

# Wirkung von Luftschadstoffeinträgen und Klimawandel auf Stoffumsetzungen in Waldökosystemen sowie auf die Vitalität und Vielfalt der Waldvegetation

S. Wochele, K. Butterbach-Bahl, M. Jensen, H.D. Nagel, A. Schlutow, K. Birkhofer, A. Marx, R. Grote, R. Kiese

**Hintergrund:** Naturnahe Ökosysteme sind seit Jahrzehnten hohen atmosphärischen Fremdstoffeinträgen ausgesetzt. Im Gegensatz zu den Schwefeleinträgen, bleiben die luftgebundenen Einträge von Stickstoff weiterhin auf einem sehr hohen Niveau; im Mittel  $40 \text{ kg N ha}^{-1}$  für Waldstandorte in Deutschland. Die damit verbundenen Risiken umfassen Eutrophierung ( $\text{NO}_3$  Austrag) und Versauerung (pH und BS) von Ökosystemen und einhergehende Auswirkungen auf die Diversität von Flora und Fauna, sowie Rückkopplungen mit dem Klimawandel durch gesteigerte THG-Emissionen insbesondere von  $\text{N}_2\text{O}$  (Abb.1). Bisherige Modelle zur Bewertung langfristiger Wirkungen von Stoffeinträgen in Ökosystemen stützen sich meist auf bodenchemische Indikatoren unter Annahme eines Gleichgewichtszustandes sowie auf empirische Ableitungen bzw. einfache Massenbilanzansätze.

**Notwendigkeit:** Überprüfung der Wirkungszusammenhänge und Weiterentwicklung der Indikatoren mit neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen und Methoden.

**Ziel:** Ausgehend von dieser Problematik bearbeitete das FuE-Vorhaben 20585239 (abgeschlossen Ende 2009) mittels eines dynamischen Modellansatzes, wie sich atmosphärische Stoffeinträge in Waldökosysteme gemeinsam mit der Klimaänderung auf die physiko-chemischen Eigenschaften von Waldböden, Nährstoffspeicherung und -Austrag (KIT, IMK-IFU) sowie auf die Biodiversität von Pflanzen (ÖKODATA und Waldkundeinstitut Eberswalde) und Bodentieren (Universität Giessen) auswirken.

## Methodik und Vorgehensweise:



Vollständige mechanistische Modellierung von Stickstoffumsetzungen und damit verbundener Elementumsetzungen auf Ökosystemebene mit Forest-DNDC-SAFE an Level II Standorten Deutschlands (Abb.2 und 3).



Kopplung von Forest-DNDC-SAFE mit Bewertungsmodellen zur floristischen Biodiversität (BERN-Modell/ ÖKODATA und Ökosystemtypenmodell/ WIE).



Erstellung von Konzepten und Methoden zur Ermittlung und Ableitung von Indikatoren für die Biodiversität der Bodenfauna

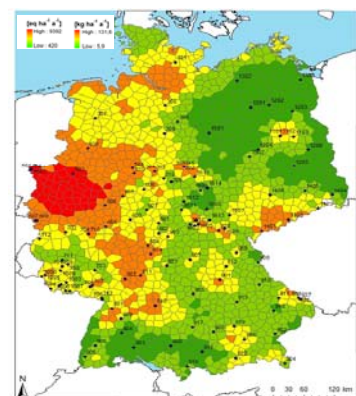


Abb.3: Level II Standorte in D und aktuelle N-Deposition (Trocken + Feucht)

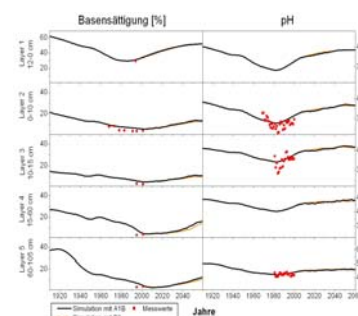


Abb.5: Basensättigung und pH 1920 – 2060

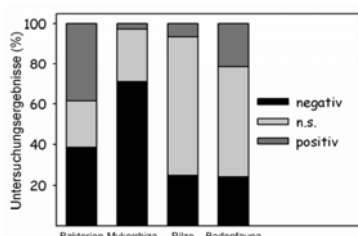


Abb.8: Wirkung der N-Deposition auf die Bodenfauna (N=55).

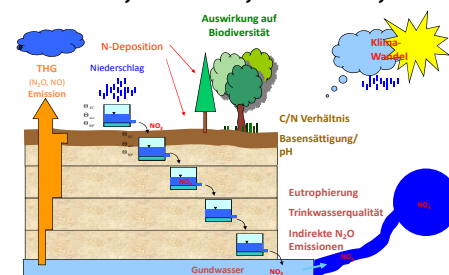


Abb.1: Auswirkung von N-Deposition und Klimawandel in Waldökosystemen

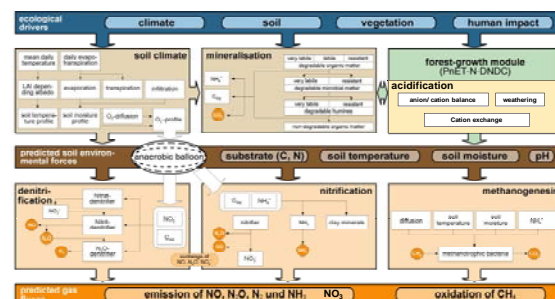


Abb.2: Forest-DNDC-SAFE Model

## Klima/ Depositionsdaten:

- Regionales Modell CLM des DWD angetrieben mit ECHAM5/ MPIOM
- Räumliche Auflösung  $18 \times 18 \text{ km}^2$ , Zeitschritt 1d
- Zeitreihen der Temperatur und Niederschlag (1960-2000/ 2001-2100)
- Berechnung der monatlichen CLM-Niederschlagsstatistik (1961-90)
- Korrektur mit DWD Stationsmonatsmittelwerte (IDW) Suchradius  $0.3^\circ$
- Simulierte Depositionsdaten 1995 – 2004 (Gauger et al., 2007;  $1 \text{ km}^2$ )
- Verschneidung der Deposition mit Klimastationen und Level II (Abb.3)
- Ableitung der Depositionshistorie mittels spezifischer relativer Depositionskurven (EMEP  $150 \times 150 \text{ km}$  Grid (Abb.4)).

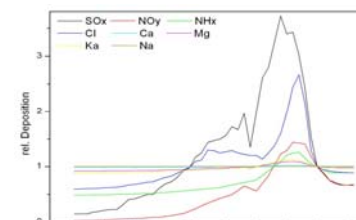


Abb. 4: relative historische Depositionskurve exemplarisch für den Level II Standort 702.

## Ergebnisse und Schlussfolgerungen:

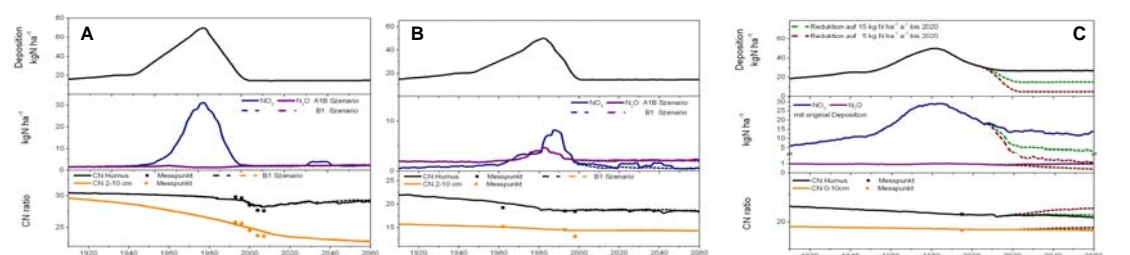


Abb.6: C/N-Verhältnisses,  $\text{NO}_3$ -Austrag und  $\text{N}_2\text{O}$  Emissionen 1920 – 2060; A) und B) Klimaszenarien; C) Reduktion der N Deposition.

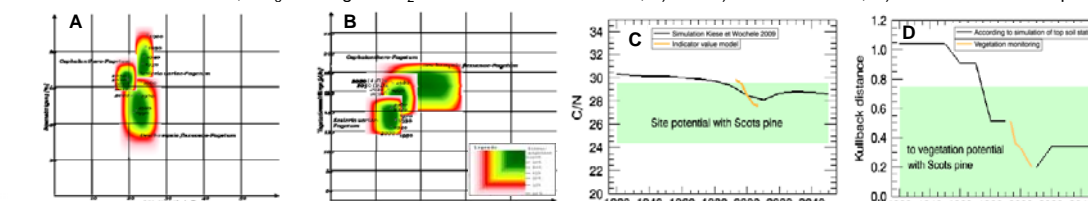


Abb.7: Simulationen von BERN (A, B) und Ökosystemtypenansatz (C, D) zur Veränderung der Biodiversität auf Basis von simulierten Zeitreihen zu BS; C/N, und Bodenfeuchte von Forest-DNDC-SAFE.

- Eine Minderung der N-Deposition verringert, (i) die Eutrophierung und Versauerung von Waldökosystemen (Abb. 5, 6), (ii) ökosystemare N-Verluste in Form von Nitrat und des Treibhausgases  $\text{N}_2\text{O}$  (Abb. 6) und (iii) das Gefährdungspotential der Biodiversität von Pflanzen und Bodentieren (Abb. 7, 8),
- Der geringfügige Rückgang der N-Deposition hat meist noch nicht zu einer Erholung des Nährstoffstatus und des Austrags von  $\text{NO}_3$  sowie des Treibhausgases  $\text{N}_2\text{O}$  geführt (N Depositionsreduzierung = Klimaschutz),
- Simulationen mit einem Rückgang der N-Deposition auf 15 bzw.  $5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$  zeigen eine mäßige bzw. eine schnellere Erholung aller Waldstandorte