

Stoffeinträge

Birte Scheler

Wald filtert durch seine große Kronenoberfläche stärker als alle anderen Landnutzungsformen gas- und partikelförmige Stoffe aus der Luft. Aufgrund dieses Filtereffektes ist das Ökosystem Wald besonders stark durch anthropogen verursachte Stoffeinträge von Sulfatschwefel und Stickstoff (Nitrat und Ammonium) belastet. Um die Wirkungen dieser erhöhten Stoffeinträge sowie die damit verbundenen Risiken für Wälder, Waldböden und angrenzende Ökosysteme wie z. B. das Grundwasser zu untersuchen, wird in Schleswig-Holstein seit 1989 der Stoffeintrag in einem 111jährigen Buchenbestand des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings in Bornhöved erfasst. Hierzu wird der Niederschlag auf einer Freifläche (Freilandniederschlag) und einer Bestandesmessfläche (Bestandesniederschlag) analysiert, in Buchenbeständen wird zusätzlich der bei dieser Baumart quantitativ bedeutsame Stammablauf gemessen. Mittels eines Kronenraumbilanzmodells (Ulrich 1991) werden aus den gemessenen Stoffflüssen Gesamtdositionsraten bestimmt.

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. 2015 betrug der Bestandesniederschlag (Kronentraufe und Stammablauf) in Bornhöved 716 mm und lag damit 127 mm bzw. 22 % über dem Mittel der Jahre 2010-2014. Im Freiland fielen 902 mm Niederschlag bzw. 199 mm (28 %) mehr als im Vergleichszeitraum. Insgesamt zeigt sich im Beobachtungszeitraum jedoch eine abnehmende Tendenz der Niederschlagshöhen.

Schwefel

Durch die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung konnten die Schwefelemissionen drastisch reduziert werden und der Schwefeleintrag in die Wälder (jeweils gemessen als Sulfatschwefel $\text{SO}_4\text{-S}$) ist in der Folge stark zurückgegangen. 2015 betrug er pro Hektar 7,8 kg unter Buche und 2,5 kg im Freiland. Er war damit 1,5 kg höher als im Mittel der Jahre 2010-2014, was vermutlich Folge der deutlich höheren Niederschläge im Jahr 2015 war.

Stickstoff

Stickstoff, ein Hauptnährstoff der Pflanzen, wird einerseits in oxidierter 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 der Gesamtdosition seit Untersuchungsbeginn signifikant abgenommen. Er betrug 2015 pro Hektar im Freiland 3,9 kg und unter Buche 8,9 kg (Gesamtdosition mit Stammablauf). Im Vergleich zum Mittel der Jahre 2010-2014 reduzierte sich der Nitratreintrag je Hektar unter Buche um 0,4 kg und um 0,1 kg im Freiland.

Der Ammoniumstickstoffeintrag hat sich seit 1989 ebenfalls signifikant verringert, die mittlere jährliche Abnahme fiel mit 0,56 kg in der Gesamtdosition unter Buche und 0,27 kg im Freiland sogar deutlich höher aus als beim Nitratstickstoff. 2015 betrug der Eintrag von Ammoniumstickstoff 5,5 kg im Freiland und 9,9 kg unter Buche. Im Gegensatz zum abnehmenden Trend im gesamten Beobachtungszeitraum seit

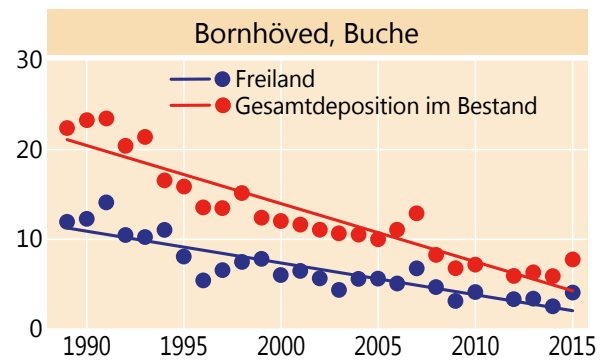
1989 erhöhte sich damit 2015 im Vergleich zum Zeitraum 2010-2014 der Ammoniumeintrag mit der Gesamtdosition um 5 % und im Freiland sogar um 25 %.

Trotz verschiedener Bemühungen zur Reduktion der Stickstoffemissionen und hieraus resultierender rückläufiger Einträge übersteigt der atmosphärische Stickstoffeintrag nach wie vor den Bedarf des untersuchten Bestandes für das Baumwachstum, was gravierende Konsequenzen für den Wald sowie angrenzende Ökosysteme wie Oberflächen- und Grundgewässer zur Folge haben kann.

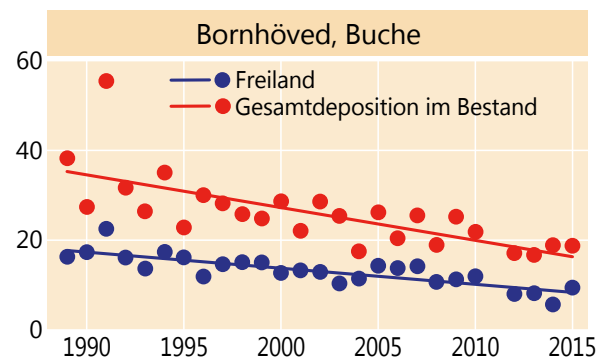


Intensiv-Monitoringfläche Bornhöved: Erfassung der Niederschlagsmenge
Foto: O. Schwerdtfeger

Sulfatschwefel-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



Stoffeinträge

Gesamtsäure

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 (jeweils nicht seesalzbür-tige Anteile; Gauger et al. 2002).

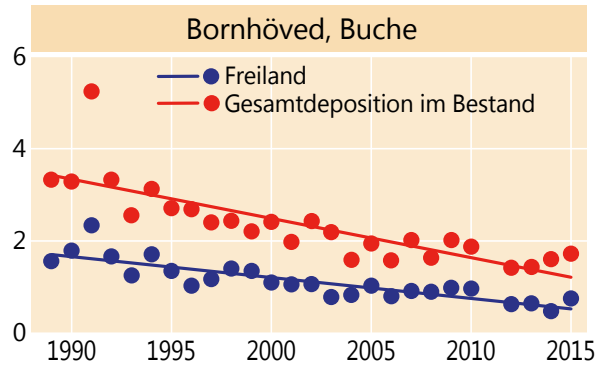
2015 betrug der Gesamtsäureeintrag pro Hektar im Freiland 0,8 kmol_c und 1,7 kmol_c unter Bu-che. Im Vergleich mit neun weiteren untersuch-ten Buchenbeständen im Zuständigkeitsgebiet der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchs-anstalt in den Bundesländern Niedersachsen und Hessen weist die Fläche in Bornhöved 2015 die höchsten Säureeinträge auf.

Zum Schutz der Waldböden und ihrer Filterfunk-tion ist bei basenarmen Ausgangssubstraten eine standortsangepasste Bodenschutzkalkung empfehlenswert.

Gesamtsäure-Eintrag in kmol_c je Hektar und Jahr



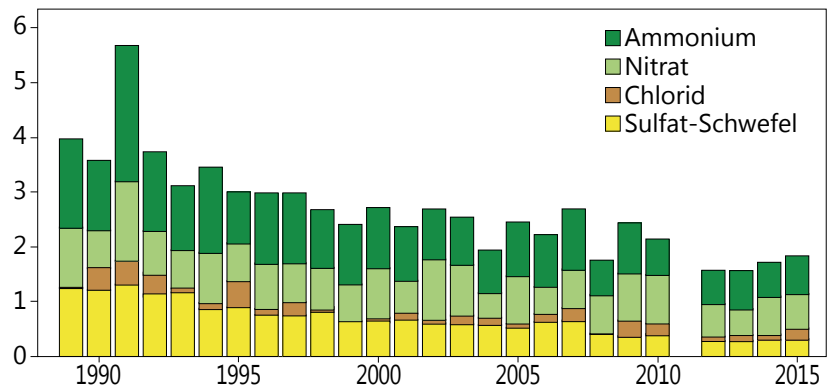
Foto: M. Spielmann



Anteile der Säurebildner

Anhand der 27jährigen Zeitreihe des Gesamtsäureeintrags in Bornhöved kann gezeigt werden, dass sich durch die Reduktion der Schwefel-einträge die Bedeutung der einzelnen Säurebildner verschoben hat. So sank die Säurebelastung durch Sulfatschwefel unter Buche von 1,24 kmol_c (1989) auf 0,29 kmol_c (2015), wodurch sich der Anteil am Gesamtsäureeintrag von 31 % auf 16 % fast halbierte. Die Säurebelastung durch Nitrat nahm im gleichen Zeitraum von 1,1 kmol_c auf 0,6 kmol_c ab, der relative Anteil stieg jedoch von 27 % auf 35 %. Die Säurebe-lastung durch Ammonium schwankte zwischen 2,5 kmol_c (1991) und 0,6 kmol_c (2008, 2012, 2014). Ammonium ist damit aufgrund der land-wirtschaftlichen Prägung Schleswig-Holsteins im gesamten Zeitraum mit einem Anteil von rund 40 % der bedeutendste Säurebildner. Im Mittel der letzten fünf Jahre ist der anorganische Stickstoffeintrag (NH₄-N + NO₃-N) für 76 % des Gesamtsäureeintrags verantwortlich. Auch unter dem Gesichtspunkt der Säurebelastung ist eine weitere Re-duzierung der Stickstoffeinträge dringend geboten.

Anteile der Säurebildner am Gesamtsäure-Eintrag (kmol_c je Hektar und Jahr) in Bornhöved



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 Ladungs-äquivalenten in kmol_c je Hektar.



Intensiv-Monitoringfläche Bornhöved: Wartung der Stammablaufmessung Foto: O. Schwerdtfeger