

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 in Wälder im Vergleich der Landnutzungsformen 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 Kiefernbestände des nordost-deutschen Tieflandes erstmals 1985 bis 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 verbundener 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 Gesamtdepositionsraten 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 gleicher Immissionsbelastung und gleichen klimatischen Verhältnissen beobachtet werden. Aufgrund der dichteren Benadelung sind die Stoffeinträge unter Douglasie höher als unter Kiefer.

Niederschlag

2019 war in Sachsen-Anhalt ein weiteres sehr niederschlagsarmes Jahr. Zwar fielen auf allen drei Freiflächen zwischen 65 mm (Klötze) und 171 mm (Nedlitz) mehr Niederschlag als 2018, im Vergleich zum 10-jährigen Mittel der Jahre 2009-2018 wurde jedoch zwischen 104 mm (Nedlitz) und 128 mm (Klötze) weniger Niederschlag registriert. Der Bestandesniederschlag betrug zwischen 330 mm (Klötze Douglasie) und 403 mm (Nedlitz Kiefer). Den Bäumen standen damit nur zwischen 75 % (Klötze Kiefer) und 85 % (Nedlitz Kiefer) der mittleren Niederschlagsmenge der vergangenen 10 Jahre zur Verfügung. Dadurch war der Wasserhaushalt der Bestände im zweiten Jahr in Folge sehr angespannt.

Schwefeleintrag

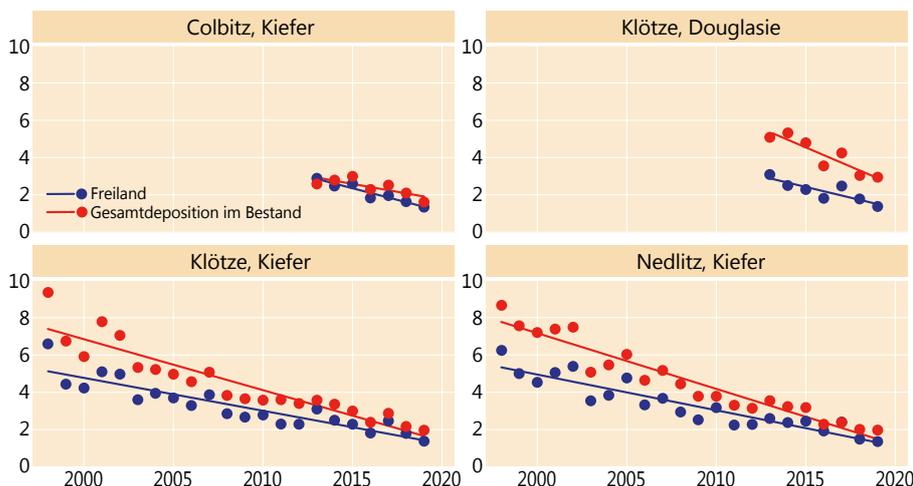
Durch die Substitution der Braunkohle als Hauptenergieträger, die konsequente Umsetzung von Maßnahmen zur Luftreinhaltung wie Rauchgasentschwefelung und die Einführung schwefelarmer Kraft- und Brennstoffe konnten die Schwefeldioxidemissionen wirksam reduziert werden. Trotz etwas höherer Niederschlagsmengen als im Jahr 2018 ging der Schwefeleintrag zurück. Er betrug mit dem Bestandesniederschlag unter Kiefer zwischen 1,6 (Colbitz) und 2,0 (Klötze) sowie unter Douglasie 2,9 kg je Hektar. Im Freiland lag er zwischen 1,3 (Colbitz) und 1,4 kg je Hektar (Klötze, Nedlitz). Die signifikante Abnahme der Schwefeleinträge setzte sich trotz des bereits erreichten niedrigen Niveaus in den letzten 10 Jahren auf allen Flächen fort.



Intensiv-Monitoringfläche Klötze

Foto: O. Schwerdtfeger

Sulfatschwefeleintrag (SO₄-S) im Freiland und im Bestand in kg je Hektar und Jahr





Extraktion von Bodenproben zur Bestimmung der Inhaltsstoffe

Foto: N. König

Stickstoffeintrag

Stickstoff wird einerseits in oxidiert Form als Nitrat (Quellen: Kfz-Verkehr, Verbrennungsprozesse), andererseits in reduzierter Form als Ammonium (landwirtschaftliche Quellen) in die Ökosysteme eingetragen. In Sachsen-Anhalt betrug der Ammoniumanteil am anorganischen Stickstoffeintrag im 10-jährigen Mittel (2010-2019) im Freiland 55 % (Klötze) bzw. 58 % (Nedlitz) und an der Gesamtdeposition 58 %.

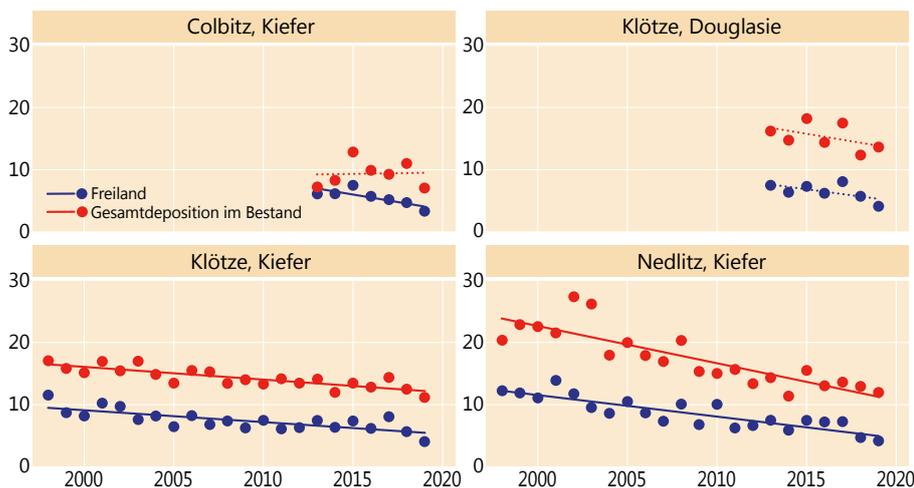
Der Nitratstickstoffeintrag hat auf den langjährig untersuchten Flächen Klötze und Nedlitz sowohl im Freiland als auch der Gesamtdeposition seit Untersuchungsbeginn im Jahr 1998 signifikant abgenommen. Diese Abnahme hat sich in Klötze (Gesamtdeposition) und in Nedlitz (Freiland und Gesamtdeposition) bei der Betrachtung der letzten 10 Jahre erfreulicherweise fortgesetzt. 2019 betrug der Nitratstickstoffeintrag unter Kiefer 3,3 kg je Hektar in Colbitz, 4,4 in Klötze bzw. 4,7 in Nedlitz und war zwischen 0,5 und 1,3 kg je Hektar geringer als 2018. Unter Douglasie betrug er 6,0 kg je Hektar und lag

damit 0,8 kg je Hektar über dem Wert des Vorjahres. Im Freiland betrug der Eintrag in Colbitz 1,4, in Nedlitz 1,9 und in Klötze 2,0 kg je Hektar.

Der Ammoniumstickstoffeintrag hat im Freiland und den beiden Kiefernflächen Nedlitz und Klötze seit 1998 ebenfalls signifikant abgenommen. 2019 betrug er im Freiland 2,0 kg je Hektar in Colbitz, 2,1 in Klötze und 2,3 in Nedlitz. Unter Kiefer betrug er in Colbitz 3,8, in Nedlitz 7,3 und in Klötze 6,8 kg je Hektar. Unter Douglasie (Klötze) betrug der Ammoniumstickstoffeintrag 7,7 kg je Hektar. Bemerkenswert ist, dass sowohl der Nitrat- als auch der Ammoniumeintrag 2019 im Freiland und unter Kiefer geringer war als 2018, unter Douglasie (Klötze) hingegen war der Eintrag beider Stickstoffverbindungen höher als 2018.

Auf den untersuchten Flächen überschreitet der anthropogen bedingte atmosphärische anorganische Stickstoffeintrag im Mittel der letzten 5 Jahre (2015-2019) mit Werten bis zu 13,4 unter Kiefer (Nedlitz) und 15,2 kg je Hektar und Jahr unter Douglasie (Klötze) nach wie vor den geringen 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 (NH₄-N + NO₃-N) im Freiland und im Bestand in kg je Hektar und Jahr



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



Intensiv-Monitoringfläche Nedlitz

Foto: NW-FVA

Gesamtsäure

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

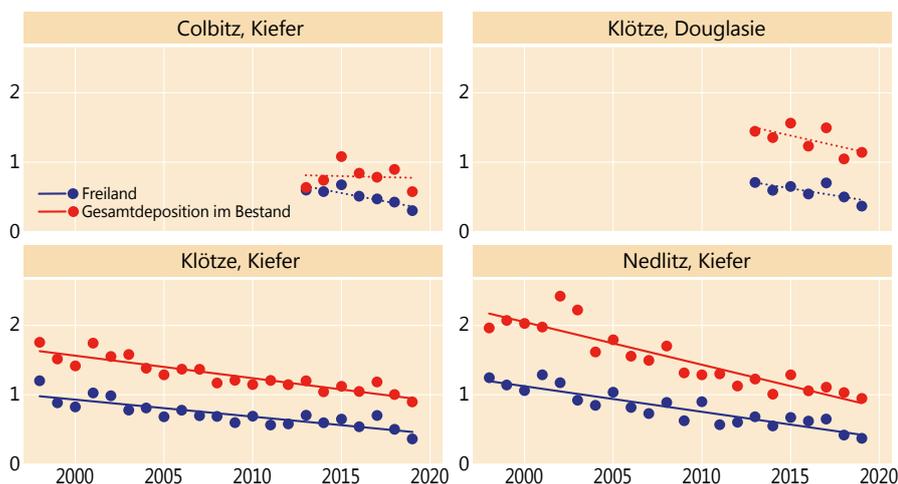
2019 betrug der Gesamtsäureeintrag im Freiland zwischen 0,3 (Colbitz) und 0,4 (Klötze, Nedlitz), unter Kiefer zwischen 0,6 (Colbitz) und 1,0 (Nedlitz) und unter Douglasie 1,1 kmol_c je Hektar.

Ein Teil des Säureeintrags wird durch ebenfalls mit dem Niederschlag eingetragene Basen neutralisiert. Der Eintrag basischer Stäube spielte in Sachsen-Anhalt bis zum Einbau moderner Filteranlage in Kraftwerken nach der

Wiedervereinigung eine Rolle, heute hingegen nur noch in Einzelfällen, z. B. in der Nähe von Steinbrüchen. Ein weiterer Teil der Säureeinträge wird im Waldboden gepuffert, da bei der Verwitterung Basen freigesetzt werden.

Die nachhaltige Säurepufferkapazität 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_c 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_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.