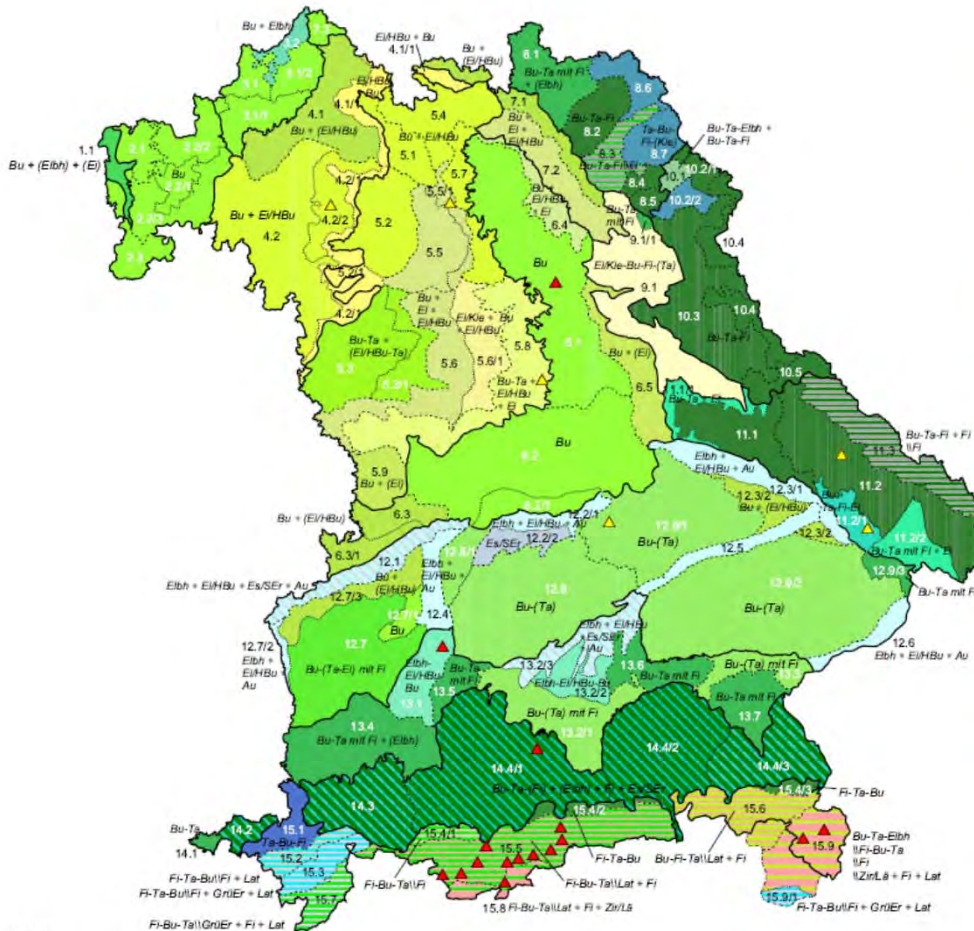


## Regionale natürliche Waldzusammensetzung Bayerns

Überarbeitete Fassung 2001, bearbeitet von der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft: H. Walentowski, H.-J. Guider, C. Kölling, J. Ewald, W. Türk



### Wälder in Flussauen und z.T. vermoorten Niederungen (planar bis submontan)

- Elbh + Ei/HBu + Au
- Elbh + Ei/HBu + Es/SER + Au
- Es/SER
- Elbh-Ei/HBu-Bu
- Bu + (Elbh) + (Ei)

### Eichenmischwälder und Buchenwälder (kollin bis submontan)

- Ei/HBu + Bu
- Ei/Kie + Bu + Ei/HBu
- Ei/Kie-Bu-Fi(Ta)

### Buchenwälder und Eichenmischwälder (kollin bis submontan)

- Bu + Ei + Ei/HBu
- Bu + Ei/HBu + Ei
- Bu-Ta + Ei/HBu + Ei
- Bu + Ei/HBu
- Bu-Ta + (Ei/HBu-Ta)

### Buchenwälder (kollin bis hochmontan)

- Bu + (Ei)
- Bu + (Ei/HBu)
- Bu-(Ta-Ei) mit Fi
- Bu
- Bu-(Ta), regional mit Fichte
- Bu + Elbh

### Bergmischwälder (submontan bis tiefsubalpin)

- Bu-Ta, regional mit Fi, + Ei
- Bu + Ta-Fi-Ei
- Bu-Ta-Fi + (Elbh) + Fi + Es/SER
- Bu-Ta, regional mit Fi, regional + (Elbh)
- Bu-Ta-Elbh + Bu-Ta-Fi
- Bu-Ta-Fi
- Ta-Bu-Fi
- Ta-Bu-Fi(Kie)
- Fi-Ta-Bu
- Bu-Ta-Fi + Fi\Fi
- Bu-Ta-Fi\Fi

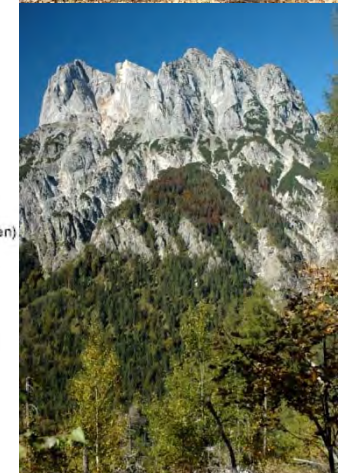
### Hochgebirgswälder (tiefmontan bis subalpin)

- Bu-Fi-Ta\Lat + Fi
- Bu-Ta-Elbh\Fi-Bu-Ta\Fi\Zir/Lä + Fi + Lat
- Fi-Bu-Ta\Fi
- Fi-Bu-Ta\Lat + Fi + Zir/Lä
- Fi-Bu-Ta\Lat + Fi
- Fi-Bu-Ta\GrüEr + Fi + Lat
- Fi-Ta-Bu\Fi + GrüEr + Lat
- Fi-Ta-Bu\Fi + Lat

- ▲ Schneeheide-Kiefernwälder
- ▲ Sauerhumus-Kiefernwälder

- Bu: Buche
- Ei: Eiche
- Ei/HBu: Eiche/Hainbuche
- Es: Esche
- SER: Schwarzerle
- GrüEr: Grünerle
- Elbh: Edellaubbäume
- Au: Auwaldbaumarten
- Kie: Kiefer
- Ta: Tanne
- Fi: Fichte
- Lat: Latsche
- Zir/Lä: Zirbel/Lärche
- : Hauptbaumarten gemischt
- +: Hauptbaumarten auf verschiedenen Standorten
- /: Mischungstypen (ökologische Sonderbedingungen)
- \: Höhenzonierung
- ( ): örtliches natürliches Vorkommen
- mit: eingebürgerte Hauptbaumart

Hauptbaumarten sind in der Reihenfolge ihrer Anteile genannt. Nicht dargestellt sind Neben-, Begleit-, Pionier- und Gastbaumarten.

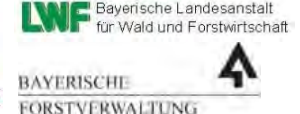


## ARBEITSGRUPPE **W**ald

**TP1**      **Plastizität und Anpassung verschiedener Herkunftse pflanzlicher Schlüsselarten bezüglich klimatischer Extremereignisse**  
*(C. Beierkuhnlein, J. Kreyling, D. Thiel, M. Konner, G. Huber, E. Cremer)*



**TP2**      **Ökologischer Höhengradient in Naturwaldreservaten des Bayerischen Waldes**  
*(A. Fischer, H. Walentowski, M. Blaschke)*



**TP3**      **Kurzfristige Auswirkungen und langfristige Konsequenzen klimatischer Extremjahre auf Waldökosysteme Nordbayerns**  
*(A. Bräuning, C. Meinardus)*



**TP13**      **Mortalität der Hauptbaumarten**  
*(H. Pretzsch, T. Rötzer, T. Mette)*



**TP14**      **Auswirkungen klimatischer Extremereignisse auf Störungsregime in Wäldern der Mittel- und Hochgebirge**  
*(B. Reineking, K. Dolos)*



Abschlussstagung 5.11.2012

## TP1

### Plastizität und Anpassung verschiedener Herkünfte pflanzlicher Schlüsselarten bezüglich klimatischer Extremereignisse

*(C. Beierkuhnlein, J. Kreyling, D. Thiel,  
M. Konnert, G. Huber)*

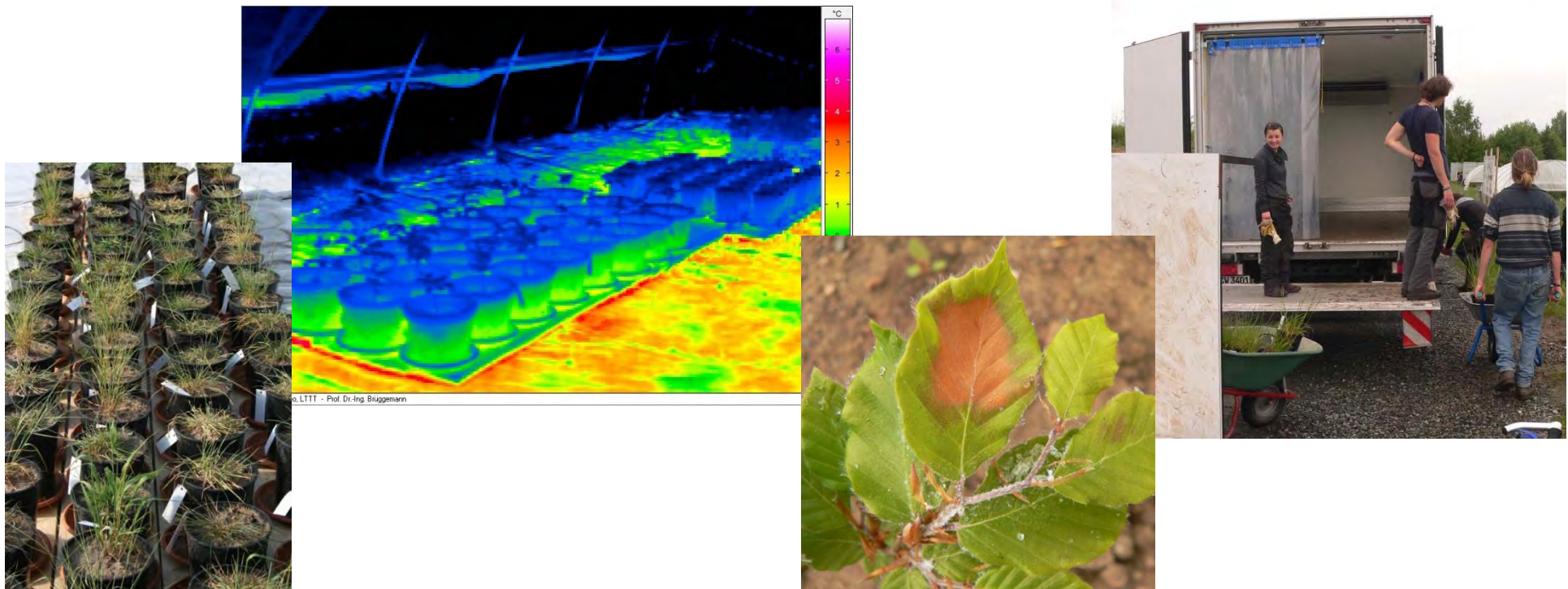


## Einleitung

- **Klimahüllen** als Grundlage zur Projektion künftig geeigneter Pflanzenarten in Land- und Forstwirtschaft gehen von **einheitlichem Verhalten** von Pflanzen einer Art über ihre Verbreitung hinweg aus.
- Die Hypothese, dass sich **Klimaextreme innerartlich differenziert** auswirken, wurde verfolgt.
- Zusätzlich interessierten **kombinierte Effekte** aus veränderten klimatischen Rahmenbedingungen (Erwärmung) mit einzelnen Extremen.
- Konzentration auf weit verbreitete **Schlüsselarten** für das Funktionieren von Grünland- (z.B. *Arrhenatherum elatius*) und Waldökosystemen (z.B. *Fagus sylvatica*).
- Bezüglich der Bäume betrachten wir auch **nicht-einheimische Baumarten** mit Vorkommen in der Nähe von Bayern (*Pinus nigra*).

## Durchführung

- Arbeit mit Topfexperimenten unter kontrollierten Bedingungen.
- Aufgrund der Verfügbarkeit von Pflanzenmaterial begannen im ersten Projektjahr in Zusammenarbeit mit dem IPK (Leibniz Gemeinschaft) Versuche an Gräsern.



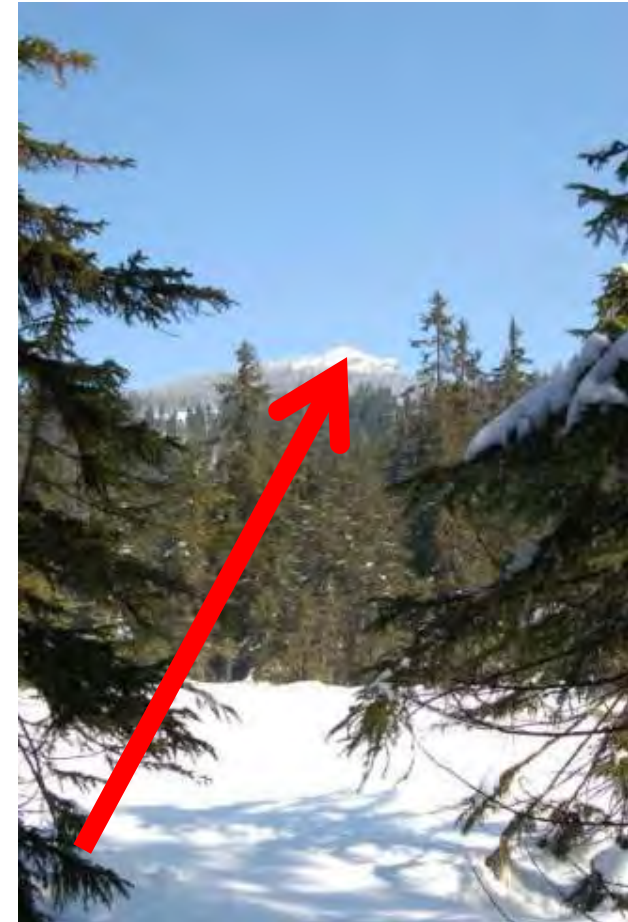
## Forschungshighlights

- Europäische Herkünfte von Schlüsselarten (Gräser, Bäume) unterscheiden sich deutlich in ihrer Wachstumsleistung
- Die genetische Vielfalt der Buche ist hoch
- Dürre- und Spätfrostsensitivität unterscheiden sich signifikant zwischen den Herkünften
- Reaktionen auf extreme Klimaereignisse treten zum Teil erst deutlich verzögert in Folgejahren auf
- Interaktionen zwischen Klimaparametern sind ökologisch bedeutsam (z.B. erhöhte Frosthärte nach Dürre; frühere Blatentwicklung und damit veränderte Sensitivität gegenüber Spätfrost bei Erwärmung)
- Lokale Anpassungen wurden besonders in Zusammenhang mit Frost und Spätfrost, weniger mit Erwärmung und Dürre gefunden

## TP2

### Ökologischer Höhengradient in Naturwaldreservaten des Bayerischen Waldes

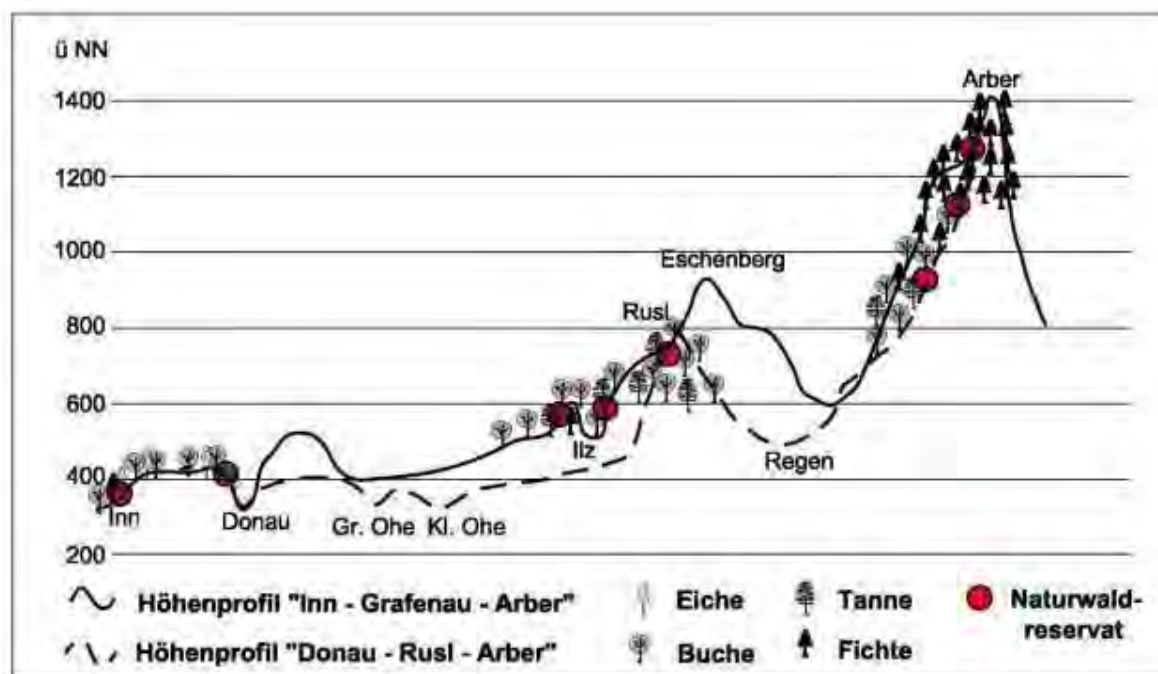
(A. Fischer, H. Walentowski, M. Blaschke)



## Einführung



- Höhengradient von 300 bis 1400 mNN auf 48 Probekreisen in 8 Naturwaldreservaten im Bayerischen Wald
- sieben Artengruppen (Vegetation, Flechten, holzbesiedelnde Pilze und Käfer, Laufkäfer, Schnecken, Vögel)
- Verschneidung mit Boden-, Bestandes- und Witterungs- bzw. Klimadaten an 10 Punkten, durch Modelle für jeden beliebigen Punkt berechenbar





## Ziele

- **Ziel 1:**  
Auf Basis von Arten Veränderungen im Höhengradienten zeigen
  
- **Ziel 2:**  
Herausarbeiten von Indikatorarten für Veränderungen im Rahmen  
des Klimawandels
  
- **Ziel 3:**  
Temperaturansprüche forstlich relevanter Schadinsekten und Pilze  
identifizieren
  
- **Ziel 4:**  
Auswirkungen von Extrem-Events auf die Arten herausarbeiten

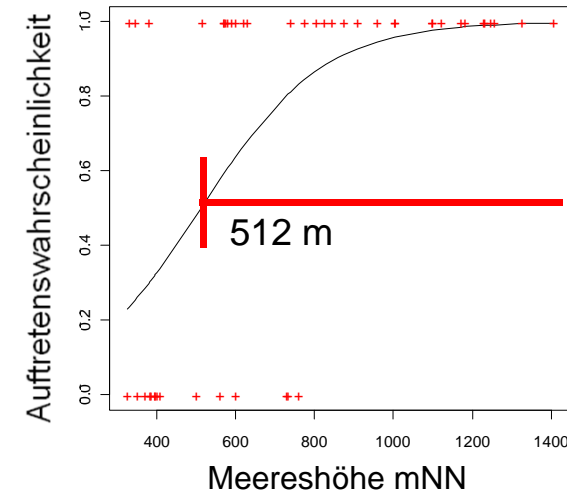
## Ergebnisse

Alle 7 Artengruppen zeigen in der Artzusammensetzung den erwarteten Zusammenhang mit Meereshöhe bzw. Temperatur

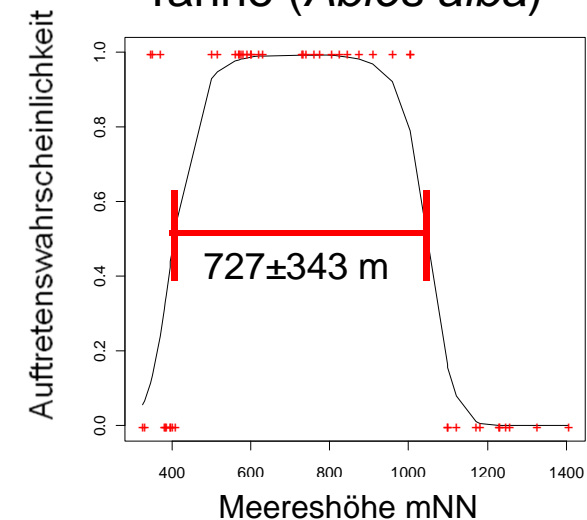
Für 222 Arten konnten Modelle zur Auftretenswahrscheinlichkeit erstellt werden.

Artengruppe	Beobachtete Artenzahl	Modellierte Artenzahl
Gefäßpflanzen	90	34
Flechten	79	23
Vögel	55	19
Schnecken	46	18
Laufkäfer	40	23
Xylobionte Käfer	170	23
Holzpilze	265	82

### Fichte (*Picea abies*)



### Tanne (*Abies alba*)



## Im Zuge der eingetretenen Temperaturerhöhung ...

... wird vielen Arten des Fichtenhochlagenwaldes in den bayerischen Mittelgebirgen künftig der Lebensraum entzogen, z.B.:

Alpen-Brandlattich *Homogyne alpina*



Dünner Feuerschwamm *Phellinus viticola*



Wald-Großlaufkäfer *Carabus silvaticus*



Blattflechte *Parmeliopsis hyperopta*



## Schädlinge und Extremereignisse

- Auch zwischen Borkenkäfern bzw. baumschädigenden Pilzarten und *Höhenlage* bzw. *Temperatur* ist der enge Zusammenhang nachweisbar
- Die meisten Schädlinge werden im Klimawandel ihren Wirtsbaumarten folgen
- Eingeschleppte Arten („invasive alien species“) machen bei den Holzkäfern auf Teilflächen bereits einen Großteil der Individuen aus.
- Sommerextreme scheinen im Höhengradienten „differenzierender“ zu wirken als Winterextreme



*Xyleborus germanus*

<http://gastein-im-bild.info/plants/parchiv/phomoay.html>  
[http://www.petersitz.de/ga\\_kaefer.html](http://www.petersitz.de/ga_kaefer.html)  
[http://www.lichens.lastdragon.org/index\\_P.html](http://www.lichens.lastdragon.org/index_P.html)

[http://ftp.funet.fi/index/Tree\\_of\\_life/fungi/basidiomycota/hymenochaetales/hymenochaetales/Phellinus/index.html](http://ftp.funet.fi/index/Tree_of_life/fungi/basidiomycota/hymenochaetales/hymenochaetales/Phellinus/index.html)  
 Schädlinge und Extremereignisse [http://www.petersitz.de/ga\\_kaefer.html](http://www.petersitz.de/ga_kaefer.html)

<http://bfw.ac.at/db/bfwcms.web?dok=6439>

## TP3

### Kurzfristige Auswirkungen und langfristige Konsequenzen klimatischer Extremjahre auf Waldökosysteme Nordbayerns

*(A. Bräuning, C. Meinardus)*



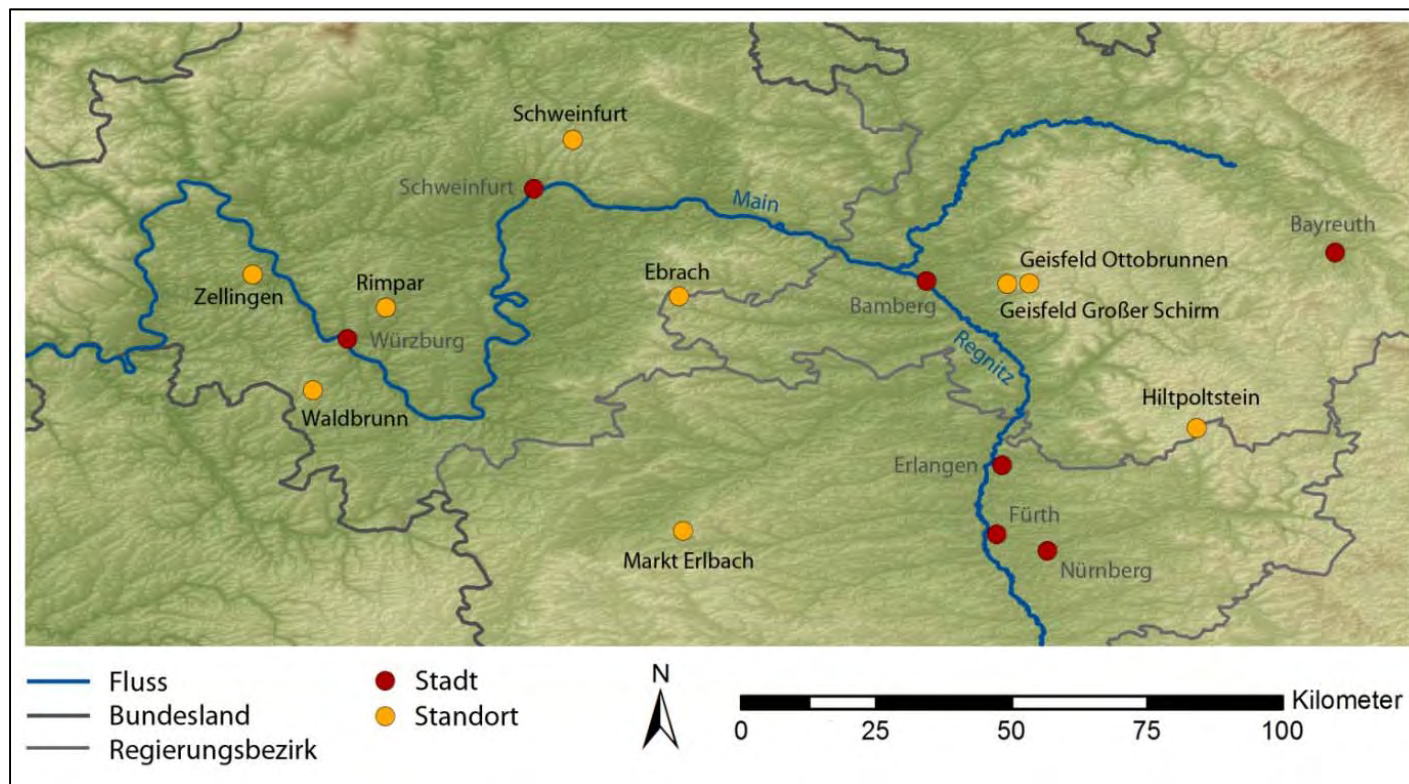
## Fragestellung

- Ist an nordbayerischen Trockenstandorten die Rotbuche bereits heute an der Trockengrenze ihrer Verbreitung?
- Wird sich eine weitere (prognostizierte) Häufung / Intensivierung von extremen Trockenjahren zum Konkurrenznachteil der Rotbuche auswirken?



## Durchführung

- 9 Untersuchungsstandorte in Nordbayern mit Beständen von *Fagus sylvatica* und *Quercus petraea*
- Beprobung: 15 dominante und 5 unterständige Bäume
- Für jeden Standort Bodenprofilaufnahme und Wasserkapazität



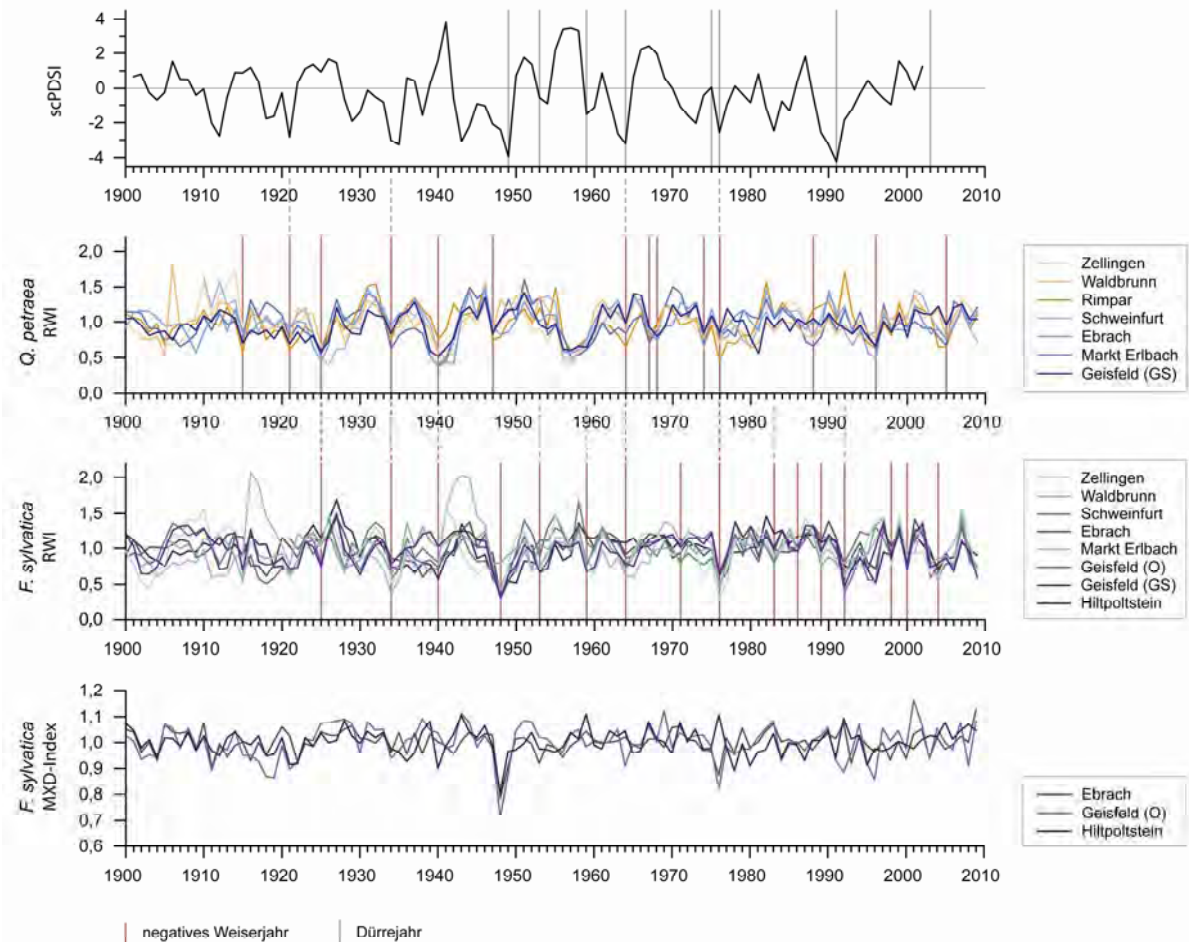
## Ergebnisse

### Jahringbreiten:

➤ Synchronität innerhalb einer Art an verschiedenen Standorten, aber deutliche Unterschiede zwischen den beiden Arten

### Negative Weiserjahre:

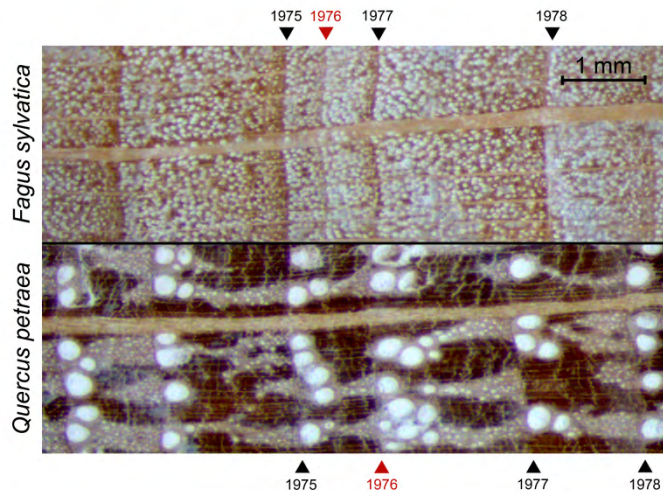
➤ geringe Übereinstimmung ausgeprägter Wachstumseinbrüche beider Arten



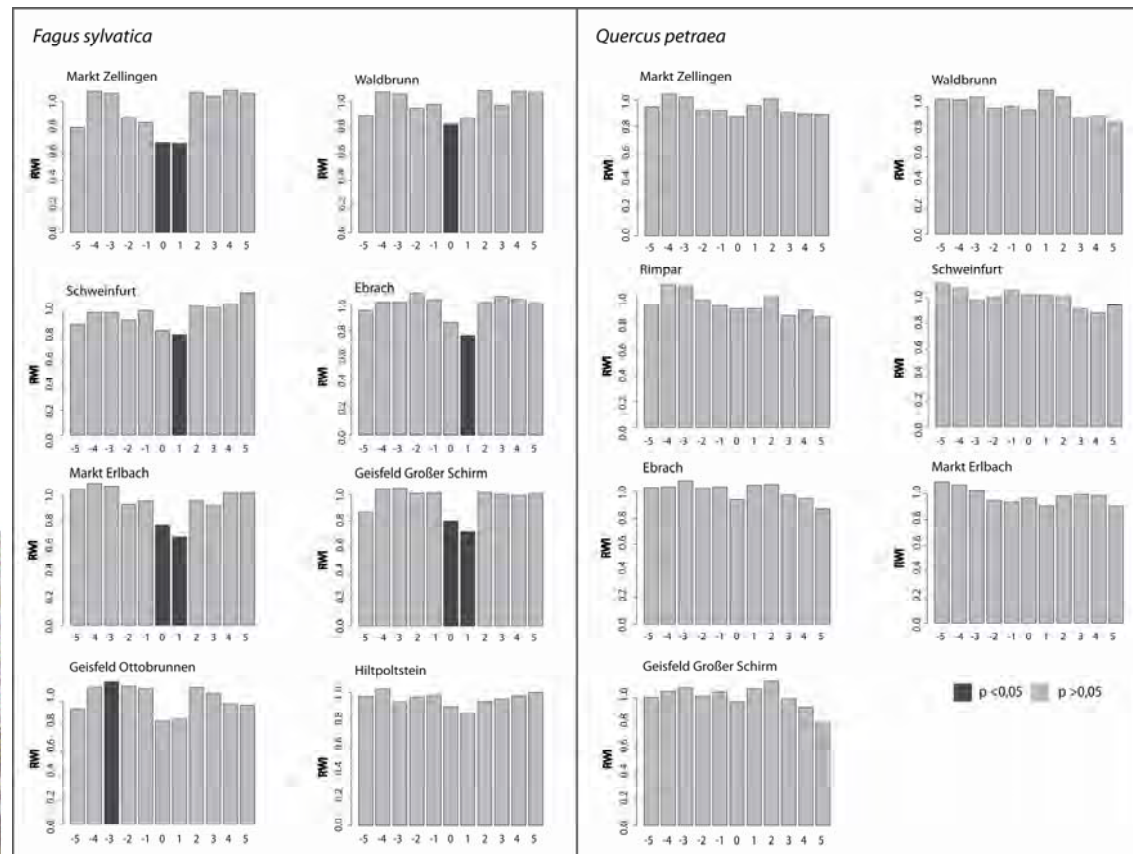
## Ergebnisse

### Superposed Epoch Analysis:

➤ *Fagus sylvatica* reagiert auf Dürreereignisse empfindlicher (stärkere Wachstumseinbrüche und längere Erholungszeit) als *Quercus petraea*.



Meinardus & Bräuning 2011, LWF aktuell

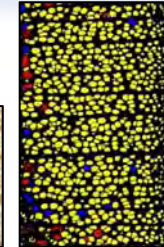
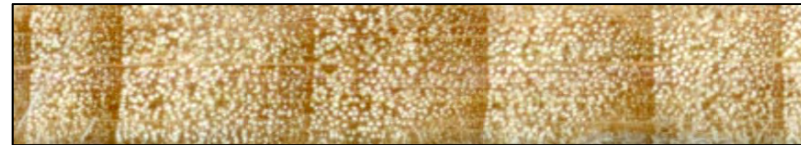




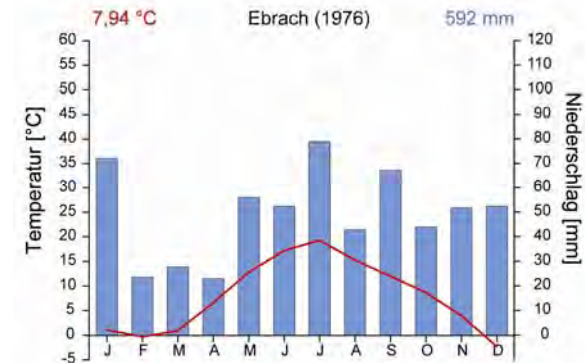
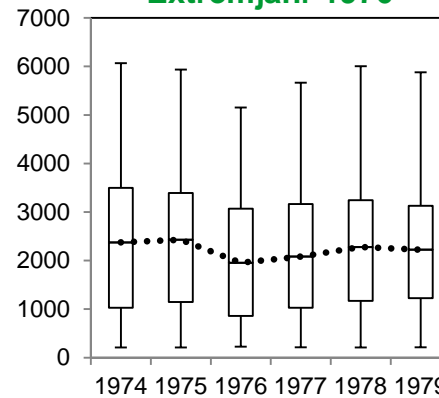
## Ergebnisse

### Holzanatomie der Rotbuche

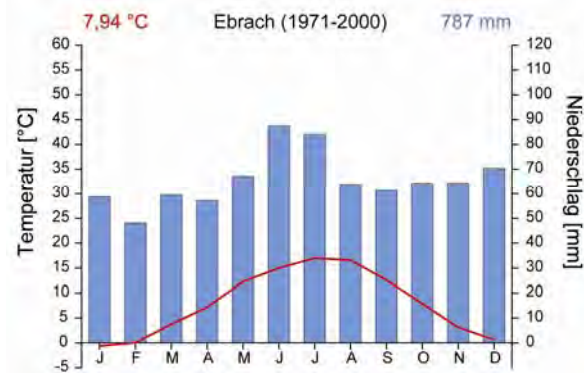
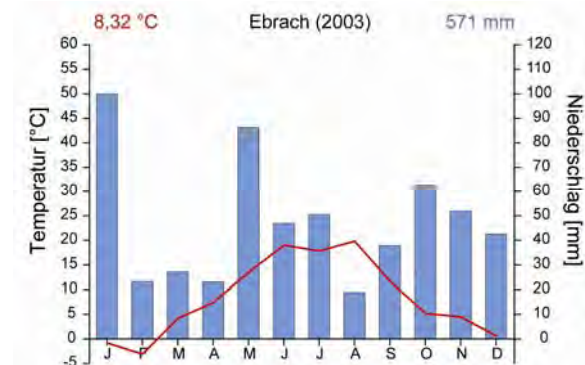
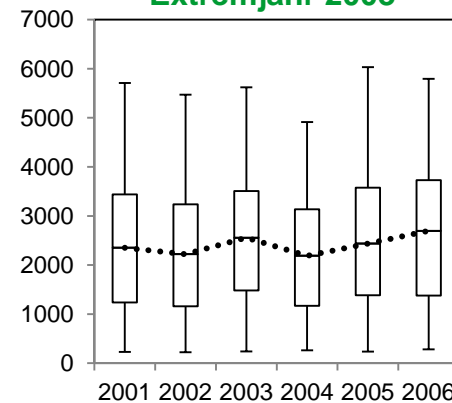
- Änderung der Gefäßflächengröße vor, während und nach Trockenjahren
- unterschiedliche Reaktion je nach Art der Trockenphase



Extremjahr 1976



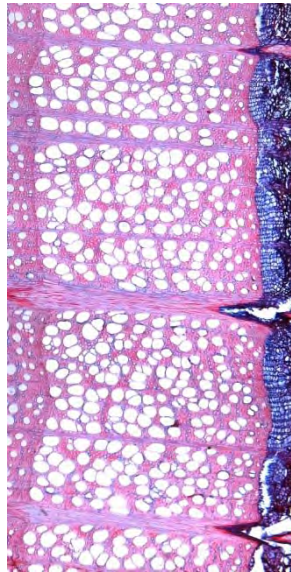
Extremjahr 2003



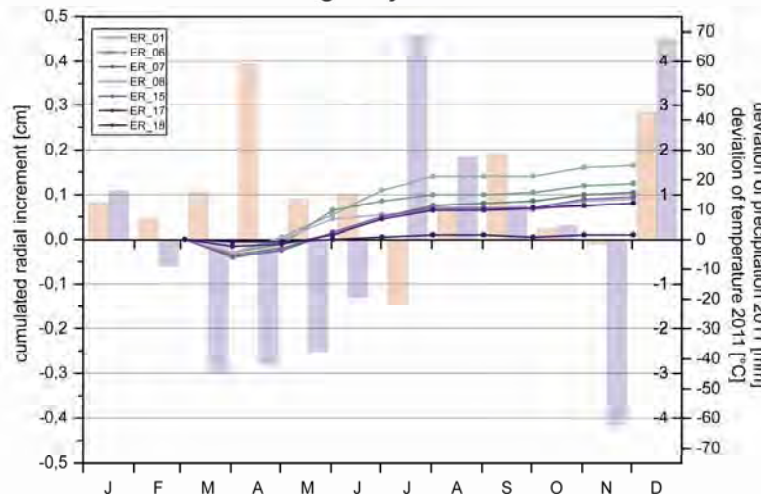
## Ergebnisse

### Dendrometer:

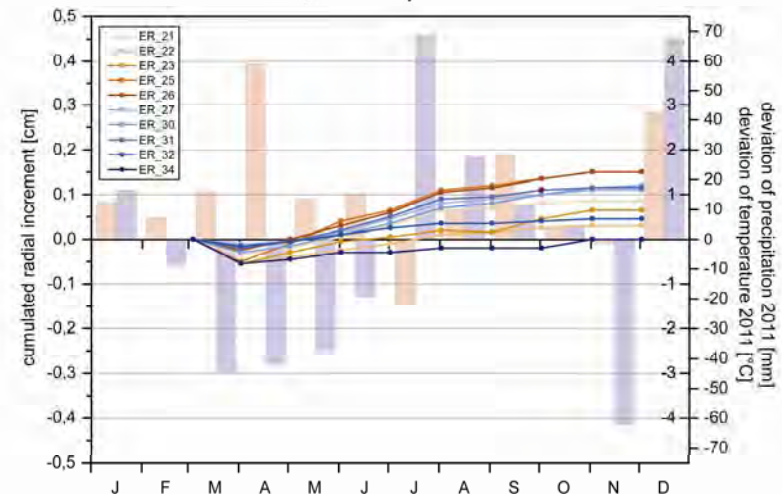
- monatliche Messungen des radialen Zuwachses
- extrem trockenes Frühjahr 2011: Einbruch im März, aber Zuwachs im Oktober!



*Fagus sylvatica*



*Quercus petraea*



## Anpassungsstrategien

- Empfehlung: an extremen Trockenstandorten in Zukunft eher Eichen als Buchen anpflanzen
- Mischbestände (Eschen? Linden? Mehlbeeren, andere?)



## TP13

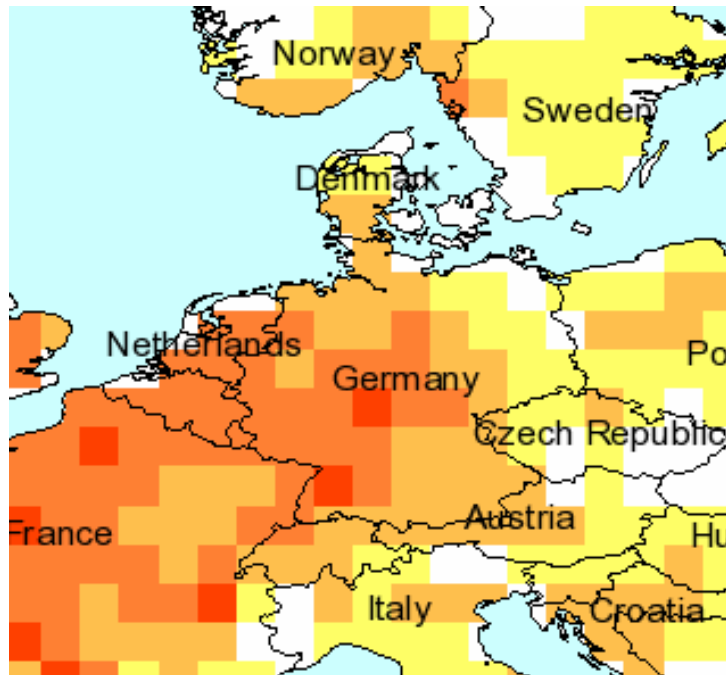
### Mortalität der Hauptbaumarten

(*T. Mette, H. Pretzsch, T. Rötzer*)



Waldwachstumskunde  
Systemanalyse

## Ein Dürre-Index für die Forstwirtschaft?



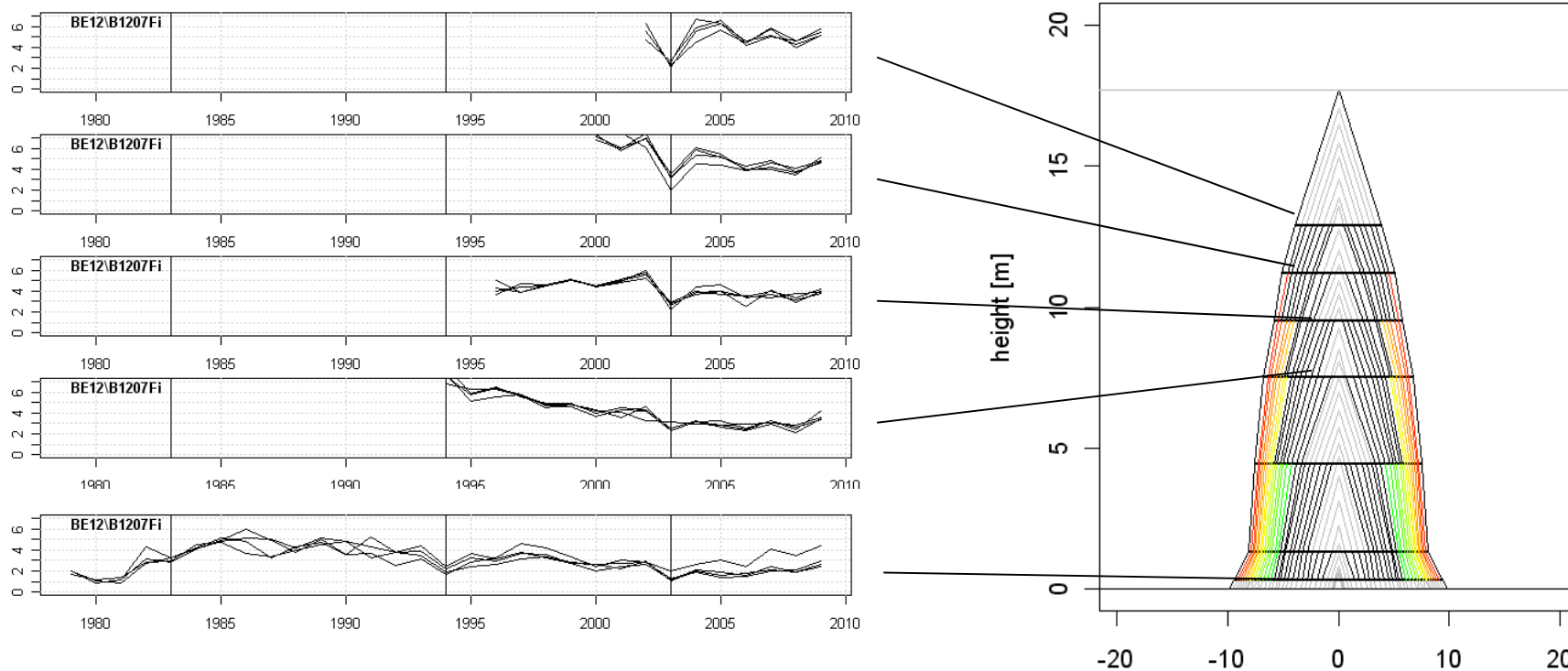
*Dürre-Index PDSI im Juni 2011 (UCL Dpt  
Space and Climate Physics)*

Einzelne, auch extreme Dürrejahre werden von standortgemäßem Wald verkraftet (kein Zusammenhang in Versuchsflächendaten zwischen Mortalität und Dürre), allerdings schwächt Dürre Zuwachs und Abwehr.

Standard Dürre-Indizes (z.B. PDSI) aus der Agrarwirtschaft) können keinen Bestandes-Zusammenbruch voraussagen, sind aber gute Indikatoren für Waldbrandgefahr, Schädlingsdruck im Folgejahr oder Nachpflanzungsbedarf bei Aufforstungen

*Mette et al. 2011, LWF aktuell*

## Ändert ein Baum bei Dürre seine Zuwachsverteilung?

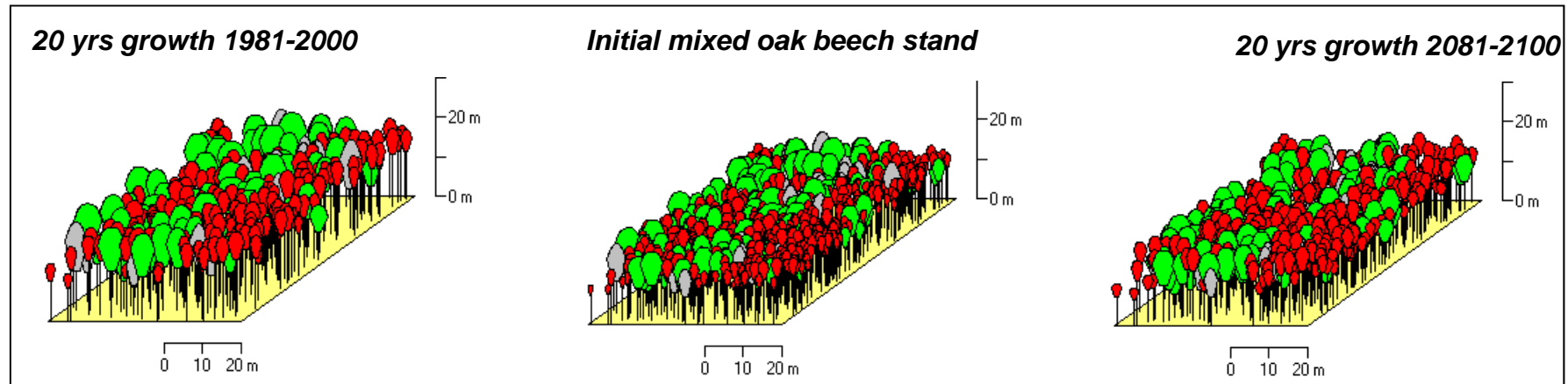


**Hintergrund:** unter extremem Stress wächst der Stamm fast nur noch im Kronenabschnitt zu.

**Ergebnis:** Die extreme Dürre 2003 führte zwar zu Zuwachseinbrüchen bei Fichte > Kiefer & Buche, aber nicht zu Änderung der Zuwachsverteilung (113 Stammanalysen aus Ostbayern).

*Mette et al. 2012 subm, Scand J For Res*

## Existiert ein klimatischer Wendepunkt von der Buche zur Eiche?



### **Grenzstandort Schweinfurt (fränkische Platte):**

- heute (1980-2000): 9°C, 553mm => Buche würde Eiche verdrängen
- künftig (2080-2100): 12.5°C, 515mm => Eiche verdrängt Buche?

### Prognose-Modelle LandClim und SILVA

- Vorteile für Eiche besonders in der Oberschicht
- zwar Rückgang jedoch kein Ausfall der Buche.
- SILVA Simulation sagt auch Vorratsverluste voraus.

TP2-3-13-14: Mette, Dolos et al. 2012 subm, Global Change Biology

## Fazit: kein Grund zur Ruhe ...

- Vom „Jahrhundert-Sommer“ 2003 erholten sich die Bäume vergleichsweise gut
  - an gefährdeten Standorten wird die empfindliche Fichte kontinuierlich durch Laubwälder ersetzt.
- ...aber reicht das?* Zukünftige Klimaszenarien geben keinen Anlass zur Ruhe...

## Anpassungsstrategien

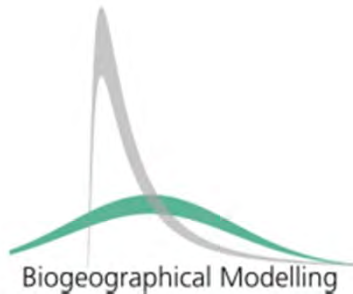
- „Diversität stabilisiert“ – Strukturierte Mischbestände gelten als Risikoversicherung, allerdings ist Verständnis von Mischbestandsdynamik noch in den Anfängen (wichtig auch für wirtschaftliche Abwägung).
- Forschung am „leading edge“: Eichen-Mischwälder mit Hainbuche, Linde, Elsbeere oder auch Esskastanie; wärme-trockenliebende "Nachbarn" wie die Schwarzkiefer oder Flaumeiche.
- Monitoring alter und neuer Schädlinge (Insekten, Pilze)



## TP14

### **Auswirkungen klimatischer Extremereignisse auf Störungsregime in Wäldern der Mittel- und Hochgebirge**

*(Klara Dolos, Björn Reineking)*



Klara Dolos, Björn Reineking  
Juniorprofessur Biogeographische Modellierung  
Universität Bayreuth

## Fragestellungen

- Die Entwicklung von Wäldern wird von Regeneration, **Wachstum** und Mortalität bestimmt.
  - Modellierung des Wachstums anhand von Waldinventuren
- Modelle zu **Walddynamik** gehen von einem **einheitlichen Verhalten** der Bäume einer Art aus.
  - Welche Bedeutung hat innerartliche Variabilität?
- Es wird erwartet, dass **Störungen**, d.i. großflächige Mortalitätsereignisse, zukünftig zunehmen und sich gegenseitig verstärken werden.
  - Welche Konsequenzen ergeben sich für den Waldbestand?
  - Wie beeinflussen Störungen und klimatische Veränderungen das Konkurrenzgefüge von Baumarten?

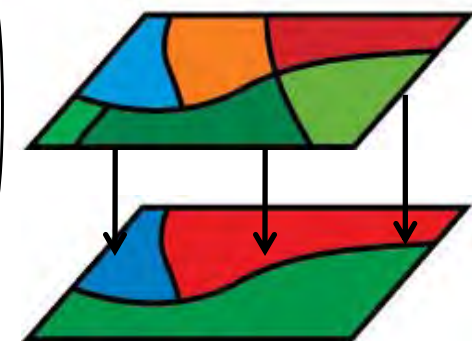
## Durchführung

- Verwendung von statistischen Verfahren und Simulationsmodellen.
- Wesentliche Datenquellen sind Waldinventuren, Herkunftsversuche und dendrochronologische Aufnahmen.



$$R_{t+1} = c_0 + M \cdot R_t$$

$$\begin{pmatrix} F_{t+1} \\ B_{t+1} \\ W_{t+1} \\ D_{t+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_F \\ c_B \\ c_W \\ c_D \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} m_{FF} & m_{BF} & m_{WF} & m_{DF} \\ m_{FB} & m_{BB} & m_{WB} & m_{DB} \\ m_{FW} & m_{BW} & m_{WW} & m_{DW} \\ m_{FD} & m_{BD} & m_{WD} & m_{DD} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} F_t \\ B_t \\ W_t \\ D_t \end{pmatrix}$$



## Forschungshighlights

- Persistenz von Wäldern ist auch bei gegenseitiger Verstärkung von Störungen zu erwarten.
- Konkurrenz beeinflusst wesentlich das beobachtete Dickenwachstum.
- Umkehrungen der Konkurrenzfähigkeit zwischen Eichen und Buchen werden insbesondere bei frühen Sukzessionsstadien erwartet.
- Innerartliche Variabilität verringert die Auswirkungen von Klimawandel auf die Verbreitung von Arten.
- Die Kombination von Herkünften eröffnet Chancen auf sehr gute Erträge auch unter Unsicherheit.
- Hohe Variabilität kann sich negativ auswirken (Etablierung unangepasster Individuen).

## Anpassungsstrategien

- Innerartliche Variabilität erhalten
- Innerartliche Variabilität nutzen  
(z.B. bei Auswahl von Herkünften)
- Artenauswahl anpassen, insbesondere bei Aufforstungen
- Dichtemanagement anpassen

## Ausblick: Aussichtsreiche Forschungsfragen

- Wie kann innerartliche Variabilität optimal genutzt werden ohne ihre Aufrechterhaltung zu gefährden?
- Welcher Zusammenhang besteht zwischen Waldstruktur und ökologischen Dienstleistungen (z.B. Kohlenstoffsенке)?
- Wie können Informationen zu Mortalität, Wachstum und Verbreitung zusammengeführt werden?
- Wie verändern sich Art und Bedeutung von Konkurrenz entlang von Klimagradienten?

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

