

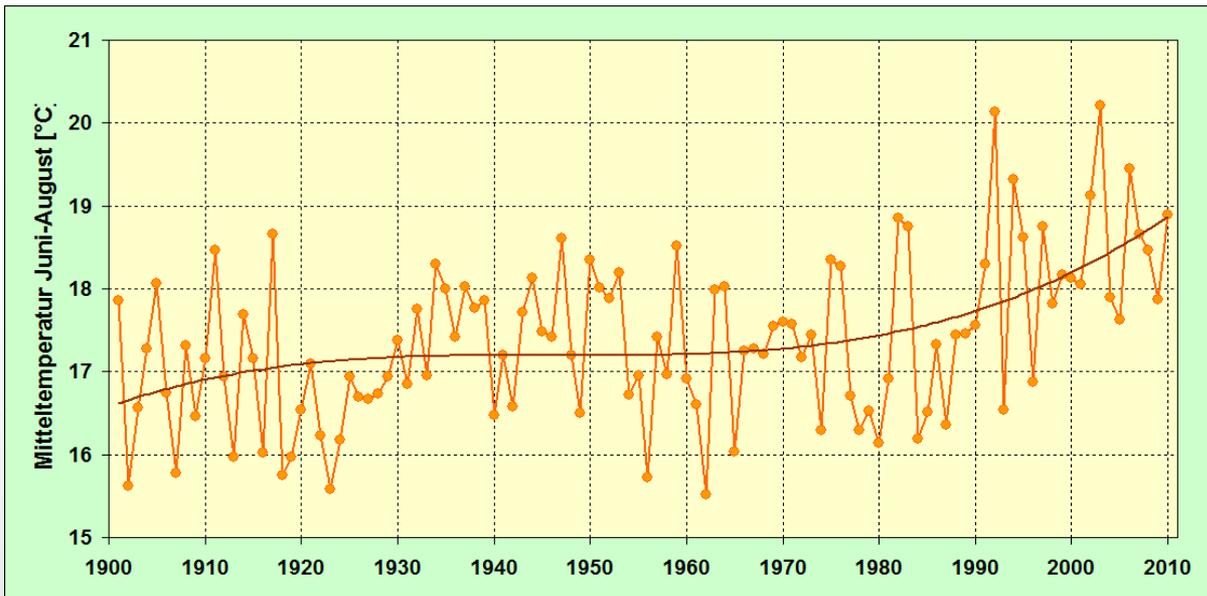
Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften



Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Problemstellung:

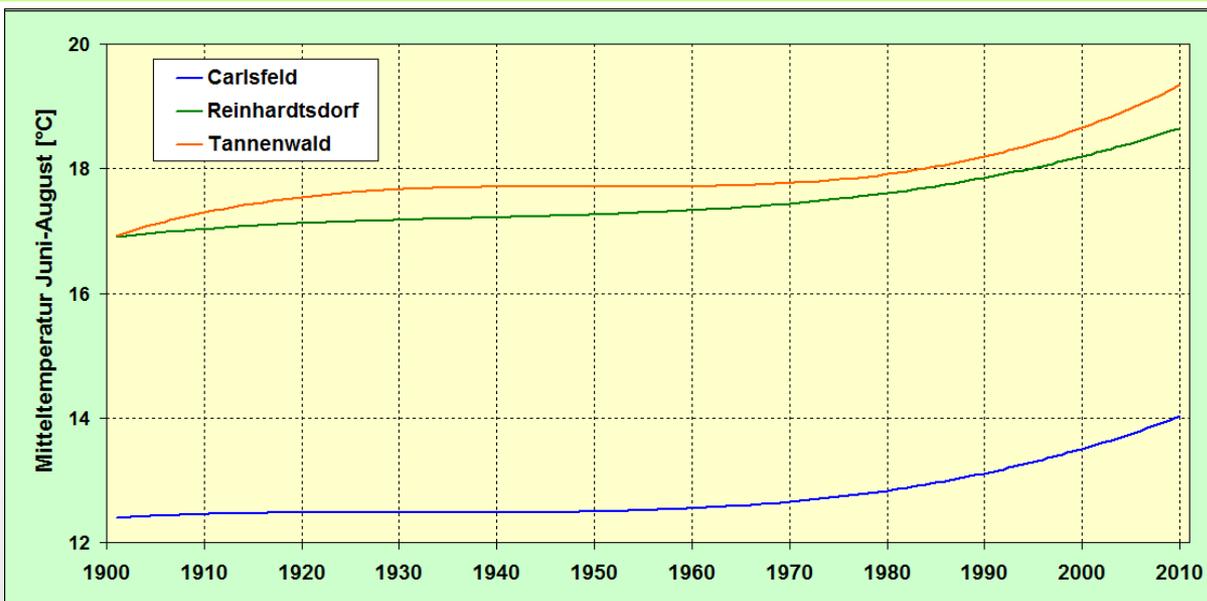
- Fichte ist Hauptbaumart in Sachsen (34,6%), Anbau nicht nur im Gebirge, auch in tieferen Lagen außerhalb der natürlichen Verbreitung
- Veränderung der klimatischen Standortbedingungen im Laufe der letzten drei Jahrzehnte



Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Problemstellung:

- Fichte ist Hauptbaumart in Sachsen (34,6%), Anbau nicht nur im Gebirge, auch in tieferen Lagen außerhalb der natürlichen Verbreitung
- Veränderung der klimatischen Standortbedingungen im Laufe der letzten drei Jahrzehnte



Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Problemstellung:

- **Fichte ist Hauptbaumart in Sachsen (34,6%), Anbau nicht nur im Gebirge, auch in tieferen Lagen außerhalb der natürlichen Verbreitung**
- **Veränderung der klimatischen Standortbedingungen im Laufe der letzten drei Jahrzehnte**

Folgen: erhöhte Transpiration, bei begrenzter Wasserverfügbarkeit Wasserstress, Welke, erhöhte Befallsdisposition durch Schadinsekten

Fragestellung:

Kann die Baumart Fichte mit der jetzigen Verbreitung Hauptbaumart bleiben ?

Gibt es Fichten-Herkünfte, die an Trockenheit und Hitze besser angepasst sind als die autochtonen sächsischen Provenienzen ?

Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

„Bestimmung der Anpassungsfähigkeit von Fichten-(*Picea abies* [L.] Karst.)-Beständen für den Anpassungsprozess der sächsischen Forstwirtschaft an Klimaänderungen“

Projekt zwischen dem SB Sachsenforst und dem Thünen-Institut für Waldökosysteme 2011 - 2012

Einheimische Provenienzen: Carlsfeld, Erzgebirgskamm, 940m ü. NN
Reinhardtsdorf, Sächsische Schweiz, 230m ü. NN
Tannenwald, südöstl. Brandenburg, 60m ü. NN

Ausländische Herkünfte: Rycerka, Polen, Beskiden, 700m ü. NN.
Nementschina, Litauen, 120m ü. NN.
Tschepelare, Bulgarien, Rhodopen, 1000m ü. NN.

Untersuchungsobjekte:

- Ausgangsbestände in Carlsfeld, Reinhardtsdorf und Tannenwald
- Provenienzversuche Borstendorf (Erzgebirge, 460m ü. NN) und Hohenleipisch (südl. Brandenburg, 120m ü. NN.) mit den drei einheimischen und den drei ausländischen Fichtenherkünften; je 3 Parzellen

Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Ausgangsbestände:

Wie wirken die unterschiedlichen lokalen Klimate auf den Wachstumsverlauf und die jährlichen Wachsraten ?

Provenienzversuche:

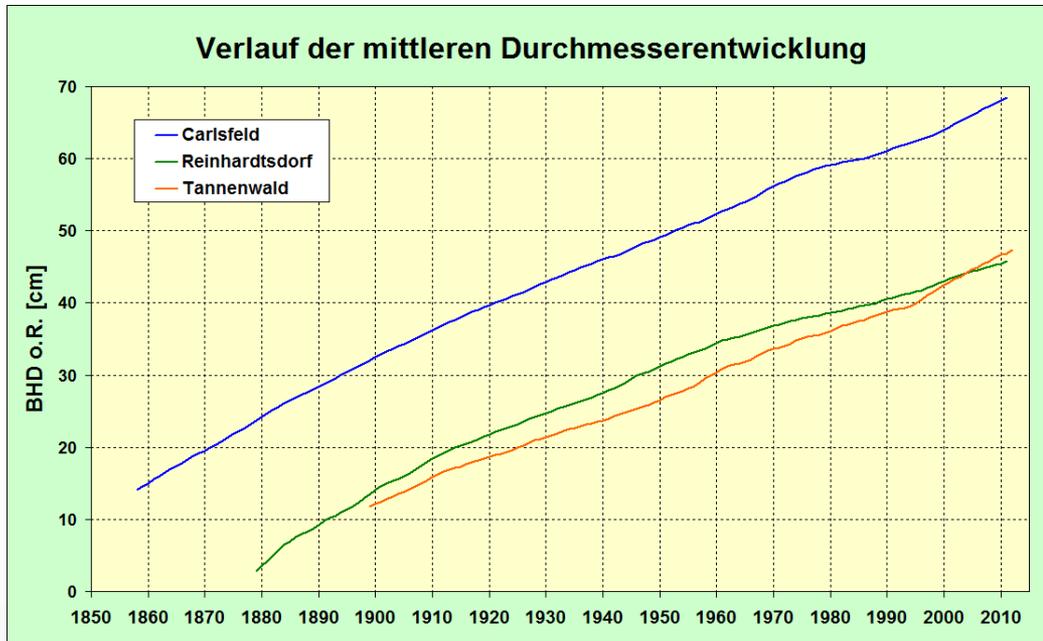
Zeigen die betrachteten Fichten-Provenienzen bei jeweils lokal gleichen Standortbedingungen unterschiedliche Reaktionsmuster ?

Ausgeführte Untersuchungen:

- Bohrkernentnahmen, Erfassung der Jahrring-Zeitreihen, Rekonstruktion des Wachstumsablaufs, dendroklimatologische Analysen (Weiserjahanalyse, Witterungs-Wirkungs-Modelle, Szenarienrechnungen)
- Radiodensitometrische Analysen zum Nachweis von Stressreaktionen anhand innerjähriger holzanatomischer Merkmale (TUD, FR Forstwissenschaften, Professur f. Forstnutzung, Dr. B. Günther)
- Isotopenanalysen zum Nachweis physiologischer Stressreaktionen (GFZ Potsdam, Dr. I. Heinrich)

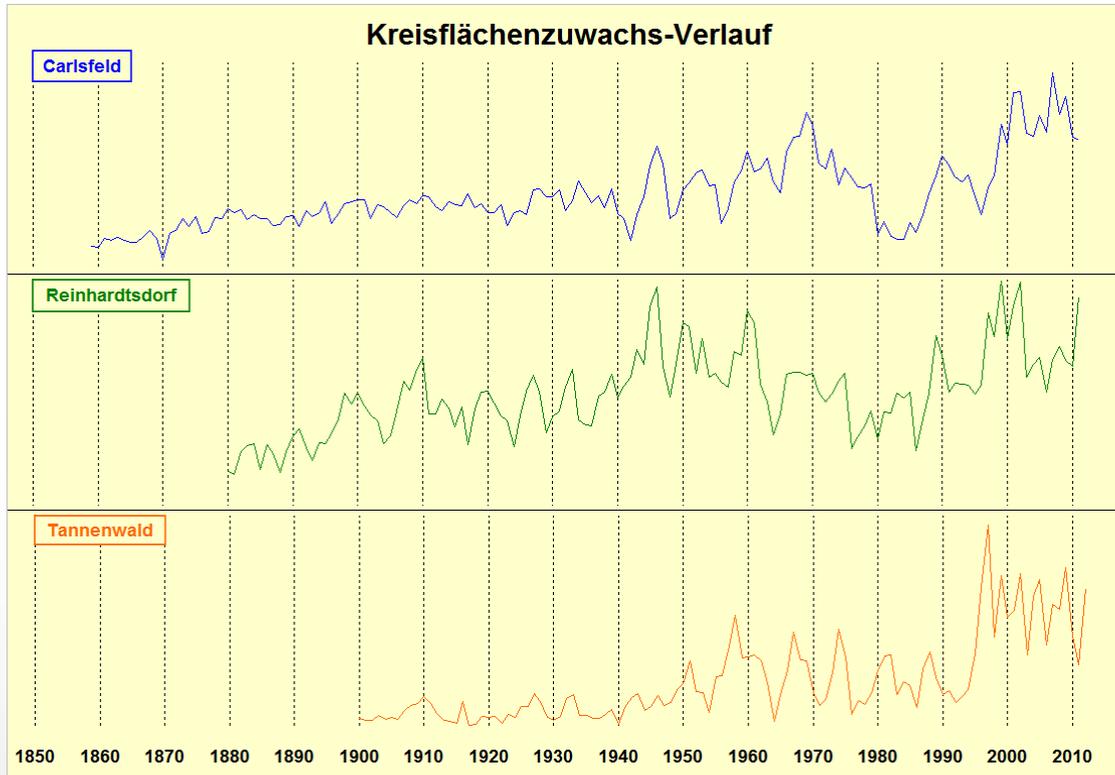
Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Ergebnisse: Wachstums- und Zuwachsverlauf der Ausgangsbestände



Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Ergebnisse: Wachstums- und Zuwachsverlauf der Ausgangsbestände



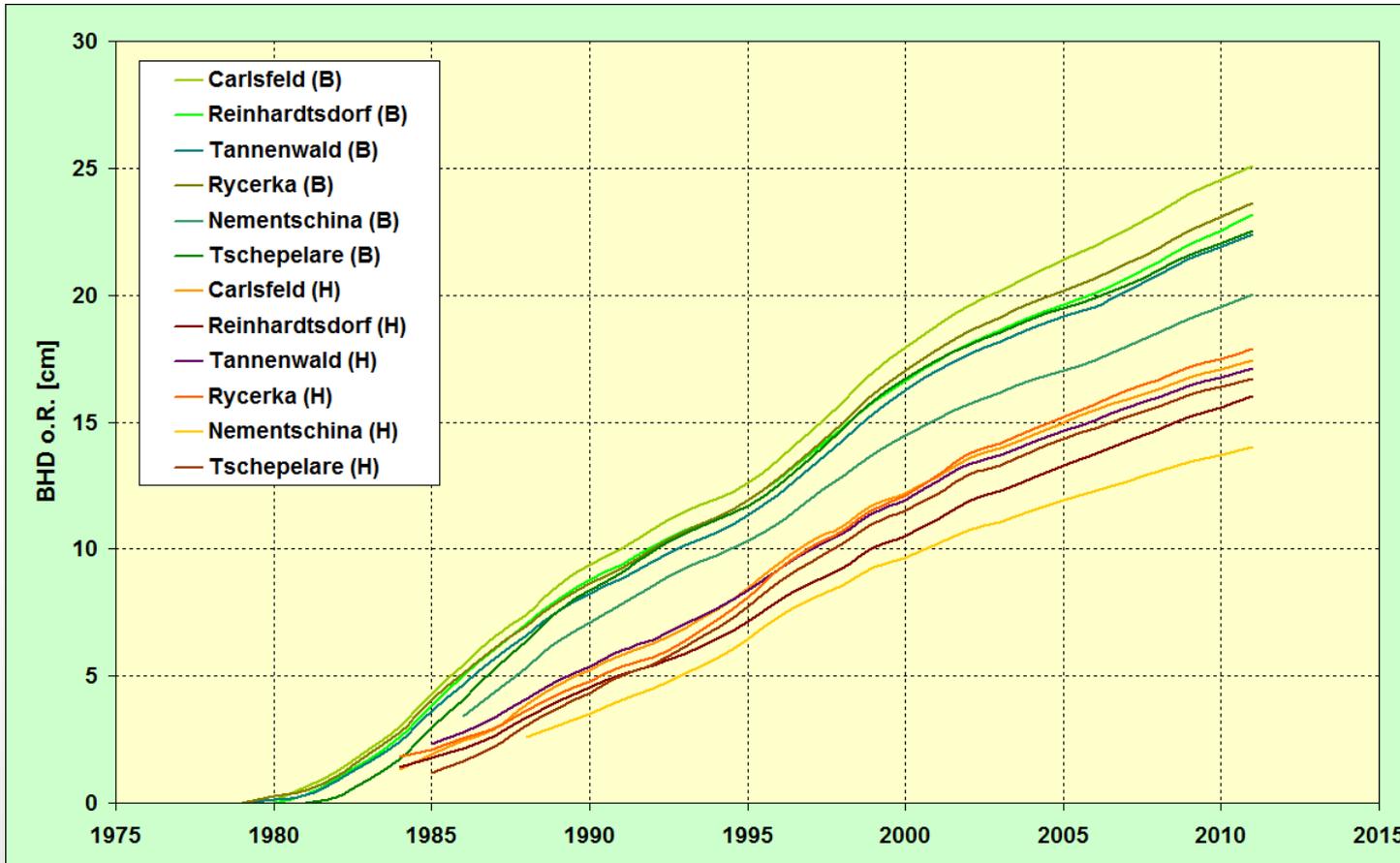
Ähnlichkeiten:

mittl. Kreuzkorrelation: 0,579;
signifikant, $\alpha < 0,001$;

mittl. wechselseitige Gleich-
läufigkeit: 63,4%, signifikant,
 $\alpha < 0,05$

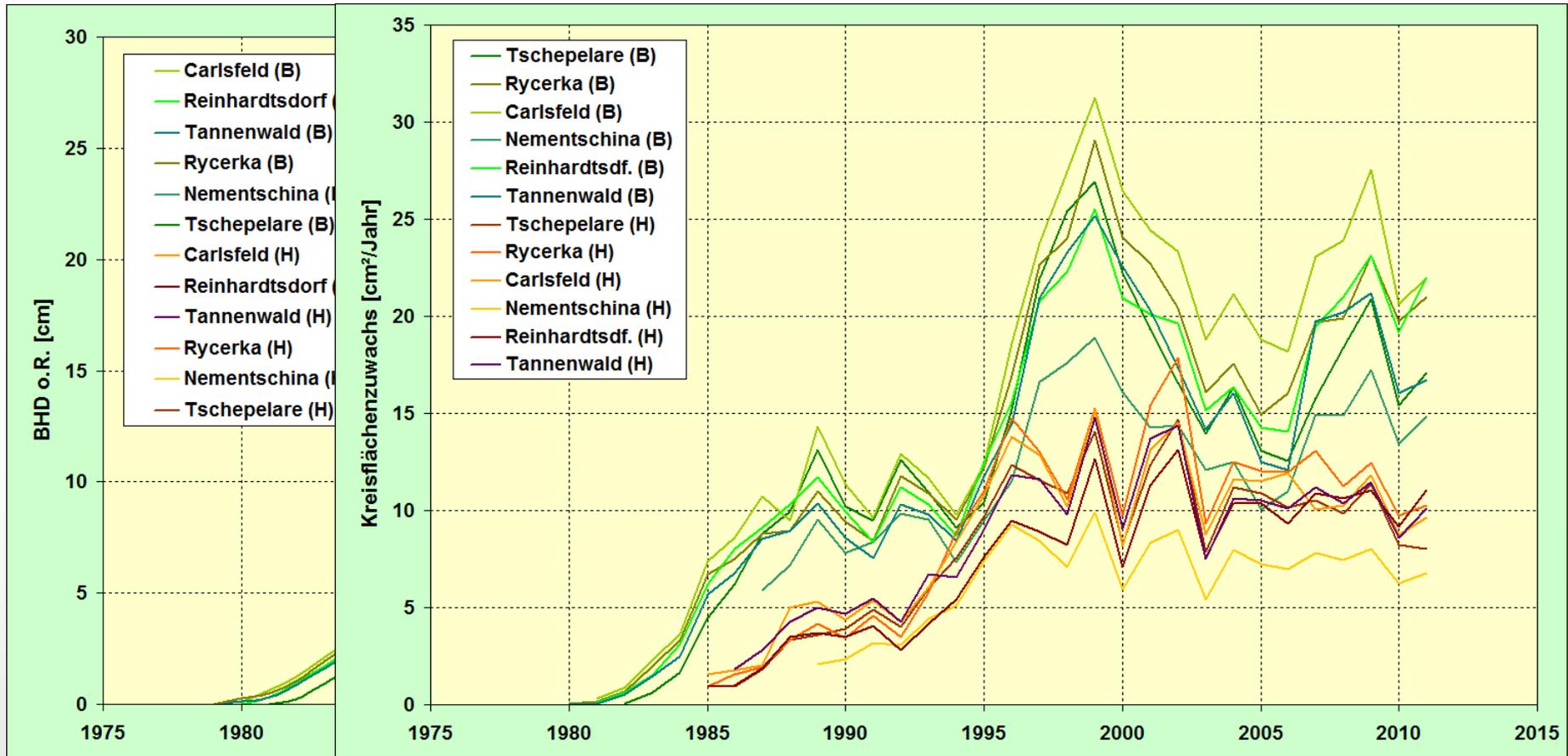
Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Ergebnisse: Wachstums- und Zuwachsverlauf in den Provenienzversuchen



Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Ergebnisse: Wachstums- und Zuwachsverlauf in den Provenienzversuchen



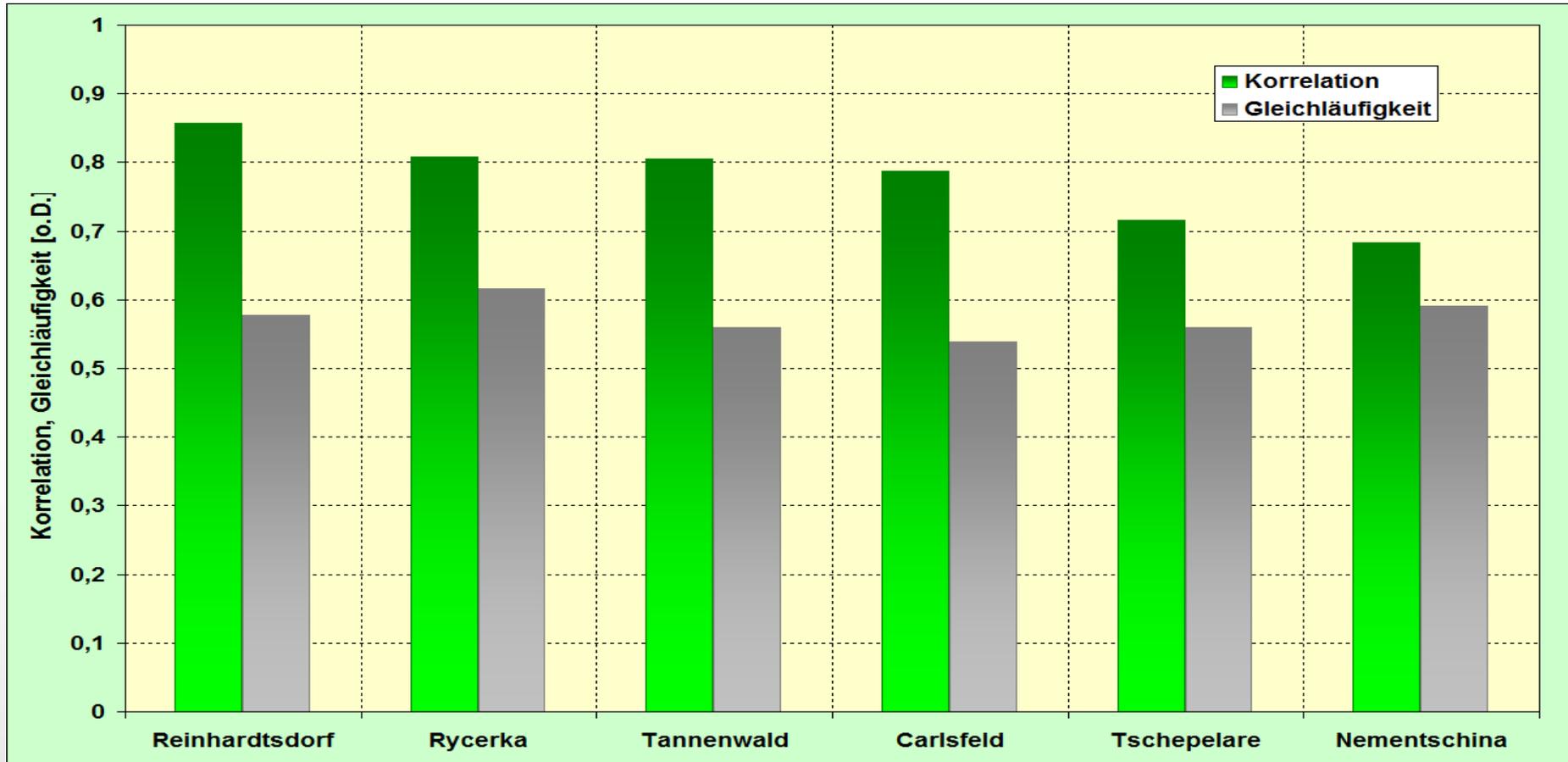
Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Ergebnisse: Wachstums- und Zuwachsverlauf in den Provenienzversuchen

Provenienzen in Borstendorf					Borstendorf vs. Hohenleipisch					
										0,76832577
0,97248616	0,97054072	0,95496646	0,96382058	0,97817626	0,71508575	0,70632774	0,72284806	0,61218988	0,73500954	0,75091125
	0,99243193	0,97401468	0,99015908	0,98976203	0,80397168	0,80825015	0,79737788	0,7550833	0,84724576	0,84988811
		0,96796608	0,98769387	0,98764436	0,79996055	0,80249769	0,7874172	0,7329382	0,85360553	0,84086806
			0,9740549	0,97255089	0,74106337	0,70924206	0,6972317	0,68285397	0,76881677	0,78787817
				0,98444753	0,77046682	0,78641062	0,77295945	0,73166678	0,85787266	0,82607895
					0,76539283	0,7680278	0,74967359	0,71588637	0,80136314	0,80536629
				0,97738103		0,9860631	0,98438331	0,9738589	0,93963168	0,97956501
							0,98127724	0,96352665	0,95784314	0,97876688
								0,96578749	0,94155439	0,97183088
									0,91542882	0,95616703
										0,96232702
										0,96386744
					Provenienzen in Hohenleipisch					

Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Ergebnisse: Wachstums- und Zuwachsverlauf in den Provenienzversuchen



Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Ergebnisse: Wachstums- und Zuwachsverlauf in den Provenienzversuchen

Feststellung:

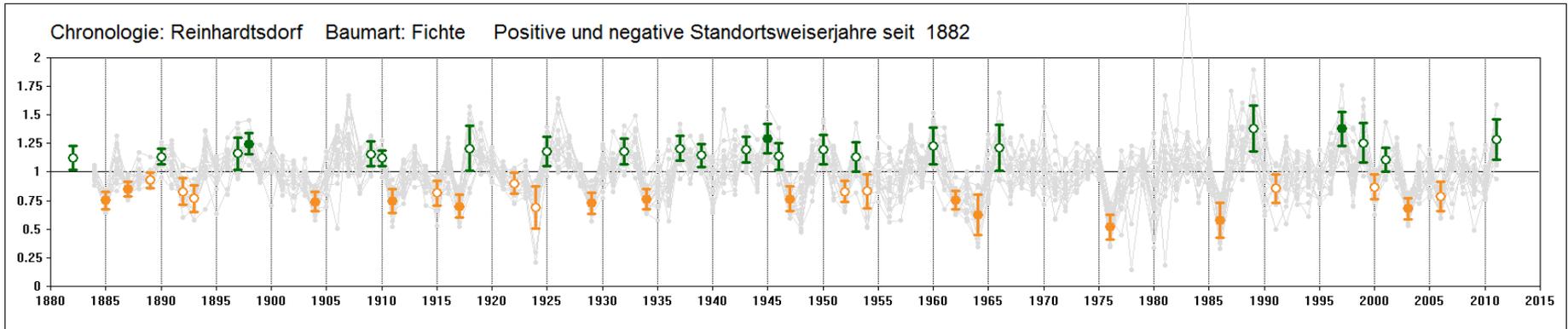
Die Ähnlichkeiten im Zuwachsverhalten zwischen verschiedenen Herkunftten am gleichen Versuchsstandort sind deutlich stärker als die Ähnlichkeiten jeweils gleicher Herkunftten zwischen verschiedenen Versuchsstandorten.

Folgerung:

Die Standortseigenschaften überwiegen herkunftsbedingte Unterschiede bei weitem.

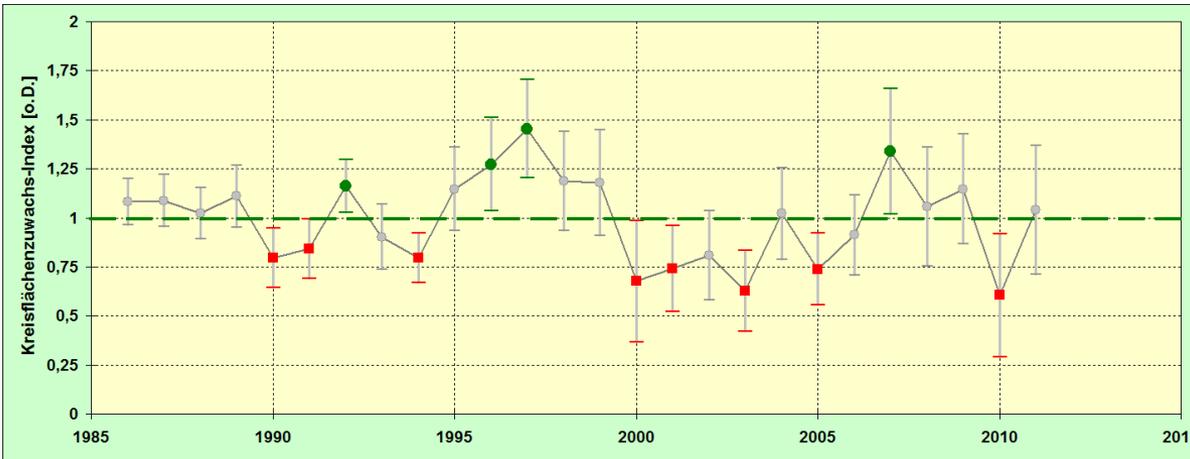
Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Ergebnisse: Herkunftsspezifische Reaktionsmuster in Weiserjahren

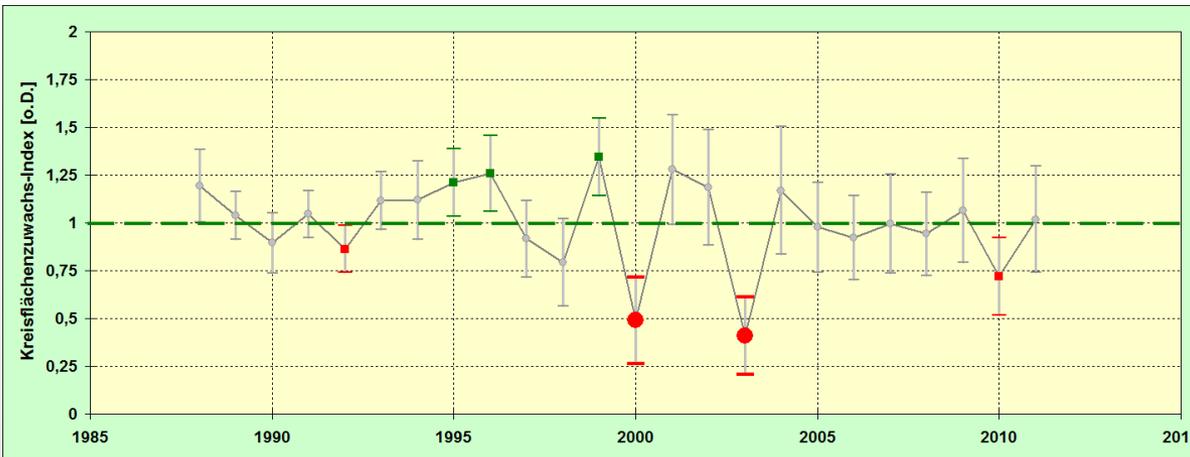
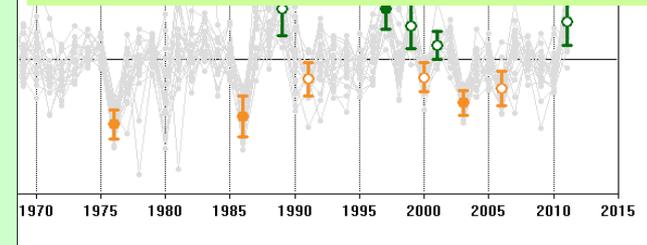


Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Ergebnisse: Herkunftsspezifische Reaktionsmuster in Weiserjahren



**Gemeinsame Weiserjahre
aller sechs Herkünfte im
Versuch Borstendorf**

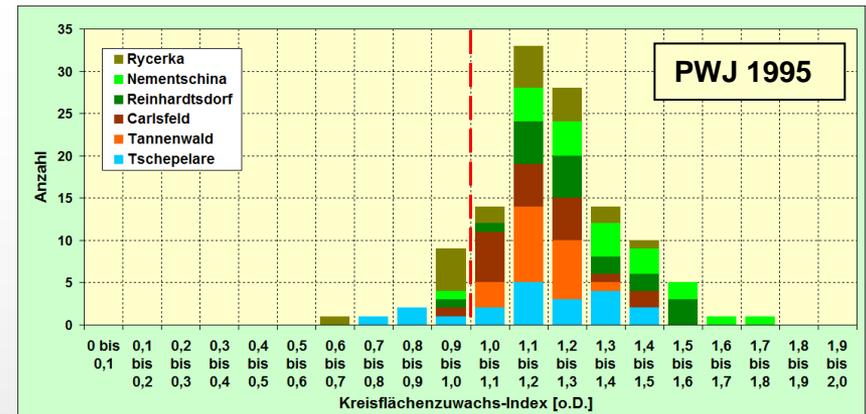
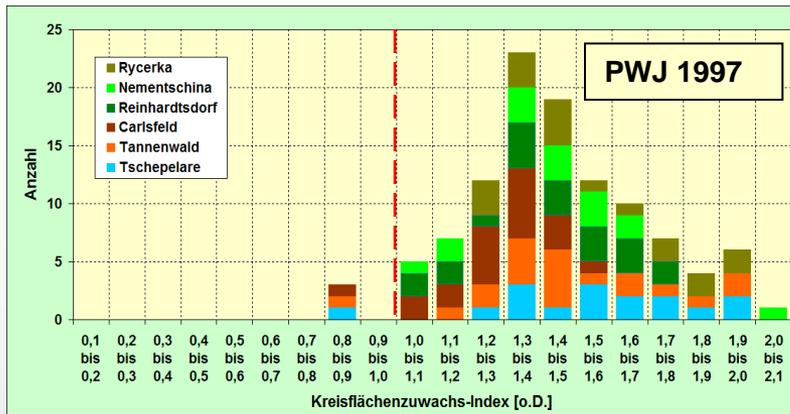
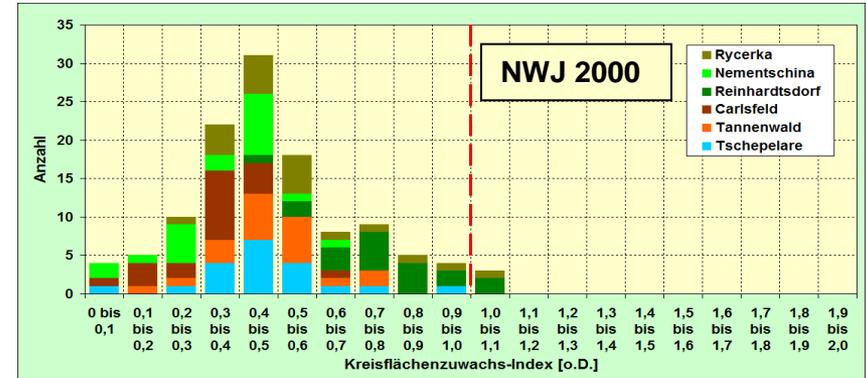
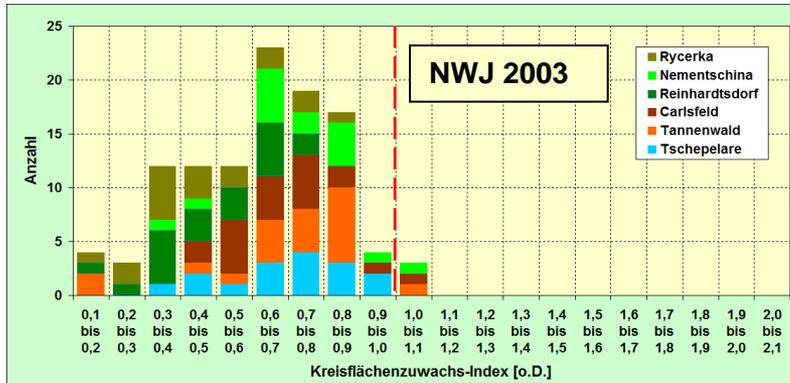


**Gemeinsame Weiserjahre
aller sechs Herkünfte im
Versuch Hohenleipisch**

**Frage: Gibt es trotz der
gleichartigen Zuwachsreak-
tionen in den gemeinsamen
Weiserjahren herkunfts-
spezifische Unterschiede ?**

Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Ergebnisse: Herkunftsspezifische Reaktionsmuster in Weiserjahren



Borstendorf

Hohenleipisch

Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Ergebnisse: Herkunftsspezifische Reaktionsmuster in Weiserjahren

	TSCH	RYCE	NEME	CARL	REIN	TANN
TSCH		3,77653521	-0,41293475	0,12800957	3,62162036	0,20689096
RYCE			-4,00417667	-4,09739846	-0,46142694	-3,28553717
NEME				0,58348728	3,8875812	0,57145092
CARL					3,91178863	0,11628108
REIN						-3,09807751
TANN						

Beispiel Borstendorf, NWJ 2003;
Rycerka und Reinhardtsdorf zeigen zu jeweils vier anderen Herkunftstypen signifikante Unterschiede (t-Test).

Ergebnis aller Tests in allen Weiserjahren:

Borstendorf: Reinhardtsdorf und Rycerka zeigen am häufigsten signifikante Unterschiede zu den anderen Provenienzen.

Hohenleipisch: Reinhardtsdorf und Nementschina zeigen am häufigsten signifikante Unterschiede zu den anderen Provenienzen.

Die so identifizierten Provenienzen in Borstendorf und Hohenleipisch, die zu anderen kontrastieren, wurden mit Methoden der Radiodensitometrie und der Isotopenanalyse intensiver untersucht.

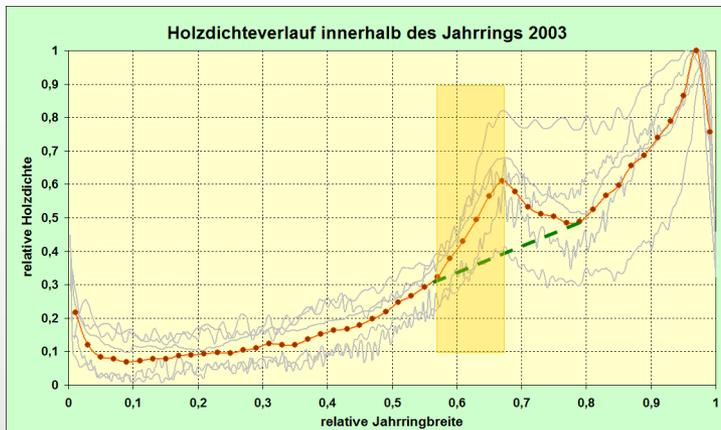
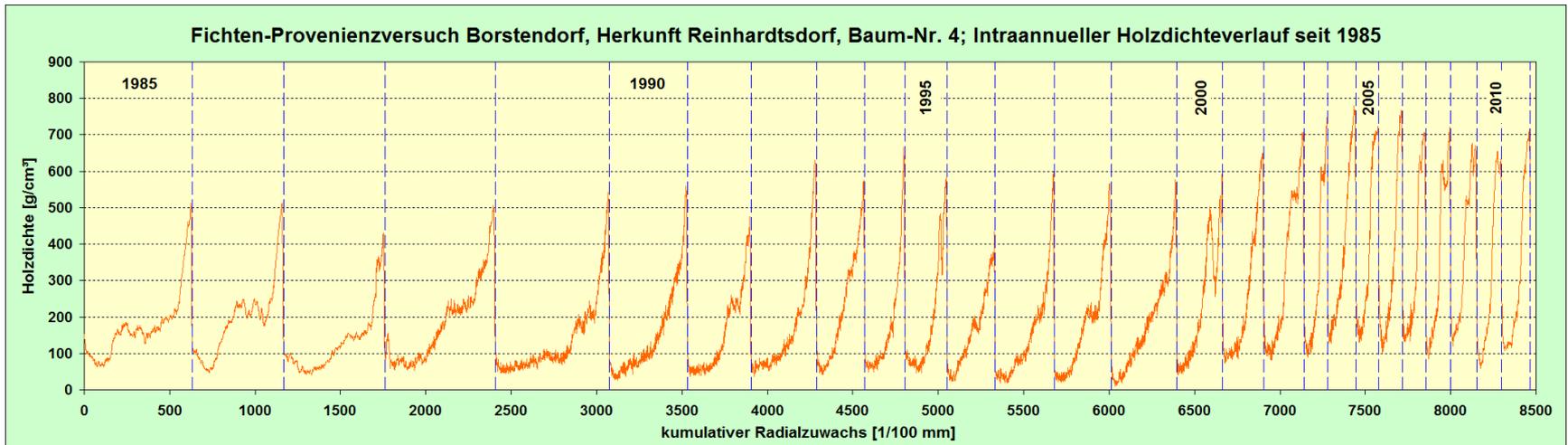
Fragestellungen:

In welchen Jahren hat der Witterungsverlauf den typischen innerjährlichen Holzdichte-Gradienten verändert ?

Welche Veränderungen treten im Wasser- und Kohlenstoffhaushalt ein, wenn Bäume mit Trockenheit und Hitze konfrontiert werden (water use efficiency) ?

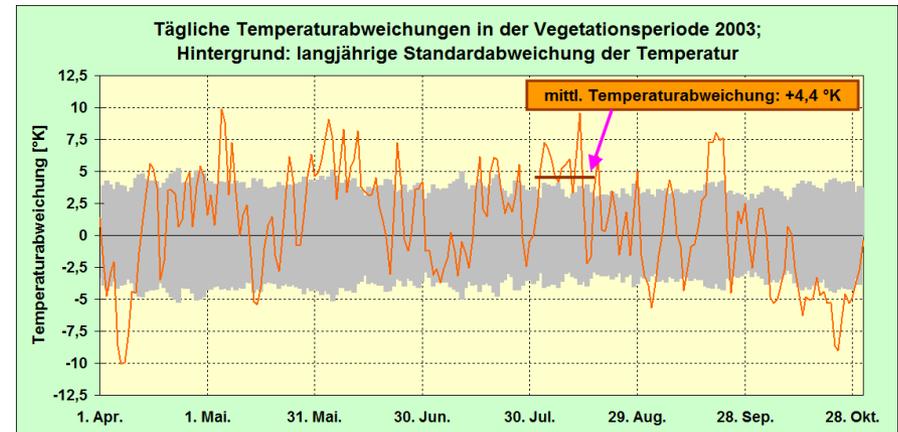
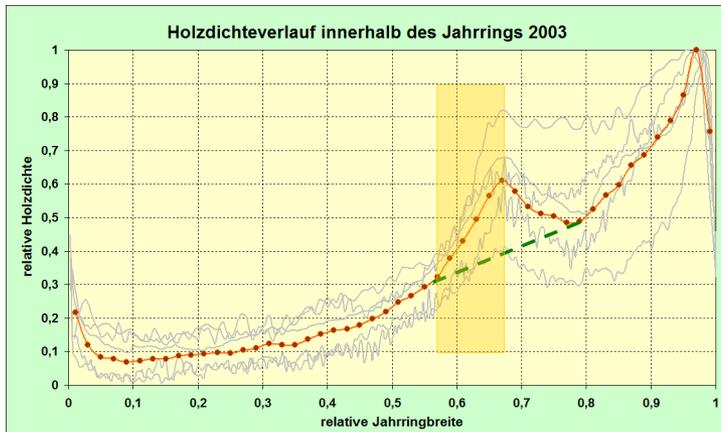
Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Radiodensitometrische Ergebnisse - Beispiel



Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

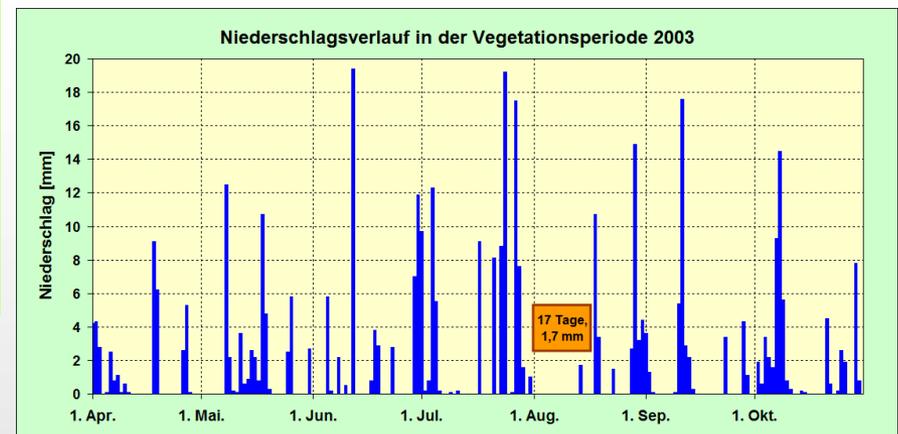
Radiodensitometrische Ergebnisse - Beispiel



Erkenntnis:

Vom Durchschnitt abweichende innerjährige Witterungsabläufe hinterlassen ihre Spuren innerhalb des Jahrrings.

Neben der Breite der Jahrringe existieren weitere holzanatomische Merkmale, die in Beziehung zum Witterungsverlauf stehen.



Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Isotopenanalysen – warum ?

Die Kohlenstoff-Isotopendiskriminierung $\delta^{13}\text{C}$ charakterisiert atmosphärische- und Bodenfeuchte, Lufttemperatur, Strahlung, CO_2 , Transpiration, Wasserdampfdruckdefizit und Wassernutzungseffizienz der Bäume.

Wassernutzungseffizienz = Verhältnis zwischen Kohlenstoffgewinn durch Photosynthese und Wasserverlust durch Transpiration

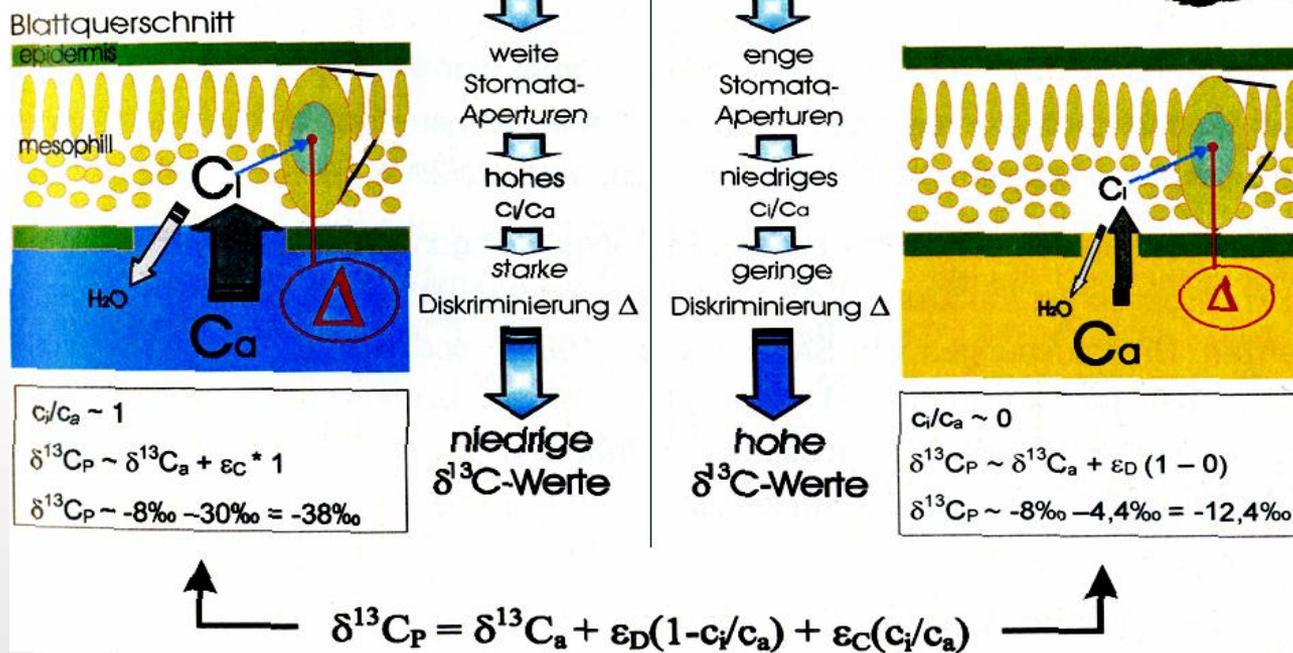
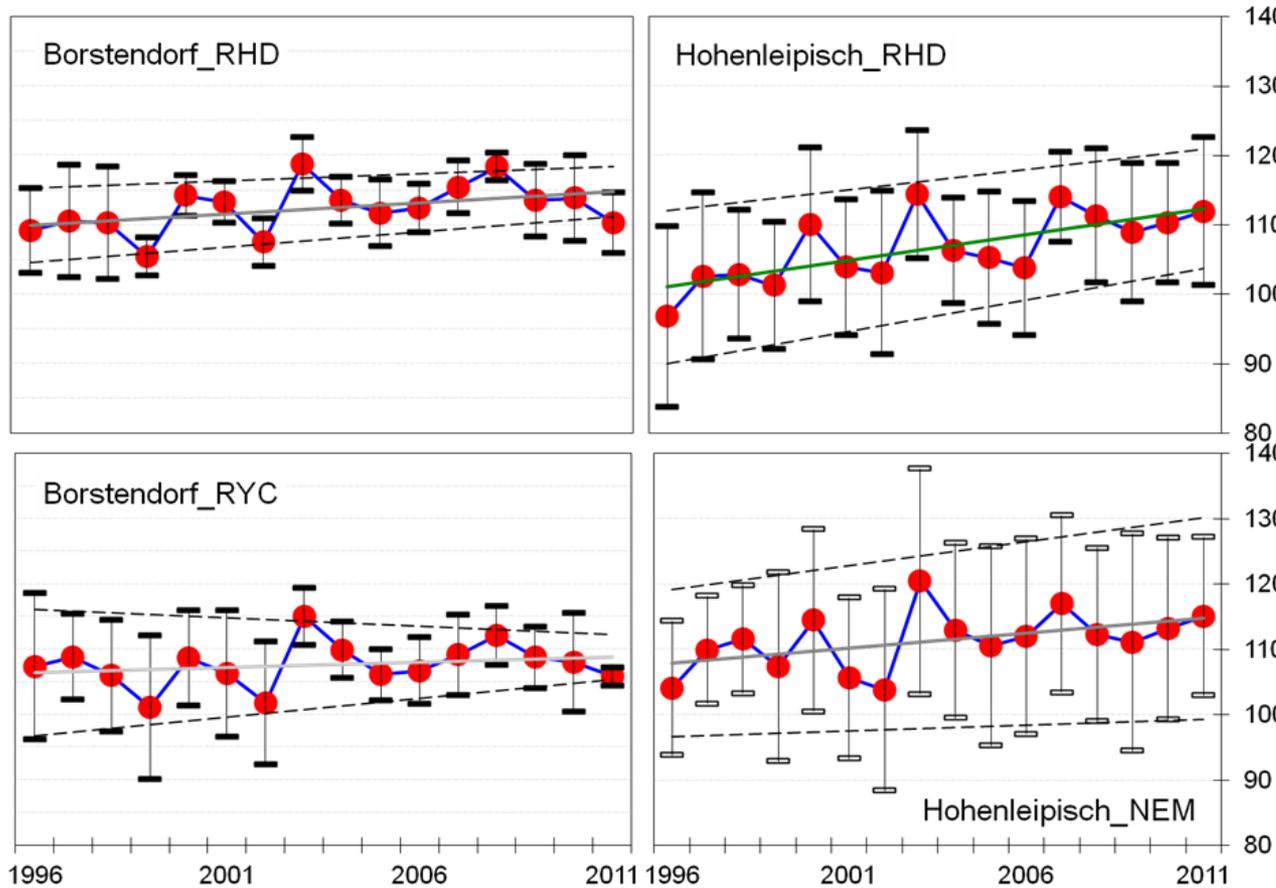


Abb. nach McCarroll & Loader, 2004, verändert.

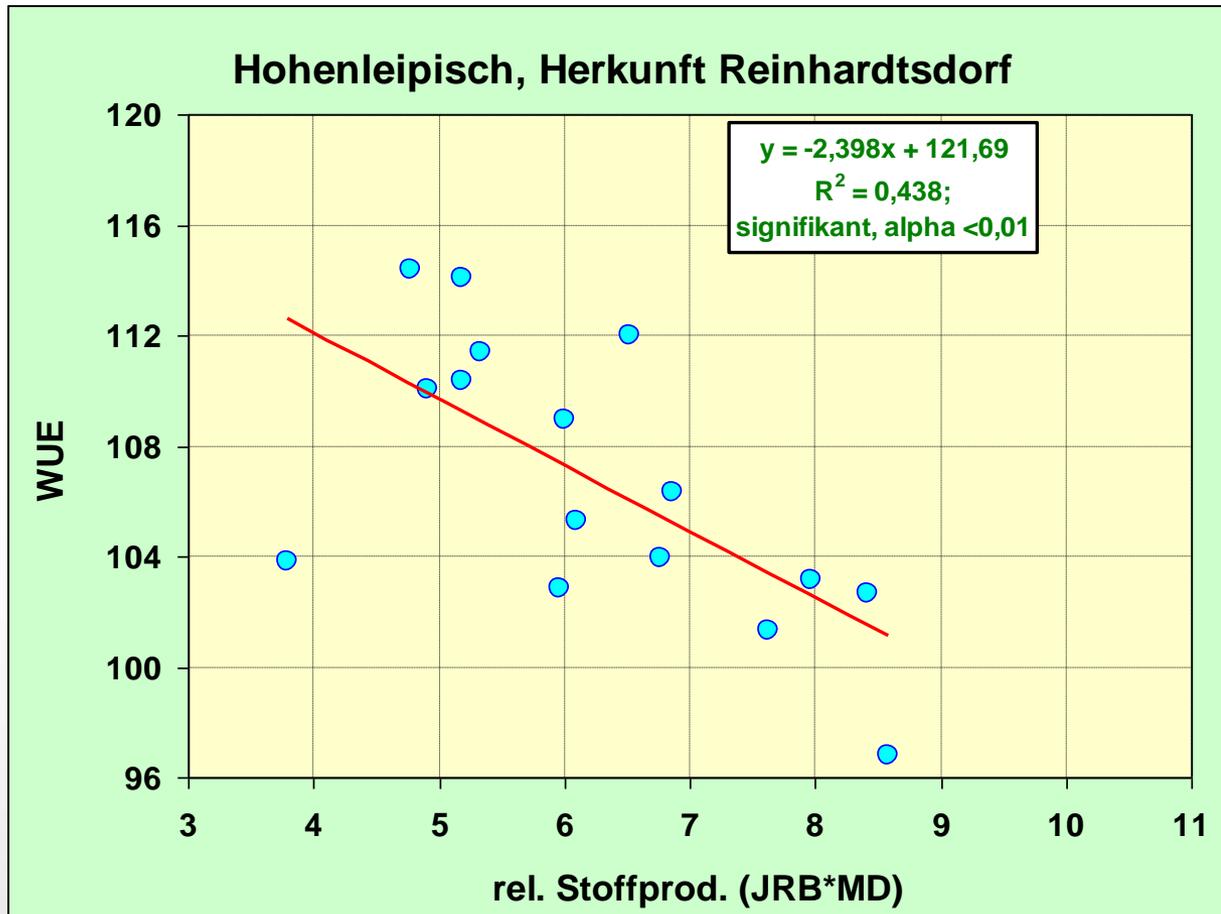
Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Isotopenanalysen – Ergebnisse zur „water use efficiency“



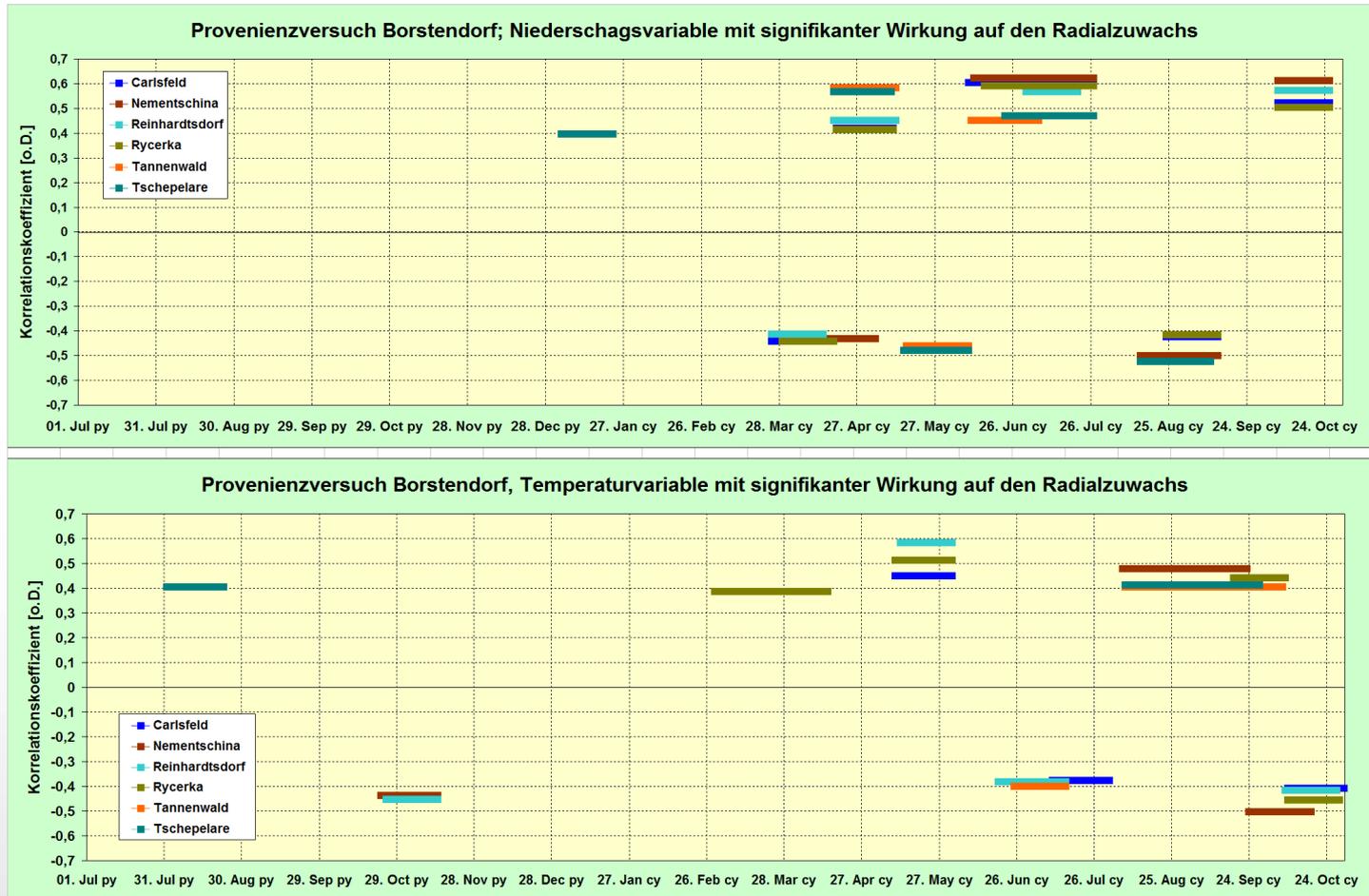
Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Isotopenanalysen – Ergebnisse zur „water use efficiency“



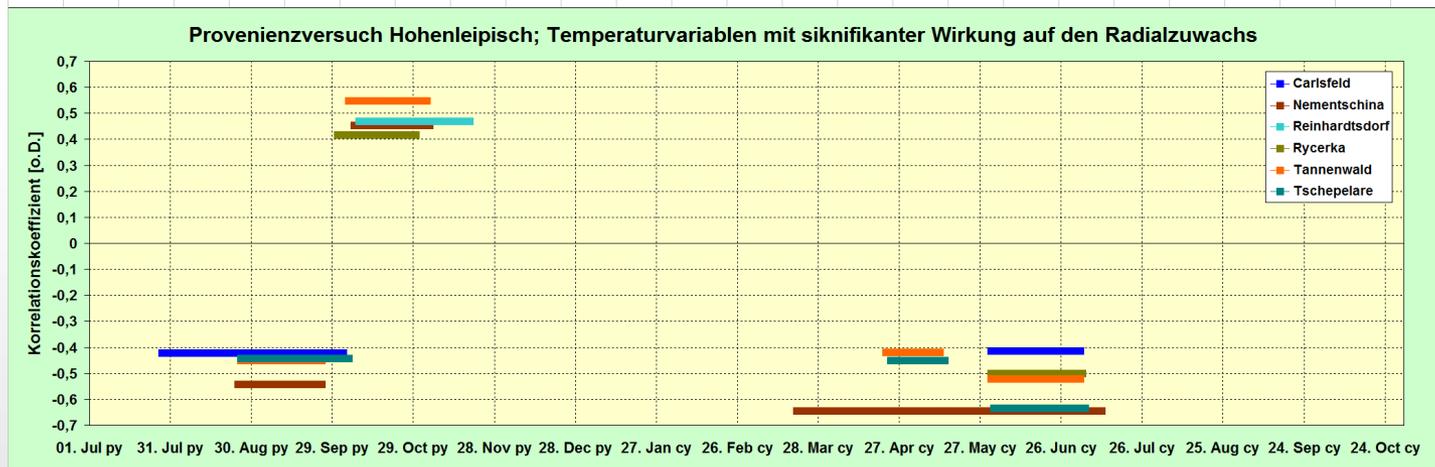
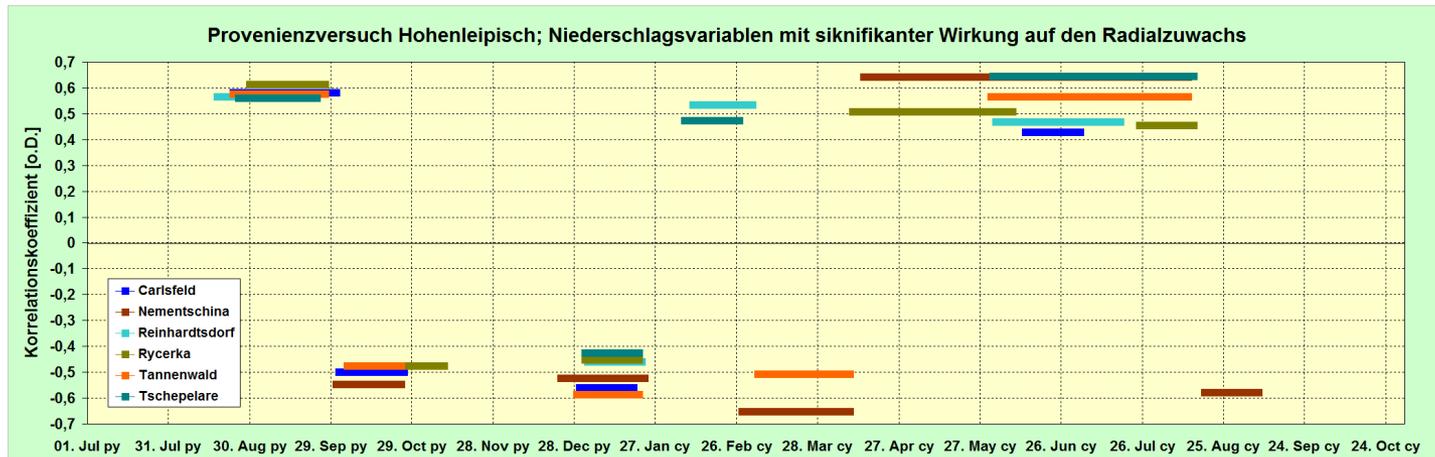
Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Analyse der Witterungswirkung auf die jährlichen Wachstumsraten



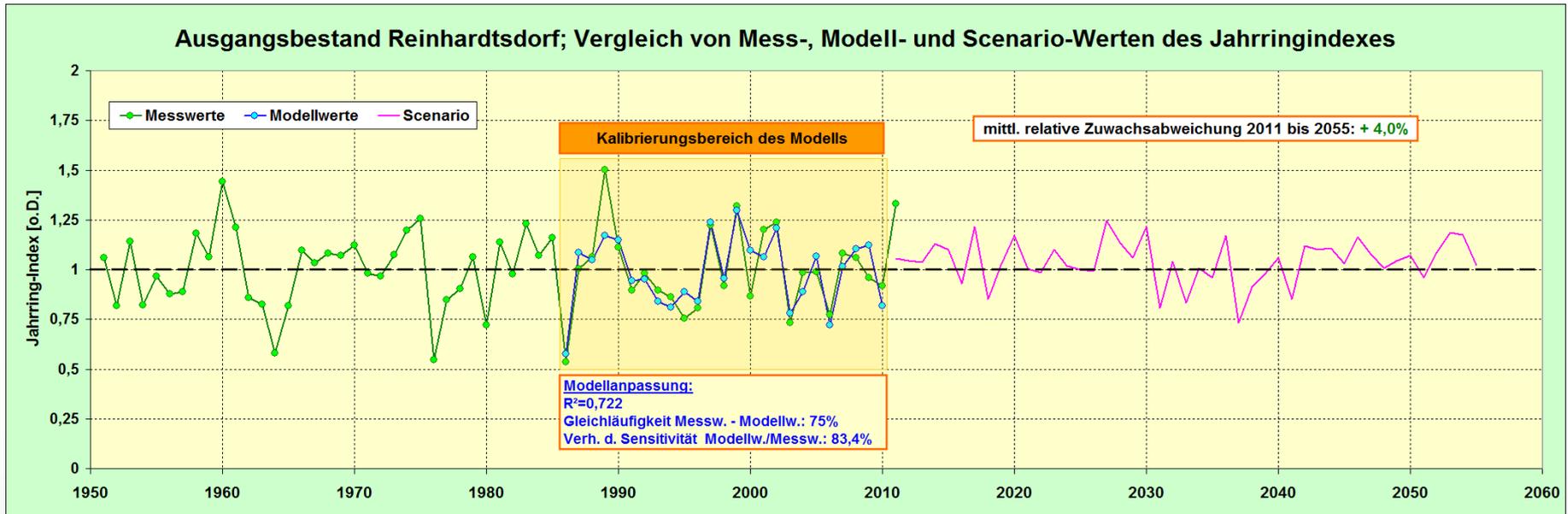
Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Analyse der Witterungswirkung auf die jährlichen Wachstumsraten



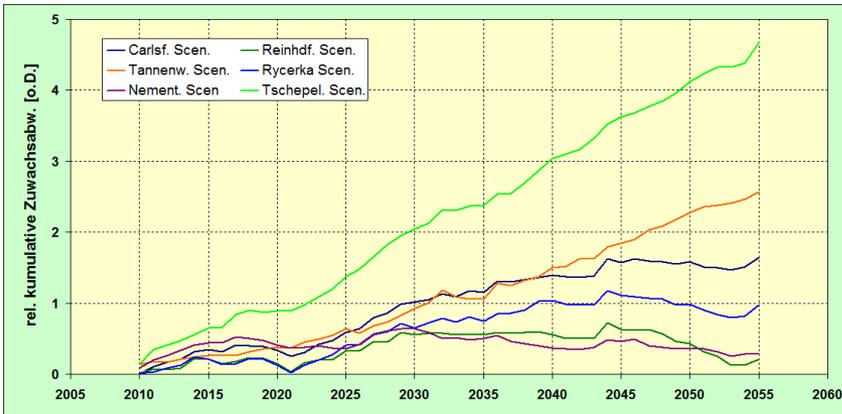
Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Analyse der Witterungswirkung auf die jährlichen Wachstumsraten

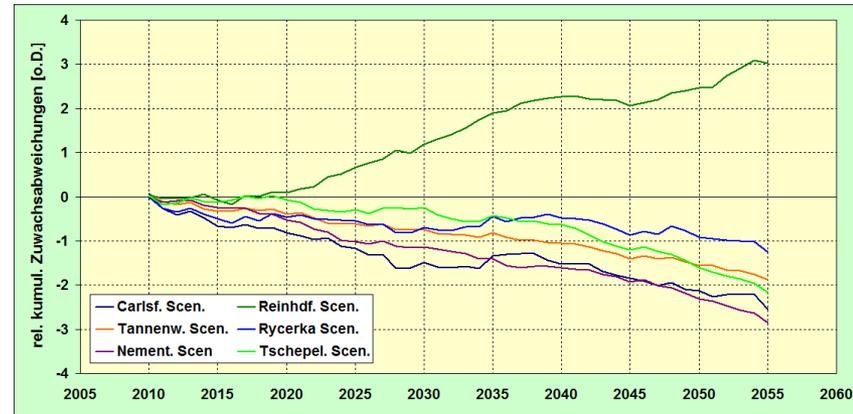


Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

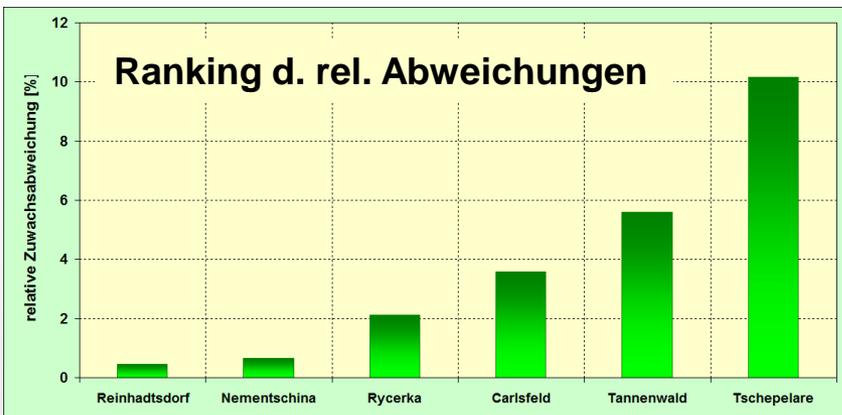
kumulative Abweichungen



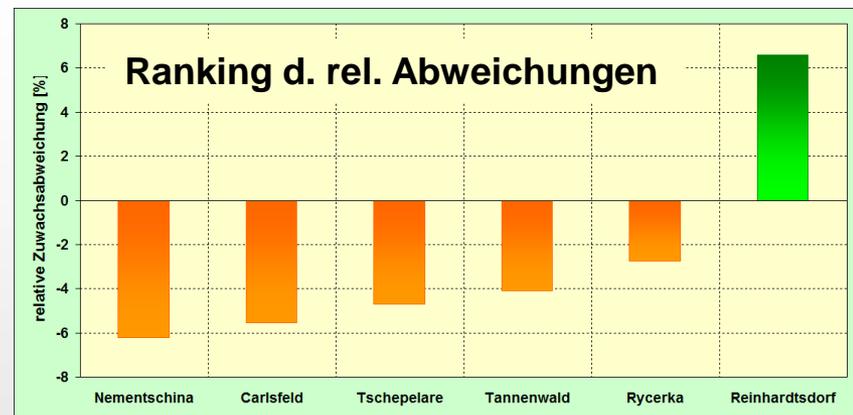
kumulative Abweichungen



Borstendorf



Hohenleipisch



Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

	Herkunft	Radial-zuw.-änd. [%]
Ausgangsbestand	Carlsfeld	+9,4
Ausgangsbestand	Reinhardtsdorf	+4,0
PV Borstendorf	Carlsfeld	+3,5
PV Borstendorf	Reinhardtsdorf	+0,3
PV Borstendorf	Tannenwald	+5,4
PV Borstendorf	Rycerka	+2,4
PV Borstendorf	Tschepelare	+9,8
PV Borstendorf	Nementschina	+0,2
PV Hohenleipisch	Carlsfeld	-5,2
PV Hohenleipisch	Reinhardtsdorf	+6,9
PV Hohenleipisch	Tannenwald	-4,0
PV Hohenleipisch	Rycerka	-2,2
PV Hohenleipisch	Tschepelare	-4,5
PV Hohenleipisch	Nementschina	-6,2

Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

	Herkunft	mittl. FHD	mittl. SHD	max. SHD	mittl. Dichte	Jahringbreite	Jahringmasse
Ausgangsbestand	Carlsfeld	-0,6	+4,4	+3,9	-3,8	+9,4	+12,6
Ausgangsbestand	Reinhardtsdorf	-0,2	+1,9	+3,0	+0,1	+4,0	+1,1
PV Borstendorf	Reinhardtsdorf	+3,0	+2,2	+5,5	-1,7	+0,3	-4,8
PV Borstendorf	Rycerka	+0,1	+1,8	+0,3	+2,2	+2,1	-1,8
PV Hohenleipisch	Reinhardtsdorf	-1,0	+1,7	+1,2	-0,2	+6,9	-0,6
PV Hohenleipisch	Nementschina	-0,7	+1,4	+1,4	-1,3	-6,2	-12,9

Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

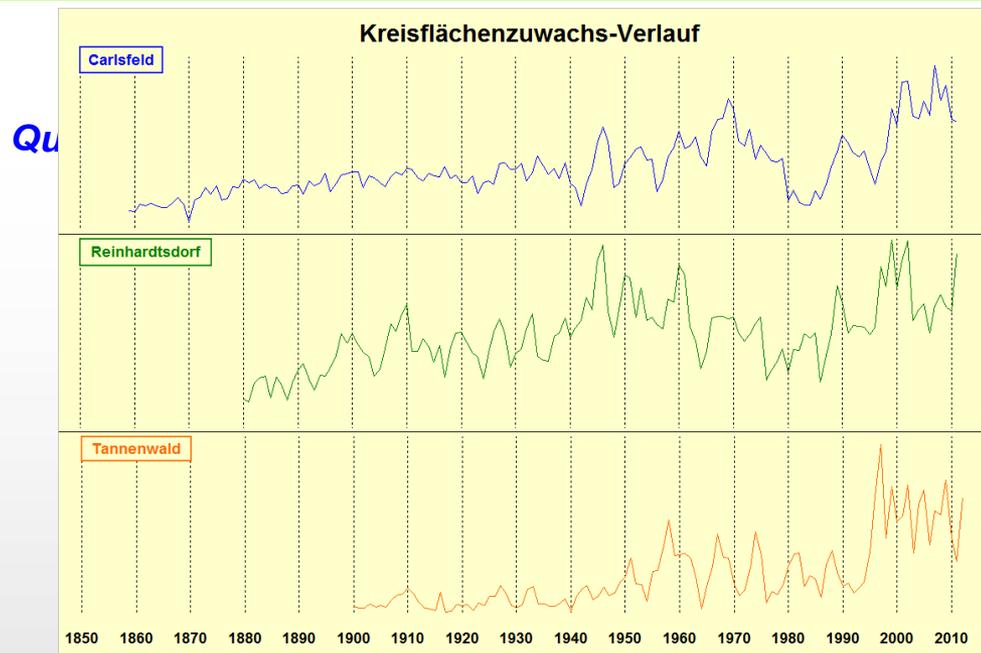
Erkenntnisse, Schlussfolgerungen

- Die Wirkung der Witterung auf die Wachstumsraten ist abhängig von den Standortseigenschaften. Die Versuchsstandorte weisen einen weiten klimatischen Gradienten auf und sind bodenhydrologisch differenziert (Hohenleipisch 127 mm nFk; Borstendorf, Reinhardtsdorf 225 mm nFk).
- Im Vergleich der Wachstums- und Zuwachsverläufe weisen die verschiedenen Provenienzen weitgehende Ähnlichkeiten innerhalb des jeweiligen Versuchsstandortes auf. Unterschiede werden durch die unterschiedliche Standortsausstattung der beiden Versuchsstandorte Borstendorf und Hohenleipisch hervorgebracht.
- Extreme Witterungsverläufe haben nicht nur Einfluss auf die Jahrringbreiten, sondern modifizieren auch den innerjährlichen Holzdichteverlauf. Wärmere und graduell trockenere Witterung führt zu höherer Holzdichte.
- Moderne statistische Verfahren der Dendroklimatologie ermöglichen die Identifikation derjenigen innerjährlichen Zeitabschnitte, in denen die Witterung signifikant auf Wachstumsraten und Holzdichte wirken. Die so bestimmten Witterungsvariablen ermöglichen die verlässliche Modellierung der Witterungswirkung. Die berechneten Modelle ermöglichen zusammen mit Witterungs-Szenarien die Abschätzung der weiteren Zuwachsentwicklung in den kommenden Jahrzehnten.
- Keine der einheimischen Herkünfte neigt unter den zukünftig zu erwartenden Witterungsbedingungen zum Ausfall. Die Herkünfte **Reinhardtsdorf und Tannenwald** sind auch **in Zukunft anbauwürdig**. Der Anbau der Herkünfte **Rycerka und Tschepelare** wäre auf Grund ihres Wachstums und ihrer witterungssensitiven Reaktionen **denkbar, aber nicht notwendig**.

Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Erkenntnisse, Schlussfolgerungen

- Die Zuwachsentwicklung der Ausgangsbestände zeigt eine nahezu zeitgleiche **Depressionsphase** von der Mitte der 1960er bis zur Mitte der 1990er Jahre. Dies ist durch den Eintrag schädlicher **Luftverunreinigungen** verursacht. Aktuell befinden sich die Fichtenbestände in einer Zuwachshochphase. Dieser deutliche **Zuwachsanstieg** vollzog sich unter der Bedingung einer **Erwärmung** ! Der Zuwachsanstieg stellt einerseits eine Revitalisierung nach einer Depression dar, andererseits war das **Fichtenwachstum bis in die 1980er Jahre Wärme-limitiert**.



Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Erkenntnisse, Schlussfolgerungen

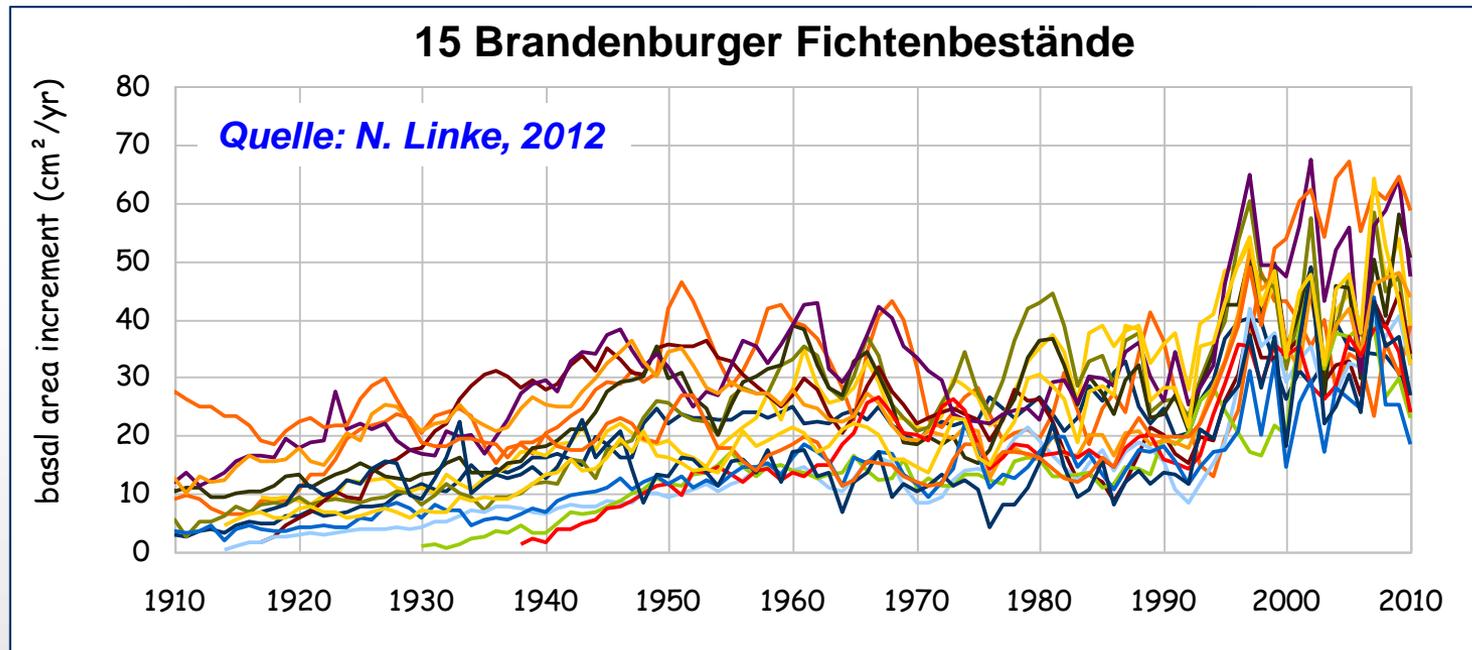
- Die Zuwachsentwicklung der Ausgangsbestände zeigt eine nahezu zeitgleiche **Depressionsphase** von der Mitte der 1960er bis zur Mitte der 1990er Jahre. Dies ist durch den Eintrag schädlicher **Luftverunreinigungen** verursacht. Aktuell befinden sich die Fichtenbestände in einer Zuwachshochphase. Dieser deutliche **Zuwachsanstieg** vollzog sich unter der Bedingung einer **Erwärmung** ! Der Zuwachsanstieg stellt einerseits eine Revitalisierung nach einer Depression dar, andererseits war das **Fichtenwachstum bis in die 1980er Jahre Wärme-limitiert**.



Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Erkenntnisse, Schlussfolgerungen

- Die Zuwachsentwicklung der Ausgangsbestände zeigt eine nahezu zeitgleiche **Depressionsphase** von der Mitte der 1960er bis zur Mitte der 1990er Jahre. Dies ist durch den Eintrag schädlicher **Luftverunreinigungen** verursacht. Aktuell befinden sich die Fichtenbestände in einer Zuwachshochphase. Dieser deutliche **Zuwachsanstieg** vollzog sich unter der Bedingung einer **Erwärmung** ! Der Zuwachsanstieg stellt einerseits eine Revitalisierung nach einer Depression dar, andererseits war das **Fichtenwachstum bis in die 1980er Jahre Wärme-limitiert**.



Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress – Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften

Schlussfolgerungen

Handlungsbedarf

- Ersatzbaumarten – nicht notwendig !
- Trockenheitstolerante Herkünfte – nicht notwendig !

Hochlagen, Kammlagen, mittlere Lagen

- Schwerpunkt der problematischen Fichtenwald-Stabilität: die unteren Lagen und das Tiefland !
- Sukzessiver Waldumbau im Laufe des Nutzungsvollzugs; Orientierung an der PNV
- Weiterführende dendroökologische Untersuchungen zur Abgrenzung des Handlungsbedarfs !



**Herkunftstypische Zuwachsreaktionen auf Witterungsstress –
Vergleich von ausländischen und einheimischen Fichtenherkünften**

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

