

Ergebnisse der rheinland-pfälzischen BZE im Überblick

Bodenversauerung

- Anstieg der pH-Werte zwischen BZE I und BZE II an der Mehrzahl der Rasterpunkte mit Verschiebung der Oberböden vom Aluminium- und Eisen-Aluminium-Pufferbereich in den Austauscherpufferbereich hinein
- signifikant erhöhte Basensättigung bei BZE II gegenüber den Befunden der BZE I
- deutliche Abnahme der Sulfatkonzentrationen im wässrigen 1:2-Extrakt zwischen BZE I und BZE II
- keine signifikanten Veränderungen der Nitratkonzentrationen im 1:2-Extrakt
- für die BZE II-Plots kalkulierte Einträge potentieller Säure überschreiten an nahezu allen Rasterpunkten die Critical Loads

Nährelementverfügbarkeit

- Stickstoffvorräte zwischen BZE I und BZE II nicht signifikant verändert
- leichte Abnahme der sehr weiten C/N-Verhältnisse und der auf gravierende Zersetzungshemmungen hinweisenden Humusformen rohhumusartiger Moder und Rohhumus
- Phosphorvorräte zeigen keine signifikanten Veränderungen
- austauschbare Calcium- und Magnesium-Vorräte in Folge der Bodenschutzkalkungen erheblich angestiegen; der Schwerpunkt der Ca- und Mg-Vorräte hat sich von den Bewertungsstufen „sehr gering“ und „gering“ in den mittleren Bereich hinein verschoben
- austauschbare Kaliumvorräte und Vorräte der Spurennährstoffe Mangan und Eisen nicht signifikant verändert
- Anteile der auf das Bodenskelett entfallenen Vorräte an K, Ca und Mg am Gesamtvorrat variieren zwischen unter 1 % und über 70 %; allerdings weisen weniger als ein Viertel der Plots im Skelett verfügbare Anteile von mehr als 10 % des Gesamtvorrates auf

Stickstoffstatus

- neun Zehntel der ökosystemaren Stickstoffvorräte befinden sich in Humusaufgabe und Mineralboden; Anteil der N-Vorräte im aufwachsenden Waldbestand am gesamten ökosystemaren N-Vorrat beträgt im Mittel 7 %, die Vorräte in der Bodenvegetation und im Totholz jeweils weniger als 1 %
- zwischen BZE I und der BZE II keine signifikante Veränderungen bei Auflagehumusmasse, Stickstoffvorrat im Auflagehumus und Anteil des in der Humusaufgabe gespeicherten Stickstoffvorrats am Gesamtvorrat im Boden
- der Anteil an Rasterpunkten mit weiten C/N-Verhältnissen ist von der BZE I zur BZE II merklich gesunken

- aus dem 1:2 Extrakt hergeleitete Nitratkonzentration der Bodenlösung des Unterbodens überschreiten an einem Drittel der Plots 10 mg/l, an nahezu einem Viertel auch 20 mg/l; zwischen der BZE I und der BZE II keine signifikanten Unterschiede in der Nitratkonzentration
- die kalkulierten Nitratflüsse mit dem Sickerwasser ergaben an nahezu der Hälfte des Kollektivs Austragsraten von mehr als 5 kg N/ha*Jahr und an einem Viertel der Plots auch mehr als 15 kg N/ha*Jahr (N-Sättigung auf niedrigem/hohem Niveau)
- für die BZE-Rasterpunkte kalkulierte N-Depositionsraten überschreiten an nahezu drei Vierteln der Plots 20 kg N/ha*Jahr und halten somit verbreitet die Critical Loads für eutrophierenden Stickstoff nicht ein

Kohlenstoffspeicherung

- C_{org}-Vorräte im gesamten Ökosystem variieren zwischen 90 und 528 t/ha mit einem Median von 228 t/ha
- aufstockender Waldbestand ist der bedeutsamste Kohlenstoffspeicher (Median 114 t C/ha), gefolgt vom Mineralboden (78 t/ha), der Humusauflage (17 t/ha), dem Totholz (5,7 t/ha) und der Bodenvegetation (0,16 t/ha)
- fichtengeprägte Ökosysteme weisen die höchsten, eichengeprägte Ökosysteme die geringsten ökosystemaren Kohlenstoffvorräte auf
- im Boden gespeicherte C_{org}-Vorräte unterscheiden sich zwischen beiden Erhebungen nicht signifikant
- C-Vorräte in der Humusauflage hängen im Wesentlichen von der Bestockung (Fichten- und Kiefernanteil) und dem Standortwasserhaushalt, die Vorräte im Mineralboden von der Jahresniederschlagssumme, dem Tongehalt und dem Wasserhaushalt der Standorte ab (Regressionsanalyse)

Schwermetallbelastung

- Bleigehalte in der Humusauflage zwischen der BZE I und der BZE II deutlich gesunken; Gehalte an Cr, Cd und Zn zeigen keine signifikanten Veränderungen
- an 13 (Hg) bis 59 % (Cr) der Plots werden in der Humusauflage die Vorsorgewerte nach PRUESS (1994), an < 2 % (Hg, Cr) bis 55 % (Ni) im humusarmen Mineralboden die Vorsorgewerte der BUNDESBODENSCHUTZVERORDNUNG (1999) überschritten; an < 1 % (Hg, Zn, Cd) bis 30 % (Cu, Cr) der Rasterpunkte sind anhand der Orientierungswerte von TYLER (1992) schädigende Effekte auf Bodenlebewesen anzunehmen
- Verteilungsmuster erhöhter Schwermetallgehalte deuten auf Überlagerung mehrerer Quellen hin:
 - a) vergleichsweise hohe Schwermetallgehalte vieler rheinland-pfälzischer Ausgangsgesteine
 - b) über zwei Jahrtausende ausgeübte Bergbautätigkeit, in der Regel verbunden mit einer lokalen Verhüttung der Erze

- c) jüngere diffuse Einträge z.B. Blei aus dem Straßenverkehr
- d) an einigen wenigen Plots auch Hinweise auf lokale industrielle Quellen

Regenerationsfähigkeit der Waldböden

- säurelösliche (Königswasser) Calciumvorräte meist „gering“ oder „sehr gering“; säurelösliche Magnesium- und Kaliumvorräte demgegenüber meist „hoch“ oder „sehr hoch“
- bei mineralogisch basierten Substratklassen (BUTZ-BRAUN 2009) dominieren illitreiche Substrate (45% der Plots), gefolgt von quarzreichen Substraten (16 %); an 13 % der Plots wiesen die mineralogischen Analysen auf eine Tonzerstörung hin; Substrate mit vergleichsweise hohem Pufferpotenzial, wie karbonathaltige Substrate, Pyroxen- und Amphibol-haltige Substrate und Smektit-haltige Substrate sind mit zusammen 13 % der Plots nur selten vertreten
- Simulationen mit PROFILE zeigen für viele Plots eine vergleichsweise hohe Kaliumnachlieferung insbesondere auf den illitreichen Substraten des Rheinischen Schiefergebirges, aber häufig eine nur sehr schwache Nachlieferung an Calcium

Bodenschutzkalkung

- deutliche Verbesserung des Säure-Base-Zustandes der Waldböden nur im gekalkten Kollektiv, keine signifikanten Veränderungen im Kollektiv der nicht gekalkten Plots
- gekalktes Kollektiv wies vor der Kalkung deutlich geringere Basensättigungen auf als das nicht gekalkte Kollektiv (Beleg für zielgerichtete Auswahl der zu kalkenden Waldareale)
- keine Hinweise auf negative Effekte der Kalkung wie eine Verringerung der Kaliumbelegung am Austauscher oder reduzierte Gehalte und Vorräte an organischem Kohlenstoff

Standortvielfalt und Biodiversität

- 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
- Auswertung der Vegetationsbefunde im Hinblick auf die Zeigerwerte nach ELLENBERG (1992, 1996) weist auf einen erheblichen Einfluss der Versauerung, der Stickstoffeutrophierung und der Auflichtung der Bestände insbesondere durch Sturmwurf auf die Zusammensetzung der Bodenvegetation hin
- Vergleich der Befunde von BZE I und BZE II belegt, dass der bei BZE I festgestellten Nivellierung der chemischen Oberbodenverhältnisse in Richtung „versauert und nährstoffarm“ durch Kalkung und Emissionsminderung wirksam entgegengewirkt wird

Einfluss des Klimawandels auf den Waldboden

- Simulationen des Standortwasserhaushalts unter Verwendung aktueller Messdaten und von WETTREG-Klimaprojektionen für einen Kontroll- und zwei Zukunftszeiträume mit einem prozessorientierten Wasserhaushaltsmodell zeigen vor allem für die ferne Zukunft eine deutliche Zunahme der Anzahl an Trockenstresstagen.