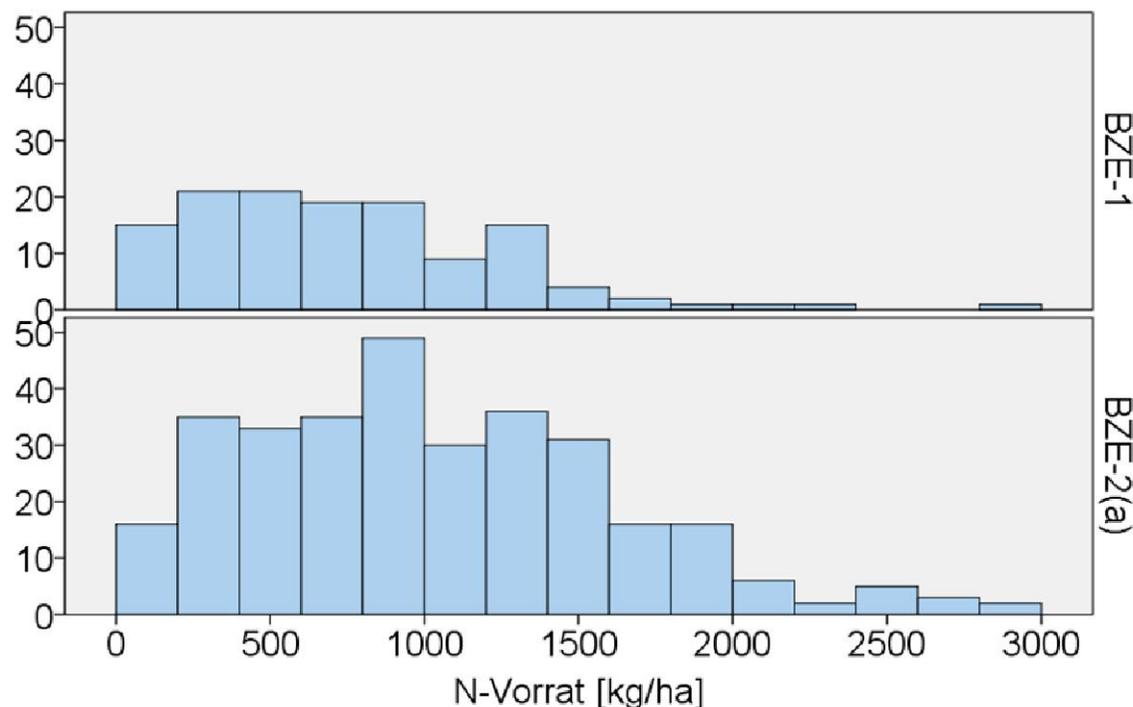




**Anlass und Ziel:** Gegenwärtig wird der Stickstoffstatus vieler Waldökosysteme wesentlich durch anthropogene Immissionen von Stickoxiden und Ammoniak beeinflusst. Die Erfassung von Leitindikatoren zur Stickstoffsättigung dient der Abschätzung von Risiken durch N-Eutrophierung (z.B. Verlust an Biodiversität, Ernährungsungleichgewichte und Wassermangel, Bodenversauerung sowie Nitratauswaschung ins Grundwasser).



**Legende:** Histogramme der im Auflagehumus gespeicherten Stickstoffvorräte im Vergleich von BZE-1 (1992/93) und BZE-2(a) (Probennahme : 2006 bzw. 2009). Auf der Ordinate der Diagramme ist die Anzahl der BZE-Punkte dargestellt.

#### Methodik:

Grundlage für die Betrachtung der Stickstoffvorräte im Waldboden sind die flächenrepräsentativen Stichproben der ersten (BZE-1, n=147, Aufnahme: 1992/93) und zweiten Bodenzustandserhebung (BZE-2 bzw. BZE-2a, n=322, Aufnahme 2007 bzw. 2009). Die Methodik der Probenahme folgte weitgehend der bundesweiten Arbeitsanleitung zur BZE (BMELV 2006). Anhand von Vergleichsstudien konnte bestätigt werden, dass labormethodische Unterschiede zwischen BZE-1 und BZE-2(a) (BZE-1: nasschemische Analyse, BZE-2(a): elementaranalytische N-Bestimmung) nicht zu systematischen Verzerrungen der Ergebnisse führten. Die Stickstoffvorräte beider Inventuren sind methodisch somit vergleichbar und Mittelwertunterschiede als Speicheränderungen zu interpretieren.

#### Ergebnis:

Die Stickstoffvorräte in der Humusauflage haben zwischen den Inventuren BZE-1 und BZE-2(a) leicht zugenommen. Dies korrespondiert mit der Entwicklung der Kohlenstoffvorräte.

#### Wertung:

Die Humusauflage bildet einen relativ labilen Stickstoffspeicher. Durch plötzliche Aktivierung der Mineralisierungsprozesse - beispielsweise infolge von Windwurf, Holzernte oder Kalkungsmaßnahmen - kann es zur Freisetzung und erhöhten Auswaschung von Nitrat, Nährstoffverlust und ggf. Grundwasserkontamination kommen

#### Maßnahmen zur Zielerreichung

Durch Waldumbau sind verstärkt N-Überschüsse in die oberirdische Biomasse und den Mineralbodenhumus einzubinden. Die atmosphären N-Einträge sind durch Luftreinhaltemaßnahmen weiter zu reduzieren.

**Monitoring-Verfahren:** Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE)

**Datenhalter:** LFE

**Bearbeiter:** Riek, W.

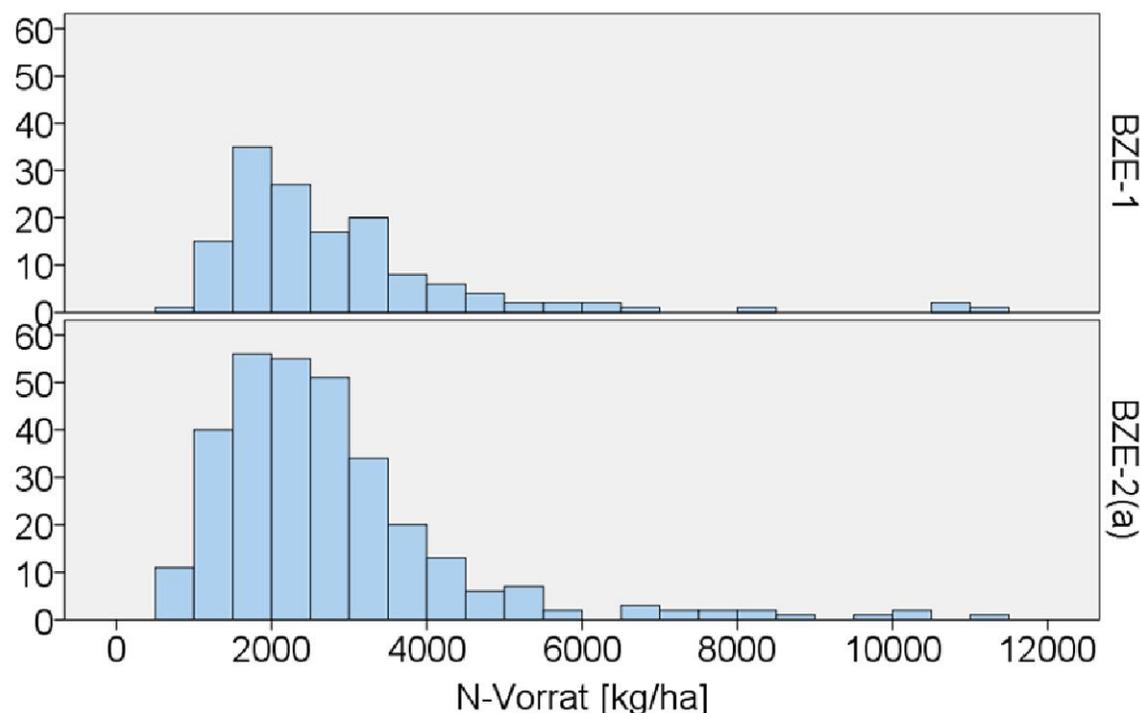
#### Referenzen, Datenabruf:

Riek, W. et al. (2015): Zustand und Entwicklung der brandenburgischen Waldböden. Ergebnisse der landesweiten Bodenzustandserhebungen BZE-2 und BZE-2a. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe. (in Vorbereitung). BMELV (2006): Arbeitsanleitung für die zweite bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II). 2. Aufl., Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.). GAFA (2006): Handbuch Forstliche Analytik - Eine Loseblatt-Sammlung der Analysemethoden im Forstbereich. Gutachterausschuss Forstliche Analytik. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.).



**Anlass und Ziel:** Gegenwärtig wird der Stickstoffstatus vieler Waldökosysteme wesentlich durch anthropogene Immissionen von Stickoxiden und Ammoniak beeinflusst. Die Erfassung von Leitindikatoren zur Stickstoffsättigung dient der Abschätzung von Risiken durch N-Eutrophierung (z.B. Verlust an Biodiversität, Ernährungsungleichgewichte und Wassermangel, Bodenversauerung sowie Nitrat auswaschung ins Grundwasser).

Bewertung



**Legende:** Histogramme der im Mineralboden bis 90 cm Tiefe gespeicherten Stickstoffvorräte im Vergleich von BZE-1 (1992/93) und BZE-2(a) (Probennahme: 2006 bzw. 2009). Auf der Ordinate der Diagramme ist die Anzahl der BZE-Punkte dargestellt.

#### Methodik:

Grundlage für die Betrachtung der Stickstoffvorräte im Waldboden sind die flächenrepräsentativen Stichproben der ersten (BZE-1, n=147, Aufnahme: 1992/93) und zweiten Bodenzustandserhebung (BZE-2 bzw. BZE-2a, n=322, Aufnahme 2007 bzw. 2009). Die Methodik der Probennahme folgte weitgehend der bundesweiten Arbeitsanleitung zur BZE (BMELV 2006). Anhand von Vergleichsstudien konnte bestätigt werden, dass labormethodische Unterschiede zwischen BZE-1 und BZE-2(a) (BZE-1: nasschemische Analyse, BZE-2(a): elementaranalytische N-Bestimmung) nicht zu systematischen Verzerrungen der Ergebnisse führten. Die Stickstoffvorräte beider Inventuren sind methodisch somit vergleichbar und Mittelwertunterschiede als Speicheränderungen zu interpretieren.

#### Ergebnis:

Im Gegensatz zu den Kohlenstoffmengen, die zwischen BZE-1 und BZE-2(a) stark angestiegen sind, haben sich die Stickstoffmengen im Mineralboden nicht verändert. Die organische Substanz ist somit kohlenstoffreicher geworden. Dieses deckt sich mit den Befunden zu den C/N-Verhältnissen (vgl. Indikatorblatt 2.3.2a).

#### Wertung:

Die N-Vorräte (Summe Auflage und Mineralboden) liegen nach AK Standortskartierung (2003) überwiegend im *geringen* Bereich. Dieses ist für nährstoffarme Sandstandorte bei den gegebenen Klimabedingungen zu erwarten. Hinweise auf Stickstoffanreicherung durch atmogene N-Depositionen lassen sich anhand der N-Mengen im gesamten Mineralboden generell kaum belegen, da sich die atmogenen Einträge primär im N-Zustand von Humusauflage und Oberboden manifestieren.

#### Maßnahmen zur Zielerreichung

Durch Waldumbau sind N-Überschüsse weiterhin in die Biomasse und den Mineralbodenhumus einzubinden.

**Monitoring-Verfahren:** Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE)

**Datenhalter:** LFE

**Bearbeiter:** Riek, W.

#### Referenzen, Datenabruf:

Riek, W. et al. (2015): Zustand und Entwicklung der brandenburgischen Waldböden. Ergebnisse der landesweiten Bodenzustandserhebungen BZE-2 und BZE-2a. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe. (in Vorbereitung). BMELV (2006): Arbeitsanleitung für die zweite bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II). 2. Aufl., Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (Hrsg.). GAFA (2006): Handbuch Forstliche Analytik - Eine Loseblatt-Sammlung der Analysemethoden im Forstbereich. Gutachterausschuss Forstliche Analytik. Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (Hrsg.).

2 Zustands- / Wirkungsindikatoren  
2.3 Bodenzustand

## 2.3.2 Stickstoffsättigung

2.3.2a N-Vorrat Waldboden

### 2.3.2b C/N-Verhältnis

2.3.2c N-Austragsrisiko

Stichtag: 31.12.2009

Stand: 1.12.2016

Periode: 15 Jahre

Beginn: 1992 / 93

## C/N-Verhältnis der Humusauflage

2.3.2b

### Methodik:

Grundlage für die Betrachtung der C/N-Verhältnisse in der Humusauflage sind die flächenrepräsentativen Stichproben der ersten (BZE-1, n=147, Aufnahme: 1992/93) und zweiten Bodenzustandserhebung (BZE-2 bzw. BZE-2a, n=322, Aufnahme 2007 bzw. 2009). Die Methodik folgte weitgehend der bundesweiten Arbeitsanleitung zur BZE (BMELV 2006). Bei Vorhandensein von Of- oder Oh-Horizonten beziehen sich die dargestellten C/N-Verhältnisse auf die Mischprobe dieser Horizonte; bei fehlenden Auflagen auf die Tiefenstufe 0-5cm des Mineralbodens.

### Ergebnis:

Die C/N-Verhältnisse der Humusauflage sind signifikant weiter geworden. Dieses korrespondiert zum einen mit sich verschlechternden Umsetzungsbedingungen infolge geringerer pH-Werte und Basensättigungen im Oberboden. Zum anderen können darin Hinweise gesehen werden auf eine Abnahme der N-Einträge gegenüber dem Zeitraum vor der BZE-1 (1970er / 1980er Jahre). Damals waren die C/N-Verhältnisse trotz sauer Bedingungen auf nährstoffarmen Sandstandorten vielfach durch Stickstoffeinträge eingengt.

### Wertung:

Die organische Substanz ist C-reicher geworden, was mit einer Verminderung der biologischen Aktivität und reduzierten Humifizierungsprozessen erklärt werden kann. Da die C/N-Verhältnisse durch N-Einträge in den vergangenen Jahren tendenziell eher eingengt worden sind, ist diese Entwicklung nicht negativ zu sehen, da sie auf den stark versauerten Standorten eher den natürlicheren C/N-Verhältnissen, wie sie noch in den 1960er Jahren gemessen worden sind, entsprechen. Hinsichtlich der Biodiversität sind die weiten C/N-Verhältnisse insbesondere auf natürlicherweise nährstoffarmen Sandstandorten positiv zu bewerten.

### Maßnahmen zur Zielerreichung

Die aktuelle Entwicklung ist zu unterstützen, indem durch Waldumbau weiterhin N-Überschüsse in die Biomasse und den Mineralbodenhumus eingebunden werden. Die atmosphärischen N-Einträge sind durch Luftreinhaltmaßnahmen weiter zu reduzieren.

**Monitoring-Verfahren:** Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE)

**Datenhalter:** LFE

**Bearbeiter:** Riek, W.

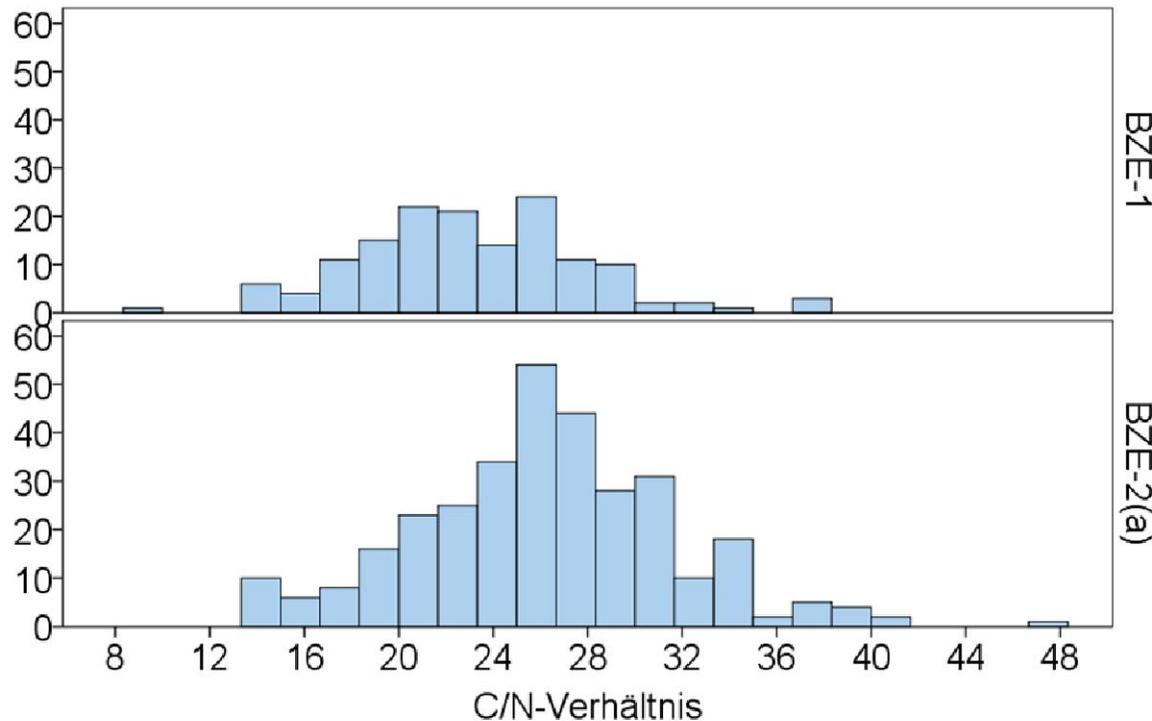
### Referenzen, Datenabruf:

Riek, W. et al. (2015): Zustand und Entwicklung der brandenburgischen Waldböden. Ergebnisse der landesweiten Bodenzustandserhebungen BZE-2 und BZE-2a. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe. (in Vorbereitung). BMELV (2006): Arbeitsanleitung für die zweite bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II). 2. Aufl., BMELV (Hrsg.). GAFA (2006): Handbuch Forstliche Analytik - Eine Loseblatt-Sammlung der Analysemethoden im Forstbereich. Gutachterausschuss Forstliche Analytik. BMVEL (Hrsg.).



**Anlass und Ziel:** Gegenwärtig wird der Stickstoffstatus vieler Waldökosysteme wesentlich durch anthropogene Immissionen von Stickoxiden und Ammoniak beeinflusst. Die Erfassung von Leitindikatoren zur Stickstoffsättigung dient der Abschätzung von Risiken durch N-Eutrophierung (z.B. Verlust an Biodiversität, Ernährungsungleichgewichte und Wassermangel, Bodenversauerung sowie Nitratauswaschung ins Grundwasser).

Bewertung



**Legende:** Histogramme der C/N-Verhältnisse im Auflagehumus (bei L-Mull im Mineralboden in 0-5cm Tiefe) im Vergleich von BZE-1 (Probennahme: 1992/93) und BZE-2(a) (Probennahme: 2006 bzw. 2009). Auf der Ordinate der Diagramme ist die Anzahl der BZE-Punkte dargestellt.

## 2.3.2 Stickstoffsättigung

2.3.2a N-Vorrat Waldboden

2.3.2b C/N-Verhältnis

### 2.3.2c N-Austragsrisiko

Stichtag: 31.12.2009

Stand: 31.12.2016

Periode: 15 Jahre

Beginn: 2007/09

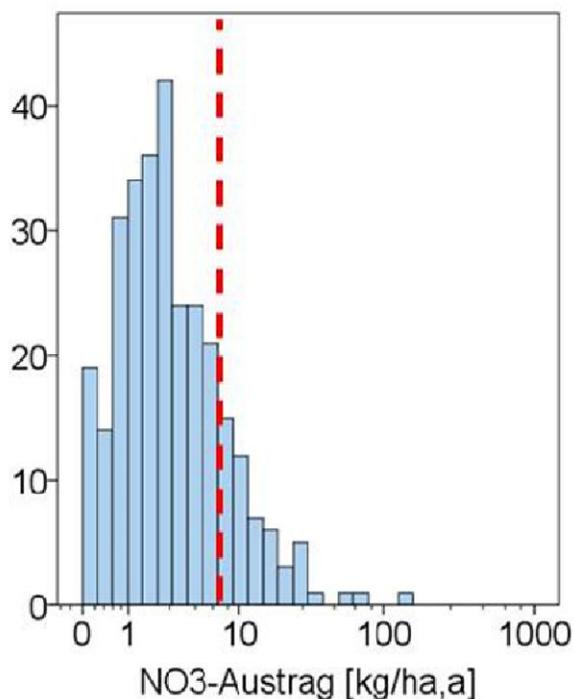
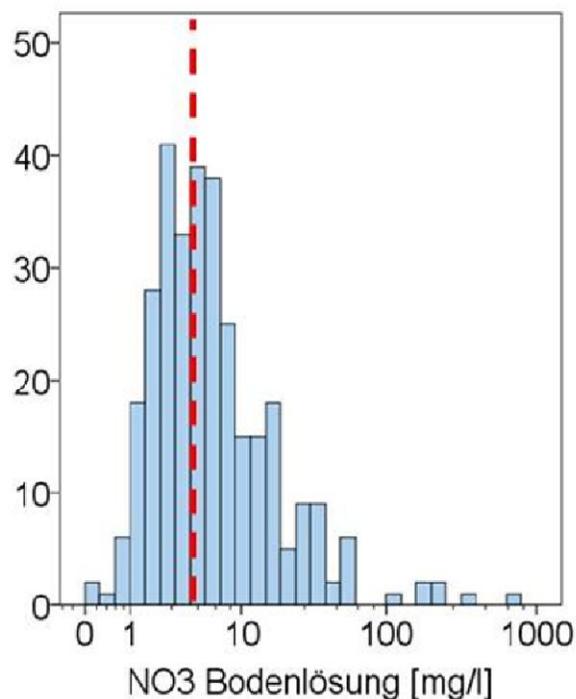
## N-Austragsrisiko

2.3.2c



**Anlass und Ziel:** Gegenwärtig wird der Stickstoffstatus vieler Waldökosysteme wesentlich durch anthropogene Immissionen von Stickoxiden und Ammoniak beeinflusst. Die Erfassung von Leitindikatoren zur Stickstoffsättigung dient der Abschätzung von Risiken durch N-Eutrophierung (z.B. Verlust an Biodiversität, Ernährungsungleichgewichte und Wassermangel, Bodenversauerung sowie Nitratauswaschung ins Grundwasser).

Bewertung



**Legende:** Histogramme der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser [mg/l] sowie der Nitrataustragsraten [kg/ha] auf der Grundlage der BZE-2(a). Auf der Ordinate der Diagramme ist die Anzahl der BZE-Punkte dargestellt. Die roten Linien markieren etablierte Schwellenwerte deren Überschreitung als Indiz für "Stickstoffsättigung" zu interpretieren sind (Riek & Wolff 2007)

#### Methodik:

Grundlage für die Betrachtung des N-Austragsrisikos bildet die flächenrepräsentative Stichprobe der zweiten Bodenzustandserhebung (BZE-2 bzw. BZE-2a, n=322, Aufnahme 2007 bzw. 2009). Die Nitratausträge wurden anhand der Nitratkonzentrationen im wässrigen 1:2-Extrakt (GAFA 2006, Bd. A 3.3.3) und der mit Hilfe des Wasserhaushaltsmodells TUB-BGR (Wessolek et al 2008) berechneten langjährigen Sickerwasserraten ermittelt. Die Analysen erfolgten an Bodenproben aus 60-90cm sowie 90-140cm Tiefe. Für die BZE-1 liegen keine entsprechenden Daten vor, so dass bislang keine Angaben zu zeitlichen Veränderungen möglich sind.

#### Ergebnis:

Die Nitratkonzentrationen unterhalb des Wurzelraums und modellierten Nitrataustragsraten geben z.T. Hinweise auf Stickstoffsättigung und ein Risiko für die Grundwasserbelastung. Die Streuung der Werte ist sehr weit, so dass ihre Darstellung als Histogramm im logarithmischen Maßstab erfolgt. Insbesondere unter Nassstandorten, auf denen Torfe aktuell der Vererdung unterliegen, sind Extremwerte der Nitratkonzentration >100 mg/l zu verzeichnen. Die höchsten Austragsraten werden aber dennoch für terrestrische Standorte ermittelt, was sich mit den geringen (bzw. negativen) Sickerraten der Nassstandorte erklärt.

#### Wertung:

Mit Konzentrationen >10 mg/l liegen 25 % der BZE-Punkte in einem Wertebereich, für den nach Riek & Wolff (2007) Stickstoffsättigung wahrscheinlich ist. Bei 23 % der Punkte weisen Konzentrationen <2,5 mg/l auf eine einwandfreie Sickerwasserqualität. Bei allen anderen Punkten sind Werte im Bereich von 2,5 mg/l – 10 mg/l als erste Anzeichen einer N-Sättigung zu deuten. Bewertet anhand der Nitratausträge weisen 26% der Punkte Stickstoffsättigung auf (>5 kg/ha,a). Bei 6 % der Punkte ist demnach von N-Sättigung auf hohem Niveau auszugehen (>15 %kg/ha,a).

#### Maßnahmen zur Zielerreichung:

Durch Waldumbau sind verstärkt N-Überschüsse in die oberirdische Biomasse und den Mineralbodenhumus einzubinden. Die atmosphären N-Einträge sind durch Luftreinhaltemaßnahmen weiter zu reduzieren.

**Monitoring-Verfahren:** Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE)

**Datenhalter:** LFE

**Bearbeiter:** Riek, W.

**Referenzen, Datenabruf:** Riek, W. et al. (2015): Zustand und Entwicklung der brandenburgischen Waldböden. Ergebnisse der landesweiten Bodenzustandserhebungen BZE-2 und BZE-2a. EFS. (i. V.). GAFA (2006): Handbuch Forstliche Analytik - Eine Loseblatt-Sammlung der Analysemethoden im Forstbereich. Gutachterausschuss Forstliche Analytik. BMVEL (Hrsg.). Riek, W., Wolff, B. (2007): Bodenkundliche Indikatoren für die Auswertung der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II). Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme Reihe B, Bd.74. Göttingen. Wessolek, G., Duijnsveld, W., Trinks, S. (2008): Hydro-pedotransfer functions (HPTFs) for predicting annual percolation rate on a regional scale. J. Hydrol. 356 (1 – 2): 17 – 27.

## Indikator 2.3.2 N-Sättigung

### Zusammenfassende Charakteristik der Merkmale

Merkmale		Veränderung	Erläuterung
a1	N-Vorrat Humusauflage	zugenommen	Leichte Zunahme entsprechend der Zunahme der Auflagehumusmenge (und C-Menge); Gefahr der N-Freisetzung
a2	N-Vorrat Mineralboden	unverändert	Keine Hinweise auf N-Eintrag
b	C / N Verhältnis Humusauflage	zugenommen	Auf sauren Standorten Tendenz zu natürlicheren Bedingungen; Hinweis auf tendenziell abnehmende Belastung
c	N-Austragsrisiko	Erstinventur	Hinweis auf immer noch hohes Niveau der N-Belastung

### Gesamtbewertung:

Die Stickstoffbelastung ist seit den 80er Jahren, die sich in den Bodendaten der BZE-1 (Aufnahme 1992/93) noch widerspiegeln, insgesamt geringer geworden. So weist die signifikante Aufweitung der C/N-Verhältnisse insbesondere auf den sauren Standorten darauf hin, dass aktuell natürlichere Bedingungen bestehen, als das noch zur Zeit der BZE-1 der Fall war. Gleichwohl ist die Belastungssituation durch Stickstoffeinträge immer noch auf einem hohen Niveau. Insbesondere vom labilen Stickstoffpool der Humusauflage geht ein Risiko für Nitratverlagerung und Nährstoffverlust aus. Deutliche Hinweise für „Stickstoffsättigung“ finden sich aktuell auf etwa einem Viertel der flächenrepräsentativen BZE-Stichprobe.