



# Klimawandel als Standortfaktor – Herausforderungen für Brandenburgs Waldböden



---

Prof. Dr. Winfried Riek



Hochschule  
für nachhaltige Entwicklung  
Eberswalde



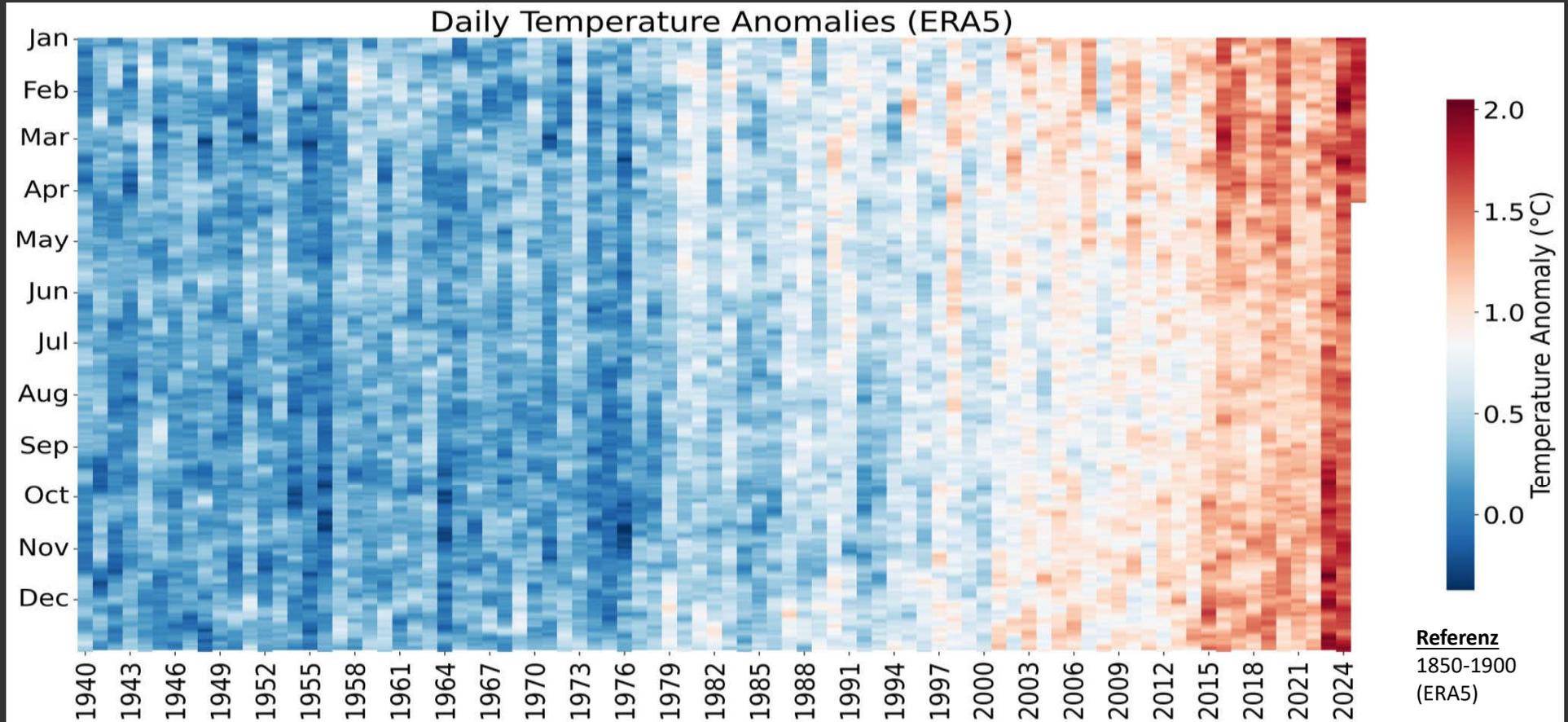
Landesbetrieb

# Inhalt

---

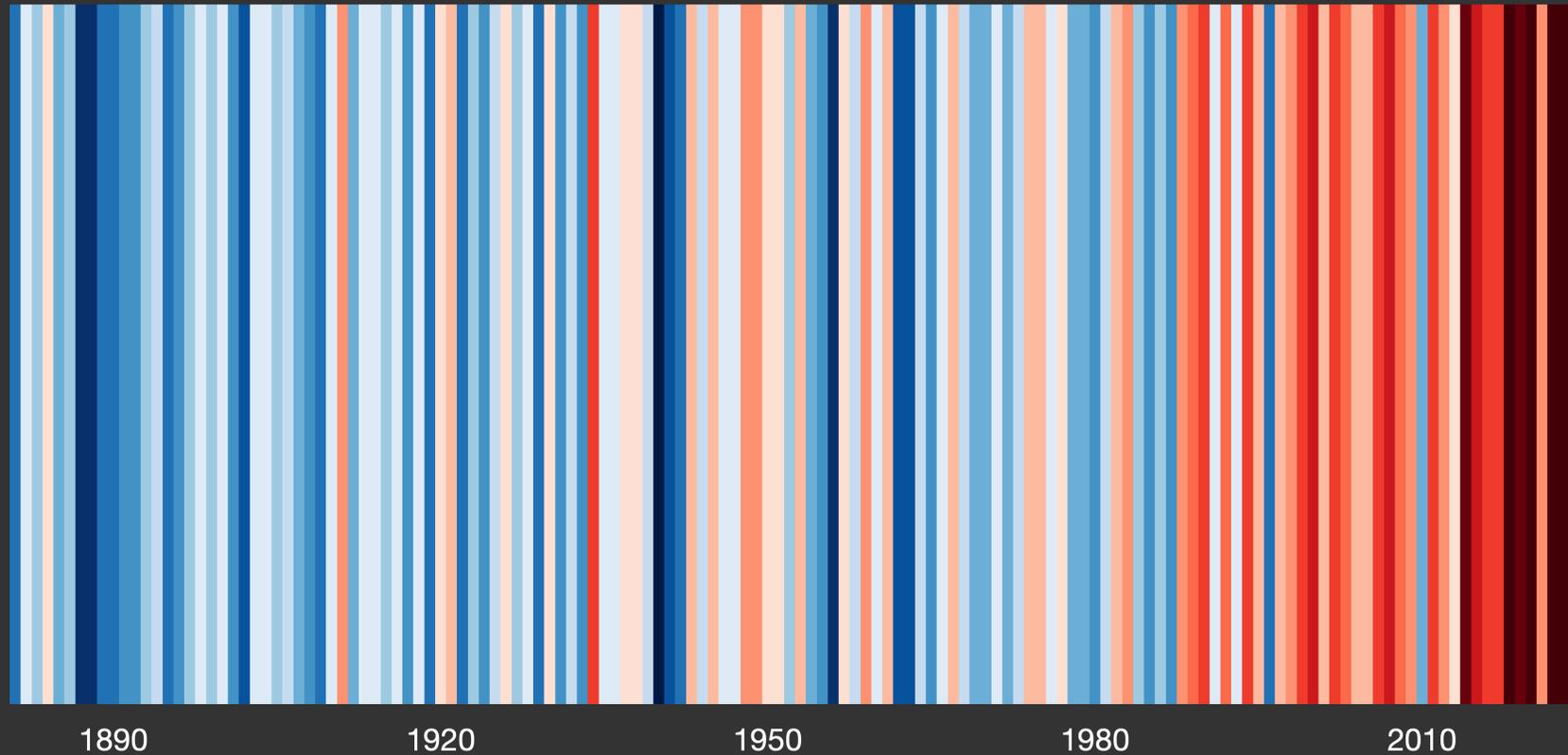
- Klimawandel – global, regional, konkret
- Brandenburgs Waldböden und deren Eigenschaften
- Veränderungen der Standortbedingungen durch den Klimawandel
  - Leistungen und neue Herausforderungen für die Böden
  - Anpassungsstrategien und Handlungsprinzipien  
(Link zum Forschungsprojekt „StWM-KPW“)
- Kurzes Fazit

# Klimawandel: Globale Temperatur-Anomalien

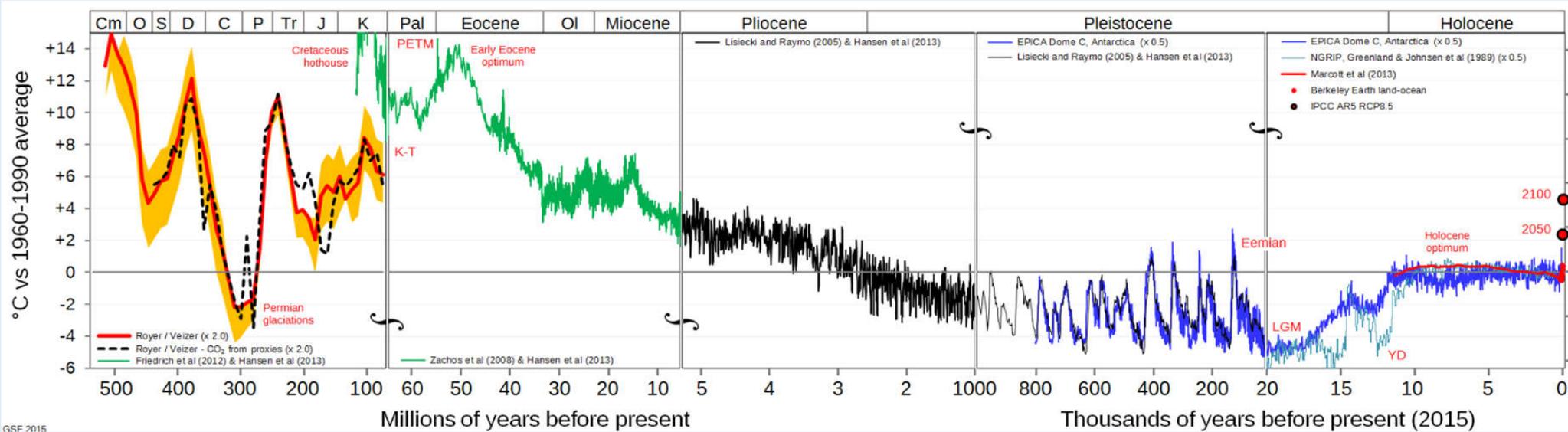
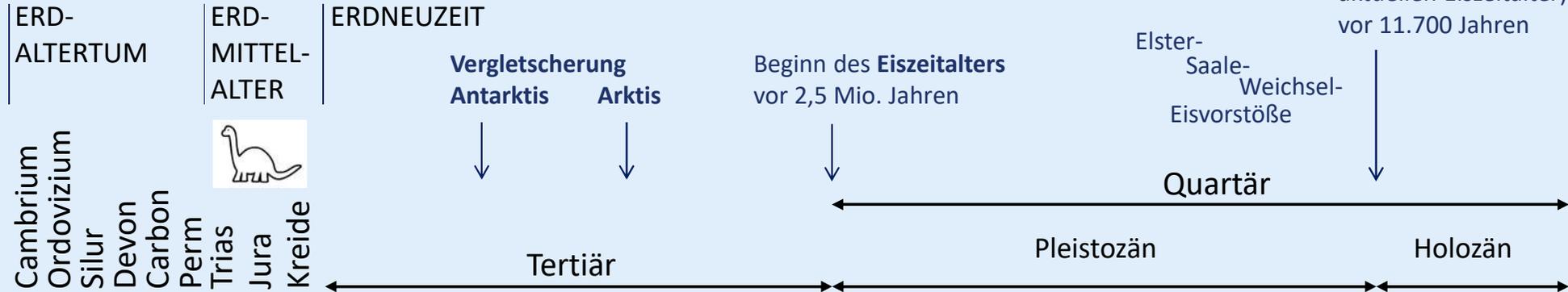


# Klimawandel: „Warming Stripes“ Deutschland

Temperature change in Germany since 1881



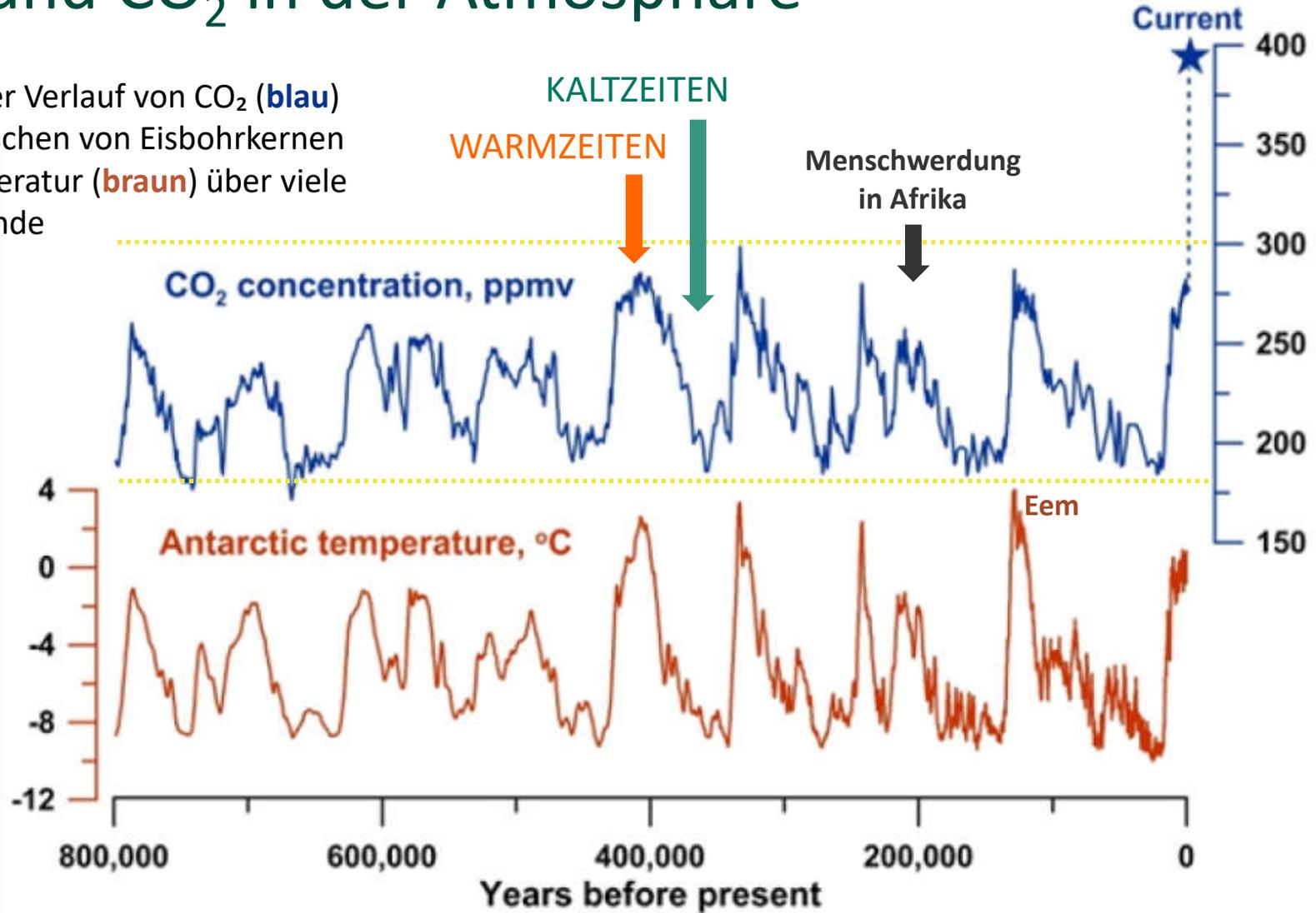
# Klimageschichte der Erde



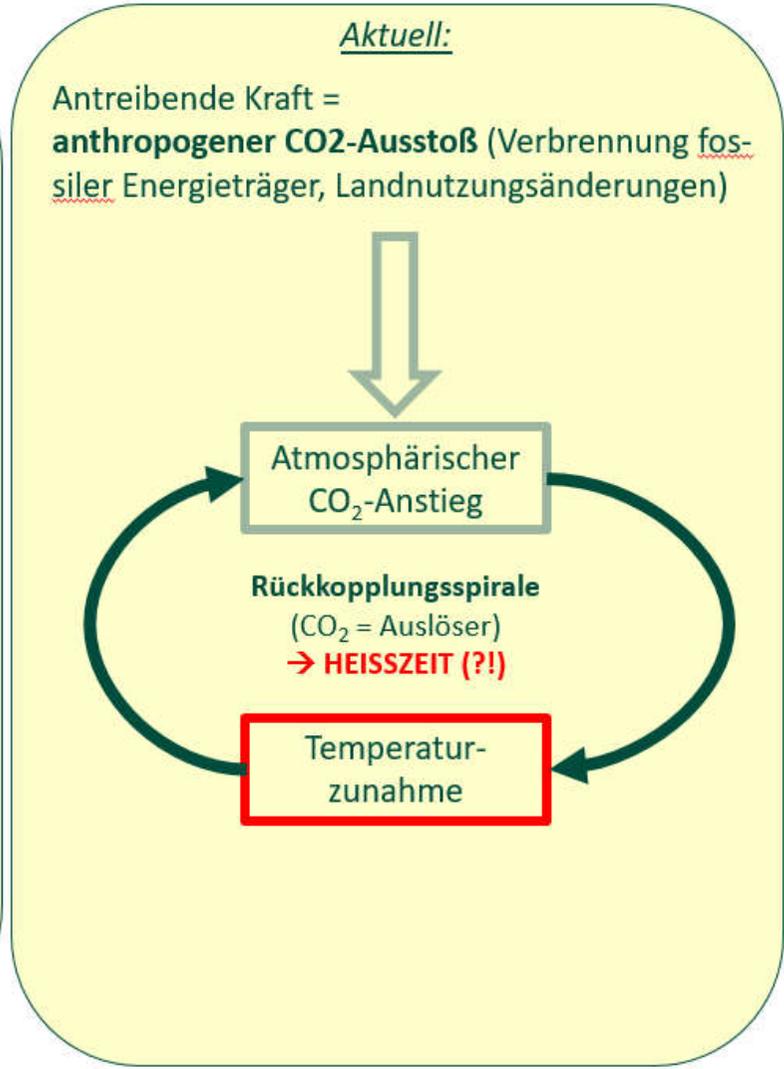
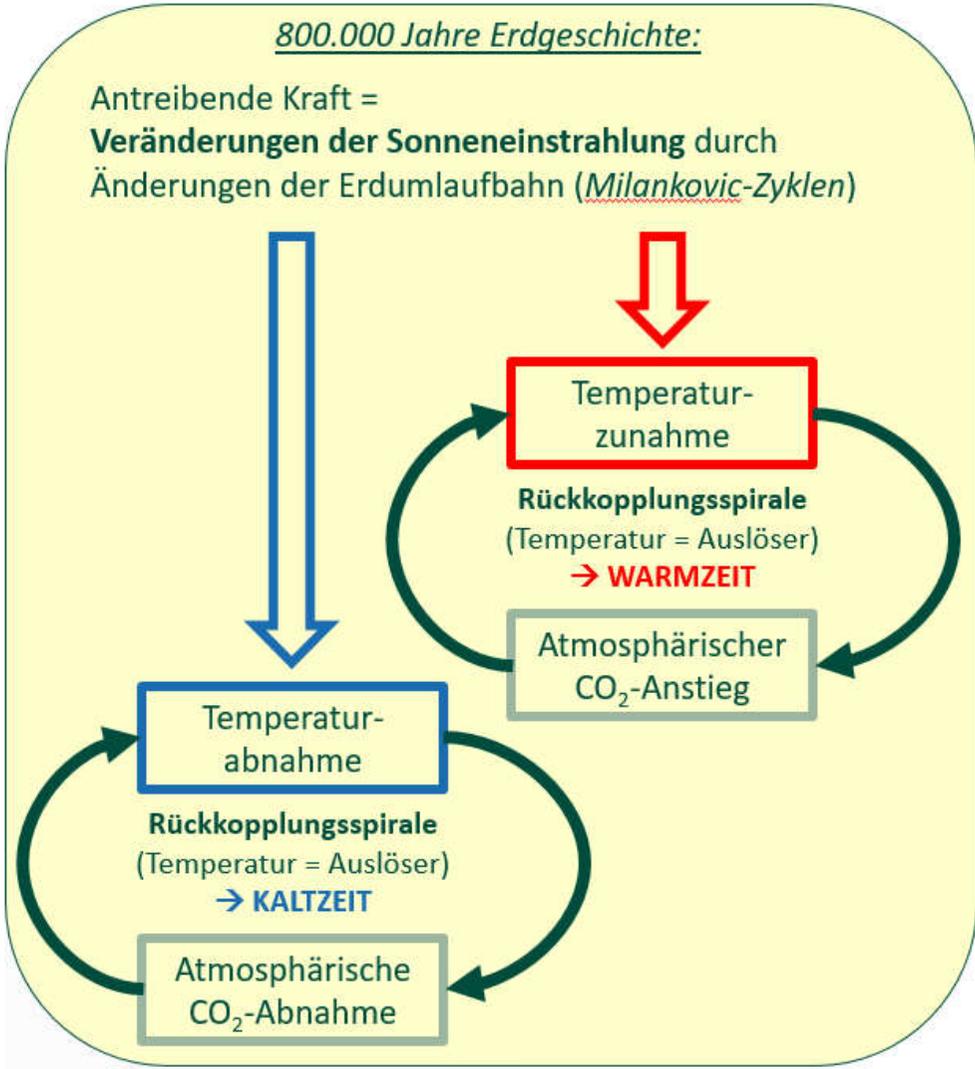
GSF 2015

# Klima und CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre

Synchroner Verlauf von CO<sub>2</sub> (**blau**) in Luftbläschen von Eisbohrkernen und Temperatur (**braun**) über viele Jahrtausende



# Klima und CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre



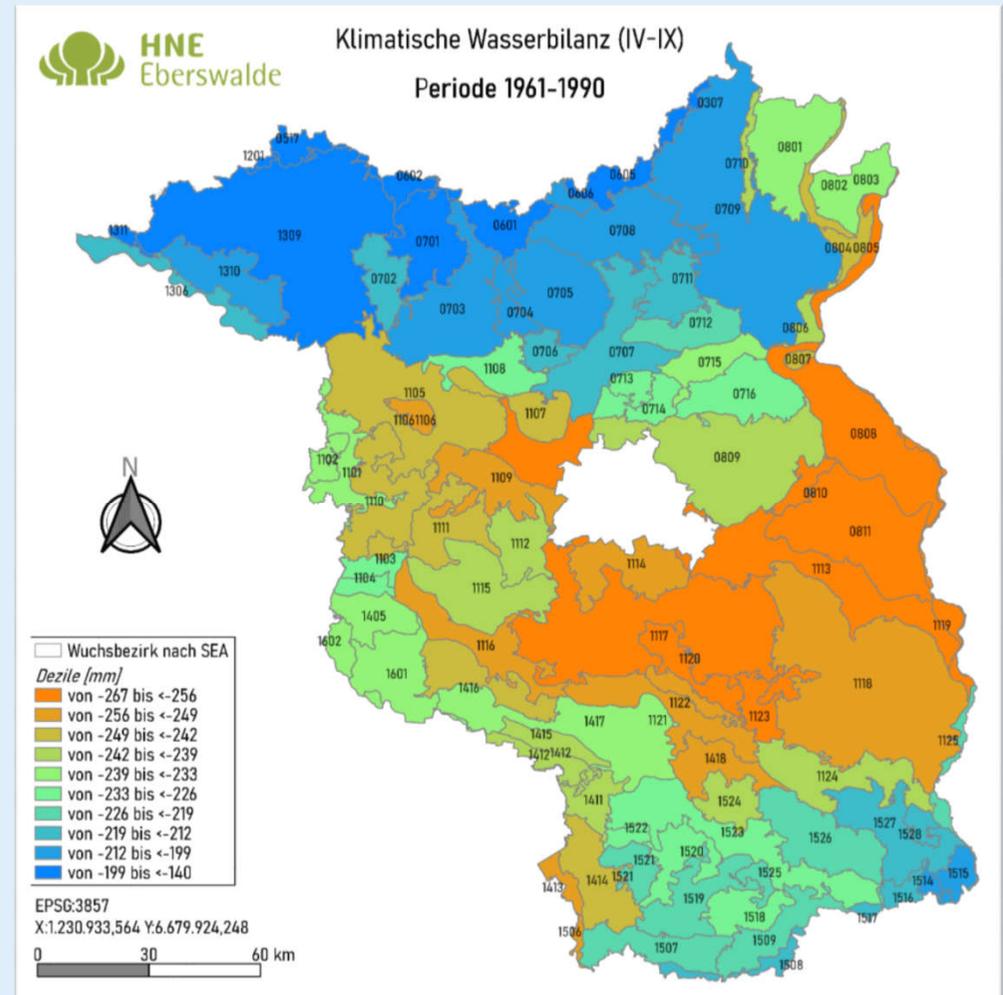
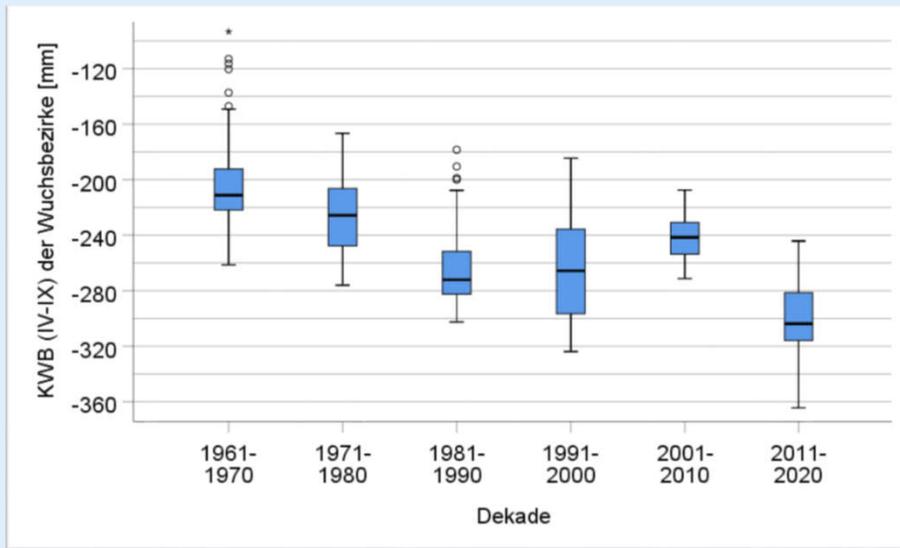
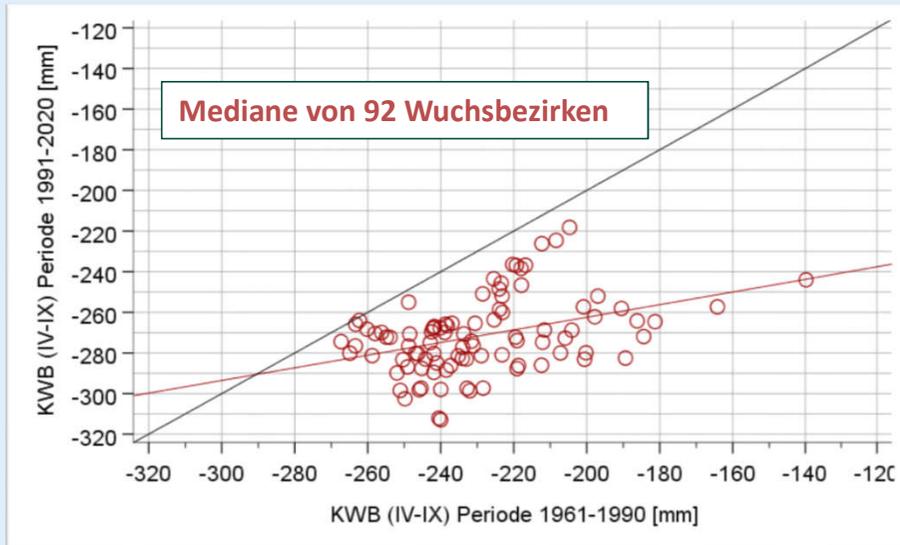
# Klima & Klimawandel: Blick nach Brandenburg



**Klimatische Wasserbilanz (KWB) = Niederschlag – potenzielle Verdunstung**

Hamburg: **+240 mm**      München: **+392 mm**      Potsdam: ca. **-53 mm**      (1961-1990)

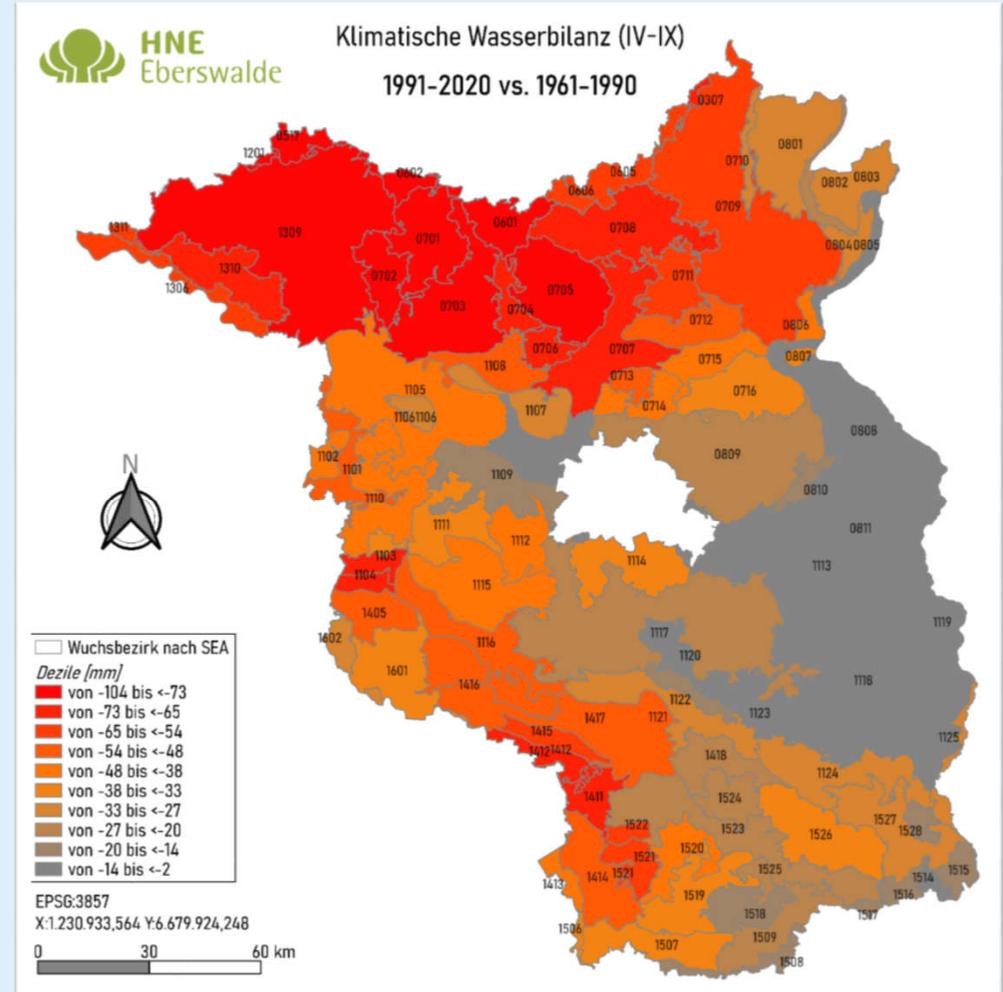
# Klimawandel: Verschiebung der Wuchsräume



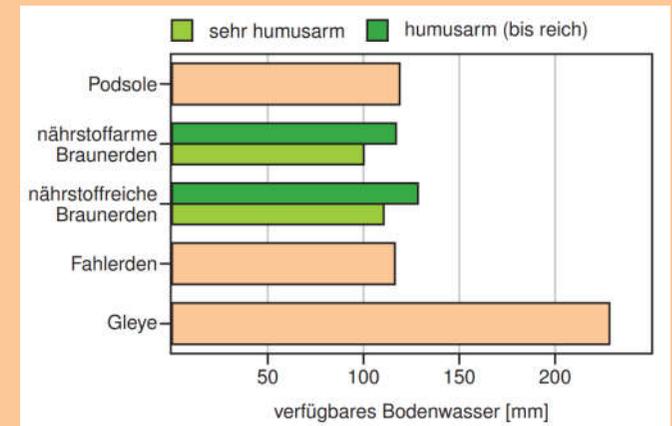
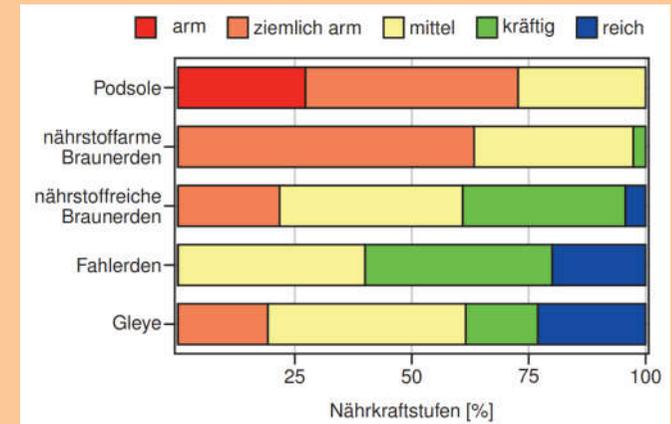
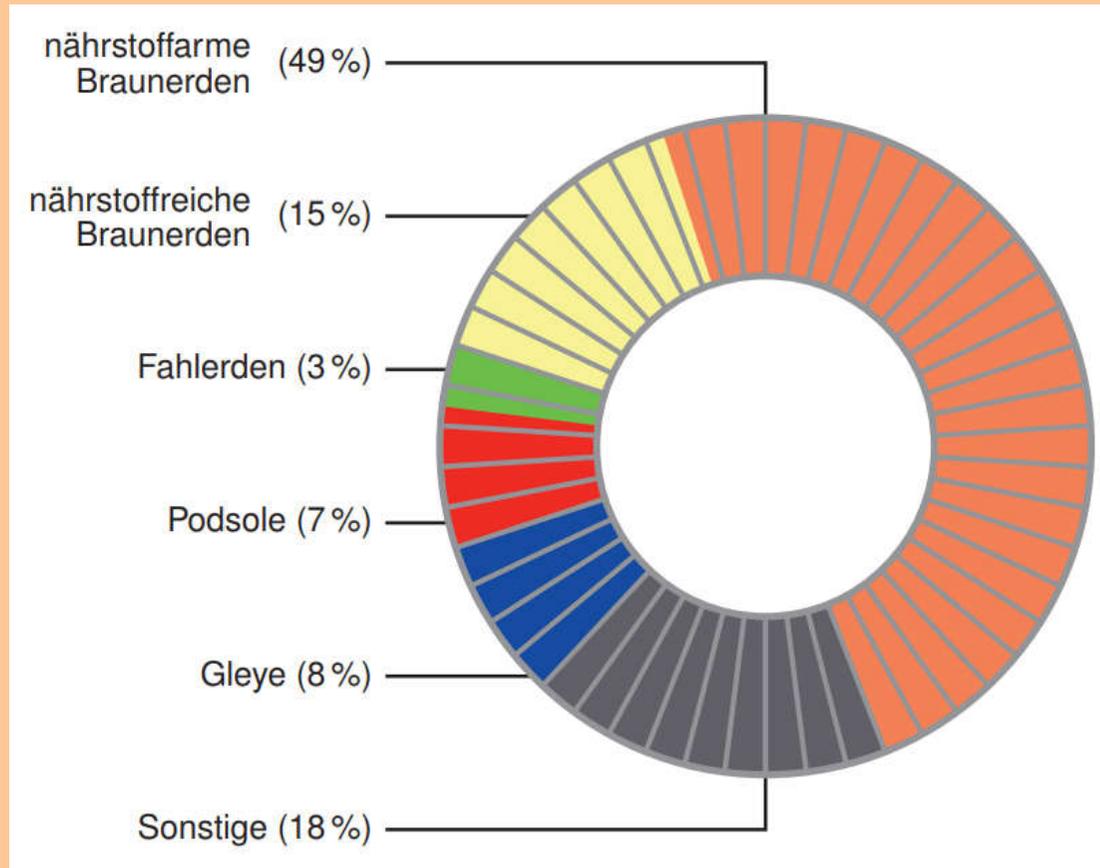
KWB IV-IX = Niederschlag – potenzielle Verdunstung (April bis September)

# Klimawandel: Verschiebung der Wuchsräume

[mm]	Klimaperiode (30 Jahre)		Δ
	1961-1990	1991-2020	
Nd (IV-IX)	348	321	-27
PET <sub>pot</sub> (IV-IX)	585	607	22
KWB (IV-IX)	-237	-286	-49



# Auf welche Böden und Waldstandorte trifft der Klimawandel in Brandenburg?



# Funktionen und Leistungen der Waldböden

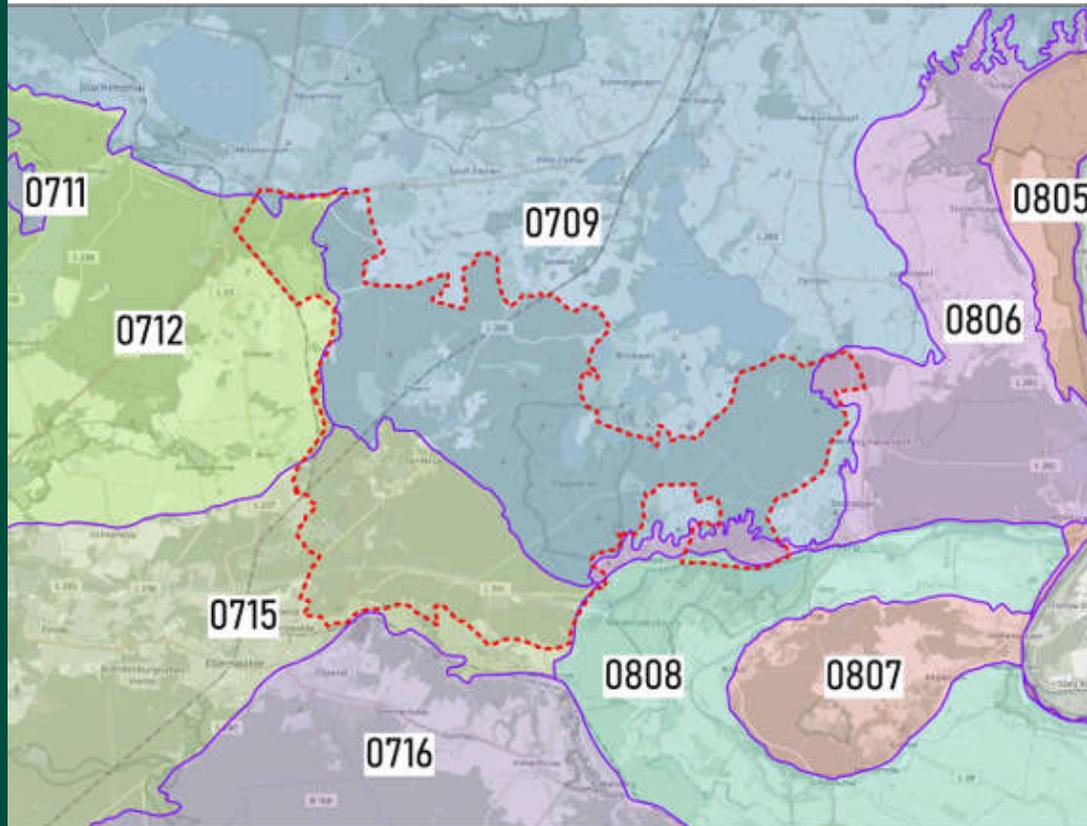


<b>Wasser- und Nährstoffspeicher</b>	Waldböden versorgen die Waldbäume kontinuierlich mit Wasser und Nährstoffen, die für ihr Wachstum und ihre Gesundheit notwendig sind.
<b>Biodiversität</b>	Sie sind im Vergleich zu landwirtschaftlich genutzten Böden besonders naturnah und bieten Lebensraum für eine hohe Artenvielfalt.
<b>Klimaschutz</b>	Durch die Akkumulation von Humus entziehen Waldböden der Atmosphäre Kohlendioxid und tragen damit aktiv zum Klimaschutz bei.
<b>Hochwasserschutz und Erosionsvermeidung</b>	Sie nehmen Starkregen auf, verhindern Überschwemmungen und schützen vor Erosion und Erdrutschen.
<b>Trinkwasserqualität</b>	Waldböden fördern die Bildung von sauberem Grundwasser und verbessern so die Trinkwasserqualität.
<b>Archiv der Natur- und Kulturgeschichte</b>	Als natürliche Archive bewahren Waldböden Spuren der Natur- und Kulturgeschichte.

# Bodenvielfalt der Beispielregion „Choriner Waldgebiets“ (= Waldgebiet des Jahres 2023)



# Bodenvielfalt der Beispielregion „Choriner Waldgebiets“ (= Waldgebiet des Jahres 2023)

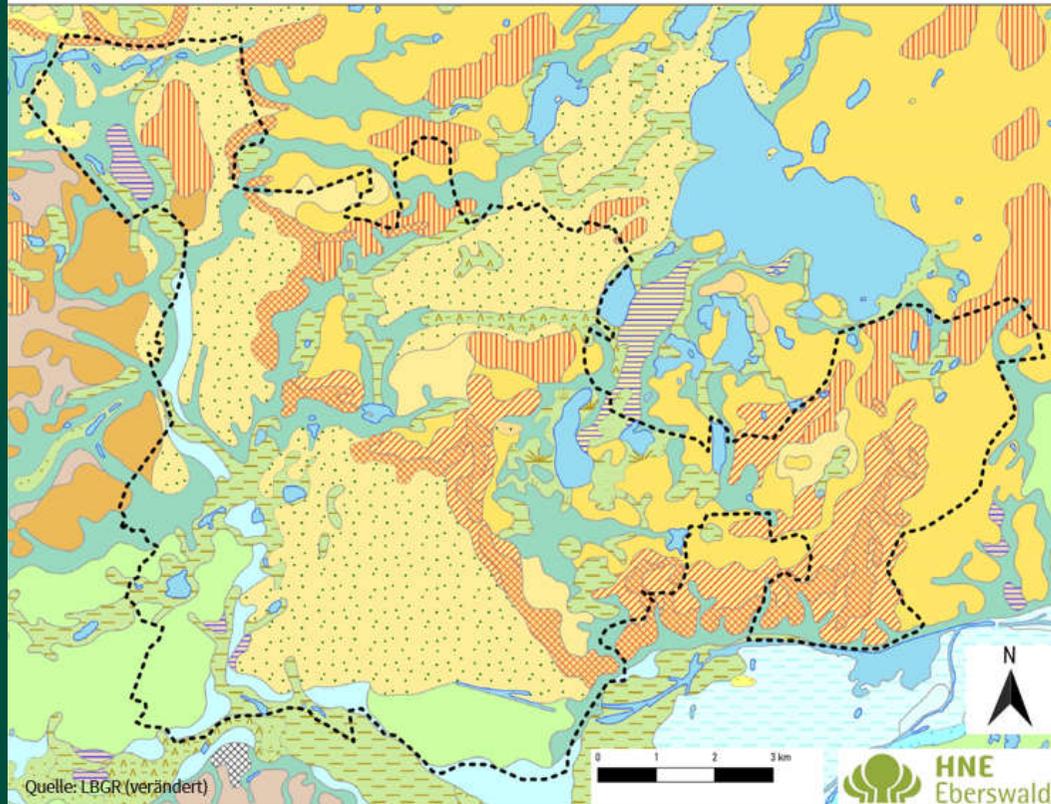


## Wuchsgebiet / Wuchsbezirk (Gauer & Aldinger 2005)

- 07 Ostmecklenburg-Nordbrandenburger Jungmoränenland
- 0709 Angermünder-Strasburger Grund(Wellen)moräne
  - 0712 Eichhorster Platte
  - 0715 Eberswalder Talabschnitt
  - 0716 Tremper Platte
- 08 Nordostbrandenburger Jungmoränenland
- 0806 Gellmersdorfer Jungmoränenland
  - 0807 Neuenhagener Oderinsel
  - 0808 Oderbruch mit Wriezener Terrasse

<i>Klimakennwerte (1961-1990)</i>			
$T_{\text{Jahr}} [^{\circ}\text{C}]$	8,5	$N_{\text{Jahr}} [\text{mm}]$	559
		$KWB_{\text{Jahr}} [\text{mm}]$	-72

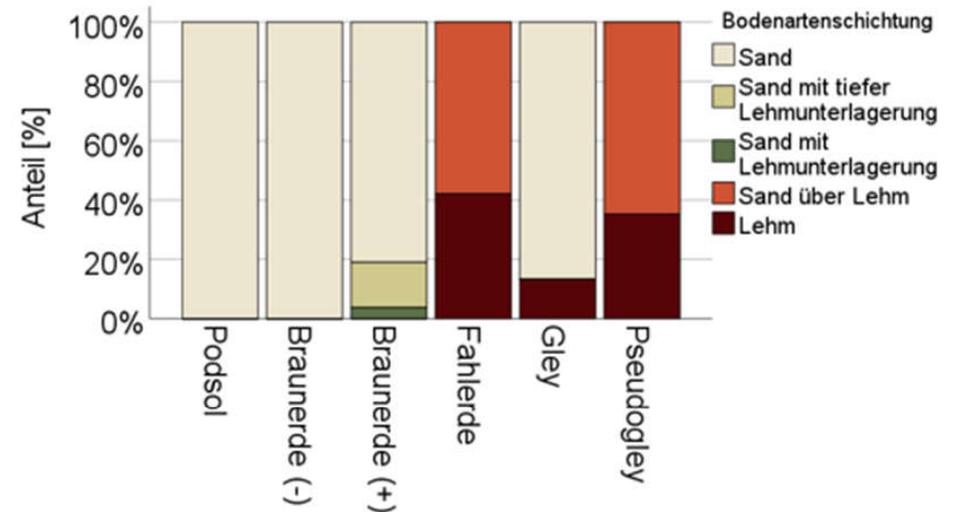
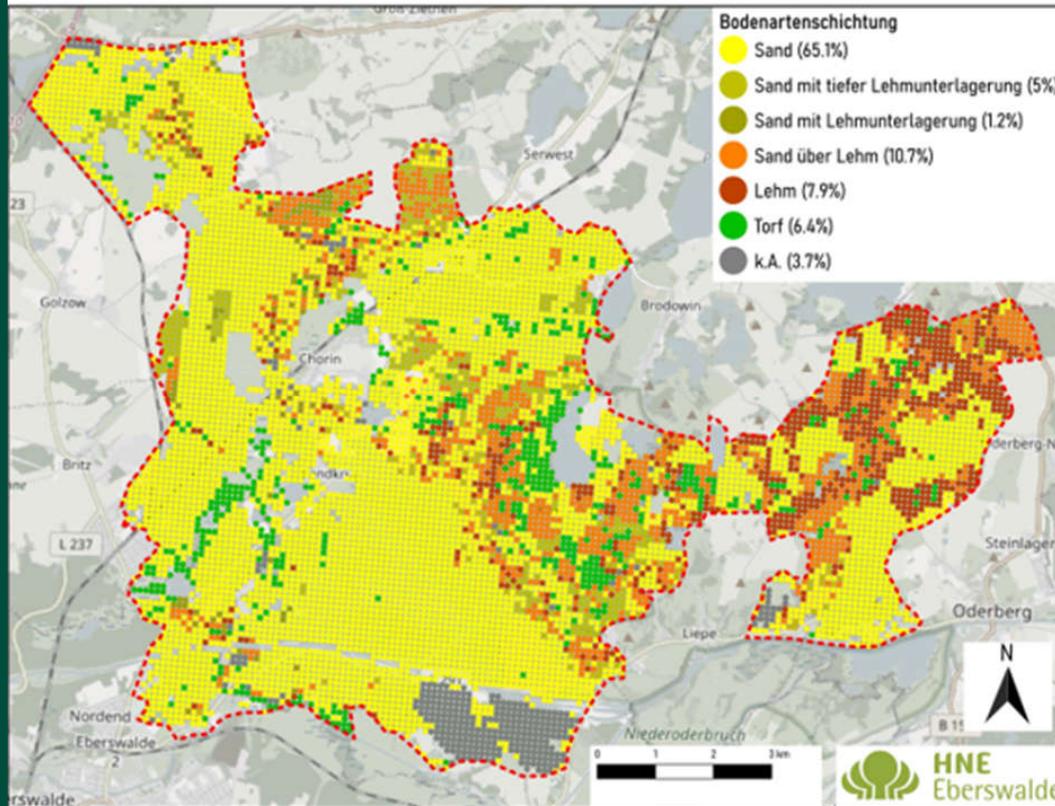
# Böden und Bodeneigenschaften im Choriner Waldgebiet (exemplarisch für das BR-SC)



- |  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|   | Aufschüttungs- und Ausschmelzbildungen |   | Beckenablagerungen in Gletscherseen          |
|   | Ablagerungen des Stauchungskomplexes   |   | Periglaziale bis fluviatile Ablagerungen     |
|   | Blockpackungen im Endmoränenbereich    |   | Moorbildungen (Niedermoore, <u>Anmoore</u> ) |
|   | Grundmoräne des Pommerschen Stadiums   |   | Moor- und Seeablagerungen                    |
|   | Grundmoräne des Brandenburger Stadiums |   | Übergangs- und Hochmoore                     |
|  | Schmelzwasserablagerungen (Sander)     |  | Ablagerungen des <u>Urstromtales</u>         |

(verändert nach LBGR, Geoportal)

# Bodenformende Faktoren: SUBSTRAT



**Sand:** Geschiebe- und Sandersande (lehmfrei >300cm)

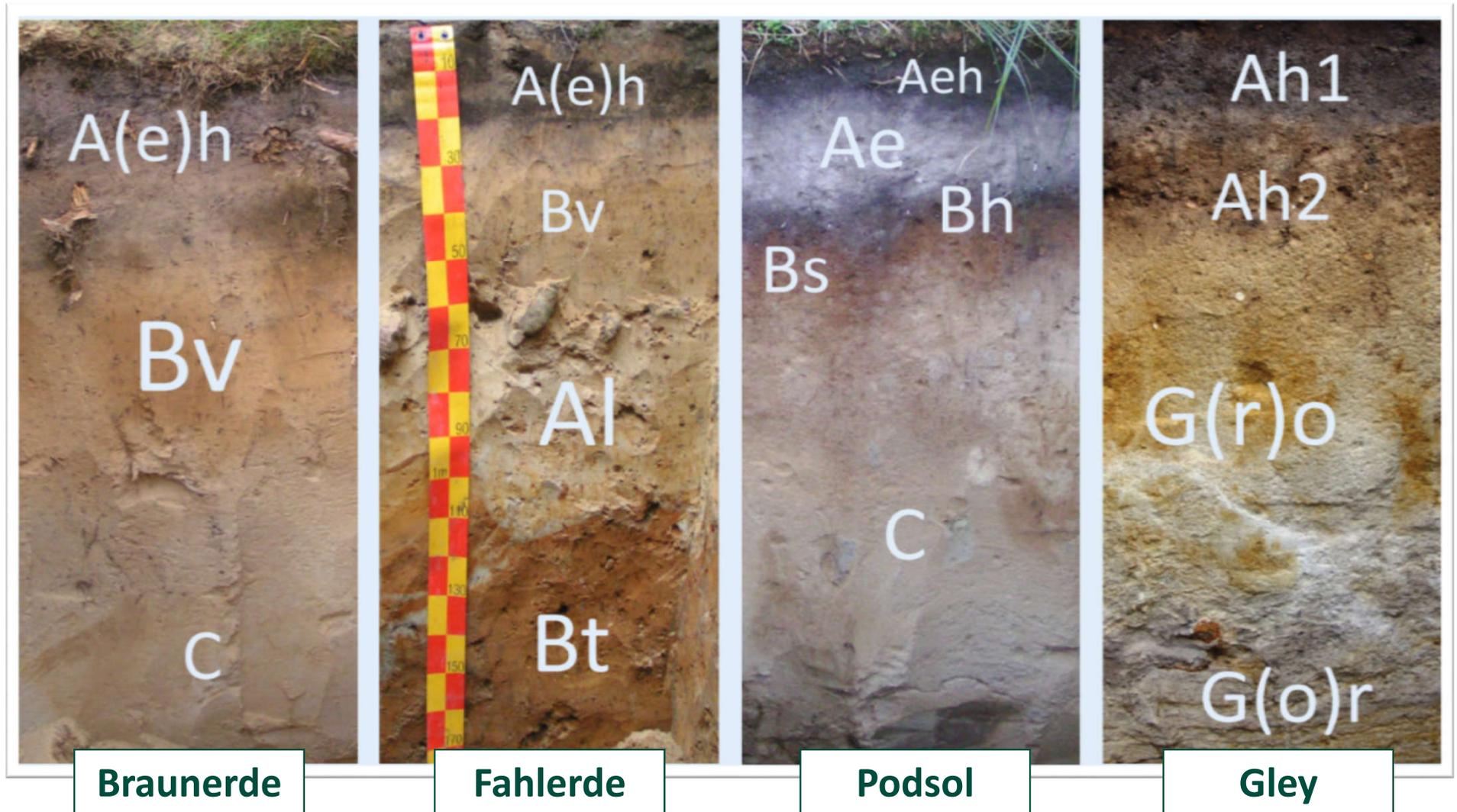
**Sand mit tiefer Lehmunterlagerung:** Lehm tiefer 160 cm anstehend

**Sand mit Lehmunterlagerung:** Lehm ab 80-160 cm anstehend

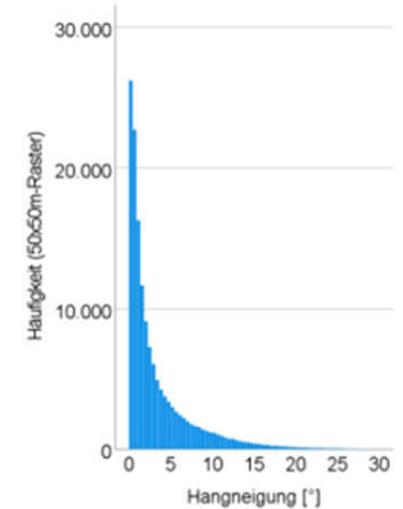
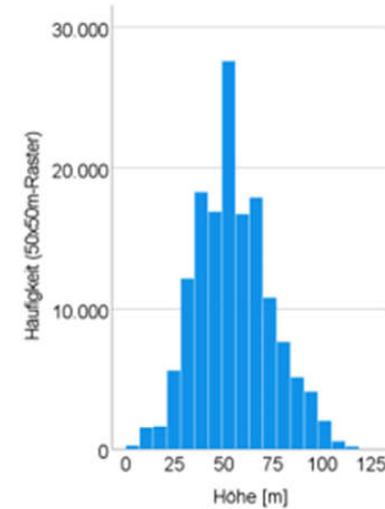
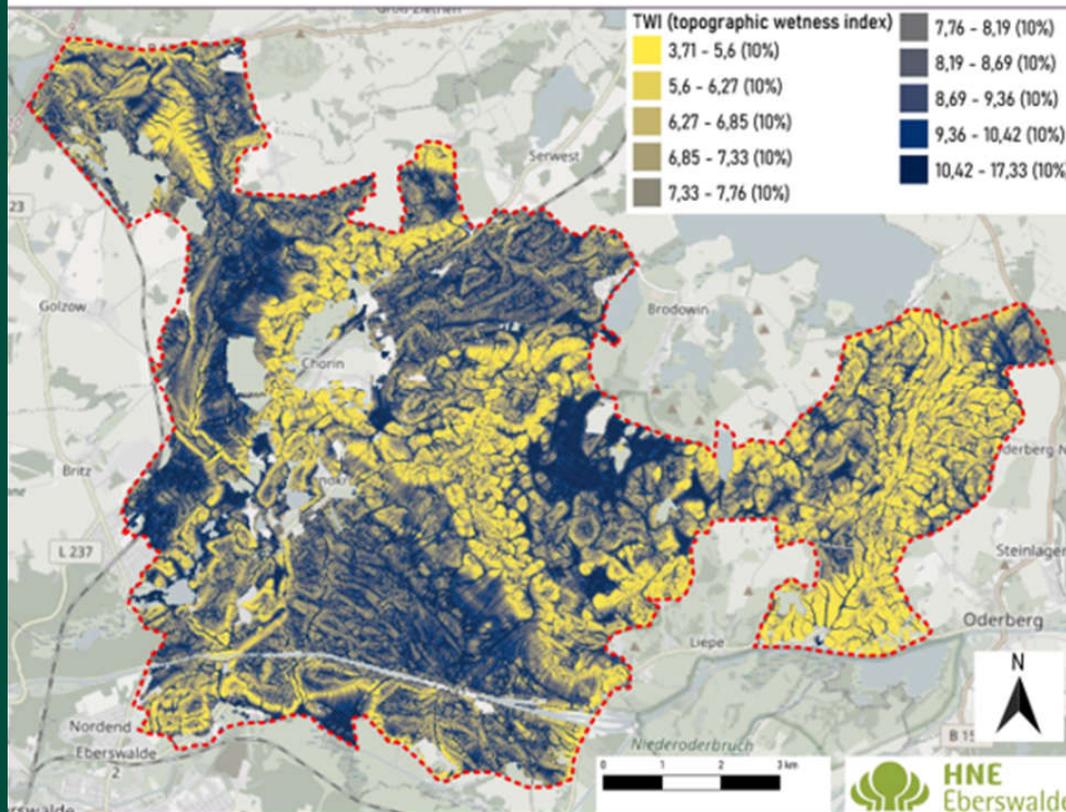
**Sand über Lehm:** Lehm höher als 80 cm Tiefe anstehend

**Lehm:** Lehm (>80 cm Mächtigkeit) höher als 40 cm Tiefe anstehend

# Typische Waldbodenprofile



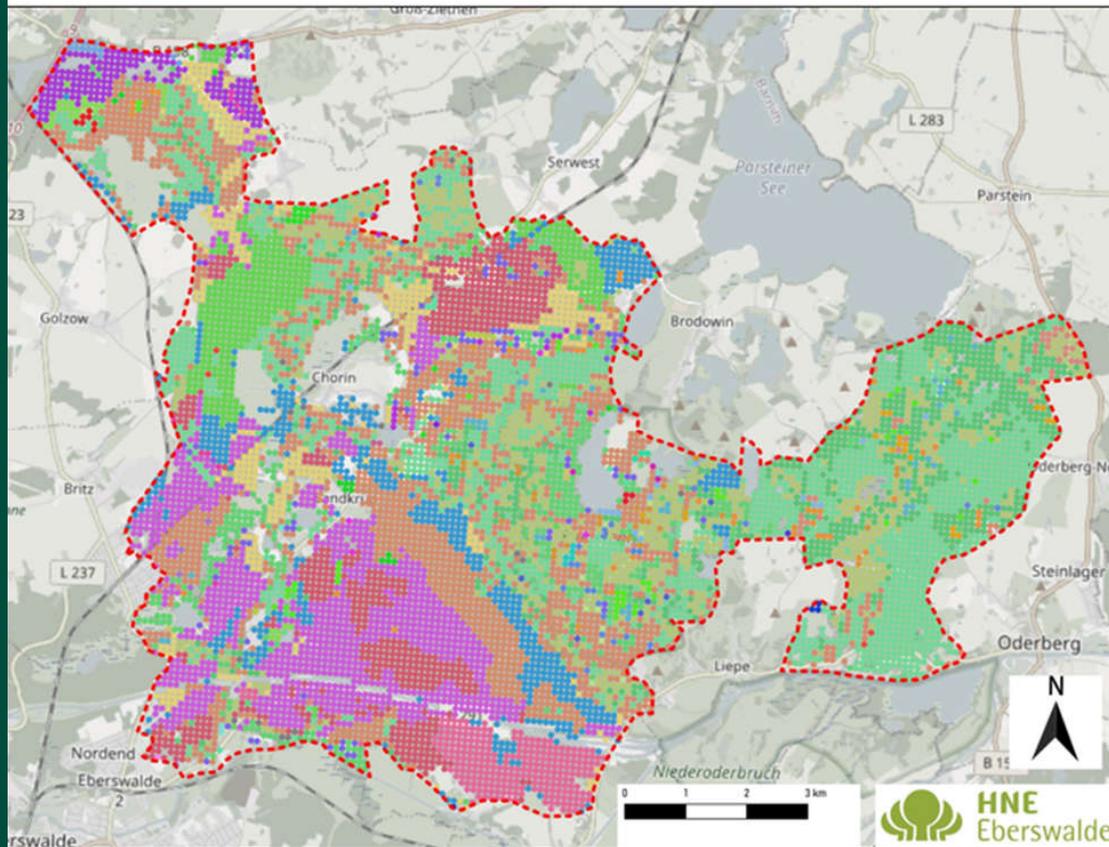
# Bodenformende Faktoren: RELIEF



Topographic Wetness Index (TWI) = reliefbedingtes Abflussverhalten als Funktion der Hangneigung

- Hohe Reliefenergie
- Bedeutende kleinräumige Unterschiede der Feuchtebedingungen
- Insgesamt große räumliche Heterogenität der Standorte

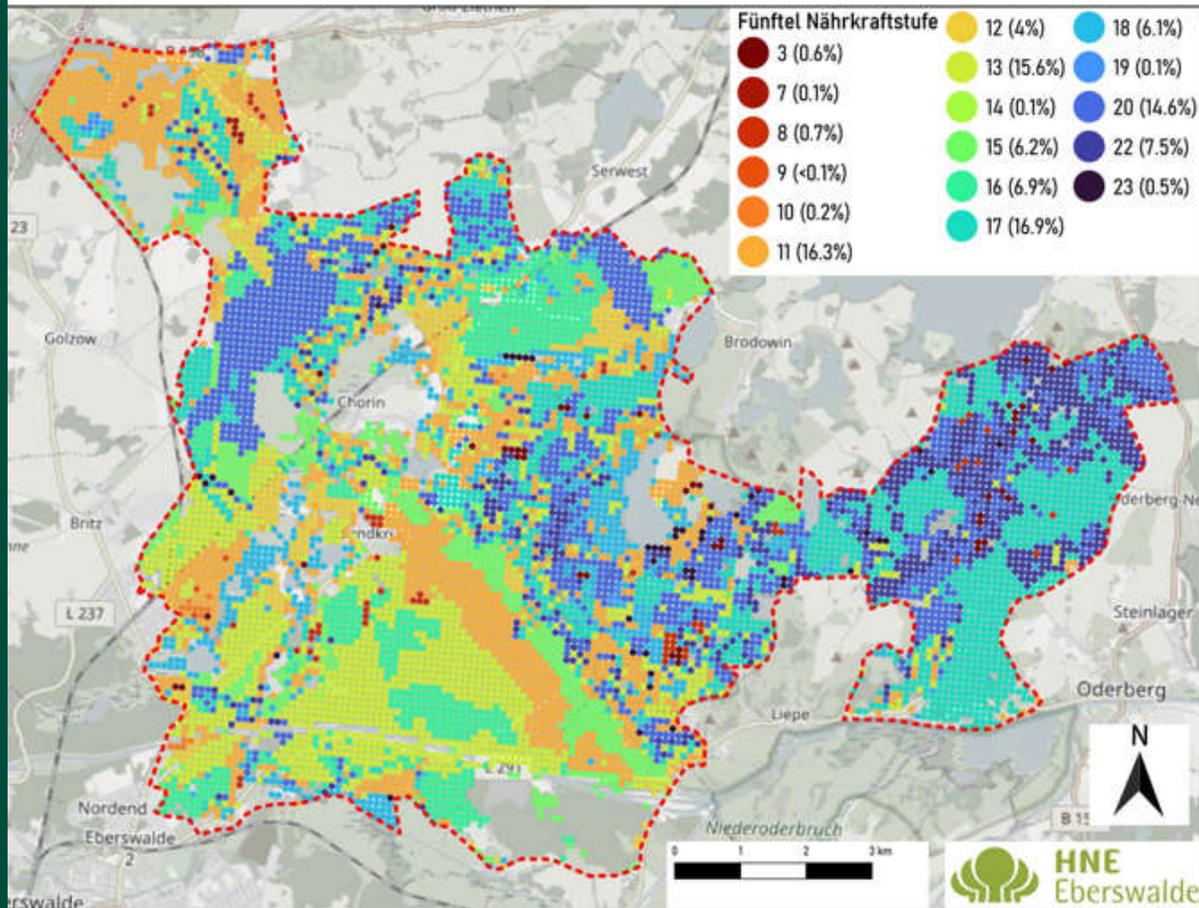
# Bodenvielfalt: Die Feinbodenform nach SEA95



Feinbodenformen		
AhLG (0.2%)	ExSG (0.1%)	M.R (<0.1%)
BcS (<0.1%)	FhSG (<0.1%)	M.Z (0.5%)
BeS (<0.1%)	FtS (17.8%)	MdS (4.3%)
BgS (6.1%)	HdSB (<0.1%)	MpMo (0.1%)
BoS (4.1%)	HmS (0.3%)	NaSG (1%)
BrL (<0.1%)	JaS (11.2%)	NdS (<0.1%)
BrLU (<0.1%)	JhtL (9.4%)	NeS (1.9%)
BwS (<0.1%)	KbS (6.9%)	RpLU (0.2%)
DgL (7.3%)	KgSB (<0.1%)	SeSB (<0.1%)
DiSG (<0.1%)	KrSG (0.1%)	SfS (0.1%)
DoS (<0.1%)	LhSU (0.1%)	SkS (0.1%)
EbS (0.1%)	LptLG (0.3%)	SmSU (<0.1%)
EhtLU (0.3%)	M.A (0.5%)	Socka (0.4%)
EvtL (0.1%)	M.K (4.8%)	Sod (2.8%)
	M.M (0.6%)	Soek (<0.1%)
		Sof (0.2%)
		Soh (<0.1%)
		SoS (16.7%)
		SötL (0.2%)
		SstLB (0.4%)
		SuSU (<0.1%)
		SwS (<0.1%)
		SyTU (<0.1%)
		WeSB (0.1%)
		WhLG (0.1%)
		WpSU (<0.1%)
		k.A. (<0.1%)

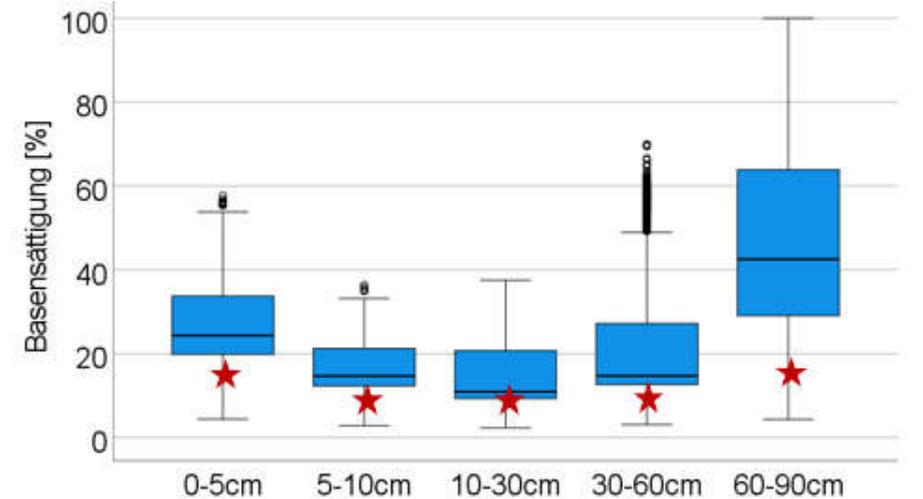
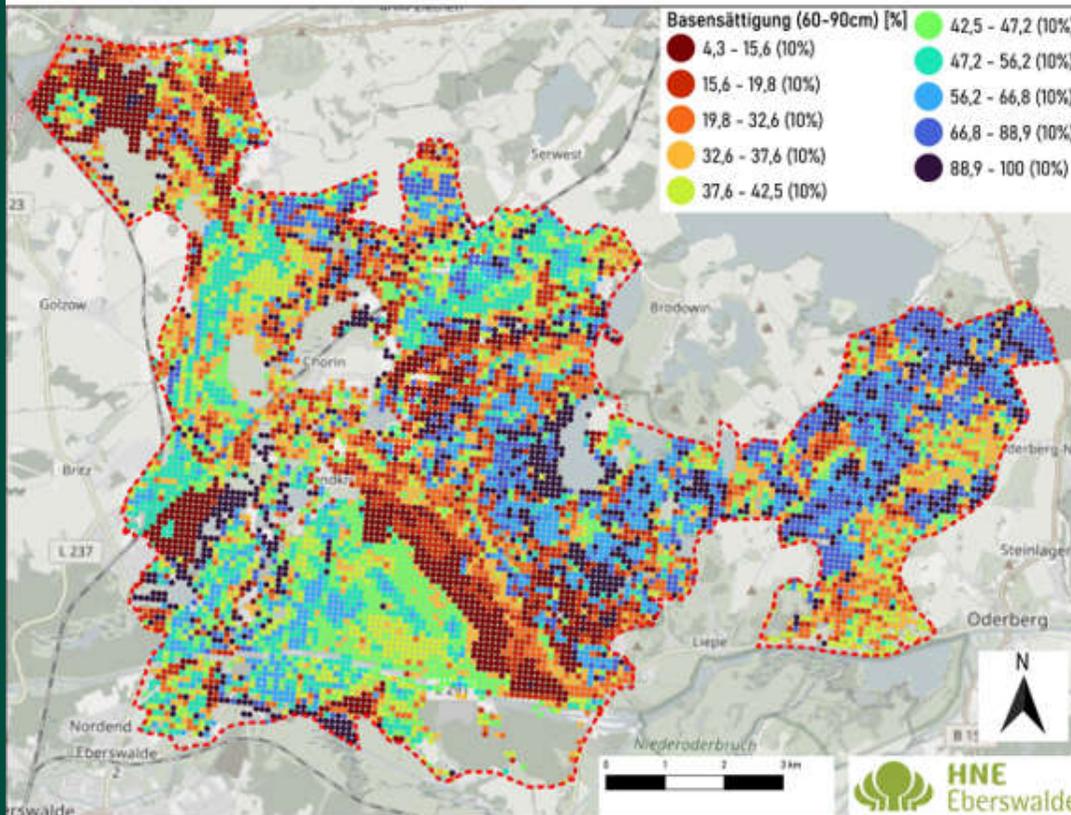
ca. 8.800 ha mit 55 Feinbodenformen (= 10% aller in Brandenburg vorkommenden Feinbodenformen)

# Die Feinbodenform bestimmt die Nährkraft



A <sup>''''''</sup>	01	A 01...05
A <sup>''''</sup>	02	
A <sup>'''</sup>	03	
A <sup>''</sup>	04	
A <sup>'</sup>	05	
Z <sup>''''''</sup>	06	Z 06...10
Z <sup>''''</sup>	07	
...		M 11...15
...		K 16...20
R <sup>''''</sup>	23	R 21...25
R <sup>'''</sup>	24	
R <sup>''</sup>	25	

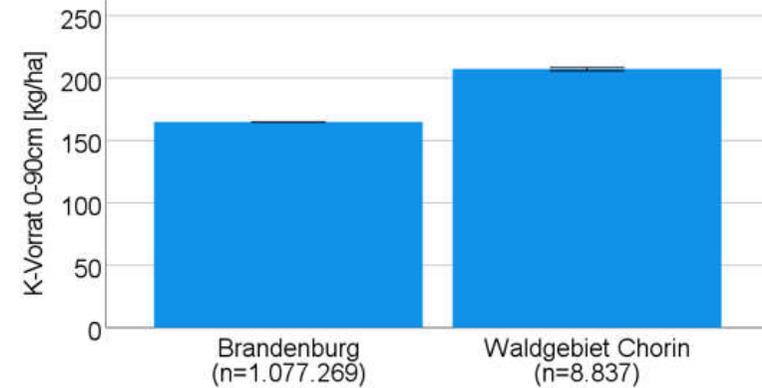
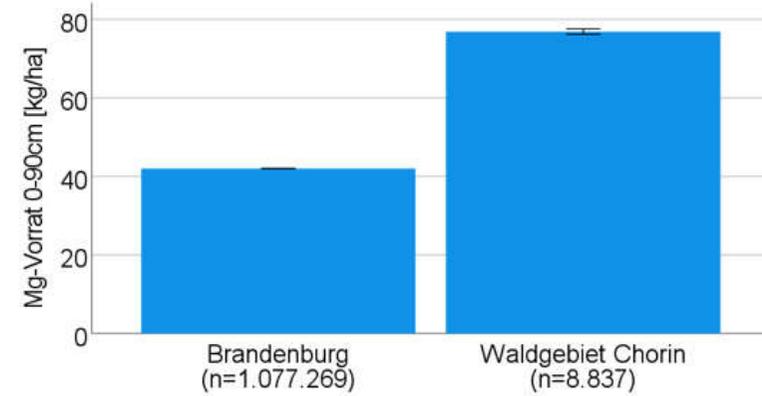
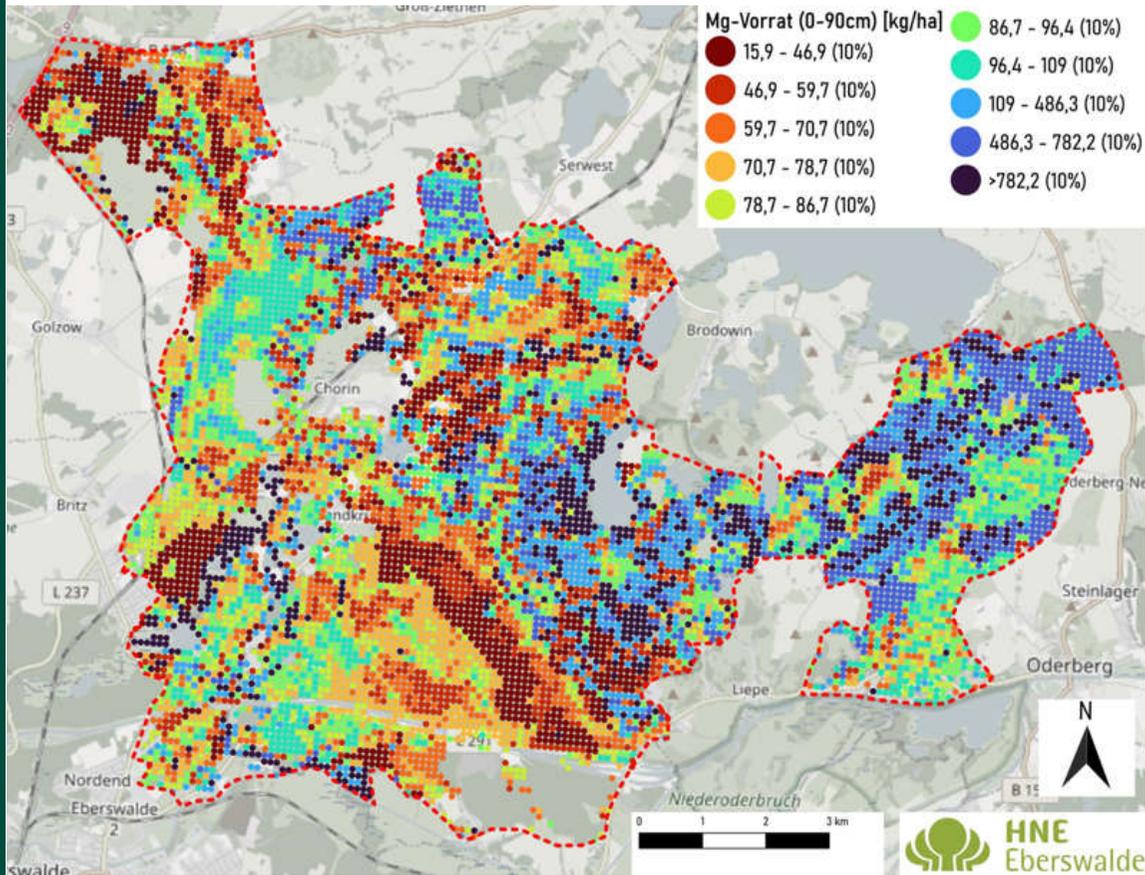
# ... und die Bodenchemie (Beispiel: Basensättigung)



★ = Median Brandenburg  
(n=1.077.269)

- relativ nivellierter Oberbodenzustand (0 ... 60cm)
- Pufferreserven im Unterboden bei großer Streuung
- Basenpumpeneffekte erkennbar

# ... und die Bodenchemie (Beispiel: Magnesiumvorrat)



## Zwischenfazit

- Klimawandel wirkt bereits heute nachweisbar auf Waldstandorte in Brandenburg (Bsp.: Klimatische Wasserbilanz).
- Brandenburg weist ein kleinräumiges Mosaik sehr unterschiedlicher Böden mit variierenden ökologischen Eigenschaften auf.
- Diese Vielfalt resultiert aus Unterschieden in geologischem Substrat, Relief (Kleinklima), Vegetation, Nutzung und Landnutzungsgeschichte (Mensch).
- Der Klimawandel trifft daher auf sehr unterschiedliche Böden – Auswirkungen müssen standörtlich differenziert betrachtet werden.

**Zentrale Herausforderung: Nutzbare Informationen für die forstliche Praxis bereitstellen** → *Exkurs: Forschungsprojekt StWM-KPW (Standortgerechtes Waldmanagement im Kleinprivatwald)*

# Exkurs: Forschungsprojekt StWM-KPW – Standortgerechtes Waldmanagement im Kleinprivatwald

## 1. Verbundvorhaben gesamt (LWF & Vfs, NW-FVA, FVA-BW, LFE & HNEE )



Ziel: Anpassungsstrategien an den Klimawandel im Kleinprivatwald



Produkt: anwenderfreundliche Standortinformationssysteme, die den Privatwaldbesitzenden direkt oder indirekt über die Beratungsförster zur Verfügung stehen



Nutzen: Unterstützung bei der Baumartenwahl, ressourcenschonenden Bewirtschaftung & Risikoabschätzung

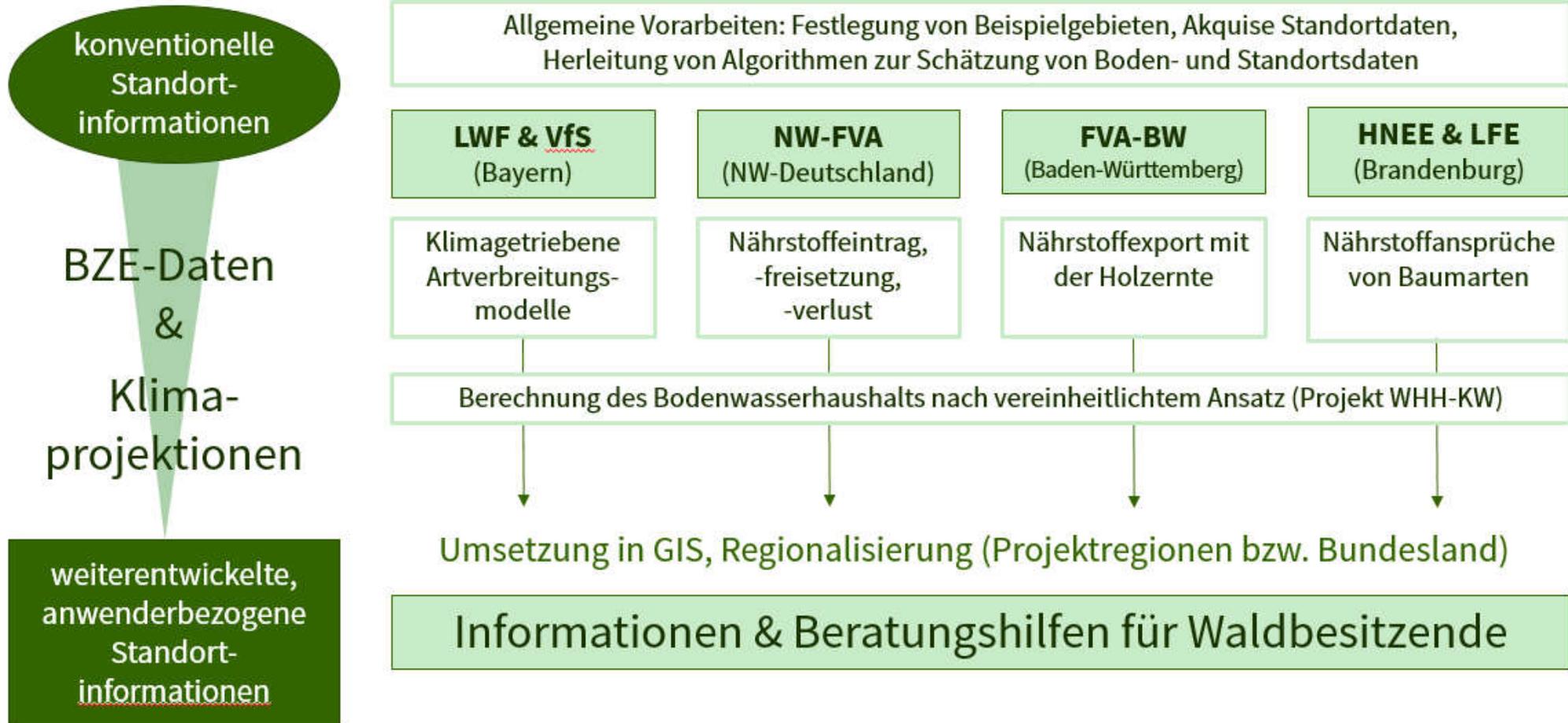
## 2. Umsetzung in Brandenburg (Projektpartner HNEE, LFE)

Gedruckte „Standortsfibel“ mit Erläuterungen zum Thema Waldboden und Hinweisen zum standortgerechten, bodenpfleglichen & nachhaltigen Wirtschaften in Verbindung mit digitalen Bodeninfos via Smartphone/Tablet (Qfield-App)

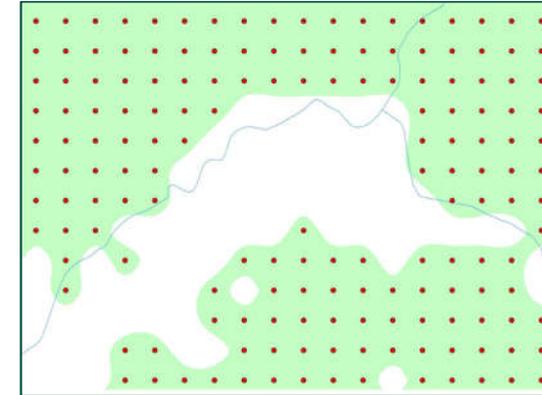
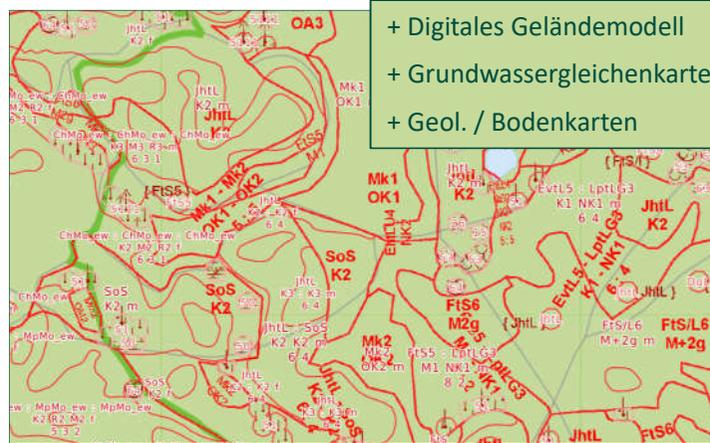
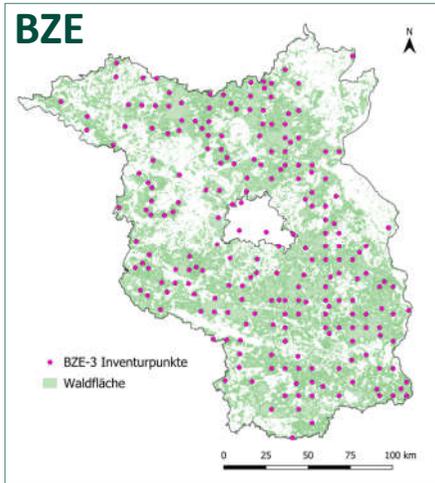


Wichtig: Inhalte niedrigschwellig, zielgruppenorientiert, verständlich

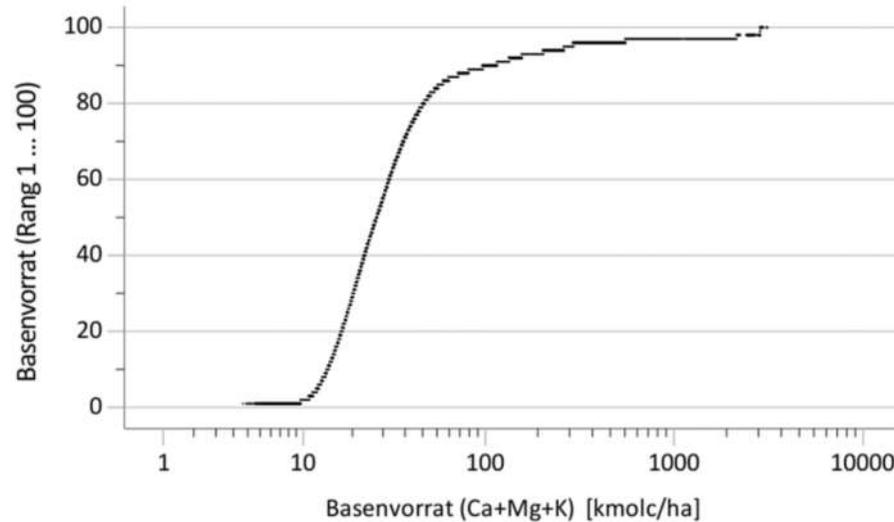
# Struktur des Verbundprojektes StWM-KPW



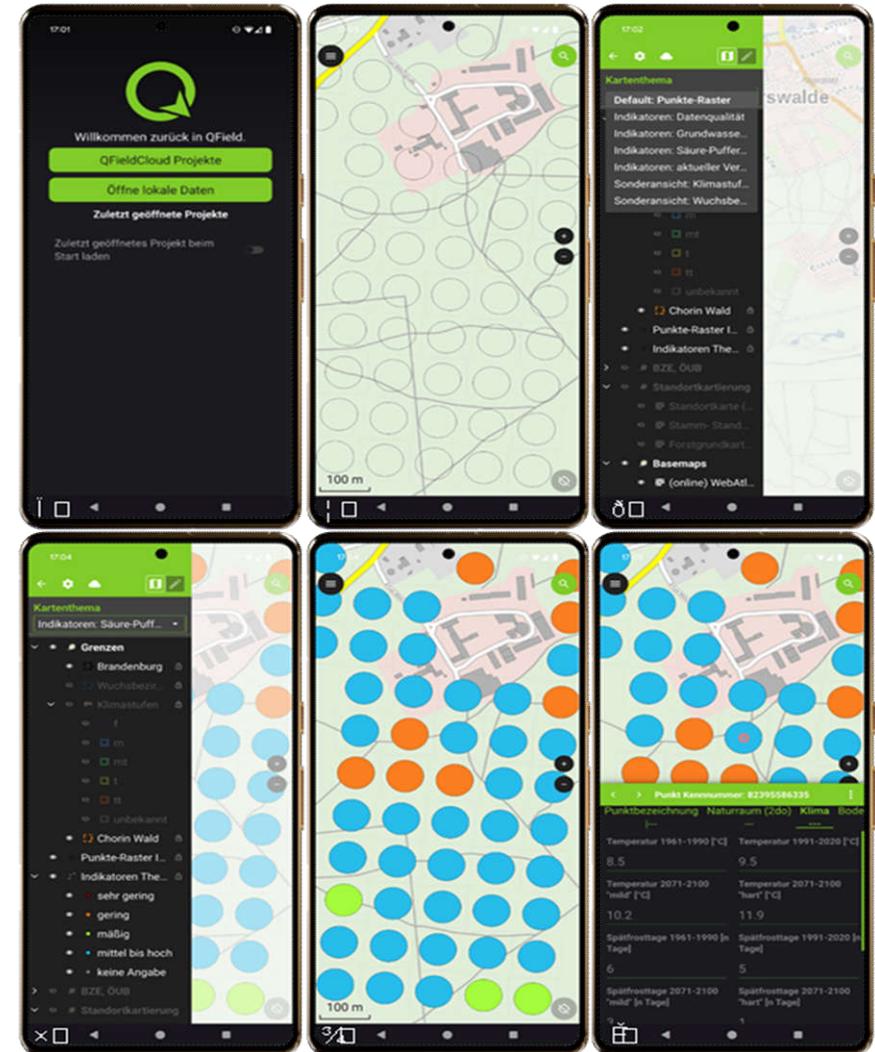
# Datengrundlage: Kombination aus Bodenzustands-erhebung, DGM und Kartenwerken



**Beispiel: Basenvorrat**  
Erläuterungen (Fibel) und  
100-Punkte-Ranking auf  
Standort-App



Kennwertgruppe	Kennwerte
<b>Punkt- informationen</b>	Punktnummer, Koordinaten, Angabe zur Datenqualität
<b>Naturraum</b>	Größe, Waldfläche, Waldanteil
<b>Klima</b>	Temperatur, Niederschlag, Spätfrosttage (1961-1990, 1991-2020, 2071-2100; mildes / hartes Szenario nach RCP4.5 & RCP8.5; Klimamodell: MPI-ESM-LR(r1) CCLM4-8-17)
<b>Bodengeologie</b>	Ausgangsgestein, verwitterbare Nährstoffreserven, Kalkgehalt
<b>Boden- klassifikation</b>	Bodentyp, Bodenkurzbeschreibung
<b>Bodenchemie</b>	Versauerungsgrad, Säure-Pufferpotenzial, Basenvorrat
<b>Humus und Kohlenstoff</b>	Auflagemächtigkeit („Soll“), Kohlenstoffvorrat, Kohlenstoff-Speicherpotenzial, Kohlenstoffverlustpotenzial bei Grundwasserabsenkung
<b>Bodenwasser</b>	verfügbares Bodenwasser, Grundwassertiefe, Vernässungsgrad, Grundwasserneubildung
<b>Wasserhaushalt</b>	Standortwasserbilanz, Trockenstressindex
<b>Baumarten- eignung</b>	Standortseignung und Risikobewertung für 45 Baumarten (Ampelmodell unter Klimaszenarien)
<b>Nutzung</b>	Stoffliche Nachhaltigkeit für Nutzungsszenarien – basierend auf Nährstoffbilanzen



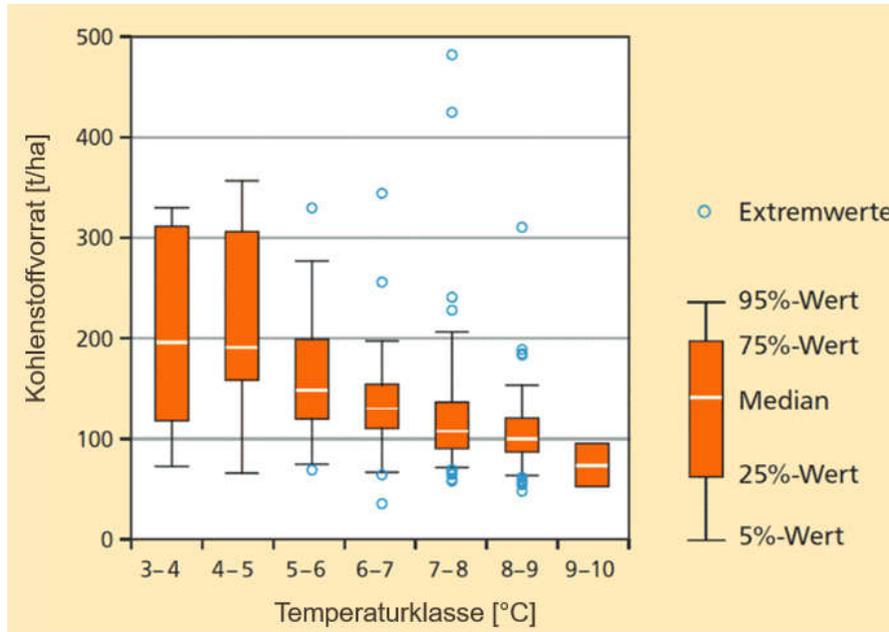
# Vermittlung an die Praxis (Exkursion 13.06.2024, Eberswalde)



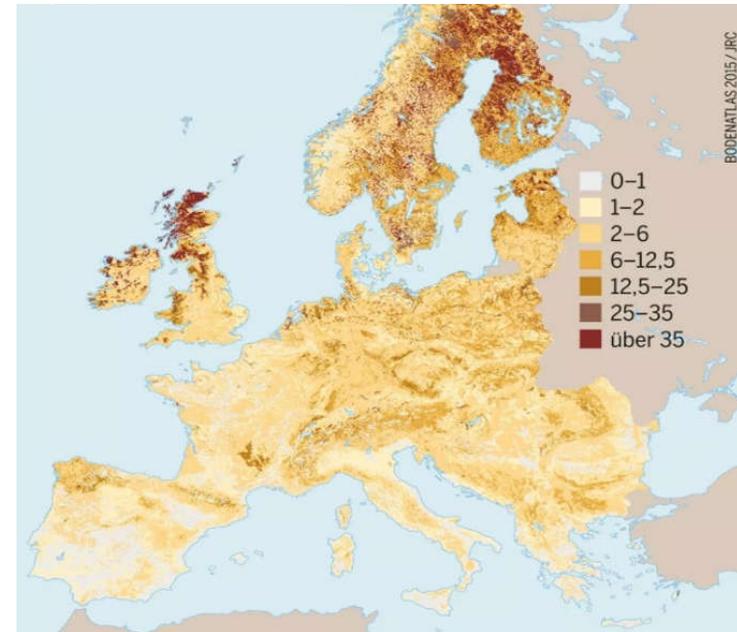
# Klima- und Standortwandel – Rolle der Böden

- 1. Mikrobiologische Aktivität und C-Dynamik:** *Höhere Temperaturen und häufigere Trockenphasen verändern die Aktivität des Bodenlebens. Es droht ein beschleunigter **Humusabbau** mit langfristigen Auswirkungen auf Speicher- und Filterfunktionen des Bodens.*
- 2. Standörtliche Wasserversorgung:** *Der „Eimer“ (die potenzielle Wasserspeicherkapazität) ist durch Humusakkumulation größer geworden – doch bleibt er immer länger leer. Die Pflanzen leiden zunehmend unter Trockenstress.*
- 3. Nährstoffverfügbarkeit:** *Nur gelöste Nährstoffe in der Bodenlösung sind für Feinwurzeln verfügbar. Trockene Böden verringern die Mobilität der Nährstoffe und damit ihre Aufnahme.*
- 4. Grundwasserneubildung:** *Die Prognosen sind mit großen Unsicherheiten behaftet. Je nach Gültigkeit der Klimamodelle kann es sowohl zu einem Absinken als auch Anstieg des Grundwasserspiegels kommen – mit erheblichen ökologischen und nutzungsbezogenen Konsequenzen.*

# Humusvorräte und Klima hängen eng zusammen



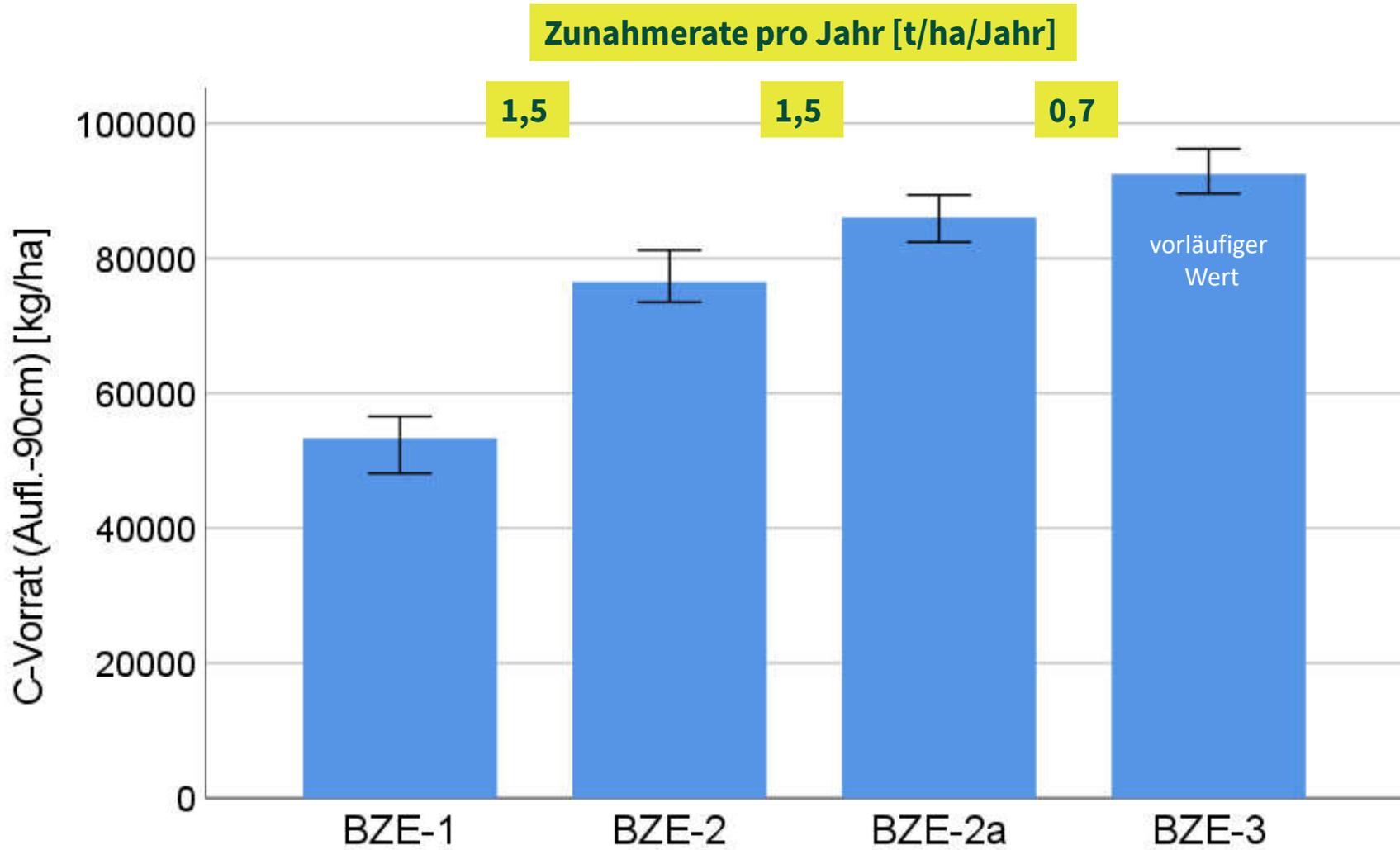
Kohlenstoffvorräte bayerischer Waldböden (verändert nach: Schubert 2010)



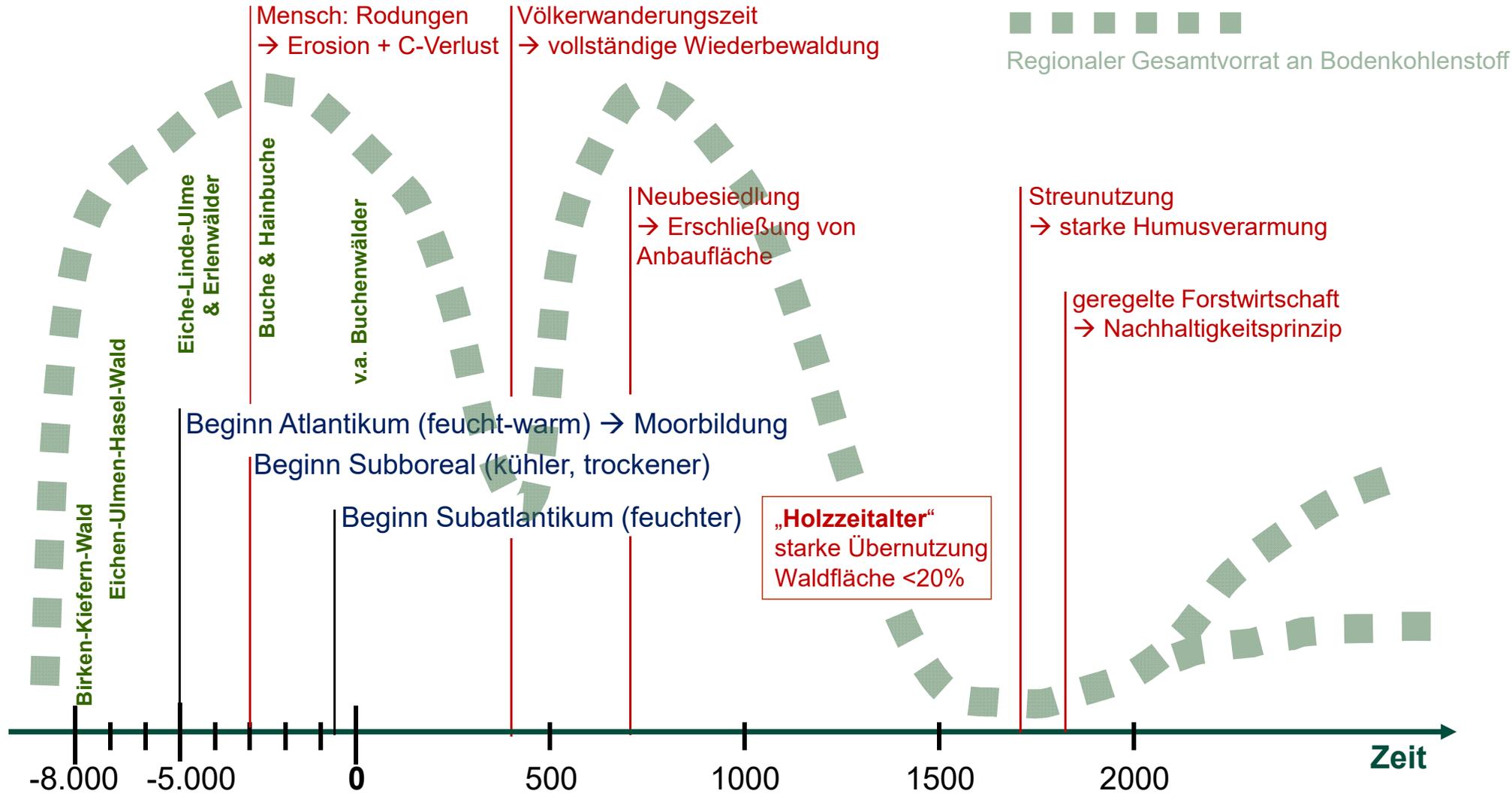
Kohlenstoffgehalte von Oberböden in Europa [%] (JRC 2015)

- Umso kühl-feuchter das Klima, desto mehr Humus (bzw. Kohlenstoff) befindet sich im Boden 😊
- Durch den Klimawandel wird potenziell Humus abgebaut und CO<sub>2</sub> freigesetzt! 😞

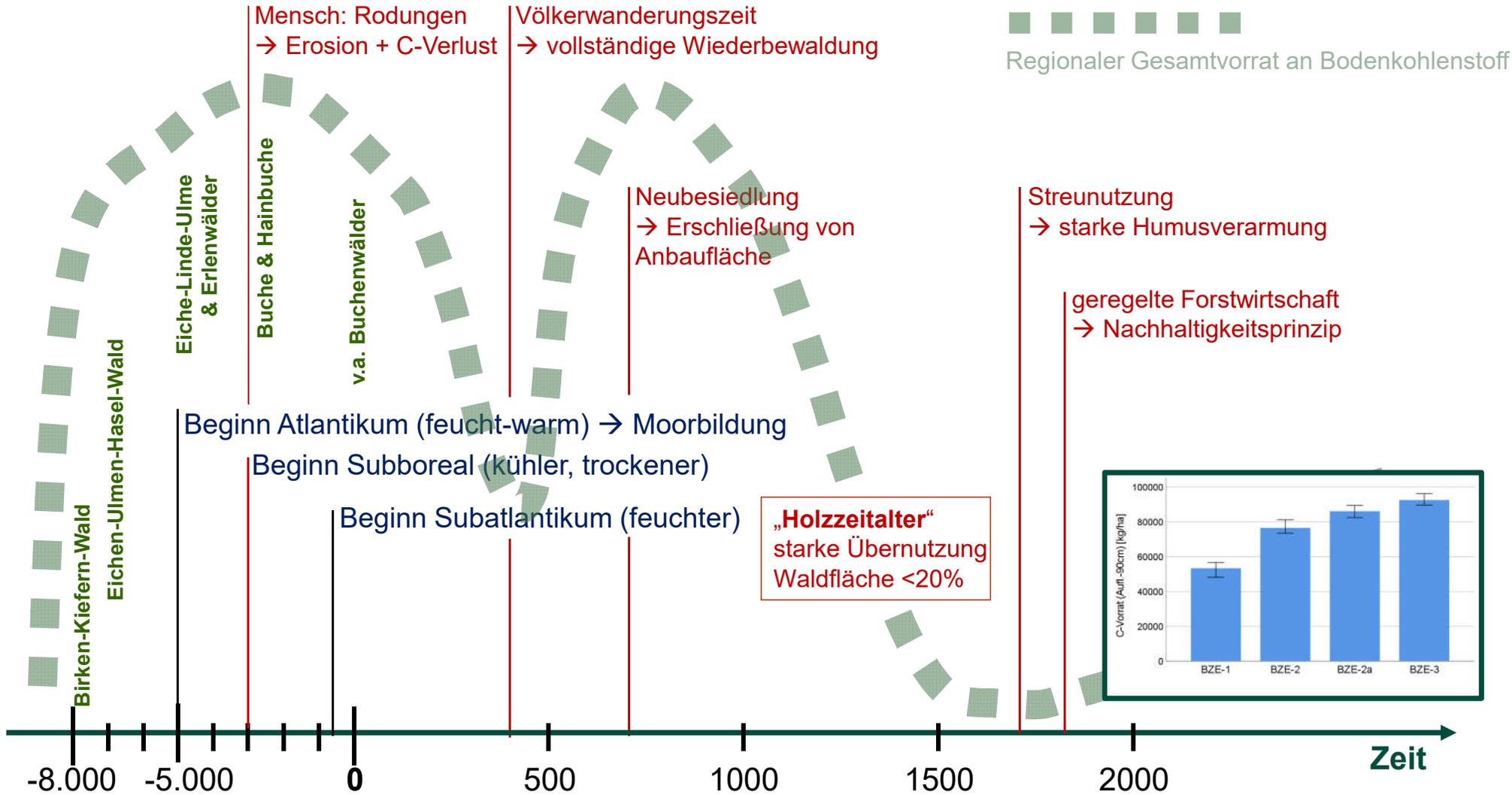
# Humusabbau? Bistlang ist das Gegenteil der Fall!



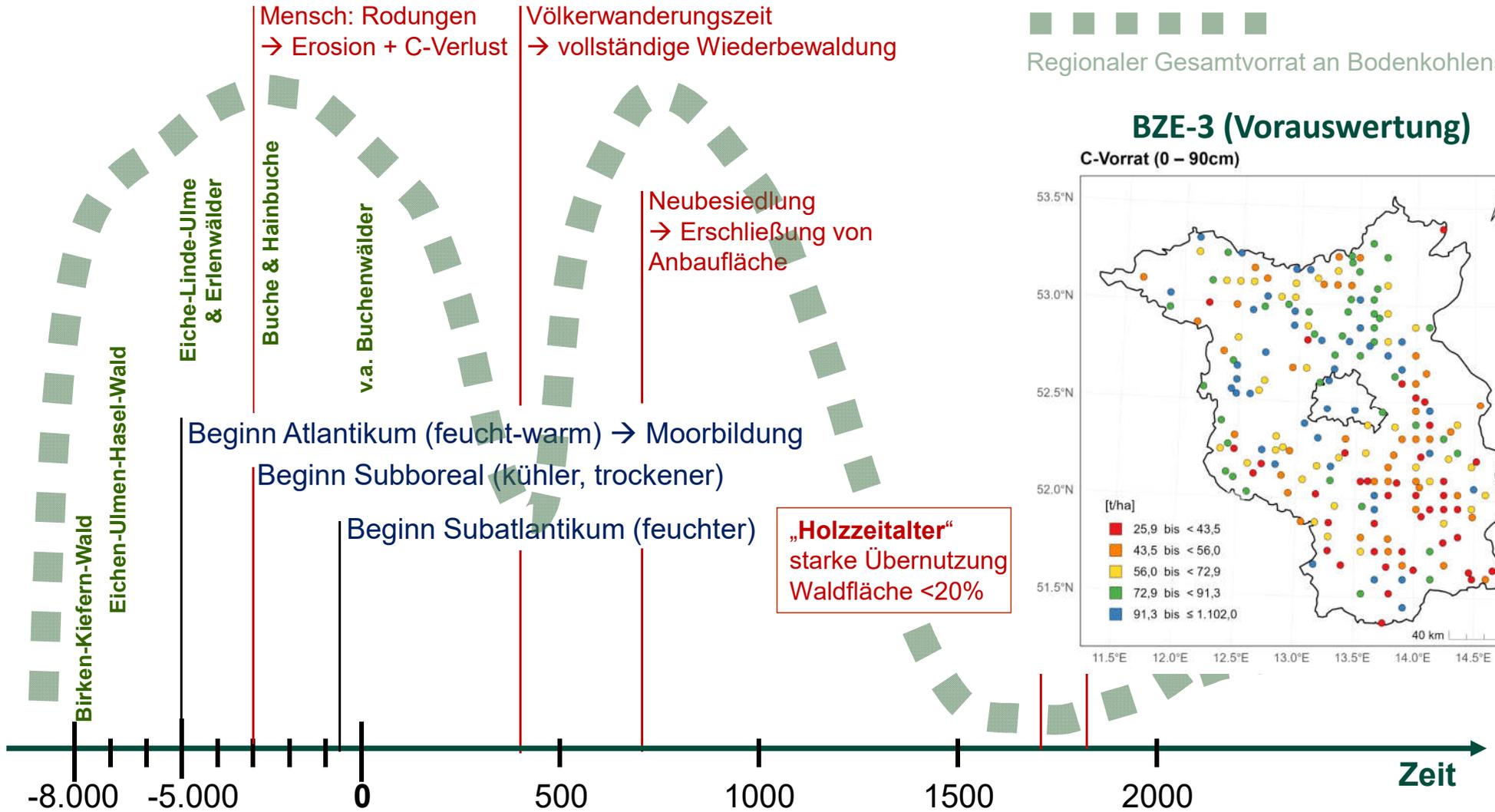
# ... ein Erklärungsmuster (schematisch)



# ... ein Erklärungsmuster (schematisch)



# ... ein Erklärungsmuster (schematisch)



# Ohne Humus wäre der Boden nacktes Gestein - Leistungen der organischen Bodensubstanz:

## Humus 😊



1. bindet **Kohlenstoff**<sup>\*)</sup> (CO<sub>2</sub> aus der Luft)
2. fördert die Bodenstruktur
3. erhöht die Bindungsfähigkeit für Nährstoffe
4. setzt mittel- bis langfristig Nährstoffe frei
5. erhöht die Wasserspeicherkapazität

## Durch Humusabbau ☹️



1. wird **Kohlenstoff**<sup>\*)</sup> freigesetzt (Böden werden zu CO<sub>2</sub>-Quellen)
2. sind Böden weniger belebt und durchwurzelbar
3. erfüllen Böden ggf. nicht mehr ihre Funktion der
  - Wasser- und
  - Nährstoffnachlieferung

→ vgl. Wiedemann, Eilhard (1942): Die schlechtesten ostdeutschen Kiefernbestände – Die Ursachen ihres Zustandes und Wege zu ihrer Besserung.

<sup>\*)</sup> Gehalt organischer Bodensubstanz (Humus) = 1,72 \* C-Gehalt

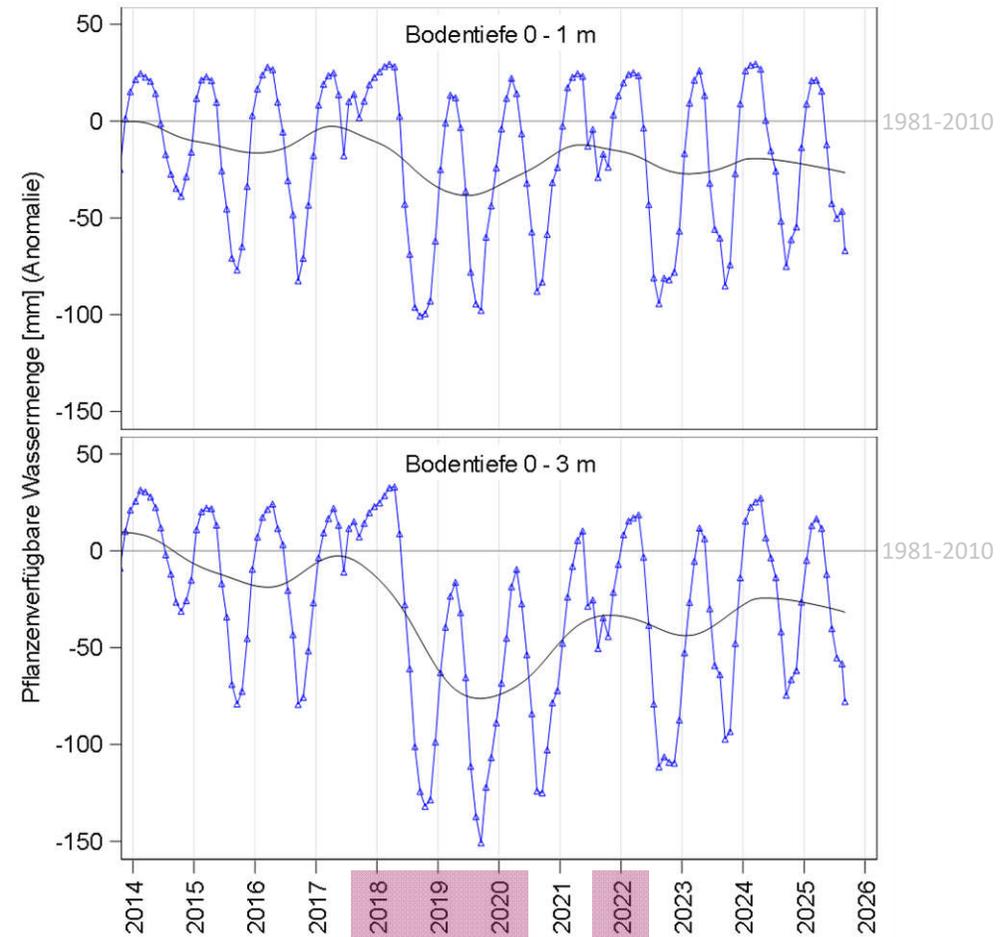
# Klima- und Standortwandel – Rolle der Böden

1. **Mikrobiologische Aktivität und C-Dynamik:** *Höhere Temperaturen und häufigere Trockenphasen verändern die Aktivität des Bodenlebens. Es droht ein beschleunigter Humusabbau mit langfristigen Auswirkungen auf Speicher- und Filterfunktionen des Bodens.*
2. **Standörtliche Wasserversorgung:** *Der „Eimer“ (die potenzielle Wasserspeicherkapazität) ist durch Humusakkumulation größer geworden – doch bleibt er immer länger leer. Die Pflanzen leiden zunehmend unter **Trockenstress**.*
3. **Nährstoffverfügbarkeit:** *Nur gelöste Nährstoffe in der Bodenlösung sind für Feinwurzeln verfügbar. Trockene Böden verringern die Mobilität der Nährstoffe und damit ihre Aufnahme.*
4. **Grundwasserneubildung:** *Die Prognosen sind mit großen Unsicherheiten behaftet. Je nach Gültigkeit der Klimamodelle kann es sowohl zu einem Absinken als auch Anstieg des Grundwasserspiegels kommen – mit erheblichen ökologischen und nutzungsbezogenen Konsequenzen.*

# Wasserspeicher: Schon zu Beginn des Jahres defizitär

Pflanzenverfügbare Bodenwassermenge in 0-1 m und 0-3 m Tiefe (monatliche Werte) bezogen auf den langjährigen Mittelwert von 317 BZE-Punkten (**blaue** Linie und Symbole) sowie jahresübergreifender Trend (**schwarze** Linie)

**Dürrejahre: 2018, 2019, 2020, 2022**



# Folgen für die Waldbewirtschaftung und Böden

- Längere Dürreperioden durch frühzeitige Ausschöpfung der nutzbaren Feldkapazität
- Zunehmender Stress auch für tiefwurzelnde Baumarten (Ki, Ei, Bu)
- Reduziertes Wachstum und steigende Mortalitätsraten

## ➤ WZE-Bericht 2024:

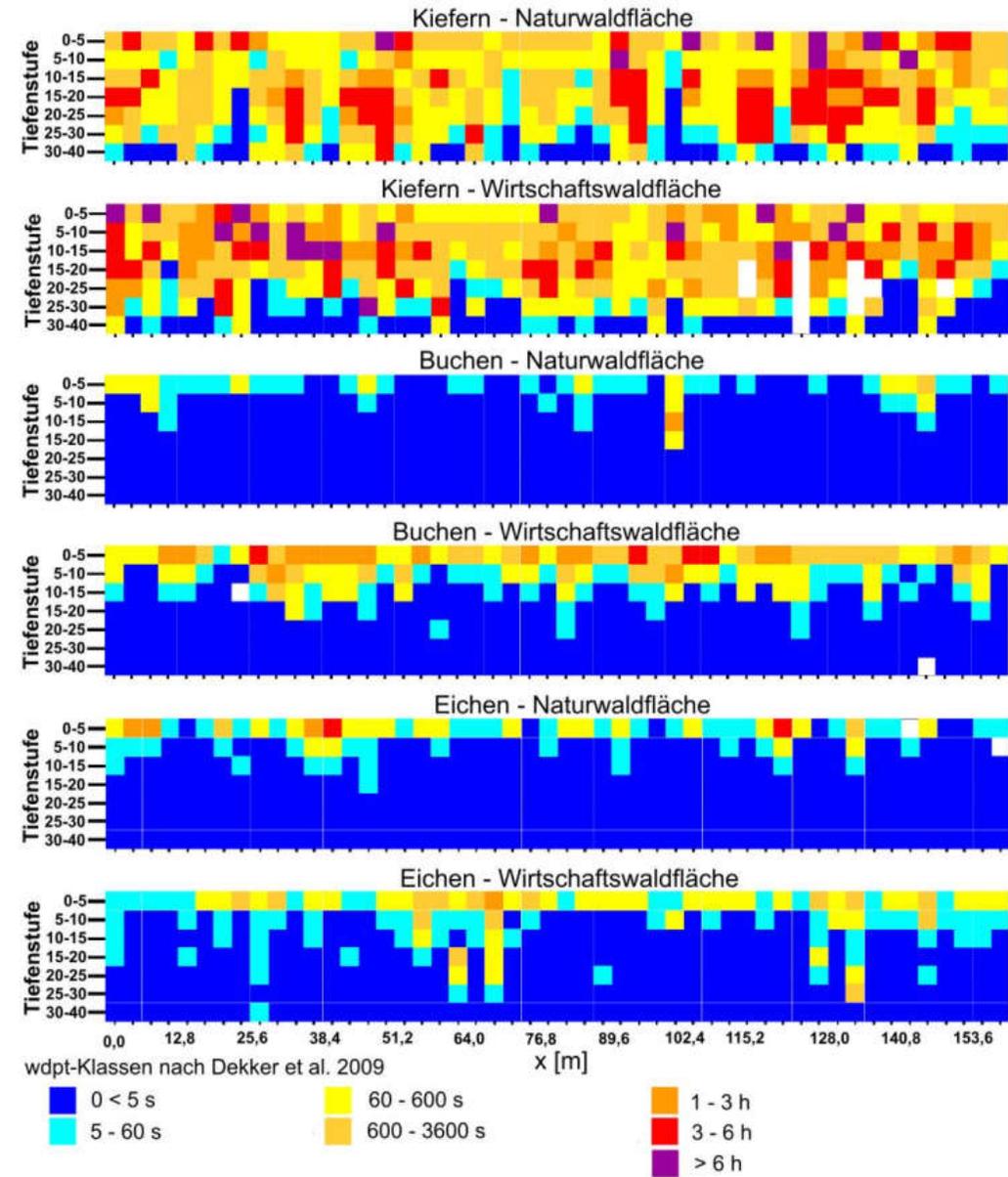
Der jüngste Waldzustandsbericht 2024 bestätigt diese Entwicklung und zeichnet das bislang düsterste Bild seit Beginn der jährlichen Erhebungen zum Zustand der Baumkronen! Die alarmierenden Rückgänge bei der Belaubung und Vitalität unserer Waldbäume sind ein unmissverständlicher Ausdruck dafür, wie sehr der Klimawandel inzwischen in die Substanz unserer Wälder eingreift.

- Boden: Hydrophobie

# Hydrophobie



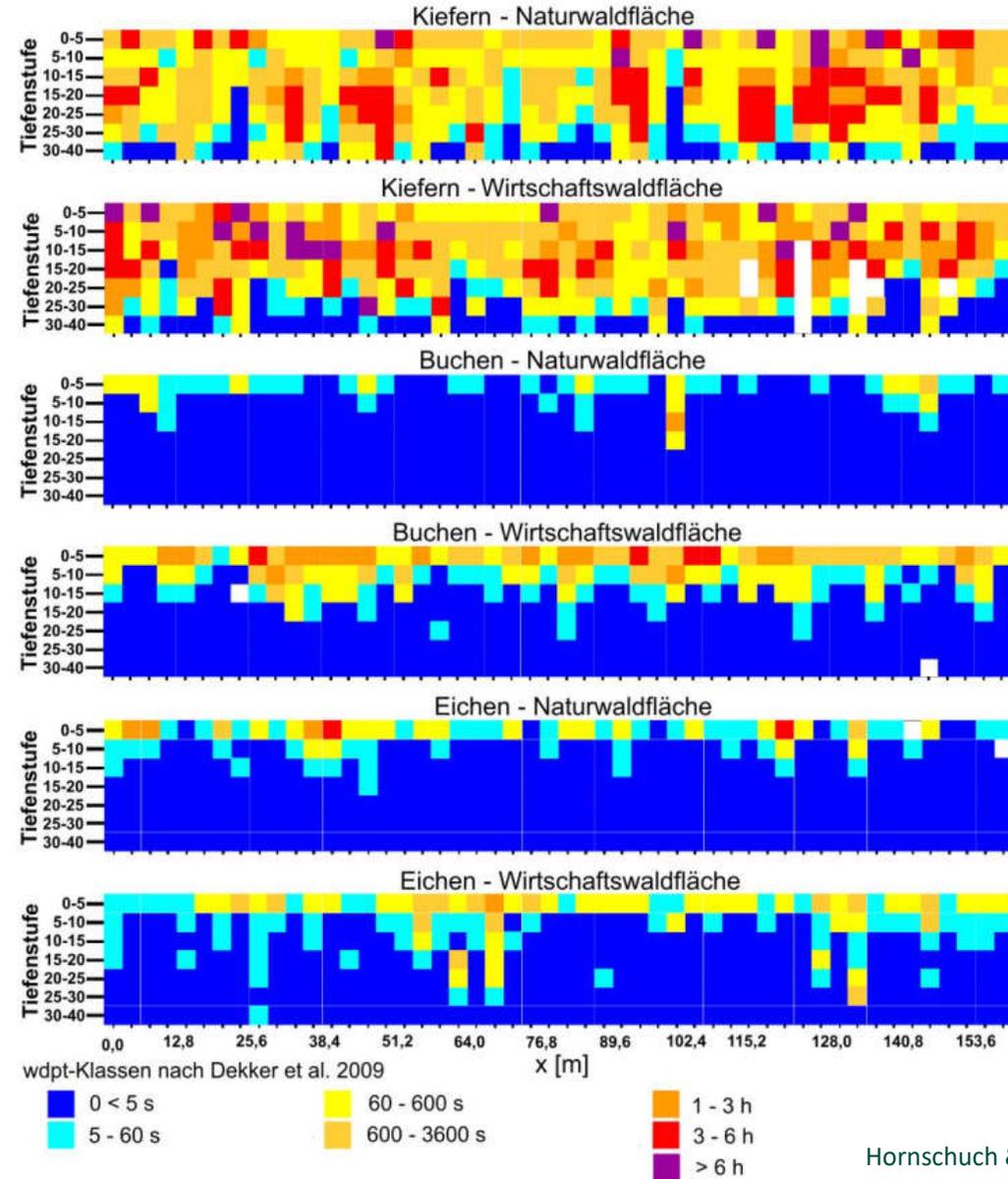
.... bis >6 (!) Stunden dauert es in manchen Bodenbereichen bis ein Wassertropfen infiltriert



# Hydrophobie

- Besonders Böden mit **Kiefernstreu** entwickeln nach Trockenperioden **wasserabweisende Eigenschaften**
- **Reduzierte Infiltration** → Niederschlagswasser dringt kaum in den Boden ein
- **Verstärkter Oberflächenabfluss** → Bildung von Sturzbächen und Pfützen statt Versickerung
- **Erhöhte Erosionsgefahr** → Bodenabtrag durch Wasser, Verlust fruchtbarer Bodenschichten
- **Klimawandel-Effekt:** Zunehmend **punktuelle Starkniederschläge** verstärken die negativen Folgen

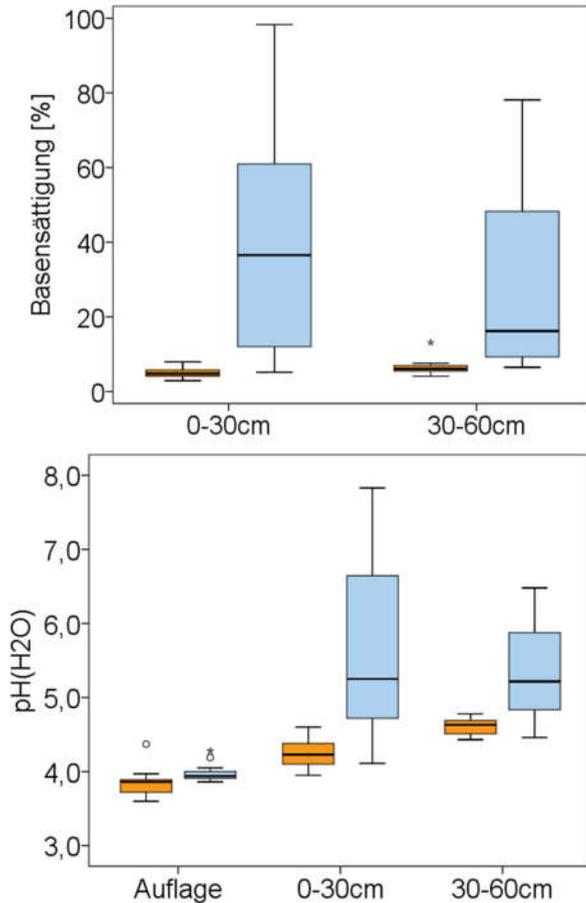
.... bis >6 (!) Stunden dauert es in manchen Bodenbereichen bis ein Wassertropfen infiltriert



# Klima- und Standortwandel – Rolle der Böden

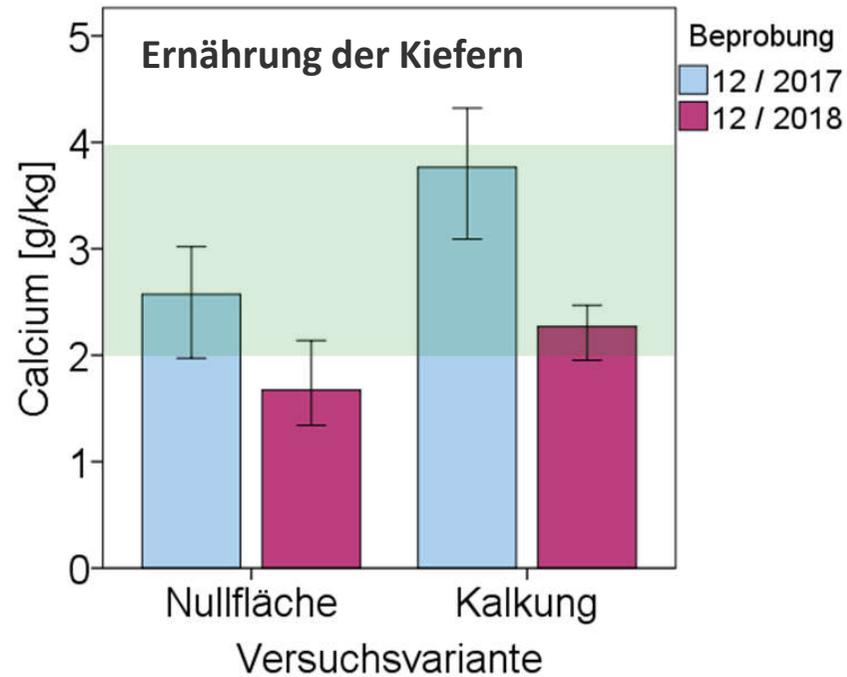
1. **Mikrobiologische Aktivität und C-Dynamik:** *Höhere Temperaturen und häufigere Trockenphasen verändern die Aktivität des Bodenlebens. Es droht ein beschleunigter Humusabbau mit langfristigen Auswirkungen auf Speicher- und Filterfunktionen des Bodens.*
2. **Standörtliche Wasserversorgung:** *Der „Eimer“ (die potenzielle Wasserspeicherkapazität) ist durch Humusakkumulation größer geworden – doch bleibt er immer länger leer. Die Pflanzen leiden zunehmend unter Trockenstress.*
3. **Nährstoffverfügbarkeit:** *Nur gelöste Nährstoffe in der **Bodenlösung** sind für Feinwurzeln verfügbar. Trockene Böden verringern die Mobilität der Nährstoffe und damit ihre Aufnahme.*
4. **Grundwasserneubildung:** *Die Prognosen sind mit großen Unsicherheiten behaftet. Je nach Gültigkeit der Klimamodelle kann es sowohl zu einem Absinken als auch Anstieg des Grundwasserspiegels kommen – mit erheblichen ökologischen und nutzungsbezogenen Konsequenzen.*

# Nicht nur der Wasserhaushalt...!



Vergleich pH und Basensättigung von **gekalkter** (BLAU) und **ungekalkter** (ORANGE) Versuchsvariante

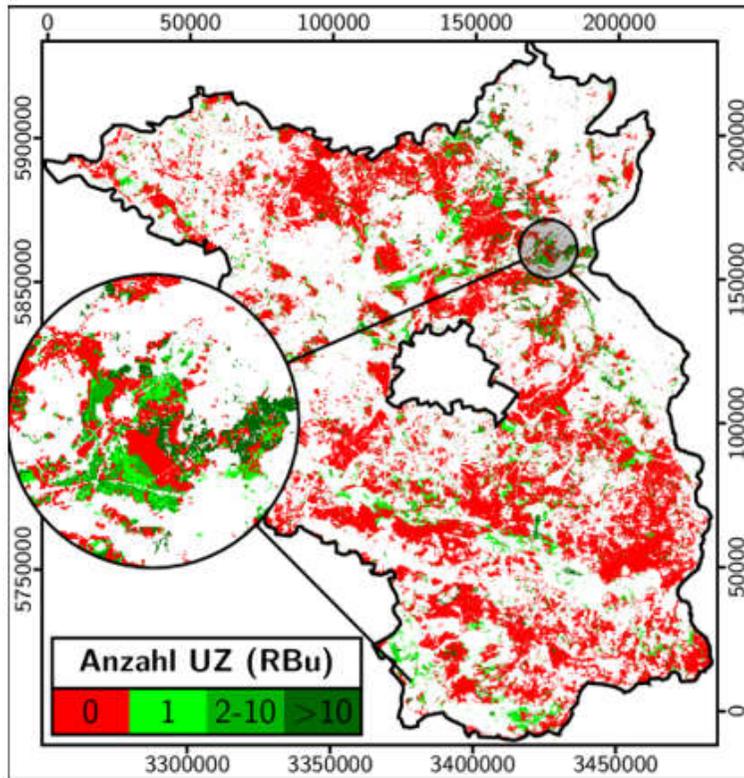
## Nährstoffversorgung = Nährstoffvorrat x Nährstoffverfügbarkeit



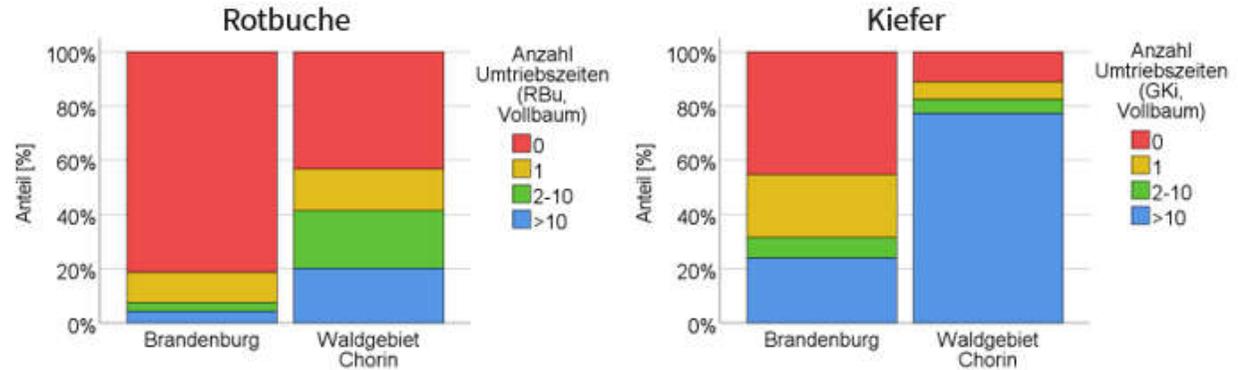
### Fallstudie Heegermühler Kalkungsversuch

Vergleich der Calciumgehalte in Kiefernadeln der Null- und Kalkungsvariante in den Jahren 2017 und 2018; Normalbereich nach Göttlein (2015) grün markiert

# StWM-KPW: Standortverträgliche Nährstoffexporte mit der Holzernte (stoffliche Nachhaltigkeit!)



Waldbodenbericht Brandenburg  
Riek & Russ 2019



Vulnerabilitätsstufen bzgl. der stofflichen Nachhaltigkeit (Übernutzungsrisiko)

- 0... keine Vollbaumernte<sup>\*)</sup> empfohlen
- 1... eine Umtriebszeit mit Vollbaumnutzung möglich
- 2-10... 2 bis 10 Umtriebszeiten mit Vollbaumnutzung möglich
- >10... mehr als 10 Umtriebszeiten mit Vollbaumnutzung möglich

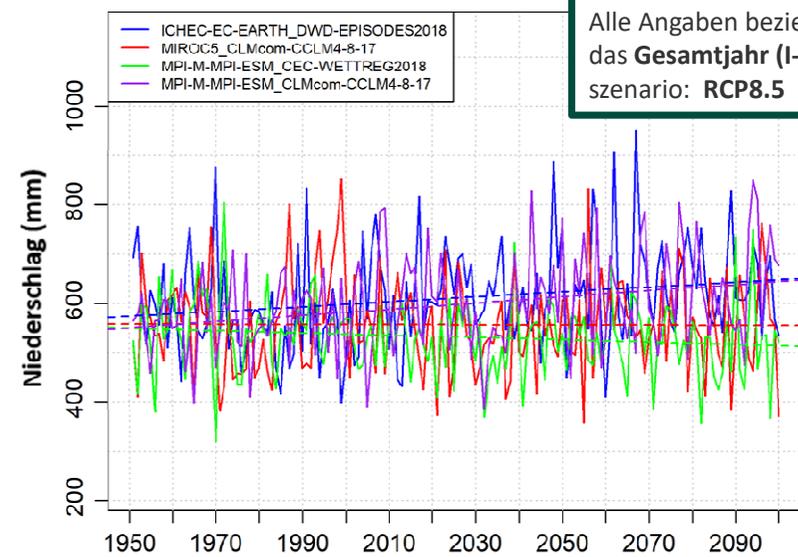
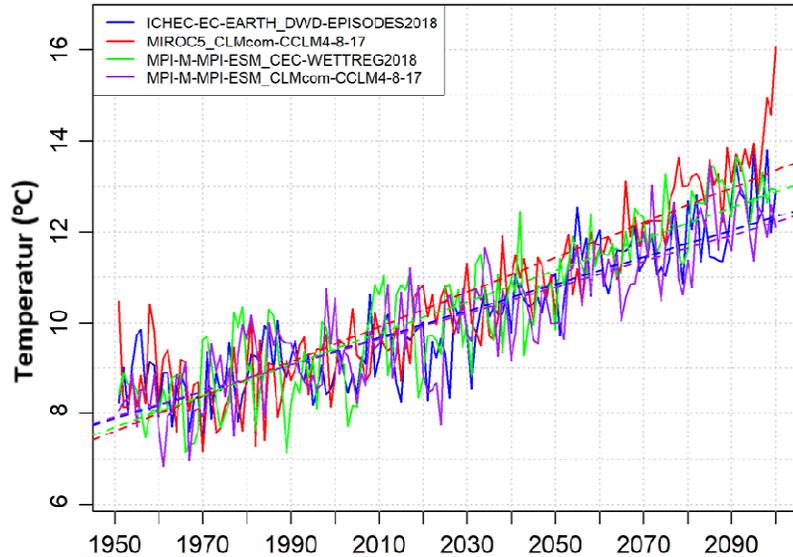
<sup>\*)</sup> Beginn der Holzernte ab 5cm Mitteldurchmesser des ausscheidenden Bestandes (alle tabellierten Nutzungen); Umtriebszeit 160 Jahre; vollständige Nutzung des Endbestandes; genutzte Teile: Derb- und Reisigholz mit Rinde (Winter-Vollbaum)

➔ Projekt StWM-KPW ➔ Nährstoffbilanzen als Grundlage für Empfehlungen am Punkt (100-m-Raster)

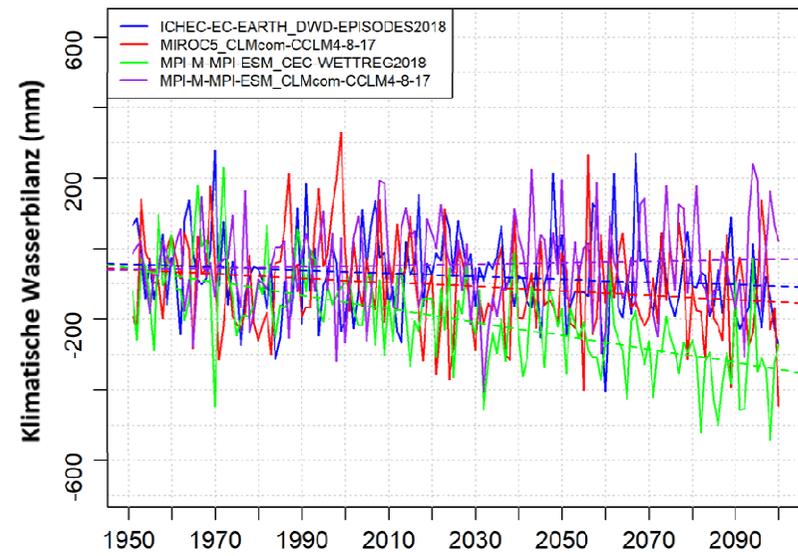
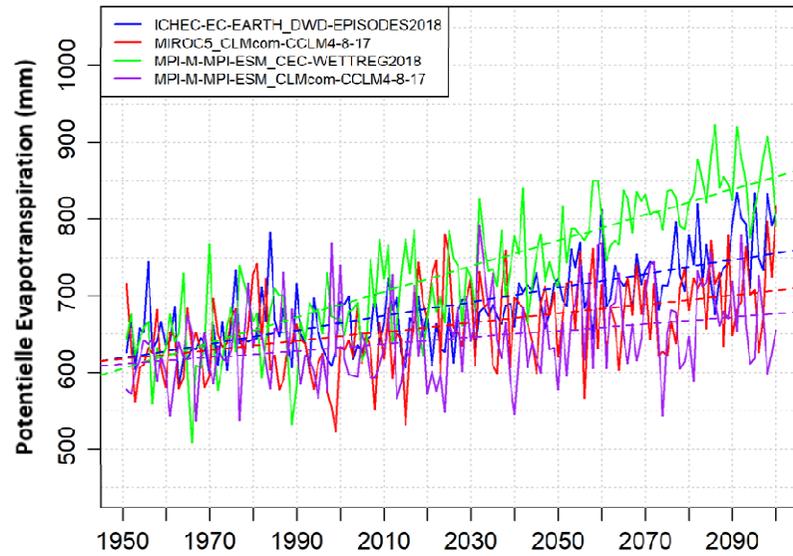
# Klima- und Standortwandel – Rolle der Böden

1. **Mikrobiologische Aktivität und C-Dynamik:** *Höhere Temperaturen und häufigere Trockenphasen verändern die Aktivität des Bodenlebens. Es droht ein beschleunigter Humusabbau mit langfristigen Auswirkungen auf Speicher- und Filterfunktionen des Bodens.*
2. **Standörtliche Wasserversorgung:** *Der „Eimer“ (die potenzielle Wasserspeicherkapazität) ist durch Humusakkumulation größer geworden – doch bleibt er immer länger leer. Die Pflanzen leiden zunehmend unter Trockenstress.*
3. **Nährstoffverfügbarkeit:** *Nur gelöste Nährstoffe in der Bodenlösung sind für Feinwurzeln verfügbar. Trockene Böden verringern die Mobilität der Nährstoffe und damit ihre Aufnahme.*
4. **Grundwasserneubildung:** *Die Prognosen sind mit großen **Unsicherheiten** behaftet. Je nach Gültigkeit der Klimamodelle kann es sowohl zu einem Absinken als auch Anstieg des Grundwasserspiegels kommen – mit erheblichen ökologischen und nutzungsbezogenen Konsequenzen.*

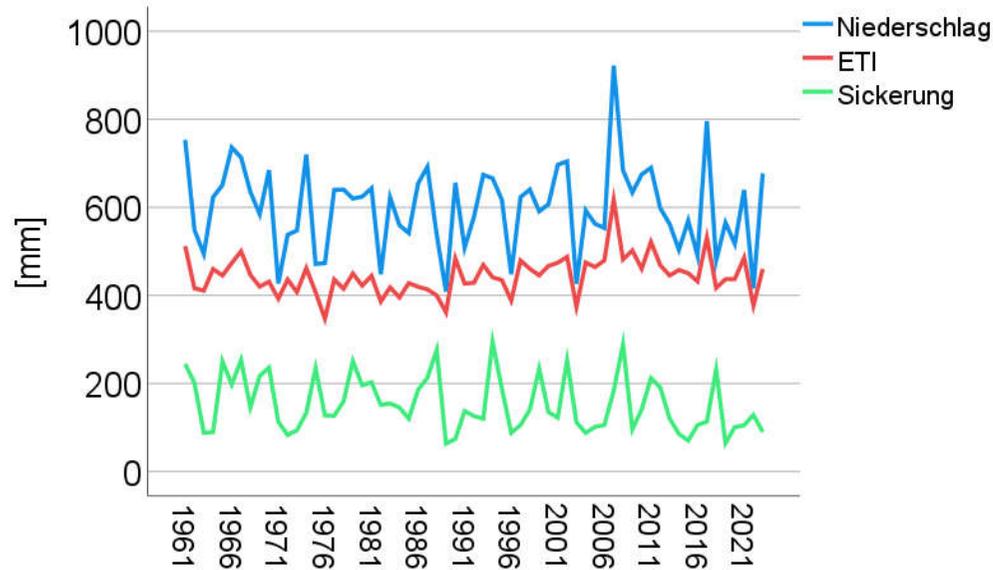
# Unsicherheiten der Klimamodellierung (Daten: WET-Projekt / Mohamed, Ali Mohamed)



Alle Angaben beziehen sich auf das **Gesamtjahr (I-XII)**; Klima-szenario: **RCP8.5**

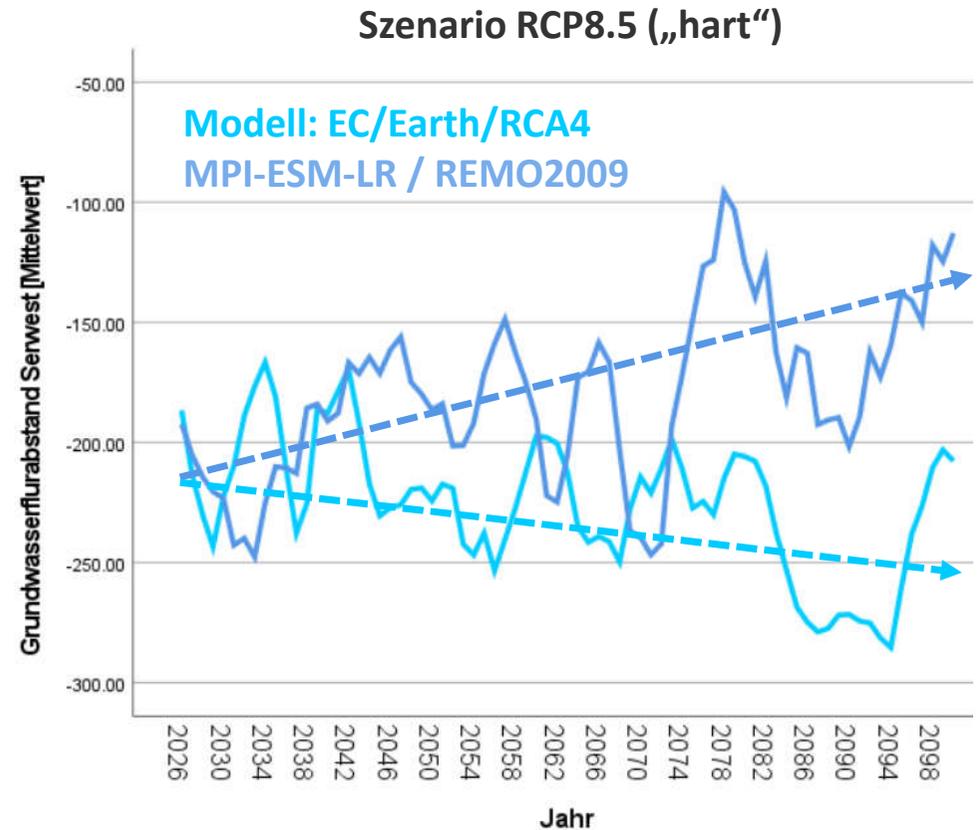


# Unsicherheiten: Entwicklung der Grundwasserstände



Level-II-Fläche Kienhorst: Wasserhaushaltsmodellierung für den Zeitraum 1961 – 2021

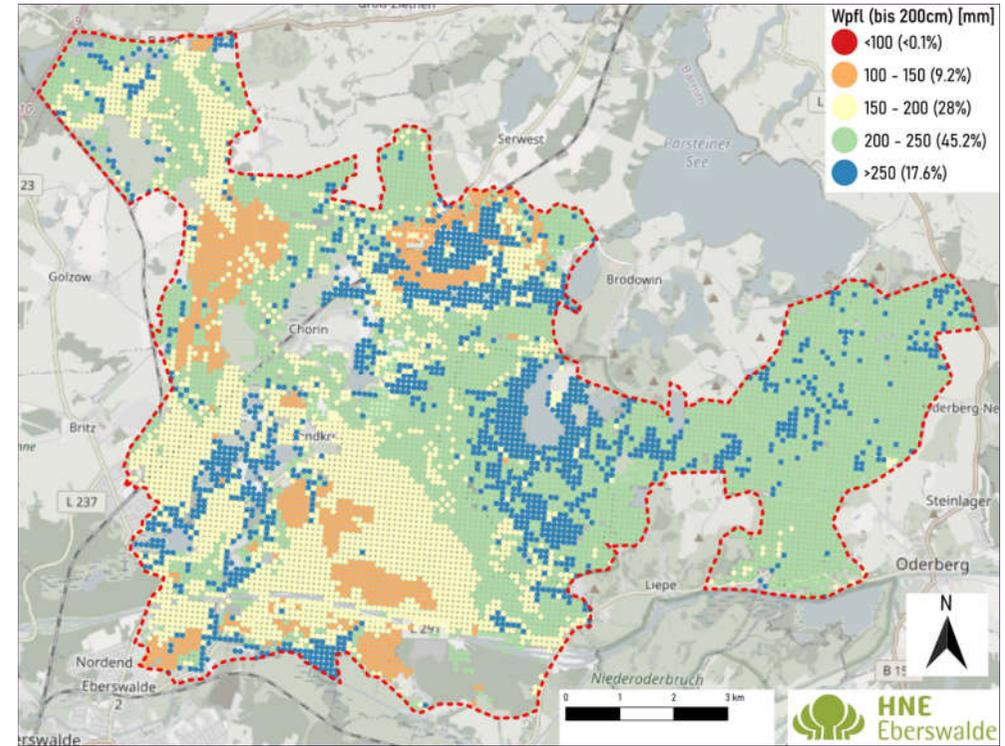
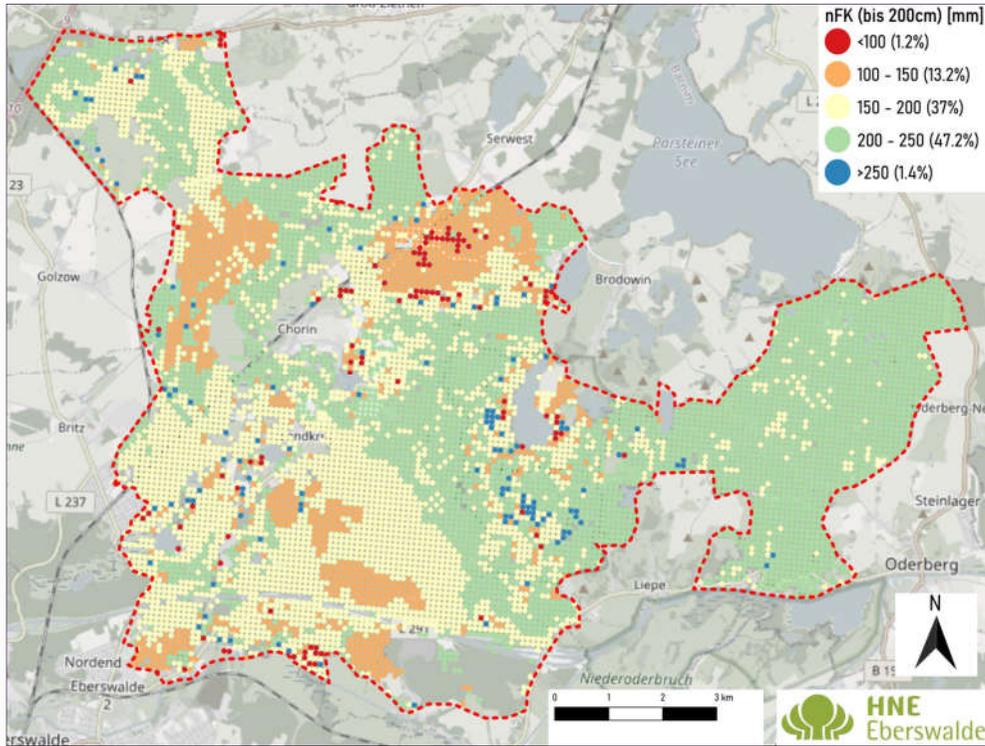
**Grundwasserflurabstand = f ( Sickerung),  $R^2=0,69$**



Ziche et al. (2021): Water Budgets of Managed Forests in Northeast Germany under Climate Change - Results from a Model Study on Forest Monitoring Sites. Appl. Sci. 11, 2403. <https://doi.org/10.3390/app11052403>

Manet, M. (2025): Analyse über die Entwicklung des Grundwasserflurabstands im Waldgebiet Chorin (Bachelorarbeit)

# Grundwasser und Wasserversorgung



	<i>n=8837</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Median</i>	<i>5-Perzentil</i>	<i>95-Perzentil</i>
<b>nFK</b>	nutzbare Feldkapazität [mm] bis 200 cm Tiefe	<b>191</b>	<b>184</b>	<b>113</b>	<b>236</b>
<b>Wpfl</b>	pflanzenverfügbares Bodenwasser [mm] (Grundwasser berücksichtigt)	<b>237</b>	<b>209</b>	<b>119</b>	<b>458</b>

# StWM-KPW: Informationen & Handlungsprinzipien



Themenkomplex  
(Grund-)Wasser in der  
Standort-App

Kennwertgruppe	Kennwerte
<b>Punkt- informationen</b>	Punktnummer, Koordinaten, Angabe zur Datenqualität
<b>Naturraum</b>	Größe, Waldfläche, Waldanteil
<b>Klima</b>	Temperatur, Niederschlag, Spätfrosttage (1961-1990, 1991-2020, 2071-2100; mildes / hartes Szenario nach RCP4.5 & RCP8.5; Klimamodell: MPI-ESM-LR(r1) CCLM4-8-17)
<b>Bodengeologie</b>	Ausgangsgestein, verwitterbare Nährstoffreserven, Kalkgehalt
<b>Boden</b>	Bodentyp, Bodenkurzbeschreibung
<b>Bodenchemie</b>	Versauerungsgrad, Säure-Pufferpotenzial, Basenvorrat
<b>Humus und Kohlenstoff</b>	Auflagemächtigkeit („Soll“), Kohlenstoffvorrat, Kohlenstoff-Speicherpotenzial, Kohlenstoffverlustpotenzial bei Grundwasserabsenkung
<b>Bodenwasser</b>	verfügbares Bodenwasser, Grundwassertiefe, Vernässungsgrad, Grundwasserneubildung
<b>Wasserhaushalt</b>	Standortwasserbilanz, Trockenstressindex (vgl. Abb. 3)
<b>Baumarten- eignung</b>	Standortseignung und Risikobewertung für 45 Baumarten (Ampelmodell unter Klimaszenarien)
<b>Nutzung</b>	Stoffliche Nachhaltigkeit für Nutzungsszenarien – basierend auf Nährstoffbilanzen

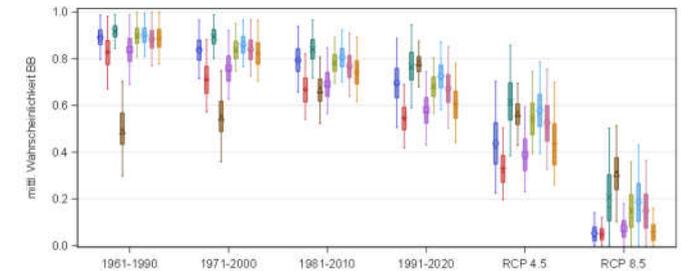
# StWM-KPW: Waldumbau mit der Standort-App

Cluster	Verlaufstyp	Kürzel	Deutscher Name	Lateinischer Name	Z-Score	Beschreibung
1	1	GBI	Gemeine Birke	<i>Betula pendula</i> ROTH.	-1,275	Baumarten mit äußerst geringen Ansprüchen an den Nährstoffhaushalt
	1	GKI	Gemeine Kiefer	<i>Pinus sylvestris</i> L.		
2	3	EB	Gemeine Eberesche	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	-0,593	Baumarten mit weitem Standortspektrum bzgl. Wasser- und Nährstoffhaushalt (höherer Mischungsanteil möglich)
	3	FEI*	Flaumeiche	<i>Quercus pubescens</i> Willd.		
	2	RBU	Rotbuche	<i>Fagus sylvatica</i> L.		
	2	SEI	Stieleiche	<i>Quercus robur</i> L.		
	2	TEI	Traubeneiche	<i>Quercus petraea</i> (MATT.) LIEBL.		
	1	AS	Aspe, Zitterpappel	<i>Populus tremula</i> L.		
3	3	EK	Edelkastanie	<i>Castanea sativa</i> MILL.	-0,348	Baumarten mit weitem Standortspektrum. Mischungsanteil gering (überwiegend Nadelbaumarten oder nicht heimische Baumarten)
	3	REI	Roteiche	<i>Quercus rubra</i> L.		
	3	RO	Gemeine Robinie	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.		
	2	AZE*	Atlaszeder	<i>Cedrus atlantica</i> (Endl.) Manetti ex Carrière		
	2	DGL	Douglasie	<i>Pseudotsuga menziesii</i> (MIRBEL) FRANCO		
	2	EIB	(Beeren-)Eibe	<i>Taxus baccata</i> L.		
	2	KTA	Küstentanne	<i>Abies grandis</i> (D.DON) LINDL.		
	2	NTA	Nordmantanne	<i>Abies nordmanniana</i> (STEV.) SPACH.		
	2	RLB	Riesenlebensbaum	<i>Thuja plicata</i> DONN x D.DON		
	2	SKI	Schwarzkiefer	<i>Pinus nigra</i> ARN.		
	2	ZEI*	Zerreiche	<i>Quercus cerris</i> L.		
	1	ELA	Europäische Lärche	<i>Larix decidua</i> MILL.		
	1	SWE	Salweide	<i>Salix caprea</i> L.		
	1	WER	Weißerle, Grauerle	<i>Alnus incana</i> (L.) MOENCH		
1	WTA	Weißtanne	<i>Abies alba</i> MILL.			
4	2	BHA	Baumhasel	<i>Corylus colurna</i> L.	0,265	Baumarten mit erhöhtem Nährstoffanspruch bei geringem Anspruch an den Wasserhaushalt
	2	HBU	Gemeine Hainbuche	<i>Carpinus betulus</i> L.		
	2	ME*	Mehlbeere	<i>Sorbus aria</i>		
	2	SAH	Spitzahorn	<i>Acer platanoides</i> L.		
	2	SLI	Sommerlinde	<i>Tilia platyphyllos</i> SCOP.		
5	2	WLI	Winterlinde	<i>Tilia cordata</i> MILL.	0,962	Baumarten mit hohem Nährstoffanspruch bei geringem Anspruch an den Wasserhaushalt
	3	EL	Elsbeere	<i>Sorbus torminalis</i> CRANTZ		
	3	FRAH*	Französischer Ahorn	<i>Acer monspessulanum</i> L.		
	3	FRU	Feldulme	<i>Ulmus minor</i> MILL.		
	3	NBS	Schwarznuss	<i>Juglans nigra</i> L.		
	3	NBW	Walnuss	<i>Juglans regia</i> L.		
	2	AB	Wildapfel	<i>Malus sylvestris</i> MILL.		
	2	BAH	Bergahorn	<i>Acer pseudoplatanus</i> L.		
	2	BB	Wildbirne	<i>Pyrus pyraeaster</i> L. DU ROI		
	2	GES	Gemeine Esche	<i>Fraxinus excelsior</i> L.		
	2	LZE*	Libanonzeder	<i>Cedrus libani</i> A. Rich.		
	2	SILI*	Silberlinde	<i>Tilia tomentosa</i> Moench.		
	2	VKB	Vogelkirsche	<i>Prunus avium</i> L.		
	2	WRU	Flatterulme	<i>Ulmus laevis</i> PALL.		
	1	BRU	Bergulme	<i>Ulmus glabra</i> HUDS.		
1	FAH	Feldahorn	<i>Acer campestre</i> L.			

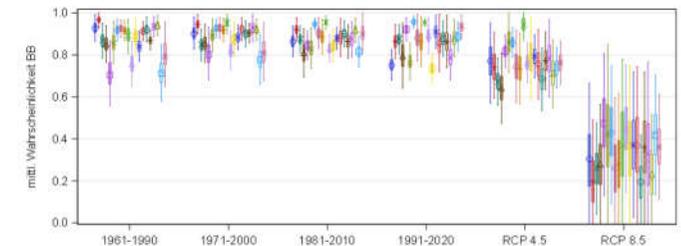
## Artverbreitungsmodelle (LWF → Engel, M.):

$\emptyset T_{min}$  XII-II;  $\emptyset T_{max}$  VI-VIII; Jahresniederschlag

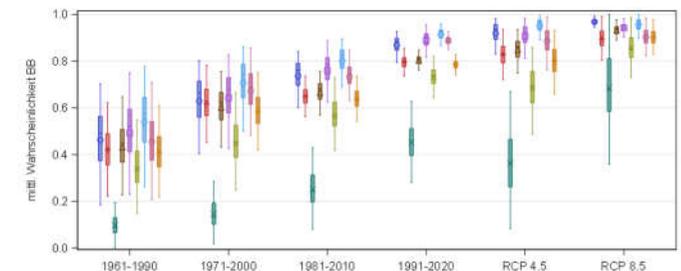
Verlaufstyp



1



2



3

## Kurzes Fazit

- Der Klimawandel wirkt sich **jetzt** auf die Standorte aus. Konsequenzen aus Wissen und Nicht-Wissen ziehen!
- **Waldböden** sind die fundamentalen Puffer und zugleich Grenzen der Anpassungsfähigkeit!
- **Lage! Lage! Lage!** Standortwissen muss in verständlicher Form zugänglich sein und angewandt werden (**jetzt** handeln und die Herausforderungen angehen!)
- **Werkzeuge** für gute Entscheidungen: WET & StWM-KPW  
...Einladung zum **Dialog** mit dem Projekt-Team!

*Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!*

