

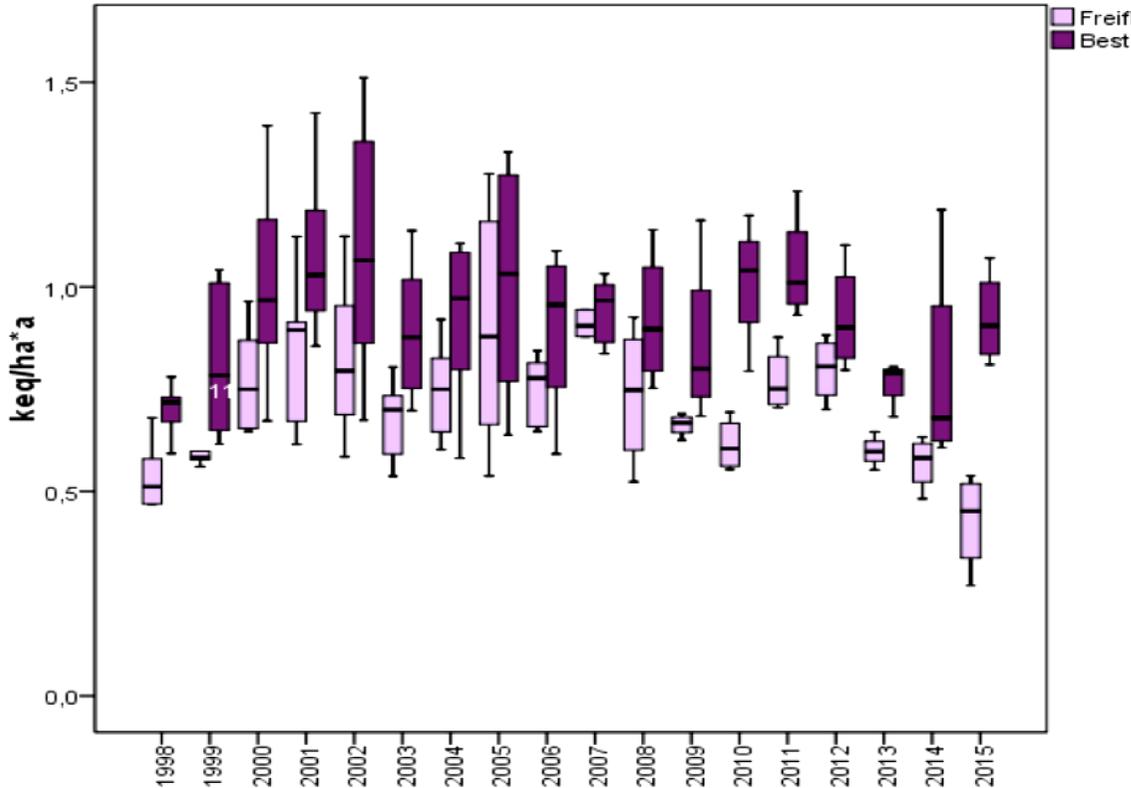


- 1 Einflussfaktoren
- 1.1 Witterung/Klimaänderung
- 1.2 Immission
- 1.3 Deposition
- 1.3a Säure- / Baseneintrag
- 1.3b Stickstoffeintrag
- 1.3c Schermetalleintrag

Stichtag: 31.12.2015  
 Stand: 2015  
 Periode: Jahr  
 Beginn: 1998

### Anlass und Ziel:

Zur Versauerung von Waldböden tragen vor allem Schwefel- und Stickstoffverbindungen bei. Langfristige Einträge führen zu einem Verlust von Nährstoffen (z.B. Kalium, Calcium, Magnesium) im Boden (Verlust von Bodenfruchtbarkeit), zu Ernährungsdefiziten in den Pflanzen und damit zur Minderung ihrer Vitalität.



Legende: Zusammenfassende Darstellung der Säureeinträge  $[(NH_4+NO_3+SO_4+Cl) - (K+Ca+Mg)]$  auf den 6 Level II-Flächen des Landes Brandenburg.

## Säurefracht

1.3a1

### Methodik:

Die wöchentlich entnommen und zu einer Monatsmischprobe zusammengefassten Niederschläge kommen tiefgefroren ins Labor. Nach dem Auftauen und der Filtration der Mischprobe wird ein Teil der Probe für die Analyse entnommen. Die Analyse beinhaltet die Bestimmung der säurebildenden Ionen Ammonium,  $(NH_4^+)$ , Nitrat  $(NO_3^-)$ , Sulfat  $(SO_4^{2-})$  und Chlorid  $(Cl^-)$  sowie die der basischen Kationen Kalium  $(K^+)$ , Calcium  $(Ca^{2+})$  und Magnesium  $(Mg^{2+})$ . (Analysemethode: Ionenchromatographie; ICP-AES). Der Gesamtsäureeintrag wird in  $keq/(ha*a)$  angegeben und errechnet sich aus der Summe der Depositionen von Ammonium, Nitrat, Sulfat und Chlorid minus der Summe der basischen Kationen Kalium, Calcium und Magnesium.

### Ergebnis:

Die Gesamtsäureeinträge liegen im Messzeitraum (1998 – 2013) auf den Freiflächen der 6 Level II- Flächen des Landes Brandenburg zwischen 0,44  $keq/ha$  und 1,87  $keq/ha$  (MW=0,93  $keq/ha$ ) und auf den Bestandesflächen zwischen 0,55  $keq/ha$  und 1,96  $keq/ha$  (MW=1,03  $keq/ha$ ). Die Variation der Jahreseinträge über den Messzeitraum ist in erster Linie auf die unterschiedlichen Niederschlagsmengen pro Jahr zurückzuführen.

### Wertung:

Der nach 1990 zu beobachtende deutliche Rückgang des Säureeintrages (besonders starke Reduzierung versauernder Schwefelverbindungen) hat sich Mitte/Ende der 1990-er Jahre abgeschwächt. Im Beobachtungszeitraum (1998 – 2013) lag der mittlere Jahreseintrag sowohl auf den Freiflächen als auch auf den Bestandesflächen der 6 Level II- Flächen bei ca. 1  $keq/ha$ . Ein Trend ist nicht erkennbar. Kurz- und mittelfristig ist großflächig nicht mit einer verstärkten Auswaching von basischen Kationen zu rechnen. In der Nähe von Großmittentten (z.B. Großtieranlagen) und auf ammen Sandstandorten können aufgrund von erhöhten Einträgen versauernder Stickstoffverbindungen, lokal begrenzt, sowohl im Boden als auch in Pflanzen Mangelerscheinungen bei basischen Kationen auftreten.

### Maßnahmen zur Zielerreichung:

Es ist keine großflächige Gefährdung erkennbar, somit sind Sofortmaßnahmen nicht erforderlich. Der Verlauf erfordert dennoch weitere Beobachtungen.

Quelle: Monitoring-Verfahren: Forstliche Umweltkontrolle Level II

Datenerhalter: LFE

Bearbeiter: P.Einert

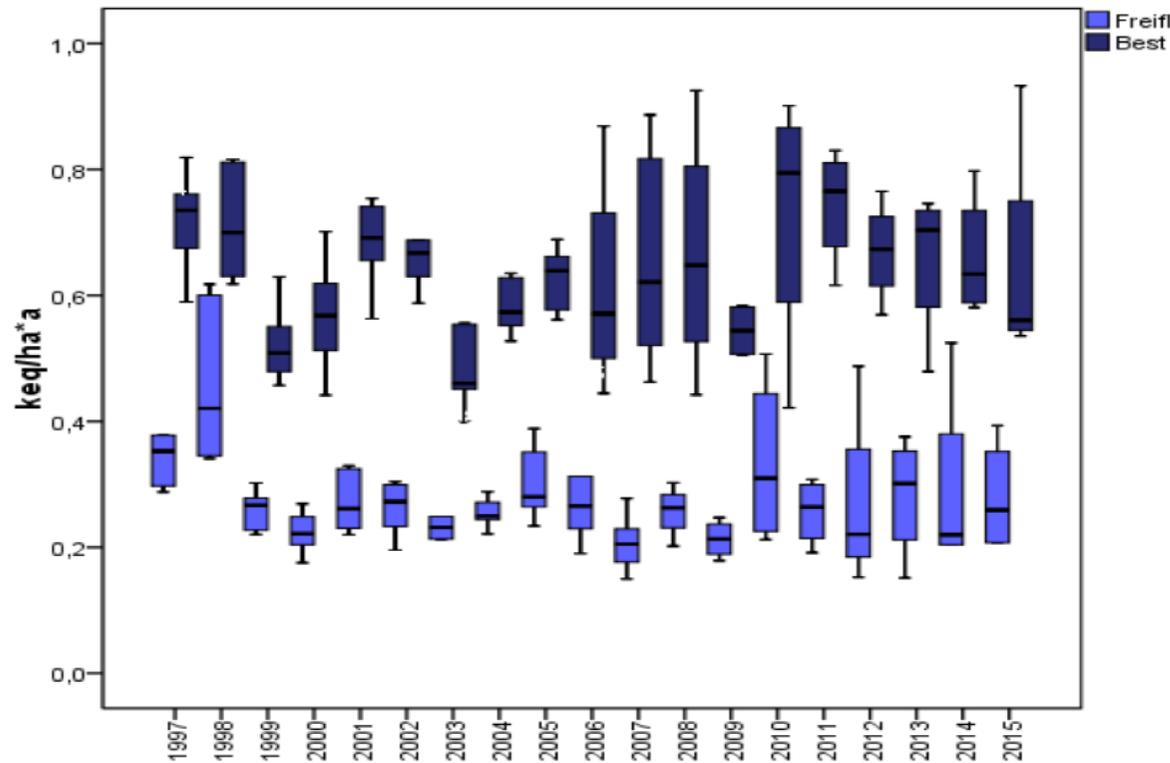
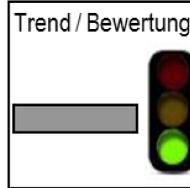
Referenzen, Datenabruf: [www.forstliche-umweltkontrolle-bb.de](http://www.forstliche-umweltkontrolle-bb.de)



- 1 Einflussfaktoren
- 1.1 Witterung/Klimaänderung
- 1.2 Immission
- 1.3 Deposition
- 1.3a Säure- / Baseneintrag**
- 1.3b Stickstoffeintrag
- 1.3c Schwermetalle

Stichtag: 31.12.2015  
 Stand: 2015  
 Periode: Jahr  
 Beginn: 1998

**Anlass und Ziel:** Einen wesentlichen Bestandteil der Basenfracht bilden die basischen Kationen Calcium, Kalium und Magnesium, welche wichtige Nährelemente für Pflanzen sind. Die Höhe der atmosphärischen Einträge ist oft von lokalen Emittenten abhängig (z.B. sea spray, Stäube von Kalk- und Zementwerke, Flugaschen). Die Kenntnis über Menge und Entwicklung der Einträge kann bei der Bewertung von Bodenzustand und Pflanzenschäden mitentscheidend sein.



**Legende:** Entwicklung der Basen-Einträge [Summe der Kationen Kalium (K), Calcium (Ca) und Magnesium (Mg)] auf 6 Level II-Flächen des Landes Brandenburg, dargestellt als Boxplots.

### Methodik:

Die wöchentlich entnommenen und zu einer Monatsmischprobe zusammengefassten Niederschläge kommen tief gefroren ins Labor. Nach dem Auftauen und der Filtration der Mischprobe wird ein Teil der Probe für die Analyse entnommen. Die Analyse beinhaltet die Bestimmung der Komponenten Kalium (K), Calcium (Ca) und Magnesium (Mg) (Analysemethode: ICP-AES). Aus den erhaltenen Konzentrationswerten (mg/l) werden die Monats- und Jahresfrachten (kg/ha) errechnet.

### Ergebnis:

Die nach 1990 starke Reduzierung der Basenfracht (Verringerung des Calciumeintrags um 90%) ist seit Mitte der 1990-er Jahre abgeflacht und die Einträge der basischen Kationen in den Waldgebieten des Landes Brandenburg bewegen sich auf einem gleichbleibenden, relativ niedrigen Niveau. Die geringen Schwankungen sind in erster Linie den unterschiedlichen Jahresniederschlagsmengen zuzuschreiben. Bei allen Jahresfrachten liegen, wie erwartet, die Bestandesdaten höher als die auf den Freiflächen. Ursachen sind die Auflösung von größeren Partikeln, die auf der Blattoberfläche abgelagert wurden und die Auswaschung von basischen Kationen (Ca, K und Mg) aus den Nadeln und Blättern (Leaching).

### Wertung:

Die ermittelten Basenfrachten weisen im Berichtszeitraum keine tendenzielle Entwicklung auf. Eine schädigende Wirkung auf Pflanzen ist direkt nicht zu erwarten. Indirekt kann es auf armen Standorten zu Mangelercheinungen kommen.

### Maßnahmen zur Zielerreichung:

Einträge liegen nicht in kritischen Bereichen; kontinuierliche Erfassung ist fortzuführen, keine Maßnahmen erforderlich.

Quelle: Forstliche Umweltkontrolle Level II

Datenerhalter: LFE

Bearbeiter: P. Einert

Referenzen, Datenabruf: [www.forstliche-umweltkontrolle-bb.de](http://www.forstliche-umweltkontrolle-bb.de)



- 1 Einflussfaktoren
- 1.1 Witterung/Klimaänderung
- 1.2 Immissionen
- 1.3 Deposition
- 1.3a Säure- / Baseneintrag
- 1.3b Stickstoffeintrag
- 1.3c Schwermetalleintrag

Stichtag: 31.12.2015  
 Stand: 2015  
 Periode: Jahr  
 Beginn: 1998

**Anlass und Ziel:** Waldökosysteme sind durch versauernde (Schwefel- und Stickstoffverbindungen) und eutrophierende (Stickstoffverbindungen) atmosphärische Einträge bei Überschreitung von mit der Critical Loads Funktion beschriebenen standortsspezifischen Belastungsgrenzen in ihrer Nachhaltigkeit gefährdet. Hinsichtlich Ökologie und Bodenschutz geben sie einen Anhalt zu den Zielen der Luftreinhaltung.



## Critical Loads (Säure / Stickstoff)

1.3a3

**Methodik:** Critical Loads (CL) sind kritische Belastungsgrenzwerte für atmogene Stoffeinträge (z.B. Schwefel, Stickstoff, Schwermetalle) bei deren Überschreitung es zu einer Schädigung der Ökosysteme (Wald) in Abhängigkeit von den Bodeneigenschaften, klimatischen Bedingungen und Bestandesstruktur langfristig kommen kann. Die kritische Belastungsgrenzen werden für den jeweiligen Standort durch die errechneten Critical Loads-Funktionen (CLF) vorgegeben. Geprüft werden die eingetragenen Frachten (kg/(ha\*a) und die daraus resultierenden Ladungsäquivalente (Keq/(ha\*a), die sich aus der Stoffkonzentration und der Niederschlagsmenge ergeben. Die wöchentlich entnommen und zu einer Monatsmischprobe zusammengefassten Niederschläge kommen tiefgefroren ins Labor. Nach dem Auftauen und der Filtration der Mischprobe wird ein Teil der Probe für die Analyse der Komponenten Sulfat, Nitrat, Ammonium entnommen.

**Ergebnis:** Für die 6 Level II-Flächen (Bestand) des Landes Brandenburg wurden von der Firma Öko-Data GmbH Belastungsgrenzwerte für

- die Versauerung in Schwefeleinheiten und für
- die eutrophierende Wirkung von Stickstoffverbindungen errechnet.

Die Critical Loads für die Versauerung (Sulfatschwefel) liegen zwischen 3,5 kg S/(ha\*a) = (0,22 keq S/(ha\*a) und 19,5 kg S/(ha\*a) = 1,22 keq S/(ha\*a) und für die Eutrophierung (Stickstoffverbindungen) zwischen 6,4 kg N/(ha\*a) = 0,46 keq N/(ha\*a) und 10,8 kg N/(ha\*a) = 0,72 keq N/(ka\*a).

An der beispielhaften Darstellung der CLF und den Stofffrachten für Stickstoff und Schwefel an der Level II-Fläche 1203 ist zu erkennen, dass es keine Überschreitung der Belastungsgrenze für Versauerung im gesamten Messzeitraum gibt. Im Gegensatz dazu wird der Critical Load für eutrophierenden Stickstoff in jedem Messjahr überschritten. Diese Konstellation trifft für alle 6 Level II-Flächen in Brandenburg zu.

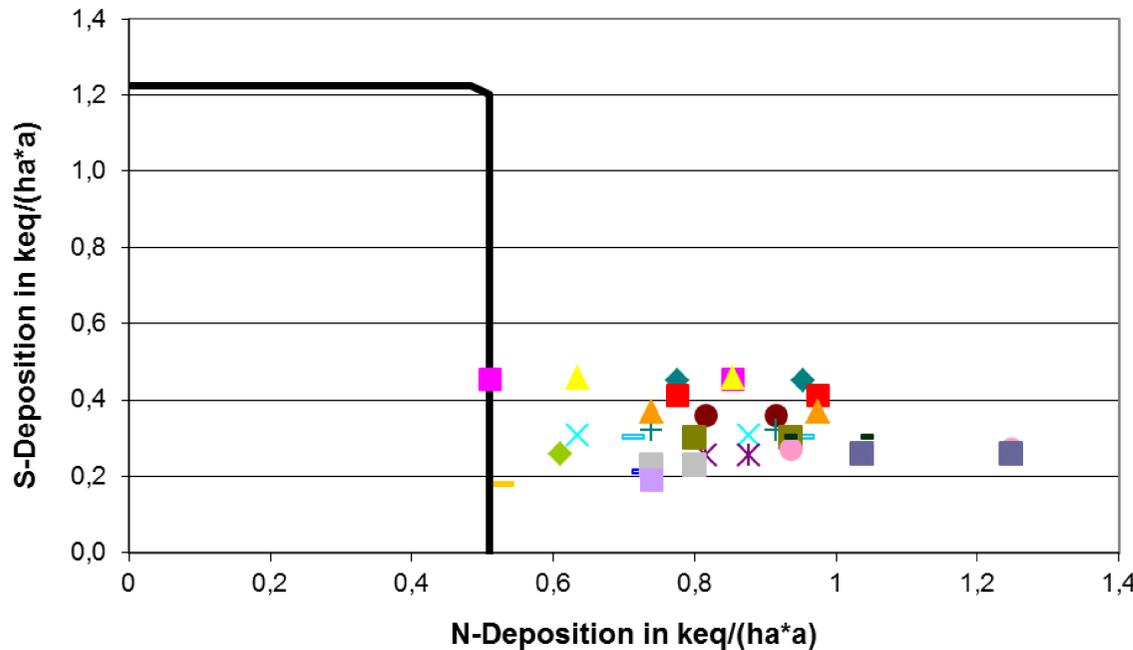
**Wertung:** Die Belastungsgrenzwerte für die Versauerung wurden während der Messzeit (1997 – 2013) an keiner der 6 Level II-Bestandesflächen überschritten und es liegt entsprechend kein Versauerungsrisiko vor. Die eutrophierende Wirkung durch Stickstoffverbindungen ist jedoch noch vorhanden und die Critical Loads werden zum Teil erheblich überschritten.

### Maßnahmen zur Zielerreichung:

Verringerung der Stickstoffemissionen, kontinuierliche Überwachung

### Level II-Fläche 1203 (Kienhorst)

—	■	▲	×	*	●	+
—	■	▲	×	*	●	+
—	■	▲	×	*	●	+
—	■	▲	×	*	●	+
—	■	▲	×	*	●	+
—	■	▲	×	*	●	+
—	■	▲	×	*	●	+
—	■	▲	×	*	●	+
—	■	▲	×	*	●	+
—	■	▲	×	*	●	+
—	■	▲	×	*	●	+
—	■	▲	×	*	●	+



**Legende:** Darstellung der Critical Loads Funktion (CLF) und deren Überschreitung in den Jahren 1997 bis 2013 an der Level II- Fläche 1203 (Kienhorst).

**Quelle: Monitoring-Verfahren:** Forstliche Umweltkontrolle Level II

**Datenerhalter:** LFE

**Bearbeiter:** P. Einert

**Referenzen, Datenabruf:** [www.forstliche-umweltkontrolle-bb.de](http://www.forstliche-umweltkontrolle-bb.de)

## Indikator 1.3a Säure-/Baseneintrag

### Zusammenfassende Charakteristik der Merkmale

Merkmale		Veränderung	Erläuterung
1	Säurefracht	ohne	relativ geringe Säurebelastung nach starker Reduktion der Schwefeleinträge Anfang der 90er Jahre
2	Basenfracht	ohne	nur geringe Baseneinträge ohne nachhaltig zu erwartende Störungen des Stoffhaushaltes
3	Critical Loads Überschreitung Säure	fallend	keine Überschreitung der Critical Loads für Säure an den Level-II Stationen in Brandenburg

### Säure-/Basenfracht großräumig unkritisch

Der nach 1990 zu beobachtende deutliche Rückgang des Säureeintrages (besonders starke Reduzierung versauernder Schwefelverbindung) hat sich Mitte/Ende der 1990-er Jahre abgeschwächt. Im Beobachtungszeitraum (1998 – 2013) lag der mittlere Jahreseintrag sowohl auf den Freiflächen als auch auf den Bestandesflächen der 6 Level- Flächen bei ca. 1 keq/ha (ein Trend ist nicht erkennbar). Kurz- und mittelfristig ist großflächig nicht mit einer verstärkten Auswachtung von basischen Kationen zu rechnen. In der Nähe von Großemittenten (z.B. Großtieranlagen) und auf armen Sandstandorten können aufgrund von erhöhten Einträgen versauernder Stickstoffverbindungen, lokal begrenzt, sowohl im Boden als auch in Pflanzen Mangelerscheinungen bei basischen Kationen auftreten.

Die Belastungsgrenzwerte für die Versauerung wurden während der Messzeit (1997 – 2013) an keiner der 6 Level II-Bestandesflächen überschritten. Damit liegt kein Versauerungsrisiko vor.