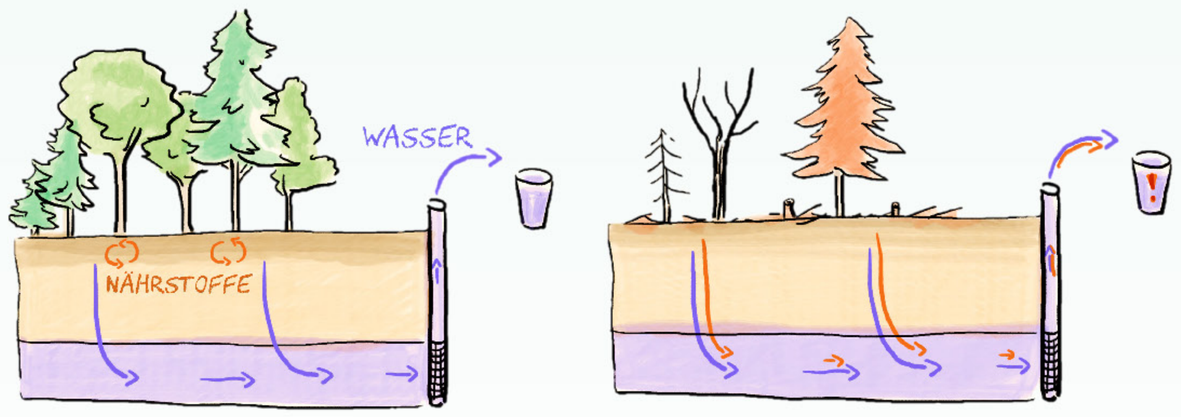
Der Einfluss von Waldsterben auf sauberes Wasser in Deutschland

Felix Radtke [1,4], Carolin Winter [1], Kerstin Stahl [1], Teja Kattenborn [2], Markus Weiler [3], Florian Schnabel [4]

Hintergrund & Motivation des Promotionsvorhabens

Intakte Wälder binden Stickstoff
in pflanzlicher Biomasse
- Förderung stabiler Stoffkreisläufe und reduzierter Nitratauswaschung
- Weniger Nitrat gelangt in tiefere Bodenschichten und das Grundwasser
- Schutz der wichtigsten Trinkwasserressource in Deutschland



Vom intakten Wald zum Risiko für das Trinkwasser (Winter et al., 2025)

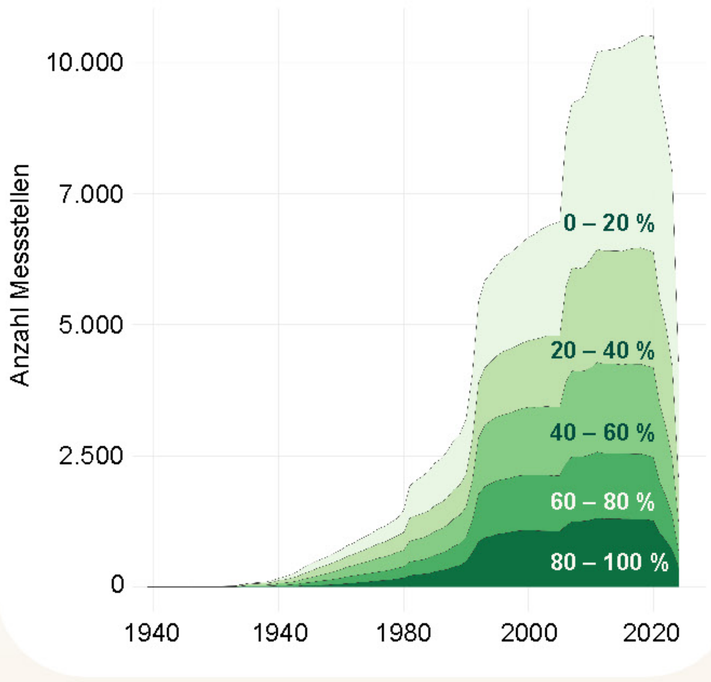
Abgestorbener Wald unterbricht Nährstoffkreisläufe
- Reduzierte Nitrataufnahme
- Erhöhte Mineralisation
- Erhöhte Perkolation

→ **Filterfunktion gestört**

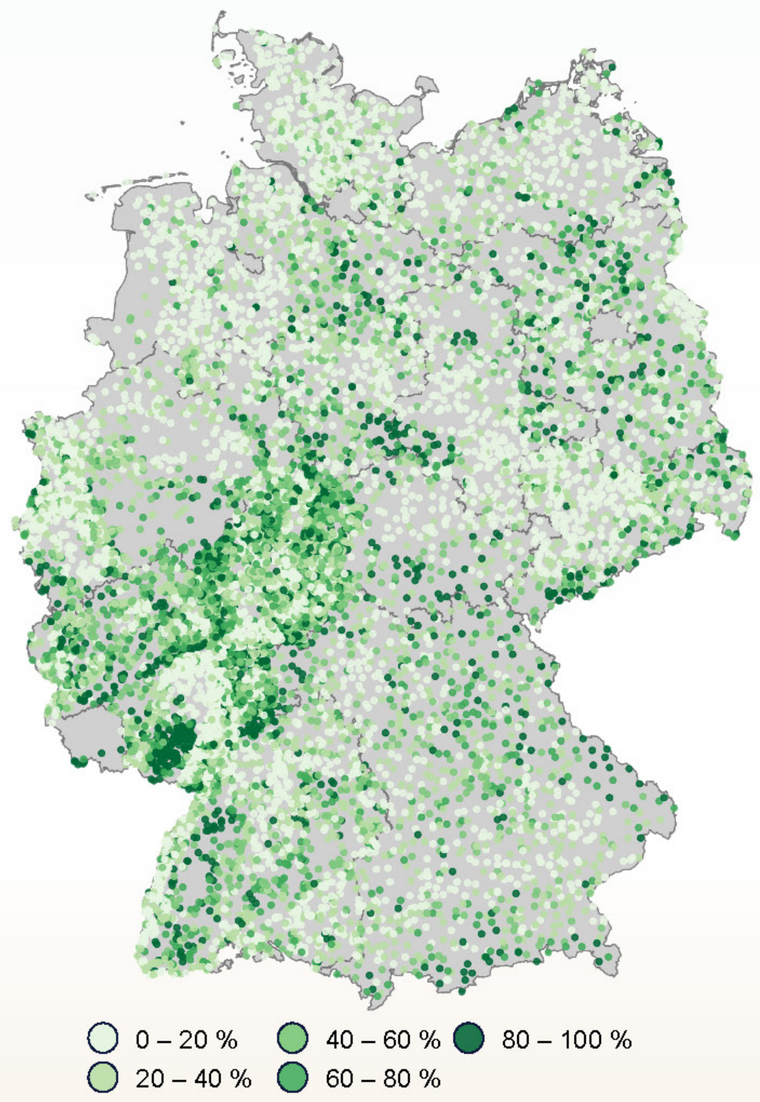
Nitratgehalt im Grundwasser kann durch Waldsterben erhöht werden. (Winter … Stahl … und Schnabel et al., 2025)

Nitratkonzentrationen

Bundesweite Zeitreihen als Grundlage für Nitratkonzentrationen im Grundwasser und Grundwasserstände
- Erster konsolidierter deutschlandweiter Datensatz
- 17.060 bewaldete Messstellen
- Ø 34 % Waldanteil in 1-km-Radius
- Ergänzender bundesweiter Grundwassergleichen-Datensatz aktuell im Aufbau



Zeitreihenverfügbarkeit pro Jahr und Waldanteil

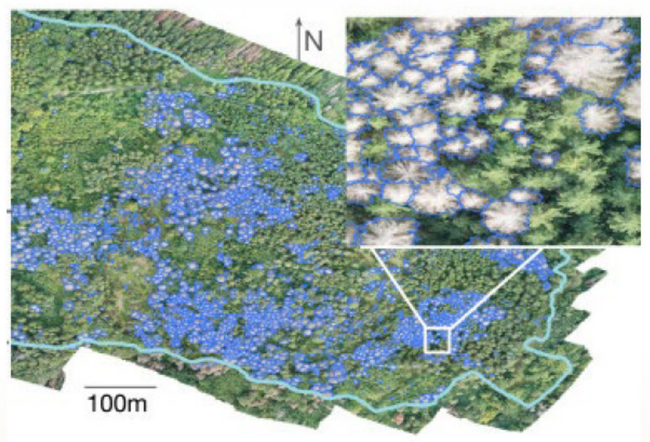


Nitratmessstellen und Waldanteil

Waldsterben

deadtrees.earth als Datengrundlage für Waldsterben
- Hochaufgelöste Drohnendaten, hochskaliert über Fernerkundung und Machine Learning
- Erfassung von Waldbedeckung und stehendem Totholz
- Deutschlandweit jährlich verfügbar in 10 m Auflösung

→ Räumliche Verknüpfung von jährlichem Waldsterben mit Nitratkonzentrationsänderungen



Orthophoto mit identifiziertem stehendem Totholz (Mosig et al., 2026)

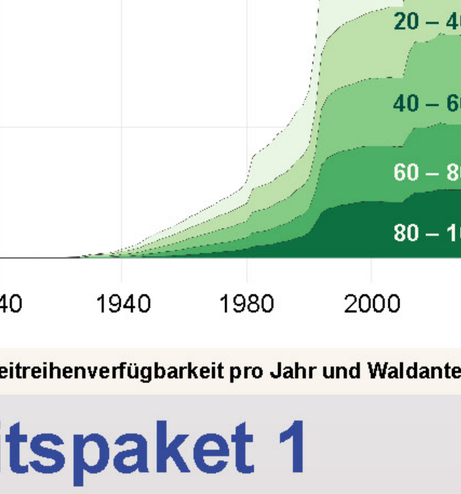
deadtrees.earth

Arbeitspaket 1

Wie beeinflusst Waldsterben Nitratkonzentrationen im Grundwasser und welche **biotischen und abiotischen Standortfaktoren** modifizieren diesen Zusammenhang?

Abiotische Standortfaktoren
- Temperatur
- Niederschlag
- Verdunstung
- Exposition

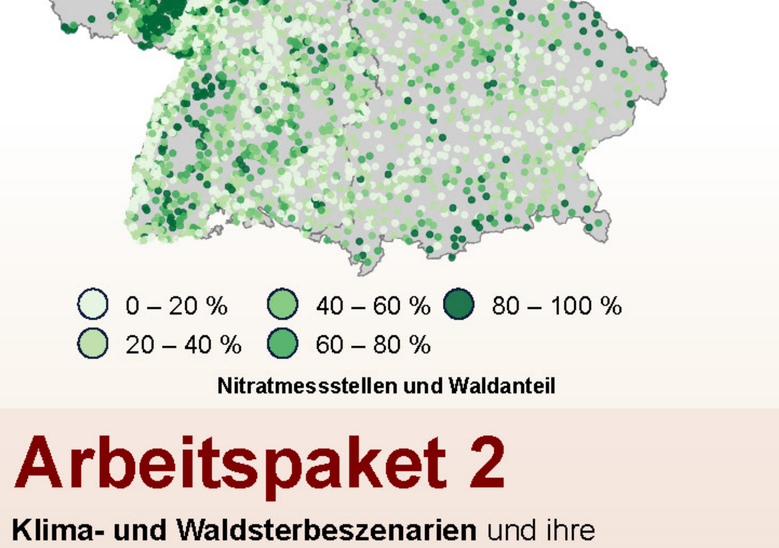
Biotische Standortfaktoren
- Laubwald
- Mischwald
- Nadelwald



- Boden
- Hydrogeologie

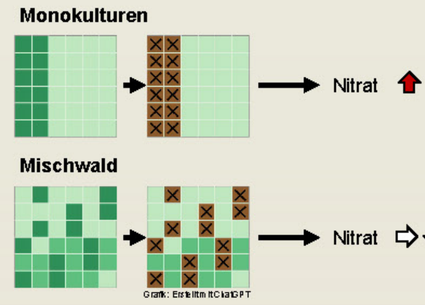
Arbeitspaket 2

Klima- und Waldsterbeszenarien und ihre Auswirkung auf die Nitratkonzentration im Grundwasser in Folge von Waldsterben. Welche Standorte sind besonders gefährdet?



Arbeitspaket 3

Können **Baumartenmischung und Vorausverjüngung** einen Anstieg der Nitratkonzentration im Grundwasser verringern oder ganz verhindern?



Baumartenmischung
Stirbt eine Baumart ab, ist die Mortalität räumlich weniger konzentriert. Dadurch sinkt die Varianz, auch wenn der Mittelwert unverändert bleibt.

Vorausverjüngung
(bestehende Naturverjüngung unter dem Kronendach) kann nach Waldsterben freigesetztes Nitrat schnell aufnehmen.

Ziele

Prozessverständnis
- Waldsterben und Nitratkonzentrationen
- Biotische und abiotische Schlüsselprädiktoren

Risikokarten
Aktuelle und szenarien-basierte, zukünftige Hotspots für Nitratanstiege nach Waldsterben

Handlungsempfehlungen
Handlungsempfehlungen für Waldbau in Trinkwasserschutzgebieten

Interdisziplinäre Arbeit in Hydrologie, Waldbau und Fernerkundung, getragen von vier Professuren mit thematischer Erfahrung

(1) Professur für Umwelthydrosysteme, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
(2) Professur für Sensorbasierte Geoinformatik, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
(3) Professur für Hydrologie, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
(4) Professur für Waldbau, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Kontakt: felix.radtke@waldbau.uni-freiburg.de www.hydro.uni-freiburg.de

Winter et al. (2025). Forest Dieback in Drinking Water Protection Areas – A Hidden Threat to Water Quality. Earth's Future, 13(4), Article e2025EF006078. https://doi.org/10.1029/2025EF006078
Mosig et al. (2026). deadtrees.earth — An open-access and interactive database for centimeter-scale aerial imagery to uncover global tree mortality dynamics. Remote Sensing of Environment, 332, 115027. https://doi.org/10.1016/j.rse.2025.115027

universität freiburg