

UNECE ICP Integrated Monitoring of Transboundary Air Pollution Effects on Ecosystems

Forellenbachgebiet (DE01), Nationalpark Bayerischer Wald



Anthropogene Versauerung und natürliche Störung

Burkhard Beudert

Inhalt

- **UNECE ICP Integrated Monitoring Programm, Physiographie, Standorte**
- **Anthropogene Versauerung und Erholung – Schwefelsäure-Regime**
- **Versauerung durch „natürliche“ Störung – Salpetersäure-Regime**
- **Zusammenfassung**
- **Nachbetrachtung**

ICP IM Netzwerk

Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP)

Working Group on Effects (WGE)

- ICP Forests
- ICP Waters
- ICP Materials
- ICP Vegetation
- ICP Integrated Monitoring
- ICP Modelling and Mapping
- Task Force on Health

ICP Integrated Monitoring (IM)

19 Staaten, 50 Untersuchungsgebiete

DE01:
Forellenbach, NP Bayerischer Wald (1990)
Projekt-Nr. 24314

DE02:
 Neuglobsow, Brandenburg (1998)



Aufgaben/Ziele

- die Erfassung des Zustands und der Zustandsänderungen als Reaktion auf Immissionen und Klima (u. a. m.) und deren Änderungen (Analysefunktion & Kontrollfunktion)
- die Prognose zukünftiger Entwicklungen mit Hilfe von Simulationsmodellen als Grundlage politischer Entscheidungsfindung (Frühwarnfunktion)

Konzepte/Methoden

- Simultane Messung physikalischer, chemischer und biologischer Eigenschaften eines Ökosystems in verschiedenen funktionellen Einheiten (Kompartimentierung)
- Verknüpfung der Ökosystemkompartimente über identische Parameter (Stoffflüsse) und/oder den selben bzw. gleichen Raum (Ursache-Wirkung)

Kombination von Immissionsökologie (Messnetze, Bioindikation), Umweltmonitoring im Wald (EU-Level II, WKS) und Einzugsgebietsstudie.

(<http://www.syke.fi/nature/icpim>)

Gebietscharakteristik

Fläche 0,69 km²
Höhe 894 m ü. NN (787 – 1292)
Exposition ssw
Neigung 8,4°
Lufttemperatur 6,2°C (4,9 – 7,1)
Niederschlag 1559 mm (1227 – 2209)

Gestein	Biotitreicher Granit	
Böden	Saure Braunerde, Podsol	58%
	Syrosem, Ranker	12%
	Nassböden	30%
Baumarten	Fichte	70%
	Laubholz, v.a. Buche	30%

Messturm
Schachtenau

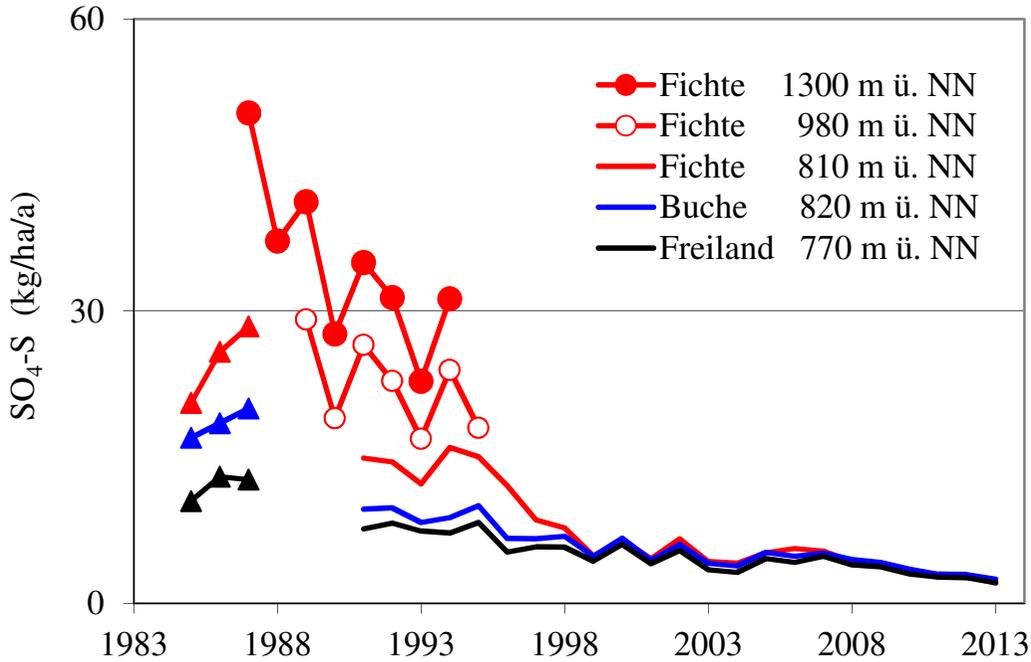


Buchenbestand



Fichtenbestand
regenerierend
2011

Schwefel- und Stickstoffdepositionen regional



Rückgang der S-Einträge um 50% - 90%

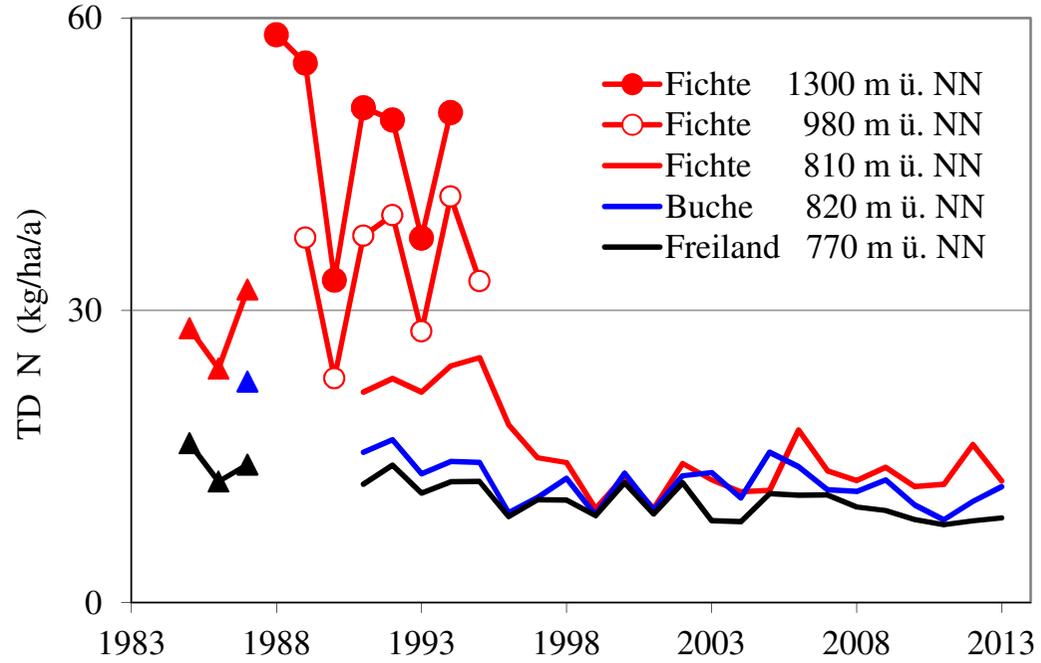
Aktuell Freiland ≈ Buche ≈ Fichte

Interzeptionsdeposition von Partikeln und Gasen ist inzwischen bedeutungslos

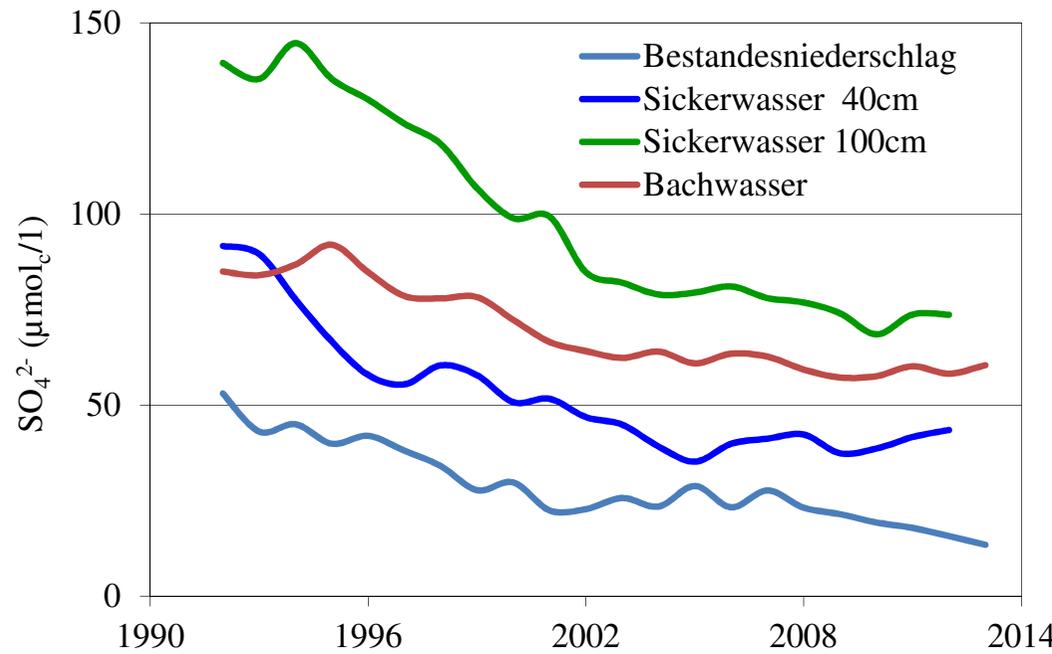
Rückgang der Gesamtdositionen TD um 40% - 60% (canopy budget model)

Freiland < Buche < Fichte

Throughfall DIN + Throughfall DON = TD



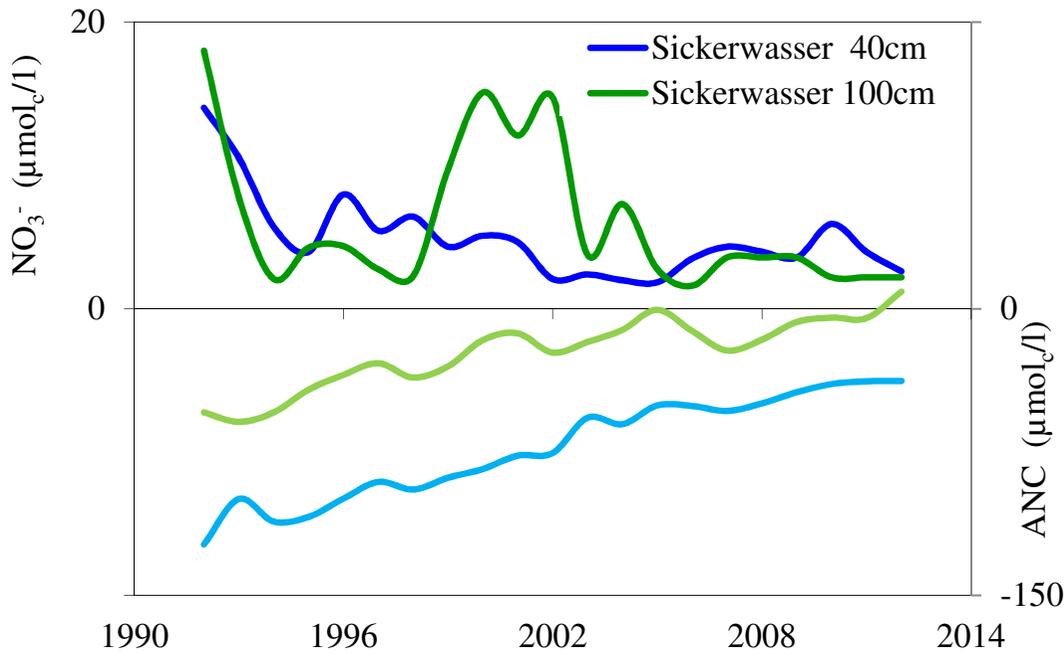
Vertikalprofil Buchen-Altbestand



[SO₄²⁻] im Bodenwasser unter Buche und im Bachwasser folgen dem Rückgang im Bestandesniederschlag.

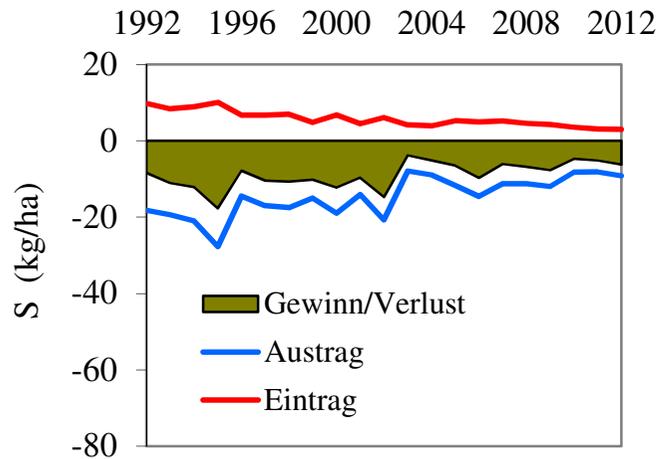
Rückgang der [SO₄²⁻] ist ursächlich für den Anstieg der Säureneutralisationskapazität ANC.

[NO₃⁻] im Bodenwasser sind seit Beginn der Messungen auf minimalen Niveau und beeinflussen den ANC kaum!



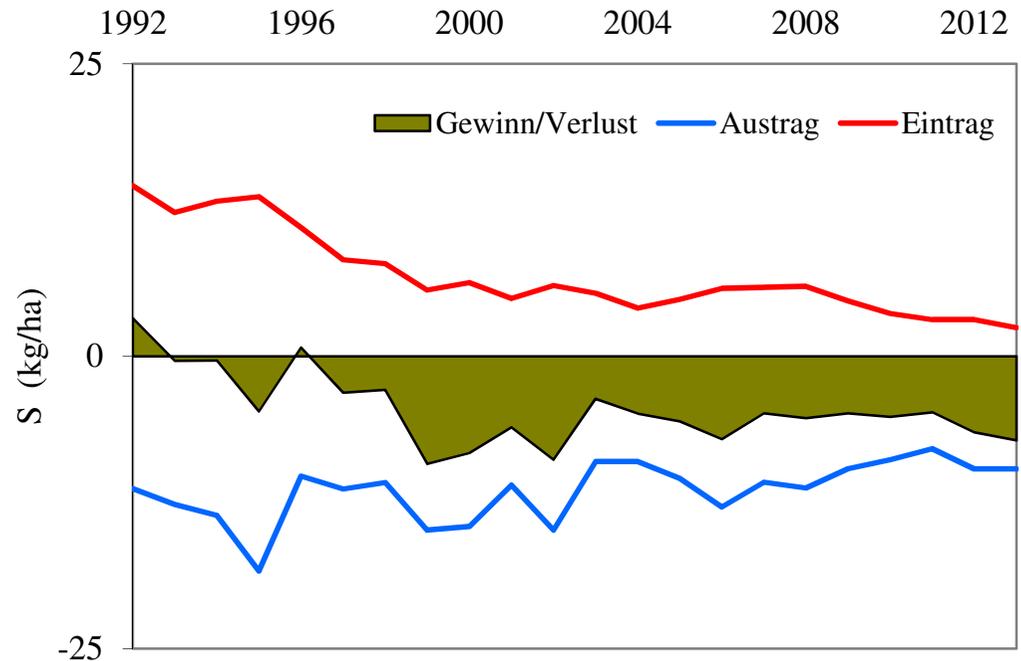
Flussbilanzen Schwefel

Buchen-Altbestand

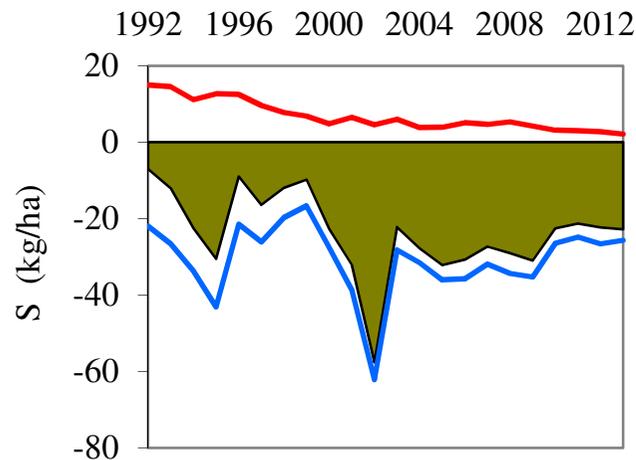


Flussbilanzen für Buchen-Altbestand zeigen stetigen Abbau der S-Vorräte an.

Forellenbachgebiet



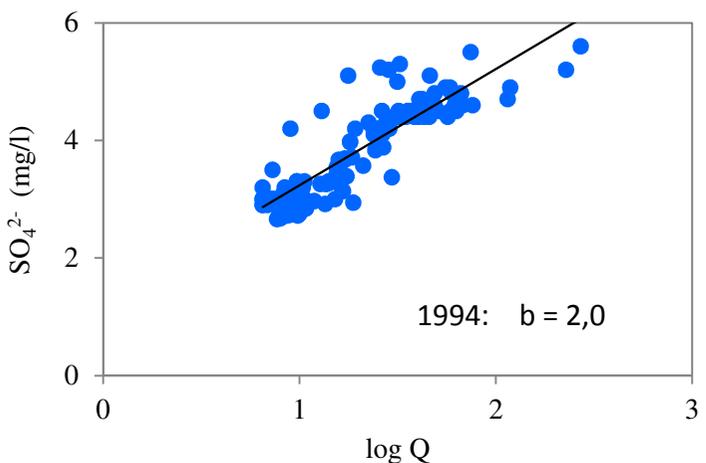
Fichtenbestand, seit 1997 regenerierend



S-Austrag und -Speicherdynamik im Einzugsgebiet ~ Buchenbestand, aber Einfluss flächiger Störungen der Fichtensysteme.

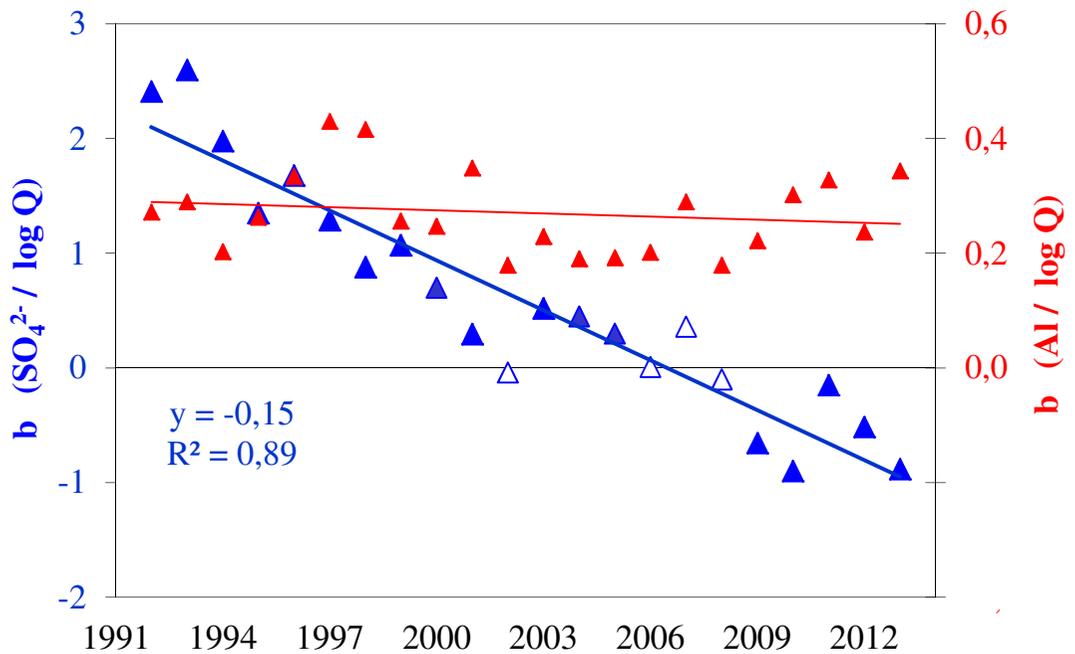
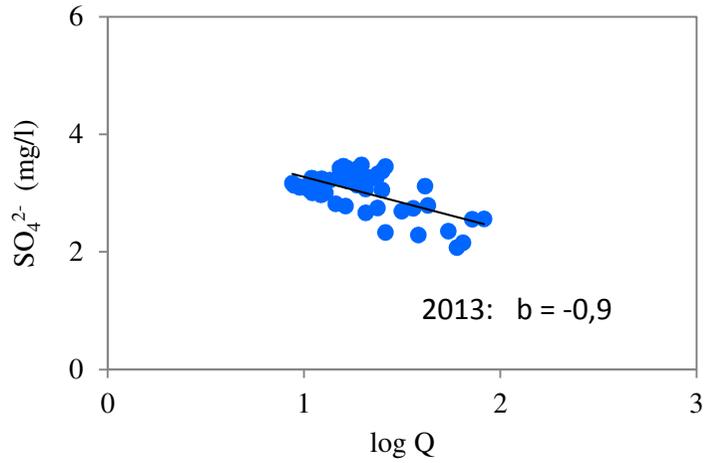
Unter regenerierender Fichte abweichender Verlauf des Abbaus der S-Vorräte.

Episodische Wirkung im Fließgewässer



Ansteigende [SO₄²⁻] mit steigendem Abfluss im Vorfluter (1994)

Abnehmende [SO₄²⁻] mit steigendem Abfluss (2013)

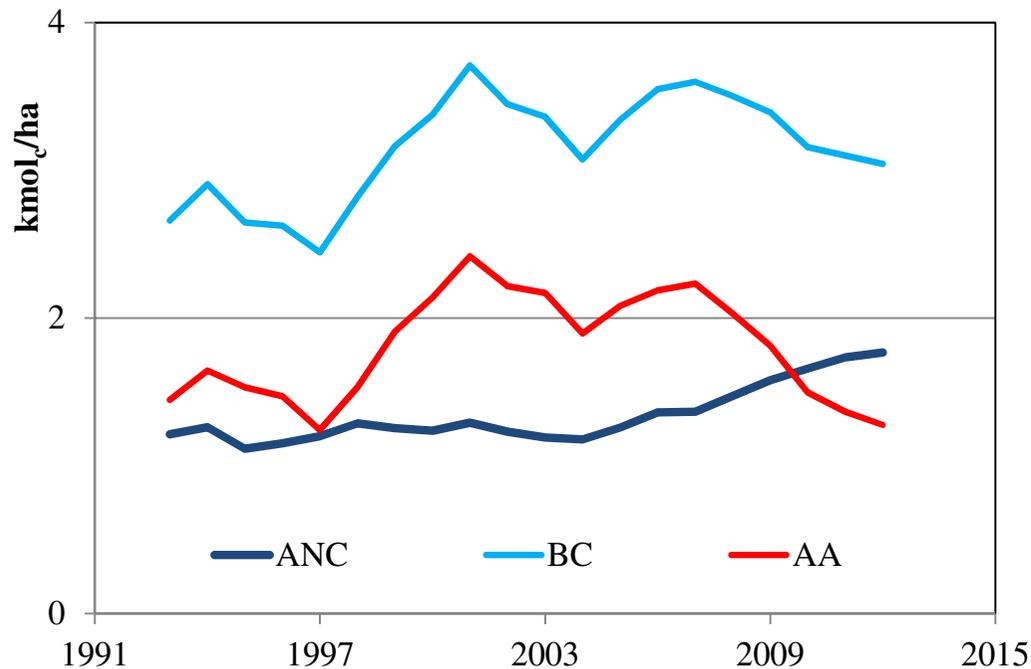


Böden habe Quellfunktion für [SO₄²⁻] verloren; Verdünnung der [SO₄²⁻] des Grundwassers bei zunehmendem Abfluss durch steigende Bodenwasseranteile.

Anthropogene und störungsbedingte Versauerung

Störfaktor Buchdrucker

Forellenbachgebiet

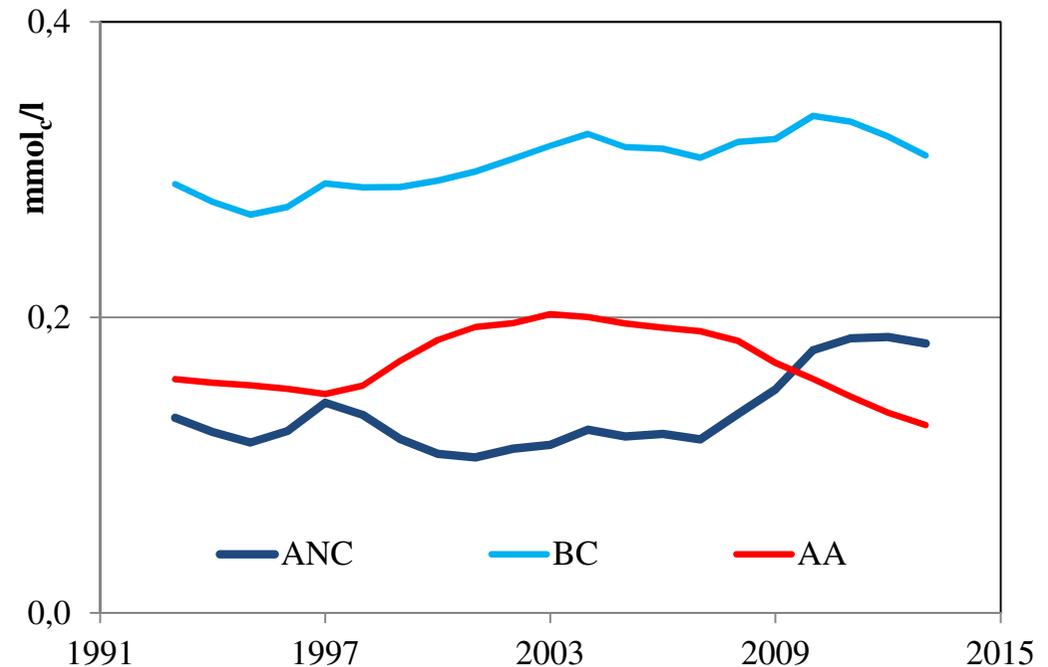


Anstieg der Frachten starker Säureanionen (AA) ab 1999 trotz Rückgang der S-Frachten.

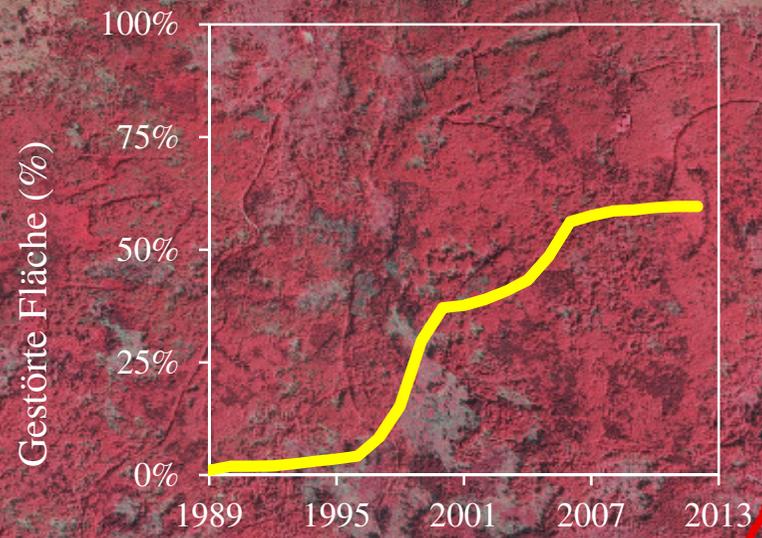
Bis 2005 unveränderte Säureneutralisationskapazität (ANC) durch synchrone Veränderungen bei Basenkationen (BC).

Rückgang von Frachten und abflussgewichteten Konzentrationen von AA nach 2007 führt zum Anstieg der ANC, weil BC gleich bleiben.

Beitrag „natürlicher“ Störungen!



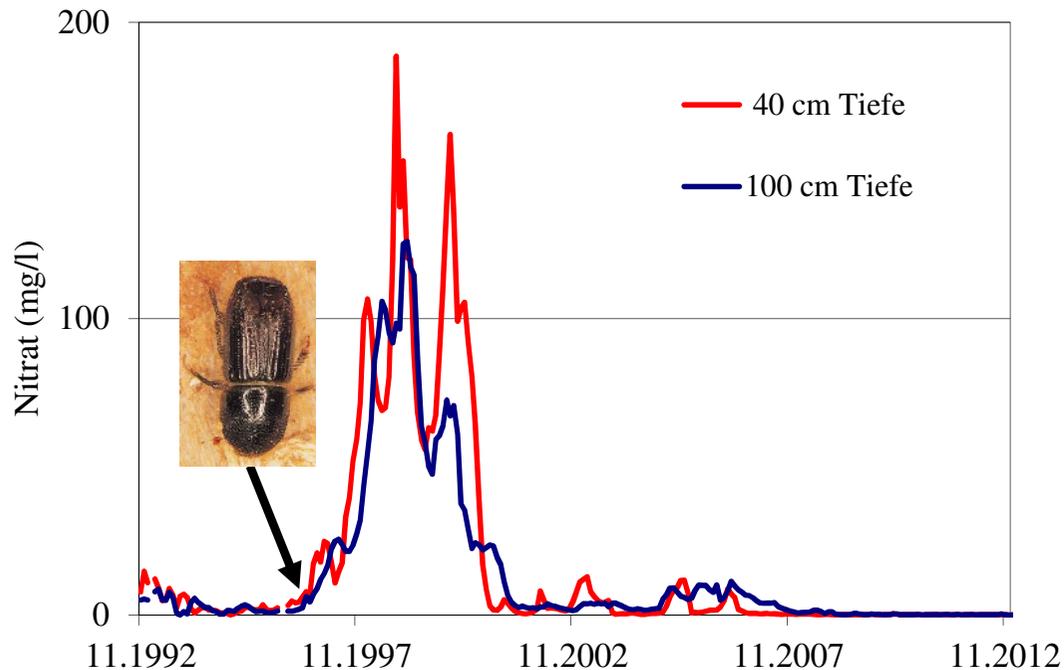
2011



Forellenbach

Bestandestod durch Borkenkäfer

Bodensickerwasserchemismus



Komplettes Absterben des Bestands im Sommer/Herbst 1996.
Schneller Anstieg der $[\text{NO}_3^-]$ bis 200 mg/l im zweiten Jahr post mortem (40 cm > 100 cm >> MI)

- Wegfall der N-Aufnahme durch den Bestand
- Überschussmineralisation/-nitrifikation

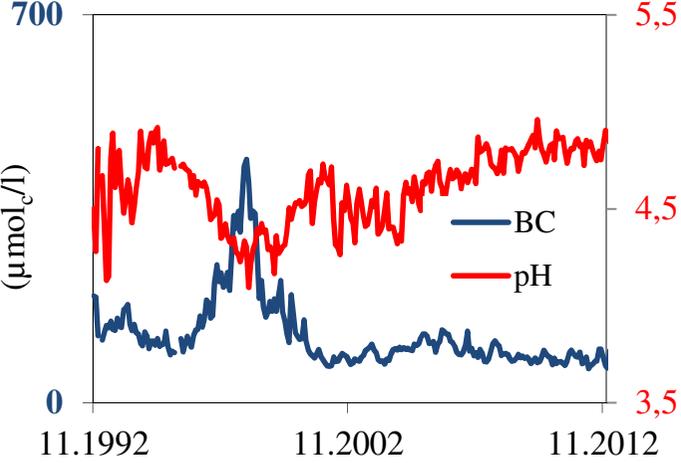
Nach 6 Jahren Überschussmineralisation ist das Niveau ante mortem erreicht → Erschöpfung des leicht mineralisierbaren N_{org} .

Fichte	376/ha, 998 m ³ /ha
Buche	240/ha, 28 m ³ /ha
Krautschicht	< 15% Deckung

Keine Management-Intervention!

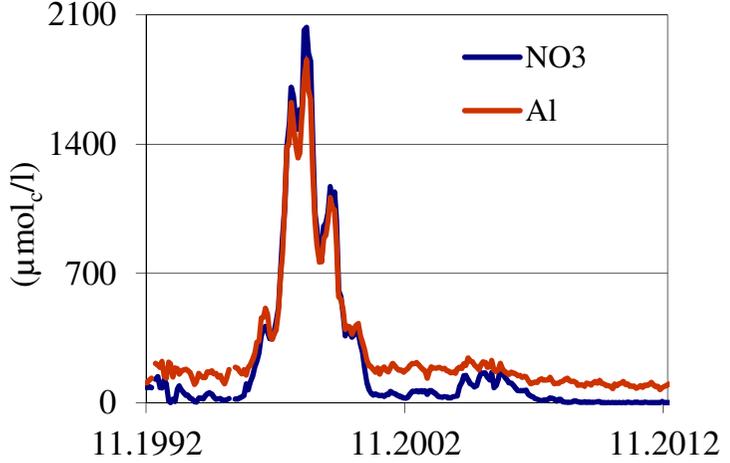
Bestandestod durch Borkenkäfer

Bodensickerwasserchemismus in 100 cm Tiefe



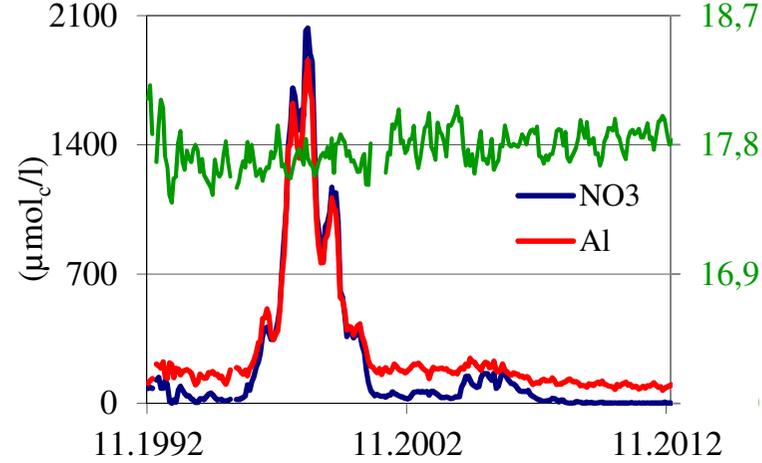
Verbleib von $H^+(NO_3^-)$:

- geringe pH-Absenkung
- Freisetzung von BC_{ex}
- Freisetzung von Al^{n+}_{ex} gleichlaufend und stöchiometrisch ($n = 2,67$): 82% von $H^+(NO_3^-)$



Synchroner entgegengesetzter Verlauf von SO_4^{2-} zu NO_3^- und Al^{3+} .

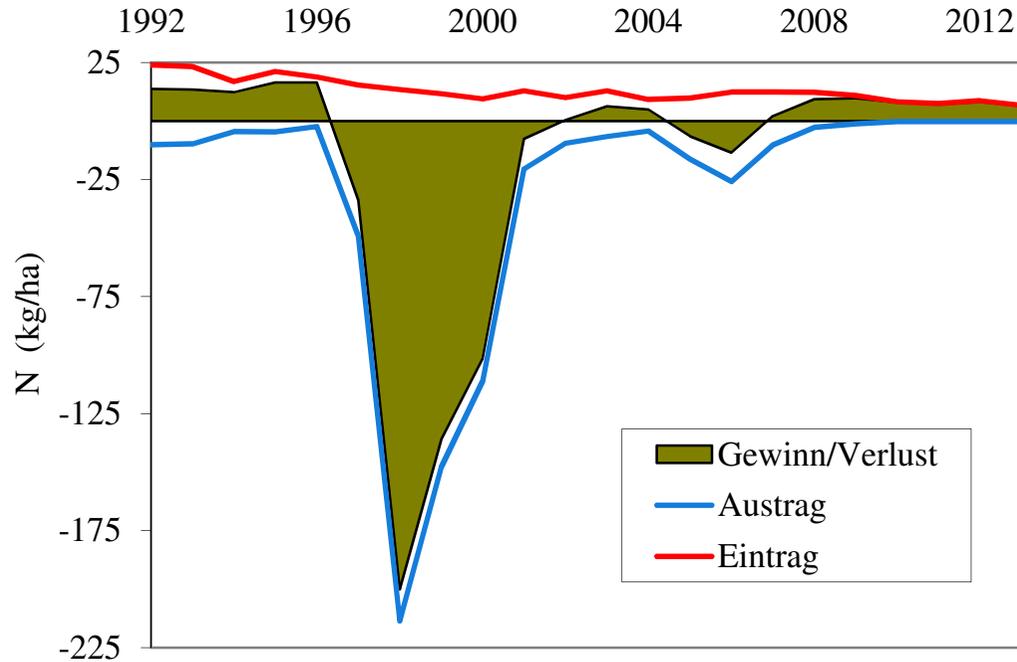
Ionenaktivitätsprodukt indiziert die Lösungskontrolle im Mineralboden durch Jurbanit $Al(SO_4)(OH)$: vor, während und nach Überschussmineralisation



$pAl + OH + SO_4$

Flussbilanzen reaktiver Stickstoff

Fichtenbestand (810 m ü. NN)



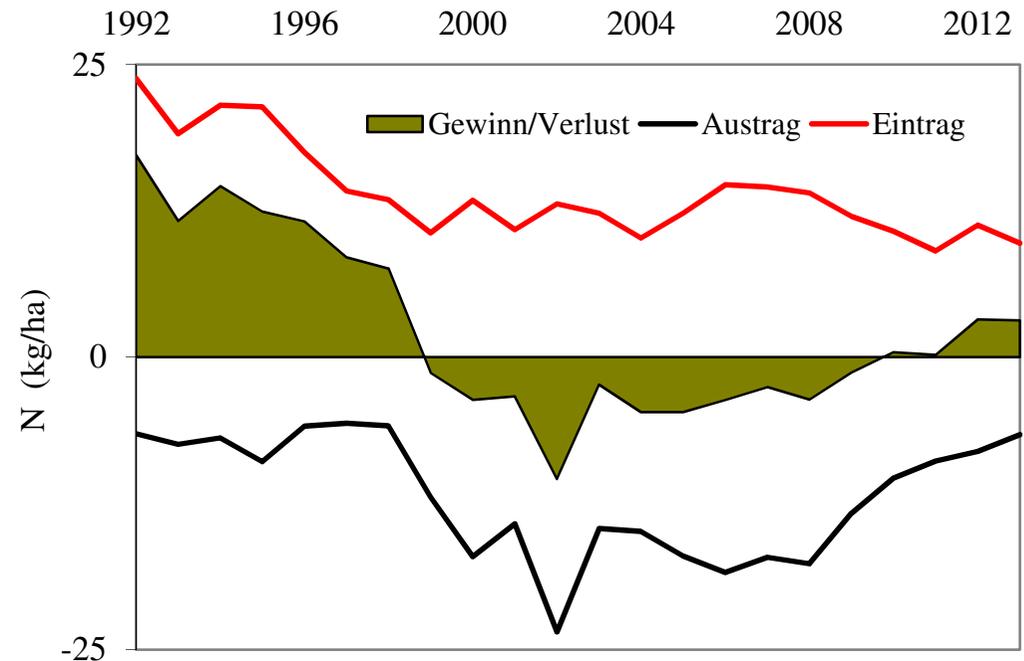
Störungsbedingte N-Austräge von ~500 kg/ha über 6 Jahre (4% des Systemvorrats)

Seit 2008 Rückkehr zur Nettospeicherung, Kontrolle des N-Austrags durch Aufnahme in regenerierenden Bestand

Störungsbedingte N-Austräge von ~120 kg/ha über 14 Jahre

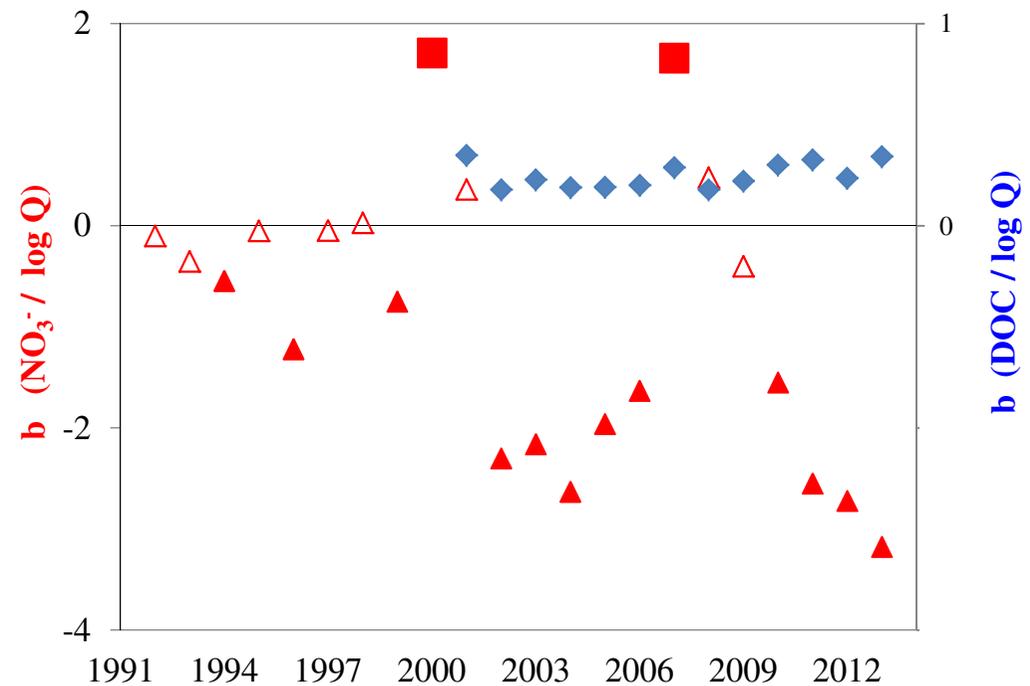
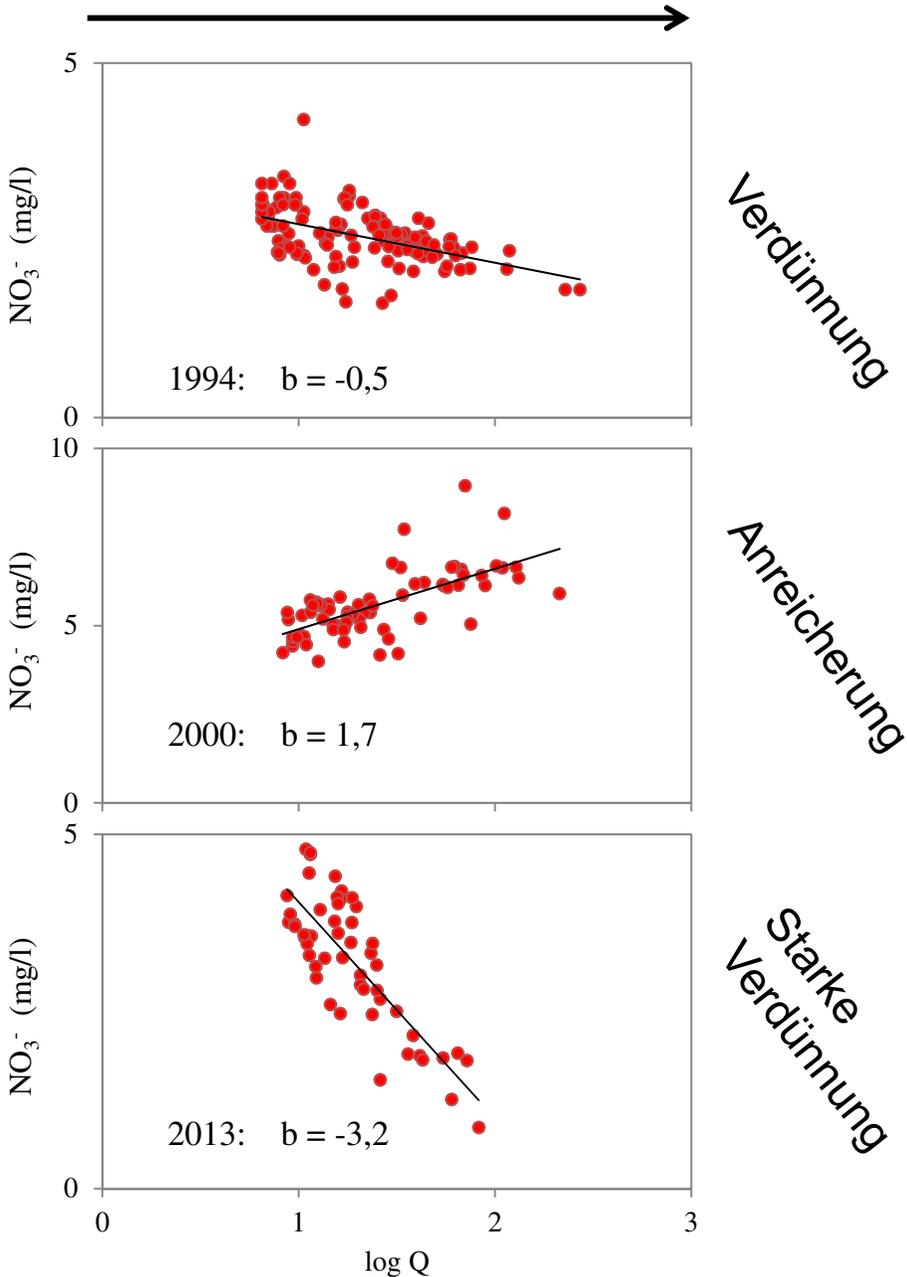
Seit 2011 Rückkehr zur Nettospeicherung im Einzugsgebiet, Kontrolle des N-Austrags durch Pflanzenaufnahme und Grundwasser

Forellenbachgebiet



Episodische Wirkung im Fließgewässer

Steigender Bodenwassereintrag



Als versauernde Komponente bei Hochwasser verbleiben funktionelle Gruppen organischer Verbindungen.

Zusammenfassung

Anthropogene Versauerung

- tiefgreifende Entsäuerung der Böden störungsfreier Bestände durch Abbau des Sulfat-Speichers; Anstieg der ANC in Bodenwässern
- Episodische Bachwasserversauerung bei Hochwässern seit 2006 **ohne Sulfat**-Beteiligung

Überlagerung dieser Erholung durch störungsbedingte Versauerungsschübe in Fichtensystemen auf 60% der Gebietsfläche

Störungsbedingte Versauerung

- Sehr schnelle mikrobielle Produktion von HNO_3 im Mineralboden, störungsbedingte N-Verluste über 6 Jahre von $>500 \text{ kg N/ha}$, entsprechend 4% des ökosystemaren Pools.
- Säurepufferung von $\approx 6 \text{ kmol/ha/a}$ weitgehend (82%) durch Al-Freisetzung und Auswaschung. Lösungskontrolle durch Mineralphase bremst den Sulfat-Abbau im Boden.
- Episodische Versauerung bei Hochwässern bis auf zwei Jahre **ohne Nitrat**-Beteiligung. Alkalisierung des Vorfluters durch Protonenverbrauch/Mineralverwitterung im Aquifer.

Verbleibendes „natürliches“ Agens der episodischen Versauerung des Bachwassers ist der **DOC**.

Nachbetrachtung

Stickstoffdepositionen haben den Stickstoffpool im Boden und damit das Versauerungspotential bei chronischer Überfrachtung bzw. Störung des Systems vergrößert (**anthropogen**).

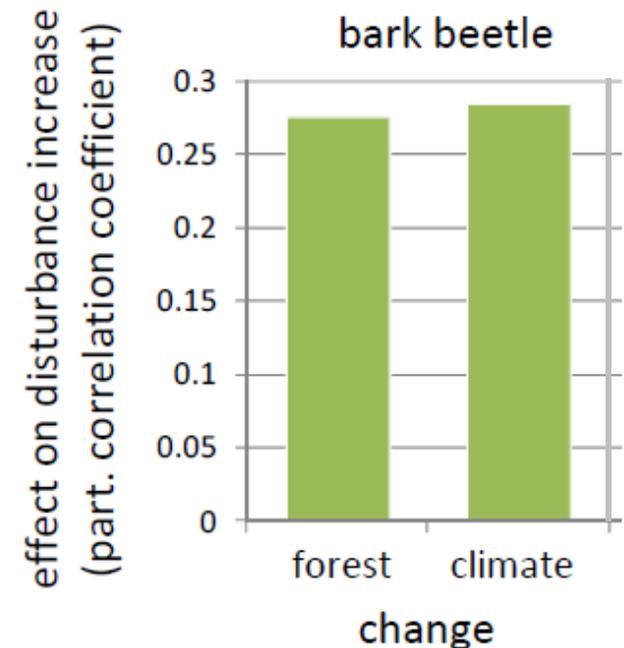
Holznutzung entkoppelt Stoffkreisläufe und stellt eine gravierende Störung des Waldökosystems mit versauernder Wirkung dar (**anthropogen**).

In Europa (1958-2001) trug

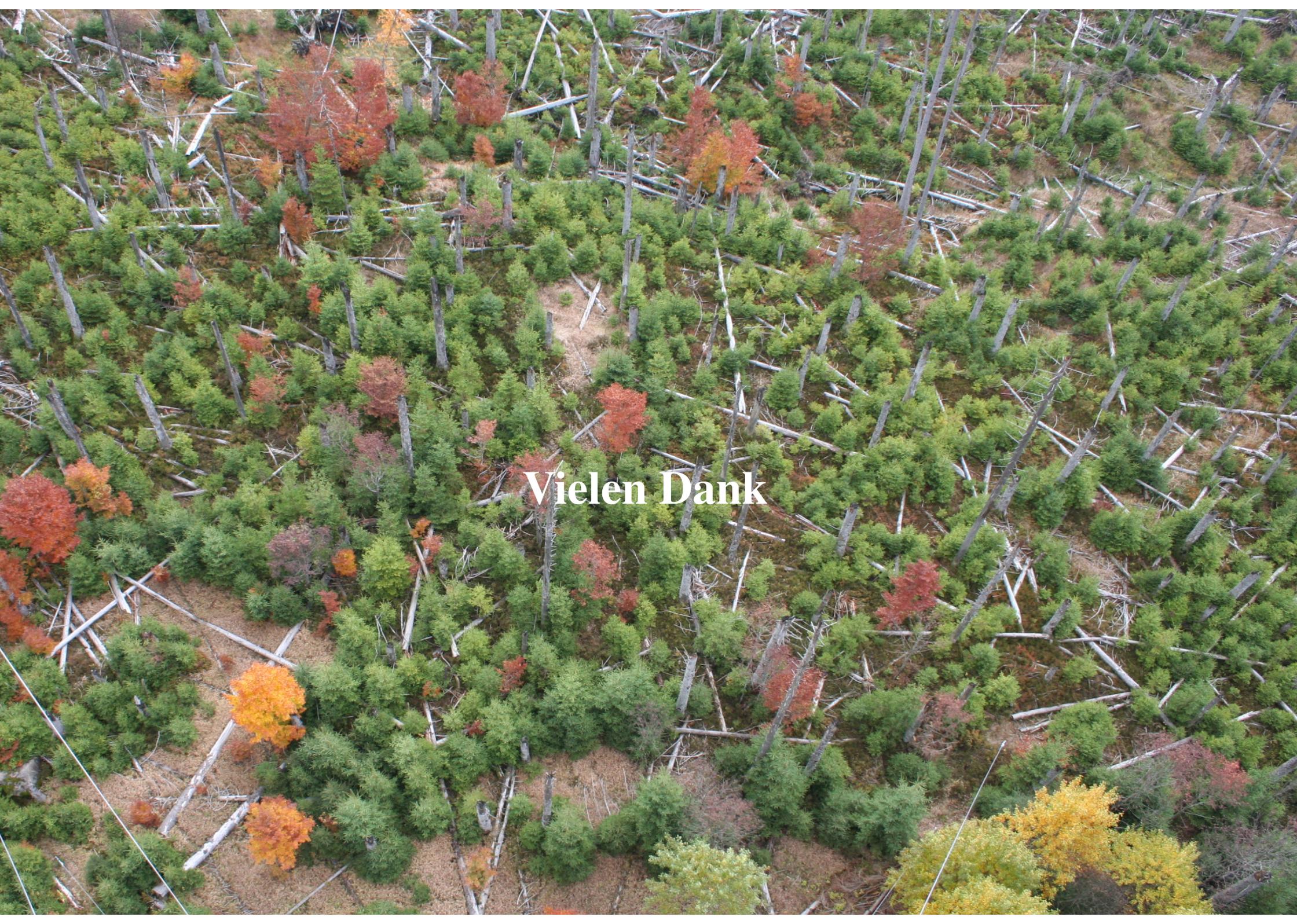
Forstmanagement unabhängig & signifikant zur Störungszunahme durch Borkenkäferbefall bei (**anthropogen**)

Klimawandel unabhängig & signifikant zur Störungszunahme durch Borkenkäferbefall bei (**anthropogen**)

Neben der chronischen, durch Immissionen bedingten ökosystemaren Versauerung ist auch die störungsbedingte eine weit überwiegend **anthropogene Versauerung**



Seidl et al 2011 Global Change Biology

An aerial photograph of a forest landscape. The ground is covered with a dense layer of dead, grey tree trunks and branches, suggesting a recent disturbance like a fire or storm. Interspersed among the dead wood are several living trees. Some are vibrant green, while others show autumn colors in shades of orange, red, and yellow. The overall scene is a mix of decay and new growth.

Vielen Dank