

Schwermetalle in Schweizer Waldböden

Für eine Übersicht über die Schwermetallbelastung der Schweizer Waldböden bestimmten wir an 95 ausgewählten Waldstandorten in Zusammenarbeit mit der EMPA in verschiedenen Bodentiefen die Gehalte von Chrom, Nickel, Kupfer, Zink und Blei. Die Resultate zeigen, dass Richtwerte der schweizerischen Verordnung über Belastungen des Bodens und kritische Gehalte für Wirkungen auf Mikroorganismen häufig überschritten werden. Das Risiko einer Grundwasserbelastung ist regional unterschiedlich.

Jörg Luster, Stefan Zimmermann, Beat Frey, Ivano Brunner, Peter Lüscher, Lorenz Walther und Peter Blaser

Wie gelangen Schwermetalle in den Boden?

Schwermetalle sind häufig bereits im Ausgangsgestein vorhanden, aus dem sich ein Boden entwickelt hat (lithogen). Dazu kommen zumeist anthropogen bedingte Einträge von aussen, z.B. aus der Atmosphäre, aus Düngemitteln oder belastetem Wasser. Die Emissionen von Punktquellen wie Metall verarbeitenden Industriekomplexen können in deren Nähe zu grossen Belastungen führen. Ein Teil der Emissionen wird in der Luft verfrachtet. Neben industriellen haben menschliche Aktivitäten wie die Energiegewinnung, die Entsorgung oder der Verkehr zu weiträumigen, allerdings eher niedrigen Belastungen von Böden mit Schwermetallen geführt.

Bei den Bodenanalysen stellte sich heraus, dass die meisten Schwermetalle in den untersuchten Waldböden aus dem Ausgangsgestein stammen, ihre Gehalte aber trotzdem sehr hoch sein können, wie z.B. Chrom und Nickel in den Böden auf Serpentinestein bei Davos. In den meisten Böden liess sich auch Blei nachweisen, das aus der Luft in den Boden gelangte. Zum grössten Teil dürfte dies aus ehemaligen Treibstoffzusätzen stammen.

Wirkungen auf Organismen

Lebewesen benötigen einige Schwermetalle wie Kupfer oder Zink in geringen Mengen. Für andere wie Kadmium oder Blei ist bei keinem Organismus eine lebensnotwendige Funktion bekannt. In grossen Mengen sind alle Schwermetalle giftig, wobei sich die kritischen Grenzen und die Wirkungen bei verschiedenen Organismen unterscheiden. Besonders gefährdet sind Bodenlebewesen, allen voran Mikroorganismen wie Bakterien und Pilze. Da diese wichtige ökologische Aufgaben erfüllen,

können Schwermetalle indirekt die Nährstoffverfügbarkeit oder Durchlüftung in Böden verschlechtern und dessen Funktion als Pflanzenstandort einschränken. Wachstum und Vitalität von Wurzeln sowie die Funktion von Blättern oder Nadeln empfindlicher Pflanzen können auch direkt beeinträchtigt sein. Hohe Schwermetallgehalte in Pflanzen und Pilzen können über die Nahrungskette die Gesundheit des Menschen schädigen. Besonders bei Kindern besteht die Gefahr, dass sie Boden direkt durch den Mund aufnehmen.

Unabhängig von der Quelle definiert die schweizerische Verordnung über Belastungen des Bodens Richtwerte, bei deren Überschreitung die «langfristige Fruchtbarkeit» eines Bodens als gefährdet gilt. Bei knapp einem Drittel der untersuchten Waldböden ist der Richtwert für mindestens eines der Schwermetalle in einem Tiefenbereich überschritten. Kritische Gehalte bezüglich schädlicher Wirkung auf Mikroorganismen werden in der Hälfte der Oberböden überschritten. Chrom stellte sich als das diesbezüglich kritischste Metall heraus. Am häufigsten kom-

Résumé

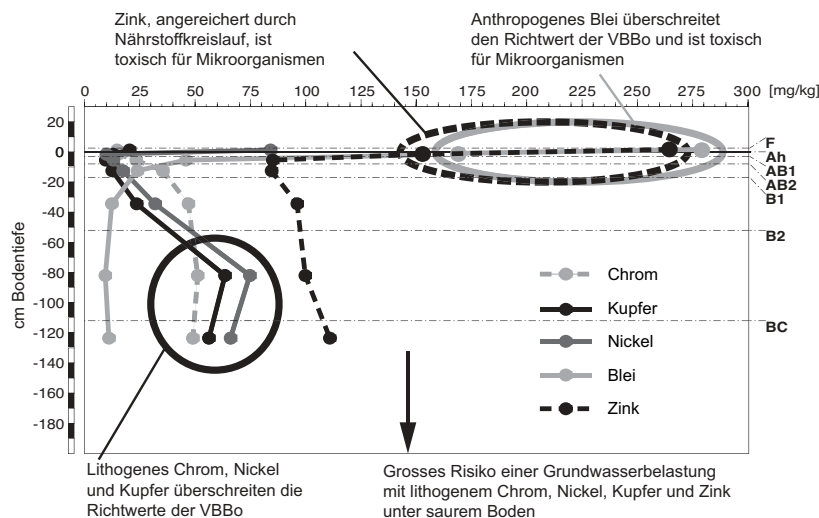
Dans 95 sols forestiers sélectionnés, la majorité des métaux lourds provient de la roche mère. La plupart du temps, des dépôts anthropogènes de plomb peuvent toutefois aussi être identifiés. Les valeurs indicatives de l'Ordonnance suisse sur les atteintes portées aux sols et les teneurs critiques qui entraînent des effets sur les microorganismes sont souvent dépassées. Le danger d'atteinte à la qualité phréatique est évalué comme faible dans le Jura et sur le Plateau le plus souvent à roche mère carbonatée; dans les Alpes centrales et au sud des Alpes à roche mère cristalline, des analyses détaillées sont en revanche souhaitables.

men Grenzwert-Überschreitungen auf der Alpensüdseite vor, die hohen atmosphärischen Belastungen aus der Po-Ebene ausgesetzt ist.

Grundwasserbelastung

Mit dem Versickern des Niederschlagswassers können Schwermetalle aus dem Boden ins Grundwasser oder in Oberflächengewässer gelangen. Während das potenzielle Risiko einer Grundwasserbelastung im Jura und im Mittelland mit meist karbonathaltigem Ausgangsgestein als generell klein beurteilt wird, schätzen wir viele Standorte auf Kristallin in den zentralen Alpen und auf der Alpensüdseite wegen des sauren Untergrunds diesbezüglich eher kritisch ein.

Bei allen Schwermetallen ist das Risiko nicht gleich gross, da sie in Böden unterschiedlich mobil sind. Nickel und Kupfer sind generell die mobilsten der untersuchten Schwermetalle, letzteres



vor allem wegen des Einflusses von löslichen organischen Substanzen im Bodenwasser. Diese sorgen auch für eine grössere Mobilität von Blei als allgemein angenommen. Umgekehrt scheint Zink weniger mobil zu sein als aufgrund seiner chemischen Eigenschaften anzunehmen ist. Dies liegt vermutlich daran, dass Zink als Mikronährstoff von den Pflanzen aufgenommen und mit der Streu in den Oberboden zurückgeführt wird.

Gemäss einer Übersicht über die Grundwasserqualität in der Schweiz stellen Schwermetalle aktuell kein Pro-

blem dar (BUWAL/BWG, 2004). Allerdings liegen von den 44 Stationen mit Schwermetallmesswerten nur neun unter Wald, zwei davon in Gebieten mit saurem Gestein. Ein gezielter Vergleich von Schwermetallgehalten in Waldböden mit Grundwassermessungen an ausgewählten Standorten in den Gebieten mit kristallinem Gestein drängt sich auf.

Literatur

Blaser, P., 2003: Wann ist ein Boden schwermetallbelastet? Eine bodenkundliche

Sicht auf gesetzliche Richtwerte. Gaia 12, 1: 38-44.

Blaser, P.; Zimmermann, S.; Luster, J.; Walther, L.; Lüscher, P., 2005: Waldböden der Schweiz. Band 2. Region Alpen und Alpensüdseite. Birmensdorf, WSL, Bern, Hep Verlag. 920 S.

BUWAL/BWG (Hrsg.), 2004: NAQUA – Grundwasserqualität in der Schweiz 2002/2003. Bern. 204 S.

Walther, L.; Zimmermann, S.; Blaser, P.; Luster, J.; Lüscher, P., 2004: Waldböden der Schweiz. Band 1. Grundlagen und Region Jura. Birmensdorf, WSL, Bern, Hep Verlag. 768 S.

Heterogene Naturverjüngung auf Lothar-Sturmflächen

Auf vielen Lothar-Sturmflächen wächst reichlich Naturverjüngung. Auf manchen ist sie aber spärlich. Eine WSL-Studie zeigt, dass dann die jungen Bäumchen oft geklumpt vorkommen und verjüngungsfreie Stellen nur zögerlich besiedeln.

Peter Brang

Bei spärlicher Naturverjüngung auf Sturmflächen (Abb. 1) stellen sich viele Fragen: Wie sind die Bäumchen räumlich verteilt? Wie häufig sind verjüngungsfreie Stellen von definierter Grösse? Stellt sich die Naturverjüngung dort noch ein, wo sie im Moment fehlt? Antworten gibt ein Feldexperiment, mit dem die WSL testet, wie sich Eichen-Trupppflanzungen auf neun grossen Lothar-Sturmflächen im schweizerischen Mittelland entwickeln. Dabei haben die Forschenden in den Jahren 2001 und 2004 auch alle natürlich verjüngten Bäume und Sträucher ab 20 cm Höhe erfasst, und zwar auf je 141 bis 144 Probeflächen von 10 m² Grösse.

Geklumpte Naturverjüngung

Die Verjüngungsdichte der Bäumchen pro Versuchsfläche lag 2001 zwischen 118 ± 35/ha (Mittelwert ± Standardfehler des Mittelwertes) und 5285 ± 652/ha, 2004 zwischen 617 ± 121/ha und 6806 ± 864/ha. Der so genannte Varianz-Mittelwert-Index (Cox 1971, S. 6 ff.) zeigte mit Werten deutlich über 1 auf allen Sturmflächen eine starke und statistisch signifikante Klumpung an (Brang 2005). Von 2001 bis 2004 nahm diese Klumpung mit Ausnahme der Fläche Bülach zu. Ausschlaggebend dafür ist wahrscheinlich die Verteilung der Samenbäume, sei es als Überhälter oder am stehen gebliebenen Bestandesrand.



Abb. 1: Sturmfläche Bülach: Der Adlerfarn spriesst, die Verjüngung fehlt.

Weniger Probeflächen ohne Verjüngung

Der Anteil der Probeflächen ohne Naturverjüngung sank zwischen 2001 und 2004 von durchschnittlich 74% auf 42%. Die durchschnittliche Abnahme pro Jahr lag bei 11%, mit Extremwerten von 2,5% (Fläche Habsburg) und 18,0% (Fläche Lausanne). Je dichter die Naturverjüngung auf einer Sturmfläche war, desto geringer war der Anteil 10 m² grosser Probeflächen, auf denen kein einziges Bäumchen wuchs (Abb. 2).

Auf allen neun Sturmflächen kamen bis 2004 auf den Probeflächen, die 2001 noch keine Verjüngung aufwiesen, weniger neue Bäume hinzu als auf Flächen, auf denen es schon damals Naturverjüngung gab (Abb. 3).

Folgerungen für die Wiederbewaldung

Das Naturverjüngungspotenzial auf Sturmflächen in Tieflagen ist grund-

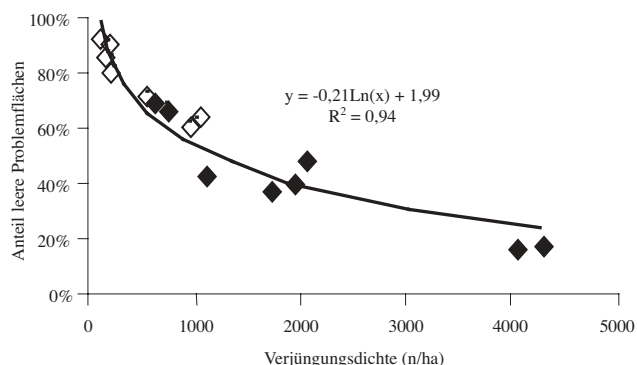


Abb. 2. Zusammenhang zwischen dem Anteil von verjüngungsfreien, 10 m² grossen Probeflächen und der Verjüngungsdichte. Leere Rhomben bezeichnen Werte von 2001, gefüllte solche von 2004.