

BODENDAUERBEOBACHTUNG IN RHEINLAND-PFALZ

Drusba A.¹ & Goldschmitt, M.¹

Anlass und Zielsetzung

Die Bodendauerbeobachtung dient als Werkzeug zur Beschreibung des jeweils aktuellen Zustandes von Böden sowie der Erfassung langfristiger Veränderungen hinsichtlich anthropogener Schadstoffeinträge und des Klimawandels.

Konzept

Im Jahr 2009 wurden durch das Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz 16 Bodendauerbeobachtungsflächen (BDF) auf forstlichen Umweltkontrollstellen eingerichtet. Diese liegen in industriefernen Reinluftgebieten, die ausschließlich durch atmosphärischen Eintrag gekennzeichnet sind.^[1]

BDF	Standortbezeichnung	bodenbildendes Ausgangsgestein	Bodentyp (Schurf, EP Status 2009)	Bestand/Streufall (Status 2009)
2	Merzalben	Sandstein (Buntsandstein)	Podsolige Braunerde	Laubbaum/Blätter
4	Waldmohr	Sandstein (Oberkarbon)	Braunerde	Laubbaum/Blätter
5	Kirchheimbolanden	Rhyolith (Rotliegend)	Lockerbraunerde	Laubbaum/Blätter
11	Schneifel 2	Ton- und Siltstein (Devon)	Braunerde	Laubbaum/Blätter
13	Neuhäusel 1	Bimslapilli, Lösslehm (Quartär)	Lockerbraunerde	Laubbaum/Blätter
14	Neuhäusel 2	Sandstein (Devon)	Lockerbraunerde (Schurf, EP1), Podsol-Braunerde (EP2)	Laubbaum/Blätter
15	Hagenbach	fluviatiler Sand (Quartär)	Gley (Schurf, EP2), Braunerde-Gley (EP1)	Laubbaum/Blätter
1	Kandel/Schaidt	fluviatiler Sand (Quartär)	Gley-Podsol	Nadelbaum/Nadeln
3	Johanniskreuz	Sandstein (Buntsandstein)	Podsol (Schurf, EP2)/Braunerde-Podsol (EP1)	Nadelbaum/Nadeln
6	Idar-Oberstein	Quarzit (Devon)	Braunerde-Podsol	Nadelbaum/Nadeln
7	Morbach	Quarzit (Devon)	Lockerbraunerde	Nadelbaum/Nadeln
8	Adenau	Silt- und Feinsandstein (Devon)	Braunerde-Podsol	Nadelbaum/Nadeln
9	Hermeskeil 1	Sandstein (Devon)	Pseudogley-Podsol (Schurf)/ Podsol-Braunerde (EP1)/Podsol (EP2)	Nadelbaum/Nadeln
10	Hermeskeil 2	Sandstein (Devon)	Pseudovergleyte Lockerbraunerde (Schurf), Podsol-Braunerde (EP1, 2)	Nadelbaum/Nadeln
12	Schneifel 1	Quarzit (Devon)	Pseudovergleyte Podsol-Braunerde (Schurf), Podsol-Braunerde	Nadelbaum/Nadeln
16	Wallmerod	Basalt (Tertiär)	Podsoliger Pseudogley	Nadelbaum/Nadeln

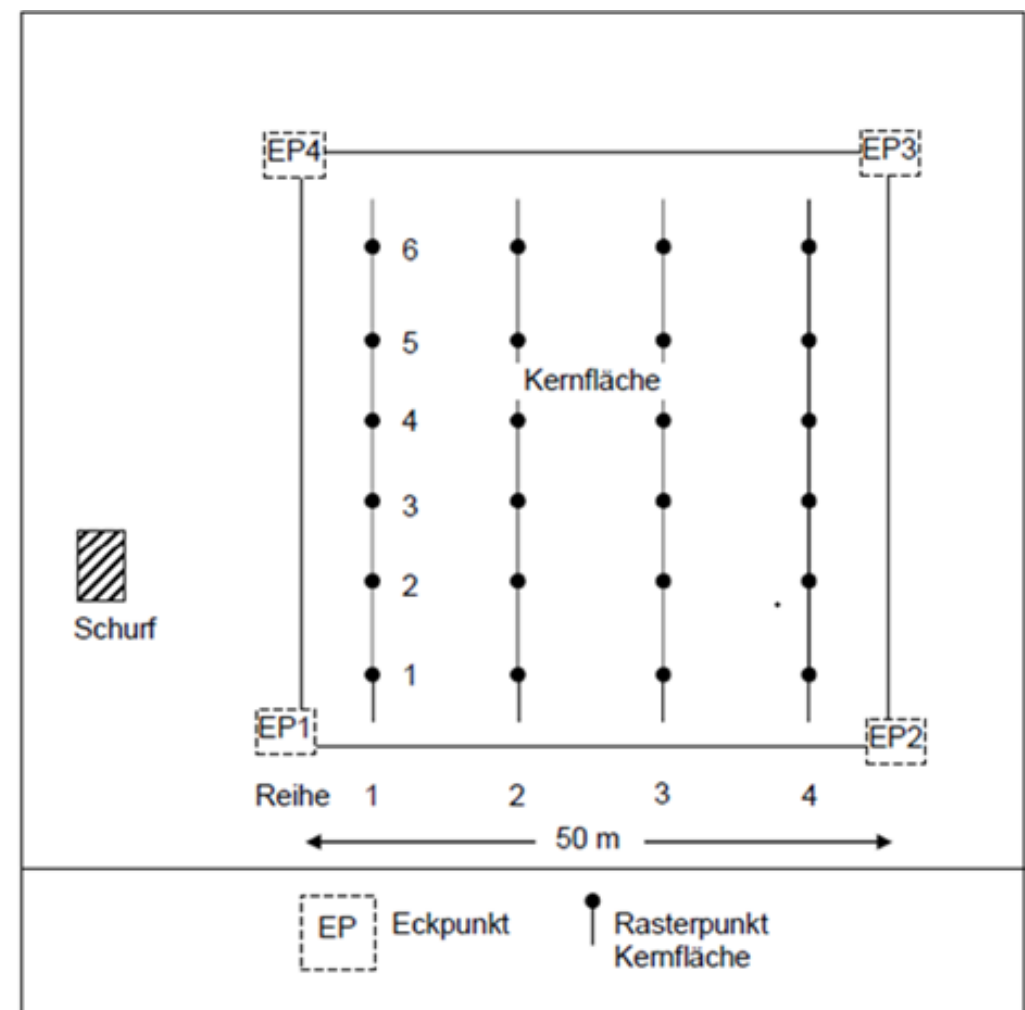


Abb. 2 Beprobungsschema BDF RLP.

Probennahme

Eine Bodendauerbeobachtungsfläche besteht aus einer Kernfläche mit einer Kantenlänge von 50 m. Diese Fläche umfasst 4 Reihen mit jeweils 6 Rasterpunkten (Abb. 2). Die Beprobung erfolgte in definierten Tiefenstufen bis 90 cm. Je Tiefenstufe werden demnach 24 Proben genommen. Zur Auswertung wurde die Flächenmischprobe aller Rasterpunkte herangezogen. Die 1. Kernflächenbeprobung fand im Jahr 2010, die 2. Kernflächenbeprobung im Jahr 2022 ff. statt. Dem ging eine Profilaufnahme sowie eine Statusbeprobung am Schurf und den Eckpunkten im Jahr 2009 voraus.

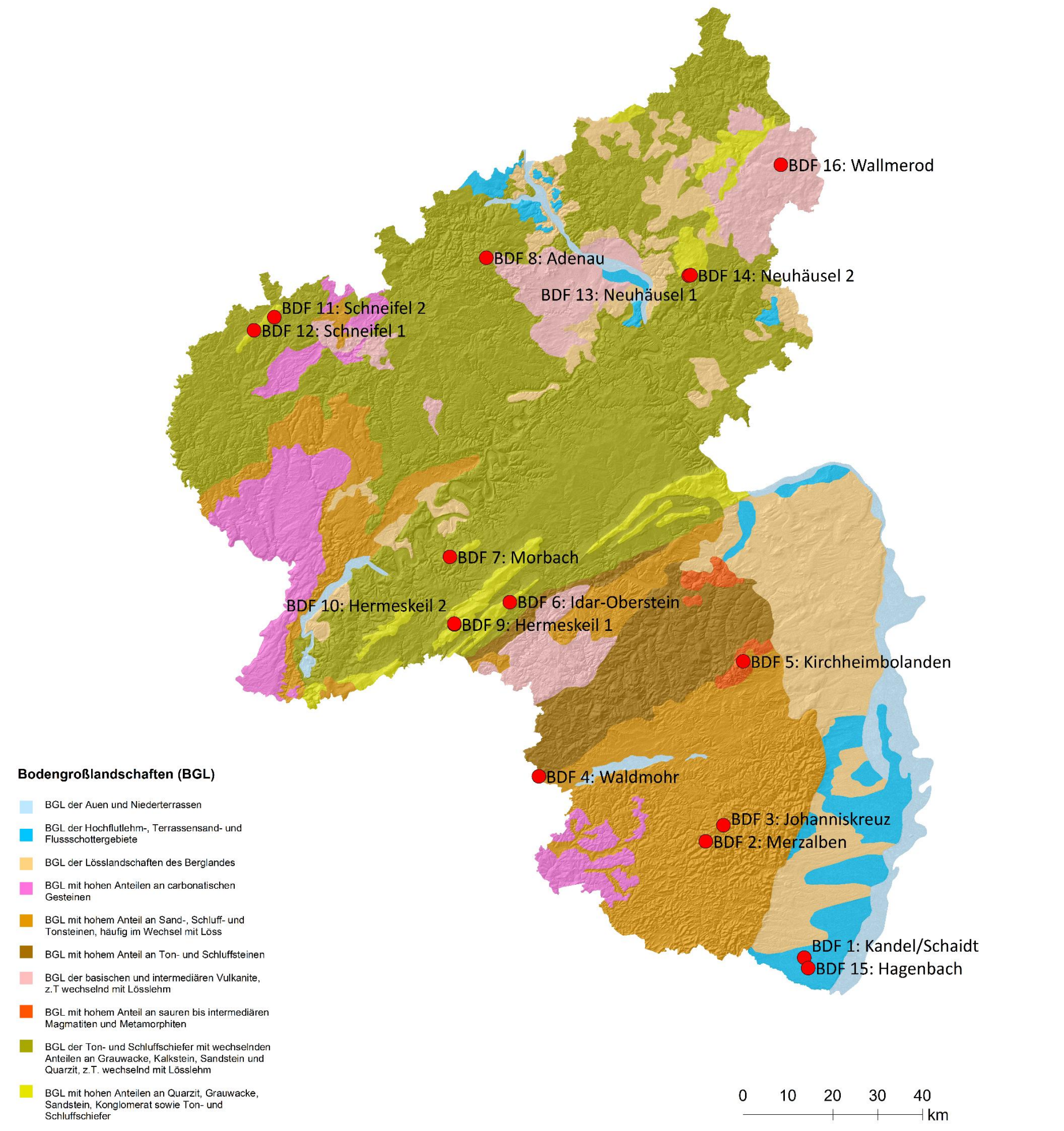


Abb. 1 BDF-Standorte in RLP.

Analytik

- Korngrößenverteilung, Porengrößenverteilung, Trockenrohdichte (Statusbeprobung 2009)
- pH-Wert (H₂O), pH-Wert (CaCl₂), KAK_{pot}, KAK_{eff}
- C_{ges}, C_{org}, N_{ges}
- Al, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Zn (Königswasser-/NH₄OH-Extraktion)
- ¹³⁷Cs
- PC, dl-PCB, PCDD/F, PAK, PFAS (seit 2022)

Ergebnisse

- Die pH-Werte sind sehr niedrig. Im Rahmen der Beprobung 2022 wurden im mineralischen Oberboden geringfügig höhere pH-Werte festgestellt.
- Der Anteil an organischem Kohlenstoff in der org. Auflage sinkt (Abb. 3), der Stickstoffgehalt ebenso, das C/N-Verhältnis bleibt auf ähnlichem Niveau.
- Die Schwermetall-Konzentrationen sind grundsätzlich gering und nimmt weiter ab. Beispielsweise spiegelt sich die Abschaffung verbleiter Kraftstoffe in der Blei-Konzentration wieder. (Abb. 4, Tiefenstufe 0-5 cm).
- Die ¹³⁷Cäsium-Aktivitätskonzentration sinkt im zu erwartenden Rahmen.
- Organische Schadstoffe zeigen vor allen an Nadelbaumstandorten eine Anreicherung in der org. Auflage. Es wird eine Zunahme beobachtet.
- PFAS sind in allen BDF nachweisbar und können als ubiquitär verteilt betrachtet werden. Nadelbaumstandorte zeigen eine stärkere Anreicherung in der org. Auflage (Abb. 5), jedoch weniger Verlagerung in die Tiefe.

Näheres siehe Poster: Monitoring von PFAS in der Boden-Dauerbeobachtung: Ergebnisse aus Hessen und RLP; HNLUG 2025.

- Der Baumbestand hat, ungeachtet standortspezifischer Bedingungen, Einfluss auf physikalische und chemische Eigenschaften der org. Auflage.

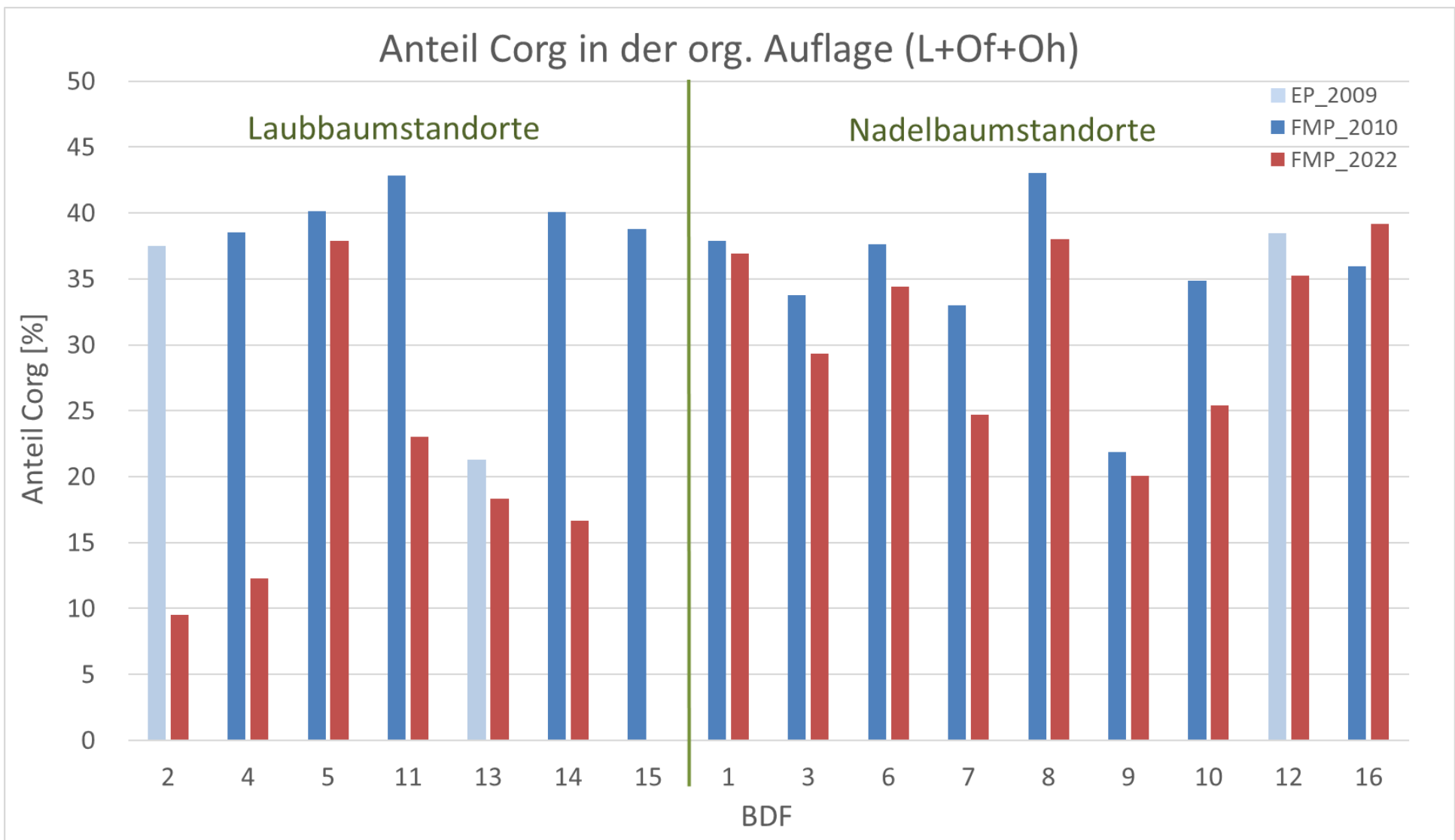


Abb. 3 C_{org}-Anteils [%] in der org. Auflage, Vergleich Beprobung 2010/2022.

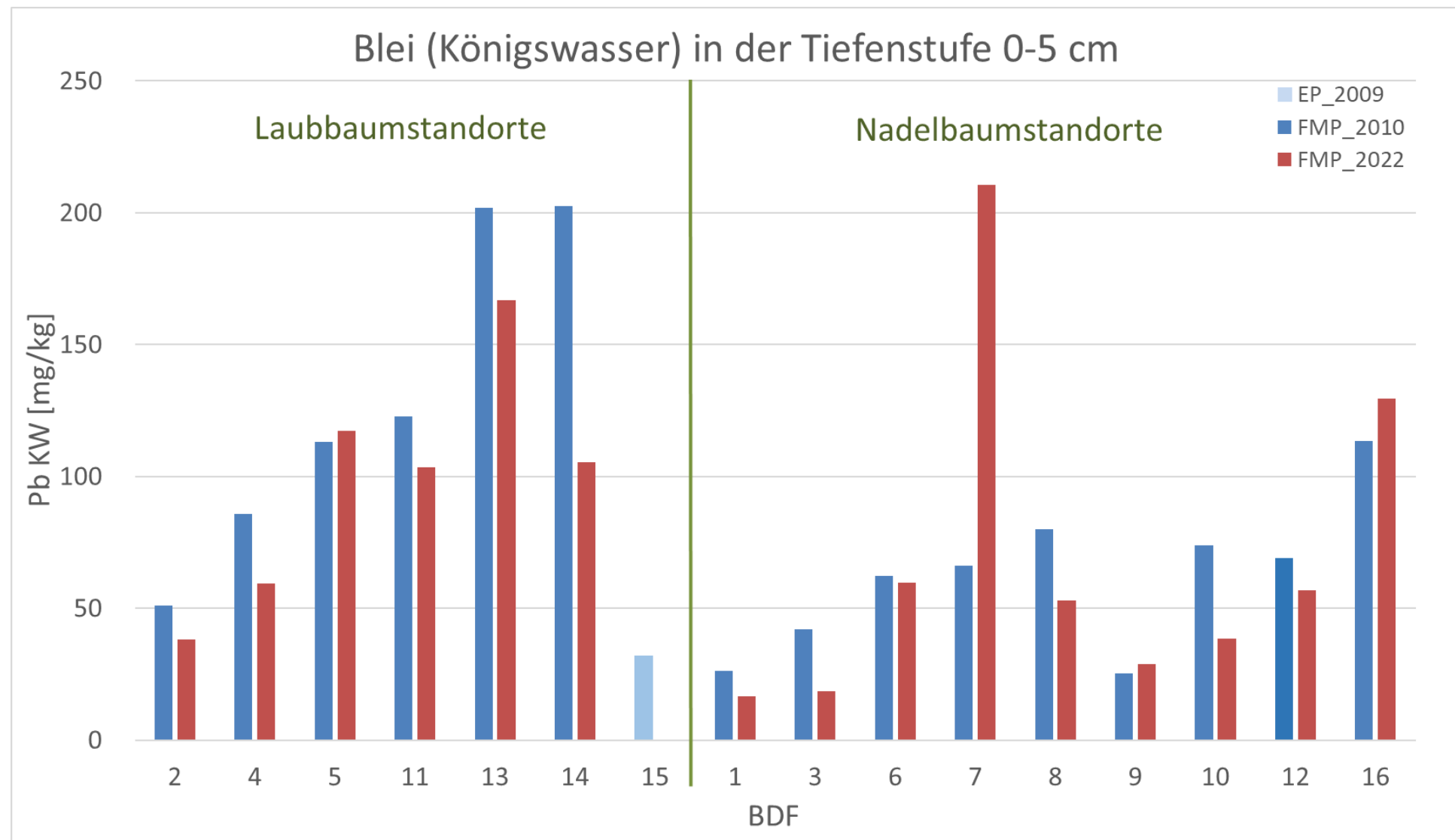


Abb. 4 Blei (KW) [mg/kg] in der TS 0-5 cm, Vergleich Beprobung 2010/2022.

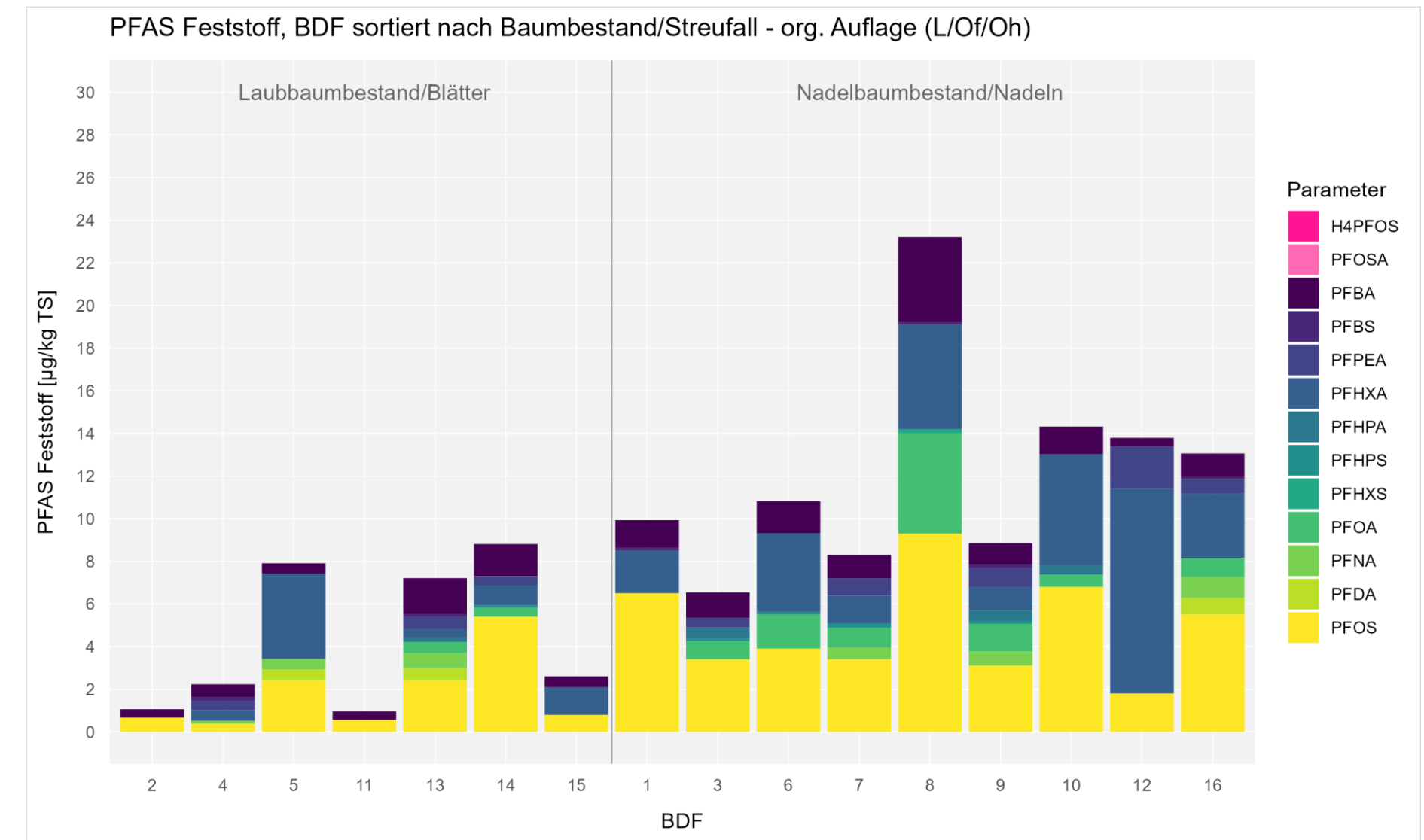


Abb. 5 PFAS Feststoff [µg/kg] in der org. Auflage, Beprobung 2022.

Ausblick

Die Ergebnisse der 2. Kernflächenbeprobung 2022 sowie ein Vergleich mit der 1. Kernflächenbeprobung 2010 werden Ende des Jahres ausführlich in einem Bericht veröffentlicht.

Momentan stehen für jeden analytischen Parameter nur zwei Datenpunkte zur Verfügung, PFAS als Stoffgruppe kamen erst im Rahmen der Beprobung 2022 hinzu. Jedoch soll die Bodendauerbeobachtung in definierten Zeitabständen fortgeführt werden, um eine kontinuierliche Zeitreihe zu erzeugen, die qualitative und quantitative Erfassung langfristiger Veränderungen möglich macht.

¹ Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz
Referat Boden
Annett.Drusba@lgb-rlp.de
Michael.Goldschmitt@lgb-rlp.de
www.lgb-rlp.de

Literatur

[1] Statusbeprobung von Bodendauerbeobachtungsflächen in Rheinland-Pfalz, Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht RLP, 2012

Monitoring von PFAS in der Boden-Dauerbeobachtung: Ergebnisse aus Hessen und Rheinland-Pfalz

Christian Heller¹, Annett Drusba² & Katrin Lügger¹

Einleitung und Zielstellung

Per- und Polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) sind eine sehr große Stoffgruppe langlebiger, ausschließlich anthropogen hergestellter organischer Verbindungen, die aufgrund ihrer Stabilität sowie ihrer wasser-, fett- und schmutzabweisenden Eigenschaften seit Jahrzehnten in zahlreichen Industrie- und Verbraucherprodukten verwendet werden und über unterschiedliche Eintragspfade in die Umwelt gelangen. Viele dieser Verbindungen sind für den Menschen gesundheitsschädlich [1]. Da PFAS unter natürlichen Bedingungen gar nicht oder nur bis zu einem perfluorierten Rest abgebaut werden, können sie sich im Boden anreichern. Aus Gründen der Vorsorge sind Untersuchungen zur Verbreitung und Höhe der PFAS-Belastung in Böden mittlerweile fester Bestandteil in vielen Länderprogrammen der Boden-Dauerbeobachtung. In Hessen und in Rheinland-Pfalz wurden Proben von Boden-Dauerbeobachtungsflächen (BDF) seit 2022 auf PFAS untersucht. Im Folgenden werden die bisherigen Ergebnisse aus beiden Ländern dargestellt und verglichen.

Material & Methoden

Vergleichende Auswertungen der PFAS-Untersuchungen wurden anhand der Ergebnisse von 16 BDF unter Forst aus Rheinland-Pfalz (BDF-RLP) [2] und der bisher 10 untersuchten BDF unter Forst aus Hessen (BDF-HE) [3] durchgeführt. Dabei wurden die PFAS-Gehalte in den entnommenen Humusauflage- und Mineralbodenproben im Feststoff und im Eluat bestimmt. Zusätzlich werden als Vergleichswerte Ergebnisse der in Hessen untersuchten landwirtschaftlich genutzten BDF (Acker und Grünland) herangezogen.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die im Gelände und Labor verwendeten Methoden. Zwischen den Länderprogrammen bestehen Unterschiede sowohl in der Probennahme als auch bei den beauftragten Laboren und der PFAS-Analytik.

Tabelle 1: Vergleich der beiden Länderprogramme zur Boden-Dauerbeobachtung

	BDF Hessen	BDF Rheinland-Pfalz
BDF-Größe	• 30 m x 30 m	• 50 m x 50 m
Mischproben	• aus 18 Einzelproben, Anordnung über die Flächendiagonalen	• aus 24 Einzelproben, Anordnung in 4 Reihen mit jeweils 6 Rasterpunkten
Probennahme	• Horizontbezogene Entnahme <ul style="list-style-type: none">Organische Auflagen: separate Beprobung von L, Of, Oh bzw. Of/OhMineralboden (bis 30 cm): Ah, Bv etc.	• Tiefenstufenbezogene Entnahme <ul style="list-style-type: none">Organische Auflage: gemeinsame Beprobung von L/Of/OhMineralboden: 0-5 cm, 5-10 cm
Proben-vorbereitung	• Trocknung bei 40 °C	• Trocknung bei 40 °C
Verfahren Feststoff	• Messung nach DIN 38414-14 <ul style="list-style-type: none">Bestimmung von 23 EinzelparameternBestimmungsgrenze: 0,1 µg/kg TS	• Messung nach DIN 38414-14 <ul style="list-style-type: none">Bestimmung von 13 EinzelparameternBestimmungsgrenze: 0,1 µg/kg TS, teilweise Anhebung wegen Matrixstörungen (bis 3 µg/kg TS)
Verfahren Eluat	• Schüttel eluat <ul style="list-style-type: none">Organische Auflagen: Wasser/Feststoffverhältnis 10:1 nach DIN EN 12457-4Mineralboden: Wasser/Feststoffverhältnis 2:1 nach DIN 19529 • Messung nach DIN 38407-42 <ul style="list-style-type: none">Bestimmung von 23 EinzelparameternBestimmungsgrenze: 0,001 µg/L	• Schüttel eluat <ul style="list-style-type: none">Organische Auflage und Mineralboden: Wasser/Feststoffverhältnis 10:1 nach DIN EN 12457-4 • Messung nach DIN 38407-42 <ul style="list-style-type: none">Bestimmung von 13 EinzelparameternBestimmungsgrenze: 0,001 µg/L, teilweise Anhebung wegen Matrixstörungen (bis 0,01 µg/L)

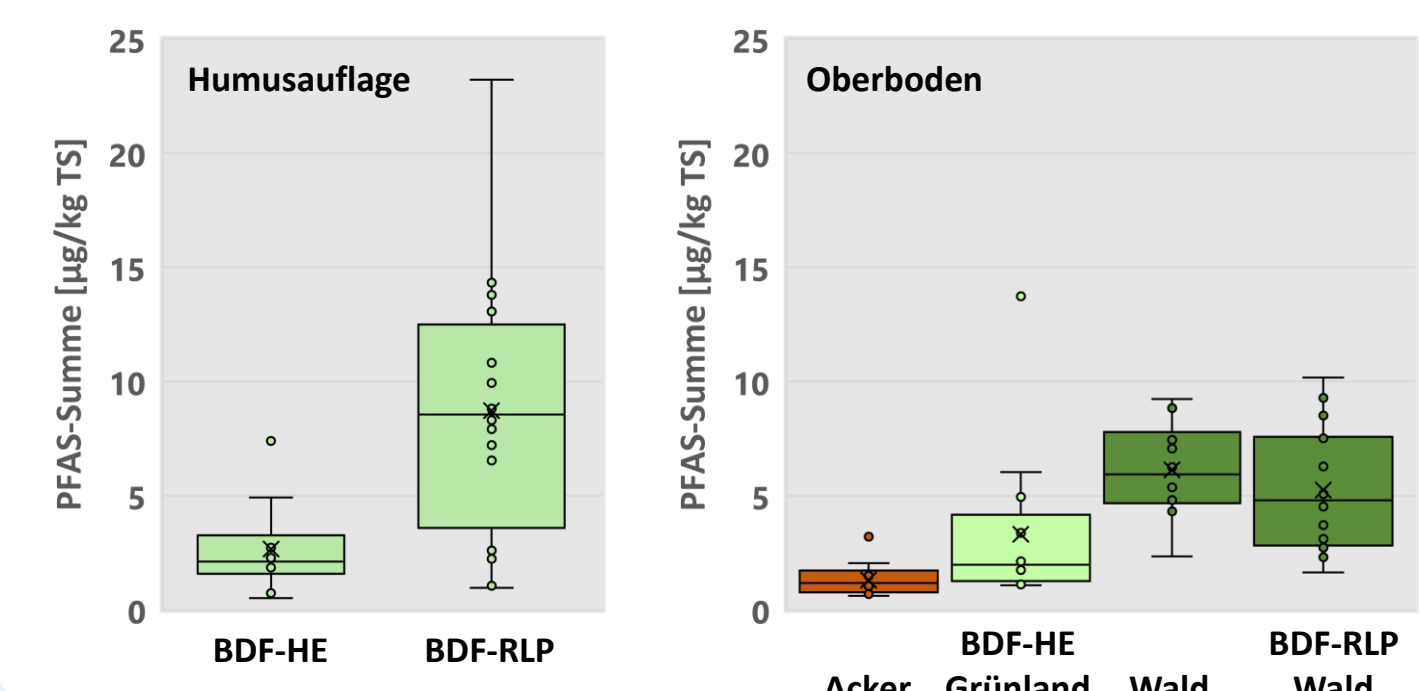


Abb. 1a: PFAS-Summen im Feststoff in den Humusauflagen und Oberböden von Hessen und Rheinland-Pfalz

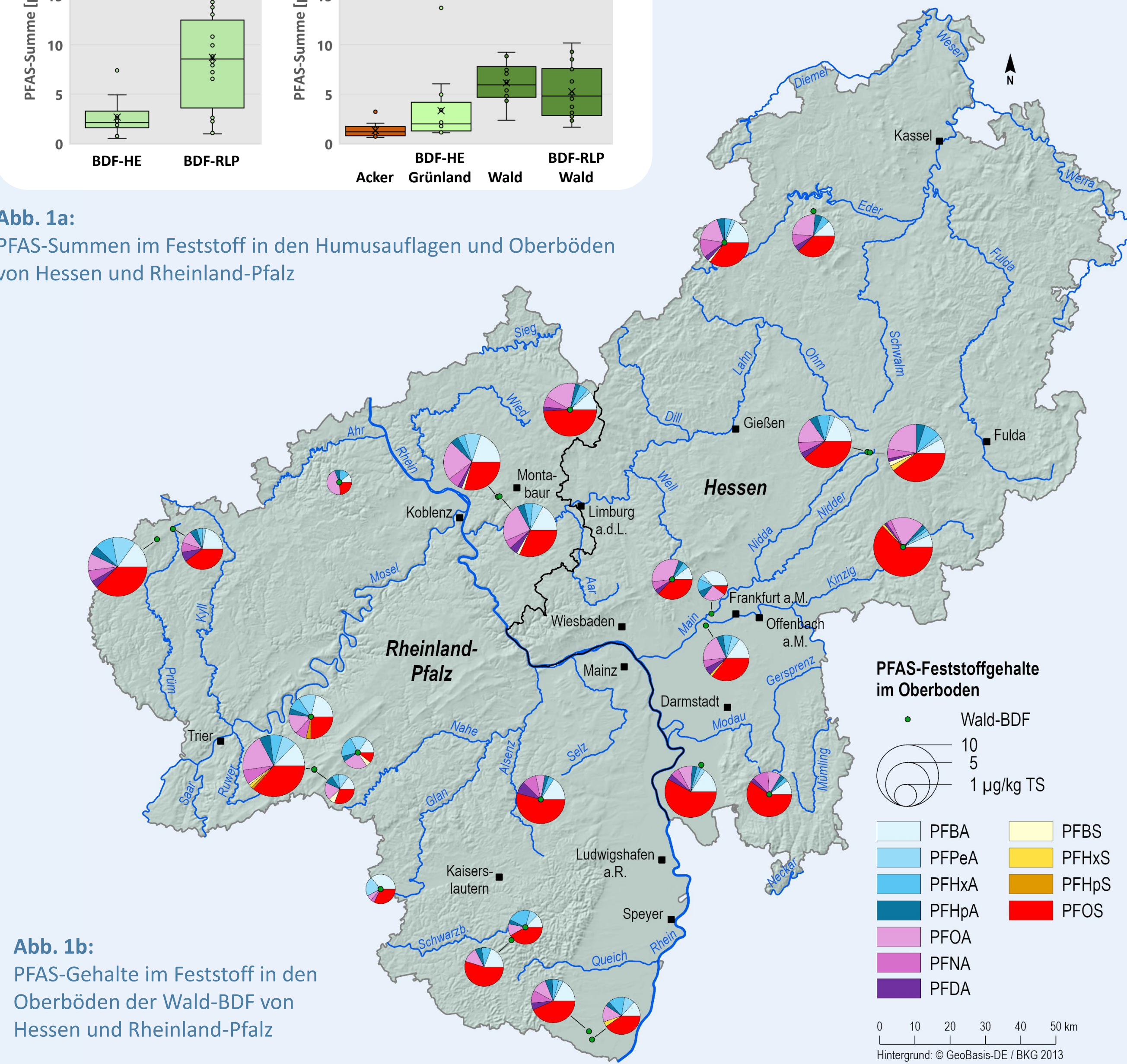


Abb. 1b: PFAS-Gehalte im Feststoff in den Oberböden der Wald-BDF von Hessen und Rheinland-Pfalz

Ergebnisse

In allen der in Hessen und Rheinland-Pfalz untersuchten BDF-Proben konnten sowohl im Feststoff als auch im Eluat PFAS nachgewiesen werden.

PFAS-Feststoffgehalte

- Die PFAS-Summen der **Oberböden** liegen in einem vergleichbarem Bereich (**Abb. 1a, 1b**):
 - BDF-HE: Spannweite von 2,34 bis 9,24 µg/kg TS (Median 5,94 µg/kg TS)
 - BDF-RLP: Spannweite von 1,64 bis 10,17 µg/kg TS (Median 4,80 µg/kg TS)
 - Ähnliches Muster der PFAS-Einzelstoffe in beiden Bundesländern: PFOS ist dominant, es folgen PFBA und PFOA, die Gehalte weiterer Einzelstoffe sind geringer (**Abb. 2**).
 - Im Mittel weisen die Oberböden unter Wald höhere PFAS-Summen als unter landwirtschaftlicher Nutzung auf. Das Maximum zeigt allerdings eine Grünland-BDF in der Rheinaue (**Abb. 1a**)
- Die PFAS-Summen in den **Humusauflagen** unterscheiden sich im Feststoff deutlicher - die mittleren Gehalte liegen in den BDF-RLP ca. viermal höher (**Abb. 1a**)

PFAS-Eluatgehalte

- In den **Oberböden** sind die PFAS-Summen aufgrund der abweichenden Elutionsverfahren (BDF-HE Wasser/Feststoffverhältnis 2:1, BDF-RLP 10:1) in Hessen im Mittel deutlich höher (Daten nicht gezeigt)
- In den **Humusauflagen** liegen die PFAS-Summen in einem vergleichbaren Wertebereich:
 - BDF-HE: Spannweite von 0,021 bis 0,120 µg/L (Median 0,039 µg/L)
 - BDF-RLP: Spannweite von 0,006 bis 0,143 µg/L (Median 0,028 µg/L)
 - Ähnliches Muster der PFAS-Einzelstoffe in beiden Bundesländern (**Abb. 3**)

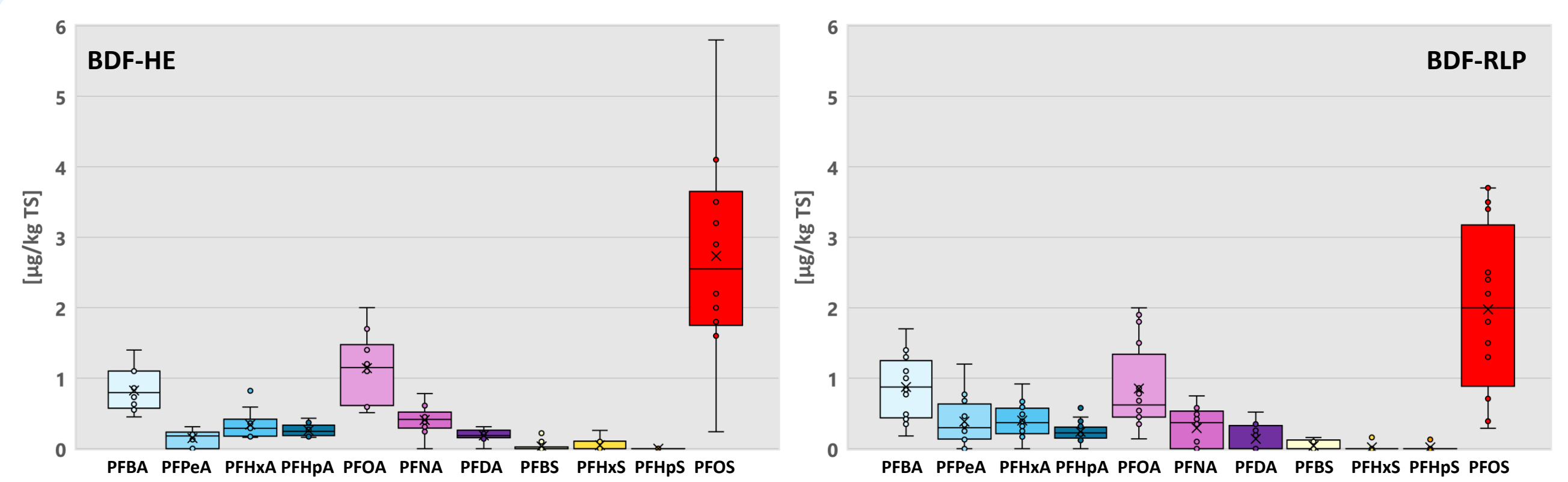


Abb. 2: Vergleich der gemessenen PFAS-Einzelparameter im Feststoff (Oberboden, Wald-BDF)

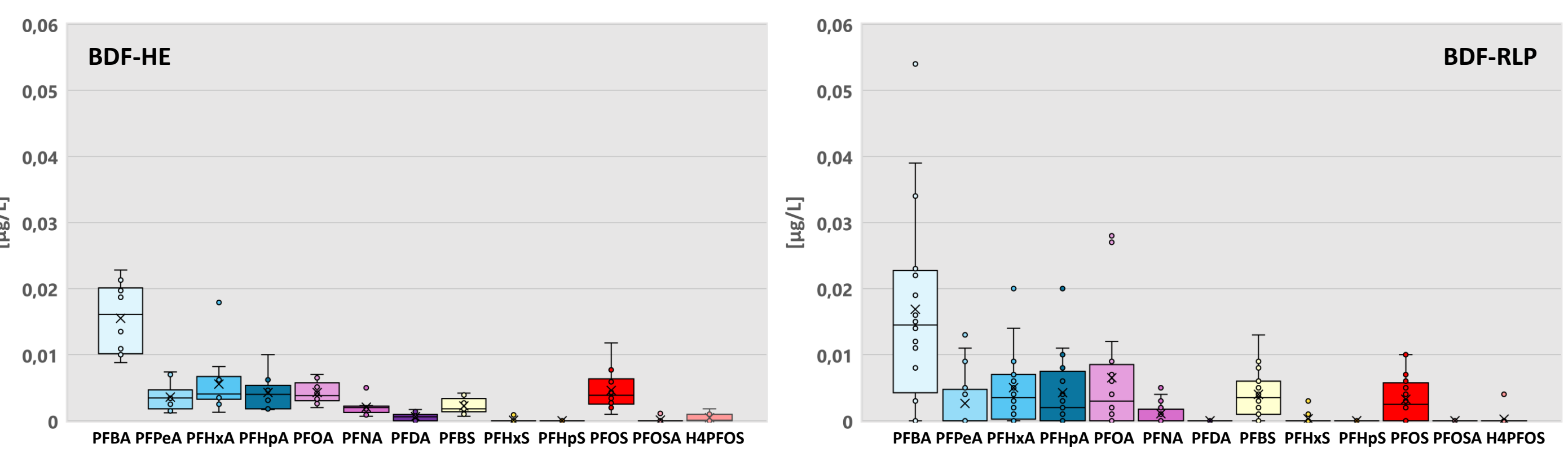


Abb. 3: Vergleich der gemessenen PFAS-Einzelparameter im Eluat (Humusauflagen, Wald-BDF)

Diskussion & Ausblick

PFAS sind mittlerweile ubiquitär in Böden unter forst- und landwirtschaftlicher Nutzung in Hessen und Rheinland-Pfalz zu finden. Die gemessenen Feststoffgehalte im Oberboden und die Eluatgehalte in den Humusauflagen lassen sich trotz einiger methodischer Unterschiede in den Länderprogrammen der Boden-Dauerbeobachtung gut miteinander vergleichen. Die im Mittel höheren Feststoffgehalte in den Humusauflagen der BDF-RLP sind möglicherweise bedingt durch unterschiedliche Eigenschaften der Auflagen (Nadel- vs. Laubwald), die sich auf Prozesse der Stoffakkumulation und -umsetzung auswirken. Auch die unterschiedliche Probennahme (BDF-HE horizontspezifisch, BDF-RLP Gesamtprobe aller Auflagehorizonte) dürfte Einfluss auf die Ergebnisse haben. Die abweichenden Eluatgehalte in den Oberböden sind methodisch bedingt (BDF-HE Wasser/Feststoffverhältnis 2:1, BDF-RLP 10:1). Die vorliegenden Untersuchungen bilden eine wichtige Grundlage zur Ableitung von PFAS-Hintergrundwerten für den vorsorgenden Bodenschutz.

Bodenfunktionsbewertungstool für bodenkundliche Kartierungen als Basis für die Berechnung des Kompensationsbedarfs in Rheinland-Pfalz und Hessen

Steffens, M.¹; Fritzs, D.²; Handke, K.³; Miller, R.⁴; Pflanz, D.¹



Anlass und Zielsetzung

Im November 2022 wurde vom Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro Schnittstelle Boden GmbH, dem rheinland-pfälzischen Landesamt für Umwelt und dem Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie das Themenheft „Kompensation des Schutzguts Boden in Planungs- und Genehmigungsverfahren“ (MILLER et al. 2022) veröffentlicht.

Das Heft enthält eine Anleitung zur funktionsbezogenen Bewertung von Eingriffen in das Schutzgut Boden für Rheinland-Pfalz und Hessen.

Dabei können auf Grundlage der Bodenflächendaten 1 : 5.000 (BFD5L) die Bewertungen der Bodenfunktionen abgerufen und zur Ermittlung des bodenbezogenen Kompensationsbedarfs verwendet werden. Diese Auswertung steht allerdings bisher nur für die landwirtschaftliche Nutzfläche in dem entsprechenden Maßstab zur Verfügung.

In Plangebiet ohne ausreichende Bodendaten ist gemäß Kapitel 3.3.2 der Arbeitshilfe eine bodenkundliche Kartierung erforderlich. Da für die Ableitung und Berechnung der Bodenfunktionen keine einheitlichen Vorgaben vorliegen und die händische Bewertung der Einzelfunktionen nach BFD5L sehr aufwendig ist, entstand die Nachfrage nach einem standardisierten Bewertungstool.

Die nun veröffentlichte Ergänzung der Arbeitshilfe durch das excelbasierte „Bodenfunktionsbewertungstool Kartierung“ bietet die Möglichkeit aus Kartierungsergebnissen die Bodenfunktionsbewertungen abzuleiten.

Methoden

In der Anwendung werden folgende Bodenfunktionen ausgewertet:

- Biotopentwicklungspotential in Anlehnung an die Bewertung im Regionalplan Mittelhessen anhand des ermittelten Standorttyps nach Methode 171 (BFD50).
- Ertragspotential nach Methode 191 (BFD50).
- Feldkapazität nach Methode 179 (BFD50), Klassifizierung nach Methode 100 (BFD5L).
- Nitratrückhaltevermögen nach Methode 244 (BFD5L).

Neben der gezeigten Ausgabe der Bodenfunktionsbewertung können im Bereich Berechnung alle Weiteren in diesem Zusammenhang ermittelten Kennwerte (bspw. nFK etc.) ausgegeben werden.

Die bodenfunktionale Gesamtbewertung erfolgt nach Methode 242 (BFD5L) bzw. folgendem Schema in Abbildung 1 (MILLER et al. 2016):

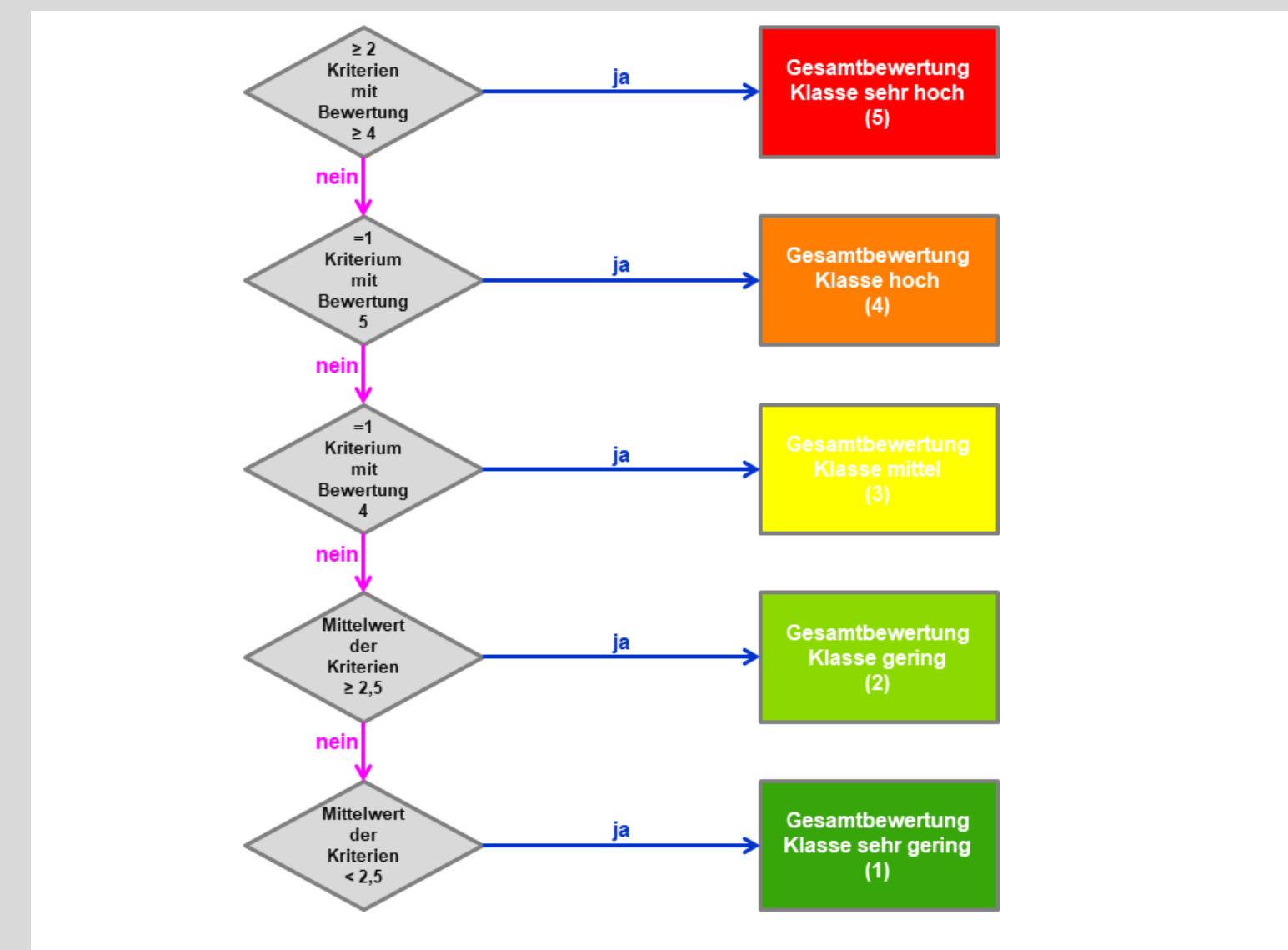


Abbildung 1: Prüfschema der bodenfunktionalen Gesamtbewertung mit 5-gliedriger Bewertungsskala. Die Farbskala wurde annähernd im Bewertungstool übernommen.

3	Punkt						Koordinaten		Schicht						Horizont										Bewertung												
	Bodenheit / Profildnummer	Bodentyp nach K45 (Subtypen)	Hauptssachliche ständtrliche Komponente	Wurzelsraum [dm]	Nutzung	Auflage	Auflagenmächtigkeit	Rechtswert	Hochwert	Horizontuntergrenze [dm]	Schichtnummer	Stratigrafische Einheit	Substratgenese Lockergesteine	Periglaziale Lage	Lössanteil	Horizontsymbol	Feinbodenart	Grobbodenanteil	Humusgehalt	Carbonatgehalt	effektive Lagerungsdichte, Trockenrohdichte oder Substanzvolumen	GNSD	SNSD	Stau- und Haftnassstufe	Zuschlag NAG	geschätzte Trockenrohdichte automatisch aus Spalte U	NAG-Stufe	Standorttyp	Biotoptentwicklungspotential	Ertragspotential Bewertungssstufe	Feldkapazität	Nitratrückhaltevermögen	Bodenfunktionale Gesamtbewertung	Begründung/Bemerkung			
4																																					
5	1	BB	Flugsand	12,0	Wald	L/O/Oh	3/3/0,5	34634656	23463463	1,5	I	Pleistbzän	äolisch	LH	62	Ah	S12	0	h2	c0	Ld2		GNSD	SNSD			p3										
6										4,0	I	Pleistbzän	äolisch	LH	61	Bv	S	0	h1	c0	Ld2		GNSD	SNSD			p3										
7										10,0	I	Pleistbzän	äolisch	LH	61	äCv	Ss	0	h0	c0	Ld3		GNSD	SNSD			p4										
8										12,0	I	Pleistbzän	äolisch	LH	61	äCv-Go	Ss	0	h0	c0	Ld2		GNS1	SNSD			p3		4	19	3	4	2	2	3		
9																																					
10																																					
<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></</div></div>																																					

Abbildung 2: Auszug aus der Eingabemaske des Bewertungstools: beispielhafter Eintrag eines aufgenommenen Bodentyps (Auflage und Koordinaten fiktiv) mit berechneter Bodenfunktionsbewertung.

Aufbau

- **Eingabe:** Zentrales Blatt, um die im Gelände erhobenen Daten in die Spalten A bis X einzugeben. In den Spalten Z bis AF werden die Berechnungsergebnisse (Bewertung) dargestellt. Das Blatt kann in diesem Stil auch in einem Gutachten oder Projektbericht verwendet werden.
- **Berechnung:** Enthält alle Berechnungsschritte und ist mit den entsprechenden Daten im Tabellenblatt Eingabe verknüpft. In diesem Tabellenblatt können auch die Berechnungsgrundlagen (Syntax) der einzelnen Zellen eingesehen werden.
- **Info:** Zusammenfassung der Spalten und Berechnungsgrundlagen mit entsprechen Links zu den jeweiligen Methoden des HLNUG und LGB-RLP.
- **GIS-Export:** Tabelle zur Integration der Profilauswertung (Kennwerte: FK, nFK, Bodenfunktionsbewertung etc.) in ein GIS.
- **alle anderen Tabellenblätter:** Hier sind die Auswahllisten für die Eingabe (Dropdownauswahl) und die Abfragetabellen für die Berechnung der jeweiligen Bodenteilfunktionen enthalten. Die Quellen sind den Tabellenüberschriften oder dem Infobereich zu entnehmen.

Weitere Hinweise

Es wurde bewusst auf eine VBA-Programmierung verzichtet, da die excelbasierte Anwendung eine transparente Nachvollziehbarkeit der Berechnungsformeln ermöglicht. Dadurch kann die Aktualisierung aller Zellen jedoch einige Sekunden in Anspruch nehmen. Falls dies unerwünscht ist, lässt sich die automatische Berechnung auf „manuell“ umstellen. Das Tool kann zudem unabhängig von der Ermittlung des Kompensationsbedarfs als Eingabemaske für Felddaten oder Literaturwerte genutzt werden. Es wird samt Anleitung als zip-Download zur Verfügung gestellt:

Weitere Informationen auf den Seiten der Bodenkunde des LGB-RLP:

Bodenfunktionsbewertungstool Direktdownload (zip):

¹ Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz
Abt. 2 Geologie, Ref. 2.3 Boden
martin.steffens@lgb-rlp.de
dorthe.pflanz@lgb-rlp.de

² Umweltamt der Stadt Frankfurt am Main
dagmar.fritzs@stadt-frankfurt.de
Mitarbeit aus früherer Tätigkeit bei:
Hessisches Landesamt für Naturschutz,
Umwelt und Geologie
Dez. G3 - Boden und Altlasten

³ Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz
Abt. Kreislaufwirtschaft
Ref. 33 - Bodenschutz
kevin.handke@lfu.rlp.de

⁴ Ingenieurbüro Schnittstelle Boden GmbH
ricarda.miller@schnittstelle-boden.de

Literatur

MILLER, R., BACKES, J., GOLDSCHMITT, M., SAUER, S. (2016): Themenhefte Vorsorgender Bodenschutz, Heft 1: Bodenfunktionsbewertung für die Planungspraxis. Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (LGB). Abrufbar unter: https://www.lgb-rlp.de/fileadmin/service/lgb_downloads/boden/boden_themenheft_vorsorgender/bv1.pdf

MILLER, R., BUSCH, J., FRIEDRICH, K., FRITZSCH, D., GOLDSCHMITT, M., HANDKE, K., PFLANZ, D., SAUER, S., VORDERBRÜGGE, T. (2022): Themenhefte Vorsorgender Bodenschutz, Heft 5: Kompensation des Schutzguts Boden in Planungs- und Genehmigungsverfahren. Arbeitshilfe zur Ermittlung des Kompensationsbedarfs für das Schutzgut Boden in Rheinland-Pfalz und Hessen. Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (LGB). Abrufbar unter: https://www.lgb-rlp.de/fileadmin/service/lgb_downloads/boden/boden_themenheft_vorsorgender/themenheft5_2022.pdf

Andische Eigenschaften von Kippböden aus Laacher See-Tephra und ihre bodensystematische Stellung nach KA6

Thomas Wiesner¹, Dorte Pflanz¹, Martin Steffens¹, Hans-Peter Reck¹

1. Anlass und Zielsetzung

Schon seit Jahrzehnten kooperiert das Referat Boden am Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz sowohl mit der Forstlichen Standortkartierung als auch mit der Bodenschätzung.

Im Zuge der Zusammenarbeit mit Landesforsten wurden seit 2020 zahlreiche Bodenprofile im Westerwald beschrieben und beprobt. Unter diesen Böden sind zahlreiche Lockerbraunerden aus Laacher See-Tephra, die nach der 6. Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA6) in die neue Bodenklasse der Andosole eingruppiert werden können (PFLANZ & WIESNER 2022). In der Nähe zum Neuwieder Becken wurden zudem unter Wald einige Kippböden aus Laacher See-Tephra angetroffen.

Zusätzlich ergab sich bei einer 2024 mit der Bodenschätzung durchgeführten Geländekampagne die Gelegenheit zwei direkt benachbarte Böden aus Laacher See-Tephra – eine Lockerbraunerde und einen Kippboden – bodenkundlich zu untersuchen.

Es stellt sich die Frage, in welchem Umfang diese Kippböden andische Eigenschaften aufweisen. Erfüllen die Kippböden – ebenso wie die Lockerbraunerden – die Voraussetzungen für eine potenzielle Eingruppierung in die Bodenklasse der Andosole? Die Kriterien hierfür legt die KA6 in Band 2 fest (AG Boden 2024).

In dieser Auswertung werden einige Kippböden aus Laacher See-Tephra genauer beleuchtet. Einen räumlichen Überblick bietet Abbildung 1. Die Lage der untersuchten Bodenprofile zeigt Abbildung 2:

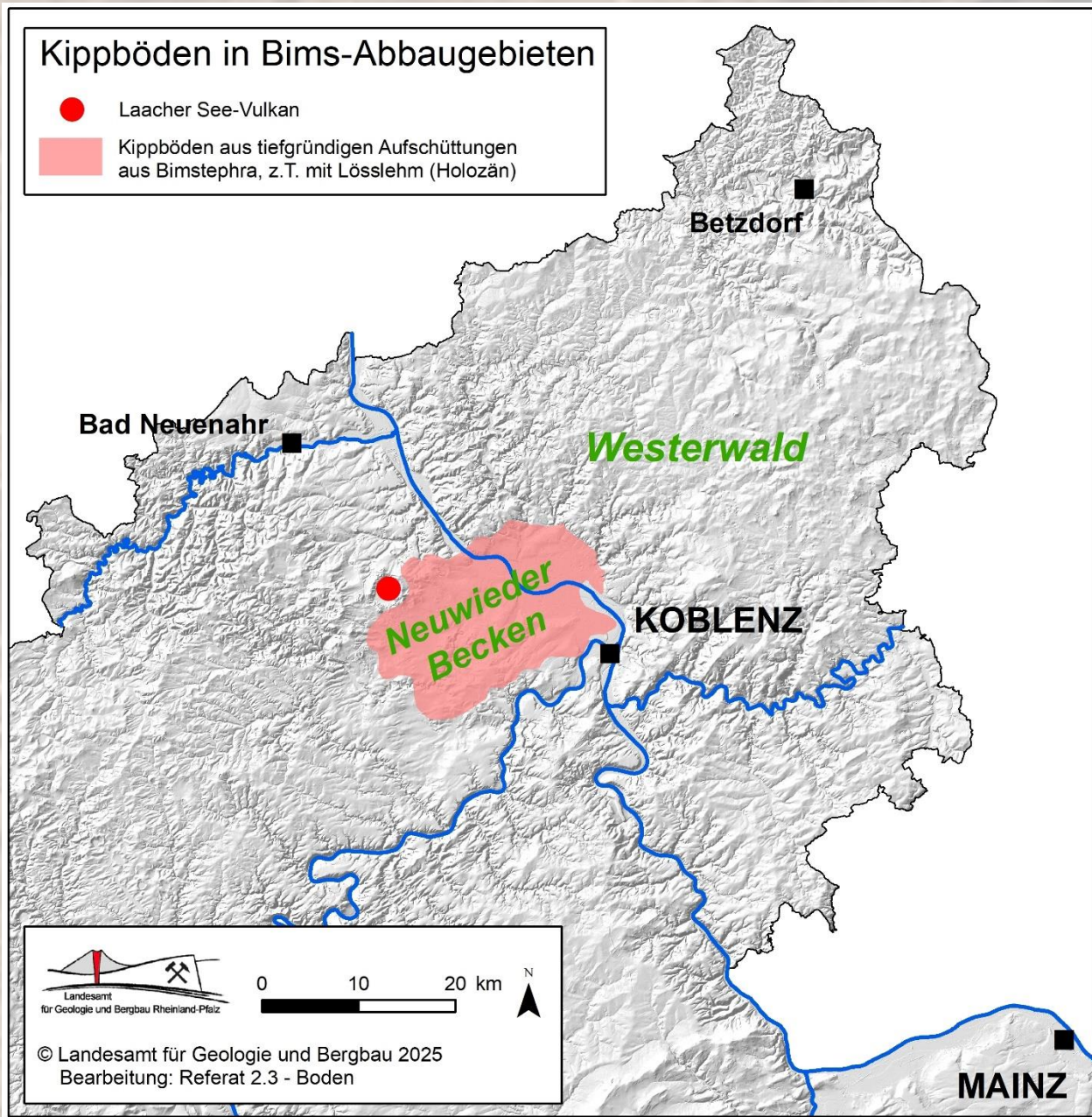


Abb. 1: Räumlicher Überblick

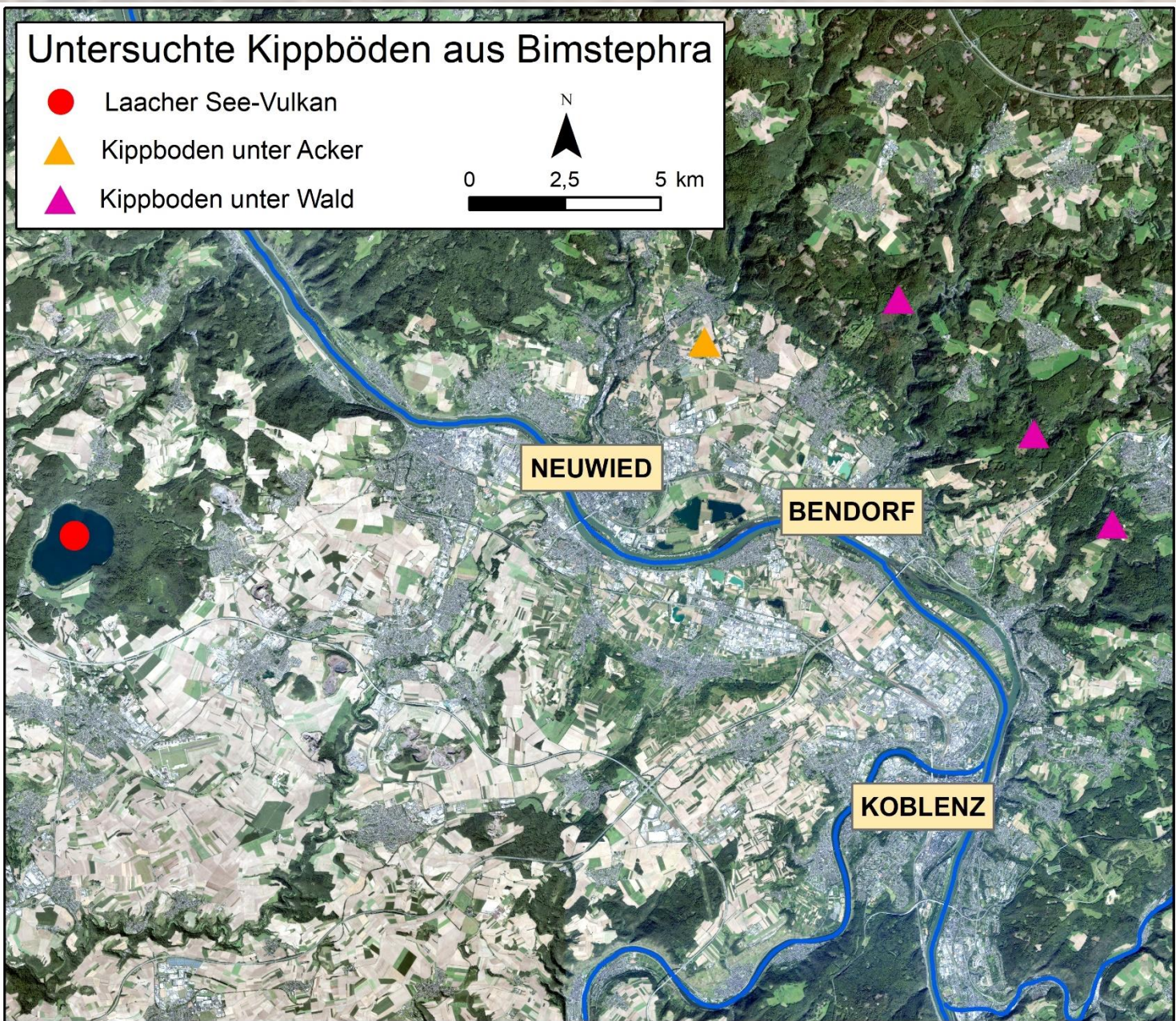


Abb. 2: Lage der untersuchten Böden

2. Typischer Aufbau von Kippböden

Die Kippböden sind Folge des in den 1860er Jahren einsetzenden Bimsabbaus im Neuwieder Becken. Diese Böden weisen in der Regel eine typische Schichtung auf: Unter der Rekultivierungsschicht mit meist 4 - 12 dm Mächtigkeit folgt oft eine geringmächtige Lage Laacher See-Tephra in situ (0,2 bis >1,0 dm). Diese blieb vom Abbau verschont um die Reinheit des Rohstoffs sowie die Befahrbarkeit im Abbauprozess sicherzustellen. Hierunter folgt ein Prä-Alleröd zeitliches Sediment. Weite Verbreitung besitzt Lösslehm bzw. Löss. Die Bilder in Abbildung 3 zeigen Horizontierung und Schichtung der vier untersuchten Kippböden „BEN51“ bis „BEN 054“.

Abbildung 4 verdeutlicht die Boden- und Substratschichtung vor und nach dem Bimsabbau an Hand der zwei direkt benachbarten Bodenschätzungs-Profile. Auf der linken Seite der Abbildung sind die natürlichen Lagerungsverhältnisse dargestellt. Bodentypologisch handelt es sich hierbei um eine Lockerbraunerde aus bimstephreicher Hauptlage über Laacher See-Tephra (Bimslapilli) in situ. Rechts hingegen ist die Situation nach dem Bimsabbau visualisiert. Ein anthropogener Regosol aus bimstephreichem Kippsubstrat liegt hier auf Lösslehm mit einem fossilen Oberbodenhorizont, der die alte Landoberfläche nachzeichnet. Eine Restlage der Laacher See-Tephra ist in diesem Fall nicht erhalten.



Abb. 3: Aufbau der Kippböden

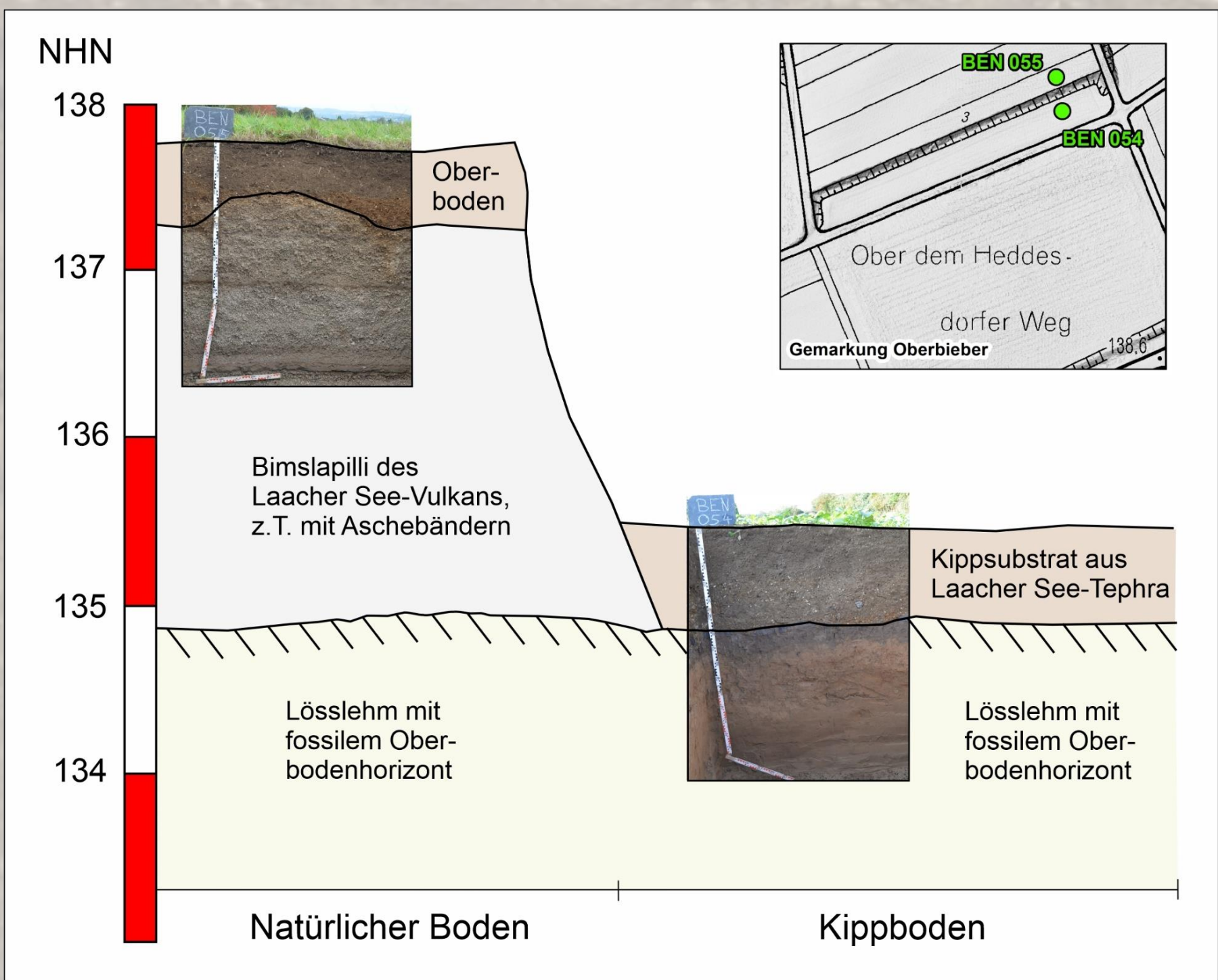


Abb. 4: Böden und Substrate vor und nach Bimsabbau

3. Methodik

Bei allen vier untersuchten Profilen wurde im Gelände für jeden Bodenhorizont der Feldtest nach FIELDER & PERROTT (1966) durchgeführt.

Es wurde aus jedem Horizont Probenmaterial für die bodenchemische Standardanalytik des LGB (C_{org}, pH, Carbonat, Körnung etc.) entnommen. Zusätzlich wurde die Andosol- bzw. Allophan-Laboranalytik nach dem „Handbuch Forstliche Analytik“ (Oxalat-Extrakt zur Bestimmung des oxidischen Fe und Al) durchgeführt.

Für die Bestimmung der Trockenrohdichte wurden pro Horizont mehrere Stechzylinder entnommen (250 cm³).

4. Untersuchungsergebnisse

Im Gelände zeigte sich der Greasing-Effekt bei allen untersuchten Bodenhorizonten. Auch schlug der Feldtest nach FIELDER & PERROTT (1966) an. Die Reaktion war in der Regel mäßig, teilweise aber auch deutlich positiv.

Tabelle 1 enthält die Ergebnisse der Oxalat-Extraktion zur Bestimmung des oxidischen Fe und Al. Es zeigt sich, dass die Kippsubstrate der vier untersuchten Böden den in der KA6 geforderten Wert von Al₀ + ½ Fe₀ ≥ 2 % fast immer überschreiten. Lediglich beim Profil „BEN 053“ zeigen sich überwiegend geringere Werte. Jedoch wird auch in einem Oberbodenhorizont dieses Kippbodens der Grenzwert von Al₀ + ½ Fe₀ ≥ 2 % überschritten. Bei allen untersuchten Kippsubstraten wird das KA6-Kriterium Al₀ ≥ Fe₀ erfüllt. Es handelt sich bei allen vier Profilen um silandische Substrate, da in allen untersuchten Horizonten der Gehalt an Si₀ ≥ 0,6 % beträgt.

Tab. 1: Ergebnisse der Oxalat-Extraktion bei den Kippsubstraten

Profil	Nutzung	Kippsubstrat	Si ₀ ≥ 0,6 [%]	Al ₀ ≥ Fe ₀	Al ₀ + ½ Fe ₀ [%]		
					Anzahl Horizonte	Min	Max
BEN 051	Forst	0-85 cm	ja	ja	5	2,03	3,20
BEN 052	Forst	0-90 cm	ja	ja	5	2,02	2,28
BEN 053	Forst	0-100 cm	ja	ja	4	0,36	2,53
BEN 054	Acker	0-60 cm	ja	ja	2	2,44	2,46

Zur Bestimmung der Trockenrohdichte wurden in den Kippsubstraten pro Horizont bzw. Tiefenstufe drei Stechzylinder entnommen. Die Werte der ermittelten Trockenrohdichten zeigt Tabelle 2. Vereinfachend betrachtet zeigt sich, dass zwei von drei Kippsubstraten unter Forst bzw. Wald die von der KA6 geforderten Trockenrohdichten von < 0,9 g cm⁻³ aufweisen. Die höheren Trockenrohdichten bei Profil „BEN 053“ sind durch das dort vorliegende bimsaschearme Substrat bedingt (vgl. Abb. 3 links unten). Auch das untersuchte Kippsubstrat unter ackerbaulicher Nutzung ist dichter gelagert. Hier liegen Trockenrohdichten von 0,98 bis 1,16 g cm⁻³ vor. Damit ist für diesen Boden ein Kriterium für den Andosol bzw. einen reinen Niv-Horizont nicht erfüllt. Auf höhere Trockenrohdichten unter Acker wurde bereits von DETTKE & SCHRÖDER (1988) hingewiesen. Von DETTKE (1987) werden für Bimsböden unter Acker im Neuwieder Becken durchschnittliche Trockenrohdichten von 1,03 g cm⁻³ (jY-Ap-Horizont) und 1,09 g cm⁻³ (jY1-Horizont) mitgeteilt (n = 8). Diese Mittelwerte weisen eine sehr gute Übereinstimmung mit den Werten des Acker-Profiles „BEN 054“ auf.

Tab. 2: Trockenrohdichten der untersuchten Kippsubstrate [g cm⁻³]

Profil-Nr.	Nutzung	Tiefe	Stechring 1	Stechring 2	Stechring 3	TRD mean	TRD < 0,9
BEN 051	Forst	5-15	0,68	0,79	0,75	0,74	ja
BEN 051	Forst	20-40	0,99	0,86	1,08	0,98	nein
BEN 051	Forst	50-65	0,94	0,88	0,62	0,81	ja
BEN 052	Forst	3-10	0,72	0,72	0,70	0,71	ja
BEN 052	Forst	10-30	0,74	0,87	0,77	0,79	ja
BEN 052	Forst	30-60	0,87	0,78	0,92	0,86	ja
BEN 052	Forst	60-90	0,83	0,90	0,85	0,86	ja
BEN 053	Forst	05-20	0,97	0,87	0,92	0,92	nein
BEN 053	Forst	20-40	1,19	1,16	1,10	1,15	nein
BEN 053	Forst	40-60	1,12	1,07	1,07	1,09	nein
BEN 053	Forst	60-80	1,16	1,14	1,15	1,15	nein
BEN 054	Acker	0-25	0,99	1,08	0,98	1,02	nein
BEN 054	Acker	25-50	1,16	1,15	1,07	1,13	nein

5. Zusammenfassung und Fazit

Für allgemeingültige Aussagen ist die hier untersuchte Stichprobe zu klein, da die Kippböden im Neuwieder Becken sehr mannigfaltig sind. Hierauf weist auch schon DETTKE (1987) hin: „Die Heterogenität der rekultivierten Böden ist sehr groß...“. Grund hierfür ist u.a. die lange Zeitdauer des Bimsabbaus (ca. 1860 bis heute). Die Eigenschaften der Kippböden aus Laacher See-Tephra sind von mehreren Faktoren abhängig:

- Zusammensetzung des Kippsubstrates (variierende Anteile an Asche, Lapilli, Trass, Tauch, Britz etc.),
- Methode der Rekultivierung (Einbau bzw. Verteilung des Materials mittels Absetzer, Planierdrape, Tiefenlockerung durch Heckaufreißer etc.),
- Folgenutzung (Acker, Grünland, Forst) inkl. land- und forstwirtschaftlicher Bewirtschaftungsweise.

Die ermittelten Kennwert der untersuchten Kippböden unter Wald zeigen, dass die Kippböden aus Laacher See-Tephra unter Wald die Kriterien für eine potenzielle Einstufung als Andosol erfüllen können. Bei den Kippböden unter Acker scheinen die Trockenrohdichten meist über dem Grenzwert von 0,9 g cm⁻³ zu liegen.

Es wäre also grundsätzlich möglich die Kippböden in die neue Klasse der Andosole einzustufen; die Kippböden unter Acker jedoch nur als Übergangssubtyp. Sinnvoller ist jedoch eine Einstufung in eine andere Bodenklasse, nämlich die Klasse „Aerobe Kultisole“. Mit der KA6 wurde dort der neue Bodentyp „Deposol“ eingeführt. Deposole sind Böden aus verkipptem Solummaterial. Das Kippsubstrat muss hierbei ≥ 4 dm mächtig sein.

In den bodenkundlichen Datenbanken des LGB werden die Kippböden aus Laacher See-Tephra – in Anlehnung an die älteren Kartieranleitungen (KA4 bzw. KA5) – momentan noch unter der Bezeichnung „Kipp-Regosol“ bzw. „Regosol aus Kipp-Bimstephra“ geführt.

Es wird hier vorgeschlagen den „Regosol aus Kipp-Bimstephra“ bei einer Aktualisierung der bodenkundlichen Datenbanken nach KA6 als „andosolbürtigen Deposol“ oder „Deposol aus Andosol“ zu bezeichnen. Das Kippsubstrat könnte durch das Horizontsymbol „Niv°Dt“ gekennzeichnet werden. Durch die KA6 wird folglich eine exaktere Bezeichnung dieser Böden in Bezug auf Subtyp und Horizontsymbol möglich.

Literatur:

- AG BODEN (2024): Bodenkundliche Kartieranleitung, 6. Aufl. – Band 2: Geländeaufnahme und Systematik. Hannover.
- DETTKE, R. (1987): Rekultivierte Böden auf Laacher See Pyroklastika. Eigenschaften, Entwicklung und Nutzung. Diplomarbeit im Fach Angewandte Physische Geographie der Universität Trier. [unveröffentlicht]
- DETTKE, R. & SCHRÖDER, D. (1988): Eigenschaften und Entwicklung von rekultivierten Böden auf Laacher See Pyroklastika – Mitt. Deutsch. Bodenkdl. Ges, **56**, S. 339-344. Göttingen.
- FIELDER, M. & PERROTT, K. W. (1966): The nature of allophane in soils. Part 3 – Rapid field and laboratory test for allophane. New Zealand journal of science, **9**, Sept. 1966, S. 623-629.
- HFA (2022): Handbuch Forstliche Analytik. Eine Loseblatt-Sammlung der Analysemethoden im Forstbereich. Herausgegeben vom Gutachterausschuss Forstliche Analytik (Grundwerk 2005, Ergänzungen 1-6 2022).
- PFLANZ, D. & WIESNER, T. (2022): Andosole im Westerwald. In: Jahrestagung der DBG, Titel der Tagung: Grenzen überwinden, Skalen überschreiten, 03.-08. September 2022, Trier. (<https://eprints.dbges.de/1845/>)

¹ Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Referat Boden

Visualisierung thermischer Bodeneigenschaften in Rheinland-Pfalz: Methodenvergleich auf Basis der Bodenflächendaten 1:50.000

Wagner, R. & Dehner, U.

Hintergrund, Zielsetzung

Die **thermischen Eigenschaften von Böden** sind entscheidend für **aktuelle Fragestellungen** – sei es bei der **Nutzung geothermischer Energie** oder dem **Bau unterirdischer Stromtrassen**. Maßgebliche Einflussgrößen sind:

- Wasser- und Lufthaushalt
- Lagerungsdichte
- Textur (Korngrößenverteilung)
- Mineralogische Zusammensetzung

Im Fokus dieser Untersuchung steht die **thermische Leitfähigkeit**. Ziel ist der **Vergleich verschiedener Modellierungsansätze im Landschaftsmaßstab** dargestellt auf der **Bodenübersichtskarte 1:50.000 von Rheinland-Pfalz**.

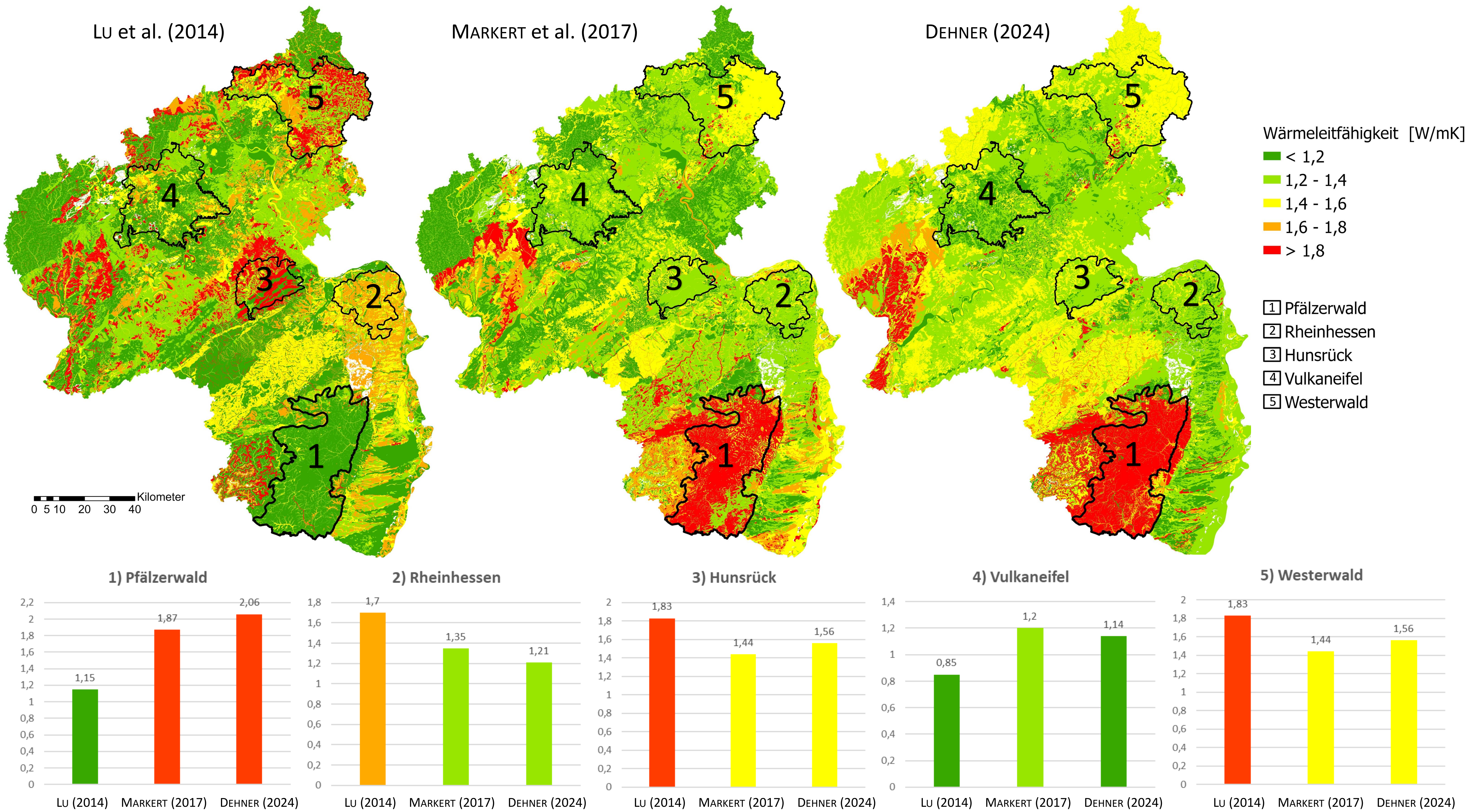
Methodik

Verglichen werden die **Modellansätze zur Berechnung von Wärmeleitfähigkeiten** nach LU et al. (2014) und MARKERT et al. (2017). Daneben liegt ein **Schätzrahmen auf der Basis von Bodenarten und Lagerungsdichten** vor, der anhand lokaler Messungen entwickelt wurde (DEHNER 2024).

Die Modelle werden auf die Bodenhorizonte von **Leitprofilen für die Bodenflächendaten der Bodenübersichtskarte 1:50.000** angewendet, um standortspezifische Differenzierungen zu verdeutlichen.

Es wird ein **Wassergehalt bei pF 2,5** angenommen. Betrachtet wird das gewichtete Mittel für den **Tiefenbereich 80 – 120 cm**. Flächen mit Festgestein in den obersten 100 cm werden nicht berücksichtigt.

Thermische Leitfähigkeiten Bodenübersichtskarte 1:50.000



Ergebnisse

- 1) Pfälzerwald:** Sandige Böden mit teils dichter Lagerung, erhebliche Unterschätzung der Leitfähigkeiten durch LU et al. (2014).
- 2) Rheinhessen:** Lössböden und tonige Mergel, Überschätzung der Leitfähigkeiten durch LU et al. (2014).
- 3) Hunsrück:** Böden aus Tonschiefer, Überschätzung der Leitfähigkeiten durch LU et al. (2014).
- 4) Vulkaneifel:** Locker gelagerte Böden aus Tonschiefer, niedrige Leitfähigkeiten bei allen Ansätzen.
- 5) Westerwald:** Vorwiegend Böden aus Basalt, sehr hohe Leitfähigkeiten bei LU et al. (2014).

Fazit

Vergleich der Modelle
Die Modelle zeigen im Landschaftsmaßstab teils erhebliche Unterschiede sowie unterschiedliche Differenzierungen.

Abbildung der geologischen Verhältnisse von Rheinland-Pfalz
Am ehesten werden die geologischen Verhältnisse durch den lokalen Messdatensatz von DEHNER (2024) wiedergegeben. Das Modell von MARKERT et al. (2017) zeigt in großen Teilen ähnliche Tendenzen. Nach LU et al. (2014) ergeben sich im Landschaftsmaßstab teils erhebliche Abweichungen.

Literatur

DEHNER, U. (2024): Thermische Eigenschaften von Böden – Eine Auswertung von Messdaten aus Rheinland-Pfalz. Themenhefte Vorsorgender Bodenschutz, Heft 6. Mainz. <http://dx.doi.org/10.23689/FIDGEO-5968>.

LU, Y., LU, S., HORTON, R., REN, T. (2014): An empirical model for estimating soil thermal conductivity from texture, water content, and bulk density. Soil Science Society of America Journal, 78(6), 1859–1868. <https://doi.org/10.2136/sssaj2014.05.0218>.

MARKERT, A., BOHNE, K., FACKLAM, M., WESSOLEK, G. (2017): Pedotransfer functions of soil thermal conductivity for the textural classes sand, silt, and loam. Soil Science Society of America Journal, 81(6), 1315–1327. <https://doi.org/10.2136/sssaj2017.02.0062>.

Kontakt Autoren: Rico Wagner (rico-manuel.wagner@lgb-rlp.de), Ulrich Dehner (ulrich.dehner@lgb-rlp.de), Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Emy-Roeder-Str. 5, 55129 Mainz.



Berechnung der effektiven Wasserbilanz der Hauptvegetationsperiode mit einem Klimaprojektionsensemble unter verschiedenen Emissionsszenarien bis Ende des Jahrhunderts

Sauer, T.¹, Teubler, F.¹, Pflanz, D.², Pfannenstein, N.²



Rheinland-Pfalz



www.klimawandel.rlp.de

www.lgb-rlp.de

- 1 Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen: tilmann.sauer@klimawandel.rlp.de / franziska.teubler@klimawandel.rlp.de
- 2 Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Referat Boden: dorthe.pflanz@lgb-rlp.de / nick.pfannenstein@lgb-rlp.de

1. Anlass und Zielsetzung

Die effektive Wasserbilanz ($WB_{\text{eff, mai-aug}}$) während der Hauptvegetationsperiode von Mai bis August kann unter sich verändernden klimatischen Bedingungen als Indikator zur Bewertung von Wasserverfügbarkeit und landwirtschaftlicher Produktivität dienen. Sie ergibt sich aus der Verknüpfung von Rasterdaten bodenkundlicher Parameter und klimatologischer Größen.

Das Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz hat gemeinsam mit dem Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen die $WB_{\text{eff, mai-aug}}$ der Referenzperiode 1991 bis 2020, sowie zwei zukünftige Zeiträume (2031–2060 und 2071–2100) für Rheinland-Pfalz berechnet und auf naturräumlicher Basis visualisiert. Grundlage dafür ist ein Ensemble regionaler Klimaprojektionen für drei Emissionsszenarien (RCP 2.6, RCP4.5 und RCP8.5). Folgend werden RCP2.6 und RCP8.5 gegenübergestellt.

Ziel ist es, räumliche Veränderungen der Wasserverfügbarkeit unter zukünftigen Klimabedingungen sichtbar und quantifizierbar zu machen. Die räumliche Analyse kann eine fachliche Grundlage für wasserwirtschaftliche Planung und landwirtschaftliche Praxis bieten, sowie zur Kommunikation regionaler Klimafolgen beitragen.

2. Methodik und Visualisierung

Zur Berechnung der effektiven Wasserbilanz in der Hauptvegetationsperiode ($WB_{\text{eff, mai-aug}}$), welche sich nach RICHTER et. al. (2009) aus der Differenz des nutzbaren Wasserdargebots ($WD_{\text{mai-aug}}$) und der potentiellen Evapotranspiration ($ET_{\text{pot, mai-aug}}$) von Mai bis August zusammensetzt, wurde die Verknüpfungsregel 3.31 der Ad-hoc-AG Boden (2010) herangezogen:

$$(1) WD_{\text{mai-aug}} = nFKDB + KA + N_{\text{mai-aug}}$$
$$(2) WB_{\text{eff, mai-aug}} = WD_{\text{mai-aug}} - ET_{\text{pot, mai-aug}}$$

Kartenerstellung in ArcGIS Pro:

- Erstellung einer Messdatenkarte mit Werten für 1991-2020 zur Einordnung der Projektionsdaten (Abb.3)
- Skriptbasierte Berechnung der effektiven Wasserbilanz für 1991–2020, 2031–2060, 2071–2100 unter den Emissionsszenarien RCP2.6, RCP4.5 und RCP8.5
- Bildung von Ensemblekarten: Minimal- und Maximalwerte pro Rasterzelle
- Aggregation auf Naturraumbene durch Mittelwertbildung
- Endergebnis: 19 Karten (je Zeitraum und Szenario eine Min-/Max-Karte + Messdatenkarte)

3. Plausibilität der Projektionsdaten

Um die Projektionsdatenplausibilität für die Emissionsszenarien (RCP2.6 und RCP8.5) zu überprüfen, wurden die gemessenen effektiven Wasserbilanzen der Referenzperiode 1991-2020 mit den minimalen und maximalen Projektionswertmitteln pro Naturraum verglichen.

Die Messwerte von RCP2.6 (Abb.1) liegen in den Naturräumen im mittleren bis oberen Randbereich der Modellbandbreiten
→ tendenzielle Unterschätzung der effektiven Wasserbilanz

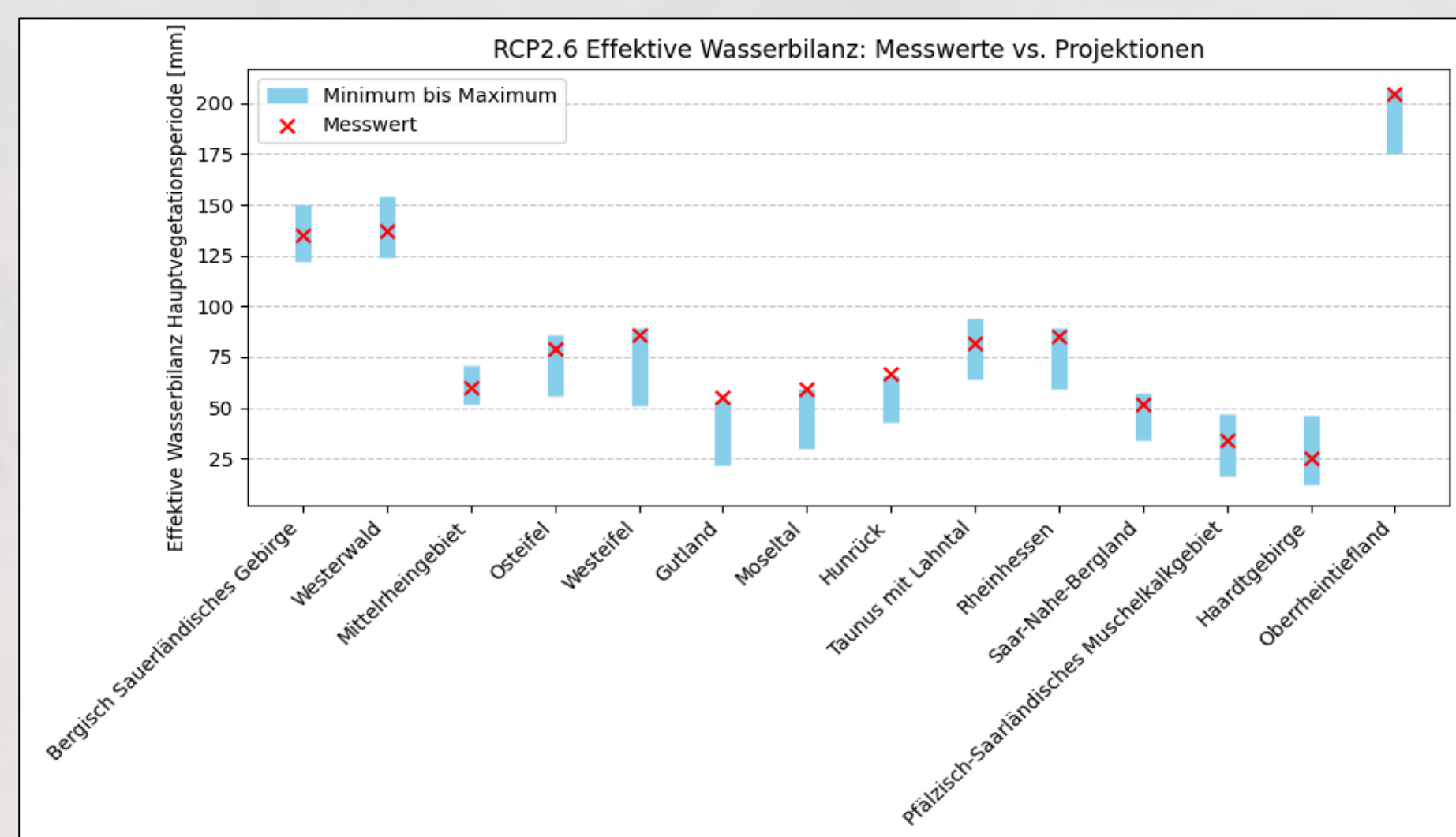


Abb.1: Mess- und Projektionsdatenvergleich RCP2.6 (1991-2020)

Die Modellbandbreiten von RCP8.5 (Abb.2) sind deutlich breiter. Die Messwerte befinden sich im mittleren bis unteren Bereich
→ tendenzielle Überschätzung der effektiven Wasserbilanz

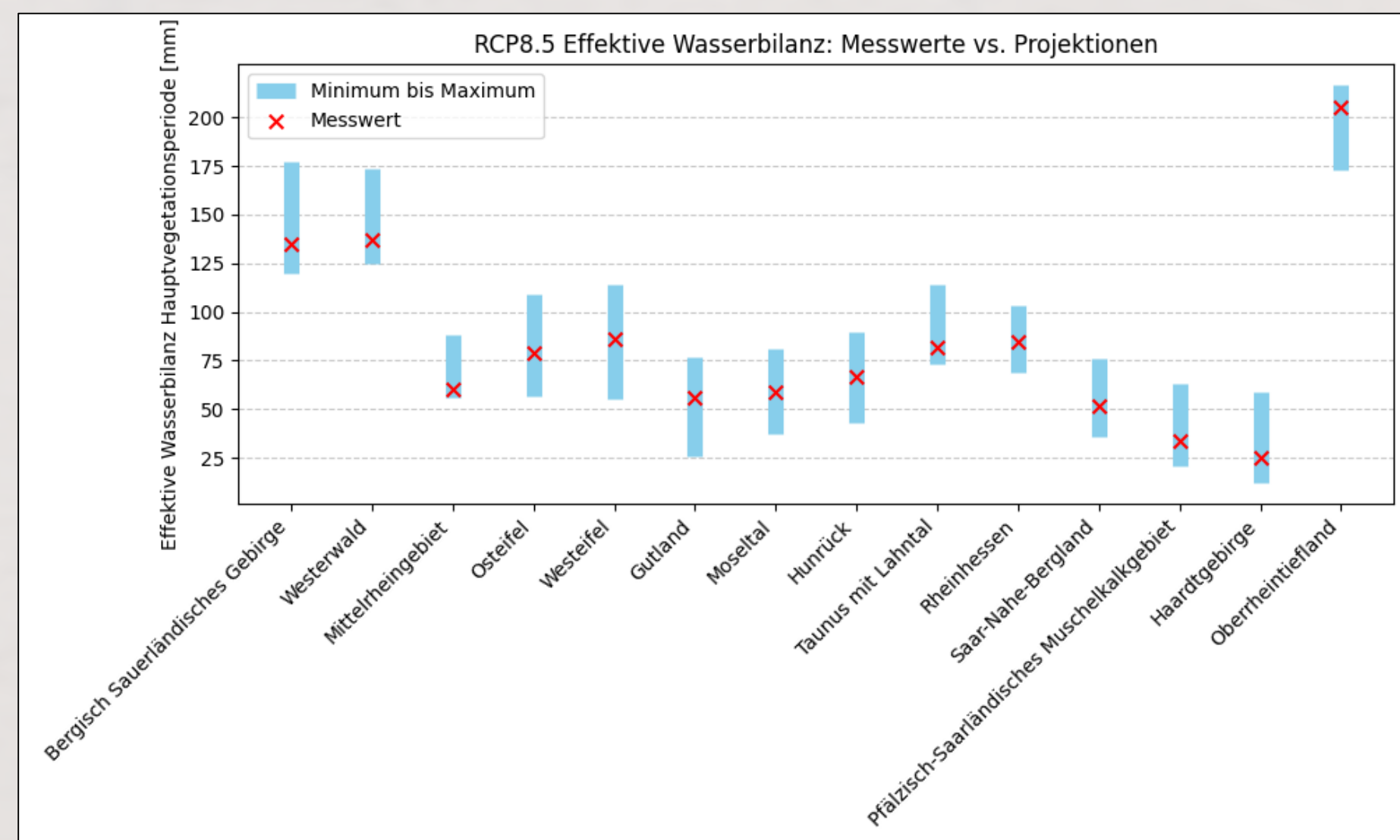


Abb.2: Mess- und Projektionsdatenvergleich RCP8.5 (1991-2020)

→ Die Modellprojektionen bilden die Realität plausibel ab, zeigen jedoch regionale Abweichungen, die auf eine systematische Tendenz zur Über- oder Unterschätzung hindeuten die es bei der Interpretation zukünftiger Szenarien zu berücksichtigen gilt.

4. Ergebnisse

Für die Betrachtung der Zukunftszeiträume (2031-2060 und 2071-2100) werden, auf Basis der vorangegangenen Plausibilitätsprüfung, die Ergebnisse der Maximalwertprojektionen von RCP2.6 (mögliche Unterschätzung) und die Minimalwertprojektionen von RCP8.5 (mögliche Überschätzung) als Interpretationsgrundlage gegenübergestellt. So können realistische Spannweiten der zukünftigen Wasserverfügbarkeit abgeleitet und Unsicherheiten besser eingeordnet werden. Zum Verständnis der Projektionswertänderungen dient die Messdatenkarte.

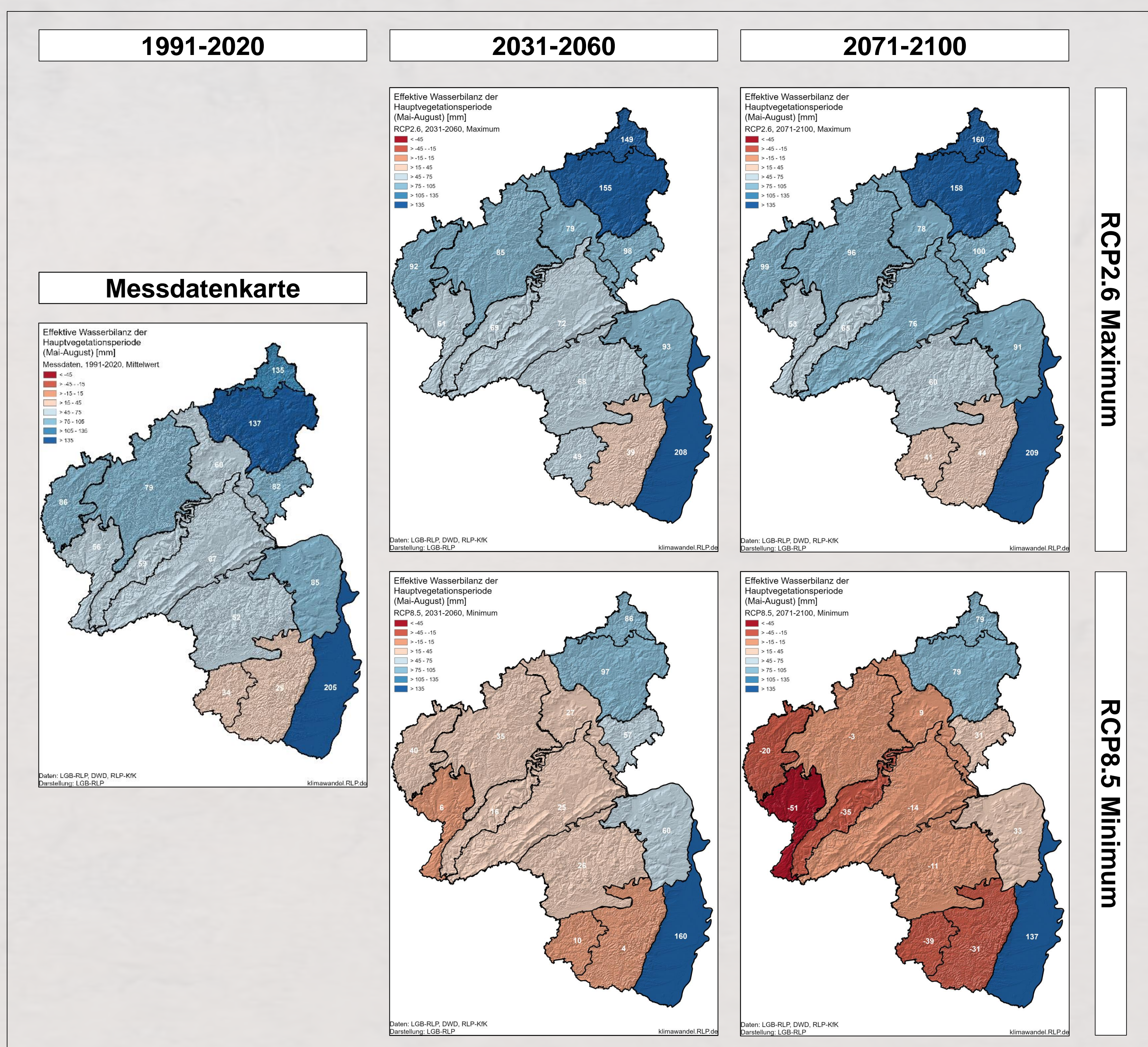


Abb.3: Gegenüberstellung von RCP2.6-Maximalprojektionswerten und RCP8.5 Minimalprojektionswerten im zeitlichen Verlauf von 2031-2100 mit einordnender Messdatenkarte der Referenzperiode 1991-2020

5. Fazit

Das Maximum von RCP2.6 unterschätzt, das Minimum von RCP8.5 überschätzt in Teilen die naturräumlich zu unterscheidenden effektiven Wasserbilanzen. Beide Extremwerte markieren also keine sicheren Grenzen, sondern eher ein vorsichtiges bis optimistisches Spektrum, dessen reale Entwicklungen in der Modellierung hoher Emissionen noch drastischer ausfallen könnten.

Zudem nimmt die Methode in der Projektion eine konstante, vollständig gefüllte nFKDB an, ohne saisonal-klimatische Schwankungen, wie die zunehmende Niederschlagsabnahme in den Sommermonaten, zu berücksichtigen. Dadurch erscheinen Naturräume mit hoher nFKDB in den Projektionen widerstandsfähiger, als sie es in der Realität sind. Diese Annahmen führen zu einer systematischen Überschätzung der $WB_{\text{eff, mai-aug}}$, insbesondere in nFKDB-reichen Naturräumen, wodurch mögliche Trockenstressrisiken unter klimatischen Veränderungen unterschätzt werden.

Literatur:

Ad-hoc-AG Boden (2010): Verzeichnis zusätzlicher Verknüpfungsregeln. Zu Kapitel 3 "Klimatische und hydrologische Kennwerte". Ermittlung der effektiven Wasserbilanz der Hauptvegetationsperiode (Mai–August).

RICHTER, A., HENNINGS, V. UND MÜLLER, L. (2009): Anwendung des Müncheberger Soil Quality Ratings (SQR) auf bodenkundliche Grundlagenkarten. Jahrestagung der DBG, Kommission V. Böden – eine endliche Ressource. DBGPrints-Archiv: <https://eprints.dbges.de/243/>