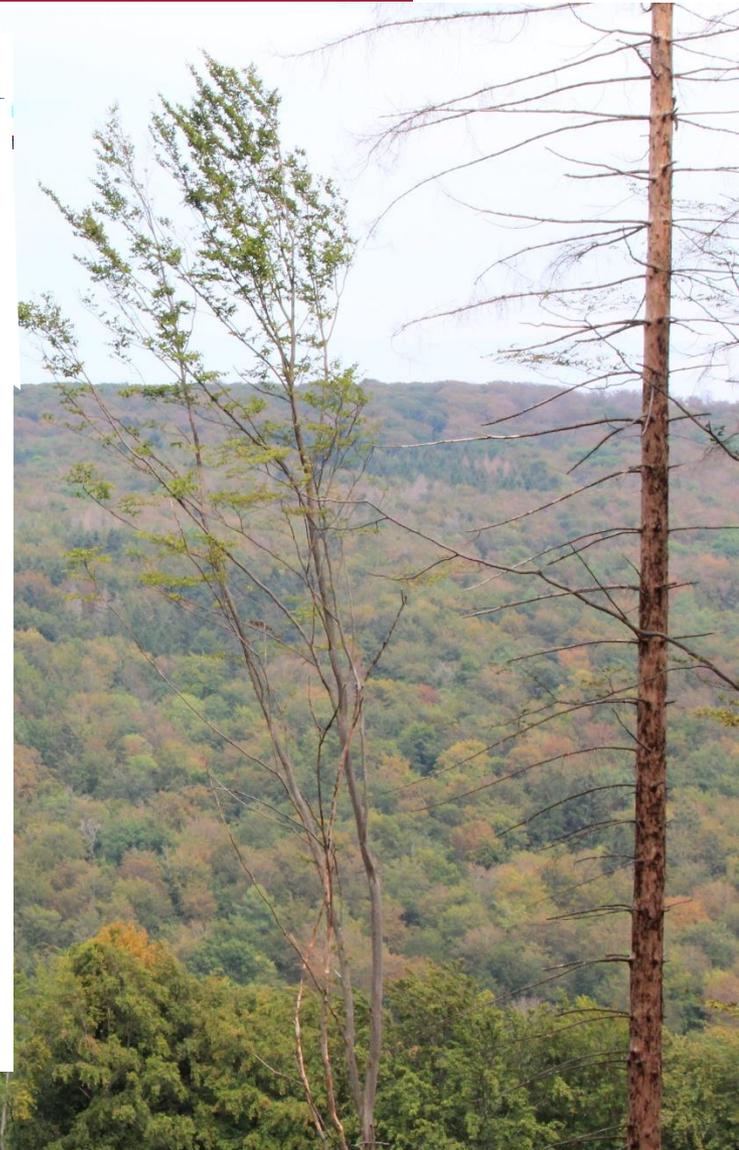
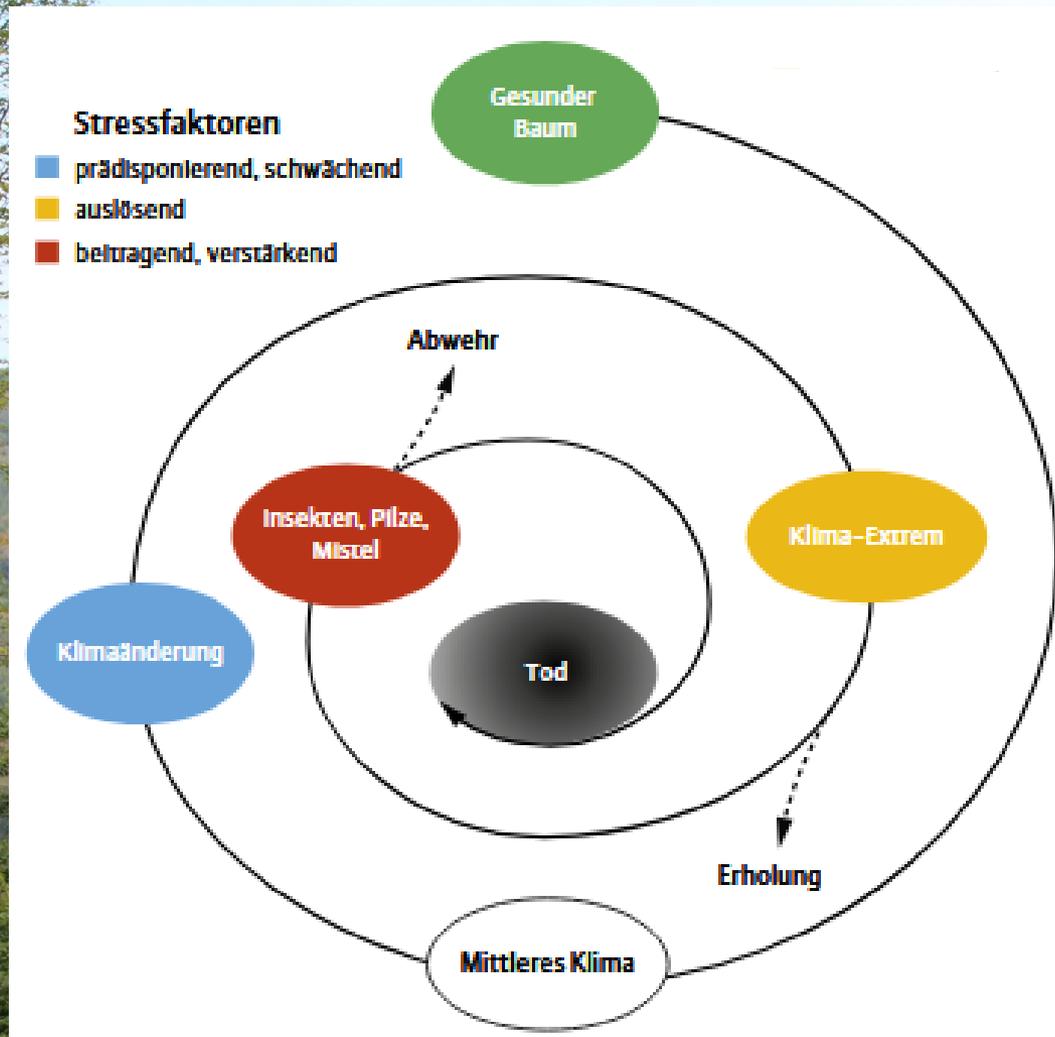




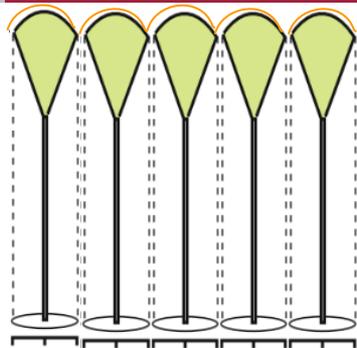
TOP Verzicht auf Holzeinschlag  
Klimaschutzkommission Stadt Koblenz 01.09.2020  
Dr. Ulrich Matthes  
Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen  
an der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft



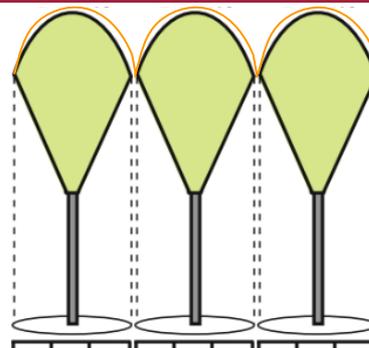
# Zum Einstieg: Wald im Klimastress



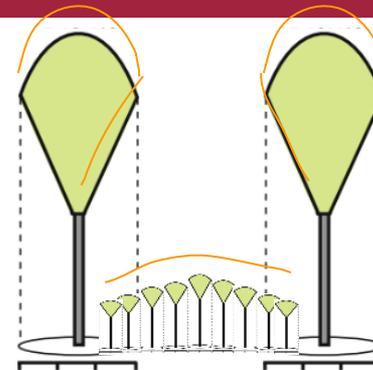
# Diskussionsgegenstand



unbehandelt



durchforstet

Baumentnahme zur Verjüngung  
(Femel- bzw. Schirmschlag)

Grafik: verändert nach  
Pretzsch H (2019) Grundlagen  
der Waldwachstumsforschung

- **Aktive Verjüngung** von Laubwäldern macht Wälder anfälliger gegen Klimaänderungen (**Trockenstress**)
- **intaktes Kronendach schützt** gegen den Klimawandel
- Laubbäume in **unbewirtschaftetem Wald haben kleinere Kronen**  
→ weniger Wasserverbrauch, weniger trockenstressempfindlich

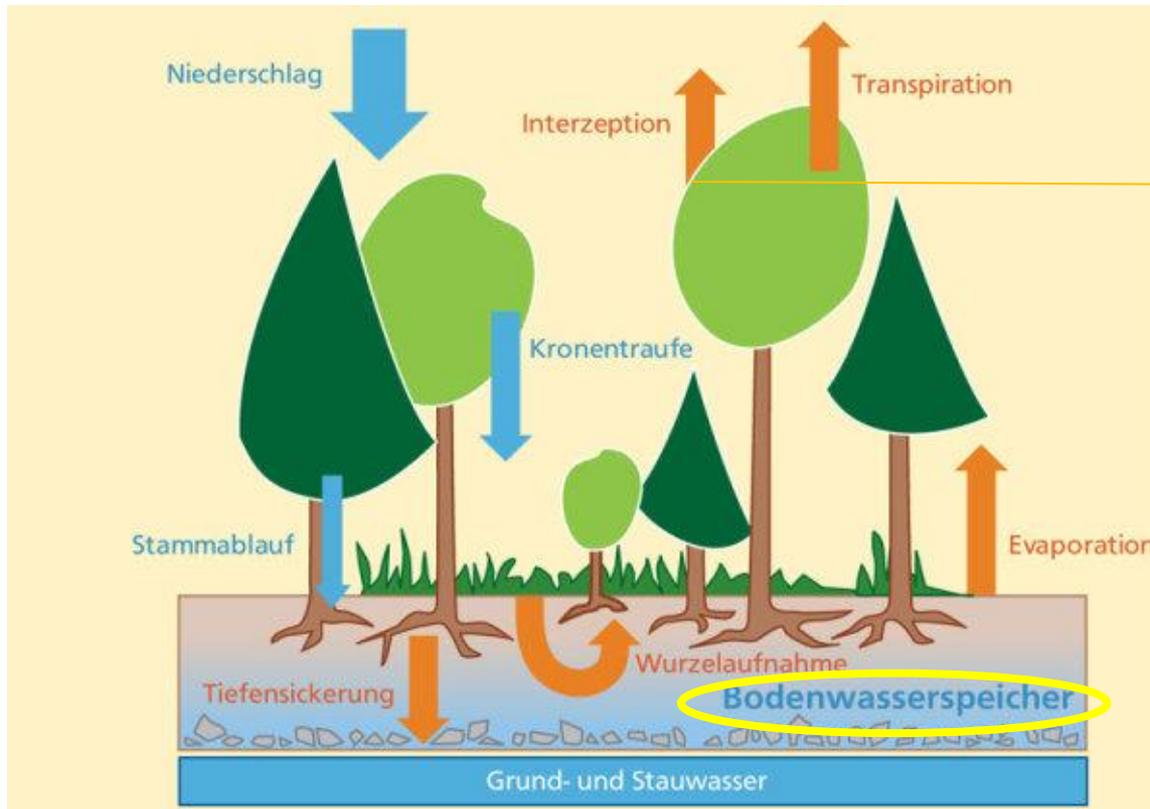
Bezugsstudien:

Scharnweber et al 2020: Tree growth at the end of the century – the extreme years 2018/19 as template for future growth conditions

Zellweger et al. 2020: Forest microclimate dynamics drive plant responses to warming

**Gibt es wissenschaftliche Belege, dass durchforstungsbedingt größere Kronen und Lücken durch Baumentnahmen Buchen (Laubbäume) anfälliger gegen Trockenstress machen?**

# Grundlage: Wasserkreislauf in Wäldern



**Interzeptionsverlust:**  
ca. 40% bei Buche  
bei 500 bis 700 mm  
Jahresniederschlag

Quelle: LWF Bayern

$$\text{Niederschlag} - \text{Interzeption} = \text{Evaporation} + \text{Transpiration} + \text{Vorratsänderung}$$

# Kernaussagen der Studien

## Scharnweber

- Buche und Eiche nutzen in der Vegetationszeit insbesondere Winterfeuchte
- **Ältere, große/dominante Bäume anfälliger gegenüber Trockenstress**
- **Ähnliche Reaktionen in bewirtschafteten und nichtbewirtschafteten Wäldern** (Baumdimensionen, Zuwachs)
- **Vitalitätsschwächen**, Wachstumsrückgang bis zu Mortalität bei aufeinanderfolgenden **Trockenjahren** zu erwarten
- **Trockenstresstoleranz baumartenspezifisch:**  
Eiche > Hainbuche > Bergahorn > Buche
- **Eiche gewinnt** bei Trockenheit gegenüber Buche

## Zellweger

- **Mikroklima** bestimmt Reaktionen von Ökosystemen
- „**Thermophilisation**“ nach Kronenöffnung
- **Öffnung des Kronendachs** durch **Baumentnahme** oder **Absterben** beeinflusst **Mikroklima** und **Vulnerabilität** der Wälder stark
- **Höhere Bestandsdichten** und damit verbundene **Kühlung** puffern **thermische Einflüsse** von außen



# Kernaussagen der Studien

## Scharnweber

- Buche und Eiche nutzen in der Vegetationszeit insb. Winterfeuchte
- **Ältere, große/dominante Bäume anfälliger gegenüber Trockenstress**
- **Ähnliche Reaktionen in bewirtschafteten und nichtbewirtschafteten Wäldern** (Baumdimensionen, Zuwachs unterscheiden sich kaum)

## ▪ **Vit** **Fazit:**

au → Mikroklima im Wald von hoher Bedeutung

- **Tro** → wird maßgeblich beeinflusst durch Kronenschluss
- **Eic** → keine eindeutigen Aussagen zu möglichen Vorteilen
- **Eic** von Nichtbewirtschaftung

→ vielmehr indirekte Hinweise auf Nachteile und Vorteile

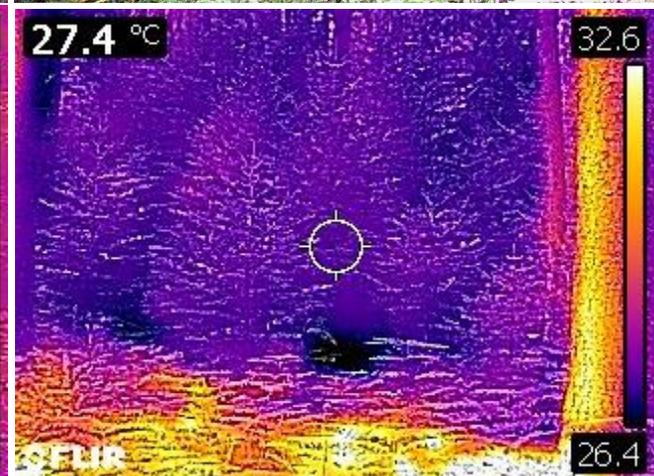
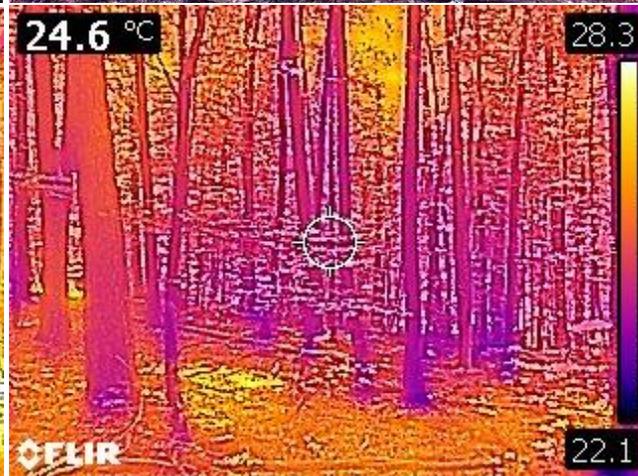
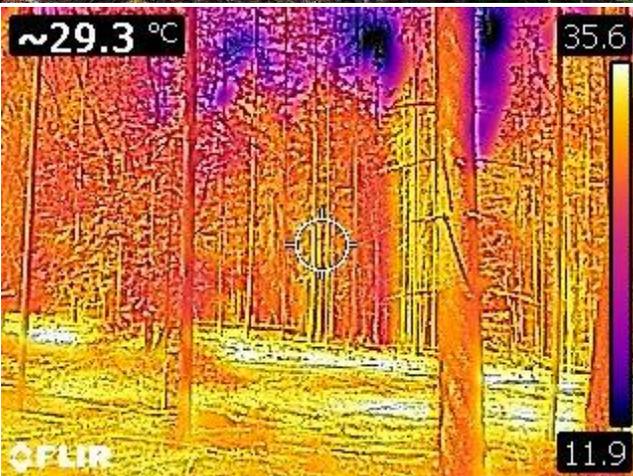
## Zellweber

- **Mi** von bestimmten Formen der Waldbewirtschaftung
- „**Thermophilisation**“ nach Kronenöffnung
- **Öffnung des Kronendachs** durch **Baumentnahme** oder **Absterben** beeinflusst **Mikroklima** und **Vulnerabilität** der Wälder stark
- **Höhere Bestandsdichten** und damit verbundene **Kühlung** puffern **thermische Einflüsse** von außen

# Bedeutung des Mikroklimas in Wäldern



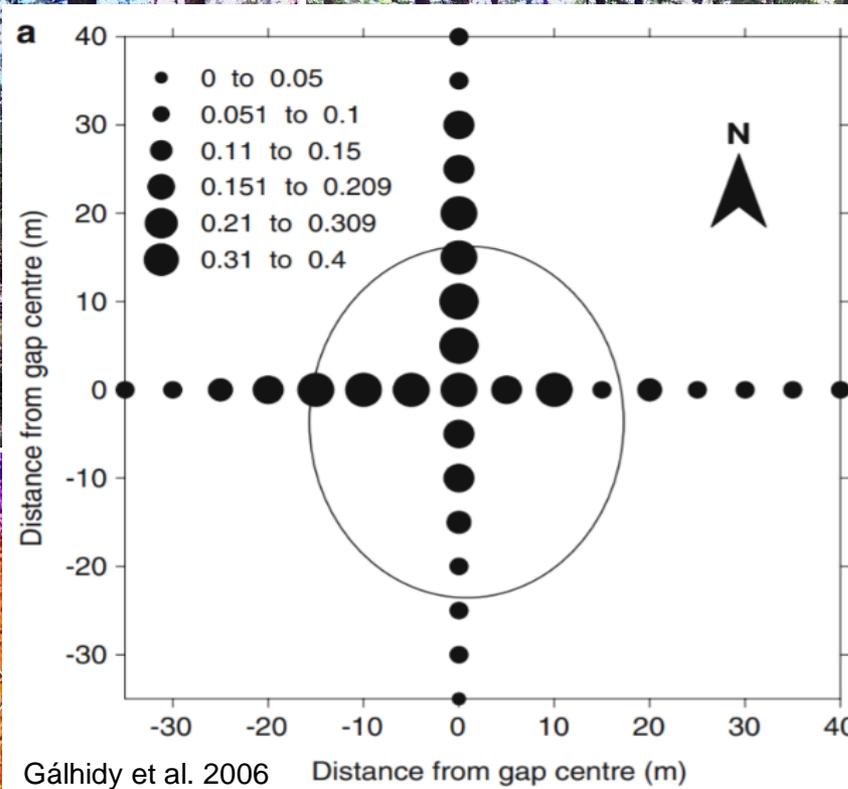
Waldbestände im FA Kaiserslautern, 15.08.2020, 13:30 Uhr



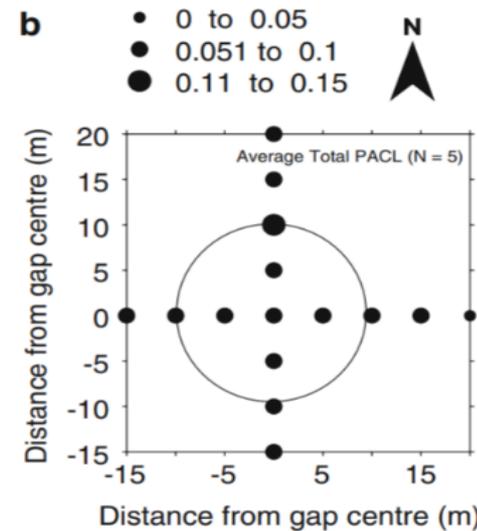
# Höhere Strahlung in Bestandslücken



- 1) Je mehr Blattbiomasse und Kronenüberschirmung, um so kühler das Mikroklima
- 2) Verjüngung nach Auflichtung kann Blattfläche zusätzlich erhöhen

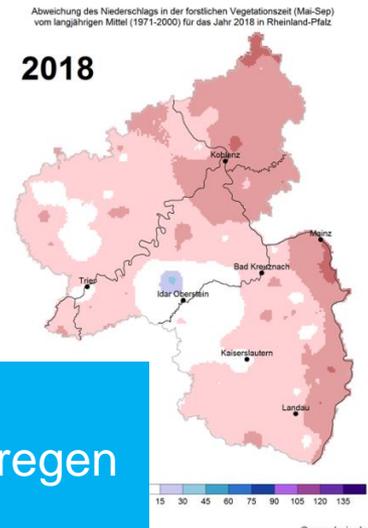
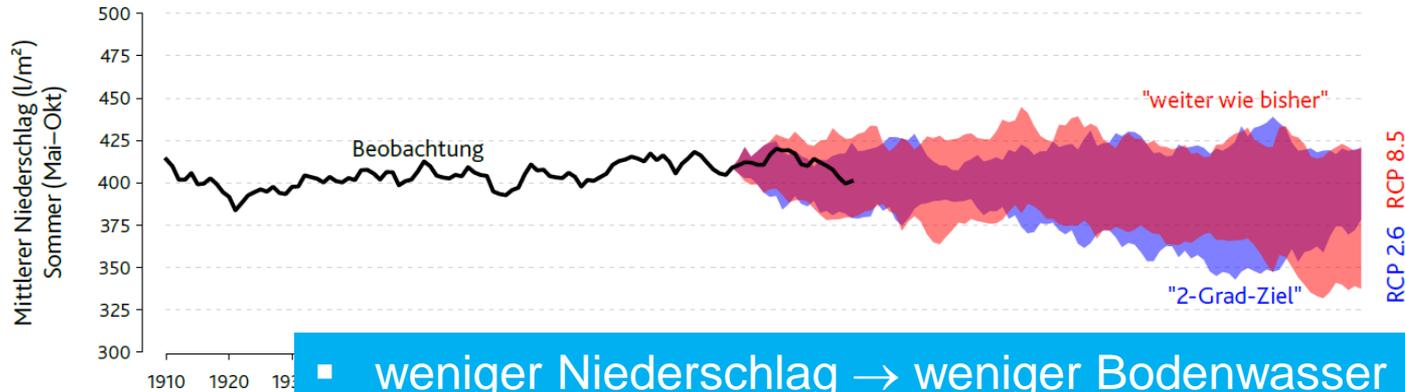


Gálhidy et al. 2006

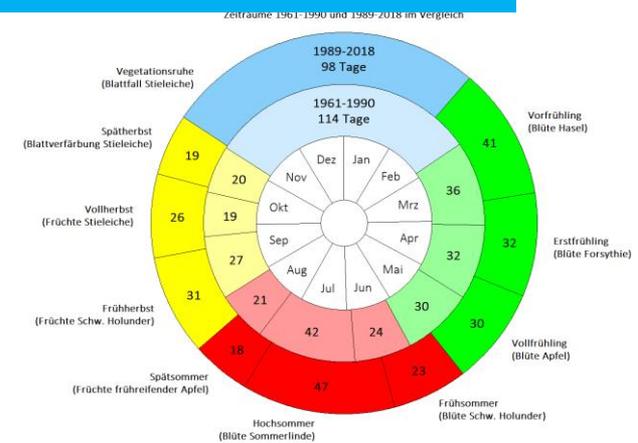
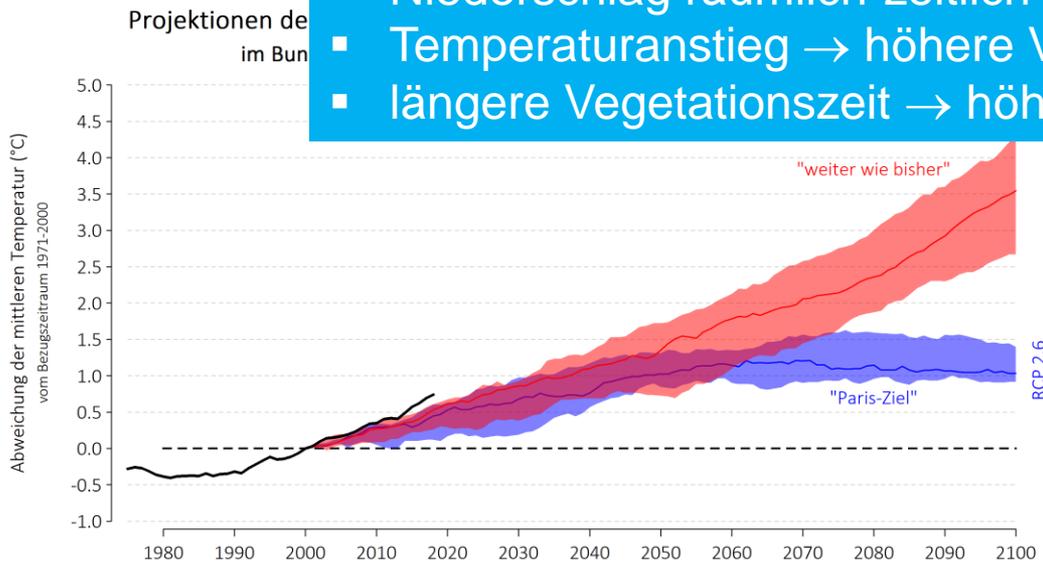


# Makroklima

## Klimawandel in Rheinland-Pfalz



- weniger Niederschlag → weniger Bodenwasser
- Niederschlag räumlich-zeitlich konzentriert - Starkregen
- Temperaturanstieg → höhere Verdunstung
- längere Vegetationszeit → höherer Wasserbedarf



Daten: BFG-Referenzensemble, bereitgestellt durch DWD, basierend auf Daten der Projekte CORDEX und ReKIES-De  
 Darstellung: RLP Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen (www.kwis-rlp.de)  
 Datenquelle: Deutscher Wetterdienst  
 © RLP Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen (www.kwis-rlp.de)



# Folgen des Klimawandels Veränderung von Wärmestufen

## Wärmestufen im Saarland und in Rheinland-Pfalz

abgeleitet aus der Durchschnittstemperatur in der forstlichen Vegetationszeit Mai bis September

### Klimaschutz

### mittelstarker Klimawandel

### starker Klimawandel

1989-2018  
Messdaten

## Wärmestufen im Saarland und in Rheinland-Pfalz

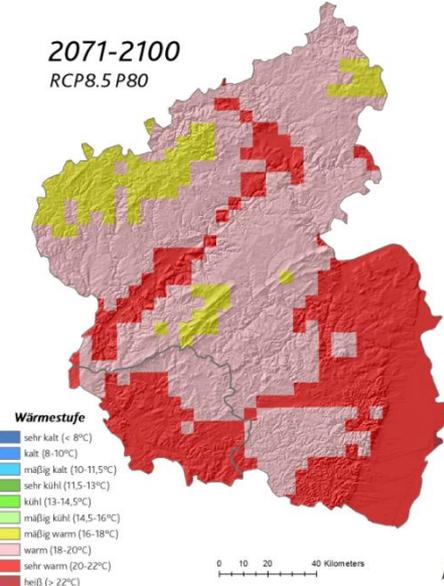
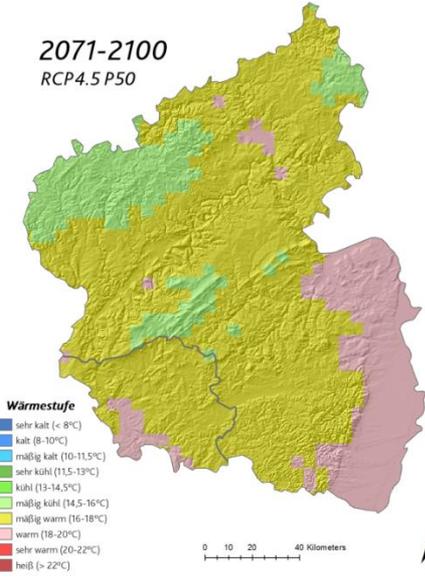
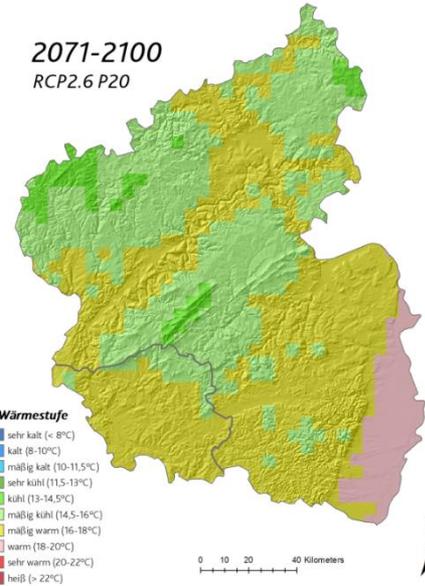
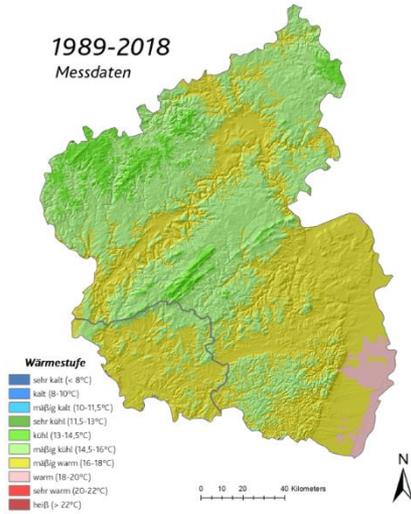
abgeleitet aus der Durchschnittstemperatur in der forstlichen Vegetationszeit Mai bis September

## Wärmestufen im Saarland und in Rheinland-Pfalz

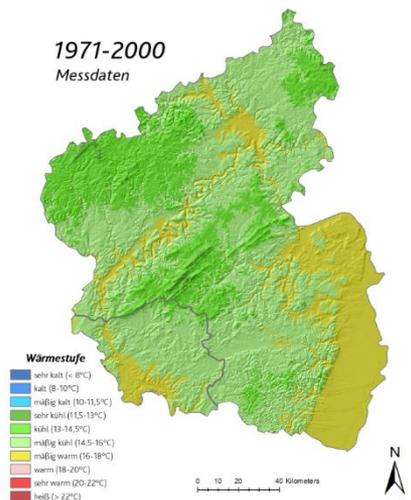
abgeleitet aus der Durchschnittstemperatur in der forstlichen Vegetationszeit Mai bis September

## Wärmestufen im Saarland und in Rheinland-Pfalz

abgeleitet aus der Durchschnittstemperatur in der forstlichen Vegetationszeit Mai bis September



1971-2000  
Messdaten



## Wärmestufe





# Klimaeignung Rotbuche

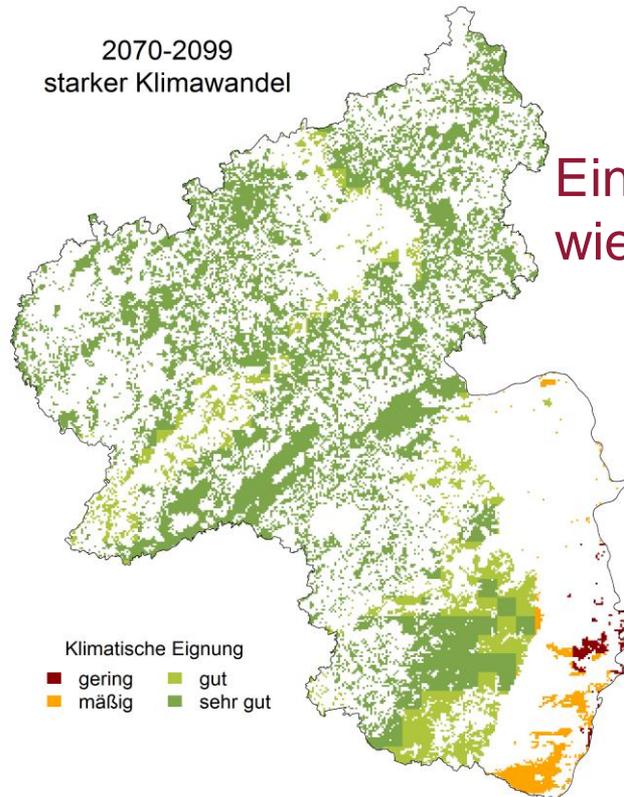
(53% im Stadtwald)

Methode Klimaindizes –  
klimatische Überlebensfähigkeit

Methode Klimaeignung (T und N) –  
Wachstumspotenzial

Klimatische Eignung  
Rotbuche

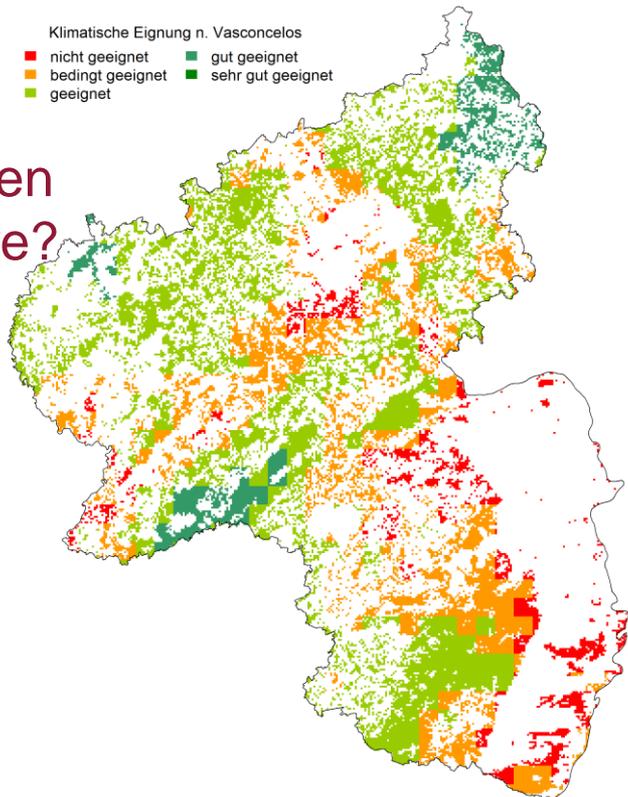
2070-2099  
starker Klimawandel



Datenquelle: Referenzensemble des Bund-Länder-Fachgesprächs, das aus Klimaprojektionen der Projekte CORDEX und ReKlEes-DE besteht, die vom Deutschen Wetterdienst im Rahmen des Projektes 'BMVI-Expertenetzwerk' aufbereitet wurden.  
Darstellung: RLP Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen (www.kwis-rlp.de)

Einfluss von Extremen  
wie anhaltende Dürre?

Klimaeignung n. Vasconcelos: Buche  
starker Klimawandel ; Zeitraum: 2070-2099  
Gesamtbetrachtung - häufigster Fall

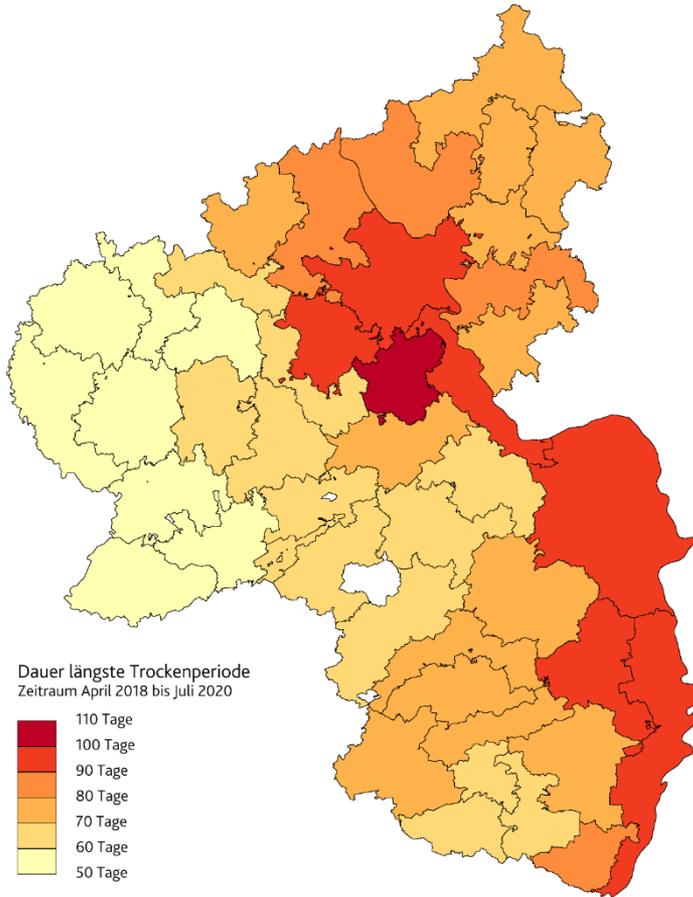


Datenquelle: Referenzensemble des Bund-Länder-Fachgesprächs, das aus Klimaprojektionen der Projekte CORDEX und ReKlEes-DE besteht, die vom Deutschen Wetterdienst im Rahmen des Projektes 'BMVI-Expertenetzwerk' aufbereitet wurden.  
Darstellung: RLP Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen (www.kwis-rlp.de)



# Folgen des Klimawandels

## Extreme Ereignisse – Trockenheit/Dürre



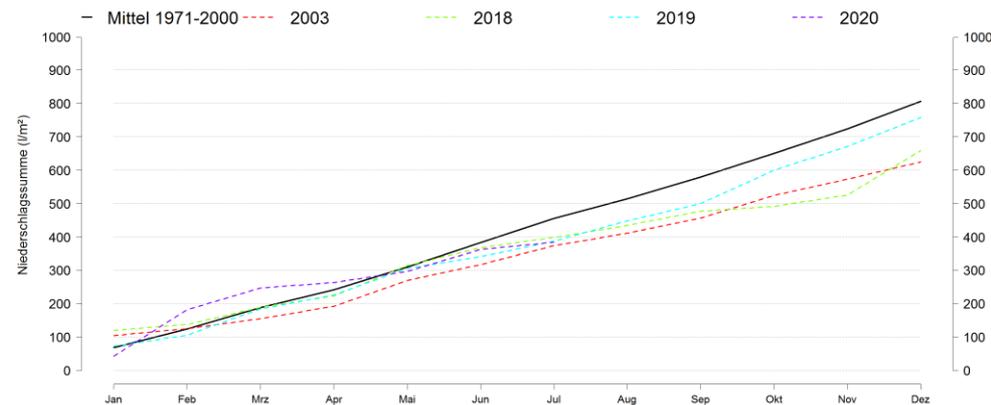
RLP Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen



### Zunahme 2-jhg. Sommerdürren

- 7-fach häufiger bei starkem Klimawandel
- 3-4-fach bei mittelstarkem

Niederschläge in den Jahren 2003, 2018, 2019, 2020 in Rheinland-Pfalz  
im Vergleich zum langjährigen Mittel 1971 bis 2000





# Zurück zum Diskussionsgegenstand: Effekte Bewirtschaftung/Nichtbewirtschaftung

## Umfassende Literaturstudie

Nutzung positiv	Nutzung negativ
<p><b>Reduktion</b> der <b>Blattfläche</b> durch reduzierte Bestandsdichte positiv für verbleibende Bäume - mehr <b>Niederschlag am Boden, Verdunstung</b> reduziert (Gavinet J. et al. 2020)</p>	<p>bei <i>Buche und Tanne</i> <b>dickere Bäume</b> anfälliger gegenüber <i>Sommertrockenheit</i></p>
<p>Durchforstung verbesserte <b>Wachstumserholung</b> nach Trockenheit unabhängig vom Zeitpunkt (Sohn et al., 2013)</p>	<p>Bewirtschaftete Naturwald-Vergleichsflächen haben 20% <b>geringeren Kronenschlussgrad</b>. Meiste Reservate werden erst einmal <b>dunkler, feuchter und dichter</b> (FAWF-Mitt.)</p>
<p>Baumentnahme aus der oberen Ebene verbesserte <b>Wasserverfügbarkeit</b> im aufgelichteten Bestand (Eiche) durch reduzierten <b>Kronenwasserrückhalt</b> und reduzierte <b>Verdunstung</b> (Breda 1995)</p>	<p>Art und <b>Stärke</b> der <b>Durchforstung</b> beeinflussen temporär <b>Mikroklima</b> (höhere Temperatur, geringere Luftfeuchte)</p>
<p><b>Durchforstung vermindert Konkurrenz</b>, verbessert <b>Vitalität und erhöht Trockenstresstoleranz</b>: reduzierte Mortalität, erhöhtes Stammwachstum, erhöhte <b>Samenproduktion</b> (genetische Diversität), mehr Wasser, Nährstoffe und Licht; <b>stärkere Bäume</b> können wasser- und kohlenstoff-limitierenden Bedingungen besser widerstehen (Rodriguez-Calcerrada, J. et al. (2011); Diaconu et al. 2017)</p>	
<p><b>Ältere Bäume</b> können durch zunehmende Stressoren von höherer <b>Mortalität</b> betroffen sein (Schmidt et al 2006; Lindenmayer u. Lawrence 2017)</p>	



# Effekte Bewirtschaftung/Nichtbewirtschaftung auf Klimasensitivität, Bodenwasser und Trockenstress

## Literaturstudie

### Nutzung positiv

- stärkere Bäume resilienter

positiv für verbleibende Bäume - mehr **Niederschlag** am

- weniger Bäume/geringere Dichte: weniger Konkurrenz, mehr Wasser am Boden, weniger Interzeption und Transpirationsstress
- beschleunigtes Wachstum
- Wachstumserholung nach Trockenstress
- Begünstigung früh/reich fruchtender Bäume
- verbesserte Vitalität
- Jungbäume erhöhen Strukturvielfalt
- ältere Bäume anfälliger

### Nutzung negativ

- Dickere Bäume anfälliger und exponierter
- starke Durchforstung erhöht Mikroklima
- Naturwaldreservate RLP: höherer Kronenschluss, nach Jahrzehnten dichter, dunkler, feuchter

bei B  
Somr

Bewir  
gerin  
einma

Art un  
Mikro

erst

# Metastudie Trockenheitsausfälle

(Jump et al. 2017, n=75)



Temperierte  
Laubwälder

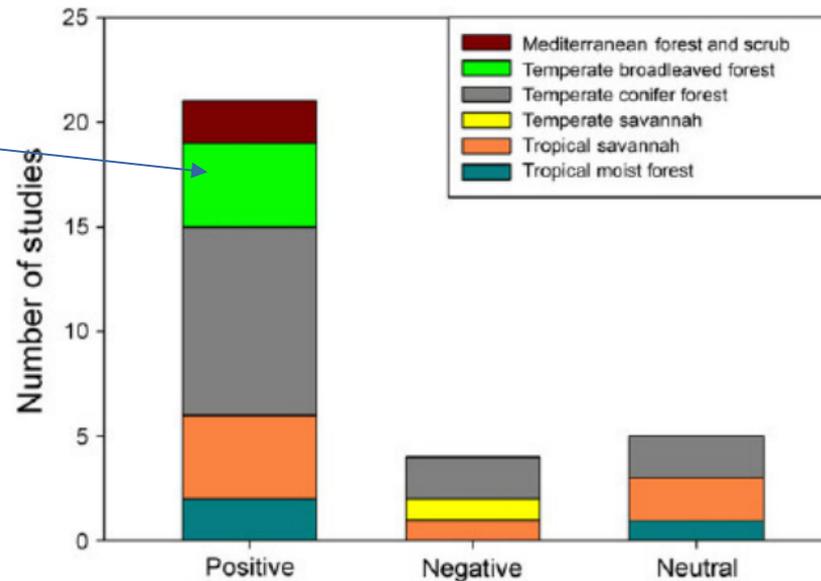


Fig. 2 Frequency of positive, negative, or neutral effect of stand density on drought-induced tree mortality among quantitative, field-based observational studies in forest types classified using Olson *et al.* (2001) biomes.

**Höhere Bestandesdichten führen bei Trockenheit zu höheren Ausfällen in temperierten Laubwäldern**

# Erkenntnisse aus der Naturwaldforschung



- Zyklen von Biomasseakkumulation und Zusammenbruch – Zerfallsstadien bis 45% der Fläche im Buchenurwald (Korpel 1995)
- Kohlenstoff-Waldspeicher naturnah bewirtschafteter Wälder ähnlich hoch wie in Naturwäldern
- Waldspeicher labil: je älter und höher die Vorräte, umso mehr
- geringe Anpassungsfähigkeit an kurzfristige, abrupte Änderung von Umweltbedingungen
- Naturwaldreservate: häufig Entmischung zugunsten der Buche

Fotos: FAWF, Landesforsten RLP

Naturwaldreservate Etscheid (Osteifel) und

Stuttferch (Bienwald)



# Klimaresilienter Zukunftswald RLP im Lichte von Bewirtschaftung und Nichtbewirtschaftung



Leitbild: Naturnahe, vielfältige Laubmischwälder ... haben vor allem bodennah ein **feuchtkühles Mikroklima**

- **Risikostreuung** fördert Anpassungs- und Widerstandsfähigkeit
- Natürliche Abläufe/Sukzession lenken und integrieren (**Eingriffsstärke anpassen**)
- rein natürliche Entwicklung führt meist zu Entmischung zugunsten von Buche, Tempo Klimawandel: **Anpassungspotenziale** werden nicht genutzt
- Förderung von **Wärme und Trockenheit** angepassten **Baumarten**
- **Lichtliebende Baumarten** (Eiche) erhöhen Biodiversität
- **Totholz belassen**: Humus, Mikroklima, Wasserhalt, Nährstoffnachlieferung
- **Standörtliche Eignung** heute und in der Zukunft - Je extremer der Standort, umso bedeutender ist der Walderhalt!

# Wie können wir unsere Wälder anpassen?



Waldlandschaft

Waldkomplex

Waldort

Waldtypenvielfalt

Naturnaher Mischwald

Baumartenvielfalt

Waldüberführung

(Natürliche) Arten- und Genvielfalt

Warm-trockene Baumarten/Herkünfte

Stabilität und Vitalität

Bodenrestoration

Neophyten steuern

# Klimaresilienter Zukunftswald

## – Anpassung auch an Trockenstress



Klimaresilienter Zukunftswald und Grundsätze Waldverjüngung weitgehend vereinbar mit günstigem Waldmikroklima

- Waldumbau
- auf Wiederbewaldungsflächen Baumartenvielfalt und an Wärme und Trockenheit angepasste Baumarten mit hohem Lichtbedarf fördern (rapide klimatische Veränderungen überfordern meist Anpassungsfähigkeit der Baumarten)
- Förderung vieler Baumarten
- mehrere Generationen mit typischem Waldinnenklima
- dauerwaldorientierte Bewirtschaftung (vermeidet abrupte Veränderungen der waldökologischen Bedingungen)
- Totholz belassen: Humus, Mikroklima, Wassererhalt, Nährstoffnachlieferung
- Und: Je extremer der Standort, umso bedeutender ist der Walderhalt!

# Resilienzpotenzial durch Waldmanagement im Stadtwald



# Weitere Überlegungen für den Zukunftswald

## Ökosystemdienstleistungen

Natürliche Waldentwicklung gewährleistet nicht aus sich selbst heraus, dass **gesellschaftliche Ansprüche** hinreichend erfüllt werden.

### UNTERSTÜTZUNGS- FUNKTION

Nährstoffkreislauf  
Bodenbildung  
Primärproduktion  
...



### REGULIERUNGS- FUNKTION

Klimaregulation  
Überschwemmungs-  
regulation  
Wasserreinigung  
...



### PRODUKTIONS- FUNKTION

Nahrungsmittel  
Frisches Wasser  
Holz und Faser  
Brennstoff  
...



### KULTURELLE FUNKTION

Ästhetisch  
Spirituell  
Pädagogisch  
Erholung  
...



# Weitere Überlegungen für den Zukunftswald Klimaschutz durch Bauen mit Holz



## ● **Waldspeicher** (3,7 Mio. t)

Unser Wald ist ein effizienter CO<sub>2</sub>-Speicher. In jedem Kubikmeter Holz sind rund 1.000 kg CO<sub>2</sub> gespeichert. Zum Vergleich: In etwa dieselbe Menge CO<sub>2</sub> entsteht, wenn man mit einem Mittelklassewagen von Paris nach Moskau und wieder zurück fährt.

## ● **Holzproduktespeicher** (0,5 Mio. t)

Auch Gegenstände aus Holz, zum Beispiel Tische, Schränke oder Holzhäuser sind große CO<sub>2</sub>-Speicher. Denn in dem Holz bleibt das Kohlenstoffdioxid gespeichert, das der Baum zum Wachsen gebraucht hat. Erst wenn das Holz verrottet oder verbrennt, wird das CO<sub>2</sub> wieder freigesetzt. Wird das Holz mehrfach genutzt, z. B. durch Recycling, ist dies für den Klimaschutz besonders günstig.

## ● **Energiesubstitution** (1,9 Mio. t)

Wird Holz verbrannt, setzt es nur so viel CO<sub>2</sub> frei, wie der Baum zuvor gespeichert hat. Das CO<sub>2</sub>, das beim Verbrennen frei wird, nehmen andere Bäume wieder auf. Durch den Einsatz von Holz anstelle anderer Energieträger, wie Öl oder Gas, werden große Mengen CO<sub>2</sub> vermieden.

## ● **Materials substitution** (2,6 Mio. t)

Baumaterialien wie Stahl und Beton haben durch ihren energieaufwändigen Herstellungs- und Verarbeitungsprozess eine ungünstige CO<sub>2</sub>-Bilanz. Ersetzt man diese Baustoffe durch Holz, lässt sich die Emission deutlich verringern. In einem Einfamilienhaus in Holzbauweise sind rund 40.000 kg CO<sub>2</sub> und mehr gespeichert – und das für viele Jahrzehnte oder sogar Jahrhunderte.

## ● **Windkraft** (1,1 Mio. t)

Nachhaltige Energiegewinnung durch Windkraftanlagen im Wald spart rund eine Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr. Mehr dazu erfahren Sie auf den folgenden Seiten.

## Jährliche Klimaschutzleistung des Sektors Forst und Holz in Rheinland-Pfalz



entspricht:

**26 %**

der Emissionen von ganz  
Rheinland-Pfalz

oder

CO<sub>2</sub>-Ausstoß von fast

**1 Mio.**

Menschen in Deutschland

aus: „Klimawandel heißt Waldwandel, [www.wald-rlp.de](http://www.wald-rlp.de)

# Zusammenfassung/Fazit

- Thematik komplex, wissenschaftliche Faktenlage nicht eindeutig und von spezifischen Versuchsbedingungen (Standort, Alter, Baumart) abhängig
- wenig Anhaltspunkte für Vorteile der Nichtbewirtschaftung
- viele Anhaltspunkte für Vorteile von Bewirtschaftung/Management zur Stabilisierung ... aber naturnah und dauerwaldorientiert (Boden-/Mikroklima!)
- Wissensdefizite in der Wurzelkonkurrenz von Altbäumen und Verjüngung in Trockenjahren – betrifft nicht Durchforstung, sondern Verjüngungsnutzung (aktuelle Studie Uni Freiburg und FAWF Trippstadt)

Naturnahe, flexible, dynamische Waldbehandlung mit integriertem Prozessschutz:

- umfassende **Klimaresilienz**
- umfassender **Waldnaturschutz** ... schließt Naturwälder (Prozessschutz) im Verbund und auf begrenzter Fläche ein
- erweiterter **aktiver Klimaschutz** (Kohlenstoffspeicherung Holz) und
- **Multifunktionalität** (Schutz-, Nutz-, Erholungsfunktionen gleichberechtigt!?)

weitere Infos:

[www.fawf.wald-rlp.de](http://www.fawf.wald-rlp.de) (Umweltmonitoring)

[www.kwis-rlp.de](http://www.kwis-rlp.de)



Dr. Ulrich Matthes

Rheinland-Pfalz Kompetenzzentrum für Klimawandelfolgen  
an der Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft  
[ulrich.matthes@klimawandel-rlp.de](mailto:ulrich.matthes@klimawandel-rlp.de)

# Literatur

- AUSSENAC, G., GRANIER, A. (1988): Effects of thinning on water-stress and growth in douglas-fir. *CanJ.For.Res.* 18 (1), 100 – 105.  
[https://www.researchgate.net/publication/237868807\\_Effects\\_of\\_thinning\\_on\\_water\\_stress\\_and\\_growth\\_in\\_Douglas-fir](https://www.researchgate.net/publication/237868807_Effects_of_thinning_on_water_stress_and_growth_in_Douglas-fir)
- BRÉDA, N. et al. (1995): Effects of thinning on soil and tree water relations, transpiration and growth in an oak forest. *Tree Physiol.* 15, 295 – 306.  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Effects-of-thinning-on-soil-and-tree-water-and-in-Breda-Granier/2fb62379e21073997476618185065634720f64e9>
- CESCATTI, A., PIUTTI, E. (1998): Silvicultural alternatives, competition regime and sensitivity to climate in a European beech forest. *For.Ecol.Manage.* 102, Issues 2-3, 213 – 223. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112797001631>
- GIUGGIOLA, A. et al. (2013): Reduction of stand density increases drought resistance in xeric Scots pine forests. *For.Ecol.Manage.* 310, 827 – 835.  
[https://www.researchgate.net/publication/270875067\\_Reduction\\_of\\_stand\\_density\\_increases\\_drought\\_resistance\\_in\\_xeric\\_Scots\\_pine\\_forests](https://www.researchgate.net/publication/270875067_Reduction_of_stand_density_increases_drought_resistance_in_xeric_Scots_pine_forests)
- GUILLEMOT, J. et al. (2015): The effects of thinning intensity and tree size on the growth response to annual climate in *Cedrus atlantica*: a linear mixed modelling approach. *Ann.For.Sci.* 72, 651 – 663. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13595-015-0464-y>
- KOHLER, M. et al. (2010): Can drought tolerance of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) be increased through thinning? *Eur.J.For.Res.* 129 (6), 1109 – 1118.  
[https://www.researchgate.net/publication/225752076\\_Can\\_drought\\_tolerance\\_of\\_Norway\\_spruce\\_Picea\\_abies\\_L\\_Karst\\_be\\_increased\\_through\\_thinning](https://www.researchgate.net/publication/225752076_Can_drought_tolerance_of_Norway_spruce_Picea_abies_L_Karst_be_increased_through_thinning)
- MÉRIAN, P., LEBOURGEOIS, F. (2011): Size-mediated climate-growth relationships in temperate forests: A multi-species analysis. *Forest Ecology and Management* Vol. 261, 8: 1382-1391
- MORENO, G., CUBERA, E. (2008): Impact of stand density on water status and leaf gas exchange in *Quercus ilex*. *For.Ecol.Manage.* 254, 74 – 84.  
[https://www.researchgate.net/publication/223888029\\_Impact\\_of\\_stand\\_density\\_on\\_water\\_status\\_and\\_leaf\\_gas\\_exchange\\_in\\_Quercus\\_ilex](https://www.researchgate.net/publication/223888029_Impact_of_stand_density_on_water_status_and_leaf_gas_exchange_in_Quercus_ilex)
- RODRIGUEZ-CALCERRADA, J. et al. (2011): Is selective thinning an adequate practice for adapting *Quercus ilex* coppices to climate change? *Ann.For.Sci.* 68, 575 – 585.  
[https://www.researchgate.net/publication/225939463\\_Is\\_selective\\_thinning\\_an\\_adequate\\_practice\\_for\\_adapting\\_Quercus\\_ilex\\_coppices\\_to\\_climate\\_change](https://www.researchgate.net/publication/225939463_Is_selective_thinning_an_adequate_practice_for_adapting_Quercus_ilex_coppices_to_climate_change)
- SOHN, J.A. et al. (2013): Mitigation of drought by thinning: short-term and long-term effects on growth and physiological performance of Norway spruce (*Picea abies*). *For.Ecol.Mange.* 308, 188 – 197. <https://europepmc.org/article/agr/ind500696470>
- Gavinet J. et al. (2020): Drought mitigation by thinning: Benefits from the stem to the stand along 15 years of experimental rainfall exclusion in a holm oak coppice. *Forest Ecology and Management*, Volume 473. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118266>
- Cameron A.D. (2002): Importance of early selective thinning in the development of long-term stand stability and improved log quality: a review. *Forestry*, Vol. 75, No. 1.
- Brang P., et al. (2014): Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry* 2014; 87, 492–503, doi:10.1093/forestry/cpu018

