

FIT FÜR DIE ZUKUNFT – OBERBERGISCHER WALD IM JAHR 2050

# Der Einfluss des Klimawandels auf die Baumartenwahl – eine forstökonomische Perspektive

## Carola Paul

Carola.paul@uni-goettingen.de

[www.uni-goettingen.de/felap](http://www.uni-goettingen.de/felap)

Twitter: @Carola\_\_Paul



# Forstwirtschaft zwischen Schockstarre und Aktivismus



# Drei Fragen

Was heißt **Risiko** und wie können wir es mit Blick auf die Baumartenwahl **quantifizieren**?

**Wie können wir reagieren?** Was sagen uns ökonomische Modellrechnungen?

Was sind die wichtigsten **Entscheidungskriterien** (aus ökonomischer Sicht)?



# Was heißt Risiko? Differenzierung des Risikobegriffes

## Intuitive Wahrnehmung



### Definition nach Duden

möglicher negativer Ausgang bei einer Unternehmung, mit dem Nachteile, Verlust, Schäden verbunden sind

## Entscheidungstheorie, Risikoforschung



### Markowitz (1952)

Hirshlifer and Riley (1992),

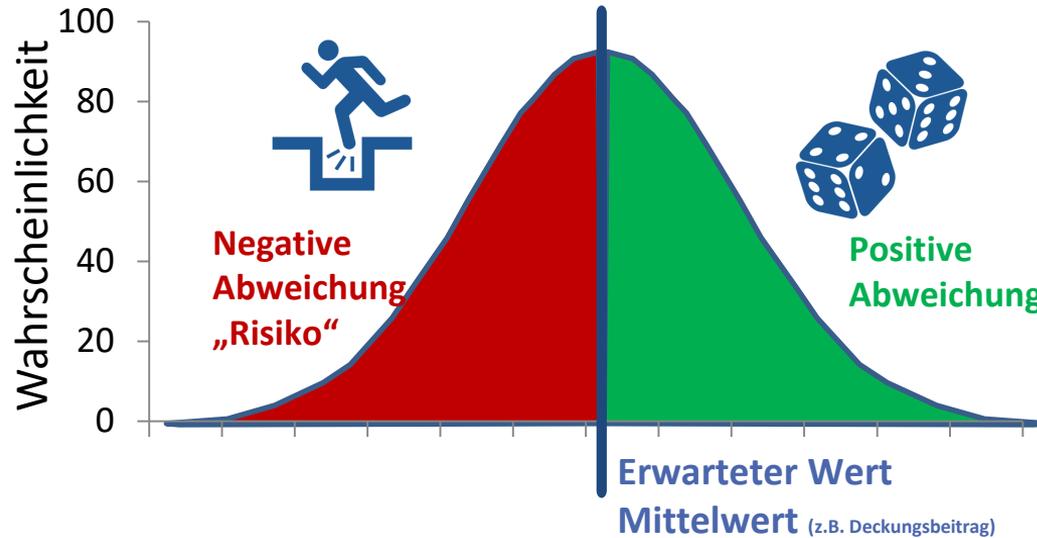
Risiko = Abweichung von einem erwarteten Wert unter Unsicherheit

# Was heißt Risiko? Differenzierung des Risikobegriffes

Liquiditätsrisiken  
Ausfallrisiken  
Betriebsrisiken

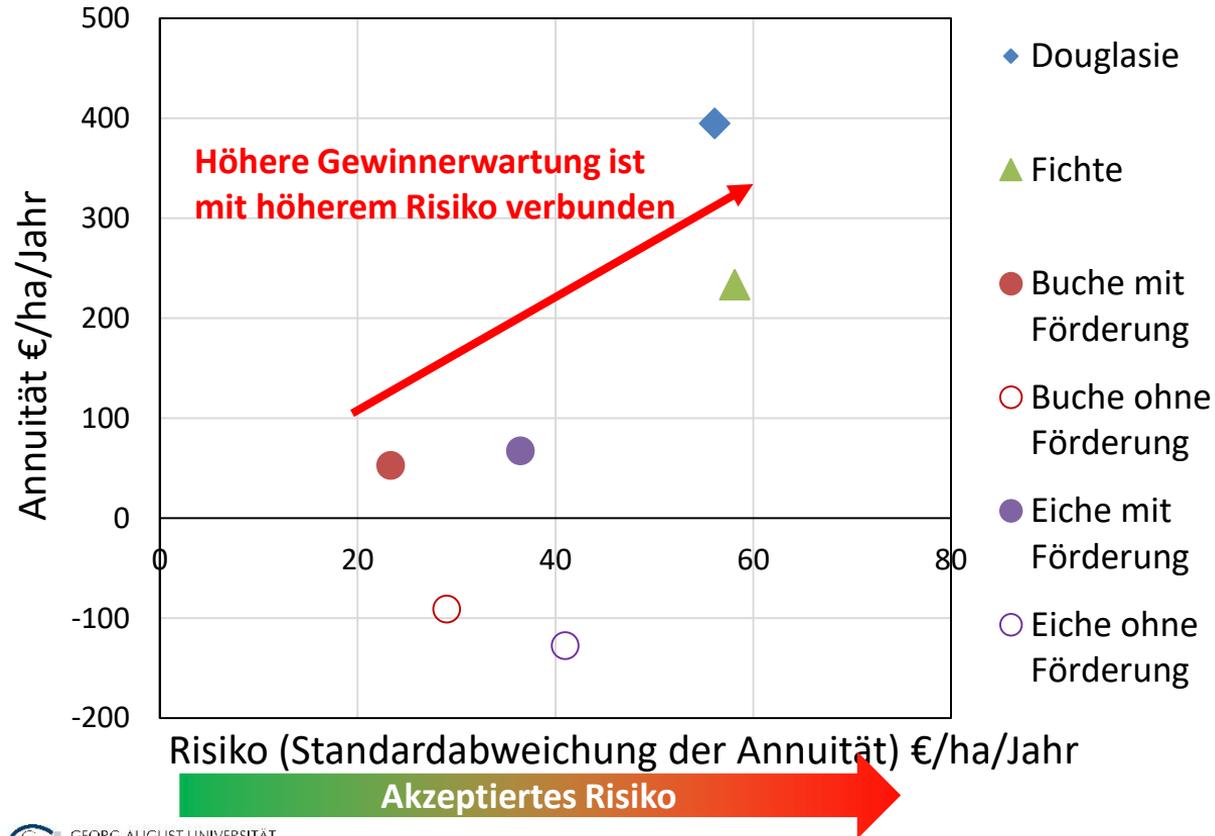


Holzpreisfluktuation  
Absatz/Beschaffung  
Digitalisierung?



Wir können zumindest versuchen den Grad der Unsicherheit durch Wahrscheinlichkeiten zu schätzen

# Wie können wir Risiken quantifizieren? Die Abweichung von einem erwarteten Wert



- Ökonomische Risiken zu minimieren ist (ökonomisch gesehen) nicht immer erstrebenswert
- Vielmehr ist die Frage wieviel Risiko ein Betrieb eingehen kann

# Drei Fragen

Was heißt **Risiko** und wie können wir es mit Blick auf die Baumartenwahl **quantifizieren**?

Es geht darum die Balance zwischen Risiko und Chance zu finden



**Wie können wir reagieren?** Was sagen uns ökonomische Modellrechnungen?

Was sind die wichtigsten **Entscheidungskriterien** (aus ökonomischer Sicht)?

## ■ Baumartenwahl

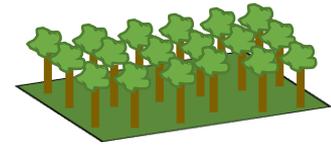
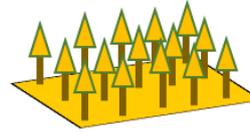
- Baumarten mit höheren erwarteten Erlösen und niedrigeren Risiken

## ■ Mischung

- „Mischbestände“ oder
- Blockmischung?

## ■ Anpassung der Umtriebszeit

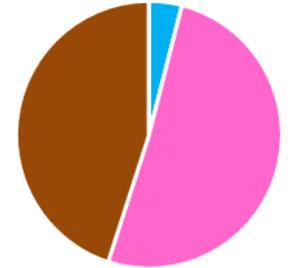
## ■ Betriebliche Risikovorsorge



Mischung von  
Reinbeständen auf  
Betriebsebene  
„Blockmischung“

Mischbestände

- Frage: Wie könnte ein ökonomisch orientiertes **langfristiges Bestockungsziel** unter Einbeziehung **zukünftiger Klimarisiken** berechnet werden?
  - Methode nach *Paul et al. (2019) Annals of Forest Science 76:14*
  - Portfoliotheorie und Monte-Carlo Simulation
- Virtueller Beispielbetrieb im Bergischen Land
  - Jahresniederschlag 1.000 - 1.200 mm
  - Jahresmitteltemperatur von 1981-2010 zwischen 6,7 und 7,3 °C
- Ergebnisse basieren auf einer Masterarbeit von Nils Benfer, Universität Göttingen



# Was sagen uns ökonomische Modellrechnungen? Eine Beispielrechnung

Risiken  
quantifizieren

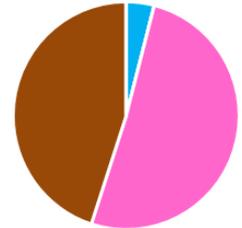
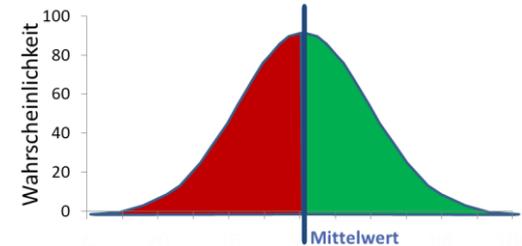
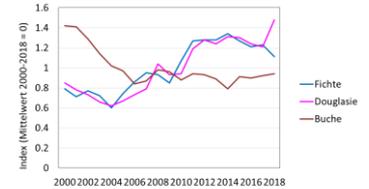
- Kalamität
- Holzpreisschwankungen

Ökonomische  
Bewertung

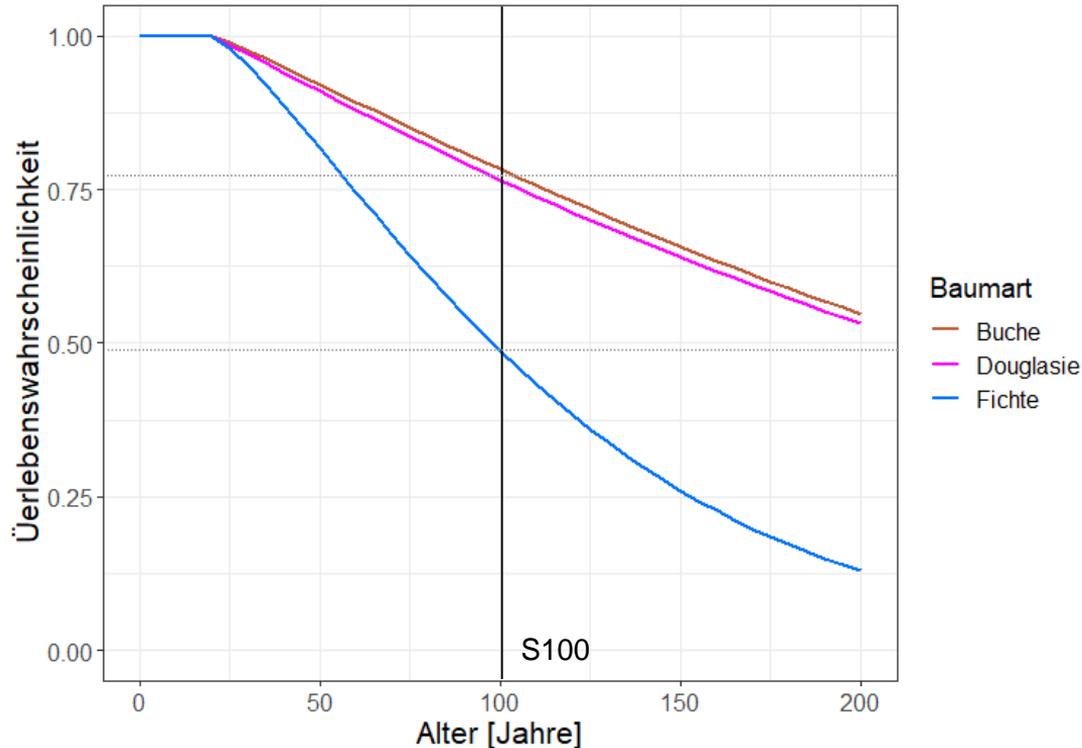
- Ermittlung der Verteilung der Erlöse

Effekte auf  
Baumartenwahl

- Welche Baumarten wählt das Modell?
- Welcher Grad der Mischung erscheint vorteilhaft?
- Welche Haupteinflussfaktoren treiben die Entscheidung?



## Klimadaten heute (bis 1970)



Überlebenswahrscheinlichkeit auf Basis der europäischen Waldzustandserhebung

Angepasst für den Beispielstandort

Quelle: Brandl et al. (2020), *Forest Ecology Management* 458, 117652  
Projekt SURVIVAL-KW



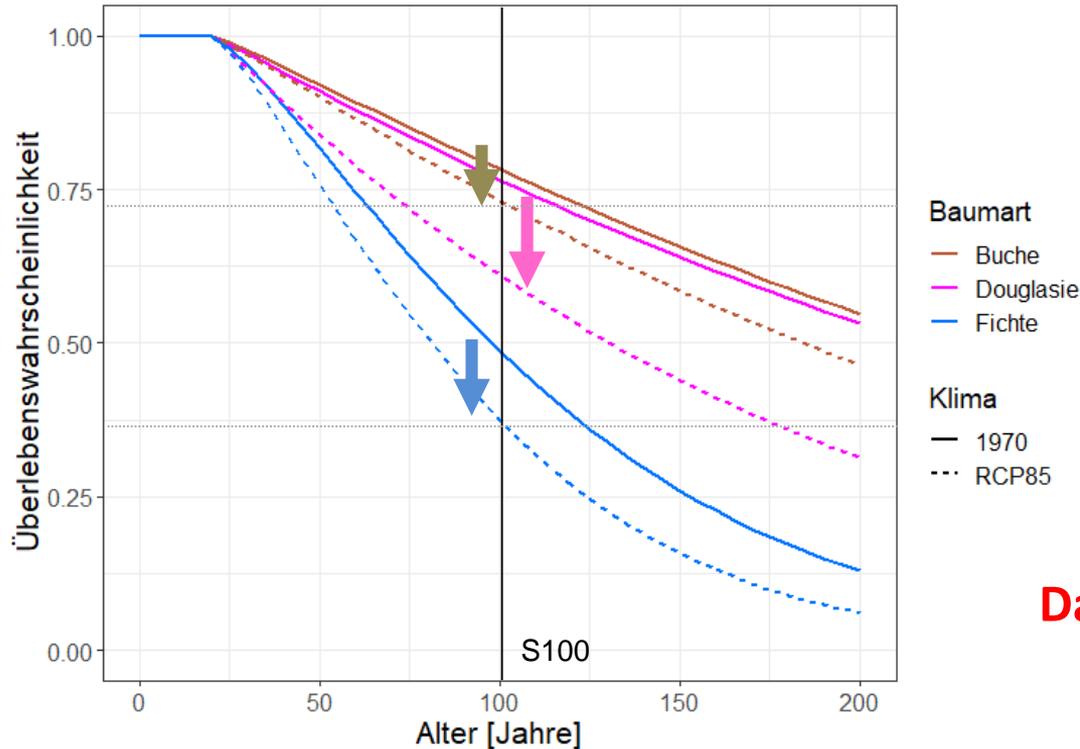
Gefördert durch:



Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

## Klimadaten morgen RCP 8.5



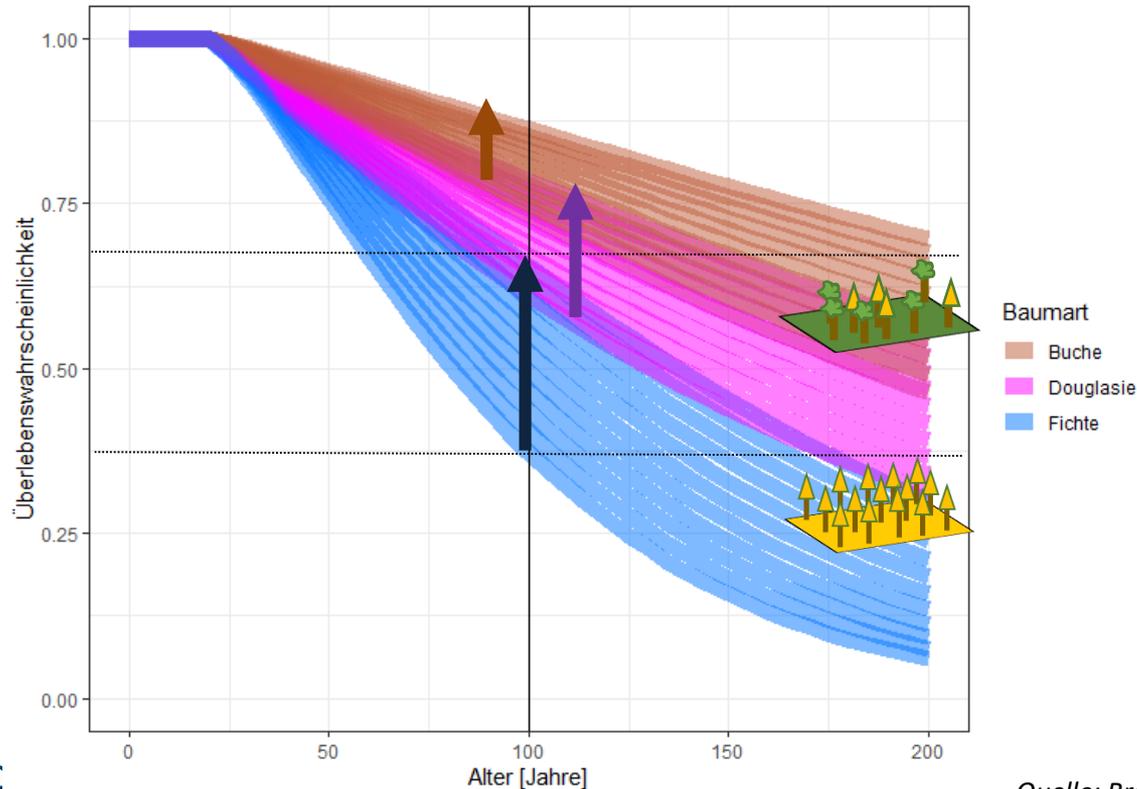
↓ Effekt des Klimawandels

### Ökonomische Auswirkung:

- Vorzeitige zwangsbedingte Ernte
- Reduktion der Qualität
- Starke Absenkung des Holzpreises
- Erhöhung der Erntekosten

Daten hier gelten für Reinbestände

## Klimadaten morgen RCP 8.5 – Effekt der Mischung

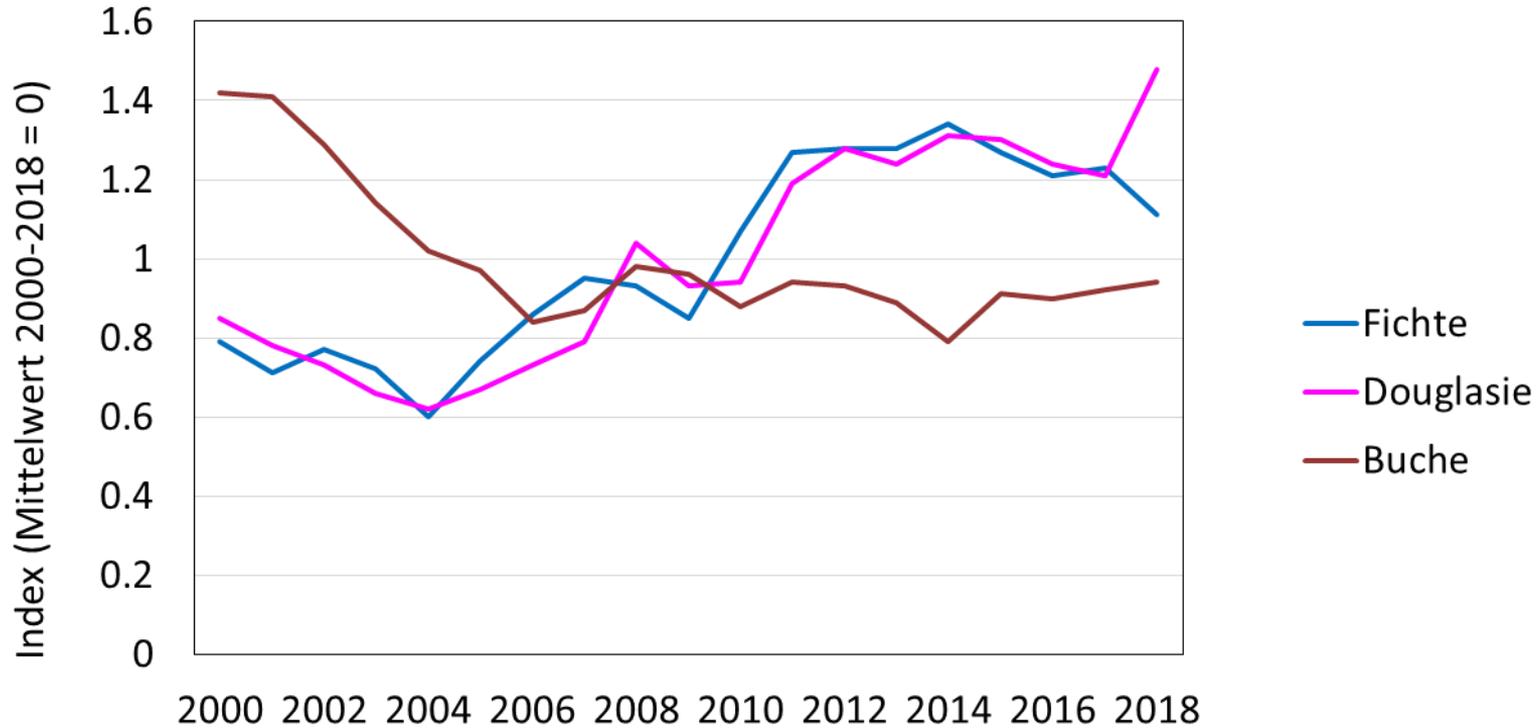


↑ **Effekt der Mischung**

**Ökonomische Auswirkung:**

- Stabilisierung der Bestände
- Verbessertes Wachstum?
- Mögliche Verringerung der Qualität?
- Höhere Erntekosten

# Quantifizieren von Marktrisiken (Holzpreisniveau bei möglichem Eintreten der Kalamität)



# Was sagen uns ökonomische Modellrechnungen? Eine Beispielrechnung

Risiken  
quantifizieren

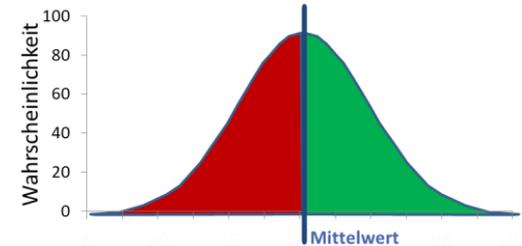
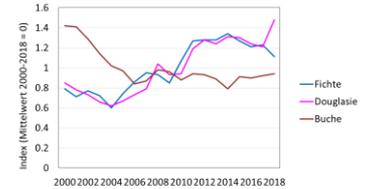
- Kalamität
- Holzpreisschwankungen

Ökonomische  
Bewertung

- Ermittlung der Verteilung der Erlöse

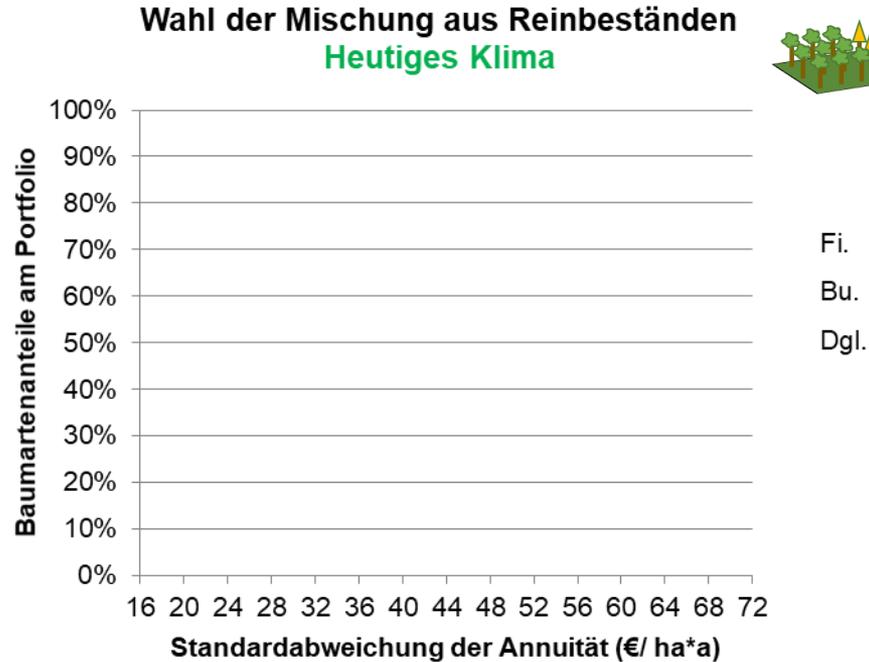
Effekte auf  
Baumartenwahl

- Welche Baumarten wählt das Modell?
- Welcher Grad der Mischung erscheint vorteilhaft?
- Welche Haupteinflussfaktoren treiben die Entscheidung?

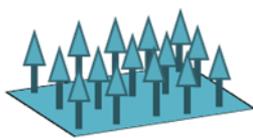


# Welche Baumarten wählt das Modell?

## Baumartenzusammensetzung in Abhängigkeit vom akzeptierten Risiko



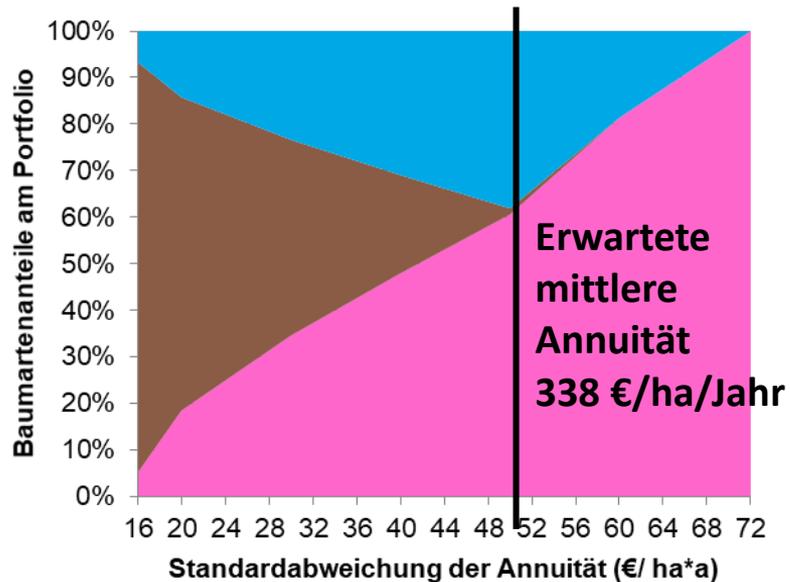
**Akzeptiertes Risiko** 



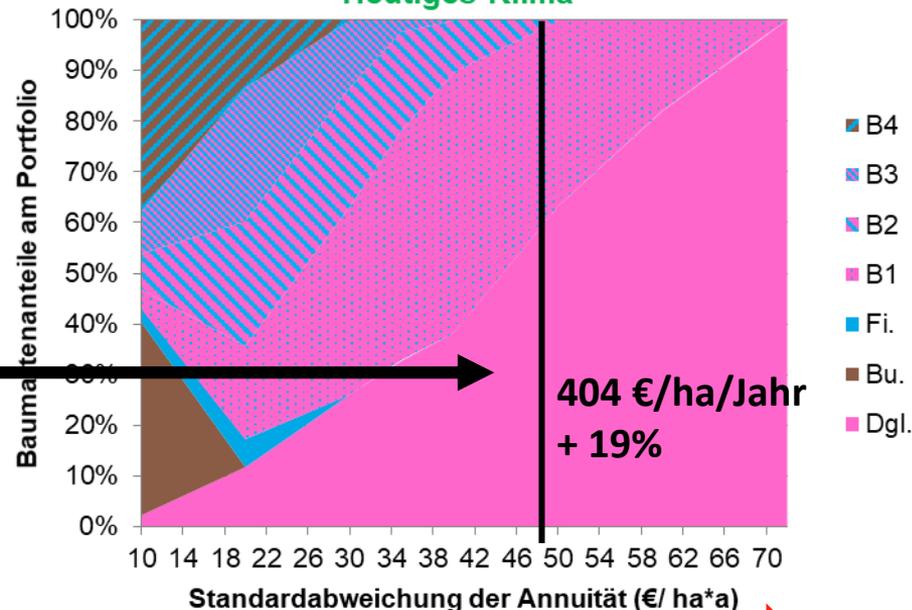
# Welche Baumarten wählt das Modell?

## Baumartenzusammensetzung in Abhängigkeit vom akzeptierten Risiko

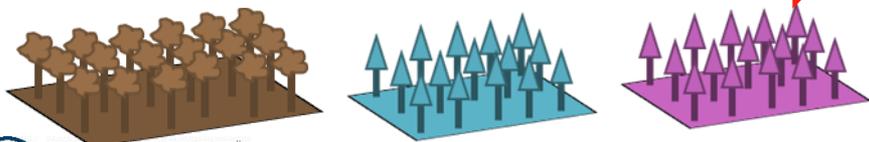
Wahl der Mischung aus Reinbeständen  
Heutiges Klima



Wahl der Mischung aus Mischbeständen  
Heutiges Klima



Akzeptiertes Risiko



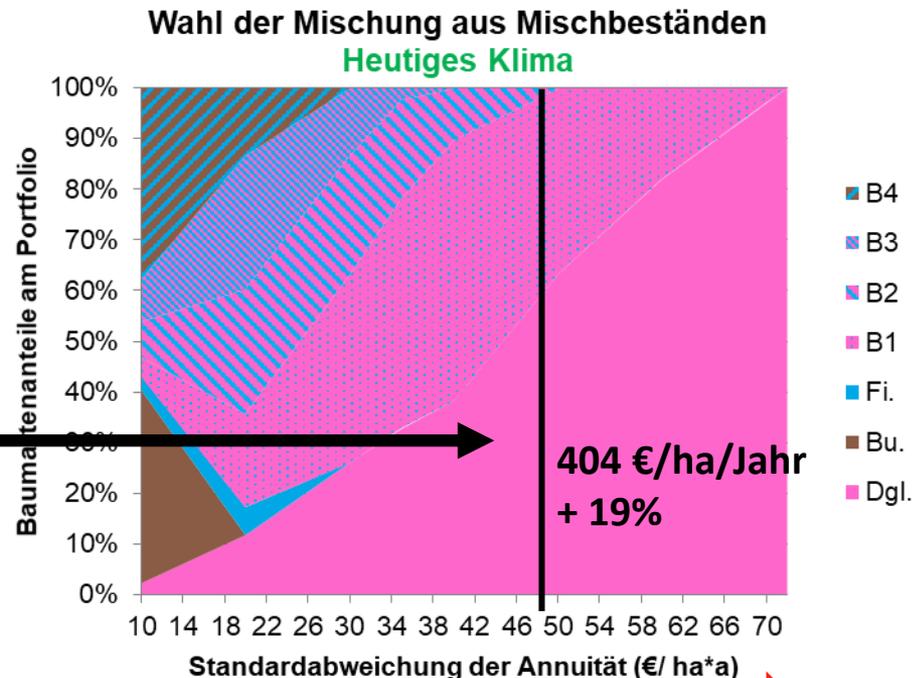
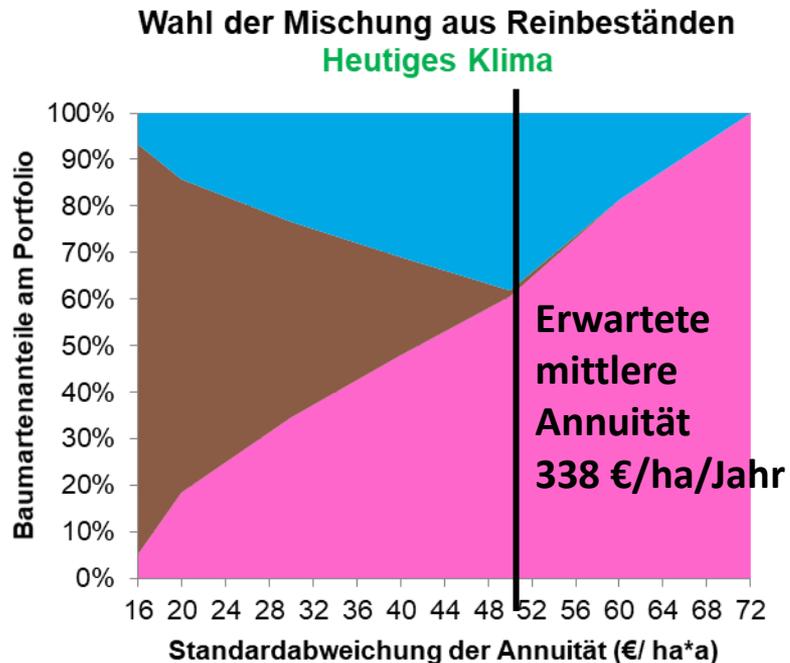
+



- 70% Doug, 10% Fi, 20% Bu
- 50% Doug, 30% Fi, 20% Bu
- 40% Doug, 40% Fi, 20% Bu
- 10% Doug, 20% Fi, 70% Bu

# Welche Baumarten wählt das Modell?

## Baumartenzusammensetzung in Abhängigkeit vom akzeptierten Risiko



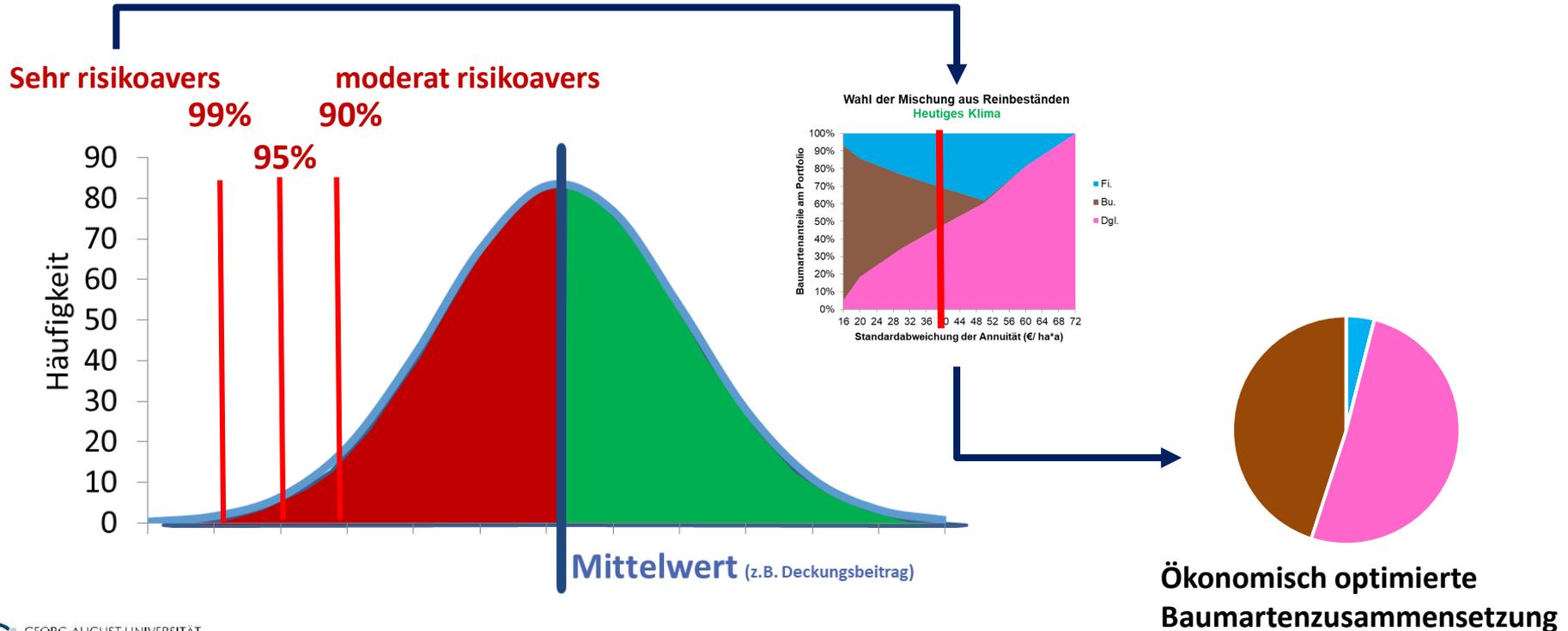
Akzeptiertes Risiko

Akzeptiertes Risiko

Je stärker das Risiko reduziert werden soll, desto wichtiger ist es aus ökonomischer Sicht auf Mischbestände zu setzen, um das Einkommen zu stabilisieren.  
=> Aber wie lässt sich das akzeptierte Risiko einschätzen?

# Wie finden wir eine Balance zwischen Risiko und erwartetem Ertrag?

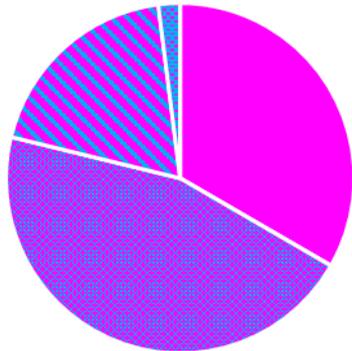
- Maximiere den ökonomischen „Ertrag“ (hier: Annuität) der mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit mindestens erwartet werden kann



# Welche Baumarten wählt das Modell? Effekt des Klimawandels auf die Baumartenwahl

- Ökonomisch ideale Baumartenzusammensetzung zur Maximierung des „robusten Ertrages“ (Deckungsbeitragsäquivalent das in 99% der modellierten Fälle überschritten wird)

## Heutiges Klima



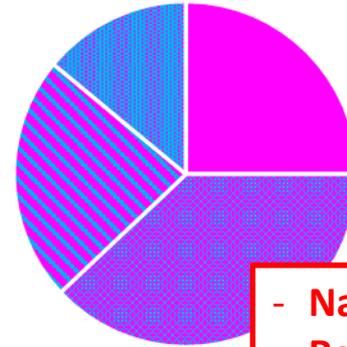
- Douglasie
- 70% Doug, 10% Fi, 20% Bu
- 50% Doug, 30% Fi, 20% Bu
- 40% Doug, 40% Fi, 20% Bu

75% Doug  
13% Buche  
12% Fichte



Reinbestände Bu oder Fi  
Buchendominierten  
Mischbestände

## Klimawandelzenario RCP 8.5



69% Doug  
18% Buche  
13% Fichte

Erwarteter „robuster Ertrag“ (Mindesterlös) -8%

Aber -17% wenn wir nur von Reinbeständen ausgehen!

- Nadelholz
- Reinbestände
- + Laubholz
- + Mischbestände mit gleichmäßiger Durchmischung

# Drei Fragen

**Wie können wir reagieren?** Was sagen uns ökonomische Modellrechnungen?

Klimawandel wird selbst bei unterstellter Kenntnis über zukünftige Risiken und idealer Baumartenwahl ökonomische Folgen haben

**Welche Anpassungsstrategien können abpuffern?**

**1. Die Mischung macht's:** Mischung ist ein wichtiger Pfeiler um Unsicherheiten vorzubeugen

- Produktdiversifikation (wie bei Mischung in Reinbeständen)
- In Mischbeständen zusätzlich: Effekt der Stabilisierung der Bestände
- Muss aber balanciert sein mit höheren Etablierungs- und Pflegekosten

**2. Nadelholz** spielt auch unter hohen Kalamitätsrisiken aus ökonomischer Sicht weiter eine wichtige Rolle.



# Drei Fragen

Was heißt **Risiko** und wie können wir es mit Blick auf die Baumartenwahl **quantifizieren**?

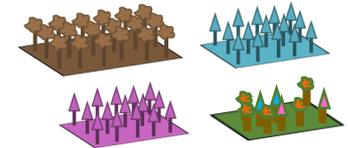
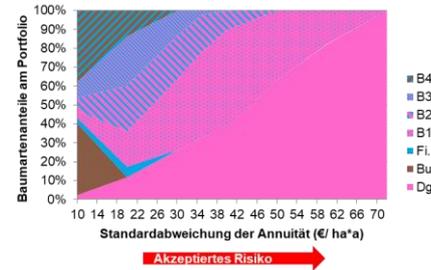
**Wie können wir reagieren?** Was sagen uns ökonomische Modellrechnungen?

Was sind die wichtigsten **Entscheidungskriterien** (aus ökonomischer Sicht)?

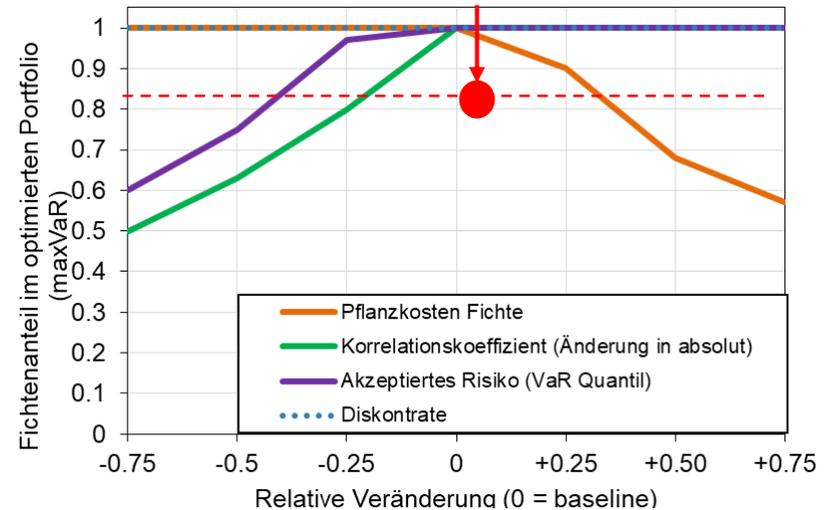


# Was treibt die Entscheidung der Baumartenwahl aus ökonomischer Sicht?

- Auswahl an **Alternativen** (Standort, Saatgutverfügbarkeit, neue Baumarten?)
- Individuelle **Risikoeinstellung**
- **Etablierungskosten**
  - ⇒ Etablierungskosten haben einen ähnlich teilweise sogar höheren Einfluss auf den erwarteten „Ertrag“ wie der Klimawandel
- **Holzpreise**
  - ⇒ Ab einer Reduktion des Holzpreises der Douglasie um 50% relativ zu Fi/Bu nimmt der Anteil deutlich ab
- **Umtriebszeit**
- **Zielsetzung**



## Veränderte Überlebenswahrscheinlichkeit (RCP 8.5)

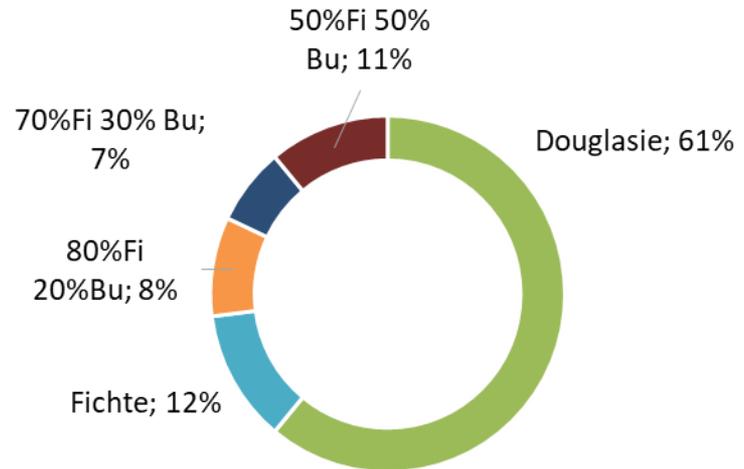


Paul et al. (2019) Ann For Sc 76:14

# Einfluss der Zielsetzung

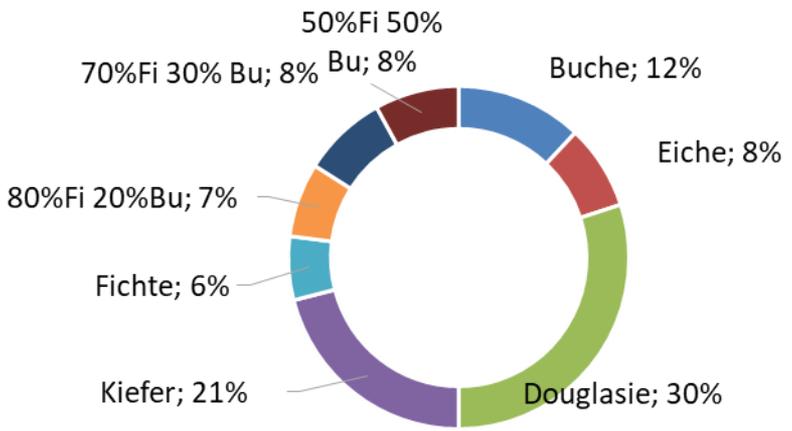
## Objektive Baumartenwahl zur robusten Bereitstellung vielfältiger Funktionen

### Nur ökonomische Funktion



Einbeziehung ökonomischer Diversifikationseffekte (aber nur Kriterium „Ökonomie“ (Annuität))

### Vielfältige Funktionen



Einbeziehung verschiedener **ökologischer und ökonomischer Kriterien** und ihre Unsicherheit (Annuität, Kohlenstoff, Totholz, Zuwachs)

## Drei Botschaften

Baumartenwahl im Klimawandel ist eine Frage der Balance zwischen Risiko und Chance

Breit aufstellen ist ökonomisch gesehen die wichtigste Maßnahme zur Abpufferung von Risiken (auch zur Bereitstellung vielfältiger Funktionen)

Auch der Klimawandel hebt betriebswirtschaftliche Grundzusammenhänge nicht aus, wie z.B. die Frage der Etablierungskosten und Einschlagszeitpunkt





## Danksagung und Kontakt

Nils Benfer, Uni Göttingen  
Jasper Fuchs, Uni Göttingen  
Alle Beteiligten im SURVIVAL-KW Projekt



Fachgebiet für Waldinventur  
und nachhaltige Nutzung



Bayerische Landesanstalt  
für Wald und Forstwirtschaft



Forstliche Versuchs-  
und Forschungsanstalt  
Baden-Württemberg



THÜNEN



Landesforsten  
Rheinland-Pfalz  
Wald. Werte. Wahren.

### Kontakt:

Carola.paul@uni-goettingen.de

[www.uni-goettingen.de/felap](http://www.uni-goettingen.de/felap)

Facebook: [facebook.com/FELaP.Goettingen/](https://facebook.com/FELaP.Goettingen/)

Twitter: @Carola\_\_Paul

@GoeFelaP

Forschung wurde unterstützt durch



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Ernährung  
und Landwirtschaft

Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Deutsche  
Forschungsgemeinschaft