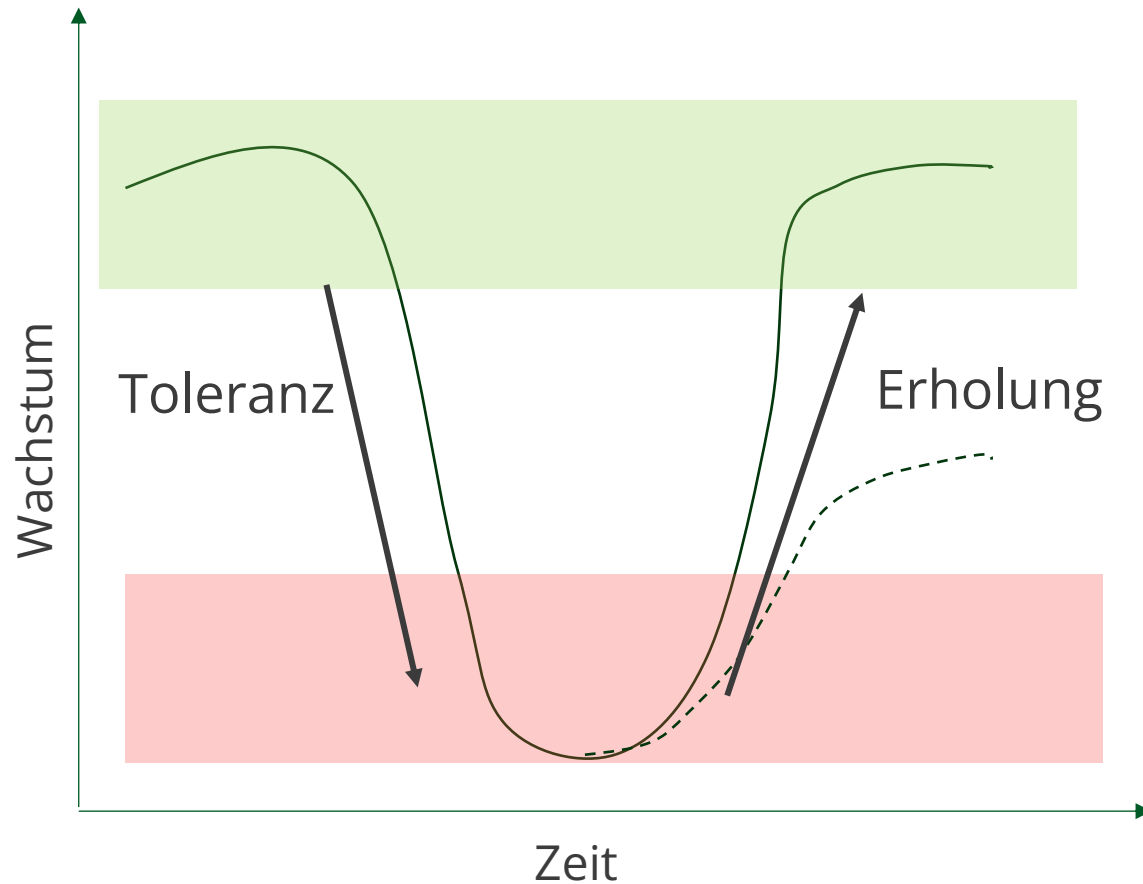
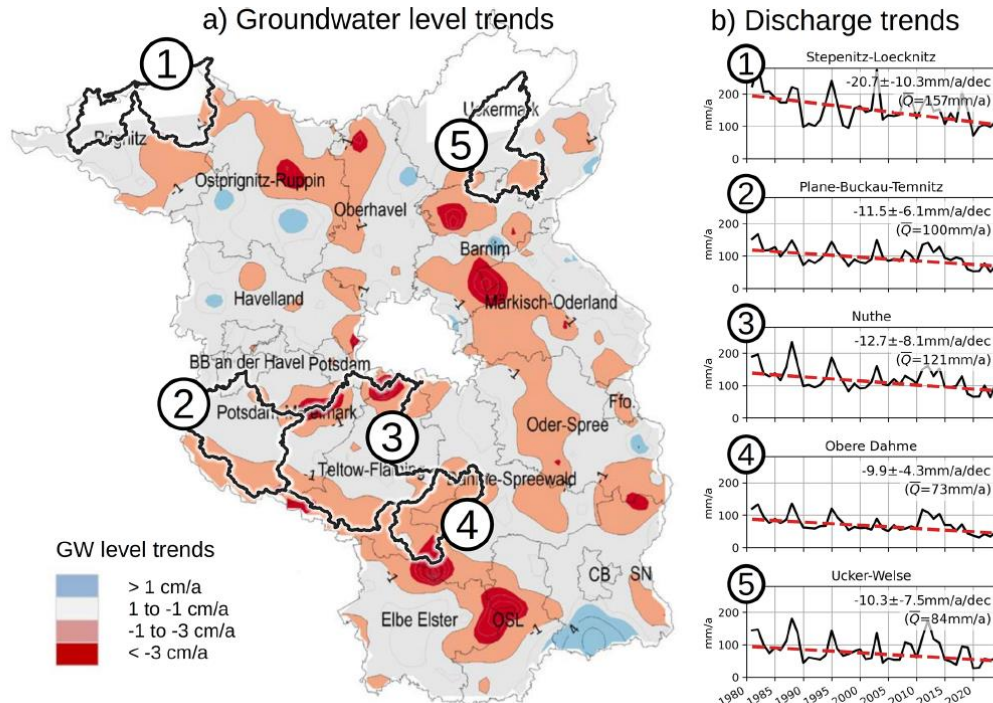


Wenn der Durst kommt – Wasser und die Resilienz von Waldökosystemen



- Resiliente Waldökosysteme
- Resiliente Waldbestände
- Resiliente Bäume

- Wie viel Wassermangel halten Wald und Bäume aus?
- Wie gut können sich Wald und Bäume nach Trockenstress erholen?



- Abnahme der Grundwasserhöhen und Abflüssen 1976-2020 (bis 132 cm)
- Ursachen sind klimatische Veränderungen aber auch Landnutzungsänderungen
- Francke & Heistermann (2025) sehen die LAI-Steigerung als einen beitragenden Faktor

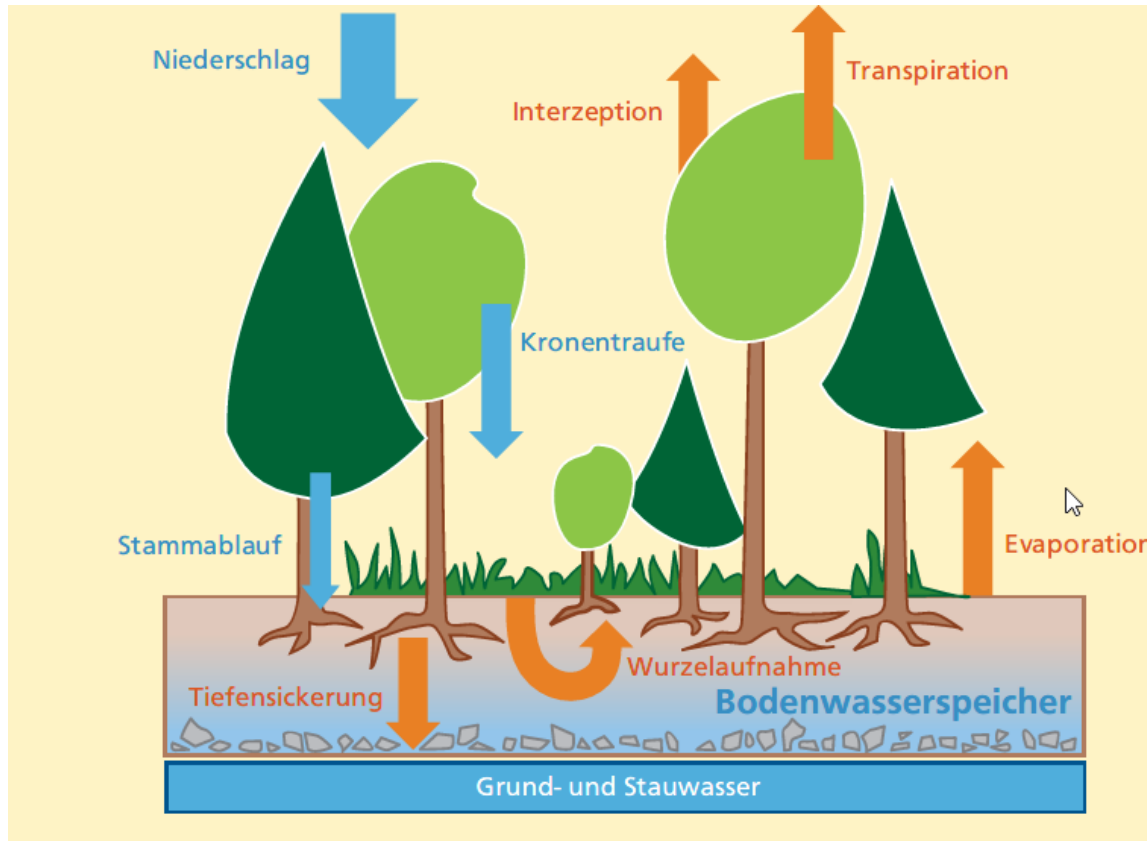
→ Ist das ein Effekt des Waldumbaus?

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



- Landnutzungsart beeinflusst den Wasserhaushalt
- Allgemein wird die Umwandlung von Nadel zu Misch- und Laubwald empfohlen
- Wald "verbraucht" mehr Wasser als andere Vegetationsformen (Riek 2025)
- Heterogenes Landschaftsmosaik mit Vorteilen verschiedener Landnutzungsformen verbinden (Riek 2025)

Wirkung der Landnutzung auf Grundwasserneubildung und Verdunstung (IGB 2025)



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

- Häufige Analogie, Aufnahme und Abgabe von Wasser
 - Wasserspeicherung temporär in verschiedenen Komponenten
- Weniger Waldstandorte profitieren direkt von Grundwasser, u.a. durch kapillaren Aufstieg
- Terrestrische Waldstandorte sind auf den Bodenwasserspeicher angewiesen
- Ziel ist pflanzenverfügbares Wasser für das Wachstum im System Wald zu erhalten
- Grundlage für resiliente Waldökosysteme



- Wasserspeicher:
 - Lebende Biomasse (waldbaulich beeinflussbar)
 - Tote Biomasse (waldbaulich beeinflussbar)
 - Organische Bodensubstanz (waldbaulich beeinflussbar)
 - Mineralische Bodensubstanz (bedingt beeinflussbar)
 - Torfmoose speichern das 15 bis 30fache ihres Trockengewichts an Wasser
 - Humus speichert das 20fache des Eigengewichts an Wasser
- Variation durch Standort, Bodenzustand und Vegetation

<https://www.allgaeueralpen.com/2018/08/von-rauschbeeren-und-wasserpalmen/>

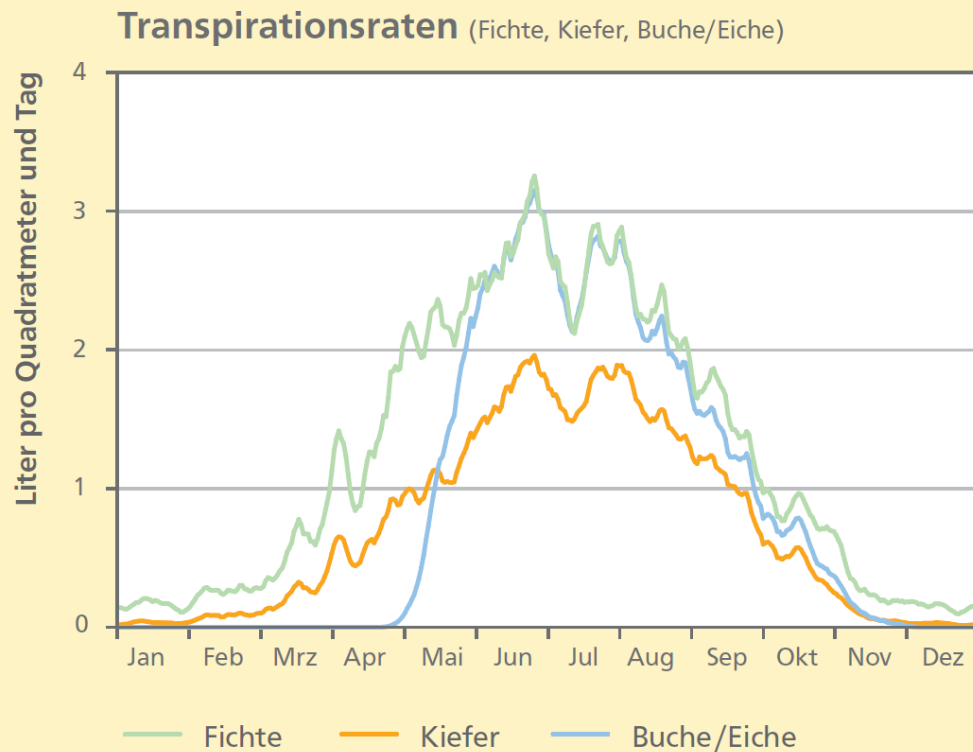


© LFB

- Stehendgewässer
 - Brüche
 - Moore
 - Versickerungsbecken etc.
- unterstützen den Wasserrückhalt

Und die Forstwirtschaft?

- nach dem Kahlschlag eines Buchenbestandes während der Sommermonate ca. 2,5 m höhere Grundwasserstände gemessen (Weinmeister 2003)
 - Interzeptionsverdunstung, ca. 23 % (Altbestand Buche/Eiche) und 41 % (ca. 40-jährige Fichte) des Jahresniederschlags (Meuser 1989)
- Die Bestockung und die Blattfläche hat einen erheblichen Einfluss auf den Wasserhaushalt und die Resilienz des Waldes



- Kiefer und Fichte früher mit Transpiration im Jahresverlauf
- Buche/Eiche nach Laubaustrieb höhere Transpirationsraten als Kiefer

Transpirationsraten der Hauptbaumarten aus Zimmermann et al. (2008)



© LFB

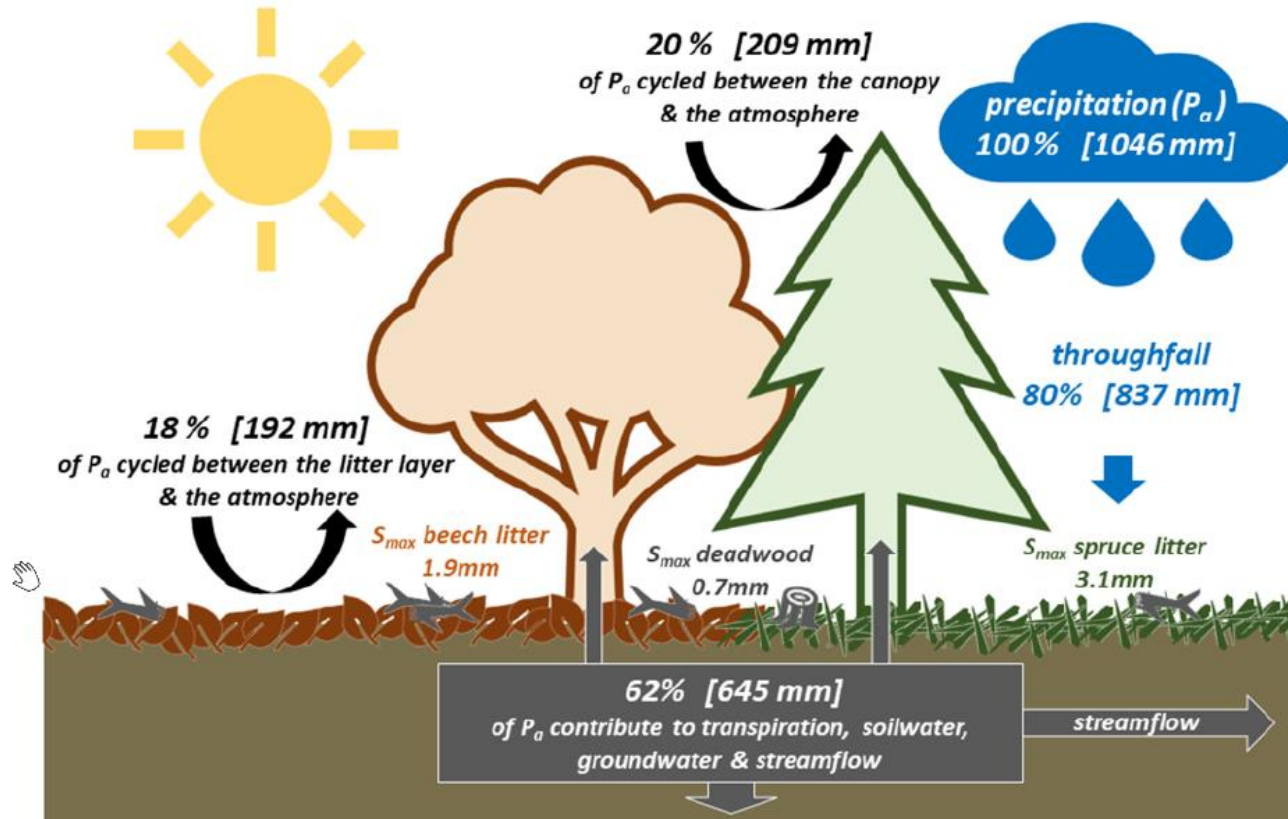
0,6 K höhere Temperaturen in der Baumkrone
67 mm/a weniger Tiefensickerung aus Leuschner
(2022)



© LFB

10-30 % höhere Bodenwassergehalte im
Oberboden

Bis 100 % mehr Wasserspeicherung in org.
Auflage und Humus, aus Leuschner (2022)



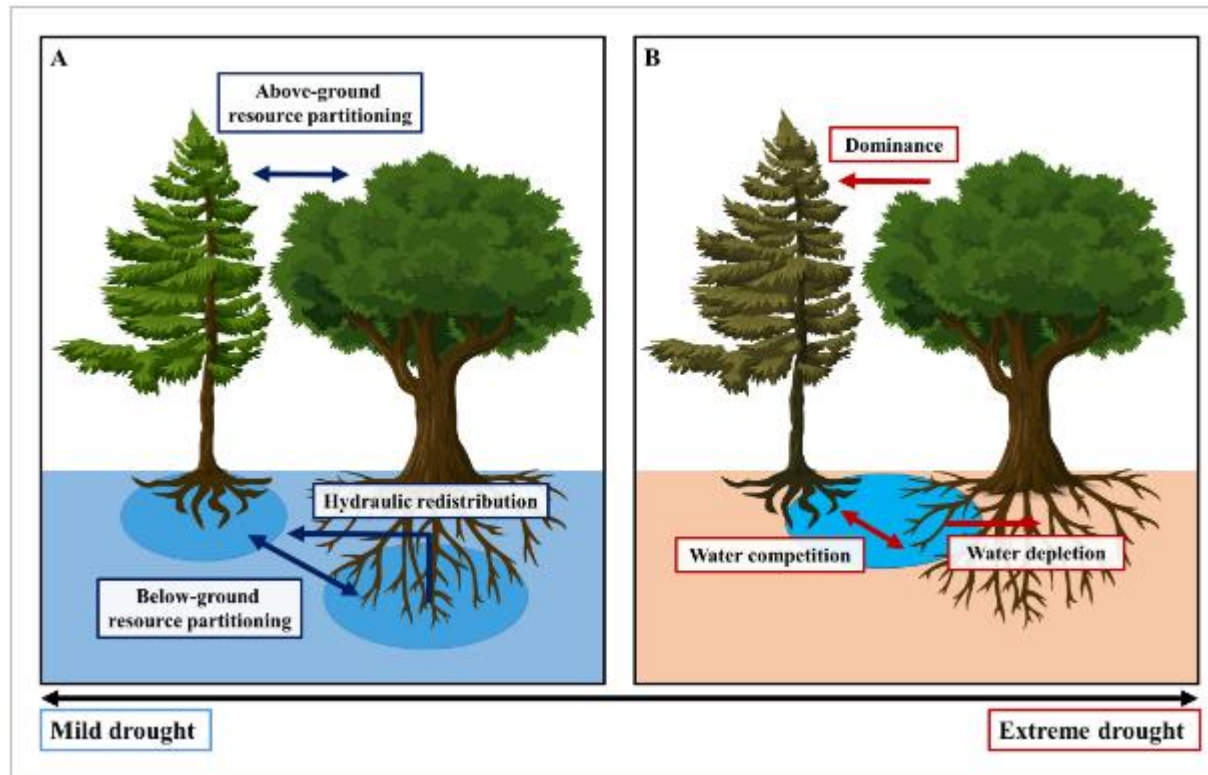
Komponenten des Wasserhaushaltes im Züricher Waldlabor (Floriancic et al. 2022)

- Verdunstung durch org. Auflage und Totholz unterschätzt bis zu 18 % (Floriancic et al. 2022)
 - Je größer die org. Auflage und krautige Vegetation, desto weniger Wasser kommt tatsächlich im Boden an
 - Kiefern- und Tannenstreu verschlechterte das Wasserhaltevermögen in Eichen- und Buchenlaub (Ilek et al. 2021)
- Baumarten anpassen



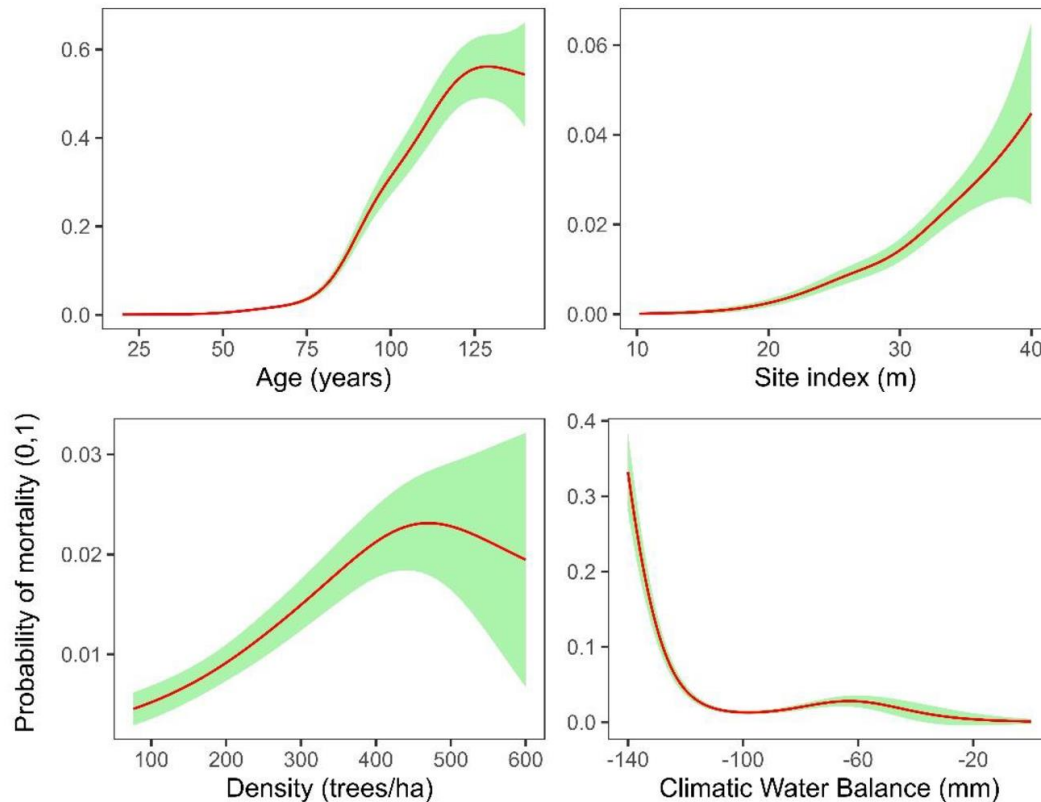
<https://www.lbv.de/ratgeber/naturwissen/artenportraits/detail/robinie-robinia-pseudoacacia/>

- Wasserverbrauch ändert sich nach Standort, Alter, Herkunft, Mischungspartner, „Gedächtnis“ etc. !!
- Nachkommen von Robinie sind dürre-resistenter
- Robinie toleriert starke Bodenwasserschwankungen bei konstanter Wassernutzungseffizienz (Mantovani et al. 2014)



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

- Stress-Gradienten-Hypothese nicht eindeutig belegbar (Holmgren & Scheffer 2010)
- Zunehmende/ abnehmende Konkurrenz um knappe Ressourcen bei extremen Bedingungen
- Mischung kann positive, neutrale und negative Effekte haben (Haberstroh & Werner 2022)
- Mischungseffekte variieren mit funktionalen Arteigenschaften (Hernán et al. 2025)



Einfluss von Baumalter, Site Index, Bestockungs-Dichte und Klimatischer Wasserbilanz auf die Mortalität von *P. sylvestris* in Süd-Polen (Socha et al. 2023)

Mortalität von *P. sylvestris* in Süd-Polen steigt mit (Socha et al. 2023)

- Baumalter
- Oberhöhenbonität
- Stammzahl bis 500 N/ha

→ Junge/ mittelalte, durchforstete Bestände auf weniger kräftigen Standorten hatten gute Chancen!

→ Ebenso auf N-E Exposition!



Beispiele von Buchenbeständen in Franken (v.l.n.r.: einschichtig, zweischichtig und mehrschichtig). Fotos: T. Mathes in Mathes et al. (2024)

- Etwas höhere Dürre-Resistenz bei Buchenbeständen mit geschlossenem Kronendach
 - Unterständige Bäume etwas dürre-resistenter
 - Allg. schwacher Einfluss der Waldstruktur auf die Dürre-Resistenz
- Waldbauliche Interventionsmöglichkeiten begrenzt

Mathes et al. (2024)

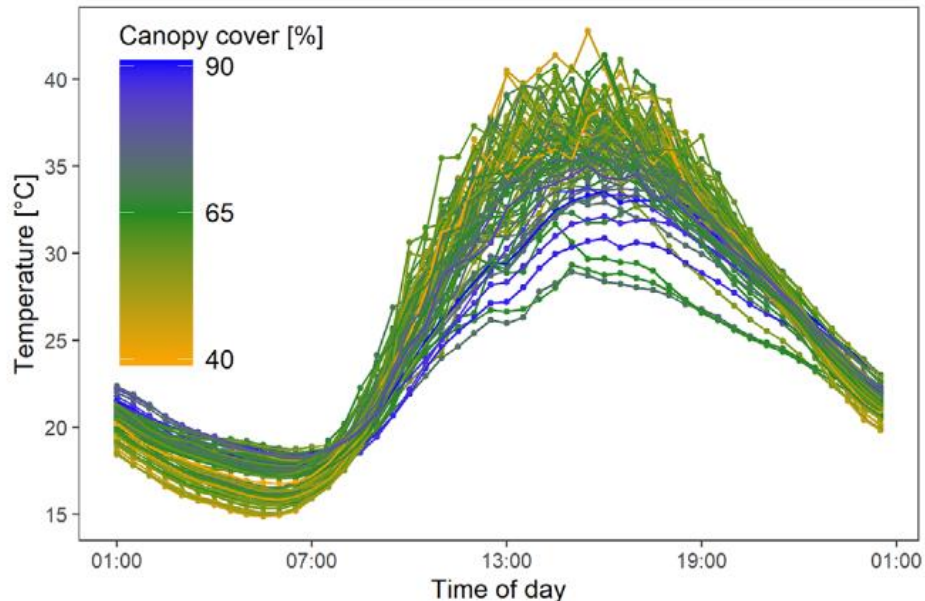
→ wichtig Gestaltung der Waldränder (Riek 2025)

Durchforstung vs. Wirtschaftsruhe



© LFB

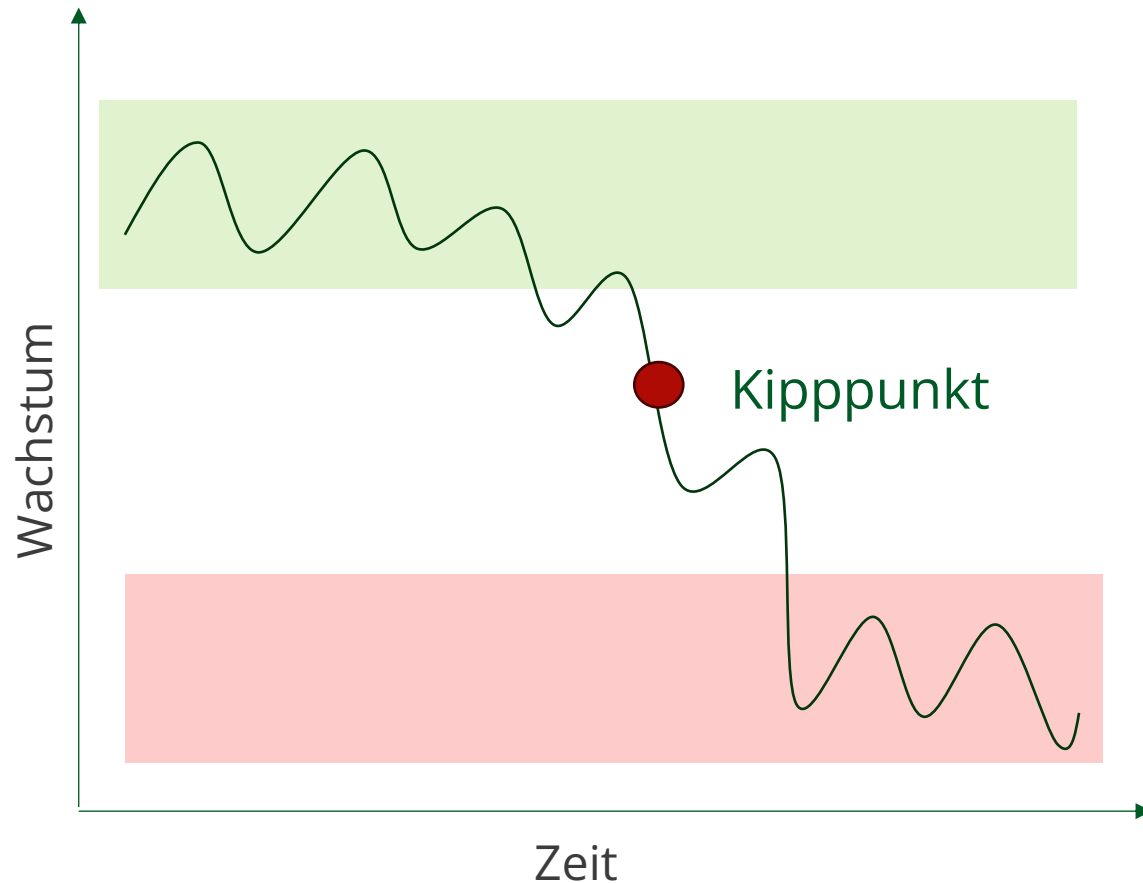
- Meta-Analysen zeigen: Durchforstung kann die Dürre-Resilienz kurz- und mittelfristig erhöhen (Chagnon et al. 2025, Castagneri et al. 2021, Moreau et al. 2022, Sohn et al. 2016)
 - Dichtereduktion, LAI-Senkung, Senkung der Bestandes-Transpiration, Senkung der Wasserkonkurrenz
 - Höhere Vitalität und Stabilität bei verbleibenden Bäumen
 - Effekte in weltweiten Experimenten für zahlreiche Laub- und Nadelbaumarten



Temperaturvariation im Tagesverlauf (Blumröder et al. 2021)

- Alte, geschlossene Buchenwälder sind kühler (Blumröder et al. 2021, Adhikari et al. 2024) und dürre-resistenter (Mathes et al. 2024)
- Kühlung ist wasserintensiv (Riek 2025)
- Mausolf et al. (2018a,b): Buche weniger sensitiv in alten Wäldern ohne Eingriffe, signifikant mehr Feinwurzelbiomasse.
- Wolf et al. (2023): 300 Primärwälder im borealen Schweden vitaler in Dürre (Remote-Sensing)
- Liu et al. (2021): Taiga an südlicher Grenze nicht resilient
- Große, alte Bäume (temperat, boreal, mediterran, tropisch) weniger Dürre-Sensitiv, mehr resilient (Giardina et al. 2018, Thom et al. 2019, Baliva et al. 2024, Au et al. 2024)

Durchforstung vs. Wirtschaftsruhe



- „Dichthalten“ funktioniert nur innerhalb der Selbstregulation des Waldes
- Überschreiten des Kipppunktes verändert die ökologischen Prozesse
- Trockenschäden auch in Naturwäldern bekannt
- Vergleich zwischen Primärwäldern und Wirtschaftswäldern hinkt
- Buche als besondere Baumart mit Aversion gegen Sonnenbrand

1. Keine Nadelholz-Reinbestände, Fokus auf Laubholz
2. Baummischung ja: Risikominimierung, Waldschutz, Biodiversität, aber nicht generell positiv
3. Waldverjüngung und alte Bäume
4. Flächige mehrschichtige Bestände hinterfragen
5. Gleichzeitig Mikroklimaschutz und Transpirationsverringering bedeutet Standraumerweiterung und breite Kronen für einzelne Individuen
6. Sorgfältige Auswahl von Baumarten, Herkünften und Standorten

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dr. Markus Engel

Wiss. Leiter Waldbau/ Waldwachstum

Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde

Landesbetrieb Forst Brandenburg

Alfred-Möller-Straße 1

16225 Eberswalde

Tel.: 03334 / 2759-455

Markus.Engel@lfb.brandenburg.de