



# Änderungen des Kohlenstoffsenkenpotenzials in Wald und Holz auf Basis von Bonitätsänderungen in Baden-Württemberg

AP5.8 Projekt MultiRiskSuit

*Tagung des DVFFA  
Kohlenstoffbindung in Waldökosystemen und Holzprodukten  
12.03. bis 14.03.2025, Göttingen*

**01.** | Kontext & Konzept

**02.** | Bonitätsmodell

**03.** | Waldentwicklung + HWP

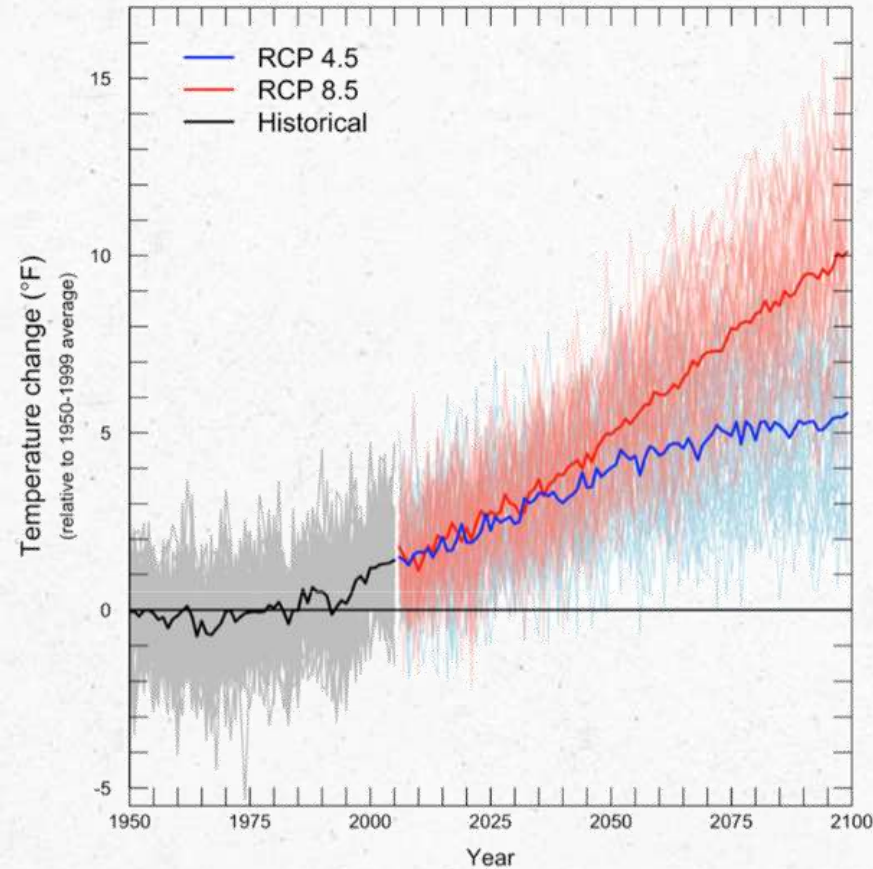
**04.** | Ergebnisse: C-Senkenpotential

**05.** | Ergebnisse: C-Senke an BWI/BW

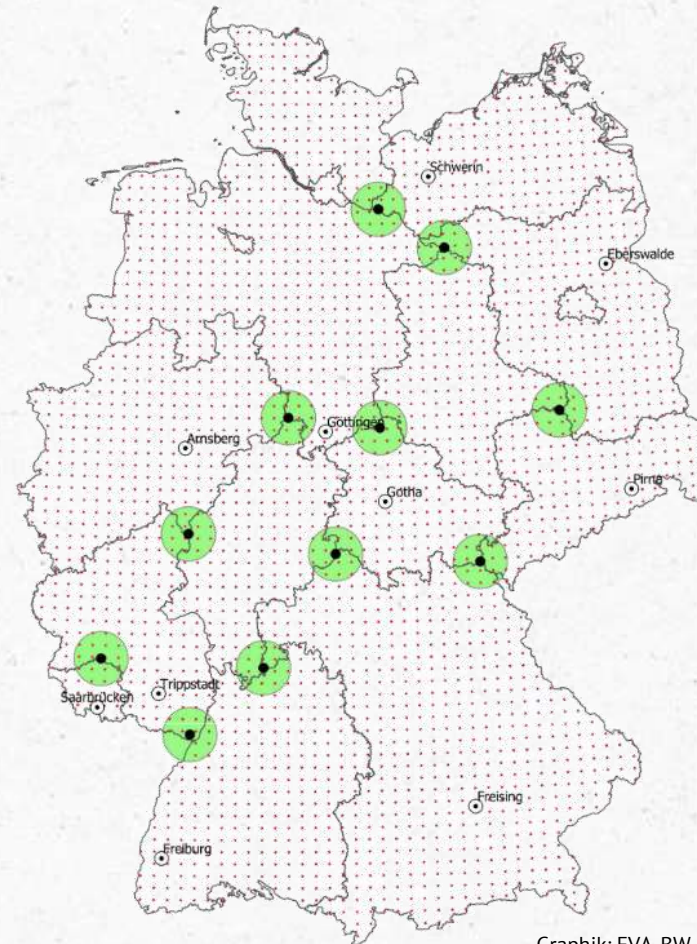
**06.** | Zusammenfassung & Fazit

# der Kontext

Projekt *MultiRiskSuit*



Snover et al. (2013)



Graphik: FVA-BW

Ziel *MultiRiskSuit*:

- Vergleich verschiedener Methoden & Modelle
- Baumarteneignung, Risikoabschätzung, Wachstumstrends, Kohlenstoffsinkenleistung
- mit gleichen Eingangsdaten
- in allen Bundesländern
- in Nachbarschaftsregionen
- und den Monitoringnetzen **BWI** und **BZE**

# das Konzept

Welcher Effekt hat eine Bonitätsänderung auf die C-Senkenleistung des Waldes?

- **Potentialstudie:** Ziel ist nicht reale Situation „vor Ort“ abzubilden => / was wäre wenn /
  - mehrere Bonitäts(änderungs)modelle
  - mehrere Klimäläufe
- Wald: komplexes Gefüge von Abhängigkeiten und Interaktionen
  - keine Schadereignisse wie Dürre, Käferkalamitäten, Windwurf
  - keine Mischungseffekte
- einzige veränderliche Variable: **Bonitätsänderung**
- **Zielgröße:** relative Änderung Senkenleistung in Abhängigkeit von Bonitätsänderungen
  - C-Speicherleistung in Wald
  - Technosphäre
  - Substitution (stofflich, energetisch)
- hier: auf dem **4x4-Netz BWI** in BW



# das Bonitätsmodell

Yue et al. (2016)

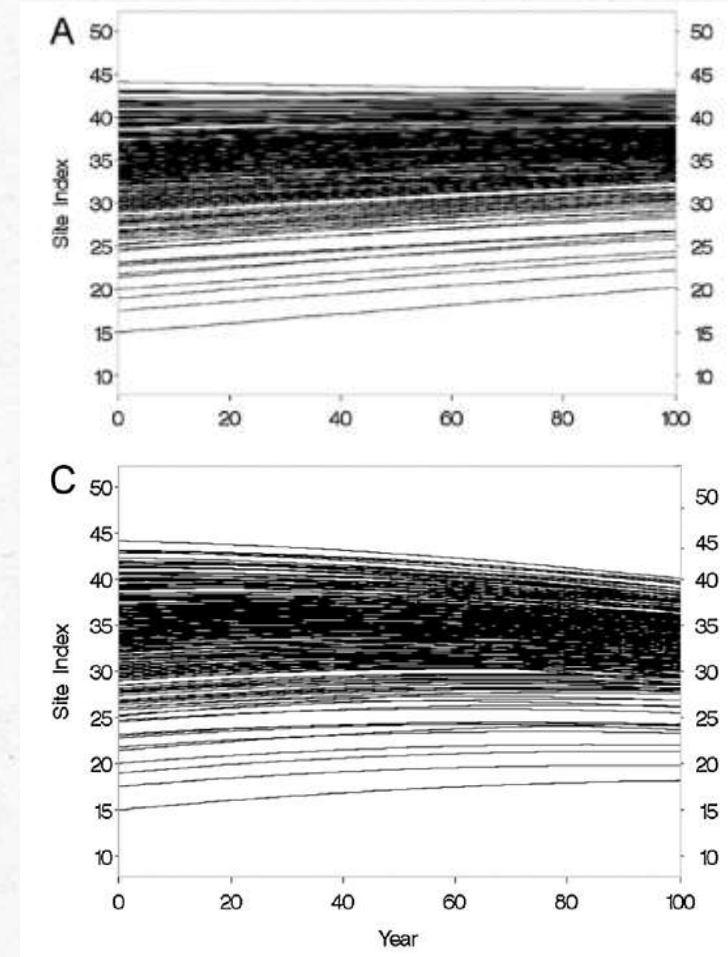
A dynamic environment-sensitive site index model for the prediction of site productivity potential under climate change

Chaofang Yue<sup>a</sup>, Hans-Peter Kahle<sup>b</sup>, Klaus von Wilpert<sup>a</sup>, Ulrich Kohnle<sup>a,\*</sup>

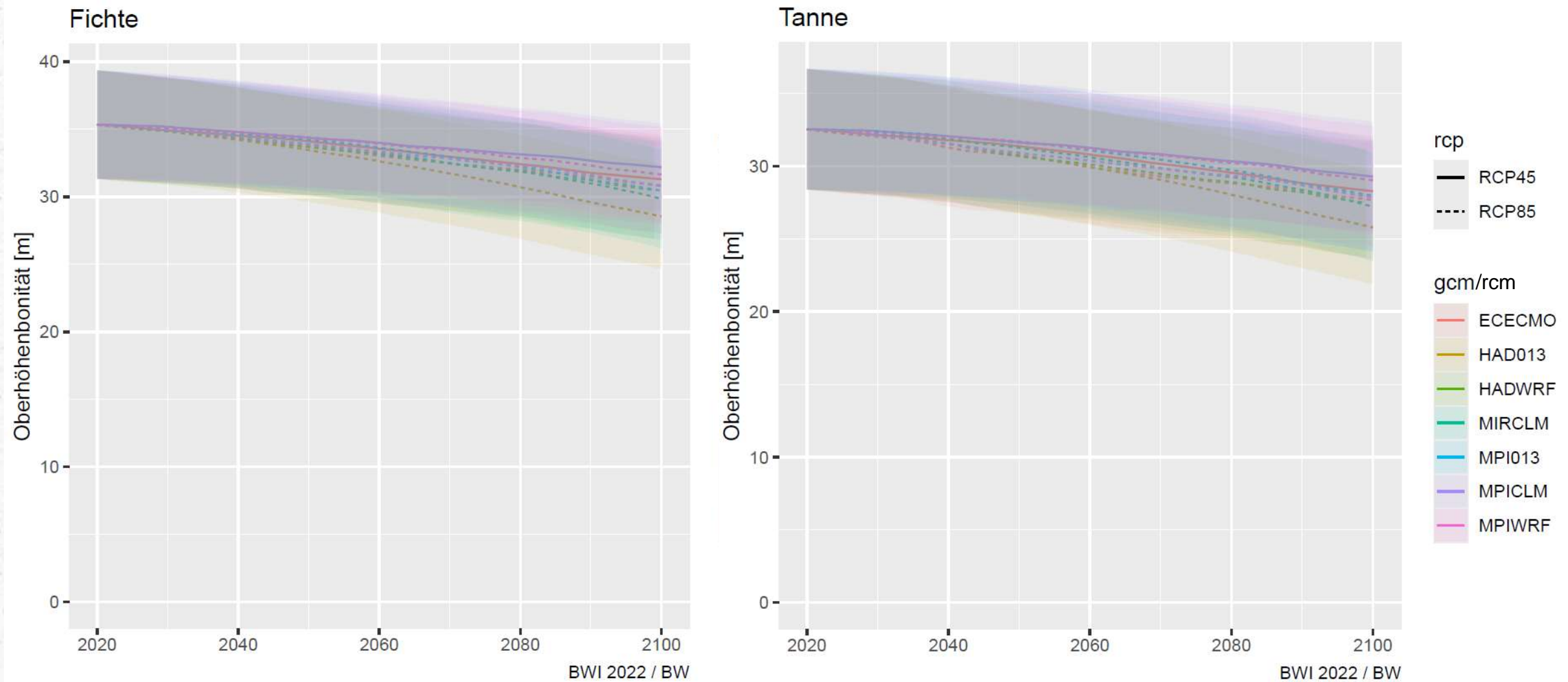
<sup>a</sup> Forest Research Station Baden-Württemberg, Wonnhaldestr. 4, 79100 Freiburg, Germany

<sup>b</sup> Albert-Ludwigs-University Freiburg, Institute of Forest Sciences, Chair of Forest Growth and Dendroecology, Tennenbacher Str. 4, 79106 Freiburg, Germany

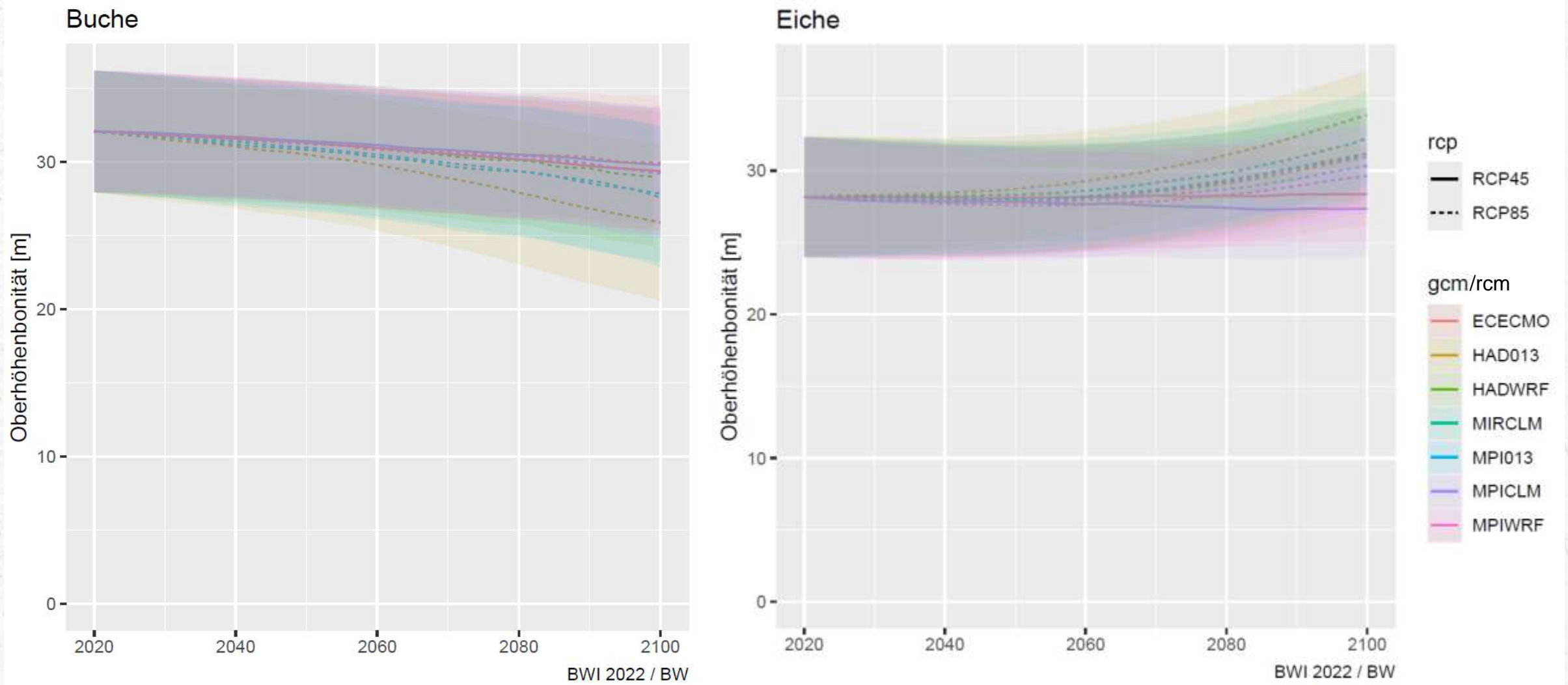
- Baden-Württemberg / Versuchsflächendaten
- Prädiktoren:
  - Temperatur in der Vegetationsperiode (3-8) – DWD 1880 - 2012
  - Niederschlag in der Vegetationsperiode (3-8) – DWD 1880 - 2012
  - jährliche Stickstoffdeposition – EMEP 1881 - 2008
  - de Martonne Ariditätsindex – abgeleitet
  - Interaktion zw. Niederschlag und Stickstoffdeposition
- Alters-Höhenbeziehung nach Sloboda (1971)
- $S_i(t+1) = a_1 S_i^{a_2}(t) \exp(a_3 \cdot T_i(t) + a_4 \cdot P_i(t) + a_5 \cdot AI_i(t) + a_6 \cdot N_i(t) + a_7 \cdot P_i(t) \cdot N_i(t))$
- Baumarten: Fichte, Tanne, Buche, Eiche
- Startbonität 2020: Standortsleistungsmodell NW-FVA
- Modell angetrieben durch 9 versch. Klimadatensätze



# das Bonitätsmodell II



# das Bonitätsmodell III





# Waldentwicklung

Zusammenhang Oberhöhenbonität <> Kohlenstoffspeicher

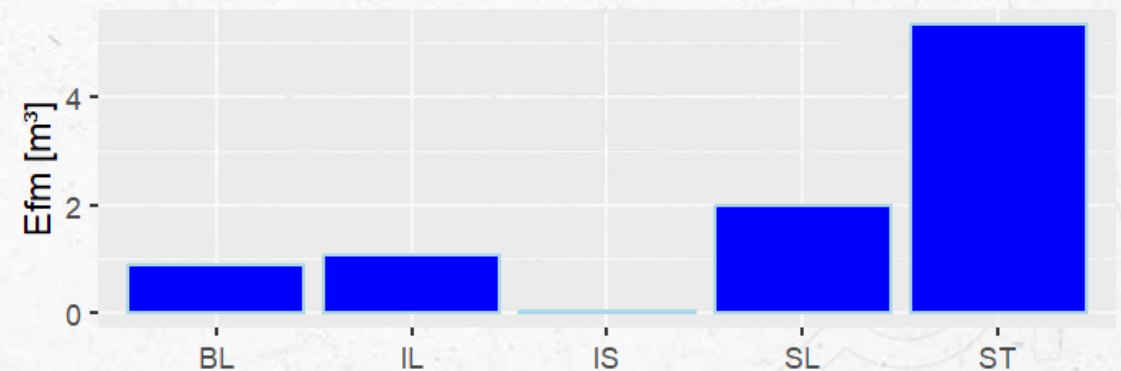
- hier kein Waldentwicklungsmodell
- Einsatz forstlicher Grundbeziehungen
- Albert et al. (2022)
  - Projektkontext MRS: Deutschland
  - gestaffelte Hochdurchforstung
  - **Fichte**, Kiefer, Douglasie, **Buche**, **Eiche**
  - enthalten Infos zum **ausscheidenden Bestand**
- Umtriebszeiten => f(OH100)
  - fixiert im Startjahr
- mittlerer Vorrat
- mittlerer Ertrag über Umtriebszeit
  - alle Altersphasen zu jedem Zeitpunkt
- Übersetzung von Efm >> Sorten
  - WEHAM-Sortiervorgaben
  - BDAT-Sortierung

Kennzahl	Fichte
OH100	35m
GWL	1341 m <sup>3</sup> /ha
Ertragsklasse	1
Umtriebszeit	100 Jahre
Vfm (mittel)	~350 m <sup>3</sup> /ha
Vfm (mittel)	~66 tC/ha
Efm (Summe)	975 m <sup>3</sup> /ha
Efm (mittel)	9,75 m <sup>3</sup> /ha/a
Efm (mittel)	1,85 tC/ha/a

ZG=Zielgröße

**ZG**

Fichte, OH100=35

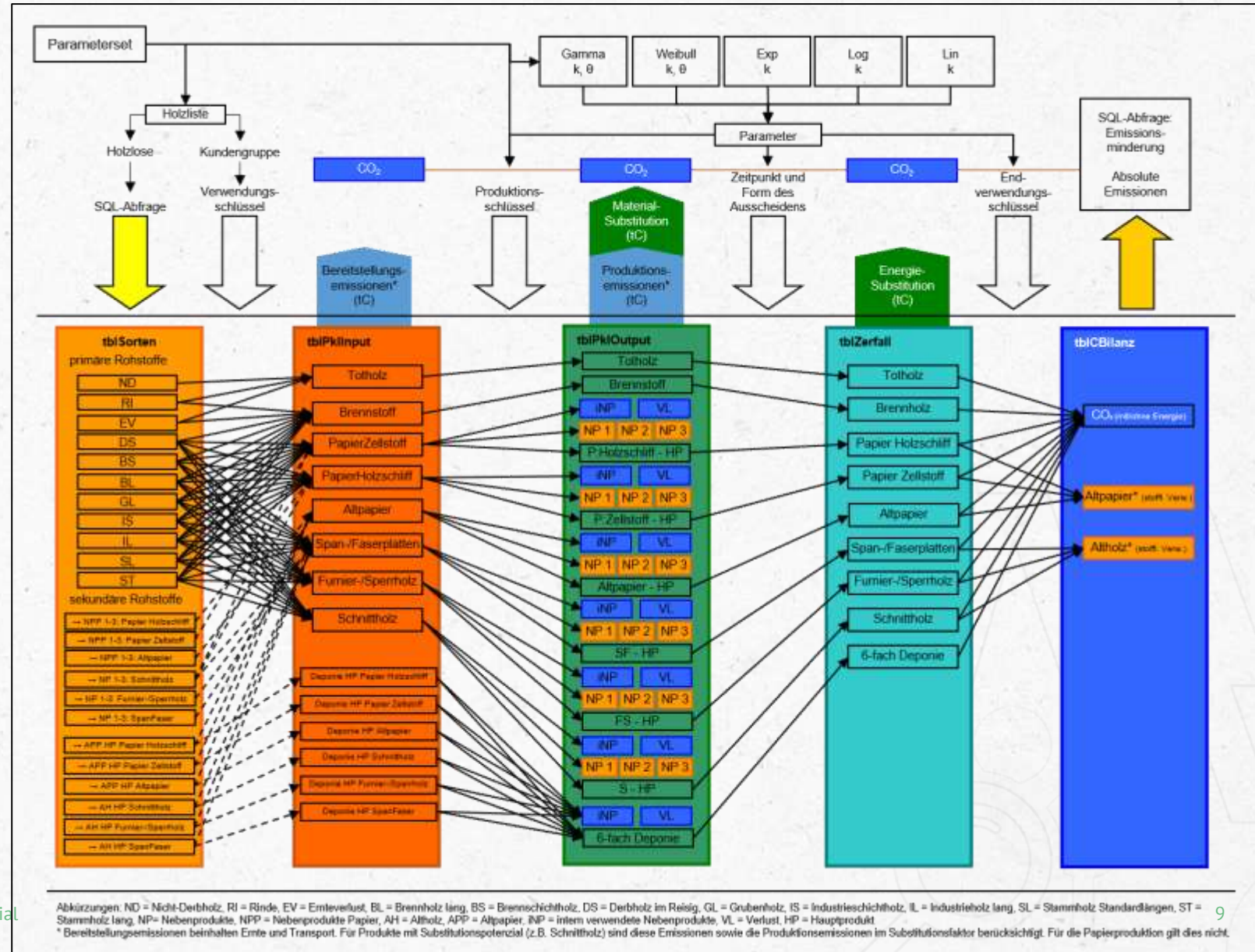




# Harvested Wood Products I

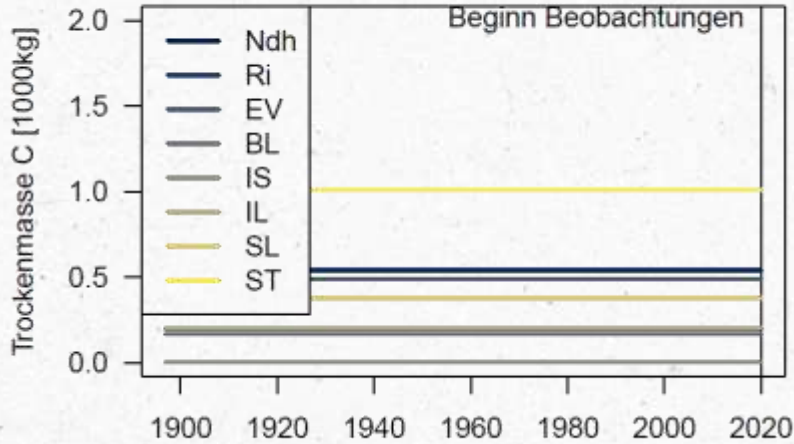
## Modellierung der Holzprodukte

- Angetrieben durch jährliches Sortenaufkommen
- Definition von
  - Verwendung
  - Aushaltung
  - Lebensdauern
  - Recycling
  - vgl. Kändler et al. (2012) und Vonderach (2018)
- Substitution vgl. Myllyviita et al. (2021)
  - stofflich: 1,5tC/tC
  - energetisch: 0,67 tC/tC
  - nur für 80% der Halbwaren
- Definition eines Anfangszustands
  - hier: 99,9% (stationärer Zustand)

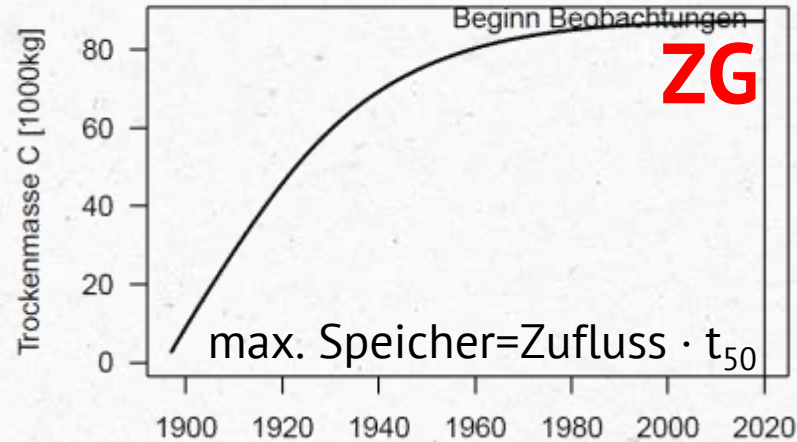


# Harvested Wood Products II

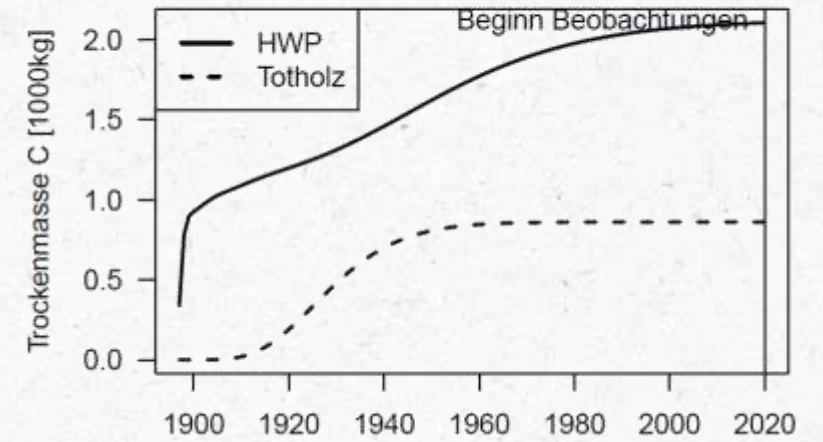
Erntemenge



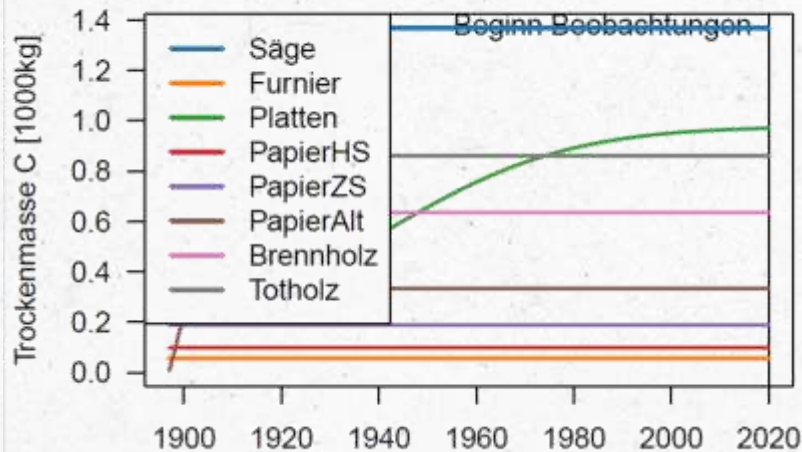
Entwicklung des HWP-Speichers



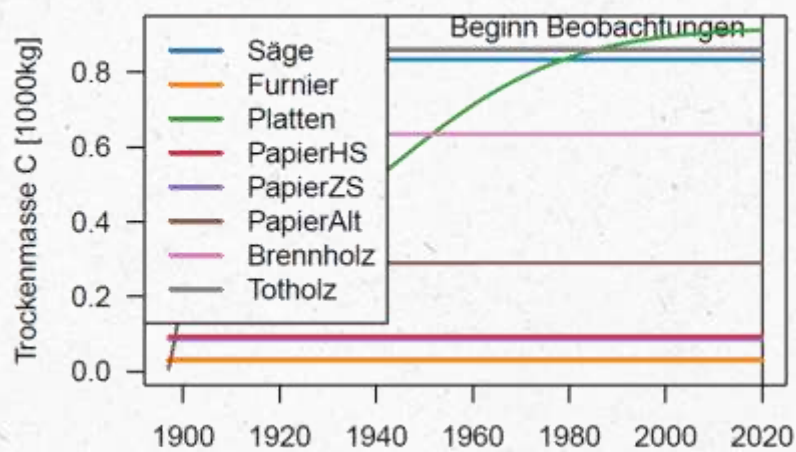
Emission des HWP-Speichers



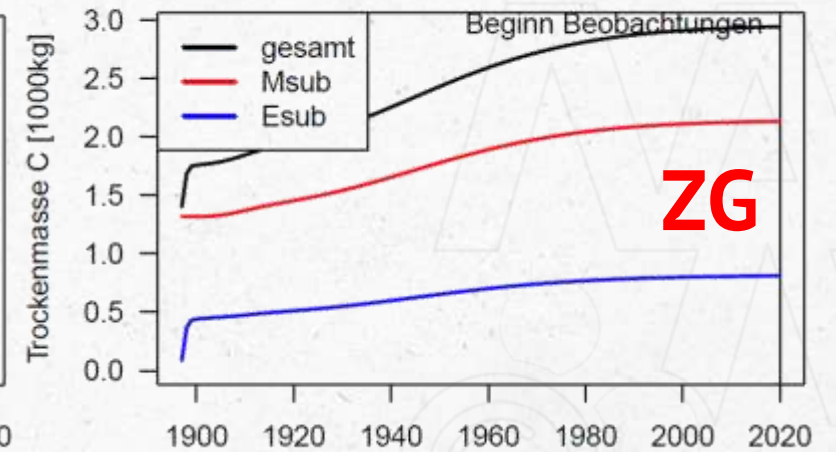
Entwicklung Eingangsmengen zur Produktion



Entwicklung der Produktionsmengen

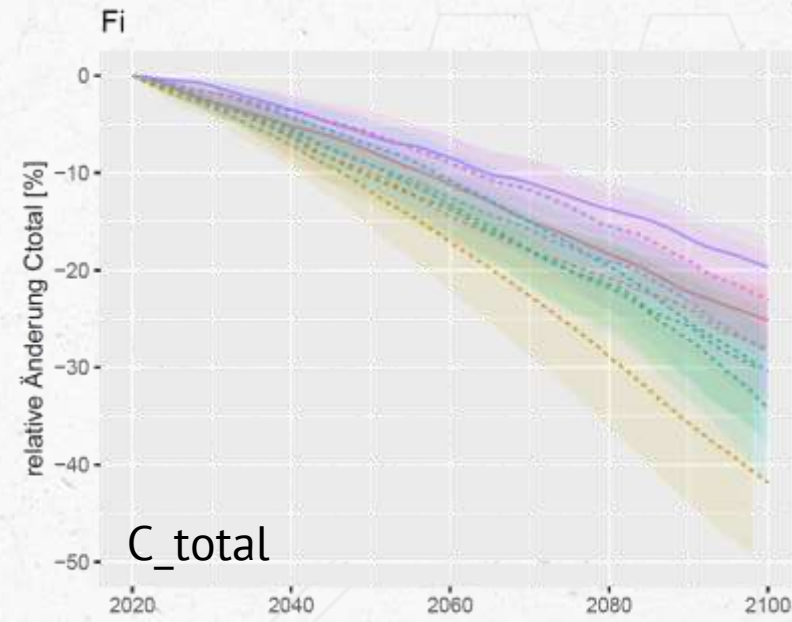
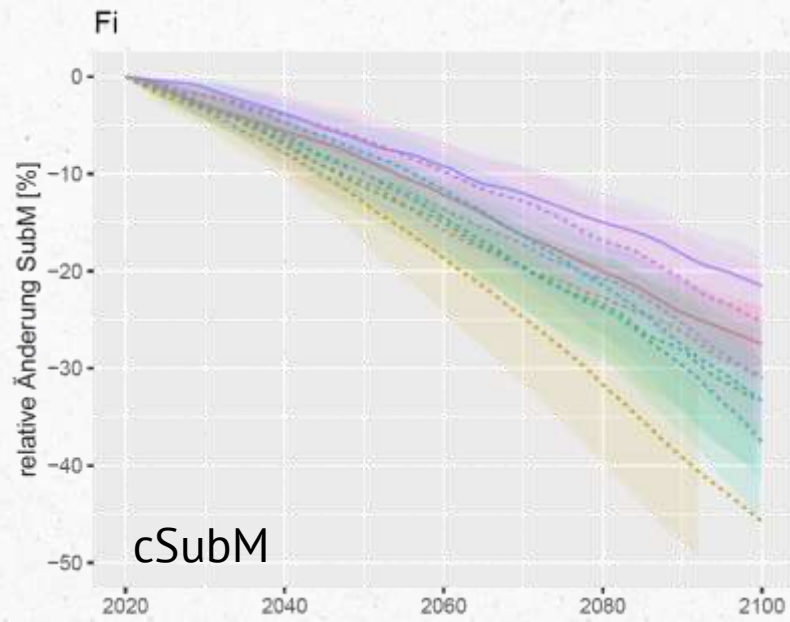
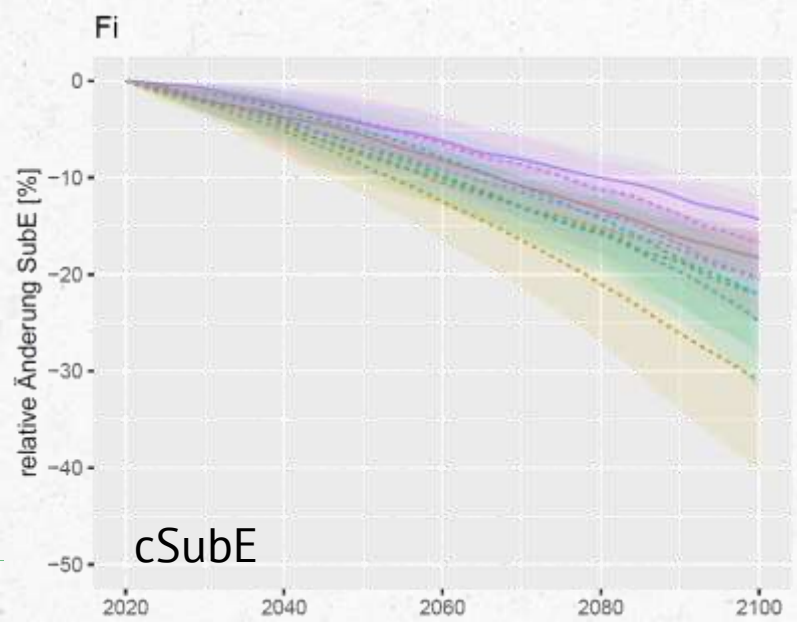
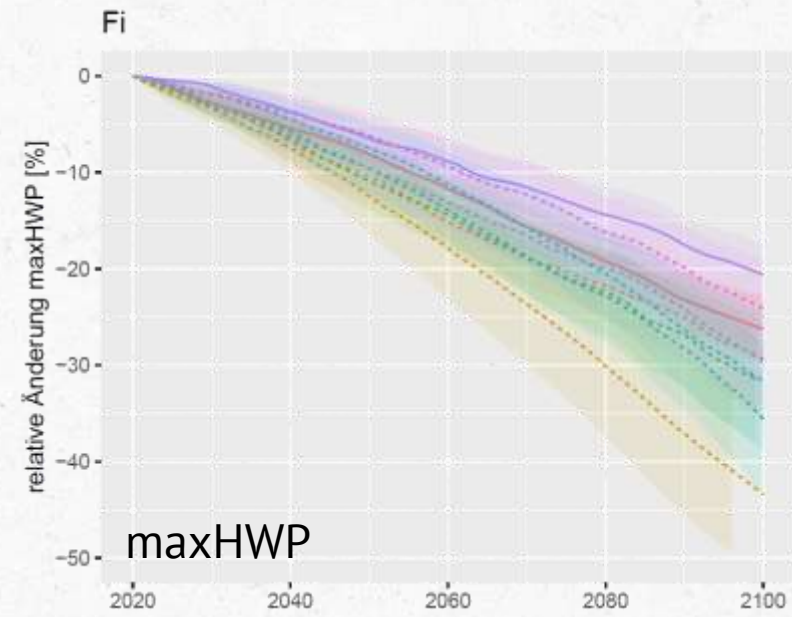
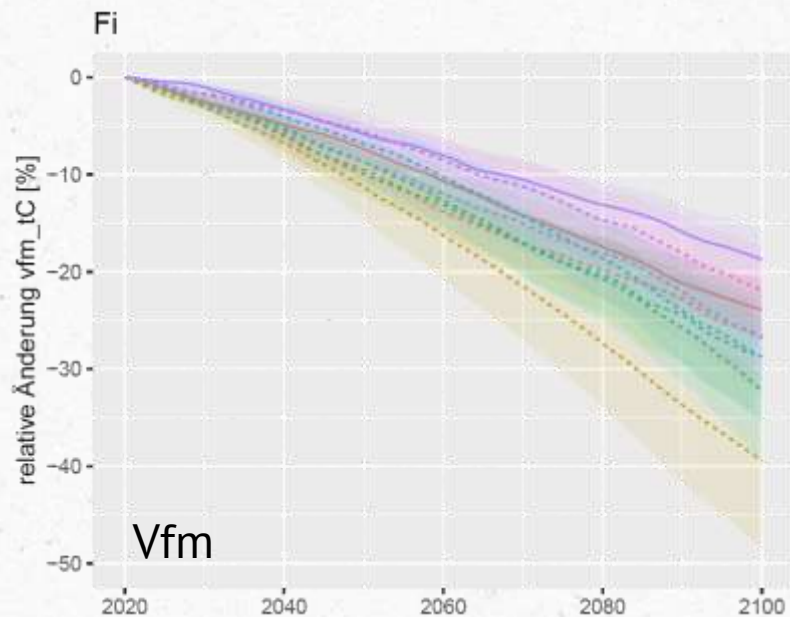
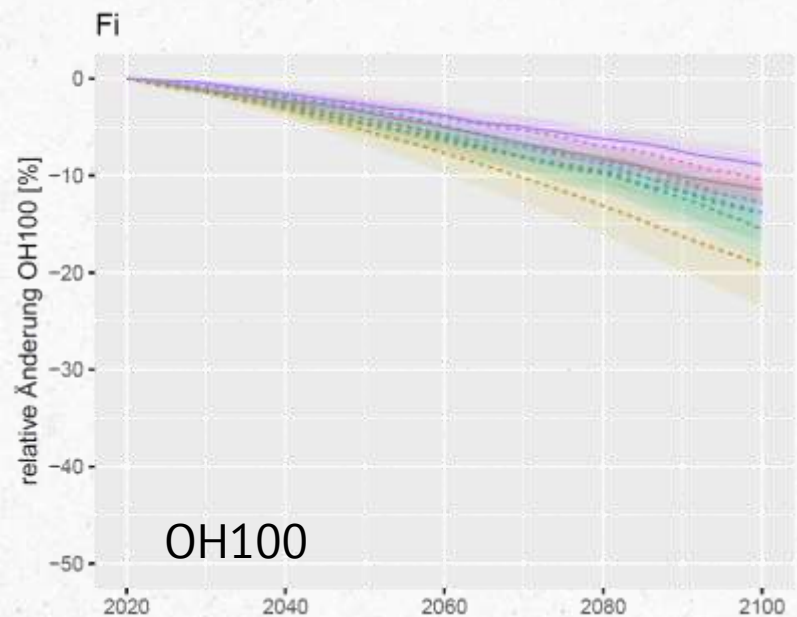


Entwicklung der Substitutionsleistung





# Ergebnis: C-Senkenpotential I





# Ergebnis: C-Senkenpotential I

Baumart	Zielgröße	RCP45		RCP85	
		2060	2100	2060	2100
Fichte	<b>OH100</b>	<b>-4%</b>	<b>-10%</b>	<b>-6%</b>	<b>-14%</b>
	Vfm_tC	-9%	-21%	-12%	-29%
	MaxHWP	-10%	-23%	-14%	-32%
	SubE	-7%	-16%	-10%	-22%
	SubM	-11%	-24%	-14%	-33%
	<b>TotalC</b>	<b>-10%</b>	<b>-22%</b>	<b>-13%</b>	<b>-30%</b>
Buche	<b>OH100</b>	<b>-3%</b>	<b>-8%</b>	<b>-4%</b>	<b>-11%</b>
	Vfm_tC	-5%	-12%	-7%	-18%
	MaxHWP	-5%	-11%	-7%	-17%
	SubE	-5%	-11%	-7%	-17%
	SubM	-5%	-11%	-7%	-17%
	<b>TotalC</b>	<b>-5%</b>	<b>-12%</b>	<b>-7%</b>	<b>-17%</b>
Eiche	<b>OH100</b>	<b>-1%</b>	<b>-1%</b>	<b>0,5%</b>	<b>11%</b>
	Vfm_tC	-1%	-2%	1%	15%
	MaxHWP	-2%	-2%	1%	22%
	SubE	-2%	-3%	1%	24%
	SubM	-2%	-2%	1%	21%
	<b>TotalC</b>	<b>-2%</b>	<b>-2%</b>	<b>1%</b>	<b>21%</b>

# C-Senkenleistung an BWI / BW

## Anpassung der Methodik

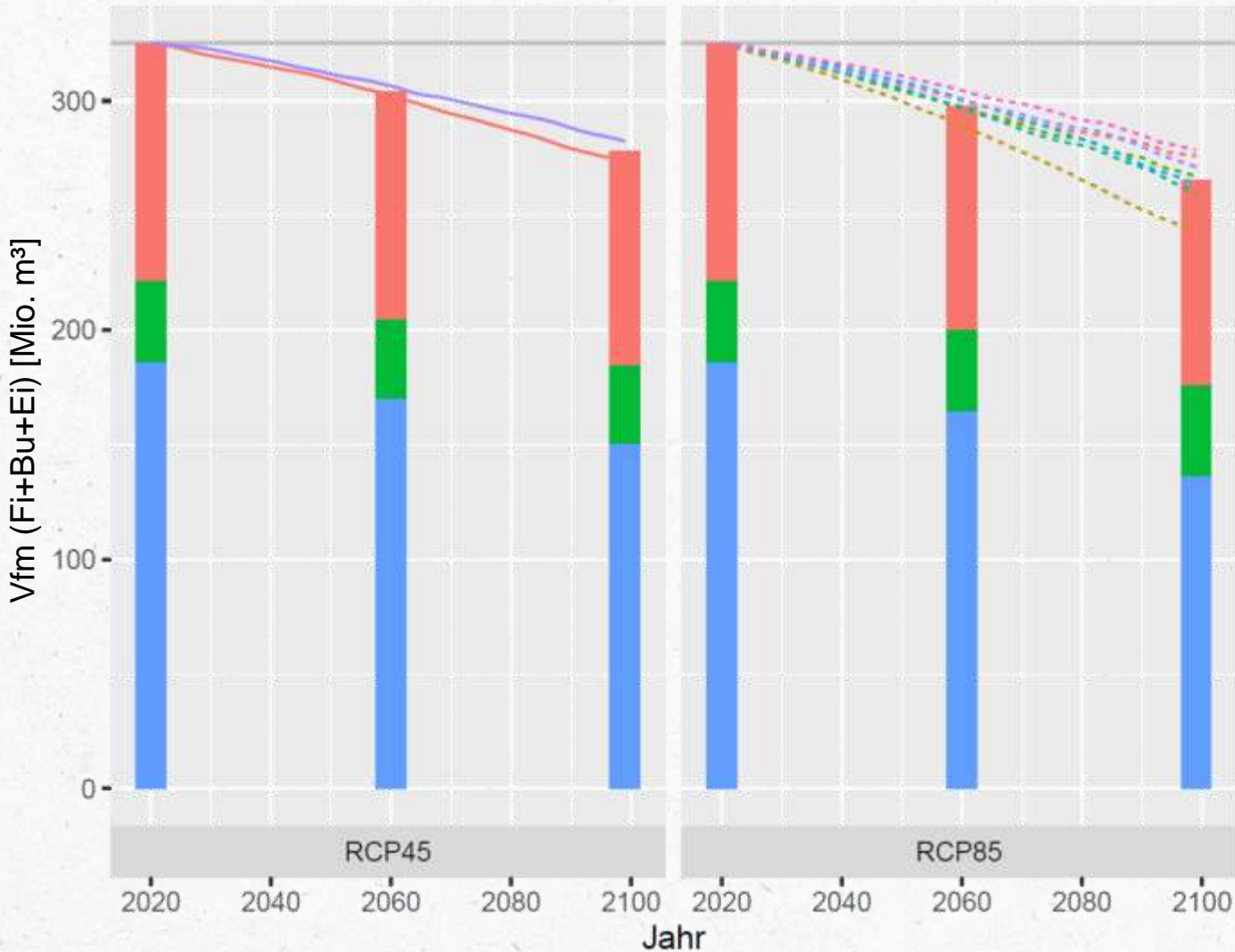
- Verknüpfung der BWI-Info mit Bonitäten und Ertragstafeln
  - mittleres Alter der BA an TE
  - Standflächenanteile
- RF = Repräsentationsfaktor
- CF = Correction Factor  
(Ursprung=weniger Traktecken in Studie als tatsächlich)
- Vorratshaltung ~ Alter unterscheidet sich deutlich zw. ET und BWI
- Kalibriert auf Anfangsvorrat (=BWI)
- keine Betrachtung von maxHWP und Substitution

# Ergebnisse: C-Senke an BWI/BW II

prognostizierte Vorratsentwicklung

BWI  
2022

in Mio. m<sup>3</sup>  
(% von 2020)



- rcp
- RCP45
  - RCP85
- gcm/rcm
- ECECMO
  - HAD013
  - HADWRF
  - MIRCLM
  - MPI013
  - MPICLM
  - MPIWRF
- ba
- bu
  - ei
  - fi

RCP	BA	2020	2060	2100
45	Fi	186 (100%)	170 (91%)	150 (81%)
	Bu	104 (100%)	100 (96%)	94 (90%)
	Ei	35 (100%)	34 (97%)	34 (97%)
	Σ	325 (100%)	304 (94%)	278 (86%)
	85	Fi	186 (100%)	165 (89%)
Bu		104 (100%)	98 (94%)	90 (87%)
Ei		35 (100%)	35 (100%)	39 (111%)
Σ		325 (100%)	298 (92%)	266 (82%)



# Zusammenfassung & Fazit

Mit welchen Konsequenzen müssen wir rechnen?

- Ergebnisse basieren auf Yue et al. (2016) – weitere Modelle folgen
- ausgewertet an 4x4-BWI-Traktecken in Baden-Württemberg
  1. als potentielle Baumarten
  2. auf Basis der BWI 2022 Ergebnisse (Baumarten, Standflächen, Alter)
- ohne Berücksichtigung
  - kürzere Umtriebszeiten
  - Absenkung Bestockungsgrad
  - Schadereignisse
- Konsequenzen:
  - Reduktion des Vorrats => Wald wird zur C-Quelle
  - geringere Bonität => geringerer Ertrag / geringere Dimensionen => HWP wird zur Quelle
  - Substitution spielt u.U. perspektivisch keine Rolle mehr
- stille Hoffnung:
  - das Modell ist zu pessimistisch

Absenkung  
Bestockungsgrad als  
Anpassung an reduzierte  
Wasserverfügbarkeit  
(del Campo et al. 2022)

durch eine geringere Bonität würde  
die Umtriebszeit steigen; durch  
Fixierung im Startjahr, findet de-  
facto eine Reduzierung der  
Umtriebszeit statt

Vielen Dank für  
Ihre Aufmerksamkeit!



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit  
und Verbraucherschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



- Albert, M., Nagel, J., Schmidt, M., Nagel, R.V., Spellmann, H. Eine neue Generation von Ertragstafeln. AFZ-Der Wald 15/2022.
- Antonio D. del Campo, Kyoichi Otsuki, Yusuf Serengil, Juan A. Blanco, Rasoul Yousefpour, Xiaohua Wie (2022): A global synthesis on the effects of thinning on hydrological processes: Implications for forest management, *Forest Ecology and Management* 519, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120324>
- Myllyviita, Tanja, Sampo Soimakallio, Jáchym Judl, und Jyri Seppälä. „Wood Substitution Potential in Greenhouse Gas Emission Reduction– Review on Current State and Application of Displacement Factors“. *Forest Ecosystems* 8, Nr. 1 (Dezember 2021): 42. <https://doi.org/10.1186/s40663-021-00326-8>.
- Kändler, G., A. Hellbach, M. Weist, und C. Vonderach. „Beitrag der Waldbewirtschaftung zur Abmilderung des Klimawandels – Methodische Grundlagen für die Bilanzierung des Beitrags der Holznutzung zur Minderung der CO<sub>2</sub> -Belastung in Baden-Württemberg“. KLIMOPASS. Karlsruhe: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, 2012.
- Snover, Amy & Mauger, Guillaume & Whitely Binder, Lara & Krosby, Meade & Tohver, Ingrid. (2013). *Climate Change Impacts and Adaptation in Washington State: Technical Summaries for Decision Makers*. 10.13140/RG.2.1.3871.5364.
- Vonderach, Christian, und Gerald Kändler. „Projekt Waldproduktivität – Kohlenstoffspeicherung – Klimawandel Standortdaten und Waldwachstum an den Punkten der Bundeswaldinventur. Kapitel 8: Modellierung der Kohlenstoffspeicherung.“ Abschlussbericht, 2018.
- Yue, Chaofang, Hans-Peter Kahle, Klaus von Wilpert, und Ulrich Kohnle. „A dynamic environment-sensitive site index model for the prediction of site productivity potential under climate change“. *Ecological Modelling* 337 (10. Oktober 2016): 48–62. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2016.06.005>.