

# Standfest in Zeiten des (Klima-) Wandels?

-

## Die Sturmstabilität von Bäumen unter die Lupe genommen



Bildquelle: <http://www.badische-zeitung.de/suedwest-1/sturm-lothar-hat-spuren-hinterlassen-im-wald-und-in-den-kassen--24587209.html>, 22.02.2016

Name: \_\_\_\_\_

## „Sturm Lothar hat Spuren hinterlassen – im Wald und in den Kassen“



*„Wie ein tobendes Kind, das Türme aus Bauklötzchen umschmeißt, war Lothar am 26. Dezember 1999 über den Schwarzwald gefegt [...]. 100 Jahre alte Fichten knickten im Sturm wie Streichhölzer ab. Wie Mikado-Stäbchen lagen die Bäume anschließend kreuz und quer in der Gegend: Verkeilte Tannen, entwurzelte Fichten, zerhackte Buchen. Kaum ein Gebiet in Baden-Württemberg war stärker betroffen.“*

*Auch die Folgen waren bis in Skandinavien zu spüren. Dort standen die Maschinen still. Nach Lothar gab es einfach viel zu viel Holz. Der Preis fiel in den Keller, für einen Kubikmeter Fichte wurde gerade noch 60 Euro gezahlt. Zuvor waren es 80 Euro. Damit nicht genug der schlechten Nachrichten: Die Sturmflächen wurden zum Paradies für Borkenkäfer, zwischen 2000 und 2004 vergrößerten Schädlinge noch den Sturmschaden. "Wirtschaftlich war der Sturm ein Desaster [...], dem Wald hat Lothar gut getan."*

*(Badische Zeitung, 22.12.2009)*

### 1. Zunahme extremer Wetterereignisse

Durch den Klimawandel treten extreme Wetterereignisse, wie z.B. Überschwemmungen und Stürme, häufiger auf. Nachdem der Sturm Lothar 1999 über Südwestdeutschland hinweggefegt ist haben weitere heftige Stürme über Deutschland gewütet. Vielleicht habt ihr schon einmal vom Orkan Kyrill (18.01.2007) oder Orkan Xynthia (26.-28.02.2010) gehört!?

**Finde mit Hilfe von Material M1 heraus, welche Wetterkatastrophen in den letzten Jahren in Deutschland zugenommen haben und besprecht euer Ergebnis in der Gruppe.**

#### **Auftrag**

*Warum es zu solch verheerenden Schäden im Wald kommen kann und wie ihn die Förster davor schützen können sollt ihr durch Experimentieren aufklären. Werdet selbst zu Forschern und findet heraus, welche Eigenschaften eine Baumart besonders standfest machen, welche Faktoren die Standfestigkeit von Baumgruppen im Wald beeinflussen und welche Maßnahmen der Förster zum Schutz vor Windwurf ergreifen kann.*

## Gruppe 1 – Das Wurzelsystem

### Hintergrundwissen

#### Flachwurzelsystem



Die Wurzeln breiten sich tellerförmig in den oberen Bodenschichten aus, z.B. bei Fichten.

#### Herzwurzelsystem



Die Wurzeln sind reich verzweigt und wachsen hauptsächlich senkrecht. Es gibt keine Hauptwurzel. Der Wurzelquerschnitt ist herzförmig (daher der Name!), z.B. bei Buchen und Douglasien.

1. **Informiert euch über das Experimentieren. Nutzt hierzu das Material M2.**
2. **Eure Hypothese aufstellen.**

Überlegt welchen Einfluss die Wurzelform auf die Standfestigkeit von Bäumen haben kann. Formuliert eure Vermutung möglichst genau als Hypothese.

**Vorformulierung eurer Vermutung:**

„ \_\_\_\_\_ sind [bei gleicher Kronenform und Größe!] sturmfester als \_\_\_\_\_.“

**So lassen sich eure Hypothesen präzisieren:**

*Eine Wurzel kann flacher/tiefer, breiter/schmäler, fein verzweigter/dickwurzelliger etc. sein.*

**Konkrete Hypothesen aufstellen.**

Je \_\_\_\_\_

desto \_\_\_\_\_.

Je \_\_\_\_\_

desto \_\_\_\_\_.

### 3. Überprüfung eurer Hypothese.

Testet den Einfluss der Windwurfgefahr unterschiedlicher Wurzelsysteme auf die Standfestigkeit von Bäumen, indem ihr Wind mit dem Föhn simuliert. Experimentiert mit Bäumen die dieselbe Kronenform und Wuchshöhe aufweisen und deren Originalgröße 40 m ist.

**Wichtig!** Notiert jede eurer Beobachtungen in das entsprechende Feld der nachfolgenden Kreuztabelle und wiederholt euren Versuch mehrfach.

**Tipp:**

- Durch die Verwendung der unterschiedlichen Stufen könnt ihr verschiedene Windgeschwindigkeiten mit dem Föhn simulieren.
- Macht es einen Unterschied, ob die Bäume nebeneinander, leicht versetzt oder hintereinander stehen?
- Um die Staubentwicklung zu reduzieren könnt ihr das Substrat ein wenig mit dem Wasser in der Sprühflasche befeuchten.

### 4. Fazit.

Welches Wurzelsystem ist bei Stürmen stärker windwurfgefährdet? Warum ist das so und welche Baumarten betrifft das in der Realität?

---



---



---



---



---



---



---

**Kreuztabelle:** Der Einfluss des Wurzelsystems auf die Windwurfgefahr von Bäumen.

mehrfaktorieller Versuch	Wurzelsystem	
	<b>Flachwurzler</b> 	<b>Herzwurzler</b> 
<b>Wind - leichte Brise</b> (Föhn Stufe 1)		
<b>Wind - starker Wind</b> (Föhn Stufe 2)		
<b>Wind - Sturm</b> (Föhn Stufe 3)		

## Gruppe 2 - Die Baumkronenform

### Hintergrundwissen

#### kegelförmige Baumkrone



Die Baumkrone ist im unteren Bereich am breitesten. Zur Baumspitze hin wird sie gleichmäßig immer schmaler, z.B. bei Fichten und Lärchen.

#### säulenförmige Baumkrone



Vom ersten begrünten Ast bis hin zur Baumspitze ist die Baumkrone im Wesentlichen gleichbleibend breit, z.B. bei Buchen und Douglasien.

**1. Informiert euch über das Experimentieren. Nutzt hierzu das Material M2.**

**2. Eure Hypothese aufstellen.**

Überlegt welchen Einfluss die Kronenform auf die Standfestigkeit von Bäumen haben kann. Formuliert eure Vermutung möglichst genau als Hypothese.

**Vorformulierung eurer Vermutung:**

„Bäume mit \_\_\_\_\_ Kronenbereich sind [bei gleicher Wurzelform und Größe] sturmfester als Bäume mit \_\_\_\_\_ Kronenbereich“.

**So lassen sich eure Hypothesen präzisieren:**

*Eine Baumkrone kann im oberen/unteren Kronenbereich breiter/schmäler, steiler/flacher, runder/gerader etc. sein.*

**Denkt daran:**

*Die Kronenform hängt auch davon ab, ob ein Baum alleine (solitär) oder im dichten Verband mit vielen Nachbarbäumen steht. Nutzt die Impulskarten.*

**Konkrete Hypothesen aufstellen.**

Je \_\_\_\_\_

desto \_\_\_\_\_.

Je \_\_\_\_\_

desto \_\_\_\_\_.

**3. Überprüfung eurer Hypothese.**

Testet den Einfluss der Windwurfgefahr unterschiedlicher Kronenformen auf die Standfestigkeit von Bäumen, indem ihr Wind mit dem Föhn simuliert. Experimentiert mit Bäumen die dieselbe Wurzelform und Wuchshöhe aufweisen und deren Originalgröße 40 m ist.

**Wichtig!** Notiert jede eurer Beobachtungen in das entsprechende Feld der nachfolgenden Kreuztabelle und wiederholt euren Versuch mehrfach.

**Tipp:**

- Durch die Verwendung der unterschiedlichen Stufen könnt ihr verschiedene Windgeschwindigkeiten mit dem Föhn simulieren.
- Macht es einen Unterschied, ob die Bäume nebeneinander, leicht versetzt oder hintereinander stehen?
- Um die Staubentwicklung zu reduzieren könnt ihr das Substrat ein wenig mit dem Wasser in der Sprühflasche befeuchten.

**4. Fazit.**

Welche Kronenform ist bei Stürmen stärker windwurfgefährdet? Warum ist das so und welche Baumarten betrifft das in der Realität?

---



---



---



---



---



---



---

**Kreuztabelle:** Der Einfluss der Kronenformen auf die Windwurfgefahr von Bäumen.

mehrfaktorieller Versuch	Baumkrone	
	kegelförmig 	säulenförmig 
<p><b>Wind - leichte Brise</b> (Föhn Stufe 1)</p>		
<p><b>Wind - starker Wind</b> (Föhn Stufe 2)</p>		
<p><b>Wind - Sturm</b> (Föhn Stufe 3)</p>		

## Gruppe 3 - Die Wuchshöhe

### Hintergrundwissen

#### kleine Bäume



Als „klein“ kann man Bäume in einem Wald mit einer Wuchshöhe bis zu etwa 15 m bezeichnen.

#### große Bäume



„Große“ Bäume werden im Wald bis zu 40 m hoch.

Die Wuchshöhe ein und derselben Baumart kann auf verschiedenen Standorten ganz unterschiedlich ausfallen. Wenn für die Baumart geeignete Standortbedingungen vorliegen kann die genetisch festgelegte, maximale Baumgröße erreicht werden. Wenn ungeeignete Bedingungen existieren bleiben die Bäume entsprechend kleiner. Zu den Standortbedingungen zählen z.B. Temperatur und Niederschlag, Wasser- und Nährstoffversorgung und die Windstärke.

**1. Informiert euch über das Experimentieren. Nutzt hierzu das Material M2.**

**2. Eure Hypothese aufstellen.**

Überlegt welchen Einfluss die Baumgröße auf die Standfestigkeit von Bäumen haben kann. Formuliert eure Vermutung möglichst genau als Hypothese.

**Vorformulierung eurer Vermutung:**

„ \_\_\_\_\_ Bäume sind [bei gleicher Wurzel- und Kronenform!] sturmfester als \_\_\_\_\_ Bäume“.

**Denkt daran:**

*Das Verhältnis von Stammdurchmesser und Wurzelradius eines Baumes verändert sich im Laufe seines Lebens. Nutzt die Impulskarten.*

**Konkrete Hypothesen aufstellen.**

Je \_\_\_\_\_

desto \_\_\_\_\_.

Je \_\_\_\_\_

desto \_\_\_\_\_.

### 3. Überprüfung eurer Hypothese.

Testet den Einfluss der Windwurfgefahr unterschiedlicher Wuchshöhen auf die Standfestigkeit von Bäumen, indem ihr Wind mit dem Föhn simuliert. Experimentiert mit Bäumen die dieselbe Wurzel- und Baumkronenform aufweisen und deren Originalgröße 40 m ist.

**Wichtig!** Notiert jede eurer Beobachtungen in das entsprechende Feld der nachfolgenden Kreuztabelle und wiederholt euren Versuch mehrfach.

**Tipp:**

- Durch die Verwendung der unterschiedlichen Stufen könnt ihr verschiedene Windgeschwindigkeiten mit dem Föhn simulieren.
- Macht es einen Unterschied, ob die Bäume nebeneinander, leicht versetzt oder hintereinander stehen?
- Um die Staubentwicklung zu reduzieren könnt ihr das Substrat ein wenig mit dem Wasser in der Sprühflasche befeuchten.

### 4. Fazit.

Welche Wuchshöhe ist bei Stürmen stärker windwurfgefährdet? Warum ist das so und welche Baumarten betrifft das in der Realität?

---



---



---



---



---

**Kreuztabelle:** Der Einfluss der Wuchshöhe auf die Windwurfgefahr von Bäumen.

mehrfaktorieller Versuch	Wuchshöhe	
	kleine Bäume 	große Bäume 
<b>Wind - leichte Brise</b> (Föhn Stufe 1)		
<b>Wind - starker Wind</b> (Föhn Stufe 2)		
<b>Wind - Sturm</b> (Föhn Stufe 3)		

**Alle zusammen – Untersuchung weiterer Parameter**

**Hintergrundwissen**

**Neben Wurzel- und Kronenform sowie der Baumgröße gibt es weitere Parameter die die Windwurfgefahr von Bäumen beeinflussen:**

- Topographie (Geländeform und -relief) und Lage
- Wasser- und Nährstoffversorgung
- anstehendes Gestein
- Klimatelemente: besonders Temperatur, Niederschlag und Windstärke
- Gibt es eine Mischung unterschiedlicher Baumarten im Waldgebiet (Mischkultur) oder kommt nur eine Baumart vor (Reinkultur)?
- Wie alt ist das Waldgebiet im Durchschnitt?
- Wie dicht stehen die Bäume im Wald (=Bestandsdichte)?
- Welche Größe haben die Bäume?
- Gibt es Baumschädlinge?

**1. Eure Hypothese aufstellen.**

Überlegt alle zusammen welche der oben genannten Parameter durch weiteres Experimentieren untersucht werden können. Stellt zu jedem Parameter eine gemeinsame Hypothese auf.

**Unsere Hypothesen**

---



---



---



---



---



---



---



---

### 3. Überprüfung eurer Hypothesen.

Testet den Einfluss der ausgewählten Parameter auf die Standfestigkeit von Bäumen, indem ihr erneut Wind mit dem Föhn simuliert.

**Wichtig!** Wiederholt euren Versuch mehrfach. Besprecht das Ergebnis im Plenum und notiert eure Beobachtungen in der nachfolgenden Kreuztabelle.

**Tipp:**

- Achtet darauf alle neuen Parameter einzeln zu testen!



## Gruppendiskussion

**Sprecht Empfehlungen aus, um einen Wald möglichst „sturmfest“ zu machen.**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Wie schätzt ihr das Sturmwurfisiko für die Baumarten Fichte und Douglasie ein?  
Nehmt auch die Impulskarten zur Hilfe.**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Worin könnten die Ursachen liegen, dass trotz bekannter Sturmwurfgefährdung der Fichte weiterhin auf sie als Holzlieferant gesetzt wird? Nutzt Material M3 und M4.**

---

---

---

---

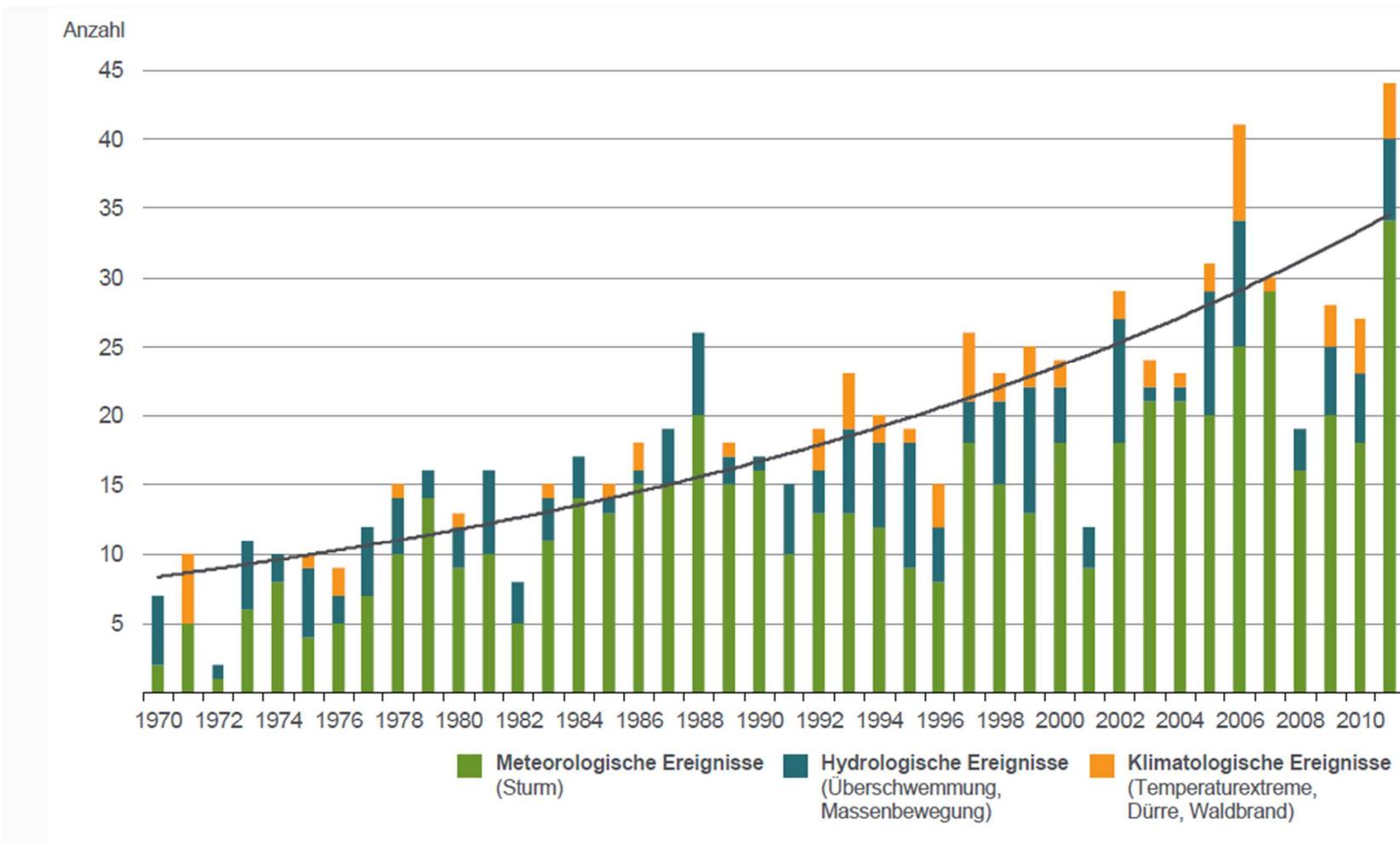
---

---

---

---

### Material 1: Wetterkatastrophen in Deutschland 1970 bis 2011



## Material2: Alles rund ums Experimentieren

### Was sind Experimente?

*... sind planmäßige, grundsätzlich wiederholbare Beobachtungen unter künstlich hergestellten, möglichst veränderbaren Bedingungen, die den Zweck verfolgen, durch Isolation, Kombination und Variation von Bedingungen reproduzierbare und kontrollierbare Beobachtungen zu gewinnen, aus denen sich allgemeine Gesetzmäßigkeiten ableiten lassen.*

*... Modellexperimente bilden Vorgänge in der Natur möglichst genau nach; durch das Hervorheben bzw. das Ausschließen einzelner Elemente sind sie besonders anschaulich.*

### Warum und wie experimentieren?

*... um Daten in einer methodisch angelegten Untersuchung zu gewinnen – in diesem Beispiel die Standfestigkeit von Baumarten zu untersuchen.*

*... um künftige Entwicklungen zu simulieren, um Maßnahmen zum Schutz vor Windwurf und geeignete Anpassungsstrategien abzuleiten.*

*... damit die Wirkung eindeutig nachvollziehbar ist, darf immer nur ein Faktor verändert werden*

### Was ist eine Hypothese?

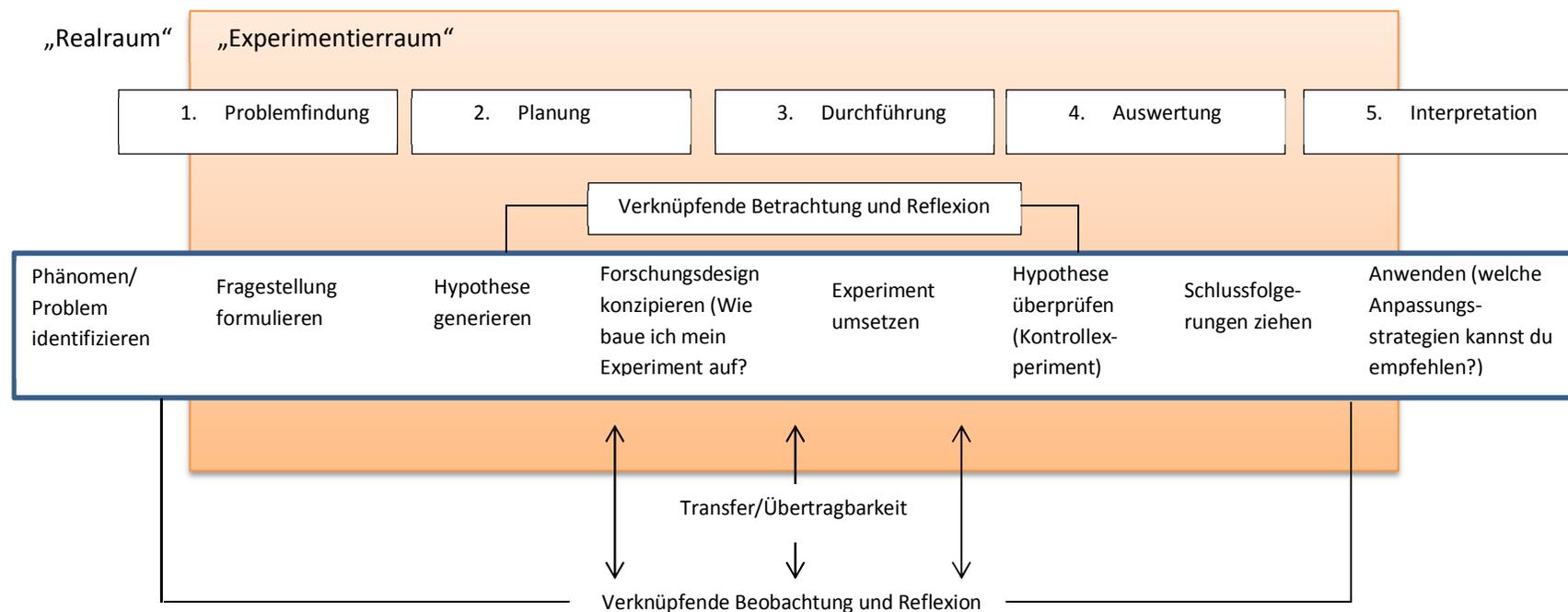
*... ist eine Vermutung.*

*... ist eine formulierte Annahme, deren Gültigkeit noch bewiesen oder widerlegt werden muss.*

*... Formulierung: „Je ..., desto ...“*



## Was sind die Charakteristika eines Experiments?



Quelle: K.-H. Otto/L. Mönter (2015):Scientific Literacy im Geographieunterricht fördern. Experimentell Lehr-/Lernformen und Modellexperimente. In: Geographie heute, Jg. 36, H. 322, S. 6

### Material 3: Die Fichte in Deutschland – Vom „Brotbaum“ zum Problembaum

*Die Fichte wächst sehr schnell, so dass man ihr Holz bereits nach wenigen Jahren (kostendeckend) verkaufen kann. Daher wird sie auch als „Brotbaum“ der Forstwirtschaft bezeichnet. Durch ihre geringen Ansprüche an den Wuchsort und ihre leichte Vermehrbarkeit, sowie die wirtschaftlich vielseitige Verwendung ihres Holzes galt sie viele Jahrzehnte lang als ideale Baumart. Außer Acht blieb dabei jedoch, dass die eher an kühle und feuchte Klimabedingungen angepasste Baumart dabei auch auf für sie ungeeigneten Standorten angebaut wurde. Zudem haben zahlreiche Sturmereignisse in den vergangenen zwei Jahrzehnten die hohe Windwurfanfälligkeit der flach wurzelnden Fichte verdeutlicht und enorme Schäden in Fichtenreinkulturen angerichtet. Da im Zuge des Klimawandels noch wärmere, trockenere und stürmischere Bedingungen zu erwarten sind, müssen die Fichten durch andere Baumarten ersetzt werden.*

*Der Anteil der Fichte an der Waldfläche Deutschlands beträgt aktuell 28,2% (Bundeswaldinventur Stand 2012). In Baden-Württemberg liegt ihr Anteil bei knapp 35%. Ohne Einfluss des Menschen würde die Fichte in Deutschland ausschließlich in kühlen und feuchten Gebieten der Mittel- und Hochgebirge, wie z.B. dem Schwarzwald und den Alpen, vorkommen.*

### Material 4: Die Douglasie – Baumart der Zukunft?

*Die Douglasie ist eine aus dem Westen der USA stammende Nadelbaumart und wird bereits seit 1880 in deutschen Wäldern angebaut. Heute gilt sie als wirtschaftlich bedeutendste nicht einheimische Nadelbaumart in Europa und wird in Deutschland als möglicher klimaangepasster Vertreter der Fichte gehandelt. Denn das Klima im Ursprungsgebiet der Douglasie ist im Vergleich zu Europa durch deutlich mildere Temperaturen, relativ ausgiebige Niederschläge in den Wintermonaten sowie einer mehrmonatigen Sommer-trockenheit ohne nennenswerte Niederschläge gekennzeichnet.*

*Der Anteil der Douglasie an der Waldfläche Deutschlands beträgt aktuell rund 2% (Bundeswaldinventur Stand 2012).*