



Anlass und Ziel: Saure Niederschläge und übermäßige Biomasse-nutzung haben in der Vergangenheit natürliche Versauerungsprozesse intensiviert und in vielen Waldböden zur Verarmung an „basischen“ Kationen geführt. Die Erfassung der Versauerungs-dynamik dient dazu, die Risiken hinsichtlich Schwermetall-mobilisierung, Verlust an Biodiversität, Ernährungsmangel und insgesamt für eine erhöhte Stressanfälligkeit der Waldbäume zu minimieren.

2 Zustands-/Wirkungsindikatoren

2.3 Bodenzustand

2.3.3 Versauerungszustand

2.3.3a Bodentypenanteile

2.3.3b Kationenaustauschkapazität

2.3.3c Azidität

2.3.3d Austauscherbelegung

2.3.3e Bodenlösung (Level II)

2.3.3f Schwermetallmobilität

Stichtag: 31.12.2014

Stand: 31.12.2016

Periode: 5 Jahre

Bewertung



pH nach Tiefenstufen

2.3.3e1

Methodik: Der pH-Wert wird aus den im ca. zweiwöchigen Abstand gewonnenen Sickerwasserlösungen der Versuchsfächen potentiometrisch bestimmt (HFA D76.1.4., -2 u. -3, DIN 38404-5, ISO 10523, DIN ISO 10390, HBU 3.5.1a). Die Darstellung erfolgt über Boxplots, welche die Werte von 5-Jahres-Zeiträumen zusammenfassen. Die Ergebnisse können in Pufferbereiche und Säureklassen eingeteilt und damit das Risiko für die Säurebelastung von Pflanzen sowie negative Veränderungen im Boden abgeschätzt bzw. bewertet werden.

Ergebnis: Auf der Fläche 1202 ist in der Humusauflage eine Absenkung des pH-Werts um 0,60 auf den aktuellen Wert von 4,83 (Median) zu beobachten. In den Tiefen 15 und 70 cm sind die Werte annähernd konstant bei ca. 4,5 (Median). Die Messung in 250 cm Tiefe zeigt starke Schwankungen des pH-Werts. Es fällt auf, dass der pH-Wert in der Humusauflage höher ist als in den oberen Mineralbodenschichten.

Die Fläche 1205 ist durch deutlich niedrigere pH-Werte geprägt (2000-2004: 3,92), die in den letzten zehn Jahren tendenziell angestiegen sind (2005-2014: 4,26). Die Werte in 15 und 70 cm Tiefe liegen relativ stabil bei ca. pH 4,4. Auffallend sind konstant äußerst niedrige pH-Werte in der Tiefe 250 cm (Median ca. 3,9).

Wertung: Die im nördlichen Brandenburg gelegene Fläche Beerenbusch ist aufgrund des jungpleistozänen Substrates (Entkalkungstiefe: 1,4m) vergleichsweise weniger stark versauert als Neusorgefeld. Im Humus ist der pH-Wert der Bodenlösung gegenüber dem Mineralboden erhöht, was auf wirksame Basenpumpeneffekte hinweist. Demgegenüber ist die im südlichen Teil Brandenburgs gelegene altpleistozäne Fläche Neusorgefeld natürlicherweise stärker versauert und tiefgründiger entbast. Auf beiden Flächen befinden sich die Werte im Hauptwurzelraum im Austauscher-Pufferbereich. Der Säurezustand von 4,6-5,0 wird als mäßig sauer bezeichnet, für Pflanzen besteht ein mäßiges Risiko, die Austauscherbelegung mit Nährstoffkationen ist noch ausreichend. Die Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Säurezufuhr ist groß.

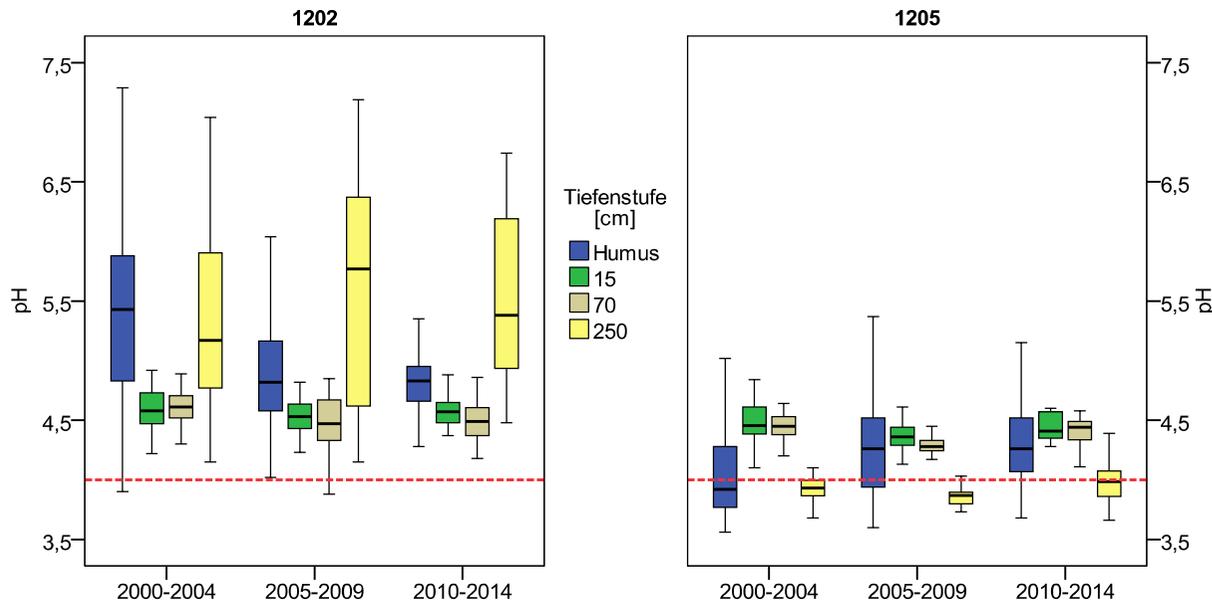
Maßnahmen zur Zielerreichung: Auf mäßig sauren Standorten mit geringer Basensättigung ist bei der Bewirtschaftung in besonderem Maße auf Nachhaltigkeit zu achten und der Nährstoffexport mit der Biomasseentnahme so gering wie möglich zu halten. Durch Waldumbau sind auf geeigneten Flächen mögliche Basenpumpeneffekte zu nutzen.

Monitoring-Verfahren: Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE)

Datenerhalter: LFE

Bearbeiter: W. Riek

Referenzen, Datenabruf: Riek, W. et al. (2015): Zustand und Entwicklung der brandenburgischen Waldböden. Ergebnisse der landesweiten Bodenzustandserhebungen BZE-2 und BZE-2a. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe. (in Vorbereitung). BMELV (2006): Arbeitsanleitung für die zweite bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II). 2. Aufl., Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.). Riek, W., Wolff, B. (2007): Bodenkundliche Indikatoren für die Auswertung der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II). Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme Reihe B, Bd.74. Göttingen.



Legende: Boxplots des pH-Werts im Vergleich der Level-II-Flächen Beerenbusch (1202) und Neusorgefeld (1205) in drei Pentaden nach Tiefen gruppiert. Die gestrichelte rote Linie bei pH 4,0 markiert den kritischen Wert für den Hauptwurzelraum.

Waldmonitoring Bericht 2016



Anlass und Ziel: Saure Niederschläge und übermäßige Biomasse-nutzung haben in der Vergangenheit natürliche Versauerungsprozesse intensiviert und in vielen Waldböden zur Zunahme von „sauren“ Anionen geführt. Die Erfassung der Versauerungsdynamik dient dazu, die Risiken hinsichtlich Schwermetallmobilisierung, Verlust an Biodiversität, Ernährungsmangel und insgesamt für eine erhöhte Stressanfälligkeit der Waldbäume zu minimieren.

- 2 Zustands-/Wirkungsindikatoren
- 2.3 Bodenzustand
- 2.3.3 Versauerungszustand
- 2.3.3a Bodentypenanteile
- 2.3.3b Kationenaustauschkapazität
- 2.3.3c Azidität
- 2.3.3d Austauscherbelegung
- 2.3.3e **Bodenlösung (Level II)**
- 2.3.3f Schwermetallmobilität

Stichtag: 31.12.2014
Stand: 31.12.2016
Periode: 5 Jahre

Bewertung



Azidität nach Tiefenstufen

2.3.3e2

Methodik:

Im ca. zweiwöchigen Abstand gewonnene Sickerwasserlösungen der Versuchsflächen werden im Labor per Ionenchromatographie (HFA Teil D.58.4.1) analysiert.

Ergebnis:

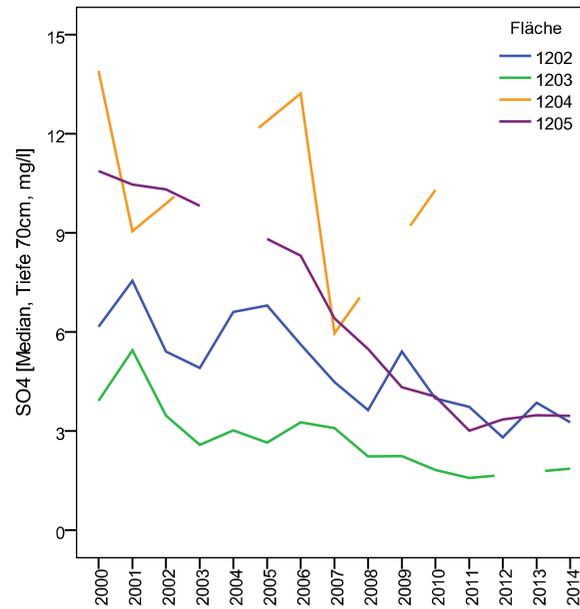
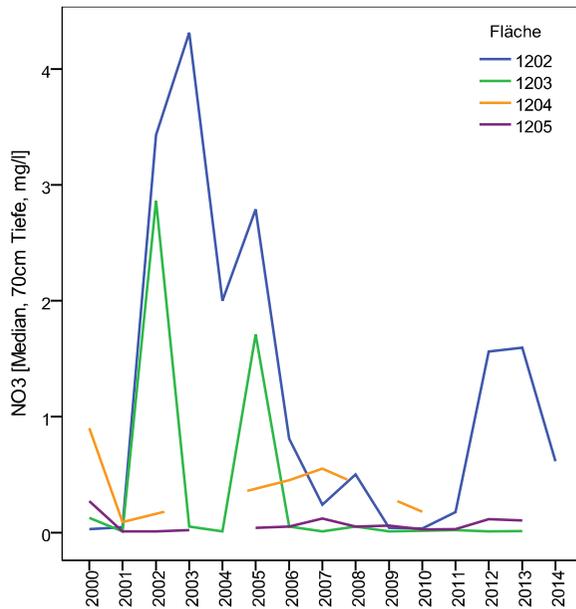
Nach stärkeren Schwankungen Ende der 90er Jahre liegen die aktuellen Werte in 70 cm Tiefe bei NO₃ auf allen Flächen unter 1 mg/l. Bei SO₄ ist seit dem Beginn der Messreihen eine deutlich abnehmende Tendenz zu beobachten, aktuell befinden sich die Werte im Median bei 2-4 mg/l.

Wertung:

Die Werte für Nitrat liegen aktuell auf allen Flächen unter der für Nadelwald maximal tolerierbaren Bodenlösung von 0,9 mg/l (nach UN ECC/CEE 1993). Da die Werte niederschlagsabhängig stark variieren, sollten zusätzlich Berechnungen/Modellierungen der N-Frachten erfolgen. Die seit den 90er Jahren abnehmende Konzentration von Sulfat im Sickerwasser ist auf eine reduzierte Belastung durch industrielle Immissionen und die Verwendung schwefelfreien Kraftstoffs zurückzuführen. Damit liegen die sauren Anionen in Konzentrationen vor, die auf die Versauerung kaum noch beeinflussen. Standorte in der Nähe von Großemittenten (z.B. Tiermastanlagen) können deutlich erhöhte Werte aufweisen, hier sollte im Einzelfall gesondert gemessen werden.

Maßnahmen zur Zielerreichung:

Aktuell sind keine Maßnahmen erforderlich, die Flächen sollten aber weiter beobachtet werden, insbesondere in der Nähe von Großemittenten. Unabdingbar ist die Berechnung der Frachten, die eine mögliche Belastung des Grundwassers aufzeigen kann.



Legende: Nitrat (NO₃) und Sulfat (SO₄) als Jahres-Median in 70 cm Tiefe der Level-II-Flächen von 2000-2014.
Fläche 1202 = Beerenbusch, 1203 = Kienhorst, 1204 = Weitzgrund, 1205 = Neusorgefeld

Monitoring-Verfahren : Forstliche Umweltkontrolle auf Level II-Dauerbeobachtungsflächen

Datenhalter: LFE

Bearbeiter: Früh, L.

Referenzen: Riek, W., Wolff, B. (2007): Bodenkundliche Indikatoren für die Auswertung der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II). Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme Reihe B, Bd.74. Göttingen.



Anlass und Ziel: Saure Niederschläge und übermäßige Biomasse-nutzung haben in der Vergangenheit natürliche Versauerungsprozesse intensiviert und in vielen Waldböden zur Verarmung an „basischen“ Kationen geführt. Die Erfassung der Versauerungs-dynamik dient dazu, die Risiken hinsichtlich Schwermetall-mobilisierung, Verlust an Biodiversität, Ernährungsmangel und insgesamt für eine erhöhte Stressanfälligkeit der Waldbäume zu minimieren.

2 Zustands-/Wirkungsindikatoren

2.3 Bodenzustand

2.3.3 Versauerungszustand

2.3.3a Bodentypenanteile

2.3.3b Kationenaustauschkapazität

2.3.3c Azidität

2.3.3d Austauscherbelegung

2.3.3e **Bodenlösung (Level II)**

2.3.3f Schwermetallmobilität

Stichtag: 31.12.2014

Stand: 31.12.2016

Periode: 5 Jahre

Beginn: 1992/93

Bewertung



BC/Al-Verhältnis

2.3.3e3

Methodik:

Im ca. zweiwöchigen Abstand gewonnene Sickerwasserlösungen der Versuchsflächen werden im Labor per Ionenchromatographie (ICP-AES; HFA Teil D.58) analysiert. Anschließend wird das Verhältnis der basischen Kationen ($BC = K+Ca+Mg+Na$) zu anorganischem Aluminium berechnet. Nach UN ECE 2004 sind BC/Al-Werte ≤ 1 als kritisch einzuordnen.

Ergebnis:

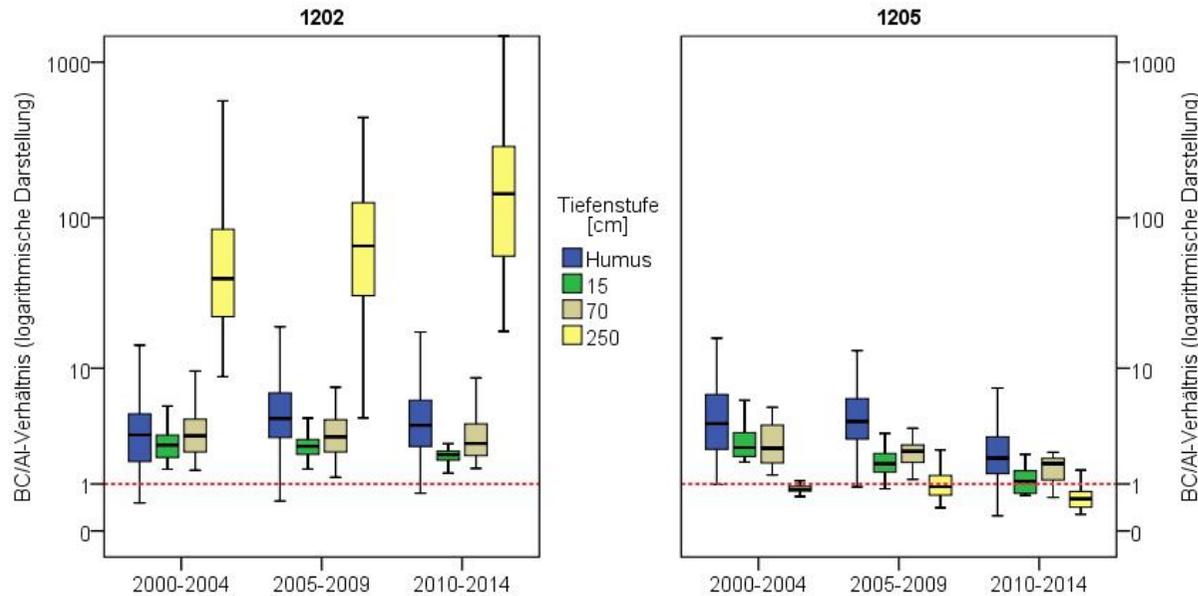
Auf der Fläche 1202 liegt dieser Wert über den gesamten Zeitraum über der kritischen Schwelle von 1. In der Tiefe 250 cm befinden sich die Werte um 1 bis 2 Zehnerpotenzen über denen des Oberbodens. Die Fläche 1205 weist eine hohe Dynamik des BC/Al-Verhältnisses in allen Messtiefen auf. Generell ist eine signifikante Abnahme des BC/Al-Verhältnisses zu beobachten. Insbesondere in den Messtiefen 15 cm und 250 cm treten aktuell kritische Werte < 1 auf.

Wertung:

Die Werte der Fläche 1202 befinden sich konstant über der kritischen Grenze von $BC/Al=1$. Die Tiefe 250 cm macht deutlich, dass der Boden hier noch nicht entkalkt ist, bzw. Al von basischen Kationen gepuffert wird. Hingegen weisen die Werte der Fläche 1205 in der Tiefe 15 und 250cm aktuell eine tendenziell negative Dynamik auf. Hier muss mit negativen Auswirkungen auf die Waldvegetation gerechnet werden. Je nach Baumart können auch Werte > 1 schädliche Auswirkungen zur Folge haben.

Maßnahmen zur Zielerreichung:

Nutzung von Basenpumpeneffekten durch Waldumbau auf geeigneten Flächen; Reduktion der Nutzungsintensität; Anlage von Referenzflächen zur Beobachtung der Kalkungswirkung; weitere Reduktion versauernd wirkender Stickstoffeinträge durch Luftreinhaltemaßnahmen.



Legende: BC-Al-Verhältnis der Level-II-Dauerbeobachtungsflächen Beerenbusch (1202) und Neusorgefeld (1205), dargestellt in Boxplots von drei aufeinanderfolgenden Fünf-Jahreszeiträumen, gruppiert nach der Mess-tiefe. Die rote Linie markiert den kritischen Wert von $BC/Al=1$.

Monitoring-Verfahren: Forstliche Umweltkontrolle auf Level-II-Dauerbeobachtungsflächen

Datenhalter: LFE

Bearbeiter: Früh, L.

Referenzen: Riek, W., Wolff, B. (2007): Bodenkundliche Indikatoren für die Auswertung der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II). Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme Reihe B, Bd.74. Göttingen.



Anlass und Ziel: Saure Niederschläge und übermäßige Biomasse-nutzung haben in der Vergangenheit natürliche Versauerungsprozesse intensiviert und in vielen Waldböden zur Verarmung an „basischen“ Kationen geführt. Die Erfassung der Versauerungs-dynamik dient dazu, die Risiken hinsichtlich Schwermetall-mobilisierung, Verlust an Biodiversität, Ernährungsmangel und insgesamt für eine erhöhte Stressanfälligkeit der Waldbäume zu minimieren.

- 2 Zustands-/Wirkungsindikatoren
- 2.3 Bodenzustand
- 2.3.3 Versauerungszustand
- 2.3.3a Bodentypenanteile
- 2.3.3b Kationenaustauschkapazität
- 2.3.3c Azidität
- 2.3.3d Austauscherbelegung
- 2.3.3e **Bodenlösung (Level II)**
- 2.3.3f Schwermetallmobilität

Stichtag: 31.12.2014
 Stand: 31.12.2016
 Periode: 5 Jahre
 Beginn: 2000



Aziditätsgrad

2.3.3e4

Methodik:

Im ca. zweiwöchigen Abstand gewonnene Sickerwasserlösungen der Versuchsflächen werden im Labor per Ionenchromatographie (ICP-AES; HFA Teil D.58) analysiert. Der Aziditätsgrad errechnet sich aus dem Verhältnis von Azidität (H⁺, Fe, Al, Mn) und der Summe von Azidität und basischen Kationen (Ca, Mg, K, Na).

Ergebnis:

Für die dargestellten Flächen bestätigt dieser Kennwert die Befunde zum BC/Al-Verhältnis und unterstreicht die hohe Versauerungsdynamik auf der Fläche 1205 mit Werten, die selbst in 250 cm Tiefe bis in den „sehr sauren“ Bereich gehen. Die Fläche 1202 zeigt bis 70 cm Tiefe Werte von „gering sauer“ bis „sauer“, in 250 cm Tiefe „nicht sauer“, wobei die Werte über die Jahre relativ konstant sind.

Wertung:

Die im südlichen Teil Brandenburgs gelegene altpleistozäne Fläche 1205 ist natürlicherweise stärker versauert und tiefgründiger entbast. Sie wurde jedoch in den 1970er und 1980er Jahren aufgrund ihrer Lage in hohem Maße durch atmosphärische Stoffeinträge, insbesondere basische Stäube aus Flugaschen, belastet. Die kontinuierliche Auswaschung der atmo-gen eingetragenen Basen lässt sich anhand der Lösungsschemie gut nachvollziehen. Die bodenchemischen Verhältnisse sind hier insofern deutlich dynamischer als auf der Fläche 1202. Der erhöhte Basenaustrag der Fläche 1205 scheint nun abgeschlossen und der Boden befindet sich aktuell - gemessen anhand des BC/Al-Verhältnisses und des Aziditätsgrads - auf einem für anspruchsvolle Baumarten kritischen Versauerungsniveau.

Maßnahmen zur Zielerreichung:

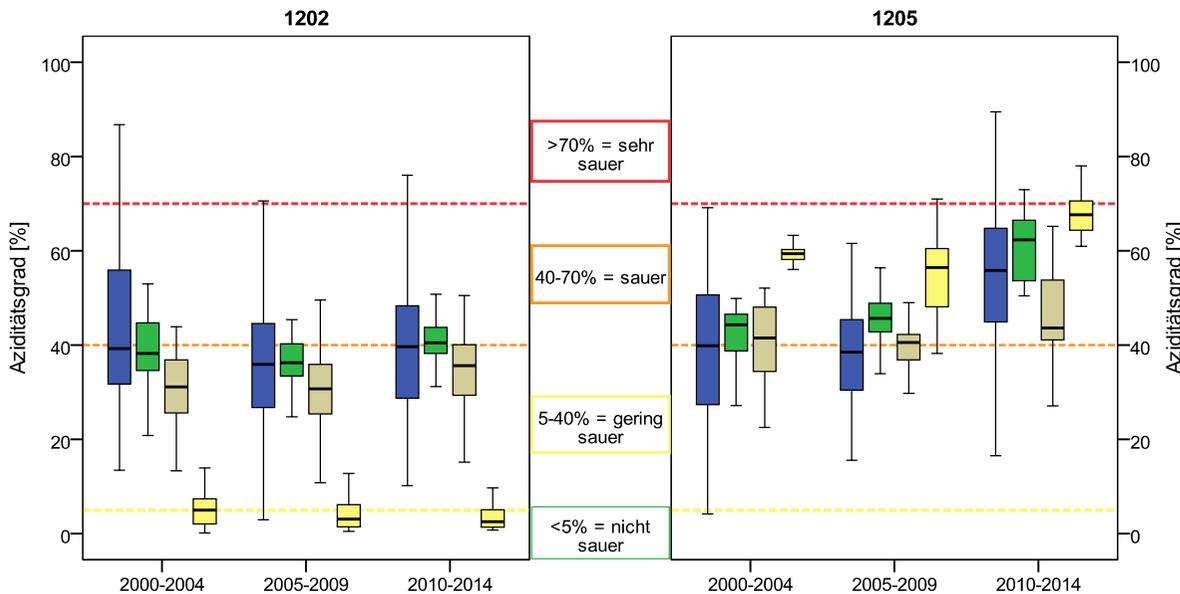
Auf Standorten mit geringer Basensättigung ist bei der Bewirtschaftung in besonderem Maße auf Nachhaltigkeit zu achten und der Nährstoffexport mit der Biomasseentnahme so gering wie möglich zu halten. Durch Waldumbau sind auf geeigneten Flächen mögliche Basenpumpeneffekte zu nutzen.

Monitoring-Verfahren: Forstliche Umweltkontrolle auf Level-II-Dauerbeobachtungsflächen

Datenhalter: LFE

Bearbeiter: Früh, L.

Referenzen: Block, J.; Eichhorn, J.; Gehrmann, J.; Kölling, C.; Matzner, E.; Meiwes, K.J.; Wilpert v., K.; Wolff, B. (2000): Kennwerte zur Charakterisierung des ökochemischen Bodenzustandes und des Gefährdungspotentials durch Bodenversauerung und Stickstoffsättigung an Level II-Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen. BMELF (Hrsg.), Arbeitskreis C der Bund-Länder-Arbeitsgruppe Level II. Bonn. 167 S. Riek, W., Wolff, B. (2007): Bodenkundliche Indikatoren für die Auswertung der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II). Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme Reihe B, Bd.74. Göttingen/Eberswalde. 132 S.



Legende: Boxplots des Aziditätsgrads der Flächen Beerenbusch (1202) und Neusorgefeld (1205) über drei Pentaden. Die Einteilung der Bewertung erfolgt nach BLOCK et al (2000).

Stichtag: 31.12.2014

Stand: 31.12.2016

Periode: 5 Jahre

Beginn: 2000



Anlass und Ziel: Die Alkalinität ist ein Maß für den Säurestatus von Lösungen. Unter pH 4,3 wird die Bodenlösung zunehmend durch Al-Hydroxide gepuffert, die Alkalinität wird negativ. Dem Boden geht dadurch Säureneutralisationskapazität verloren, was Schwermetallmobilisierung, Verlust an Biodiversität, Ernährungsmangel und insgesamt eine erhöhte Stressanfälligkeit der Waldbäume zur Folge haben kann.

Bewertung



Alkalinität

2.3.3e5

Methodik:

Im ca. zweiwöchigen Abstand gewonnene Sickerwasserlösungen der Versuchsflächen werden im Labor per Ionenchromatographie (ICP-AES; HFA Teil D.58) analysiert. Die Berechnung der Alkalinität erfolgt aus der Summe der basischen Kationen minus der Summe der sauren Anionen; $ALK = (Ca + Mg + Na + K) - (No_3 + SO_4 + Cl)$.

Ergebnis:

Im Zeitraum 2000-2004 liegen viele Werte der Flächen 1202 und 1205 im sauren Bereich ($< -200 \mu eq/l$). In den darauffolgenden Jahren verschiebt sich die Häufigkeitsverteilung, nun treten die meisten Werte im versauerungsgefährdeten Bereich auf (-200 bis $200 \mu eq/l$).

Wertung:

Die Veränderung der berechneten Alkalinität in der Häufigkeitsverteilung in Richtung weniger versauerter Bereiche ist zunächst positiv zu bewerten. Nach wie vor sind auf allen Flächen die meisten Werte aber als (stark) versauerungsgefährdet zu betrachten. Insbesondere die Fläche 1202, bei der die pH-Werte noch im Austauscherbereich liegen (vgl. Indikatorblatt pH-Wert), kann in Bezug auf eine Säurezufuhr sehr empfindlich reagieren, auch wenn dies womöglich durch Basenpumpeneffekte ausgeglichen werden kann.

Maßnahmen zur Zielerreichung:

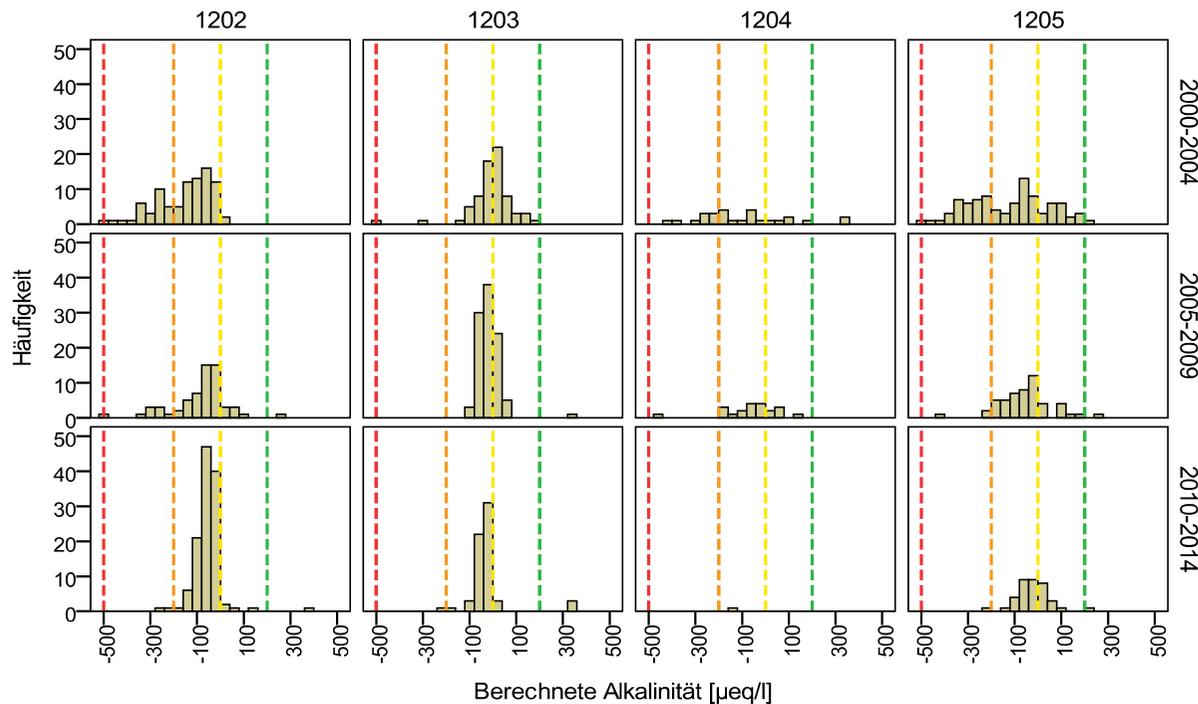
Auf Standorten mit geringer Basensättigung ist bei der Bewirtschaftung in besonderem Maße auf Nachhaltigkeit zu achten und der Nährstoffexport mit der Biomasseentnahme so gering wie möglich zu halten. Durch Waldumbau sind auf geeigneten Flächen mögliche Basenpumpeneffekte zu nutzen.

Monitoring-Verfahren: Forstliche Umweltkontrolle auf Level-II-Dauerbeobachtungsflächen

Datenhalter: LFE

Bearbeiter: Früh, L.

Referenzen: Block, J.; Eichhorn, J.; Gehrman, J.; Kölling, C.; Matzner, E.; Meiwes, K.J.; Wilpert v., K.; Wolff, B. (2000): Kennwerte zur Charakterisierung des ökochemischen Bodenzustandes und des Gefährdungspotentials durch Bodenversauerung und Stickstoffsättigung an Level II-Waldökosystem-Dauerbeobachtungsflächen. BMELF (Hrsg.), Arbeitskreis C der Bund-Länder-Arbeitsgruppe Level II. Bonn. 167 S. Riek, W., Wolff, B. (2007): Bodenkundliche Indikatoren für die Auswertung der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II). Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme Reihe B, Bd.74. Göttingen/Eberswalde.



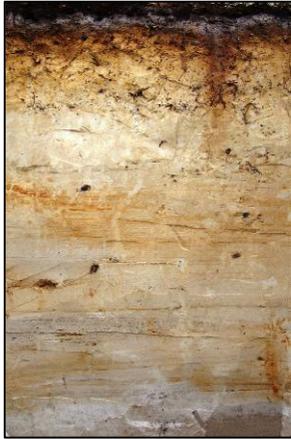
Legende: Histogramme der berechneten Alkalinität der Level-II-Dauerbeobachtungsflächen (1202=Beerenbusch, 1203=Kienhorst, 1204=Weizgrund, 1205=Neusorgefeld) über drei Fünfjahreszeiträume (2000-2014). Farblich markiert sind Bewertungsbereiche (nach BLOCK et al 2000): < -500 =sehr sauer, -500 bis -200 =sauer, -200 bis 0 =stark versauerungsgefährdet, 0 - 200 =versauerungsgefährdet, >200 =nicht versauerungsgefährdet

Stichtag: 31.12.2014

Stand: 31.12.2016

Periode: Jährlich

Beginn: 2002



Anlass und Ziel: Mit zunehmender Bodenversauerung steigt die Mobilität der meisten Schwermetalle deutlich an. Damit kann es im Sickerwasser zu toxischen Konzentrationen für Pflanzenwurzeln und die Bodenfauna sowie zu einer Gefährdung des Grundwassers durch Schwermetalleinträge kommen. Daher ist die kontinuierliche Überwachung der Schwermetallkonzentration im Sickerwasser erforderlich.

Trend / Bewertung



Schwermetallmobilität

2.3.3f

Methodik: Sickerwasserproben werden im zweiwöchigen Abstand entnommen und tiefgefroren. Zur Probenvorbereitung erfolgt eine Filtration mit Membranfiltration (HFA C1.2.2). Die Analyse wird per ICP-AES ohne Zerstäuber durchgeführt (DIN EN ISO 11885, HBU 3.4.1.3a). Die Konzentrationsangabe erfolgt in µg/l. Diese Angaben dienen zur Berechnung von Stofffrachten mit dem Sickerwasser.

Ergebnis: Die Konzentrationen von Blei, Cadmium, Kupfer und Zink im Sickerwasser der untersuchten Level II- Flächen des Landes Brandenburg befinden sich auf einem niedrigen Niveau. Die Werte für Cadmium liegen relativ konstant meist nahe der Nachweisgrenze von 0,4 µg/l, nur in einzelnen Jahren konnten leicht erhöhte Werte festgestellt werden. Bei Blei treten aktuell Konzentrationen von <4 µg/l (Nachweisgrenze) bis maximal 15,9 µg/l auf. Kupfer erreicht Werte von <4 µg/l bis 22,4 µg/l. Die Zink-Werte schwanken aktuell von <7 µg/l bis 141 µg/l. Tendenziell ist über den Messzeitraum eine Verringerung der Konzentration bei Blei zu erkennen; es konnten in den letzten Jahren in den Proben nur noch selten Werte über der Nachweisgrenze gefunden werden. Die Werte der anderen Schwermetalle scheinen sich trotz starker Schwankungen über die Jahre insgesamt nicht sehr zu verändern.

Wertung: Für die vier o.g. Schwermetalle können für den Pfad Boden-Grundwasser zur Orientierung Vorsorge- und Prüfwerte nach BBodSchV verwendet werden. Bei den vier Elementen liegen in Einzelfällen erhöhte Konzentrationen vor, in der Summe ist die Belastung, insbesondere durch Pb, leicht abnehmend. Vorsorgewerte werden aktuell bei Zn (>58 µg/l) häufiger überschritten, die Entwicklung der Lösungskonzentration dieses Elementes sollte in den kommenden Jahren aufmerksam beobachtet werden. Die Konzentrationswerte aller Elemente liegen im Durchschnitt unterhalb der Grenzwerte für Trinkwasser.

Maßnahmen zur Zielerreichung: Die Messungen der Schwermetallkonzentration im Sickerwasser ist fortzusetzen. Im Einzelfall sind bei der Überschreitung von Prüfwerten Grundwasserkontrollen angebracht und ggf. Maßnahmen einzuleiten, die eine weitere Mobilisierung von Schwermetallen verhindern. Die Ergebnisse von geplanten Kalkungsversuchen sollten in Hinblick auf die Schwermetallmobilisierung ausgewertet werden.

Quelle: Forstliche Umweltkontrolle

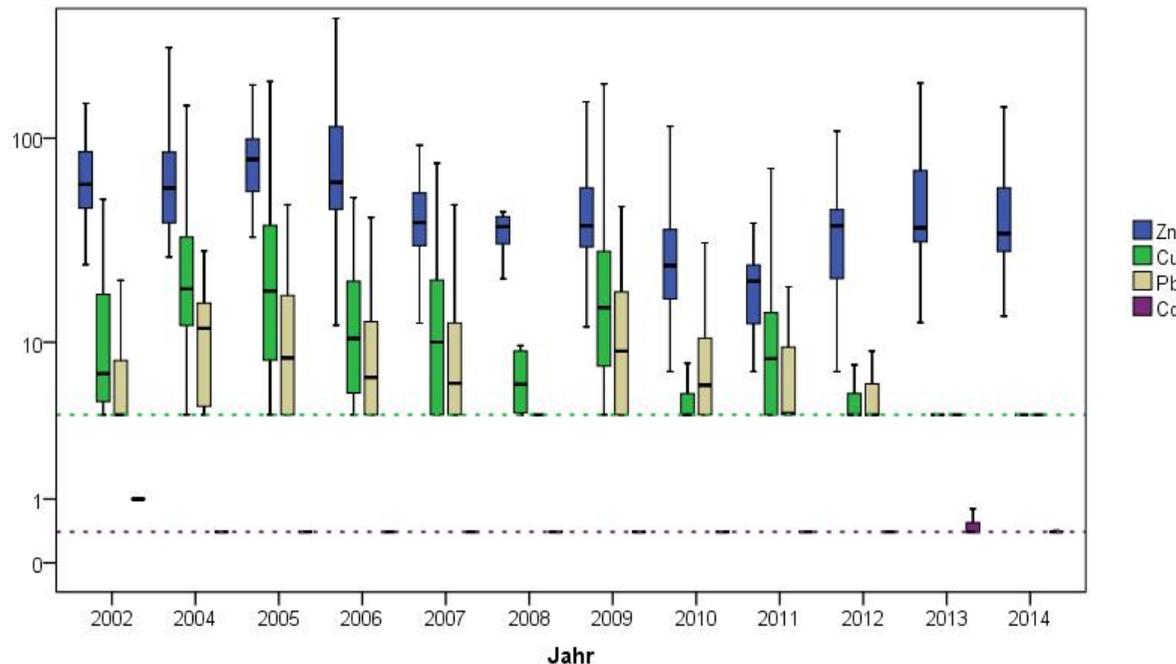
Datenerhalter: LFE

Bearbeiter: L. Früh

Referenzen, Datenabruf: HFA: Handbuch Forstliche Analytik, Grundwerk 2005. Riek, Wolf (2007): Bodenkundliche Indikatoren für die Auswertung der Bodenzustandserhebung im Wald (BZEII). Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme.

<http://icp-forests.net/page/plots-data> www.forstliche-umweltkontrolle-bb.de

Boxplots der Schwermetalle Zink (Zn), Kupfer (Cu), Blei (Pb) und Cadmium (Cd) in der Bodenlösung (in µg/l)



Legende: Entwicklung der Schwermetallkonzentration der Bodenlösung in 15-150cm Tiefe auf vier Level II- Flächen des Landes Brandenburg. Die Darstellung der Ordinate erfolgt zur besseren Lesbarkeit logarithmisch. Die Nachweisgrenzen von Cu und Pb (jeweils 4 µg/l) und Cd (0,4 µg/l) sind als gestrichelte Linien aufgeführt.