

Ergebnisse der BZE II in Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt

Bestätigt die BZE die Trophieeinschätzung der forstlichen Standortskartierung?

Jan Evers, Uwe Paar und Johannes Eichhorn

Die Kenntnis der Nährstoffausstattung forstlicher Standorte ist eine entscheidende Grundlage für eine nachhaltige, ökologisch begründete Waldwirtschaft. Informationen zur Nährstoffausstattung von Waldböden sind im Wesentlichen aus den forstlichen Standortskartierungen der Länder, den Ergebnissen der Bodenzustandserhebung (BZE), den Bodenuntersuchungen auf Experimental- und Forschungsflächen sowie dem Intensiven Monitoring ableitbar. In dieser Untersuchung wird die Nährstoffausstattung auf Basis der Bodenzustandserhebung mit den Trophiestufen aus der Standortskartierung der Länder Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt verknüpft.

Diese Verknüpfung der Trophie der forstlichen Standortskartierung, die vorwiegend auf Zeigerarten der Vegetation, Humuszustand und Ausgangssubstrat des Mineralbodens beruht, mit den überwiegend auf Messdaten beruhenden Ergebnissen der BZE ist schon seit geraumer Zeit als notwendig erachtet worden [18, 40]. Hinsichtlich des Wasserhaushaltes forstlicher Standorte konnte bereits gezeigt werden, dass sich Schätzdaten aus der Standortskartierung relativ gut mit Messwerten aus der BZE validieren lassen [27]. Die folgende Auswertung stellt den geschätzten Trophiestufen aus den Standortskartierungen von Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt die Mittelwerte und Streuungen der gemessenen Nährstoffausstattung aus der BZE gegenüber. Die Bewertung erfolgt anhand der forstüblichen Bewertungssufen aus der forstlichen Standortskartierung [1]. Zusätzlich lassen sich die unterschiedlichen Kartierungsverfahren der Trägerländer der Nordwestdeutschen Forst-

lichen Versuchsanstalt (NW-FVA) vergleichen und validieren. Dies bietet einen überregionalen Rahmen für den Vergleich der Ergebnisse der Standortskartierung, kann regionale Besonderheiten aufzeigen und auf Kartiersystem-bezogene Unterschiede und Unschärfen in der Standortskartierung hinweisen. Auf dieser Basis können die natürliche Leistungskraft der Waldböden quantifiziert, Maßnahmen wie Waldkalkung und Biomassennutzung optimiert und modellbasierte Szenarien erstellt werden.

Zwischen 2007 und 2009 fand in den Wäldern der Trägerländer der NW-FVA Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein die zweite bundesweite Bodenzustandserhebung (BZE II) statt. Sie folgt der ersten Waldbodenzustandserhebung (BZE I), die 1991 bis 1993 durchgeführt wurde. Die Aufnahmen beider BZE-Erhebungen fanden auf den Inventurpunkten des forstlichen Umweltmonitorings statt.

Die bundesweit systematische Stichprobeninventur der BZE zum Zustand der Waldböden als integraler Bestandteil des forstlichen Umweltmonitorings gibt ein umfassendes und flächendeckendes Bild hinsichtlich des aktuellen Zustandes und der Veränderungen der Waldökosysteme und der Erfüllung der Waldbodenfunktionen. Die vielfältigen Zielsetzungen der BZE sind verschiedentlich ausführlich dargestellt [3, 20, 39]. Darüber hinaus liefern die BZE-Ergebnisse wichtige Grundlagen für die Standortskartierung, die Kalkungs-

Dr. J. Evers ist wissenschaftlicher Angestellter in der Abt. Umweltkontrolle, Sachgebiet Wald- und Bodenzustand bei der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt, Dr. U. Paar ist Leiter dieses Sachgebietes und Prof. Dr. J. Eichhorn leitet die Abteilung.



Jan Evers
jan.evers@nw-fva.de

Methodik

An 388 in den Trägerländern gelegenen BZE-II-Punkten wurden die austauschbaren Kationen (Ake, Perkolation mit NH_4 , [38]), die Trockenrohdichte des Feinbodens und der Skelettgehalt im Mineralboden laboranalytisch nach den BZE-Tiefenstufen bestimmt. Daraus wurden die Ake, die Basensättigung und die Elementvorräte für Calcium, Magnesium und Kalium bis 90 cm Bodentiefe ECO-Datenbank gestützt berechnet [36, 37]. Zusätzlich wurden zu diesen Daten die jeweiligen Vorräte im Auflagehumus (Königswasseraufschluss) addiert [Methoden siehe 21, 22, 23, 39]. Die Bewertungen der jeweiligen Nährstoffausstattung, im Folgenden Trophiebewertungsstufe genannt, erfolgten nach den Tabellen der Forstlichen Standortskartierung [1]. Zum Zeitpunkt dieser Auswertung stand der BZE II Datensatz von Schleswig-Holstein noch nicht zur Verfügung, die Integration dieser Daten ist noch nicht abgeschlossen.

planung und/oder die Waldbaukonzepte und Nutzungsstrategien der Länder.

Die forstliche Standortskartierung bewertet neben dem Klima und Geländewasserhaushalt die Trophie von Waldstandorten als einen zentralen Standortfaktor, der maßgeblich das Standortpotenzial und die waldbaulichen Möglichkeiten und Grenzen bestimmt. Die Standortskartierer schätzen die Trophie flächig über Informationen des geologischen Ausgangssubstrates, der

Tab. 1: Zuordnung der Trophiestufen der Standortskartierungen der Länder nach [34]

Niedersachsen	Hessen	Sachsen-Anhalt
Nährstoffzahl	Trophie	Nährkraftstufe
6	1+ = Karbonat-eutroph	..RC.. = reich-karbonatisch bis R
5, 5+	1, 1- = eutroph	..R.. = reich
4+, 5-	2+ = gut mesotroph	..K.. = kräftig
3, 3+, 4-, 4	2 = mesotroph	..M.. = mittel
2+, 3-	2- = schwach mesotroph	..Z.. = ziemlich arm
1, 2-, 2	3 = oligotroph	..A.. = arm

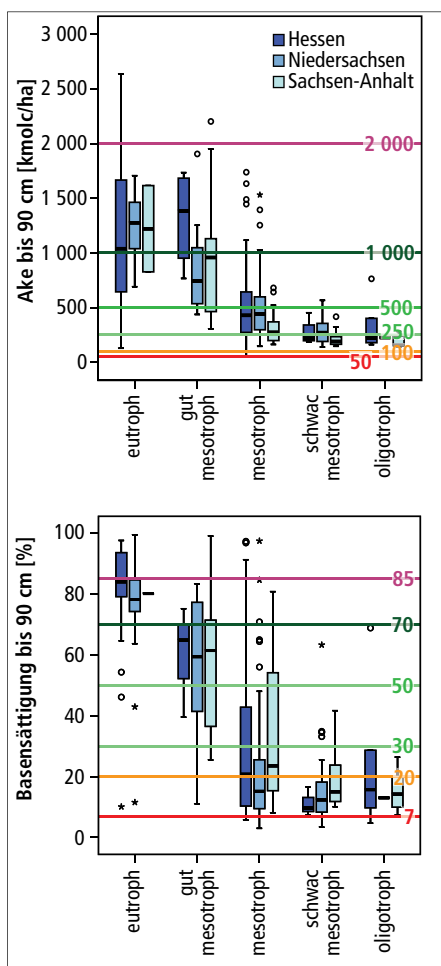


Abb. 1: Effektive Austauschkapazität (Ake) und Basensättigung im Mineralboden bis 90 cm Bodentiefe aus der BZE II nach Trophiestufen aus der Standortkartierung, als horizontale Linien eingezeichnet sind die Grenzen der Bewertungsbereiche für die Ake aus der Forstlichen Standortaufnahme [1].

Zusammensetzung der Deckschichten, des Zustandes der Humusauflagen, Zusammensetzung der Vegetation und Bestandesdaten unter Einbeziehung der Bestandesgeschichte ein. Chemische Analysen von Leitprofilen ergänzen diese Einschätzung.

Da die Kartierungssysteme der forstlichen Standortkartierung der Trägerländer der NW-FVA verschieden sind, lassen sich deren Ergebnisse jedoch nicht direkt ineinander überführen. Für eine länderübergreifend einheitliche Beurteilung der forstlichen Standorte hinsichtlich unterschiedlichster Fragestellungen (Klimawandel, Waldkalkung, Kohlenstoffspeicherung, Biomassennutzung, Waldumbau) ist es erforderlich, die unterschiedlichen Verfahren der Standortkartierungen der Länder zu parallelisieren. Eine Expertengruppe, bestehend aus den Hauptverantwortlichen für die Standortkartierung der jeweiligen Trägerländer, Standortkartierern und Bodenkundlern hat daher eine Synopse zur Parallelisierung der Standortkartierungsschlüssel der Trägerländer erarbeitet [35]. Die Synopse beinhaltet u. a. eine Gegenüberstellung der Trophiestufen in den Kartiersystemen der Länder

Hessen, Niedersachsen und Schleswig-Holstein sowie Sachsen-Anhalt. Aus dieser kann abgeleitet werden, welche Trophiestufen einander entsprechen (Tab. 1).

Im Folgenden werden die von der Standortkartierung kartierten Trophiestufen für die Polygone der jeweiligen Standortskarten, in denen die BZE-Punkte liegen, den gemessenen Parametern effektive Austauschkapazität, Basensättigung, Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorräte aus der BZE II gegenübergestellt. Die ebenfalls wichtigen Nährelemente Stickstoff und Phosphor werden in zukünftigen Veröffentlichungen dargestellt.

Austauschkapazität und Basensättigung

Die Ake stellt mit der Summe der austauschbaren Kationen im Mineralboden neben der Mineralverwitterung und Mineralisierung die wichtigste Quelle relativ leicht verfügbarer Nährstoffkationen dar. Die Höhe der Austauschkapazität wird im Wesentlichen durch den Ton- und Kohlenstoffgehalt im Mineralboden bestimmt, beide Größen sind im Gelände anhand der Bodenart und -farbe relativ gut abzuschätzen. Deswegen können zwischen der gemessenen Ake und der Trophieabschätzung durch die Standortkartierung relativ gute Zusammenhänge vermutet werden. Die tatsächliche Belegung des Austauschers mit Nährstoffkationen kann jedoch bei gleicher Ake sehr verschieden sein und ist schwer im Gelände schätzbar. Sie wird über die Basensättigung ausgedrückt und ist das Ergebnis einer chemischen Analyse. In Abb. 1 und Tab. 2 sind die Ake und Basensättigung für die betrachteten Länder nach Trophiestufen dargestellt.

Die mit mesotroph kartierten BZE-Punkte stellen den überwiegenden Anteil mit über 50 % aller BZE-Punkte. Es folgen die schwach mesotroph kartierten BZE-Punkte, die vorwiegend im Tiefland Niedersachsens und Sachsen-Anhalts mit knapp 20 % liegen. 10 % aller BZE-Punkte sind gut mesotroph, 15 % eutroph und nur 3 % oligotroph. Der oligotrophe Bereich ist damit nur schwach mit BZE-Punkten belegt, die Aussagen daher wenig abgesichert. Je nach Land sind einzelne Trophiebereiche ebenfalls nur gering belegt und damit unsicher.

Die Mediane der gemessenen Ake bis 90 cm Bodentiefe liegen in allen drei Bundesländern in den mit mesotroph kartierten BZE-Punkten in der mittleren Trophiebewertungsstufe zwischen 250 und 500 kmol_c/ha. Die mit gut mesotroph kartierten BZE-Punkte heben sich deutlich von denen als mesotroph eingestuft ab,

mit Ausnahme Hessens, dort liegen die mit eutroph kartierten BZE-Punkte in der Ake noch einmal deutlich über den gut mesotroph kartierten Punkten. Die mit schwach mesotroph kartierten BZE-Punkte liegen in Hessen und Sachsen-Anhalt mit dem Median der Ake im gering bis mittleren Bewertungsbereich zwischen 100 bis 250 kmol_c/ha, in Niedersachsen im mittlerem Bewertungsbereich. Die mit oligotroph kartierten BZE-Punkte unterscheiden sich nicht wesentlich von den mit schwach mesotroph eingestuft BZE-Punkten.

Die Mediane der durchschnittlichen Basensättigung bis 90 cm Bodentiefe liegen bei den mit mesotroph kartierten BZE-Punkten im Gegensatz zur Ake deutlich unter der mittleren Trophiebewertungsstufe (30 bis 50 % Basensättigung). Der Median in Hessen liegt für die mesotrophen BZE-Punkte bei 21 %, in Niedersachsen bei 15 % und in Sachsen-Anhalt bei 24 % Basensättigung. Die mit gut mesotroph eingestuft BZE-Punkte heben sich deutlich mit Basensättigungen um 60 %, allerdings mit weiten Streuungen, vom mesotrophen Bereich ab. Die mit eutroph eingestuft BZE-Punkte liegen mit den Medianen der Basensättigung noch höher. Die mit schwach mesotroph eingestuft BZE-Punkte weisen noch geringere Basensättigungen als der mesotrophe Bereich auf, wie bereits bei der Ake gibt es kaum Unterschiede zum oligotrophen Bereich.

Die Ergebnisse der BZE bestätigen sowohl bei der Ake als auch der Basensättigung die von der Standortkartierung zugeordneten Trophiebereiche. Die Streuungen der Ake sind mit besser werdender Trophie erheblich, dem jedoch die weiten Spannen der Bewertungsbereiche Rechnung tragen. Hinsichtlich der Basensättigung streuen auch die mit mesotroph kartierten BZE-Punkte von basenarm bis basenreich, welches als Hinweis auf die unterschiedliche Ausstattung, Belastung und Historie dieser BZE-Punkte hindeutet und die Schwierigkeit belegt, die Basensättigung von mittleren Standorten im Rahmen einer Kartierung zu schätzen. Die Trophiestufen der einzelnen Bundesländer sind relativ gut vergleichbar, auch wenn es vereinzelt Unterschiede gibt. Dies spricht zum einen für die vorgenommene Parallelisierung der Trophie in den verschiedenen Standortkartierungen der Länder und zum anderen für die relativ gute Einschätzung der Standortpotenziale durch die Standortkartierung. Die nicht den Trophiebewertungsstufen der Ake entsprechende und grundsätzlich in den jeweiligen Trophiestufen deutlich geringere Basensättigung ist ein deutlicher Hinweis auf belastete Waldstandorte, vorwiegend

durch Versauerung durch luftbürtige Säureeinträge.

Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorräte

In Hessen und Niedersachsen liegt der Median der Calciumvorräte aller BZE-II-Punkte in der mesotrophen Stufe auch in der mittleren Trophiebewertungsstufe zwischen 800 und 2 000 kg/ha Calcium, in Sachsen-Anhalt liegt der Median mit 740 kg/ha Calcium leicht unter diesem Bereich (Abb. 2). Damit wird der tatsächliche Calciumvorrat über die Trophieeinschätzung mesotroph der forstlichen Standortskartierung relativ gut geschätzt. Die Streuungen sind jedoch erheblich: Bereits das 25 % Perzentil sowie das 75 % Perzentil liegen eine Trophiestufe tiefer bzw. höher; die höchsten bzw. niedrigsten 5 % fallen sogar in den eutrophen bzw. oligotrophen Trophiebereich. Dies zeigt, dass jeweils 25 % der mesotrophen BZE-Punkte mindestens eine Bewertungsstufe unterschätzt bzw. überschätzt werden, diese Standorte sind hinsichtlich der Calciumversorgung eine Stufe besser bzw. schlechter. Die BZE-Punkte in den besseren Trophiestufen gut mesotroph und eutroph liegen mit ihren tatsächlichen Calciumvorräten in allen drei Bundesländern mit wenigen Ausnahmen auch in entsprechend hohen Bewertungsbereichen für Calcium und heben sich deutlich vom mesotrophen Bereich ab. Der eutrophe Bereich unterscheidet sich in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt noch einmal deutlich vom gut mesotrophen Bereich. Die Einschätzung der forstlichen Kartierung schwach mesotroph wird bestätigt, der Median für den Calciumvorrat der entsprechenden BZE-Punkte liegt in allen Bundesländern in der geringen bis mittleren Bewertungsstufe. Auch in diesem Bereich sind die Streuungen hoch und umfassen bis zu zwei Trophiestufen in beiden Richtungen. Der oligotrophe Bereich ist nur gering mit BZE-II-Punkten belegt und unterscheidet

Tab. 2: Effektive Austauschkapazität (Ake) und Basensättigung im Mineralboden bis 90 cm Bodentiefe der BZE-Punkte im Vergleich der Trophiestufen aus der Standortkartierung der Länder

Trophie		N	Ake (kmol _c /ha)					Basensättigung (%)				
			Mittel	SD	Perz 25	Median	Perz 75	Mittel	SD	Perz 25	Median	Perz 75
eutroph	Hessen	32	1 300	1 100	640	1 000	1 700	81	20	79	84	94
	Niedersachsen	23	1 200	310	1 000	1 300	1 500	74	23	74	78	85
	Sachsen-Anhalt	2	1 200	560	830	1 200	1 600	80	.	80	80	80
gut mesotroph	Hessen	4	1 300	450	950	1 400	1 700	60	18	40	65	75
	Niedersachsen	10	870	450	540	740	1 000	57	24	41	59	77
	Sachsen-Anhalt	25	1 021	760	460	960	1 100	60	25	37	61	71
mesotroph	Hessen	93	550	500	270	430	640	31	24	10	21	43
	Niedersachsen	86	500	270	300	440	600	22	20	9	15	26
	Sachsen-Anhalt	28	310	140	200	270	370	33	24	15	24	60
schwach mesotroph	Hessen	4	270	120	200	220	340	11	5	7	10	17
	Niedersachsen	49	290	110	190	270	350	15	11	8	12	18
	Sachsen-Anhalt	14	220	80	160	190	230	19	10	11	15	26
oligotroph	Hessen	6	320	230	180	220	400	24	24	10	16	29
	Niedersachsen	1	230					13	.			
	Sachsen-Anhalt	7	190	60	150	160	240	15	7	8	14	21

sich in seinen Calciumvorräten kaum vom schwach mesotrophen Bereich, auch hier treten hohe Streuungen auf.

Die Unterschiede zwischen den Bundesländern, bezogen auf eine Trophiestufe, sind relativ gering, damit können die Trophiestufen hinsichtlich Calcium als vergleichbar angesehen werden. Das bedeutet, dass die unterschiedlichen Verfahren der Standortkartierung in den drei Ländern über das Verfahren der Parallelisierung (Tab. 1) vergleichbare Trophieeinstufungen hinsichtlich Calcium erzeugen.

Wie bereits bei Calcium wird auch bei Magnesium der mesotrophe Bereich zwischen 200 und 500 kg/ha mit dem Median aller BZE-II-Punkte für diese kartierte Trophiestufe in Hessen und Niedersachsen getroffen. In Sachsen-Anhalt liegt der Median der BZE-II-Punkte in den mit mesotroph kartierten Bereichen in der schwach mesotrophen Bewertungsstufe, diese Standorte werden also in der Kartierung hinsichtlich ihrer Magnesiumvorräte überschätzt. Der gut mesotrophe und eutrophe Bereich hebt sich wie bei Calcium auch bei Magnesium deutlich vom mesotrophen Bereich ab. Die in Hessen mit gut mesotroph kartierten BZE II-Punkte liegen für Magnesium schon deutlich im eutrophen Bereich,

diese Standorte wurden also bei der Kartierung unterschätzt. Der durch die Kartierung als schwach mesotroph eingestufte Bereich wird durch die Mediane in allen drei Bundesländern bestätigt und grenzt sich deutlich vom mesotrophen Bereich ab. Der oligotroph kartierte Bereich wird in Sachsen-Anhalt durch die BZE-II-Punkte gut bestätigt, der Median für den Magnesiumvorrat liegt mit 80 kg/ha im geringen Bewertungsbereich. Grundsätzlich lassen sich auch bei Magnesium die Trophiestufen der forstlichen Standortkartierung durch die BZE-II-Ergebnisse bestätigen. Auch sind die Kartierungen der Bundesländer hinsichtlich des Magnesiumvorrates vergleichbar, wobei der mittlere Bereich in Sachsen-Anhalt durch die Kartierung eher überschätzt wird. Wie bereits bei Calcium sind auch bei Magnesium die Streuungen erheblich und umfassen bis zu zwei Trophiestufen in beide Richtungen.

Im Unterschied zu Calcium und Magnesium liegen die Kaliumvorräte der BZE II-Punkte in den als mesotroph kartierten Standorts-Bereichen im geringen bis mittleren (Hessen und Sachsen-Anhalt) und geringen Bewertungsbereich (Niedersachsen). Die Kaliumvorräte werden damit im Gelände durch die Standortkartierung für

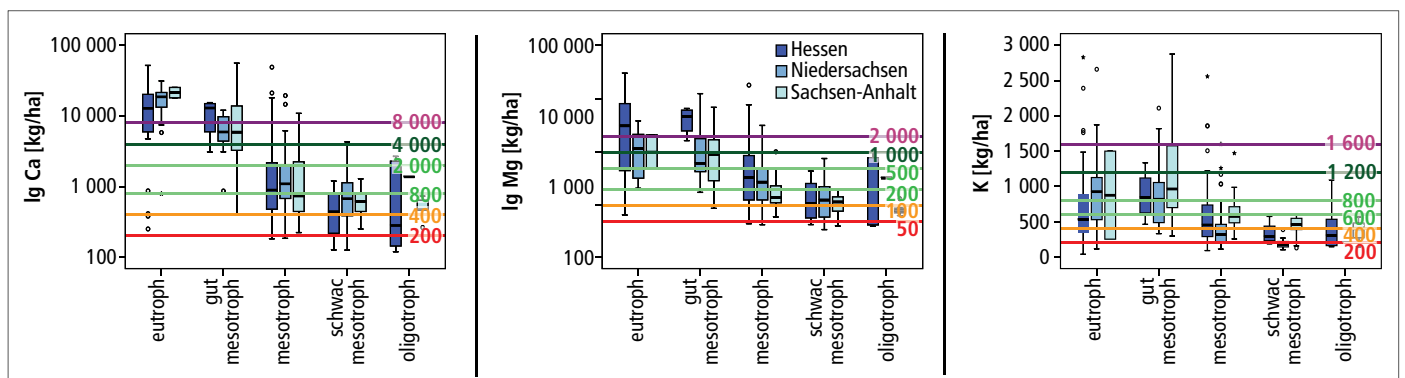


Abb. 2: Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorräte der BZE-Punkte nach Trophiestufen aus der Standortkartierung (Maßstab logarithmisch für Ca und Mg, eingezeichnet sind die jeweiligen Grenzen der Bewertungsbereiche für die Elemente aus der Forstlichen Standortsaufnahme [1])

Tab. 3: Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorräte der BZE-Punkte (Auflagehumus und Mineralboden bis 90 cm) im Vergleich der Trophiestufen aus der Standortkartierung der Länder

Trophie		Ca (kg/ha)						Mg (kg/ha)					K (kg/ha)				
		N	Mittel	SD	Perz 25	Median	Perz 75	Mittel	SD	Perz 25	Median	Perz 75	Mittel	SD	Perz 25	Median	Perz 75
eutroph	Hessen	32	14 700	12 300	6000	12 900	20 300	5 500	6 400	520	3 200	8 200	760	650	340	530	890
	Niedersachsen	23	17 600	7 400	12800	18 700	21 900	1 400	1 200	330	1 200	2 300	950	570	490	930	1 200
	Sachsen-Anhalt	2	21 800	5 200	18100	21 800	25 400	1 300	1 200	480	1 300	2 200	880	890	260	880	1 500
gut mesotroph	Hessen	4	11 200	5 700	7400	13 100	15 000	4 500	2 200	2 800	4 800	6 200	880	370	630	850	1 200
	Niedersachsen	10	6 900	3 700	4400	6 000	9 800	2 400	4 000	440	630	1 800	940	600	490	820	1 100
	Sachsen-Anhalt	25	11 400	14 000	3300	6 000	13 900	1 400	1 500	300	920	1 800	1 200	710	700	970	1 600
mesotroph	Hessen	93	2 900	6 200	480	900	2 200	1 100	2 400	130	340	870	590	430	290	460	740
	Niedersachsen	86	1 900	2 800	640	1 100	2 100	410	490	130	260	490	390	280	200	320	470
	Sachsen-Anhalt	28	1 800	2 400	450	740	2 300	210	190	120	140	240	610	250	490	580	720
schwach mesotroph	Hessen	4	560	460	250	450	860	180	190	70	120	300	340	170	230	290	440
	Niedersachsen	49	930	820	390	680	1 200	180	150	70	140	240	190	60	150	180	220
	Sachsen-Anhalt	14	670	300	450	620	800	120	50	80	120	150	440	160	390	460	550
oligotroph	Hessen	6	970	1 200	150	300	2 300	360	440	50	130	790	430	360	160	310	540
	Niedersachsen	1	1 400									210					
	Sachsen-Anhalt	7	530	160	470	480	670	90	30	70	90	90	380	170	160	400	490

den mesotrophen Bereich deutlich überschätzt. Die mit gut mesotroph und eutroph kartierten Bereiche weisen entsprechend höhere Kaliumvorräte auf, die dem mittleren bis hohen Bewertungsbereich entsprechen. Sie liegen allerdings eher an den unteren Grenzen dieser Bewertungsbereiche. Die Mediane im eutrophen und gut mesotrophen Bereich heben sich wenig voneinander ab. Eine Ausnahme bilden die als eutroph kartierten BZE-Punkte in Hessen, hier liegen die Kaliumvorräte der BZE-II-Punkte mit 530 kg/ha Kalium im mittlerem Bereich, also zwei Trophiebewertungsstufen unter der Einschätzung der Standortkartierung. Die Überschätzung der Kaliumvorräte setzt sich auch im unteren Trophiebereich fort, die mit schwach mesotroph eingeschätzten Bereiche liegen mit Ausnahme von Sachsen-Anhalt nicht im mittleren bis geringen, sondern im geringen bis sehr geringen Bewertungsbereich. Die Kaliumvorräte sind in Sachsen-Anhalt in den jeweiligen Trophiestufen bis auf den eutrophen Bereich höher als in Niedersachsen und Hessen.

Insbesondere die Ergebnisse für Kalium sind bedeutsam für die Zuweisung von Ausschlussflächen für die Biomassennutzung (Ampelkarten): die Ergebnisse belegen, dass die tatsächlichen Kaliumvorräte im mesotrophen und schwach mesotrophen Standortbereich deutlich geringer sind als die Erwartungswerte der Trophiebewertungsstufen nach der forstlichen Standortkartierung [1].

Einfluss der Kalkung

In Hessen und Niedersachsen wurden in der Vergangenheit umfangreiche Waldkalkungen zur Kompensation der luftbürtigen Säureinträge durchgeführt. Üblicherweise wurden 3 t/ha kohlensaure Magnesiumkalke ausgebracht, die je nach Zu-

sammensetzung des Kalkes pro Kalkungsmaßnahme ungefähr 800 kg Calcium je ha eintrugen. Moderates Ziel dabei war es, kritische Bereiche im Mineralboden soweit auszugleichen, dass mindestens 20 % Basensättigung erreicht werden [26, 31]. Bei der Einschätzung der Trophie im Rahmen der Standortkartierung werden Waldkalkungen in der Regel nicht berücksichtigt. Für die Ableitung von Rahmenwerten für die Trophiestufen aus der BZE ist die Kenntnis über erfolgte Waldkalkungen an den BZE-Punkten außerordentlich wichtig, da die chemischen Analysen im Rahmen der BZE durch die Waldkalkung beeinflusst werden. Die Kalkungsmaßnahmen in Hessen und Niedersachsen hatten ihren Schwerpunkt auf mesotrophen und schwach mesotrophen Standorten. Sehr schwache oligotrophe Standorte, gut mesotrophe und eutrophe Standorte wurden meist nicht gekalkt, daher sind im Folgenden nur die mesotrophen und schwach mesotrophen Standorte dargestellt.

Abb. 3 zeigt die Basensättigung dieser Standorte für die Bodentiefen 0 bis 30, 30 bis 60 und 60 bis 90 cm in Abhängigkeit der Kalkung. Der Kalkungseinfluss zeigt sich deutlich: Bei den gekalkten Standorten ist die durchschnittliche Basensättigung in allen Tiefenbereichen höher als bei den ungekalkten, erwartungsgemäß besonders in der Stufe 0 bis 30 cm. Bei den gekalkten Standorten liegt die Basensättigung in der Tiefenstufe 0 bis 30 cm im Median bei 20 % Basensättigung, bei den ungekalkten Standorten liegen über 75 % dieser Standorte unter diesem Wert. Die Bodenschichten unterhalb 30 cm liegen für alle Standorte unabhängig von einer Kalkung im Median unter 20 % Basensättigung. Kalkungsmaßnahmen können danach das angestrebte Ziel von 20 % Basensättigung erreichen und führen die obersten Bodenschichten aus der

basenarmen in die untere mittlere Bewertungsstufe. Mittlere Bereiche zwischen 30 und 50 % Basensättigung sind durch die Waldkalkung auf diesen Standorten jedoch nicht erreicht oder überschritten worden. Waldkalkungen sind deshalb nicht als Walddüngung zu verstehen. Eine veränderte Einschätzung in den Trophiebewertungsstufen ergibt sich durch eine Waldkalkung nach den Befunden der Basensättigung nicht.

Die mit der Kalkung ausgebrachte Calciummenge könnte die Trophiebewertung ebenfalls beeinflussen. In Abb. 4 sind die Calciumvorräte in Abhängigkeit der Kalkung dargestellt.

Danach bleiben die mesotrophen Standorte sowohl in Niedersachsen als auch in Hessen auch nach der Kalkung im mittleren Bewertungsbereich für den Calciumvorrat. Der Median wird um 600 kg Ca/ha in Niedersachsen und 800 kg Ca/ha in Hessen erhöht, was rechnerisch ungefähr dem durch eine Kalkung zugeführten Calcium entspricht. Dies zeigt, dass in Niedersachsen auf den gekalkten BZE-Punkten durch die Kalkung wieder mittlere Calciumvorräte erreicht werden. Auf den mesotrophen ungekalkten BZE-Punkten liegt der Median an der Untergrenze des mittleren Bewertungsbereiches. In Hessen liegen die mit mesotroph kartierten BZE-Punkte ohne Kalkung im schwach mesotrophen Bewertungsbereich für den Calciumvorrat, eine Kalkung führt wie in Niedersachsen wieder zu mittleren Verhältnissen. Die schwach mesotrophen Standorte in Niedersachsen sind rechnerisch vom geringen Bewertungsbereich über die Kalkung in den mittleren Bewertungsbereich für Calcium gelangt. Dieser Bewertungsbereich entspricht jedoch den Standorten im Median, die Ake liegt im unteren mittleren Bereich für die schwach mesotrophen Standorte in Niedersachsen (Tab. 2).

Eine Waldkalkung hat demnach wenig Auswirkung auf die Einschätzung der Trophiestufe im Rahmen der Standortskartierung. Soll allerdings die Biomassenutzung insbesondere auf mesotrophen und schwächeren Standorten intensiviert werden, ist die Kenntnis über erfolgte Waldkalkungen wichtig, um ein nachhaltiges Nährstoffmanagement bei der Waldbewirtschaftung zu gewährleisten. Bei gekalkten Standorten ist der Calciumvorrat höher, sodass Nährstoffentzüge durch eine Biomassenutzung weniger kritisch einzuschätzen sind.

Folgerungen

Die Gegenüberstellung der Trophiestufen aus der forstlichen Standortskartierung und der Ergebnisse aus der BZE II hinsichtlich der Parameter effektiver Austauschkapazität, Basensättigung, Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorräte im Mineralboden bis 90 cm konnten zeigen, dass die Trophiestufen im Rahmen der Standortskartierung ein relativ guter Schätzer der Standortsgüte sind. Deutlich lassen sich die besseren Trophiestufen und die schwächeren Trophiestufen vom mittleren Trophiebereich abgrenzen. Zwischen dem oligotrophen und mesotrophen Bereich konnten allerdings keine gesicherten Unterschiede festgestellt werden.

Standorte mit mittlerer Trophieeinschätzung wiesen überwiegend auch mittlere Werte bei der Ake sowie dem Calcium- und Magnesiumvorrat auf. Dies liegt darin begründet, dass die Ake eng an den Tongehalt, das Ausgangssubstrat sowie den Kohlenstoffgehalt im Mineralboden gekoppelt ist. Diese Eigenschaften sind mit der Standortskartierung einschätzbar. Da Calcium und Magnesium im Gegensatz zu Kalium relativ fest am Austauscher gebunden sind, sind auch diese Elemente mit der Ake korreliert. Beim mobileren Kalium sind die tatsächlichen Vorräte im Unterschied zu Calcium und Magnesium in den jeweiligen Trophiestufen auffallend geringer, die gemessenen Kaliumvorräte liegen deutlich unter den entsprechenden Trophiebewertungsstufen für die jeweilige Trophiestufe. Dieses ist besonders vor dem Hintergrund der Biomassenutzung zu beachten. Die Basensättigung zeigt, dass die aktuelle Belegung des Austauschers in den mesotrophen und ungünstigeren Trophiestufen deutlich im basenarmen Bereich liegt. Dies ist ein Hinweis darauf, dass viele dieser Standorte durch lang anhaltende Säurebelastungen, historisch intensive Nutzungen und/oder relativ geringer Mineralverwitterungsraten aktuell kritische Zustände im Wurzelraum aufweisen.

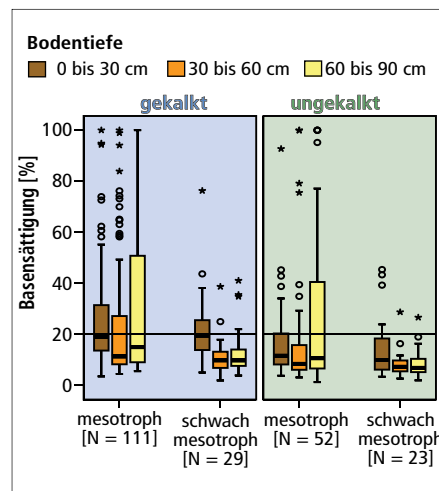


Abb. 3: Basensättigung nach Bodentiefen und Trophie, differenziert nach gekalkt und ungekalkt in den Ländern Hessen und Niedersachsen

In Hessen, teilweise auch in Niedersachsen, wurden Standorte als mesotroph eingestuft, die hinsichtlich der tatsächlichen Nährstoffausstattung für Calcium, Magnesium und Kalium in bessere oder schlechtere Trophiestufen fallen würden. Diese Standorte sind hinsichtlich ihres Nährstoffpotenzials unter- bzw. überschätzt worden, was zu entsprechenden Unschärfen in der waldbaulichen Einschätzung und Maßnahmenplanung führt, wie z. B. bei der Waldkalkung oder der Vollbaumnutzung. Hier könnte die Kenntnis der Supstratgruppen [10] und die Information über erfolgte Waldkalkungen die Einschätzung der Nährstoffausstattung verbessern.

Zwischen den Einstufungen der Trophiestufen auf Basis der unterschiedlichen Kartierungsverfahren der Bundesländer Hessen, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt und der bodenchemischen Parameter aus der BZE konnten nach einer Parallelisierung der Trophiestufen [35] überwiegend gute Übereinstimmungen festgestellt werden. Dies erlaubt länderübergreifende Auswertungen und Bewertungen der Trophiestufen aus der Standortskartierung. Zusätzlich geben die Messdaten der BZE-Rahmenwerte zur Beurteilung der Trophiestufen für die Polygone der Standortskartierung vor und schaffen damit abgesicherte Grundlagen für operationales Handeln. Auch Unterschiede wurden deutlich, so sind z. B. die Kaliumvorräte in Sachsen-Anhalt höher als in Niedersachsen und Hessen.

Weiterhin erlauben die Ergebnisse der BZE in Verbindung mit Standort-Leistungsmodellen, die Trophiebewertungsstufen zu überprüfen. Bei den mesotrophen Standorten sind die Streuungen der gemessenen Parameter allerdings erheblich. Weitere Auswertungen der BZE- und Standortdaten, Regionalisierungsmodelle und gezielte chemische Analysen ausge-

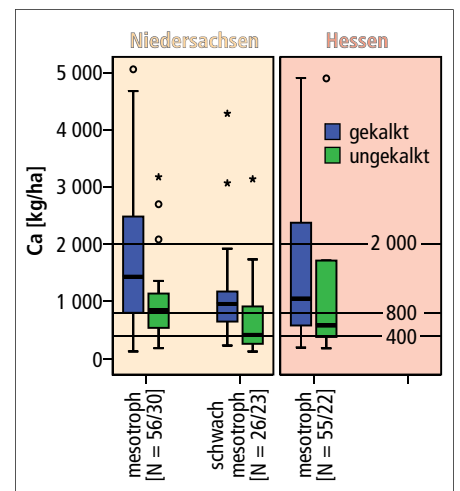


Abb. 4: Calciumvorräte in Niedersachsen und Hessen für die mesotrophe und schwach mesotrophe Trophiestufen in Abhängigkeit der Waldkalkung

wählter Standorte können die Nährstoffeinschätzung der Standortskartierung präzisieren, um das standörtliche Potenzial einzelner Standorte besser abschätzen zu können. Dies sollte mit Nährstoffbilanzen aus dem Intensiven Monitoring und Versuchsflächen für die wichtigsten typischen Standorte ergänzt werden. Auf dieser Grundlage lassen sich forstliche Maßnahmen (u. a. Baumartenwahl, Waldkalkung, Vollbaumnutzung) näher am Standortpotenzial orientieren und nachhaltig ausrichten.

Die Information über erfolgte Waldkalkungen verändert grundsätzlich nicht die Trophieeinschätzung, sie ist aber zur Abschätzung des Standortpotenzials im Zusammenhang mit intensiver Biomassenutzung und weiterer Kalkungsplanung wichtig. In laufenden Kartierungen erscheint es aufgrund dieser Ergebnisse sinnvoll, zum einen die mesotrophe Einstufung genauer zu prüfen und zum anderen besonderes Augenmerk auf die Abgrenzung des schwach mesotrophen und oligotrophen Bereiches zu legen.

Die Ergebnisse zeigen, dass zwischen geschätzter Trophie und tatsächlich gemessener Nährstoffausstattung der BZE-Punkte ein Zusammenhang besteht. Die Kopplung der Trophieansprache mit Substratgruppen [10], BZE-Ergebnissen und Kalkungsinformation kann wesentlich zur Schärfe der Einstufung des Nährstoffpotenzials von Standorten beitragen. Dies erscheint vor dem Hintergrund des Klimawandels, immer noch hoher Belastungen luftbürtiger Säure- und Stickstoffeinträge und steigender Ansprüche an den Wald besonders wichtig.

Literaturhinweise:

Das gemeinsame Literaturverzeichnis der Beiträge zu den Ergebnissen der BZE in den Bundesländern Hessen, Niedersachsen und Sachsen Anhalt finden Sie auf S. 10