

Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortskartierung

Jan Evers und Uwe Paar

Die bundesweit systematische Stichprobeninventur der Bodenzustandserhebung im Wald ist ein integraler Bestandteil des Forstlichen Umweltmonitorings und gibt vor allem ein umfassendes und flächendeckendes Bild von bodenchemischen Kenngrößen in Waldböden hinsichtlich des aktuellen Zustandes und Veränderungen gegenüber der ersten Inventur. Die BZE-Ergebnisse liefern wichtige Informationen für die Forstliche Standortskartierung, die Kalkungsplanung und/oder die Waldbaukonzepte und Nutzungsstrategien der Länder. Das einheitliche Inventurdesign der BZE bei der Probenahme, der chemischen Analyse und der Datenverarbeitung ermöglicht die folgenden länderübergreifenden Auswertungen, die bisher so nicht möglich waren. Die BZE-Daten aus Schleswig-Holstein standen für diese Auswertung noch nicht zur Verfügung.

Zu den Übersichtserhebungen (Level I) im Rahmen des Forstlichen Umweltmonitorings gehören die Bodenzustandserhebungen. In der Zeit zwischen 2007 und 2009 fand in den Wäldern der Trägerländer der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein die zweite bundesweite Bodenzustandserhebung (BZE II) statt. Sie folgt der ersten Waldbodenzustandserhebung (BZE I), die in den Jahren 1991 bis 1993 durchgeführt wurde. An 388 in den Trägerländern gelegenen BZE II-Punkten wurden u. a. die austauschbaren Kationen (Ake - effektive Austauschkapazität (Perkolat mit NH_4)), die Trockenrohdichte des Feinbodens und der Skelettgehalt im Mineralboden laboranalytisch nach den BZE-Tiefen-

stufen bestimmt. Daraus wurden die Austauschkapazität, die Basensättigung und die Elementvorräte für Calcium, Magnesium und Kalium bis 90 cm Bodentiefe Datenbank gestützt berechnet. Zusätzlich wurden zu den Vorräten aus dem Mineralboden die jeweiligen Vorräte im Auflagehumus (Königswasseraufschluss) addiert.

Trophie

Die Abschätzung der Nährstoffausstattung forstlicher Standorte bildet eine entscheidende Grundlage für eine nachhaltige, ökologisch begründete Forstwirtschaft. Informationen zur Nährstoffausstattung von Waldböden liefern vor allem die Forstlichen Standortskartierungen der Länder über die Einstufung in Trophiestufen, die in Standortskarten für die kartierten Gebiete angegeben werden. Da sich die Verfahren der Forstlichen Standortskartierung in den Bundesländern unterscheiden, sind die ausgewiesenen Trophiestufen zunächst länderspezifisch und nicht ohne Weiteres vergleichbar. In einer länderübergreifenden Arbeitsgruppe von erfahrenen Standortskartierern wurden die Verfahren der Standortskartierung in den Ländern Niedersachsen/Schleswig-Holstein, Hessen und Sachsen-Anhalt nebeneinander gestellt und, sofern möglich, parallelisiert. Auf diese Weise entstanden länderübergreifend sechs Trophiestufen, die die länderspezifischen Stufen ineinander überführen und zusammenfassen. Dies hatte für das differenziertere Verfahren in Niedersachsen/Schleswig-Holstein Vergrößerungen zur Folge, erlaubt aber eine länderübergreifende Verkopplung der Ergebnisse der Forstlichen Standortskartierung.



Foto: J. Evers

Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortkartierung



Foto: T. Ullrich

Vergleich der Trophiestufen (bzw. Nährstoffzahl/Nährkraftstufe)

Niedersachsen Schleswig-Holstein Nährstoffzahl	Hessen Trophie	Sachsen-Anhalt Nährkraftstufe
6	1+ = karbonat- eutroph	..RC.. = reich-karbona- tisch 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

Die Verknüpfung der auf Messdaten berechneten Nährstoffausstattung im Waldboden der Bodenzustandserhebung mit den übergreifenden Trophiestufen aus der Standortkartierung der Länder Niedersachsen, Hessen und Sachsen-Anhalt kann zum einen Rahmenwerte für die Trophiestufen liefern und zum anderen die vorgenommene Parallelisierung validieren. Die Absicherung einer Trophieabschätzung durch die chemische Analyse ist vor allem bei Standorten mit mittlerer Nährstoffausstattung sinnvoll und häufig notwendig. In der Regel werden sehr gute Standorte und schlechte Standorte relativ sicher eingeschätzt.

Einschränkend für diesen Vergleich ist hinsichtlich des Datensatzes der BZE zu beachten, dass die Analysedaten überwiegend nur den Bereich bis 90 cm Bodentiefe einheitlich abdecken. Es sind zwar auch tiefere Schichten in die Analyse einbezogen, doch ist dies nicht regelmäßig der

Fall. Die Bodentiefe bis 90 cm kann zwar als Hauptwurzelraum angesehen werden, dennoch umfasst die Trophieabschätzung der Forstlichen Standortkartierung auch soweit vorhanden tiefere Bodenschichten. Diese Bereiche können von Wurzeln erschlossen werden und weisen teilweise beträchtliche Nährstoffvorräte auf. Inwieweit dies an konkreten Standorten der Fall ist, lässt sich am Profil nicht sicher einschätzen. In der Regel ist die Durchwurzelung in Bodentiefen unter 1 Meter gering, insofern wird nicht von einer grundsätzlichen Fehleinschätzung bei der Betrachtung der oberen 90 cm Bodentiefe ausgegangen. Weiterhin ist zu beachten, dass die Trophieeinschätzung durch den Kartierer nicht nur auf bodenchemischen Kenndaten beruht, sondern die Bestandesgeschichte und die Ausprägung der Bodenvegetation, des Auflagehumus und des Bestandes weitere Informationsquellen darstellen.

In den folgenden Auswertungen sind die Trophiestufen aus der Forstlichen Standortkartierung mit den Messdaten aus der BZE für die effektive Austauschkapazität, die Basensättigung sowie die Calcium-, Magnesium- und Kaliumvorräte gegenübergestellt. Als Vergleichsmaßstab sind die forstlich üblichen Bewertungskriterien für diese Parameter farblich hinterlegt, die bundesweit in der Forstlichen Standortaufnahme Verwendung finden.

Bewertungsrahmen nach der Forstlichen Standortkartierung (AK Standortkartierung 2003)							
(eff. Wurzelraum mit Auflagehumus)	sehr gering	gering	gering mittel	mittel	mittel hoch	hoch	sehr hoch
Basensättigung (%)	7	20	30	50	70	85	
Ake (kmolc/ha)	50	100	250	500	1000	2000	
Ca (kg/ha)	200	400	800	2000	4000	8000	
Mg (kg/ha)	50	100	200	500	1000	2000	
K (kg/ha)	200	400	600	800	1200	1600	

Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortkartierung

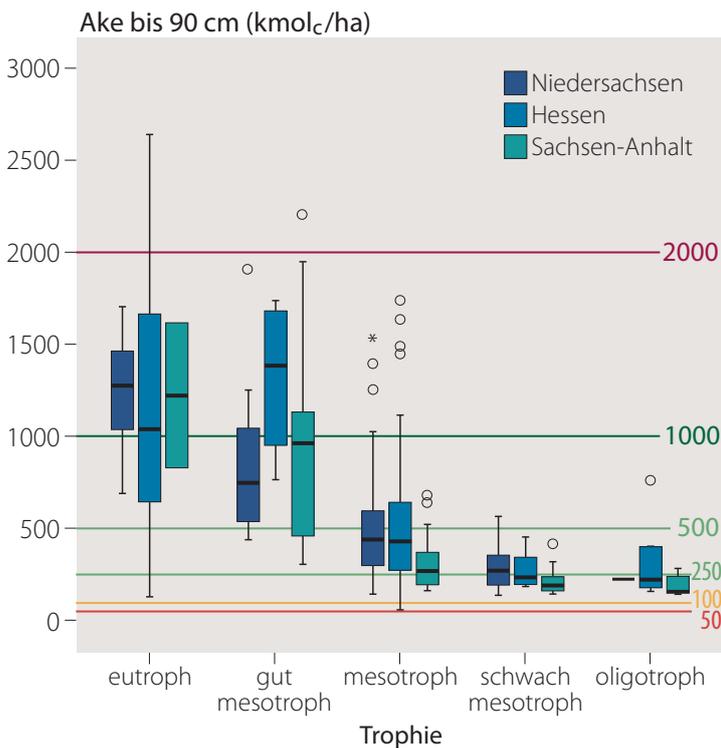


Foto: J. Weymar

stufen BZE-Punkte im unteren mittleren Bewertungsbereich. Die oligotrophe Stufe ist kaum mit BZE-Punkten belegt. Diese gute Übereinstimmung begründet sich darin, dass sich die Ake relativ gut über Feldmethoden durch erfahrene Kartierer an Profilen oder Bohrkernen abschätzen lässt, da sie eng an den Tongehalt, das Ausgangssubstrat sowie den Kohlenstoffgehalt im Mineralboden gekoppelt ist. Zudem werden die Ergebnisse der Standortkartierung in Niedersachsen mit der chemischen Analyse von Bodenproben aus Leitprofilen sowie einem systematischen Netz von Bohrkernen abgesichert.

Ein ähnliches Muster der Ake in den Trophiestufen ergibt sich in Hessen und Sachsen-Anhalt. Eine Ausnahme stellt die gut mesotrophe Stufe in Hessen dar, hier liegen die Werte der Ake noch über der eutrophen Stufe. Auffallend ist auch für alle drei Bundesländer, dass sich die oligotrophe Stufe nicht von der schwach mesotrophen Stufe über die Ake abgrenzen lässt.

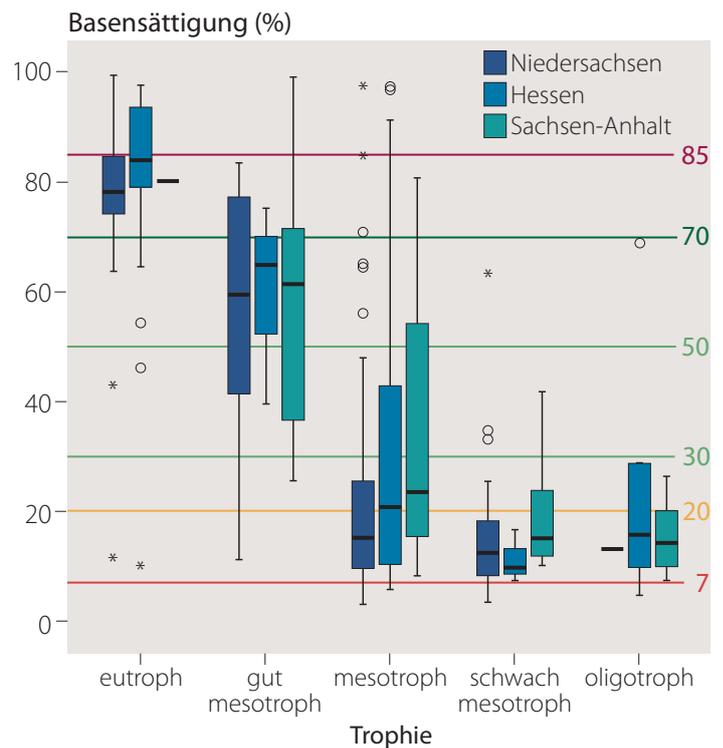
Im Hinblick auf den Parameter Basensättigung ergibt sich ein anderes Bild. Die Basensättigung als wichtiger Indikator für den Bodenzustand kann mit Feldmethoden nicht sicher abgeschätzt werden, hier ist eine Berechnung auf Basis von bodenchemischen Kenndaten erforderlich. Bei der überwiegenden Anzahl der BZE-Punkte mit mittlerer und geringerer Ake liegen



Effektive Austauschkapazität bis 90 cm Bodentiefe der BZE nach Trophiestufen der Forstlichen Standortkartierung der Länder. Die farbigen Linien markieren die Grenzwerte aus der Forstlichen Standortaufnahme (2003).

Hinsichtlich der effektiven Austauschkapazität (Ake) lassen sich die Trophiestufen aus der Forstlichen Standortkartierung der Länder im Wesentlichen bestätigen.

In Niedersachsen werden die übergreifenden Trophiestufen aus der Standortkartierung gut durch die Werte aus der BZE (dunkelblau) bestätigt. Der Median der Ake der mit eutroph eingeschätzten BZE-Punkte liegt auch in der hohen Bewertungsstufe, abgestuft folgen die Mediane der gut mesotrophen Stufe im mittel bis hohen Bewertungsbereich, die mesotrophen Standorte im mittleren und die mit schwach mesotroph einge-



Basensättigung bis 90 cm Bodentiefe der BZE nach Trophiestufen der Forstlichen Standortkartierung der Länder. Die farbigen Linien markieren die Grenzwerte aus der Forstlichen Standortaufnahme (2003).

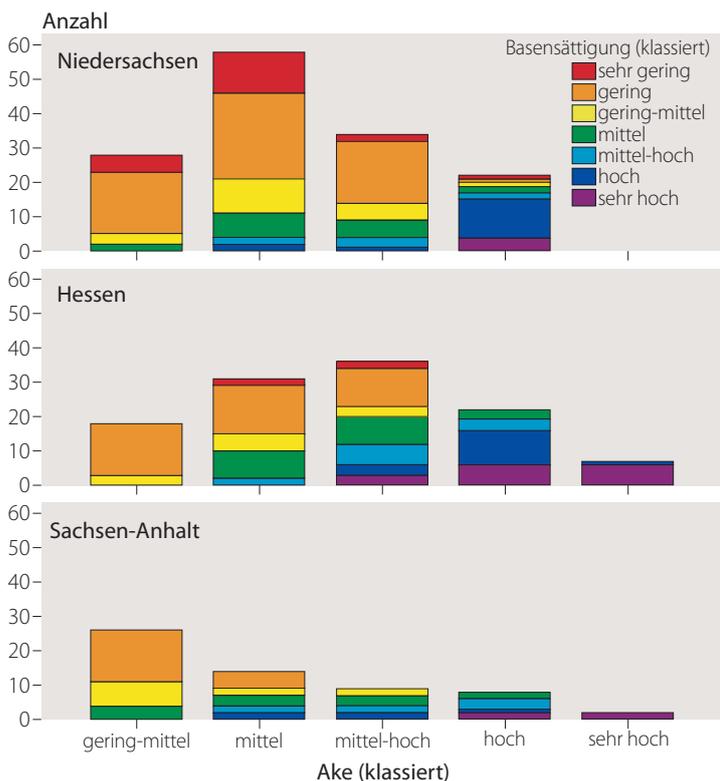
die berechneten Basensättigungen nicht in der entsprechenden Bewertungsstufe, sondern in deutlich schwächeren Stufen. Besonders auffallend ist für Niedersachsen: Der Median der mesotrophen Standorte und der überwiegende Teil der schwach mesotroph eingeschätzten BZE-Punkte liegt deutlich unter 20 % Basensättigung im Hauptwurzelraum bis 90 cm Bodentiefe. Dies ist ein Hinweis darauf, dass diese Standorte durch lang anhaltende Säurebelastungen, historisch intensive Nutzungen und/oder relativ geringe Mineralverwitterungsraten aktuell kritische Zustände hinsichtlich der Basensättigung aufweisen.

Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortskartierung



Foto: J. Weymar

Die Basensättigung ist ein zentraler Indikator für die Güte des chemischen Bodenzustandes. Sie bestimmt zusammenfassend die Nährstoffversorgung des Mineralbodens und damit wesentlich die Ernährungsbedingungen der Waldbäume. Die Basensättigung drückt aus, wie hoch der relative Anteil der basischen Nährstoffkationen Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium im Vergleich zur Summe aller Kationen ist, die an negativen Tonmineralteilchen sowie der organischen Substanz im Boden gebunden sind. Eine Bewertung ist anhand des Leitfadens der Forstlichen Standortaufnahme (2003) möglich: Danach gilt in Böden die Basensättigung als gering bei Werten unter 20 %. Dies sind die am stärksten versauerten Waldböden. Der hohe Versauerungsgrad ist im erheblichen Maß eine Folge luftbürtiger, versauernd wirkender Stoffeinträge. Für Böden mittlerer Nährstoffgüte ist eine Basensättigung zwischen 30 und 50 % definiert und bei gut nährstoffversorgten Standorten erreicht die Basensättigung Werte von über 50 %. Basensättigungen von unter 20 % zeigen an, dass diese Standorte nicht mehr über das Potential an austauschbaren Nährstoffen verfügen, welches grundsätzlich bei gegebener Ake an unbelasteten Waldstandorten zur Verfügung gestanden hätte. Bei Basensättigungen unter 20 % wird der Austauscher und die Bodenlösung durch das Kation Aluminium geprägt, Calcium, Magnesium und Kalium liegen in vergleichsweise geringen Anteilen vor. Für Baumwurzeln kann es schwierig werden, unter diesen Bedingungen ausreichend Nährelemente mit den Wurzeln aufzunehmen. Aluminium wirkt in der Bodenlösung in höheren Konzentrationen zudem toxisch gegenüber Pflanzenwurzeln. Die Bodenlösung ist relativ sauer, Schwermetalle werden gelöst und die notwendigen Nährelemente Calcium, Magnesium und Kalium mit dem Sickerwasser ausgetragen. Sie gehen damit dem Ökosystem verloren. Allgemein wird dies als ein Zustand angesehen, in dem ein Waldboden wenig elastisch auf weitere Säureinträge reagieren kann, er in seiner Produktivität eingeschränkt und im Hinblick auf Elemententzüge durch intensive Nutzung wie beispielsweise Vollbaumnutzung empfindlich ist. In diesen Fällen können Kompensationsmaßnahmen in Form von Waldkalkungen sinnvoll sein.



Bewertungsstufen der Basensättigung über Ake-Bewertungsstufen der BZE (Bewertungsstufen nach Forstlicher Standortaufnahme 2003)

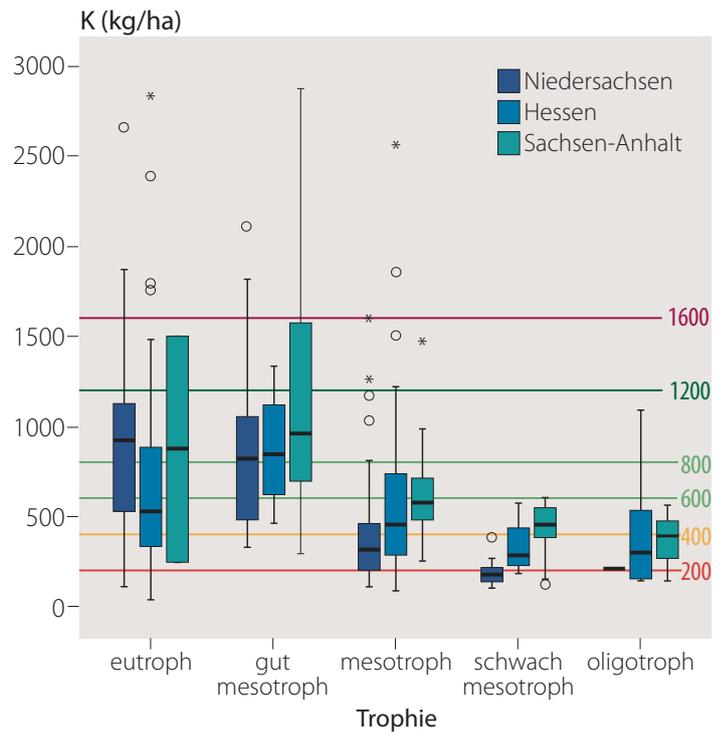
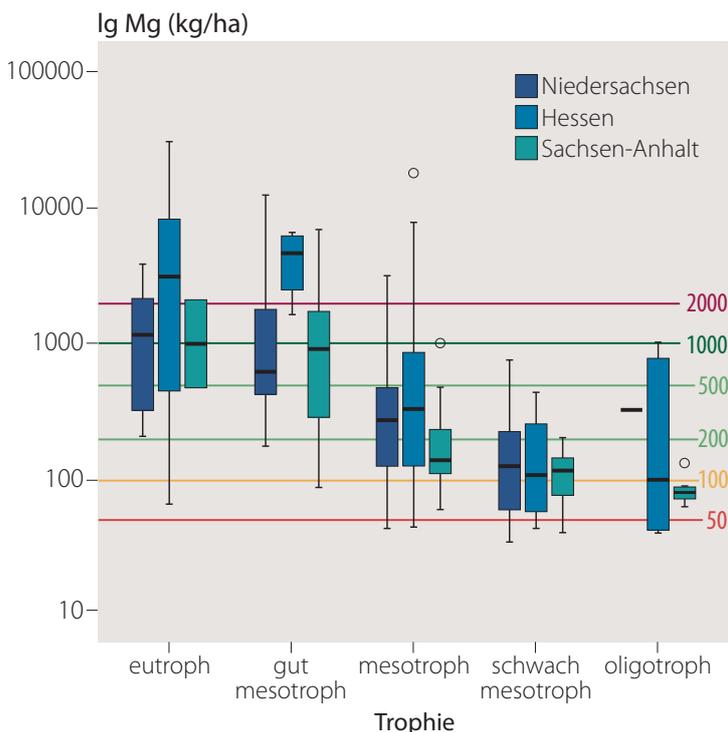
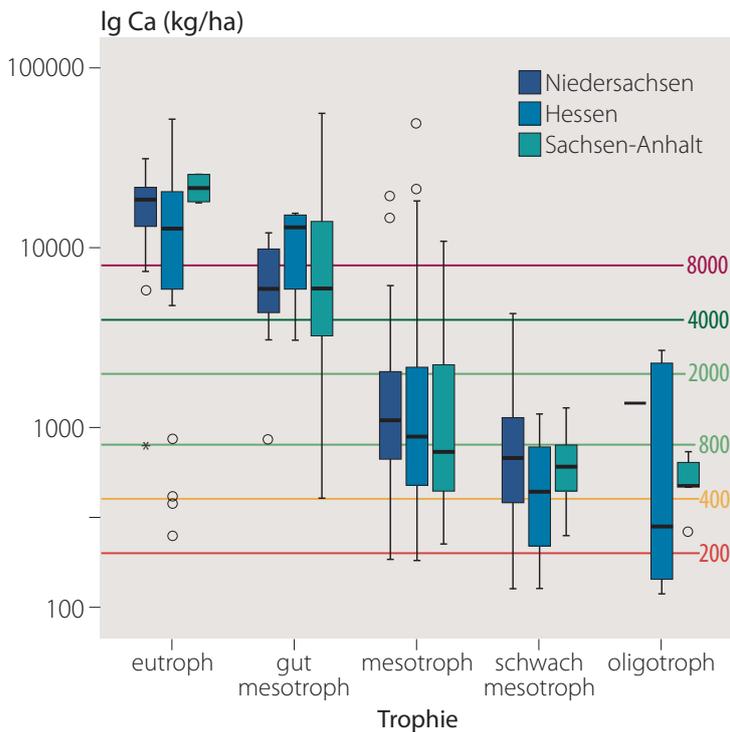


Pseudogley im Forstamt Fuhrberg

Foto: T. Janssen/H. Heile

Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortkartierung

Die Gegenüberstellung der Ake-Bewertungsstufen von geringmittel bis sehr hoch im Hauptwurzelraum mit den entsprechenden Stufen der Basensättigung zeigt, dass BZE-Punkte bei einer mittleren bis hohen Ake geringe bis sehr geringe Werte der Basensättigung aufweisen können. Dies ist sehr deutlich in Niedersachsen zu erkennen, in den Ake-Stufen mittel-hoch und mittel weisen 60 % der BZE-Punkte Basensättigungen von durchschnittlich unter 20 % auf. In der gering-mittleren Ake-Stufe sind es sogar 80 % der BZE-Punkte. In Hessen ist die Diskrepanz zwischen aktueller Basensättigung und Ake etwas geringer, in Sachsen-Anhalt weisen 40 % der BZE-Punkte Basensättigungen von unter 20 % in der mittleren Ake-Stufe und 60 % in der gering-mittleren Stufe auf. Die Ake-Stufe gering kommt im BZE-Kollektiv aller drei Bundesländer nicht vor.



Calcium-, Magnesium und Kaliumvorräte der BZE-Punkte nach Trophiestufen aus der Forstlichen Standortkartierung (Maßstab logarithmisch für Ca und Mg, eingezeichnet sind die jeweiligen Grenzen der Bewertungsbereiche für die Elemente aus der Forstlichen Standortaufnahme (2003))

Neben der Ake und Basensättigung ist die Abschätzung der austauschbar gebundenen Nährelementvorräte Calcium, Magnesium und Kalium für eine Beurteilung der Trophiestufe wichtig. Auch hier können mit Feldmethoden über die Kenntnis der Ausgangssubstrate, der Bodenarten, der Ausprägung der Bodenvegetation und dem Wachstum der Waldbäume Abschätzungen vorgenommen werden. Interessant ist es nun zu sehen, inwieweit sich die Abschätzungen im Gelände vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Länderverfahren der Standortkartierung über die einheitliche Berechnung der Bodenvorräte durch die chemische Analyse der BZE darstellen.

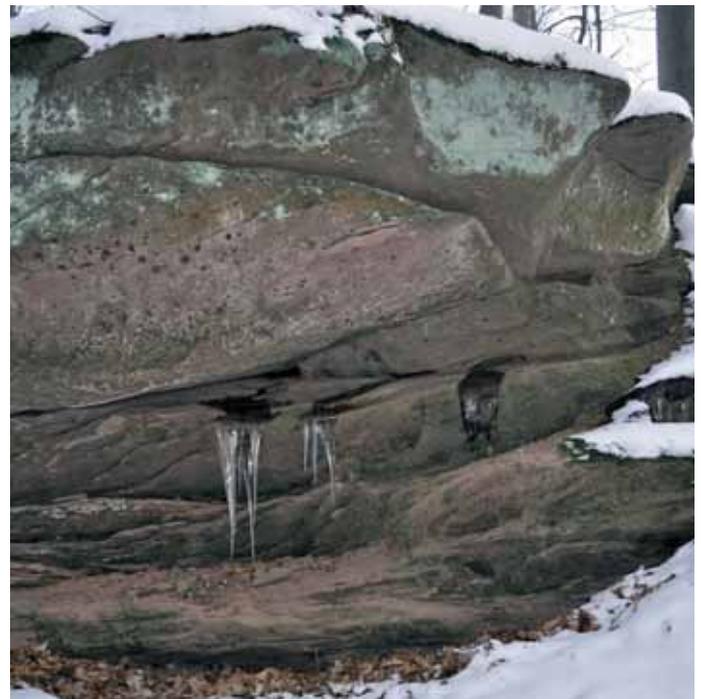


Foto: J. Evers

Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortkartierung

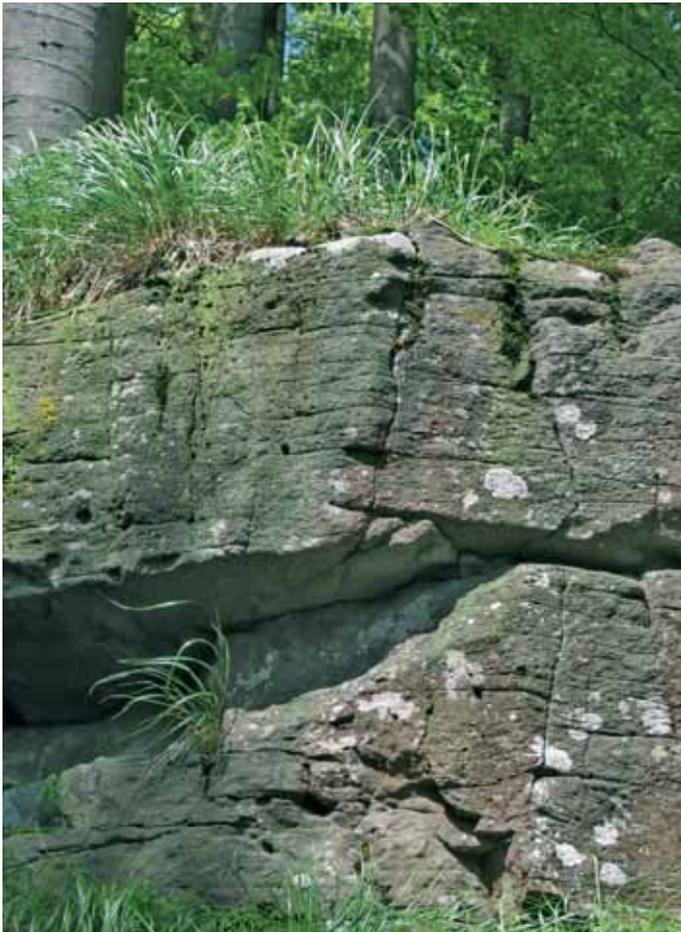


Foto: M. Schmidt

Die Gegenüberstellung der Trophiestufen aus der Standortkartierung und der Ergebnisse der BZE II für die Nährelemente Calcium, Magnesium und Kalium zeigen, dass sich die besseren Trophiestufen und die schwächeren Trophiestufen deutlich vom mittleren Trophiebereich abgrenzen. Zwischen dem oligotrophen und schwach mesotrophen Bereich konnten keine gesicherten Unterschiede festgestellt werden. Standorte mit mittlerer Trophieeinschätzung wiesen überwiegend auch mittlere Werte bei den Calcium- und Magnesiumvorräten im Hauptwurzelraum auf. Dies liegt darin begründet, dass Calcium und Magnesium im Gegensatz zu Kalium relativ fest am Austausch gebunden sind und damit eng mit der Ake korrelieren. Die Ake ließ sich, wie dargestellt, relativ gut mit Feldmethoden abschätzen.

Die Streuungen sind jedoch erheblich. Beispielsweise beim Calciumvorrat im mesotrophen Bereich liegen das 25 %-Perzentil sowie das 75 %-Perzentil 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 Unterschiede zwischen den Bundesländern bezogen auf eine Trophiestufe sind hinsichtlich Calcium relativ gering, damit können die Trophiestufen zwischen den Bundesländern als vergleichbar angesehen werden. Das bedeutet, dass die unterschiedlichen Verfahren der Standortkartierung in den drei Ländern über das Verfahren der Parallelisierung vergleichbare Trophieeinstufungen hinsichtlich Calcium erzeugen.

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 Bereichen im geringen bis mittleren (Hessen und Sachsen-Anhalt) und geringen Bewertungsbereich (Niedersachsen). Die Kaliumvorräte werden damit im Gelände durch die Standortkartierung für 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 mittleren Bereich, also zwei Trophiebewertungsstufen unter der Einschätzung der Standortkartierung. Die Überschätzung der Kaliumvorräte setzt sich auch im unteren Trophiebereich fort, die als 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 Vollbaumnutzung: die Daten der BZE II belegen, dass die tatsächlichen Kaliumvorräte im mesotrophen und schwach mesotrophen Standortsbereich deutlich geringer sind, als die abgeschätzten Trophiestufen nach der Forstlichen Standortkartierung erwarten lassen.



Braunerde einer ehemaligen Streifenkultur im Forstamt Unterlüss

Foto: T. Janssen/H. Heile

Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortskartierung

Substratgruppen

Neben der Trophieeinstufung lassen Angaben aus der Forstlichen Standortskartierung zu den Ausgangssubstraten Abschätzungen zu Nährstoffvorräten und Gefährdungspotentialen zu. Tone, Kalke und Basalte beispielsweise haben grundsätzlich deutlich höhere Nährstoffvorräte als Buntsandsteine und Sande. Auch hier kann die BZE Informationen vorhalten, typische Substrate hinsichtlich ihrer chemischen Bodenzustände zu charakterisieren. Dazu wurden BZE-Punkte mit ähnlichen Merkmalsausprägungen im Mineralboden zu Substratgruppen zusammengefasst.

Die Verteilung der in Niedersachsen vorkommenden Substratgruppen in der BZE II sind in der Tabelle dargestellt. Es überwiegen bei weitem die unverlehmtten und schwach verlehmtten

Sande des Tieflandes sowie die Lösslehme im Tief- und Bergland. Die organisch geprägten Standorte, überwiegend Moore und Anmoore, haben mit 9 % einen recht hohen Anteil. Es folgen die typischen Standorte des Berglandes, wie die Muschelkalke, Tonschiefer und Buntsandsteine. Die Substratgruppen Kreidesandstein und Granit kommen nur vereinzelt vor und werden aufgrund der geringen Stichprobenzahl nicht in den Verteilungen dargestellt. Die Ergebnisse zu den Substratgruppen werden hier zunächst unabhängig von der Waldkalkung angegeben.

Die Substratgruppen unterscheiden sich deutlich hinsichtlich der effektiven Austauschkapazität im Mineralboden. Erwartungsgemäß weisen die unverlehmtten und schwach verlehmtten Sande relativ die geringste und die Tonsteine, Lehme und Kalke die höchste Austauschkapazität auf. Die Mediane aller

Beschreibung der Substratgruppen

Substratgruppe	Substrate/Bodenarten	Kriterien/Merkmale/Herkunft
Granit	grusig, sandig, schluffige Lehme	Plutonite
Tonschiefer	überwiegend lehmige Tone	z. B. devonische Schieferformationen, Hunsrückschiefer
Grauwacke	sandige bis tonige Lehme	z. B. unterkarbonische Grauwacken, Kulmgrauwacken
Zechstein/Rotliegendes	verlehmtte Sande bis tonige Lehme	Perm: Dolomite, Kalksteine bzw. Sandsteine, Konglomerate
Buntsandstein	reine Sande bis schluffig, lehmige Sande, teilweise mit Tonsteinwechsellagerung	kalkfreie Buntsandsteinformationen
Substratuntergruppe: Buntsandstein (tonig)	im Unterboden: sandige Lehme, tonige Lehme, sandige Tone, stark lehmige Sande, tonige Sande	kalkfreie Buntsandsteinformationen
Substratuntergruppe: Buntsandstein (sandig)	über alle Bodentiefen reine Sande, schwach schluffige Sande bis schwach lehmige Sande	kalkfreie Buntsandsteinformationen
Quarzit	schluffige Lehme, sandige, tonige Schluffe	devonische Quarzite
Kalk	überwiegend lehmig Tone bis tonige, schluffige Lehme	z. B. Muschelkalk, Keuper, Jura, Geschiebemergel, Kalkgehalt mind. C4 (karbonatreich)
Kreidesandstein	schwach verlehmtte bis verlehmtte Sande	z. B. Hilssandstein, untere Kreidezeit
Basalt/Diabas	überwiegend schluffige Lehme	silikatreiche tertiäre Ergussgesteine und devonische Diabase
unverlehmtte Sande	Sande und Kiese, Reinsande, schwach schluffige Sande geringmächtige schluffige Bänder toleriert	Flugsande, Talsande, Wasserabsätze Rheinweiß- (Kalk) und Flugaschenstandorte, Mergelsande und -kiese; Pleistozän und Holozän
schwach verlehmtte Sande	schwach lehmige Sande, schluffige Sande	Geschiebedecksande, Sandlöße, Wasserabsätze > 20 cm Rheinweiß- (Kalk) und Flugaschenstandorte, Mergelsande und -kiese; Pleistozän und Holozän
verlehmtte Sande	verlehmtte Sande, schluffige Sande, tonige Sande	Geschiebedecksande, Lösssande, Wasserabsätze > 50 cm Rheinweiß- (Kalk) und Flugaschenstandorte, Mergelsande und -kiese; Pleistozän und Holozän
Lehm	stark lehmige Sande bis tonige Lehme	Hochflutlehme, Auenlehme, Geschiebelehme; Pleistozän und Holozän
Ton(stein)	sandige, schluffige, lehmige Tone bis reine Tone	Röt, tertiäre Tone, Marschen, Beckenablagerungen, hier werden auch schluffige Feinstsande toleriert
Lösslehm	feinsandig lehmige Schluffe bis schluffig-schwach tonige Lehme	Mächtigkeit > 70 cm (auch Kolluvien) über silikatarmen oder silikatreichem Ausgangssubstrat; Pleistozän und tlw. Holozän
organisch geprägte Standorte	organisch geprägte Standorte über diversen Substraten	Hochmoortorf, Niedermoortorf, Übergangsmoor bis Quellmoor, auch Anmoor; Spätpleistozän und Holozän

Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortskartierung



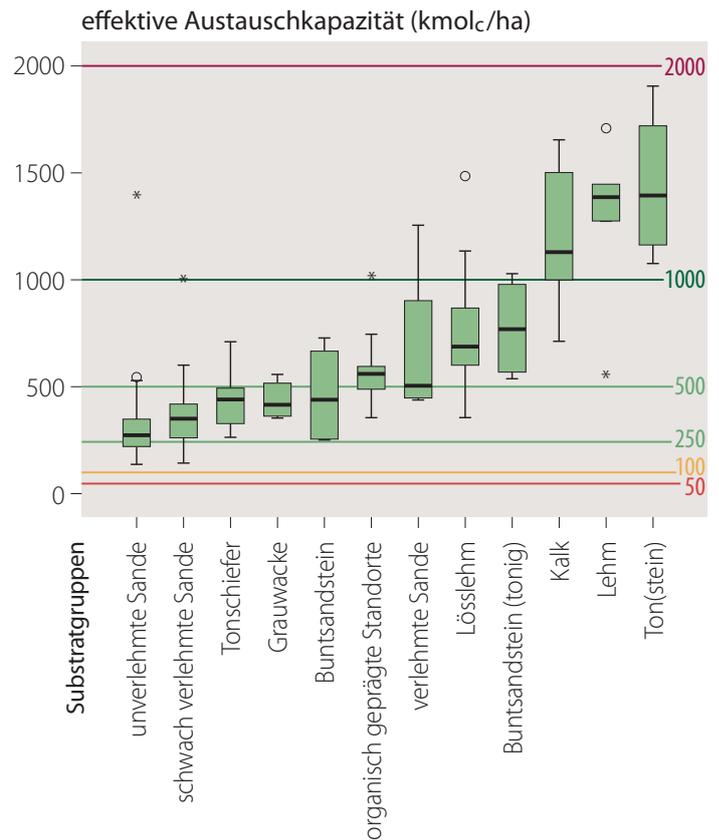
Gley-Braunerde-Podsol im Forstamt Neuenburg Foto: T. Janssen/H.Heile

Substratgruppen liegen im mittleren Bewertungsbereich und besser, es gibt keine Substratgruppe mit dem Schwerpunkt der Verteilung im gering-mittleren Bereich und schlechter. Die geringste Austauschkapazität mit 140 kmol_c/ha weist ein BZE-Punkt der Substratgruppe unverlehmte Sande im Wendland auf. Insgesamt sind 84 % aller BZE-Punkte in Niedersachsen hinsichtlich ihrer Austauschkapazität im mittleren Bereich zwischen 100-1000 kmol_c/ha. 16 % der BZE-Punkte liegen mit ihrer effektiven Austauschkapazität über 1000 kmol_c/ha im hohen Bereich. Der sehr hohe Bereich über 2000 kmol_c/ha, der geringe (unter 100 kmol_c/ha) und sehr geringe Bereich (unter 50 kmol_c/ha) ist im BZE-Kollektiv nicht vertreten.

Bei der durchschnittlichen Basensättigung bis 90 cm Bodentiefe zeigt sich im Vergleich zur Austauschkapazität ein anderes Bild. Die Mediane der Substratgruppen Buntsandstein, unverlehmte Sande, Tonschiefer, organisch geprägte Standorte und schwach verlehmte Sande liegen im geringen Bereich. Wie bereits beim Vergleich der Trophiestufen allgemein zeigt sich

Substratgruppen der BZE-Punkte in Niedersachsen

Substratgruppe	Anzahl	Prozent
unverlehmte Sande	63	36,4
schwach verlehmte Sande	23	13,3
Lösslehm	18	10,4
organisch geprägte Standorte	16	9,2
Kalk	14	8,1
Tonschiefer	7	4,0
Buntsandstein	6	3,5
Lehm	6	3,5
Grauwacke	5	2,9
Buntsandstein (tonig)	4	2,3
Ton(stein)	4	2,3
verlehmte Sande	4	2,3
Kreidesandstein	2	1,2
Granit	1	0,6



Verteilung der effektiven Austauschkapazität im Mineralboden bis 90 cm Bodentiefe nach Substratgruppen der BZE II in Niedersachsen

speziell bei diesen Substratgruppen, wie gering die relative Ausstattung mit Calcium, Magnesium und Kalium gegenüber dem Potential am Austauscher ist. Diese Standorte haben eine geringe Elastizität gegenüber Säurebelastungen, sind zumeist versauert und die Calcium-, Magnesium- sowie Kaliumversorgung ist gering. Die Bodenlösung wird durch Aluminium geprägt. Langfristige Verwitterungsprozesse, vorindustrielle Übernutzungen und hohe luftbürtige Säureeinträge der industriellen Vergangenheit belasten diese Standorte.

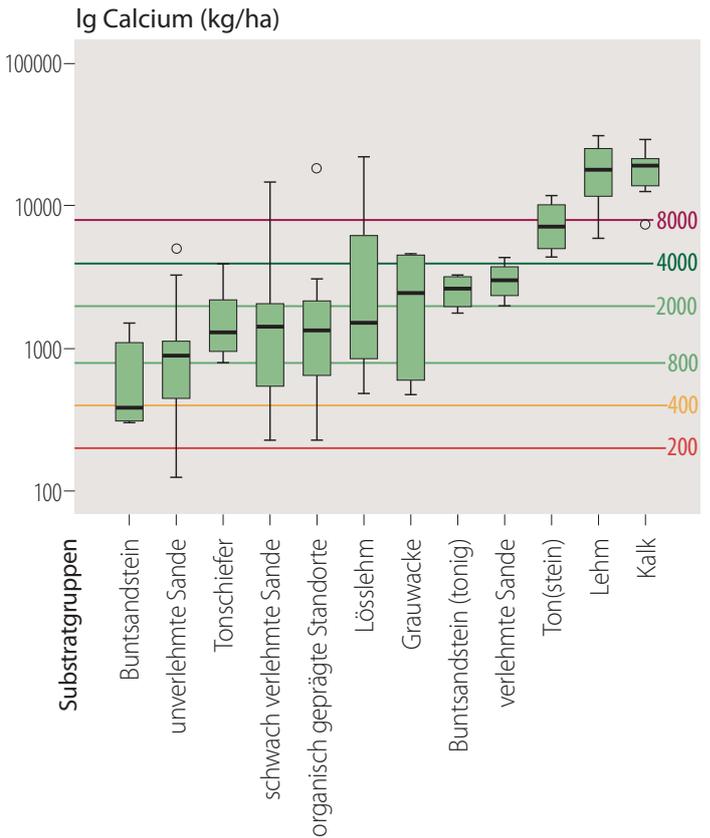


F-Mull auf einer Parabraunerde bei Wolfsburg Foto: T. Jansen/H. Heile

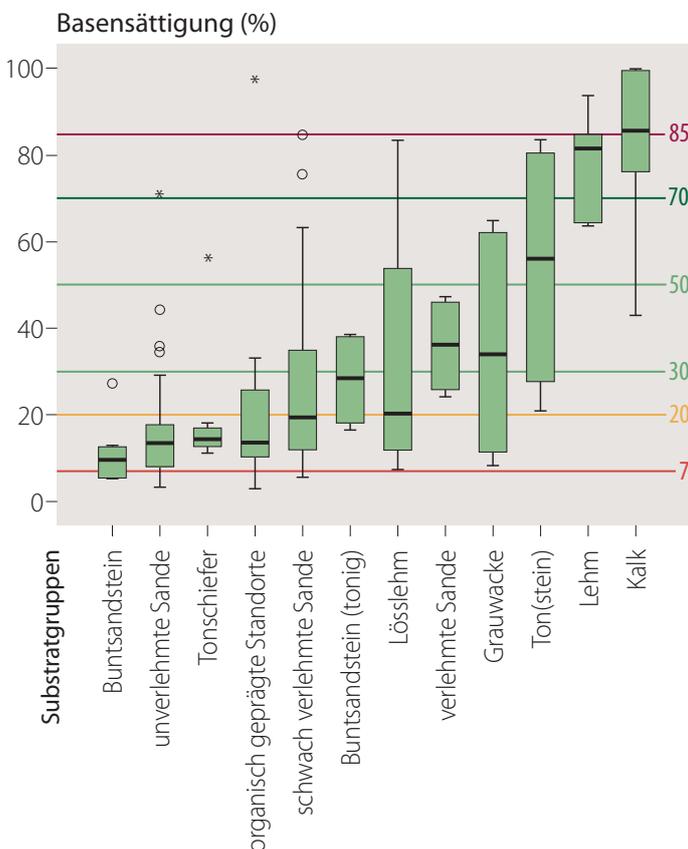
Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortkartierung

Die prozentuale Verteilung der Basensättigung in den Bewertungsstufen ist deutlich zu schlechteren Bewertungsstufen verschoben: 57 % entfallen auf geringe Bewertungsstufen unter 20% Basensättigung, 28 % liegen im mittleren Bereich zwischen 20-70 % Basensättigung und 15 % in hohen Bewertungsstufen über 70 % Basensättigung. Sehr weite Spannen bei der durchschnittlichen Basensättigung weisen die Substratgruppen schwach verlehmtte Sande, Lösslehm, Grauwacke und Tonstein auf. Hier kann jedoch die Trophiestufe aus der Standortkartierung die Spannen weiter differenzieren (hier nicht dargestellt). Die Verteilungen der Calciumvorräte nach Substratgruppen weisen für den Buntsandstein (sandige Ausprägung) und die unverlehmten Sande relativ die geringsten Vorräte, eher mittlere Verhältnisse für Tonschiefer, schwach verlehmtte Sande, organisch geprägte Standorte und Lösslehm und eher gute Versorgungen für Grauwacke, den Buntsandstein toniger Ausprägung und die verlehmtten Sande sowie hohe Ausstattungen für Ton(stein), Lehm und Kalk aus. Weite Spannen weisen Lösslehme und Grauwacke-Standorte, aber auch die unverlehmten und schwach verlehmtten Sande auf. Über das ganze Kollektiv der BZE-Punkte betrachtet entfallen in den geringen Bewertungsbereich für Calciumvorräte unter 400 kg /ha im Hauptwurzelraum 13 %, der weit überwiegende Anteil mit 64 % der BZE-Punkte deckt den mittleren Bereich zwischen 400-4000 kg und 23 % aller BZE-Punkte liegen über dem mittleren Bereich mit hohen bis sehr hohen Calciumvorräten über 4000 kg/ha.

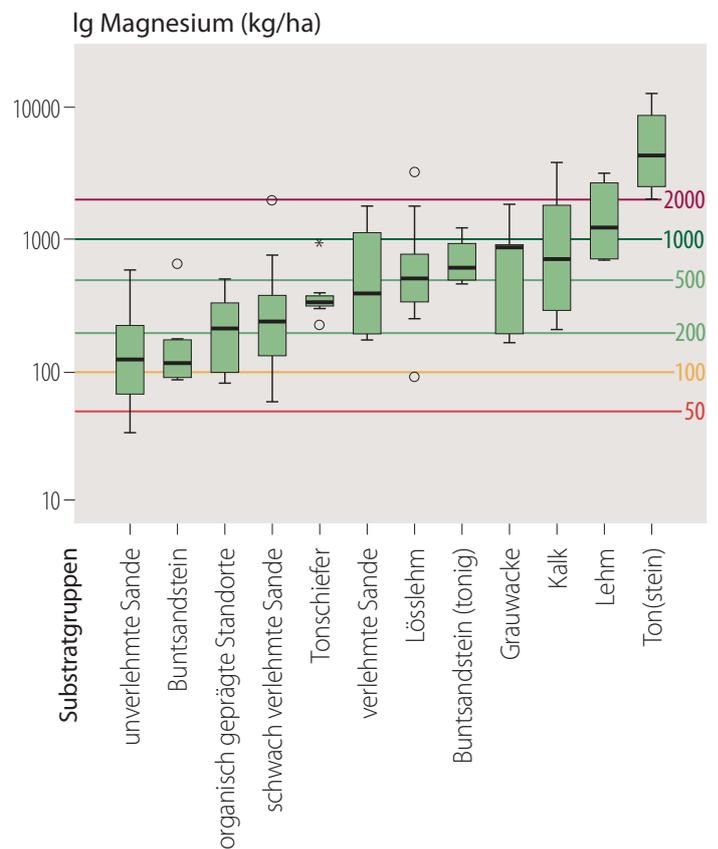
Bei den Magnesiumvorräten zeigt sich ein ähnliches Bild wie bei Calcium. Erwartungsgemäß weisen die unverlehmten Sande und der Buntsandstein (sandige Ausprägung) die geringsten und die Kalke, Lehme und Ton(stein) die höchsten Magnesium-



Verteilung der Calciumvorräte im Auflagehumus und Mineralboden bis 90 cm Bodentiefe nach Substratgruppen der BZE II in Niedersachsen (Maßstab logarithmiert)

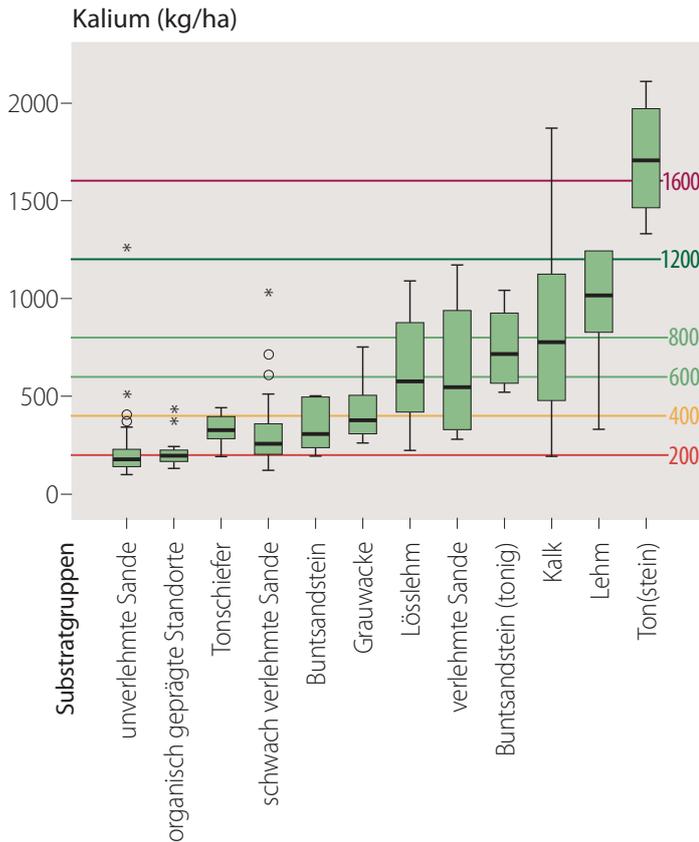


Verteilung der mittleren Basensättigung im Mineralboden bis 90 cm Bodentiefe nach Substratgruppen der BZE II in Niedersachsen



Verteilung der Magnesiumvorräte im Auflagehumus und Mineralboden bis 90 cm Bodentiefe nach Substratgruppen der BZE II in Niedersachsen (Maßstab logarithmiert)

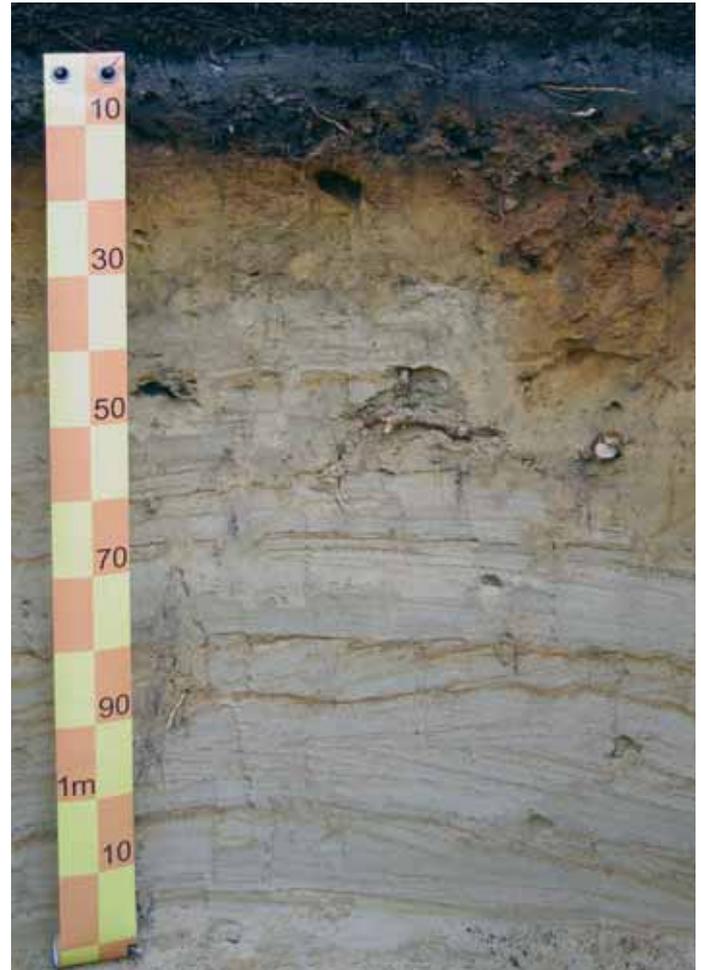
Bodenzustandserhebung (BZE II) und Standortkartierung



Verteilung der Kaliumvorräte im Auflagehumus und Mineralboden bis 90 cm Bodentiefe nach Substratgruppen der BZE II in Niedersachsen

vorräte auf. Die anderen Substratgruppen verteilen sich über den weiten mittleren Bereich. Die Verteilung nach Bewertungsstufen liegt ähnlich wie bei Calcium. 19 % aller BZE-Punkte haben geringe bis sehr geringe Magnesiumvorräte, 68 % mittlere und 12 % hohe Magnesiumvorräte.

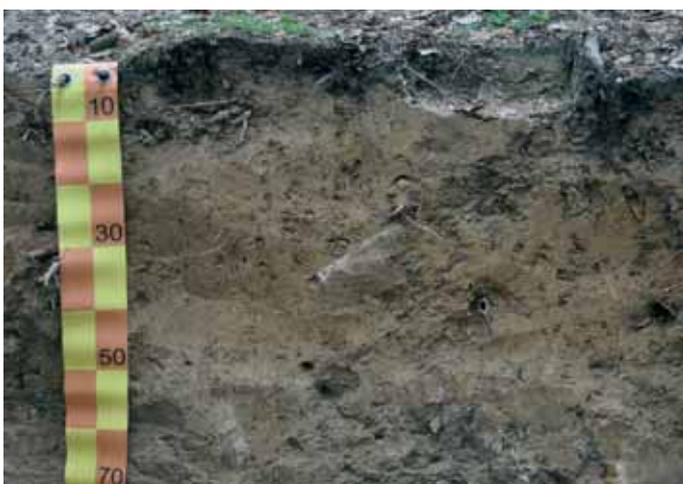
Die Kaliumvorräte nach Substratgruppen zeigen im Unterschied zu den Verteilungen der Calcium- und Magnesiumvorräte eine deutlich geringere Ausstattung an. Die BZE-Punkte der Substratgruppen unverlehmte Sande und organisch geprägte Standorte liegen zumeist im sehr geringen bis geringen Bewertungsbereich, die Tonschiefer, schwach verlehmtten Sande, Buntsandstein (sandige Ausprägung) und Grauwacke im geringen Bewertungsbereich. Es folgen aufsteigend die Lösslehme, verlehmtten Sande, Buntsandstein (tonig), Kalke und Lehme im mittleren Bereich, nur der Ton(stein) entfällt erwartungsgemäß



Unverlehmter Sand in der Bickelsteiner Heide Foto: T. Janssen/H. Heile

mäßig in den sehr hohen Bewertungsbereich. Insgesamt entfallen 67 % aller BZE-Punkte in den geringen, 28 % in den mittleren und 5 % in den hohen Bewertungsbereich für Kalium.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Trophieabschätzung in der Forstlichen Standortkartierung trotz unterschiedlicher Länderverfahren grundsätzlich wichtige bodenchemische Kenngrößen zutreffend abschätzt. Bei der Basensättigung und dem Kaliumvorrat im Mineralboden jedoch überschätzen alle Verfahren die aktuellen Zustände auf Basis der BZE-Daten erheblich. Die Gegenüberstellung der Messwerte mit den Einstufungen der Forstlichen Standortkartierung an konkreten BZE-Punkten zeigt teilweise erhebliche Streuungen. Dies liegt zum einen in der fehlenden Einbeziehung der chemischen Analyse in der Standortkartierung begründet, macht aber auch die Grenzen der chemischen Analyse vor dem Hintergrund anderer Faktoren (erfasste Bodentiefe, Vegetation, Auflagehumus) in der Trophieansprache deutlich. Es hat sich aber auch bestätigt, dass die bodenchemische Analyse eine wichtige Stütze für die Trophieabschätzung in der Forstlichen Standortkartierung dargestellt. Daraus können bodenchemische Rahmenwerte für Trophiebereiche und typische Substratgruppen aus der BZE abgeleitet und als Schätzhilfe für die Praxis genutzt werden. Dies verbessert die Erkennung von Nährstoffpotentialen, kritischen Zuständen und darauf aufbauender Maßnahmenplanung wie Waldkalkung, Biomassennutzung und Baumartenwahl. Weiterer Forschungsbedarf besteht vor allem darin, die gängigen Bewertungsstufen bodenchemischer Kennwerte mit Standortleistungsmodellen zu verbessern.



Pseudogley-Parabraunerde einer Lösslehm-Fließerde im Solling Foto: J. Evers