

# Stoffeinträge

Birte Scheler

<https://doi.org/10.5281/zenodo.5717807>

Mit dem Niederschlag gelangen verschiedene Nähr- und Schadstoffe in gelöster Form in den Wald. Zusätzlich werden diese Stoffe als trockene Deposition (gas- und partikelförmig) eingetragen. Im Vergleich verschiedener Landnutzungsformen ist der atmosphärische Stoffeintrag aufgrund des ausgeprägten Filtereffekts der großen Kronenoberflächen für Gase und partikuläre Stoffe in Wäldern besonders hoch. 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 116-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 Gesamtdpositionsrationen 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

2020 war in Bornhöved hinsichtlich der Niederschlagshöhe ein mehr oder weniger durchschnittliches Jahr. Im Freiland fielen 696 mm, der Bestandesniederschlag (Kronentraufe und Stammablauf) betrug 585 mm. Damit fielen im Freiland 51 mm (bzw. 7 %) und im Bestand 16 mm (bzw. 3 %) weniger Niederschlag als im Mittel der Jahre 2010-2019. Im Vergleich zum langjährigen Mittel seit Untersuchungsbeginn im Jahr 1989 fiel das Niederschlagsdefizit mit 8 % (Freilandniederschlag) bzw. 5 % (Bestandesniederschlag) etwas höher aus.



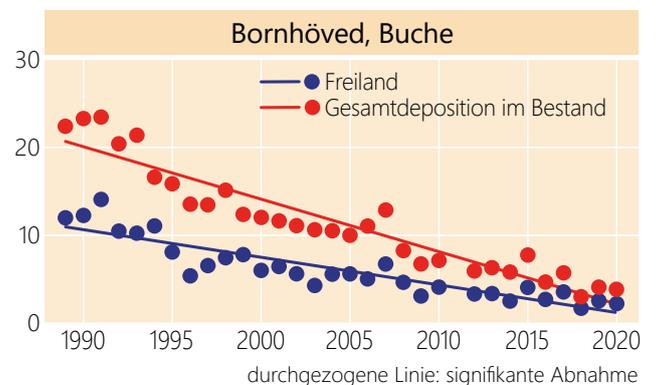
Foto: J. Evers

## Schwefeleintrag

Durch die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung wie Rauchgasentschwefelung und die Einführung schwefelarmer Kraft- und Brennstoffe seit Mitte der 1980er Jahre wurden die Schwefeldioxidemissionen und in der Folge der Sulfatschwefeleintrag in Wälder wirksam reduziert. Obwohl er bereits auf einem relativ geringen Niveau lag, hat er 2020 im Vergleich zum Mittel Jahre 2010-2019 nochmals deutlich abgenommen.

Er betrug 2020 je Hektar 2,2 kg im Freiland und 3,8 kg im Buchenbestand. Von der Sulfatschwefelgesamtdposition unter Buche waren aufgrund der Nähe zum Meer 1,2 kg je Hektar bzw. 31 % seesalzbürtig.

Sulfatschwefeleintrag (SO<sub>4</sub>-S inkl. seesalzbürtigem Anteil) im Freiland und im Bestand in kg je Hektar und Jahr



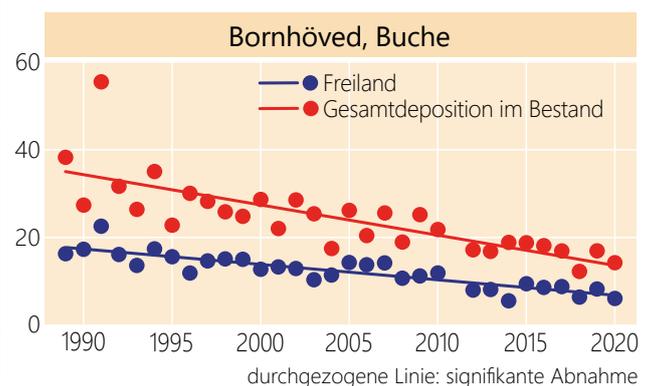
## Stickstoffeintrag

Stickstoff wird in oxidiert Form als Nitrat (Quellen: Kfz-Verkehr, Verbrennungsprozesse) und in reduzierter Form als Ammonium (landwirtschaftliche Quellen) in die Ökosysteme eingetragen.

In Bornhöved betrug der Ammoniumanteil am anorganischen Stickstoffeintrag im 10-jährigen Mittel (2011-2020) im Freiland 62 % und an der Gesamtdposition 55 %.

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 fortgesetzt. 2020 betrug der Nitratstickstoffeintrag in Bornhöved je Hektar

Stickstoffeintrag (NH<sub>4</sub>-N + NO<sub>3</sub>-N) im Freiland und im Bestand in kg je Hektar und Jahr



# Stoffeinträge

tar 2,3 kg im Freiland und 6,4 kg als Gesamtdeposition unter Buche. Unter Buche ist dies nach dem extrem niederschlagsarmen Jahr 2018 der zweitniedrigste, im Freiland der niedrigste Wert der 32-jährigen Zeitreihe.

Der Ammoniumstickstoffeintrag hat in Bornhöved seit 1989 ebenfalls signifikant abgenommen. Im Gegensatz zum Nitratreintrag ist beim Ammoniumeintrag in den letzten 10 Jahren jedoch kein weiterer deutlicher Rückgang zu beobachten. 2020 betrug er im Freiland 3,8 und unter Buche 7,8 kg je Hektar. Unter Buche ist dies – wie beim Nitrastickstoff – der zweitniedrigste, im Freiland der drittniedrigste Wert seit 1989.

Trotz des langfristig beobachteten Rückgangs überschreitet der anthropogen bedingte anorganische Stickstoffeintrag aus der Atmosphäre im Mittel der letzten 5 Jahre (2016-2020) mit 15,7 kg je Hektar unter Buche nach wie vor den Bedarf der Wälder für das Baumwachstum. Dieser überschüssige Stickstoff reichert sich zunächst im Ökosystem an. Wird die Speicherkapazität überschritten oder kommt es zu abrupten Störungen im Ökosystem durch Kalamitäten wie Windwurf oder Schädlingsbefall, wird der Stickstoff rasch mineralisiert. Dieser Prozess hat durch den damit verbundenen Verlust basischer Nährstoffkationen aus den ohnehin meist nährstoffarmen Waldböden gravierende negative Konsequenzen für das Ökosystem Wald. Angrenzende Ökosysteme wie Oberflächen- und Grundwasser werden ggf. durch hohe Nitratausträge gefährdet.



Foto: M. Spielmann

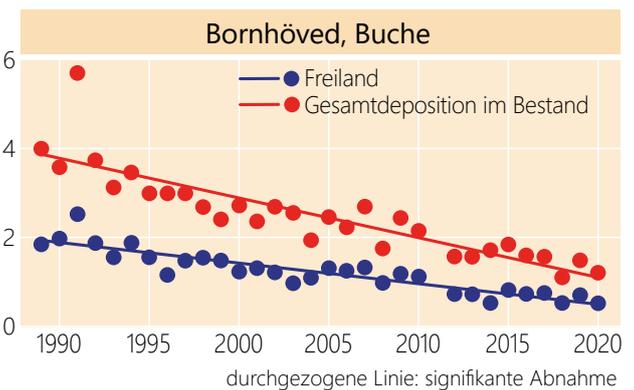
# Gesamtsäure

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

2020 betrug der Gesamtsäureeintrag je Hektar im Freiland 0,5 kmol<sub>c</sub>. Unter Buche betrug er 1,2 kmol<sub>c</sub> und war damit 0,4 kmol<sub>c</sub> je Hektar geringer als im Mittel der Jahre 2010-2019. 12 % des Säureeintrags konnten durch mit dem Niederschlag ebenfalls eingetragene Basen neutralisiert werden.

Ein weiterer Teil der Säureinträge 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 Säureinträge vollständig zu kompensieren. Eine standortsangepasste Kalkung zum Schutz der Waldböden und der Erhaltung ihrer Filterfunktion für das Grundwasser kann empfohlen werden.

Gesamtsäureeintrag im Freiland und im Bestand in kmol<sub>c</sub> je Hektar und Jahr



*anthropogen = durch menschliche Aktivitäten verursacht*  
*Deposition = Ablagerung von Stoffen*  
*Eutrophierung = Nährstoffanreicherung*  
*kmol<sub>c</sub> (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<sub>c</sub> je Hektar.*

## Literatur:

Gauger T, Anshelm F, Schuster H, Draaijers GPJ, Bleeker A, Erismann JW, Vermeulen AT, Nagel HD (2002): Kartierung ökosystembezogener Langzeittrends atmosphärischer Stoffeinträge und Luftschadstoffkonzentrationen in Deutschland und deren Vergleich mit Critical Loads und Critical Levels. Forschungsvorhaben im Auftrag des BMU/UBA, FE-Nr. 299 42 210, Institut für Navigation, Univ. Stuttgart. 207 S

Ulrich B (1991): Beiträge zur Methodik der Waldökosystemforschung. Berichte des Forschungszentrums für Waldökosysteme/Waldsterben. Reihe B, Band 24, 204-210