

TEXTE

87/2013

Bewertungskonzept für die Gefährdung der Ökosystemintegrität durch die Wirkungen des Klimawandels in Kombination mit Stoffeinträgen

ANHANG A4

zum Abschnitt 6

**Indikatoren für Ökosystemfunktionen und
-dienstleistungen**

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungskennzahl 3710 83 214
UBA-FB 001834/Anhang 4

**Bewertungskonzept für die Gefährdung
der Ökosystemintegrität durch die
Wirkungen des Klimawandels in
Kombination mit Stoffeinträgen unter
Beachtung von Ökosystemfunktionen
und -dienstleistungen**

**Anhang A4
zum Abschnitten 6
Indikatoren für Ökosystemfunktionen und
-dienstleistungen**

von

**Dr. Martin Janssen
Prof. Dr. Gerhard Hofmann
Waldkunde-Institut Eberswalde GmbH (W.I.E)**

**Dr. Stefan Nickel
Dr. Roland Pesch
Jan Riediger
Prof. Dr. Winfried Schröder
Universität Vechta, Lehrstuhl für Landschaftsökologie (LLÖK)**

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/bewertungskonzept-fuer-die-gefaehrdung-der>
verfügbar.

Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

ISSN 1862-4804

Durchführung der Studie:	Universität Vechta Lehrstuhl für Landschaftsökologie (LLÖK) Eichendorffweg 30 49377 Vechta
Abschlussdatum:	Februar 2013
Herausgeber:	Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau-Roßlau Tel.: 0340/2103-0 Telefax: 0340/2103 2285 E-Mail: info@umweltbundesamt.de Internet: http://www.umweltbundesamt.de http://fuer-mensch-und-umwelt.de/
Redaktion:	Fachgebiet II 4.3 Luftreinhaltung und terrestrische Ökosysteme Gudrun Schütze

Dessau-Roßlau, November 2013

INHALT

LII-1605, Großer Eisenberg, Modellregion Thüringer Wald

LII-1609, Lehesten, Modellregion Thüringer Wald

LII-1405, Modellregion Süd-Brandenburg / Nord-Sachsen

Peitz 150, Modellregion Süd-Brandenburg / Nord-Sachsen

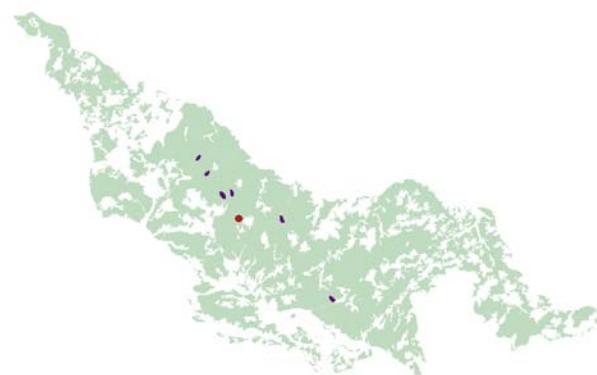
Kahlenberg 75, Modellregion Nordost-Brandenburg

Biesenthal 1534, Modellregion Nordost-Brandenburg

LII-1605 (Großer Eisenberg)

Modellregion Thüringer Wald

Höhe 851 - 900 m



Ökosystemtyp: **C4-6d-B1**

Rohhumus-Fichten-Hochbergwald

Lage der Fläche in der Modellregion (rot)

Repräsentativität für Fichten-Hochbergwälder (lila), Anteil in Modellregion 137 km² (0,3 %)

Lebensraumfunktion									
Vegetationszusammensetzung									
	Kullback-Distanz zur mittleren Artenmengenverteilung des Typs:								
1960	0,39								4,0
2001	0 0,52			1,97					4,0
2006	0 0,52		1,72						4,0
	Ähnlichkeit (%) mit der mittleren Artenmengenverteilung des Typs:								
1960	0					65	70		100
2001	0				50		65		100
2006	0					61	65		100
Netto-Primärproduktion									
	Maximale durchschnittlich-jährliche NPP an Baumholz im Vergleich zum Typ (t TS / ha):								
1995			1,9	2,2					
2000			2,0	2,2					
2004			2,0	2,2					
2009			2,1	2,2					

Kohlenstoff-Speicherung										
	Kohlenstoffvorrat im Humus (Auflage und Bodenblock 0 – 80 cm Tiefe, t / ha):									
2009		85,7 80								
Nährstofffluss										
	pH-Wert (KCl bzw. CaCl ₂ *) * Messwert Level-II									
1960	2,0	2,8								8,0
1995*	2,0	2,65 2,87	3,2							8,0
2001	2,0	2,65 2,87	3,4							7,5
2006	2,0	2,65 2,87		3,8						7,5
2009*	2,0	2,65 2,87		3,6						7,5
	Basensättigung * Messwert Level-II									
1960	10	17								90
1995*	10	12,9 19,9			39					90
2001	10	12,9 19,9		31						90
2006	10	12,9 19,9		28						90
2009*	10	12,9 19,9	25							90
	C / N - Verhältnis * Messwert Level-II									
1960	35		29,2	27,4	26,2					10
1995*	35		29,2	26,2			17,7			10
2001	35		29,2	26,2			18,3			10
2006	35		29,2	26,2			17,1			10
2009*	35		29,2	26,2			17,4			10

	Nährelemente in letztjährigen Nadeln der Fichte (%) (Mittelwerte aus 9 Proben zwischen 1996 und 2009)										
N	1,0			1,32 1,36		1,52					2,2
P	0,06			0,14		0,18		0,24			0,30
K	0,2		0,49	0,54			0,88				1,4
Ca	0,2	0,36		0,62	0,72						1,4
Mg	0,06	0,09		0,13		0,19					0,30
Wasserfluss											
	Feuchtekennzahl										
1960	1			5,1 5,6	6,5						10
2001	1			5,1	6,5						10
2006	1			5,1	6,5						10
Anpassung an veränderliche Umweltbedingungen											
	Ähnlichkeit (%) der Mengenverteilung der Baumarten mit dem Spektrum der natürlichen Standortsbaumarten:										
1960	0				60					95 100	
2001	0				60					95 100	
2006	0				60					95 100	

Bemerkungen zum Datensatz:

Die Vegetationsaufnahme aus dem Jahr 1960 stammt nicht aus dem Level-II-Datensatz, sondern aus der Datenbank des W.I.E. und wurde von H. SCHLÜTER aufgenommen.

Die Fläche ist die Hauptmessstation Großer Eisenberg im Mittleren Thüringer Wald. Die Einbeziehung weiterer Daten aus dem EU-finanzierten Messprogramm in die Bewertung des ökologischen Zustands wäre wünschenswert.

Auf der Internetseite der Thüringer Landesanstalt für Wald, Jagd und Fischerei (<http://www.thueringen.de/imperia/md/content/folder/waldoekolog/waldzustandsueberwachung/eisenberg09.pdf>) wird das Jahr der Bestandesbegründung mit 1934 angegeben.

Diese Angabe steht im Widerspruch zur Information des Level-II-Datensatzes, nach welcher der Bestand der 5. Altersklasse zugeordnet wird. Für die Berechnung der Nettoprimärproduktion wurde aufgrund letzterer Information ein Bestandesalter von 80 Jahren im Jahre 1995 unterstellt. Möglicherweise erklären sich hieraus die niedrigen absoluten Werte der berechneten NPP.

Verbale Einschätzung des ökologischen Zustands:

Der Versuchsbestand stimmte im Jahr 1960 in allen ökologischen Kennwerten mit dem zugeordneten Ökosystemtyp (Rohhumus-Fichten-Hochbergwald) überein. Dieser Typ entspricht dem in den Kammlagen des Thüringer Waldes sich unter den heutigen klimatischen Bedingungen in Selbstorganisation ausbildenden natürlichen Waldtyp.

Die Daten ab 1995 weisen mit großer Wahrscheinlichkeit die Wirkung von Kalkungen nach, wobei sowohl die Vegetations- als auch die Oberbodenparameter auf eine bis 2009 nachlassende Wirkung mit zumindest teilweise reversibler Entwicklung zum ursprünglichen Fichtenwaldtyp deuten. Dies wird besonders deutlich an der Entwicklung der Basensättigung. In der Vegetation äußert sich dieser Effekt im Vorkommen von *Rubus idaeus* und *Oxalis* ab 2001 sowie in deren Rückgang bei gleichzeitiger Zunahme von *Trientalis europaea* und *Deschampsia flexuosa* im Jahre 2006. Die seit 1995 beobachtete deutliche Verengung des C/N-Verhältnisses des Oberbodens und des erhöhten N-Wertes in den Nadeln gegenüber dem Referenzzustand kann wesentlich auf die erhöhte N-Freisetzung durch Mineralisierung des Oberbodens infolge Kalkung zurückgeführt werden.

Im Hinblick auf die Bewertung der Wirkungen der Kalkung ist bemerkenswert, dass der Anteil basischer Kationen in den Fichtennadeln zwischen 1995 und 2009 deutlich unterhalb des Referenzzustands verbleibt. Eine zeitliche Tendenz war in den Daten nicht nachweisbar. Hier spiegelt sich sehr wahrscheinlich die Wirkung von Nitrosegasen wieder, die in den achtziger Jahren zu flächendeckenden Nadelvergilbungen im Thüringer Wald geführt hatte. Die durch die N-Wirkung induzierten Nährstoffdisharmonien in den Nadeln sind durch die Kalkung nicht behoben, sondern offensichtlich infolge der verstärkten N-Mineralisierung und N-Aufnahme durch die Wurzeln aufrecht erhalten worden. Der relative Anstieg der aus der Entwicklung der Mittelhöhe berechneten DNP zum Zeitpunkt der Kulmination deutet ein aufgrund der verbesserten N-Ernährung akzeleriertes Wachstum an. Diese hier angedeuteten Wirkungszusammenhänge sollten vor dem Hintergrund der im EU-Messprogramm erhobenen Prozessdaten weiter analysiert werden.

Deutlich ist, dass mit den nachgewiesenen ökologischen Veränderungen gegenüber den sechziger Jahren die über den FFH-Lebensraumtyp geschützte Lebensraumfunktion nachteilig beeinflusst worden ist. Die zu beobachtende reversible Entwicklung von Vegetation und Oberbodenstatus ist hingegen positiv zu werten.

Die über die beobachtete Vegetationsausbildung indizierte Feuchtestufe hat sich seit den sechziger Jahren um eine halbe Stufe in Richtung trockener verschoben und befindet sich nun an der unteren Intervallgrenze des Referenzzustands. Eine infolge des Klimawandels zu erwartende weitere Erwärmung könnte dazu führen, dass die Ausbreitung des natürlichen Fichtenwaldtyps in den Kammlagen des Thüringer Waldes weiter abnimmt und sich das Spektrum der natürlichen Standortsbaumarten deutlich erweitert.

LII-1609 (Lehesten)

Modellregion Thüringer Wald

Höhe 590 m



Ökosystemtyp: **Dg-5n-c2**

Moder-Fichten-Bergforst

Lage der Fläche in der Modellregion (rot)

Repräsentativität für Fichten-Bergforsten, Anteil der Fichten-Bergforsten in Modellregion (lila)
797 km² (43 %)

Lebensraumfunktion									
Vegetationszusammensetzung									
	Kullback-Distanz zur mittleren Artenmengenverteilung des Typs:								
2001	0	0,91		1,99					4,0
2006	0	0,91			2,45				4,0
	Ähnlichkeit (%) mit der mittleren Artenmengenverteilung des Typs:								
2001	0			44	46				100
2006	0		32		46				100
Netto-Primärproduktion									
	Maximale durchschnittlich-jährliche NPP an Baumholz im Vergleich zum Typ (t TS / ha):								
1995				4,6	4,8				
Kohlenstoff-Speicherung									
	Kohlenstoffvorrat im Humus (Auflage und Bodenblock 0 – 80 cm Tiefe, t / ha):								
2009	Keine Messwerte angegeben			104					

Nährstofffluss												
	pH-Wert (KCl)											
2001	2,0			3,4	3,55	4,67						8,0
2006	2,0				3,55 3,8	4,67						8,0
	Basensättigung											
2001	10		31	33,0 36,2								90
2006	10		28	33,0 36,2								90
	C / N - Verhältnis											
2001	35							19,4 18,3 14,2				10
2006	35							19,4 17,1 14,2				10
	Nährelemente in letztjährigen Nadeln der Fichte (%) (Mittelwerte aus 4 Proben zwischen 2002 und 2004)											
N	1,0		1,25		1,47		1,68					2,2
P	0,06			0,12	0,15			0,21				0,30
K	0,2	0,32		0,58		0,74						1,4
Ca	0,2			0,53	0,64		0,81					1,4
Mg	0,06				0,14 0,16							0,30
Wasserfluss												
	Feuchtekennzahl											
2001	1					5,1 5,9						10
2006	1					5,1 5,9						10
Anpassung an veränderliche Umweltbedingungen												
	Ähnlichkeit (%) der Mengenverteilung der Baumarten mit dem Spektrum der natürlichen Standortsbaumarten:											
2001	0		27				60					100
2006	0		27				60					100

Bemerkungen zum Datensatz:

Zur Fläche sind keine Bodendaten im LII-Datensatz enthalten, so dass die Aussagen zum Oberbodenstatus ausschließlich auf den Zeigerwertmodellen beruhen. Eine Quantifizierung der C-Speicherung im Boden ist nicht möglich.

Für den Fichten-Tannenbestand ist die 5. Altersklasse angegeben. Den Berechnungen der DNP im Kulminationspunkt wurde das Alter 100 im Jahr 1995 zu Grunde gelegt.

Verbale Einschätzung des ökologischen Zustands:

Der Versuchsbestand ist ein Moder-Fichten-Tannen-Bergforst, wobei die Tanne mit knapp 60 % Grundflächenanteil den überwiegenden Bauwert besitzt. Der Forst ist eine Ersatzgesellschaft für den Moder-Tannen-Buchen-Bergwald (D2-6d-C2). Das fast vollständige Fehlen der Buche und der hohe Mengenanteil der Fichte (40 %) bedingen die ökologische Zuordnung zum Moder-Fichten-Bergforst.

Bedingt durch den überwiegenden Tannenanteil, zeigen die Maßzahlen der Vegetationszusammensetzung eine deutliche Abweichung zum Fichtenforst, die jedoch ökologisch positiv zu werten ist, da die Tanne in geringerem Maße auch Bestandteil des natürlichen Buchenwaldes darstellt. Das fast vollständige Fehlen der Buche führt jedoch zu einer nur geringen Übereinstimmung mit dem Spektrum der natürlichen Standortsbaumarten von weniger als einem Drittel, was eine eher geringe Anpassungsfähigkeit an zu erwartende Umweltveränderungen (insbesondere eine Klimaerwärmung) bedingt.

Der Zeigerwert der Vegetation weist eine Oberbodenversauerung im Vergleich zum Säure-Basenstatus des Referenz-Forstökosystemtyps nach. Die abnehmende Basensättigung des Oberbodens wirkt trotz optimalem C / N – Verhältnis im Oberboden nachteilig auf die N-Freigabe, was sich in einer negativen Abweichung des N-Ernährungszustandes der Nadeln gegenüber dem Referenzzustand widerspiegelt. Eine leichte negative Abweichung gegenüber dem Referenzzustand ist auch bei den Nadelwerten von P und K zu verzeichnen. Diese Abweichung könnte auch durch ein im Vergleich zum mittleren Referenzzustand ärmeres Grundgestein bedingt sein.

Waldbaulich ist eine Förderung des Buchenanteils geboten, um die Anpassungsfähigkeit an veränderliche Umweltbedingungen zu erhöhen und eine meliorative Wirkung auf den Oberbodenstatus zu erzielen.

LII-1405

Modellregion Süd-Brandenburg / Nord-Sachsen

Höhe 151 - 200 m



Ökosystemtyp: **Eb-4n-b1**

Rohhumus-Kiefernforst (f)

Lage der Fläche in der Modellregion (gelb)

Repräsentativität für mittel- bis zentraleuropäische Kiefernforsten, Anteil der mittel- bis zentraleuropäischen Kiefernforsten in Modellregion (rosa) 1 844 km² (20 %)

Lebensraumfunktion								
Vegetationszusammensetzung								
	Kullback-Distanz zur mittleren Artenmengenverteilung des Typs:							
1998	0 0,38	0,84						4,0
2003	0 0,20	0,84						4,0
2004	0 0,22	0,84						4,0
2005	0 0,23	0,84						4,0
2006	0 0,23	0,84						4,0
2007	0 0,23	0,84						4,0
2008	0 0,23	0,84						4,0
2009	0 0,23	0,84						4,0
	Ähnlichkeit (%) mit der mittleren Artenmengenverteilung des Typs:							
1998	0					60	72	100
2003	0					60		82
2004	0					60		81
2005	0					60		81

2006	0						60		81	100
2007	0						60		81	100
2008	0	1					60		81	100
2009	0						60		81	100

Netto-Primärproduktion

	Maximale durchschnittlich-jährliche NPP an Baumholz im Vergleich zum Typ (t TS / ha):								
2000						4,4	4,7		
2005						4,4.....	4,7		
2009						4,4..	4,5..4,7		

Kohlenstoff-Speicherung

	Kohlenstoffvorrat im Humus (Auflage und Bodenblock 0 – 80 cm Tiefe, t / ha):								
2009	0			73			134		200

Nährstofffluss

	pH-Wert (KCl bzw. CaCl ₂ *) * Messwert Level-II								
1995*	2,0		3,10 3,26						7,5
1998	2,0		3,0						7,5
2003	2,0		3,0						7,5
2004	2,0		3,0						7,5
2005	2,0		3,0						7,5
2006	2,0		3,0						7,5
2007	2,0		3,0						7,5
2008	2,0		3,0						7,5
2009	2,0		3,0						7,5

2009*	2,0		3,0										7,5
	Basensättigung * Messwert Level-II												
1998	10	20,3 - 22,9 21,6											90
2003		21,2											
2004		21,2											
2005		21,3											
2006		21,2											
2007		21,2											
2008		21,3											
2009		22,2											
2009*		20,3 - 22,9	28,0										
	C / N - Verhältnis												
1995*	35	29,4	26,5	25,2									10
1998	35	29,4	27,9	25,2									10
2003	35	29,4	28,3	25,2									10
2004	35	29,4	27,8	25,2									10
2005	35	29,4	28,0	25,2									10
2006	35	29,4	27,8	25,2									10
2007	35	29,4	27,6	25,2									10
2008	35	29,4	28,2	25,2									10
2009	35	29,4	28,1	25,2									10
	Nährelemente in letztjährigen Nadeln der Kiefer (%) (Mittelwerte aus 8 Proben zwischen 1995 und 2009)												
N	1,0			1,34		1,56	1,65						2,2
P	0,06			0,13	0,15	0,17							0,30
K	0,2		0,44	0,52	0,60								1,4
Ca	0,2	0,27 0,30			0,63								1,4
Mg	0,06	0,08	0,11		0,15								0,30

Wasserfluss									
	Feuchtekennzahl								
1998	1	2,8	3,1	4,9					10
2003	1		3,1	4,9					10
2004	1		3,1 3,7	4,9					10
2005	1		3,1 3,2	4,9					10
2006	1	2,9	3,1	4,9					10
2007	1	2,8	3,1	4,9					10
2008	1	2,6	3,1	4,9					10
2009	1	2,6	3,1	4,9					10
Anpassung an veränderliche Umweltbedingungen									
	Ähnlichkeit (%) der Mengenverteilung der Baumarten mit dem Spektrum der natürlichen Standortsbaumarten:								
1998-2009	0	10				60			100

Bemerkungen zum Datensatz:

Die Qualität der Bodendaten im LII-Datensatz ist angesichts starker Heterogenitäten und teilweise nicht plausibler Datenwerte wenig überzeugend, so dass die Aussagen zum Oberbodenzustand aus den Zeigerwertmodellen verlässlicher erscheinen. Der hohe Wert der C-Speicherung im Boden ist daher mit Vorsicht zu betrachten.

Für den Kiefernbestand ist die 5. Altersklasse angegeben. Den Berechnungen der DNP im Kulminationspunkt wurde das Alter 85 im Jahr 2000 und 94 in 2009 zu Grunde gelegt.

Verbale Einschätzung des ökologischen Zustands:

Der Blaubeer-Kiefernforst entspricht in seinen wesentlichen Parametern dem Referenzzustand. Im Vergleich zwischen den neunziger Jahren und den Jahren ab 2003 deutet sich sowohl in der Vegetationszusammensetzung als auch in den Oberbodendaten ein abnehmender Stickstoffeinfluss an. Die Ernährungsdaten zeigen gegenüber dem Referenzzustand eine leichte Erhöhung der N-Werte bei gleichzeitig leichtem Mangel von P und Mg. Die hier nicht ausgewiesenen Zeitreihen der Ernährungswerte scheinen den Trend zu bestätigen.

Die Feuchtekennzahlen liegen am unteren Ende bzw. unterhalb des Referenzzustands (Entwicklung in Richtung trocken-warm?).

Waldbaulich ist eine Förderung des in der Strauchsicht vorhandenen Laubbaumanteils (Stiel-Eiche, Birke) geboten, um die Anpassungsfähigkeit an veränderliche Umweltbedingungen zu erhöhen.

Peitz 150

Modellregion Süd-Brandenburg / Nord-Sachsen

Höhe 0 – 50 m

Ökosystemtyp: **Ed-3n-b1**

Rohhumus-Kiefernforst (f)

Lage der Fläche in der Modellregion (gelb)

Repräsentativität für subkontinentale Kiefernforsten, Anteil der subkontinentalen Kiefernforsten in Modellregion (rosa) km² (%)

Lebensraumfunktion									
Vegetationszusammensetzung									
	Kullback-Distanz zur mittleren Artenmengenverteilung des Typs:								
1935	0	0,70		1,08					4,0
1967	0	0,70		1,08					4,0
2011	0	0,48	0,70						4,0
	Ähnlichkeit (%) mit der mittleren Artenmengenverteilung des Typs:								
1935	0			35			59		100
1967	0			33			59		100
2011	0						59 65		100
Netto-Primärproduktion									
	Maximale durchschnittlich-jährliche NPP an Baumholz im Vergleich zum Typ (t TS / ha):								
1929			3,0	3,3 3,6					
1933			3,1	3,3 3,6					
1937			3,0	3,3 3,6					
1941		2,9		3,3 3,6					
1948		2,9		3,3 3,6					
1952		2,9		3,3 3,6					

1956		2,9		3,3 3,6				
1961			3,0	3,3 3,6				
1966			3,0	3,3 3,6				
1971			3,0	3,3 3,6				
1976			3,0	3,3 3,6				
1982			3,1	3,3 3,6				
1989			3,1	3,3 3,6				
1994			3,2	3,3 3,6				
2001			3,2	3,3 3,6				
2007				3,4				
2011				3,4				

Kohlenstoff-Speicherung

	Kohlenstoffvorrat im Humus (Auflage und Bodenblock 0 - 80 cm Tiefe, t / ha):								
2011	0		40	61					200

Nährstofffluss

	pH-Wert (KCl bzw. H ₂ O*) * Messwert								
1935	2,0		3,0 3,1		4,3				7,5
1967	2,0		3,0 3,1		4,3				7,5
2011	2,0		3,0 3,2		4,3				7,5
2011*	2,0		3,0	3,7	4,3				7,5

Basensättigung * Messwert

1935	18,4	25,0 - 25,8							90
1967	12,3	25,0 - 25,8							
2011		21,8							
2011*	10,7	25,0 - 25,8							

	C / N – Verhältnis * Messwert										
1935	32,3					26,5	23,5				10
1967	30,9					26,5	23,5				10
2011	35		29,1		26,5	23,5				10	
2011*	35				26,5	22,6				10	
	Nährelemente in letztjährigen Nadeln der Kiefer (%) 2011										
N	1,0			1,34	1,43	1,56					2,2
P	0,06			0,13	0,15	0,17					0,30
K	0,2		0,44	0,54	0,60						1,4
Ca	0,25	0,27			0,63						1,4
Mg	0,07		0,11		0,15						0,30
Wasserfluss											
	Feuchtekennzahl										
1935	1	2,9	3,1	3,9							10
1967	1	2,9	3,1	3,9							10
2011	1	2,9	3,1	3,9							10
	Anpassung an veränderliche Umweltbedingungen										
	Ähnlichkeit (%) der Mengenverteilung der Baumarten mit dem Spektrum der natürlichen Standortsbaumarten:										
1998-2009	0						60	71			100

Bemerkungen zum Datensatz und zur Versuchsfläche:

Die Versuchsfläche ist ein einzigartiges Beispiel einer langfristigen forstlichen Versuchsfläche des preußischen forstlichen Versuchswesens, die vom Landeskoppenzzentrum Forst Eberswalde (LFE) unterhalten wird. Der von Prof. Eilhard Wiedemann im Jahre 1929 begründete Kiefern-Durchforstungsversuch „Peitz 150“ wurde von NOACK (2011)¹ ausgewertet.

¹ NOACK, M. (2011): Der langfristige Durchforstungsversuch „Peitz 150“: Forschungsbeitrag zum Wachstum der Gemeinen Kiefer auf nährkraftschwachen Böden im Land Brandenburg unter dem Einfluss von Standortswandel und Durchforstung. Beitr. Forstwirtsch. u. Landsch.ökol., im Druck.

Die hier verwandten Daten entstammen alle der zitierten Quelle. Der Standort ist makroklimatisch und bodenkundlich repräsentativ für ca. 50 % der Waldfläche des Landes Brandenburg (NOACK 2011). Über Jahrhunderte war der Bestand einer anthropogenen Degradation durch Streunutzungen, Waldweide und Waldbrände ausgesetzt, die regelmäßig die organische Auflagehumusschicht vernichteten. Diese negativen Einflüsse auf die Bodenfruchtbarkeit wurden erst im Zuge der Versuchsbegründung eingestellt. Im Ergebnis der degradierenden Einflüsse stellte sich auf dem Standort eine flechtenreiche Kiefernwaldgesellschaft ein, die von KRIEGER (1937)² im Jahr 1935 untersucht wurde. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts war das Ökosystem langjährig Immissionen von Stickstoffverbindungen in Kombination mit basischen Flugaschen und Schwefelverbindungen ausgesetzt (HOFMANN und HEINSDORF 1990)³.

Verbale Einschätzung des ökologischen Zustands:

Die Indikation des Ökosystemtyps anhand seiner Vegetationszusammensetzung ergibt für das Jahr 1935 die Zuordnung zum Typ Ed-2n-A2 „Magerrohhumus-Sand-Kiefernwald“ (Kullbach-Distanz zur mittleren Artenmengenverteilung des Typs beträgt 0,69 bei einer maximalen Distanz der Einzelaufnahmen von 1,2 für den Typ). Im Jahr 1967 wird das Ökosystem dem Typ Ed-3n-a2 „Magerrohhumus-Kiefernforst“ (Kullbach-Distanz zur mittleren Artenmengenverteilung des Typs beträgt 0,74 bei einer maximalen Distanz der Einzelaufnahmen von 0,85 für den Typ) zugeordnet. Erst zu Beginn des 21. Jahrhunderts (2011) kann das Ökosystem Typ Ed-3n-b1 „Subkontinentaler Rohhumus-Kiefernforst“ zugeordnet werden (Kullbach-Distanz zur mittleren Artenmengenverteilung des Typs beträgt 0,48 bei einer maximalen Distanz der Einzelaufnahmen von 0,7 für diesen Typ).

Diese Entwicklung spiegelt sich ebenso wie in der Vegetationszusammensetzung auch in den Indikatoren des Nährstoffhaushalts (isb. C/N-Verhältnis) und des Potenzials zur Nettoprimärproduktion wider. Letztere ist aufgrund der kontinuierlichen Zeitreihe besonders eindrucksvoll. Unter dem Einfluss natürlicher Regradation und insbesondere des Eintragsgeschehens in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts hat sich der Oberboden Zustand kontinuierlich wieder dem natürlichen Standortspotenzial angenähert. Dies äußert sich auch in einem qualitativen Sprung in der Humusform vom armen Magerrohhumus bis zum Rohhumus. Das Produktivitätspotenzial des Standortes ist seit der Mitte des vergangenen Jahrhunderts um eine halbe Tonne Trockensubstanz je Hektar und Jahr angestiegen. Von wesentlicher Bedeutung für diese eintragsgestützte Standortsregadation dürfte es gewesen sein, dass neben den Einträgen von Stickstoff- und Schwefelverbindungen auch basische Stäube eingetragen wurden, so dass Nährstoffdisharmonien zumindest teilweise ausgeglichen bzw. verhindert wurden. Die Ernährungswerte zeigen, dass sich Stickstoff und Kalium im typspezifischen Optimum befinden. Kalzium und Phosphor sind leicht, Magnesium jedoch deutlich im Minimum. Im Hinblick auf die Lebensraumfunktion muss eingeschätzt werden, dass die geschützten seltenen Flechtenarten, welche die Bodenvegetation 1935 und

² KRIEGER, H. (1937): Die flechtenreichen Pflanzengesellschaften der Mark Brandenburg. Beiheft Bot. Cbl. 7 B. H: 1 2 (1937).

³ HOFMANN, G.; HEINSDORF, D. (1990): Depositionsgeschehen und Waldbewirtschaftung. Der Wald 40: 208-213.

teilweise auch noch 1967 dominierten, vollständig zugunsten von Moosen und Gräsern wie der Drahtschmiele verschwunden sind.

Der Standort ist im Laufe dieser Entwicklung wieder laubwaldfähig geworden, so dass der potentielle natürliche Ökosystemtyp heute ein Rohhumus-Kiefern-Traubeneichenwald (Ed-3n-B2) ist. Um Humuszustand, Produktivität und vor allem Stabilität des Bestandes (Waldbrandgefahr!) angesichts des erwarteten Klimawandels weiter zu erhöhen, sollte der Laubbaumanteil, insbesondere von Trauben-Eiche konsequent entwickelt und gefördert werden.

Kahlenberg 75

Modellregion Nordost-Brandenburg

Höhe

Ökosystemtyp: **Ebc-4n-c1**

Rohhumusmoder-Kiefernforst (f)

Lage der Fläche in der Modellregion (gelb)

Repräsentativität für mittel- bis zentraleuropäische Kiefernforsten, Anteil der mittel- bis zentraleuropäischen Kiefernforsten in Modellregion (rosa) km² (%)

Lebensraumfunktion									
Vegetationszusammensetzung									
	Kullback-Distanz zur mittleren Artenmengenverteilung des Typs:								
1964	0 0,30		1,24						4,0
1989	0 0,33		1,24						4,0
1993	0 0,39		1,24						4,0
1997	0..... 0,47		1,24						4,0
2000		0,53	1,24						
2004		0,51	1,24						
	Ähnlichkeit (%) mit der mittleren Artenmengenverteilung des Typs:								
1964	0			46			75		100
1989	0			46			74		100
1993	0			46			71		100
1997	0			46		68			100
2000				46		63			100
2004				46		62			100

Netto-Primärproduktion										
	Maximale durchschnittlich-jährliche NPP an Baumholz im Vergleich zum Typ (t TS / ha):									
1992							5,1	5,6	6,0	
Kohlenstoff-Speicherung										
	Kohlenstoffvorrat im Humus (Auflage und Bodenblock 0 - 80 cm Tiefe, t / ha):									
2009	0			65	80					200
Nährstofffluss										
	pH-Wert (KCl) * Messwert Level-II									
1964	2,0		3,15- 3,41 3,24							7,5
1989	2,0		3,23							7,5
1993	2,0		3,22							7,5
1997	2,0		3,21							7,5
2000	2,0		3,25							7,5
2004	2,0		3,29							7,5
	Basensättigung * Messwert Level-II									
1964	10	21,9 25,3 24,9								90
1989		25,3								
1993		24,2								
1997		24,4								
2000		24,6								
2004		24,8								
	C / N - Verhältnis									
1964	35		25,0	24,8	21,2					10
1989	35		24,8	23,2	21,2					10

1993	35			24,8	24,4	21,2				10
1997	35			24,8	23,6	21,2				10
2000	35			24,8	22,9	21,2				10
2004	35			24,8	22,5	21,2				10
Nährelemente in letztjährigen Nadeln der Kiefer (%) (1996)										
N	1,0					1,55 1,57	1,65			2,2
P	0,06				0,14	0,16	0,18			0,30
K	0,2		0,44	0,53	0,64					1,4
Ca	0,2	0,32	0,40							1,4
Mg	0,06	0,08	0,10		0,16					0,30
Wasserfluss										
	Feuchtekennzahl									
1964	1			3,9	4,3	5,3				10
1989	1			3,9	4,1	5,3				10
1993	1			3,9	4,1	5,3				10
1997	1			3,9	4,4	5,3				10
2000	1		3,2	3,9		5,3				10
2004	1			3,9	5,0	5,3				10
Anpassung an veränderliche Umweltbedingungen										
	Ähnlichkeit (%) der Mengenverteilung der Baumarten mit dem Spektrum der natürlichen Standortsbaumarten:									
1964-2004	0 5						60			100

Bemerkungen zum Datensatz:

Die Daten entstammen der Datenbank des W.I.E. und wurden im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes „Waldökosystemforschung Eberswalde“ (ANDERS et al. 2002) und der Ökosystemaren Umweltbeobachtung (ÖUB) in Biosphärenreservaten des Landes Brandenburg (HOFMANN et al. 2003)⁴ erhoben.

Verbale Einschätzung des ökologischen Zustands:

Der Himbeer-Drahtschmielen-Kiefernforst entspricht in seinen wesentlichen Parametern dem Referenzzustand. Er stand zwischen 1975 und 1990 unter dem Einfluss überhöhter N-Einträge im luvseitigen Einzugsbereich einer Schweinemastanlage.

Zur Mitte der sechziger Jahre zeigte der Oberbodenzustand noch einen leichten N-Mangel im Vergleich mit dem Referenzzustand des Ökosystemtyps. Unter dem Einfluss der überhöhten N-Einträge verengte sich das C/N-Verhältnis bis 1989 um 2 Einheiten, mit dem Abklingen dieser Einträge erfolgte dann wieder eine vorübergehende Erweiterung bis 1993 um mehr als eine Einheit. Zur Mitte der neunziger Jahre entsprach die N-Ernährung der Kiefernnadeln dem Referenzzustand; P und Mg befinden sich im Minimum, vermutlich noch als Folge der überhöhten Einträge. Seitdem ist wieder eine kontinuierliche Verengung des C/N-Verhältnisses zu beobachten.

In der Vegetation spiegelt sich die Anhebung des trophischen Niveaus in einer zunehmenden Flächendeckung der Himbeere (*Rubus idaeus*) bei gleichzeitigem Rückgang der Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa*) wider. Dies zeigt sich auch in der kontinuierlichen Veränderung der Indikatoren der Vegetationszusammensetzung.

Auf dem von Natur aus besser nährstoffversorgten Standort haben die erhöhten N-Einträge bisher zu keiner Veränderung des Ökosystemtyps geführt. Allerdings zeigen sowohl die Entwicklung des Vegetations- als auch des Oberbodenzustands eine klare Tendenz in Richtung des trophisch anspruchsvolleren Ökosystemtyps, dem Moder-Kiefernforst. Weiter anhaltende N-Einträge könnten langfristig einen Typwandel und eine Destabilisierung des Kiefernbestandes bewirken, so dass ein Laubbaum-Voranbau zu empfehlen ist.

⁴ HOFMANN, G.; JENSSSEN, M.; SCHLEHAHN,R., POMMER, U.: Ökosystemare Umweltbeobachtung in den Waldökosystemen der UNESCO-Biosphärenreservate des Landes Brandenburg. Umweltbericht Waldökosysteme 2003.

Biesenthal 1534

Modellregion Nord-Brandenburg

Höhe 0 - 50 m

Ökosystemtyp: **Eb-4n-C2**

Moder-Sand-Traubeneichen-Buchenwald

Lage der Fläche in der Modellregion (gelb)

Repräsentativität für Tiefland-Buchenwald-Ökosysteme, Anteil der Tiefland-Buchenwald-Ökosysteme in Modellregion (rosa) km² (%)

Lebensraumfunktion									
Vegetationszusammensetzung									
	Kullback-Distanz zur mittleren Artenmengenverteilung des Typs:								
1993	0,22	0,83							4,0
1997	0,21	0,83							4,0
2000	0,22	0,83							4,0
	Ähnlichkeit (%) mit der mittleren Artenmengenverteilung des Typs:								
1993	0					62	79		100
1997	0					62		80	100
2000	0					62		80	100
Netto-Primärproduktion									
	Maximale durchschnittlich-jährliche NPP an Baumholz im Vergleich zum Typ (t TS / ha):								
1992						5,0	5,15,5		
Kohlenstoff-Speicherung									
	Kohlenstoffvorrat im Humus (Auflage und Bodenblock 0 - 80 cm Tiefe, t / ha):								
2011	0		51	73					200

Nährstofffluss												
	pH-Wert (KCl bzw. H ₂ O*)											
1993	2,0			3,4		4,3						7,5
1997	2,0				3,5	4,3						7,5
2000	2,0			3,4	3,9	4,3						7,5
	Basensättigung											
1993			27		38							90
1997			27		38							
2000		26	27		38							
	C / N - Verhältnis											
1993						21,1	22,4	16,9				10
1997						21,1	22,3	16,9				10
2000						21,1		19,6	16,9			10
	Nährelemente in Buchenblättern (%) 1995											
N	1,01			1,77			2,37					3,4
P	0,06			0,12		0,17 0,18						0,30
K	0,2		0,47 0,48			0,81						1,4
Ca			0,48				0,9					1,4
Mg	0,06			0,13	0,14							0,30
Wasserfluss												
	Feuchtekennzahl											
1993	1				4,3	4,6	5,5					10
1997	1		2,9		4,3		5,5					10
2000	1				4,3		5,5					10
Anpassung an veränderliche Umweltbedingungen												
	Ähnlichkeit (%) der Mengenverteilung der Baumarten mit dem Spektrum der natürlichen Standortsbaumarten:											
1993-2000	0							60	71			100

Bemerkungen zum Datensatz:

Die Daten entstammen den Untersuchungen im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes „Waldökosystemforschung Eberswalde“ (ANDERS et al. 2002). Die aus Einmalproben gewonnenen Blattspiegelwerte der Elemente Stickstoff und Calcium erscheinen äußerst unplausibel und entsprechen nicht den Befunden, die aus den Untersuchungen zum Oberboden Zustand und zur Vegetation abgeleitet werden können. Sie werden daher in der Interpretation nicht verwendet.

Verbale Einschätzung des ökologischen Zustands:

Der Moder-Sand-Buchenwald entspricht in seinen wesentlichen Parametern der Vegetationszusammensetzung, des Oberboden Zustands und der Nettoprimärproduktion dem Referenzzustand. Im Verlauf der neunziger Jahre ist keine gerichtete Bewegung des Ökosystems erkennbar. Der aus der Vegetationszusammensetzung abgeleitete niedrige Wert der Feuchtekennzahl ist mit hoher Wahrscheinlichkeit ein temporäres Ergebnis der relativ trockenen Vegetationsperiode des Jahres 1996. Im Jahr 2000 hat sich der Wasserhaushalt des Ökosystems wieder stabilisiert. Der Kohlenstoffvorrat im Oberboden ist offensichtlich noch im Aufbau begriffen.

Die Befunde bestätigen die Erkenntnis, dass die der potentiellen natürlichen Vegetationszusammensetzung entsprechenden Buchenwälder des nordostdeutschen Tieflands in Reaktion auf die erhöhten Stoffeinträge während der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts eine bemerkenswerte Pufferfähigkeit gezeigt haben. Im Hinblick auf den erwarteten Klimawandel sollte bei der anstehenden Naturverjüngung und Jungbestandspflege darauf geachtet werden, weitere natürlich an kommende Laubbaumarten zu fördern.