



WALD, KLIMA & DU



FORSTLICHE BILDUNGSARBEIT AKTUELL

BAYERISCHE 
FORSTVERWALTUNG

ErlebnisReich.Wald

IMPRESSUM

Herausgeber

Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF)

Ludwigstraße 2

80539 München

www.stmelf.bayern.de, www.forst.bayern.de

Email: info@stmelf.bayern.de

Folgende Personen haben an dieser Handreichung durch Text- und Modulbeiträge mitgewirkt:

Amereller, Kurt (Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Freising); Dietrich, Hans-Peter (LWF, Freising); Dobler, Günter (StMELF); Hackenberg, Silke (LWF, Freising, Zentrum für Familie, Umwelt und Kultur, Kloster Roggenburg); Huber, Albin (Walderlebniszentrum Roggenburg); Kantelberg, Valerie (LWF, Freising); Löschinger, Pater Roman (Zentrum für Familie, Umwelt und Kultur, Kloster Roggenburg); Raspe, Stephan Dr. (LWF, Freising); Schmechel, Dirk (StMELF); Schulz, Christoph (LWF, Freising)

Fachlich haben an dieser Handreichung mitgewirkt:

Bauer, Arthur Dr. (LWF, Freising); Birkholz, Peter (Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AELF) Krumbach); Blaschke, Sebastian (LWF, Freising); Blum, Uwe Dr. (LWF, Freising); Fischer, Dörte (Zentrum für Familie, Umwelt und Kultur, Kloster Roggenburg); Gietl, Georg (LWF, Freising); Graf, Wolfgang (Walderlebniszentrum Würzburg); Grimmeisen, Winfried (LWF, Freising); Krause, Hans-Joachim (LWF, Freising); Kriebel, Dieter (Walderlebniszentrum Schernfeld); Kroll, Frank (AELF Kaufbeuren); Mayer, Franz-Joseph Dr. (StMELF), Mayr, Günter (AELF Tirschenreuth); Öhy, Clemens (Walderlebniszentrum Roggenburg); Raunecker, Elfriede (AELF Karlstadt); Riedelbauch, Alexander (Walderlebniszentrum Regensburg); Schubert, Alfred (LWF, Freising); Strixner Michael (AELF Ingolstadt); Wüst, Siegmund (Walderlebniszentrum Würzburg); Zimmermann, Lothar Dr. (LWF, Freising) und die Bildungsbeauftragten der Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Bayern sowie die Walderlebniszentren in Bayern.

Herzlichen Dank an alle Beteiligten, die Walderlebniszentren in Bayern und die Jugendlichen, die die Aktivitäten durch Bilder mit Leben erfüllen.

Fotos

Albin Huber und Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF)

Layout

Susann Löwe

Gesaltungskonzept

Metronom GmbH Leipzig

Die vorliegende Handreichung wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch erfolgen alle Angaben ohne Gewähr. Weder die Autoren noch der Herausgeber können für eventuelle Nachteile oder Schäden, die aus darin vorgestellten Informationen resultieren, eine Haftung übernehmen.



VORWORT



Klimawandel ist eine Tatsache und die Prognosen über seine Auswirkungen sind besorgniserregend. Verantwortlich für die Klimaerwärmung ist vor allem der vom Menschen verursachte Ausstoß an Treibhausgasen. Seit Menschen auf der Erde leben, war die Konzentration von Kohlendioxid in der Atmosphäre noch nie so hoch wie heute. Der Wald ist mit seinen langen Lebenszyklen vom Klimawandel besonders stark betroffen. Gleichzeitig kann er Kohlendioxid speichern und so die Atmosphäre entlasten. Seine Funktionen, z. B. als Klimapuffer, Erosionsschutz und Wasserspeicher, sind unersetzlich. Am Modell des Waldes und der Forstwirtschaft lassen sich die Nachhaltigkeit, aber auch die Auswirkungen nicht nachhaltigen menschlichen Handelns auf unsere Umwelt besonders gut demonstrieren. Vor diesem Hintergrund stellt der Klimawandel auch eine besondere Herausforderung für die Waldpädagogik als Teil einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) dar.

Im Pilotprojekt „Was Bäume über das Leben der Menschen erzählen“ der Kooperationspartner Walderlebniszentrum Roggenburg, dem Zentrum für Familie, Umwelt und Kultur, Kloster Roggenburg, und der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) wurden seit 2005 waldpädagogische Aktivitäten mit dem Hintergrund des forstlichen Umweltmonitorings entwickelt. Die Einbeziehung forstwissenschaftlicher Erhebungsmethoden (insbesondere der Waldklimastationen) in die Waldpädagogik erleichtert es, Zusammenhänge innerhalb des Ökosystems Wald und Wechselwirkungen zwischen Wald und seiner Umwelt hautnah zu begreifen. Auf diese Weise kann Waldpädagogik bereits bei Schülerinnen und Schülern ein Bewusstsein für die Auswirkungen des menschlichen Handelns auf den Wald schaffen und Denkanstöße für eine Änderung des eigenen Verhaltens geben. Eine in dem Projekt entwickelte Handreichung stellt die waldpädagogischen Aktivitäten zusammen und gibt fachliche Hintergrundinformationen dazu.

Dieses Projekt in Roggenburg erwies sich als äußerst erfolgreich. Dreimal wurde es als UN-Dekadenprojekt ausgezeichnet. Es liegt daher nahe, den waldpädagogischen Ansatz des Roggenburger Projektes flächendeckend in die Waldpädagogik in Bayern zu integrieren. Ein vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Auftrag gegebenes Folgeprojekt hat die Aktivitäten der Handreichung evaluiert und für einen breiten Einsatz in der Waldpädagogik der Bayerischen Forstverwaltung weiterentwickelt.

Das Ergebnis finden Sie in der vorliegenden Broschüre „Wald, Klima & Du“. Mit 25 Vorschlägen zu waldpädagogischen Aktivitäten, Hintergrundinformation zu den wichtigsten fachlichen Fragestellungen und praxisnahen Beispielen gelungener Öffentlichkeitsarbeit gibt die Handreichung wertvolle und neue Impulse für die Waldpädagogik in Bayern. Sie stellt zudem ein weiteres Beispiel der bewährten Partnerschaft zwischen dem Zentrum für Familie, Umwelt und Kultur, Kloster Roggenburg, und der Bayerischen Forstverwaltung – vertreten durch das Walderlebniszentrum Roggenburg und die LWF – dar.

Wir danken allen Kollegen, die sich für dieses erfolgreiche Projekt engagiert haben.

Wir wünschen dieser Handreichung eine breite Resonanz und eine häufige Anwendung. Sie verbindet die Ziele einer Bildung für nachhaltige Entwicklung mit dem steigenden Bedarf, Schülerinnen und Schüler in die Praxis der Wissenschaft einzuführen: Nur wer Zusammenhänge erkennen und Auswirkungen des eigenen Handelns auf die Umwelt einschätzen kann, wird verantwortungsbewusst mit dem Reichtum unserer Erde umgehen!

Olaf Schmidt
Bayer. Landesanstalt für
Wald und Forstwirtschaft

Clemens Öhy
Walderlebniszentrum
Roggenburg

Pater Roman Löschingner
Zentrum für Familie,
Umwelt und Kultur

A KURZ-INFO

Bayern verfügt über ein ansehnliches Netz an Walderlebniszentren, und in fast allen wird derzeit eine pädagogische Waldklimastation zum Anfassen errichtet. Den Grundstein dafür legte das Pilotprojekt „Was Bäume über das Leben der Menschen erzählen“. Dieses Projekt hat als eine Kooperation der Einrichtungen Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Walderlebniszentrum Roggenburg und Zentrum für Familie, Umwelt und Kultur begonnen und wurde bereits dreimal als UN-Dekadenprojekt ausgezeichnet.

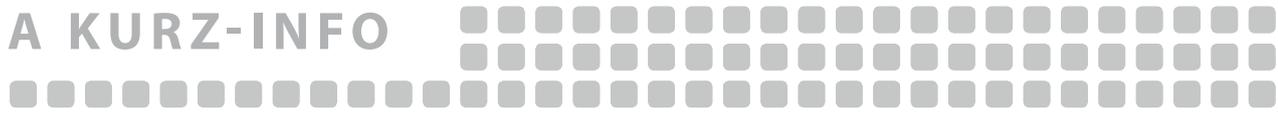
Das Ziel eines ersten früheren Teilprojektes war es darzustellen, wie über den Kronenzustand von Einzelbäumen und messbare Baumdaten wie Durchmesserwachstum auf wissenschaftlicher Basis Aussagen über den Gesundheitszustand des Waldes insgesamt gemacht werden können.

Mit dem vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten geförderten Projekt „Waldklimastationen zum Anfassen“ sollten unter Fortführung der bewährten Partnerschaft die aus dem Pilotprojekt entwickelten Ansätze und Methoden für die Waldpädagogik der Bayerischen Forstverwaltung auf ganzer Fläche nutzbar gemacht werden.

Die Synergieeffekte der Zusammenarbeit liegen auf der Hand: Das Zentrum für Familie, Umwelt und Kultur und das Walderlebniszentrum verfügen über pädagogisches Fachwissen und sind Ziel vieler Besuchergruppen, mit denen Module „ausprobiert“ werden konnten. An der LWF bestehen wissenschaftliche Kenntnisse hinsichtlich des Waldes und jahrzehntelange Erfahrung im Monitoring des Waldes, insbesondere beim Betrieb der Waldklimastationen. Mit Hilfe der Kooperation können attraktive wissenschaftliche Methoden und Erkenntnisse einem weit größeren Publikum als dem bisherigen Fachpublikum zugänglich gemacht werden. Die „Schnittstelle“ der Beteiligten liegt in der Einrichtung von sogenannten pädagogischen Waldklimastationen zum Anfassen, in denen Besucher Messmethoden selbst ausprobieren können [>] (Kapitel 1 „Aktivitäten in der Waldklimastation“), aber auch mehr Informationen erhalten, als es bei Waldführungen bisher der Fall war.

Das ist aber nicht ausreichend: Um Zusammenhänge und Wechselwirkungen zwischen Immissionen, Atmosphäre und Niederschlag und dem Wald anschaulicher darstellen zu können, wurde eine Vielzahl von „Modulen“ erprobt, die mit oder ohne eine Waldklimastation zum Anfassen eingesetzt werden können. Das [>] Kapitel 2 „Wald und Wasser“ stellt grundlegende Experimente vor und macht die zentrale Bedeutung von Wasser sowohl für den Wald als auch für den Menschen deutlich. [>] Kapitel 3 „Einflüsse auf den Wald“ beschäftigt sich mit den Einwirkungen, die Waldwachstum und den Gesundheitszustand des Waldes beeinflussen.

Ausgehend von diesem Ansatz ist der Schritt hin zur Bildung für Nachhaltige Entwicklung fast zwangsläufig: Der Gesundheitszustand des Waldes geht alle an und steht stellvertretend für den Zustand unserer Umwelt. Jeder einzelne Mensch kann einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung leisten, wenn er über entsprechendes Wissen verfügt und die Verknüpfung zum eigenen Lebensstil herstellen kann. Deshalb wurden Module kreiert, die sich mit dem Klimawandel [>] (Kapitel 4 „Wald und Klimawandel“) sowie der Zukunftsfähigkeit des Waldes und dem eigenen Leben und Handeln der Besucher befassen [>] (Kapitel 5 „Der Wald in meiner Welt“).



Im Zuge des Projektes wurden schließlich weitere öffentlichkeitswirksame Maßnahmen ergriffen, die über die Waldklimastationen zum Anfassen hinausgehen: Die LWF verfügt nun über eine „Mobile Waldklimastation“, einen Messestand, der bei Großveranstaltungen wie Waldbesitzertagen eingesetzt wird. In Roggenburg und anderen Einrichtungen wird die „Waldklimastation zum Anfassen“ für Veranstaltungen eingesetzt, deren Zielgruppen weit über die üblichen Teilnehmer an waldpädagogischen Veranstaltungen hinausgehen und die strategisch wichtige bildungspolitische Horizonterweiterungen möglich machen: Beispiele dazu sind im Kapitel 6 „Leuchttürme“ zu finden. Empfehlungen und Anregungen zur Einrichtung von pädagogischen Waldklimastationen zum Anfassen sind von der LWF erhältlich.

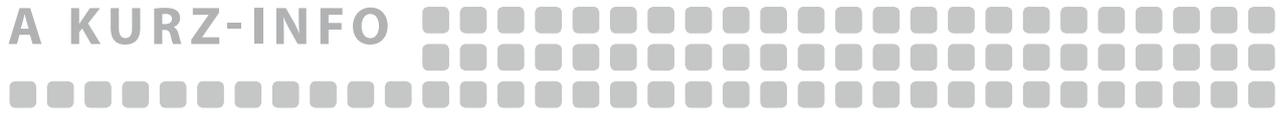
ÜBERSICHT DER AKTIVITÄTEN

KAPITEL 1 „AKTIVITÄTEN IN DER WALDKLIMASTATION“

- **AKTIVITÄT 1 „WAS WIRD IN MEINER MESSEINRICHTUNG GEMESSEN?“**
Die Waldklimastation kann vorgestellt werden oder die Teilnehmer können sich die Station selbst erarbeiten.
- **AKTIVITÄT 2 „VOM NIEDERSCHLAG ZUM SICKERWASSER“**
An den einzelnen Stationen der WKS werden Messungen vorgenommen - hier zählt Quantität.
- **AKTIVITÄT 3 „WASSER IST NICHT GLEICH WASSER“**
Hier wird die Qualität getestet - die Teilnehmer führen chemische Kurztests an den Messstationen durch.
- **AKTIVITÄT 4 „WALD ALS PUMPE“**
Hier wird veranschaulicht, wie Bäume dem Boden Wasser entziehen und wie die entsprechende Messung in der WKS aussieht.
- **AKTIVITÄT 5 „BAUEN AN DER WALDKLIMASTATION ZUM ANFASSEN“**
Die Werkstatt für die WKS - mit den Teilnehmern wird gebohrt und gehämmert, um die Waldklimastation zum Anfassen aufzubauen oder Instand zu halten.

KAPITEL 2 „WALD UND WASSER“

- **AKTIVITÄT 6 „HOCHWASSER“**
Ein praktischer Test zur Demonstration der Pufferwirkung des Waldes hinsichtlich Hochwasserspitzen.
- **AKTIVITÄT 7 „WALD UND TRINKWASSER“**
Ein Vergleich von Nitratgehalten im Wasser aus der Trinkwassergewinnungsanlage und aus dem Wald.
- **AKTIVITÄT 8 „SEI NICHT SO SAUER“**
Wasser und sein pH-Wert (gibt an, wie groß der Säureanteil in einer Flüssigkeit ist, d. h. wie sauer sie ist), pH-Messungen mit Blaukrautsaft und dem Zungen-pH-Meter.



KAPITEL 3 „EINFLÜSSE AUF DEN WALD UND REAKTIONEN“

■ AKTIVITÄT 9 „KAMPF UMS LICHT“

Bäume brauchen Licht zum Wachsen - dieses Modul liefert den Beweis dafür.

■ AKTIVITÄT 10 „WALD ALS WINDBREMSE“

Der Wald bremst Wind - und das kann gemessen und gefühlt werden.

■ AKTIVITÄT 11 „CO₂-MASCHINE“

In Holz steckt Kohlendioxid - wieviel erfährt man, wenn man den Luftballon aufpumpt und dann die Maschine in Fahrt gerät.

■ AKTIVITÄT 12 „SCHADSTOFF-STECKBRIEF“

Schadstoffe hindern Bäume am Wachsen - die Teilnehmer identifizieren die Bösewichte und finden mehr darüber heraus.

■ AKTIVITÄT 13 „BAUM, WIE GEHT ES DIR?“

Die Teilnehmer werden in die Baumkronensprache eingeführt und bewerten dann selbst Baumkronen.

KAPITEL 4 „WALD UND KLIMAWANDEL“

■ AKTIVITÄT 14 „WALD UND KLIMA“

Der Wald hat Einfluss auf das Kleinklima - das kann gefühlt und gemessen werden.

■ AKTIVITÄT 15 „DEM KLIMAWANDEL AUF DER SPUR“

Der Klimawandel ist auch im Wald zu sehen - woran und warum zeigt der Waldspaziergang.

■ AKTIVITÄT 16 „SHERLOCK HOLMES – WER IST DER TÄTER?“

Der Tatbestand Klimawandel verlangt Untersuchungen: Wer verursacht ihn? Wer sind die Täter? Eine kriminologische Untersuchung des Hergangs.

■ AKTIVITÄT 17 „TREIBHAUSSCHACHTELN“

Kohlendioxid heizt die Welt auf; warum das so ist und was der Mensch damit zu tun hat, wird hier ausprobiert.

■ AKTIVITÄT 18 „JAHRESZEITEN HALTEN EINZUG“

Die Jahreszeiten halten Einzug - aber jedes Jahr ein bisschen anders; wie das festgestellt wird, zeigt die Phänologie.

■ AKTIVITÄT 19 „WIE VIELE MENSCHEN VERTRÄGT DIE WELT?“

Konsum, Bevölkerungswachstum und die Welt werden in einem kooperativen Spiel in Zusammenhang gebracht.



■ **AKTIVITÄT 20 „KOHLENDIOXID – LAUF MIT!“**

Zwei Mannschaften laufen um die Wette - kürzer oder weiter, je nachdem, wie viel Kohlendioxid in dem Produkt ihrer Wahl steckt.

KAPITEL 5 „DER WALD IN MEINER WELT“

■ **AKTIVITÄT 21 „UMWELTFORSCHUNG UND -BILDUNG“**

Ein Rollenspiel um die Verteilung von Geld - zwischen Forschung und Bildung

■ **AKTIVITÄT 22 „WELT DER ZUKUNFT“**

Szenarien einer Welt von morgen spinnen: Wie kann der Wald dann aussehen?

■ **AKTIVITÄT 23 „WIR WERDEN AKTIV – FÜR DEN WALD UND UNS!“**

Entwicklung einer Kampagne für den Wald - und natürlich die Durchführung

■ **AKTIVITÄT 24 „BAUMKLETTERN“**

Hoch in die Lüfte und die Welt aus einer anderen Perspektive betrachten können

■ **AKTIVITÄT 25 „ZUKUNFTSWALD“**

Teilnehmer planen und pflanzen selbstständig einen Zukunftswald - ein Projekt für 2 Tage.

KAPITEL 6 „EIN LEUCHTTURMPROJEKT FÜR DIE ÖFFENTLICHKEIT“

HINTERGRUNDWISSEN

Im Hintergrundwissen sind Darstellungen von Zusammenhängen und weiterführende Informationen zum besseren Verständnis zu finden.

WAS WIRD IN MEINER MESSEINRICHTUNG GEMESSEN?

INHALT Die Teilnehmer beschäftigen sich mit der Frage, wozu die einzelnen Messeinrichtungen dienen.

Anlage 3 bietet einen Überblick über die Roggenburg Waldklimastation.

ABSICHT

:: von der Art der Messeinrichtung darauf schließen, welchen Wert sie erfasst

ART DER AKTIVITÄT

:: forschend, wissensorientiert

TEILNEHMERZAHL

:: bis 30 Teilnehmer

TEILNEHMERALTER

:: ab 10 Jahre

ZEIT

:: ca. 30 Minuten

MATERIAL

:: Bestandsmessstelle

:: Zahlenkärtchen

:: Schreibbretter

:: Kopien der Anlage 1, 2 oder 3

:: Stifte

VORBEREITUNG

:: Zahlenkärtchen an Messeinrichtung anbringen

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: kein Regen



ABLAUF

- Teilen Sie die Teilnehmer in so viele Kleingruppen auf, wie Sie Messeinrichtungen haben.
- Jede Kleingruppe sucht nacheinander alle Einrichtungen auf und notiert jeweils ihre Vermutung, welchem Zweck diese dienen mögen (Anlage 1) oder welche Nummer welcher Messung dient (Anlage 2).
- Wenn alle Gruppen ihren Rundgang beendet haben, lösen Sie moderierend auf, welche Messeinrichtung welche Parameter misst.

Hinweis



- Bitten Sie die Kleingruppen, an den Einrichtungen leise zu diskutieren, damit sie sich gegenseitig wenig stören und beeinflussen.

VARIATION

- „Spezialistengruppen“ arbeiten sich mithilfe der Stationsbeschreibungen (siehe Anlage 3) in die einzelnen Messstationen ein und stellen ihre Messeinrichtung den anderen vor.

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

- Als Folgeaktivität zu [>] Aktivität 16 „Sherlock Holmes – Wer ist der Täter?“
- Aktivität „Streu sortieren“: Als Vertiefung können die Teilnehmer die Streu in die einzelnen Fraktionen sortieren – siehe Anlage 4. Wurde die Streu übers Jahr gesammelt, lassen sich die Monate vergleichen: nach Gewicht und nach Zusammensetzung. (Hinweis: Streu trocknen, damit das Gewicht vergleichbar ist; nur bei Windstille möglich).
- Im Anschluss soll die Diskussion Platz finden:
 - :: Wozu brauchen wir eine Klimastation?
(mögliche Antwort: Zum Vergleich verschiedener Jahre in Bezug auf das Klima und das Waldwachstum, zum Erkennen von Zusammenhängen zwischen Klima und Waldwachstum, zum Vergleich mit anderen Klimastationen - anderes Klima, andere Böden und anderer Wald, zum Beobachten von Veränderungen in der Umwelt und um gefährliche Entwicklungen - z. B. bei Schadstoffeinträgen - zu erkennen)
 - :: Was hat das mit dir und deinem Leben zu tun? (Konsum, Verkehr, Energie...)

(nach einer Anregung von Günter Mayr aus Tirschenreuth)

WAS WIRD HIER GEMESSEN?

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____

6. _____

7. _____

WELCHE EINRICHTUNG MISST

TEMPERATUR UND LUFTFEUCHTIGKEIT

DEN DURCHMESSER DES BAUMES

WAS ALLES VON DEN BÄUMEN FÄLLT (AUSSER WASSER)

WASSER, DAS DURCH DIE BAUMKRONEN TROPFT

WASSER, DAS DURCH DEN LEHMBODEN SICKERT

WASSER, NACHDEM ES DURCH DIE HUMUSSCHICHT GESICKERT IST

WASSER, DAS AM STAMM HERABFLIESST

A. NIEDERSCHLAGSSAMMLER



DIE MESSEINRICHTUNG

- Niederschlagssammler fangen den Regen auf.
- 2 davon stehen im Freiland, 6 im Waldbestand (weil im Wald der Niederschlag ungleichmäßiger durchtropft).
- Aufbau: Auffangtrichter mit Sieb (gegen Verstopfung durch Grobteile) und kleinem Loch (gegen Verdunstung von bereits aufgefangenem Wasser), aufgeschraubt auf dem Auffangbehälter.
- Die Auffangfläche wird auf m^2 hochgerechnet, damit die Werte die gebräuchliche Einheit l/m^2 erhalten (ein Auffangbehälter hat 20 cm Durchmesser und damit eine Auffangfläche von $0,0314 \text{ m}^2$).

VORFÜHRUNG

- Im Freilandbehälter befindet sich mehr Wasser, denn in den Behältern im Waldbestand fehlt das Wasser, das in den Baumkronen hängen bleibt und direkt von dort wieder verdunstet (die so genannte „Interzeption“) sowie das Wasser, das an den steilen, glatten Buchenästen und -stämmen herabläuft.
- Das Wasser im Freilandbehälter ist klarer als das aus dem Waldbestand, denn der Regen wäscht die Stäube von den Nadeln und Blättern ab, die die Baumkronen aus der Luft ausgefiltert haben. (Wald reinigt die Luft für uns, aber der Waldboden muss mit diesen Stäuben – und den darin enthaltenen Schadstoffen – zurechtkommen).
- Auch chemisch lässt sich ein Unterschied nachweisen, z. B. am pH-Wert.

ERGEBNISSE AUS ROGGENBURG

- 2007 bis 2009 regnet es jährlich im Durchschnitt 860 l/m² im Freiland und 587 l/m² im Waldbestand (das sind 68 % des Freilandniederschlags).
- monatliche pH-Werte im selben Zeitraum:
 - im Freiland zwischen 5,0 und 7,5 (max. Spannweite, die je in Bayern gemessen wurde: 3,6 bis 9,1)
 - im Bestand zwischen 5,0 und 6,5 (max. Spannweite, die je in Bayern gemessen wurde: 3,4 bis 9,4)Die Roggenburger Werte dürfen somit als „normal“ bezeichnet werden.
Der größte Unterschied im selben Monat zwischen Freiland und Waldbestand lag bei 1,5 pH-Punkten.
Welcher der beiden Werte jeweils der höhere ist, ist unterschiedlich und hängt von den aktuellen Stäuben ab, die sich derzeit in der Luft befinden und wie lange der letzte Niederschlag zurückliegt.

B. STAMMABFLUSS



DIE MESSEINRICHTUNG

- Die steilen, glatten Äste und Stämme der Buchen lassen das Regenwasser abfließen, wie wenn ein Mensch unter der Dusche steht.
- An der Fichte gibt es kaum Stammabfluss, das Wasser fließt an den dachförmig angeordneten Zweigen ab.
- Eine „Regenrinne“ leitet den Stammabfluss in eine Kippschalenwaage.
- Diese zählt die durchfließenden Liter und zweigt eine kleine Wasserprobe zur chemischen Analyse ab.
- Das Wasser verlässt die Kippschalenwaage wieder und steht dem Boden und dem Baum zur Verfügung.
- Das Gerät funktioniert nicht im Winter (Frost).

VORFÜHRUNG

- Gießt man Wasser in die Regenrinne, so füllt sich eine Kippschale. Bei vier Litern Inhalt kippt sie, und schon ist die andere Schale aufnahmebereit.
- Kippt die eine Schale, so wird ein Teil des ausgekippten Wassers über eine kleine Auffang-Rinne in einen Sammelbehälter abgezweigt. Somit erhält man zum Monatsende eine Mischprobe des gesamten Stammabflusses für die chemische Analyse.
- Kippt die andere Schale, wird der Zähler betätigt. Die angezeigte Zahl muss also mit acht (zwei mal vier Liter) multipliziert werden, wenn man die seit Monatsbeginn oder seit dem letzten Nullstellen durchgeflossenen Liter ermitteln will.

ERGEBNISSE AUS ROGGENBURG

- Die Kippschalenwaage ist seit Mai 2007 in Betrieb. Damals erreichte sie ihren bisherigen Rekordwert: 2 528 Liter zählte das Gerät (Freilandniederschlag im selben Monat: 237 l/m²).
- Der pH-Wert ist stets ähnlich dem des Niederschlagswassers im Waldbestand.
- An anderen Waldklimastationen wurden Buchen krank, als der Stammabfluss von 5 Bäumen für Probenzwecke an einer Stelle gesammelt wurde. Denn die Buche leistet sich aufgrund des intensiven Stammabflusses ein kompaktes, wenig in die Fläche reichendes Herzwurzelsystem: „Die Buche gießt sich selbst“.

C HUMUSWASSER



DIE MESSEINRICHTUNG

- Das Wasser, das den Boden erreicht hat, wird untersucht, nachdem es durch die Humusschicht gesickert ist. Diese ist hier 1 bis 3 cm dick.
- Humus besteht aus totem Pflanzen- (und Tier-)material, v. a. Nadeln und Blättern, das von Kleinlebewesen (Regenwürmer, Milben, Bakterien, Pilzen) bis in seine atomaren Bestandteile zersetzt wird, die dann den Bäumen wieder als Nährelemente zur Verfügung stehen (Nährstoffkreislauf).
- Unter der Humusschicht wurden Auffangtrichter mit Siebaufsätzen eingebaut. Hölzerne Umrandungen sollen das Betreten verhindern.
- Das Humuswasser wird über einen Schlauch aus dem Trichter in eine Auffangflasche geleitet.
- Wichtig für die Umrechnung in l/m²: Ein Auffangtrichter hat 0,054 m².

VORFÜHRUNG

- Die Farbe des Humuswassers erinnert an Urin.
Ursache für die Farbe sind Huminstoffe – große, organische Moleküle, die bei der Zersetzung von Humus anfallen.
- Auch chemisch ist das Humuswasser interessant, z. B. der pH-Wert:
Das Wasser hat auf seinem Weg durch den Wald im Humuswasser stets seinen sauersten Wert. Das bewirken die Huminsäuren aus der Humuszersetzung.

ERGEBNISSE AUS ROGGENBURG

- Nur 30 % des Bestandesniederschlages, der von oben auf den Humus auftrifft, sickert unter der Humusschicht hinaus und weiter nach unten. Humus kann sehr viel Feuchtigkeit aufnehmen und gibt diese bei Trockenheit langsam wieder an die Umgebung ab.
- Am sauersten war das Humuswasser im August 2006 (pH 4,5). Ansonsten lag der Wert stets über 5,0. Gefährlich wird es für den Wald, wenn der pH-Wert dauerhaft unter 4,0 fällt, denn dann werden im Boden Aluminiumionen freigesetzt. Diese wirken toxisch auf die Wurzeln.

D SAUGKERZEN



DIE MESSEINRICHTUNG

- Das Bodenwasser lässt sich auch noch untersuchen, wenn es in den Lehmboden unterhalb des Humus eingesickert ist.
- Dazu wurden im Boden „Saugkerzen“ installiert, die mittels Unterdruck das Wasser aus dem Boden ziehen.
- Die Saugkerze besteht aus einem Plastikrohr mit einem Kopf aus Ton, der wasserdurchlässig ist. Dieser Tonkopf ist sehr dünnwandig und zerbrechlich.
- Ein Schlauch führt von der Saugkerze zu einer Glasflasche, die das Wasser auffängt. Aus der Glasflasche führt noch ein Schlauch mit Schlauchklemme zum Anlegen des Unterdrucks. An der Saugkerze befindet sich ein Schlauch mit Schlauchklemme zum Aufheben des Unterdrucks.
- An zwei Plätzen (A und B) sind jeweils vier Saugkerzen im Boden installiert, jeweils in den Tiefen 30 cm, 50 cm, 80 cm und 120 cm. Diese Plätze sind mit Umrandungen vor Betreten geschützt.
- Die Auffangflaschen befinden sich in Kühlboxen, die im Boden eingegraben sind, damit sie im Winter vor Frost geschützt sind.
- Immer eine Woche vor Monatsende wird der Unterdruck angelegt (600 mbar).
- Am Monatsende wird der Unterdruck aufgehoben. Die Wassermengen und chemischen Werte werden ermittelt.

VORFÜHRUNG

- An der „Vorzeige-Saugkerze“ kann deren Funktion vorgeführt werden: Wenn mit der Pumpe Unterdruck angelegt und der Tonkopf in einen Wasserbehälter gestellt wird, wandern schon nach einer Minute die ersten Tropfen durch den Schlauch.
- Beim Öffnen des Belüftungsschlauches wird noch Restwasser aus der Saugkerze in die Auffangflasche gezogen.
- Chemische Analysen: Interessant ist v. a. die Probe aus 120 cm Tiefe, wo das Wasser den Wurzelraum verlässt.
 - :: der pH-Wert (ist er noch so sauer wie im Humuswasser?) und
 - :: Nitrat (sickert weiter ins Grundwasser = Trinkwasser!).

ERGEBNISSE AUS ROGGENBURG

- Die gemessenen monatlichen Mengen je Saugkerze lagen zwischen 0 ml und 820 ml, im Schnitt bei 100 ml.
- Der Einzugsbereich der Saugkerzen ist unterschiedlich und stark abhängig vom umgebenden Boden. Deshalb sind Vergleiche schwierig – sei es zwischen den verschiedenen Tiefen oder in Bezug zur Niederschlagsmenge pro m².
- Ein alter Buchenbestand nimmt z. B. mit seinen Wurzeln 60 % des Bodenwassers auf, die restlichen 40 % sickern weiter ins Grundwasser. Der Großteil der Wurzeln befindet sich im obersten Meter des Bodens.
- Der pH-Wert im Mineralboden ist meist wieder weniger sauer als das Humuswasser, denn die Huminsäuren wurden abgebaut und der Lehm Boden tauscht saure gegen basische Ionen aus.
- Der Nitratwert ist unbedenklich (höchstens 10 mg/l). Der Grenzwert für Trinkwasser liegt bei 50 mg/l.

E ZUWACHSMASSBÄNDER



Die Messeinrichtung

- An den Bäumen sind auf einer Höhe von ca. 1,30 m Maßbänder angebracht.
- Da sie sehr empfindlich sind und auf Zehntelmillimeter genau messen, wie dick der Baum ist, sollen die Bänder nicht berührt werden.
- Obwohl das Band auf dem Umfang des Baumes aufliegt, misst es doch dessen Durchmesser. Die Skala ist um den Faktor „Pi“ (rund 3,14) gestreckt. (Formel: Umfang ist Pi mal Durchmesser).
- Das Band ist mit einer Feder gespannt und kann so mit dem Baum mitwachsen.
- Am Monatsende werden die Bänder abgelesen - wöchentliche Messungen sind im Frühjahr interessant, weil der Baum schon dicker wird, bevor die Blätter sich entfalten.

VORFÜHRUNG

- Abgelesen wird so: An der Plastikmanschette, durch die das Band geführt wird, befindet sich unten eine Skala 0 – 10 :: Links des Null-Striches werden cm (Zahlen) und mm (Stricheinteilung) abgelesen - in diesem Fall 32 cm und 6 mm.
- :: Die Ziffer für die Zehntel-mm ist diejenige auf der Skala, deren Strich mit dem mm-Strich des Bandes zusammenfällt: hier 32,68 cm.

ERGEBNISSE AUS ROGGENBURG

- Gemessen wird seit Januar 2007.
- Im Winter verlieren die Bäume u. U. sogar etwas an Durchmesser. Sie sind dann nicht im Saft und bei Kälte zieht sich Materie zusammen. Von Januar bis April sank der durchschnittliche Durchmesser (der Bäume 3 bis 18) von 35,61 cm auf 35,60 cm.
- Von Mai bis August nahm der Durchmesser kontinuierlich zu – von 35,60 cm auf 35,76 cm im Durchschnitt. Die Bäume sind dann im Saft und legen einen neuen Jahrring an. Bäume mit großer Krone wachsen dabei kräftiger als kleinkronige (Baum Nr. 4: 0,36 cm, Baum Nr. 11: 0,00 cm).
- Wenn mehrere Jahre verglichen werden können, lässt sich zeigen, dass Bäume in warmen, feuchten Jahren besser wachsen als in trockenen, kalten.

F STREUSAMMLER



DIE MESSEINRICHTUNG

- In vier Kästen wird die „Streu“ aufgefangen – alles feste Material, das von den Bäumen fällt.
- Die Auffangfläche beträgt je 50 cm mal 50 cm. Insgesamt wird in den 4 Kästen also 1 m² abgefangen.
- An der Unterseite der Kästen kann das Wasser durch Löcher ablaufen.
- Am Monatsende werden die Kästen geleert. Die Streu wird getrocknet und gewogen (damit die Mengen der jeweiligen Monate vergleichbar sind, muss die Trockenmasse ermittelt werden).
- Zusätzlich wird ermittelt, aus welchen Bestandteilen sich die Streu jeweils zusammensetzt.

VORFÜHRUNG

- Fällt ein Zweig in den Behälter, sodass ein Teil über dessen Rand hinausreicht, wird er an der Kante abgebrochen. Denn nur der Teil, der sich im Behälter befindet, zählt zur Probe.

ERGEBNISSE AUS ROGGENBURG

- Die Monatsmenge pro m² (also alle vier Behälter zusammen) liegt meist bei 20 bis 40 g. Wenn im Herbst die Buchenblätter fallen, wird es deutlich mehr (November 2007: 280 g). So liegt der Durchschnitt bei 50 g/Monat.
- Die Streu wird erst seit Januar 2007 nach ihren Bestandteilen aufgeteilt
 - :: Fichten-Nadeln fallen das ganze Jahr vom Baum (monatlich 0 bis 32 g). Dabei „verabschieden“ sich die ältesten Nadel-Jahrgänge (also die Nadeln, die je Zweig dem Stamm am nächsten sind).
 - :: Buchen-Blätter fallen im Winter nicht an (Buchen sind dann kahl), im Sommer nur gering (4 bis 5 g – hier handelt es sich um Blätter die durch Starkregen oder Hagel abgeschlagen werden).

G THERMOHYGROGRAPH



DIE MESSEINRICHTUNG

- Zwei Thermohygrographen sind installiert: je einer im Waldbestand und im „Freiland“.
- Die Geräte messen und speichern jede Viertelstunde Temperatur und Luftfeuchtigkeit.
- Über Verbindungskabel und Laptop werden die Daten monatlich ausgelesen.

VORFÜHRUNG

- An der Grafik der Tageshöchst- und -tiefstwerte vom 1. Februar bis 30. Juni 2007 sieht man,
:: dass es im Wald an heißen Tagen nicht so heiß wird wie im Freiland.
:: dass es im Wald an kalten Tagen nicht so kalt wird wie im Freiland.

ERGEBNISSE AUS ROGGENBURG

- ein sehr heißer Tag war der 20. August 2009.
Maximalwert: Freiland +32,3 °C, Wald +29,1 °C
- ein sehr kalter Tag war der 20. Dezember 2009.
Minimalwert: Freiland -21,8 °C, Wald -19,5 °C
- Die Geräte sollen uns später einmal ermöglichen, Jahre und Jahresabläufe miteinander zu vergleichen und Entwicklungen festzustellen (Klimaerwärmung).

VOM NIEDERSCHLAG ZUM SICKERWASSER

INHALT

Anhand der Instrumente in der Klimastation können die Teilnehmer den Wasserhaushalt des Waldes nachvollziehen; die Reinigungsleistung des Waldes wird dargestellt.

ABSICHT

:: Umweltmonitoring zum Anfassen

ART DER AKTIVITÄT

:: forschend, wissensorientiert

TEILNEHMERZAHL

:: bis 15 Personen

TEILNEHMERALTER

:: ab 6 Jahre

ZEIT

:: 1,5 Stunden

MATERIAL

:: Bestandesmessstelle

:: 1 Niederschlagssammler aus der Freifläche

:: 1 Humussieb und 1 Saugkerze zum Demontieren

:: Saugpumpe

:: Bohrstock

:: Messzylinder

:: 10 l Wasser zur Vorführung der Kippschalenwaage

:: bisherige Messwerte

VORBEREITUNG

:: evtl. Unterdruck an den Saugkerzen anlegen
(mind. 1 Tag vor der Veranstaltung)

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: auch bei Regen, ungünstig bei Frost



ABLAUF

- Stellen Sie den Teilnehmern die Sammelbehälter für die Wasserproben in der Reihenfolge vor, in der der Niederschlag seinen Weg durch den Wald nimmt. Erklären Sie diese Reihenfolge und zeigen Sie Zusammenhänge auf: Freilandssammler, Bestandessammler, Kippschalenwaage, Humuslysimeter und Saugkerzen.
- Zeigen Sie den Teilnehmern, wie sie Wasserproben selbst gewinnen, zusammentragen und die jeweilige Menge messen können.

Hinweis



- Fordern Sie die Teilnehmer auf, die Funktion von Kippschalenwaage und Saugkerze selbst auszuprobieren. Sie können dabei mitgebrachtes Wasser in die Stammlinne gießen, damit die Kippschalenwaage kippt.
- Lassen Sie die Teilnehmer ein Loch mit dem Bohrstock schlagen. Anschließend wird die Saugkerze hineingesteckt, um zu zeigen, wie die fest installierten Saugkerzen eingebracht wurden. Stellen Sie die Saugkerze nach „Fluten“ des Loches „scharf“, indem Sie die Teilnehmer Unterdruck anlegen lassen – schon nach wenigen Minuten tropft es in der Auffangflasche.
- Alternativ können Sie die Saugkerze vorstellen, indem Sie diese in ein Wassergefäß stellen.

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

- Die gemessenen Werte können in Beziehung zu den regulär gemessenen Werten gesetzt werden.
- Bei genügend Zeit und Gruppen ab 10 Jahren können diese auch chemische Schnelltests mit den Proben durchführen [>] (siehe Aktivität 3 „Wasser ist nicht gleich Wasser“).
- Waldpädagogischer Leitfaden „Wasser 2“
- Betonen Sie die Reinigungsleistung des Waldes [>] (siehe Hintergrundwissen 5.2. Wald und Trinkwasser).

WASSER IST NICHT GLEICH WASSER

INHALT

Proben aus der Klimastation werden mit einfachen Tests chemisch analysiert

ABSICHT

:: Aufzeigen, wie sich die Zusammensetzung des Wassers im Wald unterscheidet – je nachdem, woher die Probe stammt.

ART DER AKTIVITÄT

:: forschend, wissensorientiert, sensitiv

TEILNEHMERZAHL

:: bis 15 Personen

TEILNEHMERALTER

:: ab 10 Jahre

ZEIT

:: 1 Stunde

MATERIAL

:: Wasserproben aus der Waldklimastation

:: Schnelltests

VORBEREITUNG

:: Bereitstellung des Materials

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: auch im Raum



ABLAUF

Nach einer Einleitung und einer Demonstration, wie die Tests durchzuführen sind, werden Kleingruppen gebildet, die den Freiland- und den Bestandesniederschlag, den Stammabfluss, das Humuswasser und das Bodenwasser (120 cm tief) auf Phosphat, Säuregrad, Härte, Nitrit, Ammonium und Nitrat untersuchen.

Dabei sollte eine Kleingruppe entweder

- :: eine Wasserprobe komplett analysieren oder
- :: alle Wasserproben auf eine bestimmte Substanz hin überprüfen.

Zuletzt bitten Sie die Gruppen, sich ihre Ergebnisse gegenseitig vorzustellen.

Hinweis

- Im Handel gibt es gute, gefahrlose und erschwingliche Schnelltests, mit deren Hilfe Phosphat, pH, Gesamthärte, Nitrat und Nitrit auf einfache Weise bestimmt werden können. Weisen Sie ggf. auf Sicherheitsbestimmungen zu den Chemikalien hin.

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

- Ab welchem Wert ist ein Stoff schädlich? (vgl. [>] Hintergrundwissen 5.2 Wald und Trinkwasser)
- Fordern Sie die Teilnehmer auf, die Ergebnisse mit der Zeitreihe der Waldklimastation zu vergleichen.
- Untersuchen Sie zusätzlich Oberflächenwasser (Bach, Teich), Leitungswasser, Getränke der Teilnehmer etc.
- falls möglich führen Sie eine Grundwasseruntersuchung durch.

INHALT

Die Pumpwirkung des Waldes wird nachgestellt

ABSICHT

:: veranschaulichen, wie Bäume das Wasser aus dem Boden ziehen

ART DER AKTIVITÄT

:: forschend, wissensorientiert

TEILNEHMERZAHL

:: bis 30 Teilnehmer

TEILNEHMERALTER

:: ab 10 Jahre

ZEIT

:: 45 Min.

MATERIAL

:: 2 Reagenzgläser mit stabilem Ständer

:: Bohrstock

:: Schlegel, Saugkerze

:: Saugpumpe

:: Wasser

VORBEREITUNG

:: Material bereitstellen, ggf. an den Saugkerzen Druck anlegen (eine Woche vor der Veranstaltung)

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: Vegetationszeit, hohe Temperatur, geringe Luftfeuchte, Reagenzglasversuch auch im Raum möglich



ABLAUF

- Bitten Sie ihre Teilnehmer, in zwei Reagenzgläser jeweils einen (möglichst dicken) frischen Zweig desselben Baumes zu stecken. Einer soll viele Blätter/Nadeln behalten, beim anderen werden diese entfernt (oder der Zweig über dem Glas abgezwickelt). Füllen Sie nun beide Reagenzgläser bis zur Oberkante mit Wasser. Diese Anordnung wird vorläufig beiseite gestellt (Auswertung folgt!).
- Lenken Sie die Aufmerksamkeit nun auf den Boden: Die Teilnehmer dürfen selbst den Bohrstock in den Boden schlagen und wieder herausziehen. Markieren Sie das Bohrloch; erläutern Sie zunächst den Boden (hinsichtlich Farben, Substrat, Entstehung...).
- Untersuchen Sie Wasser anschließend als Bestandteil des Bodens. Stellen Sie die „Demonstrationsaugkerze“ vor und erläutern Sie deren Funktionsweise. Dazu wird sie ins Bohrloch gesteckt, in das zuvor Wasser gefüllt wurde. Die Ventile werden geschlossen und ein Teilnehmer legt Unterdruck an. Schon nach etwa einer Minute wandern die ersten Tropfen durch den Schlauch in die Auffangflasche. Schließlich können Sie durch Öffnen des Belüftungsventils den Wasserrest aus der Saugkerze in die Flasche saugen. Suchen Sie die fest installierten Saugkerzen auf, beproben Sie diese ggf. und fordern Sie die Teilnehmer auf, die aktuellen Werte im Vergleich zur bisherigen Messreihe zu bewerten.
- Werten Sie anschließend den Versuch vom Anfang aus: Der Zweig mit den Blätter/Nadeln hat sichtbar verdunstet, während das zweite Glas noch randvoll ist. Durch das enge Glas und den möglichst dicken Ast ist der Volumenschwund in der Höhenänderung des Wasserstandes anschaulich ablesbar – Ihre Teilnehmer sehen, dass Bäume wie die Saugkerzen dem Boden Wasser entziehen können.

Hinweis



- Buchenwurzeln besitzen Saugkräfte bis 20 bar (vgl. mit Unterdruck der Saugkerze).
- Ein alter Buchenwald verdunstet 60 % des empfangenen Jahresniederschlags.
- Je geringer die Luftfeuchtigkeit und je höher die Temperatur desto stärker die Verdunstung.
- Wenn Sie die fest installierten Saugkerzen beproben wollen, müssen Sie mehrere Tage zuvor den Unterdruck anlegen.

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

- Ist die Wasserspeicherkapazität des Bodens bekannt, lässt sich anhand der Niederschläge der für die Bäume verfügbare Bodenwasservorrat ableiten. Das erlaubt dann Aussagen wie: „Hier kommt die Fichte nach 6 Wochen Trockenheit in Stress, die Buche nach 9 Wochen.“
- Tiefergehende Informationen und Zahlen sind im Waldzustandsbericht 2008 der Bayerischen Forstverwaltung zu finden.
- [>] Aktivität 2 „Vom Niederschlag zum Sickerwasser“
- [>] Aktivität 6 „Hochwasser“
- Waldpädagogischer Leitfaden: Hintergrundwissen Wasser, Hintergrundwissen Baum (Seite 9 - 11). und Baum 5 „Kapillarkräfte eines Baumes“.

BAUEN AN DER WALDKLIMASTATION ZUM ANFASSEN

INHALT

Die Teilnehmer beteiligen sich am Aufbau, Reparatur und Erweiterung der Waldklimastation

ABSICHT

:: durch Arbeit etwas Nützliches, Bleibendes schaffen

ART DER AKTIVITÄT

:: lebhaft, gestaltend

TEILNEHMERZAHL

:: bis 15 Personen

TEILNEHMERALTER

:: ab 12 Jahre

ZEIT

:: 2 Stunden

MATERIAL

:: Werkzeug

:: Geräte

:: Holz

:: Arbeitshandschuhe

:: Verbandszeug

VORBEREITUNG

:: Planung, Material herrichten

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: Einschränkungen nur bei extremem Wetter;
bei feuchter Witterung keine elektrischen
Geräte verwenden



ABLAUF

- In der Waldklimastation bauen oder reparieren die Teilnehmer unter Anleitung Umrandungen, Zäune etc. oder installieren neue Geräte. Erklären Sie den Teilnehmern ausführlich die Funktion des Elements oder wozu etwas installiert wird.

Hinweis



- Schüler sind meist sehr aktiv dabei, wenn sie die Gelegenheit bekommen, handwerklich arbeiten zu können – noch dazu, wenn dabei mit Gemeinschaftsarbeit etwas Sinnvolles entsteht.
- Viele haben zum ersten Mal Hammer, Säge bzw. Akku-Schrauber in der Hand – deshalb besondere Hinweise auf Sicherheitsmaßnahmen beim Arbeiten (UVV) und entsprechende Betreuung sicherstellen.

INHALT

Am Modell wird veranschaulicht, wie der Wald Hochwasserspitzen reduziert

ABSICHT

:: Zusammenhänge aufzeigen, Betroffenheit wecken

ART DER AKTIVITÄT

:: forschend, gestaltend, sensitiv, wissensorientiert

TEILNEHMERZAHL

:: bis 15 Personen

TEILNEHMERALTER

:: ab 8 Jahre

ZEIT

:: 1/2 Stunde

MATERIAL

:: Gießkanne

:: Wasser

:: Material für Modellhäuser (Lehm zum Kneten oder Blumentopfscherben, Schneckenhäuser...)

VORBEREITUNG

:: Benötigtes Material sammeln und vorbereiten

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: kein Schnee, kein Frost



VORBEREITUNG

Legen Sie ein Talsystem aus zwei Flüssen an, indem Sie kleine Gräben ziehen, wie es in der Skizze dargestellt ist: Das Einzugsgebiet von Flusslauf I ist bewaldet und dick mit Moos ausgepolstert; das von Flusslauf II besteht aus Boden ohne Vegetation (so weit möglich) und stellt versiegelte Flächen oder eine Schipiste dar. Das Talsystem sollte vor der Führung schon „getestet“ sein.

ABLAUF

- Legen Sie mit den Teilnehmern im Modell ein „Baugebiet“ fest.
- Fordern Sie die Teilnehmer auf, sich ein „Haus“, z. B. einen Fichtenzapfen, zu suchen und im Baugebiet zu platzieren.
- Bitten Sie die Teilnehmer, die nun folgende mögliche Hochwasserentwicklung in der „Ortschaft“ zu beobachten.
- Dazu leert ein Teilnehmer eine Gießkanne Wasser in den Flussoberlauf mit dem „bewaldeten“ Einzugsgebiet und anschließend eine am Oberlauf des Flusses mit „waldfreiem“ Einzugsgebiet.
- Bitten Sie die Teilnehmer, ihre Beobachtungen genau zu schildern.

DISKUSSION

- Wie fühlst du dich mit deinem beschädigten bzw. verschonten Haus nach der Katastrophe?
- Hast du bei deiner Bauplatzwahl an Hochwasser gedacht?
- Welche Rolle spielt der Wald?

HINWEIS

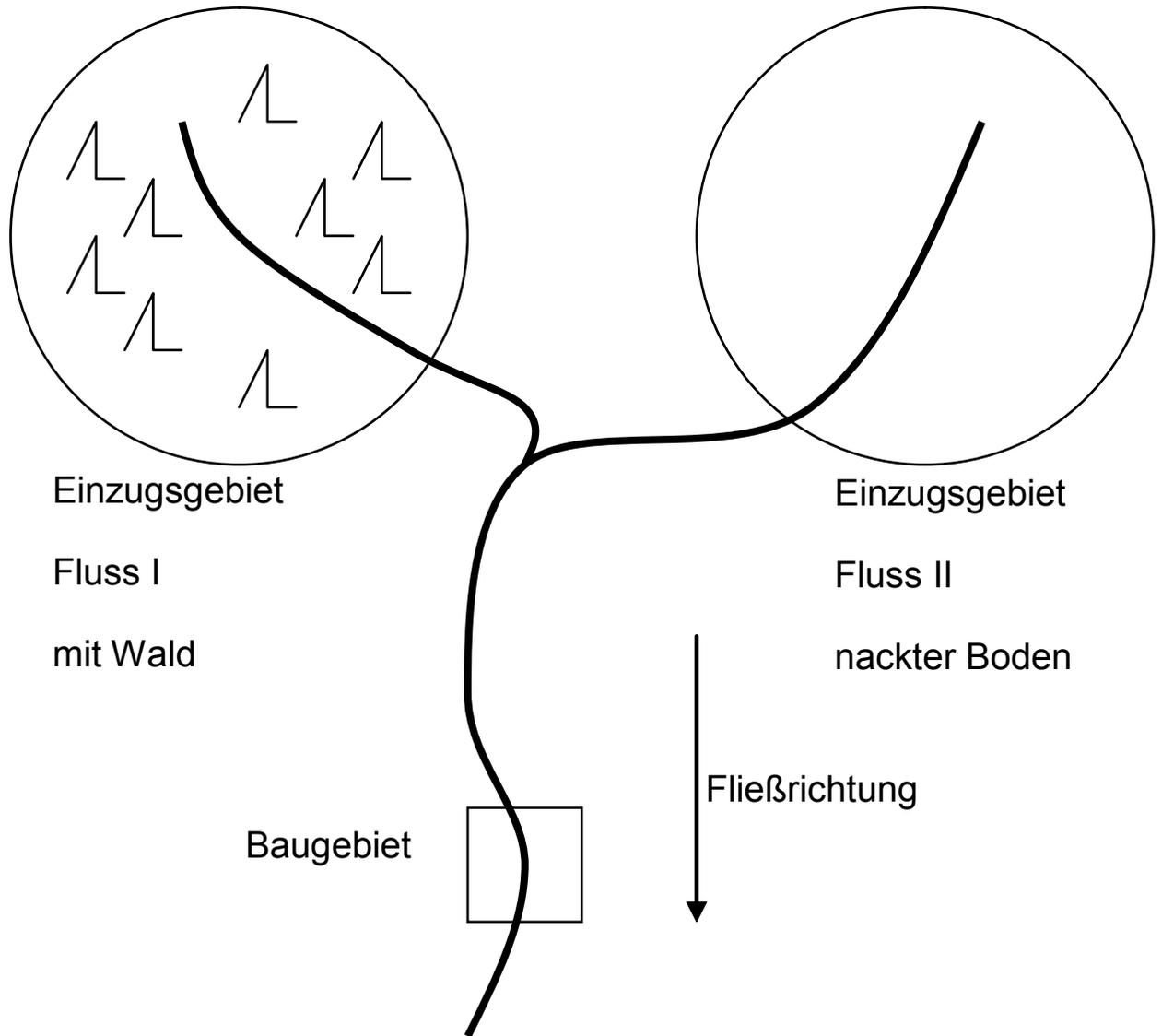
- Bis zum Fertigstellen der Ortschaft sollen die Teilnehmer nicht wissen, dass es sich um ein Hochwasserexperiment handelt.
- Wenn es etwas schneller gehen soll, können auch Modellhäuschen wie z. B. von Modelleisenbahnen verwendet werden.

VARIANTE

- Instruieren Sie die eine Hälfte der Teilnehmer hinsichtlich des Versuches, damit sie diesen dann selbstständig vorbereiten (inkl. Anlage der Täler..) und das Experiment anschließend mit der anderen Hälfte der Teilnehmer durchführen.

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

- Fördern Sie den Erfahrungsaustausch mit Fragen: Wo stehen die realen Wohnhäuser der Teilnehmer? Wer hat Hochwasser schon erlebt?
- Bitten Sie eine betroffene Person, von einem Hochwasser zu erzählen und Fragen der Teilnehmer zu beantworten.
- Wie hält der Wald das Wasser zurück? Interzeption, Pumpwirkung, aufnahmefähiger Boden.
- Aktivität [>] 4 „Wald als Pumpe“



INHALT

Die Teilnehmer verfolgen die Nitratgehalte des Wassers bis ins Grundwasser

ABSICHT

:: reinigende Wirkung des Waldbodens vermitteln

ART DER AKTIVITÄT

:: forschend

TEILNEHMERZAHL

:: bis 30 Teilnehmer

TEILNEHMERALTER

:: ab 10 Jahre

ZEIT

:: 2 Stunden (mindestens)

MATERIAL

:: Nitrat-Schnelltests

:: Gefäße für Wasserproben

:: Karte des örtl. Wasserschutzgebietes mit seinen verschiedenen Zonen

VORBEREITUNG

:: Material bereitstellen

:: Terminvereinbarung mit örtlichem Wasserwart

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: –



ABLAUF

- Besuchen Sie mit der Klasse das örtliche Wasserwerk oder bitten Sie die Schüler, von dort eine Probe Grundwasser mitzubringen.
- Alternativ können Sie oder die Schüler auch eine Wasserprobe aus einem fließenden Brunnen und/oder einem Pumpbrunnen gewinnen.
- Entnehmen Sie in der Waldklimastation mit den Teilnehmern Wasserproben.
- Lassen Sie die Teilnehmer die Nitratwerte mit Hilfe der Schnelltests messen.

HINWEIS



- Evtl. ist auch der Zugriff auf ein Grundwasserpegel-Kontrollrohr möglich.
- Der Grenzwert für Nitrat im Trinkwasser liegt bei 50 mg/l [>] (vgl. Hintergrundwissen 5.2. Wald und Trinkwasser).
- Beachte [>] Hintergrundwissen 4.2 Überblick über Stickstoff und Hintergrundwissen 5.5 Stickstoffeinträge.

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

- Aktivität Wasser 3 „Trinkwasser aus dem Wald“ aus dem Waldpädagogischen Leitfaden.
- Erläutern Sie die Karte mit dem Wasserschutzgebiet.

SEI NICHT SO SAUER!

INHALT

Die Teilnehmer stellen selbst einen Indikator her und testen damit verschiedene Flüssigkeiten

ABSICHT

:: (erster) Kontakt mit dem pH-Wert

ART DER AKTIVITÄT

:: forschend, sensitiv, wissensorientiert

TEILNEHMERZAHL

:: bis 30 Personen

TEILNEHMERALTER

:: ab 10 Jahre

ZEIT

:: 1 1/2 Stunden

MATERIAL

:: Gaskocher, Topf, Wasser, Blaukraut

:: Reagenzgläser mit Ständer oder kleine Gläser

:: saure und basische Substanzen (Zitronensaft)

:: Essig

:: Kochnatron

:: Backpulver

:: Waschmittel und ggf. Wattestäbchen

:: Wasserproben aus der Klimastation

:: pH-Schnelltests

:: Tafel (siehe Hintergrundwissen 4.1 Überblick über den pH-Wert)

VORBEREITUNG

:: Material vorbereiten

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: auch im Raum möglich



ABLAUF

- Lassen Sie die Teilnehmer Blaukraut ca. 10 Min. kochen (200 ml Wasser und 2 - 3 zerrissene Blaukrautblätter) oder bereiten Sie den Sud vor. Sud etwas abkühlen lassen.
- **Wichtig!!** Topf und Gläser dürfen **keine Spuren von Spülmittel** enthalten, der Saft soll richtig „jeansblau“ sein.
- Lassen Sie die Teilnehmer von den Substanzen kosten: Natron, Wasser, Zitronensaft und geben Sie den Hinweis, dass sich der unterschiedliche Geschmack mit Blaukrautsaft sichtbar machen lässt.
- Erarbeiten Sie den pH-Wert mit den Teilnehmern moderierend mit Hilfe der Tabelle (Hintergrundinfo 4.1 Überblick über den pH-Wert), fragen Sie sie nach Kenntnissen oder Erfahrungen mit dem pH-Wert! Was sagt er aus? (Hinweis: häufig kennen Teilnehmer z. B. pH-hautneutrale Seife)
- Füllen Sie den Blaukrautsaft in Reagenzgläser. Dieser natürliche Indikator ändert bei Zugabe pH-verschiedener Substanzen deutlich seine Farbe. Dann geben Sie in der Reihenfolge in die Gläser
 - :: Zitronensaft (violett)
 - :: Essig (rosa)
 - :: Wasser (blau)
 - :: Natron (in Wasser gelöst) (grün)
 - :: Waschpulver (in Wasser gelöst) (grüngelb)
- Testen Sie den pH-Wert mit Hilfe der Teststreifen oder den Schnelltests. Bitten Sie die Teilnehmer, den Farben des Blaukrautsaftes pH-Werte nach den Teststreifen zuzuordnen.
- Durch Ineinanderschütten der farbigen Substanzen können Sie darstellen, dass Säure und Base sich gegenseitig neutralisieren können.
- Die Teilnehmer messen nun mit pH-Schnelltests die Wasserproben aus der Klimastation. Erläutern Sie, wie die Unterschiede zu erklären sind.
- Erläutern Sie, ab welchem pH-Wert welche Reaktionen im Wald erfolgen.

HINWEIS

- Interessant sind auch Messungen von Oberflächenwasser oder Limo, Cola, Toilettenreiniger...
- Unterhalb von pH 4 werden die toxisch wirkenden Aluminium-Ionen im Boden freigesetzt. Beachte „Hintergrundinfo“ Bodenpuffer!
- Variante „Zungen-pH-Meter“: Lassen Sie die Teilnehmern den Geschmack testen, indem Sie ihnen genießbare Substanzen mit Wattestäbchen auf die Zunge streichen.
- Siehe [>] Hintergrundwissen 4.1 Überblick über den pH-Wert.

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

- Aktivität 2 „Vom Niederschlag zum Sickerwasser“
- Aktivität 3 „Wasser ist nicht gleich Wasser“
- Aktivität 7 „Wald und Trinkwasser“

INHALT

Die Teilnehmer messen und vergleichen an verschiedenen hellen Stellen im Wald

ABSICHT

:: Aufzeigen, wie das Baumwachstum vom
Licht abhängig ist

ART DER AKTIVITÄT

:: forschend, sensitiv

TEILNEHMERZAHL

:: bis 30 Teilnehmer

TEILNEHMERALTER

:: ab 10 Jahre

ZEIT

:: 45 Minuten

MATERIAL

:: Luxmeter

:: Meterstab (am besten jeweils mehrere)

:: Schreibunterlagen

:: Stifte

:: Flipchart

VORBEREITUNG

:: Koordinatensystem auf Flipchart

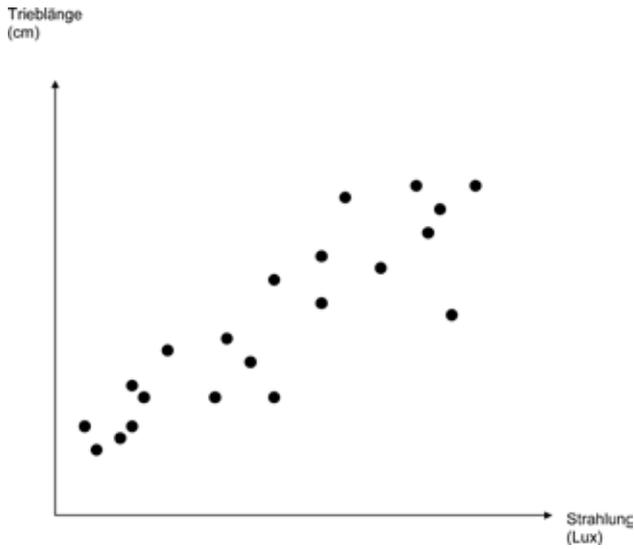
ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: **Verjüngungsfläche mit Nadelbaumverjüngung**,
trocken, keine wechselhafte Bewölkung, am
besten diffuses Licht, nicht während des Wachstums
des Längentriebs (Mai, Juni)



ABLAUF

- Statten Sie Kleingruppen mit Luxmeter, Meterstab und Schreibgerät aus und bitten Sie sie, an verschiedenen hellen Orten (Freifläche, Altholz,...) das Strahlungsangebot und die Länge der jüngsten Terminaltriebe in der Verjüngung z. B. (Fichte!) zu messen.
- Nach einer halben Stunde treffen sich die Gruppen wieder und tragen ihre Messpunkte ins Koordinatensystem auf der Flipchart ein.
- Das Ergebnis sollte für sich sprechen, aber auch in jedem Fall mit den Teilnehmern besprochen werden.



HINWEIS

- Holz könnte als Erfindung der Pflanzen gedeutet werden, um „Chef“ im Kampf ums Licht zu werden (= Bäume!)

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

- Vergleich zweier Baumstümpfe (ggf. Fällung) eines Bestandes (ein hauptständiger und ein unterständiger Baum). Beide sind gleich alt (oft verblüffend!), nur konnte der im Höhenwachstum zurückgebliebene Baum wegen des nun geringeren Lichtangebotes deutlich weniger Holz – also dünnere Jahrringe - produzieren.
- mit Sonnenkompass – dieser zeigt die Zeiten von Licht und Schatten in Abhängigkeit von Tages- und Jahreszeiten an einem bestimmten Standort an:
Team Sonnenkompass, I.+K. Herzog, Allmend 25; CH-1719 Zumholz (0041-(0)026-419 31 80);
Vertiefungs- und Anwendungsmöglichkeit: Ausrichtung und Platzierung von Sonnenkollektoren.



Sonnenkompass

WALD ALS WINDBREMSE

INHALT

Die Teilnehmer führen Windmessungen außerhalb und innerhalb des Waldes durch.

ABSICHT

:: Die Wirkung des Waldes als Windbremse
kennen lernen

ART DER AKTIVITÄT

:: wissensorientiert, sensitiv, forschend

TEILNEHMERZAHL

:: bis 30 Teilnehmer

TEILNEHMERALTER

:: ab 8 Jahre

ZEIT

:: 15 Minuten

MATERIAL

:: Anemometer (am besten mehrere)

VORBEREITUNG

:: geeignete Stelle aussuchen – Waldrand je
nach aktueller Windrichtung

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: windig



ABLAUF

- Erläutern Sie die Handhabung des Anemometers.
- Bitten Sie die Teilnehmer, sich in Kleingruppen an verschiedene Punkte zu stellen (vor, am Waldrand und in verschiedenen Tiefen im Wald) und über einen bestimmten Zeitraum die Windgeschwindigkeiten zu messen und zu notieren (bei böigem Wind möglichst auch die Spitzen).
- Versuchen Sie bei der anschließenden Auswertung die Wirkung des Waldes als Windbremse herauszustellen.

VARIATION

- Für jüngere Teilnehmer: Suchen Sie an einem windigen Tag bewusst Stellen außerhalb und innerhalb des Wald auf, an denen der Wind unterschiedlich stark zu spüren ist und fragen Sie die Teilnehmer nach ihren Wahrnehmungen.

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

- Suchen Sie mit der Gruppen geworfene/gebrochene Bäume oder aufgestellte Wurzelteller auf, um die Wirkung von Wind und Sturm auf den Wald zu untermalen.

CO₂-MASCHINE

INHALT

Die Fähigkeit von Holz, CO₂ zu binden, wird veranschaulicht.

ABSICHT

:: Den Wert des Holzes im Klimaschutz herausstellen

ART DER AKTIVITÄT

:: lebhaft, sensitiv

TEILNEHMERZAHL

:: bis 15 Teilnehmer

TEILNEHMERALTER

:: ab 10 Jahre

ZEIT

:: 10 Minuten

MATERIAL

:: CO₂-Maschine

:: Luftballon

:: Holzscheibchen (1/3 bis 1/2 Gramm)

VORBEREITUNG

:: Maschine aufstellen und „scharf“ stellen

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: auch im Raum



ABLAUF

- Ein Teilnehmer bläst den Luftballon im Kasten auf. Wenn dieser am Nagel zerplatzt, fliegt oben die Klappe auf und löst die Mausefalle aus. Das Holzstückchen wird durchs Labyrinth katapultiert und landet im Ausgabefach. Erläutern Sie hierzu, dass die Maschine „wie ein Baum“ arbeitet: Sie wandelt CO_2 in Holz um.

HINWEIS

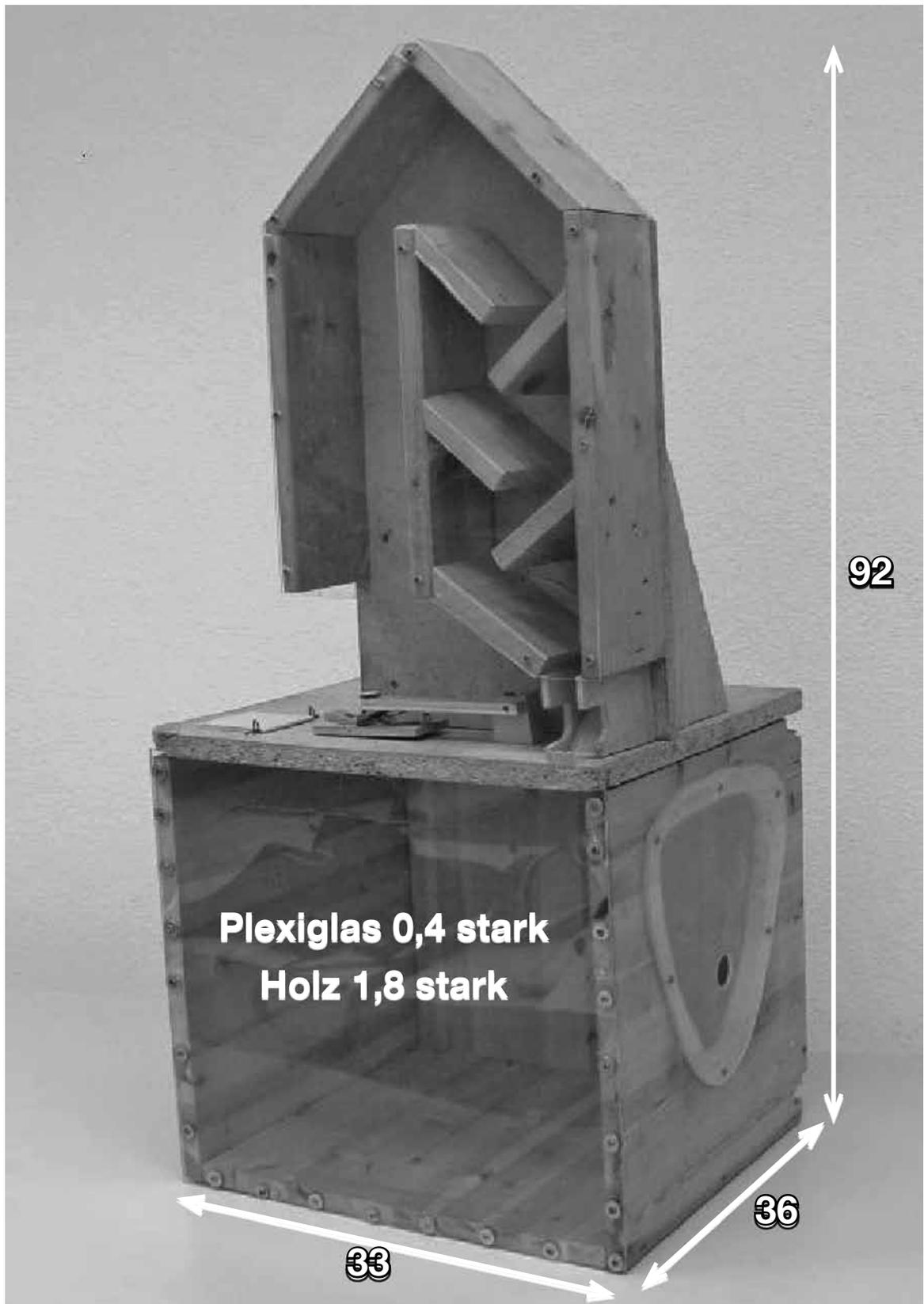
- Im Holzstückchen ist genauso viel CO_2 gespeichert, wie der Teilnehmer in den Luftballon geblasen hat:
 - :: 1 g Holz bindet 1,85 g CO_2 (bzw. 0,5 g Kohlenstoff)
 - :: 1 l CO_2 wiegt 1,94 g
 - :: **aus 1. und 2. folgt: 1 g Holz bindet 0,95 l CO_2**
 - :: Luftinhalt im Ballon bei 25 cm Durchmesser und 35 cm Länge ist 11,44 l
 - :: Ausatemluft enthält 4 % CO_2
 - :: Druck im Ballon um 1,04 bar
 - :: **aus 4., 5. und 6. folgt: 0,48 l CO_2 im Ballon**
 - :: aus 3. und 7. folgt: Balloninhalt an CO_2 ist in 0,45 g Holz gebunden!
- Siehe Hintergrundinfo 3 Kohlendioxid

ALTERNATIVE

- Verwenden Sie statt Holz Traubenzucker und stellen Sie die Photosynthese dar.

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

- Lassen Sie die Teilnehmer im Wald ein Quadrat mit 40 m Seitenlänge abstecken. Der Zuwachs dieser Fläche bindet den CO_2 -Ausstoß eines mittleren PKW. (Eine Fläche mit 15 m Seitenlänge bindet den „ CO_2 -Ausstoß“ eines Menschen). vgl. [>] Hintergrundwissen 3 Kohlendioxid.
- Diskussion: Wie groß ist ein mit reinem CO_2 gefüllter Ballon, der dieselbe Menge an CO_2 beinhaltet wie in 1 Hektar Wald gebunden ist? (So groß wie ein Heißluftballon, der drei Personen transportieren kann).



SCHADSTOFF-STECKBRIEF

INHALT

Die Teilnehmer befassen sich in Kleingruppen intensiv mit je einem Schadstoff.

ABSICHT

:: Einarbeitung in eine konkrete Schadstoff-problematik

ART DER AKTIVITÄT

:: ruhig, forschend, wissensorientiert

TEILNEHMERZAHL

:: bis 20 Teilnehmer

TEILNEHMERALTER

:: ab 14 Jahre

ZEIT

:: 4 Stunden

MATERIAL

:: Arbeitsblätter „Schadstoff-Steckbrief“

:: Internetzugang

:: Fachliteratur (aufbereitet)

:: Waldzustandsbericht

:: chemische Schnelltests

:: Wasserproben aus der Klimastation

VORBEREITUNG

:: Gewinnung der Wasserproben

:: Schadstoff-Steckbrief-Vorlage kopieren

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: vor allem im Haus möglich



ABLAUF

- Stellen Sie die Hilfsmittel eingangs vor und erklären Sie den Umgang mit den chemischen Schnelltests (vgl. [>] Aktivität 3 „Wasser ist nicht gleich Wasser“).
- Die Kleingruppen bearbeiten möglichst selbstständig „ihren“ jeweiligen Schadstoff (siehe Anlage) und erstellen den Steckbrief mit Hilfe des Internets oder von Fachliteratur. Geben Sie je nach Bedarf Hilfestellung.
- Zu einem vereinbarten Zeitpunkt treffen sich abschließend alle Kleingruppen, um sich gegenseitig ihre Ergebnisse vorzustellen.

HINWEIS



- Die Teilnehmer sollten möglichst selbst die Wasserproben gewonnen haben [>] (Aktivität 2 „Vom Niederschlag zum Sickerwasser“).
- Vgl. Hintergrundinfo 4 Umweltchemische Faktoren und Hintergrundinfo 5 Wirkungsweisen im Wald.

Schadstoff-Steckbrief

Namen:

Schadstoff:
chemische Formel:

Woher kommt dieser
Schadstoff?

Wie schadet er dem
Wald?

Gibt es einen
kritischen Wert?

Das ist Bayern. Wo ist die
Belastung am stärksten, wo am
schwächsten? Bitte markieren!



Wir messen die Werte:

Freilandregen:

Waldbestand:

Humuswasser:

Lehm (120 cm tief):

Schreibe hinter deine Werte die bisher
höchsten und niedrigsten Werte der
Waldklimastation.

Wie beurteilst du deine Werte?

Wie wirkt es sich auf dein Leben aus, wenn dieser Schadstoff den Wald
schädigt?

Was kannst du tun, um dem entgegenzuwirken?

BAUM, WIE GEHT'S DIR?

INHALT

Die Teilnehmer bewerten mit Vergleichsbildern Nadel- und Blattverluste von Baumkronen.

ABSICHT

:: den Blick für den Gesundheitszustand des Waldes schärfen

ART DER AKTIVITÄT

:: forschend, sensitiv

TEILNEHMERZAHL

:: bis 30 Teilnehmer

TEILNEHMERALTER

:: ab 12 Jahre

ZEIT

:: 2 Stunden

MATERIAL

:: Vergleichsbilder zu verschiedenen Baumarten mit Angabe des jeweiligen Nadel- oder Blattverlustes (z. B. Anlage)

:: Formulare

:: Schreibunterlagen

:: Stifte und Listen zum Eintragen der Ergebnisse

VORBEREITUNG

:: Bäume nummerieren

:: Musterlösung erarbeiten

:: Baumartenkenntnisse der Teilnehmer überprüfen, ggf. „vorschalten“

:: ggf. Anleitung und Kronenbilder laminieren

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: nicht bei Regen, starkem Nebel oder Dämmerung, Laubholz nur bei voller Laubentfaltung ansprechbar



ABLAUF

- Führen Sie die Teilnehmer anhand der Bilder oder Fachbücher in das Thema ein.
- Nach einer gemeinsamen Übung zur Baumkronenansprache können die Teilnehmer in Kleingruppen mit je 3 – 5 Teilnehmern selbstständig auf einem vorgegebenen Parcours Baumkronen einwerten. Die anzusprechenden Bäume sind durchnummeriert und mit der jeweiligen Nummer sichtbar gekennzeichnet. Die Teilnehmer tragen die Werte, auf die sie sich einigen, in eine Liste ein. Vergleichen Sie am Ende des Parcours mit den Teilnehmern die Ergebnisse und stellen Sie die „Musterlösung“ vor.

HINWEIS

- Es empfiehlt sich, die Musterlösung jährlich zu aktualisieren, denn viele Bäume zeigen schon im Folgejahr ein anderes Bild. Siehe Hintergrundwissen 1 Waldmonitoring, Hintergrundwissen 1.1 Kronenzustandserhebung

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

anschließende Diskussion:

- Was hat unser Leben mit diesen Waldschäden zu tun?
- Wie wirken sich die Waldschäden wiederum auf unser Leben aus?
- Was kann ich zur Gesunderhaltung/Genesung des Waldes beitragen?

LITERATURHINWEISE

- :: Arbeitsgemeinschaft Kronenzustand des Bundes und der Länder in Deutschland; Waldbäume – Bildserien zur Einschätzung von Kronenverlichtungen bei Waldbäumen; Verlag M. Faste
- :: BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN; Waldzustandsbericht zu beziehen über www.forst.bayern.de

BEWERTUNG DES KRONENZUSTANDES

DEFINITION KRONE:

Oberste Spitze bis zum letzten Ast unten

DEFINITION LICHTKRONE

der Kronenteil oberhalb des größten Kronendurchmessers, daher meist nicht von Nachbarbäumen erheblich beeinflusste Teile der Krone

Bei der Kronenansprache wird der Nadelverlust der Lichtkrone in 5 %-Schritten eingeschätzt, d. h. ein maximal benadelter oder belaubter Baum hat 0 % Nadel- oder Blattverlust (bzw. trägt 100 % der Nadeln oder Blätter).

(Anmerkung: Eine wesentliche Interpretation des Gesundheitszustandes erlaubt nur die Bewertung des Kronenzustandes über mehrere Jahre)

Wir schätzen bei dem Verfahren jeweils den Nadel-/Blattverlust in Prozenten an.

ACHTUNG:

Berücksichtigung von ehemaligen Nachbarbäumen, Schlagschäden nach Sturm, fehlender Lichtgenuss, etc.

Nicht im Gegenlicht bewerten – Bäume wirken dabei besonders schlecht.

VEREINFACHTE ANSPRACHE FÜR ALLE BAUMARTEN:

0 % Nadel-/Blattverlust: Krone ist blickdicht, Himmel scheint nicht durch

100 % Nadel-/Blattverlust: Keine Blätter oder Nadeln mehr vorhanden, Baum abgestorben

Jeweiligen Baum grob dazwischen einwerten.

GENAUERE EINWERTUNGSMODALITÄTEN

FICHTE

- Gesunde Fichte – kein Stamm zu sehen, dichte Benadelung, geschlossene Gestalt des Baumes
- mehr als 30 % Nadelverlust - Stamm auf längeren Strecken sichtbar, deutliche Fenster
- um 50 % Nadelverlust - Kontrollfrage: passt das Doppelte nochmal auf den Baum?

LÄRCHE

Insgesamt von vornherein wesentlich zarter und durchsichtiger als die Fichte, weiche hellgrüne Nadeln (Hinweis auf Nadelbildung im Frühjahr), aber ausladendere Krone

- gesunde Lärche – dichte grüne Krone, wenig Aststrukturen sichtbar
- 30 % - Aststrukturen deutlich sichtbar
- 50 % - kahle, herunterhängende Seitenäste, passen die Nadeln nochmal auf den Baum? (keine ausgeprägte Fensterbildung wie bei der Fichte)
- sind Nadelbüschel an allen Stellen vorhanden, an denen sie normalerweise sitzen sollten?
- Weniger Transparenz-Schätzung als genaue Beobachtung der einzelnen Äste

KIEFER

Krone meist aus „Wolken“ bestehend – daher auch bei gesunden Kiefern sog. „Fenster“, durch die man Himmel durch die Krone hindurch sehen könnte; Bewertung der einzelnen „Wolken“

- gesunde Kiefer – wenn in einer „Wolke“ der Krone eine weiße Taube sitzen würde und man könnte sie nicht erkennen = besser als 25 %
- weitere Abstufungen durch Transparenz der „Wolken“ bzw. der gesamten Krone
- häufig auch Verlust von Teilen der Krone
- wichtig ist die Seite, von der aus die Kiefer eingeschätzt wird; im Gegenlicht oder von der falschen Seite („Schattkrone“) her wirkt sie 15 – 20 % schlechter
- Sinnvoll: Beobachtung der Dürräste in der Krone

TANNE

empfindlichster Nadelbaum gegen Luftschadstoffe

- Wuchsgestalt (Morphologie) im Vergleich zur Fichte: Äste ragen nach oben oder zumindest zur Seite, Seitenäste und Zapfen ragen nach oben; Fichte: Äste, Seitenäste und Zapfen ragen eher nach unten
- ältere Tannen zeigen fast immer ein „Storchennest“

BUCHE

- gesunde Buche hat ausladende, sehr dichte Krone, durch die in der Regel kein Himmel sichtbar ist
- bei 20 % sieht man an einigen Stellen den Himmel durch
- ab 40 % Bildung der „Spinnenfinger“ , sog. Krallenbildung (Äste sehen aus wie Hände mit Fingern dran)
- ab 60 % Bildung von kleinen Blättern, die direkt an den Hauptästen sitzen (keine Seitenastverzweigung mehr) – sog. Angst- oder Wasserreiser
- mehr oder weniger „plastische“ Krone, d. h. Buchenkrone füllt neu entstandene Lücken rasch aus.

EICHE

- Gesunde Eiche hat dichte Blattkrone (aber Eiche neigt ebenfalls zu „Wölkchenbildung“ wie Kiefer– daher manchmal auch kleine „Fenster“ bei guten Eichen)
- bei 25 % erste Starkaststrukturen sichtbar, typisch die „Büschelbildung“ an den Zweigenden (kann man auch „Klobürsten“ nennen)
- Bei 50 % deutlich sichtbar, dass sich die Belaubung auf die Starkäste zurückzieht

ESCHE

- meist sehr zarte Feinäste
- Krone kann durchaus dicht belaubt sein mit wenig Transparenz
- hilfreich Kronenbilder
- Bildung von „Pudelschwänzen“ bei starkem Laubverlust

KRONENBILDER



■ Buche 0 %



■ Buche 25 %



■ Buche 60 %



■ Buche 90 %



■ Eiche 5 %



■ Eiche 25 %



■ Eiche 60 %



■ Eiche 90 %



■ Tanne 0 %



■ Tanne 25 %



■ Tanne 55 %



■ Tanne 90 %



■ Kiefer 0 %



■ Kiefer 20 %



■ Kiefer 55 %



■ Kiefer 85 %



Fichte 0 %



Fichte 20 %



Fichte 50 %



Fichte 85 %

INHALT

Die Teilnehmer führen eine 24-Stunden-Temperaturbeobachtung durch

ABSICHT

:: den ausgleichenden Einfluss des Waldes
auf das Klima kennen lernen

ART DER AKTIVITÄT

:: ruhig, forschend, sensitiv

TEILNEHMERZAHL

:: bis 30 Teilnehmer

TEILNEHMERALTER

:: ab 10 Jahre

ZEIT

:: 24 Stunden

MATERIAL

:: 2 Thermometer

:: Stift

:: Notizblock

:: Taschenlampe

:: Wecker

:: Laptop/Flipchart

VORBEREITUNG

:: Material bereitstellen

:: Messorte auswählen

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: Sommer, möglichst wolkenlos



ABLAUF

- Zu Beginn sucht die gesamte Gruppe die Messstelle im Freiland und die Messstelle im Wald auf, an der jeweils ein Thermometer angebracht wird. Dort werden der Notizblock und die Taschenlampe abgelegt und allen gezeigt.
- Dann werden zu jeder vollen Stunde die Temperaturen abgelesen. Teilen Sie dazu je zwei Teilnehmer für ganz konkrete Ablesetermine ein - möglichst so, dass jeder sowohl tagsüber als auch nachts einmal dran ist.
- Nach 24 Stunden werden die Ergebnisse in ein Diagramm übertragen.
- Diskussion:
 - :: Wie verlaufen die Kurven insgesamt? Warum?
 - :: Wie unterscheiden sich die beiden Kurven? Warum?
 - :: Wie würde die Freilandkurve aussehen, wenn es keinen Wald gäbe? Warum?

VARIATION

- Wenn 24-Stunden-Messungen nicht möglich sind: Je ein Maximum-Minimum-Thermometer werden im Freiland und im Wald installiert und nach 24 Stunden abgelesen.
- Für jüngere Teilnehmer (z. B. Kindergartenkinder): Suchen Sie an einem sonnigen Tag bewusst Stellen außerhalb und innerhalb des Wald auf, an denen die Temperaturunterschiede deutlich zu spüren sind und fragen Sie die Teilnehmer nach ihren Wahrnehmungen.

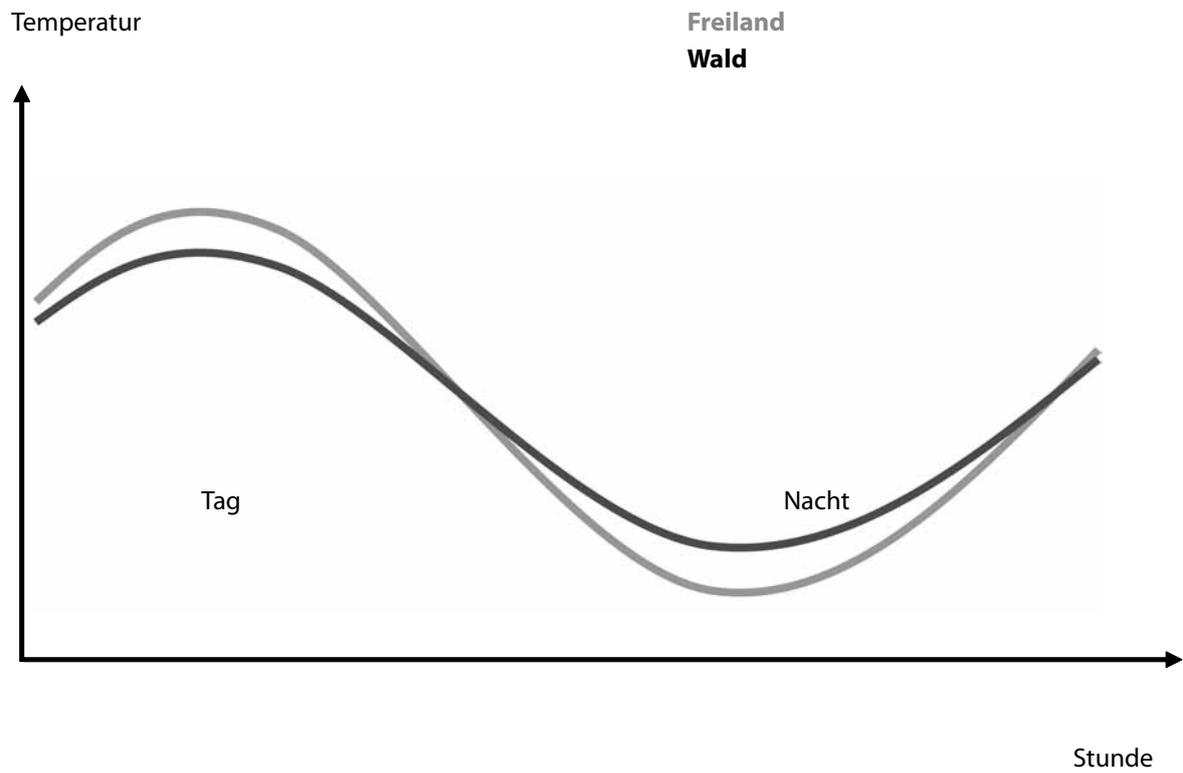
HINWEIS



- Je nach Lage der Messstellen und Reife der Teilnehmer ist abzuwägen, ob ein Erwachsener die Mess-Trupps begleitet.
- In der Sahara schwanken die Temperaturen in 24 Stunden von über 50 °C bis zu Nachtfrost.
- Bei wolkenlosem Himmel lässt sich der klimaausgleichende Einfluss des Waldes am besten zeigen (Strahlungsnacht!).

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

Vergleich mit den Kurven aus der Waldklimastation



DEM KLIMAWANDEL AUF DER SPUR

INHALT

Die Teilnehmer suchen nach Hinweisen auf den Klimawandel.

ABSICHT

:: sensibilisieren, mit Fakten konfrontieren

ART DER AKTIVITÄT

:: forschend, wissensorientiert

TEILNEHMERZAHL

:: bis 10 Teilnehmer

TEILNEHMERALTER

:: ab 12 Jahre

ZEIT

:: 2 Stunden

MATERIAL

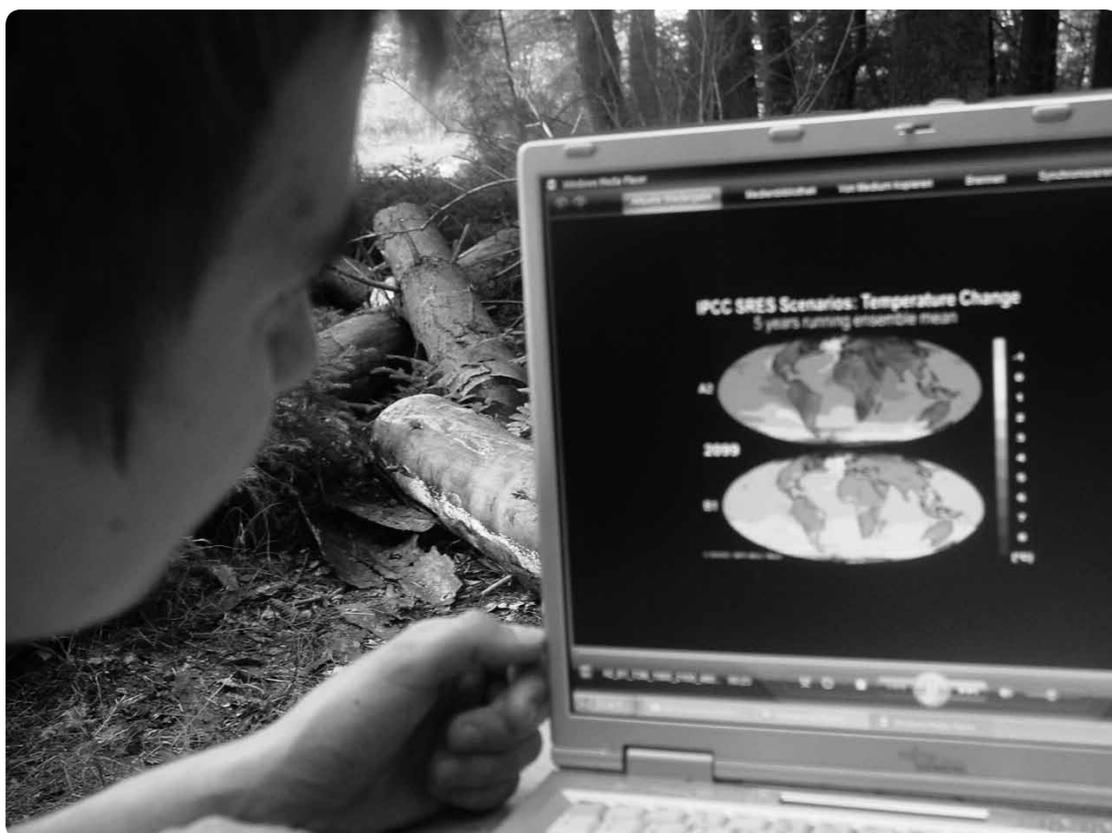
:: Laptop

VORBEREITUNG

:: –

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: trocken



ABLAUF

- Führen Sie mit den Teilnehmern einen Waldbegang unter dem Titel „Auf der Suche nach Spuren des Klimawandels“ durch. Weisen Sie auf folgende Spuren im Wald hin:
 - :: Borkenkäferflächen
 - :: Windwurfflächen, -stöcke
 - :: Ggf. Wegeschäden durch Starkregen
 - :: Mischwaldkulturen als Reaktion der Forstwirtschaft, um die nächste Waldgeneration mit guten Chancen auszustatten
- Bitten Sie die Teilnehmer, Vermutungen über die Ursachen des Klimawandels zu äußern – ermuntern Sie sie, über Anzeichen zu diskutieren. Bringen Sie folgende Faktoren ein:
 - :: Zunahme der Wetterextreme
 - :: Berechnungen von Experten
 - :: messbarer CO₂-Anstieg in der Atmosphäre
- Zu diesem Thema können Sie folgende Medien einbringen:
 - :: Video „Hochwasser 99“
 - :: Prognose der globalen Erwärmung bis zum Jahr 2100
 - :: „IPCC SRES Scenarios: Temperature change“
 - :: Mustervortrag „Waldumbau und Klimawandel (Intranet Forstverwaltung – Infoanbieter LWF)“

HINWEIS

- Die vorgefundenen Situationen gibt es auch ohne Klimawandel. Die Wahrscheinlichkeit dieser Ereignisse steigt aber. Vergleiche [[>](#)] Hintergrundwissen 2 Klimawandel.

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

- Erlebnisse der Teilnehmer
- Aktivität 17 „Treibhausschachteln“ und Aktivität 11 „CO₂-Maschine“
- Aktivität 14 „Wald und Klima“
- Aktivitäten 6 „Hochwasser“, Aktivität 4 „Wald als Pumpe“ und Aktivität 10 „Der Wald als Windbremse“
- Aktivität 25 „Zukunftswald“

SHERLOCK HOLMES – WER IST DER TÄTER?

INHALT

Die Teilnehmer machen Ursachen für den Gesundheitszustand der Waldbäume ausfindig.

ABSICHT

:: Ursache-Wirkungs-Ketten zum Waldzustand ausfindig machen, Forschungsmöglichkeiten aufzeigen

ART DER AKTIVITÄT

:: wissensorientiert, forschend

TEILNEHMERZAHL

:: bis 30 Teilnehmer

TEILNEHMERALTER

:: ab 12 Jahre

ZEIT

:: 3 Stunden

MATERIAL

:: Flipchart/Pinntafel an zentralem Platz

:: Biertischgarnitur und Stifte für jede Gruppe

:: Infomaterial

:: ggf. Arbeitsmaterial (siehe „Vollstreckung“)

VORBEREITUNG

:: Materialien vorbereiten

:: Waldstück auswählen

:: Bäume zur Kronenansprache markieren

:: Möglichkeit eines Internetzugangs prüfen

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: Kronenansprache bei Laubbäumen nur im Sommerhalbjahr möglich

:: nach der Kronenansprache kann die Aktivität auch drinnen fortgeführt werden



ABLAUF

- Stellen Sie die Rahmenhandlung vor: Im Wald wurde ein „Verbrechen“ begangen und die Teilnehmer sind als Kriminologen gefordert. Dazu bilden Sie Gruppen mit je ca. 5 Teilnehmern. Die Ermittlung gliedert sich in folgende Teile (siehe Anlage Arbeitsanweisungen).
- :: Spurensicherung: Diese erfolgt über eine einfache Kronenansprache (siehe [>] Aktivität 13 „Baum, wie geht's dir?“): Durch eine gesunde Baumkrone kann man keinen Himmel sehen. Wie sieht es demnach mit den Bäumen hier aus? Lässt sich der Nadel-/Blattverlust prozentual abschätzen? Liegt ein Schaden vor? Wie wirkt er sich aus? Die Gruppen halten ihre Ergebnisse auf ihren Tafeln fest und stellen sie dem Plenum vor. (Gruppenarbeit 20 Min.)
- :: Verdacht: Wer sind die Täter und wie haben sie es angestellt? Bitten Sie jede Gruppe zu überlegen, wie es zu dem Kronenzustand hat kommen können. Fragen Sie nach Verdächtigen und lassen Sie den möglichen Tathergang darlegen. Desweiteren können die „Kriminologen“ Vorschläge machen, wie man den/die wahren Täter identifiziert und ihm/ihnen auf die Schliche kommt bzw. ihre Schuld beweisen kann. Wenn Stoffe als Täter dargestellt werden, weisen Sie darauf hin bzw. fragen Sie nach, ob bei einem Mord das Messer der Täter ist oder die Person, die damit zusticht. Akteure müssen als Verdächtige identifiziert werden und nicht ihre Tatwerkzeuge. Gehören die „Kriminologen“ selbst zum Kreis der Verdächtigen? Wiederum Präsentation der Ergebnisse auf den Tafeln. (Gruppenarbeit 15 Min.)
- :: Fahndung: Die einzelnen „Fahndungsteams“ erhalten nun Gelegenheit zur Recherche, um ihren Verdacht zu erhärten, zu beweisen oder auch fallen zu lassen. Stellen Sie genügend Infomaterial wie Waldzustandsbericht, Fachliteratur, selbst erstellte Arbeitshilfen etc. zur Verfügung – Internetzugang, falls möglich. Zum Fahndungsabschluss stellen sich die Gruppen wieder ihre Ergebnisse gegenseitig auf den Tafeln vor. (Gruppenarbeit 30 Min.)
- :: Anklage: Die Gruppen sollen sich gemeinsam auf einen Hauptverdächtigen einigen. Liegen genügend Beweise für seine Schuld vor?
- :: Urteil: Anschließend überlegen sich die Gruppen, wie der Täter zur Wiedergutmachung verurteilt werden kann. Welche Bewährungsauflagen sind zumutbar, welche notwendig, um die Situation zu verbessern? Nach der Präsentation der Vorschläge (auf den Tafeln) werden diese im Plenum diskutiert. (Gruppenarbeit 15 Min.)
- :: Vollstreckung: Durchführung z. B. einer kleinen Pflanzung oder Schutzmaßnahme als Teil der Wiedergutmachung (praktische Arbeit nach langem Theorieblock!). Oder/und die Teilnehmer einigen sich auf einen Vorschlag aus dem „Urteil“, den sie konkret umsetzen, z. B. was das Alltagsverhalten in Schule oder Freizeit betrifft.

HINWEIS

- Statt von Kronenschäden können Sie auch von anderen Phänomenen wie Insekten oder Pilzen ausgehen. Käferbäume sind z. B. ein interessanter Ausgangspunkt, wenn klar wird, dass die Schuldfrage nicht beim Borkenkäfer stehen bleibt, sondern über Wirkungszusammenhänge wie Klimawandel, Immisionsbelastung oder auch Baumartenwahl weitergeführt werden kann. Es empfiehlt sich, bei den Ermittlungen den Täterkreis zunächst mit der Methode „Wer kommt in Frage, wer scheidet aus“ einzugrenzen.
- Zum Täterkreis der Luftschadstoffe bietet der Waldpädagogische Leitfaden im Kapitel „Wald in Gefahr“ folgende ergänzende Aktivitäten:
 - :: Wald in Gefahr 1 „Konzept für eine Waldschadensführung“
 - :: Wald in Gefahr 2 „Empfindliches Gleichgewicht im Wald“
 - :: Wald in Gefahr 3 „Baum – wann fällst du um?“
 - :: Wald in Gefahr 4 „Schadbilder kranker Bäume“

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

Führung an einer Waldklimastation, um dort das Umwelt-Monitoring kennen zu lernen.

ZUSATZINFORMATIONEN

Vergleiche [>] Hintergrundwissen 2 Klimawandel, Hintergrundwissen 3 Kohlendioxid, Hintergrundwissen 5 Wirkungsweisen im Wald.

LITERATURHINWEISE

- :: Arbeitsgemeinschaft Kronenzustand des Bundes und der Länder in Deutschland; Waldbäume – Bildserien zur Einschätzung von Kronenverlichtungen bei Waldbäumen; Verlag M. Faste
- :: BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN; Waldzustandsbericht zu beziehen über www.forst.bayern.de

ANLAGE - ARBEITSANWEISUNGEN

1. SPURENSICHERUNG UND SCHADENSBEWERTUNG

- Wieviel Prozent ihrer Nadeln/Blätter haben die Bäume im Durchschnitt verloren?
- Wie wirkt sich der festgestellte Schaden aus?
 - :: auf die Natur
 - :: auf die Menschen
 - :: auf euer Leben

2. VERDACHT

- Wer sind die Täter?
- Wie haben sie es angestellt?
- Wie können wir ihre Schuld beweisen?

3. FAHNDUNG

- Könnt ihr mithilfe der Unterlagen euren Verdacht erhärten?
- Oder habt ihr nun neue Täter im Verdacht?

4. ANKLAGE

- Einigt euch mit den anderen Fahndungsteams auf einen Hauptverdächtigen!

5. URTEIL

- Zu welchen Maßnahmen wollt ihr den Täter verurteilen, damit er den Schaden mindert oder wiedergutmacht?

6. VOLLSTRECKUNG

- Könnt Ihr euch auf eine Maßnahme aus dem Urteil einigen, die ihr aktiv umsetzen werdet?

INHALT

Die Teilnehmer simulieren den Treibhauseffekt im Modell und lernen Ursachen für dessen Verstärkung durch den Konsum kennen

ABSICHT

:: Funktion des CO₂ in der Atmosphäre im Zusammenhang mit Klimawandel begreifbar machen

ART DER AKTIVITÄT

:: forschend

TEILNEHMERZAHL

:: bis Klassenstärke, besser sind Gruppen bis 12 Teilnehmer

TEILNEHMERALTER

:: ab 8 Jahre

ZEIT

:: ½ Stunde

MATERIAL

:: 2 innen geschwärzte Holzschachteln (ca. DIN A4 und 10 - 15 cm hoch)

:: Infrarot-Thermometer

:: Plexiglas-Abdeckung für 1 Schachtel mit vielen, verschieden großen Löchern,

:: CO₂-Aufkleber (Anlage möglichst auf durchsichtiger Folie)

VORBEREITUNG

:: –

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: Kein Regen! Bewölkung ungünstig, am besten Sonnenschein



ABLAUF

- Bitten Sie die Teilnehmer, die Schachteln der Sonneneinstrahlung auszusetzen.
- Erklären Sie den Teilnehmern die Bedeutung der Aktivitäten auf den Aufklebern der Anlage (vgl. [>] Hintergrundwissen 6.2. Kohlendioxid in Produkten); große Aufkleber bedeuten, dass viel Kohlendioxid in einer Aktivität oder einem Produkt stecken, kleine, dass wenig davon zusätzlich freigesetzt wird.
- Bitten Sie die Teilnehmer, die Temperatur in den Kisten zu messen und aufzuschreiben.
- Dann bitten Sie die Teilnehmer, aus den Aufklebern (siehe unten) zehn auszusuchen und kleben damit entsprechend große Löcher der Plexiglasscheibe zu.
- Bitten Sie die Teilnehmer zu beobachten, wie sich die Temperatur in der Kiste verändert.

HINWEIS

- Schwarz wandelt am effektivsten die kurzwellige Lichtenergie in langwellige Wärmestrahlung um.
- Beim Messen mit den Thermometern soll kein Schatten auf die Schachteln fallen.
- Die Plexiglasscheibe übernimmt die Funktion von CO₂ und hält die Wärmestrahlung im „Treibhaus“ (vgl. [>] Hintergrundwissen 3 Kohlendioxid); durch die Aktivitäten (Aufkleber) wird die CO₂-Hülle dichter, die Temperatur nimmt zu.
- Vergleiche [>] Hintergrundwissen 3 Kohlendioxid

VARIANTE

- Teilnehmer basteln Schachteln aus Karton und Frischhaltefolie statt Plexiglasscheibe selbst. Material: Schuhkarton (2 oder mehr Hälften), schwarzes Tonpapier, Frischhaltefolie, Schere, Kleber, Thermometer.
- Legen Sie weiße und schwarze Holz- oder Papp-Füße aus und lassen Sie die Teilnehmer barfuß darüber laufen. Bitten Sie die Teilnehmer, von den Empfindungen zu berichten.

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

- Anschließende Diskussion:
 - :: Woher kommt das CO₂? Welche Gefahren bringt eine übermäßige Erwärmung mit sich?
 - :: Was kann der Einzelne dagegen tun?

Italienurlaub
Flugzeug

90 000 g
CO₂/Person

Italienurlaub
Bahn
18 g CO₂/ Person

3 Getränkedose á
0,5 l Limonade

1 800 g CO₂/Dose

1 l Wasser in
Mehrwegflasche
40 g CO₂/l

Portion Pommes
tiefgefroren

1 100 g
CO₂/Portion

Port. Bratkartof-
feln frisch
40 g CO₂/ Person

1 x Wäschetrockner
laufen lassen (Klasse B)

3 000 g CO₂

1 x Wäsche
draußen aufhängen
10 g CO₂

Argentinisches
Rindersteak

2 700 g
CO₂ /Portion

Geflügel
700 g CO₂/ Person

3 x mit der Hand
spülen (Strom)

4 000g CO₂

Tee kochen mit
Wasserkocher
100 g CO₂/1,5l

1 Kilo Tomaten im
Januar aus dem
beheizten Gewächshaus

9 300 g/kg

Öko-Tomaten
zur Saison
35 g CO₂/ kg

1 Kilo Weintrauben im
Januar aus Südafrika
(Flugzeug)

11 000 g/kg

1 kg Weintrauben
im August aus Italien
460 g CO₂/ kg

JAHRESZEITEN HALTEN EINZUG

INHALT

Die Teilnehmer ermitteln phänologische Daten und vergleichen diese mit anderen Jahren oder Regionen.

ABSICHT

:: Kennenlernen des Jahreszeitenverlaufs mit Hilfe von Wachstumsphasen bestimmter Pflanzen, Identifizieren von Wachstumsstadien, Erkennen wie die Vegetation durch das Klima beeinflusst wird

ART DER AKTIVITÄT

:: forschend

TEILNEHMERZAHL

:: bis 30 Teilnehmer

TEILNEHMERALTER

:: ab 16 Jahre

ZEIT

:: ½ Stunde

MATERIAL

:: phänologische Jahreszeitenuhren, so viele wie Kleingruppen (Anlage)

:: relevante Pflanzen vor Ort, z. B. Apfel, Stieleiche, Haselnuss, Schneeglöckchen, Forsythie, Stachelbeere,...

:: Vergleichsdaten aus vorherigen Jahren, anderen Regionen oder Austriebskarten Apfelblüte = Frühlingsanfang. Evtl. Vergleichsfotos der relevanten Pflanzen (DWD)

VORBEREITUNG

:: Material in ausreichendem Umfang bereitstellen (Kleingruppenarbeit!)

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: in der Vegetationszeit, trocken



ABLAUF

- Erklären Sie die Funktion der phänologischen Jahreszeitenuhr (Anlage 2) und wozu sie dient.
(Vergleiche [>] Hintergrundwissen 1.2 Phänologie)
- Bilden Sie Kleingruppen und bitten Sie diese, die nach der Jahreszeitenuhr derzeit relevante Baumart zu suchen.
- Die Gruppen sollen zunächst den aktuellen phänologischen Zustand der Pflanze ansehen, z. B. indem sie die Knospen genau beschreiben. Tragen Sie das Ergebnis und Datum in die Jahreszeitenuhr ein.
- Zeigen Sie „Uhren“ aus anderen klimatischen Verhältnissen in Bayern und vergleichen Sie z. B. Unterfranken und Fichtelgebirge
- Versuchen sie dann, Zusammenhänge zwischen dem Klima und dem Verhalten der Pflanzen aufzuzeigen.

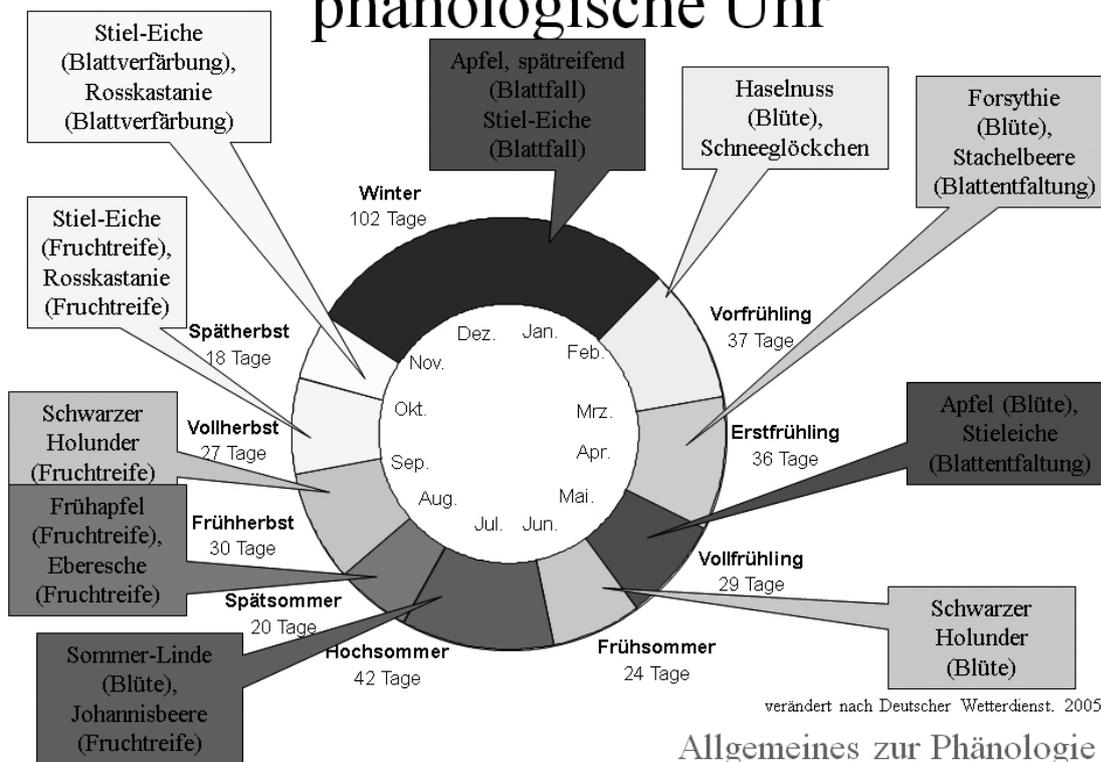
VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

- Klimaänderung wird unter anderem an der Dauer der Vegetationszeit (Verlängerung oder Verschiebung) festgestellt.
- Internationale phänologische Gärten werden mit Klonen betrieben.
- Diskussion über die Auswirkungen der erwarteten Klimaerwärmung auf das Pflanzenverhalten z. B.:
 - :: Wo herrscht heute ein Klima, das zwei Grad wärmer ist als unser heutiges?
 - :: Um wie viel früher treiben dort die Bäume aus?
 - :: Gibt es Klone, die dort nicht gedeihen?
 - :: Welchen Einfluss hat dies auf unsere Jahreszeiten und unser Leben?
- Als Mitgebsel können die Teilnehmer u. U. vorbereitete Klone aus Stecklingsvermehrung (Weide) erhalten oder versuchen, selbst welche herzustellen. Termin: Ende des Winters. Pfropfen wäre aufwändiger.

VARIATION

- Die Teilnehmer können versuchen, sich in den Entwicklungszustand des Baumes hineinzufühlen und als Theater darstellen.

phänologische Uhr



Allgemeines zur Phänologie

WIE VIELE MENSCHEN VERTRÄGT DIE WELT

INHALT

Teilnehmer erfahren bei einem Kooperationsspiel die Endlichkeit der Ressourcen auf der Erde im Zusammenhang mit dem Bevölkerungswachstum.

ABSICHT

:: Endlichkeit der Ressourcen wird im Zusammenhang mit dem globalen Bevölkerungswachstum dargestellt

ART DER AKTIVITÄT

:: –

TEILNEHMERZAHL

:: bis 16 Personen (ist anpassbar und auch mit größeren Gruppen spielbar)

TEILNEHMERALTER

:: ab 8 Jahre

ZEIT

:: ½ Stunde

MATERIAL

:: Schilder mit Jahres- und zugehörigen Bevölkerungszahlen

:: Decke oder Holzstumpen

VORBEREITUNG

:: begrenzten Raum entsprechend der Teilnehmerzahl anlegen

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: auch drinnen möglich



ABLAUF

- Breiten Sie die Decke aus. Sie können die Größe der Fläche, die durch die Decke abgegrenzt wird dadurch variieren, dass sie die Decke teilweise zusammenlegen. Wählen Sie die Flächengröße so, dass alle Teilnehmer zusammen nur sehr knapp stehend darauf Platz finden können (siehe [>] Hinweise).
- Fordern Sie die Teilnehmer auf, sich vorzustellen, dass die Decke den begrenzten Lebensraum auf der Erde darstellt. Erklären Sie, dass der Lebensraum nicht nur der Wohnraum ist, sondern auch der Raum, der notwendig ist, um die Güter zu produzieren, die jeder Mensch verbraucht.
- Bitten Sie zunächst einen Teilnehmer, sich auf die Decke zu stellen. Erklären Sie, dass er 500 Millionen Menschen darstellt, die 1650 die Erde bevölkern. Erkundigen Sie sich z. B. danach ob er ausreichend Platz hat.
- Bitten Sie dann weitere Teilnehmer, sich auf die Decke zu stellen und zwar so, dass sich die Bevölkerung der Erde immer jeweils verdoppelt ([>] Tabelle: Jeder Teilnehmer symbolisiert dabei 500 Millionen Menschen).

Jahr	Weltbevölkerung	Entspricht Teilnehmern
1650	500 Millionen	1 Teilnehmer
1820	1 Milliarde	2 Teilnehmer
1927	2 Milliarden	4 Teilnehmer
1974	4 Milliarden	8 Teilnehmer
1999	6 Milliarden	12 Teilnehmer
2025	Vor. 8 Milliarden	16 Teilnehmer

(Quelle: Institut für Geographie der Uni Greifswald; Wolfgang Weiß: Einführung in die Bevölkerungsgeographie; www.isru.de/tabellen.pdf)

HINWEIS



- Wählen Sie den Raum durch Falten der Decke
 - :: so knapp, dass in der vorletzten Stufe die Teilnehmer nur sehr knapp Platz finden und sich gegenseitig festhalten oder tragen müssen, um als Gruppe darauf zu passen (z. B. für 10 Kinder der vierten Klasse eine normale Woldecke zweimal auf ein Maß von ca. 60 x 90 cm falten) oder
 - :: machen Sie (vor allem Grundschulern) klar, wann eine Bevölkerung wächst: Fragen Sie nach der Anzahl der Geschwister der Kinder, lassen Sie sie einschätzen, ob zwei Eltern mit einem, zwei oder drei Kindern eine Bevölkerung wachsen oder schrumpfen lässt. Sie können die Kinder außerdem schätzen lassen, ob die Bevölkerung in Deutschland sinkt oder wächst, wo in der Welt das anders ist usw.
- Variante 2:
 - :: Wählen Sie den Platz so klein, dass die Gruppe einen oder mehrere Teilnehmer ausschließen muss; die Gruppe muss entscheiden, wer aus der Gruppe ausscheidet (Achtung: nur für geeignete Gruppen ab 16 Jahre!)
- Informieren Sie die Teilnehmer, dass nach dem ökologischen Fußabdruck die Biokapazität der Erde bereits 1991 ausgeschöpft gewesen wäre, die Bevölkerung aber inzwischen angestiegen ist und der weltweite Konsum auch noch zunimmt (Siehe [>] Hintergrundwissen 6.1 Ökologischer Fußabdruck).

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

Weiterführende Fragen an die Teilnehmer:

- Wie ist es ihnen in der Enge gegangen?
- Welche Folgen ziehen sie aus der Tatsache, dass der Platz auf der Erde bereits zu klein ist?
- Was hat dies mit ihrem täglichen Leben zu tun?

Weiterführende Fragen an die Teilnehmer zu Variante 2:

- Wie wurde die Entscheidung gefällt, wer aus der Gruppe ausscheiden muss – und warum?
- Wie wurde die Entscheidung getroffen?
- Wer entscheidet weltweit über den Konsumstandard?

KOHLENDIOXID – LAUF MIT!

INHALT

Die Teilnehmer wetteifern in einem Mannschafts-Laufspiel um möglichst geringe „Kohlendioxid-Rucksäcke“ von Produkten.

ABSICHT

:: Zusammenhänge aufzeigen, Betroffenheit wecken, Bewegung

ART DER AKTIVITÄT

:: lebhaft, wissensorientiert

TEILNEHMERZAHL

:: etwa gleich große Mannschaften, pro Mannschaft ca. 12 Teilnehmer

TEILNEHMERALTER

:: ab 8 Jahre; nach Alter Schwierigkeitsgrad abstufen

ZEIT

:: ½ Stunde

MATERIAL

:: Markierungsbänder

:: 1 Würfel

:: Produktkärtchen Kohlendioxid (Anlage)

VORBEREITUNG

:: pro Mannschaft drei markierte Bäume, die als Anfangs- und Schlusspunkt dienen

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

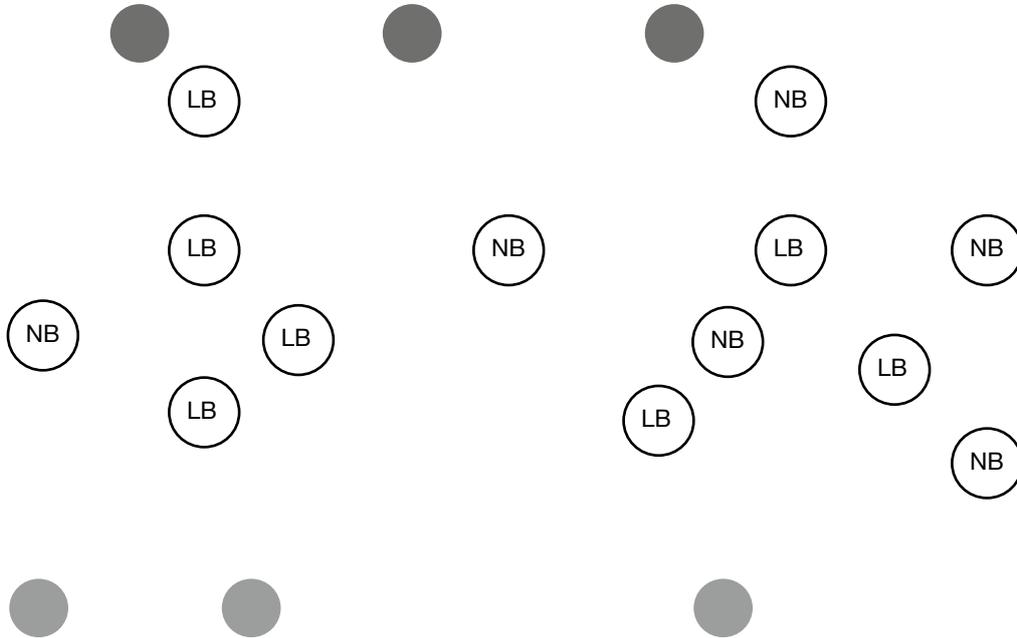
:: Mischbestand



Start Baum 1

Baum 2

Ziel Baum 3 Mannschaft 1



Start Baum 1

Baum 2

Ziel Baum 3 Mannschaft 2

ABLAUF

■ Erklären Sie den Teilnehmern, dass bei der Produktion von Gütern Kohlendioxid durch Energieaufwand freigesetzt wird. (Vergleiche [[>](#)] Hintergrundwissen 6.2 Kohlendioxid in Produkten). Das Spiel ist im Prinzip ein Laufspiel in Form einer Staffel, bei dem die Teilnehmer in Gruppen das in Produkten enthaltene Kohlendioxid (Anlage) durch Abklatschen von Nadel- oder Laubbäumen „einlösen“ sollen. Die Anzahl der jeweiligen Staffelläufer, die Hand in Hand die Bäume ablaufen, wird in jeder Spielrunde gewürfelt. Die Anzahl der abzuklatschenden Bäume richtet sich nach dem Kohlendioxidgehalt des von beiden Mannschaften ausgewählten Produkts, die Option Nadel- oder Laubbaum wird mit Kärtchen bestimmt und die Teilnehmer müssen diesen Unterschied selbstständig erkennen.

Die Spielleitung achtet darauf, dass die richtige Anzahl von Bäumen abgeklatscht wird und jeweils richtig Nadel- oder Laubbaum angelaufen wird.

- :: 1. Schritt: Die Spielleitung würfelt die **Anzahl der Kettenläufer**, z. B. eine Drei: Das legt fest, dass drei Teilnehmer der jeweiligen Mannschaft in dieser Spielrunde Hand in Hand in einer Kette (Kettenläufer) die Bäume anlaufen sollen.
- :: 2. Schritt: **Anzahl der abzuklatschenden Bäume:** Die Spielleitung liest zwei Produktalternativen von den Produktkärtchen vor (NICHT die Kohlendioxidbelastung!): Die Mannschaften entscheiden sich **gemeinsam** für ein Produkt; Aufgrund der Entscheidung liest die Spielleitung die Zahl der abzuklatschenden Bäume vor.
Bsp.: Können die Teilnehmer zwischen einem Kilogramm Sahne oder Joghurt wählen, so müssen sie 5 Bäume anlaufen, wenn ihre Wahl auf die Sahne fällt, aber nur 2 wenn sie sich für Joghurt entscheiden.

- :: 3. Schritt: **Nadel- oder Laubbäume** – gerade Zahlen auf den Kärtchen aus Schritt 2 heißen, dass die Mannschaften Laubbäume, ungerade Zahlen, dass sie Nadelbäume anlaufen müssen. (Bsp. in diesem Fall: 3 Personen (Ergebnis aus Schritt 1) klatschen 5 **Nadelbäume** (Ergebnis aus Schritt 2 und 3) ab.
- :: 4. **Punktgewinn durch Vorsprung**: Die 3 Personen aus den Mannschaften versuchen, so schnell wie möglich 5 verschiedene Nadelbäume anzulaufen und dann zu Baum 2 der eigenen Mannschaft zu rennen. Die schnellere Mannschaft bekommt einen Punkt.
- :: 5. **Die Mannschaft kommt nach**: In den folgenden Spielrunden laufen die Teilnehmer jeweils in Staffelgruppen wie in den Schritten 1 bis 4 beschrieben um Punkte; das heißt, dass die Spielleitung zunächst wieder würfelt, wie viele Personen diesmal laufen müssen, dann das Produkt gemeinsam ausgewählt wird und damit die Entscheidung über Nadel- oder Laubbäume getroffen ist; dabei wird jeweils ein Punkt vergeben; das wird so oft wiederholt, bis alle Teilnehmer am Baum 2 stehen. Sollte die letzte gewürfelte Zahl die Anzahl der Teilnehmer, die am Baum 1 stehen, übersteigen, zählt die Anzahl der Teilnehmer.
- :: 6. Erst wenn alle Schüler am Baum 2 stehen, dann kann die Mannschaft beginnen, Baum 3 anzulaufen.
- :: 7. Das **Spiel ist beendet**, wenn alle Teilnehmer bei Baum 3 stehen.
- :: 8. Die Mannschaft mit den meisten Punkten ist Sieger.

VARIATION

- Reines Laufspiel ohne Kohlendioxidkarten - Die Anzahl der anzulaufenden Bäume kann ausgewürfelt werden.
- Baumartenspiel in sehr vielfältigen Beständen – eine gewürfelte Zahl gibt an, welche Baumart angelaufen werden muss.

Produktkärtchen Kohlendioxid

Flugreise nach Johannesburg 6.340 kg CO ₂ /Person	14	Flugreise nach Sydney 12.460 kg CO ₂ /Person	20
Flugzeug München – Berlin 90 kg CO ₂ /Person	10	PKW München – Berlin 111 kg CO ₂ /Person	12
Bahn München – Würzburg 11 kg CO ₂ /Person	3	PKW München – Würzburg 52 kg CO ₂ /Person	8
1 km mit einem Ford Focus Diesel 127 g CO ₂ /km	2	1 km mit dem Renault Espace 228 g CO ₂ /km	4
1 Stunde Haare föhnen 1.294 g CO ₂ /Stunde	4	1 Stunde Staub saugen (2200 W) 1.423 g CO ₂ /Stunde	5
1 Stunde Licht anlassen (25 W herkömmliche Glühbirne) 16 g CO ₂ /Stunde	3	1 Stunde Farblaserdrucker im Sleeping-Modus (schlechte Effizienz) 29 g CO ₂ /Stunde	4
Pommes frites tiefgekühlt 5.700 g CO ₂ /kg	6	Bratkartoffeln frisch 200 g CO ₂ /kg	3
1 kg Rindfleisch 13.300 g CO ₂ /kg	6	1 kg Geflügel 3.500 g CO ₂ /kg	3
1 kg Sahne 7.600 g CO ₂ /kg	5	1 kg Joghurt 1.250 g CO ₂ /kg	2
1 l Obstsalat 1.650 g CO ₂ /kg	3	1 l Milch 950 g CO ₂ /kg	2
1 l Bier 450 g CO ₂ /kg	1	1 l Milch 950 g CO ₂ /kg	2
1 kg Butter 24.000 g CO ₂ /kg	6	1 kg Margarine 1.350 g CO ₂ /kg	2
1 l Limonade 510 g CO ₂ /l	2	1 l Saftschorle 850 g CO ₂ /l	3
1 kg tiefgefrorenes Gemüse 400 g CO ₂ /kg	4	1 kg frisches Gemüse 150 g CO ₂ /kg	1
1 kg Tomaten im Januar aus Spanien 7.200 g CO ₂ /kg	8	1 kg Tomaten im Mai aus Spanien 600 g CO ₂ /kg	4
0,5 l PET-Flasche 200 g CO ₂	3	0,5 l Getränkedose 360 g CO ₂	6

Quelle Pendos CO₂-Zähler, Pendo München und Zürich; co2online. gGmbH

INHALT

Die Teilnehmer erfahren Stärken und Grenzen von Umweltforschung, -bildung und Entscheidungsfindung.

ABSICHT

:: Stärken und Grenzen von Umweltforschung und -bildung erarbeiten und in einer Verhandlung darstellen. Gemeinsam nach einem Kompromiss suchen

ART DER AKTIVITÄT

:: wissensorientiert, gestaltend

TEILNEHMERZAHL

:: bis 21 Personen

TEILNEHMERALTER

:: ab 12 Jahre

ZEIT

:: 2 Stunden

MATERIAL

:: 3 Pinntafeln

:: Papier zum Bespannen der Tafeln, damit darauf geschrieben werden kann

:: Stifte

:: Kärtchen

:: evtl. Zeitschriften zum Ausschneiden von Illustrationen

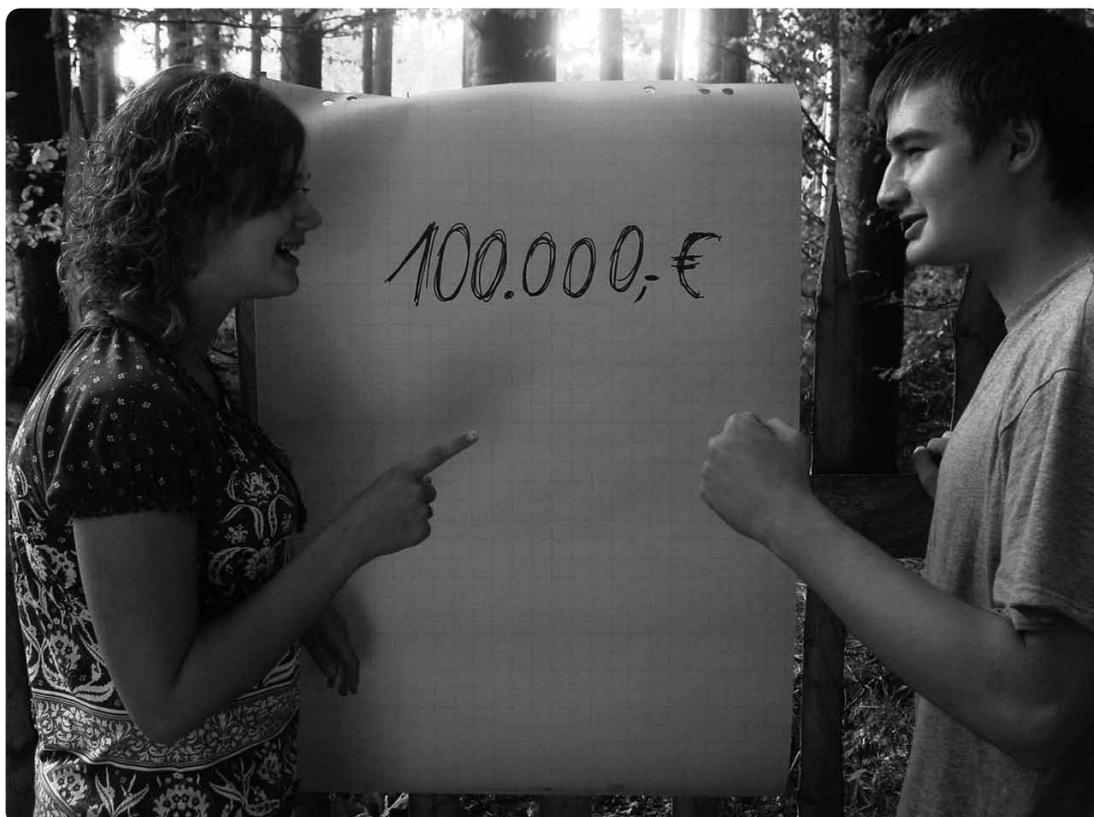
:: Zettel mit Rollenbeschreibung (Anlage)

VORBEREITUNG

:: Rollenbeschreibungen kopieren

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: auch im Raum möglich



ABLAUF

- Schildern Sie folgende Rahmensituation:

Der Haushaltsausschuss stellt 100.000 Euro für den Umweltbereich zur Verfügung. Eine Gruppe Forscher benötigt das gesamte Geld zum Aufbau einer Forschungseinrichtung, um die Wechselbeziehungen zwischen Wald und Klima zu untersuchen. Eine Gruppe Umweltbildner benötigt die 100.000 Euro jedoch, um verschiedene Zielgruppen über Umweltprobleme zu informieren und Verbesserungen in der Bevölkerung anzustoßen. Stellen Sie den weiteren geplanten Verlauf der Aktivität vor. (10 Min.)
- Teilen Sie die Teilnehmer in drei Gruppen, in „Haushaltsausschuss“, „Forscher“ und „Bildner“. Geben Sie jeder Gruppe ihre Rollenbeschreibung und lassen Sie die Gruppen zunächst für sich darin einarbeiten. Forscher und Bildner überlegen sich Argumente, warum das Geld an sie gehen soll und bereiten eine überzeugende Vorstellung ihrer Position vor. Währenddessen überlegt sich der Haushaltsausschuss Kriterien für die Mittelvergabe und bereitet eine Präsentation dieser Kriterien vor. (30 Min.)
- Der Haushaltsausschuss beruft die Sitzung ein. Forscher und Bildner präsentieren nacheinander ihren Standpunkt vor dem Haushaltsausschuss. Der Ausschuss stellt - falls notwendig - Verständnisfragen im Anschluss an jede Darstellung. Jede Gruppe hat einschließlich Klärung von Verständnisfragen 10 Minuten Zeit. (20 Min.)
- Die Argumentation/Diskussion zwischen Forschern und Bildnern wird eröffnet und vom Haushaltsausschuss moderiert. (20 Min.)
- Der Haushaltsausschuss zieht sich zur Beratung zurück, um eine Entscheidung zu treffen. Während dessen haben Forscher und Bildner die Möglichkeit eine einvernehmliche Lösung zu finden. (10 Min.)
- Der Haushaltsausschuss stellt seine Kriterien dar und teilt seine Entscheidung mit. Danach fragt er, ob eine einvernehmliche Lösung gefunden wurde. Falls eine einvernehmliche Lösung gefunden wurde, soll diskutiert werden, ob diese oder die Haushaltsausschuss-Entscheidung gelten soll. (10 Min.)
- Geben Sie den Teilnehmern abschließend Gelegenheit, ihre Erfahrungen mit der Aktivität mitzuteilen. Es sollen unbedingt auch das Entscheidungsfindungsverfahren, die Darstellungsmethoden, der Ablauf der Diskussion usw. diskutiert und bewertet werden. (20 Min.)

HINWEIS

- Weisen Sie die Teilnehmer auf die Gesprächsregeln hin (siehe Waldpädagogischer Leitfaden Anlage 2 zu Wald und Gesellschaft 11 „Wildnis contra Nutzung“) oder lassen Sie die Teilnehmer diese selbst erarbeiten.
- Lassen Sie bei einem Teilnehmeralter von 12 bis 16 Jahren jede Gruppe von einem „Experten“ (Förster, Lehrkraft...) beraten. Erläutern Sie hierzu, dass sich auch Politiker von Experten beraten und aufklären lassen, wenn ihnen für eine Entscheidung die nötige Sachkenntnis fehlt.

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

Besuchen Sie – falls vorhanden – mit den Teilnehmern eine Waldklimastation (vor oder nach der Aktivität).

ROLLENBESCHREIBUNG

Forscher

Ihr möchtet erforschen, wie sich Wald und Klima gegenseitig beeinflussen und wollt wegen des drohenden Klimawandels keine Zeit verlieren. Nun habt ihr die Möglichkeit, hier im Wald eine Forschungseinrichtung aufzubauen. Ihr möchtet insbesondere erforschen:

- Wie hoch ist der Niederschlag? Welche Stoffe sind darin gelöst? Ändern sich diese Werte im Lauf der Zeit?
- Wie ist der Temperaturverlauf? Wie entwickeln sich die Höchst-, Tiefst- und Durchschnittswerte?
- Wie hängt das Waldwachstum von den Niederschlägen und Temperaturen ab?
- Werte/Vorgänge, die euch zusätzlich wichtig erscheinen:

Die benötigten Messgeräte würden mehr als 100.000 Euro verschlingen, doch könntet ihr damit zumindest eine Grundausstattung kaufen und den Messbetrieb beginnen. Ihr seid von der Wichtigkeit und Dringlichkeit der Forschung überzeugt und habt viele gute Gründe dafür. Ihr wollt mit guten Argumenten und einer spannenden Präsentation euren Standpunkt vertreten.

Bildner

Ihr seid um den Gesundheitszustand der Bäume und die Qualität des Grundwassers besorgt – v. a. im Hinblick auf den drohenden Klimawandel. Damit endlich etwas passiert, müssen die Menschen über die Probleme informiert und dazu gebracht werden, ihr Verhalten zu ändern und sich für die Umwelt einzusetzen. Dazu möchtet ihr:

- die „breite Bevölkerung“ mithilfe der Medien informieren
- gezielt an Schulen herantreten
- Info-Material erstellen
- Vorträge, Diskussionen, Tagungen veranstalten
- weitere Maßnahmen durchführen (die euch zusätzlich einfallen)

Ihr bräuchtet viel mehr Geld als die 100.000 Euro, um alle eure geplanten Bildungsmaßnahmen durchzuführen. Ihr könnt damit aber zumindest ein Mindestprogramm durchführen. Ihr wollt mit guten Argumenten und einer spannenden Präsentation euren Standpunkt vertreten.

Haushaltsausschuss

Ihr seid stolz, dass es euch gelungen ist immerhin 100.000 Euro für Umweltschutzaufgaben zur Verfügung zu haben. Dafür habt ihr lange verhandeln müssen. Es ist euch klar, dass das Geld weder für die Forscher noch für die Bildner reicht. Ihr wollt eine gerechte Entscheidung treffen und daher alle Argumente genau hören und Kriterien für die Entscheidung finden, die alle akzeptieren können.

WELT DER ZUKUNFT: WAS WIRD AUS DEM WALD UND MIR?

INHALT

Die Teilnehmer stellen Zukunftsszenarios dar und besprechen Entwicklungswege.

ABSICHT

:: mögliche Entwicklungen und Zusammenhänge thematisieren

ART DER AKTIVITÄT

:: gestaltend

TEILNEHMERZAHL

:: bis 20 Teilnehmer

TEILNEHMERALTER

:: ab 8 Jahre

ZEIT

:: 1 Stunde

MATERIAL

:: Naturmaterialien

VORBEREITUNG

:: –

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: draußen, kein Starkregen



ABLAUF

Schildern Sie die Aufgabe (siehe folgende Punkte) (5 Min).

- Es werden 4 Gruppen á 4 bis 6 Teilnehmer gebildet. Fordern Sie die Gruppe auf, zu überlegen, wie die Welt in 10 Jahren möglicherweise aussehen könnte. Um diese mögliche Zukunft greifbarer machen zu können, bitten Sie die Gruppen, mit Naturmaterialien diese Welt in Miniaturformat aufzubauen. Einleitende Fragen können sein: Wie und wo leben wir? Welche Probleme gibt es? Was würde besser? Was passiert mit dem Wald? Besonders wichtig ist die Frage, wie es zu diesem Zustand kommen konnte. Weisen Sie darauf hin, dass bei der Präsentationsrunde gerade auch der Entwicklungsweg thematisiert werden soll. (30 Min.).
- Jede Gruppe stellt den anderen Teilnehmern ihr Zukunftsszenario dar und erklärt wie es zu diesem Szenario kam. (20 Min.).
- Nachdem alle Szenarien besprochen wurden, können die Teilnehmer Unterschiede und Ähnlichkeiten der Szenarien diskutieren. Es sollte auch die Entscheidungsfindung in der Gruppe, wie das Szenario aussehen soll, thematisiert werden. (10 Min.).

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

- Die Gruppen sollen zwei Zukunftsszenarien bauen: Die Welt in 10 Jahren und die Welt in 20 Jahren. Entwicklungswege werden dadurch deutlicher erkennbar.
- Die Gruppen sollen unterschiedliche Szenarien bauen: Die schlechtest-mögliche Welt in 10 Jahren. Die bestmögliche Welt in 10 Jahren.
- Diskussion: Was kann dafür getan werden, welche Maßnahmen sind nötig, damit der Weg in die positive Richtung gehen kann?

VARIATION

Die Szenarien können bei schlechtem Wetter auch drinnen dargestellt werden, entweder als Collagen aus Zeitschriftenausschnitten oder als gemalte Wandposter.

WIR WERDEN AKTIV – FÜR DEN WALD UND UNS!

INHALT

Die Teilnehmer bereiten eine Kampagne (Ausstellung, Demonstration, Flugblätter etc.) vor und führen sie durch.

ABSICHT

:: sich selbst und andere motivieren aktiv zu werden

ART DER AKTIVITÄT

:: gestaltend

TEILNEHMERZAHL

:: bis 20 Teilnehmer

TEILNEHMERALTER

:: ab 12 Jahre

ZEIT

:: Entwicklung und Nachbesprechung ca. 3 Stunden, Zeitaufwand für Durchführung abhängig von Art der Kampagne

MATERIAL

:: Papier

:: Papptafeln

:: Holzlatten

:: dicke Filzstifte

:: Farbe

:: Pinsel

:: Holzscheiben und hölzerne Wäscheklammern (für selbstgemachte Buttons)

:: Klebstoff

:: Hammer

:: Nägel etc.

VORBEREITUNG

:: Materialien bereitstellen

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: Falls Kampagne im Freien durchgeführt wird, kein Starkregen



ABLAUF

- Diese Aktivität sollte sich an andere anschließen, in denen die fachlichen Inhalte erarbeitet wurden. Die Aktivität 16 „Sherlock Holmes - Wer ist der Täter?“ eignet sich besonders, um mögliche Zielgruppen für eine Kampagne für den Wald zu identifizieren. Die Aktivität 22 „Welt der Zukunft: Was wird aus dem Wald und mir“ kann zeigen, welchen Entwicklungen gegengesteuert werden muss. Je älter die Teilnehmer, desto weniger Vorgaben (Art und Ort der Kampagne, Zielgruppe etc.) sollten Sie machen. Schildern Sie die Aufgabe und stellen Sie vorhandene Materialien vor (siehe folgende Punkte). (5 - 10 Min.)
- Die Teilnehmer entwickeln eine Kampagne. Die Leitung berät und gibt Hilfestellungen.
- :: Planungsphase: Die Teilnehmer einigen sich auf ein Kampagnenziel. Wen wollen sie damit ansprechen? Was motiviert die gewählte Zielgruppe? Welche Medien wollen sie nutzen? Wo wollen sie die Kampagne durchführen? ... (30 Min.).
- :: Vorbereitungsphase: Das Material für die Kampagne wird gestaltet. Aus Holzscheiben und Holzklammern entstehen Buttons mit darauf gemalten Slogans. Plakate werden gestaltet. Eine Info-Ausstellung kann kreiert werden... (90 Min.)
- :: Die Teilnehmer führen die Kampagne durch. (Keine Zeitangabe möglich, da dies weitgehend von den Entscheidungen der Teilnehmer abhängt).
- :: Nachbesprechung: Die Erfahrungen mit allen drei Phasen der Kampagne werden besprochen. Wo gab es Probleme? Was lief besonders gut? Was war meine Rolle? Wie wurden Entscheidungen getroffen? ... (30 Min).

VARIATION

- Bei jüngeren Teilnehmern bzw. wenn wenig Zeit zur Verfügung steht, können die Vorgaben detaillierter gefasst werden. Zum Beispiel könnte man sich auf die Entwicklung von Slogans und die Herstellung von Buttons beschränken.
- Statt einer Kampagne könnte für eine bestimmte Zielgruppe eine Radiosendung oder ein Videofilm erarbeitet werden (entsprechende Ausstattung vorausgesetzt).

INHALT

Mit Seilklettertechnik können die Teilnehmer die Baumkrone erreichen.

ABSICHT

:: Perspektivenwechsel, sich auf den Baum verlassen, sich auf ihn einlassen, erkennen: wir hängen von einander ab

ART DER AKTIVITÄT

:: meditativ, sensitiv, lebhaft

TEILNEHMERZAHL

:: bis 15 Teilnehmer

TEILNEHMERALTER

:: ab 10 Jahre

ZEIT

:: nach Anzahl der Kletterausrüstungen und Teilnehmer. Pro Teilnehmer 10 Min.

MATERIAL

:: Kletterausrüstungen zum Baumsteigen

VORBEREITUNG

:: Seile an soliden Altbäumen anbringen

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: trocken

BESONDERER HINWEIS

:: Ist nur mit Fachpersonal (Steigerausbildung o. ä.) unter Beachtung der üblichen Sicherheitsvorkehrungen durchzuführen



ABLAUF

Jeder Teilnehmer erhält Gelegenheit in die Baumkrone zu steigen.

HINWEIS



Diese Aktivität wurde als Abschluss konzipiert!

Nachdem Zusammenhänge zwischen Klima, Wald und Mensch erarbeitet wurden, bietet sich hier die Gelegenheit, sich dem „Wesen Baum“ auf ganz persönliche Weise zu nähern. Die Anstrengung beim Klettern lehrt Ehrfurcht vor der Wuchsleistung des Baumes und beim Blick nach unten fühlt sich der „Teilnehmer“ als Teil der majestätischen Baumkrone. Den Teilnehmern können zuvor auch Gedanken mitgegeben werden, wie

- :: Die Bäume und wir – wir atmen dieselbe (schmutzige) Luft.
- :: Wir hängen von einander ab.

So findet der Kontakt mit den Bäumen nicht nur auf der kognitiven, sondern auch intensiv auf der emotionalen Ebene statt. Vielleicht führt dies zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit der behandelten Thematik bis hin zu Änderungen von Bewusstsein und Handlungsweisen.

INHALT

In der Projektarbeit planen und pflanzen die Teilnehmer an zwei getrennten Terminen einen zukunftsfähigen Waldbestand.

ABSICHT

:: Anleitung zu vorausschauendem Handeln

ART DER AKTIVITÄT

:: gestaltend, lebhaft, wissensorientiert

TEILNEHMERZAHL

:: bis 30 Personen

TEILNEHMERALTER

:: ab 10 Jahre

ZEIT

:: 1.Termin: 2 Std., 2.Termin: 4 Std. (Mindestwerte!)

MATERIAL

:: **1. Termin:** Standortkarte, „Soforthilfekarte“, Baumarteneignungstabelle, Broschüre „Kulturbegründung und Jungbestandspflege“, Zweige, Maßband, Taschenrechner, Schreibzeug

:: **2. Termin:** mehrere Hohlspaten, Handschuhe, Pflanzen, Pflanzsäcke, Fluchtstäbe

VORBEREITUNG

:: Wiederaufforstungsfläche auswählen, Absprache mit dem Waldeigentümer

ÄUSSERE BEDINGUNGEN

:: kein Regen beim 1. Termin



ABLAUF

1. Termin:

- Nehmen Sie mit den Teilnehmern gemeinsam eine Begehung der aufzuforstenden Fläche vor. Rekonstruieren und erläutern Sie deren Geschichte.
- Fragen Sie die Teilnehmer: Warum soll wiederaufgeforstet werden? Was bringt uns der Wald? Hier bietet sich das „Waldfunktionenspiel“ aus dem Waldpädagogischen Leitfaden an (Aktivität Wald und Gesellschaft 15).
- Planen Sie gemeinsam die Kultur in folgenden Schritten:
 - :: Abstecken, Flächenaufnahme und -berechnung
 - :: Vorstellen der Baumarten anhand der Zweige
 - :: Vorstellen der Klima-Risikokarten („Soforthilfekarten“), der Standortkarte und Feststellen der vorkommenden Standorte
 - :: Stellen Sie geeignete Zukunftsbäume vor
 - :: Diskussion: Welche Bäume sollen auf dieser Fläche für die nächsten hundert Jahre stehen? Evtl. Teilflächen ausscheiden
 - :: Nach Festlegung auf Baumart(en) Berechnung der benötigten Pflanzenzahl nach Broschüre „Kulturbegründung und Jungbestandspflege“ .

2. Termin:

- Vorführen der Pflanztechnik
- Teilnehmer pflanzen die gesamte Kultur selbstständig
- ggf. Flächen- oder Einzelschutz

HINWEIS



- Holen Sie Prognosen ein („Soforthilfekarten“), wie sich die geeigneten Baumarten im Hinblick auf die Klimaänderung für die kommende Waldgeneration voraussichtlich verschieben werden. Orientieren Sie daran den Kulturplan.
- Stellen Sie den Teilnehmern dar, dass die Forstwirtschaft auf die Veränderungen und Herausforderungen reagiert.
- Die **Baumartenwahl sollte ausschließlich von den Teilnehmern durchgeführt** und möglichst **nicht vom Förster beeinflusst werden**, um Motivation, Identifikation sowie Partizipation zu fördern.

VERTIEFUNGSMÖGLICHKEITEN

Weitere Begleitung des Projekts durch die Gruppe:

- ggf. Zaunbau, Zaunreparatur
- freischneiden von verdämmendem Beiwuchs
- Nachbesserung
- Pflege

Vgl. Waldpädagogischen Leitfaden „Waldprojekte 5 und 6“

EIN LEUCHTTURMPROJEKT FÜR DIE ÖFFENTLICHKEIT

Leuchttürme sind markante Positionen, die ins Weite hinaus strahlen sollen, damit andere Orientierung finden. Diesen Begriff der Seefahrt verwenden wir heute gerne, um modellhafte pädagogische Projekte zu kennzeichnen. Er markiert ein Qualitätsurteil, das in der Projektentwicklung einem ausgereiften Produkt zugesprochen wird.

So wie ein Leuchtturm dazu da ist, um wahrgenommen zu werden, so darf und soll auch das Leuchtturmprojekt von der Öffentlichkeit wahrgenommen werden. Durch Öffentlichkeitsarbeit kann das Projekt Waldklimastation zum Anfassen im Dialog reifen und einen immer höherwertigen Qualitätszustand gewinnen. Dieser Herausforderung haben sich die Projektpartner gestellt. Nachfolgend werden Beispiele erfolgreicher PR-Aktionen rund um die Waldklimastation zum Anfassen dargestellt, um Anregungen für konkrete Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit zu geben. Denn: Zu viel gute pädagogische Arbeit geschieht im Kleinen – und keiner weiß davon!

UNSERE WALDKLIMASTATION ALS PR-WIRKSAMES LEUCHTTURMPROJEKT – FÜNF BEISPIELE:

- **Forstwissenschaftlicher Aktionstag „Klimawandel“** des Deutschen Forstwirtschaftsrates und der Bayerischen Forstverwaltung am 06.08.2007, zu dem Herr Staatsminister Josef Miller süddeutsche Pressevertreter eingeladen hat. Dieser Aktionstag erbrachte eine breite Resonanz in Hörfunk und Printmedien.



- **Projektbeispiel der Kampagne Wasserleben 2008 im Rahmen des Marketingprozesses Umweltbildung.Bayern.** Beim zentralen Kampagnenauftritt am 02.04.2008 sowie zum Abschluss am 21.10.2008 auf dem Markt der Möglichkeiten präsentierten viele Projektpartner die Breite der bayerischen Umweltbildung im Beisein von Staatsminister Otmar Bernhard – auch unsere Waldklimastation war vertreten.



- **Regionales Leuchtturmprojekt der Kampagne Wasserleben 2008 im Regierungsbezirk Schwaben.**

Am 02.06.2008 trafen sich vormittags zahlreiche Schulklassen zu einem Stationenlauf, am Nachmittag besuchten gezielt eingeladene Vertreter von Kommunen, Behörden, Verbänden, und Medien unsere Waldklimastation. Außerdem wandte sich dieser Tag auch an einen bunten Kreis von Familien mit Kindern, Senioren und anderen Interessierten.



- **Exkursionsziel für Forstexperten einer waldpädagogischen Multiplikatorengruppe aus Kroatien am 15.10.2008.** Oft schon war die Waldklimastation zentrales Element von Fortbildungen für Lehrergruppen und Fachkräfte der forstlichen Arbeit. Durch die internationale Dimension wird ein weiteres Kriterium von Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) unterstützt.



- **Journalisten begleiten uns bei der täglichen Arbeit.** Auch die Mitwirkung eingeladener Journalisten bei Standard-Veranstaltungen des regulären Bildungsprogrammes kann zur Quelle für regionale Berichterstattungen in Tageszeitung und Hörfunk werden. Dabei sollte möglichst ein spezieller Anlass (wie der „Internationale Tag der Familie – 15. Mai“ oder der „Weltkindertag – 20. November“) genutzt werden.



GRUNDSATZ

Die Öffentlichkeitsarbeit für ein Projekt der Umweltbildung sollte immer zielgruppenbezogen („Wer alle erreichen will, erreicht niemanden!“) und anlassbezogen ausgerichtet sein-
Beispiele:

■ Zielgruppen

- :: Pressevertreter: z. B. Tageszeitung, Hörfunk, Regionalmedien
- :: Fachpublikum: z. B. „grüne Behörden“, Umweltlehrer
- :: Multiplikatoren: Schulleiter in der Region
- :: Künftige Nutzer: Lehrer und Erzieher
- :: Verbände und Gruppen z. B. LBV, BN, FBG, OGV
- :: Sponsoren

■ Anlässe

- :: Stationen des Projektes: Start, neue Partner, neue Personen usw.
- :: Tag der offenen Tür: jährlich wiederkehrende Aktion
- :: Prominenter Besuch: z. B. Bürgermeister, Landrat, Abgeordnete
- :: Globales Medienthema vor Ort veranschaulichen
- :: Auszeichnung der eigenen Arbeit

**PRESSESTIMMEN ZUR ARBEIT AN DER WALDKLIMASTATION ROGGENBURG
(ZUSAMMENSTELLUNG ZUM DFWR-TAG)**

Wald erleben, Wald verstehen, dem Wald im Klimawandel helfen: Im Walderlebniszentrum am Kloster Roggenburg mitsamt zugehöriger Waldklimastation kann die Bevölkerung lernen, welchen Umwelteinflüssen der Wald ausgesetzt ist und wie die Forstexperten darauf reagieren. An der Klimastation machte sich auch der Bayerische Landwirtschaftsminister ein Bild von der guten pädagogischen und fachlichen Arbeit der staatlichen Forstverwaltung. Der Klimawandel werde sich auf Bayerns Wälder gravierend auswirken, sorgte sich Miller. Besonders die flachwurzelnde Fichte, den „Brotbaum“ der Waldbesitzer, treffe es hart. Sich häufende Sturmschäden und großflächiger Borkenkäferbefall führten zu Qualitätseinbußen, Preisverfall und Ertragsminderungen in Höhe von 250 Mio. Euro im Jahr. „Deshalb müssen wir unsere Wälder möglichst schnell fit machen für den Klimawandel“, forderte der Minister.

Aus: Den Wald erleben und verstehen. Von Michael Ammich, in: Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt vom 31.08.2007.

Bäume, die heute wurzeln, haben ihre „Karriere“ noch vor sich, sagt der Forstwissenschaftler Christian Kölling von der LWF. Geerntet werden sie 2107. „Sie erleiden den Klimawandel vom Kühlschrank zum Backofen.“ Nichts für die Fichte. Sie mag kühle Temperaturen. „Die letzten 50 Jahre stimmte das Klima mit ihren Bedürfnissen überein.“ Auch der Roggenburger Forst war im Zentrum des Wohlfühlbereichs. Doch die Zeiten sind wohl vorbei. Richtung Donautal wird die Situation für die Fichte zunehmend kritischer. (...) Doch allein auf die Buche können die Waldbesitzer nicht bauen. Gefragt ist ein gesunder Mix. 30 baumartige Gehölze stehen theoretisch zur Verfügung, sagt Günter Biermayer vom Forstministerium – mit vier Hauptbaumarten wird bislang gewirtschaftet: Fichte, Kiefer, Buche und Eiche. An Bedeutung wird die Tanne gewinnen, die längst nicht so anfällig ist wie die Fichte.

Aus: Die Suche nach der idealen Baumart. Von Dorothea Schuster, in: Augsburgener Allgemeine vom 09.08.2007

Der kleine Christian rupft mit seiner Harke büschelweise Moos aus dem Waldboden. Drüben am Weiher lässt ein Förster Buben durch sein Fernglas Fichtenkronen begutachten. „Die sehen nicht gut aus“, sagt einer nach einem Blick ins Bestimmungsbuch. „Die haben viel zu wenig Nadeln.“ An der Waldklimastation lernen derweil die Eltern, dass eine 30 Meter hohe Buche pro Tag 150 Liter Wasser aus dem Waldboden saugt. Die Aktionen des Walderlebnis-zentrums Kloster Roggenburg sind begehrt. (...) Derweil gießt Christian aus einer grünen Kanne Wasser auf den Boden. Wo Moos ist, verschwindet es. Wo keines ist, fließt es den Abhang hinab. „So ist das auch bei einem heftigen Regen“, sagt ein Förster. „Im Wald versickert er im Boden. Fehlen die Bäume, gibt’s schnell Hochwasser.“

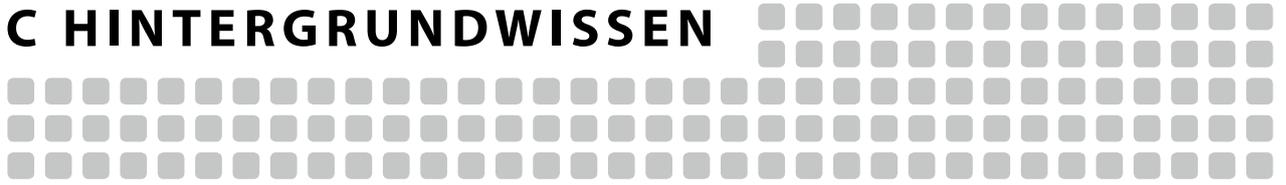
Aus: Im Kloster die Natur erspüren. Von Christian Sebald, in: Süddeutsche Zeitung vom 08.08.2007.

Roggenburg ist ein Ort der Einkehr, und das nicht nur, weil es in dem zwischen Wiese, Obstgarten und Wald eingebetteten Ort die Klosterschänke gibt. Und auch nicht nur wegen des gleichnamigen Prämonstratenserklosters und seiner Kirche, deren schwäbischen Barock die dortigen Chorherren als schlicht bezeichnen, der dem oberfränkischen Auge aber als durchaus prachtvoll erscheint. Vielmehr ist es die vom Kloster mit Unterstützung des Staates betriebene Stätte der Umweltbildung samt Walderlebniszentrum, die Tausende von Familien anzieht. Und während deren Kinder spielerisch erleben, was der Wald für den Menschen bedeutet, diskutieren an einem sonnigen Augusttag Fachleute darüber, wie es um die Zukunft des Waldes bestellt ist. Sie sind auf der Suche nach dem Wald, der der Klimaerwärmung wenigstens halbwegs standhalten wird, oder, wie es der ebenfalls schwäbische Forstminister Josef Miller (CSU) formuliert: „Wir brauchen Trees for the Future.“

Aus: Die Buche soll den Wald retten. Von Thomas Lange, in: Fränkischer Tag vom 08.08.2007

„Der Klimawandel erfordert zuallererst einen Sinneswandel in den Köpfen, sonst werden die Gegenmaßnahmen wirkungslos verpuffen“, sagte Miller. Vor allem Kinder und Jugendliche müssten als Träger der Zukunft neu an die Natur und Umwelt herangeführt werden. (...) Durch die „Waldpädagogik“ gelingt es den Fachleuten, den Kindern den Klimawandel, seine Auswirkungen auf den Wald und auf die Lebenswelt des Menschen, auf ganz einfache und lebensnahe Weise zu erklären. Kinder und Jugendliche lernen durch eigene praktische Erfahrungen einen ganz neuen Bezug zu Wald und Natur kennen. (...) Dass es sich hier um einen wertvollen Beitrag zur Umweltbildung handelt, hat auch die Kulturorganisation der Vereinten Nationen Unesco erkannt. Das Waldprojekt in Roggenburg wurde im Jahr 2006 als offizieller Beitrag für die von 2005 bis 2014 währende Weltdekade „Bildung zur nachhaltigen Entwicklung“ ausgezeichnet. Damit wurde von der Unesco erstmals in Bayern ein Bildungsangebot mit Bezug zu Wald- und Forstwirtschaft gewürdigt.

Aus: Laborpraxis im Umweltraum von Maria Steber, in: Sonntagszeitung für das Bistum Augsburg vom 18./19. 08.2007.



Der inhaltliche Aufbau der Hintergrundinformationen folgt in der Regel dem Aufbau der Handreichung, wobei Überschneidungen und übergreifende Informationen nicht vermeidbar sind.

- 1. Waldmonitoring**
 - 1.1 Kronenzustandserhebung
 - 1.2 Phänologie
 - 1.3 Waldklimastationen
 - 1.4 Waldklimastationen zum Anfassen
 - 1.5 Parameter und Messergebnisse bayerischer Waldklimastationen

- 2. Klimawandel**

- 3. Kohlendioxid**
 - 3.1 CO₂ als Bestandteil von Luft
 - 3.2 CO₂ in Holz
 - 3.3 Wald und CO₂ aus Verkehr
 - 3.4 CO₂ durch menschliche Atmung
 - 3.5 Natürliche Kohlenstoffsinken

- 4. Umweltchemische Faktoren**
 - 4.1 Überblick über den pH-Wert
 - 4.2 Überblick über Stickstoff

- 5. Wirkungsweisen im Wald**
 - 5.1 Luftschadstoffe auf dem Weg ins Grundwasser
 - 5.2 Wald und Trinkwasser
 - 5.3 Pufferung
 - 5.4 Versauerung der Böden
 - 5.5 Stickstoffeinträge
 - 5.6 Grundsätzliches zu chemischen Parametern

- 6. Fragen der Nachhaltigkeit**
 - 6.1 Ökologischer Fußabdruck
 - 6.2 Kohlendioxid in Produkten



1. WALDMONITORING

Seit 1985 werden die Umwelteinflüsse - vor allem durch Luftverunreinigungen - und deren Wirkungen auf den Wald langfristig mit standardisierten Verfahren, einem sog. Monitoring, untersucht. An dem Programm ICP Forest (International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests) sind 41 europäische und außereuropäische Länder beteiligt. Das Umweltmonitoring besteht aus verschiedenen Messprogrammen und -verfahren, deren Ergebnisse im Waldzustandsbericht veröffentlicht werden. Sie fließen außerdem in zahlreiche weiterführende Forschungsarbeiten ein.

Die Ergebnisse des Waldmonitorings haben in der Vergangenheit zu wesentlichen Verbesserungen der Luftreinhaltung geführt: Zu nennen sind hierbei insbesondere die Einführung von Katalysatoren sowie die Reduzierung der Säureeinträge durch Verwendung von Entschwefelungsanlagen und DENOX-Filter (Kölling, 1999).

Relevant für die Handreichung und die didaktische Anwendung sind folgende Bestandteile des Untersuchungsprogrammes:

- :: Kronenzustandserhebung (siehe 1.1)
- :: Phänologie (siehe 1.2)
- :: Erhebungen in 18 Waldklimastationen (siehe 1.3)

Ein umfassendes Waldmonitoring setzt sich aus vielen Programmen zusammen und reicht von ökologischer Risikobewertung bis hin zur ökonomischen Leistungsbeurteilung. Ergebnisse der Bodendauerbeobachtung mit 45 Flächen in Bayern, Borkenkäfermonitoring, Inventurergebnisse zur Waldverjüngung, Erhebungen zum Natura 2000-Programm (Fauna+Flora), Genetisches Monitoring und weitere Untersuchungen münden in verschiedene, regelmäßig erscheinende Berichte wie Waldzustandsbericht, Bodenzustandsbericht, Bundeswaldinventur, etc.

1.1 KRONENZUSTANDSERHEBUNG

Auf der gesamten Waldfläche in Bayern, Deutschland und insgesamt 41 Ländern wird alljährlich der Gesundheitszustand der Waldbäume mit einem einheitlichen Stichprobenverfahren, der Kronenzustandserhebung, eingeschätzt und bewertet. In einem Aufnahmeraster mit genau definierten Abständen lässt sich so eine sichere Abschätzung des Gesundheitszustandes für den gesamten Wald vornehmen.

Der Zustand der Baumkronen gibt Hinweise auf mögliche Erkrankungen und Schäden der Waldbäume. Allerdings ist dieser ein unspezifischer Indikator, der keine Rückschlüsse auf einzelne Ursachen des „gestörten Wohlbefindens“ zulässt. Als wichtige Einflussfaktoren für sichtbare Kronenzustandsänderungen wurden in der Vergangenheit identifiziert:

- :: überhöhte Schadgaskonzentrationen (Rauchgasschäden),
- :: standörtliche und durch anthropogene Schadbelastungen hervorgerufene Nährstoffstörungen
- :: biotische Schadfaktoren (Insekten und Pilze)
- :: Klimafaktoren sowie starke Witterungseffekte (Frost oder Trockenheit).

Die Ursachen für die Kronenverlichtungen variieren z. T. regional und standörtlich erheblich.



Die aktuelle Forschung bemüht sich um noch genauere Erkenntnisse über das komplexe Wirkungsgefüge im Wald. Ein Ansatz besteht darin, die Ergebnisse der Kronenzustandserhebung mit weiteren landesweiten Inventurdaten (zu Waldwachstum und zur Bodenqualität) oder flächig verfügbaren Daten zu Witterung und Klimaänderung zu verknüpfen. Erkenntnisse über zeitliche Veränderungen, wie sie die Untersuchungen an den bayerischen Waldklimastationen ermöglichen, werden dabei eingebunden. Starker Nadel- und Blattverlust (ab 40 %) stellt für Bäume einen Stress dar, der sich z. B. in einer verminderten Leistungsfähigkeit (Vitalität) und geringerem Holzzuwachs widerspiegelt.

1.2 PHÄNOLOGIE

Phänologie ist die systematische Beobachtung von wiederkehrenden Entwicklungsereignissen an Pflanzen im Jahresverlauf (z. B. Knospenentfaltung oder herbstliche Laubfärbung) sowie von augenscheinlichen Reaktionen der Pflanzen auf biotische oder abiotische Ereignisse durch entsprechende Entwicklungen.

Phänologie wird vor allem im Bereich der Meteorologie (Internationale Phänologische Gärten) und der Agrarmeteorologie benutzt (z. B. für Ernteprognosen). Aber auch im Waldmonitoring erfolgen phänologische Beobachtungen unterschiedlicher Intensität. Die Pflanzenentwicklung dient als Indikator für die Reaktionen der Waldbäume und Wälder auf Umwelt und Witterungseinflüsse. Die Vegetationszeit für einzelne Standorte kann abgegrenzt und in Beziehung zu meteorologischen Daten gesetzt werden. Langfristige phänologische Beobachtungen sind wichtige Proxi- („Stellvertreter“-)Daten zur Aufdeckung oder Bestätigung von Trends, z. B. der Verschiebung der Vegetationszeit durch den Klimawandel.

Der Deutsche Wetterdienst hat auf seiner Internetseite eine umfangreiche Sammlung von Pflanzen zusammengestellt, die für die phänologischen Beobachtungen verwendet werden. Der sogenannte „Phänologische Kalender“ stellt die tatsächliche Entwicklung der Vegetation unabhängig von kalendarischen Jahreszeiten dar und ist regional je nach Witterungsverlauf und klimatischen Gegebenheiten regional sehr unterschiedlich. Der Vollfrühling beispielsweise wird danach dem Entwicklungsstand der Apfelblüte folgend definiert. Unter www.dwd.de – Klima + Umwelt – Phänologie können umfangreiche Informationen abgerufen werden, u. a. Bilder über die Entwicklungsstadien von Pflanzen und historische Verläufe der Jahreszeiten.

Phänologische Daten werden an allen bayerischen Waldklimastationen erhoben. Am Beispiel der Kornelkirsche in Freising kann dargestellt werden, dass deren Blüte rund 3 Wochen früher stattfindet als vor 40 Jahren (siehe 2. Klimawandel). Die älteste phänologische Beobachtungsreihe stellt das Japanische Kirschblütenfest dar, das nicht an ein Datum gebunden ist, sondern sich nach diesem Naturphänomen richtet.

1.3 WALDKLIMASTATIONEN

Waldklimastationen stellen mit der Erfassung der Klimaverhältnisse mit umfangreichen Messreihen einen wichtigen Faktor des Monitoringprogrammes dar, um über die jeweiligen klimatischen Einflüsse auf den Wald an den jeweiligen Standorten Kenntnisse zu erhalten. Bayern betreibt 18 Waldklimastationen. Die Flächen sind Referenzmessorte und inmitten typischer Waldgebiete gelegen, an denen langfristig, kontinuierlich und sehr intensiv beobachtet wird. Die Klimastationen bestehen jeweils aus einer sog. Freilandstation und einer Bestandesstation, an denen gleichzeitig und am selben Ort die Umwelteinflüsse verglichen werden können. Gemessen werden:

- Die Umwelteinflüsse auf den Wald:
 - :: Witterung wie Niederschlag, Windgeschwindigkeiten, Luftfeuchte, Globalstrahlung, Lufttemperatur, etc.
 - :: Eintrag von Luftschadstoffen
 - :: weitere Erhebungen wie Ozonschäden



- Die Belastung des Waldwassers und der Verbleib der Schadstoffe im Waldökosystem
 - :: Chemische Zusammensetzung des Niederschlags- und Bodenwassers
 - :: Schadstoffbelastung der Böden und Pflanzen (pH-Wert, Stickstoff in verschiedenen Bindungsformen, etc.)
 - :: Schadstoffaustrag aus dem Waldboden

- Die Wirkungen an Waldbäumen:
 - :: Wachstum z. B. über den Zuwachs der Bäume
 - :: Vitalität der Wälder anhand des Zustandes der Baumkronen
 - :: Beeinträchtigungen durch Insekten und Pilze
 - :: Versorgungszustand der Vegetation mit Nährstoffen

Die Proben aus den Waldklimastationen werden zentral im Labor der LWF mit aufwändigen Verfahren auf verschiedene Parameter untersucht. Zur Gewährleistung bestimmter Standards werden sogenannte Ringversuche auf europäischer Ebene durchgeführt, das heißt, dass Proben mit bekannten Konzentrationen „blind“ beprobt werden und das Ergebnis mit dem Ausgangswert verglichen wird.

In den pädagogischen Waldklimastationen zum Anfassen werden aus Gründen der Verständlichkeit und Anschaulichkeit nur zum Teil Messverfahren dargestellt, wie sie in den Waldklimastationen angewendet werden. Es werden auch einfachere, ältere oder anschaulichere Verfahren gezeigt, die den Besucher die Art der Messmethodik vermitteln sollen. In diesen pädagogischen Stationen werden zwar eigene Erhebungen gemacht und verschiedene Parameter gemessen, es werden aber keine vergleichbaren Daten wie in den wissenschaftlichen Messstationen gewonnen.

1.4 WALDKLIMASTATIONEN ZUM ANFASSEN

Mit den Waldklimastationen sollen in erster Linie wissenschaftliche Methoden vorgestellt und verständlich gemacht werden. In diesen Einrichtungen sollen Besucher die Möglichkeit haben, selbst „Hand anzulegen“.

Zur Optimierung der Ausstattung der pädagogischen Waldklimastation fand ein Workshop an der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) statt, an dem die wissenschaftlichen Mitarbeiter der Waldzustandsforschung der LWF, die pädagogischen Mitarbeiter des Walderlebnis zentrums (WEZ) Roggenburg und des Bildungszentrums Roggenburg beteiligt waren. Damals wurde versucht, die Parameter der Waldklimaforschung zu finden, die

- :: möglichst einfach zu messen sind, und
- :: möglichst offensichtliche Ergebnisse präsentieren.

Die Zusammenstellung der Messeinrichtungen in der pädagogischen Waldklimastation Roggenburg spiegeln das Ergebnis dieses Tages wider. Die Beschreibungen der Messeinrichtungen in der Anlage 1 zu Aktivitäten der Waldklimastation 1 „Was wird in meiner Messeinrichtung gemessen?“ können als Grundinformation für Aktivität 1 verwendet werden, aber auch der Orientierung für Betreiber von pädagogischen Waldklimastationen dienen.

Im Anschluss an die Beschreibungen der einzelnen Messeinrichtungen werden jeweils Ergebnisse der Station in Roggenburg ausgeführt. Sie stellen Beispiele dar, wie Messergebnisse im bayerischen Vergleich einzustufen sind, weisen aber auch auf eventuelle Hindernisse und Schwierigkeiten der Interpretation von Ergebnissen hin. Dazu dient auch die Zusammenstellung der Ergebnisse unter Ziff. 1.5.



1.5 PARAMETER UND MESSERGEBNISSE BAYERISCHER WALDKLIMASTATIONEN

Jahr	Tiefstwert WKS	Höchstwert WKS	Durchschnittswert WKS
pH	Freilandniederschlag: 3,4 Bestandesniederschlag: 2,9 Stammablauf: 3,8 Humuswasser: 3,0 Bodenwasser: 3,1	Freilandniederschlag: 9,1 Bestandesniederschlag: 9,4 Stammablauf: 7,8 Humuswasser: 8,8 Bodenwasser: 9,6	Freilandniederschlag: 5,4 Bestandesniederschlag: 5,7 Stammablauf: 6,0 Humuswasser: 4,8 Bodenwasser: 5,8
PO ₄ ²⁻	P-Konzentrationen: 0,004 mg/l	P-Konzentrationen: Freilandniederschlag: 4,7 mg/l Bestandesniederschlag: 64,8 mg/l Stammablauf: 3,6 Humuswasser: 11,6 mg/l Bodenwasser: 2,4 mg/l	P-Konzentrationen: Freilandniederschlag: 0,09 mg/l Bestandesniederschlag: 0,40 mg/l Stammablauf: 0,24 mg/l Humuswasser: 0,39 mg/l Bodenwasser: 0,04 mg/l
NH ₄ ⁺	NH ₄ ⁺ -Konzentrationen: 0,05 mg/l	NH ₄ ⁺ -Konzentrationen: Freilandniederschlag: 29,2 mg/l Bestandesniederschlag: 239 mg/l Stammablauf: 13,5 mg/l Humuswasser: 22,9 v Bodenwasser: 42,7 mg/l	NH ₄ ⁺ -Konzentrationen: Freilandniederschlag: 1,1 mg/l Bestandesniederschlag: 2,7 mg/l Stammablauf: 1,4 mg/l Humuswasser: 1,2 mg/l Bodenwasser: 0,1 mg/l
NO ₂	Keine Messungen an den WKS		
NO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻ -Konzentrationen: 0,05 mg/l	NO ₃ ⁻ -Konzentrationen: Freilandniederschlag: 48,5 mg/l Bestandesniederschlag: 87,9 mg/l Stammablauf: 73,7 mg/l Humuswasser: 226,2 mg/l Bodenwasser: 155,3 mg/l	NO ₃ ⁻ -Konzentrationen: Freilandniederschlag: 2,6 mg/l Bestandesniederschlag: 6,1 mg/l Stammablauf: 8,1 mg/l Humuswasser: 11,1 mg/l Bodenwasser: 7,3 mg/l
Härte	Keine Messungen an den WKS		
SO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻ -Konzentrationen: Freilandniederschlag: 0,05 mg/l Bestandesniederschlag: 0,05 mg/l Stammablauf: 0,22 mg/l Humuswasser: 0,22 mg/l Bodenwasser: 0,05 mg/l	SO ₄ ²⁻ -Konzentrationen: Freilandniederschlag: 25,5 mg/l Bestandesniederschlag: 115,8 mg/l Stammablauf: 29,2 mg/l Humuswasser: 45,0 mg/l Bodenwasser: 195,7 mg/l	SO ₄ ²⁻ -Konzentrationen: Freilandniederschlag: 1,8 mg/l Bestandesniederschlag: 2,9 mg/l Stammablauf: 3,4 mg/l Humuswasser: 3,0 mg/l Bodenwasser: 11,1 mg/l
FE	Fe ⁻ -Konzentrationen: 0,035 mg/l	Fe ⁻ -Konzentrationen: Freilandniederschlag: 0,51 mg/l Bestandesniederschlag: 0,34 mg/l Stammablauf: 0,24 mg/l Humuswasser: 1,66 Bodenwasser: 1,09 mg/l	Fe ⁻ -Konzentrationen: Freilandniederschlag: 0,04 mg/l Bestandesniederschlag: 0,04 mg/l Stammablauf: 0,04 mg/l Humuswasser: 0,21 mg/l Bodenwasser: 0,04 mg/l



2. KLIMAWANDEL

Klima wird nach Joachim Blüthgen 1966 in „Allgemeine Klimageographie“ (de Gruyter) folgendermaßen definiert:

Das geographische Klima ist die für einen Ort, eine Landschaft oder einen größeren Raum typische Zusammenfassung der erdnahen und die Erdoberfläche beeinflussenden atmosphärischen Zustände und Witterungsvorgänge während eines längeren Zeitraumes in charakteristischer Verteilung der häufigsten, mittleren und extremen Werte.

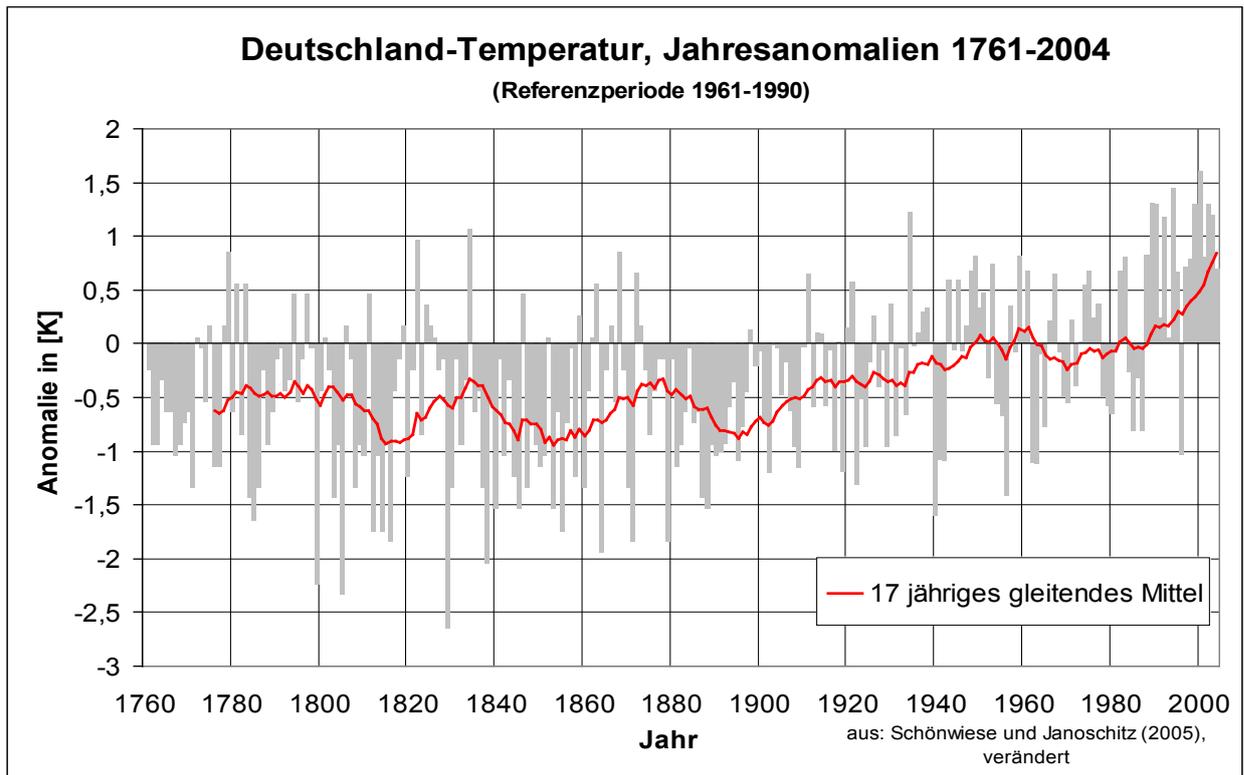
Für den vielzitierten Klimawandel ist grundsätzlich vorauszuschicken, dass es keine Beweise gibt, die diesen eindeutig belegen. Vielmehr handelt es sich um einen „Indizienprozess“. Ausführliche und weiterführende Informationen zu diesem „Fall“ sind im vierten Sachstandsbericht des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) zu finden. Wesentlich erscheint, dass Kohlendioxid als Hauptfaktor der Klimaerwärmung aus Verbrennung fossiler Stoffe und Landnutzungsänderungen identifiziert wurde. Eine globale Emissionsreduzierung des Treibhausgases kann die Klimaerwärmung wohl reduzieren, auf der Stelle gestoppt werden kann sie dagegen nicht.

H. Maier beschreibt in Heft 1/2009 der „Praxis der Naturwissenschaften“ den Klimawandel und die Auswirkungen auf den Wald. Im kurzen Überblick lassen sich unter anderem folgende Punkte festhalten:

- :: Die Eigenschaften der Atmosphäre haben sich seit Beginn der Industrialisierung (Mitte 19. Jh.) verändert. Kohlendioxid, Methan und Lachgas (Distickstoffoxid) als relevante Treibhausgase sind in so hohen Konzentrationen in der Atmosphäre nachzuweisen wie seit 10.000 Jahren nicht.
- :: Laut einer Studie des Deutschen Wetterdienstes zum Klima in Deutschland von 1901 bis 2007 stieg die Jahresmitteltemperatur in Deutschland um 0,9 °C (global nur 0,7 °C). Dabei unterscheidet sich der Anstieg der Monatsmitteltemperaturen voneinander, der Monat mit der höchsten Temperatursteigerung ist der August.
- :: Phänologische Erhebungen (Entwicklungsstadien von Pflanzen) haben am Beispiel der Kornelkirsche in Freising gezeigt, dass deren Blüte rund 3 Wochen früher stattfindet als vor 40 Jahren.
- :: Niederschlagsänderungen in Deutschland lassen sich nur als Trends ausdrücken: offensichtlich nehmen die Winterniederschläge zu, die im Sommer tendenziell leicht ab.

Die weitere Entwicklung des Klimas lässt sich aus Modellrechnungen lediglich abschätzen. Aus den vorhandenen Daten der Waldzustandsforschung und weiteren Daten wird das heutige Klima nachberechnet und als Modell verifiziert. Dann werden Parameter verändert und Weiterentwicklungen des Klimas unter verschiedenen Voraussetzungen berechnet.

Der Deutsche Wetterdienst hat aus verschiedenen Emissionsszenarien hinsichtlich der Menge und Dauer des freigesetzten Kohlendioxids globale Temperaturanstiege bis 2100 zwischen 0,5 °C und 4 Grad errechnet. Der IPCC geht im schlimmsten Fall von einer Erwärmung um bis zu 6,4 °C bis zum Jahr 2100 aus.



Die Abbildung zeigt als Referenzpunkt (Nulllinie) den Durchschnitt der Temperaturen in Deutschland von 1961 bis 1990. Von dieser Nulllinie ist die Abweichung der Durchschnittstemperatur des jeweiligen Jahres von der Nulllinie nach oben oder unten eingezeichnet. Die rote Linie zeigt den 17-jährigen gleitenden Durchschnitt der jeweiligen Periode. Aus der Abbildung lässt sich ablesen, dass in Richtung des Jahres 2000 die Häufigkeit der Temperaturabweichung nach unten abnimmt und die nach oben zunimmt. Das 17-jährige gleitende Mittel übersteigt die Referenzlinie zum ersten Mal um 1950 und liegt seit den neunziger Jahren permanent darüber.

3. KOHLENDIOXID

Die Zunahme der Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre wurde als eine wesentliche Ursache für die Klimaerwärmung identifiziert (siehe Hintergrundwissen 2 Klimawandel). Deshalb wird das Gas im nachfolgenden Kapitel näher betrachtet. Vorauszuschicken ist, dass Kohlendioxid eines der sog. Treibhausgase der Atmosphäre ist, das kurzwellige Strahlung (Licht) passieren lässt, langwellige (Wärme) jedoch nur zum Teil. Kohlendioxid ist zudem grundlegender Rohstoff bei der Bildung von Biomasse auf dem Weg der Fotosynthese. Dabei werden Kohlenhydrate aus Kohlendioxid und Wasser unter der Nutzung der Lichtenergie gebildet (Fotosynthese). Diese dienen Pflanzen und Bakterien als Energieträger und als Bausteine für weitere chemische Umsetzungen.

3.1 CO₂ ALS BESTANDTEIL VON LUFT

Luft besteht aus folgenden Komponenten:

- :: Stickstoff mit 78 % = 780 000 Teile von 1 000 000 Teilen
- :: Sauerstoff mit 21 % = 210 000 Teile von 1 000 000 Teilen
- :: Kohlenstoffdioxid 0,038 % = 380 Teile von 1 000 000 Teilen
- :: und anderen Bestandteilen wie Edelgasen, die in der Summe das letzte fehlende Prozentteil ergänzen



Kohlendioxid ist damit nur ein kleiner Bestandteil der Luft: In vorindustrieller Zeit lag die CO₂-Konzentration der Atmosphäre bei 280 ppm und ist bis heute auf 380 ppm angestiegen (Maier, H. in: Praxis der Naturwissenschaften, Heft 1/2009). Diese Erhöhung verstärkt den natürlichen Treibhauseffekt, der die Temperatur auf der Erde verursacht. Ohne ihn läge die Temperatur erdoberflächennah bei ca. -18 °C. Er macht das Leben auf der Erde erst möglich und fehlt zum Teil auf anderen Planeten. Es gilt als gesichert, dass mit der Erhöhung der Konzentration der Treibhausgase – insbesondere des Kohlendioxid - der Effekt verstärkt wird und sich damit die Temperatur auf der Erdoberfläche erhöht. Nicht zu vergessen ist dabei, dass es neben Kohlendioxid noch andere für den Treibhauseffekt relevante Gase gibt wie z. B. Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) sowie Wasserdampf. Die Landwirtschaft und die Massentierhaltung von Rindern ist ein erheblicher Produzent klimarelevanter Spurengase: Eine Kuh beispielsweise setzt pro Tag ca. 250 l Methan frei (FOCUS Nr. 17 (2007) Interview mit Josef Reichholf).

Der Gehalt von Kohlendioxid in Luft wird folgendermaßen errechnet:

Voraussetzung ist, dass CO₂ ist in einer Konzentration von 380 ppm in der Luft enthalten ist.

Luft hat eine Molmasse von 28,96 g/mol und ein Molvolumen von 22,4 l/mol.

Daraus folgt, dass der Gewichtsanteil von Kohlendioxid in einem Kubikmeter Luft sich wie folgt berechnen lässt:

Ein Kubikmeter (=1 000 Liter) beinhaltet $28,96 \text{ [g/mol]} / 22,4 \text{ [l/mol]} \times 1\,000 \text{ [l]} \times 380 \text{ Millionstel} = 0,49 \text{ g CO}_2$.

$$\frac{28,96 \text{ [g/mol]}}{22,4 \text{ [l/mol]}} \times 1\,000 \text{ [l]} \times 380 \text{ ppm} = 0,49 \text{ g CO}_2 \text{ in einem Kubikmeter Luft}$$

Ein Kubikmeter Luft enthält 0,49 g Kohlendioxid.

3.2 CO₂ IN HOLZ

Beim Wachstum der Bäume wird Kohlenstoff ins Holz eingelagert und damit gespeichert. Die Kohlenhydrate aus der Photosynthese werden in langkettige und komplexe Makromoleküle unterschiedlicher Größe umgewandelt. Die Hauptbestandteile von Holz sind Cellulose, Hemicellulose und Lignin. Außerdem sind beispielsweise noch Öle, Harze, Gerbstoffe, Mineralstoffe in unterschiedlichen Anteilen enthalten. Holz besteht im Endeffekt ca. zur Hälfte aus Kohlenstoff, der Rest hauptsächlich aus Sauerstoff und Wasserstoff.

Wie viel Kohlenstoff ist in Holz enthalten?

Als Faustregel ist zu sagen, dass etwa die Hälfte des Holzes aus Kohlenstoff besteht. Das heißt, dass zum Beispiel in einem Kubikzentimeter ganz trockenem Eichenholz mit der spezifischen Dichte von ca. 0,56 g/cm³ etwa 0,3 g Kohlenstoff enthalten sind.

Anteil an Kohlenstoff in Holz trocken = Volumen Holz x mittlere Holzdichte 0,56 g/cm³ x Kohlenstoffanteil in Holz

Kohlenstoffanteil = Gewicht Holz x 0,5



Wie kann der Kohlenstoff in Kohlendioxid (CO₂) umgerechnet werden?

Der Umrechnungsfaktor von Kohlenstoff auf Kohlendioxid in der Luft beträgt 3,67; das heißt, dass der Kohlenstoff aus einem Kubikzentimeter Eichenholz einem Gramm Kohlendioxid entspricht.

(Der Faktor ergibt sich aus der stöchiometrischen Umsetzung von Kohlenstoff (Molmasse 12 g/mol) in Kohlendioxid (Molmasse von 44 g/mol: $44/12 = 3,667$)

$$\text{Kohlendioxid} = \text{Kohlenstoff} \times 3,67$$

Wie viel Kohlendioxid bindet nun das Holz?

Aus den vorherigen Rechnungen ergibt sich, dass in einem Kubikzentimeter Eichenholz Kohlenstoff aus 1 g Kohlendioxid aus der Luft gebunden ist. Dies entspricht etwa der Menge, die in 2 Kubikmetern Luft enthalten ist. Die meisten einheimischen Hölzer sind leichter (z. B. Fichte mit Holzdicke 0,38 g/cm³; siehe Tabelle) und binden deshalb etwas weniger CO₂.

Gehalt an CO₂ = Volumen Holz x mittlere Holzdicke 0,56 g/cm³ x Kohlenstoffanteil in Holz: 50 % x Umrechnungsfaktor von C auf CO₂ 3,67

CO₂ pro Kubikzentimeter Holz entspricht CO₂ von 2 Kubikmetern Luft

3.3 WALD UND CO₂ AUS VERKEHR

Bäume bzw. Wälder gelten als „Kohlendioxidsenke“, das heißt, dass durch die Photosynthese und Holzproduktion mehr Kohlendioxid gebunden als durch Verrottung freigesetzt wird. In der folgenden Berechnung von Christoph Schulz (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft) wird in Relation gesetzt, wie viel CO₂ aus dem Verkehr durch Wald kompensiert werden kann:

Folgende Mengen an CO₂ werden pro Liter je nach Kraftstoff freigesetzt:

Treibstoff	g/Liter
Benzin	2.500
Diesel	3.090
Biodiesel	920
Bio-Ethanol	930
Flüssiggas	1.890
Erdgas	3.300

Der Ausstoß erfolgt je nach Treibstoffverbrauch, d. h. je mehr Kraftstoff ein Auto benötigt, desto höher ist auch der CO₂-Ausstoß. (ifeu-Institut, Heidelberg)

Voraussetzung für die Berechnung:

Ein mittlerer PKW setzt 2,5 Tonnen CO₂ im Jahr frei (bei 15 000 km je Jahr und 170 g CO₂/km; bei der künftigen EU-Norm von 130 g/km wären es 2,0 Tonnen; Zum Vergleich: ein Lamborghini emittiert 7,4 t und der Toyota Prius mit 1,6 t).



Nimmt man die Daten der Bundeswaldinventur (BWI) und rechnet die jährlichen Zuwächse auf Kohlenstoff in der gesamten lebenden Biomasse um, so kommt man auf die folgende Tabelle mit der jährlichen CO₂-Speicherung
Speicherfähigkeit CO₂/Jahr/ha = Vfm x Expansionsfaktor 1,4 x Rohdichte der Holzart x Kohlenstoffgehalt 0,5 x Umrechnungsfaktor auf CO₂-Gehalt 3,67)

Damit kann ausgerechnet werden, wie viel ha Wald notwendig sind, um den Kohlendioxidausstoß eines Autos pro Jahr zu binden, oder die Zahl der Autos, deren Emissionen von einem Hektar gebunden werden.

Treibstoff	Jährlicher Holzzuwachs pro Hektar nach BWI	Rohdichte der Holzarten (Tonnen je Kubikmeter)	Gesamtspeicherung in ober- und unterirdischer Biomasse	Benötigte Fläche, um CO ₂ -Ausstoß pro Auto und Jahr zu binden	Zahl an Autos, deren Ausstoß pro ha Wald gebunden wird (2,5 t je Auto und Jahr)
	Vfm/(Jahr*ha)	t/m ³	t CO ₂ /(Jahr*ha)	ha /Jahr	Autos/ha
Eiche	8,9	0,561	12,9	0,19	5,0
Buche	13,3	0,554	18,9	0,13	7,4
andere Lb hohe Lebensdauer	9,8	0,500	12,6	0,19	4,9
andere Lb niedrige Lebensdauer	7,4	0,400	7,6	0,33	3,0
Fichte	16,5	0,377	16,0	0,16	6,3
Tanne	15,6	0,370	14,8	0,17	5,8
Douglasie	17,2	0,412	18,2	0,14	7,1
Kiefer	9,2	0,430	10,2	0,25	4,0
Lärche	12,9	0,487	16,2	0,15	6,3

BWI = Bundeswaldinventur;

Vfm = Zuwachs in Vorratsfestmeter pro ha pro Jahr

Expansionsfaktor = Derbholzvolumen*1,4

Spitzenreiter in Bayern bei der Speicherung von Kohlendioxid sind Buche und Douglasie (die Emissionen von über sieben PKW pro Jahr und Hektar speichern kann), erstere weil sie eine hohe Rohdichte hat, zweitere aufgrund ihres Zuwachses. Die Fichte fällt wegen der geringen Rohdichte ab, obwohl sie nach der Douglasie den höchsten Zuwachs hat.



3.4 CO₂ DURCH MENSCHLICHE ATMUNG

Der Mensch atmet pro Tag ca. 1 Kilogramm CO₂ aus. Je nach Tätigkeit, Körpergröße und –gewicht kann der Wert erheblich höher liegen. Das vom Menschen ausgeatmete CO₂ stammt aus der Verwertung seiner Nahrung und die besteht aus nachwachsenden Rohstoffen (wer isst und verdaut schon Kohle, Öl usw., also fossile Rohstoffe und deren Produkte?). Das Kohlendioxid, welches der Mensch ausatmet, belastet nicht die Atmosphäre, da es zeitnah über Photosynthese von Pflanzen bzw. über den Umweg Tier gebunden wird.

[Für die Erzeugung, Transport, Verarbeitung und Zubereitung von Lebensmitteln wird jedoch Energie aus fossilen Brennstoffen verbraucht (im Jahr kommen dafür pro Familie mehrere Tonnen zusammen,- ähnlich viel wie für den privaten Autoverkehr!.) siehe auch Hintergrundinformationen 6.2 Kohlendioxid in Produkten

3.5 NATÜRLICHE KOHLENSTOFFSENKEN

Im Wald wird Kohlenstoff in drei Speichern gebunden:

- :: lebende, ober- und unterirdischen Biomasse (Stämme, Äste, Zweige, Blätter/Nadeln, Früchte, Wurzeln),
- :: tote Biomasse (stehendes und liegendes Totholz, Wurzelstöcke, Wurzeln, Streuauflage)
- :: Mineralboden

Durch die Nutzung von Holz (Forst- und Holzwirtschaft) werden die Holzprodukte als vierter Speicher eingeführt. Zu bemerken ist, dass eine zusätzliche Speicherung nur so lange erfolgt, wie die Depots sich vergrößern. Dies spricht dafür, die dauerhafte Holznutzung zu verstärken (z. B. Holzbauten). In Mitteleuropa schwankt die Speicherung in der Biomasse täglich (nachts wird kein CO₂ gebunden, sondern abgegeben) und saisonal (im Winter wird kein bzw. wenig CO₂ gebunden).

Tabelle 2: Größe und Veränderung der Kohlenstoffvorräte im Wald

Vorräte und Veränderungen:	Deutschland	Bayern
Kohlenstoff in lebender Biomasse	1080 Mio t C	290 Mio t C
Vorrat Mineralboden	945 Mio t C	242 Mio t C
Vorrat Auflage	223 Mio t C	46 Mio t C
Vorrat Totholz	25 Mio t C	8 Mio t C
Vorrat Holzprodukte	340 Mio t C	nicht bekannt
Jährlicher Vorratsaufbau	15 Mio t C	3,8 Mio t C
Jährliche Nutzung	12 Mio t C	3,0 Mio t C
Jährliche Änderung Auflage und Boden	nicht bekannt	nicht bekannt
Jährliche Änderung durch Holzprodukte	4,0 Mio t C	nicht bekannt

Tropische Regenwälder gelten wegen ihrer hohen Produktivität an Biomasse als enorme Kohlendioxidensenken. Großflächige Rodungen gefährden jedoch die Waldgürtel, die den Äquator umspannen.



4. UMWELTCHEMISCHE FAKTOREN

4.1 ÜBERBLICK ÜBER DEN PH-WERT

Der pH-Wert (lat. potentia hydrogenii= die Kraft des Wasserstoffes) gibt an, wie groß der Säureanteil in einer Flüssigkeit ist, d. h. wie sauer sie ist. Wenn gleich viele Säuren (pH)- und Basenanteile (pOH) vorhanden sind, ist die Flüssigkeit neutral – das bezeichnet den pH-Wert von 7 (ergibt sich aus dem negativen dekadischen Logarithmus der Säurekonzentration von $1 \cdot 10^{-7}$ mol/L).

**pH-Werte, die kleiner als 7 sind, nennt man sauer,
pH- Werte über 7 heißen basisch.**

Die maximalen pH-Werte können 0 (ganz sauer) oder 14 (ganz basisch) sein.

Die Summe aus pH und pOH ergibt immer 14 – bei neutralem Wasser ist $pH\ 7 + pOH\ 7 = 14$;

Der Grund dafür liegt darin, dass Flüssigkeiten (aus energetischen Gründen) die Eigenschaft haben können, sich in unterschiedliche Moleküle zu zerlegen, d. h. sie dissoziieren; beim Beispiel Wasser bedeutet dies, dass es in Oxoniumionen (H_3O^+ = Säureanteil) und Hydroxidionen (OH^- = Basenanteil) zerlegt wird.

Der pH-Wert kann nur in Flüssigkeiten gemessen werden. Um den Säuregrad des Bodens untersuchen zu können, muss dieser Boden im Gewichtsverhältnis 1:1 in destilliertem Wasser aufgelöst (und ggf. mit einer CaCl-Lösung versetzt) werden. In dieser Suspension kann dann der pH-Wert des Bodens gemessen werden.

pH-Werte: Vergleiche	pH-Werte: Folgen
0 = stark Sauer	3,5 = Fast alle Tiere, bis auf einige unempfindliche Planktonarten sterben
0,9 = Batteriesäure	4,0 = im Waldboden relevant, weil ab da Aluminium (Al)-Ionen freigesetzt werden, die für Feinwurzeln und Bodenlebewesen toxisch wirken
1,1 = Magensäure	4,5 = Tod für Aal und Bachsaiblinge
2,1 = Saurer Regen in den USA 1978	5,0 = Tod für Flussbarsch, Hecht
2,2 = Zitronensaft	5,5 = Fortpflanzung der meisten Fischarten unmöglich
2,5/3 = Essigsäure	5,7 = Flohkrebse, Schnecken, Plankton, Muscheln sterben
3,5 = Apfelsaft	6,0 = Lachs, Saibling und Forellen schlüpfen nicht mehr
4,4 = Orangensaft	6,5 = die Säure löst den Kalkpanzer vom Krebs auf
4,5 = Bier	
5 = Kaffee	
5,6 = „reiner“ Regen	
6,7 = Milch	
7 = Neutral	
7,4 = menschlicher Urin	
7,8 = Seewasser	
8,2 = Darmsaft	
10,3 = Waschmittellösung	
11,8 = Ammoniak	
14,0 = Natronlauge	
14 = stark basisch	



Vergleiche auch: <http://wapedia.mobi/de/pH-Wert?t=6>, abgerufen am 4. August 2009, 9:10 Uhr

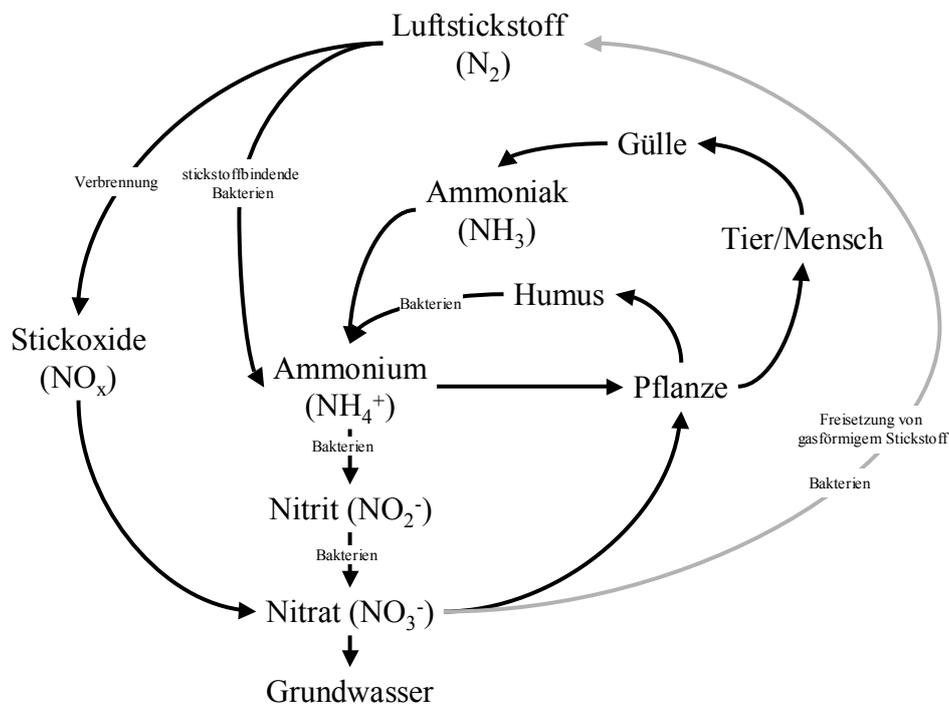
Vergleiche auch: Kneip, W., Stascheit, W. (1990): Wasser erkunden und erfahren; Verlag an der Ruhr, Mülheim an der Ruhr

In der Waldklimastation werden an folgenden Stellen pH-Werte gemessen:

- :: Regenwasser im Freiland
- :: Regenwasser unter dem Kronendach
- :: Humuswasser an der Grenze zwischen Humus und Mineralboden
- :: Bodenwasser (Saugkerze) aus dem Mineralboden in unterschiedlichen Tiefen

4.2 ÜBERBLICK ÜBER STICKSTOFF

Stickstoff ist eines der grundlegenden Elemente des Lebens und ist Nährstoff und Bauelement lebenswichtiger Stoffe für jede Zelle. Praktisch aller Stickstoff des Lebens stammt aus der Luft. Diese besteht zu fast 80 Prozent aus elementarem Stickstoff (N_2), der unter hohem Energieeinsatz für das Leben nutzbar gemacht werden muss. In der Natur übernehmen diese Aufgabe hauptsächlich Bakterien, die im Boden an den Wurzeln bestimmter Pflanzen leben und N_2 umsetzen. Dabei entsteht zunächst Ammoniak (NH_3), das aufgrund seiner Löslichkeit vorwiegend als Ammoniumsalz NH_4^+ vorliegt. Dieses Ammonium (NH_4^+) kann von Pflanzenwurzeln aufgenommen werden, die den Ammoniumstickstoff in ihren Organismus einbauen. Tiere und Menschen nehmen den lebensnotwendigen Stickstoff auf, indem sie Pflanzen essen. Über den Kot oder Verwesung kommt der Stickstoff wieder auf den Boden. Dabei wird zunächst wieder Ammoniumstickstoff (NH_4^+) frei, der von Pflanzenwurzeln oder Bakterien aufgenommen werden kann. Bei der Gülleausbringung in der Landwirtschaft wird gasförmiges Ammoniak (NH_3) frei, das sich im Regenwasser löst und als Ammonium (NH_4^+) auf den Boden zurück kommt.





Manche Bakterien können das Ammonium aber auch in eine andere Stickstoffform umwandeln. Hierbei wird zuerst Nitrit (NO_2^-) und dann Nitrat (NO_3^-) gebildet. Das Nitrat kann von Pflanzenwurzeln aufgenommen werden. Innerhalb einer Pflanze muss es dann wieder erst zum Ammoniumstickstoff umgebaut werden, damit Stickstoff in organische Verbindungen eingebaut werden kann.

Nitrat entsteht auch bei allen Verbrennungsprozessen wie beim Heizen, in Automotoren oder in Fabriken. Hier entstehen sogenannte Stickoxide (NO_x), die wasserlöslich sind und als Nitrat (NO_3^-) mit dem Regen in den Boden gelangen können.

5. WIRKUNGSWEISEN IM WALD

Die chemischen Einflüsse und die Einflüsse des Klimawandels zeigen auf vielfältige Weise Auswirkungen auf den Wald. Vor allem die Luftschadstoffe werden durch Niederschlag gelöst und belasten damit das Ökosystem Wald. Die unterschiedlichen Böden in Bayern weisen je nach Ausgangssubstrat und Bodenarten sehr unterschiedliche Potentiale auf, Stoffe aus dem Sickerwasser auszutauschen und zu filtern. Deshalb wurden den jeweiligen Böden in Bayern für bestimmte Stoffe sog. „Critical Loads“ zugeordnet, das bedeutet, dass entsprechende Stofffrachtmengen in einer bestimmten Bodenart für unbedenklich erachtet werden.

5.1 LUFTSCHADSTOFFE AUF DEM WEG INS GRUNDWASSER

Generell werden im Kronendach von Wäldern aufgrund der rauen Oberfläche mehr Luftschadstoffe ausgefiltert, aufgenommen oder abgelagert als im Freiland. Wälder „kämmen“ insofern Stoffe aus der Luft aus und wirken hinsichtlich der Luftqualität reinigend. Im Wasser, das von den Kronen abtropft oder an den Baumstämmen abläuft (Bestandesniederschlag) sind die Konzentration und Wirkung der „ausgekämmten Stoffe“ im Vergleich zum Freiland wesentlich verändert und wirken damit auf das Ökosystem Wald.

Die pH-Werte in den Depositions-/Niederschlagssammlern variieren z. T. nach Wetterlage und Niederschlag – der des Bestandes kann höher oder niedriger sein als des Freilandsammlers; dies ist abhängig von den in der Luft befindlichen Stoffen; diese können entweder sauer wirken (Kohlendioxid oder Schwefeldioxid) oder basische Komponenten beinhalten, die den pH-Wert ansteigen lassen.

In der Streuschicht (Humuslysimeter) erreicht der pH-Wert seinen niedrigsten Wert aufgrund der darin enthaltenen Huminsäuren (die gelbliche Farbe gibt bereits einen Hinweis darauf).

Je tiefer das Wasser im Boden versickert, desto höher steigt der pH-Wert in der Regel (vgl. Pufferung im Boden; nur bei basischem Ausgangsgestein, nicht bei saurem!), um dann bis in 120 cm Tiefe wieder nahezu den Neutralpunkt zu erreichen. Generell nimmt das Wasser den pH-Wert des Bodens wieder an, der kann je nach Ausgangsgestein basisch, neutral oder sauer sein. Mit den höheren Stoffkonzentrationen in den Bestandesniederschlägen ist zu erklären, weswegen in manchen Waldböden z. B. Schwermetallkonzentrationen höher als in Freilandböden sind.



5.2 WALD UND TRINKWASSER

Grundwasser aus Wäldern ist häufig als Trinkwasser nutzbar, weil der Wald und die Waldböden mit ihrer Reinigungsleistung Schadstoffe und Säuren gut filtern, reinigen, oder puffern können. Daher ist erklärbar, dass 80 % der Trinkwasserschutzgebiete bewaldet sind. Bei Frachten oberhalb der sog. „Critical Loads“ werden Stoffe in so hohen Mengen in den Boden eingetragen, dass sie langfristig nicht mehr von den Ökosystemen aufgenommen und festgehalten werden können, sondern mit erhöhten Konzentrationen ins Grundwasser ausgetragen werden. Zu nennen ist hierbei vor allem Stickstoff in Form von Nitrat, das für Menschen und Säugetiere gesundheitsschädlich wirken kann, und gleichzeitig in zu hohen Konzentrationen (je nach Standort) Nährstoffe und Schwermetalle aus den Böden auswäscht. Die Proben der Waldklimastationen werden unter anderem auf folgende anorganische Stoffe und chemische Parameter getestet. Für diese gibt es nach der Trinkwasserverordnung (TVO) Grenzwerte, aufgrund derer die Genuss-tauglichkeit von Wasser beurteilt wird:

		TVO	Fussnote TVO
LF Leitfähigkeit	µS/cm	2500	
pH Labor		6,5 bis 9,5	
NH4 Ammonium	mg/l	0,5	geogen bedingt bis 30 zugelassen
NO3 Nitrat	mg/l	50	
SO4 Sulfat	mg/l	240	geogen bedingt bis 500 zugelassen
Cl Chlorid	mg/l	250	
Ntot Stickstoff ges.	mg/l		
Na Natrium	mg/l	200	
K Kalium	mg/l		
Ca Calcium	mg/l		
Mg Magnesium	mg/l		
Gesamthärte	°dH		
Carbonathärte	°dH		
Mn Mangan	µg/l	50	geogen bedingt bis 200 zugelassen
Fe Eisen	µg/l	200	geogen bedingt bis 500 zugelassen
Al Aluminium	µg/l	200	
P Phosphor	mg/l		
HPO4 Phosphat	mg/l		



Schlussfolgerungen:

- :: Je länger Wasser ohne „Zusatzeinträge“ durch den Boden sickert, bevor es ins Grundwasser mündet, desto sauberer ist es.
- :: Je sauberer das Wasser ist, desto leichter ist es als Trinkwasser verwendbar und desto weniger muss es in der Trinkwasseranlage aufbereitet werden.
- :: Je mehr Schadstoffe durch den Wald aus der Luft ausgekämmt werden, desto sauberer wird unsere Luft.
- :: Je mehr Schadstoffe die Bäume aus der Luft kämmen und der Boden aus dem Wasser filtert, desto belasteter ist das Ökosystem bzw. der Boden und desto schneller sind die kritischen Belastungsgrenzen (Critical Loads) der Böden erreicht.

5.3 PUFFERUNG

In den Böden gibt es verschiedene Puffersysteme, die den pH-Wert auch bei zunehmender Säuremenge eine Zeitlang stabil halten und damit für Pflanzen und Bodentiere gesicherte Standortverhältnisse bieten. Erst wenn solch ein Puffer erschöpft ist und zusätzlich Säure eingetragen wird, springt der pH-Wert auf ein saureres Niveau, in den Pufferbereich des nächsten Stoffes. In den Böden gibt es folgende Puffersysteme:

Puffername	pH-Bereich	Folgen für Bodenentwicklung
Kohlensäure-Carbonat-Pufferbereich	pH 6,2 bis 8,6; „neutral“	Carbonate und andere Basen werden ausgewaschen
Kohlensäure-Silikat-Pufferbereich	pH 5,0 bis 6,2; „sauer“	Na ⁺ , K ⁺ , Ca ⁺ und Mg ⁺⁺ werden freigesetzt und in Tonminerale eingebaut (Verlehmung)
Austauscher-Pufferbereich	pH 4,2 bis 5,0; „sauer“	Kationenaustauschkapazität (KAK) der Tonminerale wird herabgesetzt (abh. von der KAK des Bodens)
Aluminium-Pufferbereich	pH 3,0 bis 4,2; „sauer“	Al ³⁺ ist löslich und wird freigesetzt

Der letzte dieser Puffer ist der sogenannte Aluminiumpuffer. Der besagt, dass in diesem Bereich für jedes zusätzliche Säureteilchen ein Aluminiumteilchen im Boden freigesetzt wird. Das freigesetzte Aluminium wirkt in diesen Konzentrationen für Pflanzenwurzeln und viele Bodenlebewesen toxisch, weswegen Pflanzenwachstum und Aktivitäten der Bodenlebewesen eingeschränkt werden. Gelangt dieses Sickerwasser aus sauren Böden in Bäche, Flüsse oder Seen, kann es zu einem Fischsterben kommen, weil Aluminium für Fische ebenfalls toxisch wirkt. Pilze dagegen bevorzugen eher saure Böden und kommen daher vor allem dort vor.

5.4 VERSAUERUNG DER BÖDEN

Der Säureeintrag wird durch die Puffersysteme der Böden in der Regel abgemildert. Bis zu einem gewissen Grad versauern Böden jedoch im Laufe ihrer Entwicklung durch Bodenbildung und Einträge grundsätzlich immer.

Folgende Faktoren sind dabei beteiligt:

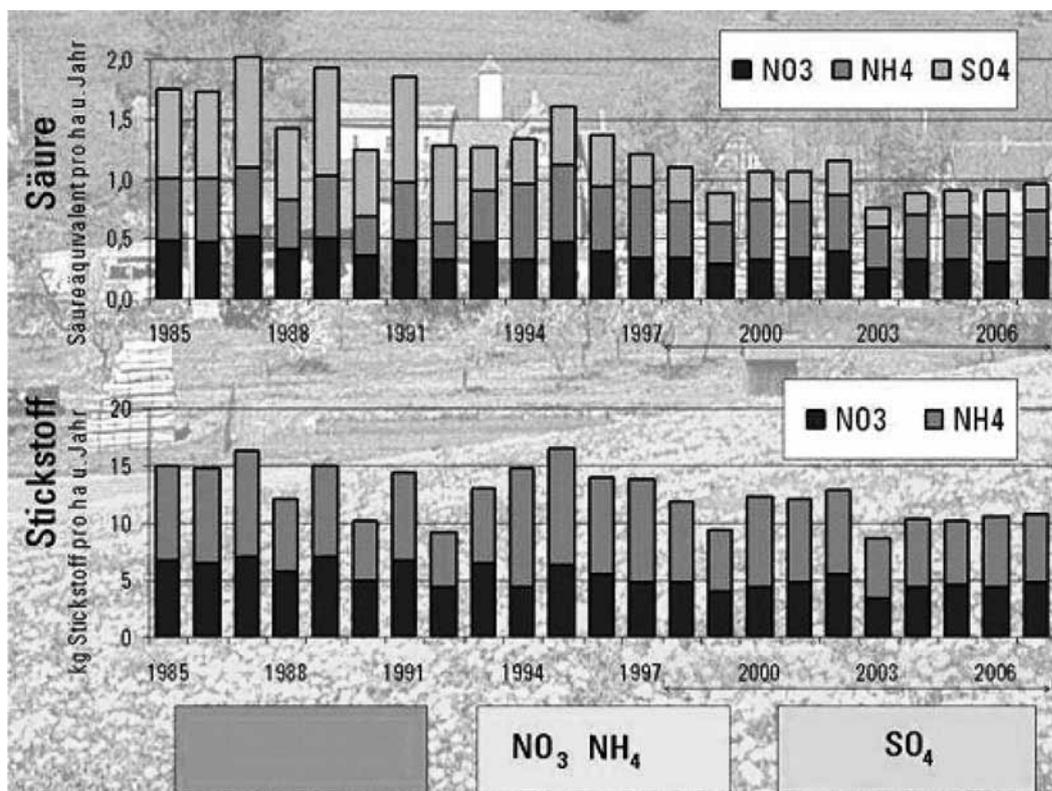
- :: Als Versauerungskomponenten aus atmosphärischer Deposition sind z. B. Reaktionsprodukte aus Schwefel oder Stickstoffverbindungen (z. B. Sulfat, Schweflige Säure oder Salpetersäure, Ammonium, Nitrat) zu nennen. Die Säurebelastung durch atmosphärischen Eintrag ist in den letzten 10 Jahren aufgrund der Luftreinhaltepolitik deutlich zurückgegangen.
- :: Die Gegenspieler der Säure, die Basen, werden im Lauf der Bodenentwicklung durch Sickerwasser ausgewaschen.

- :: Bei der Atmung der Bodenlebewesen entsteht Kohlendioxid (CO_2), das mit Wasser im Boden zu Kohlensäure reagiert und damit zu einem weiteren Säureeintrag führt.
- :: Bei der Humusbildung aus totem Pflanzenmaterial entstehen Säuren, sogenannte Huminsäuren, die ebenfalls versauernd wirken.

Generell ist festzustellen, dass durch die Bodenversauerung, das heißt mit sinkendem pH-Wert, wichtige Pflanzennährstoffe wie Kalzium und Magnesium aus dem Boden ausgewaschen werden. Dadurch nehmen die Fruchtbarkeit der Böden und das Pflanzenwachstum ab.

Seit der Einführung der Umweltmonitoringsysteme in Deutschland in der Mitte der achtziger Jahre wurde aufgrund technischer Verbesserungen der Filteranlagen die Versauerung durch Schwefeleinträge wesentlich reduziert. Als Versauerungskomponenten aus atmosphärischer Deposition sind derzeit Schwefeldioxid, Sulfat und in jüngster Zeit Stickstoffverbindungen (z. B. Ammonium, Nitrat) zu nennen. Zwar ist in den letzten 10 Jahren der Schwefeleintrag zurückgegangen, wegen des Stickstoffanteils lassen sich aber für diesen Zeitraum für den Säureeintrag allein keine Trendaussagen abgeben.

Festzustellen ist, dass in 5 Waldklimastationen die Einträge jedoch nach wie vor zu hoch sind und in zwei nordostbayerischen Waldklimastationen (Goldkronach und Rothenkirchen) um bis zu 45 % reduziert werden müssten, um eine weitere Bodenversauerung zu vermeiden (Waldzustandsbericht Bayern 2008); gerade in den nordostbayerischen Mittelgebirgen mit sauren Ausgangssubstraten ist deshalb eine weitere Reduzierung unerlässlich.



Säure- und Stickstoffeintrag in naturnahe waldfreie Ökosysteme aus der Atmosphäre - [keq/(ha.a)] und [kgN/(ha.a)]
 aus http://www.lfu.bayern.de/themenuebergreifend/fachinformationen/umweltindikatoren/indikatorenliste/detail_indikatoren.php?id=9&sub=3, abgerufen am 04.08.2009 um 10.00 Uhr



5.5 STICKSTOFFEINTRÄGE

Die hohen Einträge an Stickstoff (2007: im Mittel in Bayern 14 kg/ha; max. 25 kg/ha WKS Rothenbuch; min: 5 kg/ha WKS Pegnitz) stammen in Form von Stickoxiden aus Verbrennungsprozessen von Industrie, Verkehr und Haushalt. Ammonium wird aus Ammoniak gebildet und entsteht vermehrt in der Tierhaltung und Düngung. Natürlicherweise ist Stickstoff ein wichtiger Pflanzennährstoff, der in Wäldern nur eingeschränkt zur Verfügung steht und dort meist wachstumsbegrenzend wirkt. Übersteigt der Eintrag jedoch die Aufnahmekapazität des Bodens, führt dies zu Bodenversauerung und Nitratauswaschung, die dann das Grundwasser belasten kann. Nitrat ist für Menschen und Tiere in höheren Konzentrationen ungesund, weil es sich zum Teil in das toxische Nitrit umwandelt. Trinkwasser darf daher nicht mehr als 50 Milligramm pro Liter enthalten.

Die Schwellenwerte für die eutrophierende Wirkung des Stickstoffs wurden 2007 an drei Viertel aller Waldklimastationen in Bayern überschritten und müssten um 12 bis 75 % (!) reduziert werden, um innerhalb der Critical Loads zu bleiben (Waldzustandsbericht Bayern 2008).

Die Veränderungen des Nährstoffhaushaltes lassen sich in aktuellen Veränderungen der Vegetation in stickstoffempfindlichen Standorten wie Flechten-Kiefernwäldern feststellen: Preiselbeeren verschwinden auf bis vor wenigen Jahren mageren Standorten und werden durch die anspruchsvollere Heidelbeere ersetzt. Auf Standorten, auf denen früher ca. 25 cm hohe Heidelbeerpflanzen wuchsen, werden die Individuen jetzt bis kniehoch.

5.6 GRUNDSÄTZLICHES ZU CHEMISCHEN PARAMETERN

	historische Entwicklung	Grenzwert bzw. Critical Load	Pflanzenernährung
pH	Im Regenwasser sind pH-Werte gegenüber den 80er Jahren deutlich gestiegen; heute meist um pH5. Im Boden keine Veränderungen	Kritischer Wert im Boden: 4,0	Leicht saures Milieu ist für Pflanzenernährung in Waldböden am günstigsten
PO ₄ ²⁻	Keine Veränderungen		Grundbaustoff von Erbmaterial und im Energiestoffwechsel
NH ₄ ⁺	Unverändert hohe Einträge mit den Niederschlägen	Gesamtstickstoffeintrag: Nadelbäume: 10 - 15 kg/(ha Jahr) Laubbäume: 15 - 20 kg/(ha Jahr)	Stickstoff ist Hauptpflanzennährstoff. Vor allem in Eiweißen, Erbmaterial und Energiestoffwechsel.
NO ₂	Keine Messungen an den WKS	Gesamtstickstoffeintrag. Nadelbäume: 10 - 15 kg/(ha Jahr) Laubbäume: 15 - 20 kg/(ha Jahr)	Stickstoff ist Hauptpflanzennährstoff. Vor allem in Eiweißen, Erbmaterial und Energiestoffwechsel.
NO ₃ ⁻	Unverändert hohe Einträge mit den Niederschlägen. Bei Störungen im Bestand (z. B. durch Sturmwurf oder Borkenkäfer) deutlicher Anstieg im Bodensickerwasser zu beobachten.	Gesamtstickstoffeintrag. Nadelbäume: 10 - 15 kg/(ha Jahr) Laubbäume: 15 - 20 kg/(ha Jahr) Trinkwassergrenzwert: 50 mg/l	Stickstoff ist Hauptpflanzennährstoff. Vor allem in Eiweißen, Erbmaterial und Energiestoffwechsel.



	historische Entwicklung	Grenzwert bzw. Critical Load	Pflanzenernährung
pH	Im Regenwasser sind pH-Werte gegenüber den 80er Jahren deutlich gestiegen; liegen heute meist um pH5. Im Boden keine Veränderungen	Kritischer Wert im Boden: 4,0	Leicht saures Milieu ist für Pflanzenernährung in Waldböden am günstigsten
PO ₄ ²⁻	Keine Veränderungen		Grundbaustoff von Erbmaterial und im Energiestoffwechsel
NH ₄ ⁺	Unverändert hohe Einträge mit den Niederschlägen	Gesamtstickstoffeintrag: Nadelbäume: 10-15 kg/(ha Jahr) Laubbäume: 15 - 20 kg/(ha Jahr)	Stickstoff ist Hauptpflanzennährstoff. Vor allem in Eiweißen, Erbmaterial und Energiestoffwechsel.
NO ₂	Keine Messungen an den WKS	Gesamtstickstoffeintrag: Nadelbäume: 10 - 15 kg/(ha Jahr) Laubbäume: 15 - 20 kg/(ha Jahr)	Stickstoff ist Hauptpflanzennährstoff. Vor allem in Eiweißen, Erbmaterial und Energiestoffwechsel.
NO ₃ ⁻	Unverändert hohe Einträge mit den Niederschlägen. Bei Störungen im Bestand (z. B. durch Sturmwurf oder Borkenkäfer) deutlicher Anstieg im Bodensickerwasser zu beobachten	Gesamtstickstoffeintrag: Nadelbäume: 10 - 15 kg/(ha Jahr) Laubbäume: 15 - 20 kg/(ha Jahr) Trinkwassergrenzwert: 50 mg/l	Stickstoff ist Hauptpflanzennährstoff. Vor allem in Eiweißen, Erbmaterial und Energiestoffwechsel.
Härte		Härtebereich 0 (sehr weich): bis 3,0° dH Gesamthärte Härtebereich 1 (weich): bis 1,3 Millimol je Liter, (0° bzw. 3,1° bis 7,0° dH Gesamthärte Härtebereich 2 (mittel): 1,3 bis 2,5 Millimol je Liter, 7,1° bis 14,0° dH Gesamthärte Härtebereich 3 (hart): 2,5 bis 3,8 Millimol je Liter, 14,1° bis 21,0° dH Gesamthärte Härtebereich 4 (sehr hart): über 3,8 Millimol je Liter, über 21° dH Gesamthärte	Calcium und Magnesium sind Hauptpflanzennährstoffe
SO ₄ ²⁻	Niederschlag: seit den 80er Jahren stark rückläufig Bodenlösung: da die Schwefeleinträge der letzten Jahrzehnte zum Teil noch im Boden gespeichert sind und erst langsam ausgewaschen werden, steigen die Konzentrationen teilweise noch an. An einigen Stationen ist aber auch bereits ein Rückgang festzustellen.		Schwefel ist ein wichtiger Pflanzennährstoff. Er wird vor allem für Eiweiße und zur Regelung der Nährstoffverteilung in der Pflanze benötigt.
Fe	Keine Tendenzen		Wichtiges Element im Energiestoffwechsel und für Photosynthese.



6. FRAGEN DER NACHHALTIGKEIT

Dem Konzept der nachhaltigen Entwicklung liegt folgender Leitgedanke zugrunde, der von der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen im sogenannten Brundtland-Bericht „Unsere gemeinsame Zukunft“ aus dem Jahr 1987 formuliert wurde:

„Entwicklung zukunftsfähig zu machen, heißt, dass die gegenwärtige Generation ihre Bedürfnisse befriedigt, ohne die Fähigkeit der zukünftigen Generation zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse befriedigen zu können.“

Daraus und aus dem Grundanliegen der Vereinten Nationen (UN), dass für eine nachhaltige Entwicklung der Weltgesellschaft Bildung unerlässlich ist, hat die UN 2005 die Weltdekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ (2005 - 2014) ausgerufen.

Nachhaltigkeit auf die Forstwirtschaft und die Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) angewandt heißt, dass Menschen langfristige Folgen von Handlungen und Ereignissen abschätzen und entsprechend handeln können. Dafür benötigt unsere Gesellschaft Menschen die sich den Faktoren, die in Zukunft bestimmend sein können, stellen und damit auseinandersetzen.

Prof. Dr. Gerhard de Haan spricht in diesem Zusammenhang von „Gestaltungskompetenz“ als der zentralen Fähigkeit, die eine Bildung für nachhaltige Entwicklung vermitteln soll. Er meint damit die Fähigkeit, Wissen über nachhaltige Entwicklung anzuwenden und Probleme nicht nachhaltiger Entwicklung erkennen zu können. Das Projekt „Wald, Klima & Du“ liefert hierbei mit seiner Verankerung in der Waldpädagogik der Bayerischen Forstverwaltung einerseits und in der Waldzustands- und Klimaforschung andererseits einen ganz spezifischen Beitrag. Es fördert Kompetenzen, die vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten 2010 im Waldpädagogischen Leitfaden „Forstliche Bildungsarbeit“ formuliert wurden.

■ SACH-/METHODENKOMPETENZ

:: Ich kann gut mit Wissen umgehen. Ich kann erkennen, was mir an Wissen fehlt, und ich bin in der Lage, solche Lücken zu schließen. Ich bin geübt in Methoden des Wissenserwerbs, wie Nachdenken, Kombinieren, Ausprobieren, Forschen, Fragen usw. Ich kenne den Nutzen, aber auch die Grenzen von Fachwissen. Mir ist klar, wie wertvoll es ist, fächerübergreifend zusammenzuarbeiten, und wie schwierig das sein kann. Ich denke vorausschauend und in Zusammenhängen. Ich kann Wissen anschaulich vermitteln. Ich bin in der Lage, Wissen in Taten umzusetzen.

■ SOZIALKOMPETENZ

:: Ich kann gut mit anderen umgehen. Ich bin unvoreingenommen und tolerant (oder erkenne meine Vorurteile als solche). Ich kann mich gut in andere einfühlen. Ich bin teamfähig und nehme Rücksicht auf die Stärken und Schwächen der anderen. Ich kann gemeinsam mit anderen planen und handeln. Ich kann zusammen mit anderen ausgewogene und gerechte Entscheidungen anstreben. Ich kann Konflikte gewaltfrei austragen. Ich kann andere motivieren und zum Handeln bewegen.



■ SELBSTKOMPETENZ

:: Ich kann gut mit mir selbst umgehen. Ich kenne meine Grenzen und Potenziale, körperlich wie geistig. Ich weiß, was ich will, und kann dafür einstehen. Ich übernehme Verantwortung für meine Handlungen und Rücksicht auf die Natur und andere Menschen. Ich habe Selbstvertrauen und lasse mich von Rückschlägen nicht so schnell entmutigen. Ich bin kreativ und gestalte aktiv mein Leben und meine Umwelt. Ich lasse mich von humanistischen Werten und Idealen leiten. Ich lasse mich nicht manipulieren und kann mein Verhalten überdenken.

Ziel des Projektes „Wald, Klima & Du“ ist es, den Teilnehmern an waldpädagogischen Aktivitäten am Beispiel der Forstwirtschaft und Forstwissenschaft darzustellen, dass auch die Gesellschaft langfristige Programme entwickeln muss, um die aktuellen Umweltprobleme lösen zu können.

Gerade vor der aktuellen Problematik des Klimawandels bieten Forstliche Forschung und Waldbewirtschaftung ein Modell für nachhaltiges Denken und Handeln und die dazu erforderlichen Kompetenzen. Dies zeigt sich beispielhaft an der Entwicklung forstlicher Handlungsstrategien und zukunftsfähigen Waldbauoptionen auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse:

Trotz aller Unsicherheiten über die künftige klimatische Entwicklung gibt es Rahmenbedingungen für das Wachstum der Wälder, deren Veränderungen beobachtet und gemessen werden können. Je länger der Zeitraum ist, über den solche Messungen erfolgen, desto präziser und wirklichkeitsnäher werden die daraus abgeleiteten Prognosen. Den messbaren und sich verändernden Umweltbedingungen stehen die natürlichen und im Wesentlichen unveränderlichen Standortsansprüche verschiedener Baumarten gegenüber. Allein die Veränderungen der Temperatur und der Niederschlagsverhältnisse, wie sie schon jetzt zu beobachten sind, lassen im Hinblick auf die Ansprüche der derzeitigen Waldzusammensetzung die Voraussage zu, dass sich die Vegetation in Deutschland und weltweit deutlich verändern wird.

Waldbäume haben ein langes Leben. Während dieser Zeit wird sich das Klima drastisch ändern. Die Bäume kommen »vom Kühlschranks« des heutigen Klimas »in den Backofen« von morgen. Manche Baumarten werden besser, andere schlechter mit der Klimaerwärmung fertig.

Welche Baumarten mit dem künftigen Klima zurecht kommen, zeigen uns die sogenannten Klimahüllen, die an der LWF entworfen wurden. Diese beschreiben den „Wohlfühlbereich“ einer Baumart abhängig von der Jahresdurchschnittstemperatur und Jahresniederschlagssumme. Für die wichtigsten Baumarten gibt es bereits solche Klimahüllen. Sie zeigen, dass Fichte und Lärche besonders anfällig gegenüber der Klimaerwärmung sein werden, während zum Beispiel Buche, Tanne, Bergahorn oder Esskastanie mit dem Klima der Zukunft sehr gut zurecht kommen werden.

Die von der LWF entwickelten sog. „Soforthilfekarten“ zeigen mit großer Flächengenauigkeit für die wichtigsten forstlichen Baumarten, wo diese in Zukunft in Bayern noch mit vertretbarem Risiko anbauwürdig sein werden.

Forstwirtschaft und Forstliche Forschung bieten also Ansätze und Methoden für vernetztes, nachhaltiges Denken und Handeln. In dem Projekt „Wald, Klima & Du“ fließen diese Ansätze und Methoden in die Waldpädagogik ein und fördern die Entwicklung der für ein nachhaltiges Leben erforderlichen notwendigen Kompetenzen. Das Projekt leistet somit einen wichtigen Beitrag zur Bildung für nachhaltige Entwicklung.



6.1 ÖKOLOGISCHER FUßABDRUCK

Die Ressourcen und Räume der Erde, in und von denen Menschen leben können, sind sehr knapp. Weil jeder Mensch Raum zum Leben beansprucht, wird dieser aufgrund des Bevölkerungswachstums und der steigenden Konsumansprüche immer knapper.

Das Konzept des Ökologischen Fußabdruckes wird vom Landesamt für Umwelt in Bayern als Umweltindikator verstanden und wurde 1994 von Mathis Wackernagel und William E. Rees entwickelt. Dabei wird davon ausgegangen, dass den produktiven Flächen der Erde eine „Biokapazität“ zugeordnet werden kann, die die Leistungskapazität von Naturflächen in Abhängigkeit ihrer „Aufnahmefähigkeit“ von Kohlendioxid bezeichnet. Diese ist global betrachtet aufgrund der unterschiedlichen klimatischen Gegebenheiten regional sehr unterschiedlich. In der Summe wurde für die Erde eine maximale globale Biokapazität berechnet, innerhalb derer das durch Konsum freigesetzte Kohlendioxid in den produktiven Flächen gebunden werden kann.

Demgegenüber steht die Annahme, dass Kohlendioxid notwendig ist, um Konsumgüter und Dienstleistungen, Rohstoffe und Energie zur Verfügung stellen zu können. Den wichtigsten lebensrelevanten Faktoren Wohnen, Ernährung, Verkehr und Konsumgüter wurden in Abhängigkeit von ihrem Ressourcenaufwand Faktoren zugeordnet, um diesen Konsum mit einer jeweiligen regionalen Biokapazität in Zusammenhang bringen zu können.

Die lebensrelevanten Faktoren eines Individuums ergeben in der Summe dann den gesamten Verbrauch an biotischer Fläche, der notwendig wäre, um das durch den Konsum des Einzelmenschen freigesetzte Kohlendioxid zu binden.

Ökologischer Fußabdruck = Summe des menschlichen Verbrauchs an biotischen Ressourcen

(http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_86_oekologischer_fussabdruck.pdf)

Teilt man die nutzbare Fläche der Erde durch die Anzahl der derzeitigen Bevölkerung, könnte jeder Mensch 1,8 ha Wald (entspricht ca. 3,5 Fußballfeldern) für seinen Konsum beanspruchen. In der Realität werden durchschnittlich schon 2,2 ha belastet, wobei diese Beanspruchung weltweit sehr unterschiedlich ist.

Ökologischer Fußabdruck [gha/Person] = globaler Hektar	
Welt	2,2
Vereinigte Arabische Emirate	1,9
USA	9,6
Kanada	7,6
Deutschland	4,5
Europa (EU25)	4,8
Lateinamerika	2,0
Indien	0,8

Ökologischer Fußabdruck internationalen Vergleich, Stand 2006. Quelle: Global Footprint Network, 2006.

Das bedeutet, dass die Weltbevölkerung bereits mehr Fläche nutzt, als potenziell zur Verfügung steht – d. h., dass der globale Lebensstil das Kapital der Erde bereits angreift und damit nicht mehr als nachhaltig verstanden werden kann. Das durch den Konsum freigesetzte Kohlendioxid, das aufgrund fehlender Flächen nicht gebunden werden kann, trägt zum globalen Temperaturanstieg bei.



Als ein Lösungsweg wird vorgeschlagen, den globalen Kohlendioxidausstoß durch verstärkte Nutzung regionaler Versorgungswege und durch biologische Landwirtschaft zu verringern. (Siehe auch Waldpädagogischer Leitfaden Aktivitäten zu Ökologischer Fußabdruck; Kapitel Wald und Gesellschaft) (www.wien.gv.at/umweltschutz/nachhaltigkeit/fussabdruck/index.html)

6.2 KOHLENDIOXID IN PRODUKTEN

Für die Herstellung von Produkten, Energie und Dienstleistungen können ebenfalls Kohlendioxidverbräuche bilanziert werden. Die Art der Bilanzierung wird z. T. sehr unterschiedlich vorgenommen, wichtig ist beim Vergleich von Bilanzwerten, dass die Ausgangsbasis der Untersuchung ähnlich ist; idealerweise werden die Emissionen aller Prozesse eines Produktes einbezogen werden, die notwendig sind, um es zu produzieren und in den Handel bringen zu können. Wichtig können außerdem Werte sein, die nötig sind, um ein Gerät am Laufen zu halten (Bsp. Energieklassifizierungen von Kühlschränken, Waschmaschinen).

Die Spannweite der Kohlendioxidbilanz von Produkten kann sehr unterschiedlich sein, wie folgendes Beispiel anhand von Tomaten demonstriert:

Produkt	CO ₂ in g/kg Tomaten
Konventioneller Anbau im heimischen beheizten Gewächshaus außerhalb der Saison	9.300
Ökologischer Anbau im heimischen beheizten Gewächshaus außerhalb der Saison	9.200
Flugware von den Kanaren	7.200
Konventioneller Anbau im heimischen nicht beheizten Gewächshaus außerhalb der Saison	2.300
Freilandtomaten aus Spanien	600
Konventioneller Anbau in der Saison	85
Ökologischer Anbau in der Saison	35

Quelle: Pendor CO₂-Zähler

Im Endeffekt bedeutet dies, dass heimischen, biologisch erzeugten und saisonalen Produkten der kleinste „Kohlendioxidrucksack“ zugewiesen wird. Damit ist die Verwendung dieser Produkte optimal in Hinblick auf die Kohlendioxidbilanz.