

Project *brief*

Thünen-Institut für Waldökosysteme

2021/24

Methoden zur Messung der nassen Quecksilberdeposition unter dem Kronendach von Wäldern

 Frauke Geppert¹, Tobias Schad¹, Nils König², Michael Krinninger², Marieanna Holzhausen¹, Tanja Sanders¹, Gudrun Schütze³

- Die Messung der Quecksilberdeposition in Waldbeständen ist grundsätzlich möglich.
- Etablierte Bulk-Depositionssammler konnten für die Quecksilbermessungen angepasst werden.
- Die Messergebnisse des neu entwickelten Sammlers bewegen sich im Bereich herkömmlicher Sammler.
- Im Projektzeitraum zeigte sich ein enger Zusammenhang zwischen der Niederschlagsmenge und dem gemessenen Quecksilbereintrag.

Hintergrund und Zielsetzung

Das Schwermetall Quecksilber ist ein weitverbreiteter Schadstoff, der aufgrund seiner hohen Toxizität und seines akkumulativen Verhaltens in der Umwelt Besorgnis erregt. Daher wird Quecksilber im Schwermetall-Protokoll der Genfer Luftreinhaltekonvention (CLRTAP) als einer der drei prioritären Stoffe geführt, die aufgrund ihrer Umweltschädlichkeit unbedingt beobachtet und reduziert werden müssen.

In Deutschland und Europa werden die mit der CLRTAP-Methode berechneten kritischen Belastungsgrenzen (Critical Loads) von Quecksilber für terrestrische Ökosysteme überschritten. Nach den Maßgaben des Schwermetall-Protokolls sind die Vertragsparteien dazu verpflichtet, ihre Emissionen unter das Niveau von 1990 zu reduzieren.

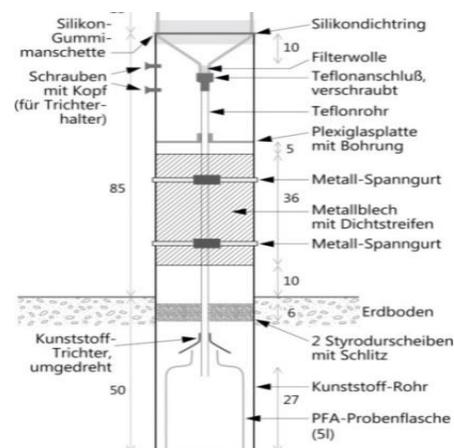
Gegenwärtig fehlen für die Erfassung der nassen Deposition unter dem Kronendach in Waldökosystemen noch entsprechende Untersuchungen. Ziel des Projektes ist es, eine Methode zur Bestimmung der nassen Quecksilberdeposition unter dem Kronendach von Wäldern zu entwickeln und diese zu evaluieren. Neben einer grundsätzlichen Klärung der Durchführbarkeit sollte die Messung des Quecksilbereintrags auch mit möglichst einfachen Mitteln aussagekräftige Ergebnisse liefern. Erst dann können die Messungen von Quecksilberdepositionen in bestehende Messprogramme wie zum Beispiel die des intensiven forstlichen Umweltmonitorings (Level II) breit gefächert integriert werden.

Vorgehensweise

Innerhalb des Forschungsprojektes wurde, basierend auf einer Literaturstudie zu bereits getesteten Verfahren zur Bestimmung der nassen Deposition in Waldbeständen, ein Messsystem zur Erfassung der nassen Quecksilberdeposition unter dem Kronendach entwickelt, in der Praxis erprobt und im Projektbericht dokumentiert. Zum Einsatz kamen dabei an der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt (NW-FVA) entwickelte Bulk-Depositionssammler. Diese sind permanent

geöffnet und erfassen neben den Stoffeinträgen mit Niederschlägen auch einen nicht quantifizierbaren Teil der trockenen Deposition. Abbildung 1 zeigt den speziell für die Quecksilbermessung angepassten und selbst gebauten Bulk-Depositionssammler ohne Temperaturregulation und externen Strombedarf, jedoch mit Verdunstungsschutz und Kühlung der Probenflasche durch Eingraben des Sammlers in den Boden und einer Isolierschicht oberhalb der Probenflasche.

Abbildung 1: Der entwickelte Bulk-Depositionssammler und seine Maße in cm.



Quelle: NW-FVA

Für die Quecksilbermessungen wurden auf bestehenden Level-II-Flächen im Göttinger Wald (Buchenbestand) und im Solling (Fichtenbestand) jeweils zwölf der selbstentwickelten Depositionssammler (drei im Freiland und neun im Bestand) sowie zum Vergleich ein temperierter Bulk- und ein temperierter Wet-Only-Sammler aufgestellt. Der Probennahme-Zeitraum wurde in der Anfangsphase für z.B. eine Erfassung von klimatischen Einzelereignissen und die

Wirkung der Filterwatte im Trichter variiert. Im Regelbetrieb erfolgte die Probenahme alle zwei Wochen. Entsprechend den Standards der DIN EN ISO 17852 bzw. EPA 1631 wurden die Depositionsproben nach international standardisierten Methoden mittels Atomfluoreszenz-Spektroskopie und ICP-MS analysiert und ausgewertet. Mögliche Auswirkungen bzw. Einflüsse von in den Trichter gefallenem Materialen wurden mit Hilfe von Abspül- und Auslaugversuchen ermittelt und anschließend ausgewertet.

Ergebnisse

Insgesamt sind die bisher gefundenen Eintragswerte plausibel. Die Einträge im Freiland sind mit den Messergebnissen an den drei norddeutschen Messstationen des UBA für die Jahre 2018 (hochgerechnet) und 2019 gut vergleichbar.

Bei der Auswertung der Messergebnisse zeigt sich auf der Buchenfläche eine starke Korrelation ($> 0,93$) zwischen Niederschlagsmenge und Quecksilbereintrag, sowohl in der belaubten als auch in der unbelaubten Phase der Bestände. Die Eintragsmengen pro Niederschlagsmenge im Fichtenbestand sind vergleichbar mit den Eintragsmengen im belaubten Buchenbestand. Die Quecksilbereinträge pro Niederschlagsmenge der unbelaubten Phase des Buchenbestandes sind vergleichbar mit den Freilandeinträgen. In der belaubten Phase sind die Quecksilbereinträge pro Niederschlagsmenge etwa viermal so hoch wie in der unbelaubten Phase. Dies ist sowohl auf Abwascheffekte im Kronenraum als auch auf die Aufkonzentrierung durch Verdunstung zurückzuführen. Mögliche hervorgerufene Fehler durch Störmaterialien in den Sammlern wie Nadeln und Blätter können nach den Ergebnissen der Abspülversuche als gering eingestuft werden.

Buchenbestand, Göttinger Wald

Für den Zeitraum vom 07.08.18 bis 02.12.19 wurde im Freiland des Göttinger Waldes ein Quecksilbereintrag von im Mittel $3,8 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{Jahr}$ gemessen. Im Bestand wurde für denselben Zeitraum unter Anwendung von Trichterspülungen ein mittlerer Eintrag von $4,1 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{Jahr}$ gemessen und damit nur unwesentlich mehr. Der Grund für den nur geringfügig höheren Eintrag im Bestand liegt an der geringen Niederschlagsmenge, die den Boden im Bestand wegen der hohen Verdunstung im Kronenraum unter den Kronen erreicht.

Fichtenbestand, Solling

Für den Zeitraum vom 15.07.2019 bis 14.02.2020 wurde im Solling ein Quecksilbereintrag von im Mittel $9,5 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{Jahr}$ gemessen. Dass die Einträge im Fichtenbestand mehr als doppelt so hoch waren als in dem Buchenbestand im Göttinger Wald, ist auf die signifikant höhere Niederschlagsmenge im

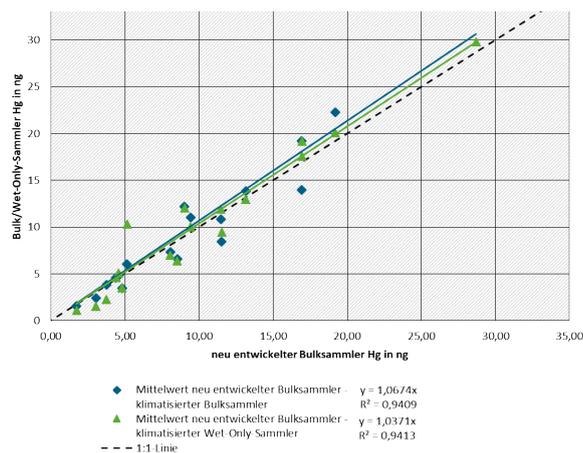
Solling im Untersuchungszeitraum zurückzuführen. Die Einträge im Freiland im Solling lagen mit $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{Jahr}$ deutlich unter den Einträgen, die im Bestand gemessen wurden. Allerdings beruht dieser Wert auf nur drei Messterminen und muss erst durch längere Messungen verifiziert werden.

Sammlervergleich

Die Messergebnisse der Depositionsmessungen mit den beiden klimatisierten Sammlern wurden verglichen mit dem Mittelwert der neun neu konstruierten Bulk-Sammler. Für diesen Vergleich betrug der Messzeitraum unter Buche zehn Monate (11.02.2019 – 02.12.2019). Die Ergebnisse zeigen eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den drei Sammlertypen (Abbildung 2). Die Abweichung von 4 bis 7 % liegt deutlich unterhalb der Streuung zwischen den Eigenbau-Sammlern (16,9 %).

Da auch die Ergebnisse des klimatisierten Wet-Only-Sammlers mit denen des klimatisierten Bulk-Sammlers übereinstimmen, ist davon auszugehen, dass trockene Deposition durch Sedimentation beim Quecksilbereintrag kaum eine Rolle spielt. Die im Rahmen des Projekts entwickelten Sammler sind zumindest für die Frühjahrs-, Sommer- und Herbstperiode geeignet. Die Winterperiode mit Schneefall und gefrierenden Proben konnte innerhalb der Projektlaufzeit nicht bewertet werden, da es nur in einem Sammelzeitraum etwas Schneefall gab. Deshalb sind weitere Vergleichsuntersuchungen mit den beheizten und klimatisierten Sammlern notwendig. Ein Folgeprojekt mit nassen Depositionsmessungen an insgesamt drei Standorten in Deutschland mit unterschiedlichem Belastungshintergrund ist bereits angelaufen.

Abbildung 2: Vergleich der Eintragsdaten der drei Sammlertypen.



Quelle: NW-FVA

Weitere Informationen

Kontakt

¹ Thünen-Institut für Waldökosysteme
 Frauke.Geppert@thuenen.de
 www.thuenen.de/wo

²Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt

³Umweltbundesamt

Laufzeit

06.2018 - 02.2021

FKZ

3717 51 256 0

Veröffentlichungen

König, N.; Krinniger, M.; Schad, T.; Geppert, F.; Sanders, T.G.M.; Holzhausen, M. (2021): Entwicklung und Test von Methoden zur Messung der nassen Quecksilberdeposition unter dem Kronendach von Wäldern. (Der Bericht ist auf Nachfrage beim Umweltbundesamt (UBA) erhältlich, Kontakt: gudrun.schuetze@uba.de)

Projekt-ID

1990

Gefördert durch

