

Bodenzustandserhebung

Die BZE I und BZE II – Wie hat sich der Bodenzustand in Sachsen-Anhalts Waldböden verändert?

Jan Evers, Wolfgang Schmidt und Uwe Paar

Die Waldböden in Sachsen-Anhalt sind sehr vielfältig. Sie lassen sich grob nach den drei großen Standortsregionen des Landes gliedern:

- dem durch Ablagerungen der letzten Eiszeiten geprägten Tiefland mit vorwiegend sandigen, aber auch lehmigen Böden (ca. 70 % der Waldfläche),
- dem Hügelland mit teilweise mächtigen Lösslehmdecken (ca. 10 % der Waldfläche) sowie
- dem Mittelgebirge mit steinreichen Tonschiefern, aber auch Grauwacken und Diabasen (ca. 20 % der Waldfläche).

Die ursprüngliche, nahezu vollständige Bewaldung Sachsen-Anhalts wurde vom Mittelalter bis in die Neuzeit stark durch Umwandlung in Landwirtschafts- und Siedlungsflächen vermindert. Der Wald bedeckt heute mit rund knapp einer halben Million Hektar noch 24 % der Landesfläche. Die ehemals überwiegenden Laubmischwälder wurden intensiv genutzt: Waldweide, Streunutzung, massiver Holzbedarf im Berg- und Schiffbau, für Glashütten, Erzgewinnung und Köhlerei sowie für die Brennholznutzung haben zu Nährstoffentzügen geführt und entkoppelten die Nährstoffkreisläufe im Wald und Waldböden. Entsprechende Folgen hatte dies für die langfristige Bodenentwicklung unter Wald. Durch die Einführung einer geregelten Forstwirtschaft erholten sich die stark beeinträchtigten Waldböden teilweise. Die Umwandlung von

Laubmischwäldern zu Nadelholz vorwiegend aus Kiefer und hohe Wildbestände führten jedoch weiterhin zu Störungen und Veränderungen natürlicher Abläufe in den Waldböden. Mittlerweile ist die Waldbewirtschaftung auf standörtlicher Grundlage langfristiges Ziel waldbaulichen Handelns in Sachsen-Anhalt. Dies bedeutet unter anderem die Abkehr vom Kahlschlag, die Förderung von Laubholz, die Übernahme geeigneter natürlicher Waldverjüngung und die Reduzierung überhöhter Wildbestände sowie den Einsatz schonender Bewirtschaftungsverfahren. Dies lässt langfristig eine Verbesserung und Erholung der Waldböden und des Auflagehumus erwarten.

Neben diesen waldgeschichtlichen Faktoren haben die jahrzehntelangen, teilweise extrem hohen Stoffeinträge die Waldböden nachhaltig verändert. Immissionen aus Industrie und Braunkohlekraftwerken verursachten vor allem Flugasche-, Schwefel- und Schwermetalleinträge, die je nach Intensität die natürlichen Standorts- und Bodeneigenschaften überprägten. Großräumige Wachstumseinbußen von Waldbeständen, vor allem in unmittelbarer Nähe zu Kraftwerken, waren häufig die Folge. Filter- und Regulationsfunktionen der Böden wurden gestört, erhebliche Säuremengen in den Böden gespeichert und Nährstoffe mit dem Sickerwasser ausgetragen. Die Flugasche hatte hingegen auch düngende Effekte: Hauptnährelemente wie beispielsweise Calcium und Magnesium wurden den Beständen und Waldböden zugeführt. Zusätzlich wurden Schwermetalle in die Wälder eingetragen, die im Auflagehumus und Boden gebunden wurden. Die Verteilungsmuster der Stoffeinträge in Sachsen-Anhalt sind regional unterschiedlich, ein Eintragungsschwerpunkt für Flugaschen war z. B. die Dübener Heide.

In den letzten 20 Jahren sind die hohen Stoffeinträge deutlich zurückgegangen. Dies ist auf den Einbau von Filteranlagen, den Einsatz moderner Technik, der Verwendung weniger belastender Energieträger sowie Industriestilllegungen zurückzuführen. Im Waldboden sind die Spuren der hohen Stoffeinträge jedoch noch deutlich erkennbar. Heute bewirken vor allem Stickstoffimmissionen aus Verkehr und Landwirtschaft eine weitere Versauerung und Eutrophierung der Waldböden. An vielen Waldstandorten in Sachsen-Anhalt liegt die aktuelle Säurebelastung der Waldböden immer noch höher, als durch die natürlichen ökosysteminternen Prozesse abgepuffert werden kann. Dies bestätigen auch die Messungen auf den Flächen des Intensiven Monitorings in Sachsen-Anhalt (vgl. Kapitel Stoffeinträge S. 20/21).

Bei beiden BZE-Erhebungen in Sachsen-Anhalt sind dieselben repräsentativen Rasterpunkte des 8 x 8 km Level I Netzes der Forstlichen Umweltkontrolle beprobt worden. 1992 wurden bei der ersten Erhebung 66 Punkte und bei der zweiten Erhebung 2007 aufgrund Rasterüberprüfungen 76 Punkte in die Stichprobe aufgenommen. Bei beiden Erhebungen sind dieselben Parameter erfasst und dieselben Methoden bzw. vergleichbare Methoden verwendet worden, um eine möglichst gute Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

Zentrales Anliegen der zweiten BZE ist es, vor diesem Hintergrund den aktuellen Bodenzustand und die Veränderungen zur ersten Erhebung zu ermitteln, Ursachen für diese Veränderungen zu identifizieren und hinsichtlich ihrer ökologischen Relevanz zu bewerten. Zudem sollen die Wirkungen von



Braunerde aus Kreidesandstein bei Quedlinburg

Foto: W. Schmidt

Bodenzustandserhebung



Braunerde aus unverlehmten Sand mit Kies nördlich der Colbitzer Heide im Tiefland
Foto: W. Schmidt

Maßnahmen zum Schutz der Waldböden evaluiert sowie die Kenntnisse über den Zustand von Waldböden und den darin ablaufenden Prozessen vertieft werden. Dies trägt dazu bei, eine verbesserte Grundlage für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung zu schaffen. Daran kann die Planung und weitere Durchführung von notwendigen Maßnahmen zur Erhaltung und Verbesserung des Bodenzustandes sowie des Nährstoffangebotes im Waldboden anknüpfen.

Ein Maß für die Güte des chemischen Zustandes und die Zusammensetzung der Bodenlösung im Mineralboden ist die Basensättigung. Aus ihr lassen sich die direkte Verfügbarkeit von Nährstoffen im Mineralboden und damit die Ernährungsbedingungen der Waldbäume ableiten. Die Basensättigung drückt aus, wie hoch der relative Anteil der Nährelemente Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium im Vergleich zu der Gesamtsumme der Kationen mit zusätzlich Aluminium, Eisen, Mangan und Wasserstoff-Ionen ist, die an den negativ geladenen Tonmineralen und der organischen Substanz (Austauscher) gebunden sind. Im Zuge fortschreitender Bodenversauerung werden die an der Pufferung beteiligten „basischen“ Kationen Calcium, Magnesium und Kalium vom Austauscher im Wesentlichen durch Aluminium verdrängt. Eine geringe Basensättigung im Mineralboden ist daher in erheblichem Maße eine Folge luftbürtiger, versauernd wirkender Stoffeinträge. Eine Basensättigung von weniger als 20 %

gilt als gering. In diesem Milieu wird der Austauscher und die Bodenlösung durch das Kation Aluminium geprägt. Calcium, Magnesium und Kalium liegen in vergleichsweise geringen Anteilen vor. Für Baumwurzeln wird es schwierig, 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. Diese Kationen gehen damit dem System verloren. Allgemein wird dies als ein Zustand angesehen, in dem ein Waldboden wenig elastisch auf weitere Säureeinträge 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.

Die Ergebnisse der BZE I von 1992 belegen für ca. zwei Drittel der Waldböden in Sachsen-Anhalt eine stärkere Versauerung, eine geringe Ausstattung mit Nährstoffkationen sowie hohe Anteile von Aluminium am Austauscher. Kalkstandorte oder auch tonige Lehme sind reich an Nährstoffen und verfügen über ausreichend Elastizität, saure Einträge abzuf puffern. Einige Waldstandorte wurden bereits in der Vergangenheit und aktuell im Harz als Kompensationsmaßnahme gekalkt.

In den folgenden Grafiken wird die mittlere Basensättigung in den BZE-Tiefenstufen beider Erhebungen und ihre zeitliche Veränderung über alle Waldstandorte nach Substratgruppen dargestellt.

In der linken Grafik sind jeweils die Tiefenstufen der BZE als Ordinate und die Basensättigung auf der Abszisse abgebildet. Die Mittelwerte der Basensättigung der jeweiligen Tiefenstufe sind für die BZE I hellblau und für die BZE II dunkelblau, in orange ist das 95 % Konfidenzintervall für den Mittelwert als Balken angegeben. Das bedeutet, dass der wahre Mittelwert mit 95-prozentiger Wahrscheinlichkeit im Bereich des orangen Balkens liegt. Weite Konfidenzintervalle kennzeichnen eine breite Variabilität dieses Parameters und/oder eine geringe Stichprobenanzahl. In der rechten Grafik sind die mittleren Differenzen der jeweiligen Tiefenstufe (Basensättigung BZE II abzüglich Basensättigung BZE I identischer BZE-Punkte und Tiefenstufen) mit dem entsprechenden 95 % Konfidenzintervall dargestellt. Ein oranger Stern bedeutet, dass der Mittelwert mit 90-prozentiger Wahrscheinlichkeit gegen Null (keine Veränderung) abgesichert und mit dieser Wahrscheinlichkeit nicht zufällig ist.

Durchschnittliche Basensättigung nach BZE-Tiefenstufen für alle BZE-Punkte (BZE I: n=66; BZE II: n=76) in Sachsen-Anhalt, links die durchschnittliche Basensättigung der BZE I und II, rechts die mittleren Differenzen (BZE II – BZE I: n=63), oranger Stern: signifikant unter dem 10 %-Signifikanzniveau



Bodenzustandserhebung

In den Waldböden Sachsen-Anhalts liegen die durchschnittlichen Werte der Basensättigung in den einzelnen Tiefenstufen mit Werten zwischen 30 und 40 % in mittleren Größenordnungen. Viele Waldböden verfügen in tieferen Bodenschichten über ausreichende Nährstoffe und Pufferkapazität, was sich in den höheren Werten der Basensättigung um 40 % in der Bodenschicht zwischen 60 und 90 cm widerspiegelt. Die etwas höheren Werte der Basensättigung der Tiefenstufe 0-5 cm im Vergleich zu den Tiefenstufen bis 60 cm Bodentiefe lassen sich durch die Einarbeitung organischer Substanz durch die Bodenwühler, Wurzelstreu und Einwaschung mit dem Sickerwasser in Waldböden erklären. Dies erhöht die Austauschkapazität und meist auch die Basensättigung. Mit zunehmender Bodentiefe verringert sich die bei der BZE II ermittelte durchschnittliche Basensättigung im Vergleich zur BZE I. Dies ist für die Tiefenstufen 30-60 cm und 60-90 cm auf dem 10 %-Signifikanzniveau abgesichert.

Damit hat sich der durchschnittliche bodenchemische Zustand in den Oberböden bis 30 cm Bodentiefe in den Wäldern Sachsen-Anhalts im Vergleich zur BZE I in den letzten 15 Jahren kaum verändert, was im Zusammenhang mit den deutlich reduzierten Säureeinträgen, vor allem von Schwefelsäure, in den letzten 20 Jahren plausibel ist. Die ungünstigeren Werte in der BZE II ab 30 cm Bodentiefe können im Zuge einer weiteren Tiefenversauerung durch die Wirkung von starken Mineralsäuren und deren Anionen entstanden sein, vor allem von Sulfat und Nitrat aus Immissionen. Die durchschnittliche Basensättigung liegt in jeder Tiefenstufe oberhalb der als kritisch angesehenen Grenze von 20 %. In den ebenfalls von der NW-FVA betreuten Wäldern in den Ländern Hessen und Niedersachsen ist es in den oberen Bodenschichten zu deutlichen Verbesserungen gekommen, dort ist es auf die durchgeführten Kompensationskalkungen zurückzuführen.

In Sachsen-Anhalt sind 3 BZE-Punkte gekalkt worden, diese Flächen liegen alle im Harz. Hier zeigen sich ähnlich wie in Niedersachsen und Hessen deutliche Verbesserungen des Bodenzustandes bis in 30 cm Bodentiefe und keine weitere Verschlechterung bis 60 cm. Diese Befunde sind aufgrund der geringen Stichprobenzahl nicht dargestellt.

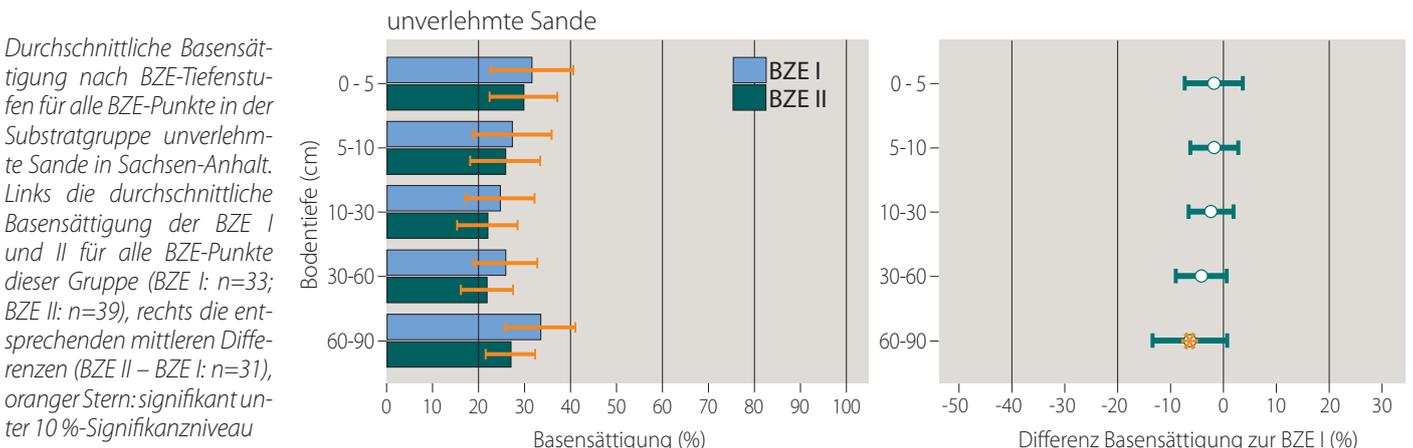
Entsprechend ihrer naturräumlich bedingten Eigenschaften reagieren Waldböden unterschiedlich empfindlich auf Belastungen und Störungen. Die ärmeren Sande im Tiefland oder Quarzite im Mittelgebirge sind geringer mit Nährstoffen versorgt und versauern daher leichter als die reicheren Lößlehmstandorte im Hügelland mit relativ hohen Pufferpotenzialen.

Grauwacken oder auch Tonschiefer im Mittelgebirge können trotz mittlerer Nährstoffausstattung teilweise auch kritische Werte für die Basensättigung aufweisen. Um dieser Standortvielfalt Rechnung zu tragen, wurden die 76 BZE-Punkte einheitlichen Substratgruppen zugeordnet, die hinsichtlich ihrer Standortmerkmale und ihres Pufferpotenzials vergleichbare Einheiten bilden. Das zentrale Gliederungsmerkmal dieser Einteilung ist das jeweilige Ausgangssubstrat, welches wesentlich die chemischen Eigenschaften und damit die Pufferkapazitäten gegenüber Säureeinträgen bestimmt. Die bisher angeführten Mittelwerte sind Durchschnittswerte für alle Waldböden in Sachsen-Anhalt. Um die Veränderungen typischer Waldböden in Sachsen-Anhalt analysieren und besser bewerten zu können, sind die BZE-Punkte nach Substratgruppen gegliedert und ausgewertet worden. Diese Einheiten bieten ein differenziertes Bild der standörtlichen Vielfalt der Waldböden in Sachsen-Anhalt, lassen Belastungsmuster erkennen und sind Grundlage für die Beurteilung von möglichen Kompensationsmaßnahmen.

Die bedeutendste Substratgruppe in Sachsen-Anhalt bilden die **unverlehmten Sande**. Diese Substratgruppe ist typisch für rund 50 % der sachsen-anhaltischen Waldfläche und charakterisiert vor allem die Standortsregion des Tieflandes. Sie wird von glazialen und fluvioglazialen Ablagerungen der letzten Eiszeiten geprägt, vor allem der Warthe-Vereisung. Vorherrschende Bodenarten sind Sande, als Bodentypen dominieren ärmere Sand-Braunerden, Podsol-Braunerden und Podsole. Aufgrund ihrer geringen Nährstoffvorräte sind unverlehmte Sande besonders empfindlich gegenüber Säureeinträgen. Dies zeigt sich deutlich an den mittleren Werten der Basensättigung in der Abbildung unten.

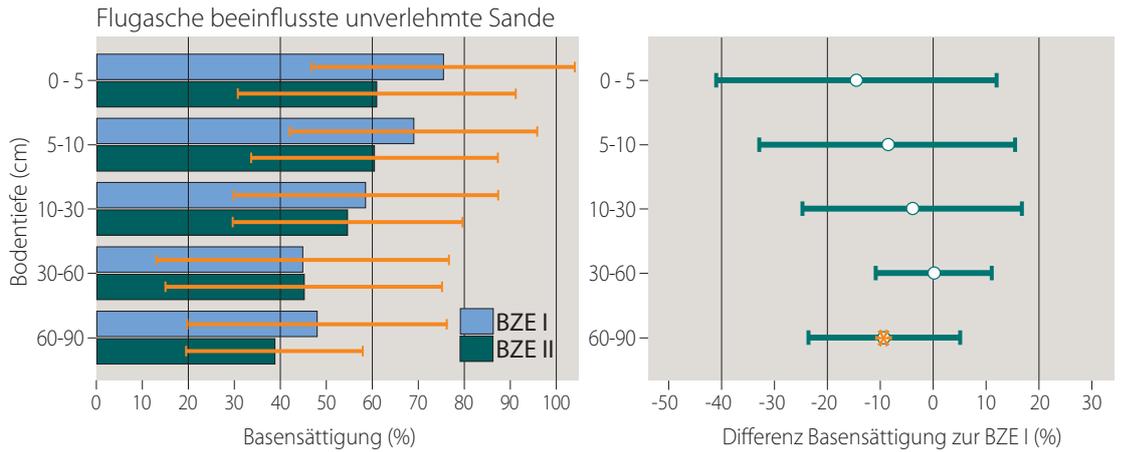
Das Niveau der durchschnittlichen Basensättigung der unverlehmten Sande liegt zwischen 20 und 30 % und damit um 10 %-Punkte unterhalb der jeweiligen Mittelwerte für die Waldböden Sachsen-Anhalts insgesamt. Die Verschlechterung der mittleren Basensättigung in jeder Tiefenstufe dieser Substratgruppe zur BZE I ist deutlicher als im Gesamtkollektiv. Dies ist nur für die Tiefenstufe 60-90 cm auf dem 10 %-Signifikanzniveau abgesichert und vor allem auf die deutlich geringere Stichprobenzahl in diesem Kollektiv zurückzuführen. Die kritische Grenze von 20 % Basensättigung ist auch in diesem Kollektiv im Mittel der jeweiligen Tiefenstufe nicht unterschritten.

Im BZE-Kollektiv unverlehmte Sande fallen einige BZE-Punkte mit sehr hoher Basensättigung auf, vor allem in den oberen Bodenschichten. Diese BZE-Punkte liegen überwiegend im Einflussbereich des ehemaligen Industriedreiecks Leipzig-



Bodenzustandserhebung

Durchschnittliche Basensättigung nach BZE-Tiefenstufen für alle BZE-Punkte in der Substratgruppe unverlehmte Sande mit Flugascheeinfluss in Sachsen-Anhalt. Links die durchschnittliche Basensättigung der BZE I und II für alle BZE-Punkte dieses Kollektives (n=6), rechts die entsprechenden mittleren Differenzen (BZE II – BZE I; n=6), orange Stern: signifikant unter 10%-Signifikanzniveau



Halle-Bitterfeld und legen daher hohen Flugascheeinfluss nahe. Dieser Raum galt lange als eine der am stärksten mit Immissionen belasteten Regionen Deutschlands. In den folgenden Abbildungen sind diese Flugasche beeinflussten BZE-Punkte für sich mit ihren Veränderungen (Abb. oben) sowie das verbleibende Kollektiv der unverlehmten Sande (Abb. unten) dargestellt.

Der Flugascheeinfluss zeigt sich mit mehr als doppelt so hohen Werten für die Basensättigung in den einzelnen Tiefenstufen im Vergleich zu dem Kollektiv der sonstigen unverlehmten Sande sowie mit deutlich abnehmenden durchschnittlichen Werten mit zunehmender Bodentiefe. Gegenüber dem Zustand der BZE I vor 15 Jahren sind die durchschnittlichen Werte der Basensättigung zum Zeitpunkt der BZE II geringer. Am deutlichsten ist die Abnahme in den oberen Tiefenstufen. Dies lässt sich mit dem Rückgang der Flugascheeinträge und versauernd wirkender weiterer Stickstoff- und Schwefeleinträge erklären, auch wenn sich die absoluten Säureeinträge in den letzten 15 Jahren vermindert haben. Auf dem 10%-Signifikanzniveau ist nur der Rückgang der Basensättigung in 60-90 cm Bodentiefe abgesichert.

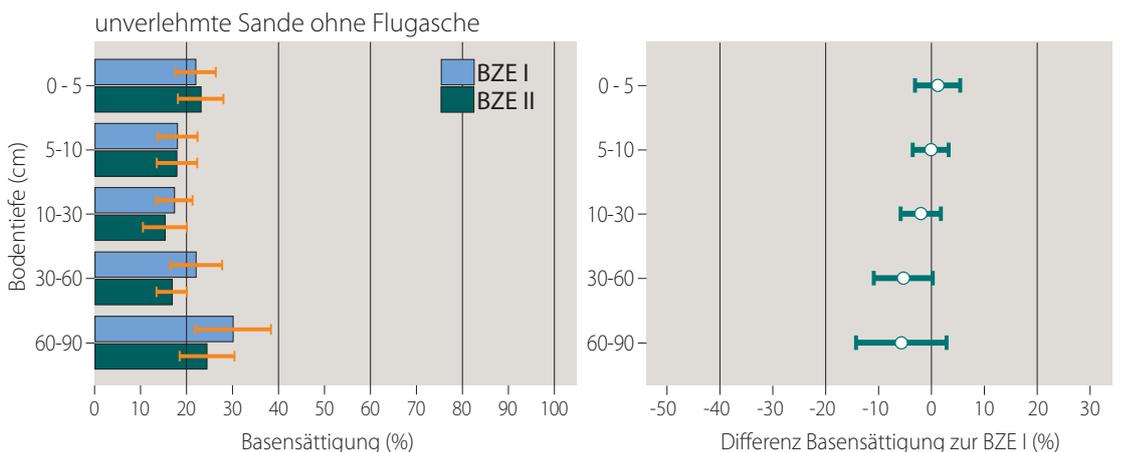
Grundsätzlich können auch andere BZE-Punkte durch Flugasche beeinflusst sein, da Flugasche nicht nur im Raum Bitterfeld auftrat. Dies ist möglicherweise auch mit eine Erklärung, warum die unverlehmten Sande in Sachsen-Anhalt durchschnittlich etwas höhere Werte für die Basensättigung aufweisen als vergleichbare Standorte in Niedersachsen und Hessen.

Die durchschnittlichen Werte der Basensättigung in den Tiefenstufen der unverlehmten Sande ohne Flugascheeinfluss liegen hingegen teilweise unterhalb der kritischen Grenze von 20%.



Schwach podsolige Braunerde aus unverlehmtem Sand nördlich von Burg
Foto: W. Schmidt

Durchschnittliche Basensättigung nach BZE-Tiefenstufen für alle BZE-Punkte in der Substratgruppe unverlehmte Sande ohne Flugascheeinfluss in Sachsen-Anhalt. Links die durchschnittliche Basensättigung der BZE I und II für alle BZE-Punkte dieser Gruppe (BZE I: n=27; BZE II: n=33), rechts die entsprechenden mittleren Differenzen (BZE II – BZE I; n=25)



Bodenzustandserhebung

Die durchschnittlichen Werte in den Tiefenstufen 5-10, 10-30 und 30-60 cm Bodentiefe liegen unterhalb der kritischen Grenze von 20 % Basensättigung. Ab 10 cm Bodentiefe haben sich alle durchschnittlichen Werte der Basensättigung in den jeweiligen Tiefenstufen in den letzten 15 Jahren verschlechtert. Diese Veränderungen sind zwar für keine Tiefenstufe signifikant abgesichert, im Trend aber eindeutig.

Zusammenfassend lässt sich als Ergebnis der BZE II für die Substratgruppe der **unverlehmten Sande** in Sachsen-Anhalt feststellen, dass sich kritische durchschnittliche Werte bis in 60 cm Bodentiefe eingestellt haben. Diese Werte liegen zwar im Vergleich zu den ungekalkten und unverlehmten Sanden in Niedersachsen und Hessen höher, verschlechterten sich aber in den letzten 15 Jahren im Vergleich zur BZE I weiter. Damit zeigt sich, dass die Versauerung kritische Zustände in den Waldböden dieser Substratgruppe verursachte und sich diese ohne Gegenmaßnahmen weiter bis in tiefe Bodenschichten verstärken kann. Die gekalkten unverlehmten Sande in Niedersachsen liegen in den oberen Tiefenstufen nicht mehr im kritischen Bereich, sondern haben sich im Vergleich zur BZE I verbessert.

Auf Basis dieser Ergebnisse sind auch in Sachsen-Anhalt Kompensationskalkungen für diese Substratgruppe zu empfehlen. Für die Durchführung einer Kompensationskalkung ist im Einzelfall eine weitere Konkretisierung auf standortkundlicher und bodenchemischer Grundlage erforderlich. Bei den Flugasche überprägten Standorten dieser Substratgruppe mit ihren untypisch hohen Werten für die Basensättigung sind in der Regel keine Maßnahmen erforderlich.



Schwach podsolige Braunerde aus unverlehmtem Sand bei Jerichow im Nordosten Sachsen-Anhalts an der Elbe
Foto: W. Schmidt

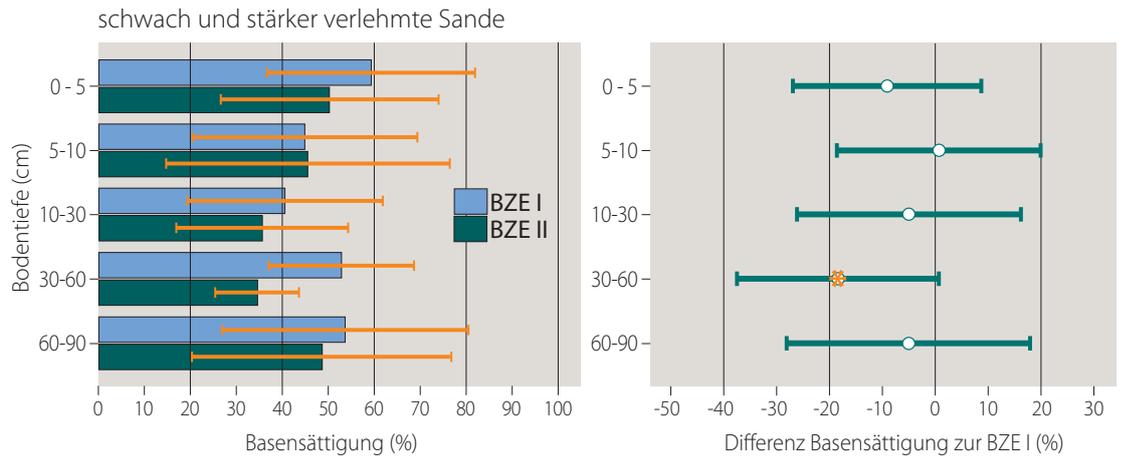


Braunerde Podsol aus unverlehmtem Sand bei Genthin

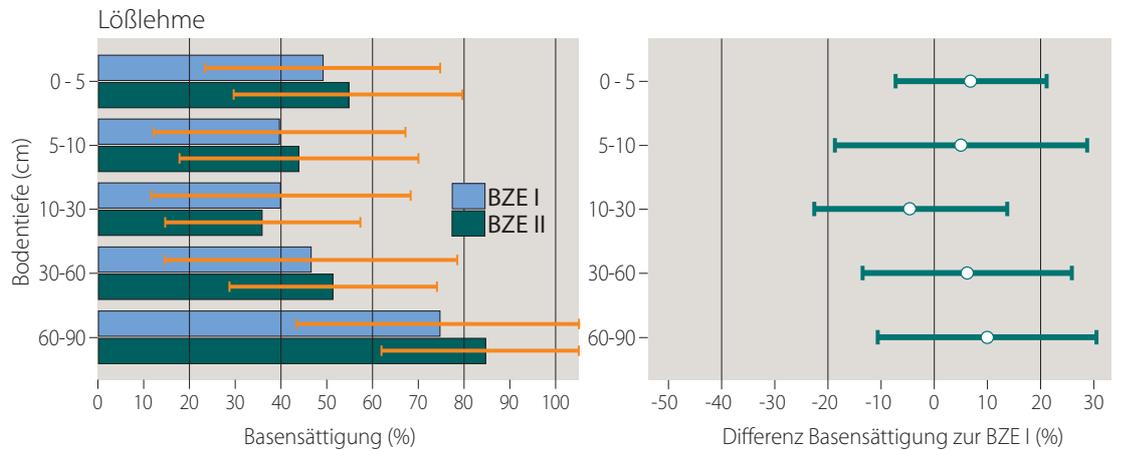
Foto: W. Schmidt

Bodenzustandserhebung

Durchschnittliche Basensättigung nach BZE-Tiefenstufen für alle BZE-Punkte in der Substratgruppe schwach und stärker verlehnte Sande in Sachsen-Anhalt. Links die durchschnittliche Basensättigung der BZE I und II für alle BZE-Punkte dieser Gruppe (BZE I: n=7; BZE II: n=9), rechts die entsprechenden mittleren Differenzen (BZE II – BZE I: n=7), oranger Stern: signifikant unter 10 %-Signifikanzniveau



Durchschnittliche Basensättigung nach BZE-Tiefenstufen für alle BZE-Punkte in der Substratgruppe Lößlehme in Sachsen-Anhalt. Links die durchschnittliche Basensättigung der BZE I und II (n=8), rechts die entsprechenden mittleren Differenzen (BZE II – BZE I: n=8)



Nach den unverlehnten Sanden ist die Substratgruppe der **schwach und stärker verlehnten Sande** die nächst häufigste in Sachsen-Anhalt. Diese Substratgruppe repräsentiert ungefähr 10 % der Waldfläche. Typische Standorte sind verlehnte Grundmoränen und Niederungen. Die durchschnittlichen Basensättigungen liegen in den jeweiligen Tiefenstufen zwischen den Werten der unverlehnten Sande und den von Flugasche beeinflussten unverlehnten Sanden.

Mit durchschnittlichen Werten zwischen 40 und 60 % Basensättigung bei der BZE I fallen die schwach und stärker verlehnten Sande in den mittleren bis sogar basenreichen Bewertungsbereich. Dieses relativ hohe Niveau wird von den aktuellen durchschnittlichen Basensättigungen der BZE II jedoch nicht mehr gehalten. Besonders in der Tiefenstufe 30-60 cm ist die durchschnittliche Basensättigung stark abgesunken. Kritische Durchschnitte unter 20 % Basensättigung werden bei den schwach und stärker verlehnten Sanden nicht erreicht.

Neben den Sanden bilden die von Lößlehm und Tonschiefer geprägten Standorte noch häufige und relativ einheitliche Substratgruppen in Sachsen-Anhalt. Im BZE-Kollektiv sind diese Substratgruppen jeweils mit 10 % vertreten.

Das Substrat **Lößlehm** ist in Sachsen-Anhalt typisch für das Hügelland als Teil des mitteleuropäischen Lößlehmürtels. Lößlehme sind fruchtbare Standorte und meist ackerbaulich genutzt. Sie sind auch wertvolle Waldstandorte, vor allem weil sie mittel bis gut nährstoffversorgt sind und über ein großes Wasserspeichervermögen verfügen.

Die Lößlehme in Sachsen-Anhalt sind gut mit Nährstoffen versorgt. Die durchschnittlichen Basensättigungen in den Tiefenstufen liegen in mittleren bis hohen Bewertungsbereichen. Signifikante Veränderungen zur BZE I konnten nicht

festgestellt werden. Die Streuungen der Basensättigung um die Mittelwerte sind hoch, ein Zeichen für die große Heterogenität dieser Standorte. Da die Stichprobenzahl relativ gering ist, sind die Aussagen entsprechend allgemein. Die Lößlehme in Sachsen-Anhalt haben vor allem in der Tiefenstufe 60-90 cm hohe Nährstoffreserven. Über die Nährstoffaufnahme durch die Baumwurzeln, den Blattstreufall und die Einarbeitung nährstoffreicher Streu durch die Bodenwühler in den oberen Mineralboden werden diese Nährstoffreserven in den Kreislauf gebracht. Dies wird an den höheren Werten der Basensättigung in 0-5 cm Bodentiefe deutlich. So lange diese Nährstoffreserven verfügbar bleiben und zirkulieren, sind keine Kompensationsmaßnahmen erforderlich.

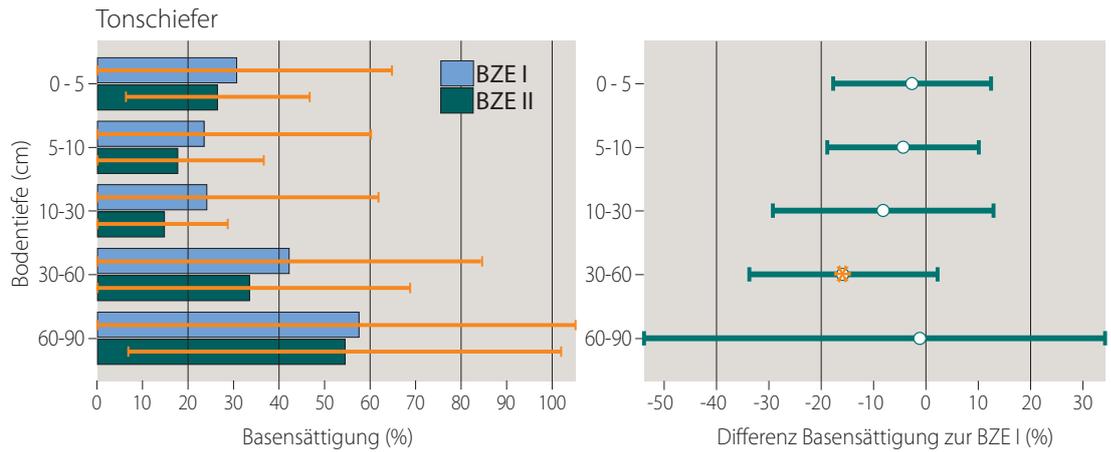


Parabraunerde aus dem Hügelland

Foto: W. Schmidt

Bodenzustandserhebung

Durchschnittliche Basensättigung nach BZE-Tiefenstufen für alle BZE-Punkte in der Substratgruppe Tonschiefer in Sachsen-Anhalt. Links die durchschnittliche Basensättigung der BZE I (n=6) und BZE II (n=7), rechts die entsprechenden mittleren Differenzen (BZE II – BZE I: n=6), oranger Stern: signifikant unter 10%-Signifikanzniveau



Braunerde aus Tonschiefer im Südharz

Foto: W. Schmidt

Die Substratgruppe **Tonschiefer** mit ihren teilweise hohen Steinanteilen und verschiedensten mineralischen Zusammensetzungen deckt standörtlich weite Amplituden ab und ist typisch für die Standortsregion des Mittelgebirges. In der Regel ist der anstehende Tonschiefer eher ärmer ausgeprägt.

Die weiten Konfidenzintervalle für die mittleren Basensättigungen in allen Tiefenstufen (orange Linien) sind Ausdruck für die große Heterogenität dieser Standorte und die geringe Stichprobenanzahl. Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten können daher auch zufällig sein, je nach dem, welche Tonschiefer-Standorte im BZE-Kollektiv liegen.

In den Tiefenstufen 5-10 und 10-30 cm weisen diese Standorte im Oberboden Werte von unter 20 % Basensättigung auf und zeigen damit deutliche Spuren einer Versauerung. Auch die bis in 60 cm Bodentiefe sich verringernden Werte der durchschnittlichen Basensättigung von der BZE I zur BZE II in jeder Tiefenstufe weisen darauf hin. Signifikant ist dies auf dem 10 % Niveau nur für die Bodentiefe 30-60 cm. Ab 30 cm Bodentiefe sind die durchschnittlichen Werte der Basensättigung deut-

lich höher. Damit sind in dieser Tiefe höhere Nährstoffreserven ähnlich den Lößlehmen zu erwarten, die aufgrund der hohen Steingehalte im Tonschiefer jedoch insgesamt geringer als im Lößlehm ausfallen. Aufgrund der geringen Werte der durchschnittlichen Basensättigung im Oberboden und den abnehmenden Durchschnittswerten sollten diese Standorte ebenfalls in die Kalkungsplanung aufgenommen werden. Ähnliche Muster zeigen sich auch bei der Substratgruppe Grauwacke, die nur mit 3 BZE-Punkten vertreten ist und daher hier nicht dargestellt wird.

Die beschriebenen Substratgruppen umfassen über 80 % aller Waldböden in Sachsen-Anhalt. Vereinzelt vorkommende Substrate wie z. B. Basalt, Zechstein, Quarzit oder Granit kommen zwar im BZE-Kollektiv vor, sind aber aufgrund der geringen Stichprobenzahl und Heterogenität als Substratgruppe für Sachsen-Anhalt nicht sinnvoll auswertbar.

Fazit

Die Ergebnisse der ersten BZE in Sachsen-Anhalt hatten gezeigt, dass bei vielen Waldstandorten vor allem aufgrund der luftbürtigen Säureinträge kritische Zustände erreicht wurden. Intensive Luftreinhaltemaßnahmen, Industriestilllegungen, Waldumbaumaßnahmen und vereinzelte Waldkalkungen als Kompensationsmaßnahme veränderten die Rahmenbedingungen in den letzten 20 Jahren erheblich. Die BZE II zeigt nun, dass sich der Zustand in den oberen 30 cm Bodentiefe kaum geändert, in den Bodentiefen 30-60 cm und 60-90 cm jedoch weiter verschlechtert hat. Diese Entwicklung kann mit geringeren Säureinträgen und einer weiter fortschreitenden Tiefenversauerung erklärt werden. Besonders kritische Zustände bei weiterer Verschlechterung wurden bei der am häufigsten vorkommenden Substratgruppe der unverlehnten Sande festgestellt. Davon ausgenommen sind von Flugasche beeinflusste Standorte, die aktuell sehr gut nährstoffversorgt sind. Schwach und stärker verlehnte Sande und Lößlehme können ebenfalls als unkritisch eingestuft werden, obwohl sich ihr Zustand teilweise in den letzten 15 Jahren verschlechterte. Auf ungekalkten ärmeren Standorten im Harz, wie teilweise Tonschiefer und Grauwacke, Quarzit oder Granit, sowie den unverlehnten Sanden im Tiefland ohne Flugascheeinfluss wurden kritische Werte hinsichtlich der Basensättigung unterschritten, hier sollten Kalkungsmaßnahmen erste Priorität haben. Weitere Anstrengungen in der Luftreinhaltepolitik sind erforderlich, um die Säureinträge auf ein für Waldökosysteme tolerierbares Maß zu reduzieren.