

10 Hauptergebnisse und Folgerungen für die forstliche Praxis

Jan Evers, Inge Dammann, Bernd Abrends, Uwe Paar

- 10.1 Wie repräsentativ sind die Bodenzustandserhebungen?
Sind die Ergebnisse für die wichtigsten Bodensubstrate in den Wäldern aussagekräftig?

Vergleicht man die prozentuale Verteilung der Substratgruppen der BZE II-Punkte in Sachsen-Anhalt mit der Verteilung dieser Substratgruppen, zugewiesen auf die Legendeneinheiten der BÜK 1000 N von Sachsen-Anhalt (BGR 2007), so werden die wichtigsten Bodeneinheiten im Wald durch die BZE II gut repräsentiert. Auch die Verteilung der Trophiestufen aus der Forstlichen Standortkartierung für den Wald in Sachsen-Anhalt zeigt ein gut übereinstimmendes Muster mit der Verteilung aus der BZE II. Mit den zusätzlichen Informationen zur Nährstoffversorgung aus der Laboranalyse kann die Trophieeinschätzung an den BZE II-Punkten insgesamt jedoch deutlich feiner differenziert werden. Entsprechend weist die prozentuale Verteilung der Trophiestufen mit der Chemieeinstufung durch die BZE II einen deutlich höheren Anteil reicher (eutropher, +10 %-Punkte) und ziemlich armer Standorte (schwach mesotropher, +12 %) sowie geringere Anteile von kräftigen (gut mesotropher) Standorte (-12 %-Punkte) und mittlerer (mesotropher) Standorte (-19 %) aus. Die armen (oligotrophen) Standorte sind mit der Chemieeinstufung der BZE II nur noch zu 3 % vertreten, vorher hatten diese Standorte noch 7 % Anteile an dem kartierten Wald in Sachsen-Anhalt. Über den Nährstoff Calcium konnte diese Differenzierung beispielhaft gut belegt werden.

Aus dem Vergleich der Trophiestufen Standortkartierung versus BZE II zeigt sich, dass offensichtlich häufig mittlere Standorte in der Standortkartierung mit ihren Nährstoffvorräten überschätzt und bessere Standorte unterschätzt wurden. Die Einbeziehung der Bodenchemie in die Trophieeinschätzung ermöglicht grundsätzlich eine gesichere Differenzierung der Trophiestufen und damit eine sichere waldbauliche Beurteilung forstlicher Standorte. Insbesondere der höhere Anteil mesotropher Standorte nach der digitalen Standortkarte differenziert sich unter Einbeziehung bodenchemischer Kenngrößen deutlich feiner, was in der BZE II zu einer Umverteilung von mesotrophen zu schwach mesotrophen Standorten führt. Die Absicherung, Überprüfung und Korrektur der Geländeeinschätzung in der Standortkartierung durch bodenchemische Untersuchungen erweist sich damit als sehr sinnvoll, was auch durch die höheren Anteile eutropher Standorte bei der BZE II im Vergleich zur Standortkartierung gut erkennbar wird.

Im Gegensatz zur Standortkartierung stellt die BZE jedoch weder flächenbezogene Informationen bereit, noch deckt die BZE alle vorkommenden Standortstypen ab. Die BZE bietet aber für die typischen Waldstandorte in Sachsen-Anhalt, wie

z. B. für den unverlehmtten Sand, den Lösslehm oder Tonschiefer, eine breite Palette an bodenchemischen und –physikalischen Informationen für die Beurteilung des Bodenzustandes und seiner Veränderungen.

Diese Informationen sind u. a. bedeutsam für die:

- Status und Veränderung der Versauerung in Waldböden
- Abschätzung des Kohlenstoffvorrats in Waldböden, differenziert nach organischer Auflage und Mineralboden
- Herleitung potenziell kalkungsbedürftiger Standortstypen
- Darstellung der Nährstoffdynamik in Waldböden als Grundlage für eine Bewertung der Nachhaltigkeit
- Darstellung und Bewertung von Maßnahmen des Bodenschutzes in Sachsen-Anhalt
- Verbesserte Bewertung und Abschätzung des Geländewasserhaushaltes

10.2 Welche Waldböden können unterschieden werden?

10.2.1 *Geologie, Boden und Bodenentwicklung*

Der Wald in Sachsen-Anhalt wächst auf Böden, deren Vielfalt durch verschiedene geologische Ausgangsgesteine, Umlagerungen und Bodenentwicklungen, Spuren historischer Waldnutzungen und jüngerer Bodenbearbeitungen sowie Folgen v. a. der atmosphärischen Säure- und Stickstoffeinträge sowie Flugascheeinträge geprägt ist.

Großflächig wird zwischen dem mit eiszeitlichen Ablagerungen bedeckten Tiefland im Norden und Nordosten, dem Löss geprägten zentralen Hügelland und dem Bergland Harz und Kyffhäuser mit den Festgesteinen des Erdaltertums unterschieden. Die meisten Waldstandorte liegen im Tiefland mit 70 % der Waldfläche, gefolgt vom Mittelgebirge mit 19 % und dem Hügelland mit 11 %.

Das *Tiefland* wird von glazialen und fluvioglazialen Ablagerungen der letzten Eiszeiten geprägt, vor allem der Warthevereisung. Dies sind intensiv verwitterte, eher nährstoffarme Grund- und Endmoränen, Sander und Talsande mit hohen Sandanteilen. Als Bodentypen herrschen tief entkalkte Sand-Braunerden, Tieflehm-Fahlerden mittlerer Nährstoffversorgung und ärmere Sand-Podsole vor. Auf den Grundmoränenplatten kommen auch Lehm- und Tieflehm-Staugleye vor. Holozäne Auen der Talniederungen begleiten den Lauf der Elbe und ihrer Nebenflüsse. Vor allem im Raum Bitterfeld und Dübener Heide hat der ehemalige Braunkohleabbau und der damit einhergehende Flugascheeintrag durch Verbrennung der Kohle in Kraftwerken, Industrie und Haushalten die Böden stark beeinflusst.

Das *Hügelland* als Teil des mitteleuropäischen Lössgürtels wird überwiegend landwirtschaftlich genutzt. Je nach Lössmächtigkeit und Klimaeinfluss bildeten sich

Fahlerden, Parabraunerden und Schwarzerden aus. Es gibt aber auch Sandstein-Podssole, Rendzinen, gleyartige Schwemmböden und Auen. Die Waldstandorte sind überwiegend gut mit Nährstoffen versorgt.

Die Standortsregion *Mittelgebirge* mit den Wuchsgebieten Harz und Kyffhäuser hebt sich deutlich vom Hügelland ab. Der sachsen-anhaltische *Harz* ist von silurischen, devonischen und karbonischen Tonschiefern mit eingelagerten Grauwacken sowie Diabasen und Kieselschiefer geprägt. Zungenartig sind Lössdecken in den flachen Tälern des Osthazes eingelagert. Die Böden im Harz sind stark durch periglaziale Umlagerungsprozesse beeinflusst. Es überwiegen Gesteinsbraunerden mit mittlerer und kräftiger Nährstoffversorgung, es kommen aber ebenso podsolige Braunerden, Podsole und Ranker mit geringerer Nährkraft hinzu. In verdichteten Wannen sind kleinflächige Quell- und Hochmoore sowie Stauleye und Humusstauleye ausgebildet. Auf Löss am Harzrand sind Fahlerden verbreitet. Das *Kyffhäusergebirge* wird von Gesteinen aus dem Oberkarbon wie Sandsteinen, grobkörnigen Konglomeraten und Schiefertönen gebildet, es herrschen mittlere bis kräftige lössbeeinflusste Gesteins-Braunerden vor. Am Westrand tritt Zechstein mit Kalk, Dolomit und Gips auf, hier bildeten sich Rendzinen und tonige Braunerden aus.

10.2.2 Substratgruppen

Das Ausgangsgestein der Bodenbildung bestimmt wesentlich die Zuordnung zu den Substratgruppen. Der unverlehmte Sand ist mit 51 % im BZE II-Kollektiv Sachsen-Anhalts das häufigste Ausgangssubstrat, gefolgt vom Lösslehm mit 11 %. Der unverlehmte Sand ist typisch für das Tiefland, der Lösslehm für das Hügelland. An dritter Stelle folgt der Tonschiefer mit 9 %, der in Sachsen-Anhalt nur im Harz vorkommt. Schwach verlehmt oder auch verlehmt Sande mit zusammen 12 % sind häufig im Tiefland, aber auch im Hügelland vorkommend. Mit jeweils nur 1–2 BZE-Punkten gibt es in Sachsen-Anhalt noch Niedermoore, Grauwacke, Lehm, Granit, Kreidesandstein, Quarzit und Zechstein. Die in der BZE II vertretenen Festgesteine wie z. B. Tonschiefer, Diabas, Grauwacke, Quarzit und Granit liegen alle im Harz in der Standortsregion Mittelgebirge. In dem schmalen zu Sachsen-Anhalt gehörenden Teil des Kyffhäusers, der ebenfalls zum Mittelgebirge zählt, entfällt kein BZE-Punkt.

Die Standorte der unverlehmtten Sande liegen alle im sachsen-anhaltischen Tiefland. Dort befinden sich auch die beiden ehemaligen Moore sowie überwiegend die schwach verlehmtten und verlehmtten Sande sowie die Lehmstandorte. Diese Substratgruppen repräsentieren die für diese Region typischen glazialen und fluvioglazialen Ablagerungen der letzten Eiszeiten mit pleistozänen Decken von Grund- und Endmoränen, Sandern und Talsanden, überwiegend aus der Warthevereisung. Damit gehört das Tiefland zum Altmoränenengebiet und ist im Unterschied zur Jungmoräne durch intensiver verwitterte und stärker eingebnetete, eher nährstoffarme, sandige Böden geprägt (SCHWANECKE u. KOPP 1994).

Die zwischen dem Mittelgebirge und Tiefland liegenden BZE-Punkte in der Standortsregion des Hügellandes sind vom Lösslehm und Lehmen geprägt, vereinzelt finden sich auch Sande unterschiedlichen Verlehmungsgrades. Aufgrund der geringen Bewaldung dieses überwiegend landwirtschaftlich genutzten Gebietes hat diese Standortsregion die geringste Anzahl an BZE-Punkten.

10.2.3 Bodentypen

Rund 60 % der vorkommenden Böden der BZE II in Sachsen-Anhalt entfallen auf den Bodentyp Braunerde. Im Tiefland und Mittelgebirge sind jeweils rund zwei Drittel aller Bodentypen der BZE II-Punkte Braunerden, im Hügelland 20 %. Vereinzelt sind Podsol-, Gley-, Pseudogley- und Parabraunerde-Braunerden angesprochen worden, doch nur die Podsol-Braunerden kommen im Tiefland häufiger vor. Parabraunerden sind in Sachsen-Anhalts Wäldern mit 10 % vertreten. Sie stellen im Hügelland den am häufigsten vorkommenden Bodentyp dar und sind mit 2 BZE-Punkten auch im Mittelgebirge vertreten. Podsole (9 %) sind neben den Braunerden im Tiefland typisch, ein Podsol liegt im Harz. Mit 7 % Anteilen in der BZE II sind Pseudogleye ausgewiesen. Dieser Bodentyp kommt in allen drei Wuchsregionen vereinzelt vor. Weitere vorkommende Bodentypen sind Vega-Gleye, Moore, Ranker, Regosole, Fahlerden und ein Tschernosem, die aber mit jeweils 1–3 Punkten in der BZE II Sachsen-Anhalt eher selten sind.

10.2.4 Auflagehumus

Sachsen-Anhalts Wälder decken ein weites standörtliches Spektrum und damit eine weite Spanne an Humusformen ab. Mit der Humusform Mull sind 24 % der Waldböden im sachsen-anhaltischen Wald durch eine rasche Zersetzung durch Mikroorganismen und gute Bodendurchmischung durch Bodenwühler geprägt. Diese Humusform zeigt eine zügige Stoffumsetzung im Boden an. Dieser Anteil hat sich von der BZE I zur BZE II deutlich erhöht, in der BZE I lag dieser Anteil bei nur 8 %. Die Anteile des Moders, der schon eine gehemmte Zersetzung anzeigt, haben sich ebenfalls von 58 % in der BZE I auf 68% erhöht. Dagegen sind die Anteile vom Rohhumus, der sehr ungünstigste Zersetzungsbedingungen anzeigt, von 28 % in der BZE I auf nur 3 % in der BZE II gesunken. Andere Humusformen belegen in der BZE II 5 % und in der BZE I 6 %. Damit hat sich der qualitative Humuszustand in den Wäldern von Sachsen-Anhalt zwischen den beiden BZE-Erhebungen deutlich verbessert. Die Tendenz zum Abbau des Auflagehumus kann zum einen mit den langjährig hohen Stickstoffeinträgen, zum anderen auch mit insgesamt höheren Temperaturen bei ähnlichem Niederschlag, stärker durchforsteten Beständen mit mehr Laubholzanteilen und Nährstoffeinträgen aus Düngungen in Zusammenhang stehen.

Die durchschnittliche Trockenmasse im Auflagehumus für alle BZE II-Punkte in Sachsen-Anhalt hat sich bezogen auf den Vorrat der BZE I um knapp 40 % signifikant erhöht. Dies steht im Widerspruch zu der grundsätzlichen Verbesserung der Humusformen in Sachsen-Anhalt, es wäre bei dieser Verbesserung eher eine Abnahme der Trockenmasse erwartet worden.

10.2.5 *Trockenrohichten und Skelettanteile*

Relativ geringe Trockenrohichten wurden beim Tonschiefer und verlehmtten Sand mit Werten von unter 1,0 g/cm³ in 0–5 cm festgestellt, sie sind Ausdruck der hohen Humusgehalte und des lockeren Mineralbodens direkt unterhalb des Auflagehumus. Noch geringere Trockenrohichten treten bei organisch geprägten Standorten auf. Mit zunehmender Bodentiefe steigen die Trockenrohichten des Feinbodens aller Substratgruppen bis auf Werte zwischen 1,4–1,9 g/cm³ an. Die Böden in den Substratgruppen der Sande weisen insgesamt höhere Trockenrohichten auf als die der Lösslehme und Tonschiefer. Die Böden der Substratgruppen Granit, Grauwacke und Basalt/Diabas liegen mit ihren Trockenrohichten vergleichbar den Werten des Tonschiefers. Quarzit, Lehm, Zechstein und Kreidesandstein liegen mit höheren Trockenrohichten eher bei den Werten der Sande. Grundsätzlich sind die Trockenrohichten in Waldböden, vor allem im Oberboden, aufgrund der relativ höheren Humusgehalte und weniger intensiven Befahrung geringer als auf landwirtschaftlichen Ackerflächen (EVERS et al. 2019, TEEPE et al 2003).

Geringe Skelettgehalte in allen Bodentiefen ergaben sich erwartungsgemäß bei den Sanden, Lösslehmen und Lehmen sowie Tonen. Bei den Festgesteinen im Mittelgebirge lagen die Anteile zwischen 10 und 20 Vol.-% im Oberboden sowie 40 bis 65 Vol.-% im Unterboden. Die Grobbodenanteile in den Substratgruppen Zechstein, Grauwacke Basalt/Diabas und Quarzit haben schon im Oberboden Werte zwischen 10–60 Vol%, im Unterboden sind die Grobbodenanteile häufig noch höher.

Die sich daraus ergebenden Feinbodenvorräte bis 90 cm Bodentiefe reichen von 2.000 (Quarzit) bis über 14.000 t/ha (verlehmtte Sande), der Median in Sachsen-Anhalt liegt bei 13.000 t/ha. Bei gleicher Konzentration würden sich damit, schon durch die unterschiedlichen Feinbodenvorräte bedingt, deutliche Unterschiede bei den Elementvorräten ergeben, was die genaue und aufwändige Bestimmung der Trockenrohichten und Skelettgehalte rechtfertigt.

10.3 Wie sauer sind die Waldböden?

Versauern sie trotz geringerer luftbürtiger Säurebelastungen weiter?

Der Status einer Bodenversauerung kann u. a. anhand der $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ - und $\text{pH}(\text{KCl})$ -Werte beurteilt werden. Bei durchschnittlichen Werten zwischen 4,4 und 4,9 $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ im Auflagehumus und in den Tiefenstufen befinden sich zum Zeitpunkt der BZE II die meisten Waldböden in Sachsen-Anhalt im Austauscher-Pufferbereich. Die Spanne der pH -Werte in den Waldböden Sachsens-Anhalts gleicht der in Niedersachsen (inkl. Bremen) (EVERS et al. 2019) und der Spanne in Hessen (PAAR et al. 2016). In Sachsen-Anhalt liegen jedoch die mittleren $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -Werte im Auflagehumus und oberen Mineralboden bis 30 cm Bodentiefe über denen in Niedersachsen und unter denen in Hessen. Gegenüber Hessen kann dies mit den hohen Anteilen der (unverlehmten) Sande in Sachsen-Anhalt erklärt werden, gegenüber Niedersachsen spielt der Einfluss der Flugaschen in Sachsen-Anhalt bei den höheren $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -Werten eine entscheidende Rolle. Ohne Flugascheeinfluss liegen die $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -Werte beim unverlehmten Sand auf dem Niveau der ungekalkten Sande in Niedersachsen, mit Flugascheeinfluss sogar noch über den Werten der gekalkten Sande in Niedersachsen. Der Austauscher-Pufferbereich wird unter Flugascheeinfluss zwar nicht im Median, aber in vielen Fällen hin zum Kohlensäure-Silikat und sogar Carbonat-Pufferbereich verlassen.

Dennoch liegt der Median von Auflagehumus und Oberboden in den Substratgruppen des Granits, Quarzits, der Grauwacke und Tonschiefers, des schwach- und unverlehmten Sandes und vereinzelt auch im verlehmten Sand und Lösslehm im Aluminium-Pufferbereich. In diesem Pufferbereich ist mit einer Auflösung sekundärer Tonminerale, Tonzerstörung, Freisetzung von Aluminium-Ionen und Protonen in der Bodenlösung zu rechnen (ULRICH 1981). Damit sind diese Waldböden als relativ sauer einzuschätzen. Im Vergleich zum Bundesmittel der BZE II (WELLBROCK et al. 2016) sind die $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -Werte in Sachsen-Anhalt wesentlich niedriger, was wie bereits gegenüber Hessen mit den hohen Anteilen der relativ sauren Sandstandorte erklärt werden kann.

Die $\text{pH}(\text{KCl})$ -Werte, die auch die am Austauscher gebundenen Protonen mit erfassen und damit abgelaufene Pufferreaktionen kennzeichnen, liegen mit einer Spanne zwischen 3,6 und 4,3 in den Tiefenstufen der BZE II in Sachsen-Anhalt deutlich unter den $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -Werten. Die Spanne in Niedersachsen und Hessen ist ähnlich, die Spanne im Bundesmittel (3,9–4,6) deutlich höher (WELLBROCK et al. 2016). Die bereits bei den $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -Werten beschriebene Differenzierung nach Substraten gilt gleichermaßen für die $\text{pH}(\text{KCl})$ -Werte. Die teilweise bis weit in den Eisen-Pufferbereich hineinreichenden $\text{pH}(\text{KCl})$ -Werte belegen eine historisch hohe Säurebelastung und erschöpfte Pufferreserven des Mineralbodens, vor allem in den Oberböden.

Der pH -Wert tritt in seiner Bedeutung als integrierender Parameter für den chemischen Bodenzustand von Waldböden gegenüber der Basensättigung zurück. Die

Basensättigung kennzeichnet den Nährstoffstatus der Waldböden. Bei identischem pH-Wert kann eine sehr unterschiedliche Basenversorgung gegeben sein. Dies trifft insbesondere auf den Austauscher-Pufferbereich zwischen $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ 4,2 und 5,0 zu, in dem sich bezüglich der Nährstoffversorgung die flächenbezogen große Gruppe der mesotrophen Waldstandorte in Sachsen-Anhalt befindet. Infolge der Bodenversauerung werden die M_b -Kationen vom Austauscher verdrängt und mit dem Sickerwasser ausgewaschen, die Basensättigung sinkt. Sie kann daher neben den pH-Werten als weiterer bedeutender Indikator der Bodenversauerung und ihrer Folgen angesehen werden (REUSS u. JOHNSON 1985).

Die mittlere Spanne der durchschnittlichen Basensättigung der BZE II-Tiefenstufen beträgt in Sachsen-Anhalt 30–40 %. Sie liegt damit im mittleren Bewertungsbereich. In Niedersachsen ist diese Spanne weiter und geringer (23–41 %), in Hessen höher (27–50 %). Noch deutlicher als bei den pH-Werten differiert die mittlere Basensättigung auf Profilebene nach Substratgruppen. Geringe Werte um 10 % Basensättigung in der BZE II weisen Standorte beim Quarzit, Granit, der Grauwacke und teilweise beim unverlehmten Sand sowie Tonschiefer auf. Mit durchschnittlichen Werten im mittleren Bereich zwischen 30–50 % liegen die schwach verlehmtten Sande und Diabas/Basalt, in höheren Bereichen über 50 % dann überwiegend der schwach verlehmtte Sand, Lösslehm, Lehm und Zechstein sowie die Niedermoore. Es zeigt sich, dass bei den ärmeren und mittel mit Nährstoff versorgten Standorten bereits eine deutliche Verarmung durch eine langjährige Versauerung, vor allem im Oberboden, eingetreten ist. Beim unverlehmten Sand haben Flugasche und Bodenbearbeitung diese Defizite teilweise ausgeglichen. Ohne diese Einflüsse befindet sich der Oberboden und auch der Unterboden teilweise auch bis 90 cm Bodentiefe beim unverlehmten Sand unterhalb von 15 % Basensättigung und wäre damit dringend kalkungsbedürftig.

Die seit Mitte der 1980er-Jahre in Deutschland ergriffenen Maßnahmen zur Luftreinhaltung verringerten vor allem die Emissionen von Schwefeldioxid erheblich. Die Ergebnisse des Intensiven Monitorings zum Stoffeintrag belegen seitdem einen deutlichen Rückgang der Gesamtsäureeinträge auch in sachsen-anhaltische Wälder. Durch das Ende der Kohlewirtschaft der ehemaligen DDR und Maßnahmen zur Luftreinhaltung sind die Emissionen von z. B. Schwefeldioxid in erheblichem Umfang zurückgegangen. Unter der Annahme, dass die Ende der 1980er Jahre gemessenen Stoffeinträge repräsentativ für Kiefernbestände im Raum Colbitz waren, beträgt der Rückgang der Sulfateinträge im Vergleich zum Zeitraum 1986–1988 in diesem Gebiet unter Kiefer aktuell rund 95 %. Gleichzeitig sind aber auch die Flugasche-Einträge deutlich zurückgegangen, die den Säureeinträgen neutralisierend gegenüberstanden. Zusätzlich sind jedoch die Stickstoffeinträge von durchschnittlich 10–16 kg/ha und Jahr in den Gesamtsäureeintrag einzubeziehen, die auf den Versuchsflächen in Sachsen-Anhalt für rund 80 % des Gesamtsäureeintrages verantwortlich sind. Trotz der beobachteten Abnahme der Stoffeinträge werden die

Critical Loads für Säure- und für Stickstoffeinträge daher nach wie vor an einer Vielzahl von Standorten überschritten (HELBIG et al. 2020).

Seit der BZE I ist ein leichter Anstieg der $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -Werte festzustellen, der aber nur für die Tiefenstufe 10–30 cm signifikant ist. Im Auflagehumus ist der $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ dagegen leicht gesunken. Dieser Anstieg kann im Mineralboden zum einen über stark basische Flugascheeinträge, aber auch mit Düngungen und verminderten Säureeinträgen erklärt werden. Das Absinken des pH -Wertes in der Auflage dagegen ist möglicherweise eine Folge der stark reduzierten Flugascheeinträge. Die Basensättigung hat sich auf Landesebene nicht signifikant geändert und nur leicht verringert, eine vermeintlich stärkere Verringerung beim unverlehmten Sand in den unteren Tiefenstufen 30–60 und 60–90 cm ist ebenfalls nicht signifikant. Dies ging einher mit dem Austrag von Calcium und Magnesium, besonders deutlich beim unverlehmten Sand ohne Flugascheinfluss im Unterboden.

Die teilweise sehr geringen Basensättigungen und pH -Werte vor allem im Oberboden im Harz auf armen Festgesteinen wie z. B. Granit, Quarz und Tonschiefer, aber auch im Tiefland beim unverlehmten Sand zeugen von der drastischen Säurebelastung bis Mitte der 80er Jahre. Da sich die Basensättigung zwischen den beiden BZE-Erhebungen nur in der Tendenz verringert hat und sich die $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ Werte leicht verbessert haben, scheinen die Verhältnisse in Sachsen-Anhalt zur Zeit relativ stabil zu sein. Trotzdem werden die Critical Loads für Säure- und Stickstoffeinträge an vielen Standorten noch überschritten. Da die basenarmen Silikatgesteine im Harz und das altpleistozäne Ausgangsmaterial nur geringe Verwitterungsraten aufweisen, kann bei anhaltender Säurebelastung mit kritischen Bodenverhältnissen gerechnet werden. In Niedersachsen zeigte sich auf Standorten mit saurem Ausgangsgestein ohne Kalkung eine deutliche, signifikante Verringerung der Basensättigung, vor allem unter 30 cm Bodentiefe. Dies zeigte sich deutlich am Beispiel des ungekalkten, unverlehmten Sandes, der nur sehr geringe Anteile an Calcium und Magnesium aufweist und weiter verarmt (EVERS et al. 2019). Es ist zu vermuten, dass auf ähnlich sauren, ungekalkten Standorten, wie z. B. auf Granit, Quarzit, Grauwacke oder Tonschiefer, die Entwicklung vergleichbar ist. In Hessen wiesen beispielsweise ungekalkte Buntsandstein-Standorte erhebliche Verluste an Calcium und Magnesium auf (PAAR et al. 2016). Die aufbasende Wirkung von Flugascheeinträgen ist zeitlich begrenzt, da mit einer stetigen Abnahme der Basen mit dem Sickerwasser zu rechnen ist. Dennoch entspricht die Wirkung der Flugasche auf unverlehmten Sand in Sachsen-Anhalt im Mittel hinsichtlich der Calciumvorräte ungefähr einer Waldkalkung in Niedersachsen, wobei der Einfluss der Flugasche deutlich tiefer in den Mineralböden reicht.

10.3.1 Bewertung

Trotz des Rückgangs des Gesamtsäureeintrages zeigt sich noch keine nachhaltige Erholung der Waldböden. Obwohl sich anhand des $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$ -Wertes eine gewisse Verbesserung des Säurezustandes vieler Standorte ablesen lässt, zeigt eine tendenziell abnehmende Basensättigung und damit eine einhergehende Abnahme von Calcium und Magnesium eine weitere Nährstoffverarmung saurer und armer Standorte. Durch die Remobilisierung von zwischengespeichertem Schwefel kann die Versauerung weiter voranschreiten, obwohl z.B. die atmosphärischen Schwefeleinträge drastisch gesenkt wurden. Dieses war zumindest bis zum Zeitpunkt der BZE II insbesondere für viele Mittelgebirgsstandorte ein starker Treiber der Versauerungsentwicklung (WEIS u. AHRENDTS 2018). Davon ausgenommen sind durch Flugasche aufgebaste Standorte des unverlehmten Sandes, die sich mit gekalkten Standorten des unverlehmten Sandes in Niedersachsen vergleichen lassen.

Die Ergebnisse belegen, dass die Themen Säureeintrag und Bodenversauerung bei der Betrachtung der Stabilität sachsen-anhaltischer Waldstandorte auch heute noch aktuell sind. Eine weitere politisch unterstützte Verminderung der Säure- und vor allem Stickstoffeinträge ist geboten.

10.4 Wie entwickeln sich die Stickstoffvorräte in Waldböden?

In Sachsen-Anhalt erhöhten sich die Stickstoffvorräte mit Ausnahme der Tiefenstufe 60–90 cm deutlich und signifikant sowohl im Auflagehumus als auch im Mineralboden. Unter Ausschluss von Extremwerten und methodisch-analytisch bedingten Unterschieden zwischen der BZE I und BZE II ergibt sich immer noch eine rechnerisch mittlere jährliche Zunahme von Stickstoff im Waldboden Sachsen-Anhalts von 70 kg/ha und Jahr. Dies ist eine sehr hohe und ungewöhnliche Zunahme um rund 1000 kg Stickstoff zwischen der BZE I und BZE II und entspricht +16 % bezogen auf den Vorrat der BZE I. Mit 7,52 t/ha liegt der durchschnittliche Stickstoffvorrat der BZE II immer noch im mittleren Bewertungsbereich.

Ähnliche Zunahmen wurden auch auf Flächen des Intensiven Forstlichen Monitorings in Sachsen-Anhalt zwischen 2009 und 2019 vor allem im Auflagehumus festgestellt. Der im Rahmen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings gemessene Stickstoffeintrag der Flächen Nedlitz, Klötze und Colbitz ist jedoch von 20–30 kg im Mittel der Jahre 1986–1988 auf 10–16 kg/ha und Jahr der Jahre 2013–2018 zurückgegangen (siehe Kap. 3.4). Damit liegen die Stickstoffeinträge dieser Flächen zwar immer noch über dem mittleren Bedarf von Waldökosystemen und verursachen eine weitere Aufspeicherung von Stickstoff im Waldboden, sie liefern aber keine Hinweise auf die Erklärung der hohen Stickstoffvorratsveränderungen in der BZE. Auch wenn die Kronenraumbilanzierung nach Ulrich (1994) für Stickstoffeinträge eher als ein konservativer Ansatz angesehen wird, ergeben sich zu anderen methodischen Ansätzen vergleichbare Größenordnungen (AHRENDTS et al. 2020). Dennoch sind in Gebieten mit hohen Flugascheinträgen (z. B. im Osten Sachsen-

Anhalts) die Stickstoff-Vorratsänderungen doppelt bis vierfach so hoch wie in Gebieten mit eher geringen Einträgen (Norden). Dies lässt auf einen Flugascheeinfluss schließen, zumal die Stickstoffvorratsveränderungen in Gebieten mit (ehemals) hohen Flugascheeinträgen in der BZE deutlich höher ausfielen. Da die höchsten Zunahmen sowohl in der BZE als auch im Intensiven Forstlichen Monitoring im Auflagehumus und oberen Mineralboden auftraten, wäre das plausibel. Das Bestandesalter des aufstockenden Bestandes spielt ebenfalls eine wichtige Rolle, besonders hohe Speicherraten von Stickstoff (und Kohlenstoff) wurden in Beständen unter 60 Jahren festgestellt. In diesem Bestandesalter erfolgt auch in norddeutschen Kieferbeständen eine sehr hohe Akkumulation von Kohlenstoff im Auflagehumus (AHRENDT et al. 2008, BÖTTCHER u SPRINGOB 2001). Vergleichbare Stickstoff-Akkumulationsraten ermittelten auch BRINKMANN u. NIEDER 2002 für den Auflagehumus bei vergleichbarem Bestandesalter. Das erklärt zwar nicht die Quelle des Stickstoffs, aber die vorgefundene Dynamik im Oberboden. Auch die Versorgung mit Stickstoff in den Kiefer- und Fichtennadeln ist sehr hoch und zwischen den BZE-Erhebungen noch weiter angestiegen. Ob es sich hierbei um Umverteilungen aus anderen Stickstoffpools des Ökosystems handelt oder aus tieferen Bodenschichten stammt, ist mit der verfügbaren Methodik der BZE nicht aufzeigbar. Insbesondere die tieferliegenden Bodenschichten (30–90 cm) weisen methodisch bedingt große Unsicherheiten bei der Quantifizierung der Stickstoffvorräte auf. Kiefernbestände auf Sandböden bei geringen Niederschlagsmengen können effektive Durchwurzelungstiefen von bis zu 200 cm ausbilden. Erhöhte Stickstoffeinträge über die Nadelstreu von Wurzeln aus diesen Tiefen wären damit denkbar. Entsprechende Tiefenbereiche sind bei der BZE in Sachsen-Anhalt nicht beprobt worden.

Bundesweit streuen die Stickstoffspeicherraten in Waldböden von teilweise hohen Abnahmen bis starken Zunahmen weit (Fleck et al. 2019). Besonders hohe Zunahmen treten vor allem in Sachsen-Anhalt und Thüringen auf, es gibt sie aber auch in der Lüneburger Heide in Niedersachsen und in Brandenburg häufiger. Sehr deutliche Abnahmen gab es vor allem in Baden-Württemberg (ANDREAE et al. 2016). Da die Stickstoffspeicherraten bei der BZE je nach standörtlicher Situation so unterschiedlich sind, sollten sie vor allem als Landesmittel mit der absoluten Höhe mit Vorsicht interpretiert werden. Unter der Voraussetzung, dass die räumliche Heterogenität und die verwendeten Methoden nicht zu gerichteten Abweichungen in Sachsen-Anhalt geführt haben, sind die ermittelten Trends statistisch abgesichert. Eine genaue Quantifizierung ist jedoch sehr unsicher. Eine zunehmende Anzahl von Probenahmeterminen kann eine genauere Beurteilung von Bodenveränderungen im Laufe der Zeit liefern (MOBLEY et al. 2018). Entsprechend wird von der BZE III ein deutlich stärkerer Informationsgewinn erwartet.

Die hohen Stickstoffspeicherraten im Waldboden in Sachsen-Anhalt können als Folge der flächigen Überschreitung der Critical Loads für Stickstoff angesehen werden. Dabei besteht die Gefahr, dass in Teilbereichen Stickstoff nicht mehr vollstän-

dig im System gespeichert, sondern mit dem Sickerwasser in Form von Nitrat ausgewaschen wird. Diese Waldbestände können als stickstoffgesättigt angesehen werden. Im Schwerpunkt sind hiervon Gebiete mit hoher Stickstoffdeposition betroffen, es können aber auch nach z. B. Sturmwurfereignissen Entkopplungen des Stickstoffkreislaufes auftreten, die Nitratausträge mit dem Sickerwasser zur Folge haben.

10.5 Tragen Waldböden als Kohlenstoffsенke zum Klimaschutz bei?

Sachsen-anhaltische Waldböden stellen eine wichtige Kohlenstoffsенke dar und dienen damit direkt dem Klimaschutz. Die durchschnittlichen Kohlenstoffvorräte in Sachsen-Anhalts Waldböden von durchschnittlich 130 t/ha (mit organisch geprägten Standorten) zeugen von einer langfristigen Nettospeicherung. Der Auflagehumus hat dabei einen Anteil von 19 %. Die höchsten Kohlenstoffvorräte enthalten organisch geprägte Moorböden, auf denen aktuell Wald stockt. Hier betragen die Kohlenstoffvorräte je nach Mächtigkeit und Zusammensetzung der Moordecke zwischen 200 und über 600 t Kohlenstoff je Hektar. Dieses verdeutlicht wie wichtig es ist, Moorböden vor dem Hintergrund des Klimaschutzes zu erhalten.

Weiterhin haben die Kohlenstoffvorräte in sachsen-anhaltischen Waldböden im Zeitraum von 1992 (BZE I) bis 2006 (BZE II) um insgesamt 20,8 t/ha zugenommen (+25 %). Dies entspricht einer jährlichen Rate von 1,5 t/ha (ohne Moorstandorte, Extremwerte und untere Tiefenstufen 30–60 sowie 60–90 cm wegen methodischen Unsicherheiten). Die Kohlenstoffvorräte in der Auflage und oberen Mineralboden haben besonders stark zugenommen: Der Auflagehumus um 7 t/ha (+46 %), die Tiefenstufen 0–5 cm um 6,1 t/ha (+36 %) und 5–10 cm um 6 t/ha (+75 %). In der Tiefenstufe 10–30 cm dagegen waren die Zunahmen mit 2,5 t/ha (+10 %) deutlich geringer. Alle Unterschiede konnten statistisch abgesichert werden. Die Speicherraten für Kohlenstoff im Waldboden sind bundesweit sehr unterschiedlich. Auf Bundesebene ergaben sich mittlere signifikante Zunahmen auf Profilebene um 0,75 t/ha und Jahr, die ebenfalls vor allem auf deutlichen Zunahmen im Mineralboden bis 30 cm basieren (GRÜNEBERG et al. 2016).

10.6 Auf welchen Standorten ist Trockenstress bei Waldbäumen zu erwarten?

Die Verteilungen der nutzbaren Feldkapazität auf Profilebene bei den in Sachsen-Anhalt vorkommenden Substratgruppen reichen vom Quarzit mit 50 mm und Lösslehm mit 190 mm vom geringen bis hohen Bewertungsbereich. Im Mittel Sachsen-Anhalts liegen die Waldböden mit 115 mm im mittleren Bewertungsbereich für die nutzbare Feldkapazität. Bei den unverlehmten Sanden kommen Profile mit geringer bis mittel-hoher Bewertungsstufe vor, das Mittel liegt bei 93 mm gerade noch im mittleren Bereich. In Abhängigkeit vom regionalen Standort und der zukünftigen Klimaentwicklung ist von einer erhöhten Trockenstressgefährdung auszugehen.

Sämtliche Klimaprojektionen lassen einen deutlichen Temperaturanstieg bei veränderten jährlichen Niederschlagsverteilungen sowie das Auftreten von Witterungsextremen, Starkregeneignissen und Stürmen erwarten. Aus den forstlichen Standortdaten und Umweltnetzdaten der BZE, Bodendauerbeobachtung sowie der ökologischen Waldzustandskontrolle und den Klimaszenarien für Sachsen-Anhalt wurden über die Standortwasserbilanz in der Vegetationsperiode Entscheidungshilfen für die klimaangepasste Baumartenwahl in Sachsen-Anhalt erarbeitet (HAMKENS et al. 2020). Daraus geht hervor, dass für einen Großteil der Waldstandorte in Sachsen-Anhalt ein erhöhtes Trockenstressrisiko zu erwarten ist.

10.7 Welche Folgerungen ergeben sich für die Energieholznutzung in Wäldern?

Die Energieholznutzung von Schwachholz und Kronenmaterial in Wäldern kann das Risiko unzureichender Nährstoffversorgung erhöhen, da die Nährelementexporte gegenüber der Stammholznutzung überproportional ansteigen (PUHLMANN et al. 2018). Das zukünftige Risiko durch den Nährstoffentzug bei verschiedenen Nutzungsintensitäten lässt sich mit Hilfe von Nährstoffbilanzen (AK STANDORTSKARTIERUNG 2016) oder mit dem Nährstoffentzugsindex (BLOCK u. MEIWES 2013) abschätzen. Kurz- bis mittelfristig verfügbare Bodenvorräte im Hauptwurzelraum und Kennwerte der Waldernährung (Blatt- und Nadelanalysen) liefern Hinweise, auf welchen Standorten die Nährstoffsituation schon bei der gegenwärtigen Nutzungsintensität als kritisch anzusehen ist und entsprechend von einer Energieholznutzung von Schwachholz und Kronenmaterial abzusehen ist. Außerdem sollten Standorte mit geringen Nährstoffvorräten (z. B. Nährstoffzahl ziemlich arm und arm) aufgrund historischer Übernutzung auch bei positiven Nährstoffbilanzen nicht für eine Nutzungsintensivierung vorgesehen werden, um das Standortspotenzial wiederherzustellen.

Die Substratgruppe der unverlehnten Sande weist nur gering-mittlere Magnesium- und Kaliumvorräte im Hauptwurzelraum auf, bei Quarzit, Grauwacke und Granit betrifft dies auch Calcium. Diese Substratgruppen können daher als kritisch hinsichtlich intensiver Energieholznutzung eingestuft werden. Bei den anderen Substratgruppen bewegen sich die mittleren Calcium- und Magnesiumvorräte überwiegend im mittleren Bewertungsbereich. Eine geringe bis sehr geringe Versorgung findet sich vereinzelt noch beim Tonschiefer.

Bei den Kaliumvorräten wurde bei vielen Standorten und Substratgruppen eine geringe bis sehr geringe Bewertungsstufe festgestellt. Eine eindeutige Bewertung der geringen Kaliumvorräte im Boden ist schwierig, da Kalium im System sehr mobil ist, eher im Nährstoffkreislauf zirkuliert und die Versorgung nicht nur von den austauschbaren Bodenvorräten abhängt. Bei Nutzungsintensivierungen sollte berücksichtigt werden, dass geringe Vorräte und Bilanzdefizite für Kalium gravierender zu

bewerten sind als für Calcium und Magnesium. Nach v. WILPERT et al. (2018) werden negative Kaliumbilanzen in erster Linie durch den Entzug mit der Holzernte generiert. Hinzu kommt, dass eine effiziente Kaliumdüngung schwierig ist.

Diese Einschätzung wird auch durch die Blattspiegelwerte für die Baumart Buche bestätigt, 4 von 11 Punkten weisen Kaliumdefizite auf. Diese Baumart weist die höchsten Kaliumentzüge aller Hauptbaumarten auf, weil sie im Vergleich zu den anderen Hauptbaumarten am meisten Kalium im Derbholz speichert (BLOCK u. MEIWES 2013, AK STANDORTSKARTIERUNG 2016). Bei der BZE II zeigen sich vor allem Ernährungsdefizite bei Phosphor und Kalium schon bei der gegenwärtigen Nutzungsintensität, sodass eine Intensivierung der Nutzung durch eine zusätzliche Entnahme von Nichtderbholz im Zuge der Energieholznutzung eher nicht zu empfehlen ist. Die aus der Ernährungssituation abgeleiteten Empfehlungen zur Vollbaumnutzung ergeben für die Kiefer nach den hier verwendeten Kriterien keine Einschränkungen für die Vollbaumnutzung. Auch wenn die Kiefer grundsätzlich durch eine deutlich bessere Ernährungssituation gekennzeichnet ist, sollte beachtet werden, dass sie sich häufig auf Standorten befindet, die infolge von Säureeinträgen und/oder historischer Übernutzung verarmt sind, sodass hier eher eine Wiederherstellung des Standortpotenzials anzustreben ist.

Generell wird vor einer Nutzungsintensivierung in Sachsen-Anhalt empfohlen, eine intensive Prüfung und Abwägung der regionalen und standörtlichen Ernährungssituation in Kombination mit Nährstoffbilanzen und Bodenvorräten vorzunehmen. Viele Standorte in Sachsen-Anhalt sind infolge von Flugascheeinträgen deutlich aufgebast und weichen mit ihrer Nährstoffversorgung deutlich von weniger beeinflussten Standorten ab.

10.8 Welche Folgerungen ergeben sich aus den Ergebnissen der Bodenzustandserhebung II für die Standortkartierung?

Bodenchemische Analysen sind von besonderer Bedeutung für eine differenzierte Standortdiagnostik. Die Analysen der Bodenzustandserhebungen ermöglichen eine Überprüfung der Trophiebewertungsstufen, die im Rahmen der Standortkartierung vergeben werden (EVERS et al. 2013a). Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Datenbasis zur bodenchemischen Einordnung von Substratgruppen, die große Variabilitäten aufweisen (z. B. Lösslehm) bzw. bei der BZE II-Stichprobe nur in relativ geringer Anzahl vertreten sind (z. B. Granit, Quarzit, Grauwacke), durch weitere bodenchemische Untersuchungen verbessert werden sollte. Dies könnte die Nährstoffeinschätzung der Standortkartierung präzisieren und helfen, das standörtliche Potenzial und dessen Dynamik v. a. infolge von Stoffeinträgen und Klimaveränderungen besser abschätzen zu können. Dadurch werden forstliche Maßnahmen (u. a. klimaangepasste Baumartenwahl, Waldkalkungen und Vollbaumnutzungen) verlässlicher am Standortpotenzial orientiert, ihre Wirkung quantifiziert und nachhaltiger ausgerichtet.

Die direkte Gegenüberstellung der BZE II-Vegetationsdaten und der auf den Stichprobenpunkten erhobenen bodenchemischen Kenngrößen ermöglichte Analysen der Zusammenhänge zwischen der Pflanzenartenzusammensetzung in Wäldern und dem chemischen Bodenzustand. Auf Grundlage dieser Ergebnisse konnten Zeigerarten identifiziert werden, die operationale Hilfestellungen für die Trophieeinschätzung von Waldstandorten bieten. Dabei handelt es sich um indikative Kennarten, die – im Unterschied zu einigen Arten in der Liste der ökologischen Artengruppen der Forstlichen Standortaufnahme (AK STANDORTSKARTIERUNG 2003) relativ häufig in Waldökosystemen vorkommen.

10.9 Wer nutzt die Informationen der Bodenzustandserhebung (BZE als Informationsplattform)? Braucht die forstliche Umweltbeobachtung (Monitoring) eine Bodenzustandserhebung?

10.9.1 *Informationen aus der Bodenzustandserhebung als Teil des Forstlichen Umweltmonitorings*

Informationen aus den Bodenzustandserhebungen sind eine zentrale Säule des Forstlichen Umweltmonitorings. Waldböden stellen die Grundlage für das Wachstum und die Vitalität der Waldbäume dar. Waldböden zeigen Veränderungen durch anthropogene Einflüsse und Waldmanagement an. Der Schutz der Waldböden ist eine Grundvoraussetzung für nachhaltiges Waldmanagement. Mit den Daten und Auswertungen der Bodenzustandserhebungen I und II ist eine flächenrepräsentative und qualitätsgeprüfte fachliche Grundlage geschaffen worden, die den Zustand und die Veränderungen von Waldböden in Sachsen-Anhalt belegt. Die Informationen der Bodenzustandserhebung werden ergänzt durch Daten der Waldzustandserhebung, des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings und durch Ergebnisse aus experimentellen Versuchen. Die Vernetzung dieser Daten ist z.B. ein wichtiger Schritt, um Modelle und Methoden auf die BZE-Standorte zu übertragen und von diesen ausgehend Regionalisierungen durchzuführen (FLECK et al. 2017, 2019, HEITKAMP et al. 2020, AHRENDTS et al. 2018a, 2018b, VON WILPERT et al. 2018). Die Informationen zu den Waldböden bieten für die Daseinsvorsorge und Forschung eine äußerst wertvolle Planungsgrundlage.

10.9.2 *Nationale/Internationale Partner*

Die Methodik der BZE erlaubt vergleichende Auswertungen zwischen den Bundesländern. Die BZE trägt somit zur Erfüllung nationaler und internationaler Berichtspflichten bei. Die BZE Wald steht in enger Kooperation mit anderen bundes- und europaweiten Programmen. Dazu zählen insbesondere das BioSoil-Programm der UN/ECE (International Cooperative Programme), die BZE Landwirtschaft sowie

das bundesweite Bodendauerbeobachtungsflächen-Programm. Partner sind insbesondere das Umweltbundesamt mit der Umweltprobenbank des Bundes sowie das Bundesamt für Naturschutz.

10.9.3 Gesellschaft, Politik und Verwaltung

Für die Menschen in Deutschland sollen Wälder eine Vielzahl von Aufgaben erfüllen (Waldfunktionen). Insbesondere sind an dieser Stelle die Produktion des nachwachsenden Rohstoffs Holz, die Trinkwasserspende und die Luftreinhaltung zu nennen. Daneben schützen Wälder vor Bodenerosion und bieten Schutz und Lebensraum für Tiere und Pflanzen. Nicht zuletzt sind Funktionen des Waldes zu nennen, die eine Grundlage für Erholung, Tourismus und Kultur darstellen. Die BZE trägt wesentlich zu einer Bewertung der Stabilität, Resilienz und Nutzungsfähigkeit von Waldökosystemen als Voraussetzung für die Erfüllung der Waldfunktionen bei. Mit der zwischen BZE I und BZE II deutlich gewordenen Dynamik der Bodeneigenschaften stellt die BZE ein Warnsystem für Belastungen der Wälder dar. Damit liefern die Ergebnisse der BZE auch Informationen zur Kontrolle von Maßnahmen der Umweltpolitik und des Waldbodenschutzes. Die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt berät Verwaltungen, Waldbesitzer und die Politik in Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein. Sie erstellt vielfältige Beiträge, die der nachhaltigen Forstwirtschaft und der Daseinsvorsorge dienen. Eine wichtige Forschungs- und Planungsgrundlage stellen dabei die Ergebnisse der BZE I und II dar.

10.9.4 Forstliche Betriebe verschiedener Waldbesitzarten

Die Ergebnisse der BZE I und II sind nach Bodensubstraten und weiteren Standortmerkmalen aufgegliedert. Anhand von Regionalisierungsmodellen lassen sich die Ergebnisse in die Fläche übertragen, sodass Karten erstellt werden, die die Forstbetriebe sowie die Einrichtungen der forstlichen Planung in ihrer praktischen Arbeit unterstützen können.

Dies betrifft insbesondere eine verbesserte Ansprache und Bewertung der forstlichen Standorte, eine Darstellung von Chancen und Risiken – etwa in Bezug auf Fragen der Nährstoffnachhaltigkeit und Energieholznutzung sowie zu Optionen des Schutzes von Waldböden im Zuge der waldbaulichen Steuerung. Die BZE liefert Informationen zur besseren Differenzierung dieser Maßnahmen, zur Bedeutung und Bewertung von Nebenwirkungen und zur Erfolgskontrolle. Wie die Ergebnisse von BZE I und BZE II weiterhin deutlich zeigen, verändern sich die Eigenschaften der sachsen-anhaltischen Waldböden in vergleichsweise kurzen Zeitabschnitten. Eine forstliche Standortserkundung als Grundlage für die Baumartenwahl und das Waldmanagement sollte in der Lage sein, dynamische Veränderungen des Waldbodenzustandes abzubilden. Dazu können die Ergebnisse der Bodenzustandserhebung beitragen. Die Ergebnisse der Bodenzustandserhebung liefern zudem für Forstbetriebe

aller Besitzarten Entscheidungshilfen für die betriebliche Planung und Umsetzung von Bewirtschaftungsmaßnahmen.

10.9.5 Wissenschaft

Schließlich werden die Daten und Ergebnisse der Bodenzustandserhebungen für wissenschaftliche Auswertungen sowie fachliche und methodische Weiterentwicklungen genutzt. Wissenschaftliche Auswertungen erfolgen sowohl innerhalb der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt als auch in Kooperation mit anderen länder- oder bundesbezogenen Einrichtungen und Universitäten. Die Daten der BZE stellen eine wertvolle Grundlage für Forschungsvorhaben und für Kooperationen mit wissenschaftlichen Einrichtungen dar.