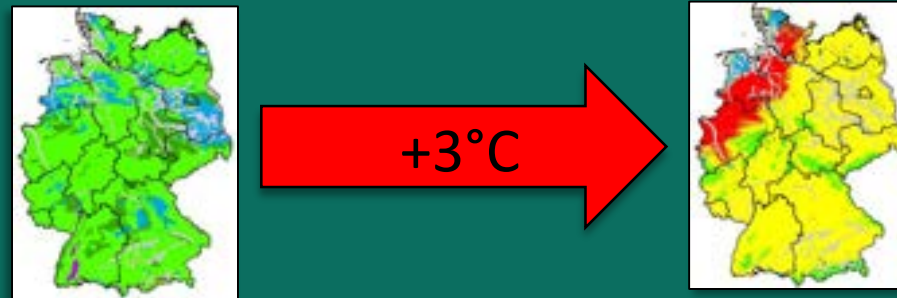
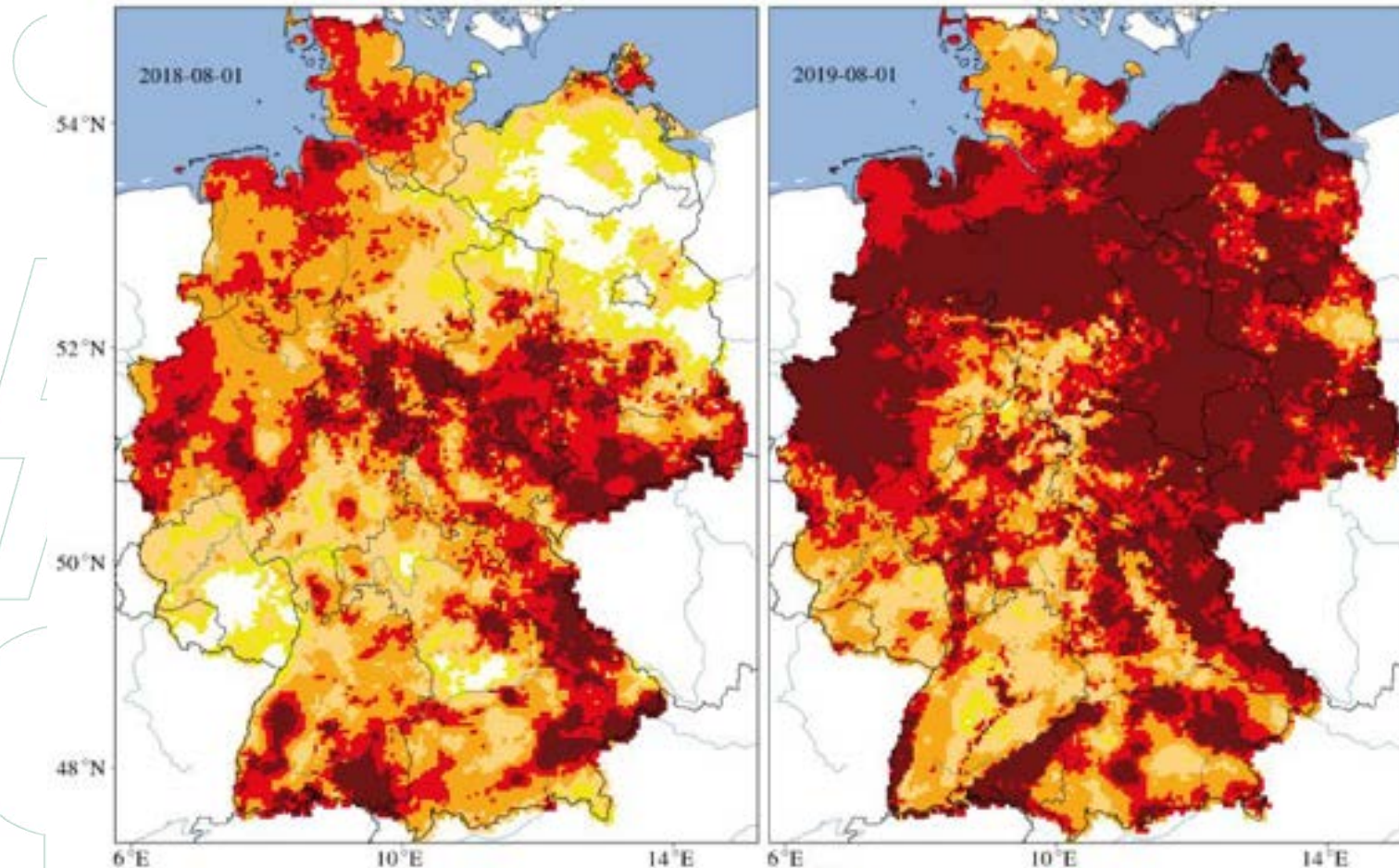




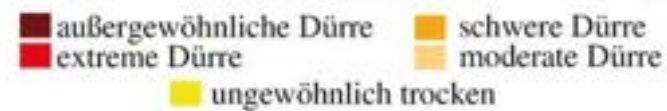
## Natürliche Vegetation im Klimawandel – Änderung der Potenziale



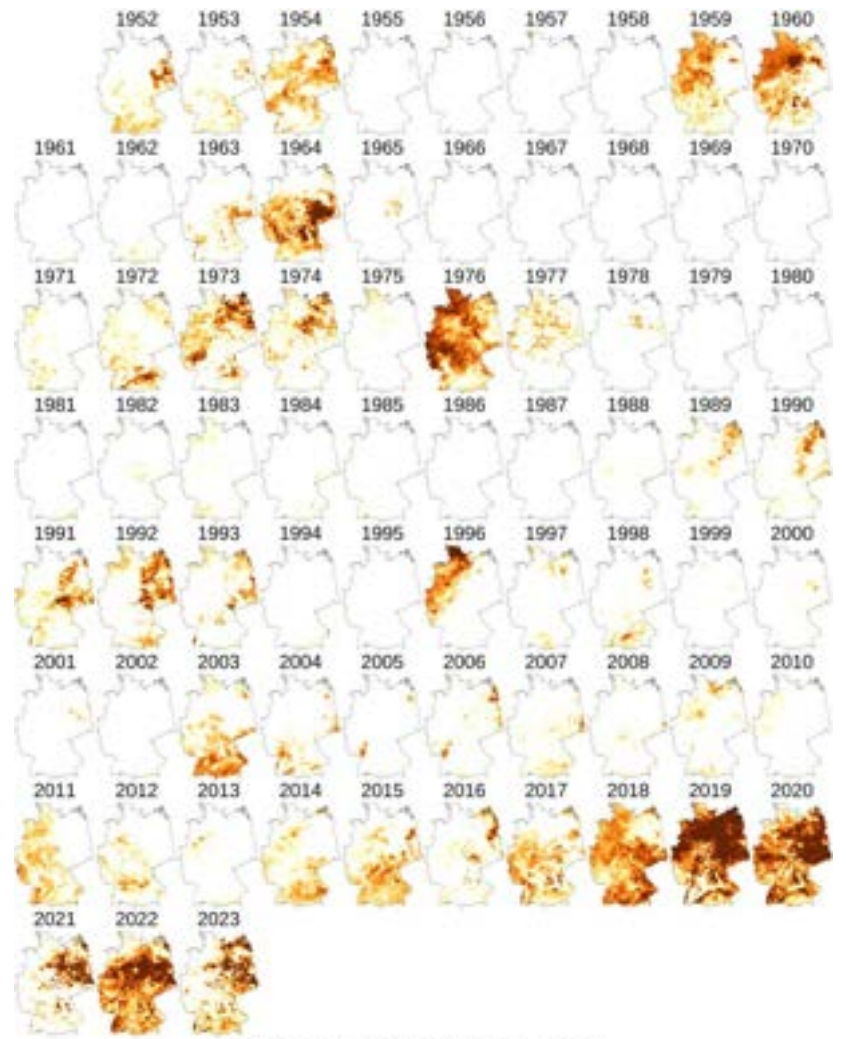
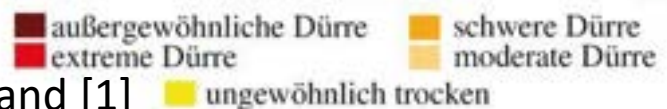
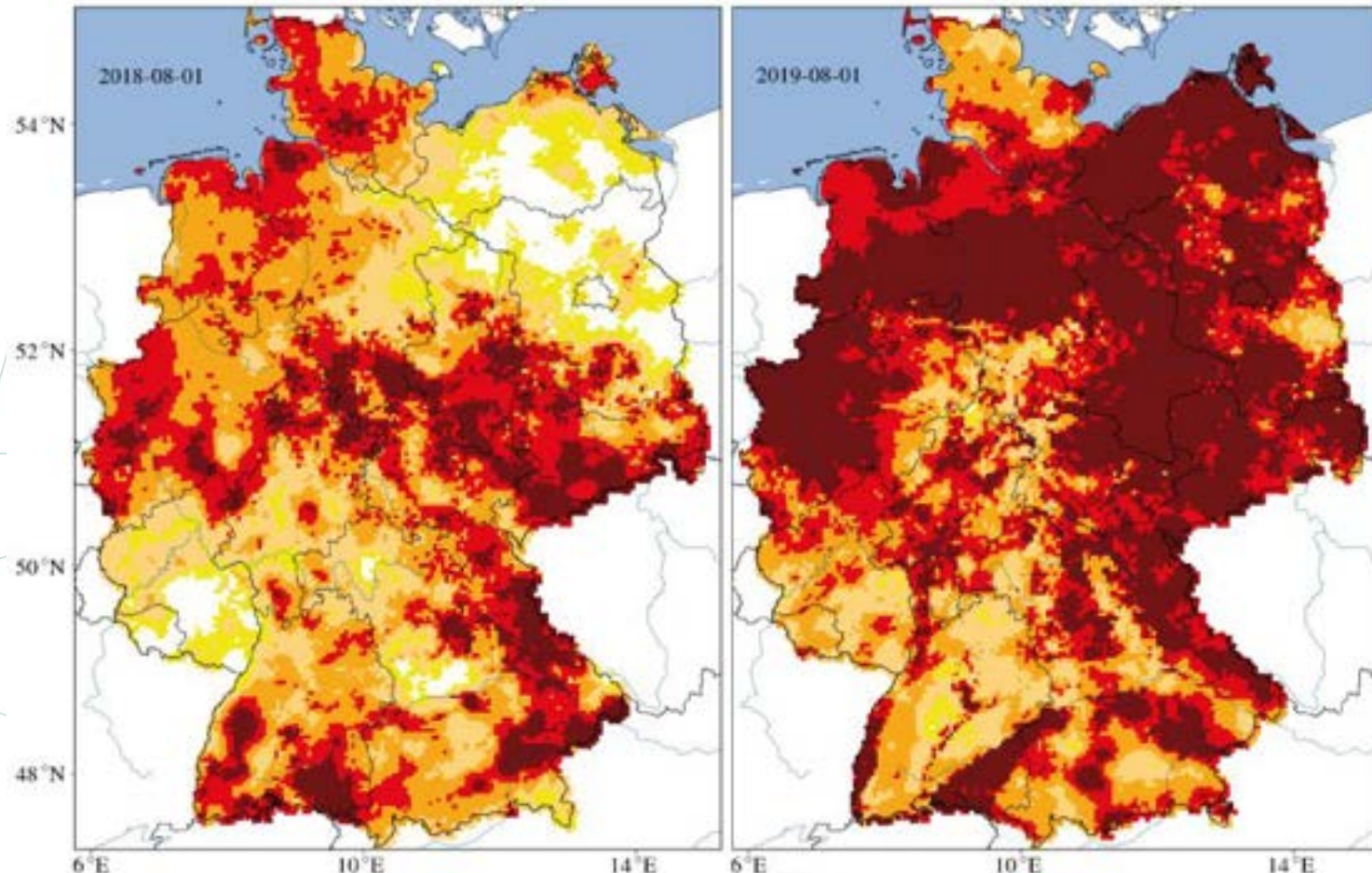
# Ausgangssituation



Dürremonitor Deutschland [1]



# Ausgangssituation



Dürremonitor Deutschland [1]

# Ausgangssituation



FVA



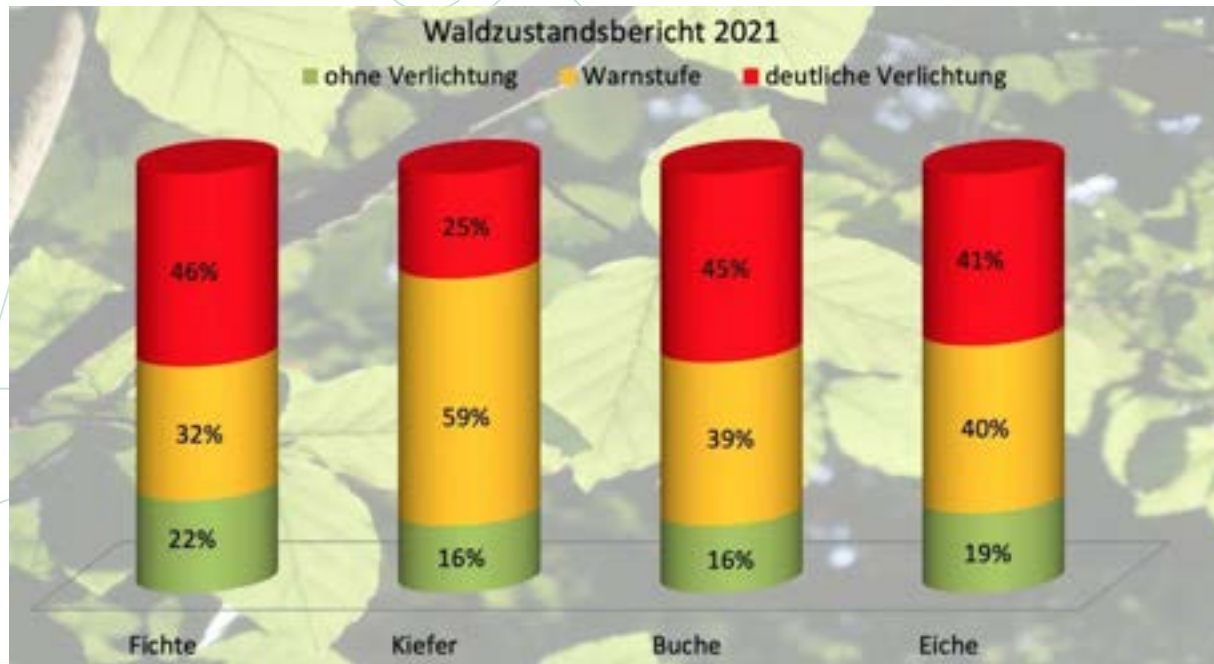
© FVA-BW

# Ausgangssituation



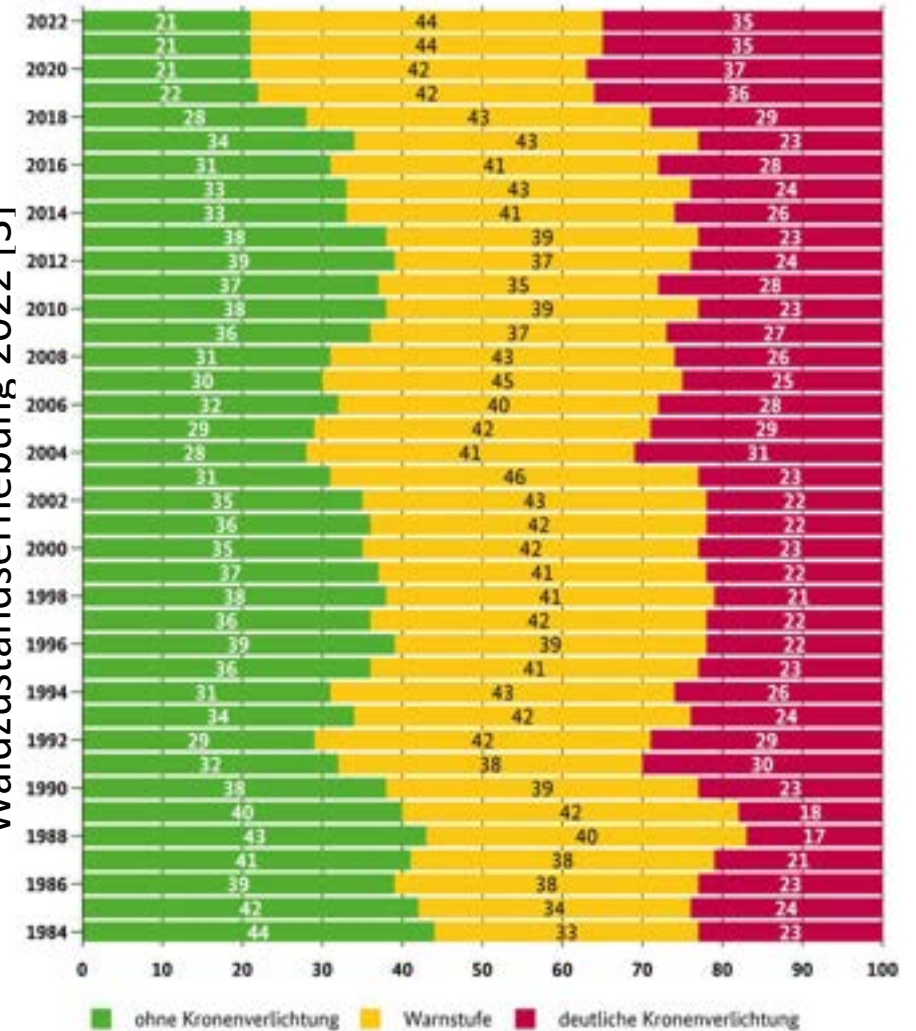
© FVA-BW

# Ausgangssituation

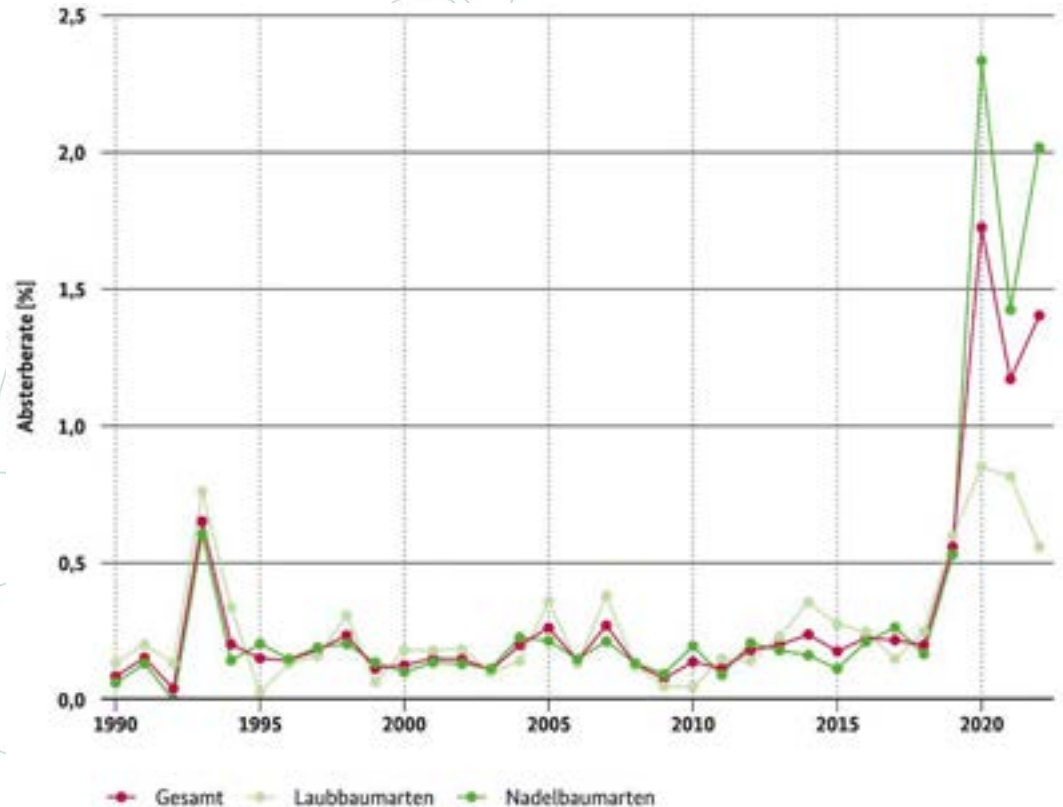


Kronenverlichtung Waldzustandsbericht 2021 [2]

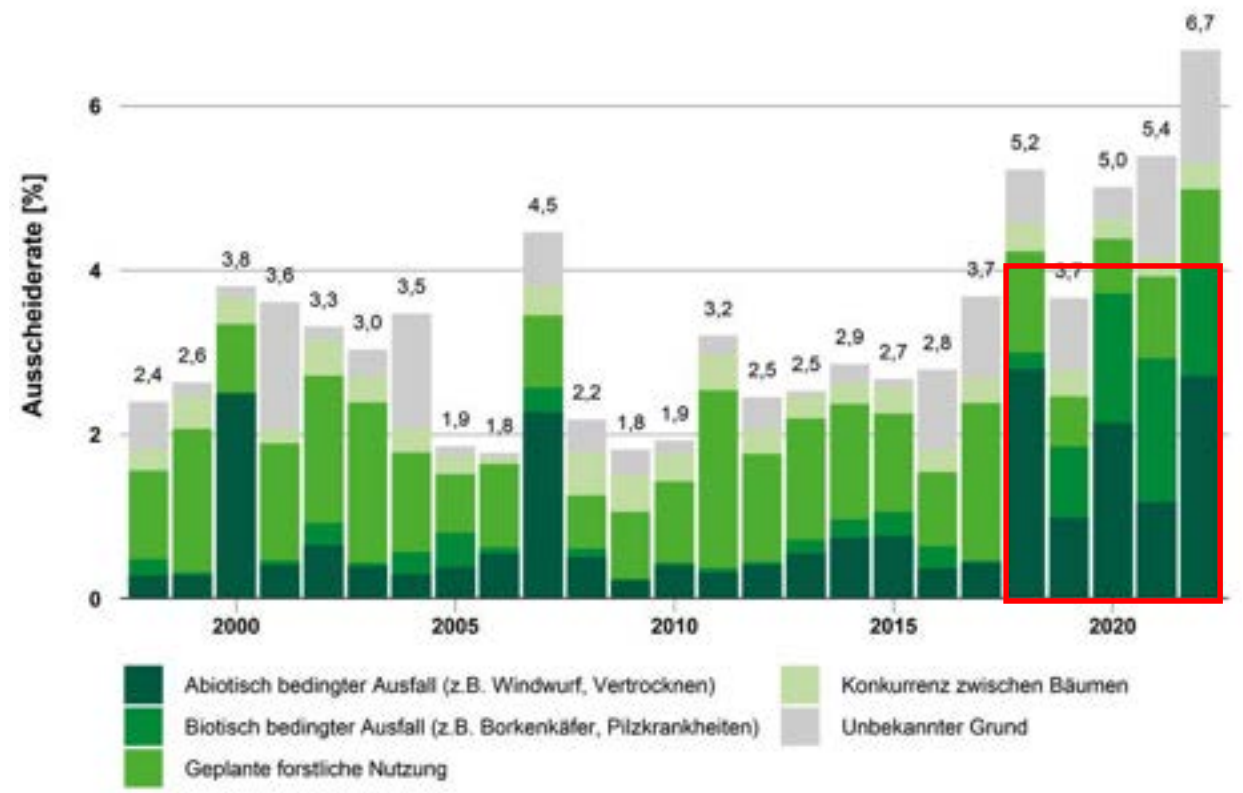
Kronenverlichtung aller Baumarten  
Waldzustandserhebung 2022 [3]



# Ausgangssituation



Absterberate Waldzustandsbericht 2022 [3]

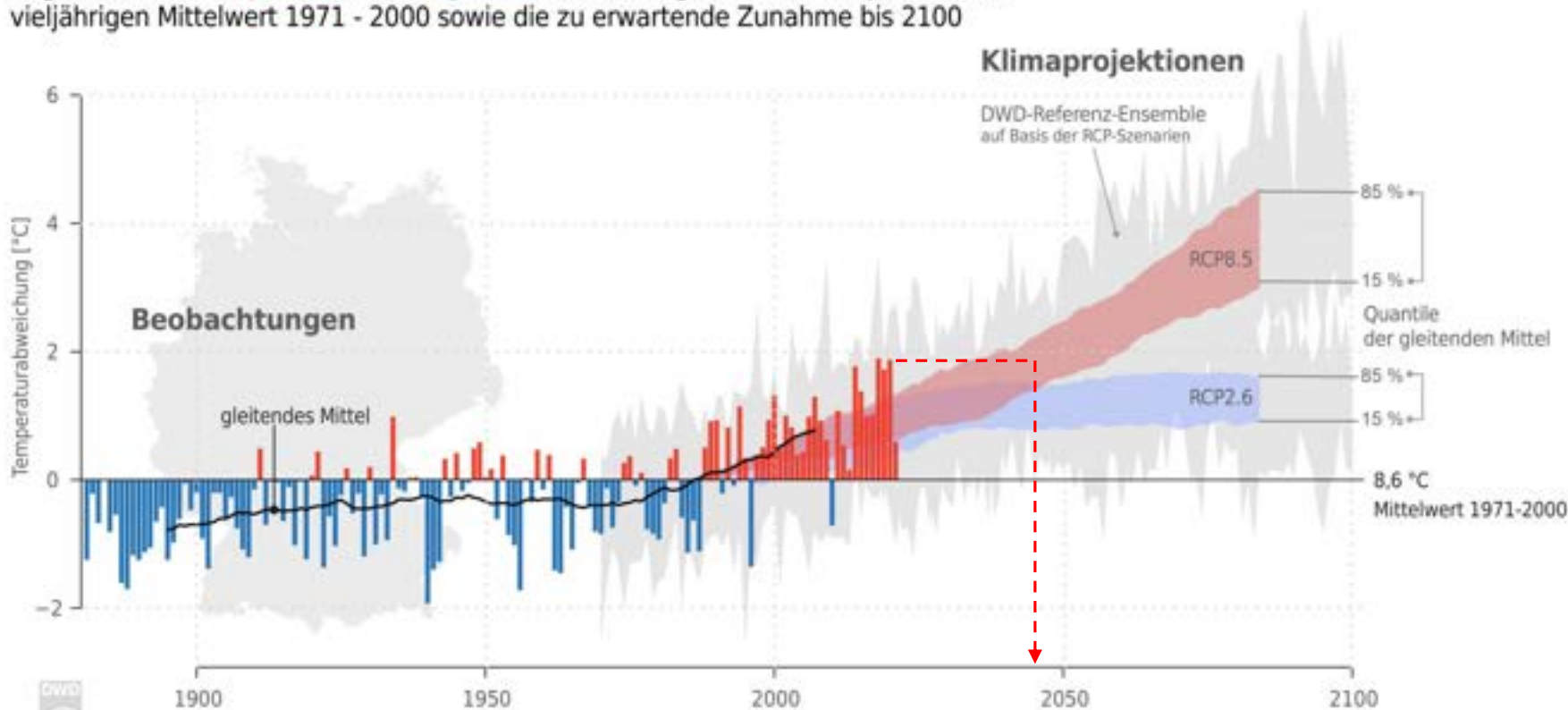


Ausscheidegründe Waldzustandsbericht 2022 [3]

# Ausgangssituation

## Deutschland im Klimawandel

Abgebildet sind die **positiven** und **negativen** Abweichungen der Lufttemperatur vom vieljährigen Mittelwert 1971 - 2000 sowie die zu erwartende Zunahme bis 2100



Deutscher Wetterdienst 2022 [5]

Die Standort-Bedingungen ändern sich.

- Forschungsfragen:
- Wie verändern sich die natürlichen Potenziale?
  - Welche Waldarten haben wo Zukunft?



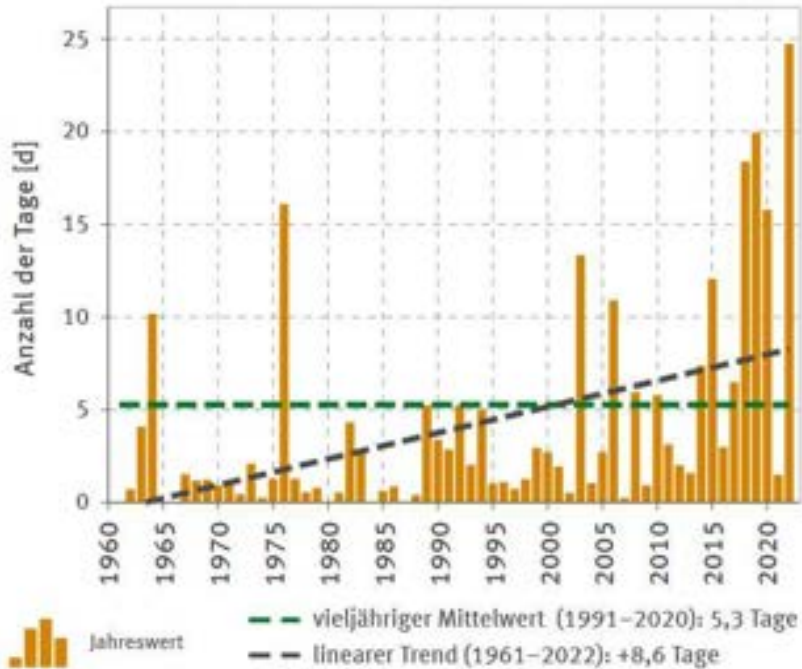
# Ausgangssituation



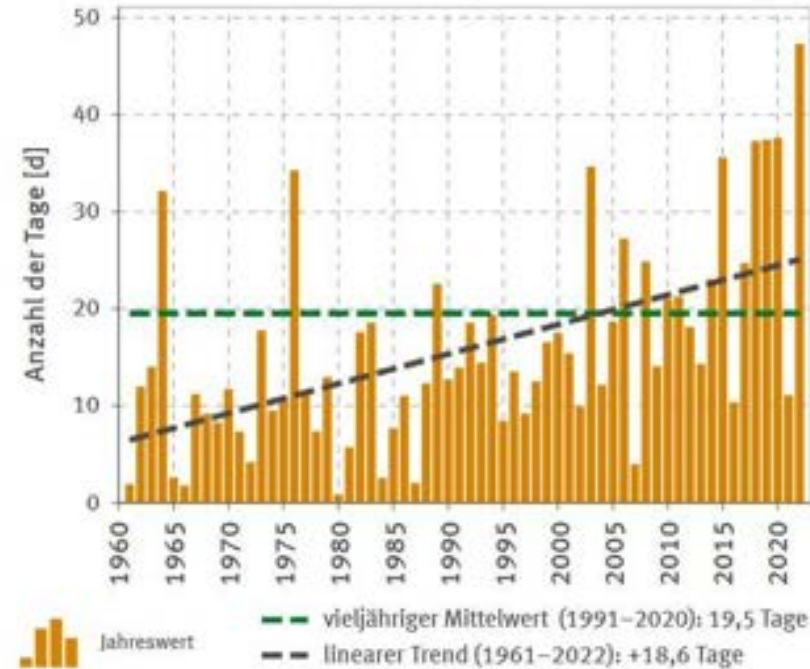
Die Standort-Bedingungen ändern sich.

- Forschungsfragen:
- Wie verändern sich die natürlichen Potenziale?
  - Welche Waldarten haben wo Zukunft?

Tage mit Bodenfeuchte < 30% nFk  
(Winterweizen, sandiger Lehm)  
Deutschland 1961–2022



Tage mit Bodenfeuchte < 30% nFk  
(Winterweizen, lehmiger Sand)  
Deutschland 1961–2022



Monitoringbericht 2023[4]

## Natürliche Vegetation (pnV)

Es gib wenig Naturwald in Europa

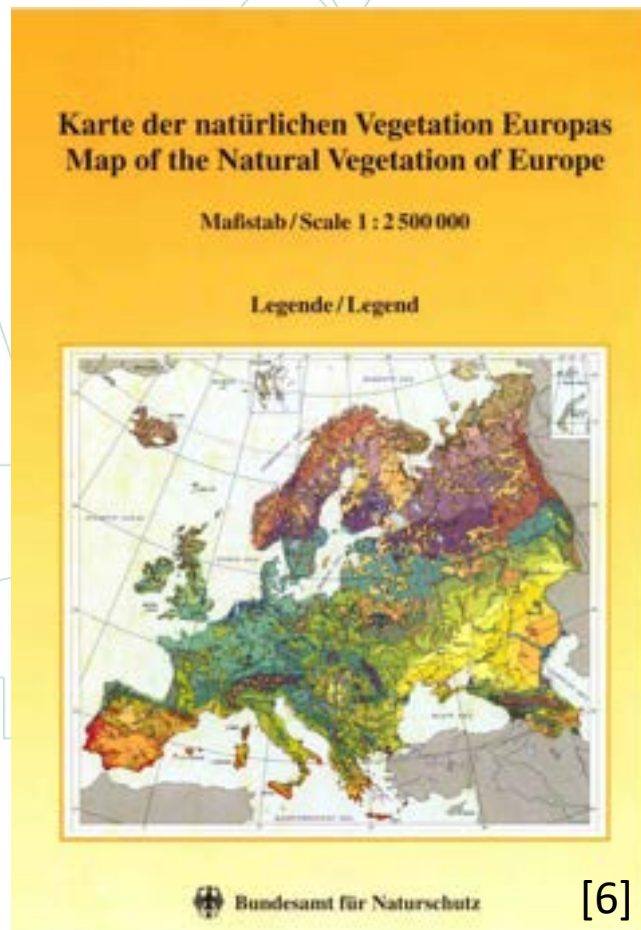
→ Um festzustellen wo die Waldtypen ihre natürlichen Potenziale haben, greifen wir auf das Konzept der pnV zurück.

Konzept von Reinhold Tüxen 1956

*Potenzielle natürliche Vegetation (pnV) beschreibt den Endzustand der Vegetation, die sich ohne menschliche Intervention im jeweiligen Gebiet befände.*

- Statisches Konzept bei dem pnV-Klassen gutachterlich anhand der Standortbedingungen bestimmt werden
- Anwendungen: Naturnähe von Wäldern, Naturschutzziele...
  - Durch den Klimawandel **ändern sich Standortbedingungen**
  - PnV-Karten werden mit der Zeit immer weniger zutreffend
  - Wie verändern sich die Potenziale

## PnV Karte für Modellfit



- Modellfit auf Europaebene für möglichst großes Klimaspektrum
- Zweite Hierarchieebene (definiert durch dominierende Arten) mit 38 zonalen pnV-Klassen. Z.B. *D4 Montane Tannen- und Fichtenwälder* oder *F5 Buchen- und Buchenmischwälder*
- Modell repräsentiert nur die charakterisierenden Arten der pnV-Klassen, wo diese Arten die konkurrenz-überlegen sind
- Azonale Standorte und kleinräumige Standortvariationen wurden vernachlässigt

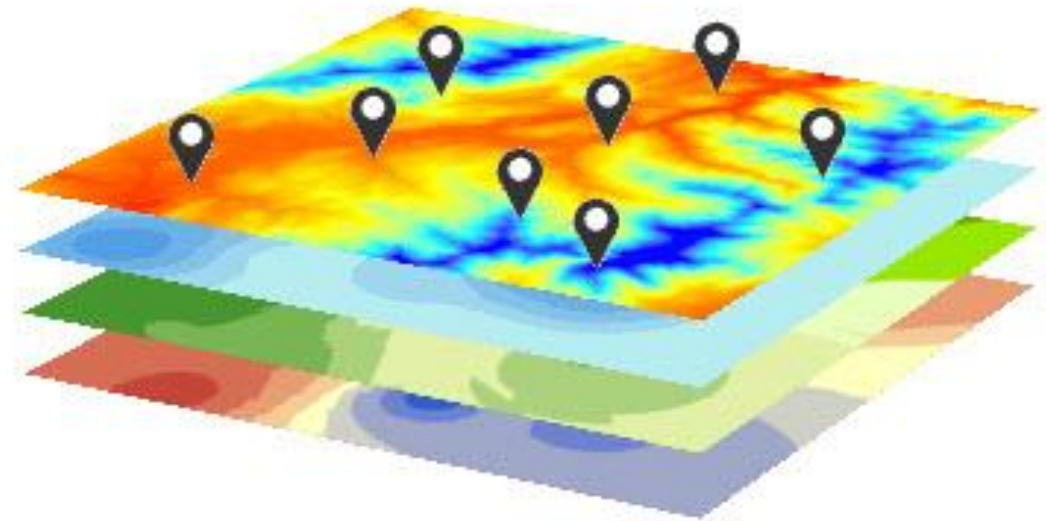
## Methode

Parametrisierung der 38 zonalen pnV-Klassen

- Punkt-Layer mit 4000m Rasterung für Europa

Parameter:

- 10 Bioklimatische Variable <https://chelsa-climate.org/>
  - 2 Edaphische Variable <https://openlandmap.org/>
  - ~ 550.000 Punkte mit PNV-Klasse und Parameterwerten
- Random Forest Modell

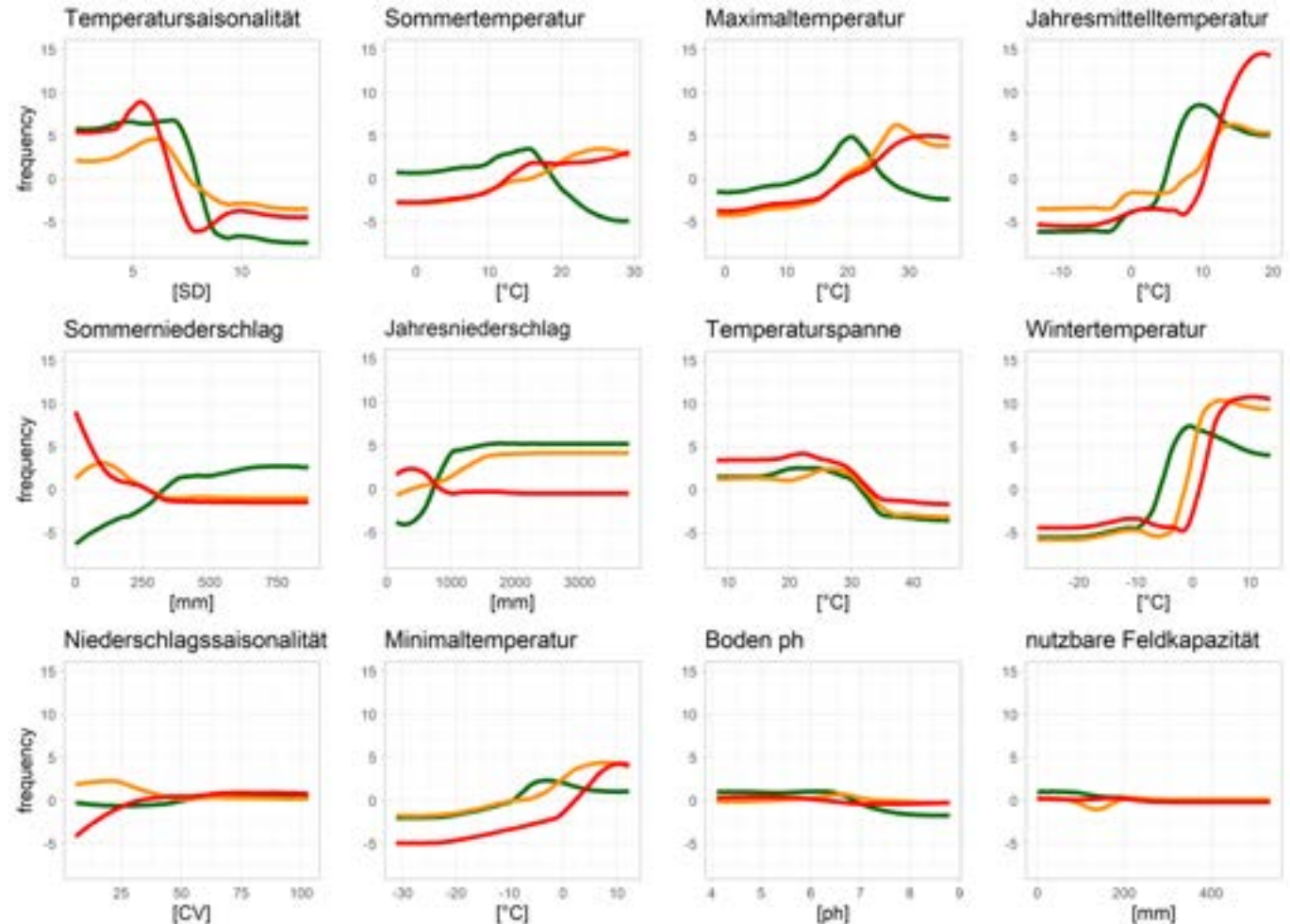


*esri.com extract raster values at point locations [7]*

# Modellbewertung

## Modellkennwerte

- Accuracy: 0,82
- Balanced Accuracy: 0,59–0,99 (0,84)



Buchenwälder (grün); Flaumeichenwälder (gelb); Mediterrane Hartlaubwälder (rot)

# Modellbewertung



Ausgangskarte



Projektion 2000

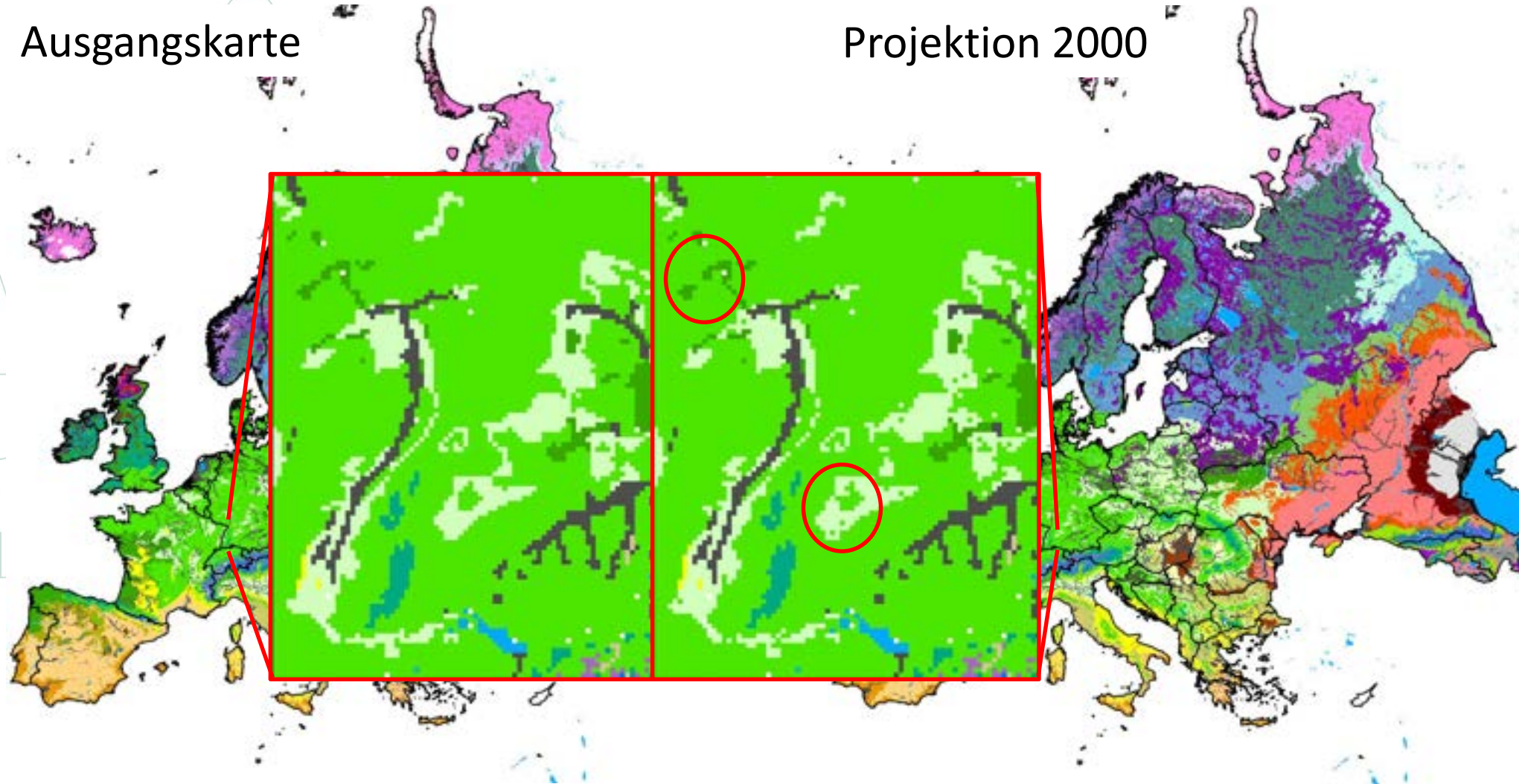


# Modellbewertung

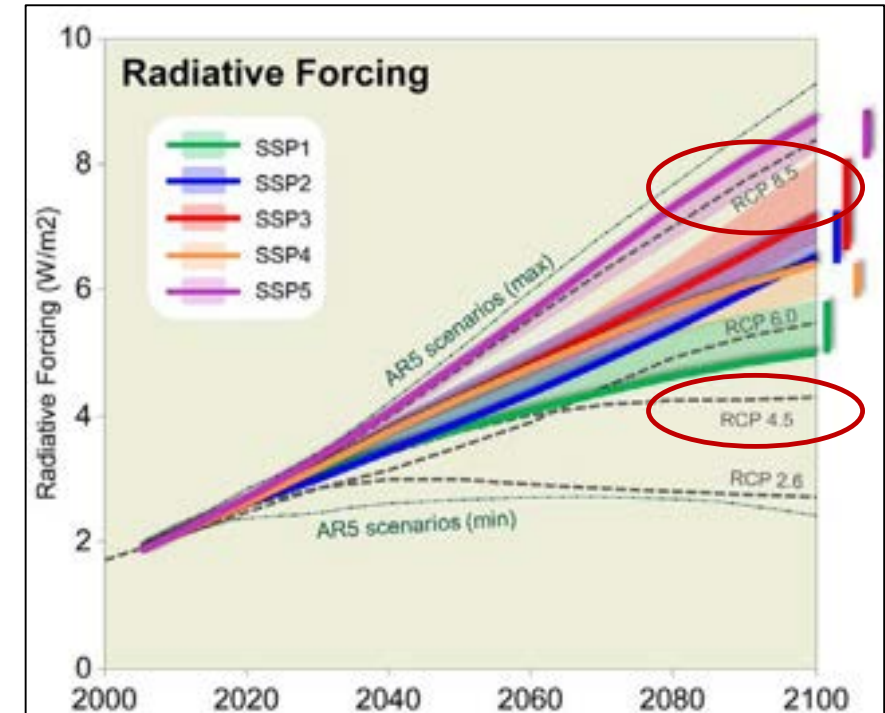


Ausgangskarte

Projektion 2000



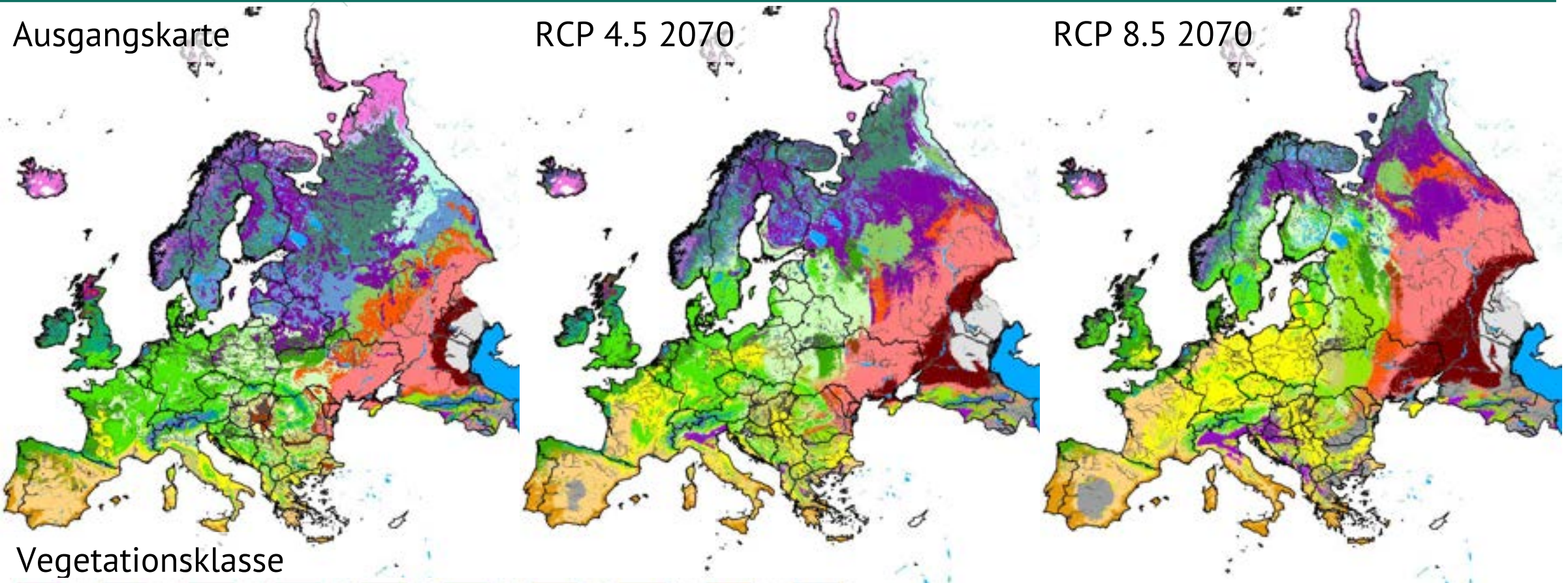
- Zeitscheibe 2061-2080 (2070)
- Ensemble aus 4 Globalen Globale Klimamodellen
- Für 2 repräsentative Konzentrationspfade (RCP 4.5 & RCP 8.5)
  - RCP 4.5 stand bisher für eine moderate (inzwischen sehr optimistische) Entwicklung, beim Ausstoß von anthropogenen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten
  - RCP 8.5 galt bisher als Worst-Case-Szenario



SSP/RCP-Szenarien Strahlungsantrieb [8]



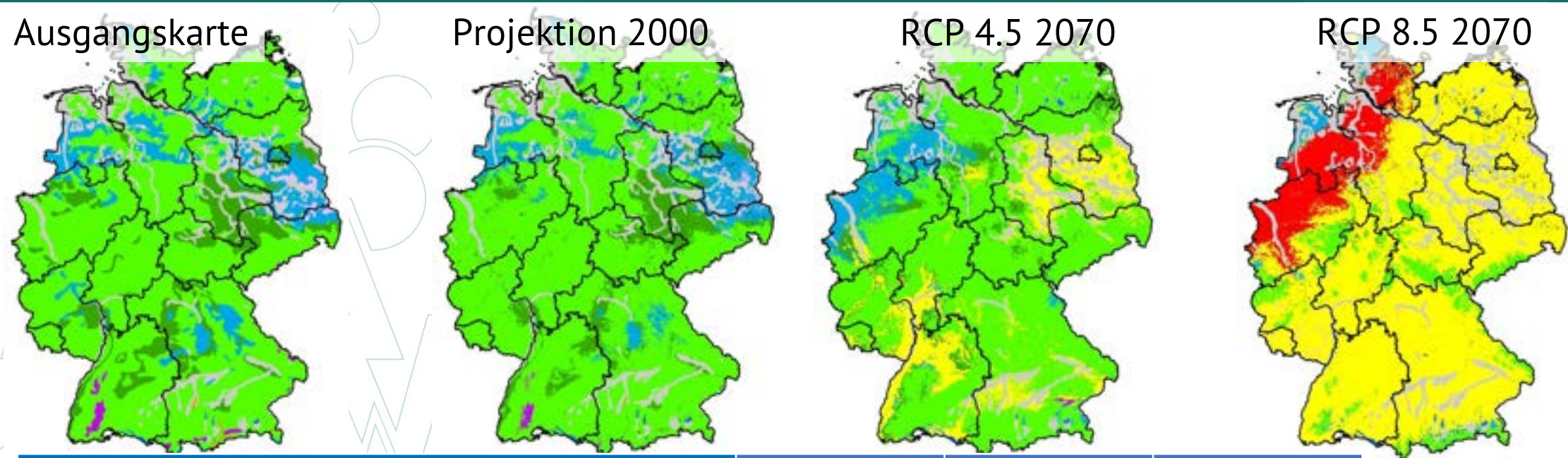
# Europa Projektionen



Vegetationsklasse

A.1	C.1	D.2	D.6	F.3	F.7	G.4	J.2	L.1	N
A.2	C.2	D.3	E	F.4	G.1	Gla	K.1	L.2	O.1
B.1	C.3	D.4	F.1	F.5	G.2	H	K.2	M.1	O.2
B.2	D.1	D.5	F.2	F.6	G.3	J.1	K.3	M.2	

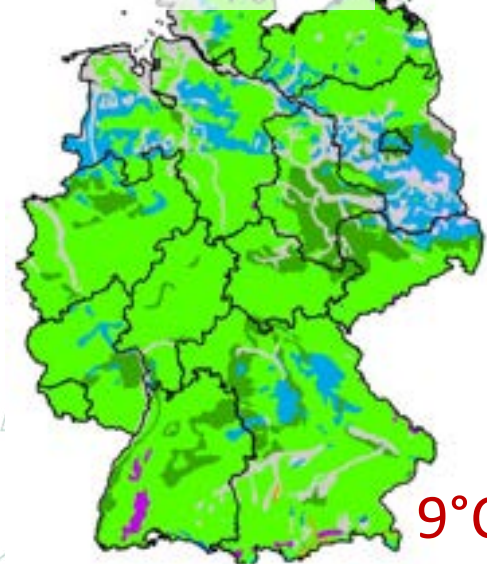
# Deutschland Projektionen



PNV-Klasse	Heute	RCP 4.5 2070	RCP 8.5 2070
Tannen- Fichtenwälder	0,7%	0,1%	0%
Artenarme Eichenmischwälder	12,2%	8%	2,4%
Eichen-Hainbuchenmischwälder	12%	5,2%	0,5%
Buchen- und Buchenmischwälder	74%	69,6%	8,1%
Zerr- und Balkaneichenwälder	0%	0%	0,2%
Flaumeichenmischwälder	0%	16,2%	75,1%
Mediterrane Hartlaubwälder	0%	0%	12,4%

# Deutschland Projektionen

Ausgangskarte

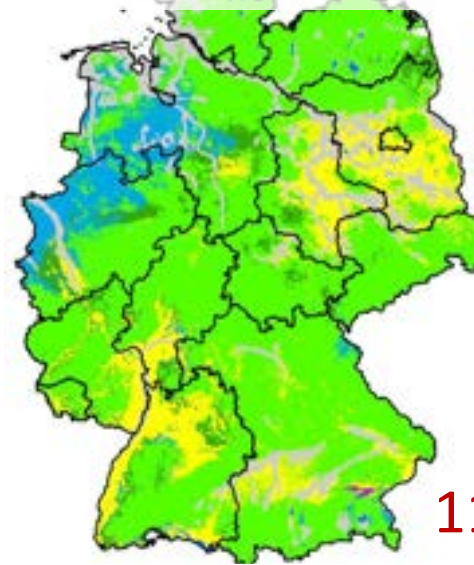


9°C

Projektion 2000

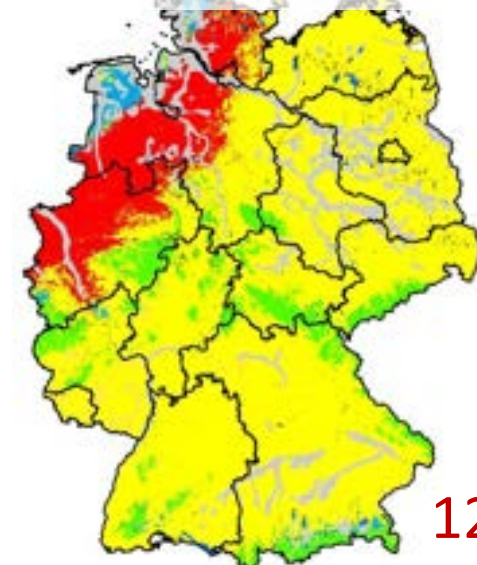


RCP 4.5 2070



11°C

RCP 8.5 2070



12,7°C

PNV-Klasse	Heute	RCP 4.5 2070	RCP 8.5 2070
Tannen- Fichtenwälder	0,7%	0,1%	0%
Artenarme Eichenmischwälder	12,2%	8%	2,4%
Eichen-Hainbuchenmischwälder	12%	5,2%	0,5%
Buchen- und Buchenmischwälder	74%	69,6%	8,1%
Zerr- und Balkaneichenwälder	0%	0%	0,2%
Flaumeichenmischwälder	0%	16,2%	75,1%
Mediterrane Hartlaubwälder	0%	0%	12,4%

Jahresmitteltemperaturen:

2018: 10,45°C

2019: 10,3°C

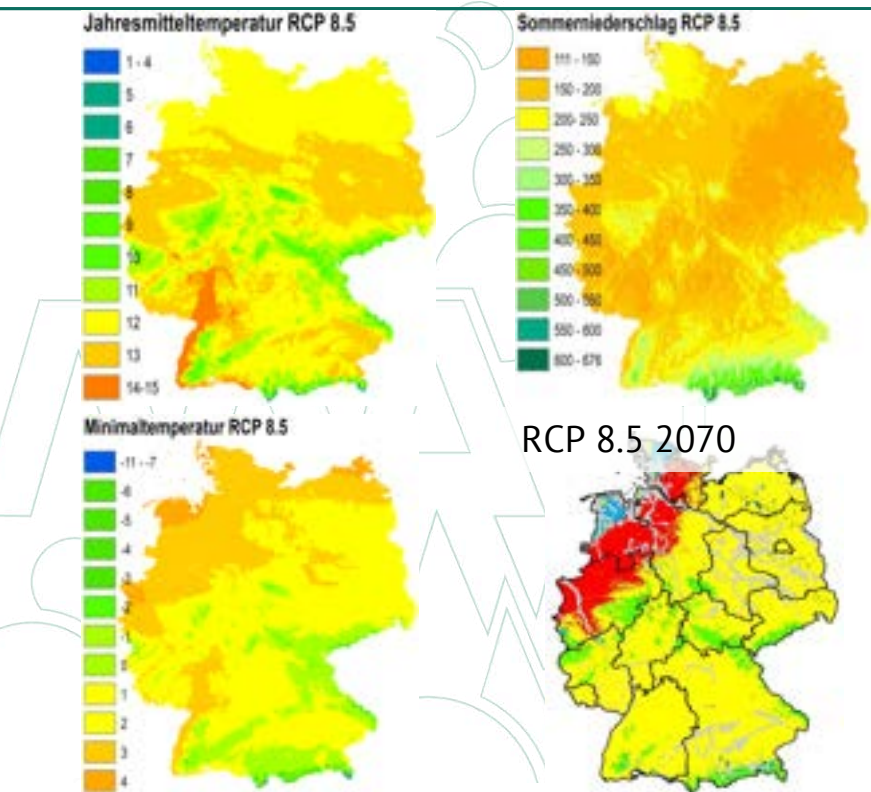
2020: 10,4°C

2021: 9,2°C

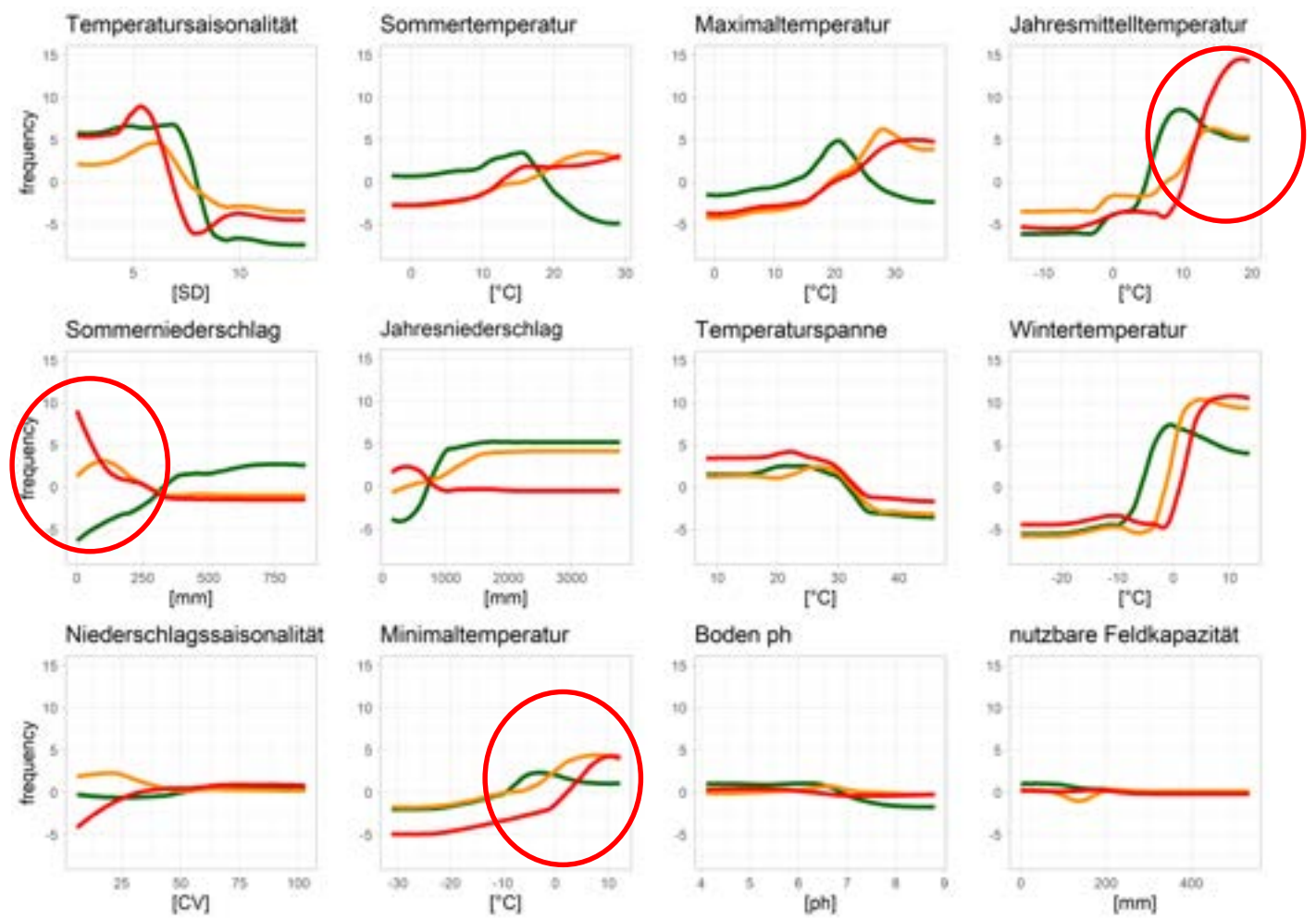
2022: 10,5°C

2023: 10,63°C

# Bewertung der Projektionen



- Vegetationsklassen**
- Artenarme Eichenmischwälder
  - Eichen-Hainbuchenwälder
  - Buchenmischwälder
  - Flaumeichenmischwälder
  - Mediterrane Hartlaubwälder
  - Azonal/NA



Buchenwälder (grün); Flaumeichenwälder (gelb); Mediterrane Hartlaubwälder (rot)



## Potenzielle zukünftige Waldbilder

### Flaumeiche (*Quercus pubescens*)

- Wuchshöhe von 15 bis 20 m
- breitkronig mit sparrig abstehenden Ästen
- häufig krummwüchsige Stämme
- Nutzung: Niederwald/Brennholz



[www.burgenlandflora.at](http://www.burgenlandflora.at)

### Steineiche (*Quercus Ilex*)

- Immergrün
- Wuchshöhe von 5 bis 20 m
- lichte Wälder
- häufig krummwüchsige Stämme
- Nutzung: Niederwald /Brennholz



[www.pt.wikipedia.org](http://www.pt.wikipedia.org)

# Arten der Flaumeichenmischwälder/Hartlaubwälder

## Flaumeichenmischwälder

### Flaumeiche (*Quercus pubescens*)

- **Traubeneiche** (*Quercus petraea*)
- **Mazedonische Eiche** (*Quercus trojana*)
- **Hainbuche** (*Carpinus betulus*)
- **Orientalische Hainbuche** (*Carpinus orientalis*)
- **Elsbeere** (*Sorbus torminalis*)
- **Mehlbeere** (*Sorbus aria*)
- **Französische Ahorn** (*Acer monspessulanum*)
- **Schneeball-Ahorn** (*Acer opalus*)
- **Edelkastanie** (*Castanea sativa*)
- **Manna-Esche** (*Fraxinus ornus*)
- **Hopfenbuche** (*Ostrya carpinifolia*)
- **Stechpalme** (*Ilex aquifolium*)

## Hartlaubwälder

### Steineiche (*Quercus ilex*)

### Korkeiche (*Quercus suber*)

### Stech-Eiche (*Quercus coccifera*)

- **Flaumeiche** (*Quercus pubescens*)
- **Manna-Esche** (*Fraxinus ornus*)
- **Hopfenbuche** (*Ostrya carpinifolia*)
- **Aleppo-Kiefer** (*Pinus halepensis*)
- **Kalabrische Kiefer** (*Pinus brutia*)
- **Breitblättrige Steinlinde** (*Phillyrea latifolia*)
- **Iberische Birne** (*Pyrus bourgaeana*)
- **Spanischer Wacholder** (*Juniperus thurifera*)
- **Stech-Wacholder** (*Juniperus oxycedrus*)
- **Lorbeer** (*Laurus nobilis*)

- Europaweit ändern sich die Vegetations-Potenziale auf über 70% der Fläche
  - In Deutschland könnte das natürliche Potenzial von Buche durch die Klimaerwärmung von 74 % auf 8% zurückgehen
  - Auch die Grenzen der Epigenetik werden hier bei Buchen deutlich überschritten, da im Modell auch die südlichen natürlichen Buchenvorkommen berücksichtigt sind.
  - Schon heute sind die Vorherrschenden Waldtypen teils stark geschädigt
  - Die pnV-Klassen „wandern“ räumlich über mehrere hundert Kilometer in 50 Jahren
  - Auf natürlichem Weg migrieren Baumarten 6 - 50 km in 100 Jahren
  - Umbildung von Waldgesellschaften dauern auf natürlichem Wege mehrere hundert Jahre
- aktiver Waldumbau
- Dynamisierung von Naturschutzzielen

Hinze, J., Albrecht, A., & Michiels, H. G. (2023). Climate-Adapted Potential Vegetation – A European Multiclass Model Estimating the Future Potential of Natural Vegetation. *Forests*, 14(2), 239.

[1] UFZ Helmholtz Zentrum für Umweltforschung: Dürremonitor Deutschland  
<https://www.ufz.de/index.php?de=37937>

[2] <https://www.wald.de/waldwissen/waldschaeden/waldzustandsbericht-2021/>

[3] [https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/waldzustandserhebung-2022.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=6](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/waldzustandserhebung-2022.pdf?__blob=publicationFile&v=6)

[4] [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/das-monitoringbericht\\_2023\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/das-monitoringbericht_2023_bf.pdf)

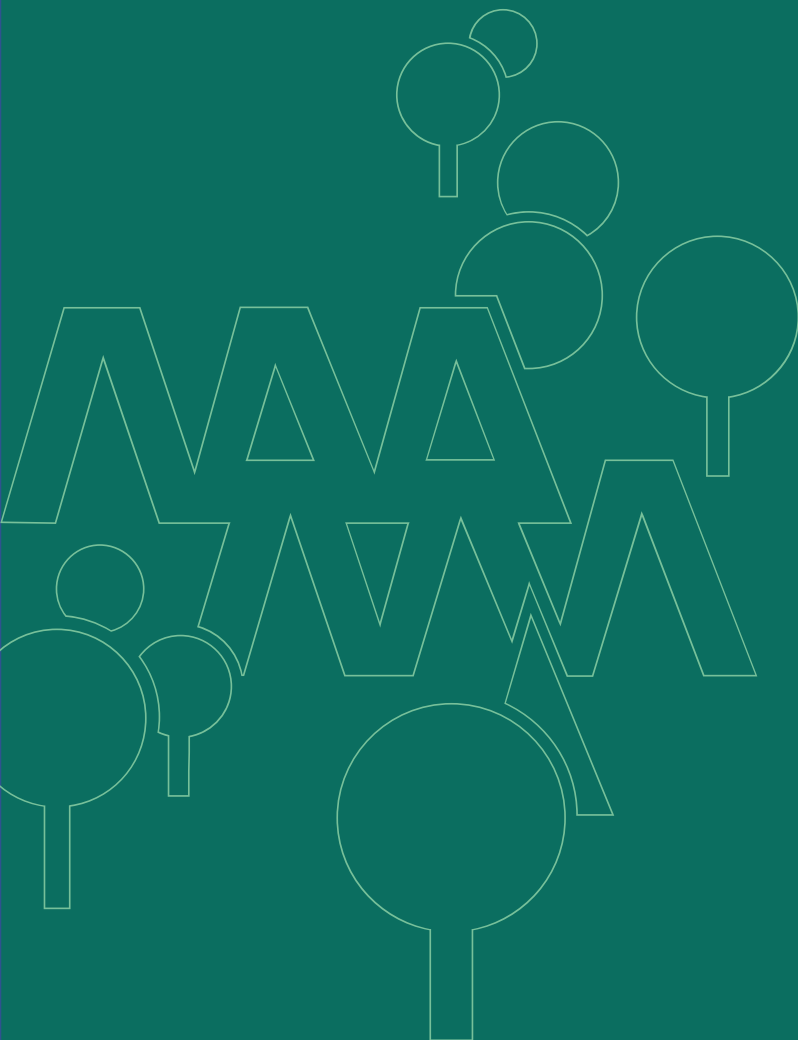
[5] [https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/aktuelle\\_meldungen/200317/pk\\_klimavorhersagen.html](https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/aktuelle_meldungen/200317/pk_klimavorhersagen.html)

[6] Bohn, U., G. Gollub, C. Hettwer, Z. Neuhäuslová, T. Raus, H. Schlüter, H. Weber and S. Hennekens (2000). "Map of the natural vegetation of Europe." Scale 1(2): 500.

[7] <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/analytics/analytics/how-to-extract-raster-values-at-point-locations/>

[8] Riahi et al. (2017). The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global environmental change*, 42, 153-168.





Forstliche Versuchs-  
und Forschungsanstalt  
Baden-Württemberg



Landes  
Forst  
Verwaltung  
BW

*Vielen Dank  
Fragen?*

## Kontakt

- [Jonas.Hinze@forst.bwl.de](mailto:Jonas.Hinze@forst.bwl.de)  
Tel: +49 (761) 4018-766
- [Axel.Albrecht@forst.bwl.de](mailto:Axel.Albrecht@forst.bwl.de)