Waldökosysteme. Blottner Verlag, Taunusstein. S. 1 - 238
- Hüttl**, R.F. and Schaaf, W. (eds.), 1997: Magnesium Deficiency in Forest Ecosystems. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. S. 1-362
- Kallweit**, R. 2002: Dynamik der Nadelspiegelwerte vor dem Hintergrund der Depositionsbelastung. Vortrag auf dem 3. Statuskolloquium Level II in Eberswalde. Unveröffentlicht
- Karjalainen**, T., Spiecker, H. and Laroussinie, O. (eds) 1998: Causes and Consequences of Accelerating Tree Growth in Europe. Proceedings 27 of the European Forest Institute. Joensuu, Finland  
<http://www.efi.fi/publications/Proceedings/27.html>
- KÖNIG**, N., WOLFF, B. 1993: Abschlußbericht über die Ergebnisse und Konsequenzen der im Rahmen der bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) durchgeführten Ringanalysen. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme. Reihe B. Bd.33. Göttingen.
- Kopp**, D. und Kirschner, G., 1992: Fremdstoffbedingter Standortswandel aus periodischer Kartierung des Standortzustandes in den Wäldern des nordostdeutschen Tieflandes nach Ergebnissen der Standortserkundung. Beitr. Forstwirtsch. U. Landsch.ökol. 26 ¾. S. 62 - 71
- Kopp**, D. und Schwanecke, W., 1994: Standortlich-naturräumliche Grundlagen ökologiegerechter Forstwirtschaft. Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin. S. 1-248
- Kopp**, D. und Jochheim, H., 2002: Forstliche Boden- und Standortformen des nordostdeutschen Tieflands als Datenbasis für die Landschaftsmodellierung. Verlag Dr. Kessel, Remagen-Oberwinter. S. 1-207
- Koss**, H. und Murach, D., 1996: Einfluß hoher Stickstoffeinträge auf Wurzelsysteme und Mykorrhiza. AFZ/Der Wald, 26. S. 1466-1468
- LAI** (Länderausschuß für Immissionsschutz), 1996: Bewertung von Ammoniak- und Ammonium-Immissionen. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin. S. 1 - 33
- LAI** (Länderausschuß für Immissionsschutz), 2006: AK „Ermittlung und Bewertung von Stickstoffeinträgen. Abschlussbericht.  
[http://www.mu.sachsen-anhalt.de/start/fachbereich03/fachfortbildung/files/ermittlung\\_und\\_bewertung\\_von\\_stickstoffeintragen.pdf](http://www.mu.sachsen-anhalt.de/start/fachbereich03/fachfortbildung/files/ermittlung_und_bewertung_von_stickstoffeintragen.pdf)
- LAU** (Landesamt für Umweltschutz) **Sachsen-Anhalt** 2008: Handlungsempfehlungen für die Beurteilung von Ammoniakkonzentration und Stickstoffdeposition. Fachinformation Nr. 5/2007  
[www.mu.sachsen-anhalt.de/start/fachbereich03/fachinformationen/files/fachinfo05\\_07.pdf](http://www.mu.sachsen-anhalt.de/start/fachbereich03/fachinformationen/files/fachinfo05_07.pdf)
- Liedtke**, H. 1981: Die Nordischen Vereisungen in Mitteleuropa. Forschungen zur deutschen Landeskunde, Bd. 204
- LUNG** (Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern) 2000: Bericht über Ammoniakmessungen an der Legehennenanlage in Rothemühl. Materialien zur Umwelt.  
[http://www.lung.mv-regierung.de/index\\_1024.htm](http://www.lung.mv-regierung.de/index_1024.htm)
- LUNG** (Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern) 2002: Sonderbericht über Ammoniakmessungen an einer Schweinemastanlage. Materialien zur Umwelt.  
[http://www.lung.mv-regierung.de/index\\_1024.htm](http://www.lung.mv-regierung.de/index_1024.htm)

- Meesenburg**, H., Mohr, K., Dämmgen, U., Schaaf, S., Meiwes, K.J. und Horvath, B. 2005: Stickstoff-Einträge und -Bilanzen in den Wäldern des ANSWER-Projektes – eine Synthese.  
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2992.pdf>
- Meyer**, A.-C. 2001: Physiologische Untersuchungen am Stamm und im Kronenraum eines Fichtenaltbestandes nach experimenteller Manipulation des Wasser- und Ionenhaushalts (Dachprojekt Solling). Diss. Univ. Göttingen.  
<http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2002/meyer/meyer.pdf>
- MLUV** (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Raumordnung des Landes Brandenburg) 2003: Handlungsrahmen zur Beurteilung von Waldökosystemen im Umfeld von Tierhaltungsanlagen.  
[http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/2331/hr\\_woeko.pdf](http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/2331/hr_woeko.pdf)
- MLUV** (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Raumordnung des Landes Brandenburg) 2007: Ammoniakimmission und Stickstoffdeposition – Sonderfallprüfung nach Nr. 4.8 der TA Luft. Schreiben des MLUV an das LUA, Regionalabteilungen v. 20.11.2007
- Mohr**, K., Meesenburg, H., Horvath, B., Meiwes, K.J., Dämmgen, U. und Schaaf, S. 2002: Bestimmung von Ammoniak-Einträgen aus der Luft und deren Wirkungen auf Waldökosysteme. UBA-Workshop „Wirkungen, Risiken und Trends von Luftverunreinigungen in Deutschland. Berlin 10./11.06.02  
<http://www.umweltdaten.de/luft/ws060213.pdf>
- Mohr**, K., Meesenburg, H., Horvath, B., Meiwes, K.J., Schaaf, S. und Dämmgen, U. 2005: Bestimmung von Ammoniak-Einträgen aus der Luft und deren Wirkungen auf Waldökosysteme (ANSWER-Projekt). Schlussbericht.  
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2992.pdf>
- Müller**, J., 1996: Beziehungen zwischen Vegetationsstrukturen und Wasserhaushalt in Kiefern- und Buchenökosystemen. Mitt. Bundesforschungsanst. Forst- Holzwirtsch., 185. S. 112 -128
- Müller**, J., Bolte, A., Beck, W. und Anders, S., 1998: Bodenvegetation und Wasserhaushalt von Kiefernökosystemen (*Pinus sylvestris* L.). Verh. Gesell. Ökol., 28. S. 407 - 414
- Murach**, D., 1993: Boden- und Wurzeluntersuchungen zum Einfluß hoher Stickstoffeinträge auf Versuchsflächen der FVA Sachsen-Anhalt. Gutachten für die FVA Sachsen-Anhalt, unveröffentlicht
- Murach**, D., 1995a: Boden- und Wurzeluntersuchungen in Eichenversuchsflächen der FVA Sachsen-Anhalt. Gutachten für die FVA Sachsen-Anhalt, unveröffentlicht
- Murach**, D., 1995b: Einfluß der Bodenchemie auf die Nadelvergilbungen und Kronenverlichtungen von Fichten des NP Hochharz. Gutachten für die FVA Sachsen-Anhalt, unveröffentlicht
- Murach**, D. and Bredemeier M. 1999: Forest soil and ecosystem dynamics in response to decreased atmospheric input – results of the NITREX and EXMAN experiments. In: Rastin, N. and Bauhus, J.(eds.): Going underground –Ecological studies in forest soils. Research Signpost, Trivandrum, India, S. 201 – 219
- Murach** D., Horn A. and Wu K.-H. 2002 : Below ground litter production in beech forests. In: Brumme, R. (ed.): Human impacts on carbon and nitrogen cycles in temperate beech forests Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (in press)

- Murach, D.**, 2004: Abschätzung möglicher Auswirkungen der geplanten Schweinemastanlage Haßleben auf die Böden und Bestände der angrenzenden Forstökosysteme. Unveröffentlicht.
- Riek, W.** und **Wolff, B.**, 2002: Verbreitung von Nährstoffmangel bei Waldbäumen in Deutschland.  
[http://www.umweltbundesamt.de/uid/html/body\\_nahrstoffmangel.htm](http://www.umweltbundesamt.de/uid/html/body_nahrstoffmangel.htm)
- Ulrich, B.** 1994: Nutrient and acid-base budget of central European forest ecosystems. Effects of Acid rain on Forest Processes. Wiley-Liss, Inc. S. 1-50
- Vermeulen, A.T.**, **Flechard, C.**, **Mosquera, J.** und **Erisman, J.W.** 2002: Wirkungen, Risiken und Trend von Luftverunreinigungen in Deutschland: Forschungsergebnisse und Anwendungen. Ergebnisse aus dem Projekt: "Kartierung ökologischer Langzeittrends atmosphärischer Stoffeinträge und Luftschadstoffkonzentrationen in Deutschland und deren Vergleich mit critical Loads und critical Levels". UBA-Workshop 10./11. Juni 2002 Berlin. <http://www.umweltdaten.de/luft/ws060206.pdf>
- Walther, W.**, **Reinstorf, F.** und **Binder, M.** 2002: Konzept zur Verbesserung der flächenbezogenen Aussagen aus bestehenden Meßnetzen im System Atmosphäre – Boden - Gewässer". Abschlußbericht. TU Dresden.  
<http://www.tu-dresden.de/fghhgw/lehre/bericht.pdf>
- Wright, R.F.** and **Rasmussen, L.** 1998: Introduction to the NITREX and EXMAN projects. Forest Ecology and Management. Volume 101, Number 1, S. 1-7

## **7 Anhang**

**7.1 Analysen Düben Prüfbericht 303\_08.pdf**

**7.2 Probenahmeprotokoll Düben 2.pdf**

## Protokoll zur Probenahme

Anlass der Probenahme: Waldgutachten

Ort der Probenahme: Dueben

Tag der Probenahme: 14. KW

Angaben zur Lage						
Punktnr.	Abt.	Rechtswert	Hochwert	Höhe		
1		320755	5755464	100		
Kronenansprache						
Baumnr.	Baumart	B.kl. Kraft	Anzahl Nd.jahrg.			
1	Ki	1	1,5			
Bodenansprache						
Humustyp	Bodenart	Bodentyp	pH 0-20cm <sup>1.1.4</sup>		pH 20-40cm <sup>1.1.5</sup>	
MOA		pod. Braunerde	H <sub>2</sub> O	KCl	H <sub>2</sub> O	KCl
Probenahme [mg <u>IS</u> ]						
Humus <sup>1.1.1</sup>	0 - 20cm <sup>1.1.2</sup>	20 - 40cm <sup>1.1.3</sup>	Nadel 1. JG <sup>1.2.1</sup>	Nadel 2. JG <sup>1.2.2</sup>		
x	17	x	x	x		
Angaben zur Lage						
Punktnr.	Abt.	Rechtswert	Hochwert	Höhe		
2		321185	5755481	95		
Kronenansprache						
Baumnr.	Baumart	B.kl. Kraft	Anzahl Nd.jahrg.			
2	Ki	1	2			
Bodenansprache						
Humustyp	Bodenart	Bodentyp	pH 0-20cm <sup>2.1.4</sup>		pH 20-40cm <sup>2.1.5</sup>	
GMO	umS	pod. Braunerde	H <sub>2</sub> O	KCl	H <sub>2</sub> O	KCl
Probenahme [mg <u>IS</u> ]						
Humus <sup>2.1.1</sup>	0 - 20cm <sup>2.1.2</sup>	20 - 40cm <sup>2.1.3</sup>	Nadel 1. JG <sup>2.2.1</sup>	Nadel 2. JG <sup>2.2.2</sup>		
x	20	15	x	x		
Angaben zur Lage						
Punktnr.	Abt.	Rechtswert	Hochwert	Höhe		
3		321304	5755307	70		
Kronenansprache						
Baumnr.	Baumart	B.kl. Kraft	Anzahl Nd.jahrg.			
3	Ki	1	2,2			
Bodenansprache						
Humustyp	Bodenart	Bodentyp	pH 0-20cm <sup>3.1.4</sup>		pH 20-40cm <sup>3.1.5</sup>	
MOA	ufS/mS	pod. Braunerde	H <sub>2</sub> O	KCl	H <sub>2</sub> O	KCl
Probenahme [mg <u>IS</u> ]						
Humus <sup>3.1.1</sup>	0 - 20cm <sup>3.1.2</sup>	20 - 40cm <sup>3.1.3</sup>	Nadel 1. JG <sup>3.2.1</sup>	Nadel 2. JG <sup>3.2.2</sup>		
x	23	21	x	x		

Bemerkungen:  
 Ei/Ki-Altbestand  
 Holunder, Calamagrostis  
 anthropogen gestört

Bemerkungen:  
 Himbeere und Calamagrostis

Bemerkungen:  
 Ki-Stangenholz  
 sehr dicht stehend,  
 keine Bodenvegetation

Angaben zur Lage					Bemerkungen:		
Punktnr.	Abt.	Rechtswert	Hochwert	Höhe			
4							
Kronenansprache							
Baumnr.	Baumart	B.kl. Kraft	Anzahl Nd.jahrg.				
4							
Bodenansprache							
Humustyp	Bodenart	Bodentyp	pH 0-20cm <sup>4.1.4</sup>			pH 20-40cm <sup>4.1.5</sup>	
			H <sub>2</sub> O	KCl		H <sub>2</sub> O	KCl
Probenahme [mg <u>IS</u> ]							
Humus <sup>4.1.1</sup>	0 - 20cm <sup>4.1.2</sup>	20 - 40cm <sup>4.1.3</sup>	Nadel 1. JG <sup>4.2.1</sup>	Nadel 2. JG <sup>4.2.2</sup>			

Angaben zur Lage					Bemerkungen:		
Punktnr.	Abt.	Rechtswert	Hochwert	Höhe			
5							
Kronenansprache							
Baumnr.	Baumart	B.kl. Kraft	Anzahl Nd.jahrg.				
5							
Bodenansprache							
Humustyp	Bodenart	Bodentyp	pH 0-20cm <sup>5.1.4</sup>			pH 20-40cm <sup>5.1.5</sup>	
			H <sub>2</sub> O	KCl		H <sub>2</sub> O	KCl
Probenahme [mg <u>IS</u> ]							
Humus <sup>5.1.1</sup>	0 - 20cm <sup>5.1.2</sup>	20 - 40cm <sup>5.1.3</sup>	Nadel 1. JG <sup>5.2.1</sup>	Nadel 2. JG <sup>5.2.2</sup>			

Prof. Dr. D. Murach  
OT Finowfurt  
Üdersee Süd 197  
16244 Schorfheide

**PR Ü F B E R I C H T - Nr.: 303/08**

Auftraggeber : siehe Anschriftsfeld  
Auftragseingangsnummer : A 234/08  
Datum Probenahme : unbekannt  
Datum Probeneingang : 22.04.2008  
Probenehmer : Auftraggeber  
Probenahmeort : Düben  
Prüfgegenstände : 3 Pflanzenproben, 6 Bodenproben, 3 Humusproben  
**Prüfparameter** : **Boden:**  
Frischgewicht, Trockengewicht, pH-Wert, Stickstoff, Kohlenstoff,  
**Humus:**  
Frischgewicht, Trockengewicht, Stickstoff, Kohlenstoff,  
**Pflanzen:**  
Stickstoff, Kalium, Calcium, Magnesium, Phosphor  
**Prüfergebnisse** : siehe Seite 2  
**Prüfverfahren** : siehe Seite 3  
Prüfbeginn : 22.04.2008  
Prüfende : 29.05.2008  
Unteraufträge : keine  
Bemerkungen : keine  
Anlagen : keine

**PRÜFERGEBNISSE - Bodenproben**

Proben-Nr.	Frischgewicht	Trockengewicht	pH-Wert H <sub>2</sub> O	pH-Wert KCl	Stickstoff	Kohlenstoff
	g	g	-	-	%	%
DUE 1.1.2	1267,8	1147,2	4,25	3,97	0,145	1,12
DUE 2.1.2	1323,3	1224,6	4,57	4,27	0,036	0,67
DUE 3.1.2	1322,9	1173,0	4,68	4,38	0,118	1,70
DUE 1.1.3	1377,5	1239,2	4,21	4,08	0,065	0,99
DUE 2.1.3	1047,2	957,5	4,46	4,18	0,028	0,60
DUE 3.1.3	1416,5	1300,1	4,35	4,22	0,038	0,63

**PRÜFERGEBNISSE - Humusproben**

Proben-Nr.	Frischgewicht	Trockengewicht	Stickstoff	Kohlenstoff
	g	g	%	%
DUE 1.1.1	232,3	104,2	1,59	27,85
DUE 2.1.1	192,2	74,7	1,85	34,13
DUE 3.1.1	47,5	14,0	1,70	37,27

**PRÜFERGEBNISSE - Pflanzenproben**

Proben-Nr.	Gehalt in %				
	Stickstoff	Phosphor	Kalium	Calcium	Magnesium
DUE 1.2.1	1,72	0,133	0,479	0,42	0,056
DUE 2.2.1	2,12	0,148	0,517	0,489	0,074
DUE 3.2.1	1,64	0,138	0,448	0,358	0,091

**PRÜFVERFAHREN**

Parameter	Untersuchungsmethode	Bestimmungsgrenze
<b><u>Boden, Humus</u></b>		
Stickstoff	Kjeldahlaufschluß EN ISO 11732 (Photometrie)	0,01%
Kohlenstoff	Naßchem. Oxidation mit anschl. titrimetr. Bestimmung	0,01%
pH-Wert	DIN ISO 10390	-
<b><u>Nadeln</u></b>		
Stickstoff	Kjeldahlaufschluß EN ISO 11732 (Photometrie)	0,01%
Aufschluß	Salpetersäuredruckaufschluß	-
Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium	DIN EN ISO 11885 (E22) (ICP-OES)	je 0,01%

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 29.05.2008

.....  
DC S. Künkel  
Prüfleiter  
(für d. techn. Richtigkeit)

.....  
Dr. J. Kletzin  
Leiter der Prüfeinrichtung