LAND BRANDENBURG

Entwicklung anpassungsfähiger Wälder durch Inwertsetzung von Ökosystemleistungen ?

Dr. Ulrike Hagemann
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)

© U. Hagemann

Ministerium für Land- und Ernährungswirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz

FORSTBrandenburg
Landesbetrieb

Erbringung von Waldökosystemleistungen – Lehren aus der Geschichte?

- Waldbewirtschaftung lange primär auf **Produktionsfunktion** ausgerichtet
  - „Kielwassertheorie“: … Gemeinwohlleistungen automatisch und unentgeltlich „im Kielwasser“ einer auf Holzproduktion ausgerichteten Bewirtschaftung → in Wissenschaft und Praxis überholt

- **Multifunktionale** Waldbewirtschaft**ung**
  - Dreiklang von Nutzung – Schutz – Erholung und zunehmendes Bewusstsein für Zielkonflikte
  - parallel: waldökologische Ansätze („Dauerwaldgedanke“)

- Aktuelle **Konzepte** im Kontext des Klimawandels und gesellschaftlicher Anforderungen
  - **naturnahe** Waldbewirtschaftung … **klimaangepasste** Waldbewirtschaftung … **sozialökologische** Waldbewirtschaftung … usw.
  - steigendes Interesse an Inwertsetzung weiterer Waldleistungen
    - indirekt: Zertifizierung (z.B. PEFC, FSC, etc.)
    - direkt: staatliche Prämien (z.B. Förderprogramm KWM(plus))
    - direkt: handelbare Zertifikate

Oberziel zukunftsorientierter Waldentwicklung?

Kontext:

- Umweltbedingungen ändern sich schneller als je zuvor in der Geschichte „unserer“ Wälder
- hohe Unsicherheit für Waldbewirtschaftung (Variabilität, Witterungsextreme, Störungsereignisse…)
- Gefährdung der Erbringung von Waldökosystemleistungen für Waldeigentümer und Gesellschaft


© LFB, U. Hagemann

Ziel: Entwicklung vielfältiger und strukturierter Mischwälder

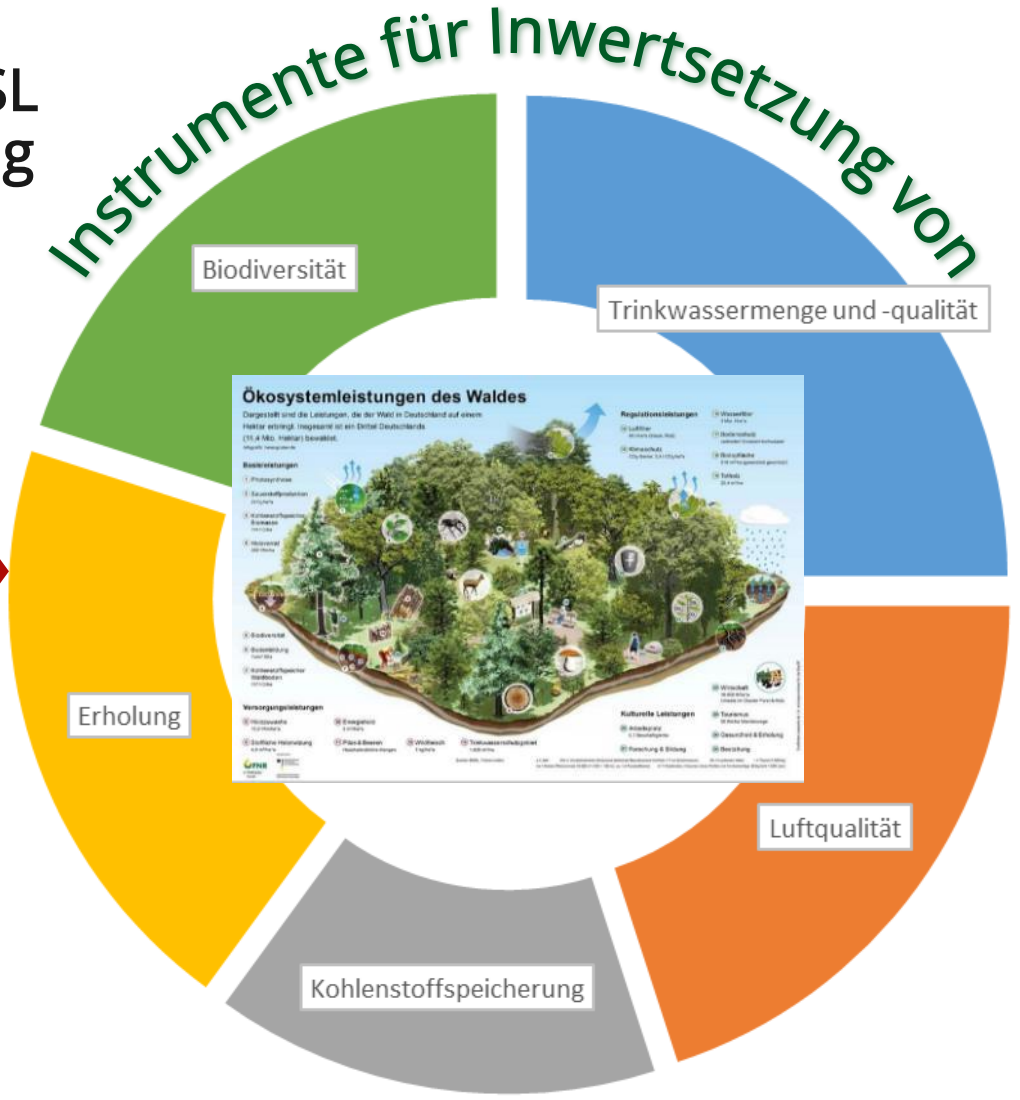
- die **widerstandsfähiger** (= Resistenz) gegenüber Waldbränden, Schadorganismen u.a. sind als arten- und strukturarme Wälder und
- die sich nach Störungsereignissen **regenerieren** (= Resilienz) und
- die sich an fortlaufend veränderliche Klima- und Umweltbedingungen **anpassen** können (= Plastizität) und
- die von Gesellschaft und Waldeigentümern gewünschten Waldleistungen erbringen

Ist die Inwertsetzung von ÖSL förderlich für die Entwicklung zukunftsfähiger Wälder?

Entwicklung vielfältiger und strukturierter Mischwälder

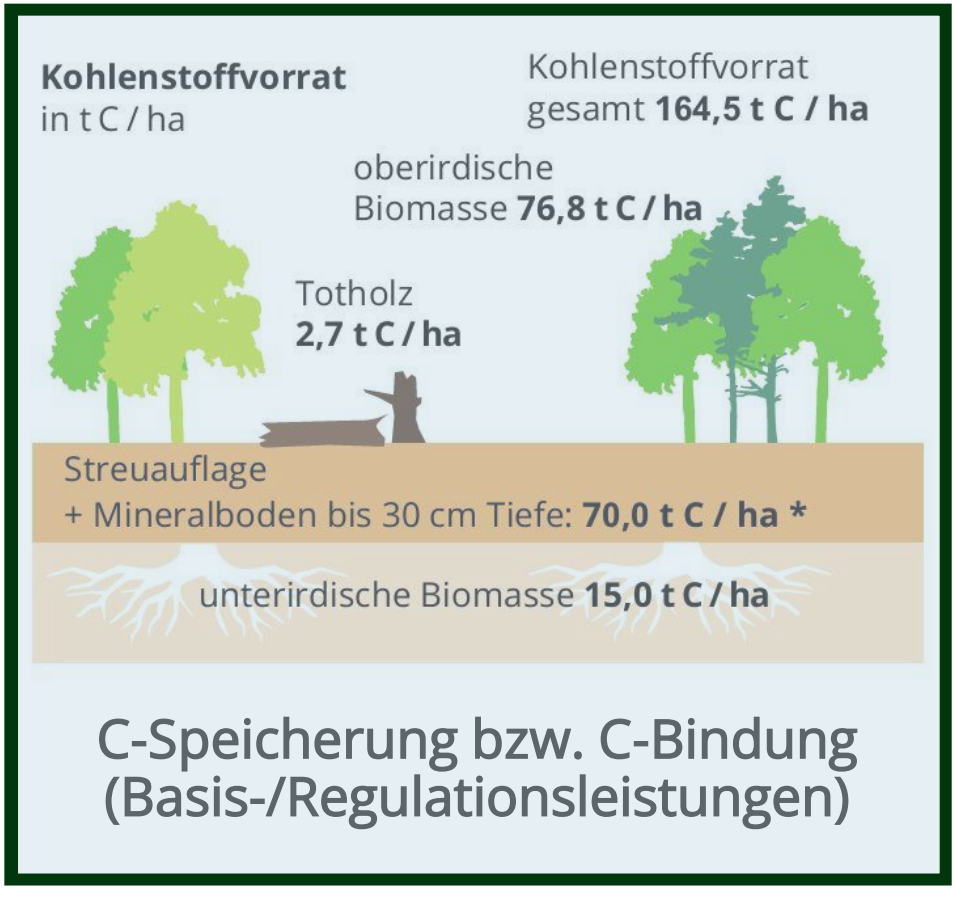
Synergien oder Ziel-konflikte ???



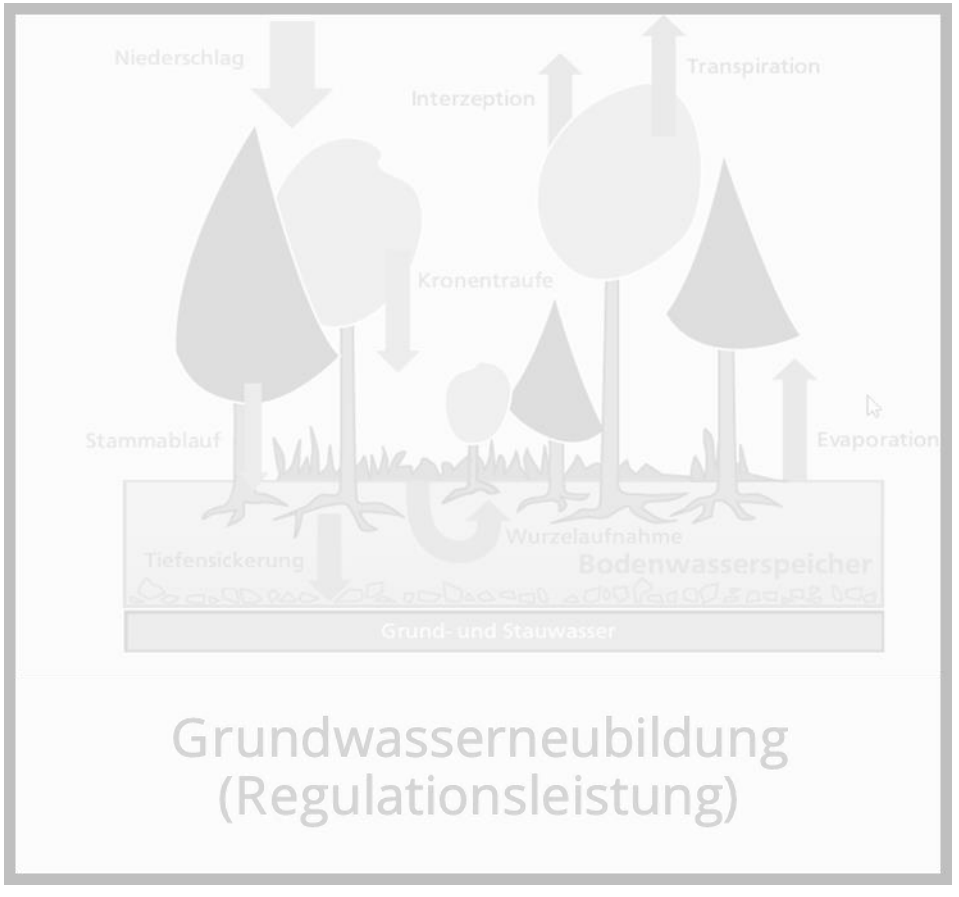


Kreisgrafik: U Hagemann; Infografik Wald: https://wald.fnr.de/wissen/wissenswertes/artikel/oekosystemleistungen

Zwei konkrete Beispiele

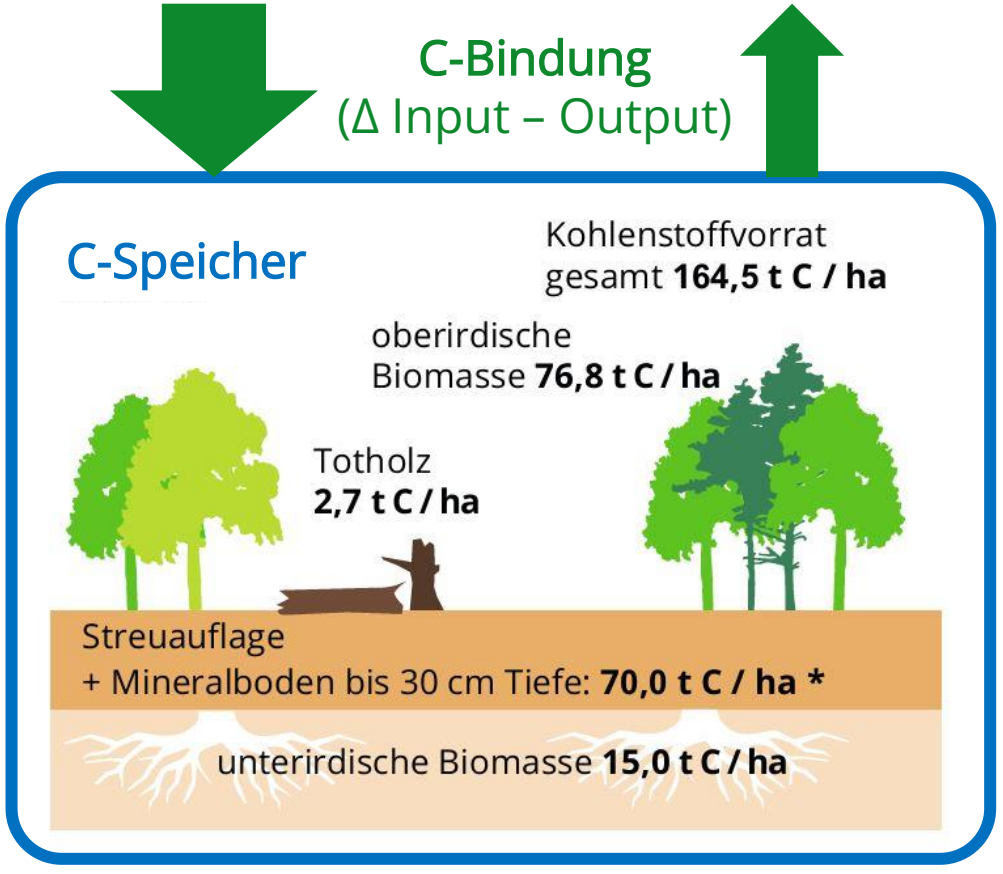


C-Speicherung bzw. C-Bindung
(Basis-/Regulationsleistungen)



Grundwasserneubildung
(Regulationsleistung)

Kohlenstoff im Waldökosystem – 2 Leistungen



ÖSL1: Maximierung des C-Speichers (tC/ha)

- Bewirtschaftungsverzicht oder extensive Dauerwald-bewirtschaftung möglichst langlebiger Baumarten mit langen Intervallen und geringer Entnahme; maximaler Bodenschutz
- mittel- bis langfristige Abnahme der C-Bindung

ÖSL2: Maximierung der C-Bindung (ΔtCO_2-C/ha*a):

- intensive Dauerwaldbewirtschaftung einer möglichst produktive, vitale und resiliente BA-Mischung: kurze Intervalle und optimale Zuwachssteuerung
- nachgelagerte C-Speicherung in langlebigen Holzprodukten

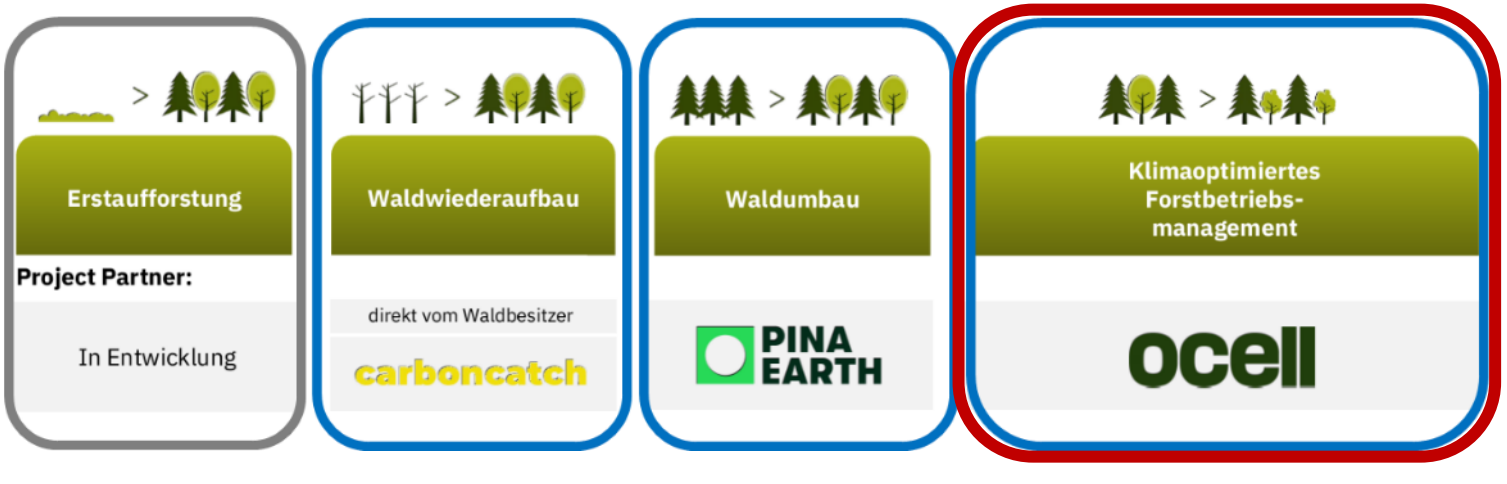
Nicht beide Leistungen gleichzeitig maximierbar!

Ergebnisse der 4. Bundeswaldinventur. Quelle: Broschüre „Brandenburgs Wald im Spiegel der 4. BWI“

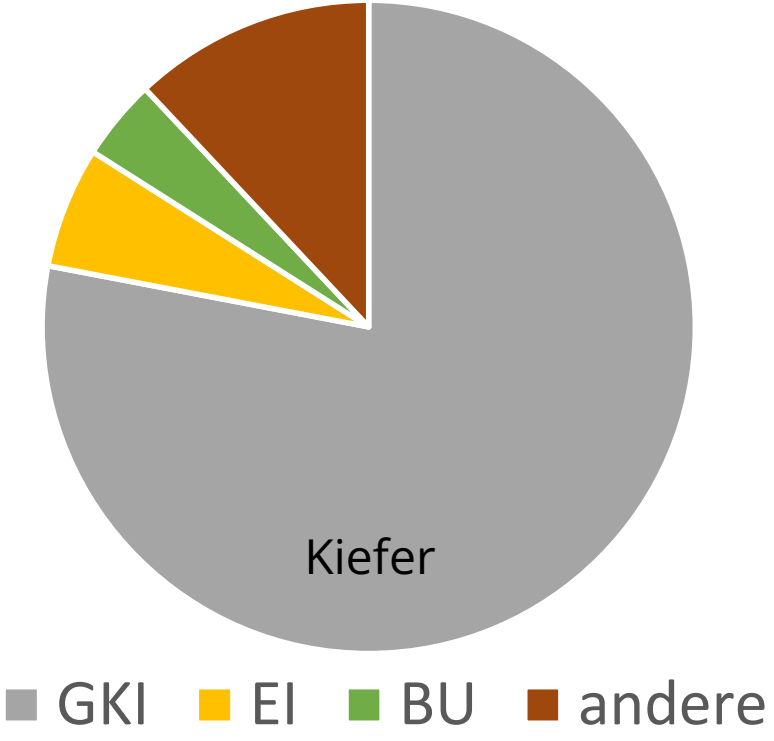
Freiwilliger CO_2-Zertifikatehandel

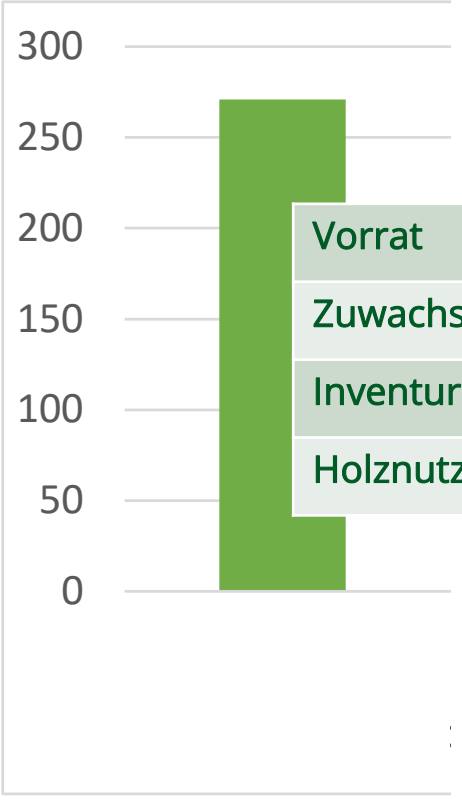
- **Handel mit Zertifikaten** über die (zusätzliche) Bindung von CO_2 im Wald
  - nutzen Unternehmen zur freiwilligen Kompensation ihrer Emissionen
  - Finanzierungsinstrument für Waldeigentümer

BEISPIEL: Ecosystem Value Alliance Foundation (EVA)



abstrahierte Beispieldaten für Forstbetrieb in BB „Klimaoptimiertes Forstbetriebsmanagement“



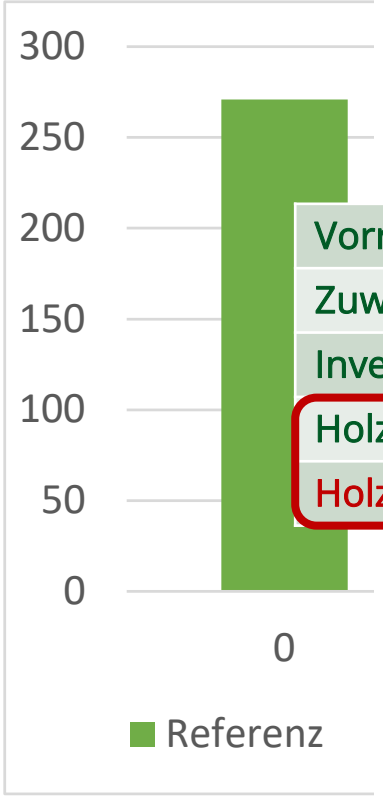


Vorrat	285 Efm / ha
Zuwachs (ET)	7,6 Efm / ha*a
Inventurperiode	10 Jahre
Holznutzung Referenz	9,0 Efm / ha*a

abstrahierte Beispieldaten für Forstbetrieb in BB „Klimaoptimiertes Forstbetriebsmanagement“

C-Projekt (Zertifikate)

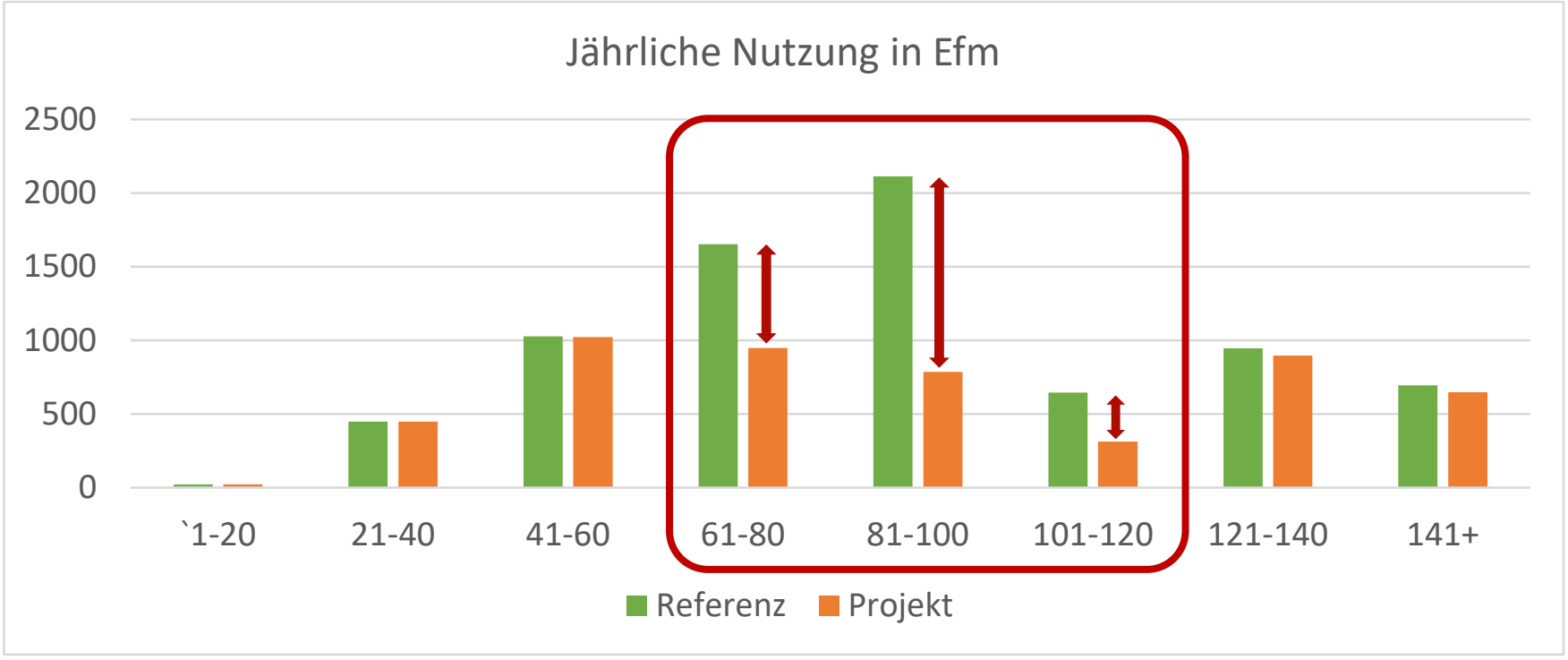
- **Ziel: Erhalt, Stabilisierung** und **Erhöhung** des Wald-C-Speichers durch *„Erhalt und Aufbau von Vorrat in stabilen Straten“*
  - „stabil“ => Verhältnis Baumhöhe/BHD (<0,85), Bestockungsgrad (0,6<B°<1,2) und max. Baumhöhe (<33 m)
  - nicht berücksichtigt: Mischung, Struktur, Diversität ...!
- **Umsetzung:** reduzierter Holzeinschlag für
  - Vorratserhalt
  - zusätzlichen Vorratsaufbau



Vorrat	285 Efm / ha
Zuwachs (ET)	7,6 Efm / ha*a
Inventurperiode	10 Jahre
Holznutzung Referenz	9,0 Efm / ha*a
Holznutzung C-Projekt	6,4 Efm / ha*a

abstrahierte Beispieldaten für Forstbetrieb in BB „Klimaoptimiertes Forstbetriebsmanagement“

Zertifikate werden durch Nutzungsverzicht erzeugt – v.a. in 61-120jährigen Kiefer-Reinbeständen !
→ klassische „Waldumbaubestände“ mit hohem Risiko!



Zwischenfazit – ÖSL C-Speicherung & C-Bindung

Chancen

- Erhöhung des Wald-C-Speichers bzw. der C-Aufnahme aus der Atmosphäre (Klimaschutz)
- Generierung von zusätzlichen finanziellen Mitteln (z.B. für waldbauliche Maßnahmen)

!!!

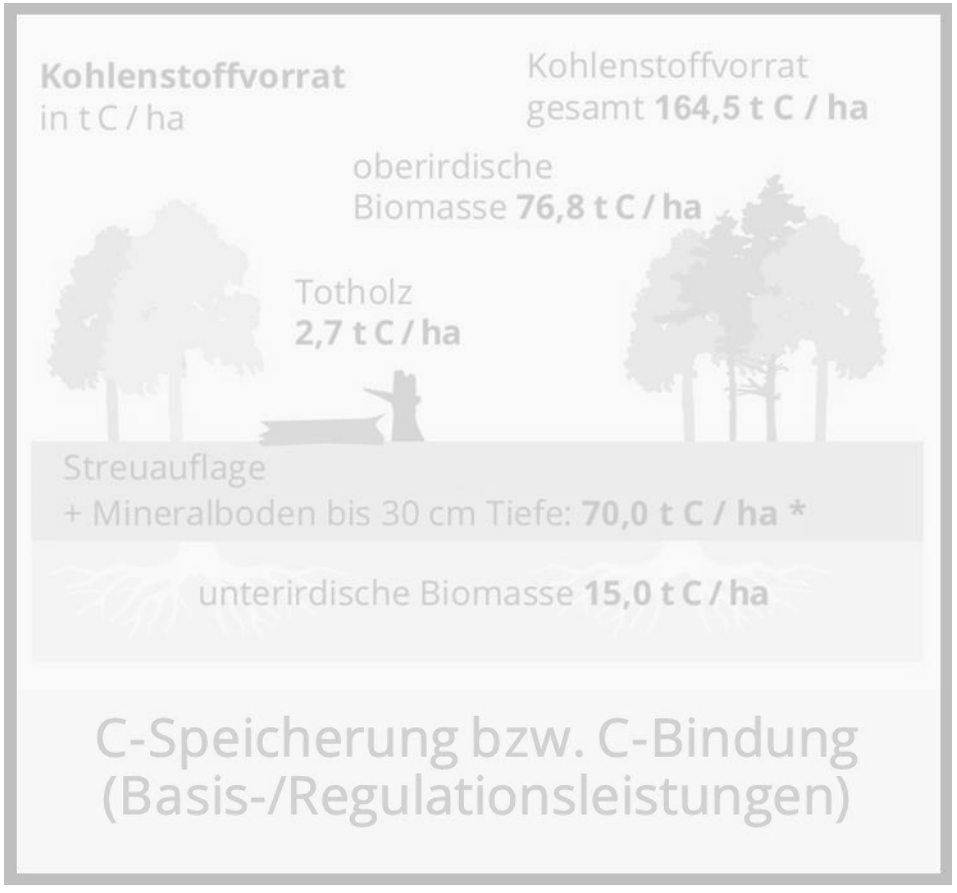
Risiken

- Gefährdung/Verzögerung der gewünschten waldbaulichen Entwicklung
  - Vorratsaufbau in Risikobeständen
  - an Produktivität gekoppelte BA-Wahl
  - kritischer Zeitverlust für „Waldumbau“ (Klimawandel)
  - Einschränkung der waldbaulichen Handlungsfreiheit

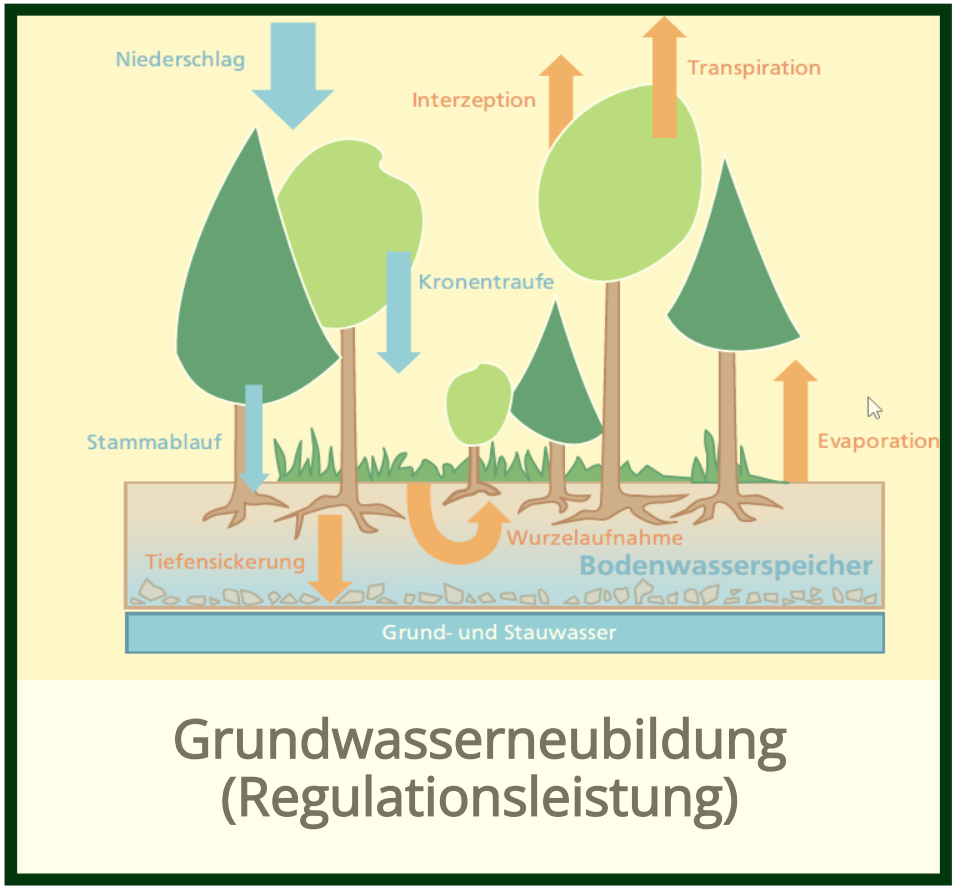
Kritische Abwägung erforderlich je nach waldbaulicher Ausgangssituation, wirtschaftlicher Lage des Forstbetriebs und prognostizierten Risiken

Anreiz für gewünschte Ökosystemleistung birgt **Risiken für angestrebte Waldentwicklung**

Zwei konkrete Beispiele

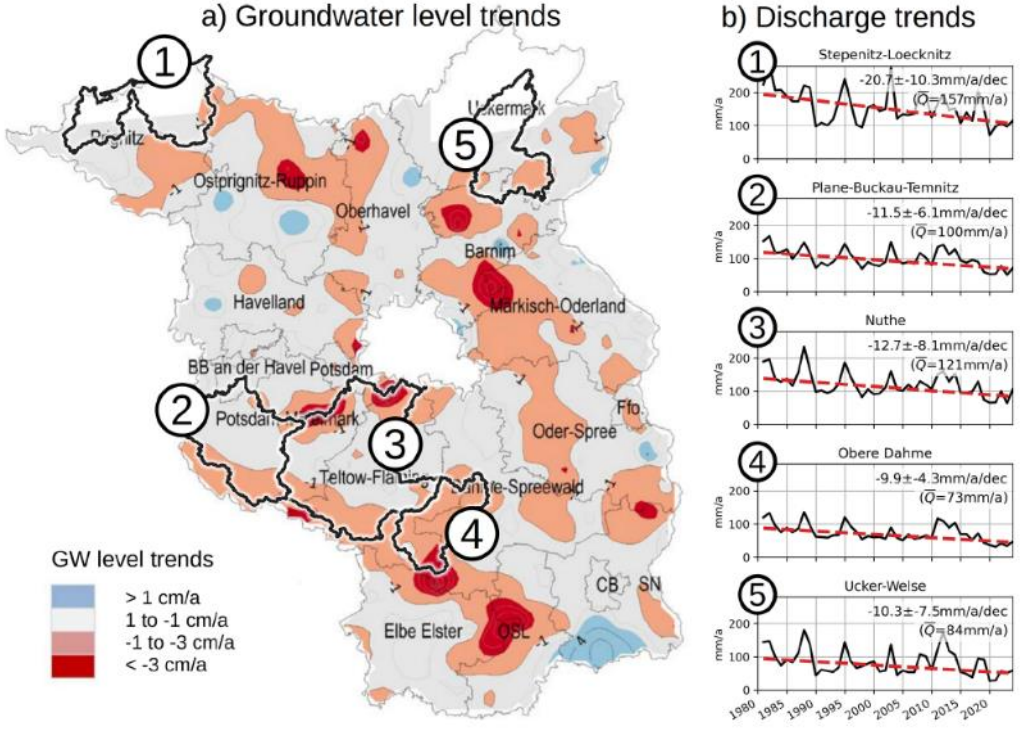


C-Speicherung bzw. C-Bindung
(Basis-/Regulationsleistungen)



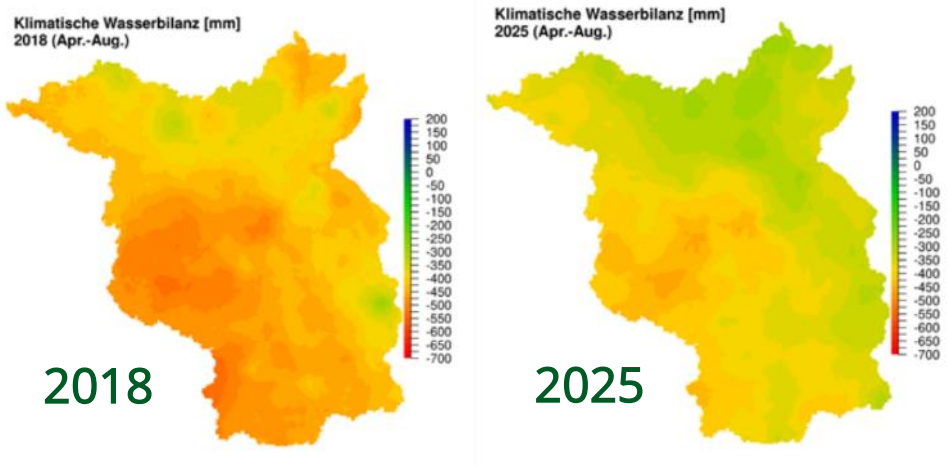
Grundwasserneubildung
(Regulationsleistung)

Entwicklung der Grundwasserressourcen in BB



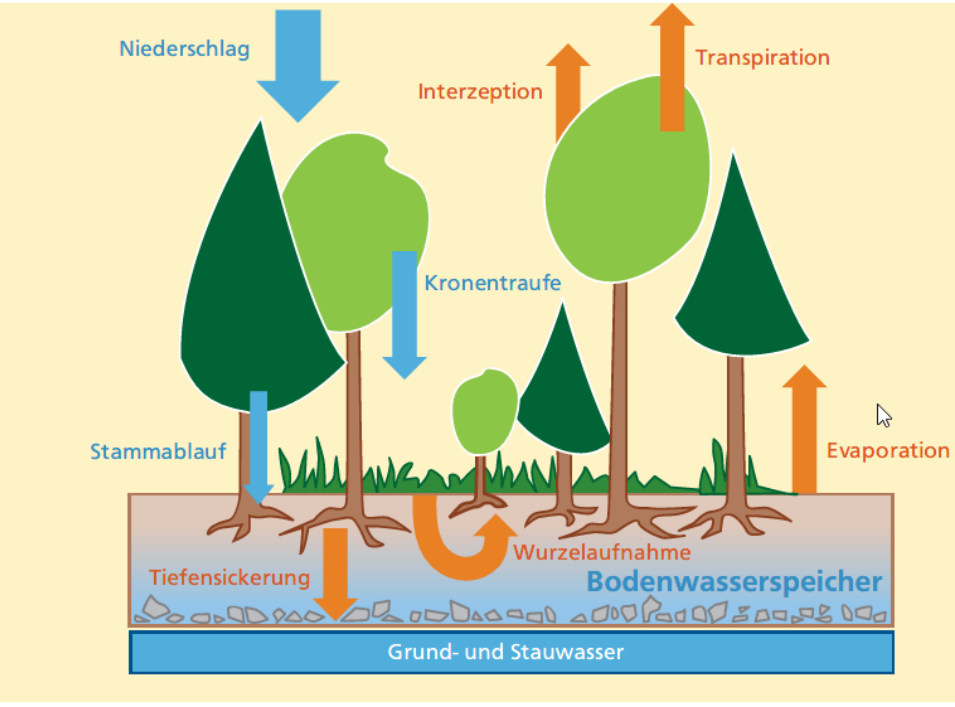
Veränderung der Grundwasserhöhe und des Abflusses in Brandenburg 1976-2020 (Francke & Heistermann 2025)

- **Abnahme der Grundwasserhöhen** und Abflüsse 1976-2020 (bis zu 132 cm)
  - Landnutzungsänderungen
  - klimatische Veränderungen
- **negative klimatische Wasserbilanz**



Folie © Dr. Markus Engel; Waldzustandsbericht BB 2025

Wasserhaushalt von Wäldern



Komponenten des Wasserhaushalts von Wäldern, verändert nach Rehfuess (1990)

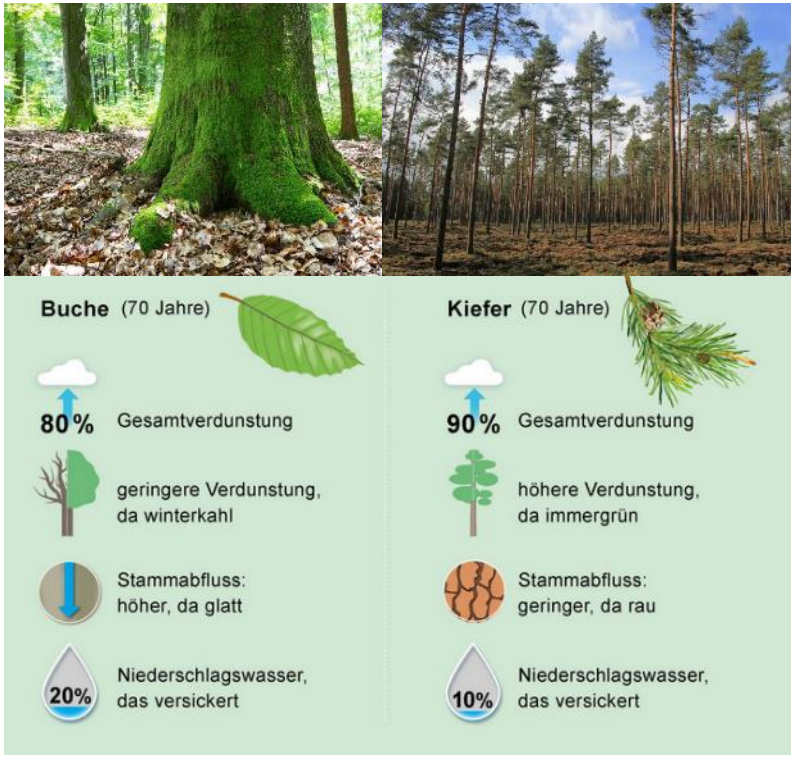
- Wasserhaushalt von Wäldern bestimmt durch
  - Niederschlagsmenge
  - Interzeption im Kronendach
  - Evapotranspiration
  - Retention von Wasser im Boden
  - Entwässerungsmaßnahmen
- Tiefensickerung (= Grundwasserneubildung)
  - maßgeblich beeinflussbar durch **Waldzusammensetzung und Waldstruktur**

Wasser und Baumartenwahl

- höherer Laubbaumanteil steigert Grundwasserneubildung
  - reduzierte Interzeption im Winter (Prietzel & Bachmann 2012)
  - aber: erhöhte Transpiration und geringere Wasserspende in sommerlichen Trockenperioden (Meusburger et al. 2022)

- Theorie: optimale Ressourcennutzung und Risikominderung durch Nischenkomplementarität im Ökosystem → **Mischung**
  - **funktionale** Baumarteneigenschaften gezielt nutzen, z.B.
    - Aufteilung des Wurzelraums
    - verschiedene Wassernutzungsstrategien
    - Habitat für Antagonisten

Beispiel: Buche vs. Kiefer



https://www.fnr.de/fileadmin/Projekte/2026/Mediathek/FNR_Wasser-im-Wald_Poster_260217_web.jpg

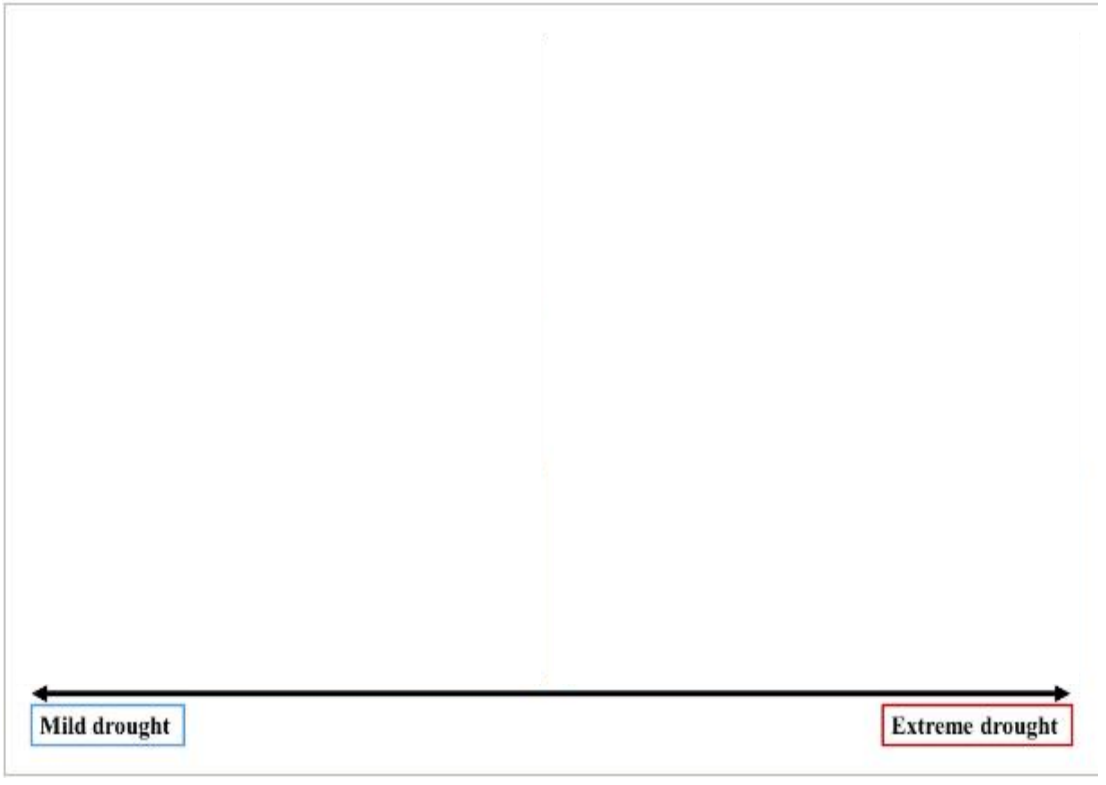
Folie z.T. © Dr. Markus Engel

Wasser und Baumartenmischung

- Mischungseffekte:
  - **positiv, neutral und negativ** (vgl. Haberstroh & Werner 2022)

- **Stress-Gradienten-Hypothese**
  - Interaktionen in stressarmen Umgebungen eher von Konkurrenz geprägt
  - bei zunehmendem Umweltstress gegenseitige „Unterstützung“ (sog. *facilitation*)

- Stress-Gradienten-Hypothese **nicht eindeutig belegbar** (z.B. Holmgren & Scheffer 2010)
  - positive Effekte bei mittlerem Stress am stärksten
  - brechen unter **extremen Bedingungen häufig** zusammen, weil Ressourcen für keinen Partner mehr ausreichen



Veränderung der Baum-Interaktionen unter verschiedenen Umweltbedingungen (Haberstroh & Werner 2022)

Folie © Dr. Markus Engel

Wasser und Waldstruktur

- Steigerung der **Grundwasserneubildung** durch Verringerung der Bestandesdichte
  - reduzierte Transpiration und Interzeption (z.B. Del Campo et al. 2022)

- gleichzeitig: höhere **Verdunstung durch Bodenvegetation**, organische Auflage und Totholz oft unterschätzt (bis zu 18 %; Floriancic et al. 2022)



Zwischenfazit – ÖSL Grundwasserneubildung
(… Zertifikate in Planung/Erarbeitung)

Chancen

- höhere Grundwasserspende durch Mischung und reduzierte Bestandesdichte
- grundwasserferne Wälder profitieren von Bodenschutz & Wasserrückhalt
- Generierung von zusätzlichen finanziellen Mitteln (z.B. für waldbauliche Maßnahmen)

!!!

Risiken

- strukturierte Mischwälder verbessern nicht grundsätzlich die Grundwasser-neubildung
- positive Mischungseffekte versagen unter extremen Bedingungen
- Erhöhung der Grundwasserspende führt i.d.R. zu weniger Biomasse und weniger C-Speicherung

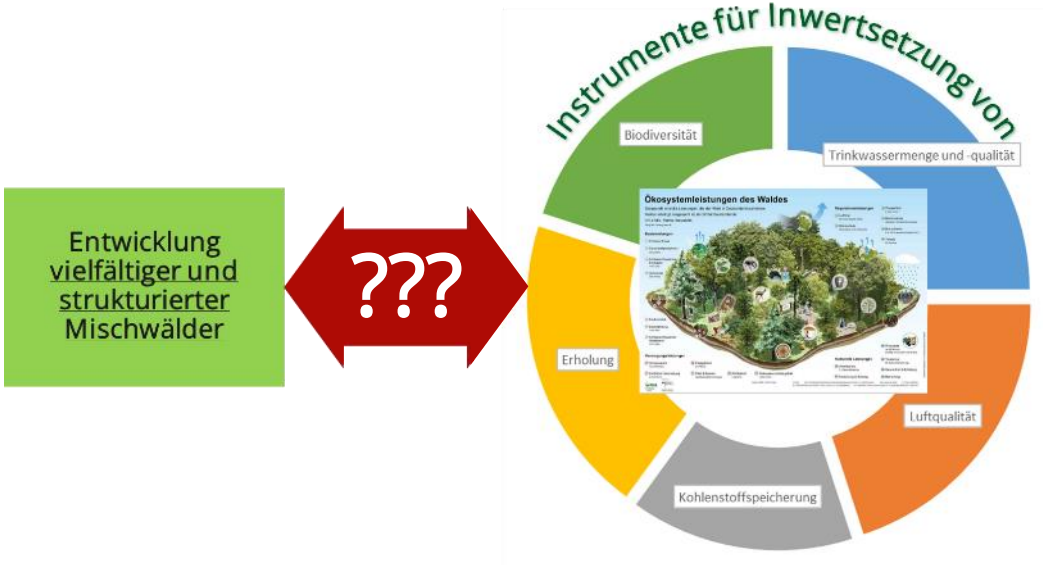
Fokus auf Maximierung der Grundwasserspende nicht sinnvoll, da auch Mischwald Wasser verbraucht … und zwar mehr als andere Vegetationsformen (Riek 2025)

Fazit

Ist die Inwertsetzung von ÖSL förderlich für die Entwicklung zukunftsfähiger Wälder?

Beispiele zeigen: Instrumente für Honorierung einzelner ÖSL befördern nicht automatisch zukunftsorientierte Waldentwicklung

→ Synergien und Zielkonflikte



- historische Fehler nicht wiederholen
  - keine einseitige Optimierung auf einzelne ÖSL (Fehlanreize!)
  - Diversität auf betrieblicher & landschaftlicher Ebene anstreben
- Instrumente sollten Erhalt bzw. Entwicklung funktionsfähiger Waldökosysteme anreizen/honorieren
  - ergebnisorientiert (statt maßnahmenorientiert)
  - breites Indikatoren-Set bezgl. Diversität & Struktur



Ich freue mich auf den Austausch und die Diskussion!

© U. Hagemann

Impressum

Landesbetrieb Forst Brandenburg
Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)
Alfred-Möller-Str. 1
16225 Eberswalde

Dr. Ulrike Hagemann
E-Mail: ulrike.hagemann@lfb.brandenburg.de
Internet: https://forst.brandenburg.de/lfe/
Telefon: 03334 / 2759-400



Stand
September 2026

Bildrechte
© LFE

Ministerium für Land- und Ernährungswirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz

FORSTBrandenburg
Landesbetrieb