

Der Nebel als Stressfaktor für den Wald

Verhältnismässig hoher Eintrag von Schadstoffen

Der neueste Sanasilva-Bericht zeigt, dass bei fast 30 Prozent der untersuchten Bäume die Kronen gelichtet sind. Die Schäden werden auf das Zusammenwirken verschiedener Stressfaktoren zurückgeführt. Zu diesen gehört auch der Nebel, ein Faktor, der bisher oft unberücksichtigt blieb. Im Rahmen eines Forschungsprojektes der Universität Bern wird nun der Einfluss des Nebels auf die Wälder genauer untersucht.

Nebel ist im Alltag ein oft unbeliebtes Phänomen: Er behindert den Auto- und Flugverkehr und hat einen negativen Einfluss auf unsere Stimmung. Überdies führen mehrtägige Nebellagen zu erhöhten Schadstoffkonzentrationen und damit zu vermehrtem Auftreten von Atemschwierigkeiten oder anderen Beschwerden. Aber nicht nur der Mensch wird durch den Nebel auf unterschiedliche Weise beeinträchtigt – auch in der Natur sind negative Auswirkungen messbar. Gegenwärtig wird an der Universität Bern von der Forschungsgruppe Klimatologie und Meteorologie des Geographischen Instituts der Schadstoffeintrag durch Nebel in Ökosysteme untersucht. Insbesondere Waldökosysteme sind von der Luftverschmutzung sehr stark betroffen, da sie den Schadstoffen in der Atmosphäre eine grosse Angriffsfläche bieten. So hat eine Fichte eine Nadelfläche, die sieben- bis fünfzehnmal so gross ist wie die überdeckte Bodenfläche. Überdies sind Wälder oft in höheren Lagen anzutreffen, wo Nebel häufig ist. Dies hat ein Forschungsteam um Werner Eugster dazu angeregt, den Nebel als Faktor bei der Schadstoffdeposition in Wäldern zu untersuchen.

Bisher hat sich primär der «saure Regen» als Sündenbock einen Namen gemacht. Dass der Nebel lange Zeit in der Diskussion eine Nebenrolle eingenommen hat, ist vor allem auf messtechnische Gründe zurückzuführen. Während Niederschlag sehr einfach gesammelt und die den Boden belastende Schadstoffmenge problemlos bestimmt werden kann, erfordert der Nebel eine sehr komplexe und teure Messeinrichtung (s. Kasten). Im Rahmen des Forschungsprojektes werden nun Nebelmessungen durchgeführt und mit dem Schadstoffeintrag durch Regen verglichen.

Eine erste geplante Messkampagne auf der Lägern bei Wettingen wurde durch den Sturm Lothar im Dezember 1999 verhindert, wurde damals doch der Turm, auf dem die Messgeräte installiert werden sollten, völlig zerstört. Die Suche nach einem anderen Messstandort führte

schliesslich ins Fichtelgebirge im Osten Bayerns. In Zusammenarbeit mit einer Forschungsgruppe der Universität Bayreuth um Otto Klemm konnte das Berner Forschungsteam dort seine Messungen durchführen. Der Standort ist dafür optimal: Der Messturm ragt knapp über einen Fichtenwald, und bei durchschnittlich 1300 Nebelstunden pro Jahr konnte mit einer nebelreichen Messkampagne gerechnet werden.

Zwischen Juni und Dezember 2000 wurden im Fichtelgebirge Regen- und Nebelproben gesammelt. Die Resultate waren überraschend: Zwar zeigten bereits frühere Studien, dass im Nebel hohe Schadstoffkonzentrationen vorkommen können. Mit der Konzentration allein ist aber eine Abschätzung des Schadstoffeintrages nicht möglich. Im Fichtelgebirge wurde nun erstmals der Nebelfluss, das heisst die Depositionsrate der Schadstoffe durch Nebel, direkt gemessen. Das grösste Interesse galt dabei den in Bezug auf die Bodenversauerung besonders kritischen Stoffen Nitrat, Sulfat und Ammonium. Die gleichzeitige Messung des Regen- und Nebelneintrages ermöglichte den Vergleich sowohl der Schadstoffkonzentrationen als auch der Schadstoffeinträge.

Die im Nebel gemessenen Ionenkonzentrationen waren enorm hoch. Nitrat, Sulfat und Ammonium waren im Mittel im Nebel 18- bis 25-mal höher konzentriert als im Regen. Dadurch stellt sich – unabhängig von der eingetragenen Menge – die Frage, wie sich solch hohe Konzentrationen auf Nadeln und Blätter von Bäumen auswirken. Es ist möglich, dass stark konzentrierte Schadstoffe – insbesondere Säuren – beim Kontakt mit der Vegetation direkte Schäden hervorrufen.

Der Wassereintrag durch Nebel erscheint im Vergleich zur Niederschlagsmenge bescheiden: 20 Millimeter waren es im Vergleich zu 430 Millimetern Niederschlag während der fünf Monate dauernden Messkampagne. Berechnet man jedoch die Menge an eingetragenen Schadstoffen, kompensieren die hohen Konzentrationen im Nebel den relativ geringen Nebelwassereintrag.

Das bedeutet, dass am Messstandort im Fichtengebirge durch Nebel und Regen vergleichbare Mengen an Sulfat, Nitrat und Ammonium eingetragen werden. Die Rolle des Nebels ist damit noch längst nicht geklärt. Messungen, die seit diesem Mai auf der Lägern durchgeführt werden (der Messturm wurde inzwischen durch einen neuen ersetzt), sollen zeigen, ob auch in der Schweiz an nebelreichen Standorten eine vergleichbare Belastung festgestellt werden kann.

Insbesondere für Wälder in erhöhten Lagen dürfte der häufig auftretende Nebel einen zusätzlichen Stressfaktor darstellen, weil die durch Niederschlag eingetragenen Mengen an Schwefel und Stickstoff hier massiv erhöht sind. Es ist nicht auszuschliessen, dass dadurch die festgelegten kritischen Grenzen in Waldökosystemen erreicht

oder gar überschritten werden. Stickstoff und in beschränktem Ausmass auch Schwefel fördern zwar einerseits das Pflanzenwachstum, da beide wichtige Nährelemente darstellen. Andererseits führt eine übermässige Zufuhr dieser Stoffe zu einer Versauerung des Bodens, was eine geringere Verfügbarkeit anderer lebenswichtiger Nährstoffe und damit Mangelercheinungen bei den Pflanzen zur Folge hat. Überdies trägt die Auswaschung von Nitrat und Sulfat als Folge eines Überangebots zur Verschmutzung des Grundwassers und zur Überdüngung von Gewässern bei.

Esther Thalmann

Die Autorin hat im Rahmen des beschriebenen Projektes eine Diplomarbeit an der Universität Bern verfasst.

Anspruchsvolle Messtechnik

E. T. Um den Schadstoffeintrag durch Nebel zu bestimmen, braucht es eine komplizierte Messeinrichtung. Da Nebeltröpfchen im Durchschnitt ungefähr 100-mal kleiner sind als Regentropfen, fallen sie nicht einfach nach unten. Nebst der Schwerkraft beeinflusst die kleinräumige Turbulenz in der Atmosphäre die Bewegung der Tröpfchen. Dabei werden die Nebeltröpfchen beliebig horizontal oder vertikal bewegt. Der nach unten gerichtete Anteil der Bewegung, der dem Nebelwassereintrag entspricht, hängt von der Verteilung der Tropfengrösse, der Stärke der Turbulenz, der Windgeschwindigkeit sowie der Vegetationsoberfläche ab. Anhand dieser Daten kann der Nebelwassereintrag mit Hilfe der Eddy-Kovarianz-Methode bestimmt werden. Diese Methode beruht auf der Beobachtung, dass kleine Teilchen (wie zum Beispiel Nebeltröpfchen) den turbulenten Bewegungen der Atmosphäre folgen. – Bei den Messungen im Fichtelgebirge wurde die Verteilung der Tropfengrösse – zum ersten Mal in Europa – mit einem Tropfenspektrometer gemessen; die Turbulenz der Luft wurde mit einem Sonic-Anemometer bestimmt, das zwölfmal pro Sekunde die Bewegungen der Luft misst. Das Sammeln des Nebelwassers für die chemische Analyse erfolgte schliesslich mit einem Nebelwassersammler. Dieser ist nur bei Nebel in Betrieb und wird mit einem Sichtweitenmessgerät gesteuert.