

Einleitung

- Wasserqualität im Wald hängt überwiegend von natürlichen und anthropogenen Standortfaktoren ab
- Bodenschutzkalkung, Bestandesstruktur sowie Störungen der Bestandesstruktur (Sturm & Borkenkäferbefall) beeinflussen die Sicker- und Bachwasserqualität



Ziel:
Quantifizierung des Potentials
forstlicher Maßnahmen zur
Verbesserung der Wasserqualität



Fragen

Kann man verallgemeinerbare Aussagen über den Einfluss von forstwirtschaftlichen Maßnahmen bzw. Störungen der Bestandesstruktur auf das Bachwasser treffen? Wenn ja, wie stark ist der Einfluss?

Material & Methoden

- Wasserqualität von **86 Bächen** in Deutschland und Frankreich
- bewaldete Mittelgebirgsregionen
- Bäche unterscheiden sich durch:
 - Standorteigenschaften, Topographie, Boden, Geologie, Klima, Deposition, forstliche Maßnahmen und Störungen
 - Beobachtungszeiträume (Start: 1980-2001, Ende: 1990-2009)
 - periodische Probenahme, aggregiert zu Monatsmittel

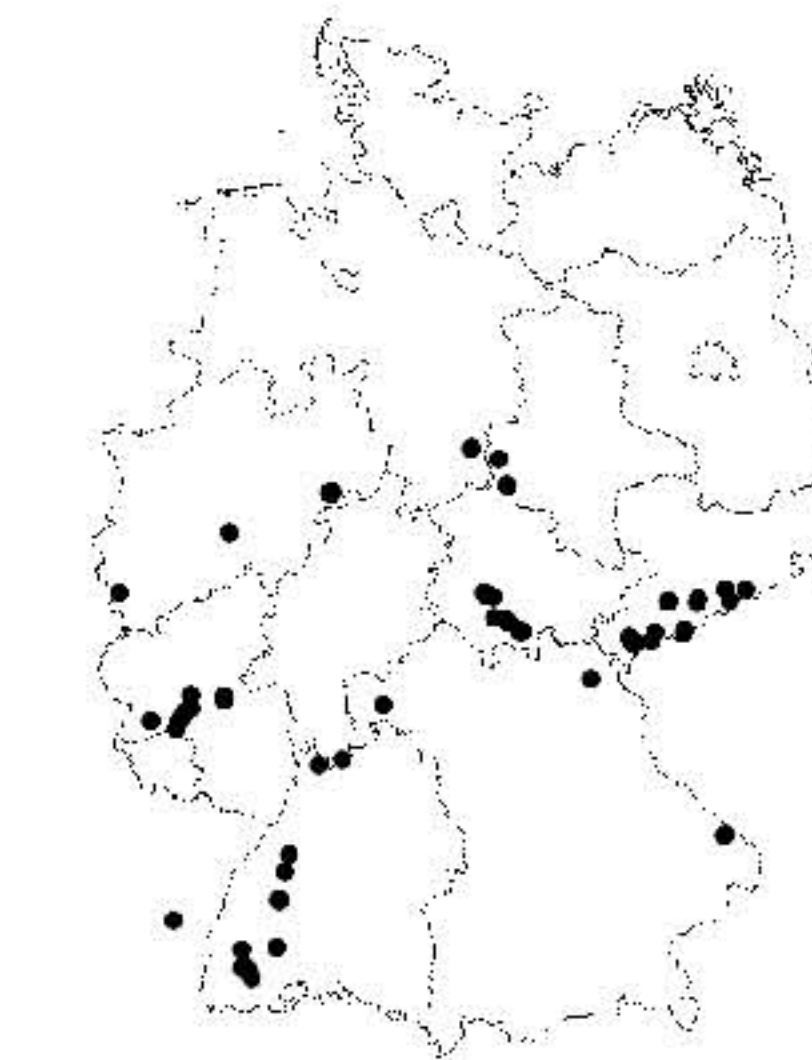
Untersuchte Zielgrößen der Wasserqualität:

- NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} und Mg^{2+}
- Versauerungsquotient $\text{VQ} = (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) / (\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^- + \text{Cl}^-)$
- pH Wert
- Reaktionsprodukte (Al^{3+} , Mn^{2+})
- Huminstoffe (DOC)

Statistische Analysen & Modelle:

- Bestandesstruktur, Sturmflächen: Mann-Whitney-U-Test
- Borkenkäferbefall: Bruchpunktanalyse & Wilcoxon Rangsummentest
- stufenweise vorwärts Regression
- Hauptkomponentenanalyse (PCA)

Ergebnisse - Bestandesstruktur



- 78% Nadelwald (Hauptbaumart Fichte), 19% Mischwald und 3% Laubwald (Hauptbaumart Buche)



Effekte Bestandesstruktur

- Waldtypuntersuchung: Mischwälder unterscheiden sich hinsichtlich der Gewässerchemie nicht signifikant von Nadelwäldern (für Laubwälder keine Aussage, da Gebietsanzahl zu gering für Statistik)
- Untersuchung zu %Anteilen von Nadel-, Misch- oder Laubwald: keine Abhängigkeit zur Gewässerchemie beobachtbar

Ergebnisse – Kalkung/Sturm/Borkenkäfer

Maßnahme	Gekalkte Gebiete ¹	Sturmgebiete ²	Borkenkäfergebiete
Anzahl N=86	73	50	3
Al^{3+}	↑ (**)	n.s.	↑ (***) ³
Ca^{2+}	↑ (***)	n.s.	↑ (***) ³
Cl^-	↑ (***)	↓ (**)	↓ (***) ³
DOC	n.s.	n.s.	↑ (***) ³
Mg^{2+}	↑ (**)	↓ (*)	↑ (***) ³
Mn^{2+}	↑ (**)	n.s.	↑ (***) ³
NO_3^-	↑ (*)	n.s.	↑ (***) ³
pH	n.s.	n.s.	↓ (***) ³
SO_4^{2-}	↑ (***)	↓ (**)	↓ (***) ³
VQ	n.s.	n.s.	↑ (***) ³

Signifikanzlevel p zwischen 0 *** 0.001 ** 0.01 * 0.05 n.s. 1

¹ Untersuchungszeitraum 2000-2009

² Unterschiede zwischen <20% (~ Einzelbaumentnahme) und 20-80% (~Streifenschlag) Lothar- Sturmereignissen 1999

³ nur in 2 EG beobachtet, für 1 EG keine Al^{3+} und pH Werte; ~85% Totholzfläche (~Kahlschlag); Bruchpunkt 1996 und 2005



Effekte Kalkung

- langfristig signifikante Unterschiede zwischen unterschiedlich stark gekalkten EG

Effekte Sturm

- kaum signifikante Unterschiede zwischen klein- und großflächigen Sturmschäden



Effekte Borkenkäfer

- Hoch signifikante Veränderung durch Absterben der Bäume → Freisetzung von NO_3^- , Al^{3+} und Nährstoffelementen

Ergebnisse – stufenweise vorwärts Regression

1999-2001	Abhängig von (absteigende Reihenfolge stark > schwach):	Modell R ²
Al^{3+}	Gefälle, Gebietsgröße	0.44
Ca^{2+}	Niederschlag, Gefälle, Silikatverwitterung	0.71
Cl^-	Niederschlag, %Sturmfläche, Silikatverwitterung, %Landwirtschaft	0.56
DOC	Gefälle, %Moor, %Kalkung 1980-2001	0.68
Mg^{2+}	Niederschlag, %Magmatite, EG-Höhe, %Metamorphite, %Kalkung 1997-2001	0.85
Mn^{2+}	Gefälle, EG-Form	0.56
NO_3^-	%Braunerde, %Wald, EG-Höhe, Rechtswert	0.58
pH	%Moor, EG-Größe, Gewässernetzdichte, EG-Höhe	0.47
SO_4^{2-}	Niederschlag, %Sturmfläche, SO_4 -Deposition, % Kalkung 2001, %Laubwald	0.85
VQ	Gefälle, %Magmatite, EG-Form	0.54

Ergebnisse stufenweisen vorwärts Regression

- Gefälle für Al^{3+} , DOC, Mn^{2+} und VQ wichtigste beeinflussende Variable → bei PCA = Komponente der Versauerungsprodukte (Ausnahme VQ)
- Niederschlag für Ca^{2+} , Cl^- , Mg^{2+} und SO_4^{2-} wichtigste beeinflussende Variable → bei PCA = Komponente der Neutralsalzen (Verdünnungseffekt)
- NO_3^- durch N-Umwandlungsprozesse im Boden bestimmt und nicht direkt verbunden mit N-Deposition
- Kalkungen und Sturmwurfflächen → begrenzten Einfluss auf Gewässerchemie

Schlussfolgerung

Allgemein gültige Aussagen zur Wirksamkeit der Maßnahmen, ohne die spezifischen Standorteigenschaften genauer vor Ort zu untersuchen, lassen sich aufgrund der stark heterogenen Datenbasis und der geringen Datenbasis bei Borkenkäferbefall nicht treffen.