

Stoffeinträge

Birte Scheler

In Wäldern ist die Deposition aus der Atmosphäre für viele Nähr- und Schadstoffe die wichtigste Eintragsquelle. Die Kronenoberflächen von Bäumen filtern sehr effektiv gas- und partikelförmige Stoffe aus der Luft. Aufgrund dieses Filtereffektes ist der Eintrag anthropogen bedingter Schwefel- und Stickstoffverbindungen (Nitrat und Ammonium) im Wald deutlich höher als bei anderen Landnutzungsformen. Diese so genannte Immissionsschutzfunktion des Waldes stellt jedoch für das Ökosystem Wald selbst eine Belastung dar.

Um die Wirkungen erhöhter Stoffeinträge und damit verbundener Risiken für Wälder, Waldböden und angrenzende Ökosysteme wie beispielsweise das Grundwasser zu untersuchen, wird in Schleswig-Holstein seit 1989 im Rahmen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings der Stoffeintrag in einem 112jährigen Buchenbestand in Bornhöved erfasst. Der Bestandesmessfläche (Kronentraufe) ist eine Freifläche (Freilandniederschlag) zugeordnet. Zusätzlich wird zur Erfassung des gesamten Bestandesniederschlags der Stammablauf gemessen und analysiert, der in Buchenbeständen quantitativ bedeutsam ist. Mittels eines Kronenraumbilanzmodells (Ulrich 1991) werden aus den gemessenen Stoffflüssen Gesamtdepositionsraten berechnet.

Niederschlag

Die Höhe der Stoffeinträge wird maßgeblich durch verschiedene Faktoren wie Niederschlagsmenge und -verteilung, Baumart, Bestandeshöhe, Kronenrauigkeit bzw. lokale Emittenten bestimmt. Aus diesem Grund sind die Stoffeinträge in niederschlagsärmeren Gebieten in der Regel niedriger als in niederschlagsreichen Gegenden und aufgrund des Laubabwurfs unter Buche geringer als unter Fichte und Douglasie. 2016 betrug der Bestandesniederschlag (Kronentraufe und Stammablauf) in Bornhöved 552 mm und lag damit 49 mm bzw. 8 % unter dem Mittel der Jahre 2011-2015. Im Freiland fielen 709 mm Niederschlag bzw. 31 mm (4 %) weniger als im Vergleichszeitraum. Insgesamt zeigt sich im Beobachtungszeitraum eine tendenzielle Abnahme der Niederschläge.

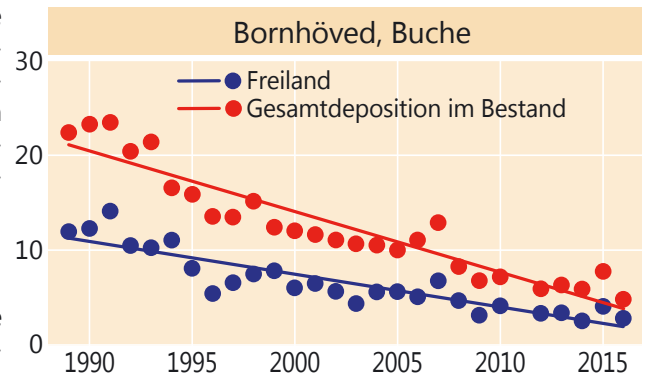


Probenahme Bodenwasser, Intensiv-Monitoringfläche Bornhöved
Foto: O. Schwerdtfeger

Schwefel

Durch die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung ging der Schwefeleintrag (jeweils gemessen als Sulfatschwefel SO_4-S) seit Mitte der 1980er Jahre stark zurück. Die stetige Abnahme der Schwefeleinträge setzte sich trotz des bereits zu Beginn der 2000er Jahre erreichten vergleichsweise niedrigen Niveaus in den vergangenen 10 Jahren weiter fort. 2016 betrug er je Hektar 2,7 kg im Freiland und 4,7 kg unter Buche. Er war damit 1,7 kg (Buche) bzw. 0,7 kg (Freiland) niedriger als im Mittel der Jahre 2011-2015.

Sulfatschwefel-Eintrag (SO_4-S) in kg je Hektar und Jahr

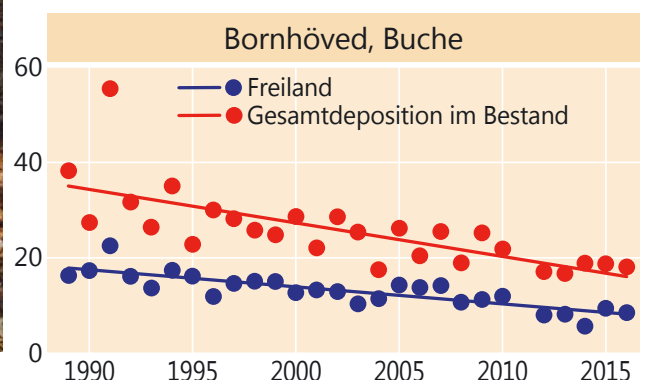


Stickstoff

Stickstoff wird einerseits in oxidiert Form als Nitrat (Quellen: Kfz-Verkehr, Verbrennungsprozesse), andererseits in reduzierter Form als Ammonium (landwirtschaftliche Quellen) in das Ökosystem eingetragen. Im langjährigen Mittel (1989-2015) betrug das Verhältnis Ammonium zu Nitrat annähernd 60:40, der Ammoniumanteil schwankte in den einzelnen Jahren zwischen 43 % und 66 %.

Der Eintrag von Nitratstickstoff hat im Freiland und in der Gesamtdeposition seit Untersuchungsbeginn signifikant abgenommen. Er betrug 2016 je Hektar im Freiland 3,4 kg und unter Buche 7,2 kg (Gesamtdeposition mit Stammablauf). Im Vergleich zum Mittel der Jahre 2011-2015 reduzierte sich der Nitratreintrag unter Buche um 1,2 kg und stieg im Freiland um 0,1 kg an.

Stickstoff-Eintrag ($NH_4-N + NO_3-N$) in kg je Hektar und Jahr



Stoffeinträge

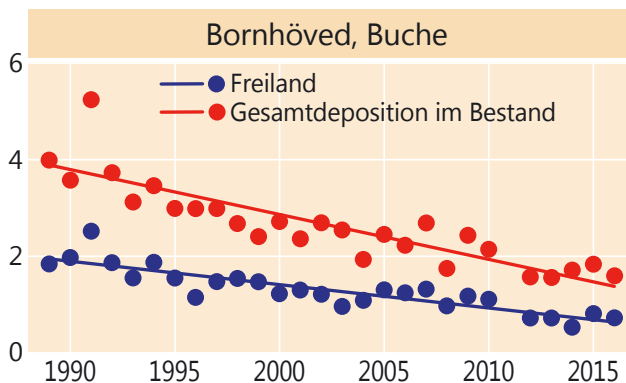
Der Ammoniumstickstoffeintrag hat sich seit 1989 ebenfalls signifikant verringert. 2016 betrug der Eintrag von Ammoniumstickstoff 5,2 kg je Hektar im Freiland und 11 kg unter Buche. Im Gegensatz zum abnehmenden Trend im gesamten Beobachtungszeitraum seit 1989 erhöhte sich 2016 der Ammoniumeintrag mit der Gesamtdeposition im Vergleich zum Zeitraum 2011-2015 unter Buche um 1,4 kg (15 %) und im Freiland um 0,7 kg (15 %).

Trotz verschiedener Bemühungen zur Reduktion der Stickstoffemissionen und hieraus resultierender rückläufiger Einträge übersteigt der anorganische atmosphärische Stickstoffeintrag mit 18,2 kg nach wie vor den Bedarf des untersuchten Bestandes für das Baumwachstum. Stickstoffeinträge, die über dem Bedarf des Ökosystems für das Wachstum liegen, ziehen jedoch – ggf. zeitverzögert – gravierende negative Konsequenzen für den Wald selbst sowie angrenzende Ökosysteme wie Fließ- und Grundgewässer nach sich.

Gesamtsäure

Der Gesamtsäureeintrag berechnet sich als Summe der Gesamtdeposition von Nitrat, Ammonium, Sulfat und Chlorid (jeweils nicht seesalzbürtige Anteile). Der Netto-Gesamtsäureeintrag berechnet sich aus dem Gesamtsäureeintrag abzüglich der mit dem Niederschlag eingetragenen Basen Calcium, Magnesium und Kalium (jeweils nicht seesalzbürtige Anteile; Gauger et al. 2002).

Gesamtsäure-Eintrag in kmol_c je Hektar und Jahr



Niederschlagssammler, Freifläche Bornhöved
Foto: O. Schwerdtfeger



Klimamessturm, Freifläche Bornhöved

Foto: O. Schwerdtfeger

2016 betrug der Gesamtsäureeintrag je Hektar im Freiland $0,7 \text{ kmol}_c$ und $1,6 \text{ kmol}_c$ unter Buche. Im Vergleich mit neun weiteren untersuchten Buchenbeständen im Zuständigkeitsgebiet der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt in den Bundesländern Niedersachsen und Hessen weist die Fläche in Bornhöved 2016 die höchsten Säureeinträge auf.

Im Mittel der letzten fünf Jahre ist der anorganische Stickstoffeintrag ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) für 78 % des Gesamtsäureeintrags verantwortlich. Auch unter dem Gesichtspunkt der Säurebelastung ist eine weitere Reduzierung der Stickstoffeinträge dringend geboten.

Aufgrund der sehr geringen nicht seesalzbürtigen Baseneinträge in Höhe von $0,09 \text{ kmol}_c$ sowie einer geringen Basenfreisetzung im Boden durch Verwitterung übersteigt der Gesamtsäureeintrag trotz des beobachteten Rückgangs nach wie vor die nachhaltige Säurepufferkapazität des untersuchten Bestandes.

Eine standortsangepasste Kalkung zum Schutz der Waldböden und der Erhaltung ihrer Filterfunktion für das Grundwasser kann empfohlen werden.

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 je Hektar.