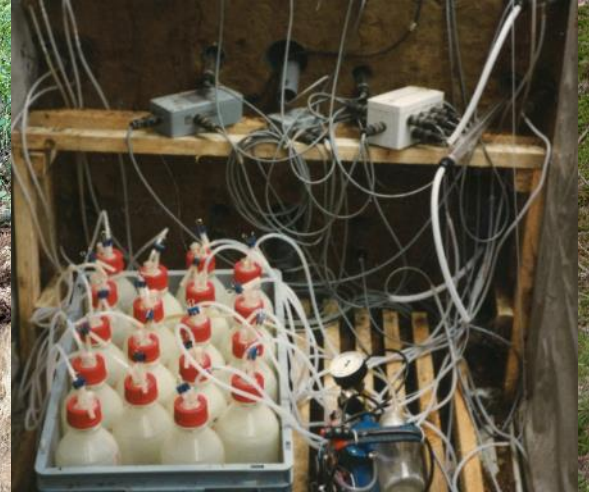
Waldbodentagung:
Vitale Waldböden für multifunktionale Wälder
Schwerte, 25. Juni 2024



Energieholzernte und stoffliche Nachhaltigkeit von Waldböden in Deutschland

Bernd Ahrends[1], Wendelin Weis[2], Christian Vonderach[3], Heike Puhlmann[4], Carina Sucker[4], Klaus von Wilpert[4]

[1] *Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt, Abteilung Umweltkontrolle*

[2] *Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Abteilung 2 Boden und Klima*

[3] *Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Freiburg, Abteilung Biometrie und Informatik*

[4] *Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Freiburg, Abteilung Boden und Umwelt*

Gefördert durch:
FNR Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.
Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

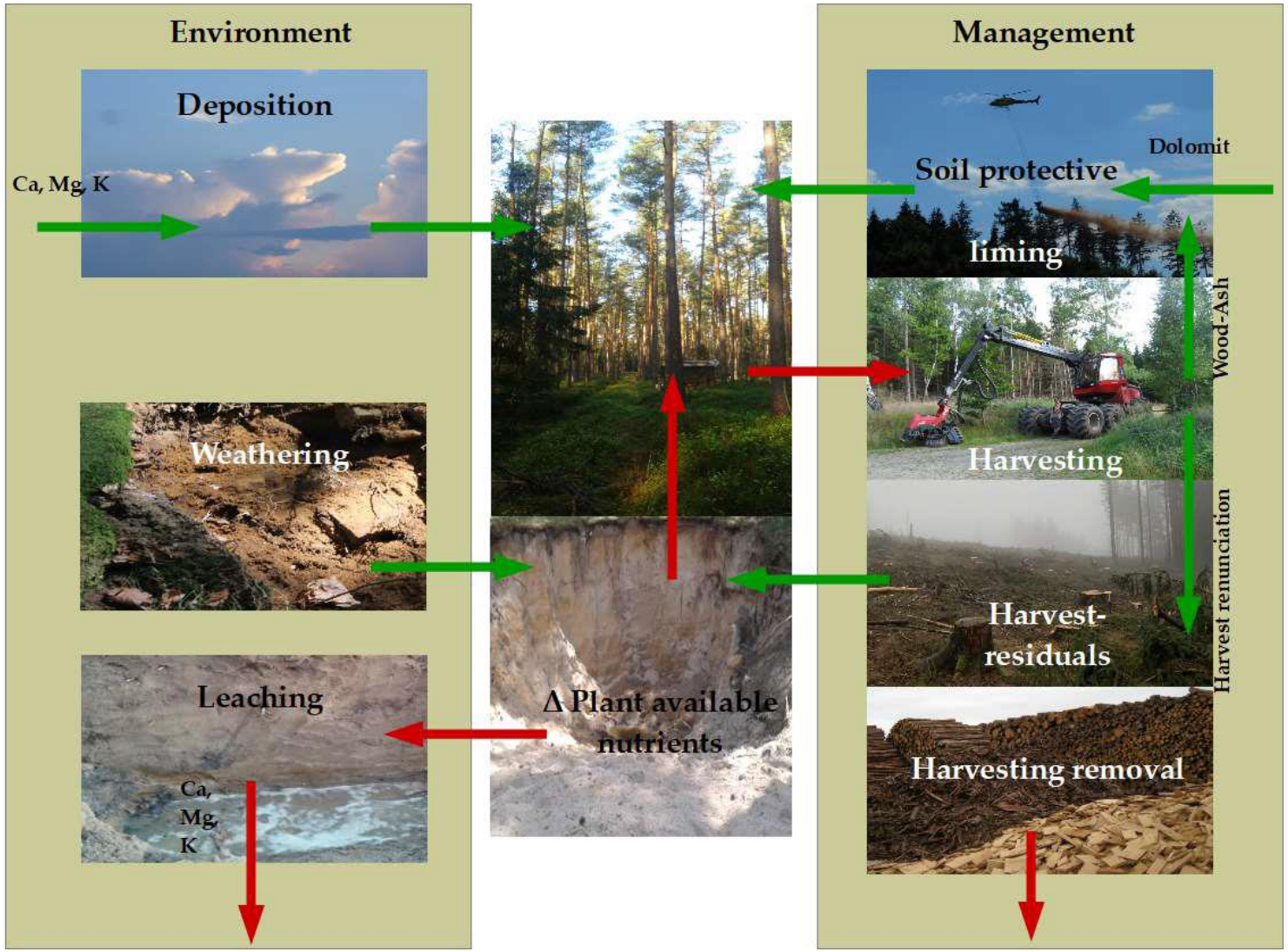
Motivation

- Die Nutzung von Holz als Quelle **erneuerbarer Energie** gewinnt weiter an Bedeutung
- Die **Intensivierung der Energieholzernte** ist mit erhöhten Nährstoffexporten verbunden
- **Bewertung** von nutzungsbedingten Nährstoffentzügen in Wäldern über **Nährstoffbilanzen** unter Berücksichtigung regionaler Verhältnisse (Klima, Boden)
- Das Projekt **EnNa** untersuchte deutschlandweit an den Punkten der Bundeswaldinventur (**BWI**) in welcher **Intensität Energieholz** genutzt werden kann, ohne die Nährstoffressourcen langfristig zu gefährden
- Der Begriff **stoffliche Nachhaltigk**eit bezieht sich deswegen auf die **Nährstoffverfügbarkeit der Waldböden** und nicht auf die Holzbiomassemenge

Nutzen

- Ziel ist eine **standortgerechte Biomassenutzung** unter Erhaltung der natürlichen Nährstoffressourcen
- Dafür entwickelte EnNa einen **methodischen Rahmen** für Management-entscheidungen auf Grundlage von **Nährstoffbilanzen**
- **Einsatzmöglichkeiten** sind z.B.:
  - Regionalplanung von Heizkraftwerkskapazitäten
  - Planung der Energiegewinnung aus nachwachsenden Rohstoffen
  - Planung langfristig wirtschaftlicher Holzerntestrategien (Risikominimierung)
  - Nährstoffmanagementsysteme

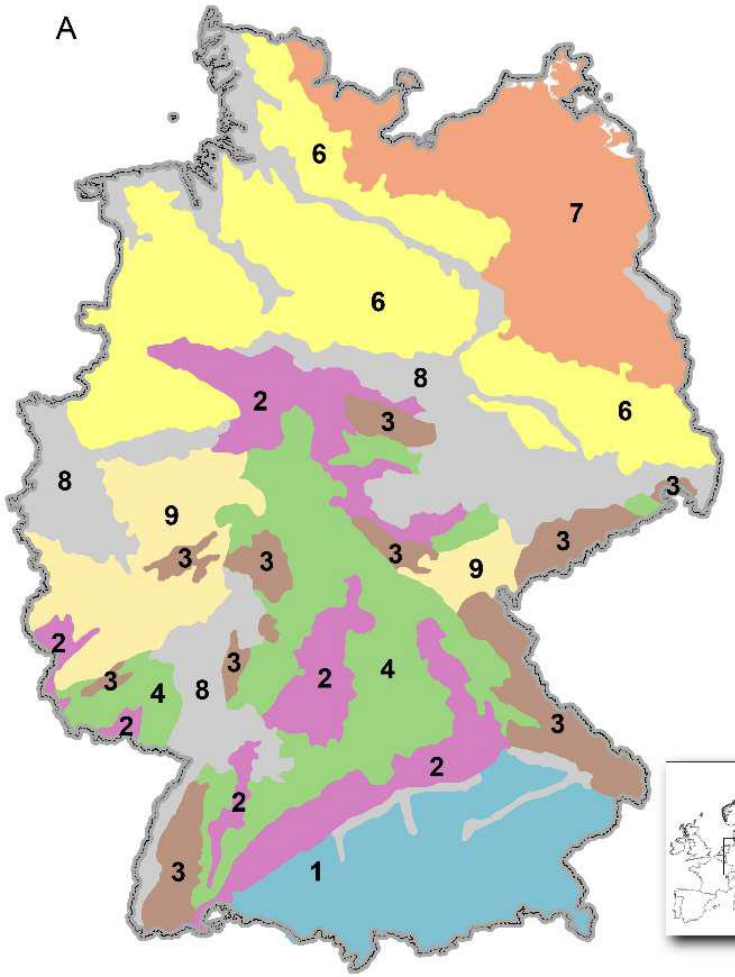
Untersuchungsansatz



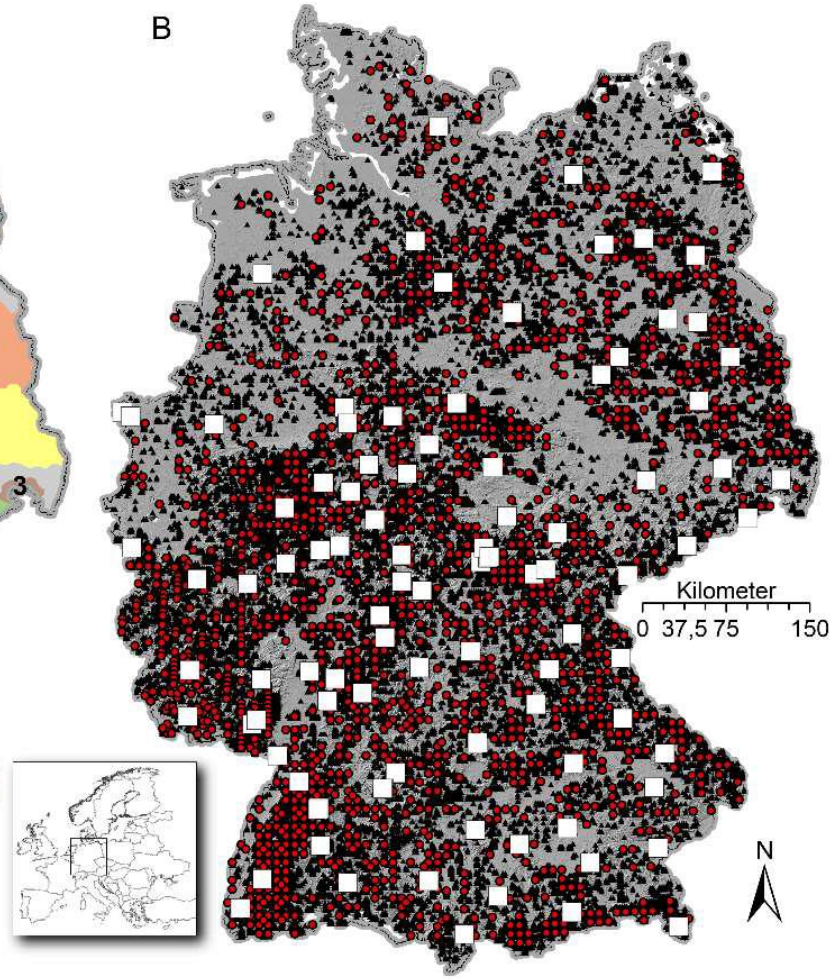
Ahrends et al. (2022)

Datenbasis - Umweltmessnetze

Geodaten (Boden, DGM, usw.)

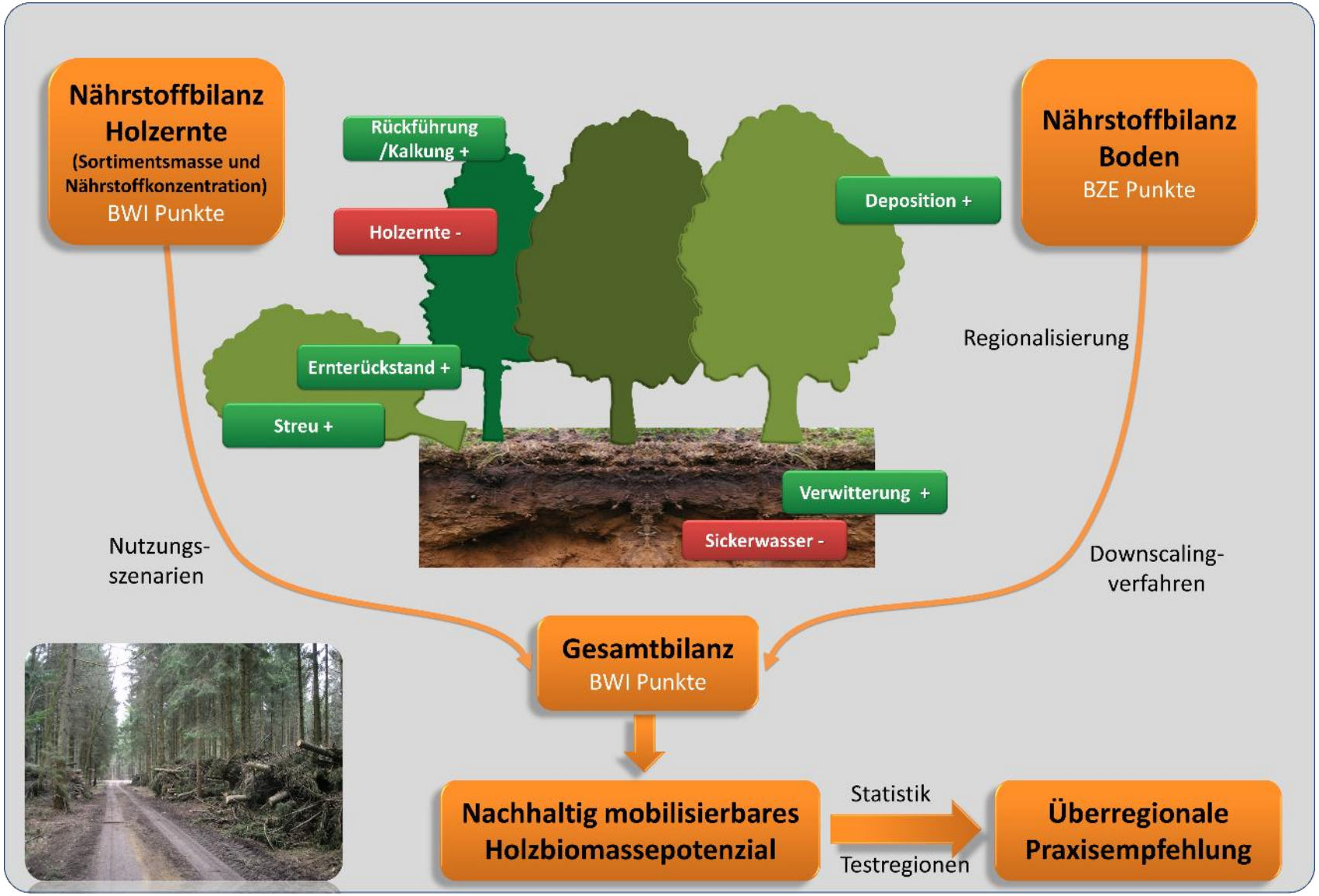


Bodenzustandserhebung (BZE)
Intensiv Monitoring (Level II)



Bundeswaldinventur (BWI

Ahrends et al. (2022)



Sucker et al. (2016)

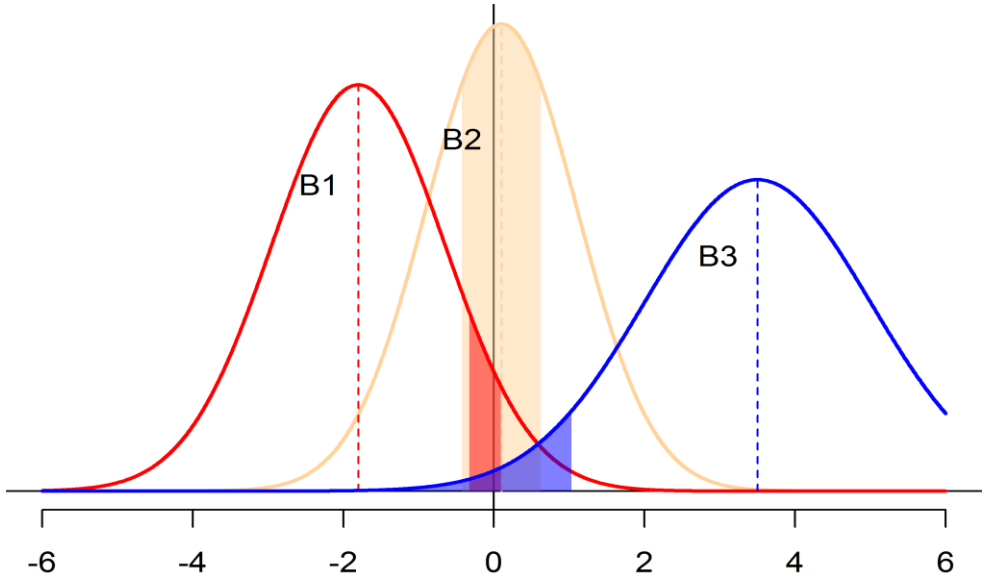
Nährstoffbilanz – Annahmen und Grenzen

- Bilanzglieder können voneinander **unabhängig** berechnet werden
- Annahme eines langfristig stabilen **Fließgleichgewichts**
- Vernachlässigung **kurzfristiger Effekte** auf den Nährstoffkreislauf durch Bewirtschaftung oder Kalamitäten
- Im Projekt: Berücksichtigung der Nährstoffkationen Ca, Mg, K; N (vielerorts nach wie vor Überschreitung der Critical Loads) und **P (schwer bilanzierbar)** werden vorerst vernachlässigt
- Erklärung negativer Bilanzen: Humusabbau, fortschreitende **Bodenversauerung** (Folge hoher N- und S-Einträge)
- **Kalkung** nicht berücksichtigt: Für die BWI fehlen belastbare Angaben zur Kalkung in Teilen des Bundesgebietes.
- Auf Kalk- oder Dolomitstandorten wird die Bilanz von Ca und Mg wegen der hohen Mobilisierbarkeit aus dem primären Gestein als ausgeglichen angenommen

Nährstoffbilanz – Unsicherheiten durch Monte-Carlo-Simulationen

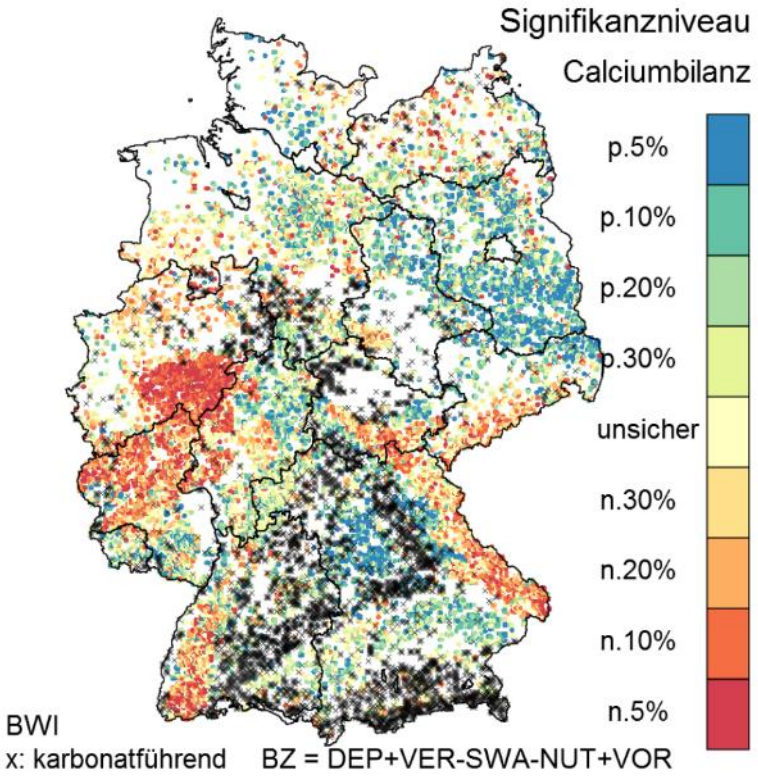
Aus den Wahrscheinlichkeitsdichten der MC-Simulationen wurde das Signifikanzniveau für das Auftreten von negativen bzw. positiven Element-bilanzen ermittelt. Die Begriffe signifikant und schwach signifikant sind mit Irrtumswahrscheinlichkeiten von $\alpha \leq 0{,}05$ und $0{,}05 < \alpha \leq 0{,}1$ belegt.

- **B1:** schwach signifikant negativ ($0{,}05 < \alpha \leq 0{,}10$)
- **B2:** weist zwar geringfügig mehr positive als negative Realisierungen auf, dies ist jedoch statistisch nicht signifikant
- **B3:** signifikant positive ($0{,}05 < \alpha \leq 0{,}1$) Bilanzsimulationen. Hier wird der Wert Null mit über 95 % Sicherheit ausgeschlossen

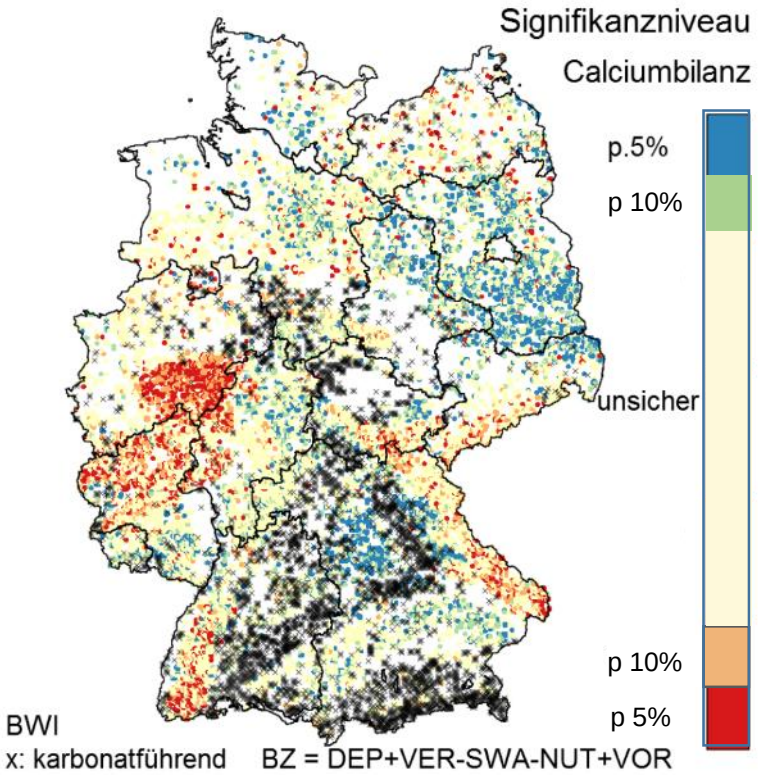


Ahrends et al. (2018)

Ergebnisse – Signifikanzniveaus



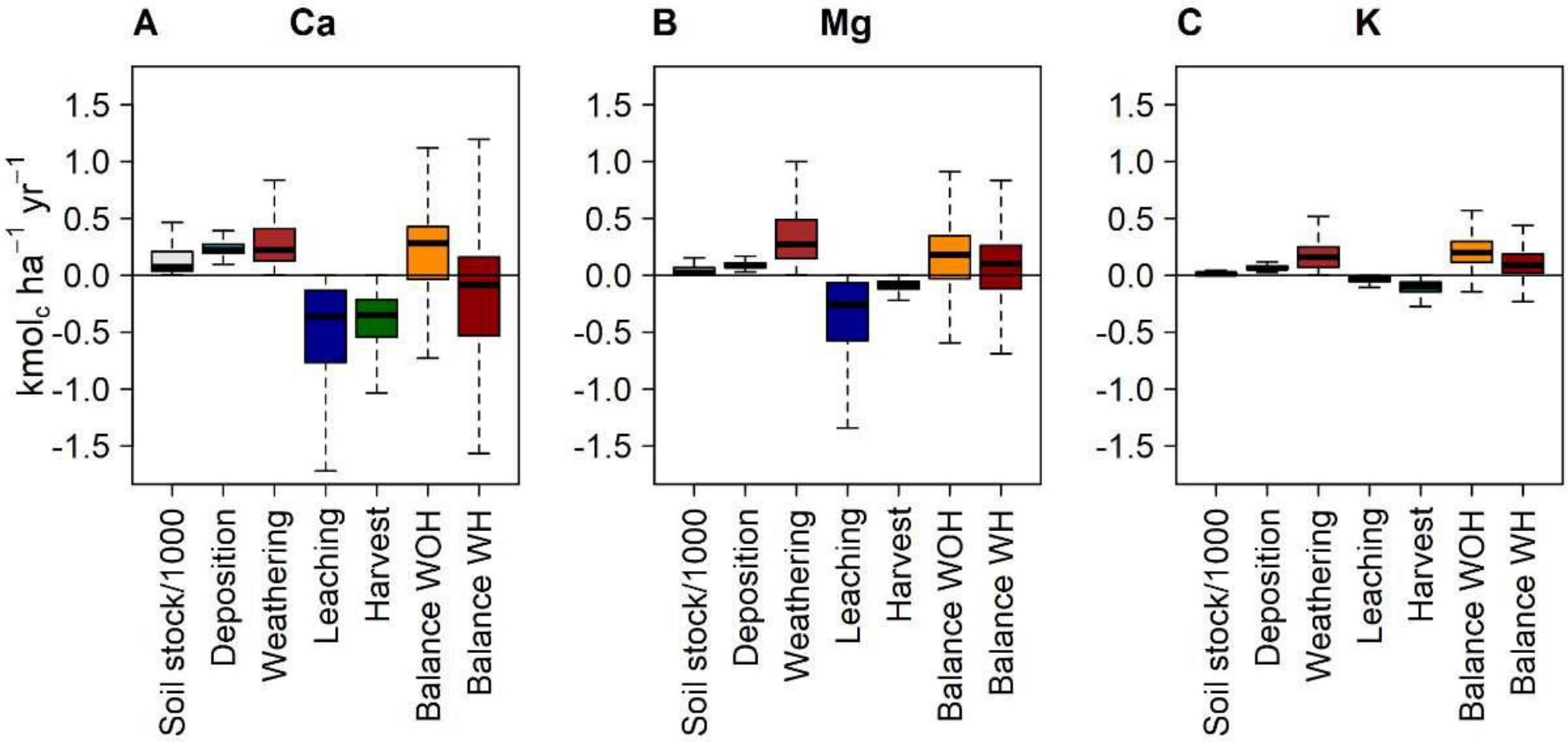
Vorsorgeprinzip
§1 BBodSchG



„Wissenschaftlich“

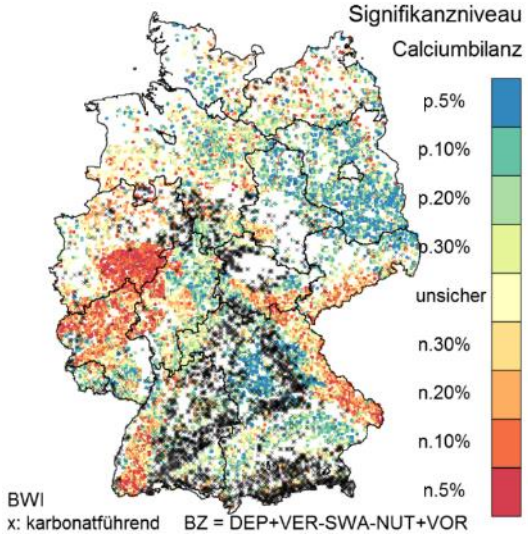
Ahrends et al. (2022a)

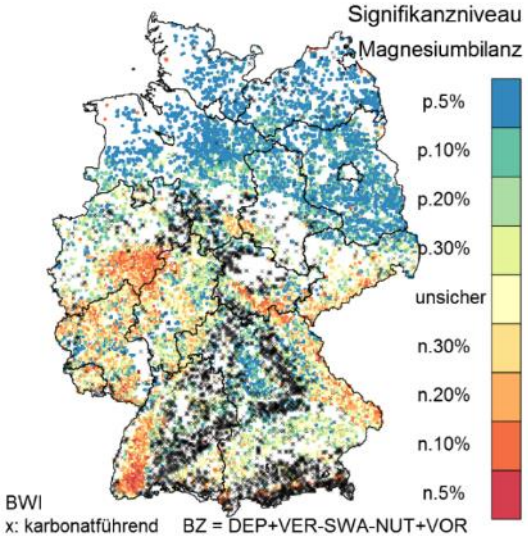
Ergebnisse – Bedeutung der Bilanzglieder

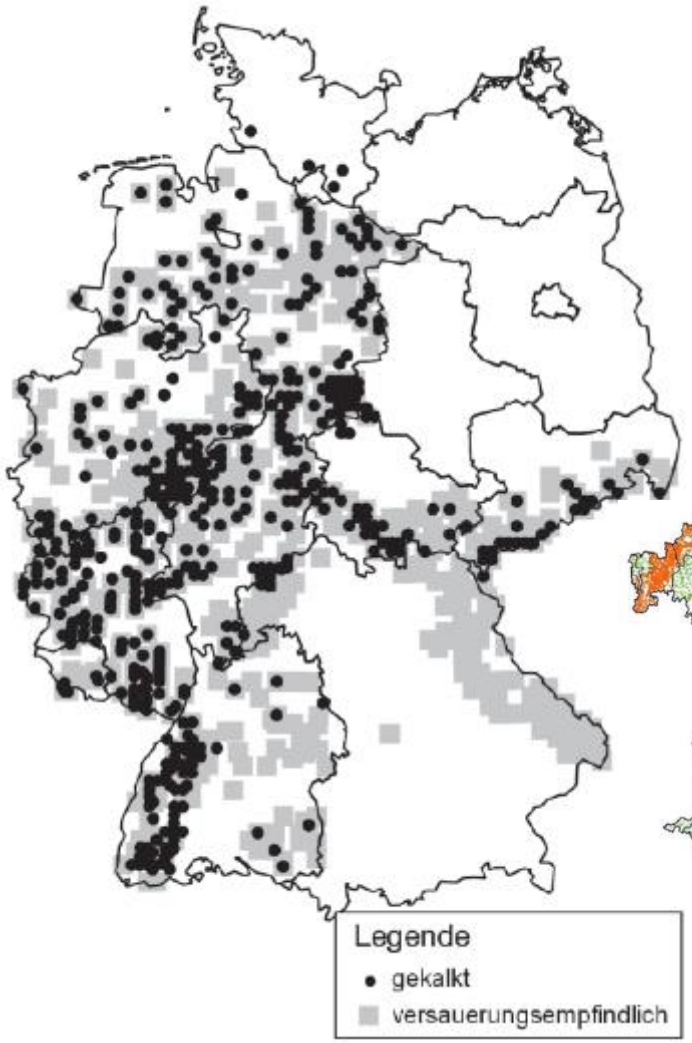


Ahrends et al. (2022a)

Ergebnisse - Plausibilisierung der regionalen Verteilung







Grüneberg et al. (2016)

Stetter (2010)

Nutzungsszenarien

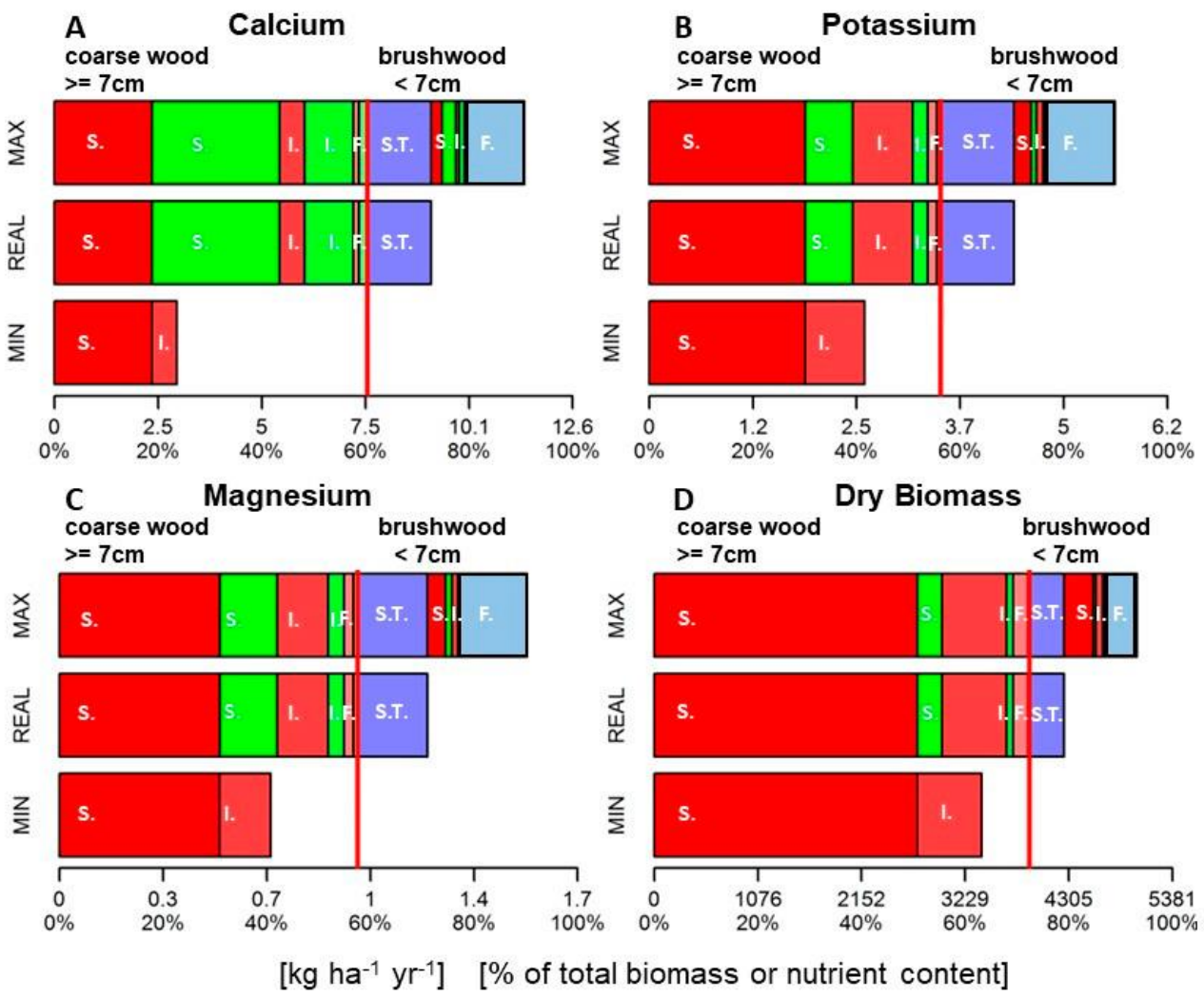
- **Das Szenario ‚Min' ist das nährelementschonendste Szenario.** Die Nutzung beschränkt sich auf Stamm- und Industrieholz. Zusätzlich findet, wie von Heppelmann et al. (2016) vorgeschlagen, eine Entrindung des Derbholzes im Bestand statt. Damit werden die nährstoffreichsten Teile (Kronenmaterial und Rinde) komplett auf der Fläche belassen und stehen dort als Nährstoffquelle zur Verfügung.

- **Das Szenario ‚Real' bildet eine derzeit weit verbreitete Nutzungsintensität ab.** Die Hauptsortimente sind Stammholz (Sth), Industrieholz (Ih) und Energieholz (Eh). Es wird also das gesamte Derbholz mit Rinde abzüglich von 10 % Ernteverlusten geerntet. Die Nutzungsgrenze liegt bei einem Zopfdurchmesser von 7 cm. Die Ernte erfolgt maschinell und zur Bodenschonung werden die Rückegassen armiert.

- **Das Szenario ‚Max' bildet die im Vergleich höchste Ernteintensität ab.** Das gesamte Derbholz wird ohne Abzüge für technische Ernteverluste als Stamm-, Industrie-, oder Energieholz genutzt. Weiterhin werden unter den gleichen Annahmen wie im Szenario ‚Real' Reisigmatten auf den Rückegassen angelegt. Dieses Szenario entspricht somit weitgehend einer Vollbaumnutzung.

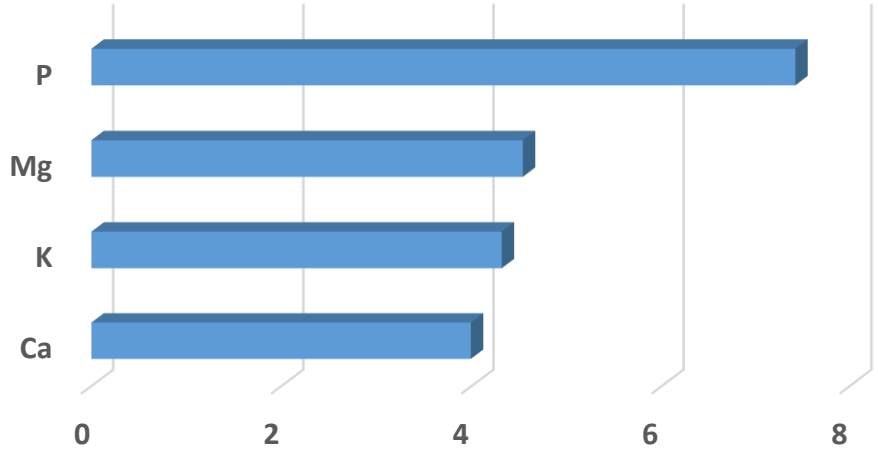
Von Wilpert et al. (2018)

Nutzungsszenarien – Biomasse und Nährstoffexporte



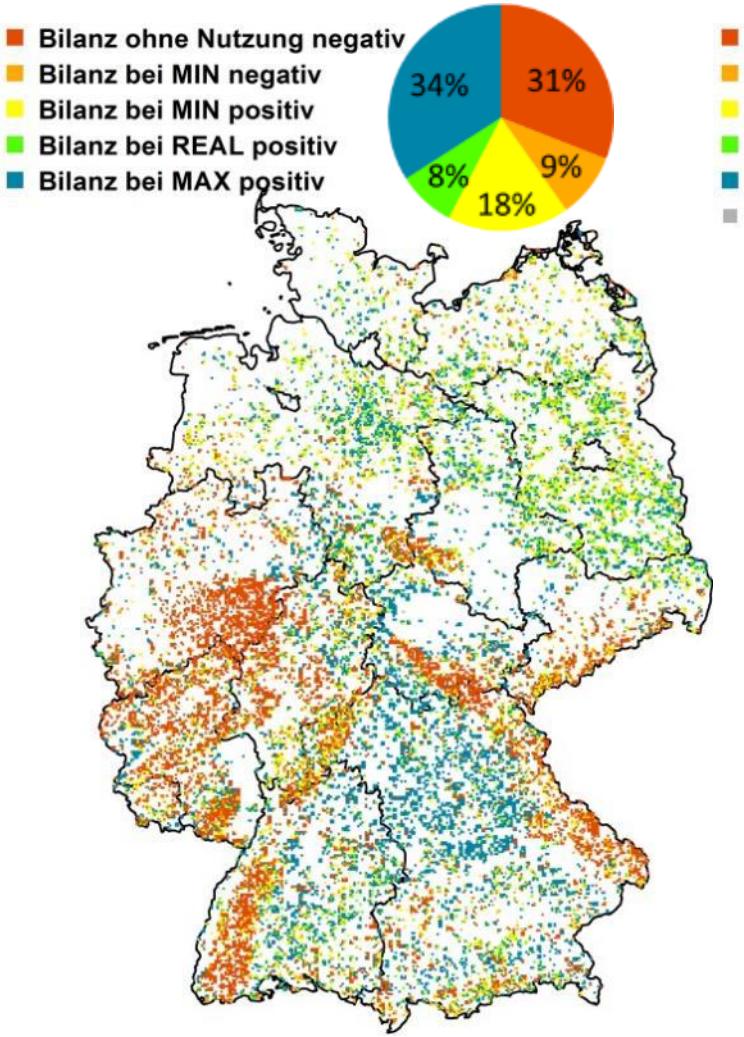
Ahrends et al. (2022a)

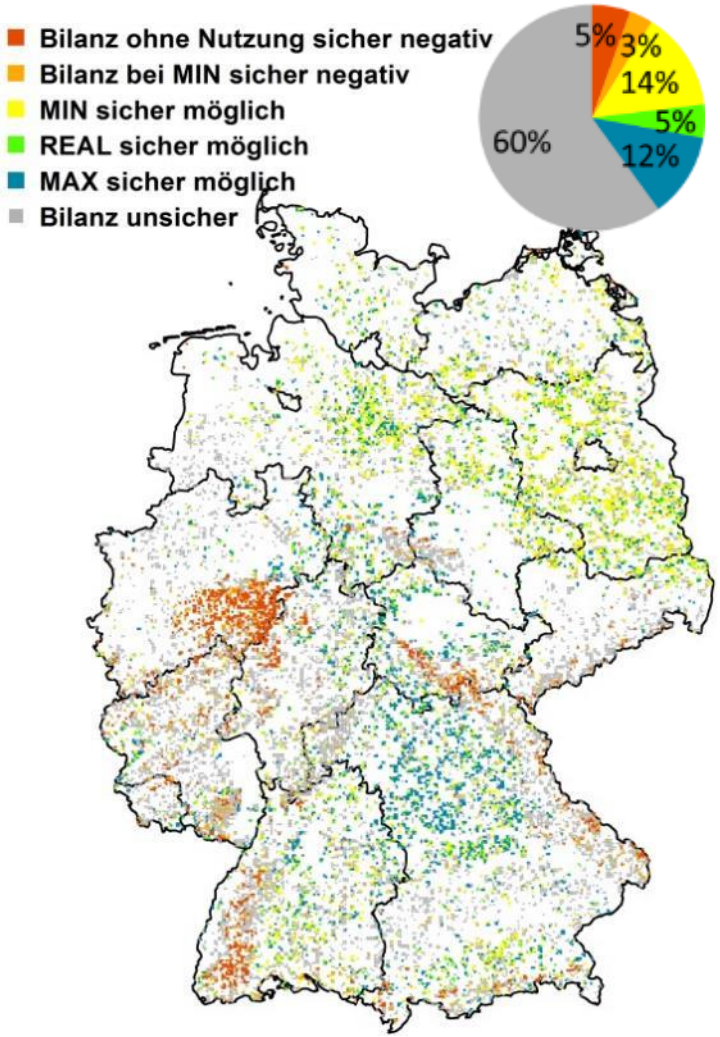
Verhältnis Nichtderbholz zu Derbholz für Fichten



Rumpf et al. (2018)

Verteilung der ohne Abbau der Ca-, Mg- und K-Vorräte im Boden bedienbaren Nutzungsszenarien

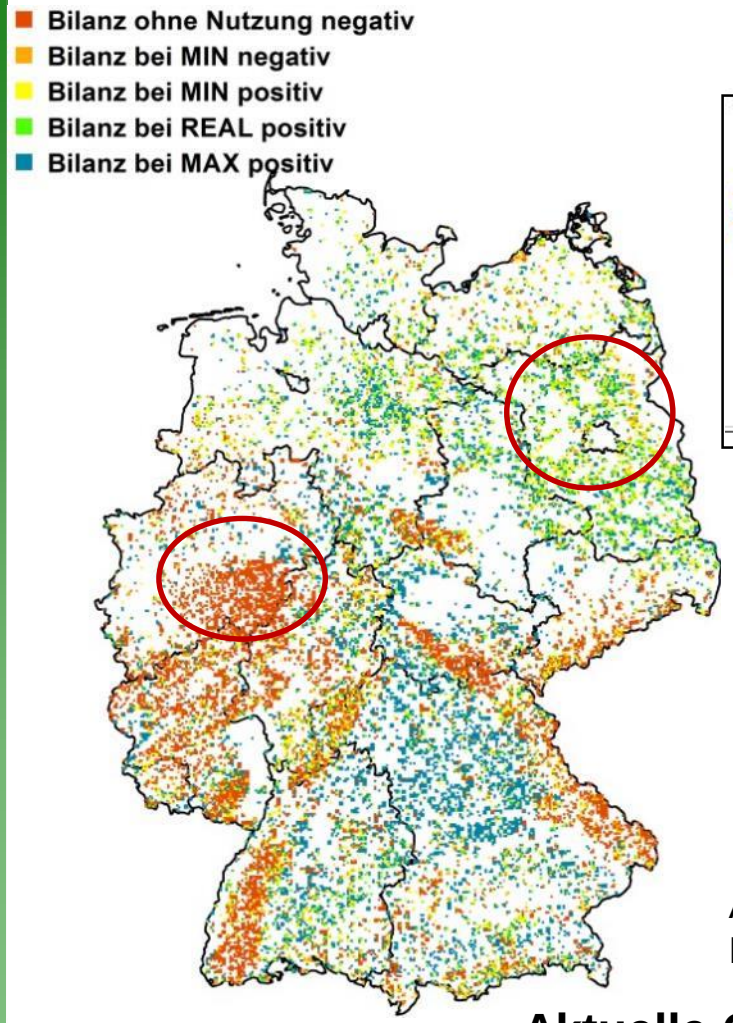




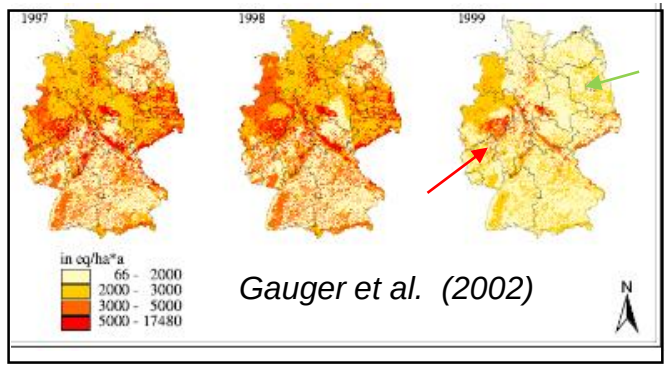
- **Linke Abb.:** Gesamtbilanz nicht negativ (**Vorsorge-Ansatz**)
- **Rechte Abb.:** Punkte mit **sicher negativen Stoffbilanzen** bereits ohne bzw. bei minimaler Nutzung, Punkte mit sicher positiven Gesamtbilanzen im jeweiligen Nutzungsszenario und Punkte mit unsicheren Bilanzen (Irrtumswahrscheinlichkeit $p \geq 0{,}1$). (**Wissenschaftlicher Ansatz**)

Von Wilpert et al. (2018)

Erklärungsansätze für die nach standortskundlicher Erfahrung unplausibel niedrigen Nutzungsmöglichkeiten im Sauerland gegenüber höheren Nutzungsmöglichkeiten auf armen Standorten

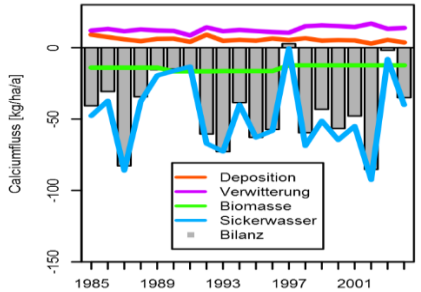


Remobilisierung von SO_4 aus Deposition



Im NW Deutschlands Deposition von Sulfat überdurchschnittlich hoch. Dieses wird in Lehmböden z.B. als Jurbanit zwischengespeichert und bei Absinken der S-Deposition remobilisiert und „schleppt“ mit dem Sickerwasser Ca, Mg, K mit. In kolloidarmen Sandböden wird viel weniger S zwischengespeichert, da auch bei starker Versauerung kaum Al für die Bildung von Jurbanit freigesetzt wird.

Ca-Leaching durch NO_3 Austrag (Högelwaldstudie in Bayern)



Fichten nehmen Stickstoff ausschließlich in Form von Ammonium auf. Andere Baumarten wie Buche (v.Wilpert 2008) aber auch Kiefer können Nitrat direkt aufnehmen oder kämmen weniger aus (Mellert et al. 2005). Deshalb ist die Nitratauswaschung und damit auch der Austrag der das Nitrat begleitenden Basen (Ca, Mg, K) viel geringer.

Ca, Mg, K Export mit der Holzernte

Aus wüchsigen Fichtenbeständen beträgt der Basenexport mit der Holzernte ein Vielfaches des Exports aus schwachwüchsigen Kiefernbeständen.

Aktuelle Ca, Mg, K Bilanzen zeigen nicht das langfristige Wachstumspotential

Die Basenbilanz im Sauerland zeigt die dort besonders hohe Notwenigkeit von Bodenschutzkalkungen auf, wenn die wertvolle Holzressource der dortigen Wälder in der bisherigen Intensität genutzt werden soll.

Bedarfsabschätzung zum Ausgleich signifikant negativer Ca- und Mg-Bilanzen

		Bilanz positiv oder unsicher	Bilanz negativ		
			Ca und/oder Mg negativ, K positiv	Ca und/oder Mg negativ, K negativ	
Signifikante Bilanzdefizite (p < 0,1)	Fläche [ha]	8832605	1625254	180331	
	Anteil am Gesamtwald [%]	81,4	15,0	1,66	
	Mittleres Wiederholungsintervall der Kalkung [a]		19	5	
	Jährliche Behandlungsfläche [ha/a]		84961	38651	
	Anteil der Behandlungsfläche am Gesamtwald [%/a]		0,78	0,36	

Szenario REAL

Konservative Strategie (nur signifikant negative Bilanzen werden behandelt): **1,63 Mio ha** Kalkung, **0,18 Mio ha** Kalkung+K

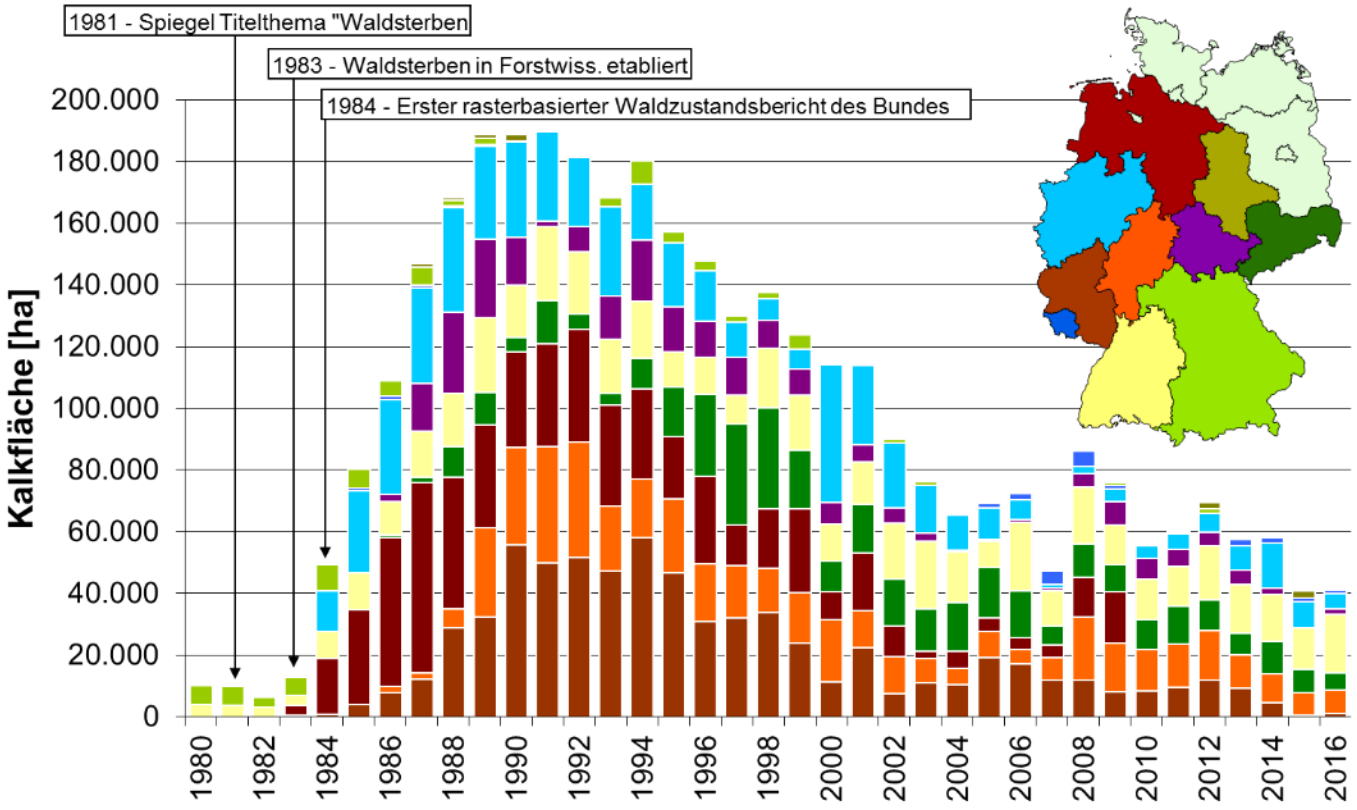
Kostenschätzung/Jahr in Dtschl. für **Konserv. Strat.: ca. 47 Mio €/a.**

Wenn alle negativen Bilanzen im sinne einer Vorsorgestrategie behandelt werden, wäre der Aufwand ca. doppelt so hoch

* K-Applikation kann mit zertifizierter Holzasche oder mit K-Sulfat erfolgen

Von Wilpert et al. (2018)

Ergebnisse – Dynamik der Kalkungsaktivitäten



Kalkungsaktivitäten in Deutschland (Andreae und Jacob 2018)

Der Spiegel Nr. 47/15.11.1981

Schlussfolgerungen

- Eine **nachhaltige Bewirtschaftung** von Waldböden setzt voraus, dass der Nährstoffexport durch die Holz- und Biomasseernte **langfristig** die Nährstoffzufuhr durch Verwitterung und Deposition nicht übersteigt.
- Wir empfehlen eine **Unterscheidung zwischen Standorten**, an denen negative Nährstoff-bilanzen vor allem auf:
  - **Ernteexporte** zurückzuführen sind, und solchen,
  - an denen Nährstoffvorräte vor allem durch hohe atmosphärische **Schwefel- und Stickstoffeinträge** abgenommen haben.
- Die **Nährstoffbilanzen und ihre Unsicherheiten** sind je nach Geologie, Böden, Klima, Ablagerungsgeschichte und Waldbestandsmerkmalen **sehr unterschiedlich**, so dass zuverlässige Berechnungen auf lokalen oder regionalen Informationen über diese Faktoren der Nährstoffbilanz beruhen müssen.

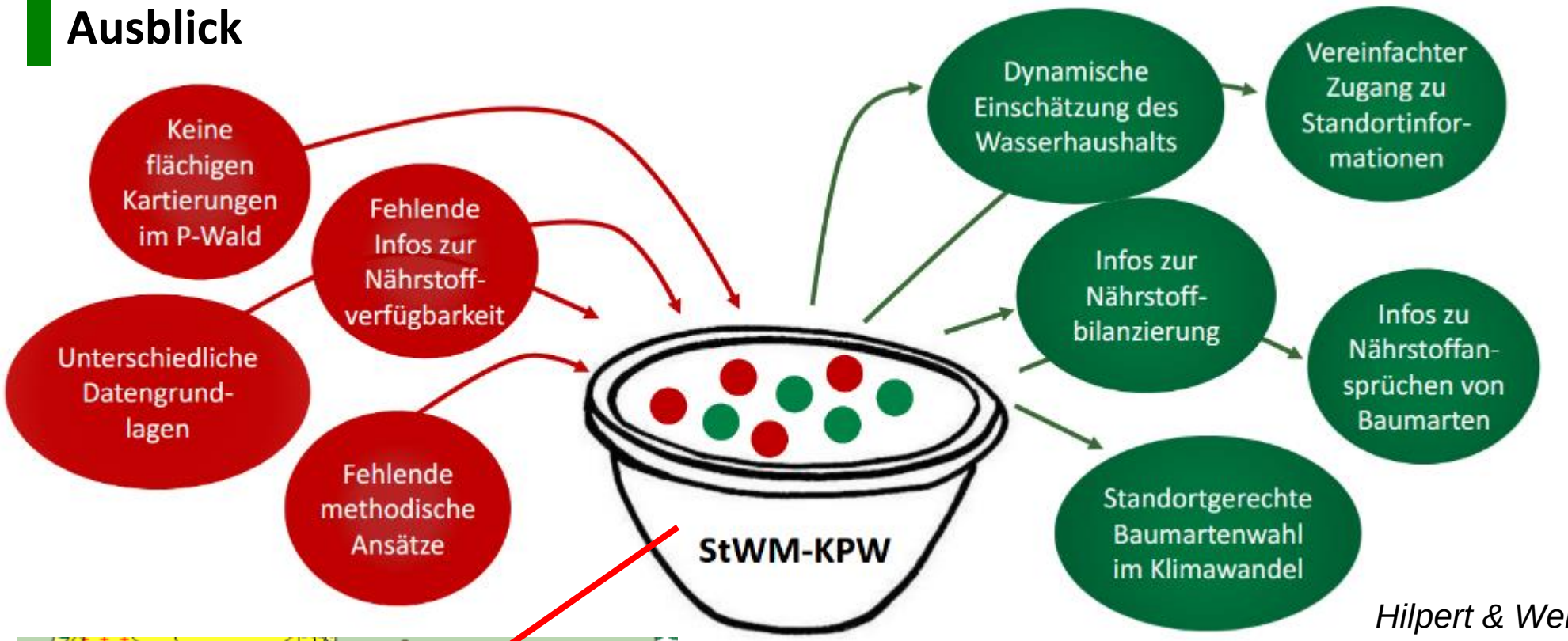
Schlussfolgerungen

- Auf einigen Standorten kann die **Verringerung der Nutzungsintensität** dazu beitragen, eine nachhaltige Nährstoffversorgung zu erreichen.
- **Alternativ oder zusätzlich** können Nährstoffe zugeführt werden, z. B. durch Waldkalkungen. Allerdings müssen hier mögliche negative Nebeneffekte (Nitratausträge, Veränderungen in der Boden- und Pilzflora) berücksichtigt werden.
- Die analysierten Ernteszenarien zeigen, dass **Vollbaumnutzung** einen großen Einfluss auf den Nährelementhaushalt von Waldböden hat. Es werden zusätzliche Biomassekompartimente (Zweige, Äste, Rinde, Nadeln) entfernt, die viel **höhere Elementgehalte** als Stammholz aufweisen.
- Dies birgt ein großes **Risiko der Standortverschlechterung**, das bei jeder Bewirtschaftung berücksichtigt werden muss. Keine Zuwachsverluste im Stammholz riskieren!
- Die Möglichkeit, die **Bewirtschaftungsintensität** an Standorten zu **erhöhen**, an denen die Nährstoffbilanzen deutlich positiv sind (12 % der NFI-Standorte), ermöglicht zumindest einen partiellen Ausgleich für Reduktionen an empfindlichen Standorten.

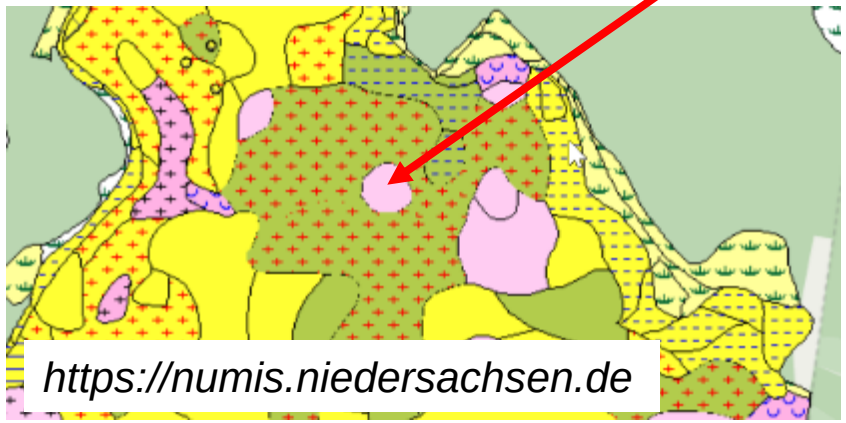
Schlussfolgerungen

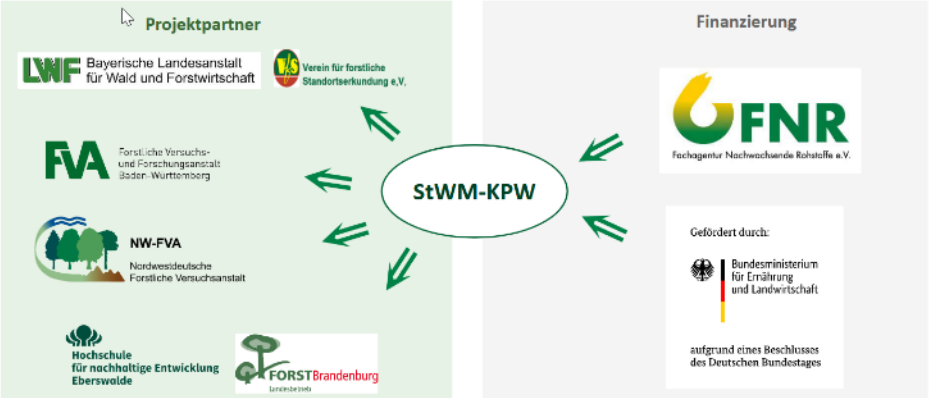
- Auf Standorten mit **geringen Nährstoffvorräten** sollten positive Bilanzsalden der Nährstoffe zunächst für eine **Verbesserung des Standortspotenzials** verwendet werden.
- Die Ergebnisse dieser Studie liefern wertvolle **Informationen für Praktiker** und umwelt**politische Entscheidungsträger**.
- Nährstoffbilanzen können leicht an sich **ändernde Umweltbedingungen angepasst** werden. Zukunftsfähigkeit!
- Etablierung des Ansatzes für die Bewirtschaftungseinheiten der forstlichen **Standortskartierung** und Einbeziehung in die Entscheidungshilfen zur **klimaangepassten Baumartenwahl** der einzelnen Bundesländer.

Ausblick



Hilpert & Wellhausen (2023)





Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Fotos: Silva Weicken