

## UE 2: Klimawandel und seine Folgen

### Inhalt:

SuS sprechen über die Ursachen und Folgen des Klimawandels und informieren sich gegenseitig im Gruppenpuzzle über die Folgen für den Wald sowie die Klimawirkung der Bäume.

### Lernziel:

SuS beschreiben den Treibhauseffekt, seine bekannten Ursachen und seine Folgen. SuS beschreiben mit Hilfe von Fachtexten die Dynamik zwischen dem Ökosystem Wald und dem Klima (u.a. Fotosynthese als Voraussetzung für die Kohlenstoffspeicherung).

### BNE-Kompetenzen:

Interdisziplinär Erkenntnisse gewinnen

- Hier: SuS kennen die Rolle von Treibhausgasen in der Atmosphäre und die Auswirkungen des Treibhauseffekts auf die Erde.

Risiken, Gefahren und Unsicherheiten erkennen und abwägen können

- Hier: SuS beschäftigen sich mit den Folgen des Klimawandels und überlegen, wodurch sie selbst CO<sub>2</sub> verursachen.

### Nützliches Hintergrundwissen:

Klimawirkung des Waldes, Treibhauseffekt, Globale Folgen des Klimawandels, ggf. Anpassung von Wäldern an den Klimawandel

Inhalt	Methode	Medien/Material
<p><b>Treibhauseffekt</b></p> <p>Anhand der ersten Abbildung der Powerpoint-Präsentation erklären einzelne SuS zunächst den natürlichen Treibhauseffekt.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>► „Was passiert, wenn die Dichte an Treibhausgasen zunimmt?“</li> </ul> <p>SuS äußern Vermutungen, die anhand der zweiten Abbildung zum anthropogenen Treibhauseffekt überprüft werden.</p> <p>Lehrkraft malt eine Tabelle (5 Zeilen, 3 Spalten) an die Tafel (siehe Tafelbild)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>► „Welches sind die wichtigsten, vom Menschen verursachten Treibhausgase, wodurch werden sie verursacht und welchen Anteil haben sie am anthropogenen Treibhauseffekt?“ → Schaubild</li> <li>► „Welche Folgen hat der Klimawandel?“</li> </ul>	<p>Stummer Impuls, Unterrichtsgespräch</p>	<p>Powerpoint Treibhauseffekt</p>

Inhalt	Methode	Medien/Material
<p><b>Wald und Klima(wandel)</b> Die drei Expertentexte werden gleichmäßig auf die SuS aufgeteilt, sodass je ein Drittel der Klasse den gleichen Text hat. SuS bilden Dreiergruppen, in denen jeder Text einmal vertreten ist und lesen still für sich. Anschließend wird jeder Text in der Dreiergruppe vorgestellt.</p> <p>Stellen Sie, wenn noch Zeit ist, eine erste Diskussionsfrage in Richtung Anpassung der Wälder an den Klimawandel:</p> <p>► „Wälder sind wichtig für das Klima. Wie muss ein Wald beschaffen sein, damit er durch veränderte Umweltbedingungen nicht zu stark geschädigt wird?“</p>	Gruppenpuzzle, Unterrichtsgespräch	Expertentexte „Klimawirkung des Waldes“, „Kohlenstoffspeicher Wald“, „Folgen des Klimawandels für Wälder“

Tafelbild Treibhausgase:

Treibhausgas	Faktor Mensch	Anteil am anthropogenen Treibhauseffekt
Kohlenstoffdioxid (CO <sub>2</sub> )	Verbrennung fossiler Energieträger (Öl, Kohle, Gas), Rodung von Wäldern	Ca. 75 %
Methan (CH <sub>4</sub> )	Viehhaltung (v.a. Kühe), Reisanbau, Mülldeponien	Ca. 15 %
Distickstoffoxid (=Lachgas, N <sub>2</sub> O)	Düngemittel	Ca. 8 %
Fluorkohlenwasserstoffe	Industrielle Produktion (z.B. Kühl- und Löschmittel)	Ca. 2 %

Quelle: [www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase](http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase)

**Vertiefungsmöglichkeiten:**

- Klimawandel verstehen – „Speicher-Fluss-Modell“

## ÜBERSICHT Power Point Präsentation

Der Treibhauseffekt

### Natürlicher Treibhauseffekt

... mit natürlichem Treibhauseffekt +15 °C

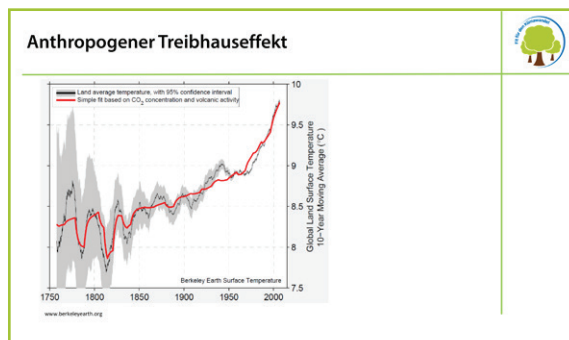
kinawirksame Gase  
Wasserdampf  
Kohlendioxid  
u. a.

### Anthropogener Treibhauseffekt

... mit natürlichem Treibhauseffekt +15 °C

kinawirksame Gase  
Wasserdampf  
Kohlendioxid  
u. a.

CO<sub>2</sub> CO<sub>2</sub> CH<sub>4</sub> CO<sub>2</sub> N<sub>2</sub>O



Link zum Download:  
[www.fit-fuer-den-klimawandel.de/downloads/schulen](http://www.fit-fuer-den-klimawandel.de/downloads/schulen)

## ARBEITSBLATT

### Expertentext: Klimawirkung des Waldes

#### **Aufgabe:**

Lies den Informationstext aufmerksam durch und mache dir Notizen zu den wichtigsten Aspekten. Anhand deiner Aufzeichnungen sollst du anschließend als Experte die Inhalte deinen Mitschülern vorstellen.

Seit jeher werden Bäume und Hecken als Windschutz gepflanzt, denn Gehölze sind eine wirksame Windbremse. Schon am Waldrand lässt die Luftbewegung nach. Das schützt den Waldboden vor Winderosion. Aber auch vor und hinter dem Wald entstehen Zonen mit verringerter Windintensität. Dieser Effekt ist an der windabgewandten Seite noch in einer Entfernung von 10 bis 15 Baumhöhen messbar (bis zu circa 500 Meter).

Das geschlossene Kronendach der Bäume wirkt wie ein schützendes Zeltdach. Es schützt das Waldesinnere vor Wind, Sonneneinstrahlung, nächtlichen Wärmestrahlungsverlusten und vor Austrocknung. Die Luft im Wald bleibt feuchter, die Bäume filtern Staub aus der Luft und reichern sie mit ihren Duftstoffen an. Durch die Fotosynthese ist die Luft sauerstoffreich. So entsteht das typische Waldinnenklima. Insbesondere im Sommer verdunsten die Bäume viel Wasser, dies ist ein wichtiger Bestandteil ihres Stoffwechsel- und Kühlsystems. Das dazu benötigte Wasser ziehen sie über ihre Wurzeln aus dem Boden. Weiterhin verdunsten große Mengen Niederschlagswasser „passiv“ über die große Oberfläche der Blätter. Denn dort sammeln sich Regen und Nebel aus der Luft und verdunsten. In beiden Fällen hat dies eine kühlende Wirkung und extreme Temperaturschwankungen werden abgeschwächt.

Daher ist es im Wald im Sommer kühler, im Winter dagegen etwas wärmer als zum Beispiel auf dem freien Feld. Die Wälder geben diese Wärme bzw. Kühle dann auch an die Umgebung ab und wirken auf diese Weise temperaturnausgleichend.

#### **Der Wald als Wasserwerk**

Der Wald spielt eine besondere Rolle in den globalen und lokalen Wasserkreisläufen. Wie kaum ein anderes Ökosystem besitzt er die Fähigkeit, Niederschlagswasser zu speichern und zu reinigen. Der Wald sammelt mit seiner großen Oberfläche Regen, Tau und Nebeltröpfchen. Wahre Meister im Wassersammeln sind unsere Buchen. Denn aufgrund ihrer glatten Rinde und nach oben gerichteten Äste führen sie das Niederschlagswasser zum Stamm und von dort in den eigenen Wurzelraum.

Während Wiesen- und Ackerflächen in Trockenphasen sehr rasch austrocknen, geben Waldgebiete die Feuchtigkeit nur sparsam ab. Wälder tragen daher deutlich mehr und auch kontinuierlicher zur Befeuchtung und Abkühlung der Umgebung bei. Dieser Effekt ist besonders in den heißen Sommermonaten von großer Bedeutung.

#### **Luftaustausch sorgt für gutes Stadtklima**

Durch Temperaturunterschiede zwischen Wald und Siedlung kommt es zu einem ständigen Luftaustausch, da sich die Luft über Siedlungen stärker erwärmt, als die Luft über dem Wald. Die Warmluft aus dem Siedlungsbereich steigt nach oben und lagert sich über dem Kronendach des Waldes an. Am Abend, wenn die Sonneneinstrahlung nachlässt, kühlen diese Luftmassen ab und sinken in das Waldinnere. Über der Siedlung aufgeheizte Luft dagegen steigt auf und zieht die kühlere Luft aus dem Wald nach. So wird die Siedlung mit frischer, sauerstoffreicher Luft versorgt. Gleichzeitig filtern die Blätter Staub, Ruß und gasförmige Verunreinigungen aus der Luft heraus.

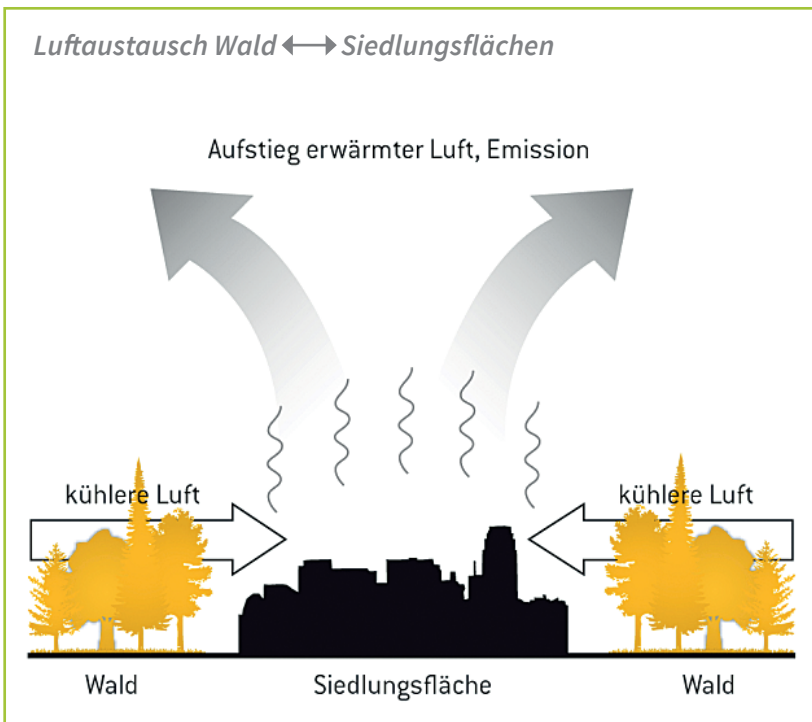


Abb. 2.1: Luftaustausch zwischen Wald- und Siedlungsflächen

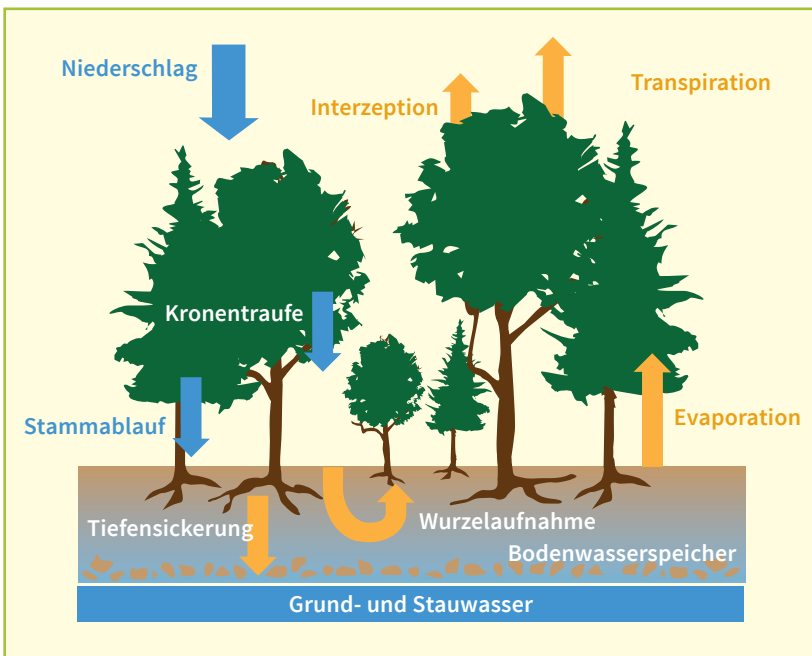


Abb. 2.2: Der Wasserkreislauf in Wäldern (Grafik: Silvia Banyong)

Quellen:  
<https://www.waldkulturerbe.de/den-wald-bewahren/die-bedeutung-des-waldes/klimaschuetzer-wald/#c1083>

Abbildungen:  
 Abb. 2.1: <http://tde.lik-nord.de/wp-content/uploads/sites/2/2014/05/station6-luftaustausch.png>

## ARBEITSBLATT

### Expertentext: Kohlenstoffspeicher Wald

#### Aufgabe:

Lies den Informationstext aufmerksam durch und mache dir Notizen zu den wichtigsten Aspekten. Anhand deiner Aufzeichnungen sollst du anschließend als Experte die Inhalte deinen Mitschülern vorstellen.

Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) ist ein Treibhausgas, dessen menschenverursachte Emissionen maßgeblich für den Klimawandel verantwortlich sind. Es wird in großen Mengen bei der Verbrennung fossiler Rohstoffe (z.B. Kohle und Erdöl) sowie bei der Rodung von Wäldern oder bei der Trockenlegung von Mooren freigesetzt.

Intakte Wälder können große Mengen  $\text{CO}_2$  speichern: Die Bäume nehmen das  $\text{CO}_2$  aus der Luft auf, wandeln es bei der Fotosynthese in Stärke um und bauen daraus ihre Pflanzenmasse auf. Als langlebige Organismen nehmen sie im Laufe ihres Lebens große Mengen  $\text{CO}_2$  auf und speichern es für längere Zeit. Für einen Festmeter Holz (= ein Kubikmeter feste Holzmasse) entzieht ein Baum der Luft eine Tonne  $\text{CO}_2$ . Daraus erzeugt er 750 kg Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) und bindet 250 kg Kohlenstoff (C).

Doch nicht nur Bäume, auch die Waldböden sind effiziente  $\text{CO}_2$ -Speicher. Hier sammeln sich Laub, Nadeln, Rinde, Äste und Totholz an, die ebenfalls Kohlenstoff enthalten. Sie bilden eine schützende Bodendecke und sind zugleich Nahrung für Bodenorganismen wie Würmer, Asseln, Insekten, Pilze und unzählige Mikroben. Sie verwandeln die Pflanzenreste in Humusstoffe und arbeiten diese in den Mineralboden ein. Auf diese Weise reichern sie den Boden mit Kohlenstoff an. Die so im Waldboden gespeicherte Kohlenstoffmenge kann genauso groß sein wie die der oberirdischen Biomasse. Auf einem Hektar Wald in Deutschland kommen so von der Baumspitze bis zur Wurzel rund 120 Tonnen Kohlenstoff zusammen. Mit einer jährlichen Aufnahme von rund 52 Mio. Tonnen  $\text{CO}_2$  stellen deutsche Wälder erhebliche Kohlenstoffsinken dar. Damit können jedoch längst nicht die jährlich entstehenden Gesamtemissionen an  $\text{CO}_2$ -Äquivalenten\* gedeckt werden, die in Deutschland 908 Mio. Tonnen betragen (Umweltbundesamt 2015).

Forst- und Holzwirtschaft beeinflussen die Verteilung auf die unterschiedlichen Speicher. In Naturwäldern sind die Vorräte deutlich höher als im Wirtschaftswald. Im Wirtschaftswald werden dagegen die Bäume gefällt und zu Holzprodukten verarbeitet. In Abhängigkeit von dem jeweiligen Produkt ist dann der Kohlenstoff dort für unterschiedlich lange Zeiträume gespeichert.

#### Wälder sind Kohlenstoffsinken

Wälder sind somit unverzichtbare  $\text{CO}_2$ -Speicher und wirken als natürliche Kohlenstoffsinken positiv auf das Klima und die Treibhausgasbilanz. Die Erhaltung der Wälder – in Deutschland und auch weltweit – ist daher eine wirksame Maßnahme zur Stabilisierung des Klimas. Wird Wald großflächig vernichtet, wie es derzeit z.B. in den Tropen und anderen Teilen der Erde immer noch passiert, treibt das die Änderung unseres Klimas zusätzlich an.

Eine Kohlenstoffsenke ist zum Beispiel der Wald (aber auch die Ozeane oder intakte Moore), wenn er mehr  $\text{CO}_2$  aufnimmt, als er abgibt. Je mehr Kohlenstoff in der Biomasse dauerhaft gespeichert ist, desto weniger wird die Atmosphäre belastet. Verliert der Wald hingegen mehr  $\text{CO}_2$  (z.B. durch Rodungen, Waldbrände), als er aufnimmt, dann ist er eine Quelle. Dies wirkt sich nachteilig auf die Atmosphäre aus.

\*  $\text{CO}_2$ -Äquivalent = Maßzahl für den relativen Effekt des Beitrags zum Treibhauseffekt

## Langlebige Holzprodukte entlasten die Atmosphäre

Wird das Holz aus dem Wald genutzt, um langlebige Holzprodukte herzustellen, z.B. Möbel und Dachstühle, bleibt der Kohlenstoff darin gespeichert. Gleichzeitig kann durch den Einsatz von Holz z.B. im Baubereich auf die Nutzung anderer, energieintensiver Baustoffe wie z.B. Beton verzichtet werden. Man spricht in diesem Fall von der sogenannten stofflichen Substitution. Wird das Holz dagegen zu Brennholz oder Papier verarbeitet, kann der Kohlenstoff nur für einen kurzen Zeitraum im Produkt gespeichert werden. Der ursprünglich im Holz gebundene Kohlenstoff wird schnell wieder freigesetzt und landet erneut in der Atmosphäre.

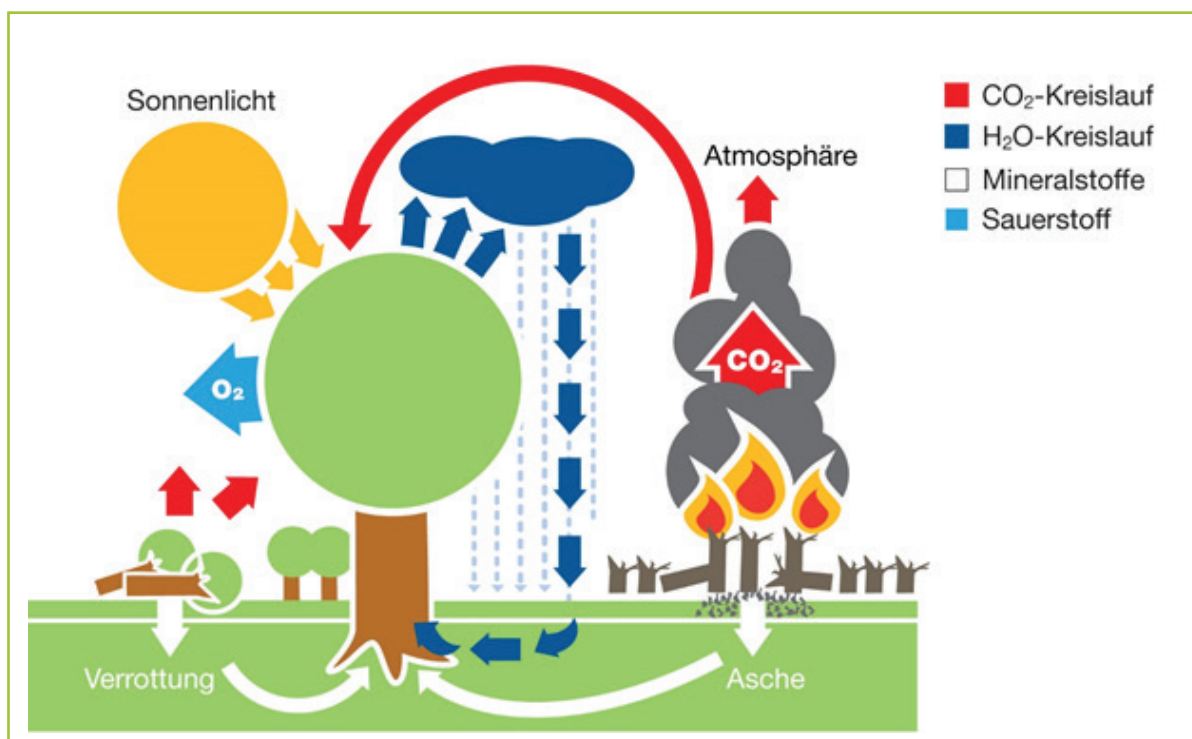


Abb. 2.3: Stoffkreisläufe in Wäldern (© WWF Schweiz)

### Quellen:

[http://www.waldwissen.net/wald/klima/wandel\\_co2/lwf\\_kohlenstoffspeicher\\_wald/index\\_DE](http://www.waldwissen.net/wald/klima/wandel_co2/lwf_kohlenstoffspeicher_wald/index_DE)

[http://www.waldwissen.net/wald/klima/wandel\\_co2/wsl\\_co2senken/index\\_DE](http://www.waldwissen.net/wald/klima/wandel_co2/wsl_co2senken/index_DE)

<https://www.waldkulturerbe.de/den-wald-bewahren/die-bedeutung-des-waldes/klimaschuetzer-wald/#c1083>

## ARBEITSBLATT

### Expertentext: Folgen des Klimawandels für Wälder

Höhere Lufttemperaturen haben positive und negative Effekte für Wälder. Positive Effekte sind eine höhere Fotosyntheserate der Bäume (auch bedingt durch höhere CO<sub>2</sub>-Konzentrationen) und eine Verlängerung der Vegetationszeit, beides verbunden mit einem stärkeren Wachstum und einer höheren Produktivität. Beispielsweise wird eine Verlängerung der Vegetationszeit schon seit einigen Jahrzehnten beobachtet, sie hat in Mitteleuropa in den vergangenen 40 Jahren um etwa zehn Tage zugenommen. Eine längere Vegetationszeit kann allerdings auch unerwünschte negative Folgen haben: Zum Beispiel treiben die Bäume im Frühjahr früher aus und können damit häufiger Frostschäden erleiden, denn die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Spätfrösten verändert sich kaum.

Ein anderer Nachteil des stärkeren Wachstums ist der erhöhte Wasserbedarf. So benötigen Bäume mehr Wasser für die Assimilation. Zudem steigt mit höheren Temperaturen die Verdunstungsrate, so dass auch bei gleich bleibenden Niederschlägen effektiv weniger Wasser verfügbar sein wird. Andere negative Effekte: Die Forstschädlinge werden zunehmen, denn die Entwicklungszeit vieler Insektenlarven ist temperaturgesteuert. Dadurch können sich zum Beispiel Borkenkäfer schneller vermehren. In wärmeren Wintern können zudem neue Schädlinge aus südlicheren Regionen überleben und bisher unbekannte Schäden verursachen.

Veränderungen in der Niederschlagsintensität und -verteilung wirken in mehrfacher Hinsicht ungünstig auf die Vegetation. Nimmt der für die Bäume besonders wichtige Niederschlag in der Vegetationszeit ab, kann die Wasserverfügbarkeit für viele Bäume dramatisch sinken. Ob die für den Winter prognostizierte Zunahme der Niederschläge ausreicht, um den Rückgang auszugleichen, ist fraglich. Zudem werden Winterniederschläge vermehrt als Regen und nicht als Schnee zu Boden fallen. Auch dies ist für die Pflanzen eher ungünstig, denn der Schnee kann bis zum Beginn der Vegetationsperiode als Wasserspeicher dienen, während Regen schneller versickert und abfließt.

Besonders gefährdet sind Bäume allerdings nicht durch in der Summe niedrigere Niederschlagsmengen, sondern vor allem durch langanhaltende Trockenperioden in der Vegetationszeit. Dabei wird nicht nur das Waldwachstum beeinflusst, sondern auch die Entstehung von Waldbränden gefördert.

Neben Trockenperioden werden Sturmereignisse von vielen Forstpraktikern als weitere wichtige Bedrohung für den Wald angesehen. Tatsächlich gibt es bisher keine eindeutigen Beweise, dass die Sturmhäufigkeit zunehmen wird, denn seit Beginn von Wetteraufzeichnungen hat es immer wieder Perioden gegeben, in denen Stürme gehäuft aufgetreten sind. Theoretisch denkbar sind allenfalls höhere Windgeschwindigkeiten bei Sommerstürmen, da höhere Temperaturen auch stärkere atmosphärische Ungleichgewichte bedingen. Darüber hinaus sind Extremwetterereignisse mit den heute verfügbaren Klimamodellen sehr schwierig vorherzusagen.

#### **Wirkung des Klimas wird durch Standort modifiziert**

Bei allen regionalen und lokalen Vorhersagen ist zu berücksichtigen, dass Klimafaktoren immer gemeinsam mit anderen Standortfaktoren wirken. Dazu gehören vor allem Bodeneigenschaften (z.B. die Wasserspeicherkapazität), aber auch die Exposition und Neigung eines Waldbestandes. Daher entscheidet am Ende ganz maßgeblich der Standort darüber, ob eine Baumart unter den gegebenen Klimabedingungen anbauwürdig ist oder nicht.