

Stoffeinträge

Birte Scheler

Wald filtert durch seine große Kronenoberfläche gas- und partikelförmige Stoffe aus der Luft. Aufgrund dieses Filtereffektes sind Wälder stärker als andere Landnutzungsformen durch anthropogen verursachte Stoffeinträge insbesondere von Schwefel und Stickstoff (Nitrat und Ammonium) belastet. Um die Wirkungen dieser erhöhten Stoffeinträge sowie die damit verbundenen Risiken für Wälder, Waldböden und angrenzende Ökosysteme zu untersuchen, wird in Hessen der Stoffeintrag auf zwei Fichten- und sieben Buchenflächen sowie einer Eichen- und einer Kiefernfläche des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings erfasst.

Die Höhe der Stoffeinträge wird maßgeblich durch verschiedene Faktoren wie Niederschlagsmenge, Baumart, Bestandeshöhe, Kronenrauigkeit bzw. lokale Emittenten bestimmt. Aus diesem Grund sind die Stoffeinträge im niederschlagsreichen Bergland (Fürth/Odenwald, Spessart und Königstein) höher als in niederschlagsärmeren Gebieten wie der Rhein-Main-Ebene oder dem Mittelhessischen Raum sowie unter Fichte höher als unter Buche, Eiche und Kiefer. Der Bestandesniederschlag lag 2013 zwischen 502 mm (Kellerwald, Buche) und 953 mm (Fürth, Buche). In Königstein, Fürth sowie im Hessischen Ried lag der Bestandesniederschlag damit deutlich über dem langjährigen Mittel der jeweiligen Flächen während er in Krofdorf, Spessart und Zierenberg niedriger als im langjährigen Mittel war. Im Vergleich zum Vorjahr ist in den Beständen zwischen 11 % weniger (Krofdorf, Buche) und 28 % mehr (Hessisches Ried, Eiche) Kronentraufe gefallen. Abweichungen in der Gesamtd deposition im Vergleich zum Vorjahr können hierdurch begründet sein.

Durch Maßnahmen wie Rauchgasentschwefelung bei Großfeuerungsanlagen oder die Einführung von schwefelarmen Kraftstoffen ging die Schwefeldioxidkonzentration der Luft extrem zurück. Hierdurch nahmen die Sulfateinträge in die Wälder deutlich ab. 2013 betrug der Sulfatschwefeleintrag pro Hektar zwischen 2,2 kg (Krofdorf, Buche) und 6,7 kg (Fürth, Fichte), im Freiland lag er zwischen 1,6 kg (Kellerwald) und 3,5 kg (Fürth). Dies entspricht im Vergleich zur Mitte der 1980er Jahre (1984-1986) einem Rückgang um 91 % in der Gesamtd deposition der Buche (Krofdorf), um 87 % in der Gesamtd deposition der Fichte (Königstein) und um rund 85 % im Freiland.



Bodenhydrologische Messungen

Foto: H. Heinemann



Probenahme von Bodensickerwasser

Foto: O. Schwerdtfeger

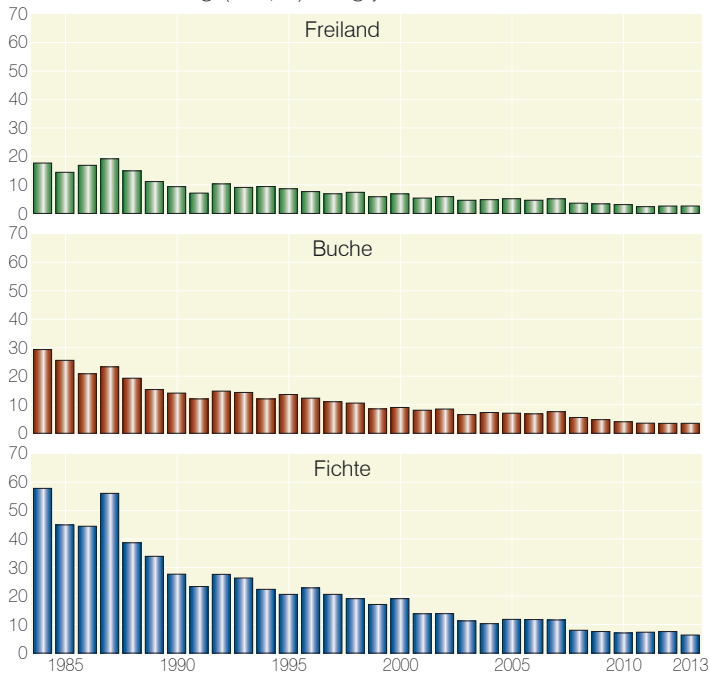
Stickstoff ist der Pflanzennährstoff, der das Wachstum unter natürlichen Umständen am stärksten limitiert, da der Stickstoffgehalt der Ausgangsgesteine der Böden sehr gering ist. Durch anthropogene Stoffeinträge sowohl in gasförmiger als auch in gelöster Form mit dem Niederschlag ist Stickstoff jedoch im Wald zu einem Überflussfaktor geworden. Dies hat gravierende Konsequenzen für den Wald selbst sowie angrenzende Ökosysteme wie Fließ- und Grundgewässer. Zu nennen sind beispielsweise eine Verschiebung des Artengefüges der Wälder, veränderte Spross-Wurzel-Verhältnisse der Bäume und erhöhte Nitrat austräge mit dem Sickerwasser. Letztere verursachen den Verlust von Nährstoffen wie Calcium und Magnesium aus den ohnehin eher nährstoffarmen Waldböden und können zu einer Gefährdung für das Grundwasser werden.

Aufgrund rückläufiger Stickoxid-Emissionen hat der Nitrateintrag sowohl im Freiland als auch in der Gesamtd deposition auf allen untersuchten Flächen signifikant abgenommen. 2013 betrug er pro Hektar unter Fichte 12,2 (Königstein) bzw. 12,4 kg (Fürth), im Hessenmittel unter Buche 6,4 kg (zwischen 4,6 kg im Hessischen Ried und 10,1 kg in Zierenberg) sowie unter Eiche und Kiefer 4,7 kg (beide Hessisches Ried). Im Freiland lag der Nitratstickstoffeintrag im Mittel des Landes Hessen pro Hektar bei 3,4 kg (zwischen 2,2 kg im Kellerwald und 4,8 kg in Fürth).

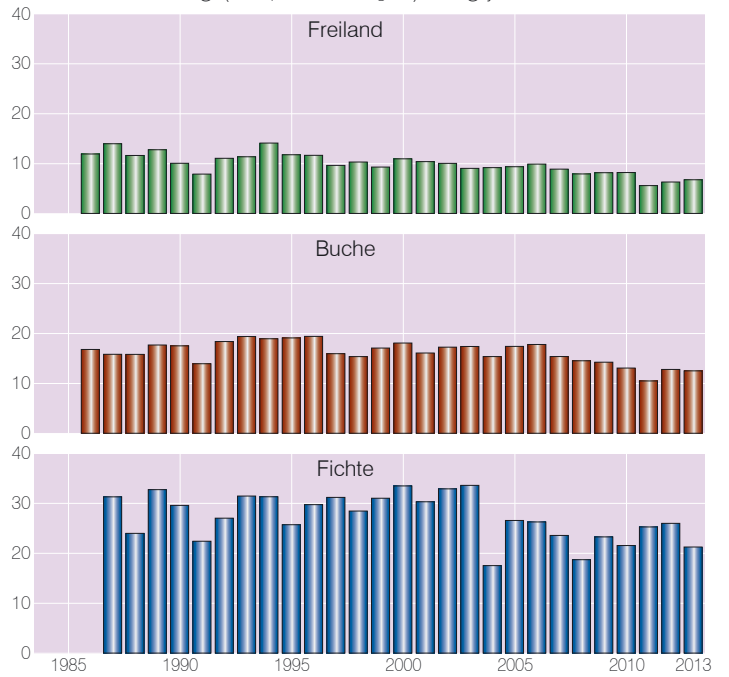
Beim Ammonium eintrag zeigt sich zwar auf fünf von sieben Flächen eine signifikante Abnahme im Freiland, in der Gesamtd deposition jedoch nur in den untersuchten Waldbeständen des Hessischen Rieds (Buche, Eiche, Kiefer) und in Fürth (Fichte). Dennoch lag der Ammonium eintrag 2013 auf 10 von 11 Flächen unter dem langjährigen Flächenmittel, auf 6 Flächen war

Stoffeinträge

Schwefel-Eintrag ($\text{SO}_4\text{-S}$) in kg je Hektar und Jahr



Stickstoff-Eintrag ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) in kg je Hektar und Jahr



Stoffeintragsmessungen auf der Intensiv-Monitoringfläche Kellerwald

Foto: M. Schmidt

Stoffeinträge

Gesamtsäure-Eintrag in kmol_c je Hektar und Jahr

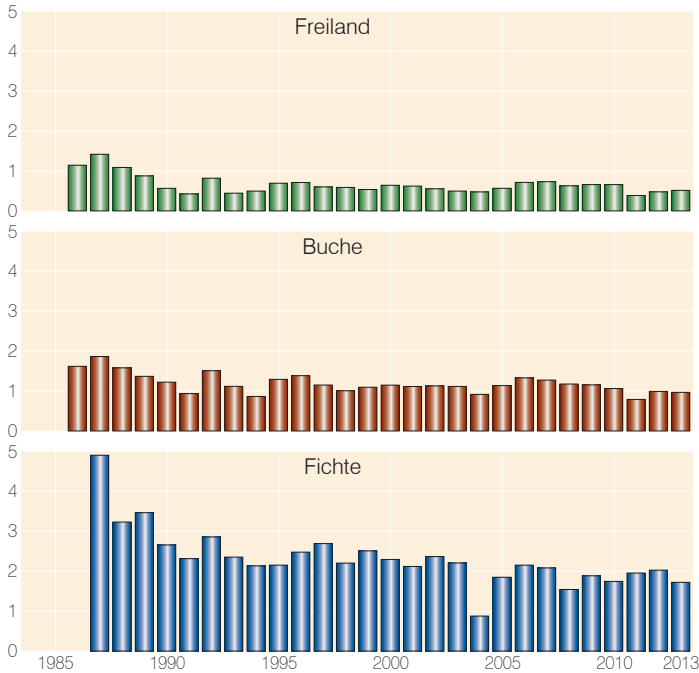


Foto: E. Langer

er außerdem geringer als im Vorjahr. Unter Fichte betrug der Ammoniumstickstoffeintrag pro Hektar 9,1 kg in Königstein und 10,4 kg in Fürth, unter Buche im Hessenmittel 6,0 kg (zwischen 3,5 kg in Krofdorf und 10,4 kg in Zierenberg), unter Eiche 7,4 kg und 5,0 kg unter Kiefer. Im Freiland lag der Ammoniumstickstoffeintrag pro Hektar zwischen 3,1 kg (Hessisches Ried) und 4,8 kg (Fürth), das Hessenmittel betrug 3,3 kg. Der Anteil von Ammonium an den Stickstoffeinträgen beträgt sowohl im Freiland als auch der Gesamtd deposition im langjährigen Mittel zwischen 44 % und 51 %. Damit ist keine der untersuchten Regionen in Hessen unverhältnismäßig hoch durch Stickstoffeinträge aus der Landwirtschaft belastet, die für 95 % der Emissionen von Ammoniak und damit seines Umwandlungsprodukts Ammonium verantwortlich ist, wie dies beispielsweise im Nordwestdeutschen Tiefland der Fall ist. Trotz des Rückgangs überschreiten insbesondere in den niederschlagsreichen Gebieten und unter Fichte die atmosphärischen Stickstoffeinträge nach wie vor den Bedarf der Bestände für ihr Wachstum teilweise erheblich.

Der aktuelle Gesamtsäureeintrag berechnet sich als Summe der Gesamtdeposition von Nitrat, Ammonium, Sulfat und Chlorid abzüglich der mit dem Niederschlag eingetragenen Basen Calcium, Magnesium und Kalium.

2013 betrug der Gesamtsäureeintrag pro Hektar $0,5 \text{ kmol}_c$ im Freiland (Hessenmittel), $1,0 \text{ kmol}_c$ unter Buche (Hessenmittel) und $1,8 \text{ kmol}_c$ (Fichte, Fürth). Im Vergleich zum Mittel der Jahre 1987-1989 ist er im Freiland damit um Werte zwischen 44 % (Königstein) bis 68 % (Krofdorf) zurückgegangen, unter Fichte um 49 % (Fürth) bzw. 55 % (Königstein) und unter Buche zwischen 41 % (Fürth) und 54 % (Krofdorf) reduziert. Im Vergleich zum Vorjahr ging der Gesamtsäureeintrag auf sechs Untersuchungsflächen um bis zu $0,3 \text{ kmol}_c$ pro Hektar zurück, während er in Zierenberg unter Buche aufgrund der 2013 auf dieser Fläche deutlich gestiegenen Ammoniumeinträge um $0,5 \text{ kmol}_c$ im Vergleich zum Vorjahr angestiegen ist. Ob dieser Anstieg durch die Stickstoffsättigung dieses Bestandes begründet ist, kann erst anhand der weiteren Entwicklung der Ammoniumeinträge geklärt werden. Die höchsten Säureeinträge finden sich unter Fichte sowie unter Buche in niederschlagsreichen Gebieten. Sofern diese Bestände auf nährstoffarmen, pufferschwachen Waldböden stocken, ist eine standortsangepasste Bodenschutzkalkung zum Schutz der Waldböden und ihrer Filterfunktion weiter notwendig.

kmol_c (Kilomol charge) = Menge an Ladungsäquivalenten. Sie berechnet sich wie folgt: Elementkonzentration multipliziert mit der Wertigkeit des Moleküls (= Ladungsäquivalente pro Molekül), dividiert durch das Molekulargewicht. Multipliziert mit der Niederschlagsmenge ergibt sich die Fracht an Ladungsäquivalenten in kmol_c pro Hektar.



Messung der Bodenfeuchte

Foto: NW-FVA