



DEUTLICHE VERBESSERUNG DES WALDBODENZUSTANDES IN RHEINLAND-PFALZ



Die Befunde der im Jahr 2012 abgeschlossenen zweiten landesweiten Waldbodenzustands-erhebung in Rheinland-Pfalz (BZE II) zeigen eine deutliche Verbesserung des Waldboden-zustandes. So ist die Bodenversauerung merklich zurückgegangen. Die pH-Werte und die Gehalte und Vorräte an austauschbarem Kalzium und Magnesium sind deutlich angestiegen. Die Sulfatkonzentrationen im Bodenwasser sind spürbar gesunken und auch die Belastung durch Schwermetalle hat sich merklich verringert.

Die Auswertungen belegen nicht nur die Erfolge der Luftreinhaltung, sondern sie zeigen auch die Wirksamkeit der Bodenschutzkalkung in Rheinland-Pfalz.

Besorgniserregend ist allerdings nach wie vor die Belastung unserer Waldökosysteme durch Stickstoff. So ergaben sich an etwa der Hälfte der Aufnahmepunkte Hinweise auf eine über-mäßige Stickstoffeutrophierung.

Die bundes- und europaweit abgestimmte BZE ist Teil des Forstlichen Umweltmonitorings, das in Rheinland-Pfalz federführend durch die For-schungsanstalt für Waldökologie und Forstwirt-schaft (FAWF) durchgeführt wurde. Die BZE II erfolgte in enger Kooperation der FAWF mit dem Forsteinrichtungs- und Standortkartierungsre-ferat der Zentralstelle der Forstverwaltung, dem Landesamt für Geologie und Bergbau und der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und For-schungsanstalt Speyer.

Die Feldaufnahmen und Probenahmen der BZE I wurden in den Jahren 1989/90, die der BZE II 17 Jahre später in den Jahren 2006/07 durchgeführt. Beide Erhebungen erfolgten auf dem 4x12 km-Raster der Unterstichprobe der Waldzustandser-hebung.

Bei der BZE II wurden an 165 Rasterpunkten mehr als 1200 Bodenproben gewonnen und nahezu 70 000 einzelne chemische und physikalische Analysen durchgeführt.

Deutliche Wirkung von Luftreinhaltung und Kal-kung

Die erhebliche Verringerung des Eintrags ver-sauernd wirkender Luftverunreinigungen und die Waldkalkung haben eine deutliche Verbesserung des Waldbodenzustandes bewirkt. So zeigen die pH-Werte an der Mehrzahl der Rasterpunkte bis

in den Unterboden hinein einen deutlichen An-stieg zwischen der BZE I und der BZE II. Während sich bei der BZE I noch an mehr als zwei Dritteln der Standorte die Oberböden im Aluminium- und Eisen-Aluminium-Pufferbereich befanden, hat sich der Schwerpunkt bei der BZE II in den Austauscherpufferbereich hinein verschoben. Dies korrespondiert mit Veränderungen in der Austauscherbelegung: So zeigt sich bei der BZE II bis in eine Bodentiefe von 60 cm eine signifikant erhöhte Basensättigung gegenüber den Befunden der BZE I. Die Verbesserungen im Säure-Basezu-stand der Böden betreffen vor allem Standorte und Regionen, in denen zuvor besonders niedrige pH-Werte und Basensättigungen anzutreffen waren, wie die Buntsandsteinstandorte im Pfäl-zerwald und die Quarzitstandorte im Hunsrück. Im Wesentlichen dürfte dies auf die hier großflä-chig durchgeführten Bodenschutzkalkungen zu-rückzuführen sein. Die Auswertungen belegen die zielgerichtete Auswahl der zu kalkenden Stand-orte. So wies das gekalkte Kollektiv vor der Kal-kung deutlich geringere Basensättigungen auf als das nicht gekalkte Kollektiv. Die Auswertungen ergaben keine Hinweise auf negative Effekte der Kalkung wie eine Verringerung der Kaliumverfü-gbarkeit oder Verluste an organischem Kohlen-stoff.

Eingehende Mineralanalysen und Kalkulationen

oben: Für die Analyse aufbereitete Bodenskelettproben Foto: C.D. Fath

unten: Probenahme aus der Sohle eines BZE-Bodenprofils Foto: W. Schwind

der Mineralverwitterung zeigen, dass ein sehr großer Teil unserer Waldböden so arm an verwitterbaren kalziumhaltigen Mineralen ist, dass eine Regeneration der versauerten, basenverarmten Böden ohne Kalkung kaum möglich erscheint.

Die drastische Verringerung der Schwefeldioxidemission und der damit verbundene Rückgang der atmosphären Sulfatdeposition in unseren Wäldern schlägt sich in den Befunden der BZE in einer deutlichen Abnahme der Sulfatkonzentrationen im Bodenwasser nieder.

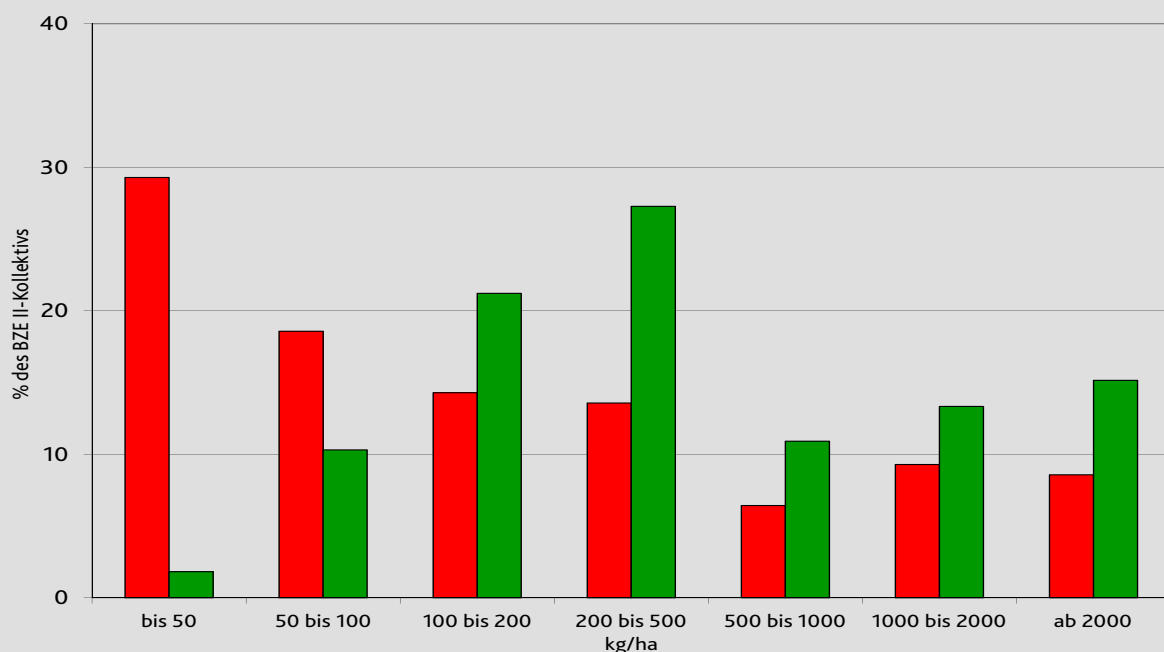
Viele rheinland-pfälzische Waldböden weisen vergleichsweise hohe Schwermetallgehalte auf. Hier hat vor allem die in geschichtlicher Zeit fast überall in den heutigen Waldgebieten ausgeübte Bergbautätigkeit - in der Regel verbunden mit einer lokalen Verhüttung der Erze - ihre Spuren hinterlassen. Jüngere Einträge aus der Industrie und dem Straßenverkehr sind in den letzten Jahren merklich rückläufig. Auch hier belegt die BZE

die Wirksamkeit der Emissionsminderungsmaßnahmen. So sind die Bleikonzentrationen in den obersten Bodenschichten zwischen der BZE I und der BZE II deutlich gesunken.

Problem Stickstoffbelastung

Die Stickstoff-Depositionsraten überschreiten an nahezu drei Vierteln der BZE-Rasterpunkte 20 kg N/ha*Jahr und halten somit verbreitet die Schwellenwerte der Ökosystemverträglichkeit (Critical Loads) für eutrophierenden Stickstoff nicht ein. An etwa der Hälfte der Aufnahme- punkte ergaben sich Hinweise auf eine übermäßige Stickstoffeutrophierung, verbunden mit hohen Nitratgehalten im Bodenwasser und stickstoffliebenden Pflanzen in der Waldbodenvegetation. An einem Drittel der Plots überschreiten die Nitratkonzentrationen der Bodenlösung 10 mg/l , an nahezu einem Viertel sogar 20 mg/l . Bei etwa der Hälfte des Kollektivs wurden Nitrataustragsraten mit dem Sickerwasser von mehr als 5 kg N/

Verteilung der austauschbaren Magnesiumvorräte im Wurzelraum bei BZE I (rote Säulen) und BZE II (grüne Säulen); vor allem die Bodenschutzkalkung hat zu einer deutlichen Verbesserung der Magnesiumbereitstellung in den Waldböden geführt



ha*Jahr und bei einem Viertel der Rasterpunkte auch mehr als 15 kg N/ha*Jahr kalkuliert. Allerdings haben sich die Stickstoffvorräte in den Böden und die Nitratkonzentrationen im Bodenwasser zwischen der BZE I und der BZE II nicht signifikant verändert. Der Anteil an Rasterpunkten mit weiten C/N-Verhältnissen ist von der BZE I zur BZE II merklich gesunken. Allerdings fügen sich die C/N-Verhältnisse noch recht gut in den Bereich der für „natürliche“ Verhältnisse für die jeweilige Humusform angegebenen Spannen ein.

Bedeutsame Kohlenstoffspeicherung

In Zusammenhang mit der Klimaschutzwirkung des Waldes ist die Kohlenstoffspeicherung in unseren Waldökosystemen von besonderer Aktualität. Daher wurden bei der BZE II nicht nur die Kohlenstoffvorräte im Boden, sondern auch die Gehalte in allen Ökosystemteilen wie den aufwachsenden Bäumen, der Bodenvegetation oder dem Totholz erfasst.

Die Vorräte an organischem Kohlenstoff im gesamten Ökosystem variieren im BZE II-Kollektiv zwischen 90 und 528 t/ha mit einem Mittelwert (Median) von 228 t/ha. Der größte Kohlenstoffspeicher ist der aufstockende Waldbestand (Median 114 t/ha), gefolgt vom Mineralboden (78 t/ha), der Humusaufgabe (17 t/ha), dem Totholz (5,7 t/ha) und der Bodenvegetation (0,16 t/ha). Die in der Humusaufgabe und im Mineralboden gespeicherten Kohlenstoffvorräte haben sich zwischen den beiden Erhebungen nicht signifikant verändert. Eine Regressionsanalyse zeigte, dass die C-Vorräte in der Humusaufgabe im Wesentlichen von der Bestockung (Fichten- und Kiefernanteil) und dem Standortwasserhaushalt, die Vorräte im Mineralboden von der Jahresniederschlags-summe, dem Tongehalt und dem Wasserhaushalt der Standorte abhängen.

Große Standortvielfalt und Biodiversität

Das BZE II-Kollektiv umfasst 33 Bodentypen, 95 Substratreihen, 28 Standortswaldtypen und 447 Pflanzenarten über alle Vegetationsschichten;

dies belegt eine große natürliche Diversität der Standortverhältnisse in den rheinland-pfälzischen Wäldern. Die Auswertung der Vegetationsbefunde im Hinblick auf die Zeigerwerte nach ELLENBERG weist auf einen erheblichen Einfluss der Versauerung, der Stickstoffeutrophierung und der Auflichtung der Bestände insbesondere durch Sturmwurf auf die Zusammensetzung der Bodenvegetation hin. Vergleiche der Befunde von BZE I und BZE II belegen, dass der bei der BZE I festgestellten Nivellierung der chemischen Oberbodenverhältnisse in Richtung „versauert und nährstoffarm“ durch Kalkung und Emissionsminderung erfolgreich entgegengewirkt wird.

**Beispiel eines vom Messpunktposten
aus in Richtung Westen aufgenommenen
Waldbestandes** Foto: J. Gauer



Mineralogische Untersuchungen liefern Informationen zur Regenerationsfähigkeit unserer Waldböden

Die mineralogische Zusammensetzung der Waldbodensubstrate und die Entwicklungszustände der Tonminerale liefern wesentliche Kennwerte zur Beurteilung des Pufferpotenzials des Bodens gegenüber Säurebelastungen, zur Fähigkeit der Böden langfristig Nährelemente nachzuliefern und sich gegebenenfalls nach Bodendegradationen durch Verwitterung primärer Silikate und Tonmineralneubildungen zu regenerieren.

Neben Carbonaten, Feldspäten, Pyroxenen und Amphibolen (Hornblende) spielen bei der Freisetzung basischer Kationen Tonminerale eine große, in vielen rheinland-pfälzischen Waldböden sogar die entscheidende Rolle. Da sich die Fähigkeit der Tonminerale Kationen austauschbar zu binden und im Zuge ihrer Verwitterung basische Nährelementkationen freizusetzen, erheblich unterscheiden, wurden an allen BZE II Rasterpunkten eingehende mineralogische Untersuchungen nach einem von R. BUTZ-BRAUN entwickelten Verfahren durchgeführt.

Im Rheinischen Schiefergebirge dominieren „illitreiche Substrate“. Insgesamt kommt diese Substratklasse an nahezu der Hälfte der Rasterpunkte vor. Illite entstehen bei der Verwitterung von Glimmern und tragen erheblich zur Freisetzung der Nährelemente Kalium und Magnesium bei. Die Kalzium-Nachlieferung der illitreichen Böden ist aber nur gering; daher ist ihre Regenerationsfähigkeit nach Bodendegradation durch Versauerung sehr begrenzt.

Am zweithäufigsten sind in den rheinland-pfälzischen Wäldern „quarzreiche Substrate“ anzutreffen. Diese Substratgruppe dominiert im Pfälzerwald, kommt aber auch in der Eifel und im Oberrheinischen Tiefland vor. Die Böden dieser Substratgruppe verfügen nur über ein sehr geringes Pufferpotenzial. Da sie aus der Verwitterung nahezu kein Kalzium und nur wenig Magnesium und Kalium nachliefern, ist ihre Regenerationsfähigkeit nur sehr gering.

An 18 Rasterpunkten wurden Hinweise auf Tonzerstörung gefunden („amorphe Al-Hydroxidhaltige Substrate“), verbunden mit einem nur sehr geringen Pufferpotenzial und einer ebenso geringen „nachschaaffenden Kraft“ (Freisetzung von Nährstoffen aus der Mineralverwitterung).

Nur an etwa einem Sechstel des rheinland-pfälzischen BZE-Kollektivs lassen die Mineralanalysen ein hohes Pufferpotenzial gegenüber Säureinträgen und eine hohe Nachlieferung der Nährstoffe Kalzium, Magnesium und Kalium erwarten („Karbonathaltige Substrate“, „Pyroxene und/oder Amphibole-Pyri-Bolhaltige Substrate“, Teile der „smektithaltigen“ und der „übrigen“ Substrate).

Eingehende Informationen über die Befunde der BZE I und der BZE II erhalten Sie auf den Webseiten der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft <http://www.fawf.wald-rlp.de/index.php?id=3015> Dort finden Sie auch den umfangreichen Ergebnisbericht als Download.

