

# 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 Wälder 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 Sachsen-Anhalt wurde der Stoffeintrag in Kiefernbeständen des nordostdeutschen Tieflandes erstmals 1985-1989 durch die Forschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Eberswalde erfasst (Simon u. Westendorff 1991). Im Rahmen des Intensiven Forstlichen Umweltmonitorings werden seit 1998 bzw. 2013 die Stoffeinträge in drei Kiefernbeständen in Nedlitz (Fläming), Klötze (Altmark) und Colbitz (Letzlinger Heide) sowie in einen Douglasienbestand (Klötze) erfasst, um die Wirkung erhöhter Stoffeinträge sowie damit verbundene Risiken für Wälder, Waldböden und

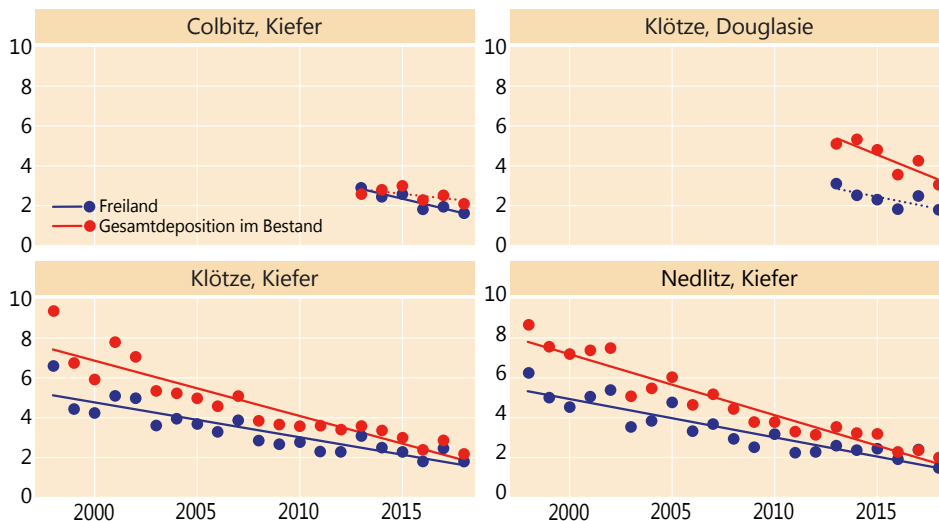
angrenzende Ökosysteme abschätzen zu können. Jeder Bestandesmessfläche (Kronentraufe) ist eine Freifläche (Freilandniederschlag) zugeordnet. Mit Hilfe eines Kronenraumbilanzmodells (Ulrich 1991) werden aus den gemessenen Stoffflüssen Gesamtdositionsraten berechnet.

Die Höhe der Stoffeinträge wird maßgeblich durch verschiedene Faktoren wie Niederschlagsmenge und -verteilung, Windgeschwindigkeit, Baumart, Bestandeshöhe, Kronenrauigkeit oder lokale Emittenten bestimmt. Der Baumarteneffekt zeigt sich sehr gut in Klötze, wo eine Douglasien- und eine Kiefernfläche in unmittelbarer Nachbarschaft und somit unter gleichen klimatischen Verhältnissen beobachtet werden. Aufgrund der dichteren Benadelung sind die Stoffeinträge unter Douglasie höher als unter Kiefer.

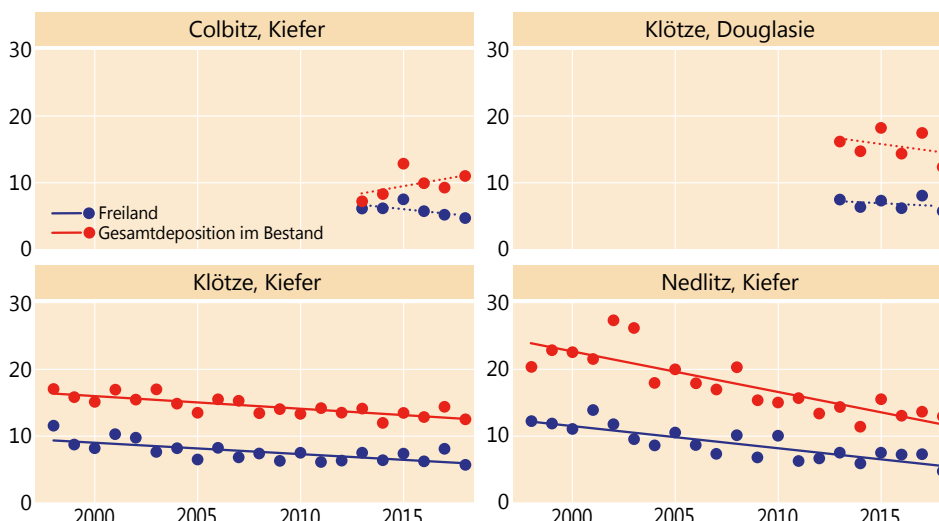
## Niederschlag

In Sachsen-Anhalt war 2018 ein sehr niederschlagsarmes Jahr. In Nedlitz (Fläming) wurden im Freiland (370 mm) und unter Kiefer (266 mm) die geringsten Niederschlagsmengen der 21-jährigen Messperiode registriert. In Klötze fiel mit 436 mm im Freiland bzw. 314 mm unter Kiefer knapp 20 % mehr Niederschlag als im Fläming, aber 186 mm (Freiland) bzw. 157 mm (unter Kiefer) weniger als im Mittel der Jahre 1998-2017. Der Bestandesniederschlag unter Douglasie betrug 266 mm. In Colbitz fielen im Freiland 361 mm und unter Kiefer 300 mm. Den Wäldern stand folglich nur extrem wenig Wasser zur Verfügung.

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



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



durchgezogene Linie: signifikante Abnahme, gepunktete Linie: kein signifikanter Trend

## Schwefeleintrag

Durch die Substitution der Kohle als Hauptenergieträger, die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung wie Rauchgasentschwefelung und die Einführung schwefelarmer Kraft- und Brennstoffe konnten die Schwefeldioxidemissionen wirksam reduziert werden. Aufgrund der sehr geringen Niederschlagsmengen im Jahr 2018 wurde auf allen Flächen der niedrigste Schwefeleintrag seit Messbeginn beobachtet. Er betrug mit dem Bestandesniederschlag unter Kiefer zwischen 2,0 (Nedlitz) und 2,2 (Klötze) kg je Hektar und unter Douglasie 3,0 kg je Hektar und war damit rund 95 % geringer als im Mittel der Jahre 1985-1989. Im Freiland lag er zwischen 1,5 (Nedlitz) und 1,8 (Klötze) kg je Hektar.

## Stickstoffeintrag

Stickstoff wird einerseits in oxidierten Form als Nitrat (Quellen: Kfz-Verkehr, Verbrennungsprozesse), andererseits in reduzierter Form als Ammonium (landwirtschaftliche Quellen) in die Ökosysteme eingetragen. In Sachsen-Anhalt

# Stoffeinträge



Intensiv-Monitoringfläche Colbitz

Foto: O. Schwerdtfeger

betrug der Ammoniumanteil am anorganischen Stickstoffeintrag im 10-jährigen Mittel (2009-2018) im Freiland 55 % (Klötze) bzw. 58 % (Nedlitz) und an der Gesamtdeposition 58 %.

Der Nitratstickstoffeintrag hat auf den langjährig untersuchten Flächen Klötze und Nedlitz sowohl im Freiland als auch der Gesamtdeposition seit Untersuchungsbeginn im Jahr 1998 signifikant abgenommen. 2018 betrug der Nitratstickstoffeintrag unter Kiefer 4,6 (Colbitz), 4,9 (Klötze) bzw. 5,4 (Nedlitz) und unter Douglasie 5,2 (Klötze) kg je Hektar. Im Freiland betrug der Eintrag in Colbitz und in Nedlitz 2,1 sowie in Klötze 2,4 kg je Hektar.

Der Ammoniumstickstoffeintrag hat auf den beiden Kiefernflächen Nedlitz und Klötze seit 1998 ebenfalls signifikant abgenommen. 2018 betrug er im Freiland 2,6 kg je Hektar in Colbitz und Nedlitz bzw. 3,3 kg je Hektar in Klötze. Unter Kiefer betrug er in Colbitz 6,4, in Nedlitz 7,5 und in

Klötze 7,6 kg je Hektar. Unter Douglasie (Klötze) betrug der Ammoniumstickstoffeintrag 7,2 kg je Hektar. Bemerkenswert ist, dass 2018 der anorganische Stickstoffeintrag unter Kiefer (Klötze und Nedlitz) erstmals höher war als unter Douglasie (Klötze). Die Erklärung hierfür sind ungewöhnlich hohe Ammonium- und Nitratkonzentrationen unter Kiefer während der Vegetationszeit. Warum diese unter Kiefer höher waren als unter Douglasie und ob dies eventuell mit dem schlechten Wachstum der Kiefer im Jahr 2018 zusammenhängt, kann derzeit noch nicht beantwortet werden.

Auf den meisten Flächen überschreitet der anthropogen bedingte atmosphärische anorganische Stickstoffeintrag im Mittel der letzten 5 Jahre (2014-2018) mit Werten bis zu 13,3 kg je Hektar unter Kiefer (Nedlitz) und 15,5 kg je Hektar unter Douglasie (Klötze) 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.

## Gesamtsäureeintrag

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

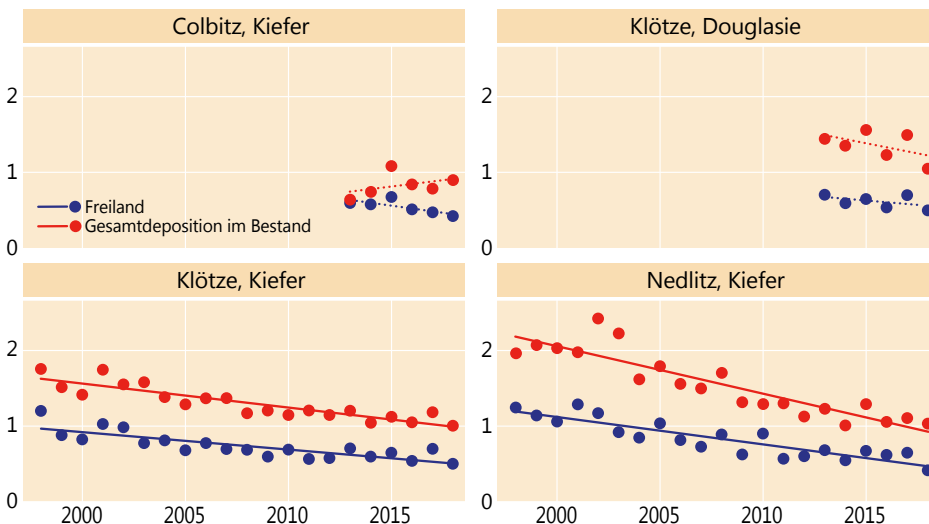
2018 betrug der Gesamtsäureeintrag im Freiland zwischen 0,4 (Colbitz; Nedlitz) und 0,5 (Klötze), unter Kiefer zwischen 0,9 und 1,0 und unter Douglasie 1,1 kmol<sub>c</sub> je Hektar.

Ein Teil des Säureeintrags wird durch die ebenfalls mit dem Niederschlag eingetragenen Basen gepuffert. Berücksichtigt man diese Pufferleistung und zieht die nicht seesalzbürtigen Anteile der Basen Calcium, Magnesium und Kalium vom Gesamtsäureeintrag ab, erhält man den ökosystemar bedeutsamen Netto-Gesamtsäureeintrag (Gauger et al. 2002).

Ein weiterer Teil der Säureeinträge wird im Waldboden gepuffert, da bei der Verwitterung Basen 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.

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



durchgezogene Linie: signifikante Abnahme, gepunktete Linie: kein signifikanter Trend

*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.*