

# Entwicklung der Produktivität der Wälder

Ralf-Volker Nagel

**Abt. Waldwachstum, Sachgebiet Ertragskunde**

ralf.nagel@nw-fva.de



**NW-FVA**

Nordwestdeutsche  
Forstliche Versuchsanstalt

Fortbildung der NW-FVA  
Wasser- und Kohlenstoffhaushalt von Wäldern im Klimawandel  
Lampertheim, 07.06.2023

- **Grundlagen und Begriffe**
- **Trends des Waldwachstums der jüngeren Vergangenheit**
- **Projektionen zur Produktivität der Baumarten im Klimawandel**
- **Schlussfolgerungen**

# Grundlagen und Begriffe

---

**Nettoprimärproduktion:** Gesamtmenge organischen Materials, das von Organismen mittels Photosynthese produziert wird

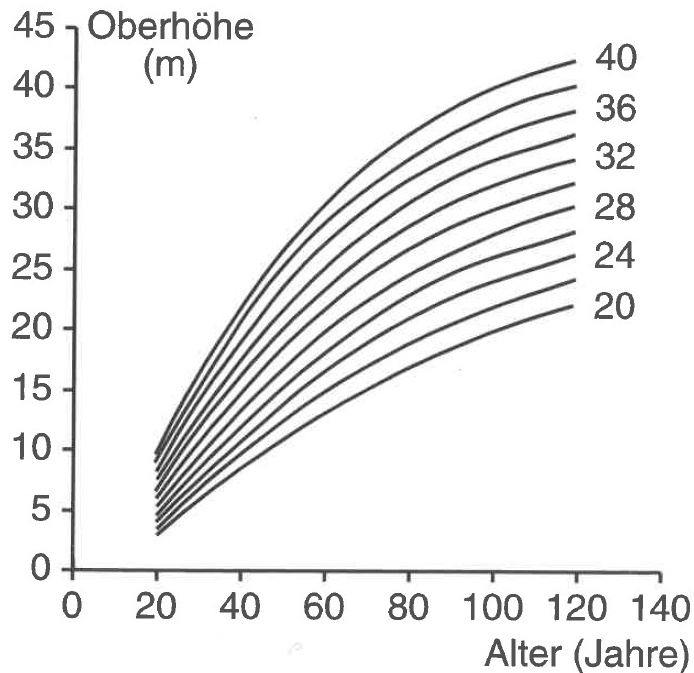
Ertragskunde misst i.d.R. **nur (Derb-)Holzvolumenproduktion** als begrenzten Ausschnitt

Klassische Ertragstafeln als immer noch gebräuchliche Bestandeswachstumsmodelle beruhen auf allometrischen Funktionen

**Allometrie** (von gr.: „allos“ = alles und „metrie“ = messen): Wachstumsgrößen entwickeln sich in unterschiedlicher Geschwindigkeit, deren Relation aber durch mathematische Fkt. beschrieben werden kann; früher vorausgesetzt: Standortskonstanz

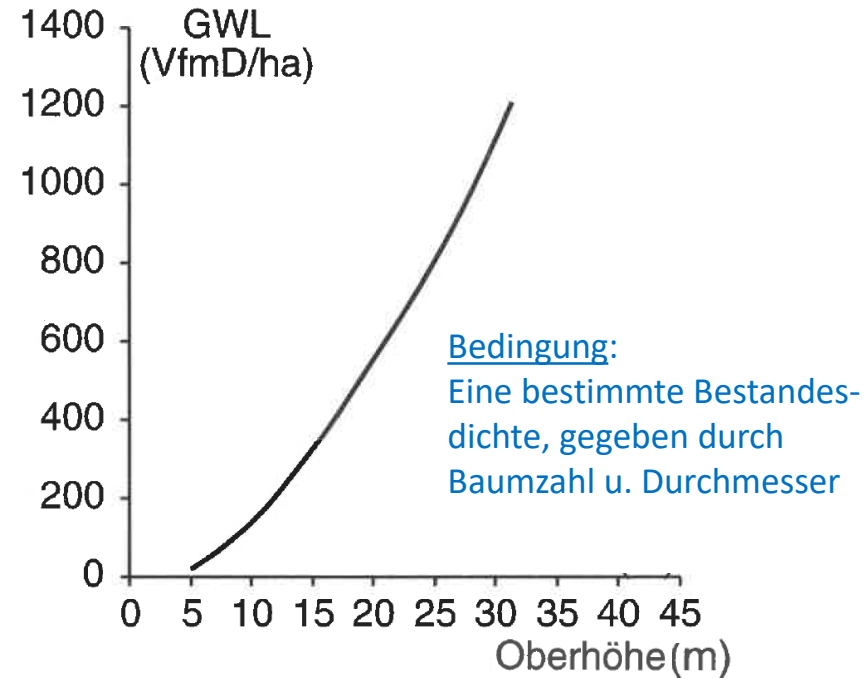
# Grundlagen und Begriffe

## I Einordnungsbeziehung



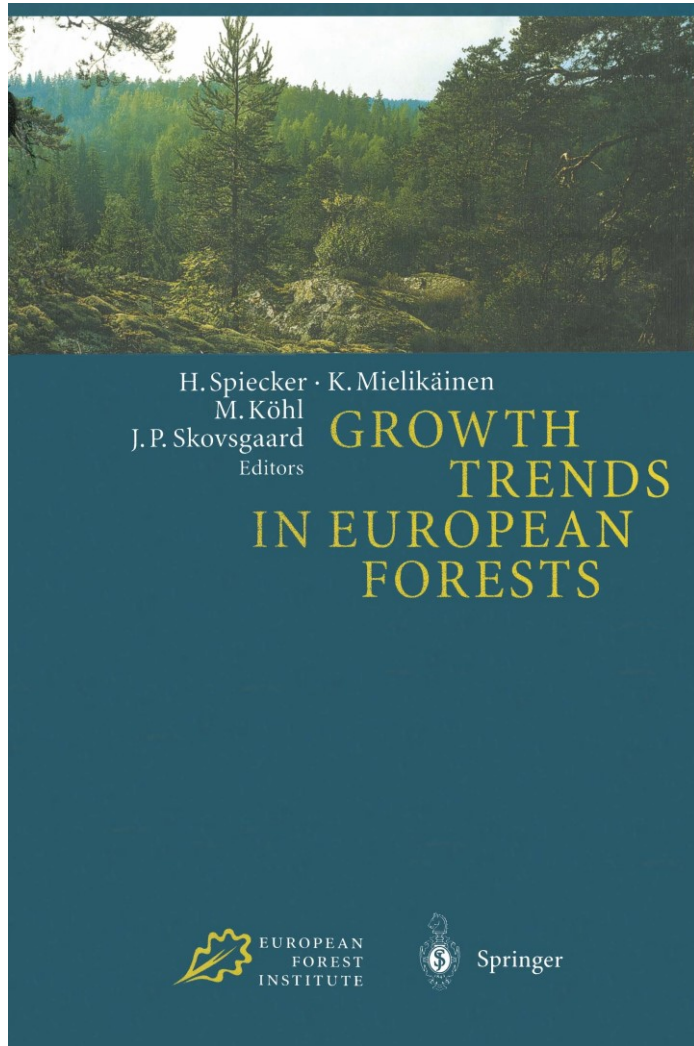
Höhe = f(Elemente des Standortes [Boden, Klima])

## II Grundbeziehung der Produktivität



III Endbeziehung: Umrechnung in Gesamtwuchsleistung über Alter

# Trends des Waldwachstums der jüngeren Vergangenheit

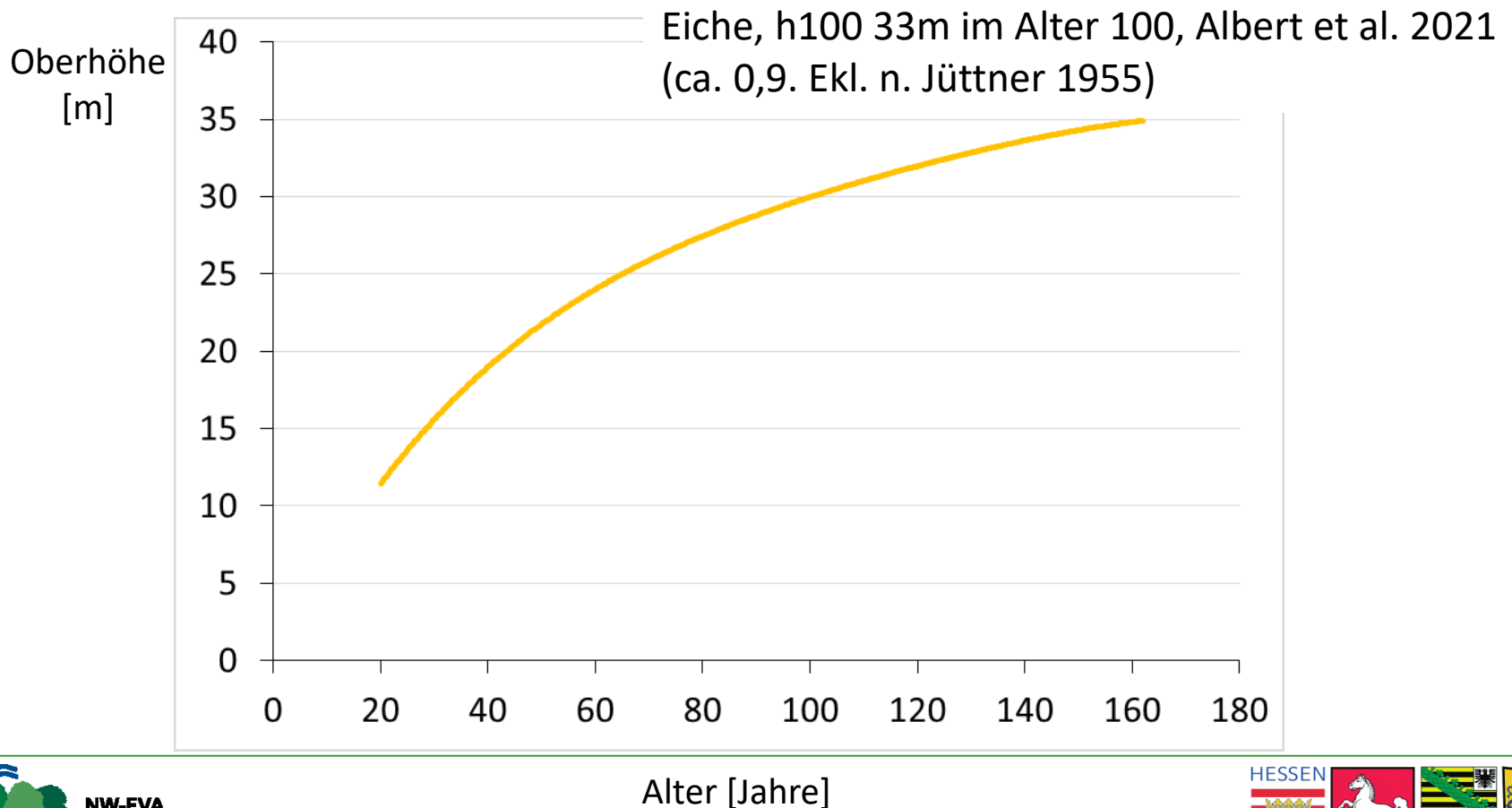


- Europaweite Studie in den 1990er Jahren
- retrospektive Veränderungen des Wachstums der Wälder
- räumlich differenzierte, häufiger noch positive Trends
- Ursache: tlw. Verbesserung standörtlicher Minimumfaktoren (Wärme, N-Einträge)

# Trends des Waldwachstums der jüngeren Vergangenheit

Hessen:

Beispiel Traubeneiche im Spessart



# Trends des Waldwachstums der jüngeren Vergangenheit

---

## Bezug auf Hessen:

Beispiel Traubeneiche im Spessart

**Versuch Schlüchtern 58**, Keimjahr 1856

Betriebswerk 1868:

*„Eiche ... meist genügend bestanden und wüchsig, zum Theil noch lückig, die alten Eichen (250 – 300jährig) anbrüchig“;*

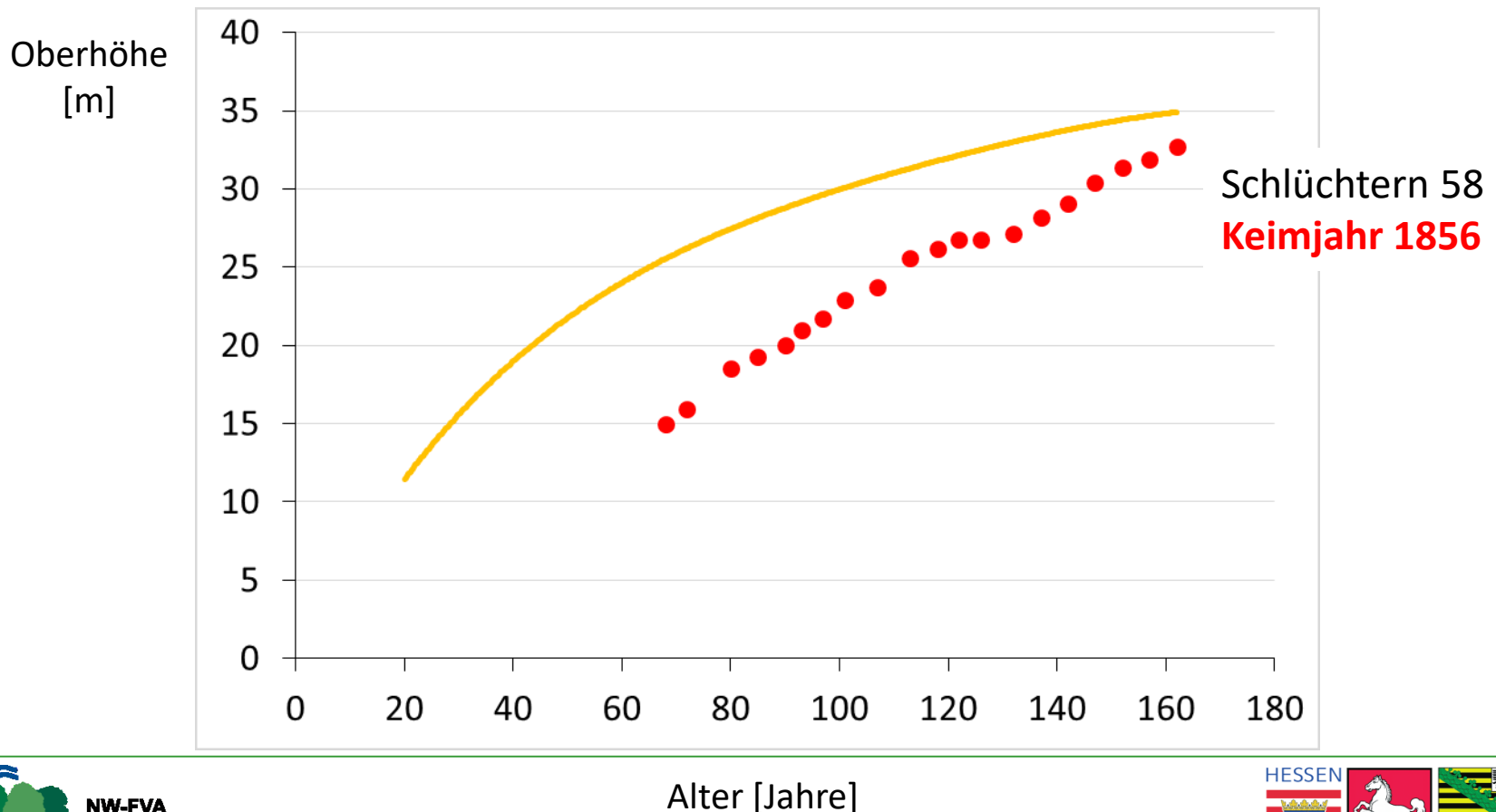
Betriebswerk 1879:

*„... örtlich – auf ca. 2 ha – noch ungenügend bestockt (noch mit Heide kämpfend)“*

# Trends des Waldwachstums der jüngeren Vergangenheit

Hessen:

Beispiel Traubeneiche im Spessart

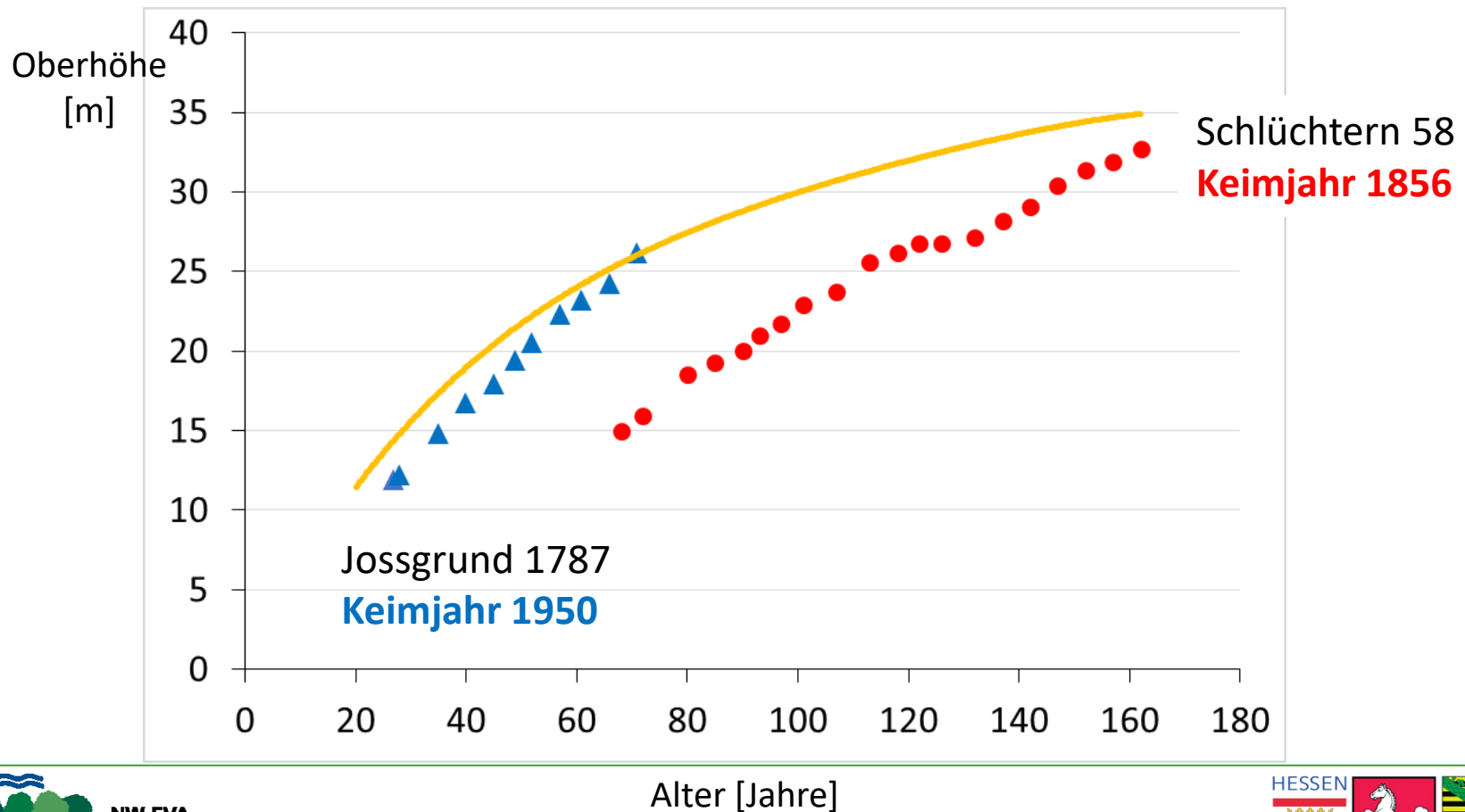




# Trends des Waldwachstums der jüngeren Vergangenheit

Hessen:

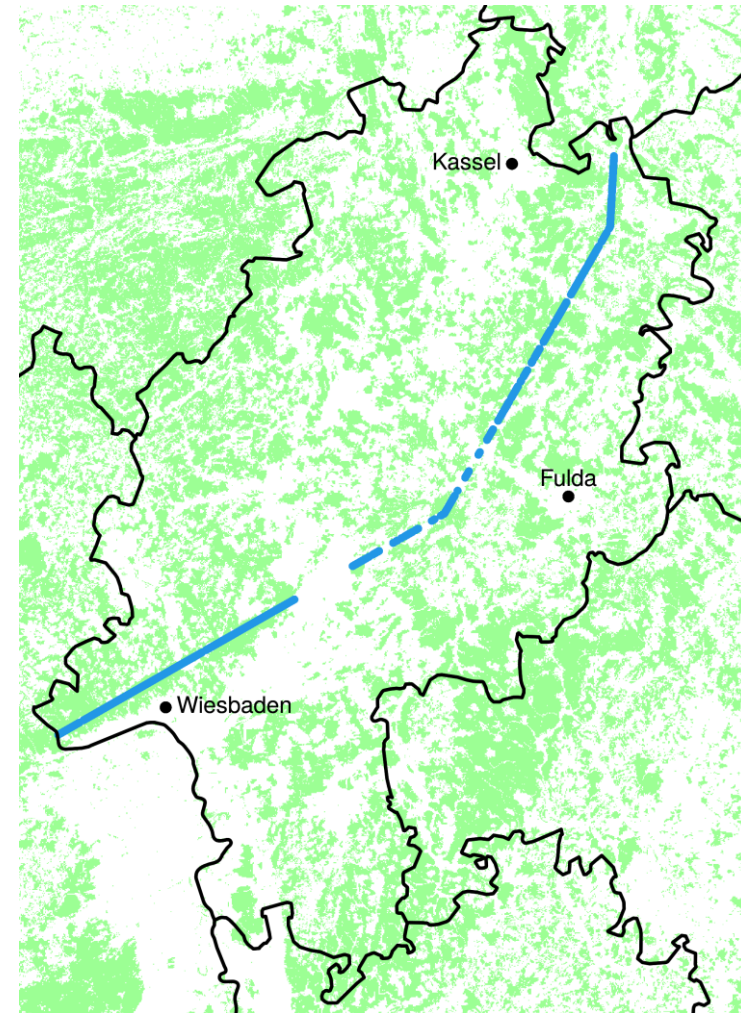
Beispiel Traubeneiche im Spessart



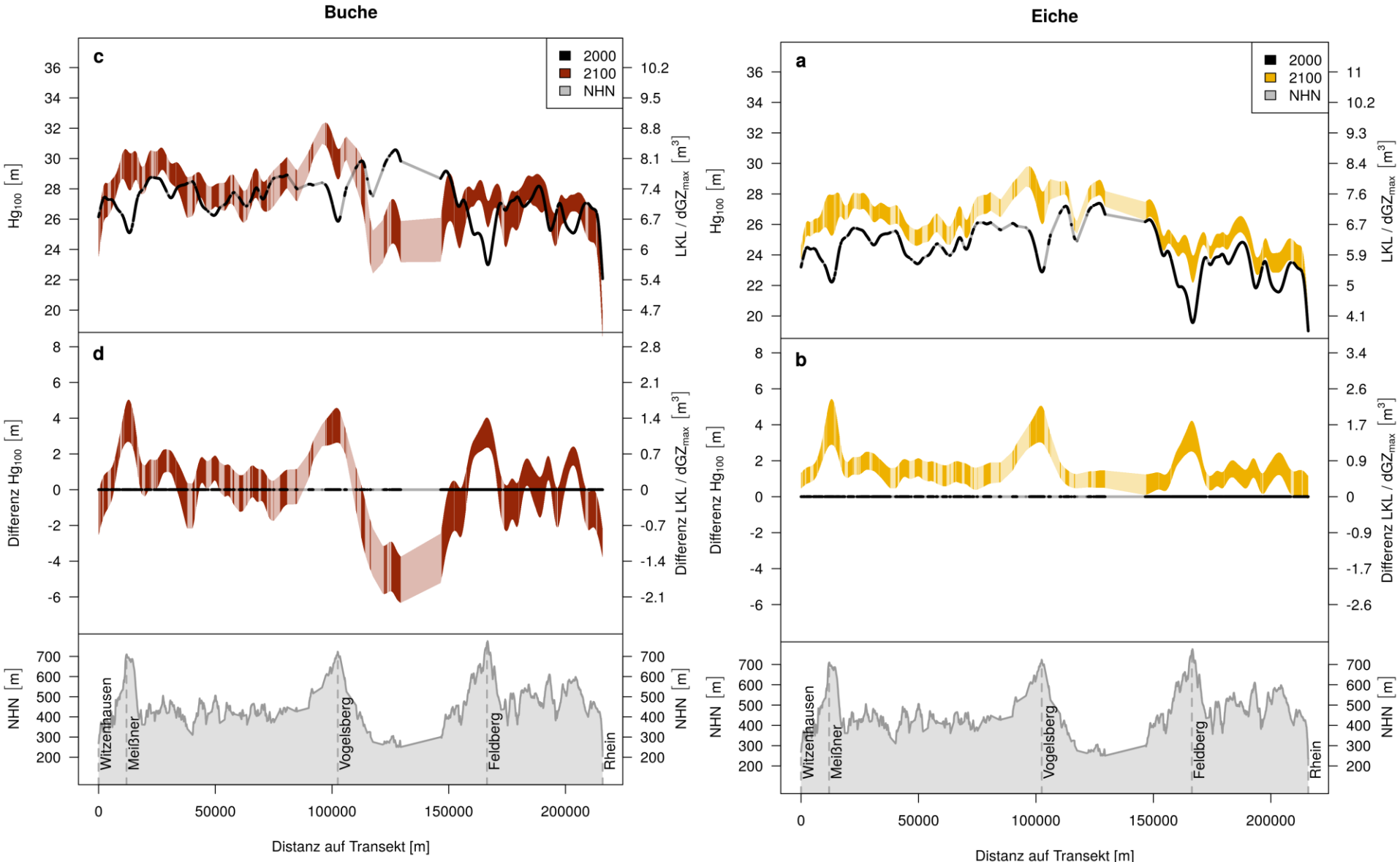
# Projektionen zur Produktivität der Baumarten im Klimawandel

- Standort-Leistungs-Modelle (SLM)<sup>1</sup> für wichtige Baumarten
- Statistische Modelle
- Breite Inventurdatengrundlage
- Analogieschluss auf künftige Produktivität von heute wärmsten, trockensten StaO ausgehend
- Zielgröße:  
Hg im Alter 100 abhängig von Trophie, GWH, TSum, NSum, NDep)
- Bilanzgrößen für Keimjahr

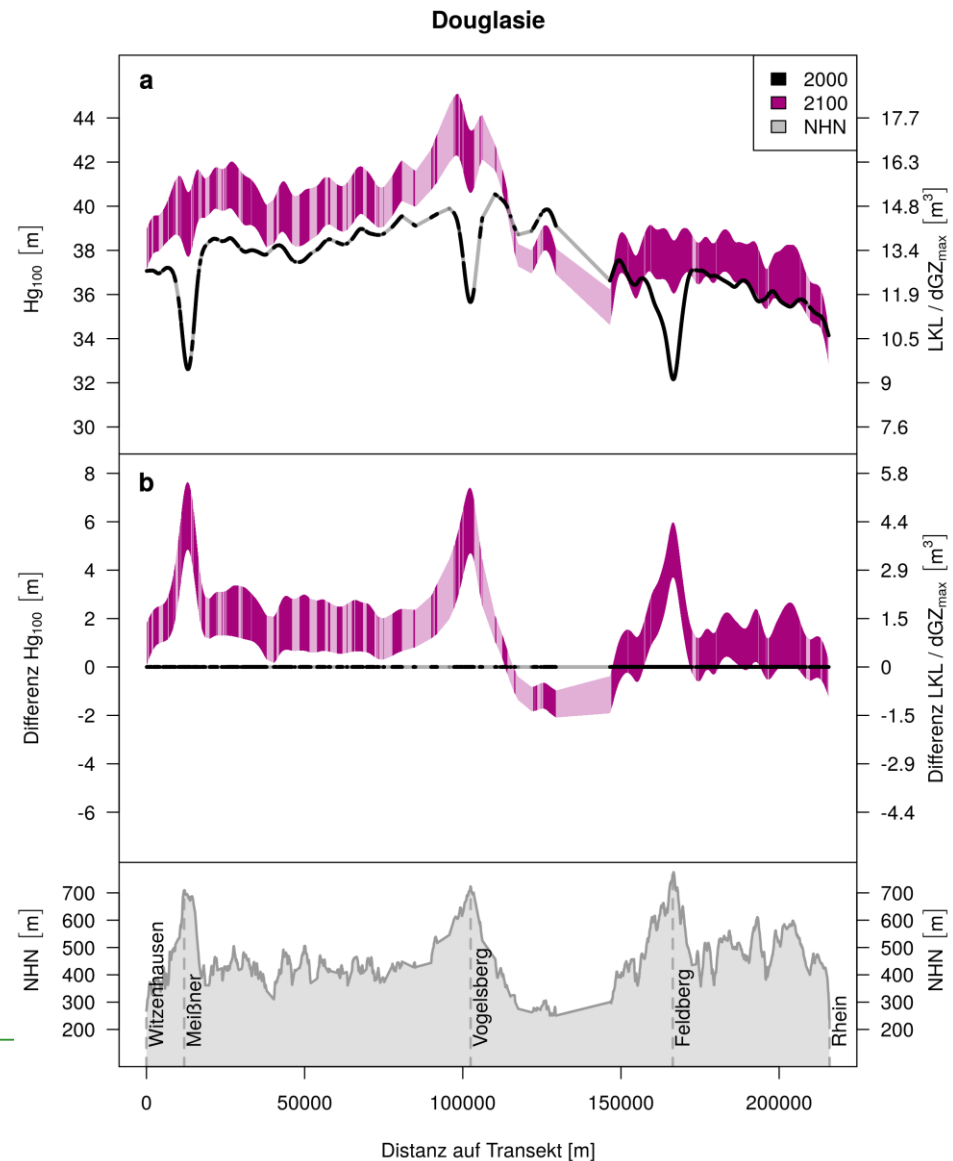
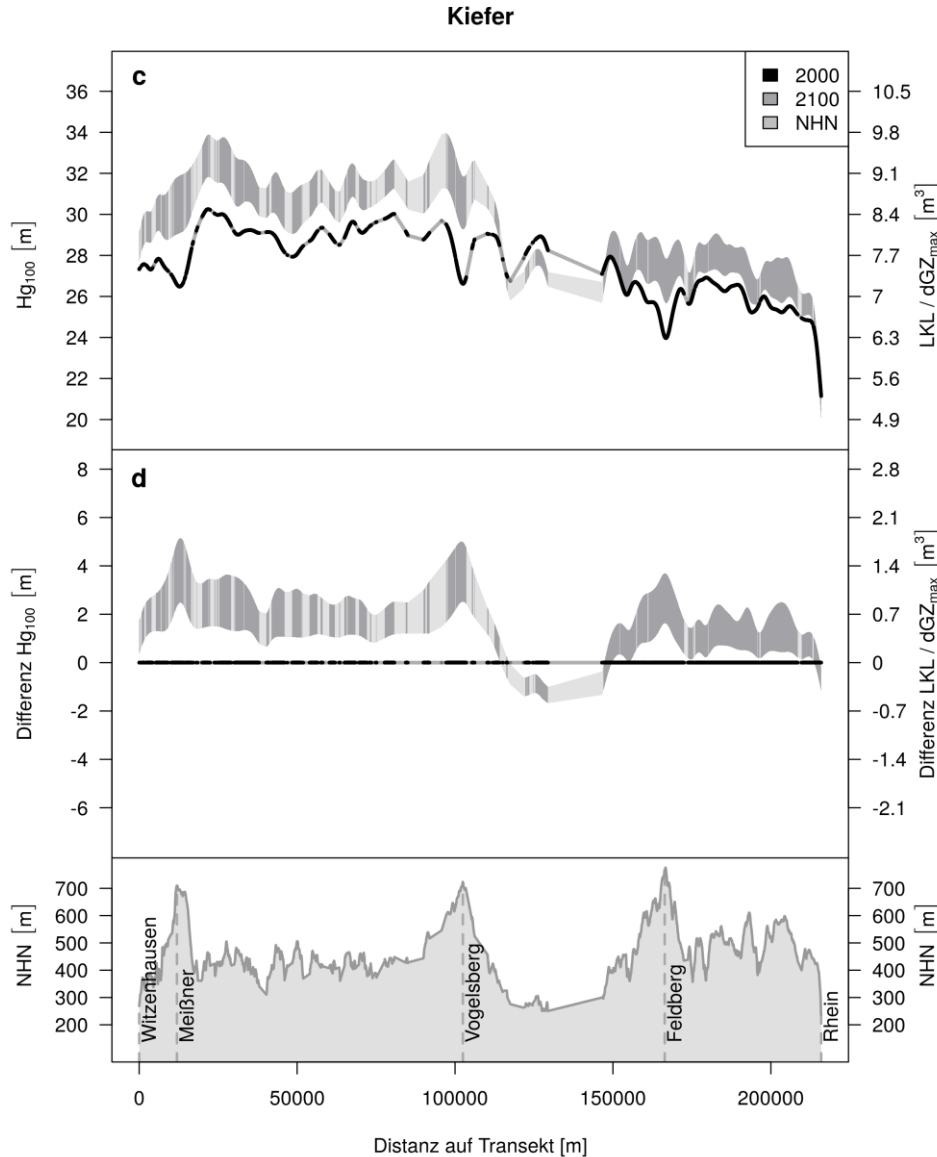
## Transekt durch Hessen



# Projektionen zur Produktivität der Baumarten im Klimawandel



# Projektionen zur Produktivität der Baumarten im Klimawandel



# Schlussfolgerungen

---

- Annahme von Standortskonstanz auch bisher nicht zutreffend
- Standortveränderungen der jüngeren Vergangenheit (leichte Temperaturerhöhung, Regeneration übernutzter Standorte, N-Einträge, Rückgang Schwefeldeposition, Kompensationskalkung) mit überwiegend positiver Wirkung auf die Produktivität der Wälder
- Anhalten dieses Trends ist mit dem Klimawandel auf vielen Standorten nicht mehr unbedingt gegeben, v. a. pflanzenverfügbares Wasser in der Vegetationsperiode als limitierend erwartet
- Auswirkungen der Standortveränderungen wirken nicht bei allen Baumarten gleich
- Statistische Modelle zur Abschätzung der Folgen für die Produktivität der Wälder sind in Entwicklung, aber komplexere Einordnung notwendig:  
Stichworte: Pathogene, erhöhte Mortalität, Wirkung von Extremjahren – Kronenzustand, BHD-Zuwachs aus Jahrringanalysen

# Klimaangepasste Waldbauplanung in Hessen

Ralf-Volker Nagel

**Abt. Waldwachstum, Sachgebiet Ertragskunde**

ralf.nagel@nw-fva.de



**NW-FVA**

Nordwestdeutsche  
Forstliche Versuchsanstalt

Fortbildung der NW-FVA  
Wasser- und Kohlenstoffhaushalt von Wäldern im Klimawandel  
Lampertheim, 07.06.2023

- **Grundsätzliche Überlegungen**
- **Stand der klimaangepassten Baumartenwahl**
- **Überprüfung von Alternativbaumarten**
- **Ausblick**

# Grundsätzliche Überlegungen

## Waldumbau

seit ca. 1990

Notwendigkeit  
forcierten Umbaus

## Klimawandel

### Intensives Störungsregime

- Dürre, Stürme
- Insekten, z.T. neue Pathogene, Arealverschiebungen
- Destabilisierung
- Flächenanteile im Risiko
- Schadflächen

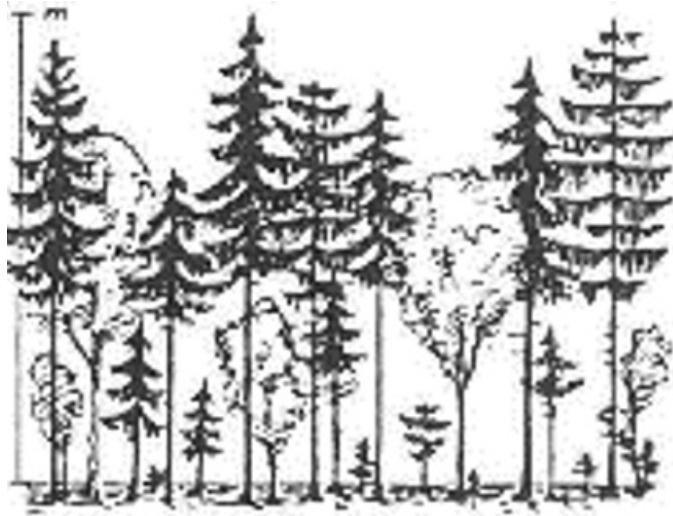
- Erhaltung/Wiederherstellung der Waldfunktionen (inkl. Produktivität)
- Walderhaltung

- sehr schwierige waldbauliche Bedingungen
- tlw. Überforderung der Anpassungsfähigkeit von Baumarten



# Grundsätzliche Überlegungen

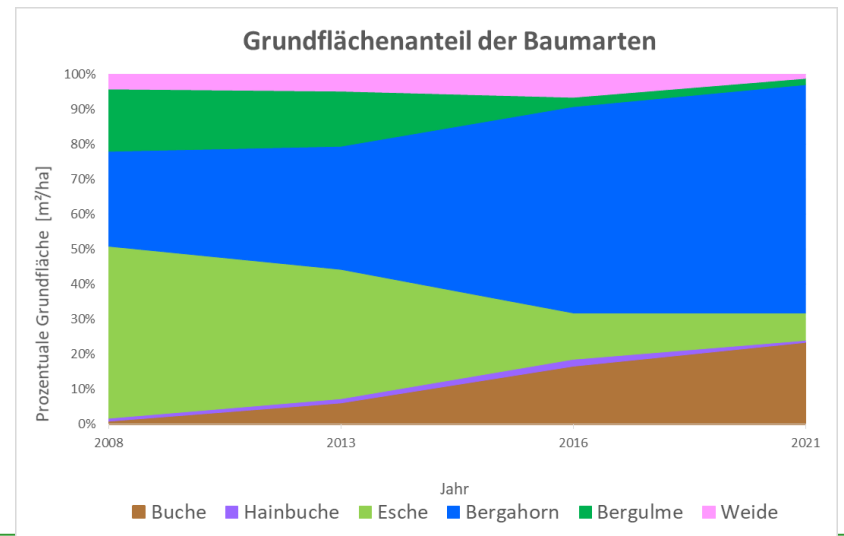
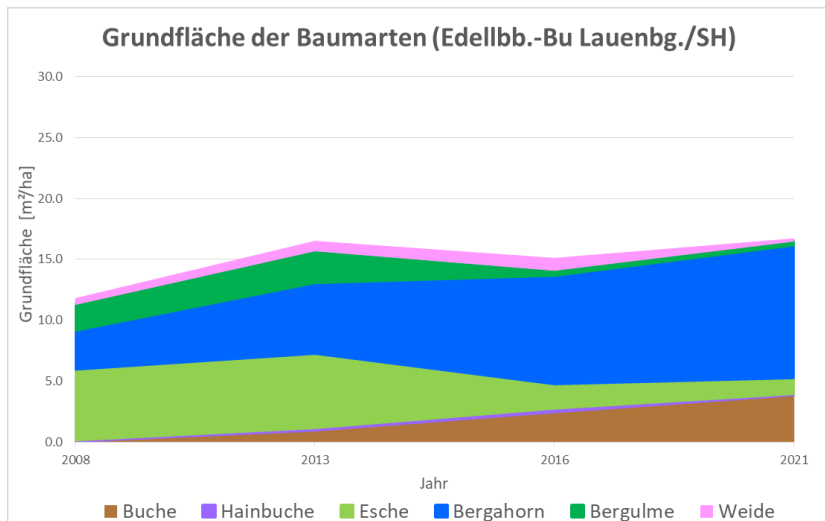
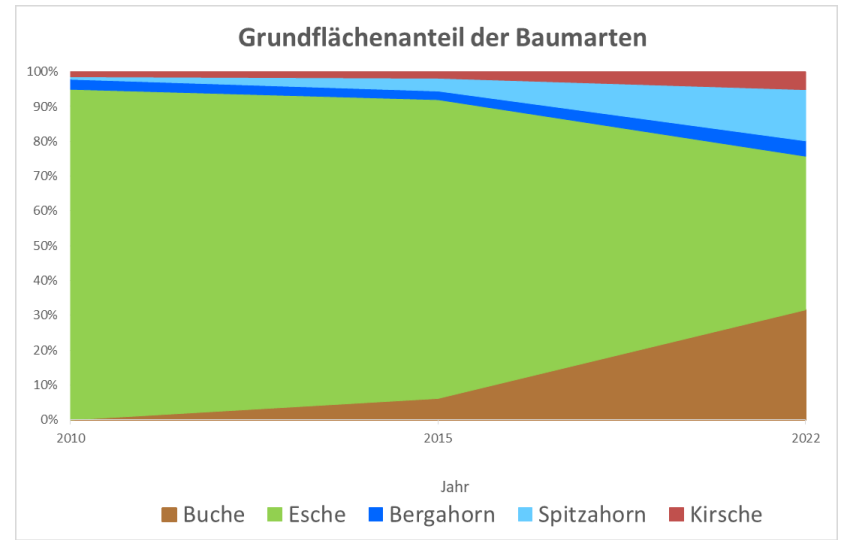
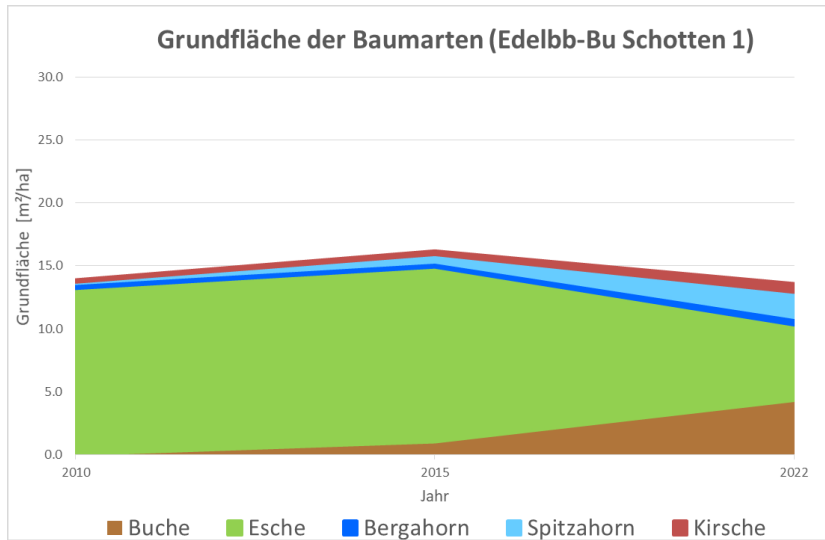
Waldumbau:



„struktureiche  
Mischwälder“

Grundannahmen:

- Störungen (biotisch, abiotisch) wirken oft art- oder strukturspezifisch
- Mosaik von Arten u. Strukturen senkt Anfälligkeit u. Betroffenheit
- Diversität verbessert Elastizität u. Resilienz sowie die Produktivität



# Grundsätzliche Überlegungen

## Spannungsfelder

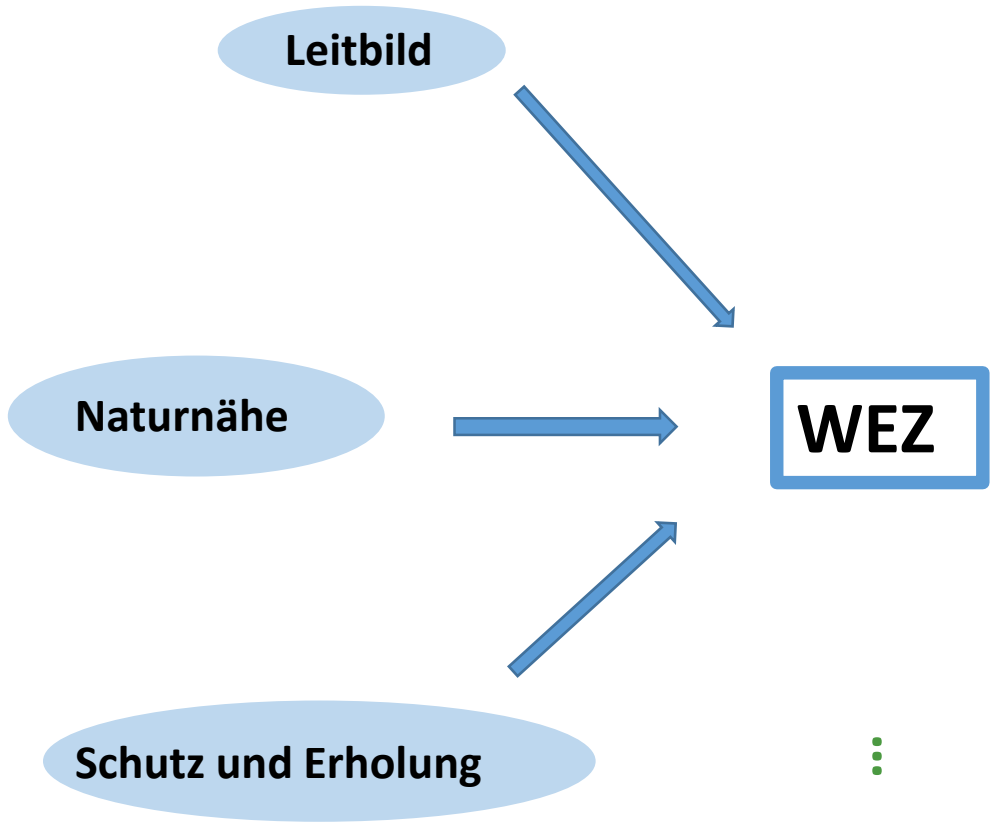
- zu einer **Naturnähe**, orientiert statischem pnV-Konzept (künftige Rolle der Buche!?)
- zu reinem **Prozessschutz** – weder Plan, noch Ziel ↔ Erfüllung von **Waldfunktionen**

**Waldbau** = Gestaltung i. S. der Erreichung von Zielen unter Einbeziehung natürlicher Prozesse

- **innerhalb** waldbaulicher **Steuerung**:
  - Stabilität ↔ Qualität
  - Mischungsintensität ↔ Pflegeaufwand
  - natürliche Prozesse ↔ Verjüngung konkurrenzschwächerer Baumarten

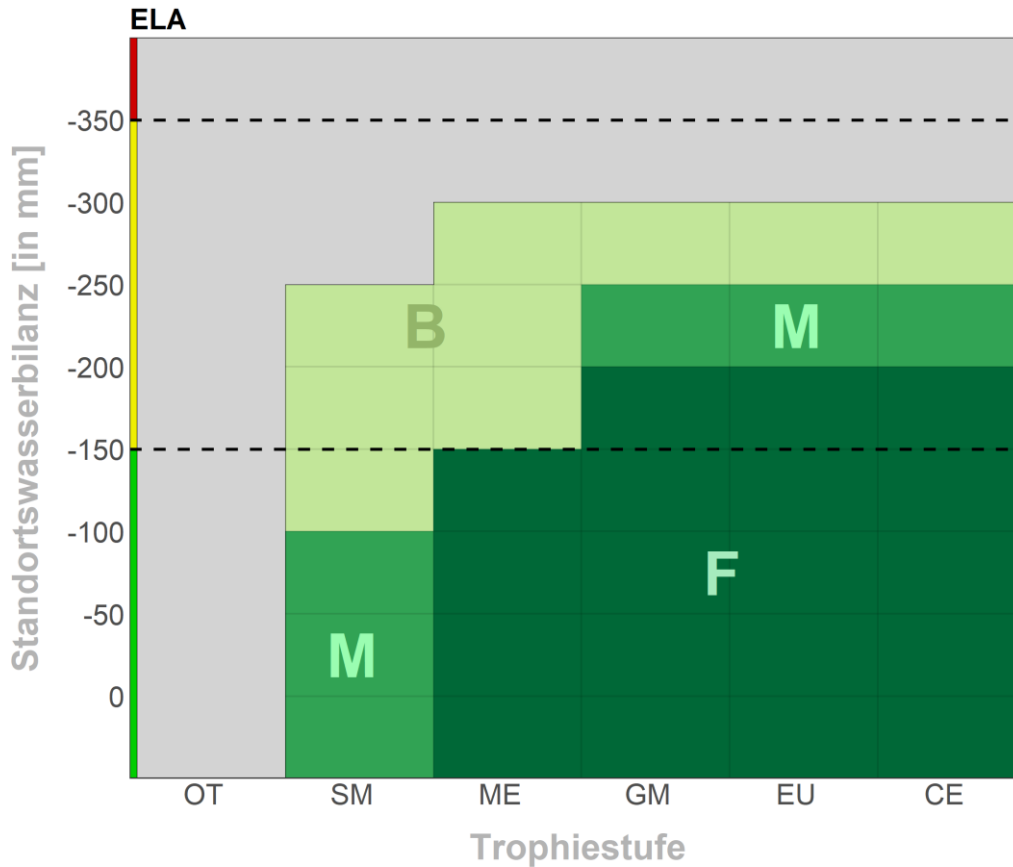
Maximale Naturnähe, Vielfalt und Mischungsintensität  $\neq$   
optimale Risikoverteilung

# Waldentwicklungsziele (WEZ)



# Stand der klimaangepassten Baumartenwahl

Baumarten-“Ökogramme“ aus Trophie und Standortwasserbilanz (Beispiel Lärche):

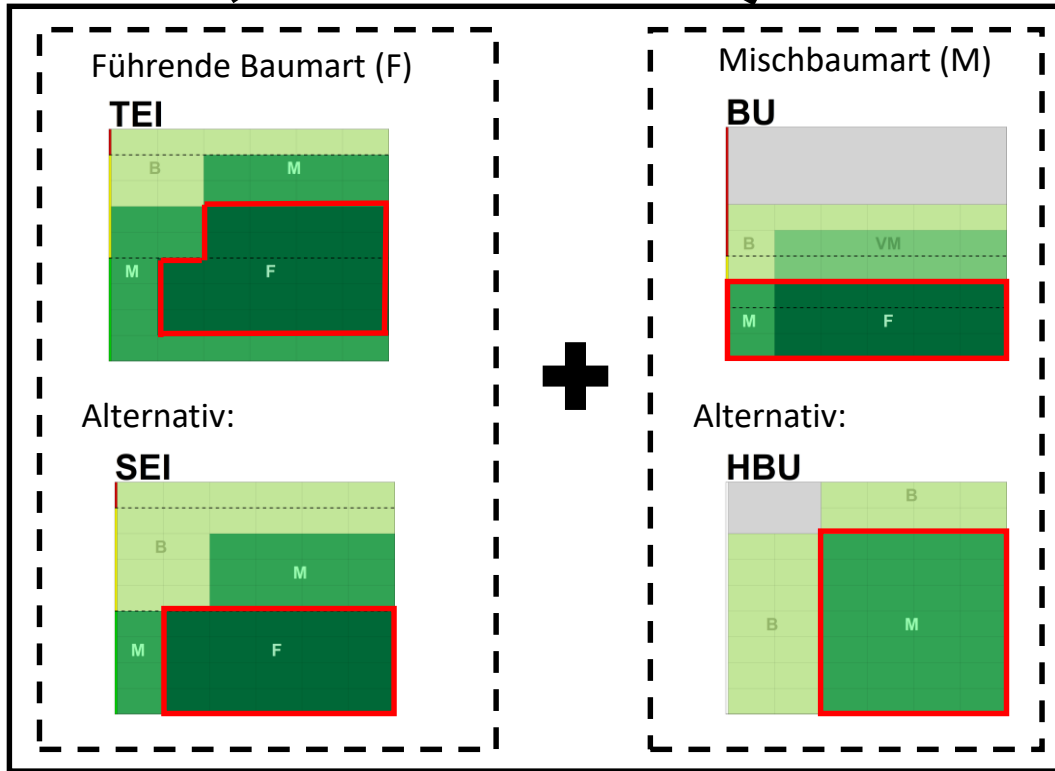



## Legende:

- ausgeschlossen
- B begleitend
- VM vorübergehende Mischung
- M Mischbaumart
- F führende Baumart

# Stand der klimaangepassten Baumartenwahl

## WEZ 10: Eiche – Buche/Hainbuche

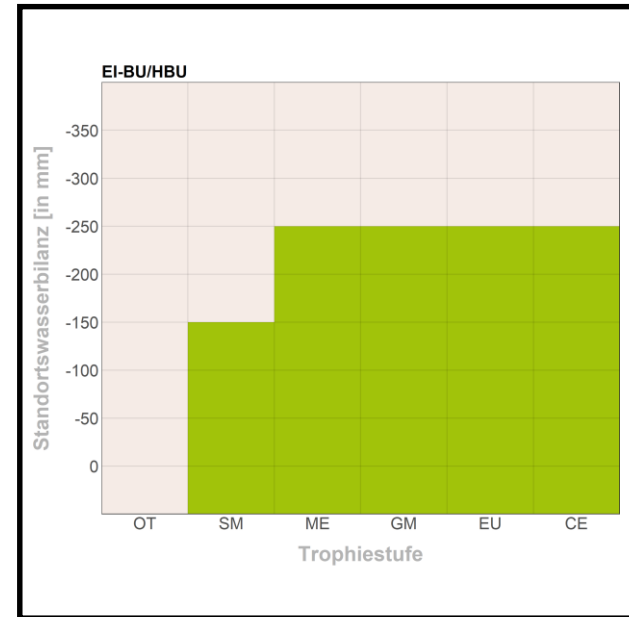



 Planungsbereiche der Baumarten

WEZ 10: EI-BU/HBU

Eiche: 60 - 80 %  
 Buche/Hainbuche: 10 - 20 %  
 Begleitbaumarten: bis 10 %

WEZ



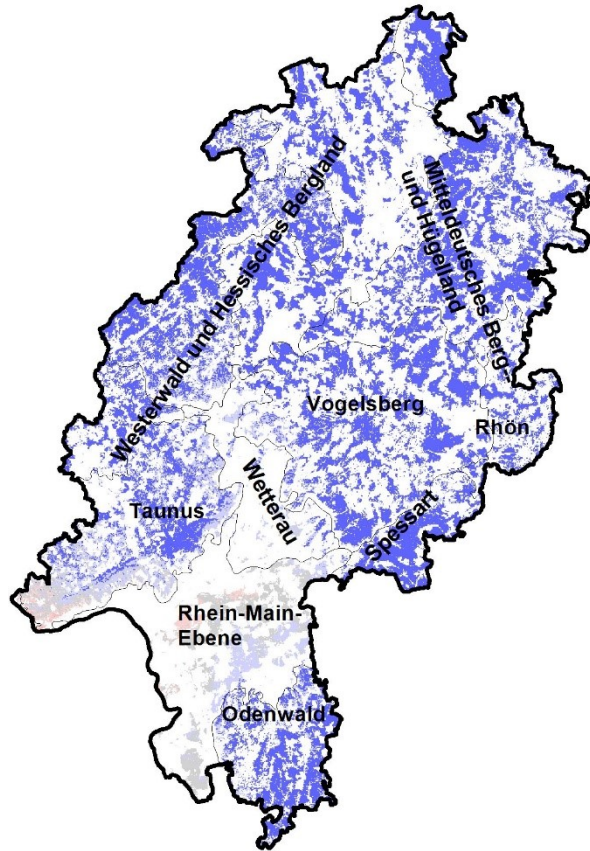
 Planungsbereich des WEZ

# Stand der klimaangepassten Baumartenwahl

derzeit noch :  
Klimamodell STARS II

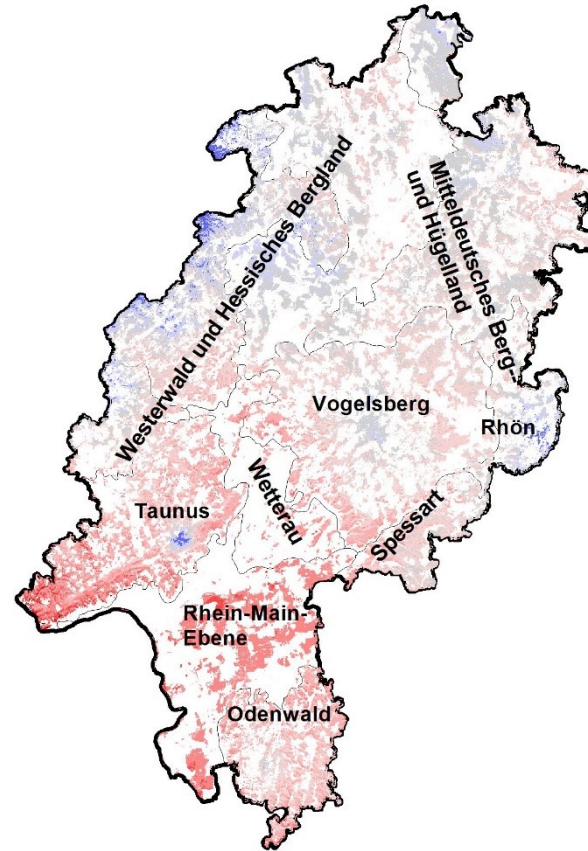
Periode 1981 bis 2010

+34 mm



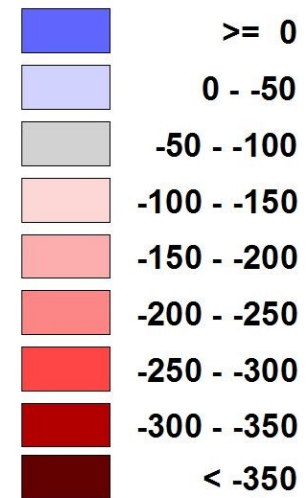
Periode 2041 bis 2070

-124 mm

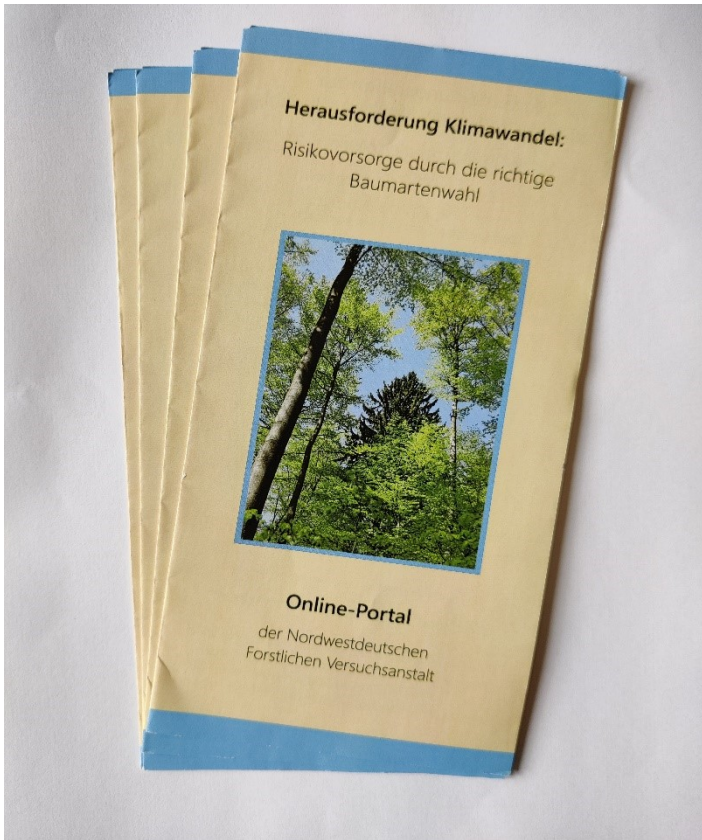


Standortswasserbilanz

in mm



# Stand der klimaangepassten Baumartenwahl



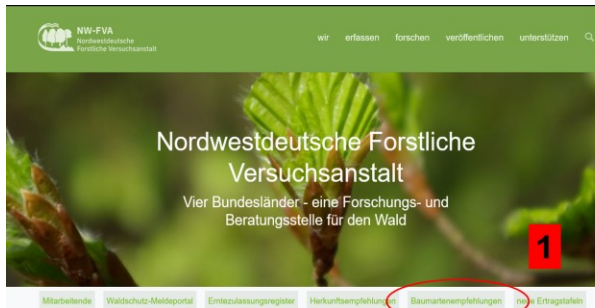
[www.nw-fva.de/BaEm](http://www.nw-fva.de/BaEm)





# Entscheidungsunterstützung - Klimaangepasste Baumartenempfehlungen

Zum Webportal mit nur 3 Klicks: [www.NW-FVA.de](http://www.NW-FVA.de)



### Entscheidungshilfen zur Klima Sachse

Der hier vorgestellte Web-Service unterliegt einer fortwährenden Weiterentwicklung. Auf Neuerungen seit dem letzten Besuch bitten wir daher zu achten. Wir sind an den Erfahrungen der Nutzerinnen und Nutzer mit dem Web-Service sehr interessiert und nehmen Rückmeldung in Form von Kritik, Fragen und Anregungen gern entgegen. Es besteht die Möglichkeit der Nutzung eines REST-Service. Die URL zur Einbindung des Dienstes in das eigene GIS können Nutzerinnen und Nutzer auf Anfrage gern erhalten.

Zugang zum Webportal **3**



Standort terrestrisch  
 nFK 92 mm  
 KWB -150 mm  
 SWB -106 mm (Klasse 4, -100 bis -150 mm)  
 Trophie mesotroph (Stufe ME)  
 Höhenrahmen 397 bis 528 m ü.NHN

WEZ-Typen	empfohlene WEZ
Eichen	10 13 14 18
Tannen	53
Douglasien	62 67
Kiefern	71 72 74 76
Lärchen	82

Rot markierte WEZ können bei Zertifizierung Einschränkungen unterliegen. Die Eichen-Höhengrenze liegt bei 450 m ü.NHN. Die Eichenhöhengrenze verläuft durch den geschilderten Standort. Bitte örtliche Gegebenheiten bei der Planung beachten!

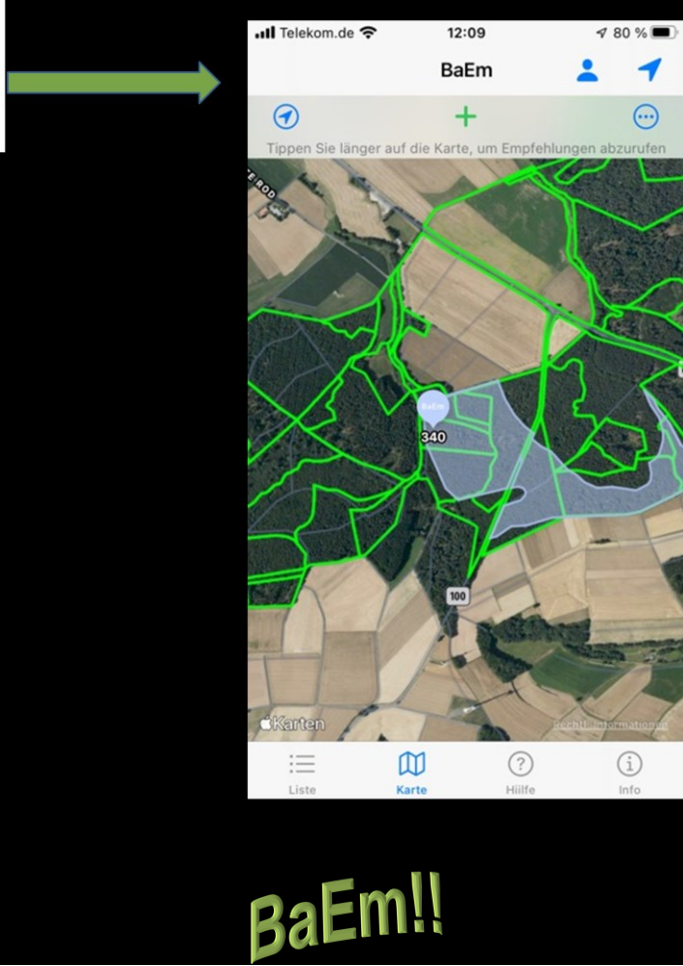
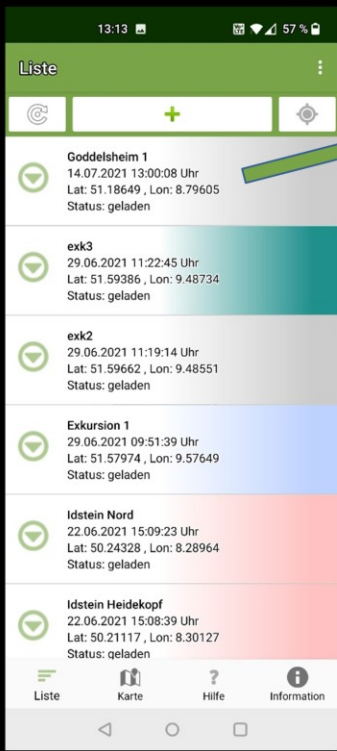
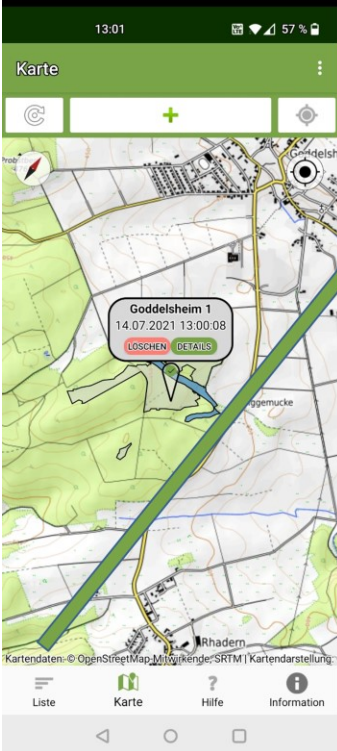
Standortsspektrum des WEZ 67

Douglasie/Küstentanne-Kiefer-Buche

WEZ Zuordnung | Baumartenzuordnung

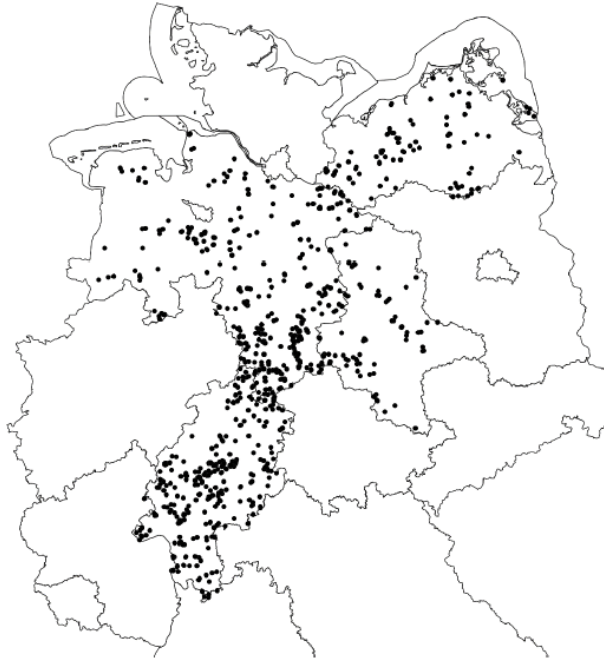
- ← Informationen zum Standort
- ← Baumartenempfehlungen
- ← Standortsspektrum des WEZ

# Die App zum WEB: mit GPS – Verortung!



# Überprüfung von Alternativbaumarten

## besichtigte Praxisanbauten



	Flächen		Größe		Alter		
	N	min	mittel	max	min	mittel	max
Elsbeere	156	0,0	0,9	11,9	3	36	176
Schwarzkiefer	148	0,0	13,2	22,3	0	80	176
Riesenlebensbaum	144	0,0	0,5	4,0	25	63	139
Spitzahorn	131	0,0	0,9	9,7	0	44	189
Winterlinde	129	0,0	1,0	7,6	2	56	211
Esskastanie	127	0,0	0,5	2,7	2	52	192
Hainbuche	126	0,0	1,7	18,0	2	80	197
Westliche Hemlocktanne	112	0,0	0,6	7,7	8	55	145
Feldahorn	98	0,0	0,6	5,8	10	62	181
Walnuss	86	0,0	0,5	5,4	0	27	109
Flatterulme	83	0,1	1,9	9,0	4	60	189
Schwarznuss	71	0,0	0,6	2,1	2	44	144
Nordmannstanne	70	0,0	1,0	8,0	7	39	129
Weißtanne	66	0,0	0,5	2,2	6	83	209
Eibe	63	0,0	1,0	17,6	9	35	215
Linde	54	0,3	1,8	21,0	12	73	219
Sommerlinde	50	0,1	0,4	2,2	10	78	179
Baumhasel	44	0,0	0,2	1,0	0	9	25
Robinie	37	0,1	0,6	2,5	9	58	117
Speierling	37	0,0	0,2	0,5	3	27	47
Tulpenbaum	26	0,0	0,2	1,0	3	58	149
Hickory	25	0,1	0,3	1,2	40	118	139
Küstentanne	13	0,0	0,8	3,0	12	37	59
Eberesche	11	0,5	1,1	1,9	16	29	70
Zerreiche	10	0,3	0,9	1,6	79	123	175
Edeltanne	7	0,1	1,2	3,3	23	43	58
Kanadische Hemlocktanne	7	0,1	0,5	1,1	21	48	120
Nikkotanne	3	0,1	0,6	1,2	25	30	32
Türkische Tanne	3	0,0	0,1	0,2	32	34	35
Atlaszeder	2	0,3	0,3	0,3	4	4	4
Orientbuche	2	0,0	0,1	0,2	41	78	114
Abendländischer Lebensbaum	2	0,1	0,3	0,4	31	31	31
Hybridnuss	1	0,4	0,4	0,4	10	10	10

1944

# Überprüfung von Alternativbaumarten

Bisherige ertragskundliche Datenbasis:

	Versuchs- flächen	Aufnahmen	Größe			Alter			Dg			h100			Vorrat		
			min	mittel	max	min	mittel	max	min	mittel	max	min	mittel	max	min	mittel	max
	<i>N</i>	<i>N</i>		<i>ha</i>			<i>Jahre</i>			<i>cm</i>		<i>m</i>			<i>m³/ha</i>		
Schwarzkiefer	69	171	0,01	0,22	0,08	11	162	42	6	52,4	19,5	4,7	30,2	15,1	9	1160	261
Riesenlebensbaum	56	192	0,05	0,25	0,19	21	140	73	12,5	85,8	37,8	11,1	45,2	28,1	112	2266	758
Westliche Hemlocktanne	34	95	0,04	0,68	0,22	17	127	49	8,1	67,5	29,5	6,1	44,7	25,4	3	1527	531
Winterlinde	25	25	0,05	0,26	0,09	21	210	61	10,9	65	20,7	13,1	33,9	21,9	95	782	330
Esskastanie	24	24	0,04	0,16	0,09	10	192	80	9,3	63,2	37,3	11,4	33,3	25,3	77	1038	562
Schwarznuss	23	46	0,03	0,50	0,26	13	127	58	9,9	59,3	33,3	15,3	38,5	28,5	4	963	380
Hainbuche	16	16	0,04	0,64	0,12	19	136	84	9,2	37,7	21,6	12,8	30,7	24,6	24	607	314
Spitzahorn	16	16	0,03	0,40	0,08	10	122	36	8,7	48,4	18,3	8,6	34,3	15,9	3	708	174
Hickory	14	131	0,07	0,62	0,17	22	137	97	8,4	40	24,3	7,4	35,3	28,2	2	972	303
Nordmannstanne	14	28	0,02	0,10	0,08	23	107	39	10,5	46,6	20,4	10,3	35,1	19,8	56	692	328
Elsbeere	11	11	0,01	0,10	0,06	15	156	60	8,3	31,4	17,1	6,1	25,8	13,9	2	389	125
Türkische Tanne	10	10	0,02	0,02	0,02	32	32	32	15,9	20,4	18,4	14,3	18,3	16,2	182	389	286
Feldahorn	5	5	0,03	0,10	0,07	30	98	51	11,4	29	20,2	13,9	24	20,3	130	601	355
Walnuss	5	5	0,03	0,10	0,06	16	95	45	9,3	41,8	21,9	7,7	31,7	17,6	14	584	217
Eibe	4	4	0,02	0,05	0,04	16	37	26	8,3	19	11,2	5,5	13,2	8,2	6	157	57
Zerreiche	4	4	0,10	0,16	0,12	94	128	111	40,5	55,7	49,1	29,9	38,2	35,4	490	828	696
Flatterulme	3	3	0,07	0,08	0,07	62	184	129	23,2	90,7	56,8	24,8	32,6	28,7	517	1119	884
Orientbuche	2	11	0,02	0,32	0,25	41	111	82	11,9	36,9	25,6	19,6	32,8	28,1	328	540	440
Tulpenbaum	2	23	0,05	0,20	0,11	29	127	76	18,1	74,6	47,1	19	41,2	32,8	189	1292	781
Baumhasel	1	1	0,07	0,07	0,07	17	17	17	8,7	8,7	8,7	8	8	8	4	4	4
Sommerlinde	1	1	0,16	0,16	0,16	42	42	42	13,8	13,8	13,8	21,3	21,3	21,3	304	304	304
Speierling	1	1	0,10	0,10	0,10	34	34	34	16,8	16,8	16,8	15,9	15,9	15,9	171	171	171
	340	823															

# Überprüfung von Alternativbaumarten

Ergänzung durch neue Anbauversuche:



## Baumartenspektrum:

- Atlaszeder
- Libanonzeder
- Baumhasel
- Elsbeere
- Tulpenbaum
- Esskastanie
- Orientbuche
- Hybridnuss
- Schwarznuss
- Flatterulme
- Türkische Tanne
- Nordmannstanne
- Walnuss
- Winterlinde

# Überprüfung von Alternativbaumarten

## Zusammenfassende Bewertung

nach Otto (1993) und Vor et al. (2015)

	Merkmal	Bewertung
Ökologische Zuträglichkeit (OTTO 1993)	Standortanpassung	+
	Bodenpfleglichkeit	++
	Keine Krankheitsverbreitung	?
	Keine Anfälligkeit	+
	Mischbarkeit	++
	Naturverjüngung	+++
	Waldstrukturen	+++

+++ äußerst positiv    ++ sehr positiv    + positiv    -- -äußerst negativ    - - sehr negativ    - negativ    ? unklar

	Merkmal	Bewertung
Invasivität (VOR et al. 2015)	Negative Standortbeeinflussung	○
	Hohes Reproduktionspotenzial	●
	Hohes Ausbreitungspotenzial	◐
	Fähigkeit zur Artverdrängung	○
	Begrenzte Steuerungsmöglichkeiten	○

○ trifft nicht zu    ◐ trifft bedingt zu    ● trifft zu

# Ausblick

---

- Weiterentwicklung der klimaangepassten Baumartenwahl
- Überprüfung und Anpassung der SWB als Ausdruck des pflanzenverfügbaren Wassers (Auffüllung zu Vegetationszeitbeginn!)
- Überprüfung der bisherigen der Trockenstresstoleranz der Baumarten
- Berücksichtigung der 7 Klimamodellläufe des Ensembles bei der WEZ-Auswahl: Klassifizierung der WEZ in sehr „klimarobust“, „klimarobust“ und „bedingt klimarobust“
- Aufbereitung und Einbeziehung weiterer Trockenstressindizes in die Baumartenentscheidung (diverse laufende Projekte)
- Berücksichtigung baumarten- und standortsspezifischer Mortalitätsrisiken
- Anbauwürdigkeit von Alternativbaumarten: Einbeziehung erster Baumarten mit positiven Eigenschaften und geringen Risiken und Nebenwirkungen als Mischungsanteile in bestimmten WEZ