

„Klimawandel: Folgen für die Land- und Forstwirtschaft - mögliche Reaktionen“

# Risikoversorge im Zeichen des Klimawandels

- Vorläufige Empfehlungen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt -

von  
Hermann Spellmann  
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt



# Besonderheiten der Forstwirtschaft



1. Langfristigkeit der forstlichen Produktion
2. Weitreichende Bindung an die Standortverhältnisse
3. Waldbäume sind zugleich Produkt und Produktionsmittel
4. Landnutzungsform mit großer Flächenbedeutung
5. Wirkungen und Leistungen oft nicht substituierbar

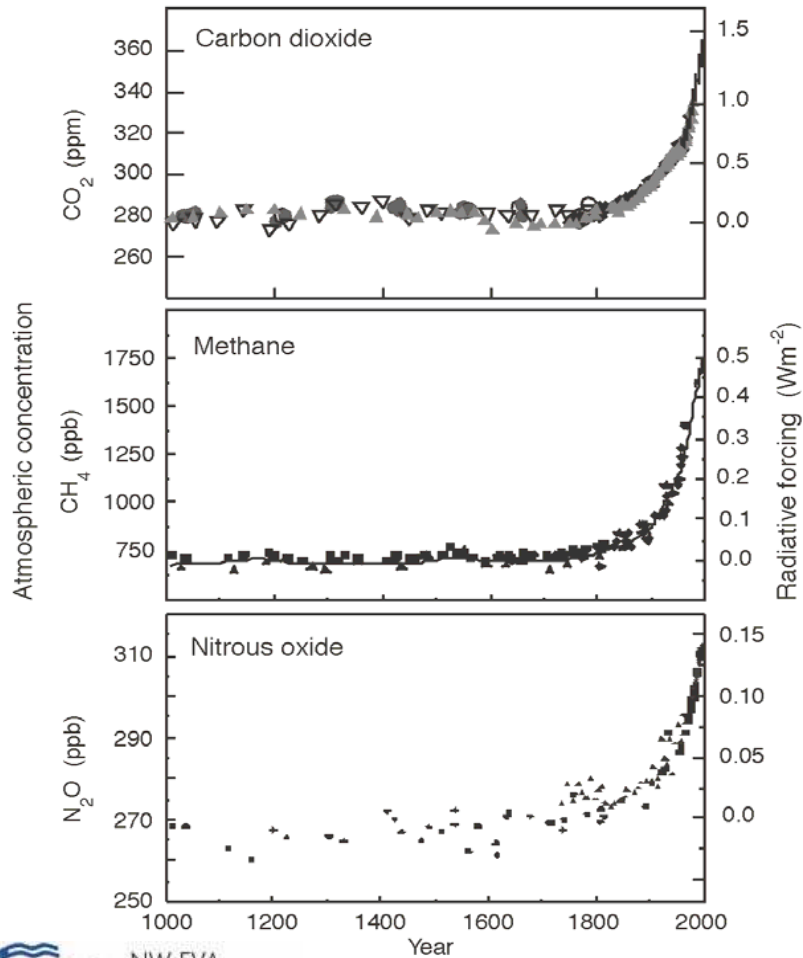


**Prinzip der Nachhaltigkeit**

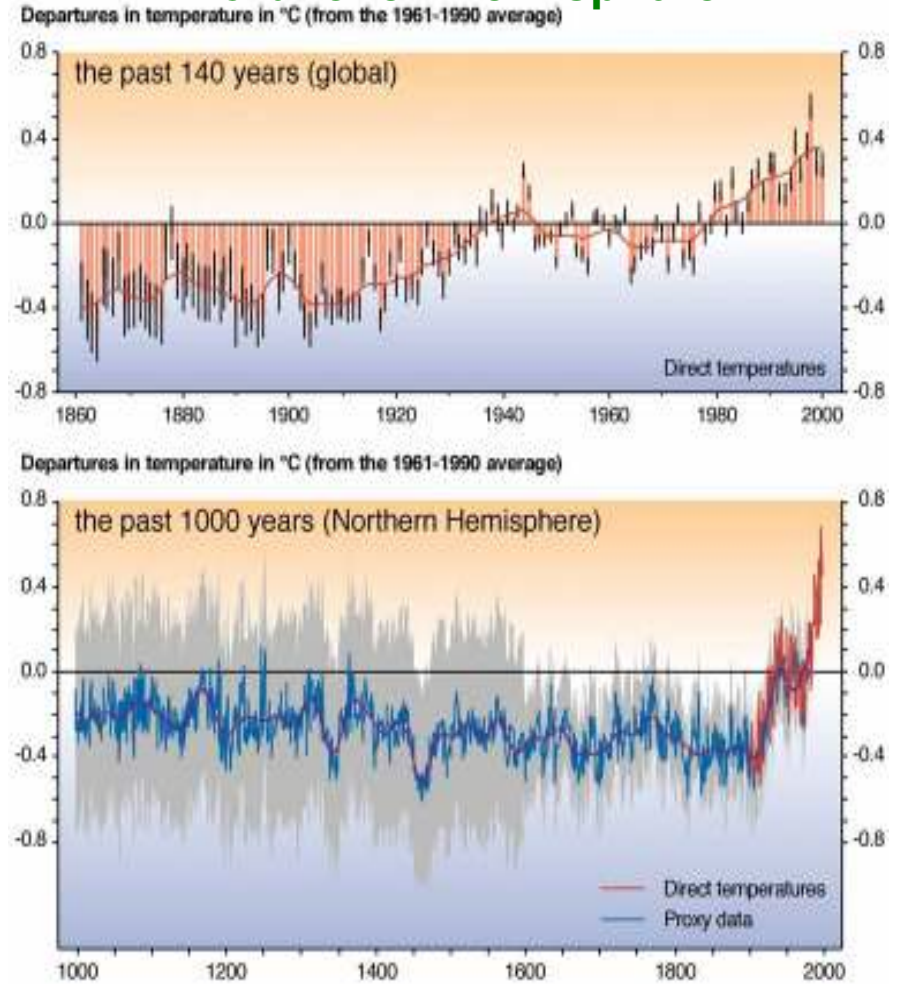
# Herausforderung Klimawandel

## Anstieg der Treibhausgase in der Erdatmosphäre

(IPCC, 2001)

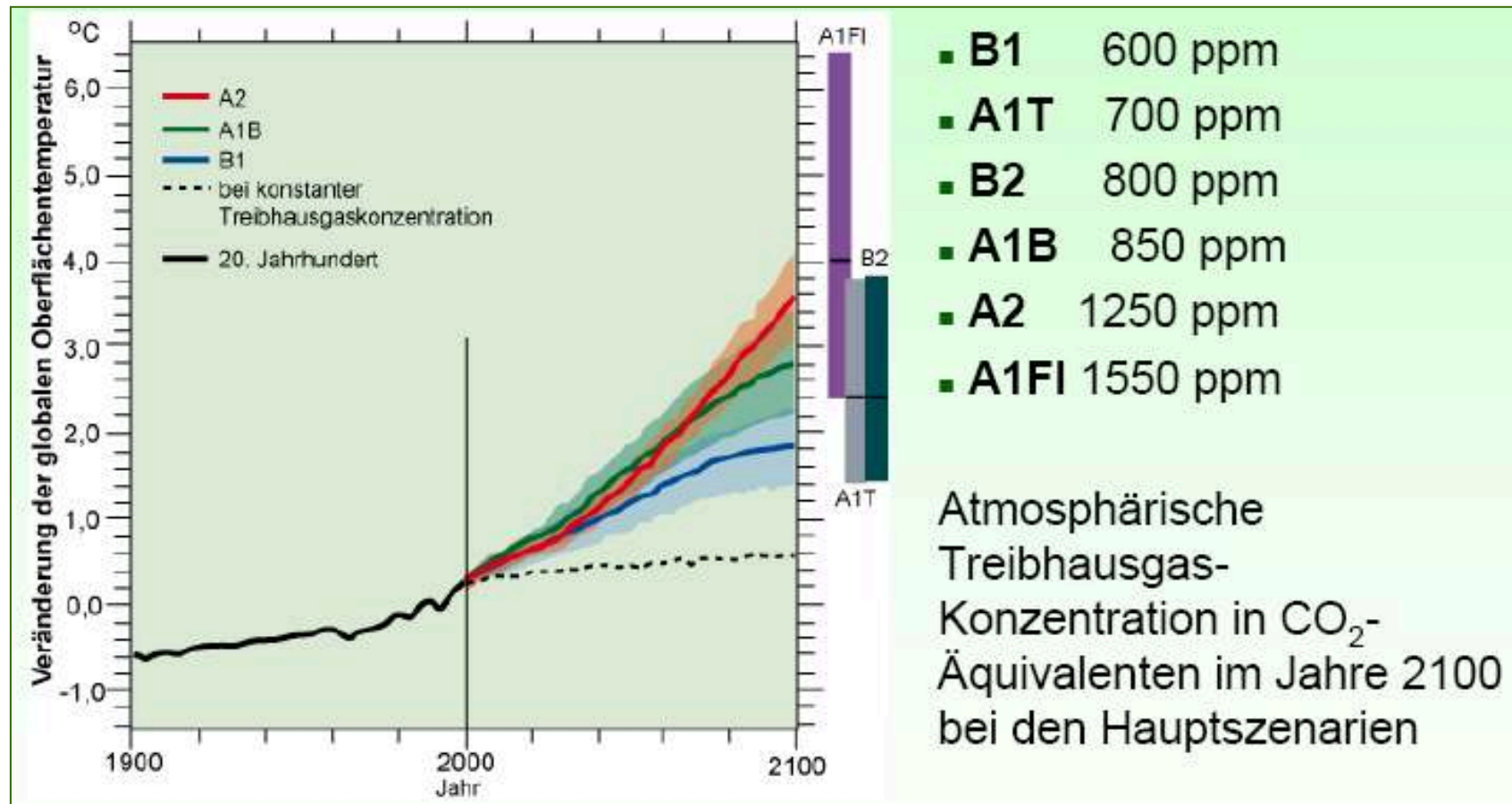


## Anstieg der Jahresmitteltemperatur in der nördlichen Hemisphäre



# Herausforderung Klimawandel

„Der Klimawandel ist keine ferne Zukunft mehr, er findet bereits statt – weltweit, in Europa und auch in Deutschland.“ (Spekat et al. 2007)



# Erwarteter Klimawandel

- Ausmaß, räumliche und zeitliche Verteilung, Geschwindigkeit -

## Anstieg der Temperatur:

- wärmere Sommer
- deutlich wärmere Winter
- verlängerte Vegetationszeiten

## Veränderte Niederschlagsverteilung:

- trockenere Sommer
- feuchtere Winter

## Häufiger Witterungsextreme:

- Dürren
- Starkregen
- Stürme

## Änderung des chemischen Klimas:

- CO<sub>2</sub>-Anstieg,
- N-Eutrophierung
- O<sub>3</sub>-Belastung

# Auswirkungen des Klimawandels auf die Wälder

- Ausmaß, räumliche und zeitliche Verteilung, Geschwindigkeit -

**Boden:** - Deposition - Nährstoffhaushalt  
- **Wasserhaushalt** - Durchwurzelung

**Pflanzenphysiologie:** - Assimilation - **Transpiration**  
- Dissimilation - Mortalität

**Pflanzensoziologie:** - Verbreitungsgrenzen - Artenspektrum  
- **Konkurrenzkraft** - Populationen

**Bestand:** - Verjüngung - Wachstum  
- Struktur - **Produktivität**

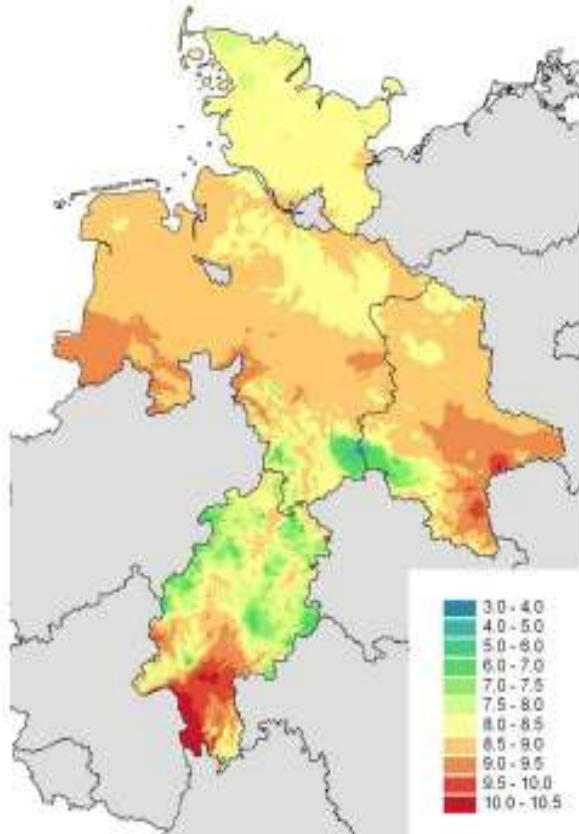
**Waldschutz:** - **abiot. Schadereignisse** - **biot. Schaderreger**

**Forstbetrieb:** - **Holzmarkt** - Einkommen  
- Kalamitätsnutzungen - Arbeitsplätze

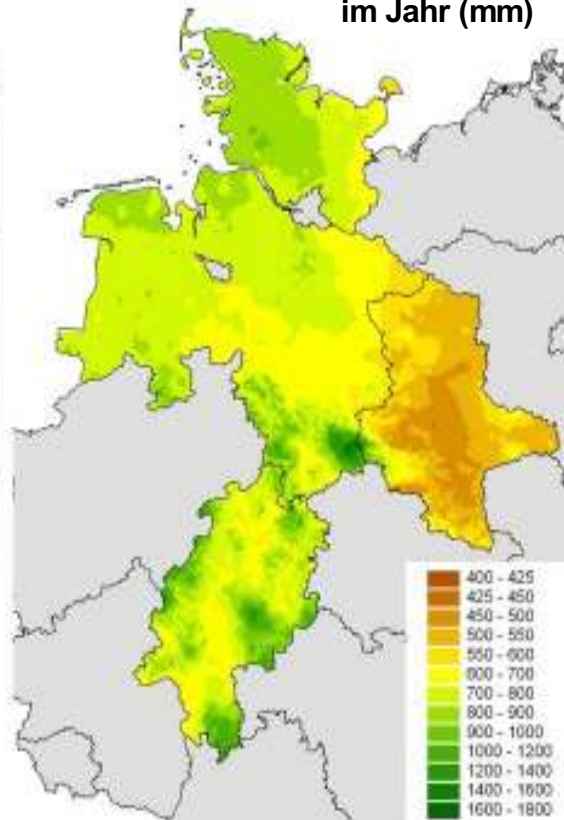
**Fazit: Forstwirtschaft wird riskanter**

# Klimatische Verhältnisse im Zuständigkeitsbereich der NW-FVA

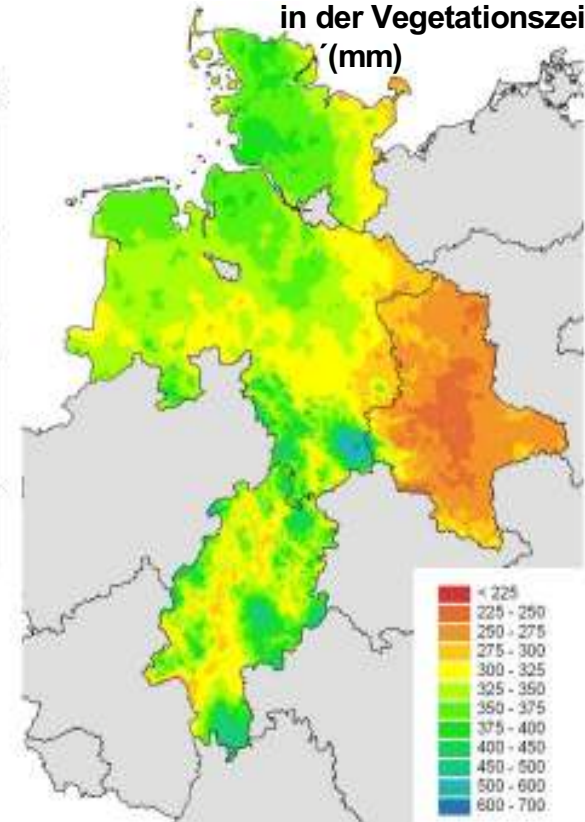
Jahresmitteltemperatur (°C)



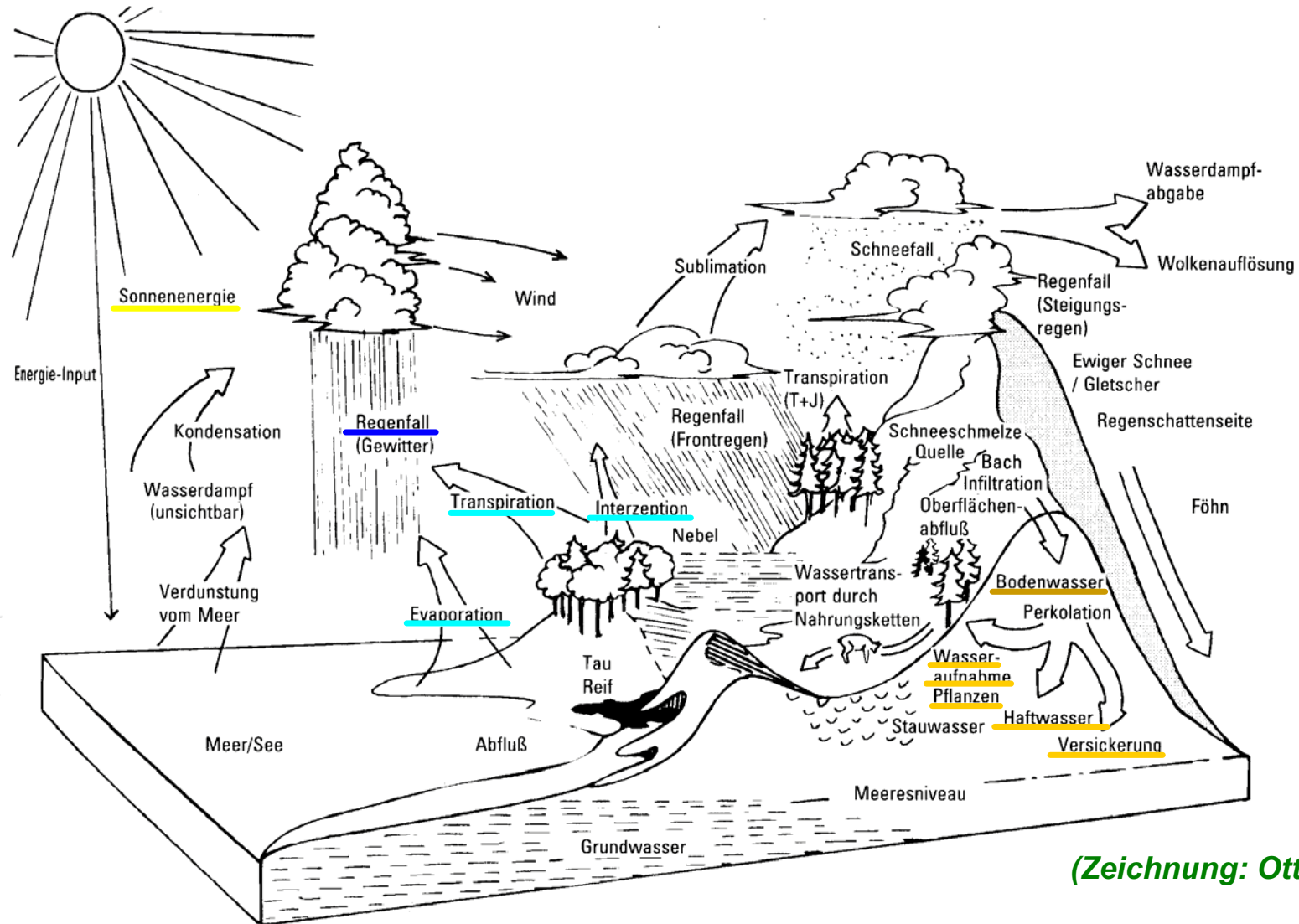
Mittlere Niederschlagssumme im Jahr (mm)



Mittlere Niederschlagssumme in der Vegetationszeit (mm)



# Wasserkreislauf – der Schlüssel für Anpassungsstrategien



(Zeichnung: Otto 1994)



# Anpassungsstrategien für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung unter sich wandelnden Klimabedingungen

## Arbeitsschritte:

- Regionalisierung der Klimaszenarien inkl. Witterungsextreme
- Quantifizierung von Wasserspeicherkapazitäten und Nährstoffangeboten
- Identifikation von Grenzstandorten
- Entwicklung dreidimensionaler Ökogramme für die Waldbauplanung
- Festlegung der Anbaueignung bestimmter Baumarten (Herkünfte)
- Ableitung der Standort-Leistungs-Bezüge für bestimmte Baumarten
- Überprüfung der Eignung von Verjüngungs-, Pflege- u. Nutzungskonzepten
- Prognose des Holzaufkommens
- Abgrenzung standortabhängiger Waldschutzrisiken
- Auswirkungen auf das Lebensraumangebot

# Regionalisierung der Klimaszenarien

## Annahmen:

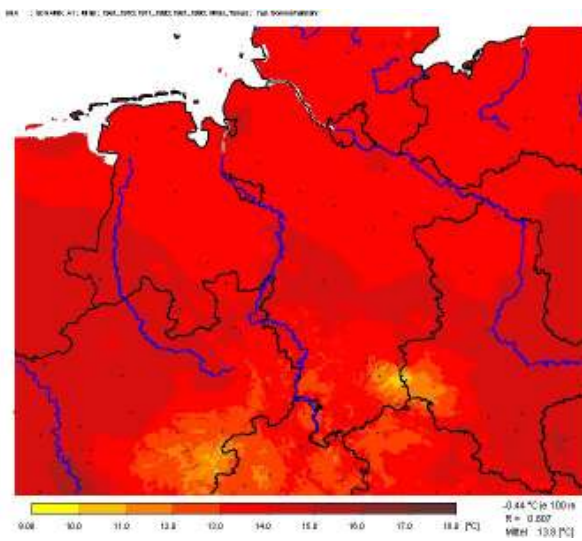
- Horizontale Auflösung (200 x 200 km) ist für regionale Fragestellungen unzureichend
- Globale Modelle beschreiben die atmosphärische Zirkulation treffend
- Zwang zur Regionalisierung
- dynamische Verfahren (Modelle) oder statistische Verfahren (Modelle)
- Modell WettReg; statistische Beziehung zwischen großräumigen Mustern/Wetterlagen und lokalen Auswirkungen
- Erzeugung von Zeitreihen (1960-2100) der wichtigsten Klimavariablen auf Stationsbasis
- A1B wahrscheinlichste Szenario; Unsicherheit berücksichtigen (trockene und feuchte Variante)

# Temperaturzunahme während der Vegetationsperiode (Mai-Oktober)

nach F. Kreienkamp & A. Spekat (2006)

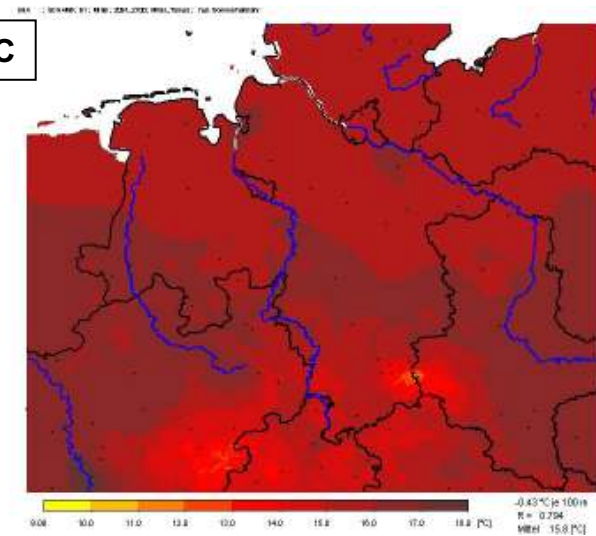
WettReg; Referenzperiode (1961 – 1990)

Mittel 13,8 °C



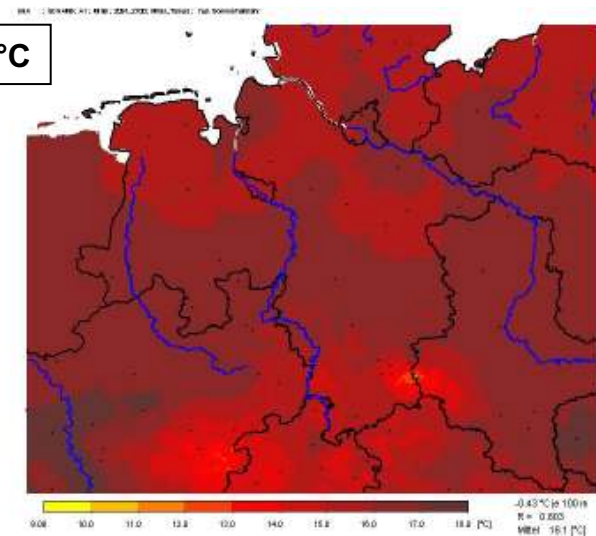
WettReg B1; 2091 - 2100

Mittel 15,8 °C



WettReg A1B; 2091 - 2100

Mittel 16,1 °C

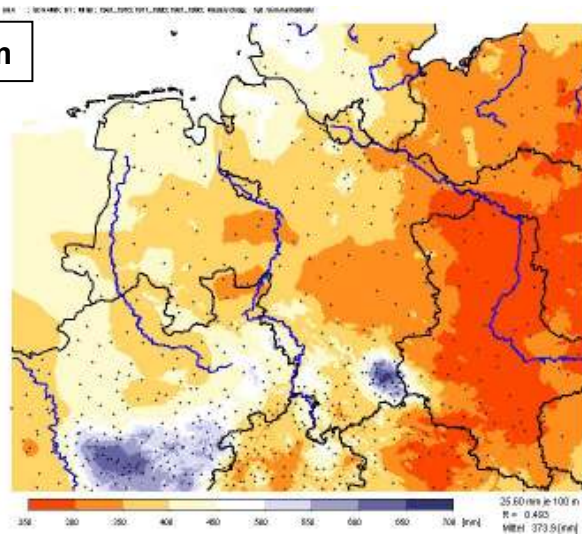


# Veränderung der mittleren Niederschlagssumme Vegetationsperiode (Mai-Oktober)

nach F. Kreienkamp & A. Spekat (2006)

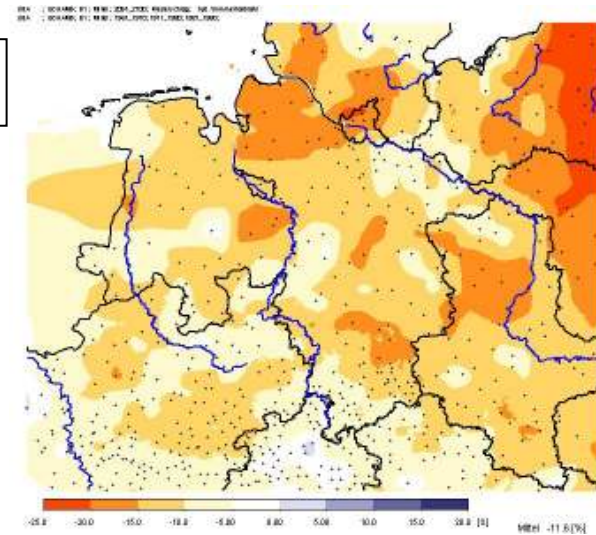
WettReg; Referenzperiode (1961 – 1990)

Mittel 373,9 mm



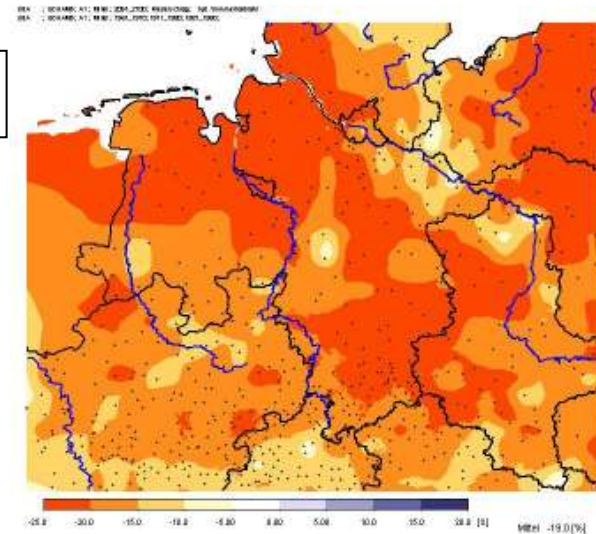
WettReg B1; 2091 - 2100

Mittel – 11,6 %  
330,5 mm



WettReg A1B; 2091 - 2100

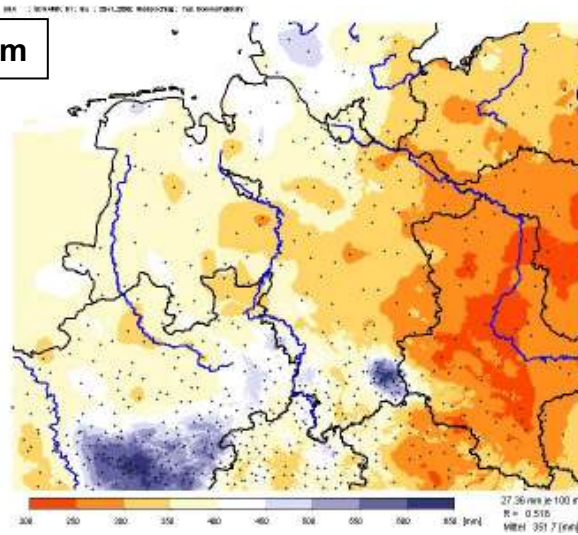
Mittel – 19,0 %  
302,9 mm



# Niederschlagssumme 2041-2050 für die Vegetationsperiode (Mai-Oktober)

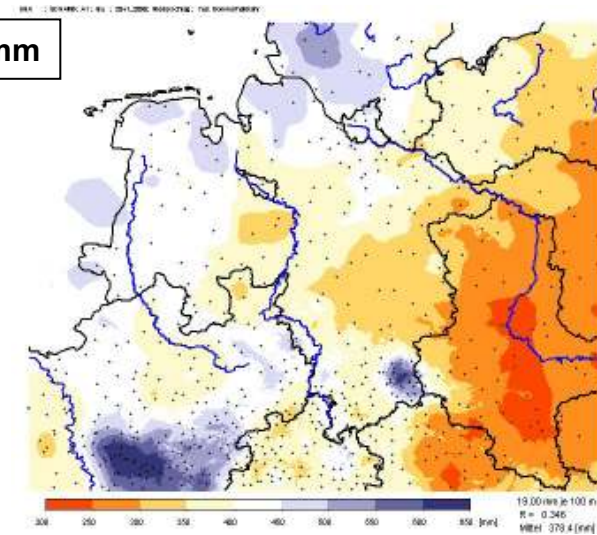
WettReg B1; feucht

Mittel 351,7 mm



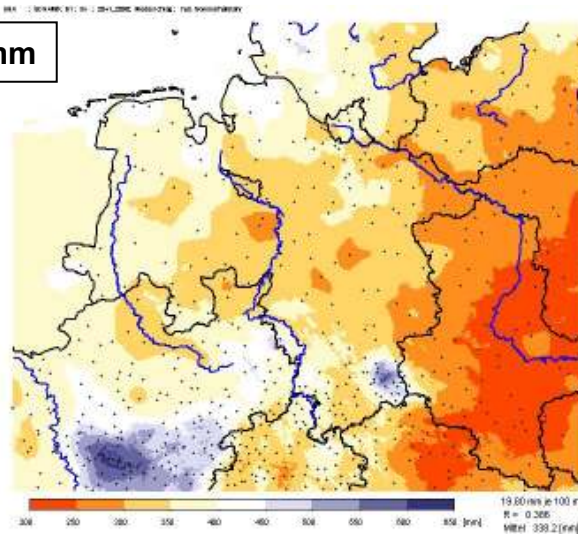
WettReg A1B; feucht

Mittel 378,4 mm



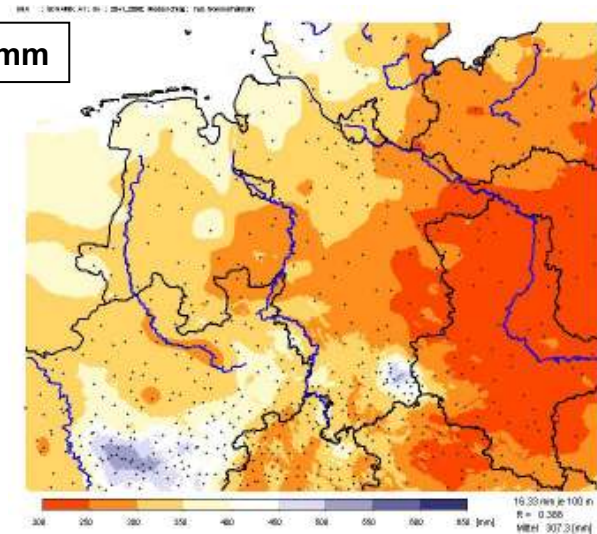
WettReg B1; trocken

Mittel 338,2 mm



WettReg A1B; trocken

Mittel 307,3 mm



# Quantifizierung von Wasserspeicherkapazitäten

**Hypothese:** Der Klimawandel erhöht das Risiko für Trockenstress in Wäldern.

## Was ist Trockenstress?

Ein Zustand, der

- a) die Effektivität von pflanzlichen Prozessen reduziert oder der
- b) die Pflanzenstruktur direkt schädigt“. (van Heerden & Yanai 1995)

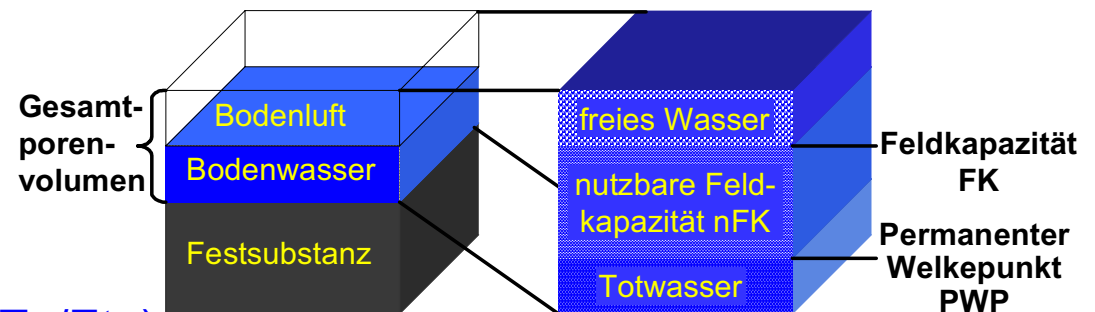
## Wie definiert man Trockenstress?

- reduziertes Wachstum
- reduzierte Vitalität
- erhöhter Nadel-/Blattverlust
- erhöhte Mortalität

## Indikatoren für Trockenstress

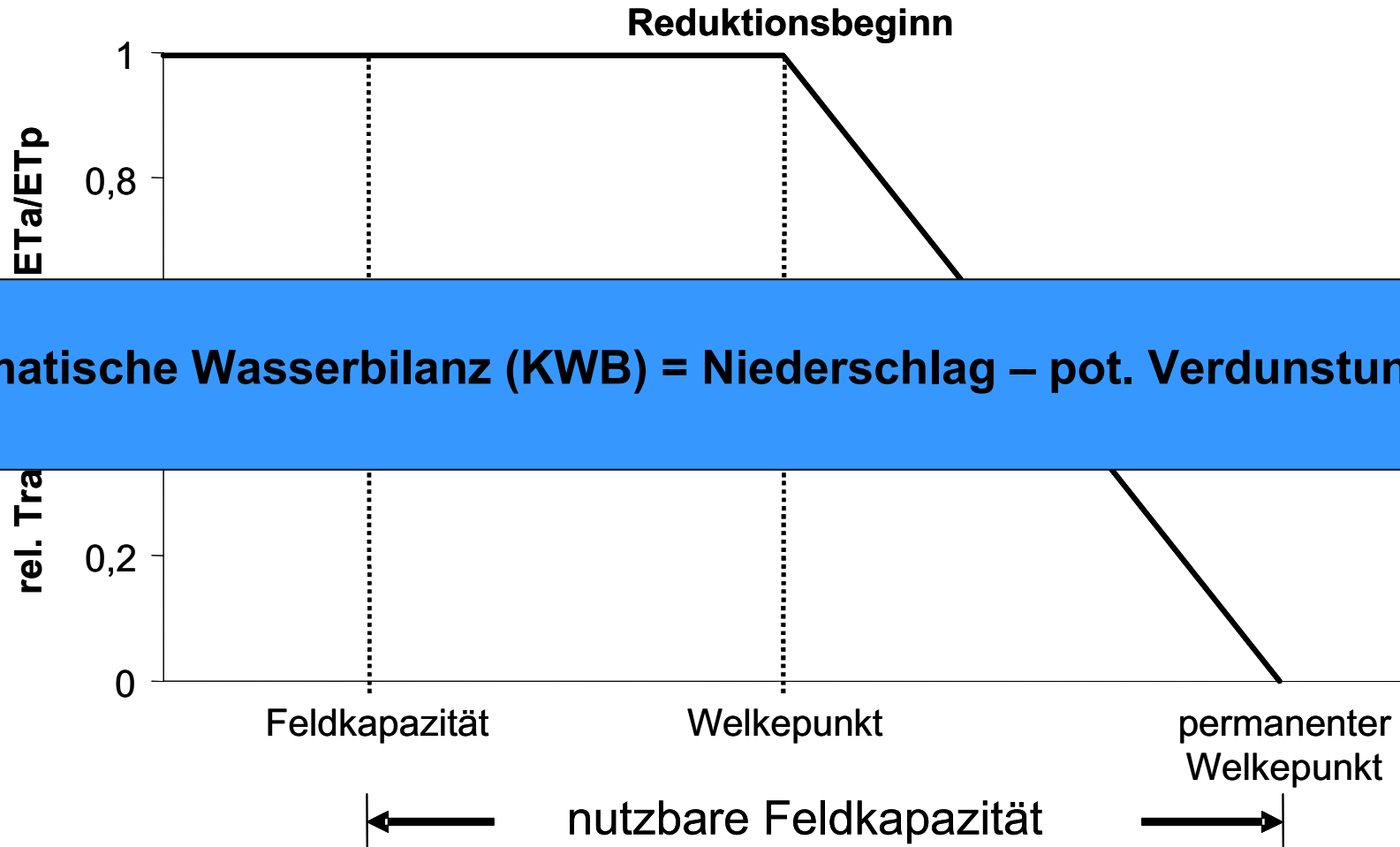
- Physiologische Indikatoren
- **Klimatologische / hydrologische Indikatoren**
  - Bodenwasserhaushalt
  - relative Transpiration ( $ET_a/ET_p$ )

## Formen des Bodenwassers



# Quantifizierung von Wasserspeicherkapazitäten

## Klimatische Wasserbilanz



# Ableitung von Risikokarten

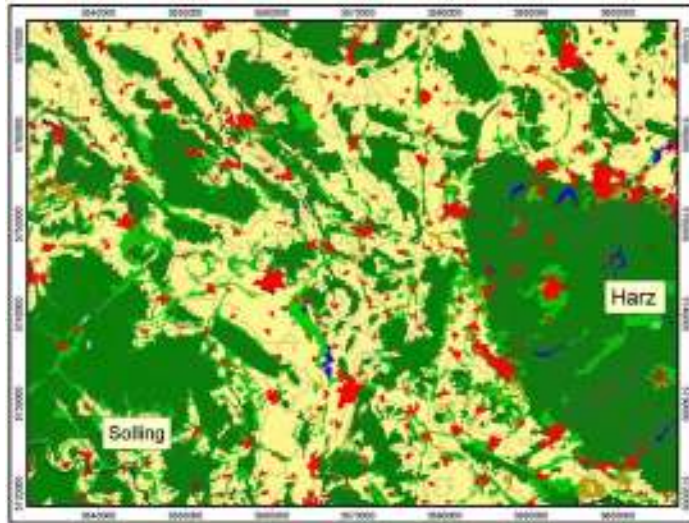
## Vorgehensweise

- **Abgrenzung des Untersuchungsraumes und Aufbereitung der Geodaten (Höhenmodell, Bodenkarte)**
- **Aufbereitung der WettReg-Stationsdaten**
- **Regionalisierung der Klimadaten und Berechnung der potentiellen Evapotranspiration (WaSiM/ETH); 200m-Raster**
  - ohne** Niederschlagskorrektur
  - mit** expositionsabhängiger Strahlungskorrektur und Temperaturmodifikation
  - ohne** baumartenspezifische Evapotranspiration (ETp)
  - mit** Verlängerung der Vegetationszeit (Modell Menzel)
- **Berechnung der klimatischen Wasserbilanz und Bilanzierung mit der nutzbaren Feldkapazität (BÜK50)**
- **Bilanzierungszeitraum ist die Vegetationsperiode; Entwicklung bis 2050**

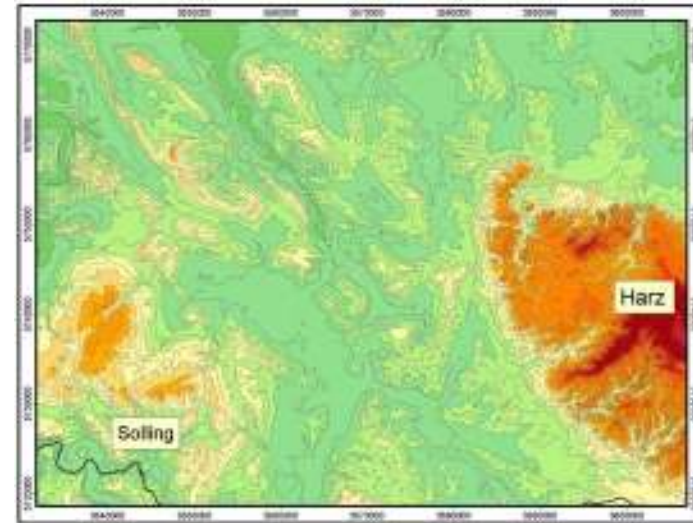


# Wasserbedarf Fichte - Risikoabschätzung

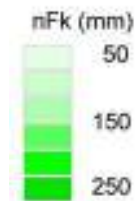
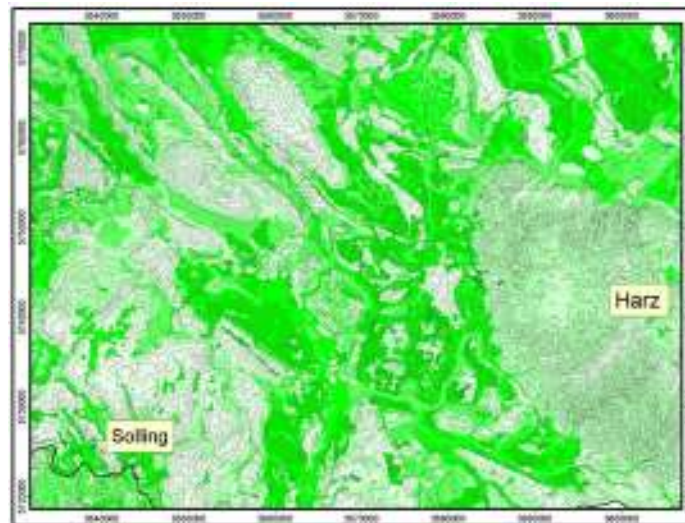
Landnutzung (Corine)



Orographie (SRTM)



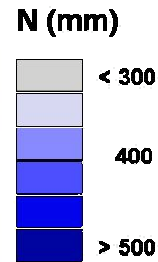
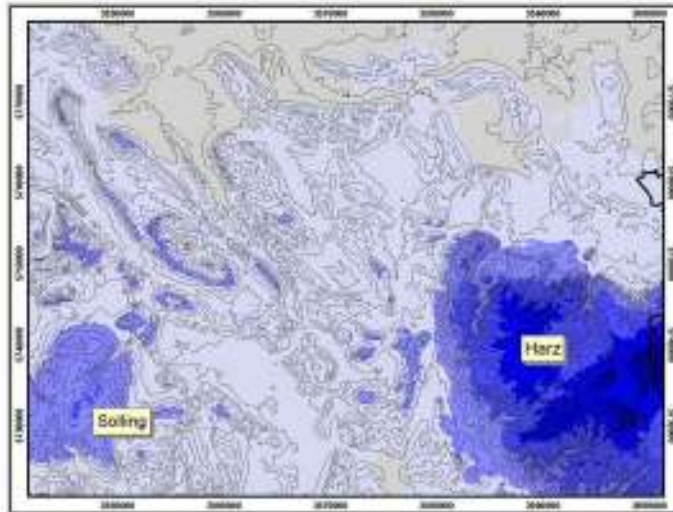
nutzbare Feldkapazität (BÜK 50)



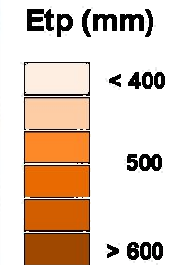
# Berechnung Klimatische Wasserbilanz (KWB)

Vegetationsperiode 1961 - 1990

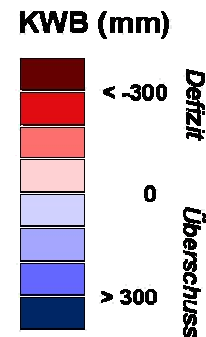
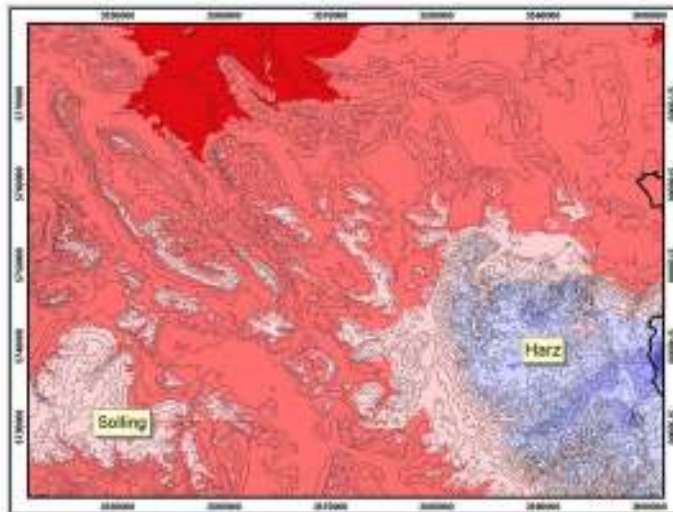
mittlere Niederschlagssumme



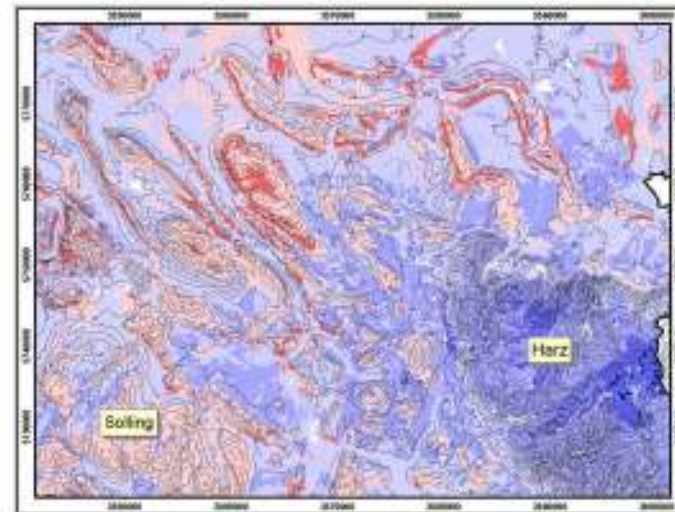
mittlere potentielle Evapotranspiration



Klimatische Wasserbilanz (KWB)

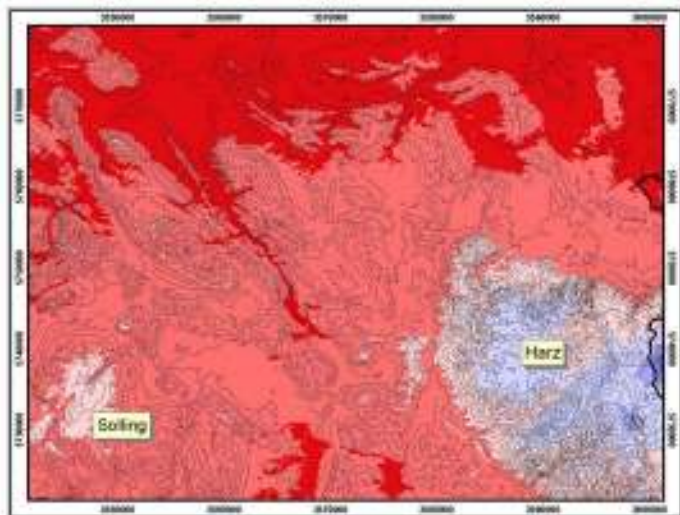


KWB + nFk

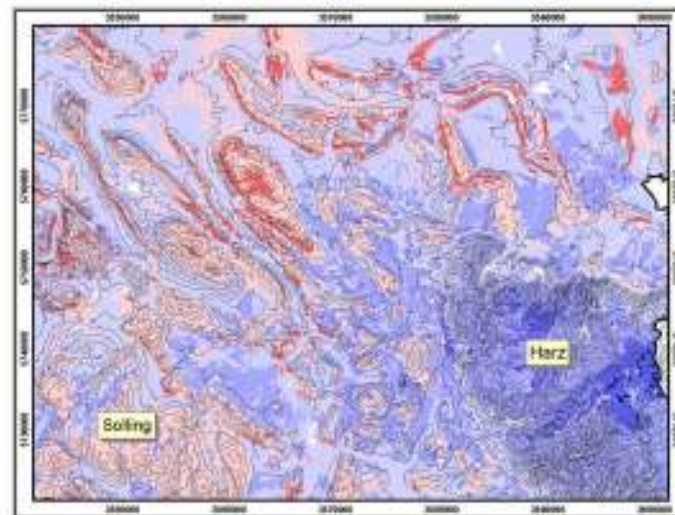


# Klimatische Wasserbilanz; Unsicherheit

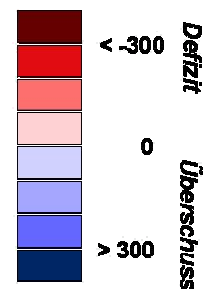
Vegetationsperiode 2041 - 2050



**A1B  
feucht**

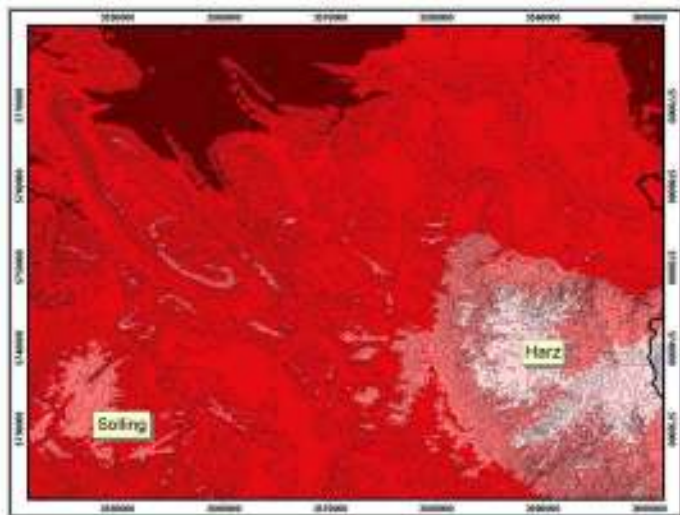


KWB (mm)

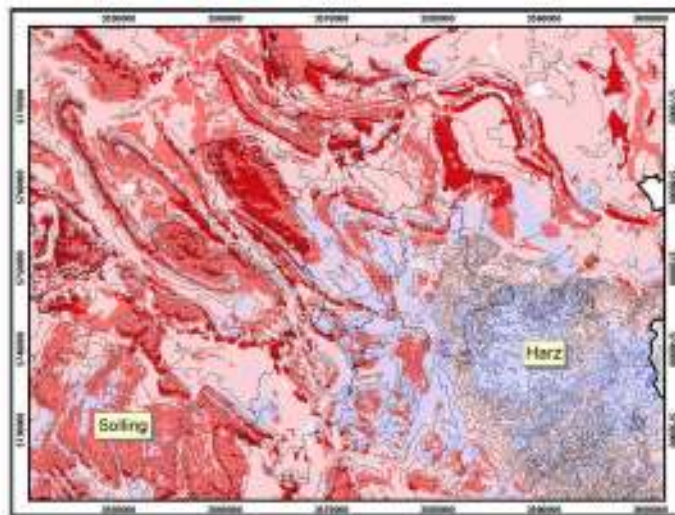


KWB

KWB + nFk



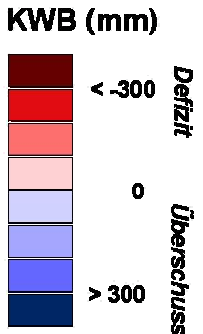
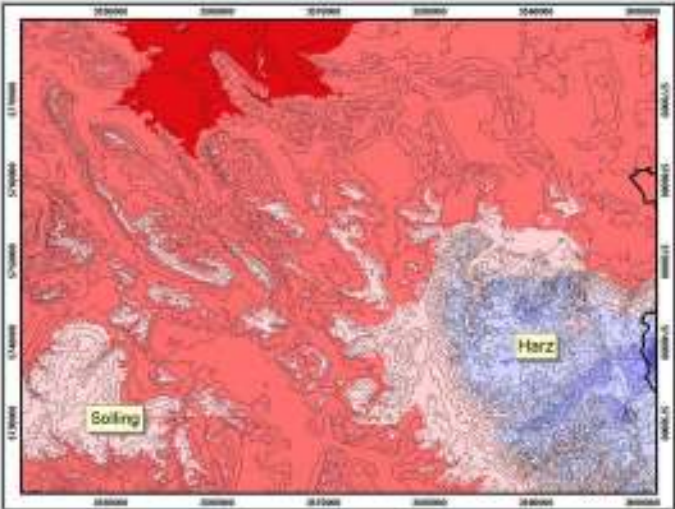
**A1B  
trocken**



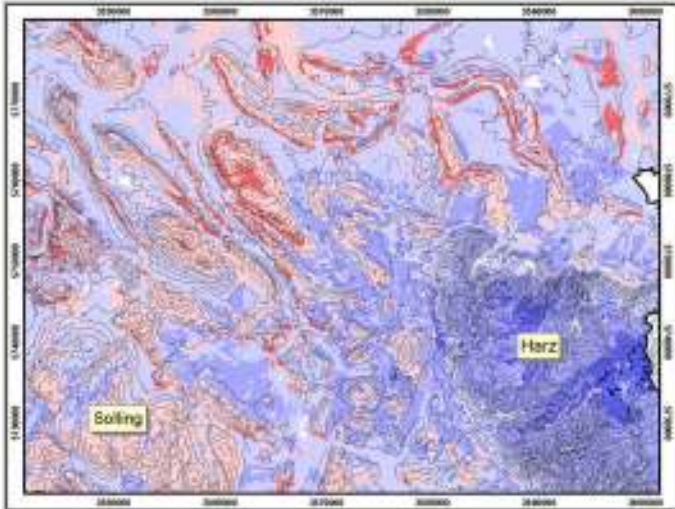
# Wasserbedarf Fichte - Risikoabschätzung

Vegetationsperiode 1961 - 1990

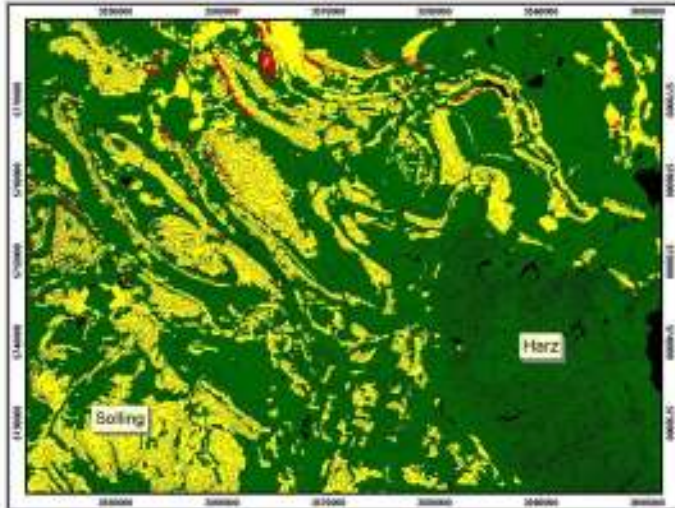
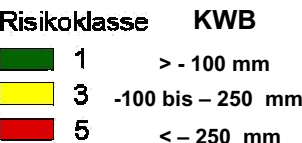
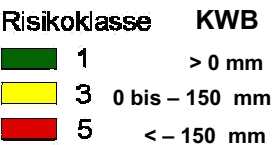
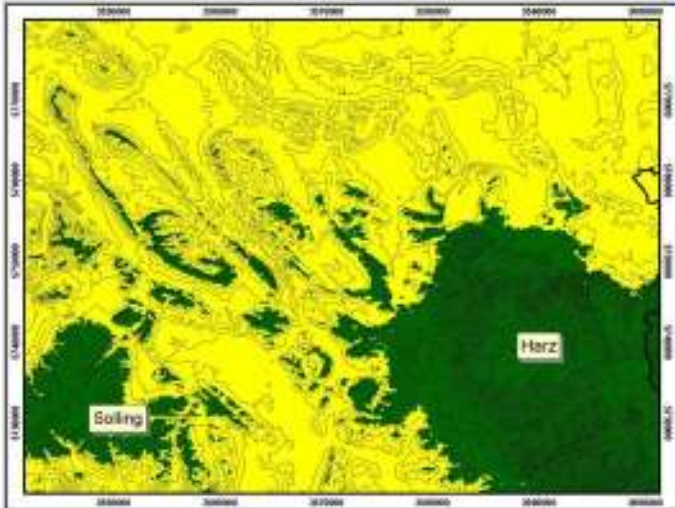
Klimatische Wasserbilanz (KWB)



KWB + nFk



## Risikoabschätzung Fichte

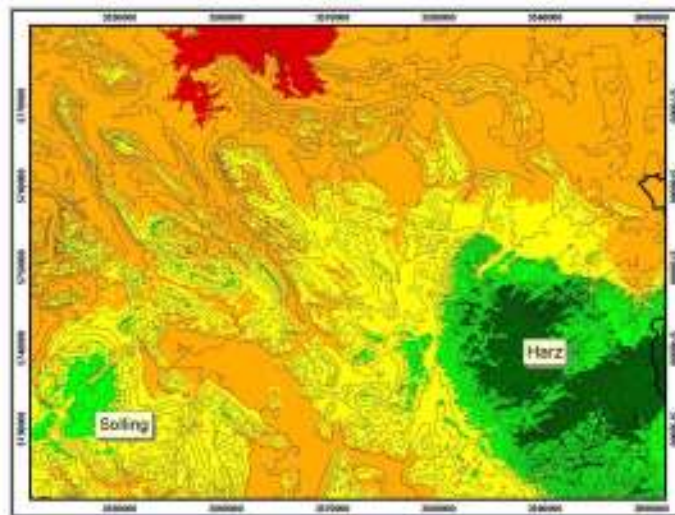
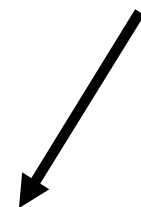
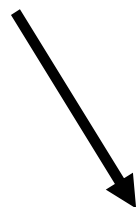
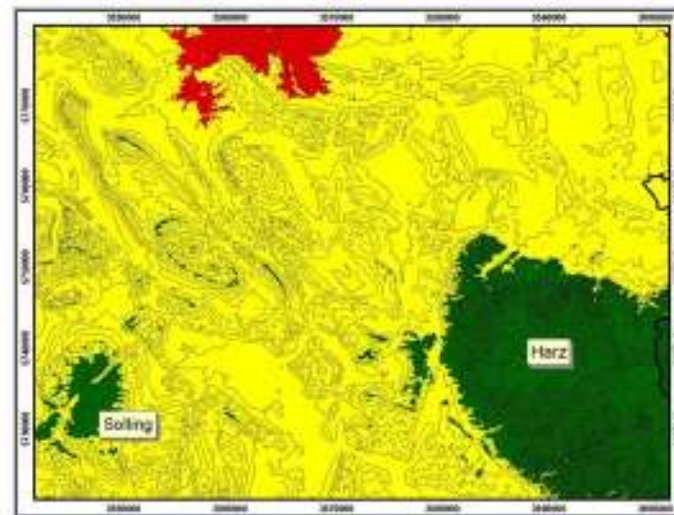
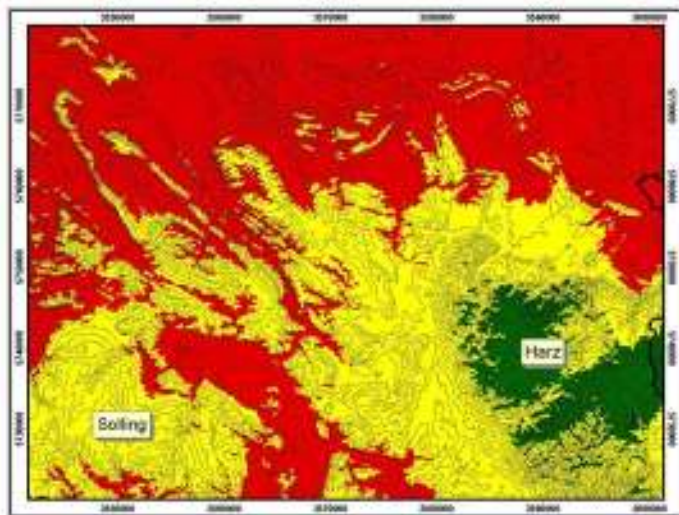


# Risikoabschätzung - Unsicherheit

Vegetationsperiode 2041 – 2050

KWB; A1B - trocken

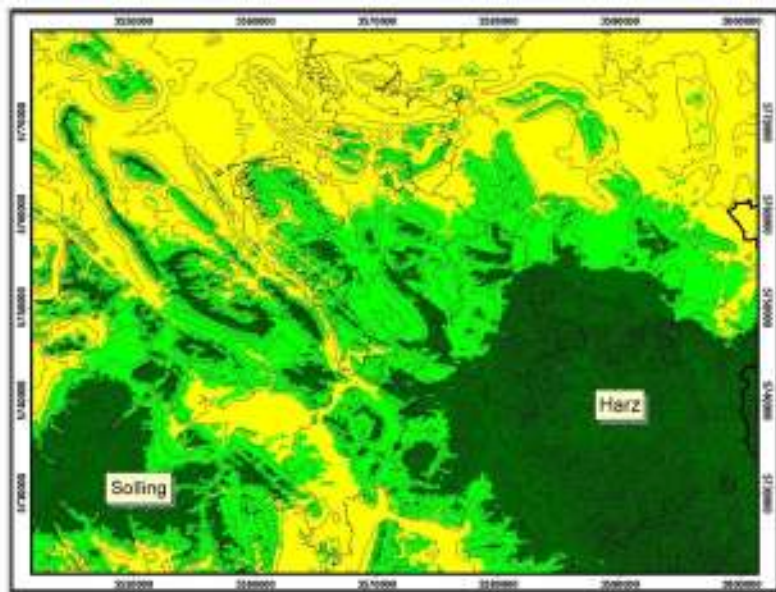
KWB; A1B - feucht



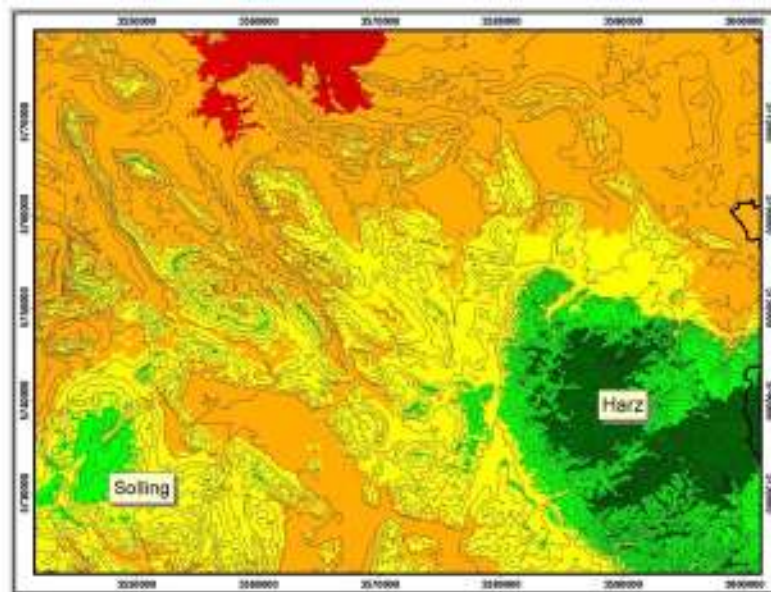
# Wasserbedarf Fichte - Risikoabschätzung

## KWB

Vegetationsperiode 1961- 1990



Vegetationsperiode 2041 - 2050



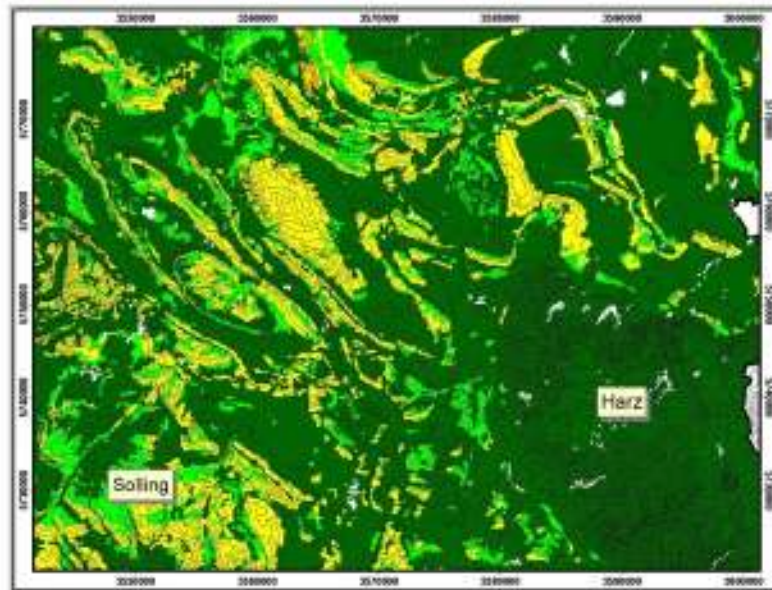
### Risikoklassen

-  1 (sehr gering)
-  2 (gering)
-  3 (mittel)
-  4 (erhöht)
-  5 (hoch)

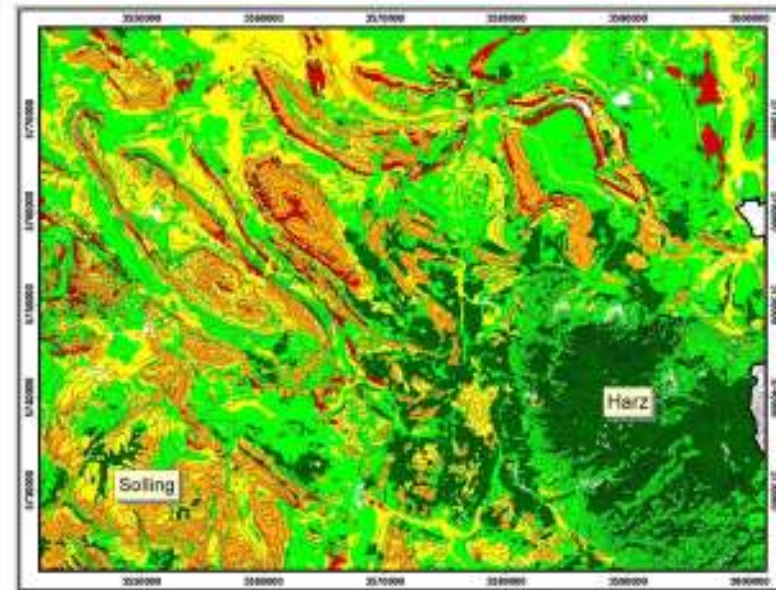
# Wasserbedarf Fichte - Risikoabschätzung

## KWB + nFk

Vegetationsperiode 1961- 1990



Vegetationsperiode 2041 - 2050



### Risikoklassen

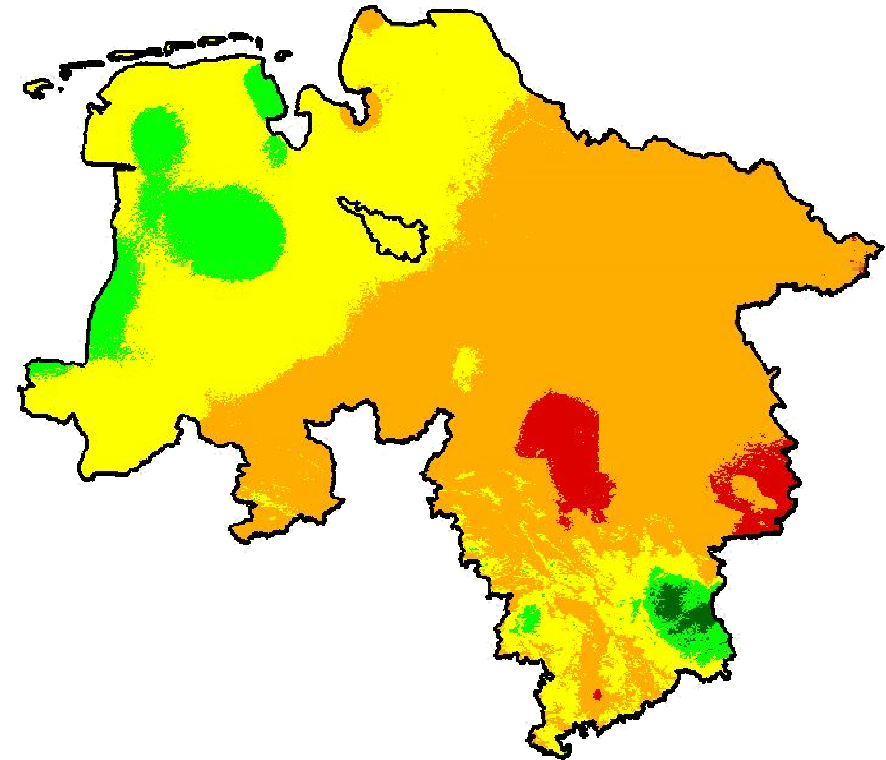
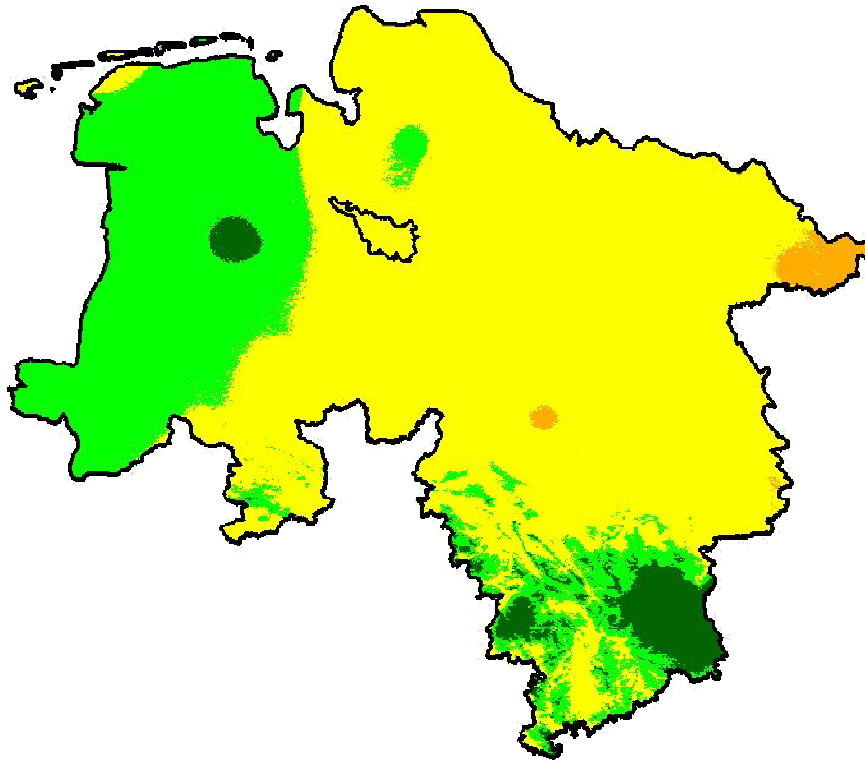
-  1 (sehr gering)
-  2 (gering)
-  3 (mittel)
-  4 (erhöht)
-  5 (hoch)

# Risikoabschätzung bei Fichte über den Wasserbedarf

## KWB

Vegetationsperiode 1961- 1990

Vegetationsperiode 2041 - 2050



### Risikoklassen

- 1 (sehr gering) > -100 mm
- 2 (gering)
- 3 (mittel) < -100 - > -250 mm
- 4 (erhöht)
- 5 (hoch) > -250 mm

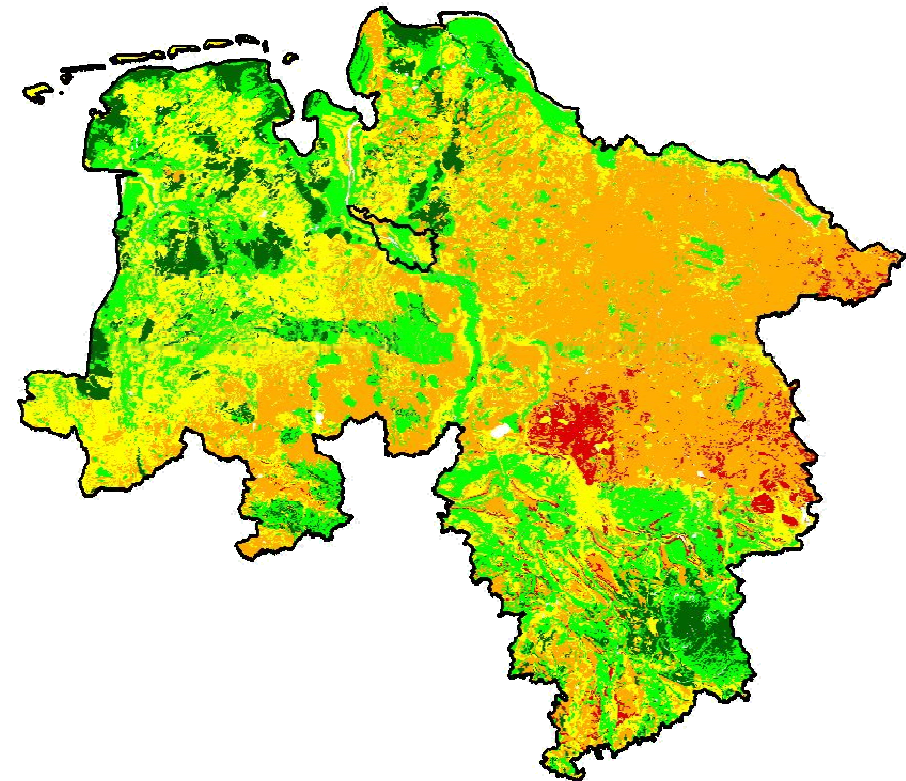
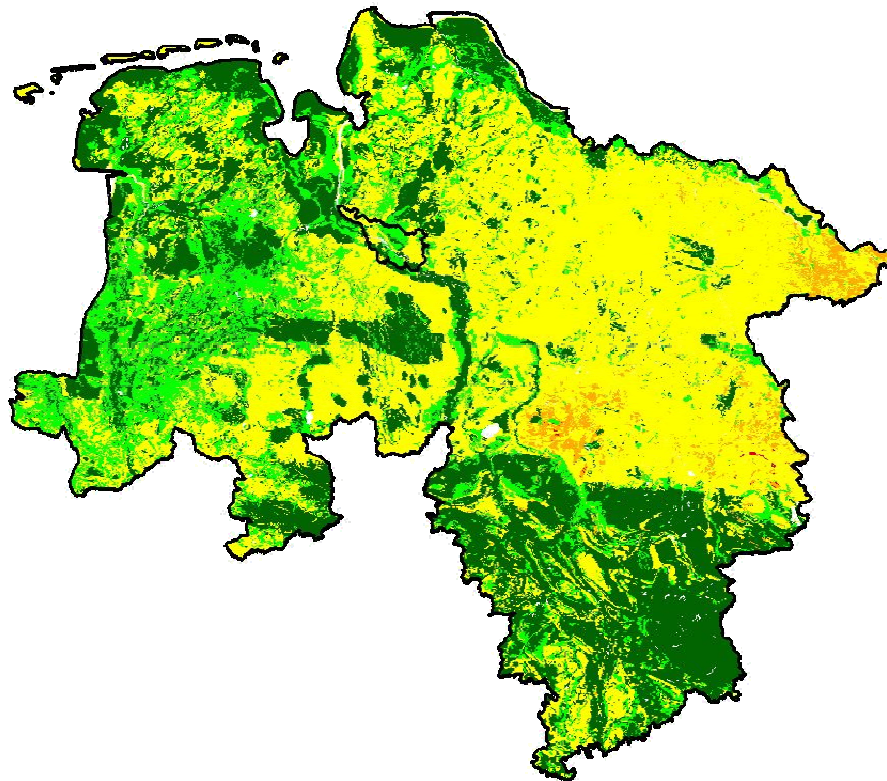


# Risikoabschätzung bei Fichte über den Wasserbedarf

## KWB + nFk

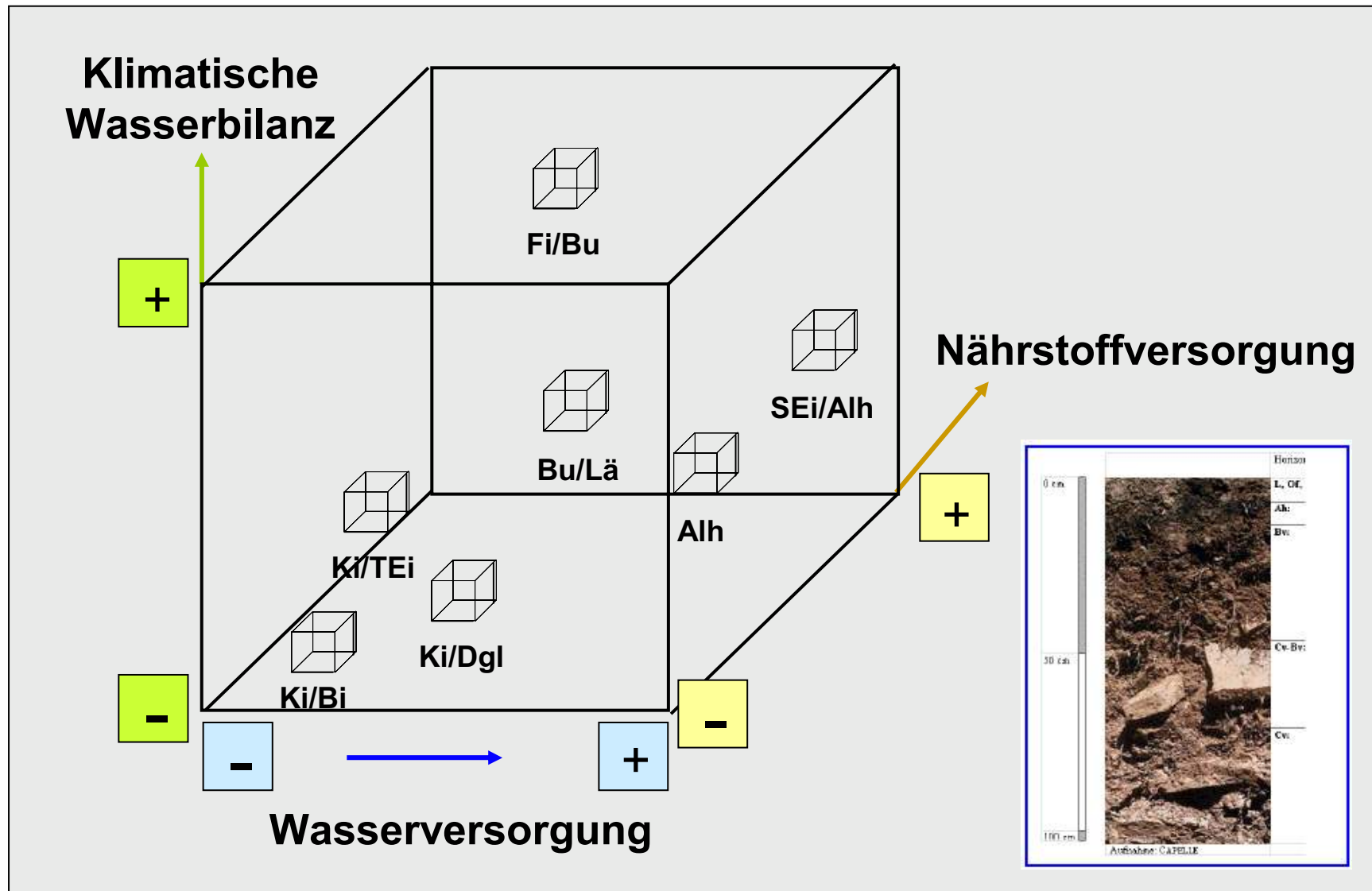
Vegetationsperiode 1961- 1990

Vegetationsperiode 2041 - 2050



Risikoklassen	KWB
1 (sehr gering)	> 0 mm
2 (gering)	
3 (mittel)	0 bis - 150 mm
4 (erhöht)	
5 (hoch)	< - 150 mm

# Dreidimensionales Ökogramm als Entscheidungsgrundlage



# Klima-Anpassungsfähigkeit verschiedener Baumarten

(v. LÜPKE, 2004)

Beurteilungskriterien Klima-Anpassungsfähigkeit
Generationenfolge
Wärme
Wasserstress
Insektenbefall
Waldbrand
Regenerationsfähigkeit
Sturmstabilität
feucht-kühles Klima (Pilzbefall)
Nährstoffarmut
Bodensäure
Besiedlung von Freiflächen



Baumarten	Beurteilung der Anpassungseignung		
	gut (stabil bzw. resilient)	mittel	schlecht (labil)
Buche			X
Traubeneiche		X	
Stieleiche		X	
Esche		X	
Bergahorn		X	
Spitzahorn	X		
Winterlinde		X	
Hainbuche	X		
Elsbeere	X		
Schwarzerle	X		
Sandbirke	X		
Aspe	X		
Vogelbeere	X		
Weißtanne			X
Fichte			X
Kiefer	X		
Europ. Lärche	X		
Roteiche	X		
Douglasie	X		

# Abgrenzung standortabhängiger Waldschutzrisiken

*J. Lemme u. M. Habermann*

## Welche Wirkungen haben die erwarteten Klimaänderungen auf die Populationsdynamik von Schadorganismen?

- Modellinsekten, die auf Trockenstress ihrer Wirtspflanzen reagieren:

Buchdrucker an Fichte

Blaue Kiefernprachtkäfer an Kiefer

Buchenprachtkäfer an Buche

Eichenprachtkäfer an Eiche



- Modellinsekten, die auf trockene und warme Witterung im Sommer positiv reagieren:

Kiefernspinner an Kiefer

Nonne an Kiefer und Fichte

Eichenprozessionsspinner an Eiche

Schwammspinner an Eiche

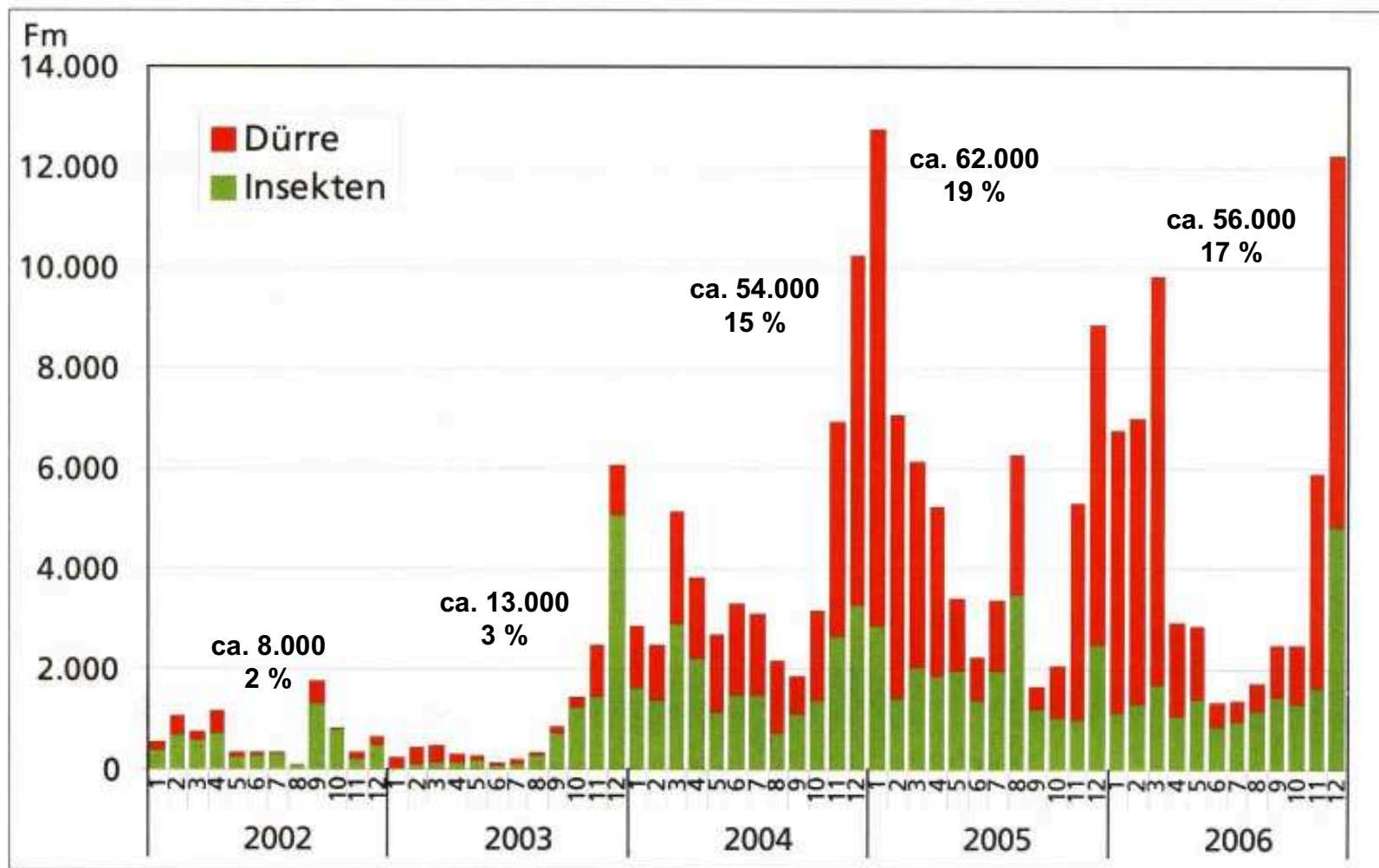


- Modellinsekten, die auf milde Wintertemperaturen positiv reagieren:

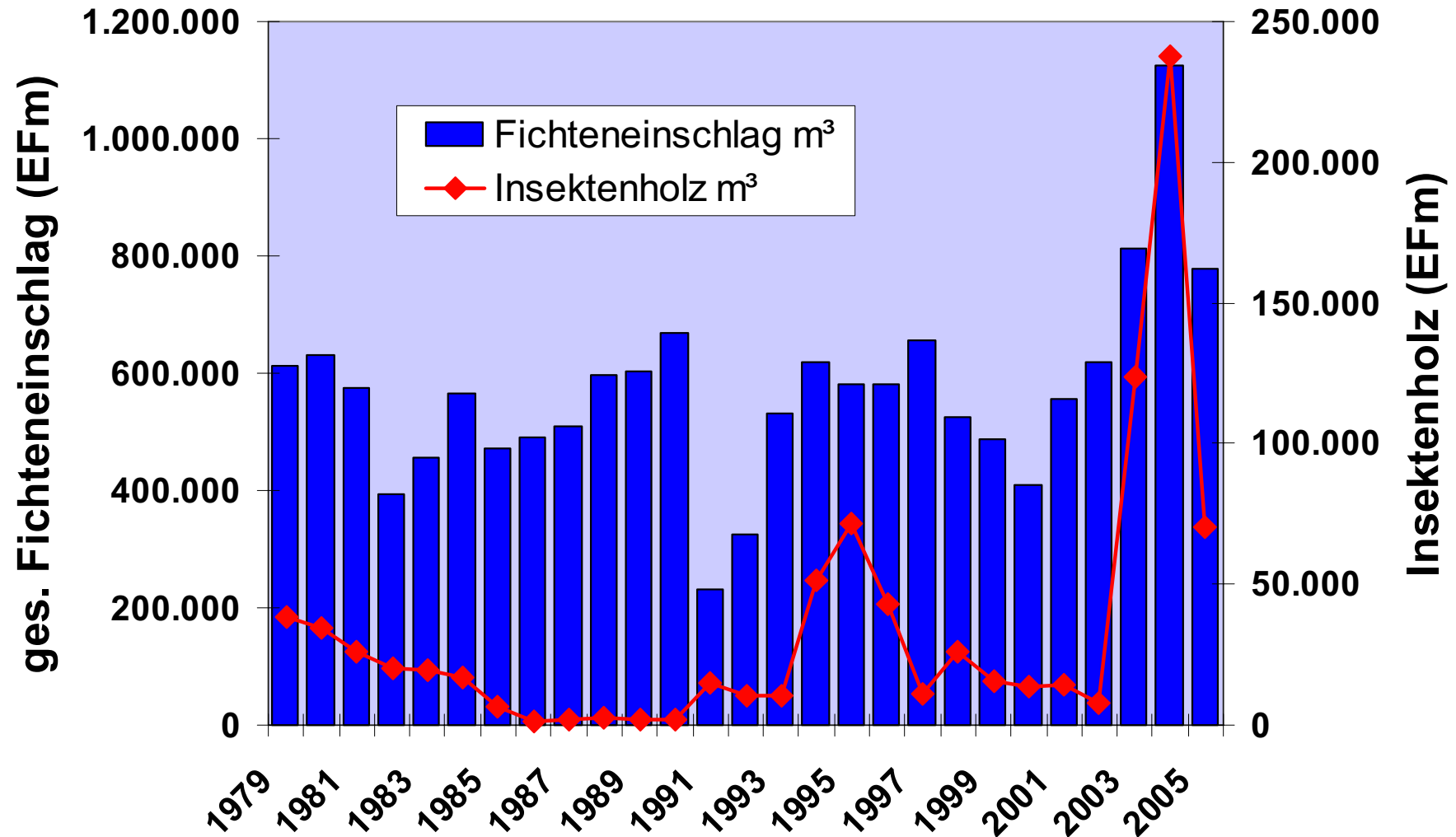
Fichtenröhrenlaus an Fichte

# Zufällige Nutzungen durch Dürre- und Insektenschäden bei der Buche in den Jahren 2002 bis 2006

(Quelle: LfV Baden-Württemberg)



# Fichteneinschlag und Anteil der Insekten-Kalamitätsnutzungen in den NLF



# Relative Sensitivität der Hauptbaumarten für Sturmschäden (Eiche = 1,0). Auswertung der Stürme Frühjahr 1990.



Baumart	Bayern	Baden- Württemberg	Hessen	Mittel gerundet
Fichte	8,3	12,0	10,0	10
Kiefer	3,5	4,0	4,0	4
Buche	1,8	3,0	2,5	2
Eiche	1,0	1,0	1,0	1

# Ableitung des Standort-Leistungs-Bezuges für bestimmte Baumarten

**Welche baumartenspezifischen Auswirkungen haben Änderungen der Temperaturen, Niederschläge und der nutzbaren Bodenwasserspeicher auf die Wuchsleistung der Bestände?**

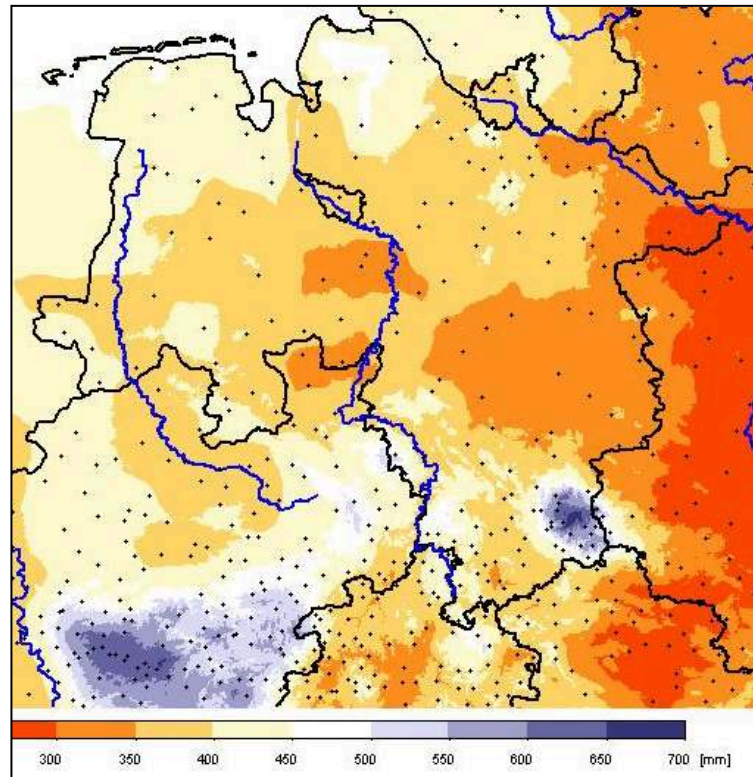
## **Untersuchungsansätze:**

- **statischer Ansatz (Analogieschluss):** Die Wuchsleistung unter veränderten Klimabedingungen wird eingeschätzt über Beobachtungen in Gebieten, die bereits heute diese Standorts- und Klimaeigenschaften aufweisen.
- **Modellierung der Bonität**
  - a) dynamische Bonitätsberechnung über Wirkungsfunktionen
  - b) regressionsanalytischer Ansatz mit gleich bleibenden BonitätskurvenDatengrundlage: Höhenzuwachsdaten der BWI; Region Alte Bundesländer

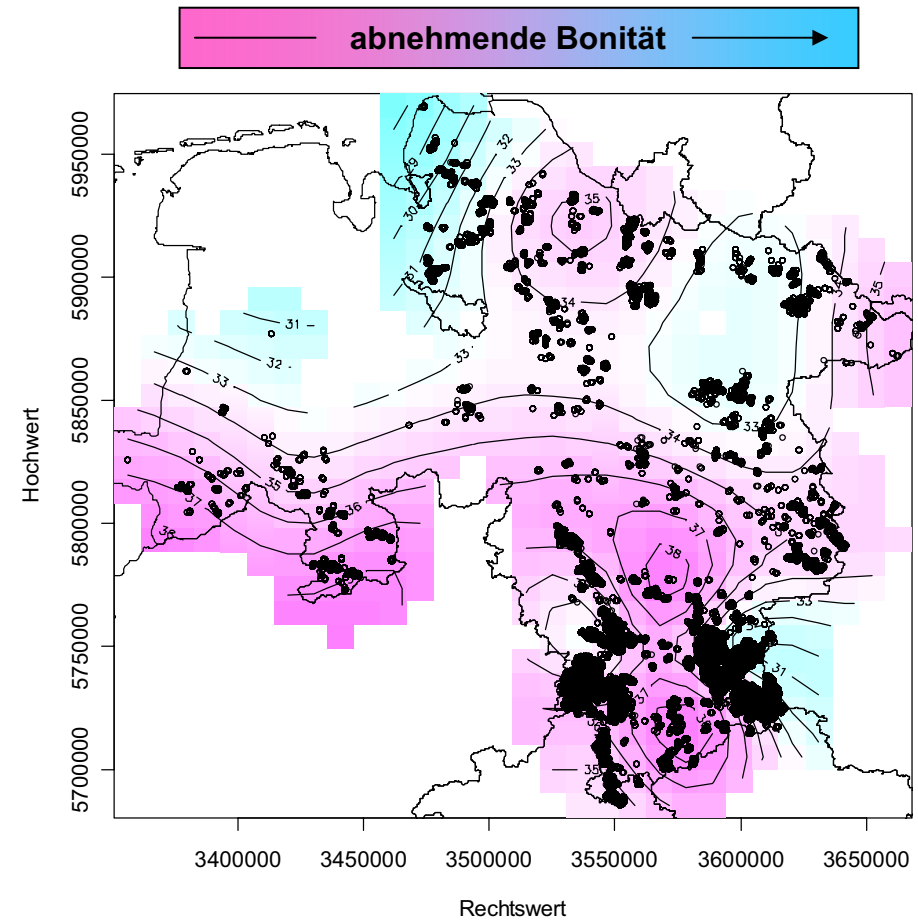


# Statischer Ansatz: Analyse der BI-Daten in den nds. Landesforsten

## FICHTE (n=16938)



WettReg; Referenzperiode (1961 – 1990)



Räumliche Interpolation mittels generalisierter Additiver Modelle (gam)

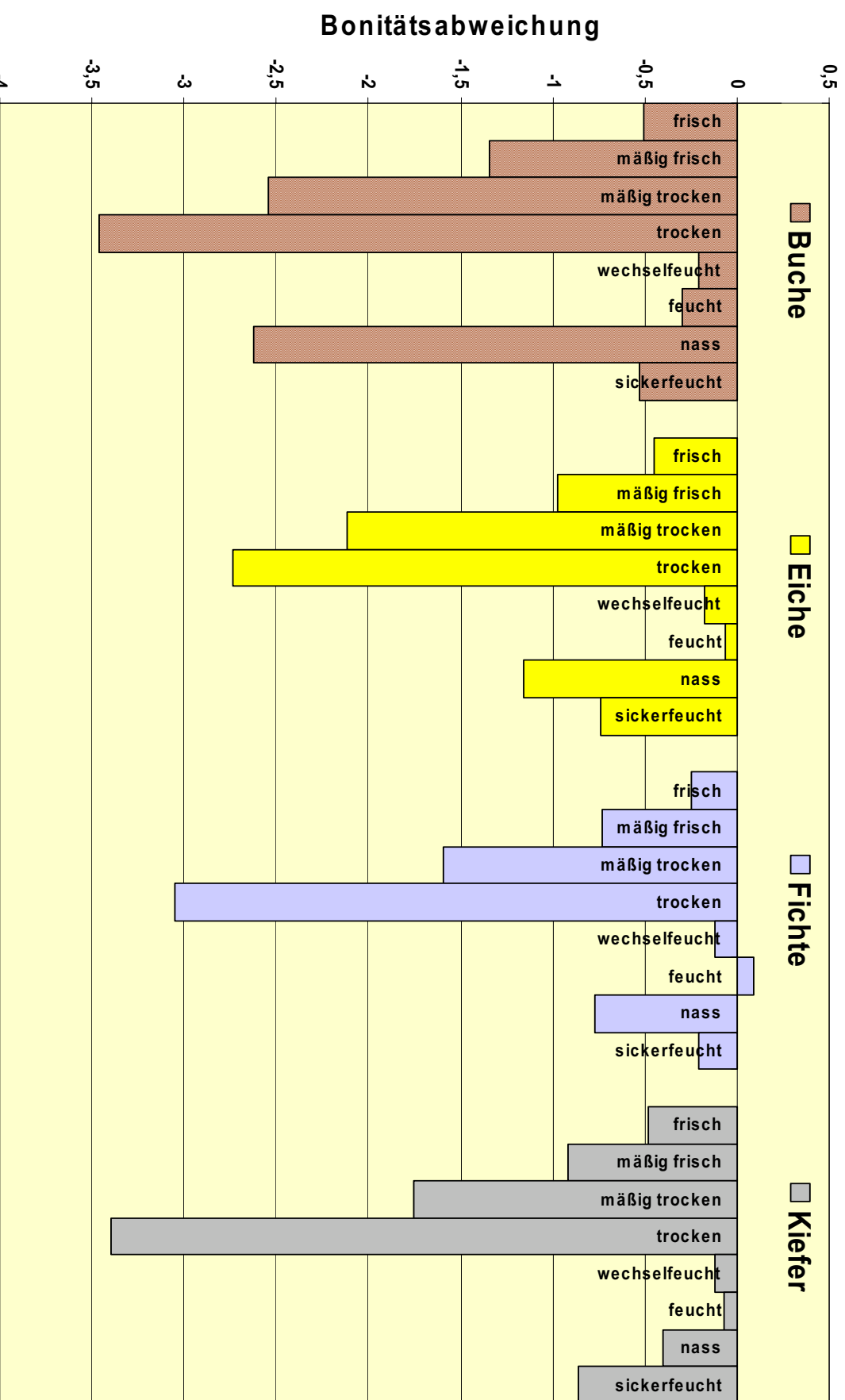
● Stichprobenpunkt

# Standort-Leistungsbezug in Hessen

Einfluss des Geländewasserhaushaltes auf die Bonität

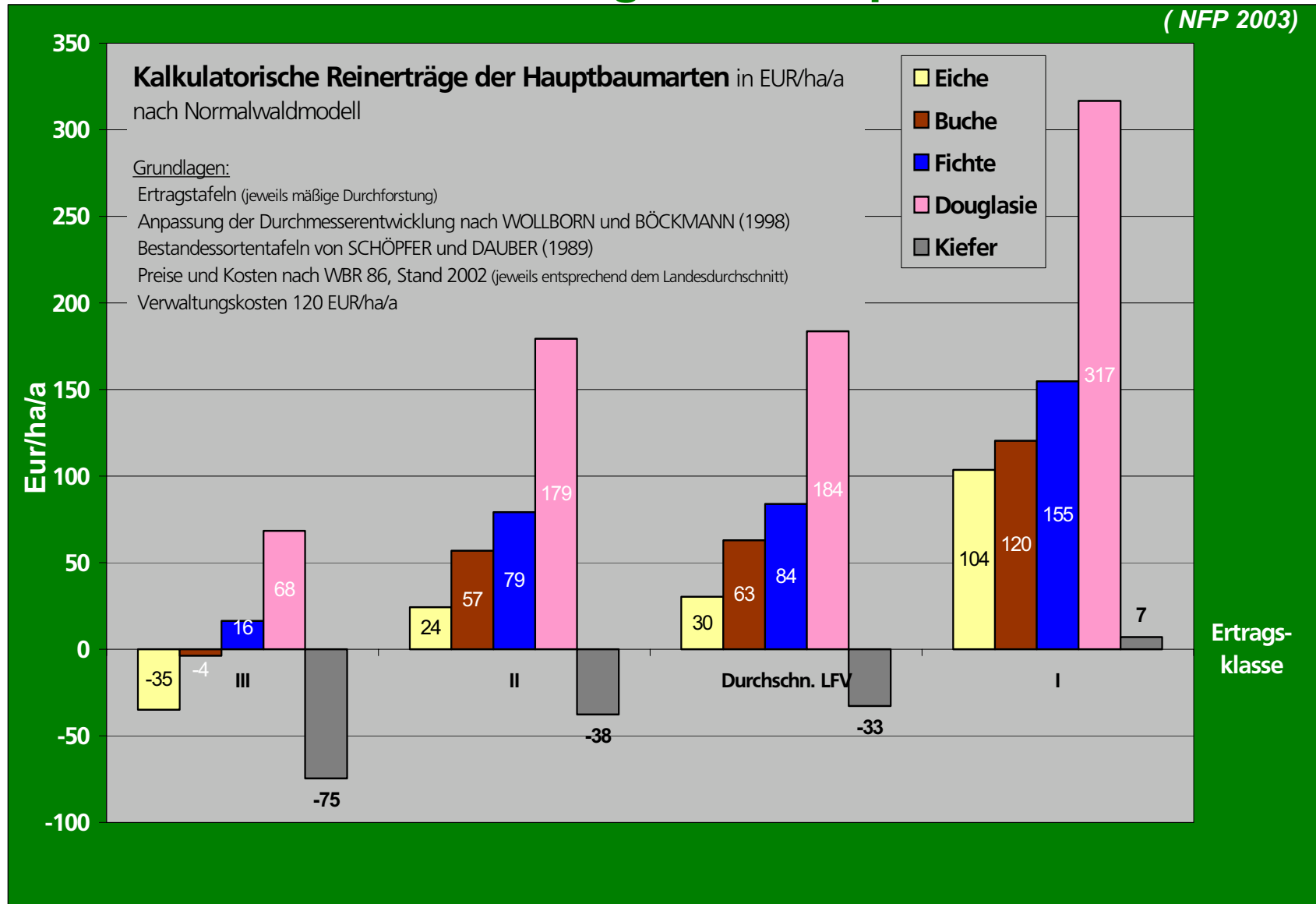
Basis betont frisch = 100 %

(Ullrich, 2007)



# Kalkulatorische Reinerträge der Hauptbaumarten 2002

( NFP 2003 )



# Schlussfolgerungen für die Forstbetriebe

**Abgesicherte Anpassungsstrategien** für eine nachhaltige Waldbewirtschaftung unter sich wandelnden Klimabedingungen sind **derzeit noch nicht verfügbar**. Die angewandte forstliche Forschung hat sich dem Thema angenommen und ist auf einem guten Weg.

Angeichts der Langfristigkeit der forstlichen Produktion, des Anpassungsvermögens unserer Hauptbaumarten und der jährlich anstehenden Verjüngungsfläche **verbietet sich jegliche Form von Aktionismus**.

Auf der Grundlage der vorliegenden Erkenntnisse und mit Blick auf die Anpassungspotenzialen der Forstbetriebe lassen sich folgende **vorläufige Empfehlungen** geben:

# Schlussfolgerungen für die Forstbetriebe

- Das **höchste Trockenstressrisiko** weisen außerhalb der montanen Zone die mäßig frischen bis mäßig sommertrockenen, die staunassen und wechsel-trockenen Standorte auf. Hier sollte man **auf führende Fichte und Buche verzichten**.
- Vorhandene **Fi- bzw. Bu-Naturverjüngung** ist auf diesen Standorten **ggf.** zurückzudrängen oder je nach Ausgangssubstrat mit Douglasie (KTa) zu **überpflanzen bzw.** mit Edellaubbäumen oder Eiche (REi) gruppen- bis horstweise zu **ergänzen**.
- Mischungen verteilen die Risiken und erhöhen die Elastizität nach Störungen. **Horstweise Mischungen** sind zu bevorzugen (Konkurrenz, Qualität, Pflegeaufwand, Mechanisierung).
- Die **Pflegekonzepte** müssen die **Flexibilität** der Forstbetriebe **erhalten**, um auf Veränderungen der ökologischen bzw. ökonomischen Rahmenbedingungen reagieren zu können.

# Schlussfolgerungen für die Forstbetriebe

- **Gestaffelte Durchforstungen** mit starken Eingriffen in der Jugend und abnehmender Eingriffsstärke mit zunehmendem Alter verkürzen die Produktions- und Gefährdungszeiträume.
- Auf mäßig wasserversorgten Standorten können **Niederdurchforstungen** dazu beitragen, den **Trockenstress** zu senken bzw. Schadinsekten bevorzugtes Fraßmaterial zu entziehen.
- Mit Blick auf die steigenden biotischen und abiotischen Risiken sind die heute empfohlenen **Z-Baumzahlen** zu überdenken (↑).
- Das Konzept **Zielstärkennutzung** muss **differenzierter** umgesetzt werden (Trockenschäden bei Buche, Käferschäden und Windwurf bei Fichte, Entwertung und Ausschluss der Naturverjüngung bei Eiche).

# Schlussfolgerungen für die Forstbetriebe

- Die Zuwächse werden von der planaren bis submontanen Stufe i. d. R. sinken, in der montanen und hochmontanen Stufe eher steigen. Kompensationsmöglichkeiten ergeben sich durch den **Anbau angepasster, leistungsfähigerer Baumarten** (Douglasie, Küstentanne, Roteiche).
- Mit den derzeitigen Vorräten sollte **marktkonform** umgegangen werden – weder horten noch liquidieren.
- Ein **angemessener Flächenanteil an Nadelbäumen** ist unverzichtbar, um die Ertragslage der Forstbetriebe zu sichern, den Bedarf der Holzindustrie zu decken und die Kohlenstoffsequestrierung im Holzbau zu fördern.

„Klimawandel: Folgen für die Land- und Forstwirtschaft - mögliche Reaktionen“

## Risikovorsorge im Zeichen des Klimawandels

- Vorläufige Empfehlungen der Nordwestdeutschen Forstlichen Versuchsanstalt -

von  
Hermann Spellmann  
Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt



Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit