

Waldbau im Klimawandel – Wald und Wasser

Dr. Markus Engel



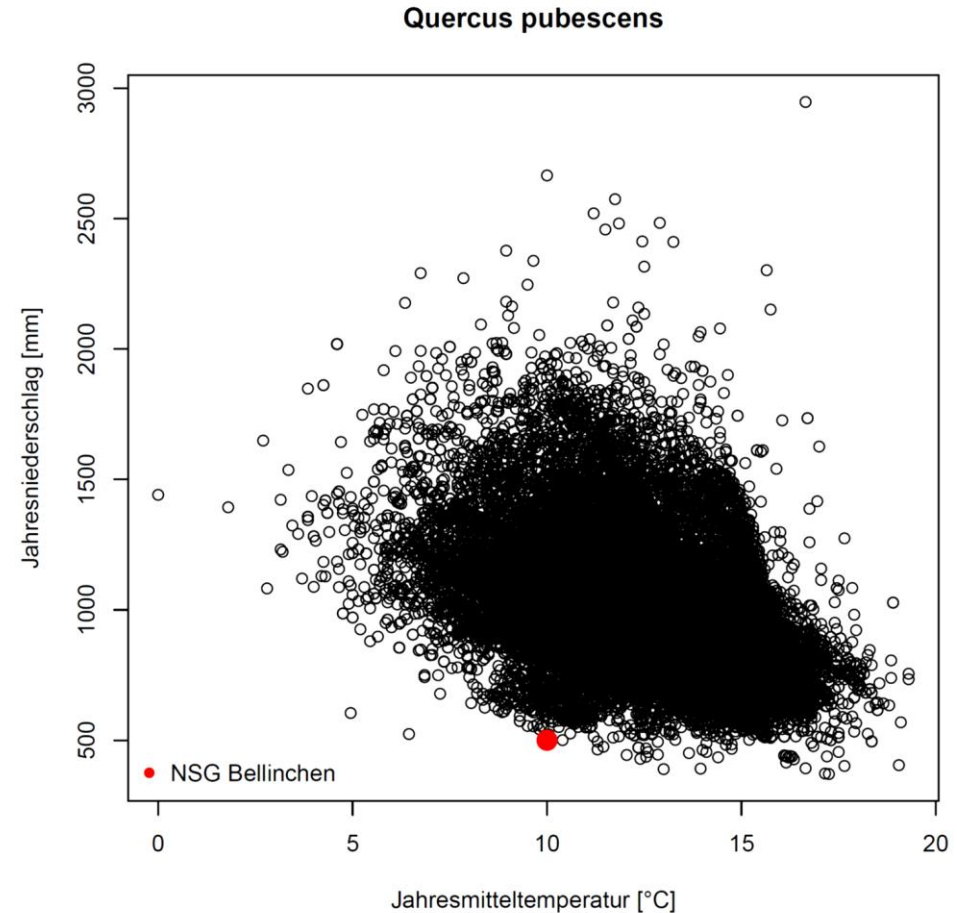
Inhalt

1. Exkurs Wald-Steppe
2. Der Wald als Schwamm
3. Landschaftselemente
4. Baumartenwahl
5. Waldstruktur
6. Versuch einer waldbaulichen Synthese
7. Waldentwicklung mit Ausblick



Exkurs Wald-Steppe

- Brandenburg mit 500 mm Jahresniederschlag am trockenen Verbreitungsrand
- Grenze zur offenen Waldlandschaft erreicht?
- Wie viel Bäume/ Wald verträgt die Region?



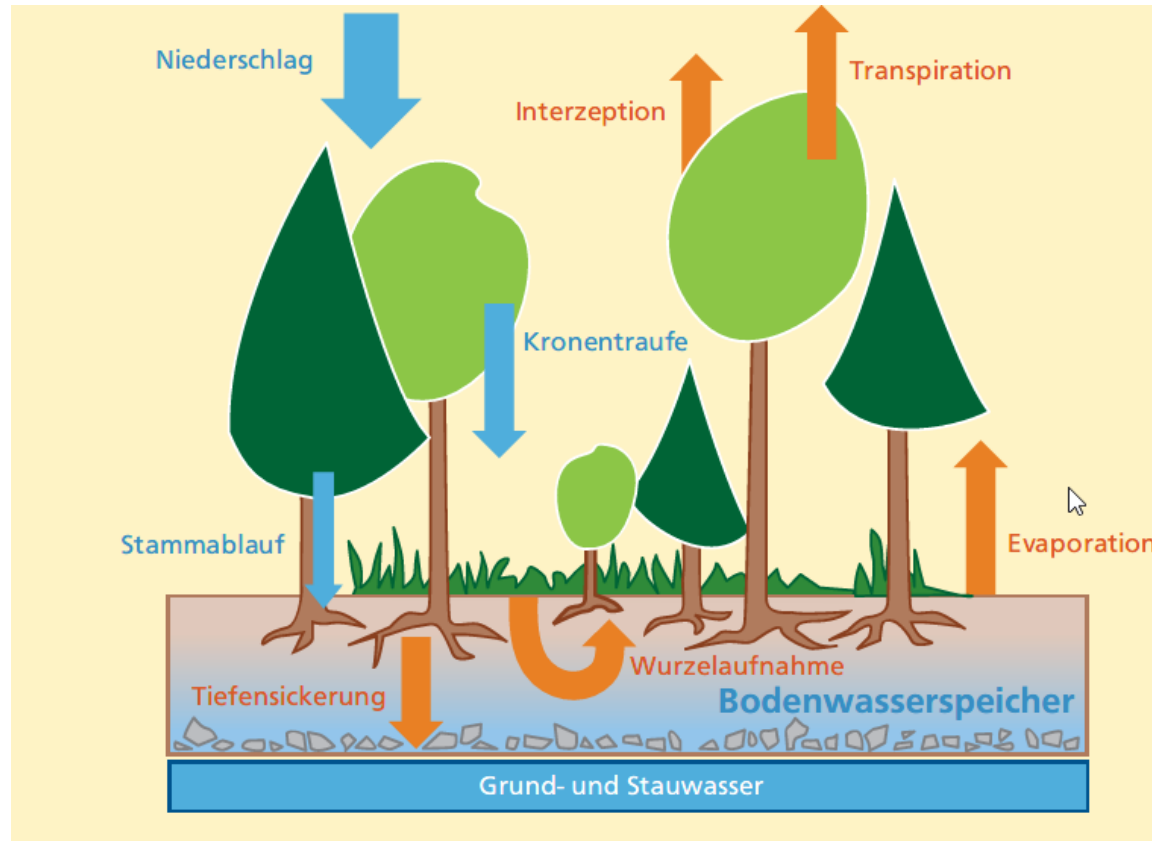
Exkurs Wald-Steppe

- Aufforstung mit Robinie im Lössplateau mit 400-600 mm Jahresniederschlag
- Gebiete im klimatisch trockeneren Nordwesten mit negativer Auswirkung des Waldes auf den Landschaftswasserhaushalt
- Großflächige Waldbestände ungeeignet (der Wald transpiriert zu viel!)
- Waldoffenlandschaften mit heimischen, angepassten Baumarten sinnvoll



© M. Engel

Der Wald als Schwamm

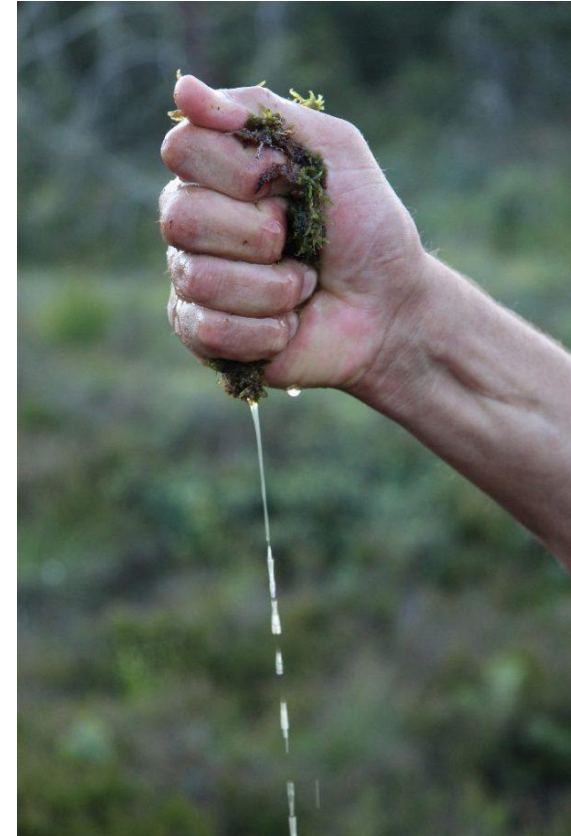


Komponenten des Wasserhaushalts von Wäldern, verändert nach Rehfuess (1990)

→ Wasserspeicherung temporär in verschiedenen Komponenten

Der Wald als Schwamm

- Häufige Analogie, Aufnahme und Abgabe von Wasser
 - 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 (Boden, Relief etc.)



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

Landschaftselemente

- Stehendgewässer
 - Brüche
 - Moore
- unterstützen den Wasserrückhalt
→ Wiedervernässung vermindert
nutzbare Holzbodenfläche
- Windkraft kann zu Temperaturerhöhung
(Luft und Boden) und mehr Verdunstung
führen (z.B. Armstrong et al. 2016,
Wang et al. 2023)



Landschaftselemente

- Wassermanagement Regionen spezifisch
- Mittel-/ Hochgebirge: Minderung von Abflussspitzen und Hochwasserschutz
 - Kleinrückhaltebecken
 - Spezialisierter Wegebau etc.
 - Steigerung von Interzeptions- und Transpirationsverlusten (Pump- und Kammwirkung des Waldes)

→ In Brandenburg andere Ausrichtung des Wasserrückhaltes

- Senkung von Evaporations-, Transpirations- und Interzeptionsverlusten
- Steigerung von Sickerwasserraten
- Verminderung von oberflächlichem Abfluss

→ Vermeidung von Trockenstress

→ Erhaltung der Vitalität und Stabilität der Wälder

Baumartenwahl

Der ideale Baum:

- Hoher Stammabfluss
- Niedrige Interzeption
- Fähigkeit Transpiration zu drosseln bzw. zu pausieren
- Hohe Wassernutzungseffizienz in Bezug auf Biomasseproduktion
- Gefäßanatomie mit hoher Embolieresistenz bzw. Fähigkeit schnell Gefäße zu regenerieren
- Tiefe Durchwurzelung, ausreichende Mykorrhizierung
- Hohe Streuqualität, förderlich für Humusaufbau



https://www.monumentaltrees.com/de/deu/brandenburg/havelland/15192_kammwegderkattenberge/

Baumartenwahl



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



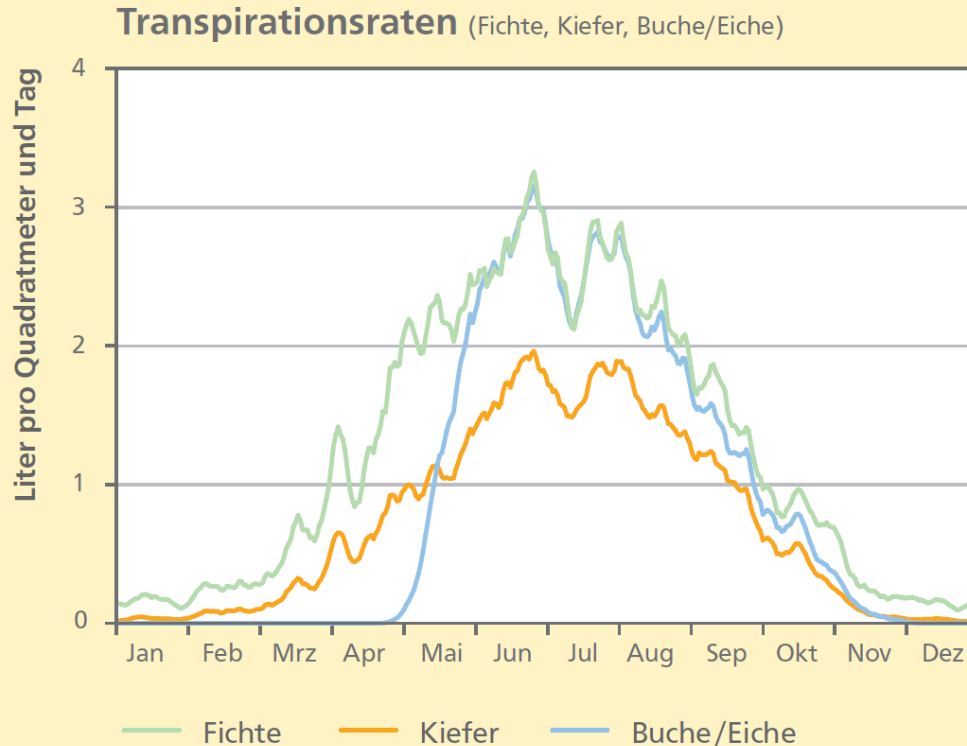
10-30 % höhere Bodenwassergehalte im
Oberboden
Bis 100 % mehr Wasserspeicherung in org.
Auflage und Humus, aus Leuschner (2022)

Baumartenwahl



Weniger schattentolerante Laubbaumarten
(Acer, Sorbus, Quercus) mit höherer
Hitzestresstoleranz (Kunert & Hajek 2022)

Baumartenwahl



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

aus Zimmermann et al. (2008)

Baumartenwahl



- Esskastanie sensitiv geg. Wassermangel im Frühjahr (Weise et al. 2025)
- Eine Option für eher besser versorgte Standorte

<https://botanikguide.de/maronen-und-esskastanien-eine-gesunde-delikatesse-im-comeback/>

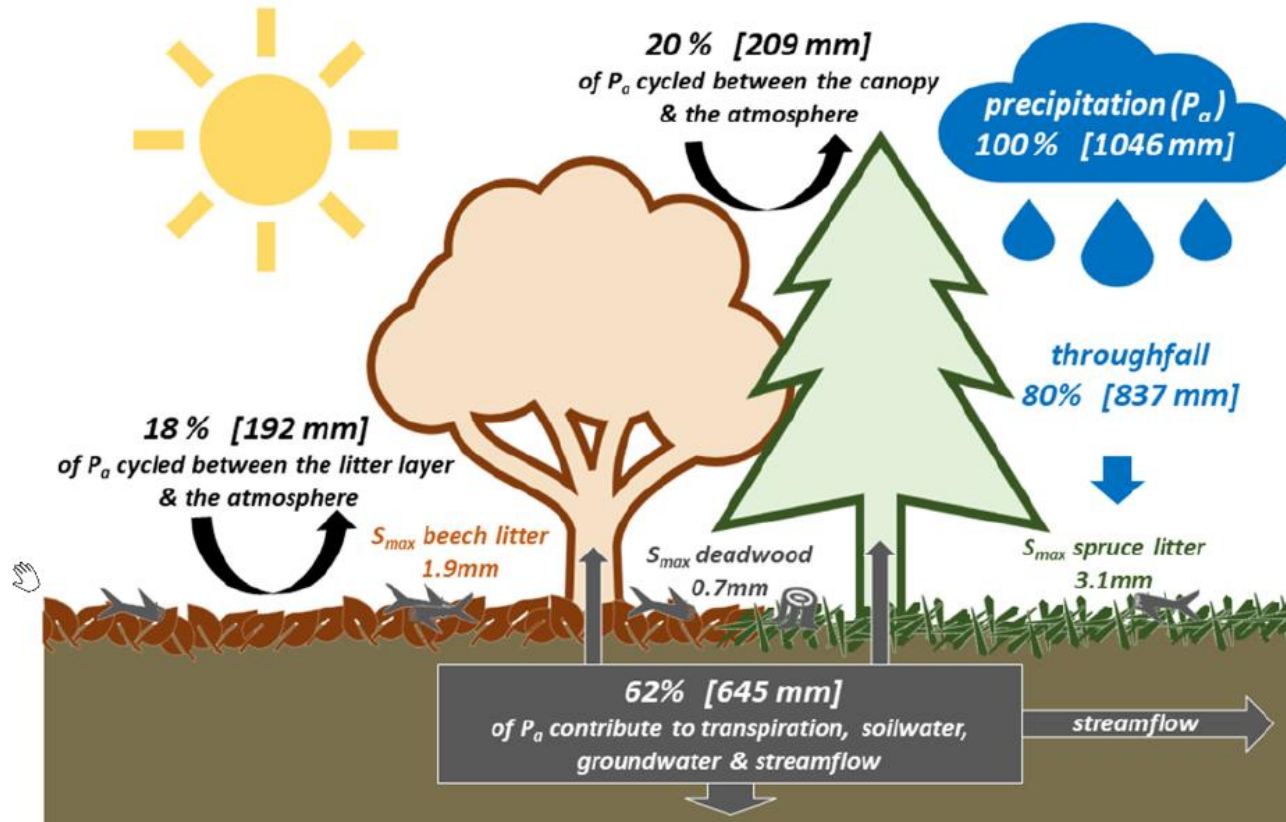
Baumartenwahl



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

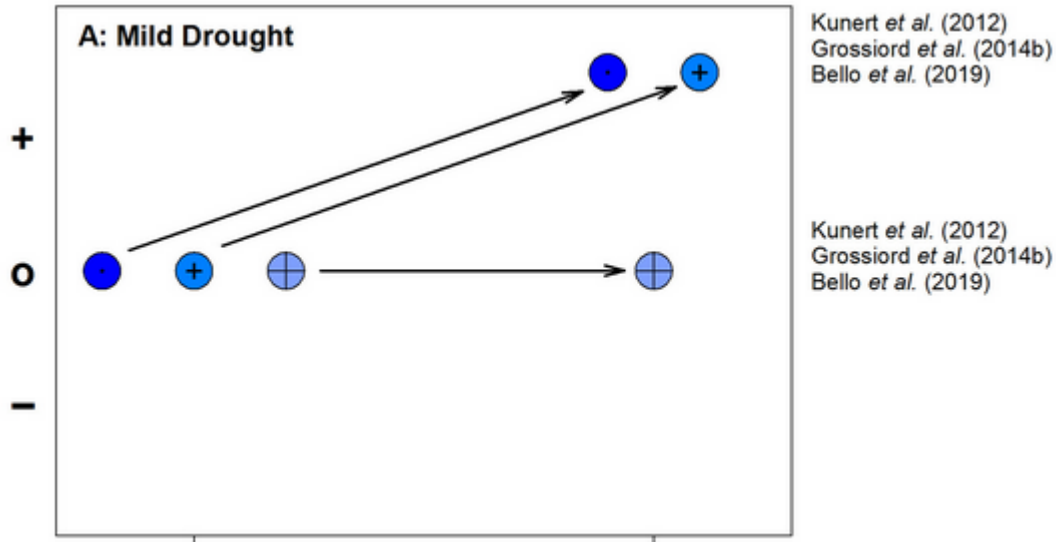
- Wasserverbrauch ändert sich nach Standort, Alter, Herkunft, Mischungspartner, „Gedächtnis“ etc. !!
- veg. und gen. Nachkommen von Robinie sind dürre-resistenter
- Robinie toleriert starke Bodenwasserschwankungen bei konstanter Wassernutzungseffizienz (Mantovani et al. 2014)
- Baumarteneffekte verändern sich in der Mischung und Struktur (z.B. Wurzelentwicklung von DGL-RBU, siehe Buche-Akut)!

Baumartenwahl



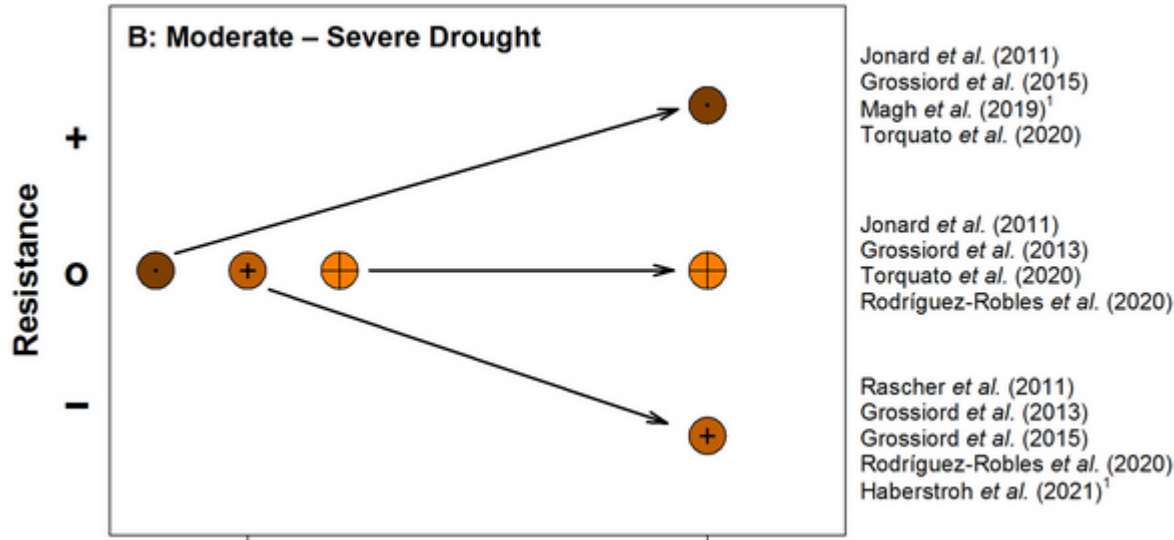
- Verdunstung durch org. Auflage und Totholz unterschätzt → bis zu 18 % (Floriantic et al. 2022)
 - Je größer die org. Auflage, desto weniger Wasser kommt tatsächlich im Boden an
 - Kiefern- und Tannenstreu verschlechterte das Wasserhaltevermögen in Eichen- und Buchenlaub (Ilek et al. 2021)
- Baumarten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

Waldstruktur



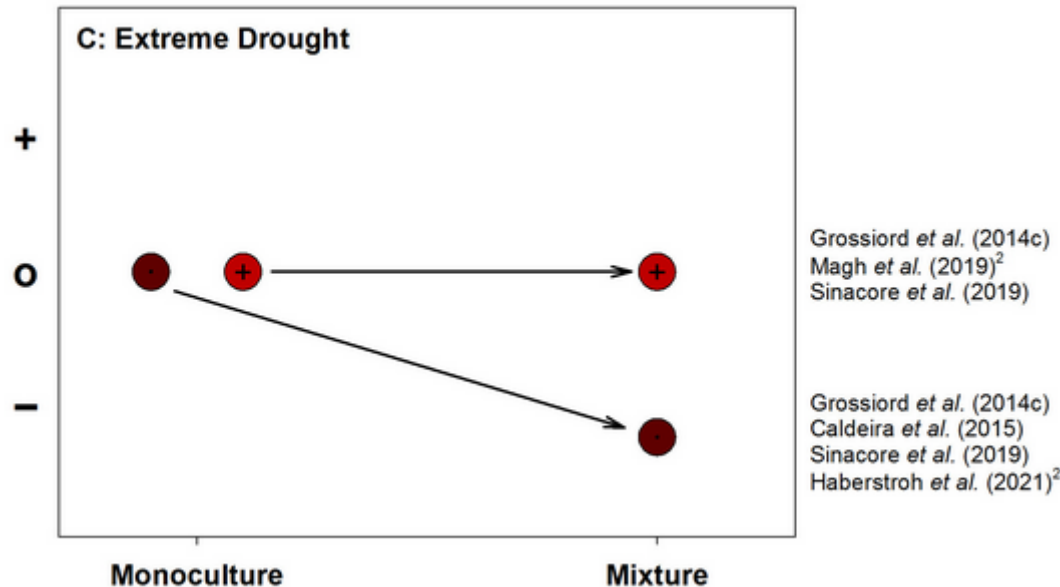
- Baumartenmischung mit positiven und neutralen Effekten auf den Radialzuwachs unter milder Dürre (Haberstroh & Werner 2022)
- Dürrestärke anhand SPEI

Waldstruktur



- Baumartenmischung mit positiven bis negativen Effekten auf den Radialzuwachs unter moderater bis schwerer Dürre (Haberstroh & Werner 2022)

Waldstruktur



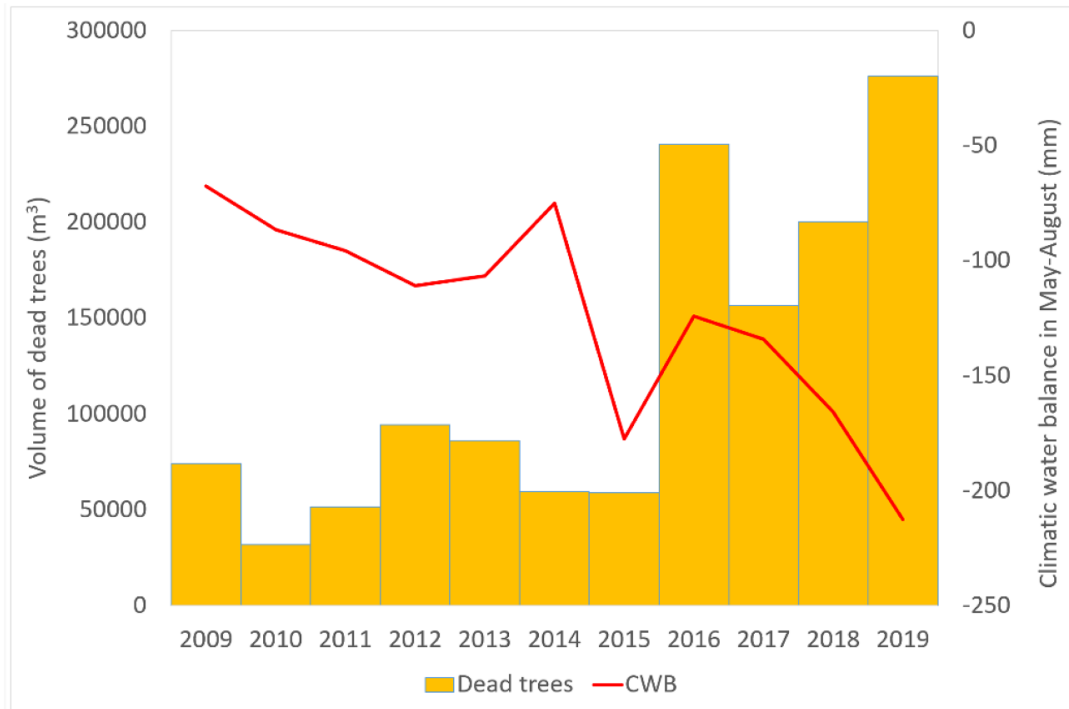
- Baumartenmischung mit neutralen und negativen Effekten auf den Radialzuwachs unter extremer Dürre (Haberstroh & Werner 2022)

→ Variation nach Standorten, Alter und Baumarten (FI, KI, EI, BU, DGL)

→ Je stärker der Wassermangel, desto stärker die Ressourcenkonkurrenz

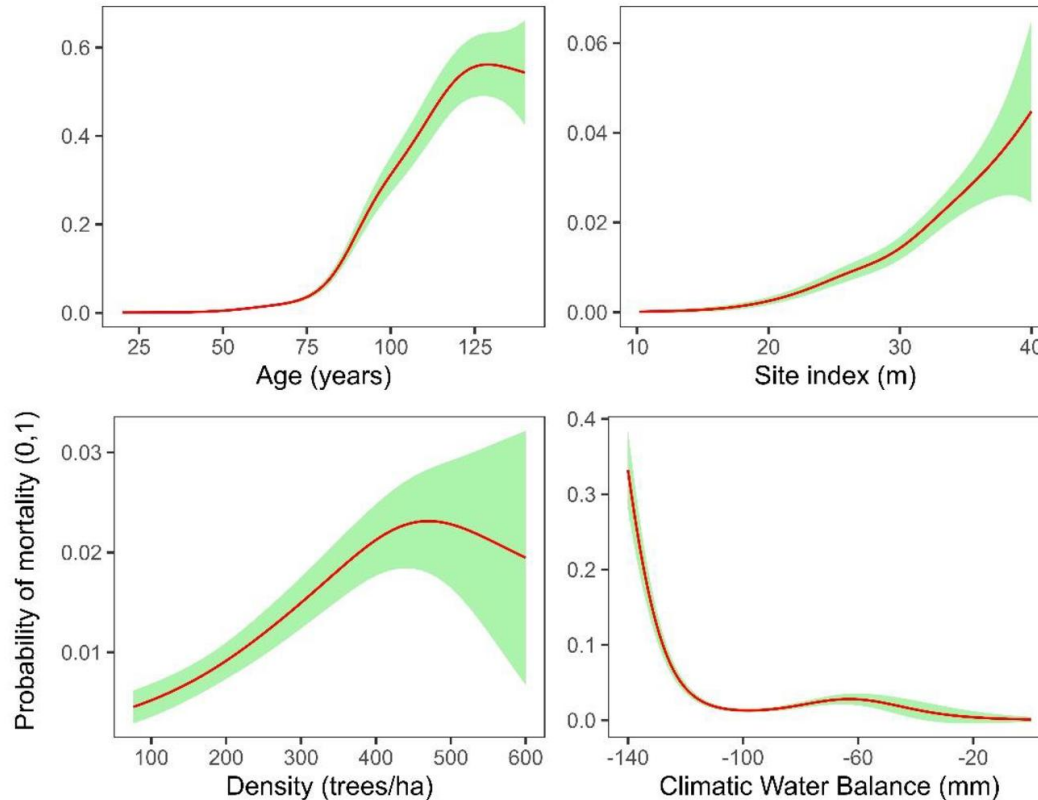
→ Baumartenmischung bedeutet nicht nur absolute Artenzahl, sondern auch Ressourcenkompartimentierung (Bestandesstruktur)

Waldstruktur



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

Waldstruktur



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

- Baumalter
- Oberhöhenbonität
- Stammzahl bis 400 N/ha

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

→ Ebenso auf N-E Exposition!

Waldstruktur



- Meta-Analysen zeigen: Durchforstung kann die Dürre-Resilienz kurz- und mittelfristig erhöhen, vor allem auf schlechten Standorten (Castagneri et al. 2021, Moreau et al. 2022)
 - Dichtereduktion, LAI-Senkung, Senkung der Bestandes-Transpiration, Senkung der Wasserkonkurrenz
 - Höhere Vitalität und Stabilität bei verbleibenden Bäumen
 - Durchforstung allein ist kein generelles Heilmittel, aber für die Adaption wichtig
- !!! Dauerhaft lichte/ offene Bestände lassen Raum für ungebetene Bodenvegetation (Reitgras, Adlerfarn, Brombeere etc.) und schlechteres Mikroklima !!!

Versuch einer waldbaulichen Synthese

1. Keine Nadelholz-Reinbestände, Fokus auf Laubholz (standortsangepasst)
2. Baummischung ja: Risikominimierung, Waldschutz, Biodiversität, aber nicht generell positiv
3. Waldverjüngung notwendig (kein warten und halten!)
4. Keine Vorratsanreicherung, vor allem nicht auf sehr guten Standorten
5. Flächige mehrschichtige Bestände vermeiden → horizontale Strukturierung
6. Gleichzeitig Mikroklimaschutz und Transpirationsverringerung bedeutet Standraumerweiterung und breite Kronen für einzelne Individuen (Modell Hatzfeldt?)
7. Sorgfältige Auswahl von Baumarten, Herkünften und Standorten

Waldentwicklung und Ausblick



- Waldentwicklungstypen bis Ende 2026
- Ausführliche Informationen für 60 Baumarten in Steckbriefen
- Standorts und Klimainformationen im Geoportal
- Prognosen zur Baumarteneignung
- Risikoeinschätzungen für alle Baumarten (inkl. Trockenstressrisiko)
- Waldbauliche Empfehlungen



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

Referenzen

- Armstorng, A., Burton, R.R., Lee, S.E., Mobbs, S., Ostle, N., Smith, V., Waldron, S., Whitaker, J. (2016): Ground-level climate at a peatland wind farm in Scotland is affected by wnd turbine operation. Environmental Research Letters 11, 044024.
- Castagneri, D., Vacchiano, G., Hacket-Pain, A., deRose, R.J., Klein, T., Bottero, A. (2022): Meta-analysis reveals different competition effects on tree growthresistance and resilience to drought. Ecosystems 25, 30-43. <https://doi.org/10.1007/s10021-021-00638-4>.
- Floriancic, M.G., Allen, S.T., Meier, R., Truniger, L., Kirchner, J.W., Molnar, P. (2022): Potential for significant cycling by forest-floow litter and deadwood. Ecohydrology 16, e2493. <https://doi.org/10.1002/eco.2493>.
- Haberstorh, S., Werner, C. (2022): The role of species interactions for forest resilience to drought. Plant Biology 24(7), 1098-1107. <https://doi.org/10.1111/plb.13415>
- Ilek, A., Szostek,M., Mikolajczyk, A., Rajtar, M. (2021): Does mixing tree specis affect water storage capacity of the forest floor? Laboratory test of pine-oak and fir-beech litter layers. Forests 12, 1674. <https://doi.org/10.3390/f12121674>.

Referenzen

- Kunert, N., Hajek, P. (2022): Shade-tolerant temperate broad-leaved trees are more sensitive to thermal stress than light-demanding species during a moderate heatwave. *Trees, Forests & People* 9, 100282. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100282>.
- Leuschner, C., Förster, A., Diers, M., Culmsee, H. (2022): Are northern German Scots pine plantations climate smart? The impact of large-scale conifer planting on climate, soil and the water cycle. *For. Ecol. Manage.* 507, 120013. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120013>.
- Mantovani, D., Veste, M., Freese, D. (2014): Effects of Drought Frequency on Growth Performance and Transpiration of Young Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.). *International Journal of Forestry Research* 2014, 821891. <https://doi.org/10.1155/2014/821891>.
- Moreau, G., Chagnon, C., Achim, A., Caspersen, J., D'Orangeville, L., Sánchez-Pinillos, M., Thiffault, N. (2022): Opportunities and limitations of thinning to increase resistance and resilience of trees and forests to global change. *Forestry: An International Journal of Forest Research* 95(5), 595-615. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpac010>.
- Rehfuess, K.E. (1990): Waldböden: Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. Pareys Studentexte 29, PaulParey Hamburg, 192 pp.

Referenzen

Socha, J., Hawrylo, P., Tymńska-Czabańska, L., Reineking, B., Lindner, M., Netzel, P., Grabska-Szqagrzyk, E., Vallejos, R., Reyer, C.P.O. (2023): Higher site productivity and stand age enhance forest susceptibility to drought-induced mortality. *Agricultural and Forest Meteorology* 341, 109680. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109680>.

Wang, G., Li, G., Liu, Z. (2023): Wind farms dry surface soil temporal and spatial variation. *Science of the Total Environment* 857(1), 159293. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159293>.

Weise, K., van der Maaten-Theunissen, M., Seitz, G., Keller, T., van der Maaten, E. (2025): Future suitability of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) is limited by susceptibility to drought. *Dendrochronologia* 90, 126299. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2025.126299>.

Zimmermann, L., Raspe, S., Schluz, C., Grimmeisen, W. (2008): Wasserverbrauch von Wäldern – Bäume und Bestände verdunsten unterschiedlich stark. *LWF aktuell* 66, S. 16-20.