

# Stoffeinträge

Aufgrund des Filtereffektes der Kronen für gas- und partikel-förmige Luftverunreinigungen sind Wälder stärker als alle anderen Landnutzungsformen durch anthropogen verursachte Stoffeinträge von Sulfatschwefel und Stickstoffverbindungen belastet. Bereits 1968 wurde im Solling auf einer Buchen- und einer Fichtenfläche mit der systematischen Erfassung der Stoffeinträge begonnen, um die Wirkungen erhöhter Stoffeinträge und damit verbundener Risiken für Wälder, Waldböden und angrenzende Ökosysteme zu untersuchen. Derzeit wird die Deposition in drei Buchen- und vier Fichtenbeständen sowie je einer Kiefern- und Eichenfläche erfasst.

Die Höhe der Stoffeinträge wird maßgeblich durch verschiedene Faktoren wie Niederschlagsmenge und -verteilung, Windgeschwindigkeit, Baumart, Bestandeshöhe, Kronenrauigkeit bzw. lokale Emittenten bestimmt. Aus diesem Grund sind die Stoffeinträge im niederschlagsreichen Bergland (Harz und Solling) höher als im niederschlagsärmeren niedersächsischen Tiefland sowie unter Fichte höher als unter Buche, Eiche und Kiefer. Auf allen Intensivmessflächen waren die Mengen des Freiland- und des Bestandesniederschlags 2014 geringer als im Mittel der Jahre 1994-2014. Die negativen Abweichungen lagen im Freiland zwischen 48 mm (bzw. 6 %) in Augustendorf und 191 mm (bzw. 23 %) in Ehrhorn, im Bestandesniederschlag betrug diese zwischen 69 mm (bzw. 12 %) in Augustendorf (Kiefer) und 136 mm im Göttinger Wald (Buche).

Durch die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung ist der Schwefeleintrag stark zurückgegangen. Allein im Zeitraum 1994-2014 betrug die mittlere jährliche Abnahme des Sulfatschwefeleintrags je Hektar und Jahr noch zwischen 0,4 kg (Lüss Buche, Ehrhorn Eiche) und 1 kg (Solling Fichte), bezogen auf den gesamten Untersuchungszeitraum seit 1969 sogar bis zu 2,3 kg (Solling Fichte). 2014 lag die Schwefeldeposition pro Hektar zwischen 4,0 kg (Lüss Buche) und 10,5 kg (Solling Fichte) und im Freiland zwischen 2,3 kg (Ehrhorn) und 4,2 kg (Lange Bramke, Harz).

Hauptquellen für Stickstoff sind der Kfz-Verkehr (oxidierte Stickstoffverbindungen, Nitrat) sowie die Landwirtschaft (reduzierte Stickstoffverbindungen, Ammonium). Trotz verschie-

dener Bemühungen zur Reduktion der Stickstoffemissionen wird den Wäldern durch anthropogen bedingte atmosphärische Einträge nach wie vor mehr Stickstoff zugeführt, als sie für ihr Wachstum nachhaltig benötigen. Es kommt zu einer Stickstoffanreicherung im Boden mit zunächst schleichenden, langfristig jedoch gravierenden Konsequenzen für den Wald sowie angrenzende Ökosystemen wie Fließ- und Grundgewässer.

Die Emissionen oxidierter Stickstoffverbindungen sind in Deutschland in den letzten zwei Jahrzehnten um die Hälfte zurückgegangen (Bultjes et al. 2011). In der Folge hat der Nitratstickstoffeintrag sowohl im Freiland als auch in der Gesamtdosition aller vier Baumarten auf allen langjährig untersuchten Flächen signifikant abgenommen. Er betrug 2014 pro Hektar im Freiland zwischen 2,6 kg (Ehrhorn) und 4,2 kg (LangeBramke) und unter Buche (Gesamtdosition mit Stammablauf) pro Hektar zwischen 4,7 kg (Lüss) und 8,5 kg (Solling). Unter Fichte betrug er pro Hektar 13,2 kg im Solling und zwischen 6,1 kg und 8,3 kg in Harz.

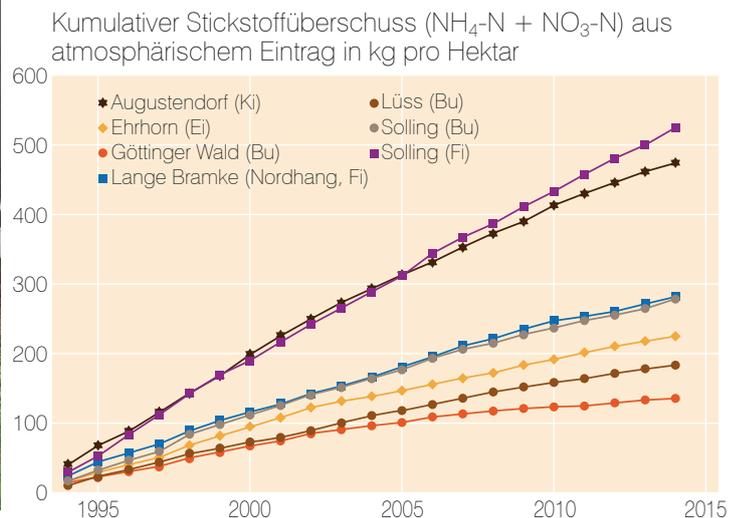
Obwohl die Emissionen in den 2000er Jahren nahezu unverändert hoch blieben (Bultjes et al. 2011), hat der Ammoniumstickstoffeintrag sowohl im Freiland als auch mit der Gesamtdosition auf den niedersächsischen Intensivmessflächen signifikant abgenommen. Im Freiland lag er 2014 pro Hektar zwischen 3,9 kg (Göttinger Wald) und 6,2 kg (Augustendorf) und unter Buche zwischen 6,6 kg (Göttinger Wald) und 13,8 kg (Solling) Unter Fichte betrug er pro Hektar 17,1 kg im Solling und zwischen 9,0 kg und 9,9 kg in Harz. Auffallend hoch sind die Ammoniumeinträge unter Kiefer mit 10,4 kg je Hektar in Augustendorf (Landkreis Cloppenburg), einem Gebiet, das durch Intensivtierhaltung gekennzeichnet ist.

Für sieben Flächen wurde beispielhaft der Stickstoffüberschuss aus atmosphärischem anorganischen Stickstoffeintrag abzüglich des durchschnittlichen jährlichen Entzuges von Stickstoff durch die Holzernte (Nettoaufnahmerate) berechnet. Der Stickstoffentzug wurde nach de Vries (1991) als Funktion von Wachstumsrate und Stickstoffgehalt in den verschiedenen Biomassekompartimenten quantifiziert. Sofern flächenspezifische Stickstoffgehalte nicht vorlagen, wurden Angaben aus der Literatur verwendet (Jacobsen et al. 2003). Für den Zeitraum 1994-2014 summiert sich dieser Stickstoffüberschuss je Hektar unter Fichte auf 525 kg (Solling) bzw. 281 kg (Lange Bramke Nordhang), auf 474 kg unter der Kiefer in Augustendorf, auf 224 kg unter Eiche (Ehrhorn) sowie unter Buche auf Werte zwischen 135 kg (Göttinger Wald) und



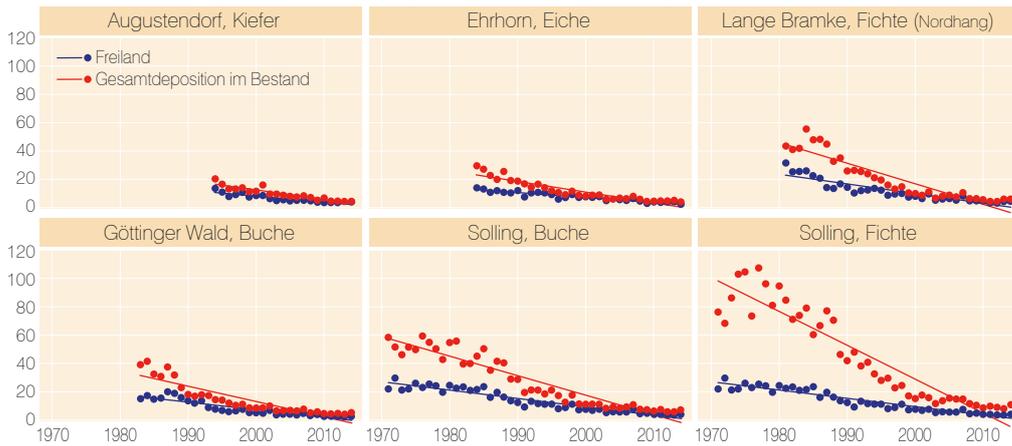
Intensiv-Monitoringfläche Solling, Buche

Foto: S. Fleck

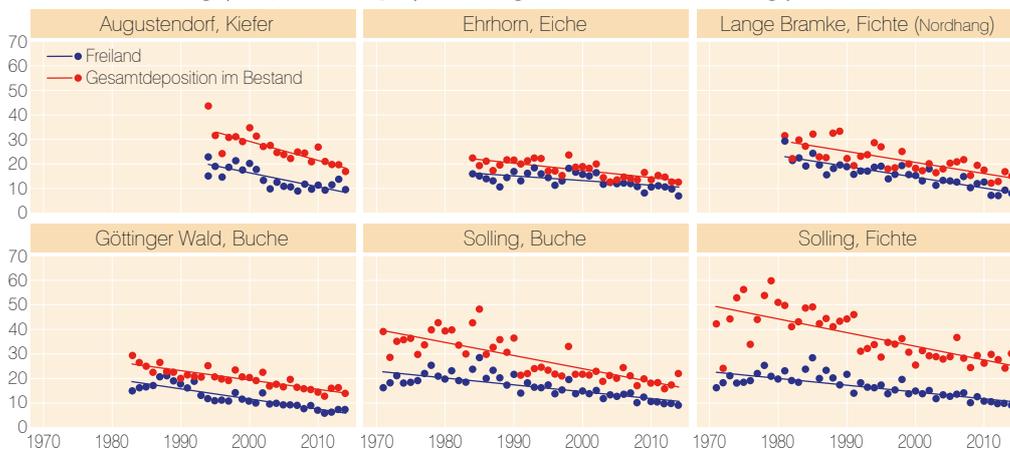


# Stoffeinträge

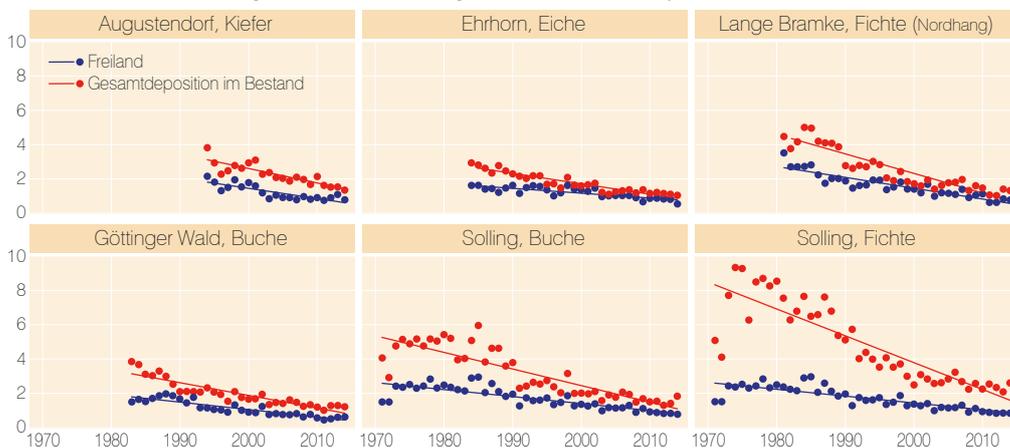
Schwefel-Eintrag ( $\text{SO}_4\text{-S}$ ) auf ausgewählten Flächen in kg je Hektar und Jahr



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



Gesamtsäure-Eintrag in  $\text{kmol}_c$  auf ausgewählten Flächen je Hektar und Jahr



278 kg (Solling). Folgen dieser Überschüsse können hohe bis sehr hohe Nitratkonzentrationen im Sickerwasser in Augustendorf (Kiefer) sowie eine starke Akkumulation von Stickstoff in der Humusaufgabe im Solling (Buche und Fichte) (Meiwes et al. 2002) sein.

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 seesalzbürtige Anteile; Gauger et al. 2002).

2014 betrug der aktuelle Gesamtsäureeintrag pro Hektar im Freiland zwischen 0,5  $\text{kmol}_c$  (Ehrhorn) und 0,8  $\text{kmol}_c$  (Solling), unter Buche zwischen 1,0  $\text{kmol}_c$  (Lüss) und 1,8  $\text{kmol}_c$  (Solling) sowie bis zu 2,6  $\text{kmol}_c$  unter Fichte (Solling). Mit

1,4  $\text{kmol}_c$  war der Gesamtsäureeintrag in Augustendorf unter Kiefer genauso hoch wie auf zwei der drei Fichtenflächen im Harz. Grund hierfür sind die hohen Ammoniumeinträge auf dieser Fläche

Sofern Bestände auf nährstoffarmen, pufferschwachen Waldböden stocken, ist eine standortsangepasste Bodenschutzkalkung zum Schutz der Waldböden und ihrer Filterfunktion nach wie vor angezeigt.

*$\text{kmol}_c$  (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  $\text{kmol}_c$  pro Hektar.*



Foto: J. Evers