

Schlussfolgerungen aus der BZE II

Die Bodenzustandserhebung (BZE) untersucht insbesondere morphologische, physikalische und chemische Eigenschaften der Waldböden in Deutschland. Mit ihrer methodisch vergleichbaren Wiederholung nach 15 Jahren ermöglicht sie einen fundierten Blick auf zeitliche Veränderungen des Bodenzustands. Da die Bodenzustandserhebung an den gleichen Beobachtungspunkten mit Informationen zum Kronenzustand der Wälder, zur Waldernährung sowie zur Vegetation vernetzt ist, stellt sie ein wertvolles und unverzichtbares Instrument zur Darstellung der Leistungen von Luftreinhalte- und Bodenschutzmaßnahmen und von Risiken der Waldentwicklung dar. Nachfolgend werden Schlussfolgerungen aus der BZE für eine nachhaltige Bewirtschaftung und den Schutz von Wäldern und Waldböden gezogen [1].

Andreas Bolte, Johannes Eichhorn,
Joachim Block

Luftreinhaltung und Waldkalkung wirken gegen Bodenversauerung

Die Tiefenversauerung und Entbasung der Waldböden, die Freisetzung von wurzeltoxischen Aluminium-Ionen und Magnesiummangelversorgung wurden als ernste Gefährdungen für Waldböden und Wälder identifiziert [2, 3]. Bei der Säurebelastung der Wälder zeigen die Ergebnisse der BZE eine Säureentlastung der Waldböden durch die Reduktion der Schwefelbelastung und durch Bodenschutzkalkungen, aber auch eine nach wie vor hohe Säurebelastung insbesondere durch versauernde Stickstoffeinträge [4, 5]. Daher sollten Maßnahmen der Luftreinhaltung weiter vorangetrieben und umgesetzt werden. Eine Kalkung von Standorten mit eintragsbedingter Versauerung ist weiterhin empfehlenswert und förderungswürdig, um negative Auswirkungen auf die Waldbodenfunktionen, die Vitalität und das Wachstum von Wäldern auszugleichen.

Herausforderung Stickstoff-Eutrophierung

Neben der Bodenversauerung wird die Stickstoffeutrophierung von Wäldern und Waldböden als Hauptverursacher von möglichen Schäden durch Luftverunreinigungen angesehen. Die bisher geringe Reduzierung insbesondere eutrophierender Ammonium-Stickstoff-Einträge führt weiterhin zu einem Überangebot

an Stickstoff in vielen Wäldern und einer Überversorgung in der Waldernährung [6]. Dadurch können Gefährdungen für die Biodiversität durch die Verdrängung oft seltener Pflanzenarten nährstoffarmer Standorte, für die Begründung von Mischwäldern und für die Sicker- und Grundwasserqualität durch erhöhte Nitrat austräge entstehen [7, 8]. Aus dieser Sicht hat die Verringerung von Stickstoffeinträgen, insbesondere auch von Ammonium-Stickstoff, eine besondere Priorität bei weiteren politischen Anstrengungen zur Luftreinhaltung. Entsprechende Maßnahmen in der Landwirtschaft, insbesondere der Tierhaltung, als Hauptemittenten von Ammonium-Stickstoff in Deutschland sind hier von großer Bedeutung.

Die Nährstoffnachhaltigkeit bei der Holzernte beachten

Stickstoff, Phosphor, Magnesium, Kalzium sowie Kalium sind wachstumsnotwendige und teilweise begrenzende

Nährstoffe terrestrischer Ökosysteme. Nährstoffe, die nicht über die atmosphärische Deposition eingetragen werden, müssen beim Export der Nährstoffe mit Holz- oder Biomassenutzung aus der Mineralverwitterung nachgeliefert werden. Viele Waldböden verfügen nach Ergebnissen der BZE nur über einen begrenzten Bestand an Nährstoffen aus verwitterbaren Mineralen und Zersetzung organischer Substanz [5]. Die Intensität der Holznutzung muss daher insbesondere auf Flächen sorgsam an das standortsverträgliche Ausmaß angepasst werden [9]. Vollbaumernten, welche neben dem Derbholz auch das besonders nährstoffhaltige Kronenmaterial entnehmen, sollten daher nur in Betracht gezogen werden, wenn dies auf dem jeweiligen Standort mit der Nährstoffnachhaltigkeit vereinbar ist und nicht zu einer Beeinträchtigung der Standortsproduktivität führen kann.

Waldböden binden Schwermetalle

Die Schwermetallgehalte der Waldböden Deutschlands werden je nach Element entweder durch das Ausgangsgestein oder durch Einträge aus der Luft bestimmt. Die Lufteinträge der Schwermetalle haben im Zeitraum zwischen 1990 und 2006 abgenommen, gleichzeitig wurden Schwermetalle aus der Humusaufgabe in den oberen Mineralboden verlagert und dort gebunden [10]. Dieser Effekt wird durch die Waldkal-

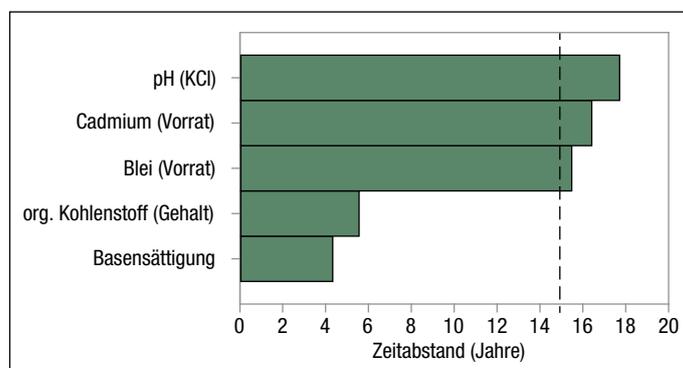


Abb. 1: Zeitabstand zur BZE II für die Wahrscheinlichkeit einer signifikanten Veränderung verschiedener Parameter in den Waldböden Deutschlands. Der umrahmte Bereich (15 bis 20 Jahre Zeitabstand) zeigt das Wiederholungsintervall an, in dem signifikante Veränderungen für alle gezeigten Bodenparameter erfasst werden können.



Foto: AFZ-DerWald Archiv

Abb. 2: Auch die Befunde der BZE belegen, dass eine nachhaltige Forstwirtschaft zu einer positiven Klimaschutzwirkung der Wälder in Deutschland führen.

kung, die eine Humusverlagerung von der Auflage in den oberen Mineralboden bewirkt, tendenziell verstärkt. Wälder binden im Mineralboden Schwermetalle am Beispiel von Blei und schützen damit den Grundwasserleiter vor unerwünschten Einträgen. Ein Verzicht auf Kahlschläge und Bodenbearbeitung und ein störungsarmer Waldbau unterstützt die langfristige Bindung von Schwermetallen und organischen Schadstoffen in der organischen Substanz von Waldböden. Cadmium hingegen wird an Bodenoberflächen schwächer angelagert und eher mit dem Wasserfluss transportiert.

Beitrag zum Klimaschutz durch Kohlenstoffspeicherung

Die Wälder und Waldböden in Deutschland tragen mit einer Festlegungsrate von jährlich etwa 52 Mio. t CO₂-Äquivalenten (Zeitraum 1990 bis 2012) zum Klimaschutz bei [11]. Der Waldboden bis 30 cm Bodentiefe trägt hierzu rund 15 Mio. t CO₂-Äquivalenten Senkenleistung bei [1], bis 90 cm Bodentiefe werden jährlich 0,75 t ha⁻¹ an organischem Kohlenstoff festgelegt [12]. Die nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder in Deutschland hat in den letzten gut 20 Jahren sowohl

zur Festlegung von Kohlenstoff in den Wäldern und den Waldböden als auch zur Erzeugung klimaschonender Holzprodukte beigetragen. Dieser Zweiklang von bewusster, nachhaltiger Waldnutzung mit doppelter Klimaschutzwirkung durch Kohlenstoff-Festlegung im Wald als auch in Holzprodukten sollte daher unbedingt weiter gefördert werden. Bewirtschaftungseinschränkungen und Aufgabe der Holznutzung führen durch die geminderte oder entgangene Substitutionswirkung von Holzprodukten zu einer geringeren Klimaschutzwirkung von Wäldern. Die Vorteile einer Laubwalderhöhung bei der

Kohlenstoffspeicherung im Wald müssen aus Klimaschutzsicht aber mit den Nachteilen einer geringeren Nachfrage von Laubholz bei der stofflichen Verwertung und daraus resultierender Nachteile für den Klimaschutz abgewogen werden [13]. Die Intensität der derzeit praktizierten Waldbewirtschaftung ohne Kahlschläge hat nach Ergebnissen von Einzelstudien keinen deutlichen Einfluss auf die Speicherkapazität der Waldböden für Kohlenstoff [14]. Auch die Befunde der BZE belegen, dass die bestehenden Normen und Regeln einer nachhaltigen Forstwirtschaft zu einer positiven Klimaschutzwirkung der Wälder in Deutschland geführt haben. Einschränkungen in der Holznutzung sollten auf ein absolut notwendiges Maß beschränkt bleiben.

Literaturhinweise:

[1] BOLTE, A., EICHHORN, J., BLOCK, A. (2016): Nachhaltige Nutzung und Schutz von Wäldern und Waldböden. Thünen Report 43: 1-457 – 1-464. [2] ULRICH, B. (1981): Ökologische Gruppierung von Böden nach ihrem chemischen Bodenzustand. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 144: 289-305. [3] ULRICH, B. (1986): Natural and anthropogenic components of soil acidification. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 149: 702-717. [4] GRÜNEBERG, E.; AYDIN, C. T.; BARTZ, R.; MILBERT, G. (2016): Die Waldböden und ihre Einflussfaktoren. Thünen Report 43: 1-44 – 1-74. [5] WELLBROCK, N.; LAUER, A.; EICKENSCHIEDT, N.; GRÜNEBERG, E. et al. (2016): Bodenversauerung und Nährstoffverfügbarkeit. Thünen Report 43: 1-75 – 1-134. [6] RIEK, W.; TALKNER, U.; DAMMANN, I.; KOHLER, M. et al. (2016): Waldernährung. Thünen Report 43: 1-245 – 1-291. [7] ANDREAE, H.; EICKENSCHIEDT, N.; EVERS, J.; GRÜNEBERG, E. et al. (2016): Stickstoffstatus und dessen zeitliche Veränderung in Waldböden. Thünen Report 43: 1-135 – 1-180. [8] ZICHE, D.; MICHLER, B.; FISCHER, H.; KOMPA, T. et al. (2016): Boden als Grundlage biologischer Vielfalt. Thünen Report 43: 1-292 – 1-342. [9] BLOCK, J.; MEIWES, K.-J. (2013): Erhaltung der Produktivität der Waldböden bei der Holz- und Biomassennutzung. In: BACHMANN, G.; KÖNIG, W.; UTERMANN, J. (Hrsg.): Bodenschutz – Ergänzendes Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser. 4200, BoS erg.- Lfg. 1/13, VII/13: 1-50. [10] UTERMANN, J.; AYDIN, C. T.; BISCHOFF, N.; BÖTTCHER, J. et al. (2016): Vorräte und Gehalte von Schwermetallen in Waldböden. Thünen Report 43: 1-210 – 1-244. [11] WELLBROCK, N.; GRÜNEBERG, E.; STÜMER, W.; RÜTER, S. et al. (2014): Wälder in Deutschland speichern Kohlenstoff. AFZ-DerWald 69 (18): 38-39. [12] GRÜNEBERG, E.; RIEK, W.; SCHÖNING, I.; EVERS, J. et al. (2016): Kohlenstoffvorräte und deren zeitliche Veränderung in Waldböden. Thünen Report 43: 1-181 – 1-209. [13] Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz und Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL (2016): Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. Gutachten. Berlin. [14] MUND, M.; SCHULZE, E.-D. (2006): Impacts of forest management on the carbon budget of European beech (*Fagus sylvatica*) forests. Allg. Forst u. Jgd.-Ztg. 177 (3/4): 47-63. [15] BYTNEROWICZ, A.; OMAS, K.; PAOLETTI, E. (2007): Integrated effects of air pollution and climate change on forests: A northern hemisphere perspective. Environm. Poll. 147: 438-445. [16] WILPERT, K. V.; HARTMANN, P.; PUHLMANN, H.; SCHMIDT-WALTER, P. et al. (2016): Bodenwasserhaushalt und Trockenstress. Thünen Report 43: 1-343 – 1-386. [17] EICKENSCHIEDT, N.; AUGUSTIN, N.; WELLBROCK, N.; DÜHNELT, P. et al. (2016): Kronenzustand – Steuergröße und Raum-Zeit-Entwicklung von 1989 – 2015. Thünen Report 43: 1-387 – 1-456. [18] DIETER, M.; JANZEN, N. (2015): Deutsches Cluster Forst und Holz im internationalen Wettbewerb. AFZ-DerWald 70 (17): 13-15. [19] BOLTE, A.; EISENHAUER, D.-R.; EHRHART, H.-P.; GROB, J. et al. (2009): Klimawandel und Forstwirtschaft – Übereinstimmungen und Unterschiede bei der Einschätzung der Anpassungsnotwendigkeiten und Anpassungsstrategien der Bundesländer. Landbauforschung - vTi Agriculture and Forestry Research 59(4): 269-278.

Wechselwirkungen von Klimawandel und Luftverunreinigung
 Wirkungen von Luftverunreinigungen und Stoffeinträgen auf Wälder können mit Extremwitterung und -wetterlagen wie z. B. Hitze und Trockenheit interagieren [15]. Dies zeigt sich in einer erhöhten Empfindlichkeit von stickstoffüberversorgten Bäumen gegenüber Spätfrost, Schaderregern und Trockenheit. Wassermangelsituationen und ein angespannter Bodenwasserhaushalt spielen dabei eine besondere Rolle [16]. Kronenansprachen der Waldzustandserhebung (WZE) auf den Flächen der Bodenzustandserhebung zeigen, dass Risiken bei Fichte und Buche durch Wechselwirkungen von Stickstoffeinträgen und Trockenheit bestehen, bei Fichte und Eiche können sich Trockenheit und Schaderregerbefall verstärken [17]. Die Ergebnisse machen deutlich, dass eine Verminderung der Treibhausgasemissionen dringend erforderlich ist, um den laufenden Klimawandel auf ein Ausmaß (2° C-Ziel) zu begrenzen, an das sich die Wälder in Deutschland anpassen können. Dies ist umso wichtiger, da viele Wälder durch die zurückliegenden und aktuellen Wirkungen von Luftverunreinigungen vorbelastet sind.

Waldumbau hat positive Wirkungen auf die Waldböden

Der Umbau von Nadelbaum-Reinbeständen mit Fichte und Kiefer zu Laub- und Mischwaldbeständen hat den Waldaufbau in den letzten 20 Jahren in vielen Regionen verändert. Dieser Waldumbau hat insgesamt positive Wirkungen auf die Waldböden, da Laubwälder eine geringere Versauerung und höhere Basensättigung als Nadelwälder aufweisen sowie mehr organische Substanz und Kohlenstoff im Mineralboden binden [5, 10]. Diese Bindung in tieferen Bodenschichten führt zu einer Stabilisierung der Kohlenstoff-Festlegung gegenüber Störungen der Auflage und des Oberbodens und zur leichteren Verfügbarkeit der organisch gebundenen Nährstoffe. Im Zusammenhang mit der überragenden wirtschaftlichen Bedeutung von Nadelholz für die holznutzenden Unternehmen [18] und einer notwendigen Risikostreue gegenüber Risiken des Klimawandels [19] sollte ein Fokus allerdings auf dem Aufbau von Mischwäldern und der Er-

haltung eines ausreichenden Anteils von Nadelbaumarten sein, die an zukünftige Klimabedingungen angepasst sind. Hier sollten politische Maßnahmen darauf abzielen, die Mischwald-Mehrung auch unter Einbeziehung toleranter heimischer wie auch eingeführte Baumarten wie der Weißtanne, Douglasie und Küstentanne gezielt zu fördern. Dabei sind die berechtigten Belange des Naturschutzes zu wahren.

Fazit

Mit den Auswertungen der zweiten bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II) können zum ersten Mal Veränderungen im Zustand der Waldböden und korrespondierender Waldmerkmale systematisch und repräsentativ für Deutschland auf nationaler und regionaler Ebene dargestellt werden. Sowohl die Anzahl der untersuchten ca. 1.900 Standorte als auch der Umfang der Erhebungsgrößen zu den Bereichen Boden, Kronenzustand, Ernährung, Bestand und Vegetation sind einzigartig. Das Ausmaß und die aktuell hohe Geschwindigkeit der Veränderungen von Wäldern und Waldböden lassen sich nur durch die wiederholte Untersuchung und den Aufbau vergleichbarer Zeitreihen aufzeigen. Für ausgewählte Bodenparameter lassen sich aus Veränderungen zwischen BZE I (1990) und BZE II (2006 bis 2008) ein Zeitraum von 15 bis 20 Jahren ableiten (Abb. 1), in dem eine Wiederholungsinventur signifikante Änderungen erwarten lässt. Dies spricht für eine erneute dritte Bundesweite Bodenzustandserhebung (BZE III) ab Anfang der 2020er Jahre. Entsprechende Weichen sollten mit einer Bundesverordnung in Abstimmung mit den Ländern gestellt werden.

Prof. Dr. Andreas Bolte, andreas.bolte@thuenen.de, leitet das Thünen-Institut für Waldökosysteme in Eberswalde. Prof. Dr. Johannes Eichhorn leitet die Abteilung Umweltkontrolle der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) in Göttingen. Dr. Joachim Block ist stellvertretender Leiter der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft (FAWF) des Landes Rheinland-Pfalz in Trippstadt.

