„Klimaangepasste“ Baumarten für Brandenburg

–

Konzepte, Kriterien, Kandidaten

Ralf Kätzel

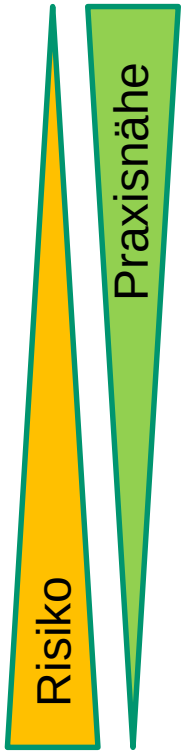
Motivation für das Thema

1. Aktuelle Schadereignisse nach Witterungsextremen
2. Klimaprognosen; WET der Zukunft
3. Wissenschaftliche Fragestellung: Grenzen der Anpassung (Variation)
4. Administrativer Auftrag (BMEL, Waldbaureferenten 15.10.19)

- *Identifikation der für Deutschland zukunftsfähigen Baumarten*
- *Länderübergreifendes Konzept zur Anlage von Versuchsanbauten im Klimawandel*

Fünf Strategien für Anbauempfehlungen

1	Optimierung der Anpassungspotenziale heimischer Baumarten	Bewertung der Saatgutbestände
2	Erweiterung des Baumartenspektrums mit mehr Nebenbaumarten	Weiß-Tanne, Elsbeere, Lindenarten, Hainbuche usw.
3	fremde Herkünfte heimischer Baumarten	Trauben-Eiche, Rot-Buche
4	etablierte fremdländische Gehölzarten stärker hinsichtlich Klimaanpassung bewerten und nutzen	Rot-Eiche, Robinie, Douglasie, Riesenlebensbaum, Zerr-Eiche, Eichenhybriden mit Flaumeiche, Edelkastanie usw.
5	geeignete Herkünfte bisher nicht geprüfter fremdländischer Baumarten	Baumhasel, Ung. Eiche, Orientbuche, …..



Kätzel, 2015

Baumartenspektrum erweitern für:

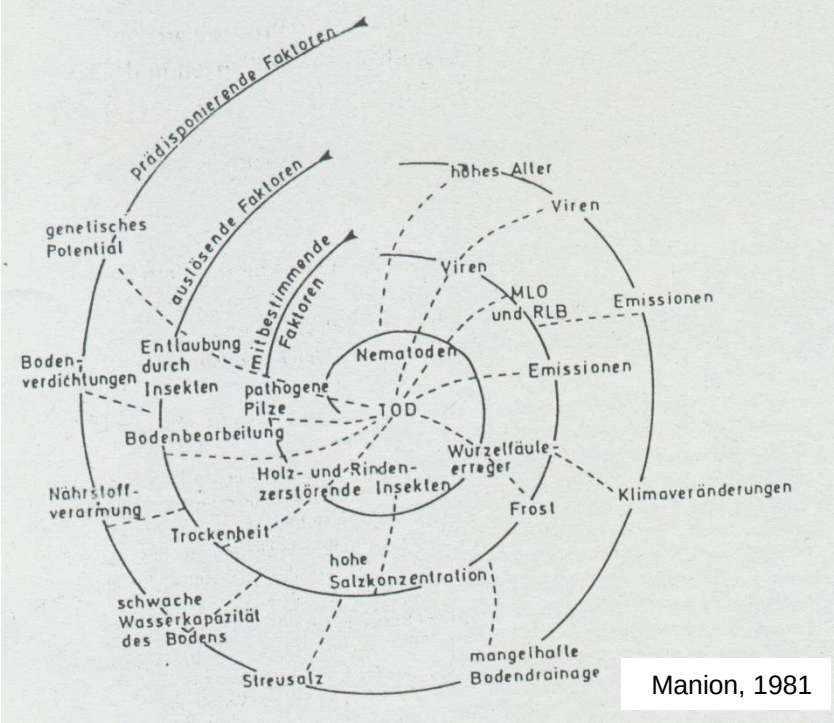
- **Risikogebiete**: Flächiger Ausfall der Hauptbaumart (NV führt nicht zur Baumartenvielfalt, Ersatzbaumarten)
- Anreicherung von **Verjüngungsflächen** (Waldumbau: 4-6-Baum-Systeme, Ergänzungsbaumarten)
- **Strukturanreicherung** (Waldränder, Vorwälder)
- *Planungszeitraum: abhängig von der Klimamodellierung*

Was heißt „klimaangepasst“?

- Trockenstresstoleranz
- Hitzestresstoleranz
- (Spät)frosttoleranz

bei hinreichender Wuchsleistung!

Bisher unberücksichtigt:
Abwehr gegen biotische Schaderreger



Manion, 1981

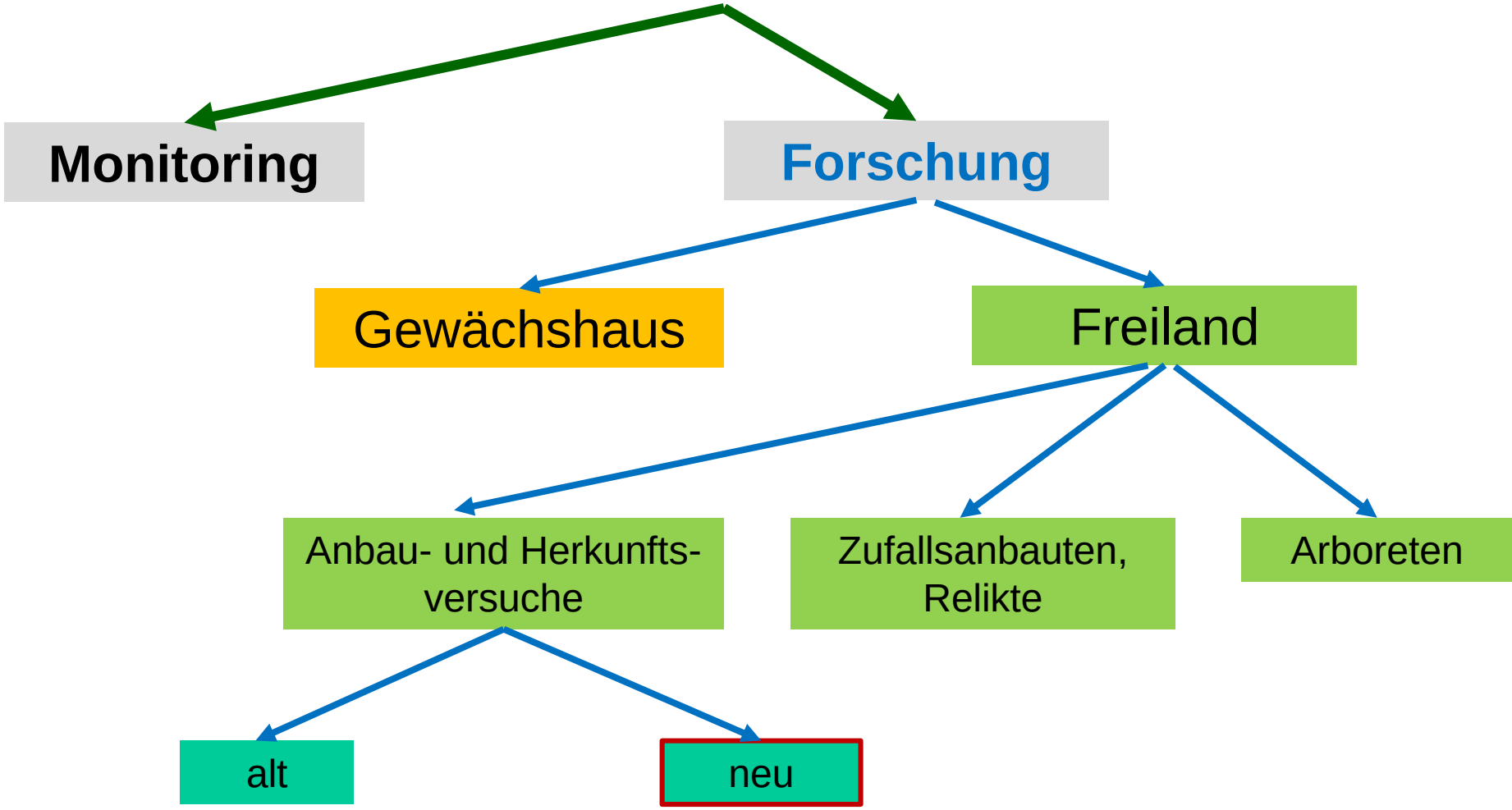
Es gibt keine Baumart, die alle Wunschvorstellungen erfüllen kann!

Quelle: Georg Mittenecker; www.onetoone.de

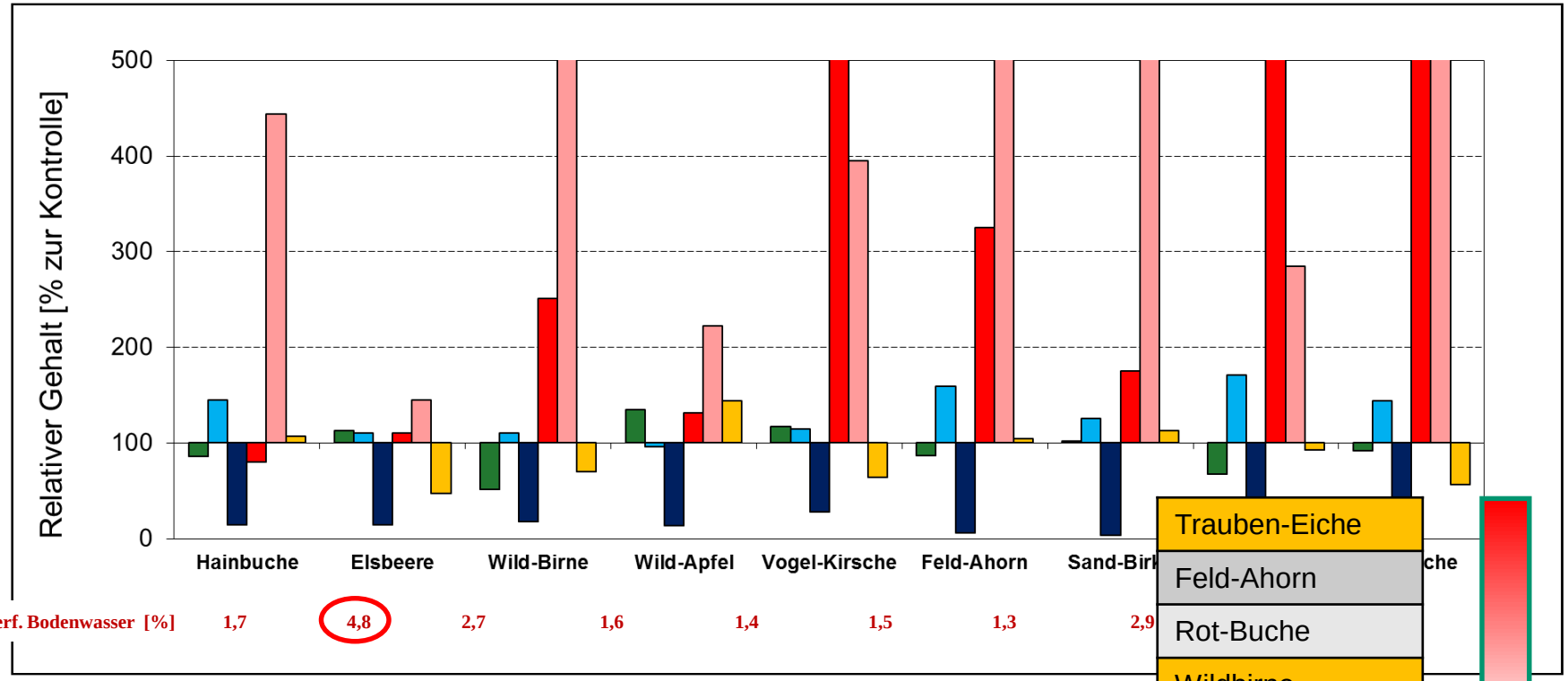
Wünschenswerte physiologische Eigenschaften

Kriterien	Indikatoren	Zielgröße	Beispiele
Wachstum	Nettophotosynthese/Zuwachs	hoch	Douglasie, Thuja, Robinie, Pappel, Rot-Eiche, Zerr-Eiche
	Atmungsrate	gering	Acer, Pinus, Abies
	WUE	hoch	Douglasie, „Evergreens“
	Vegetationsperiode	lang	immergrüne Gehölze, Stein-Eiche
	Kulminationspunkt	zeitig	Pioniergehölze
Vermehrung	Fruktifikationsalter	10-20	Robinie, Birke, Pappel, Robinie
	Fruktifikationshäufigkeit	jährlich	Birke, Pappel, Rot-Eiche, Robinie
	Samenmenge	hoch	Aspe, Birke, Schwarzerle u.v.a.
	r-/K-Stratege	r	Aspe u.v.a
	Bestäubungsart	Wind/Generalisten	Birke, Balsam-Pappel u.v.a.
Anpassung	Verbreitungsgebiet/gen.Div.	groß	Kiefer
	Ortslage im Verbreitungsgebiet	zentral ?	Buche, Eiche, Wildobstarten
	Isohydrisch/Anisohydrisch		Kiefer, Buche/Eiche
	Embolismusresistenz	Tracheiden	Gymnospermae, zerstreutporige Baumarten
	Früh- o. Spätaustreiber/Frost	spät	Herkunfts-u. Individualebene
	Nährstoffbedarf	gering	Aspe, Kiefer, Birke, Robinie, Rot-Eiche
	Wurzelsystem	tief	Tanne, Eibe, (Kiefer), Eiche, Ulme
Abwehr	Qualitatives/quantitatives Abwehrsystem	qualitativ	Eibe, Robinie, Walnuss, Esskastanie
	Generalist/Spezialist	Generalist	Kiefer, Birke, Robinie, Ahorn
			Fremdländische Baumarten ohne Erregerspektrum

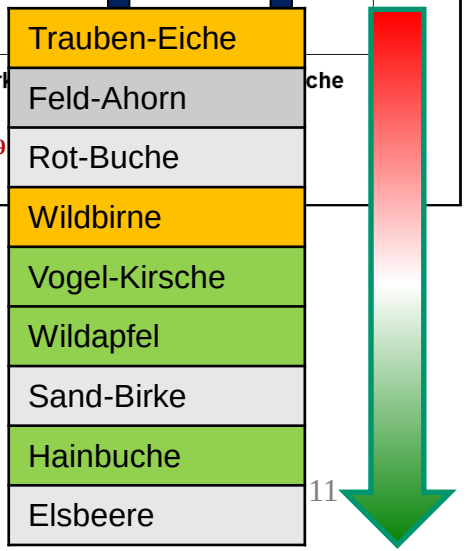
(Auswahl-)Konzepte



Baumartenvergleich Biomarker Trockenstress



- Gesamtchlorophyll [mg/g TM]
- Kohlenhydrate [mg/g TM]
- Stärke [mg/g TM]
- Prolin [% AS]
- Summe freier AS [µmol/g TM]
- Proteine [mg/g TM]



Einschätzung der Trockenstresstoleranz anhand biochemischer Blattinhaltsstoffe

TS-sensitiv

Trauben-Eiche
Feld-Ahorn
Rot-Buche
Wildbirne
Vogel-Kirsche
Wildapfel
Sand-Birke
Hainbuche
Elsbeere

TS-tolerant

Biomasseverminderung nach ein- bzw. dreimaliger Dürrebehandlung

hoher Biomasseverlust

Sand-Birke
Elsbeere
Wild-Birne
Trauben-Eiche
Rot-Buche
Hainbuche
Feld-Ahorn
Wild-Apfel
Vogel-Kirsche

geringer Biomasseverlust

2. Auswahlprozess: Was wird gesucht ?

Ökophysiologische Amplitude
(Anpassungsfähigkeit)

\+ → **Wuchsleistung**

\- → **Risiko, Invasivität**

\+ → **Saatgutverfügbarkeit**

Bewertung von 103 Baumarten

- Wissensstand (183 Literaturquellen, Versuche, Herkünfte, Allgemeingültigkeit?)
- Empfehlung (Praxisanbauten, Forschu
- Ersatz- oder Ergänzungspoten mart
- Saatgutverfügbarkeit (B en)
- ….

Restriktive Beschränkung auf wenige Arten, „no regret“

Kategorie	Baumart			potential	Praxis-Herkunfts-versuche	Sonstiges	Prio	EU_FoVG	Bemerkung	Bedeutung	Empfehlung
a	Carpinus betulus	Ha	RBU	TEI	H	FVG	1			DE	a
a	Tilia cordata	Wi	GES, TEI, SEI	RBU		FVG	2			DE	a
a	Acer platanoides	Spitz-Ahorn	RBU	TEI		SPL	2			DE	a
a	Quercus pubescens	Flaum-Eiche	TEI	TEI	H	FVG	2			Trockenstan	a
b	A. nordmanniana	Nordmann-Tanne	GFI/GKI/WTA	WTA	H, FB	FVG, Hybridi	1		Tannen-Arte	DE	a
b	Fagus orientalis	Orientbuche	RBU	TEI	H,FB	FVG, Hybridi	1			DE	a
c	Cedrus atlantica	Atlas-Zeder	GFI/GKI		H, FB	FVG	1		Spätfrost, vie	DE	a
c	A. grandis	Küsten-Tanne	GFI							N-DE	aa
c	Pseudotsuga menziesii	Douglasie	GFI/RBU/GKI								aa
c	Quercus rubra	Rot-Eiche	BU/TEI/SEI/GFI/GKI								aa
c	Robinia pseudoacacia	Robinie	GKI						SPL, Klonprüfungen, HK-V		aa
a	Sorbus torminalis	Elsbeere		TEI	H	FVG	1			DE	b
a	Ulmus laevis	Flatter-Ulme	GES	BUL, FUL	H	FVG	2			Auenwald	b
a	Abies alba	Weißtanne		GFI/RBU	H		2			DE	b
a	Populus tremula	Aspe	GFI/GKI	GFI/GKI	H	FVG	2			Vorwald	b
a	Betula pendula	Sandbirke	GKI	TEI		SPL	2			Vorwald	b
a	Acer campestre	Feld-Ahorn		TEI	(H), FB	SPL	2			Trockenstan	b
a	Larix x eurolepis			RBU	FB	FVG	2			Vorwald	b
a	Prunus avium	Vogelkirsche	GES	RBU/SEI			2			DE	b
b	Corylus colurna	Baumhasel		RBU/TEI	H, FB	FVG	1			DE	b
b	P. peuce	Rumelische Kiefer	GFI/GKI		FB	FVG	2		Kiefern-Arte	SO-DE	b
b	Abies bornmülleriana	Türkische-, Bornmüllers Tann	GFI/GKI/WTA	WTA	H, FB	FVG, Hybridi	2			DE	b
b	A. x borisii-regis	König Boris Tanne	GFI/GKI/WTA	WTA	H, FB	FVG, Hybridi	2			DE	b
b	A. cephalonica	Griechische Tanne	GFI/GKI/WTA	WTA	H, FB	FVG, Hybridi	2			DE	b
b	Pinus nigra	Schwarzkiefer	GKI		FB	FVG	2		ssp. laricio	DE	b
b	Quercus cerris	Zerr-Eiche	TEI		H, FB	FVG	2		Frostrisse, Ri	DE	b
b	Quercus frainetto	Ungarische Eiche	TEI		H, FB	FVG	2		Eichen-Arter	DE	b

Prioritäre Baumarten mit Forschungsbedarf

Gruppe	BA	Ersatzpotenzial	Bedarf
a	Hainbuche	RBU, TEI	H, FB, FVG
a	Elsbeere	TEI	H, FVG
b	Nordmanntanne	GFI,GKI, WTA	F, FB
b	Baumhasel	RBU/TEI	F, H, FVG
b	Orientbuche	RBU/TEI	F, H
c	Atlaszeder	GKI/GFI	*

Gruppe	BA	Ergänzungspotenzial	Bedarf
a	Flaumeiche	TEI	H
a	Spitzahorn	RBU, GES	Saatgut
	Winterlinde		Saatgut
	Wildbirne		Saatgut
	Wildapfel		Saatgut
a	Esskastanie*	H, FVG	Phytopat, Süd-D, FVG, H
b	Tannenkomplex	FI, WTA, KI	
b	Kiefernkomplex (nigra, leucodermis)	GKI	
b	Eichenkomplex (Zerr-E, Ung.Ei)	TEI	
c	Libanon-Zeder		+

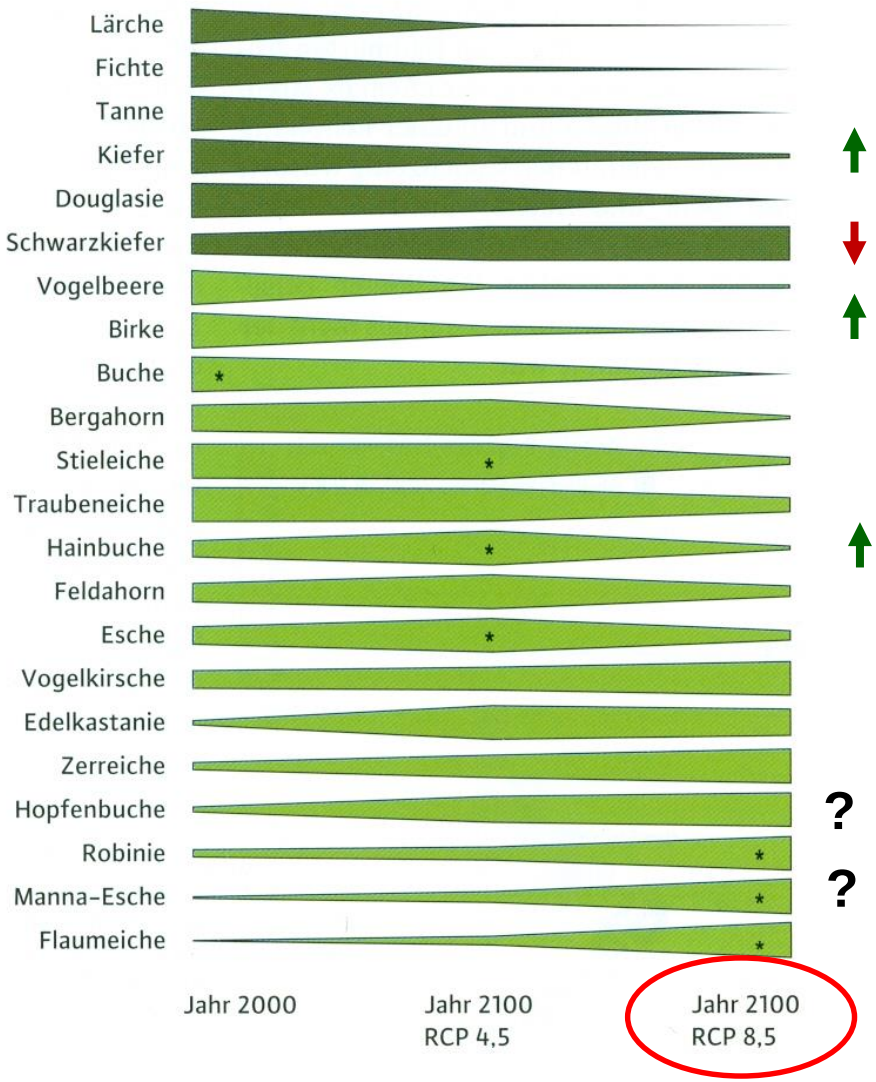
* Nicht relevant für BB, H=Herkunftsversuche, FVG=Forstliches Vermehrungsgut, FB=Forschungsbedarf)

Prioritäre Baumarten mit geringem Handlungsbedarf

Baumart	Ersatzpotenzial
Douglasie	RBU, TEI
Rot-Eiche	TEI, RBU, GKi
Küstentanne	GFi
Robinie	GKi
Weiß-Tanne	GFi
Riesenlebensbaum	RBU
Aspe	TEI, GKi u.a.

3. Kandidaten (BY + BB)

Anpassungs-/ Überlebens-prognose



Quelle: Mette & Kölling, LWFaktuell 2020 (2): 14-19.

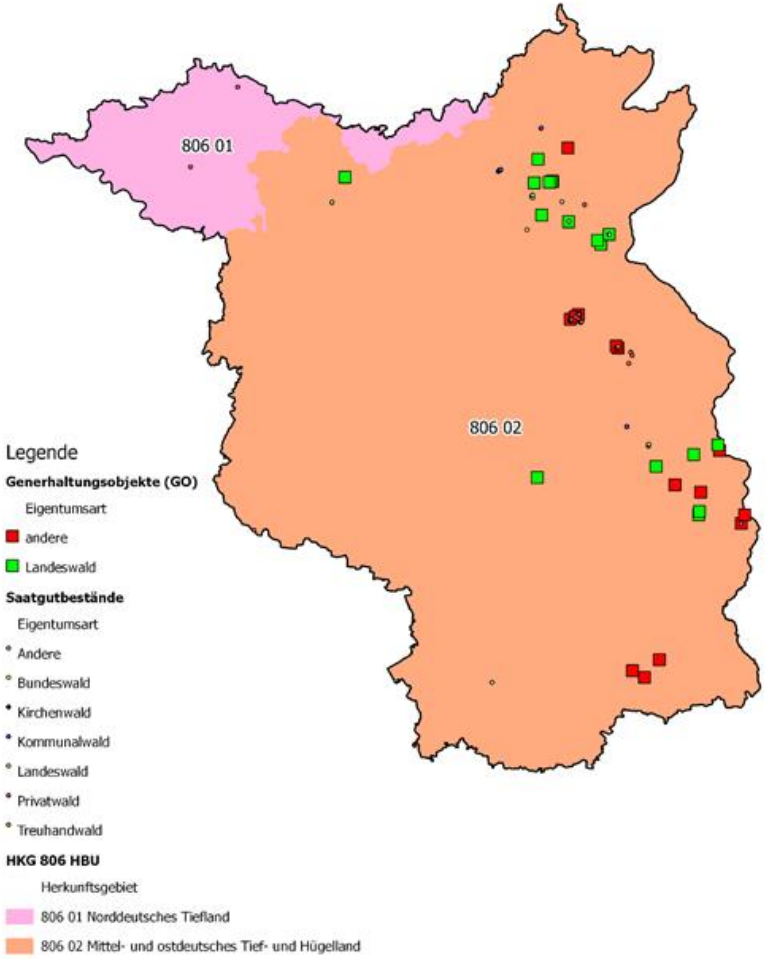
Weitere Kandidaten (eine Auswahl)

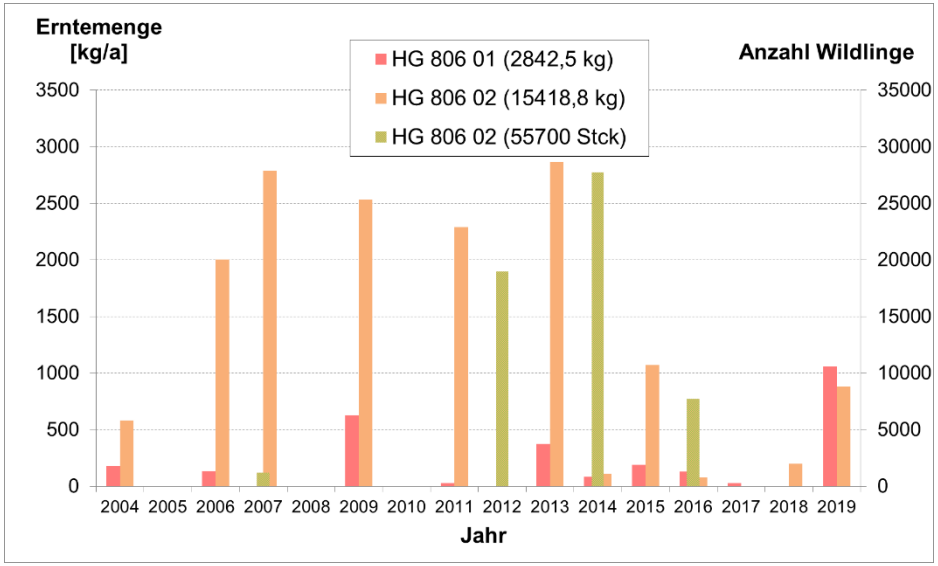
- Hainbuche
- Spitz-Ahorn
- Winter-/Sommerlinde
- Elsbeere
- Weiß-Tanne (im Komplex mit anderen europäischen Tannenarten)
- Eichen: Rot-Eiche, Zerr-Eiche, Ung. Eiche, Flaum-Eichen-Hybride
- Baumhasel
- Riesenlebensbaum
- Robinie
- Douglasie
- …

Bisher wenig untersucht: Orientbuche, Esskastanie, div. Nussarten, Lindenblättrige Birke usw.

Hainbuche, *Carpinus betulus* L.

Foto: de.wikipedia.org





Springer & Schneck schrift. Mittl. 2020

Hainbuche: Standortspektrum

Feuchtestufe		Nährkraftstufe								
	Bezeichnung	Reich	Kräftig	Mäßig nährstoffhaltig mit reicherem Untergrund	Mäßig nährstoffhaltig	Schwach Mäßig nährstoffhaltig	Ziemlich arm mit reicherem Untergrund	Ziemlich arm	Arm mit reicherem Untergrund	Arm
		R	K	M+	M	M-	Z+	Z	A+	A
mineralisch	**Unvernässte Standorte**									
	sehr trocken									
	trocken									
	mäßig trocken									
	mäßig frisch									
	frisch									
	Wechselfeuchte Standorte									
	wechseltrocken									
	wechselfrisch									
	wechselfeucht									
	wechselnaß									
	Standorte mit Überflutung									
	überflutungsfrisch									
	überflutungsfeucht									
	überflutungsnass									
	überflutungssumpfig									
	Mineralische Naßstandorte									
	sehr frisch, entwässert									
	feucht									
	naß									
	sumpfig									
organisch	**Organische Naßstandorte**									
	mäßig frisch, entwässert									
	frisch, entwässert									
	feucht									
	nass									
	sumpfig									
	offensumpfig									

g	geeignet
	Optimum
m	möglich
	Suboptimum
w	wenig geignet
	Grenzbereich
u	ungeeignet
	Aussschlussbereich

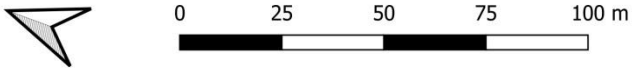
Grüll unv. 2020

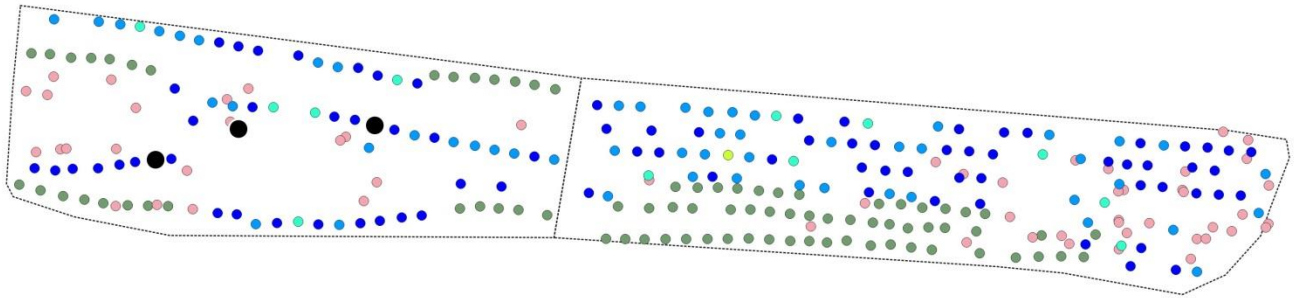
Elsbeere, *Sorbus torminalis* (L.) Cranitz

Elsbeere Vitalität 2019 [148]
- sehr vital [79]
- vital [53]
- leicht geschädigt [12]
- stark geschädigt [1]
- abgestorben [3]

Anderes Wildobst
- Wild-Birne (in-situ) [56]
- Wild-Apfel Absaaten [81]
- Zaun

Feldversuch





Elsbeere: Standortspektrum

Ökogramm Elsbeere (Sorbus torminalis) Entwurf MGrüll 7/2020

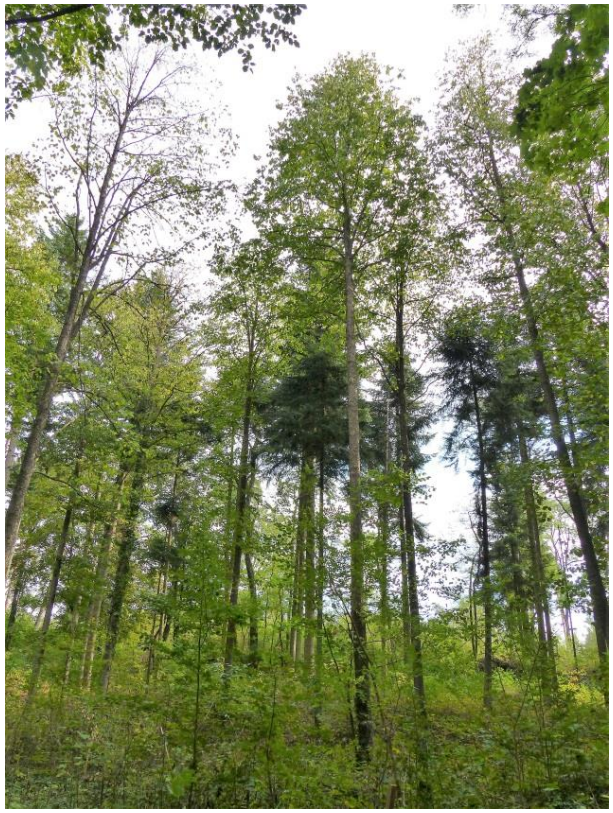
(Gesamt)Feuchtestufe			Nährkraftstufe								
	Bezeichnung	Kurz-zeichen	Reich Carbonatisch	Kräftig	Mäßig nährstoffhaltig mit reicherem Untergrund	Mäßig nährstoffhaltig 1)	schwach Mäßig nährstoffhaltig 2)	Ziemlich arm mit reicherem Untergrund	Ziemlich arm	Arm mit reicherem Untergrund	Arm
			RC	K	M+	M	M-	Z+	Z	A+	A
mineralisch	**Unvernässte Standorte**	**(T)**									
	sehr trocken	**T…5**		Ca	Ca						
	trocken	**T…4**		Ca	Ca						
	mäßig trocken	**T…3**		Ca	Ca	Ca					
	mäßig frisch	**T…2**		Ca	Ca	Ca					
	frisch	**T…1**		Ca	Ca	Ca					
	Wechselfeuchte Standorte	**W**									
	wechseltrocken	**W…4**		Ca	Ca	Ca					
	wechselfrisch	**W…3**		Ca	Ca	Ca					
	wechselfeucht	**W…2**									
	wechselnass	**W…1**									
	Standorte mit Überflutung	**Ü**									
	überflutungsfrisch	**Ü…3**									
	überflutungsfeucht	**Ü…2**									
	überflutungsnass	**Ü…1**									
	überflutungssumpfig	**Ü…0**									
	Mineralische Naßstandorte	**N**									
	(sehr) frisch, entwässert	**N…3**		Ca	Ca	Ca					
	feucht	**N…2**									
	nass	**N…1**									
	sumpfig	**N…0**									
organisch	**Organische Naßstandorte**	**O**									
	mäßig frisch, entwässert	**O…6**									
	frisch, entwässert	**O…5**									
	feucht	**O…4**									
	nass	**O…3**									
	sumpfig	**O…2**									
	offensumpfig	**O…1**									

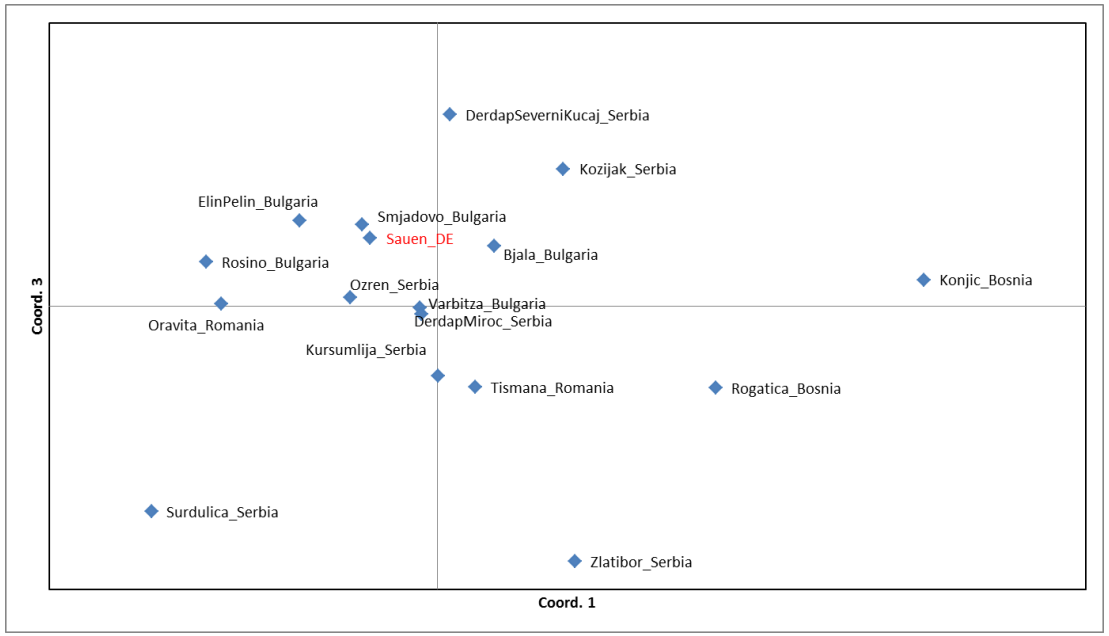
g	geeignet
	Optimum
m	möglich
	Suboptimum
w	wenig geignet
	Grenzbereich
u	ungeeignet
	Aussschlussbereich

Grüll unv. 2020

Baumhasel *(Corylus colurna)*

- Aufnahme Vorkommen Revier Sauen
- Saatguternte: Anzuchten (Generhaltung)
- Genetische Analysen (Diversität, Ursprungsort: Balkan/Bulgarien)





Fussi, Seho 2019, unver.

Baumhasel: Standortspektrum

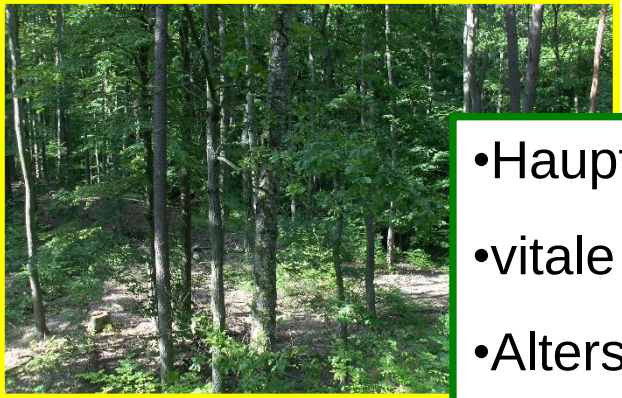
Ökogramm Baumhasel (Corylus colurna) Entwurf MGrüll 7/2020

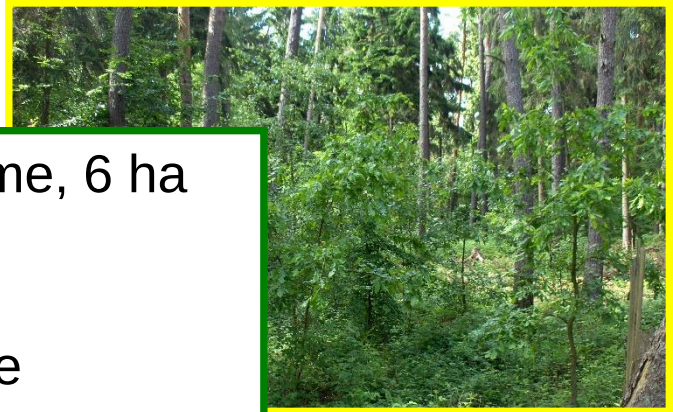
(Gesamt)Feuchtestufe			Nährkraftstufe								
	Bezeichnung	Kurz-zeichen	Reich Carbonatisch	Kräftig	Mäßig nährstoffhaltig mit reicherem Untergrund	Mäßig nährstoffhaltig 1)	schwach Mäßig nährstoffhaltig 2)	Ziemlich arm mit reicherem Untergrund	Ziemlich arm	Arm mit reicherem Untergrund	Arm
			RC	K	M+	M	M-	Z+	Z	A+	A
mineralisch	**Unvernässte Standorte**	(T)									
	sehr trocken	T…5									
	trocken	T…4									
	mäßig trocken	T…3									
	mäßig frisch	T…2									
	frisch	T…1									
	Wechselfeuchte Standorte	W									
	wechseltrocken	W…4									
	wechselfrisch	W…3									
	wechselfeucht	W…2									
	wechselnass	W…1									
	Standorte mit Überflutung	Ü									
	überflutungsfrisch	Ü…3									
	überflutungsfeucht	Ü…2									
	überflutungsnass	Ü…1									
	überflutungssumpfig	Ü…0									
	Mineralische Naßstandorte	N									
	(sehr) frisch, entwässert	N…3									
	feucht	N…2									
	nass	N…1									
	sumpfig	N…0									
organisch	**Organische Naßstandorte**	O									
	mäßig frisch, entwässert	O…6									
	frisch, entwässert	O…5									
	feucht	O…4									
	nass	O…3									
	sumpfig	O…2									
	offensumpfig	O…1									

g	geeignet
	Optimum
m	möglich
	Suboptimum
w	wenig geignet
	Grenzbereich
u	ungeeignet
	Aussschlussbereich

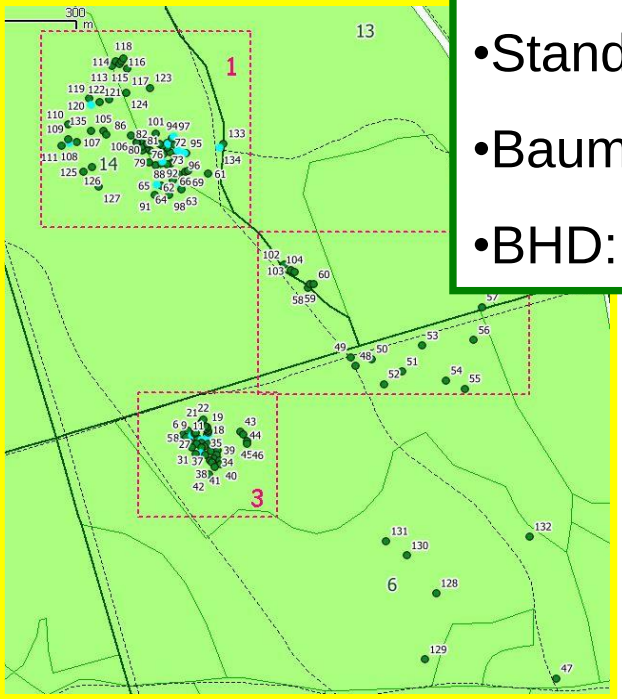
Grüll unv. 2020

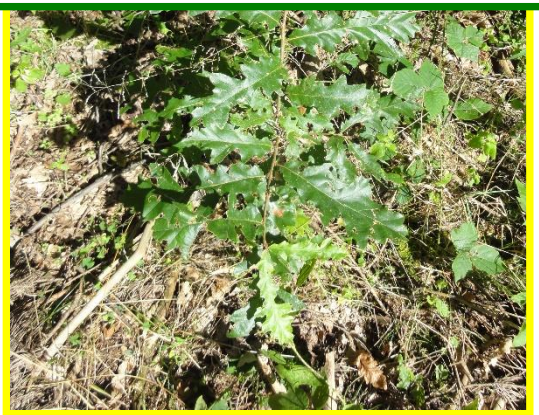
Zerr-Eichen (Stadtwald Prenzlau)





- Hauptvorkommen: 134 Bäume, 6 ha
- vitale Naturverjüngung
- Altersspektrum bis 120 Jahre
- Standorte: K und R
- Baumhöhen: 27 m (13-34 m)
- BHD: 44 cm (15-74 cm)





Zerr-Eiche: Standortspektrum

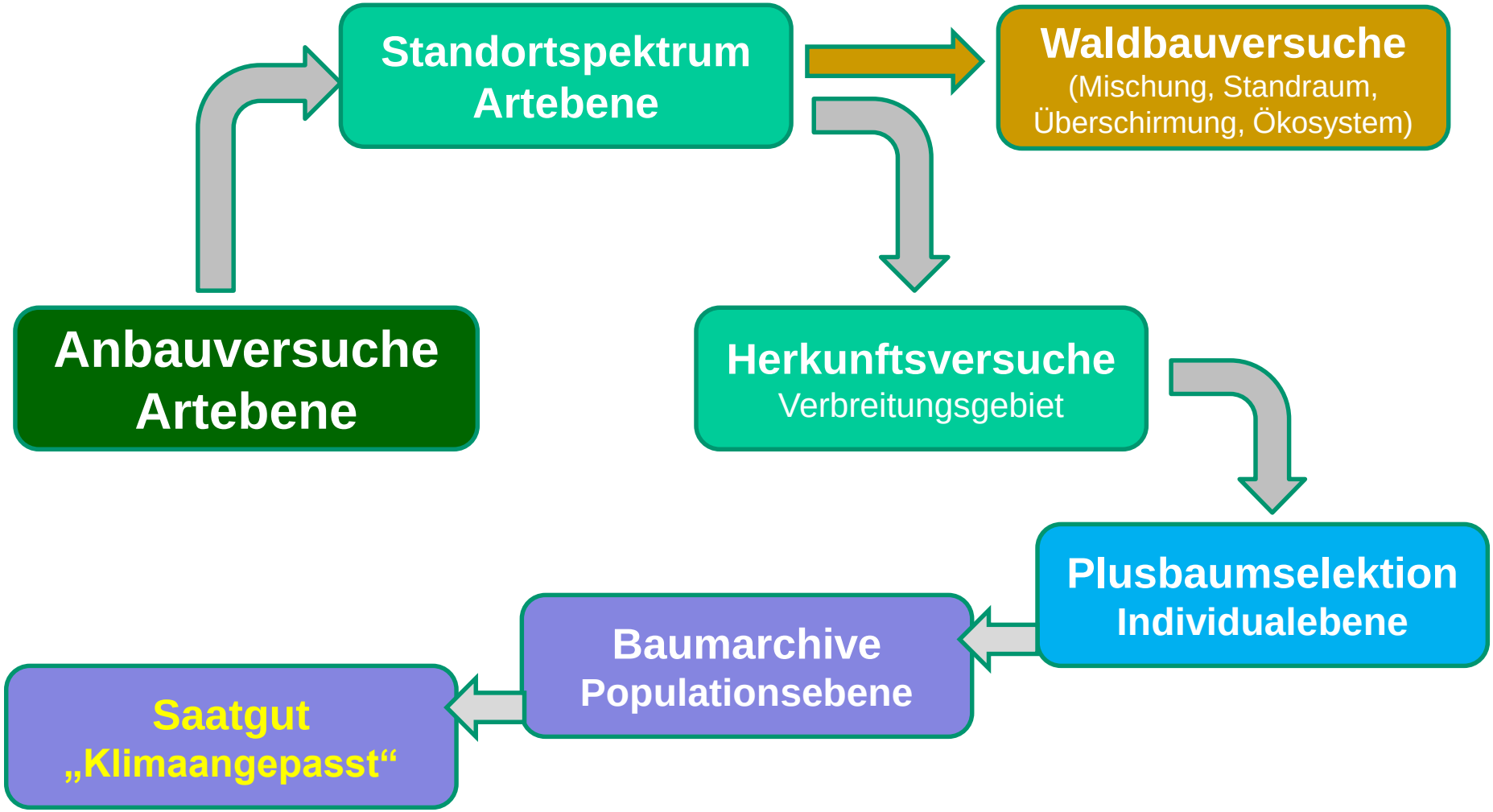
Ökogramm Zerreiche (Quercus cerris) Entwurf MGrüll 7/2020

	(Gesamt)Feuchtestufe		Nährkraftstufe								
	Bezeichnung	Kurz-zeichen	Reich Carbonatisch	Kräftig	Mäßig nährstoffhaltig mit reicherem Untergrund	Mäßig nährstoffhaltig 1)	schwach Mäßig nährstoffhaltig 2)	Ziemlich arm mit reicherem Untergrund	Ziemlich arm	Arm mit reicherem Untergrund	Arm
			RC	K	M+	M	M-	Z+	Z	A+	A
mineralisch	**Unvernässte Standorte**	(T)									
	sehr trocken	T…5									
	trocken	T…4									
	mäßig trocken	T…3									
	mäßig frisch	T…2									
	frisch	T…1									
	Wechselfeuchte Standorte	W									
	wechseltrocken	W…4									
	wechselfrisch	W…3									
	wechselfeucht	W…2									
	wechselnass	W…1									
	Standorte mit Überflutung	Ü									
	überflutungsfrisch	Ü…3									
	überflutungsfeucht	Ü…2									
	überflutungsnass	Ü…1									
	überflutungssumpfig	Ü…0									
	Mineralische Naßstandorte	N									
	(sehr) frisch, entwässert	N…3									
	feucht	N…2									
	nass	N…1									
	sumpfig	N…0									
organisch	**Organische Naßstandorte**	O									
	mäßig frisch, entwässert	O…6									
	frisch, entwässert	O…5									
	feucht	O…4									
	nass	O…3									
	sumpfig	O…2									
	offensumpfig	O…1									

g	geeignet
	Optimum
m	möglich
	Suboptimum
w	wenig geignet
	Grenzbereich
u	ungeeignet
	Aussschlussbereich

Grüll unv. 2020

Art -> Herkunft -> Individuum



Fazit

- Es steht noch ein relativ breites Baumartenspektrum zur Verfügung
  - Problem: mangelnde Saatgutverfügbarkeit
  - Problem: Kombination nährstoffarme + trockene Standorte
- Klimaanpassung ist nur eine Facette des Anpassungsprofils
- Forschungsbedarf zur Anbaueignung in der Praxis: Warnung vor „flächigen Selbstversuchen“
- Der „Artbegriff“ ist nur ein grober Anhaltspunkt (->Herkunft, Individuen)
- Von Einzelvorkommen keine generalisierenden Rückschlüsse auf die Art!
- Frage der Baumartenwahl ist nur ein Aspekt innerhalb der Anpassungsstrategien.

Dank

Löffler, S. Schmidt, M.; Becker, F.; Kätzel, R. (2020): Bisher seltene Baumarten – Gewinner im Klimawandel. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 69: 84-92.

Kätzel, R.; Schröder, J.; Becker, F.; Leinemann, L.; Grüll, M. Löffler, S. (2020): Die Rot-Eiche (*Quercus rubra* L.) - Von der Ersatzbank ins Spielfeld? Eberswalder Forstliche Schriftenreihe 69: 93-104

Kätzel, R.; Löffler, S.; Becker, F. (2020): Untersuchungen zur Klimaanpassung südosteuropäischer Herkünfte der Trauben-Eiche (*Q. petraea*) in Brandenburg - Eine erste Auswertung. Thünen-Report 76: 23-36.

Löffler, S.; Lange, C.; Kätzel, R. (2017): Der kleine Unterschied macht's – Klonprüfung zur Trockenstresstoleranz von Robinien (Ergebnisse des FNR-Projektes – FastWOOD 3). Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band 64: 37-44.

Kätzel, R.; Kallweit, R.; Löffler, S.; Möller, K.; Beck, W.; Schröder, J.; (2016): Zur Klimaplastizität der Wälder in Brandenburg –Eine retrospektive Betrachtung aus Sicht des Waldmonitorings. AFZ-Der Wald 3/2016: 19-24.

Kätzel, R.; Zander, M; Löffler, S. (2015): Wenn der Durst kommt – Eiche, Buche, Kiefer, Douglasie im Trockenstresstest. Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Band 55: 40-54.

Kätzel, R.; Kamp, T.; A. M. Höltken, F. Becker, H. J. Riederer, Schröder, J. (2014): Die Vorkommen der Flaum-Eiche und ihrer Hybriden nördlich der Alpen. Landbauforschung, Appl Agric Forestry Res 2 2014 (64). DOI:10.3220/LBF_2014

Kätzel, R.; Becker, F.; Schröder, J.; Glatthorn, J. (2012): Untersuchungen zu Vitalität, Wuchsleistung und Holzqualität von Zerr-Eichen (*Quercus cerris* L.). im Kommunalwald von Prenzlau. Archiv f. Forstwesen und Landsch.ökol. 46 (2012)3: 125-132.

Kätzel, R.; Becker, F.; Schröder, J.; Glatthorn, J.; Höltken, A.; Löffler, S. (2012): Flaum- und Zerr-Eiche in Brandenburg – Alternative Baumarten im Klimawandel? Eberswalder Forstliche Schriftenreihe, Bd. 49.: 23-36.