

Stoffeinträge

Birte Scheler

Nähr- und Schadstoffe werden in gelöster Form mit dem Niederschlag sowie durch den Auskämmeffekt der Baumkronen gas- und partikelförmig in Wälder eingetragen.

Aufgrund der großen Oberflächen der Kronen ist der atmosphärische Stoffeintrag im Vergleich der Landnutzungsformen in Wäldern am höchsten. Diese so genannte Immissionsschutzfunktion des Waldes stellt jedoch für das Ökosystem Wald selbst eine Belastung dar, da Schwefel- und Stickstoffverbindungen (Nitrat und Ammonium) das chemische Bodenmilieu durch Versauerung und Eutrophierung verändern.

In Schleswig-Holstein wird seit 1989 im Rahmen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings der Stoffeintrag in einem 115-jährigen Buchenbestand bei 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.

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.

Niederschlag

Im Gegensatz zu vielen anderen Regionen in Deutschland war 2019 in Bornhöved kein weiteres niederschlagsarmes Jahr. Im Freiland fielen 832 mm, der Bestandesniederschlag (Kronentraufe und Stammablauf) betrug 633 mm. Damit fielen im Freiland 343 mm (bzw. 70 %) und im Bestand 633 mm (bzw. 68 %) mehr Niederschlag als 2018. Auch im Vergleich zum 30-jährigen Mittel 1989-2018 war das Jahr mit 110 % (Freilandniederschlag) bzw. 108 % (Bestandesniederschlag) überdurchschnittlich niederschlagsreich.



Intensiv-Monitoringfläche Bornhöved

Foto: H. Meesenburg

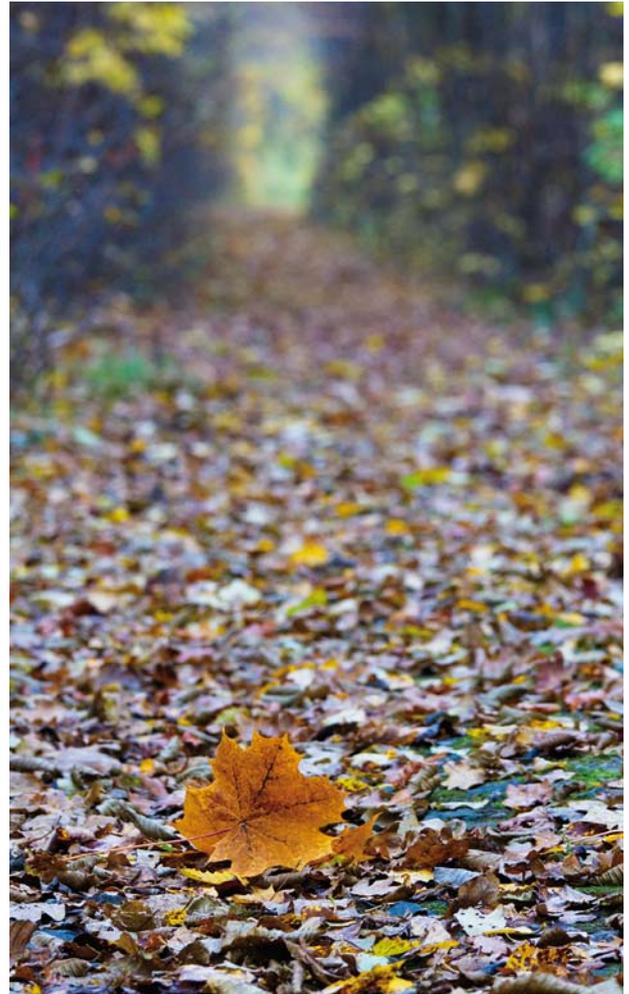
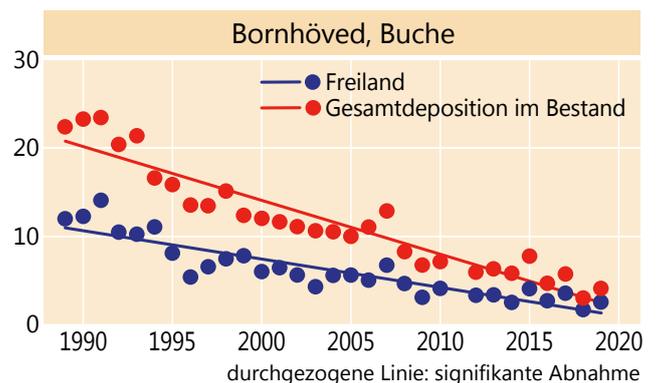


Foto: H. Heinemann

Schwefeleintrag

Durch die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung wie Rauchgasentschwefelung und die Einführung schwefelarmer Kraft- und Brennstoffe konnten die Schwefeldioxidemissionen wirksam reduziert werden. Aufgrund der deutlich höheren Niederschlagsmengen im Vergleich zum Vorjahr ist der Schwefeleintrag in Bornhöved im Vergleich mit 2018 leicht angestiegen. Er betrug 2019 je Hektar 2,6 kg im Freiland und 4,1 kg im Buchenbestand. Von der Sulfatschwefelgesamtdeposition unter Buche waren aufgrund der Nähe zum Meer 1,5 kg je Hektar bzw. 37 % seesalzbürtig.

Sulfatschwefeleintrag (SO₄-S inkl. seesalzbürtigem Anteil) im Freiland und im Bestand in kg je Hektar und Jahr



Stoffeinträge

Stickstoffeintrag

Stickstoff wird einerseits in oxidierter Form als Nitrat (Quellen: Kfz-Verkehr, Verbrennungsprozesse), andererseits in reduzierter Form als Ammonium (landwirtschaftliche Quellen) in die Ökosysteme eingetragen. In Bornhöved betrug der Ammoniumanteil am anorganischen Stickstoffeintrag im 10-jährigen Mittel (2010-2019) im Freiland 56 % und an der Gesamtdeposition 54 %.

Der Nitratstickstoffeintrag hat seit dem Untersuchungsbeginn im Jahr 1989 sowohl im Freiland als auch unter Buche signifikant abgenommen. Dieser deutliche Rückgang hat sich in den letzten 10 Jahren unter Buche fortgesetzt. 2019 betrug der Nitratstickstoffeintrag in Bornhöved je Hektar 3,2 kg im Freiland und 6,7 kg als Gesamtdeposition unter Buche. Der Ammoniumstickstoffeintrag hat in Bornhöved



Extraktion von Bodenproben zur Bestimmung der Inhaltsstoffe Foto: N. König

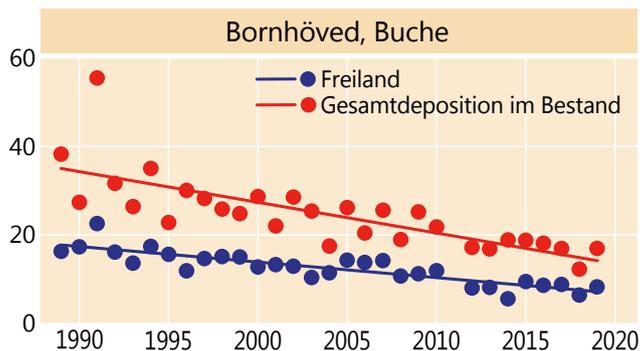


Probenahme Bodenwasser, Intensiv-Monitoringfläche Bornhöved Foto: O. Schwerdtfeger

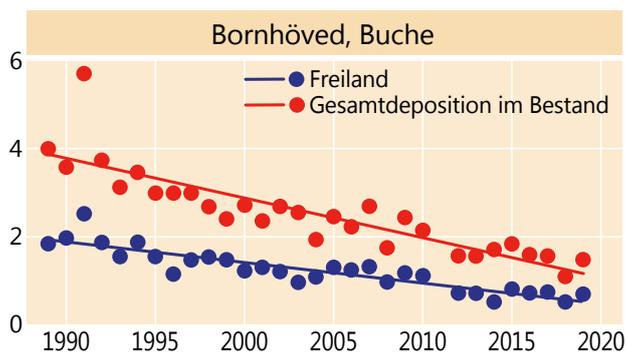
seit 1989 ebenfalls signifikant abgenommen. Im Gegensatz zum Nitratsstickstoffeintrag ist beim Ammoniumstickstoffeintrag in den letzten 10 Jahren jedoch kein weiterer Rückgang zu beobachten. 2019 betrug er im Freiland 5,0 und unter Buche 10,3 kg je Hektar. Aufgrund der deutlich höheren Niederschlagsmenge lag der anorganische Stickstoffeintrag im Freiland 1,9 und mit der Gesamtdeposition 4,7 kg je Hektar über dem Eintrag von 2018.

Trotz des langfristig beobachteten Rückgangs überschreitet der anthropogen bedingte anorganische Stickstoffeintrag aus der Atmosphäre im Mittel der letzten fünf Jahre (2015-2019) mit 16,6 kg je Hektar unter Buche nach wie vor den Bedarf der Wälder 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 Oberflächen- und Grundwässer nach sich.

Stickstoffeintrag ($\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$) im Freiland und im Bestand in kg je Hektar und Jahr



Gesamtsäureeintrag im Freiland und im Bestand in kmol_c je Hektar und Jahr



durchgezogene Linie: signifikante Abnahme

Gesamtsäure

Der Gesamtsäureeintrag berechnet sich als Summe der Gesamtdeposition von Nitrat, Ammonium, Sulfat und Chlorid (jeweils nicht seesalzbürtige Anteile, Gauger et al. 2002).

2019 betrug der Gesamtsäureeintrag je Hektar im Freiland $0,7 \text{ kmol}_c$ und $1,5 \text{ kmol}_c$ unter Buche und ist damit im Vergleich zu 2018 unter Buche um $0,4 \text{ kmol}_c$ je Hektar angestiegen. Ein Teil des Säureeintrags wird durch mit dem Niederschlag ebenfalls eingetragene Basen gepuffert.

Ein weiterer Teil der Säureeinträge wird im Waldboden durch Basen gepuffert, die im Rahmen der Verwitterung freigesetzt werden. Die nachhaltige Säurepufferung aus Verwitterung reicht auf den oft nährstoffarmen Waldstandorten jedoch auch unter Berücksichtigung der Baseneinträge nicht aus, um die Säureeinträge vollständig zu kompensieren. Eine standortsangepasste Kalkung zum Schutz der Waldböden und der Erhaltung ihrer Filterfunktion für das Grundwasser kann empfohlen werden.

anthropogen = durch menschliche Aktivitäten verursacht

Deposition = Ablagerung von Stoffen

Eutrophierung = Nährstoffanreicherung

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.