

# Birke 2001



## Ein Phänologieprojekt

# Handreichung zum Thema Phänologie, Birke, Knospung



Autorin: Katrin Hoyer  
Hamburg Januar 2001

Herausgeber:  
Projektleitung Pädagogik GLOBE Germany-Programm  
Detlef Kaack  
Naturwissenschaftlich technisches Zentrum des Instituts für Lehrerfortbildung  
Mümmelmannsberg 75  
22115 Hamburg  
Tel. 04543-888610  
Fax 04543-888611  
Email: [DDD-Science@t-online.de](mailto:DDD-Science@t-online.de)  
<http://www.globe-germany.de/Paeda>

Alle Rechte vorbehalten. Jegliche Verwertung dieses Druckwerks bedarf, soweit das Urheberrecht nicht ausdrücklich Ausnahmen zulässt, der vorherigen Zustimmung des Herausgebers. Ausgenommen ist die Verwendung der Arbeitsbögen als Kopiervorlage und der direkte Gebrauch an GLOBE Germany Schulen.



## Vorwort von Prof. Dr. Gerhard deHaan

Leiter der Koordinierungsstelle des BLK-Programms "21", Berlin

Die "Knospung der Birke" – da denkt man an Frühling, Jahreszeiten, Botanik – nicht an nachhaltige Entwicklung. Wenn man aber genauer hinschaut und sich den Themenkatalog ansieht, der sich mit diesem Thema verbindet, wenn man sich einmal Gedanken über den Zusammenhang zwischen Vegetation und Klimawandel macht, dann ist man schon ganz nahe dran an einer Verbindung zwischen der Birke und nachhaltigen Entwicklungsprozessen. Denn weltweit ist man auf der Suche nach Indikatoren für die nachhaltige Entwicklung. Die Bürger von Seattle haben sich einen schönen Indikator ausgedacht: Je mehr Lachse den Fluss ihrer Stadt hinaufziehen, desto besser geht es der Umwelt – und desto zufriedener sind die Bürger mit ihr und ihrer Stadt, desto eher sehen sie sich auf dem Weg in eine nachhaltige Zukunft. In Seattle wird also die Zahl der Lachse im Fluss gemessen.

Die Preisfrage lautet: Wie attraktiv kann man das Blühen und Sprießen von Bäumen (und Blumen) machen, damit Kinder, Jugendliche und Erwachsene sagen: "Ja, das ist ein Indikator für eine lebenswerte und liebenswerte Umwelt!" Mit der "Knospung der Birke" ist man auf dem Weg dorthin.

So freue ich mich, dass dieses in Nordrhein-Westfalen entwickelte Projekt nun bundesweite Ausstrahlung erfahren wird.

Da wir eine enge Zusammenarbeit zwischen dem GLOBE-Programm und dem Förderprogramm der Bund-Länderkommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung zur "Bildung für eine nachhaltige Entwicklung" anstreben (siehe die Web-Sites von BLK21.de und die neue Zeitschrift 21. Das Leben gestalten lernen im Ökom-Verlag), ist mit diesem Projekt GLOBE in Vorleistung getreten.

Aber auch das BLK-Programm "21" bietet Ihnen in Zukunft interessante Materialien und Möglichkeiten, die sich direkt im Unterricht anwenden und vor allem direkt in diesen eingebunden werden können. Lassen Sie sich überraschen.

Wir von der Koordinierungsstelle für das BLK-Programm in Berlin freuen uns auf die Kooperation.

Prof. Dr. Gerhard de Haan

Leiter der Koordinierungsstelle des BLK-Programms "21"

Internet:

<http://www.service-umweltbildung.de>

<http://www.blk21.de>



### Vorwort von D. Kaack

Projektleiter Pädagogik, GLOBE Germany-Programm

Das Projekt „Birke2001“ sowie die folgenden Projekte zur Phänologie folgen dem Protokoll des internationalen GLOBE Programms, in dem es als spezielle Aktivität unter „budburst“ geführt wird.

Statt physikalische und chemische Daten in der Umwelt zu erheben, geht man hier einen anderen Weg: Man beobachtet die lebendige Umwelt. Bestimmte Pflanzen werden genau beobachtet und das deutlich sichtbare Aufbrechen der Knospen der Hängebirke zeigt uns, wann die Birke es für richtig hält, ihre neuen Blätter wachsen zu lassen. Jetzt kann sie bald die Fotosynthese wieder aufnehmen, riskiert aber große Schäden, falls es noch einmal friert.

Was bringt uns das im Unterricht?

Die Schulkinder befassen sich bewusst mit Bäumen. Das an sich ist wichtig, denn oft werden diese abgeholzt, Dank ihres Laubs als „Verschmutzer“ gesehen und gern verbannt. Ein Baum ist leicht gefällt, ein neuer wächst langsam.

Die Beobachtung der Knospung und anderer Lebensprozesse macht sensibler für das Lebewesen Baum. Die Lebensbedingungen dieser Pflanze werden thematisiert, auch ihre Physiologie.

Dann geht es um das Wetter bzw. das Klima, denn davon hängt es u.a. ab, wann sich die Knospe öffnet. Um hier wichtige Aussagen zu erarbeiten, haben wir für Sie die gesamten Knospungsdaten für alle Regionen Deutschlands seit den 50er Jahren bis heute vom Deutschen Wetterdienst bezogen, so dass Sie ihre Schüler/innen jetzt Deutschlandweit forschen lassen können. Natürlich ist die Nutzung dieser umfangreichen Daten streng auf die Arbeit im GLOBE Germany-Programm beschränkt, ansonsten wären immense Gebühren zu entrichten.

Ich denke, dass diese Aktivitäten einen wichtigen Beitrag zur Erziehung für eine nachhaltige Entwicklung im Sinne der Agenda 21 leisten. Gleichzeitig bereichern sie den Erfahrungsschatz der Kinder. Andererseits wird es für den Unterricht im Fach Biologie neue Impulse ermöglichen und – wie das GLOBE Programm überhaupt – wird es durch außerschulische Aktivitäten, Nutzung des Internets, Kooperation mit Wissenschaftlern und Vernetzung mit anderen Schulen, die sich auch mit dem Thema befassen, viele Aspekte moderner Bildung mit Inhalt füllen.

D. Kaack, StR

Projektleiter Pädagogik, GLOBE Germany-Programm

Internet:

<http://www.globe-germany.de/Paeda>

# Inhalt

<i>Vorwort von Prof. Dr. Gerhard deHaan</i> .....	3
<i>Vorwort von D. Kaack</i> .....	4
<b>DAS BIRKENPROJEKT</b> .....	<b>7</b>
ÜBERSICHT.....	7
<i>Worum es geht</i> .....	7
<i>Was gemacht werden soll</i> .....	8
<i>Wie es weiter geht</i> .....	8
DAS BIRKENPROJEKT – KONKRET.....	9
<i>Die Auswahl der Bäume</i> .....	9
<i>Auswahl der Zweige</i> .....	9
<i>...und wenn der schlimmste Fall eintritt</i> .....	10
<i>Checkliste</i> .....	10
DATENAUSWERTUNG .....	11
<i>Growing degree summation (GDS)</i> .....	11
<i>Water difference (WD)</i> .....	11
<i>Beispielrechnung</i> .....	13
<b>KURZINFORMATIONEN</b> .....	<b>14</b>
PHÄNOLOGIE .....	14
<i>Was ist das eigentlich?</i> .....	14
<i>Phänologische Jahreszeiten</i> .....	15
KNOSPEN - DIE KNUBBEL, AUS DENEN DIE BLÄTTER KOMMEN.....	16
<i>Was ist eine Knospe?</i> .....	16
<i>Erzwungene und nicht erzwungene Knospenruhe</i> .....	17
<i>Der Beginn der Knospenruhe</i> .....	18
<i>Das Ende der Knospenruhe</i> .....	19
ÜBER BIRKEN.....	19
<i>Hängebirke oder Nicht-Hängebirke – das ist hier die Frage!</i> .....	19
<i>Birken im Brauchtum</i> .....	21
<i>Birken – und was man daraus machen kann</i> .....	21
<i>Birken – kälteharte Säufer</i> .....	22
WARUM NICHT ÜBERALL „SÜDSEE“ IST .....	23
<i>Die Jahreszeiten</i> .....	23
<i>Klima und Wetter</i> .....	24
<i>Das Wetter in Deutschland</i> .....	26
WER IM GLASHAUS SITZT.....	27
<i>Die Sache mit dem Treibhauseffekt</i> .....	27
<i>Die Atmosphäre</i> .....	28
<i>Treibhausgase</i> .....	29
<i>Aerosole</i> .....	29
<b>UNTERRICHTSVORSCHLÄGE</b> .....	<b>30</b>
<i>Stapeln von Wasser mit unterschiedlichem Salzgehalt</i> .....	30
<i>Erwärmung verschiedener Materialien</i> .....	31
<i>Treibhausmodell</i> .....	31
<i>Bestimmungsbogen Birken</i> .....	32
<i>Baumsteckbrief</i> .....	34
<i>Arbeitsbogen Knospen und Zweige</i> .....	36

<i>Arbeitsbogen Knospenbau</i> .....	38
<i>Arbeitsbogen Knospenruhe</i> .....	39
<i>Phänologischer Kalender</i> .....	41
<i>Bauanleitung Besen</i> .....	42
<i>Bauanleitung Schneeeule</i> .....	43
<i>Birkenlegendchen</i> .....	44
<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>45</b>
<b>ANHANG</b> .....	<b>46</b>
<i>Protokollbogen des Deutschen Wetterdienstes</i> .....	46
<i>Phänophasen der Birke</i> .....	47
<i>Zeitliche Abfolge von Phänophasen</i> .....	48
PROTOKOLL 3 REGEN .....	53
PROTOKOLL 4 FESTE NIEDERSCHLÄGE.....	56
PROTOKOLL 5 .....	60
HÖCHST- UND TIEFSTTEMPERATUR; AKTUELLE TAGESTEMPERATUR .....	60

# Das Birkenprojekt

## **Übersicht**

### **Worum es geht**

Immer häufiger auftretende Wetterextreme haben in den vergangenen Jahren verstärkt zu einer Diskussion um den Einfluss des Menschen auf das Klima geführt. Mit Hilfe verschiedenster Rechenmodelle versuchen Wissenschaftler das gegenwärtige, vergangene und kommende Klima zu analysieren, zu rekonstruieren und vorherzusagen. Aber die Qualität der Ergebnisse ist umstritten. Es fehlen Daten über das Ausmaß der Temperaturschwankungen, die vor den Veränderungen der Erde durch den Menschen auftraten. Es hat schon immer weltweite Wärme- und Kälteperioden gegeben. Wie stark ist der Mensch am Auftreten der in den vergangenen Jahrzehnten beobachteten Phänomene beteiligt und wie werden sich die Treibhausgase, die durch den Menschen frei gesetzt wurden und werden in Zukunft auf das Klima auswirken?

*Daten-  
sammlung  
für Wetter-  
modelle*

Es ist nötig weltweit mehr Daten zu sammeln - nicht nur für einen kurzen Moment, sondern über Jahrzehnte und länger - um Wetter (regional /lokal) und Klima (global) besser verstehen zu können. Hierbei will GLOBE helfen.

*Wann  
brechen die  
Birken-  
knospen  
auf?*

Im Rahmen des Birkenprojektes sollen überall dort wo Birken vorkommen Daten zum Auftreten eines einzigen, charakteristischen Augenblicks im Naturkreislauf gesammelt werden: der Beginn des Frühlings, definiert durch das Aufbrechen der Birkenknospen.

Die Beobachtung von Naturphänomenen wird schon seit langem von Menschen zur Prognose des Wetters herangezogen. Die zahllosen Bauernregeln sind nur ein Beispiel dafür. Der Vorteil solcher Beobachtungen gegenüber z.B. reinen Temperatur- oder Luftdruckmessungen, ist die Sensibilität von Pflanzen und Tieren gegen die Summe der langläufig schlicht als „Wetter“ bezeichneten Faktoren. Lebewesen registrieren die Luftfeuchtigkeit, die Niederschläge in den verschiedenen Formen, die Intensität der Sonneneinstrahlung und die Tageslichtlänge, die Windstärke... Aber sie verrechnen die von ihnen aufgenommenen Wetterdaten und reagieren ab einem bestimmten Wert auf ihre eigene charakteristische Art und Weise – eine Leistung, die kein noch so gutes Rechenmodell vollbringt. Werden die lokal gemachten Beobachtungen gesammelt und ausgewertet, lassen sich u.U. „Bauernregeln“ für das regionale oder gar das globale Klima entwickeln. Mit Hilfe der Daten läßt sich bestimmen, in welchen Regionen der Erde Niederschläge bestimmend für den Beginn der Wachstumsperiode sind und in welchen die Temperatur. Wir können dann besser verstehen, welche Auswirkungen die jährlichen Klimaschwankungen auf die Wachstumsperioden der Pflanzen haben. Und die auf der Erde gemachten Beobachtungsdaten können durch einen Vergleich mit Satellitenbildern den Wissenschaftlern helfen, diese Aufnahmen besser zu interpretieren.

*Lebewesen  
sind  
komplexe  
„Mess-  
geräte“*

### Was gemacht werden soll

Jede Schule oder interessierte Gruppe wählt vier Bäume aus, deren Entwicklung beobachtet und protokolliert werden soll. Zwei dieser Bäume sollten Hängebirken sein. Darüber hinaus werden täglich Daten über Höchst- und Tiefsttemperaturen in der Luft und im Boden, über Niederschläge und (einmalig) über die Umgebung der Bäume gesammelt. Die Daten werden an GLOBE weitergegeben und stehen dann Wissenschaftlern für ihre Modelle zur Wetter- und Klimaberechnung zur Verfügung. An den Schulen kann in einer abschließenden Auswertung versucht werden, anhand der gemachten Messungen für die fünf Bäume nachzuvollziehen, was das Aufbrechen der Knospen bei den einzelnen Bäumen zu vielleicht unterschiedlichen Zeitpunkten verursacht hat.

Wir möchten in dieser Handreichung darüber hinaus zusätzliche Anregungen geben, wie das Projekt auch in andere Unterrichtsfächer integriert werden kann.

### Wie es weiter geht

Wir wollen auswerten, welche Baumart außer der Hängebirke am häufigsten von den Schulen und beteiligten Gruppen ausgewählt wurde, damit wir sie im kommenden Jahr in das Projekt einbeziehen können. Es wird auch zu der neuen Baumart eine neue Handreichung mit Unterrichtsvorschlägen geben.

Die Ihnen nun vorliegende Handreichung würden wir gerne nach ihren Erfahrungen mit Informationen und Unterrichts Anregungen ergänzen.

Für das Birkenprojekt gilt:

Wie es weiter geht, hängt von all denen ab, die an diesem Projekt mitarbeiten. Kritik, Wünsche und Anregungen sind uns herzlich willkommen!

## **Das Birkenprojekt – konkret**

### **Die Auswahl der Bäume**

Es werden vier Bäume für die Knospenbeobachtung gebraucht. Entscheiden Sie sich für Bäume, die dem Buschstadium bereits entwachsen sind. Jeder der ausgewählte Baum bekommt eine eigene Nummer.

*Zwei  
Hängebirken  
und zwei  
weitere  
Bäume,  
deren  
Standort  
möglichst  
repräsentativ  
für die  
Umgebung  
ist, Nahe dem  
Messort für  
Wetter*

Wenn im Rahmen der Zusammenarbeit mit GLOBE schon eine Fläche für Untersuchungen ausgewählt wurde oder wenn es bereits eine Messstation für Atmosphären- bzw. Wetterdaten gibt, liegt es nahe für das Birkenprojekt Bäume auf oder nahe dieser Fläche heranzuziehen.

In gebirgigen Regionen können die äußeren Bedingungen an zwei nahe beieinander liegenden Standorten schon sehr unterschiedlich sein. Die Bäume sollten deshalb in nicht mehr als 2 km Entfernung oder mit mehr als 100 m Höhenunterschied zu Ihrer Wetterstation sein. Im Flachland variieren die Bedingungen nicht so stark, die Entfernung kann ruhig bis zu 10 km betragen. Die an der Wetterstation aufgenommenen Daten sollen die Situation am Standort der Bäume wiedergeben. Dies wäre nicht der Fall, wenn sich die Station z.B. auf der Luv-Seite eines Gebäudes befindet, während die Bäume Lee stehen. Außerdem sollten die Bäume nicht in irgendeiner Weise besonders zu ihrem Vor- oder Nachteil exponiert sein, d.h. beispielsweise geschützt in einer Bodensenke oder nahe einer bewässerten, gedüngten Anbaufläche stehen. Beziehen Sie diese Überlegung bei der Auswahl mit ein.



Achten Sie darauf, dass die Bäume gut zu erreichen sind, denn es werden täglich Daten erhoben!

Zwei der ausgewählten Bäume sollten nach Möglichkeit Hängebirken sein. Wir haben für Sie auf Seite 16 die Bestimmungsmerkmale der Hängebirke und der ihr sehr ähnlichen Moorbirke zusammengestellt. Bei den übrigen muss es sich um heimische Bäume handeln, die an die vorherrschenden jahreszeitlichen Bedingungen angepasst sind.

Wir empfehlen dringend, sich nach den Eigentumsverhältnissen der von Ihnen ausgewählten Bäume zu erkundigen und Rücksprache mit dem jeweiligen Besitzer zu halten.

### **Auswahl der Zweige**

Je Baum werden zwei nach Süden weisende Zweige ausgesucht und mit einem Buchstaben benannt.

Die Zweige sollten sich gut erreichen lassen. Das erleichtert das Beobachten der Knospen. Ist dies nicht möglich, nehmen Sie Ferngläser für die Kontrolle der Knospen zur Hilfe. Beobachten Sie besonders die Knospen an den Zweigenden.

Achten Sie darauf, dass es sich um gesunde und kräftige Zweige handelt. Markieren Sie jeden Zweig individuell unterschiedlich mit farbigen Gummibändern oder einem anderen wetterbeständigen, nicht abschnürendem Material. Die selben Zweige sollten auch in den kommenden Jahren für die Beobachtung verwendet werden.

### **...und wenn der schlimmste Fall eintritt**

Sollte einer der Bäume oder einer der beobachteten Zweige Schaden nehmen oder absterben, können Sie ihn durch einen neuen Baum gleicher Art bzw. einen neuen Zweig am selben Baum ersetzen. Der neue Baum sollte möglichst nahe bei dem Standort des ursprünglichen Baumes stehen. Der neue Zweig muss (wie sein Vorgänger) ebenfalls nach Süden ausgerichtet sein. Der neue Baum und die neuen Zweige erhalten die nächst höhere, freie Nummer (Bäume) bzw. den nächst höheren freien Buchstaben für den Baum (Zweige). Nach einem entsprechenden Vermerk im Protokollbogen können Sie die Untersuchungen fortführen.

### **Checkliste**

- Die Standorte der Bäume sind gut zu erreichen
- Es handelt sich bei den Bäumen nicht um „Exoten“
- Die Bäume sind nicht besonders exponiert
- Zwei der Bäume sind Hängebirken
- Die Bäume sind schon größer
- Der Messpunkt für Wetterdaten liegt so, dass die Verhältnisse am Standort der Bäume wiedergegeben werden.
- Der Eigentümer wurde um Erlaubnis gefragt
- Es wurden je Baum zwei nach Süden weisende Zweige bestimmt
- Die ausgewählten Zweige sind kräftig und gesund
- An jedem Baum können die Knospen an den ausgesuchten Zweigen gut beobachtet werden
- Die Zweige sind unterschiedlich und nachhaltig markiert, ohne dem Baum zu schaden

Dann kann es ja losgehen!

## Datenauswertung

### Growing degree summation (GDS)

*GDS:*  
*Summe der*  
*positiven*  
*Temperatur-*  
*Tagesmittel*  
*vom*  
*1. Januar bis*  
*zum*  
*Austreiben*

Bei vielen Pflanzen setzt das Wachstum nach der Winterruhephase erst nach einer längeren Folge wärmerer Tage ein. Wissenschaftler nutzen zur Abschätzung der Erwärmung über einen längeren Zeitraum einen als *growing degree summation* (GDS) bezeichneten Wert. Um ihn zu berechnen wird folgendermaßen vorgegangen:

1. Die Minimum- und Maximumwerte der Lufttemperatur werden ab dem ersten Januar (Nordhalbkugel) bzw. dem ersten Juli (Südhalbkugel) bis einschließlich zu dem Tag des Aufbrechens der Knospen gemessen und notiert.
2. Die Tagesdurchschnittstemperaturen werden bestimmt. Dafür werden Minimum- und Maximumwerte addiert und durch zwei dividiert.
3. Die Tagesdurchschnittstemperaturen, deren Wert größer als Null sind, werden addiert. Der erhaltene Betrag ist der GDS-Wert.

Diese Berechnung wird für jeden Zweig durchgeführt und das Ergebnis auf dem Protokollblatt festgehalten.

### Water difference (WD)

*WD:*  
*„Input“*  
*durch*  
*Nieder-*  
*schläge*  
*abzüglich*  
*„Output“*  
*durch*  
*Wasserver-*  
*brauch der*  
*Pflanzen und*  
*der*  
*Verdunstung*

Die Berechnung der *water difference* gibt Aufschluss darüber, ob eher trockene oder eher feuchte Bedingungen vorgelegen haben.

Die den Pflanzen zur Verfügung stehende Feuchtigkeit wird berechnet aus dem „Input“ an Wasser auf einer Fläche, also den Niederschlägen, und dem „Output“. Hierzu gehören die Wasserverluste durch die *Transpiration* der Pflanzen - also dem Abgeben von Wasser im Rahmen der Photosynthese - und die Wasserverluste durch *Evaporation*, dem Verdunsten von Wasser.

Die Summe von Transpiration und Evaporation wird als *Evapotranspiration* bezeichnet. Ihr Wert lässt sich abschätzen. Unter bestimmten Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen kann nur ein bestimmter Betrag an Wasser von der Luft über einer Fläche aufgenommen werden. Sind die Temperatur- und Niederschlagswerte bekannt, kann der als *potential evapotranspiration* (PET) bezeichnete Wert in der Tabelle „PET-Werte“ nachgelesen werden.

Die benötigten Niederschlagswerte werden wie folgt berechnet:

„Input“:

1. Die Niederschlagswerte der 29 vor dem Knospenaufbruch liegenden Tage und von diesem Tag selbst (also insgesamt 30 Tageswerte) müssen vorliegen – für jeden Zweig. Die Werte beinhalten nicht nur für die Regenmenge, sondern auch die in festen Niederschlägen enthaltene Wassermenge.
2. Wenn am 29. Tag vor Aufbrechen der Knospen Schnee gelegen hat, muss die in der Schneedecke enthaltene Wassermenge an diesem Tag entweder gemessen worden sein oder sie wird im Nachhinein abgeschätzt.
3. Für die Schätzung fertigt man eine Lineare Interpolation mit Hilfe der zwei nächsten, um den 29. Tag herumliegenden, bekannten Werte an.

In einem Koordinatensystem werden hierzu auf der X-Achse die Tage und auf der Y-Achse die Niederschlagswerte (in Millimetern) eingetragen. Zwischen den beiden Punkten wird eine Gerade gezogen. Auf der X-Achse wird der 29. Tag lokalisiert und auf der Geraden der korrespondierende Niederschlagswert abgelesen.

4. Die totale Wassermenge ergibt sich aus:
  - der Regenmenge und
  - dem Wassergehalt von Neuschnee und
  - der Wassermenge der Schneedecke am 29. Tag vor Aufbrechen der Knospen abzüglich der Wassermenge der Schneedecke am Tag des Öffnens der Knospen.

Input = Summe Regenmenge + Summe Wassermenge Neuschnee + Wassermenge in der Schneedecke des 29. Tages – Wassermenge in der Schneedecke am Tag des Aufbrechens der Knospen

„Output“:

1. In der Tabelle „PET-Werte“ sind bestimmten Tagesdurchschnittstemperaturen Evapotranspirationswerte zugeordnet. Genau genommen richtet sich die Höhe der PET-Werte nicht nur nach der Temperatur, sondern auch nach dem der Sonneneinstrahlung. Aber die in der Tabelle angegebenen Werte sind auch ohne Einbeziehung dieses zusätzlichen Faktors ausreichend genau.  
In der Tabelle werden vom Tag des Aufbrechens der Knospen und von den vorangegangenen 29 Tagen die PET-Werte der jeweiligen Tagesdurchschnittstemperatur bestimmt.
2. Die 30 Werte werden addiert.

Output = Summe PET-Werte vom Tag des Aufbrechens der Knospen und der 29 vorangegangenen Tage

Der Output abgezogen vom Input ergibt den *water difference*-Wert. Ist er positiv, lagen feuchte Bedingungen vor. Ist der Wert negativ, waren die Bedingungen trocken.

Tabelle „PET-Werte“

Tage s- mittel (°C)	PET - Wer t (mm )										
-20	0,15	-8	0,42	4	1,1	16	2,3	28	4,5	40	8,4
-19	0,16	-7	0,45	5	1,1	17	2,4	29	4,7	41	8,9
-18	0,18	-6	0,49	6	1,2	18	2,5	30	5,0	42	9,3
-17	0,19	-5	0,54	7	1,3	19	2,7	31	5,3	43	9,8
-16	0,21	-4	0,58	8	1,4	20	2,9	32	5,6	44	10,3
-15	0,23	-3	0,63	9	1,5	21	3,0	33	5,9	45	10,8
-14	0,25	-2	0,68	10	1,6	22	3,2	34	6,2	46	11,3
-13	0,27	-1	0,74	11	1,7	23	3,4	35	6,5	47	11,9
-12	0,30	+0	0,8	12	1,8	24	3,6	36	6,9	48	12,4
-11	0,32	+1	0,9	13	1,9	25	3,8	37	7,2	49	13
-10	0,35	+2	0,9	14	2,0	26	4,0	38	7,6	50	13,7

-9	0,38	+3	1,0	15	2,1	27	4,3	39	8,0		
----	------	----	-----	----	-----	----	-----	----	-----	--	--

## Beispielrechnung

Bei dem Haselstrauch 1, Zweig b öffneten sich die Knospen am 12. Januar.

### Berechnung des GDS-Wertes

Datum	Min. Temperatur	Max. Temperatur	Summe	Mittelwert
2001.01.01.	-5°C	+1°C	-4	-2,0
2001.01.02.	-2°C	+3°C	+1	+0,5
2001.01.03.	-3°C	+2°C	-1	-0,5
2001.01.04.	-4°C	+5°C	+1	+0,5
2001.01.05	-4°C	+7°C	+3	+1,5
2001.01.06.	-3°C	+7°C	+4	+2,0
2001.01.07	-2°C	+9°C	+7	+3,5
2001.01.08.	-3°C	+9°C	+6	+3,0
2001.01.09.	-2°C	+11°C	+9	+4,5
2001.01.10.	0°C	+10°C	+10	+5,0
2001.01.11.	0°C	+11°C	+11	+5,5
2001.01.12.	0°C	+9°C	+9	+4,5

Summe der positiven Mittelwerte: 30,5

$$GDS = \underline{30,5} \text{ °C}$$

### Berechnung des WD-Wertes

„Input“

Vom 14.12. des vorangegangenen Jahres an sind 30 mm Regen und 10 mm Wasser als Neuschnee gefallen.

Am 11.01. lag kein Schnee mehr und es hat auch am 12.01. keinen Schnee mehr gegeben.

$$\text{„Input“} = 30\text{mm} + 10\text{mm} + 0\text{ mm} - 0\text{ mm} = \underline{40\text{ mm}}$$

„Output“

Die Summe der PET-Werte vom 14.12 des vorangegangenen Jahres an beträgt 29,65 mm (die Summe vom 01.01. bis zum 12.01. hat an der Gesamtsumme einen Anteil von 11,62 mm).

$$WD = 40\text{ mm} - 29,65\text{ mm} = \underline{10,35\text{ mm}}$$

Der WD-Wert hat ein positives Vorzeichen, damit waren die Bedingungen in den 30, dem Austreiben vorangegangenen Tagen feucht.

## Kurzinformationen

### Phänologie

#### Was ist das eigentlich?

Phänologie ist die „Lehre vom zeitlichen Erscheinen der Entwicklungsstufen unter Einfluss der Witterung“ (Seyfert, 1960). Bei den Entwicklungsstufen, um die es in der Phänologie geht, handelt es sich um die Lebens- und Wachstumserscheinungen von Tieren und Pflanzen. Diese Lebens- und Wachstumserscheinungen sind in hohem Maße beeinflusst und gesteuert von den Umweltbedingungen, denen die Organismen ausgesetzt sind. Vor allem spielen Klima und Witterung hierbei eine entscheidende Rolle.

In der Bundesrepublik wird nur die Phänologie an Pflanzen betrieben. Die hauptsächlich ehrenamtlichen Mitarbeiter des Deutschen Wetterdienstes stellen den Zeitpunkt des Eintretens genau beschriebener phänologischer Phasen an vorgeschriebenen Pflanzen fest und geben diese Daten weiter zur Dokumentation und Auswertung weiter. Es werden über 200 Phasen an 73 verschiedenen Pflanzenarten beobachtet.

Aber nicht nur welche Phasen und Pflanzenarten beobachtet werden ist genau festgelegt. Um Zufallsergebnisse durch besonders „eilige“ oder „langsame“ Pflanzen zu vermeiden, werden immer mehrere Pflanzen gleichzeitig kontrolliert. Die Pflanzen dürfen auch nicht an „Sonderstandorten“ wachsen, wie etwa tiefen Mulden, Frostlöchern, immer trockenen Südhängen, immer schattigen Nordhängen, an Hauswänden, mitten in Großstädten oder eng umbauten Innenhöfen... Damit soll gewährleistet sein, dass die Daten auf alle anderen Pflanzen der Region übertragbar sind. Zusätzlich muss immer mit angegeben werden, zu welcher Sorte z.B. der Apfelbaum gehört, dessen Phase gerade aufgenommen werden.

Wenn eine Pflanze in eine neue phänologische Phase eintritt, wird nicht das Datum notiert, zu dem diese neue Phase beobachtet wird, sondern um den wievielten Tag im Jahr es sich handelt.

Phänologie orientiert sich an den Pflanzen, und die richten sich nicht nach einem Datum. Dadurch dass die Tage im Jahr angegeben werden, ist die spätere Auswertung viel einfacher.

Zusätzlich zu dem Phänologischen Dienst gibt es noch den Phänologischen Schnellmeldedienst. Die Mitarbeiter dieses Dienstes nehmen die Daten von 60 besonders wichtigen Phänophasen auf. Mit Hilfe dieser Beobachtungen können aktuelle Auskünfte über den Stand der Vegetationsentwicklung gemacht werden. Landwirte sind dadurch in der Lage, ihre Arbeitsabläufe besser zu planen und Allergiker wissen, wann sie mit Pollenflug zu rechnen haben.

Vom europaweiten Netz der Internationalen Phänologischen Gärten werden an genetisch identischen Klonen von Büschen und Bäumen ebenfalls phänologische Daten gesammelt. Dadurch dass hier Klone beobachtet werden, ist die durch die genetische Vielfalt verursachte Streuung beim Eintreten in eine Phänophase ausgeschaltet. Es kommen nur noch die Umwelteinflüsse zum Tragen.

*Lehre vom Auftreten der vom Wetter beeinflussten beobachtbaren Lebens- und Wachstumserscheinungen bei Pflanze und Tier*

Mit den gesammelten Daten werden u.a. *Isophänen*-Karten erstellt. Isophäne sind Linien, die auf der Karte Punkte miteinander verbinden, an denen ein gleichzeitiger Eintritt in eine bestimmte Phänophase beobachtet wurde. Solche Karten findet man in den meisten Atlanten. An ihnen lässt sich u.a. ablesen, wie schnell die Jahreszeiten in den einzelnen Regionen voranschreiten. Mit diesen Informationen kann in der Landwirtschaft und von den Gärtnern leichter entschieden werden, wo welche Kulturpflanze am besten wächst. Wissenschaftler können mit Hilfe dieser Karten aber auch auswerten, welchen lokalen Gesetzmäßigkeiten das Wetter unterliegt.



Es gibt bei den Unterrichtsvorschlägen einen phänologischen Kalender zum selber ausfüllen

### Phänologische Jahreszeiten

Anhand der Phänologie lässt alternativ zu dem astronomischen und dem meteorologischen Kalender ein Kalender aufstellen, der sich an den Pflanzen und Tieren orientiert. In ihm wird der Beginn einer Jahreszeit durch das Auftreten einer bestimmten Entwicklungsstufe bei ausgewählten Organismen definiert.

Dieser phänologische Kalender hat je nach zugrunde gelegter Definition der Phänophasen zehn oder zwölf Jahreszeiten:



*Der Phänologische Kalender nach den Phasen des Deutschen Wetterdienstes. Angegeben ist jeweils die Eintrittsphase in die Jahreszeit.*

## Knospen - die Knubbel, aus denen die Blätter kommen

### Was ist eine Knospe?

Eine Knospe ist der von Blattanlagen und oft auch von jungen Blättern eingehüllte Vegetationspunkt eines Sprosses. Bei der Bildung einer Knospe strecken sich die Blattanlagen schneller als die Stängelspitze, dabei wachsen die Unterseiten besonders stark. Durch dieses ungleichmäßige Wachstum wölben sich die äußeren, älteren Blätter über den Vegetationskegel und die inneren jüngeren Blättern. Sie bilden schließlich eine geschlossene Kuppel.

Bei periodisch wachsenden Gehölzen sind die (Winter-) Knospen von Knospenschuppen umhüllt (*bedeckte Knospe*). Die Knospen des Faulbaumes haben keine Schuppen, mit Haaren überzogene feste Außenschichten der eingerollten Blattanlage übernehmen hier diese Funktion. *Halbnackte Knospen* hat der Schwarze Holunder. Die locker stehenden, kleinen Schuppen umgeben die Blattanlagen nur im unteren Teil.

Die Knospe ist häufig mit Harz, Gummi oder Haaren überzogen, die zusätzlich zu dem mechanischen Schutz, den die Hülle um den Vegetationskegel bildet, als Sicherheitsvorkehrung gegen Verdunstung und Temperaturschwankungen fungieren. Auch die frisch ausgetriebenen Blätter und Blüten weisen oft noch einige Zeit solche Vorrichtungen auf.

Im Inneren der Knospe sind Blätter und Blüten bereits lange vor deren Austreiben fertig angelegt. An der Birke sind schon im Mai die Knospen für das kommende Jahr entwickelt, auch bei anderen Bäumen und Sträuchern ist das Ausbilden der Knospen im Spätsommer oder Herbst eher die Ausnahme. Die Knospen verbringen somit einen Großteil des Jahres in der Knospenruhe.

*Knospe: von Blattanlagen und / oder jungen Blättern umhüllte Vegetationspunkt eines Sprosses*

Je nach Lage der Knospen am Spross werden Knospen unterschiedlich bezeichnet:

- Endknospen (Gipfel-, Terminal-, Apikalknospen)  
Diese Knospen liegen am Sprossende. Bei einigen Pflanzenarten fehlt eine echte Endknospe. Hier findet man zwei Knospen am Sprossende vor. Ein Beispiel hierfür ist der Flieder. Bei ihm stirbt bereits im Sommer der letzte Stängeltrieb ab und die nächstgelegenen Seitenknospen bilden den Abschluss.
- Seitenknospen (Achselknospen)  
Diese Knospen stellen seitliche Ausgliederungen des Sprosses dar. Sie sitzen in den Achseln eines Deck- oder Tragblattes. Seitenknospen können als schlafende Augen jahrelang ruhen. Durch Verletzungen, Lichtreize, Trockenheit und bestimmte Chemikalien können sie „geweckt“ werden.  
In einer Blattachse können noch weitere Knospen stehen, die dann als Beiknospen oder akzessorische Knospen bezeichnet werden.

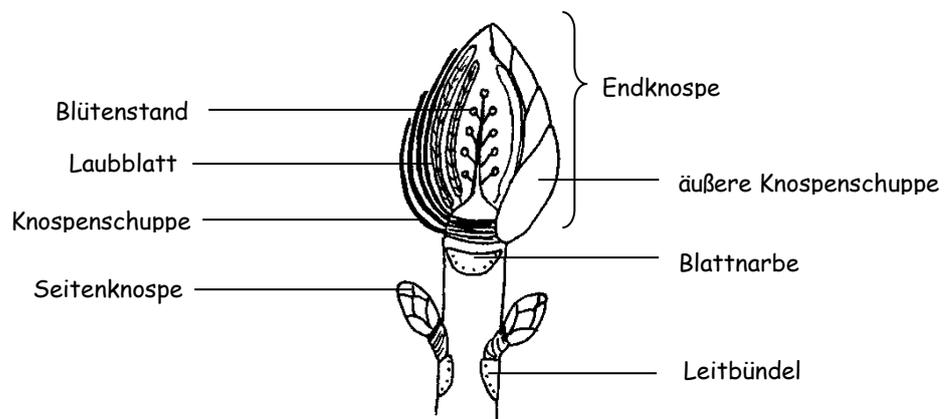


Zum Thema Zweig und Knospe und zum Bau der Knospen gibt es Arbeitsbögen bei den Unterrichtsvorschlägen

Eine weitere Unterscheidung der Knospen lässt sich anhand der in ihnen enthaltenen Organe treffen:

- **Blattknospen**  
Dieser Knospentyp enthält die Blattanlagen. Häufig ist beim Aufbrechen der Knospe nur ein Haariges inneres zu erkennen. Erst beim Austreiben der Blätter kann man erkennen, dass sie bei den unterschiedlichen Gehölzen verschiedenartig in den Knospen verpackt gewesen sind. Bei Ulmen und Hasel liegen die Blattoberseiten aufeinander, bei Ahorn und Rotbuche sind sie fächerförmig gefaltet. Die Blätter können auch aufgerollt sein, entweder jede Blatthälfte für sich oder die Blätter umeinander.
- **Tragknospen (Fruchtaugen)**  
Sie beinhalten die Anlage der Blüte. Als Blütenknospen wird die noch geschlossene aber fertig entwickelte Blüte bezeichnet.
- **Gemischte Knospen**  
Blüten- und Blattanlage sind hier in einer Knospe vereint. Man findet solche Knospen beim Ahorn und der Kastanie.

*Innerer Bau einer gemischten Knospe (Kastanie)*



### **Erzwungene und nicht erzwungene Knospenruhe**

*Erzwungene Knospenruhe: Apikal-dominanz, Endknospe unterdrückt Seitenknospen*

Den Zeitraum eingestellten Wachstums und herabgesetzter Stoffwechselaktivität zwischen Anlage und Austrieb einer Knospe wird als Knospenruhe bezeichnet.

Neben der jahreszeitlich bedingten Knospenruhe können Seitenknospen korrelativ durch das Vorhandensein einer Knospe an der Triebspitze gehemmt sein, wodurch ein Verzweigen des Triebes verhindert wird. Diese als Apikaldominanz bezeichnete Hemmung lässt sich durch das Entfernen der Endknospe aufheben. Die Endknospe gibt Auxin, ein eigentlich wachstumsförderndes Hormon ab, welches aber in diesem Fall das Seitentriebwachstum unterdrückt. Man geht davon aus, dass das Auxin die

Bildung oder den Transport eines Hemmstoffes verursacht und so die Apikaldominanz aufrecht erhalten wird, solange die Endknospe vorhanden ist.

Bei der Jahreszeitlich bedingten Knospenruhe ist der Sachverhalt komplizierter.

Es gibt hierbei unterschiedlich intensive Ruhestadien, die äußerlich nicht erkennbar im Inneren der Knospe ablaufen:

- *Dormanz* (= endonome = echte = autonome = innere Ruhe)  
Knospen in diesem Ruhestadium sind unabhängig von den äußeren Faktoren i.d.R. durch Blockierung der Genexpression inaktiv. Selbst unter günstigen Außenbedingungen wird die Dormanz nicht unterbrochen. Die Knospenruhe der Bäume beginnt so z.B. zu einem Zeitpunkt, an dem die Witterung Wachstum noch zulassen würde. Der Dormanz geht häufig ein Stadium immer spezialisierter werdender Wachstumsbedingungen voran. Das Wachstum findet bald nur noch unter optimalen Bedingungen statt und wird schließlich ganz eingestellt.
- *Quiescenz* (= aitionome = erzwungene = exogene Ruhe)  
Ungünstige Bedingungen bedingen dieses Ruhestadium. Sobald sich die äußeren Faktoren genügend verbessert haben, wird die Ruhe beendet. Die Ursache für Quiescenz ist häufig Wassermangel der Zellen. Er kann nicht nur durch Mangel an Niederschlägen verursacht werden. Bei der Bildung von Eiskristallen wird dem Zellinneren ebenfalls Wasser entzogen. Die Abhängigkeit chemischer Reaktionen von Temperatur und Wasser als Lösungsmittel erzwingt in solchen Fällen die Stoffwechselruhe der Zellen.



Auch zum Thema Knospenruhe gibt es Arbeitsbögen bei den Unterrichtsvorschlägen

### Der Beginn der Knospenruhe

Das Einsetzen der Dormanz im Hochsommer oder Herbst kann von einigen Pflanzen unabhängig von äußeren Einflüssen – einem *endogenen Rhythmus* folgend – herbeigeführt werden. Bei diesem Prozess ändern sich die Nährstoffversorgung oder die hormonellen Verhältnisse in den Knospen.

Der Ruhebeginn vieler Pflanzen wird aber unmittelbar umweltgesteuert (*exogener Rhythmus*). Am Häufigsten spielt dabei die Tageslänge als witterungsunabhängige, gleichmäßige Größe die ausschlaggebende Rolle (*Photoperiodizität*). Am häufigsten durch das Signal „Kurztag“, bei dem die Pflanze das Sinken der Tageslänge unter einen kritischen Wert registriert. Die kritische Tageslänge liegt häufig noch sehr hoch (etwa 15 Stunden). Wird sie unterschritten, löst das Wachstumsstillstand und die Bildung von Ruheknospen aus.

An dem Erkennen der Lichtverhältnisse ist wahrscheinlich das Phytochrom in den Blättern beteiligt. Dieses Pigmentsystem wird durch tageszeitlich wechselnde Anteile von hellrotem und dunkelrotem Licht aktiviert und deaktiviert. Es „sorgt“ damit für die Unterscheidung zwischen Hell und Dunkel. Die Messung der Tageslänge ist eine Eigenleistung der inneren Uhr. Wie sie vollzogen wird ist noch nicht geklärt.

Ungeklärt ist auch, wie in den Knospen die Ruhephase induziert wird.

*Einsetzen der Ruheperiode kann sowohl umweltabhängig als auch umweltunabhängig erfolgen*

*Beginn der Ruhe durch Phytohormone gesteuert*

Das Mengenverhältnis von *Abscisinsäure* und *Gibberellinen* in der Knospe scheint bestimmend für den Beginn der Dormanz zu sein. Häufig ist der Eintritt in die Knospenruhe mit einem Ansteigen der Abscisinsäurewerte und einem Abfall der Gibberellinkonzentration verbunden. Es wird vermutet, dass Abscisinsäure in den Knospen die RNA- und evtl. auch die DNA-Synthese blockiert. Gibberellin kann diesen Effekt aufheben.

### **Das Ende der Knospenruhe**

Die  
Möglich-  
keit die  
Ruhephase  
zu beenden  
wird  
„vererbt“

Ein Kältereiz von 0,5 - 5°C über zwei bis sechs Wochen ist häufig ausreichend, um das Ende der Dormanz auszulösen. I.d.R. sind nur zellteilungsfähige Gewebe (Knospen) für den Kälteeinfluss empfänglich. Blattknospen reagieren oft schon auf einen kürzer andauernden Kältereiz als Blütenknospen. Hormone scheinen nicht unbedingt an der Beendigung der Knospenruhe beteiligt zu sein. Es wird angenommen, dass durch die Kälte eine lokale Genaktivierung verursacht wird, durch die eine Wiederaufnahme des Stoffwechsels auch bei unverändertem Hormonspiegel möglich ist. Bei der Zellteilung wird diese Genaktivierung weitergegeben. Das bedeutet, dass nur die dem Kältereiz ausgesetzten Zellen auf die sich ändernde Tageslänge oder höhere Temperaturen als Signal für die Beendigung der Quiescens und damit der Knospenruhe insgesamt reagieren können.

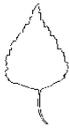
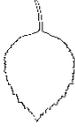
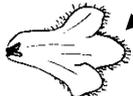
### **Über Birken**

#### **Hängebirke oder Nicht-Hängebirke – das ist hier die Frage!**

Artunter-  
scheidung bei  
Birken ist  
schwierig

Die Hängebirke (*Betula pendula*; Synonyme: Weißbirke, Warzenbirke, Sandbirke) ist mit Abstand die häufigste, aber nicht die einzige Birkenart in Europa. Neben den heimischen Birkenarten, wie z.B. der Strauchbirke (*Betula nana*) und der Moorbirke (*Betula pubescens*; Synonyme: Haarbirke, Besenbirke) findet man immer häufiger z.B. nordamerikanische Birken in den Parks und Gärten. Mehr als 40 Birkenarten und eine unüberschaubare Menge an Sorten sind in Deutschland vertreten. Eine Unterscheidung der einzelnen Arten ist nicht einfach, denn Birken neigen zu Bastardisierung und die Hybriden zeigen dann Merkmale beider beteiligten Baumarten. Hinzu kommen die großen standorts- und genetisch bedingten Unterschiede in der Ausprägung der Bestimmungskriterien. Schon an einem Baum lassen sich große Abweichungen bei Blattformen u. ä. feststellen.

Aufgrund ihrer sehr ähnlichen Ansprüche an den Standort und ihrer weiten Verbreitung kommen besonders Hänge- und Moorbirke gemeinsam vor. Beide Birkenarten gleichen einander stark und sind sehr variabel. Die nachfolgende Auflistung soll Ihnen bei der Artbestimmung helfen:

	Hängebirke	Moorbirke
Habitus	 <p>bei alten Bäumen Äste und Zweige überhängend, sonst ist die Krone schmal und spitzkegelig</p>	 <p>Äste mehr waagrecht; mit aufrechten, nicht überhängenden Zweigen; häufig mehrstämmig</p>
Rinde	 <p>hell weiß; an der Stammbasis mit groben, längsrissigen, schwarzen Leisten (siehe Bild); abblättern</p>	 <p>weniger hell; an der Stammbasis erst spät in schwärzliche Borke übergehend; sich in dünnen Streifen abpollend</p>
Zweige	junge Triebe mit warzigen Drüsen besetzt; klebrig; unbehaart	junge Triebe dicht kurzflaumig behaart; höchstens mit einzelnen warzigen Drüsen
Blätter	 <p>rautenförmiger oder dreieckiger Umriss, manchmal auch rhombisch mit lang ausgezogener Spitze; Rand gleichmäßig doppelt gesägt; nur nach dem Austrieb leicht klebrig; Blätter fühlen sich sehr leicht und dünn an</p>	 <p>Umriss eher breit-eiförmig; , breiteste Stelle in der Mitte des Blattes; Rand einfach oder undeutlich doppelt gesägt, vorn kurz zugespitzt; nach dem Laubaustrieb flaumig behaart, später kahl oder nur noch in den Nervenachsen noch feiner Flaum; Blattoberseite in der Jugend oft rau, später glatt</p>
Früchte	 <p>Flügel 2- 3mal so breit wie die Nuss</p>	 <p>Flügel 1- bis 1,5mal so breit wie die Nuss</p>
Fruchtschuppen	 <p>Mittellappen der Schuppen klein und spitz</p>	 <p>Mittellappen der Schuppen etwas länger als die Seitenlappen</p>

## Birken im Brauchtum

Birken gelten als Sinnbild für Weiblichkeit, besonders die Hängebirke mit ihren schleierartig herabhängenden Zweigen. Im russischen Brauchtum wurde zu Pfingsten eine Birke mit Frauenkleidern behängt und so symbolisch zur Urmutter und Fruchtbarkeitsgöttin, die zum Frühlingsbeginn besonders gefeiert und verehrt wurde. Denn in der Zeit des Neuerwachens der Natur feierte man die Hochzeit der Urmutter mit dem Himmel. Es galt als besonders glücksbringend, zu diesem Zeitpunkt zu heiraten. Als symbolischer Heiratsantrag werden in Süddeutschland in der Nacht zum ersten Mai von den Junggesellen geschmückte Birkenbäumchen vor das Haus der Angebeteten gestellt. Hatte eine junge Frau es sich mit den ledigen Männern verscherzt, bekam sie stattdessen einen Besen.



Eine geschmückte Birke macht sich auch gut in der Schule und einen geschmückten Zweig kann man auch als Liebesgabe nutzen. Die Bauanleitung für einen Besen (und noch mehr) gibt es in den Unterrichtsvorschlägen.

Mit Maibäumen und Birkenschmuck an den Häusern („Maien“) sollten Schutz und Wohlwollen der Göttin erlangt werden. Beim „Pfeffern“ oder „Schmackostern“ zogen junge Männer durch die Ortschaften und „pfefferten“, d.h. schlugen die Bevölkerung – besonders die jungen Mädchen – mit Birkenzweigen, den „Lebensruten“. Hierdurch sollte die Lebenskraft gestärkt und ein Schutz vor Krankheiten bewirkt werden.

Mit der Christianisierung wurden die ursprünglich heidnischen Bräuche umgewandelt. Heute stehen häufig Birkenzweige im Osterstrauch und die „Maien“ schmücken die Häuser zu Frohleichnam. Aus den (wilden) Festen zur Hochzeit der Urmutter wurden später Hexenfeste wie die Walpurgisnacht.

## Birken – und was man daraus machen kann

Auffällig ist die durch eingelagerte Betulinkristalle weiße Rinde vieler Birkenarten, die sich in Streifen ablöst. Es lag nahe, sie wie Papier zu verwenden. Hironymus Bock schreibt in seinem im 16. Jahrhundert erschienen Kräuterbuch:

„Der Birkenbaum ist vor zeitten in grosser würde gewesen/darumb das man auff die weissen Rinden des selben baums etwan geschriben/ehe dann die lumpen zum Papyr erfunden seind worden/wie ich danselbs zu Chur im Schweitzerland etlich Carmina Vergilii auf weisse Birkenrinden geschriben/gesehen und gelesen hab/“

Aus der weißen Rinde lässt sich Birkenteer gewinnen, der z.B. als Wagenschmiere verwendet wurde oder mit dem Ötzi die Federn an seinen Pfeilen festklebte.

Wegen ihres Gerbstoffgehaltes wurde die gelblich-rosafarbene, untere Rindenschicht in nordischen Ländern auch in der Lederverarbeitung eingesetzt. Als „Juchtenleder“ bezeichnete Tierhäute waren mit dieser Rinde gegerbt und zeichneten sich durch einen charakteristischen, würzigen Geruch aus. Diese Duftkomponente der Birkenrinde und auch des Birkenholzes wird heute in dem Parfüm „Russisch Leder“ verwendet.

Das unter der Rinde liegende Kambium enthält viel Zucker, ätherische Öle und auch Vitamin C. In Nordamerika wurde diese Schicht von den Indianern getrocknet, gemahlen und zu einer Art Pfannkuchen verarbeitet.

Birkenrinde ist weich und kaum wasserdurchlässig. Das macht sich zu einem vielseitig einsetzbaren Werkstoff. Die Indianer Nordamerikas beispielsweise fertigten aus ihr Kanus an, die Lappen Umhänge und Schuhe. Sie lässt sich zu Körben, Matten, Fackeln und auch zum Häuser decken nutzen. Aus den biegsamen Birkenzweigen werden Besen gebunden.

Das Holz der Birke ist nicht besonders Witterungsbeständig und hat nur eine geringe Tragkraft. Das macht es als Bauholz ungeeignet, aber in der Möbelindustrie wird es wegen seiner ansprechenden Maserung als Furnierholz verwendet. Besonders begehrt ist es als Brennholz, da es aufgrund des hohen Gehaltes an Ölen auch in nassem Zustand brennt.

Den in Blättern und Rinde der Birke enthaltenen Heilstoffen sagt man regulierenden Einfluss auf den menschlichen Wasserhaushalt nach. Sie regen Blase und Nieren an, helfen u.a. gegen Rheuma, Gicht und bei Hautproblemen und schlecht heilenden Wunden. So werden die harzigen Zweige der Hängebirke zum Peitschen nach dem Saunagang verwendet, um die Ausschwitzung der Haut zu unterstützen. Im Frühjahr gezapfter Birkensaft wird innerlich als Schönheitstrunk und äußerlich in Form von Waschungen und Umschlägen angewendet. Die jungen, noch klebrigen Blätter und Knospen werden gesammelt, getrocknet und für Tee oder Haarwasser verwendet.

### **Birken – kälteharde Säufer**

Die Birke ist eine Pionierbaumart. Ihre Anspruchslosigkeit und auch die Masse an Flugnüsschen, die ein Baum produziert, macht sie zum idealen Besiedler von Ödflächen, Geröllhalden und anderen unwirtlichen Gebieten. Die vom Wind oft über Kilometer weit getragenen Früchte keimen fast an jedem Standort – nur Licht muss ausreichen vorhanden sein, Schatten verträgt die Birke nicht. Auf feuchten Standorten entwickelt sie sich zum „Säufer“, so dass Birken gezielt zur Entwässerung von sumpfigen und moorigen Flächen angepflanzt wurde, aber sie passt sich auch trockeneren Standorten an. Einen Wechsel zwischen trockenem und feuchtem Standort bekommt den Bäumen aber nicht.

Als Pionierbaumart steht die Birke häufig ungeschützt auf freier Fläche und ist der Witterung besonders ausgesetzt. Die weiße Rinde wird als Anpassung an diese Lebensweise gedeutet. Sie reflektiert einen großen Teil der Sonneneinstrahlung und Luftpolster zwischen der sich ablösenden Rinde bilden eine Isolierschicht. Im Frühling erwärmt sich der Stamm nicht so schnell. Ein vorzeitigen Anregen des Saftflusses und damit das Risiko von Frostschäden durch zu frühes Austreiben wird so reduziert. Birken gelten als ausgesprochen kältehart.

Auf geeigneten Böden werden Birken als Schirmbäume über empfindlichen Jungbaumkulturen verwendet, die sie vor Sonne, Wind und anderen Witterungseinflüssen schützen. Birken haben eine sehr lockere Krone, durch die große Mengen Licht zum Boden durchdringen können. Sie behindern deshalb das Wachstum der Kulturbäume nicht. Diese wiederum haben häufig ein wesentlich dichteres Blätterdach und bringen die lichtbedürftigen Birken zum Absterben, wenn sie sie im Wachstum überholen.

## Warum nicht überall „Südsee“ ist

### Die Jahreszeiten

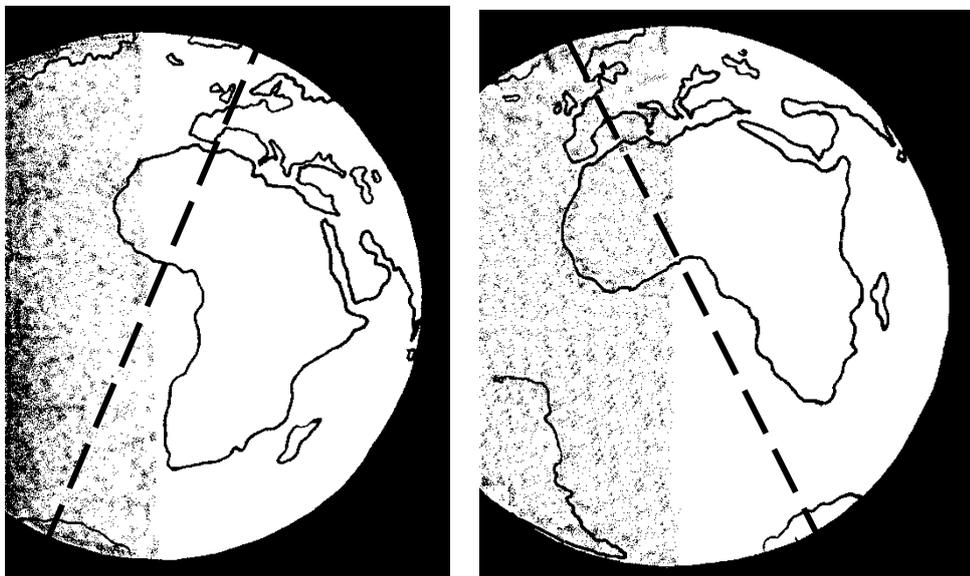
*Die eingestrahelte Sonnenenergie ist abhängig von der Tageslänge und dem Einfallswinkel*

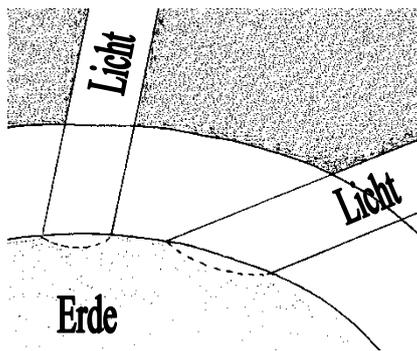
Tageslängen und Tagesbahnen der Sonne sind je nach Breitenlage unterschiedlich. Die Ursachen hierfür sind einmal die Erddrehung, der wir Tag und Nacht verdanken, dann der Erdumlauf um die Sonne und die sog. Ekliptikschiefe, die Neigung der Erdachse zur Ebene ihrer Umlaufbahn um  $23^{\circ}27'$ .

Unterschiedliche Tageslängen haben eine unterschiedlich lange Dauer der Sonneneinstrahlung zur Folge, unterschiedliche Tagesbahnen unterschiedliche Einstrahlungswinkel. Bei niedrigem Sonnenstand verlängert sich der Weg den die Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre zur Erde zurücklegen müssen und die Größe der von der Sonne beschienenen Fläche. Weniger zur Erde durchdringende Strahlen „verteilen“ ihre Energie auf eine größere Fläche.

Über dem Äquator zieht die Sonne immer gleichmäßig ihre Bahnen, ein für unser Empfinden ausgesprochen monotones Wetter mit zwei Regenzeiten ist die Folge. Zu den Polen hin wirken sich die Änderungen der Erdausrichtung zu Sonne deutlicher aus. Wir erleben sie als Jahreszeiten mit einer starken Biorhythmik.

*Beleuchtung der Erde zur Sommersonnenwende mit einer Tageslänge von ca. 16 Stunden (links) und zu Wintersonnenwende mit einer Tageslänge von ca. 8 Stunden (rechts)*





Die Erdneigung beeinflusst über den Einfallswinkel des Sonnenlichtes die bis zum Boden gelangende Lichtmenge, die durch die Atmosphäre zurückzulegende Strecke und die beschienene Fläche ändern sich.

Der astronomische Kalender richtet sich in seinen Jahreszeiten nach der Tageslänge, den Tagundnachtgleichen am 21. März und 23. September und dem kürzesten bzw. längsten Tag im Jahr – dem 22. Dezember bzw. 22. Juni. Die von uns festgestellten unterschiedlichen Wetterbedingungen der Jahreszeiten sind die Grundlage für den meteorologischen Kalender. Besonders Maßgeblich ist hierbei die Temperatur. Zu der Verzögerung gegenüber dem astronomischen Kalender kommt es, da erst zu einer Erwärmung der Land- und Wassermassen kommen muss, die wir wahrnehmen.

	astronomische Jahreszeit	meteorologische Jahreszeit
Frühling	21.3. – 22.6.	1.3. – 31.5.
Sommer	22.6. – 23.9.	1.6. – 31.8.
Herbst	23.9. – 22.12.	1.9. – 30.11.
Winter	22.12. – 21.3.	1.12. – 28.2.

## Klima und Wetter

Als Klima bezeichnet man langläufig das durchschnittliche Wetter eines bestimmten Gebietes innerhalb eines bestimmten Zeitraumes. Bei dem betrachteten Zeitraum geht man von mindestens dreißig Jahren aus, um genügend Daten für aussagekräftige Mittelwerte zur Verfügung zu haben. Derzeit bezieht man sich auf die Jahre 1961 bis 1990.

Bei der Ausbildung des typischen Klimas für eine Region ist nicht nur der Neigungswinkel zur Sonne bestimmend. Land und Wasser erwärmen sich unterschiedlich schnell und speichern Wärme unterschiedlich lange. Die Kontinente erwärmen sich im Allgemeinen schneller als die Ozeane, sie sind im Sommer wärmer. Wasser kann Wärme aber länger speichern, deshalb sind die Verhältnisse im Winter genau umgekehrt – die Temperatur der Ozeane ist höher. Aus diesen Temperaturunterschieden resultieren die kühlen, von der See zum Land gerichteten Winde im Sommer und die warmen von der See zum Land hin gerichteten Winde im Winter. Aber auch die Absorptionsfähigkeit für die Sonneneinstrahlung einzelner Regionen auf den Kontinenten und den Meeren ist unterschiedlich. Wassertrübung, Eis, Vegetation, Bodenbeschaffenheit und der Gehalt an Wasserdampf und anderen Partikeln in der Atmosphäre sind hier bestimmend. Luft erwärmt sich über den Land- bzw. Wassermassen und steigt auf, aus der kälteren Umgebung strömt Luft nach.



In den Unterrichtsvorschlägen finden Sie zwei in diesen Themenbereich gehörende Versuche

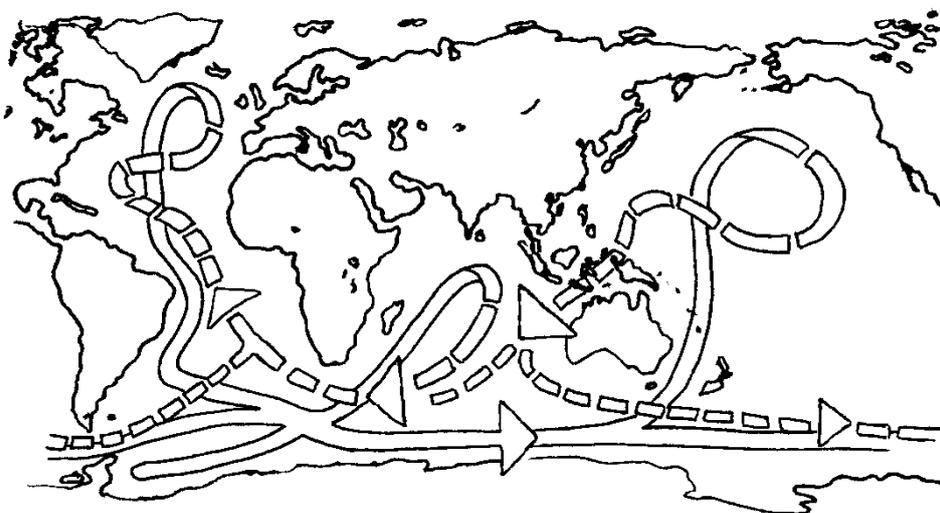
Nicht nur über die Winde – die atmosphärische Zirkulation - findet Temperaturengleich zwischen wärmeren und kälteren Gebieten statt. Den Transport der Wärme aus den Tropen in die gemäßigten Zonen bewerkstelligt auch das „große marine Förderband“, also die Zirkulation des Meerwassers.

Wärme und Salzgehalt bestimmen die Dichte von Wasser. Wasser mit einer Temperatur von 4°C ist am schwersten und Wasser mit einem hohen Salzgehalt schwerer als Wasser mit niedrigem.

Im Nordwestatlantik ist der Salzgehalt recht hoch und die Wassertemperatur niedrig. Zwischen 50° und 80° N sinkt dieses schwere atlantische Oberflächenwasser ab und fließt nach Süden. Zum Teil steigt es während des Weges wieder auf, aber der weit größere Teil wird durch den arktischen Zirkumpolarstrom - eine um die Arktis verlaufende Kreisströmung - auf den Indischen Ozean und den Pazifik verteilt. In diesen Meeren steigt das Wasser auf dem Weg nach Norden wieder höher. Im Indischen Ozean fließt es als Zwischenwasser (zwischen den Schichten von Oberflächen und Tiefenwasser) zurück Richtung Süden. Um Südamerika und z.T. auch um Südafrika herum strömt es zurück in den Atlantik.

Im Pazifik steigt das Wasser bis zu Oberfläche auf. Durch die Indonesische Passage gelangt es in den Indischen Ozean und anschließend auf ähnlichem Weg wie das Wasser aus dem Indischen Ozean zurück in den Atlantik.

*Das marine Förderband*



gestrichelte Linie: warme Strömung, durchgezogene Linie: kalte Strömung

Der gegenüber dem Pazifik und dem Indischen Ozean höhere Salzgehalt im Atlantik kommt u.a. dadurch zustande, dass durch Winde mehr Wasserdampf vom Atlantik in die beiden anderen Ozeane transportiert wird, als umgekehrt. Die Kontinente mit ihren Gebirgen lenken die Winde ab. Man könnte erwarten, dass der größere Wasserverlust des zu einem ständigen Anstieg des Salzgehaltes führen würde, dies ist aber nicht so. Das schwere, salzhaltigere atlantische Tiefenwasser fließt in den Pazifik und in den Indischen Ozean ab. An der Oberfläche strömen dafür salzärmere Wassermassen aus dem Pazifik und dem Indischen Ozean in den Atlantik, so dass es sich die Salzwerte nicht weiter erhöhen.

Nicht nur der höhere Salzwert sorgt für die zum Absinken des atlantischen Wassers nötige Dichtenänderung. Das nach Norden strömende Wasser kühlt zum Teil unter Bildung von Eis ab. Eis hat eine hohe Albedo, d.h. eine hohe Reflektionsrate der Sonnenstrahlung. Es wird weniger Wärmeenergie aufgenommen und der Abkühlungseffekt des Oberflächenwassers durch die niedrigeren Temperaturen in den höheren Breiten verstärkt sich durch das Eis zusätzlich. Das Absinken von Oberflächenwasser in dem Ausmaß, wie es im Nordatlantik zu beobachten ist, wäre im Pazifischen oder Indischen Ozean nicht möglich. Nur im Atlantik sind der Salzgehalt ausreichend und die ausgeprägte Abkühlung des Wassers in den hohen nördlichen Breiten, bis in die sich der Atlantik erstreckt, möglich.

## Das Wetter in Deutschland

Das große marine Förderband transportiert mit dem Golfstrom Wärme in den Nordatlantik. Diesem Fakt verdanken wir unser – gemessen an dem Breitengrad – warmes und mildes Klima in Nord- und Westeuropa.

Das Sommerwetter ist bestimmt von Azoren-Hochs und landwärts gerichteten Winden. Das Winterwetter von Russland-Hochs und meerwärts gerichteten Winden.

In bestimmten Abschnitten eines Jahres treten bestimmte Großwetterlagen gehäuft auf, man bezeichnet sie als Witterungsregelfälle:

- „Westwetter“  
Ortsfeste Azoren-Hochs und Island-Tiefs sorgen für kühle Sommer- und warme Wintertage. Niederschläge sind bei dieser Wetterlage häufig. Es kommt recht oft zu dieser Wetterlage.
- „Kontinentale Hochdrucklage“  
Ein Hoch über dem europäischen Festland ist wetterbestimmend. Diese Großwetterlage ist eher selten und beschert uns einen kalten Winter, einen warmen Sommer und wenig Niederschläge.
- „Tief Mitteleuropa“  
Das Island-Tief verlagert sich zum europäischen Kontinent, es bildet sich ein Hoch von Island bis über den Atlantik reichendes Hoch. Dadurch strömt kalte, polare Meeresluft nach Deutschland und es kommt zu lang anhaltenden Niederschlägen.

*Es gibt drei Hauptwetterlagen, die in ihren unterschiedlich starken Ausprägungen bestimmend für unser Wetter sind*

Diese drei Witterungslagen in mehr oder weniger reiner Ausprägung und unterschiedlicher Dauer bestimmen das Wetter in Deutschland. Jahrhunderte lange Beobachtungen machen eine grobe Vorhersage des Witterungsverlaufes über das Jahr möglich.

Im Frühling, zwischen dem 12. und 22. März bildet sich häufig die kontinentale Hochdrucklage aus. Sie bringt schönes Wetter mit kalten Nächten und wärmer werdenden, trockenen Tagen. Das *Aprilwetter* kommt durch das Wechselspiel von Hochdruckgebieten über dem Festland und Hochdruckgebieten über dem Nordmeer zwischen Norwegen und Grönland zustande. Je nachdem, welche Hochdruckgebiete „stärker“ sind, haben wir schöne oder regnerische Tage.

Die *Eisheiligen* lagen früher um den 12. und 15. Mai. Heute liegen sie aber immer öfter schon um den 10. Mai. Dieser Termin galt als das Datum, ab dem nicht mehr mit Frosteinbrüchen gerechnet werden musste. Neuerdings kommt es aber vor allem vom 21. bis 24. Mai noch einmal zu Nachtfrösten durch Kaltlufteinbrüche aus dem Norden.

Im frühen Sommer hat sich das Festland gegenüber dem Meer stärker erwärmt, die Luft steigt auf. Das entstandene Tiefdrucksystem unterstützt das Westwetter, kühle Meeresluft strömt aus nördlichen und Nordwestlichen Richtungen nach Deutschland. Zu diesen Kälteperioden zählt die *Schafskälte* um den 10. Juni.

Im Hochsommer herrschen vom Meer zum Land gerichtete Winde vor. Die Westwetterlagen häufen sich zwischen dem 20. Juli und dem 20. August. Die zwischen den regnerischen Tagen eingestreuten Schönwetterphasen werden als *Hundstage* bezeichnet. Hier bringt der Wind vom Atlantik keine Abkühlung mehr, da sich der Ozean mittlerweile schon stark erwärmt hat.

Im Spätsommer und Frühherbst kühlt sich das Festland in den Nächten schneller ab als das Meer. Es bildet sich ein Hoch über dem Westland aus, das uns um den 3. September herum den *Altweibersommer* beschert.

Im Winter ist Weiße Weihnacht ein eher seltenes Ereignis. Letzte Hochdrucklagen auf dem Festland bringen milde Tage um Ende Oktober und Mitte November, allerdings mit starker Neigung zur Ausbildung einer Inversionswetterlage. Die warme, feuchte Luft vom noch warmen Atlantik bringt Schmuddelwetter. Mitte Dezember setzt sich oft kurz eine ausgeprägte kontinentale Hochdrucklage über Russland durch, es kommt zu ersten Frösten mit anschließendem *Weihnachtstauwetter*.

Aber ab Mitte Januar ist die kontinentale Hochdrucklage weiterbestimmend, es gibt wenig Niederschläge und ist sehr kalt.

Wenn sich die Temperaturen des Atlantiks und des Kontinents angleichen, bildet sich ein Hoch über dem Atlantik und ein Tief über dem Kontinent aus, da sich das Land am Tage schneller erwärmt. Dies bringt häufig bis Mitte März Schnee mit sich. Im Februar kann es aber noch einmal zu zwei Kälteeinbrüchen kommen.

## ***Wer im Glashaus sitzt...***

### **Die Sache mit dem Treibhauseffekt**

Als Treibhauseffekt wird die Erwärmung der Erde durch ein Ungleichgewicht von aufgenommener gegenüber abgegebener bzw. reflektierter Sonnenenergie bezeichnet.

Das Ausmaß der Erwärmung wird neben der Menge und Intensität der einfallenden Sonnenstrahlung von Gasen und Aerosolen in den Luftschichten und den Gegebenheiten der Erdoberfläche bestimmt.

Die 90er Jahre waren das wärmste Jahrzehnt seit 1000 Jahren. In den vergangenen dreißig Jahren stieg die Durchschnittstemperatur um 0,4°C und es wurden Temperaturschwankungen von 0,6°C innerhalb von hundert Jahren

registriert – das hat es niemals zuvor gegeben. Fakten die zeigen, dass sich ein Einfluss des Menschen auf das Weltklima nicht leugnen lässt.

Er hat deutliche Spuren im äußeren Erscheinungsbild der Erde hinterlassen und beeinflusst die Zusammensetzung in der Atmosphäre.

Im ersten Fall wirkt er über eine Änderung der Absorptions- und Speicherfähigkeit der Erdoberfläche für Sonnenstrahlen auf das Klima ein. Im zweiten Fall beeinflusst er die Zusammensetzung des Strahlungsspektrums, das auf die Erdoberfläche trifft und die Abgabe von Wärme ins All.

### Die Atmosphäre

Die Atmosphäre besteht aus 78 % Stickstoff, 21 % Sauerstoff, 0,9 % Argon und zu 0,1 % aus anderen Gasen.

Wie die Ozeane ist auch die Atmosphäre in Schichten mit unterschiedlicher Zusammensetzung und Temperatur gegliedert:

- die Troposphäre  
Sie ist die unterste Schicht. Ihre Dicke beträgt etwa sieben Kilometer an den Polen und etwa 12 Kilometer am Äquator. Die Troposphäre erwärmt sich über der Erdoberfläche, ihre Temperatur sinkt deshalb von durchschnittlich 15°C auf –50°C an der Grenze zur nächsten Atmosphärenschicht ab.
- die Stratosphäre  
Sie liegt über der Troposphäre und hat eine Dicke von etwa 40 Kilometern. Die Erwärmung dieser Schicht erfolgt von oben nach unten, durch von Ozon absorbierte UV-Strahlung. Die Temperatur steigt von –50°C auf 0°C in 50 Kilometern Höhe an.
- die Mesosphäre  
Sie bildet die äußerste Atmosphärenschicht und hat eine Mächtigkeit von ca. 40 Kilometern. In ihr wird kaum Strahlung absorbiert, die Temperatur sinkt von 0°C auf –100°C in 90 Kilometern Höhe.

Durch die abnehmende Schwerkraft sinkt die in den Schichten enthaltene Teilchenmenge. Mehr als 90 % der Atmosphärenmasse befindet sich in Tropo- und Stratosphäre.

Bis auf Ozon, das ursprünglich hauptsächlich in der Stratosphäre vorkommt, finden sich klimaaktive Spurengase besonders in der unteren Troposphäre. Ihr Mengenanteil liegt bei weniger als 1 ‰, aber sie absorbieren die energiereiche, kurzwellige Strahlung der Sonne und vor allem die terrestrische Infrarotstrahlung, die in einem Pingpong-Effekt zwischen Erdoberfläche und Wolken bzw. Spurengasen hin und her geworfen wird. Es kommt zu einem natürlichen Treibhauseffekt, der eine Erwärmung der Erde von –15°C auf die Durchschnittstemperatur von 15°C zur Folge hat.

Insgesamt entspricht die von der Erde in den Weltraum abgegebene bzw. reflektierte Energie jedoch der von der Sonne aufgenommenen Energie, so dass es zu keiner weiteren Aufheizung kommt.

## **Treibhausgase**

Die wichtigsten Treibhausgase sind Wasser (H<sub>2</sub>O), Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) und Ozon (O<sub>3</sub>).

Am natürlichen Treibhauseffekt ist hauptsächlich Wasser mit etwa  $\frac{2}{3}$  beteiligt, gefolgt von Kohlenstoffdioxid. Beim künstlichen Treibhauseffekt ist dieses Gas allerdings für über die Hälfte der Erwärmung verantwortlich.

*Die Schädlichkeit eines Gases ist abhängig von der Menge, der Sättigung des Absorptionspektrums, der Reaktivität und der Verweildauer in der Atmosphäre*

Wie stark ein Gas am Treibhauseffekt beteiligt ist, hängt nicht allein von der Menge ab, mit der es in der Atmosphäre vertreten ist.

Die einzelnen Gase absorbieren Strahlung unterschiedlicher Wellenlängen. Ist eine Wellenlänge durch ein Gas oder mehrere Gase bereits vollständig aus dem Strahlungsspektrum herausgefiltert, hat eine Erhöhung der Mengenanteile des Gases oder der Gase kaum noch Auswirkungen.

Die Absorptionsbande von Kohlenstoffdioxid ist durch das natürliche Kohlenstoffdioxid weitgehend gesättigt. Nur die gigantischen Mengen, die vom Menschen in die Atmosphäre eingetragen wurden, bewirken dass dieses Gas so eine große Bedeutung bei der globalen Erwärmung hat. Gegenüber einem Kohlenstoffdioxid-Molekül ist ein FCKW-Molekül bis zu 7900-mal so wirksam, denn seine Absorptionsbande ist noch kaum abgedeckt.

Eine weitere wichtige Rolle spielt auch die Verweilzeit und die chemische Aktivität eines Gases in der Atmosphäre. Die meisten Treibhausgase werden mit der Zeit chemisch oder biologisch abgebaut bzw. gebunden, ganz anders als die vom Menschen gemachten FCKWs. Einer ihrer Vorteile in der industriellen Nutzung ist ihre extreme Reaktionsträgheit, deshalb sind sie allerdings noch bis zu 120 Jahren nach ihrer Freisetzung in der oberen Atmosphäre vertreten. Der dort durch die FCKWs verursachte Abbau von Ozon führt zu einer Abkühlung der Stratosphäre, die sich sonst durch die vom Ozon absorbierte UV-Strahlung aufheizt.

## **Aerosole**

Aerosole sind feinste in der Luft schwebende Tröpfchen oder Teilchen. Sie können z.B. Stürme oder die Verbrennung fossiler Energieträger zur Ursache haben. Ihre Verweildauer in der Atmosphäre ist relativ kurz, da sie durch Regen schnell ausgewaschen werden können. Die Verteilung dieser Partikel ist damit räumlich stark begrenzt.

Natürliche Aerosole wirken dem Treibhauseffekt entgegen, indem sie Sonnenlicht reflektieren und die Wolkenbildung fördern. Wie stark die Auswirkungen der Aerosole auf den Treibhauseffekt sein werden, ist nicht klar vorhersagbar. Die Aerosole wirken als Kondensationskerne und beeinflussen die Tropfenbildung. Sind viele Kondensationskerne vorhanden, bilden sich auch viele, aber kleinere Tropfen. Diese Tropfen reflektieren die einfallende Strahlung. Aufgrund ihres geringeren Gewichts haben die Tropfen eine geringe Niederschlagsneigung, die Wolken bleiben länger bestehen und die Aerosole werden seltener ausgewaschen.

Ruß-Partikel, die hauptsächlich bei der Verbrennung von Biomasse entstehen, sind hingegen hauptsächlich Licht absorbierend, aber auch sie fördern die Wolkenbildung.

*Aerosole unterstützen die Wolkenbildung und können Strahlen reflektieren, Ruß hingegen absorbiert*

## Unterrichtsvorschläge

### Stapeln von Wasser mit unterschiedlichem Salzgehalt

#### Material:

- Ein durchsichtiges, hohes Gefäß mit geraden Wänden für den Versuch
- Einen Milchtopf o.ä.
- Einen langstieligen Löffel
- Kochsalz
- Wasser
- Papier, Schere
- Tinte, evtl. eine lange Pipette

In dem etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllten, durchsichtigen Gefäß wird eine gesättigte Salzlösung angerührt, d.h. es wird Salz in das Wasser eingerührt, bis sich keines mehr darin auflöst. Dann werden einige Tropfen Tinte zugegeben.

Aus dem Papier wird eine Scheibe ausgeschnitten, die die Oberfläche des Salzwassers abdeckt.

Aus dem Milchtopf wird nun vorsichtig Leitungswasser auf das schwimmende Papier gegossen. Es sollten sich keine Turbulenzen bilden.

Das Papier steigt mit dem Wasser nach oben.

Ist der Versuch geglückt, befindet sich in der oberen Wasserschicht keine Farbe.

#### Variationen:

Das Leitungswasser kann auch ohne Papier von geschickten Menschen erfolgreich auf das Salzwasser gegossen werden, in dem man es an der Gefäßwand oder an einer Schnur hinunterlaufen lässt.

Mit der Pipette wird nach dem Einfüllen des Leitungswassers Farbe in die darunter liegende Salzwasserschicht gegeben. Die Farbe sollte dann bis zu Schichtgrenze aufsteigen.

Tipp: Schichten Sie das Wasser heimlich und halten Sie etwas von dem Salzwasser zurück. Geben Sie vor den Augen der Schüler die Farbe hinzu und lassen Sie sie raten, warum sich die Farbe nicht gleichmäßig verteilt. Als Ratehilfe kann das Salzwasser zum Probieren herungereicht werden.

Lassen Sie den Versuch noch eine Weile ruhig stehen. Die Farbe wird sich dann entsprechend ihrer Dichte in die Schichtung einfügen.

Theoretisch ist auch das Stapeln von unterschiedlich warmen Wasser möglich, aber nach dem das Einfüllen des leichteren Wassers doch recht lange dauert, gleichen sich die Unterschiede schnell an und es bildet sich häufig keine Schichtung aus.

## Erwärmung verschiedener Materialien

### Material:

- Elektrische(s) Thermometer, mehrere normale Thermometer
- Schwarzes und weißes Papier
- Einen dünnen, flachen Stein
- Ein Gefäß mit etwa der gleichen Höhe wie der Stein, gefüllt mit Wasser
- Ein dickes, frisches Moosposter
- Mehrere Schreibtischlampen mit Standard-Glühbirne

Die Materialproben sollten Zimmertemperatur haben. Sie werden unter die Lampen gelegt und über etwa eine halbe Stunde bestrahlt. Alle 10 Minuten wird die Temperatur gemessen und protokolliert. Nach dem die Lampe ausgeschaltet wurde, wird die Abkühlung gemessen.

### Variation:

Die Thermometer werden direkt unter die Materialien gelegt, sie sollten aber nicht selbst dem Lampenlicht ausgesetzt sein.

### Tipp:

Elektrische Thermometer messen schneller und eignen sich deshalb besser. Energiesparglühbirnen geben weniger Energie in Form von Wärme ab und sind für diesen Versuch deshalb nicht geeignet.

Achten Sie darauf, dass sich niemand an den heißen Glühbirnen verletzt!

## Treibhausmodell

### Material:

Zwei Thermometer  
Eine große Schüssel aus klarem Glas  
Schwarzes Papier  
Eine Schreibtischlampe mit Standard-Glühbirne

Die Thermometer werden auf das schwarze Papier gelegt. Über das eine Thermometer wird die Schüssel gestülpt. Beide Thermometer werden etwa 30 Minuten von der Lampe beleuchtet, dann wird die Temperatur abgelesen.

## Bestimmungsbogen Birken

Aufgabe: Versuche herauszufinden, ob die Birke vor dir eine Hängebirke oder eine Moorbirke ist.

Du brauchst an Material:

- Diesen Arbeitsbogen
- Schreibunterlage, Bleistift
- Eine Lupe
- Papier und Tesafilm

Es gibt in Deutschland über 40 Birkenarten, aber die Hängebirke und die Moorbirken sind die häufigsten.

In der Tabelle sind verschiedene Merkmale dieser beiden Birkenarten zusammengefasst. Um beurteilen zu können, ob das jeweilige Merkmal zutrifft, betrachte immer den gesamten Baum. Sieh dir also nicht nur an einem Zweig an, ob er Haare oder Warzen hat. Überprüfe auch andere Zweige.

Das Merkmal sollte wirklich fast überall für den Baum zutreffen oder nicht zutreffen.

„Fast“ deshalb, weil sich Bäume einer Art in ihrem Aussehen stark unterscheiden können, je nachdem wo sie wachsen oder wie alt sie sind. Sogar die Gestalt der Blätter an einem Baum ist unterschiedlich. Sie ist z.B. davon abhängig, wie viel Sonne das einzelne Blatt bekommt.

Einige Merkmale wirst du darum nicht sicher bestätigen oder ablehnen können. Vielleicht ist die Birke ja auch gar keine Hänge- oder Moorbirke, sondern eine der anderen Birkenarten.

Sofern es möglich ist solltest du die Teile von der Birke sammeln und aufkleben, die für die Artbestimmung von Bedeutung sind. Vergiss nicht die Teile zu beschriften, damit du auch später noch weißt, zu welcher Birke sie gehören.

Versuche das beschriebene Merkmal an der Birke zu finden. Schätze ab, wie gut es auf den Baum zutrifft und trage dann ein Kreuz in die jeweilige Spalte ein.

Merkmal	Das ist ein Merkmal der:	trifft zu	trifft manchmal zu	Trifft nicht zu
Die Zweige sind dünn und hängen nach unten	Hängebirke			
Die Zweige hängen nicht nach unten	Moorbirke			
Die Rinde löst sich an manchen Stellen in breiten Streifen	Moorbirke			
Die Rinde rollt sich an manchen Stellen in schmalen Streifen ab	Moorbirke			
Die Rinde an jungen Zweigen mit Warzen besetzt	Hängebirke			
Die Rinde an jungen Zweigen ist von feinem Haarflaum überzogen	Moorbirke			

Merkmal	Das ist ein Merkmal der:	trifft zu	trifft manchmal zu	Trifft nicht zu
Die Flügel der Flugnüsschen sind 1 bis 1,5mal so breit, wie das Nüsschen	Hängebirke			
Die Flügel der Flugnüsschen sind 2 bis 3mal so breit, wie das Nüsschen	Moorbirke			
Der mittlere Zacken der Fruchtschuppen ist kleiner als die seitlichen Zacken	Moorbirke			
Der mittlere Zacken der Fruchtschuppen ist etwas länger als die seitlichen Zacken	Hängebirke			
Der Umriss der Fruchtschuppe erinnert an die Silhouette eines fliegenden Falken	Hängebirke			
Die seitlichen Zacken der Fruchtschuppe sind abstehend bis vorwärts gerichtet	Moorbirke			

Merkmal	Das ist ein Merkmal der:	trifft zu	trifft manchmal zu	trifft nicht zu
Der Blattumriss ist rautenförmig (wie ein Salmi-Bonbon) oder dreieckig	Hängebirke			
Der Blattumriss ist der eines dicken Eies, die breiteste Stelle liegt auf Höhe der Blattmitte	Moorbirke			
Die Blätter sind kahl, höchstens ganz junge Blätter sind behaart	Hängebirke			
Auf der Blattunterseite sind in den Verzweigungen der Blattnerven Härchen („Achselbärte“)	Moorbirke			

Wie oft hast du angekreuzt:	Anzahl der Kreuze:
Trifft zu + Hängebirke	
Trifft nicht zu + Hängebirke	
Trifft zu + Moorbirke	
Trifft nicht zu + Moorbirke	
Trifft manchmal zu	

Die Baumart ist recht sicher bestimmt, wenn du viele Merkmale eindeutig erkennen und sicher zuordnen konntest (wenig „Trifft manchmal zu“ oder „Trifft nicht zu + Artname). Dann hast du viele Artmerkmale bestätigt ( viel „Trifft zu + Artname).

Sieh dir die kleine Tabelle daraufhin noch einmal an und kreuze dann an:

Es ist eine Hängebirke     
  Es ist eine Moorbirke     
  Kein eindeutiges Ergebnis

## Baumsteckbrief

### Aufgabe:

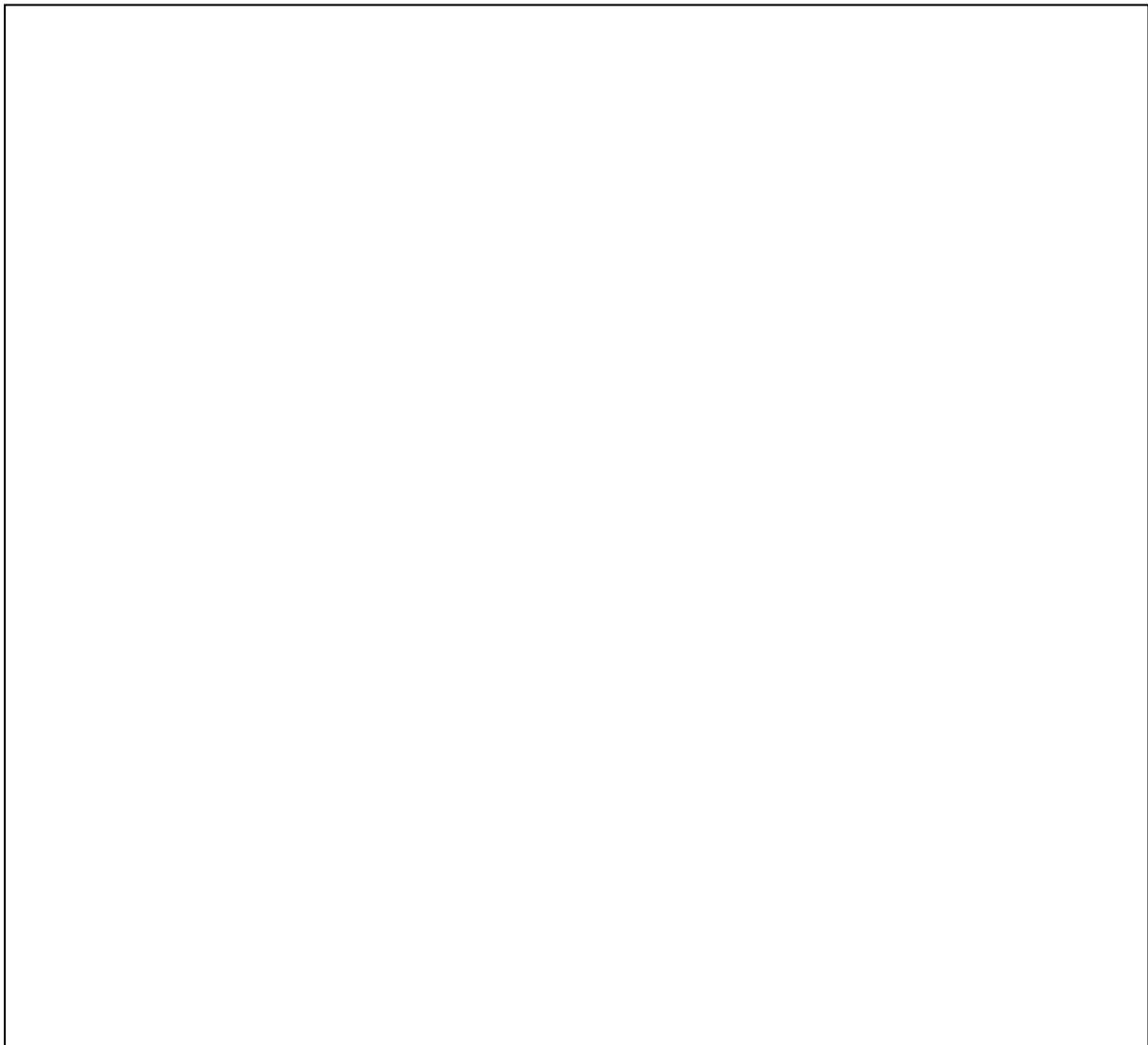
Beschreibe den Baum, dessen Knospen du beobachtest. Dein Steckbrief soll so gut sein, das man den Baum im kommenden Jahr anhand deiner Beschreibung wiederfinden kann!

### Du brauchst an Material:

- den Arbeitsbogen Baumsteckbrief
- Zeichenpapier
- Einen Bleistift, Radiergummi, Anspitzer, vielleicht ein Lineal und Farbstifte
- Einen Kompass für das Anfertigen der Karte
- Eine Schreibunterlage
- Einen GLOBE-Höhenmesser (oder die Anleitungen zur Höhenmessung bei Bäumen)
- Ein Maßband oder eine Schnur und ein Zollstock zum Messen des Stammumfangs

Wo steht dein Baum? Mache eine Karte, beschrifte sie und trage seinen Standort ein. Vergiss die Himmelsrichtungen nicht.

Hier steht mein GLOBE-Baum:



Zeichne den Baum oder mache ein Foto von ihm und klebe es hier auf.  
Schreibe unter das Bild, wie man diese Baumart nennt.

So sieht mein GLOBE-Baum aus:



Mein Baum ist eine \_\_\_\_\_. Der lateinische Name lautet: \_\_\_\_\_.

Versuche herauszufinden, wie hoch dein Baum ist. Was hast du herausbekommen?  
Miss den Umfang des Baumes in 1,30 Meter Stammhöhe. Gib das Ergebnis in Zentimetern an.

Der Baum ist \_\_\_\_\_ Meter hoch und \_\_\_\_\_ Zentimeter dick.

Gibt es an deinem Baum ein besonderes Merkmal, z.B. einen Nistkasten oder ein großes Astloch? Mache hier einen Vermerk. Vielleicht kannst du das Merkmal in deinem Bild einzeichnen.



Welche Nummer hat dein Baum? Welche Buchstaben haben die Zweige, deren Knospen beobachtet werden? Wie sind die Zweige markiert?

Baumnummer: \_\_\_\_\_

Zweig \_\_\_\_\_ markiert mit: \_\_\_\_\_

Zweig \_\_\_\_\_ markiert mit: \_\_\_\_\_

Wenn du mit diesem Arbeitsbogen fertig bist, lass jemanden aus einer anderen Gruppe versuchen, deinen Baum nach diesem Steckbrief zu finden.

## Arbeitsbogen Knospen und Zweige

Aufgabe: Untersuche den Zweig eines Baumes und seine Knospen.

Du brauchst an Material:

- Einen Zweig mit Knospen
- Zum Vergleichen noch andere Zweige
- Zeichenpapier, diesen Arbeitsbogen
- Bleistift, Radiergummi, Zeichenunterlage
- Eine Lupe
- Ein Glas mit Wasser, in das du deinen Zweig stellen kannst
- Bestimmungsbücher für Knospen und Zweige

Sieh dir nach Möglichkeit den Baum an, von dem dein Zweig stammt.

Mache dir eine Notiz und eine kleine Zeichnung, damit du den Baum immer wieder findest.

Wenn es dich interessiert, kannst du dann das ganze Jahr über nach dem Baum sehen.

Mach eine Zeichnung von dem Zweig. Beschrifte den Zweig mit den unterstrichen Begriffen aus dem nachfolgenden Text:

Rechts und links am Zweig sitzende Knospen werden als Seitenknospen bezeichnet.

Die Knospe an der Zweigspitze heißt Endknospe.

Unter den Knospen siehst du halbmondförmige Markierungen auf der Rinde, hier haben die abgefallenen Blätter gesessen. Man nennt diese Halbmonde Blattnarben. Sieh dir die Blattnarben genau an. Die kleinen Punkte in der Narbe sind die alten Leitbündel, in denen der Stofftransport von den Blättern und in die Blätter erfolgte.

Sieh dir die Rinde deines Zweiges an. Kannst du Haare oder Warzen auf ihr erkennen? Die Warzen heißen Lentizellen, es sind Öffnungen in der Rinde, die dem Gasaustausch dienen.

An manchen Stellen des Zweiges wirst du ringförmig um den Zweig herumlaufende Falten finden. Man nennt sie Knospenspur. Die Falten sind die Narben der Knospenschuppen von der Endknospe, die einmal an dieser Stelle war. Das Zweigstück von der Knospenspur bis zur Endknospe ist im vergangenen Jahr gewachsen. Du erhältst, wenn du die Abschnitte zwischen den Knospenspuren zählst, das Alter des Zweiges.

Ist dein Zweig gerade gewachsen oder ist er buschig? Zweige, die nur an der Spitze wachsen, nennt man monopodial, sie sind häufig ziemlich symmetrisch. Wenn sie an mehreren Spitzen wachsen, bezeichnet man sie als sympodial.

Wenn du deine Zeichnung beschriftet hast, kannst du sicher diese Fragen zu deinem Zweig beantworten:

Wie sind die Knospen an dem Zweig angeordnet? Sieh dir die Abbildungen genau an. Mache einen Kreis um das Bild, das zu deinem Zweig passt.



gegenständig



kreuzgegenständig



wechselständig



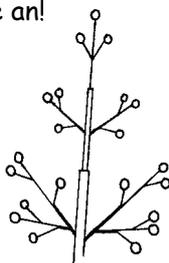
wirtelig / quirlständig

Sitzen neben deiner Endknospe noch weiter Knospen an der Zweigspitze? Wenn ja, wie viele sind es?

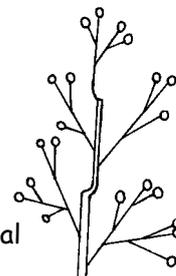
---

Wie wuchs dein Zweig? Kreuze an!

monobodial



sympodial



Schneide jetzt eine Knospe von dem Zweig. Markiere auf deiner Zeichnung vom Zweig, welche Knospe du abgeschnitten hast.

Stell den Zweig in ein Glas mit Wasser. Du kannst dann beobachten, wie sich in einigen Tagen die Knospen öffnen. Die einzelnen Baumarten haben ihre Blätter auf verschiedene Weise in den Knospen verpackt. Wenn sich die Blätter entfalten, solltest du dir das bei den verschiedenen Zweigen einmal genau ansehen.

Zeichne die Knospe. Mache neben die Zeichnung einen Strich, der so lang ist wie die Knospe. Mache einen zweiten Strich, der so lang ist wie die dickste Stelle an deiner Knospe. Schreibe neben die Striche „Länge“ oder „Breite“. Du kannst die Knospe natürlich auch mit einem Lineal oder einer Schieblehre vermessen und die Werte neben die Zeichnung schreiben.

Achte darauf, ob deine Knospe Haare hat. Kannst du die einzelnen Knospenschuppen erkennen? Nimm die Lupe zur Hilfe. Bei vielen Bäumen sind die Knospenschuppen genau so angeordnet, wie die Knospen und später die Blätter am Zweig sitzen.

Ist das auch bei deiner Knospe so?

---

Beschreibe, wie sich deine Knospe anfühlt. Ist sie zum Beispiel fest, glatt, rutschig oder klebrig?

---

Schnuppere an deiner Knospe. Was riechst du?

---

Nun kannst du in Bestimmungsbüchern nachschauen, wie die Baumart heißt, zu der dein Zweig gehört. Was hast du herausgefunden?

---

Schreibe den Namen der Baumart auch auf deine Zeichnungen.

Sieh dir nun die anderen Zweige an. Wenn du magst, kannst du dir einen Zweig aussuchen und eine Liste mit den Unterschieden zu deinem Zweig machen.

### Arbeitsbogen Knospenbau

#### Aufgabe:

Untersuche den inneren Bau einer Knospe.

#### Du brauchst an Material:

- Einen Zweig mit möglichst großen Knospen (am besten von Ahorn oder Kastanie)
- Weitere Zweige zum Vergleichen
- Zeichenpapier, diesen Arbeitsbogen
- Bleistift, Radiergummi, Zeichenunterlage
- Lineal oder Schieblehre
- Ein scharfes Messer
- Pappe zum Unterlegen
- Eine Lupe
- Ein Schälchen mit Alkohol und einen Deckel, damit der Alkohol nicht verdunstet (hier hinein gibt man über Nacht die Kastanienknospen, damit sie nicht mehr so kleben)
- Ein Glas mit Wasser, in das du deinen Zweig stellen kannst

Mache eine Zeichnung von dem Zweig, an dem deine Knospe sitzt. Markiere, welche Knospe du abschneidest.

Vergleiche deine Knospe mit den anderen Knospen an dem Zweig. Ist sie länger oder dicker als die anderen? Ist sie sonst irgendwie anders?

---

---

---

Zeichne deine Knospe. Achte auf die Stellung der Knospenschuppen zueinander.

Vermesse die Knospe und schreibe die Werte neben die Zeichnung. Wie lang ist die Knospe? Wie dick ist sie an ihrer breitesten Stelle?

Lege jetzt die Knospe auf die Pappe und schneide sie mit dem Messer vom Zweigende bis zu ihrer Spitze auf. Sieh dir das Innere mit der Lupe an.

Kannst du vielleicht die kleinen Blätter erkennen? Sie sind ganz eng zusammengepackt.

Knospen, in denen nur kleine Blätter sind, nennt man Blattknospen, Knospen die Blättern und Blüten enthalten heißen gemischte Knospen. Knospen, in denen nur eine Blüte ist, heißen Fruchtknospen. Blütenknospen sagen die Wissenschaftler zu den noch nicht geöffneten Blüten.

Was für eine Knospe hast du?

---

---

---

Mach eine Zeichnung von der aufgeschnittenen Knospe und beschrifte, was du erkennen kannst.

Die einzelnen Baumarten haben ihre Blätter auf verschiedene Weise in den Knospen verpackt. Wenn sich die Blätter entfalten, solltest du dir das bei den verschiedenen Zweigen einmal genau ansehen. Beschreibe, was du beobachtet hast.

---

---

---

## **Arbeitsbogen Knospenruhe**

### Aufgabe:

Untersuche verschiedene Faktoren, die Einfluss auf die Dauer der Knospenruhe haben könnten.

### Du brauchst an Material:

- Mindestens sieben Zweige eines Baumes
- Gläser mit Wasser, in die die Zweige gestellt werden
- Große durchsichtige Plastiktüten, die über die Zweige gestülpt werden können (z.B. die Schutzhüllen aus einer Textil-Reinigung)
- Zeitungen und Folie zum Unterlegen
- Eine Schieblehre
- Eine Lampe
- Einen Karton oder eine lichtundurchlässige Tüte, unter die ein Zweig passt
- Kleine Schälchen (z.B. umgedrehte Deckel von Marmeladengläsern)
- Reifes Obst
- Stift und Papier für die Dokumentation

Wissenschaftler haben herausgefunden, dass Feuchtigkeit, die Temperatur, die Tageslänge, Phytohormone (Wachstumshormone der Pflanzen) und Chemikalien die Knospenruhe verkürzen können.

Stelle mit den dir zur Verfügung stehenden Zweigen eine Versuchsreihe auf, bei der alle Zweige konstanten Bedingungen ausgesetzt sind. Verändere dann an jedem Zweig einen Faktor, von dem bekannt ist, das er sich auf die Knospenruhe auswirkt.

Einen Zweig behalte zurück. Er soll sich ohne deinen Einfluss entwickeln.

### *Feuchtigkeit*

Es ist schwierig, diesen Faktor zu überprüfen, da die Zweige alle in Wasser stehen. Sei nicht enttäuscht, wenn dir dieser Versuchsansatz nicht gelingt.

So kannst du Trockenheit hervorrufen:

Stelle einen Zweig auf Zeitungen. Gib auf das Wasser, in dem der Zweig steht, Speiseöl. Damit unterbindest du die Verdunstung von der Wasseroberfläche aus. Streue um den Zweig Speisesalz und stülpe eine durchsichtige Plastiktüte über alles. Die Tüte darf kein Loch haben und muss am Boden fest abschließen. Beschwere sie deshalb am unteren Rand.

Salz ist Hydrophil, d.h. es zieht Wasser an. Es soll die Feuchtigkeit in der Luft unter der Plastikhaube binden.

So sorgst du für hohe Luftfeuchtigkeit:

Stelle einem weiteren Zweig auf ein Stück Folie. Gib kein Öl oder Salz hinzu. Besprühe den Zweig Täglich mit Wasser aus einem Zerstäuber. Stelle außerdem mehrere kleine Gefäße mit Wasser um den Zweig. Ziehe auch über diesen Zweig eine durchsichtige Plastikhülle.

### *Temperatur*

Stelle einen Zweig an einen Ort in der Schule, an dem die Temperatur entweder deutlich höher oder deutlich tiefer liegt, als in der Umgebung des Kontrollzweiges.

Denkbare wäre ein Standort nahe einer Heizung oder in einem Kellerraum, wobei die Beleuchtungsdauer sich wieder an den Bedingungen des Kontrollzweiges orientieren muss.

### *Tageslänge*

Beleuchte einen Zweig 15 Stunden am Tag. Verwende eine Energiesparbirne in der hierfür verwendeten Lampe. Vielleicht brennt das Licht am Eingang des Schulgebäudes ja auch noch lange nach Einbruch der Dunkelheit. Dann könnte man den Zweig auch dort platzieren, wenn die übrigen Außenbedingungen passen.

Einen weiteren Zweig dunkelst du mit dem Karton oder der lichtundurchlässigen Tüte ab. Lasse nur einige Stunden Licht auf den Zweig fallen (je nachdem, wie lange du in der Schule bist).

### *Phytohormone*

Gibberelline und Abscisinsäure steuern die Entwicklung einer Knospe. In Land- und Forstwirtschaft, sowie im Gartenbau werden chemische Substanzen eingesetzt, die ebenfalls Einfluss auf die Entwicklung von Pflanzen nehmen.

Zu den besonders wirksamen Chemikalien gehören:

- Thioharnstoff
- Äthylenchlorhydrin
- „Rendite“, ein Gemisch aus Äthylenchlorhydrin, Äthylendichlorid und Tetrachlorkohlenstoff

Erkundige dich in der Apotheke nach diesen Substanzen.

Frage in einem Floristikfachgeschäft, einer Gärtnerei oder einer Baumschule, welche Hormone oder andere wachstumsbeeinflussenden Stoffe dort Verwendung finden.

Auch die Fruchtentwicklung und die Fruchtreife sind durch Phytohormone gesteuert. Hier spielen unter anderem Auxin und Äthylen eine Rolle.

Erkundige dich auch nach diesen Substanzen.

Bist du bei deinen Recherchen auf Phytohormone oder entwicklungsbeeinflussende Chemikalien gestoßen, die du ohne Sicherheitsbedenken verwenden kannst? Beziehe sie in die Versuche ein. Erkundige dich, wie sie angewendet werden. Häufig werden diese Chemikalien über das Wasser oder über die Luft verabreicht. Für eine Begasung füllst du sie in ein Schälchen, stelle das Schälchen neben den Zweig und ziehe eine durchsichtige Folie über Beides. Die Substanz kann dann verdunsten.

Überprüfe, in wieweit von reifen Früchten abgegebenen Hormonausdünstungen die Knospen beeinflussen. Lege dafür reife Bananen, Äpfel oder Tomaten zu einem Zweig unter eine durchsichtige Folie.

Schreibe auf, welche Bedingung du bei jedem Zweig verändert hast.

Messe die Größenentwicklung immer der selben Knospen an den Zweigen und protokolliere ihre weitere Entwicklung.

Vergleiche deine Beobachtungen mit den Werten des Kontrollzweiges.

Welche der von dir durchgeführten Manipulationen haben an den betroffenen Zweigen die Knospenentwicklung gegenüber dem Kontrollzweig beschleunigt, welche haben sie verzögert?

Könnten auch andere Faktoren eine Rolle gespielt haben?

**Phänologischer Kalender**

Aufgabe:

Beobachte, wann die angegebenen Ereignisse in der Natur auftreten und trage sie in den Kalender ein.

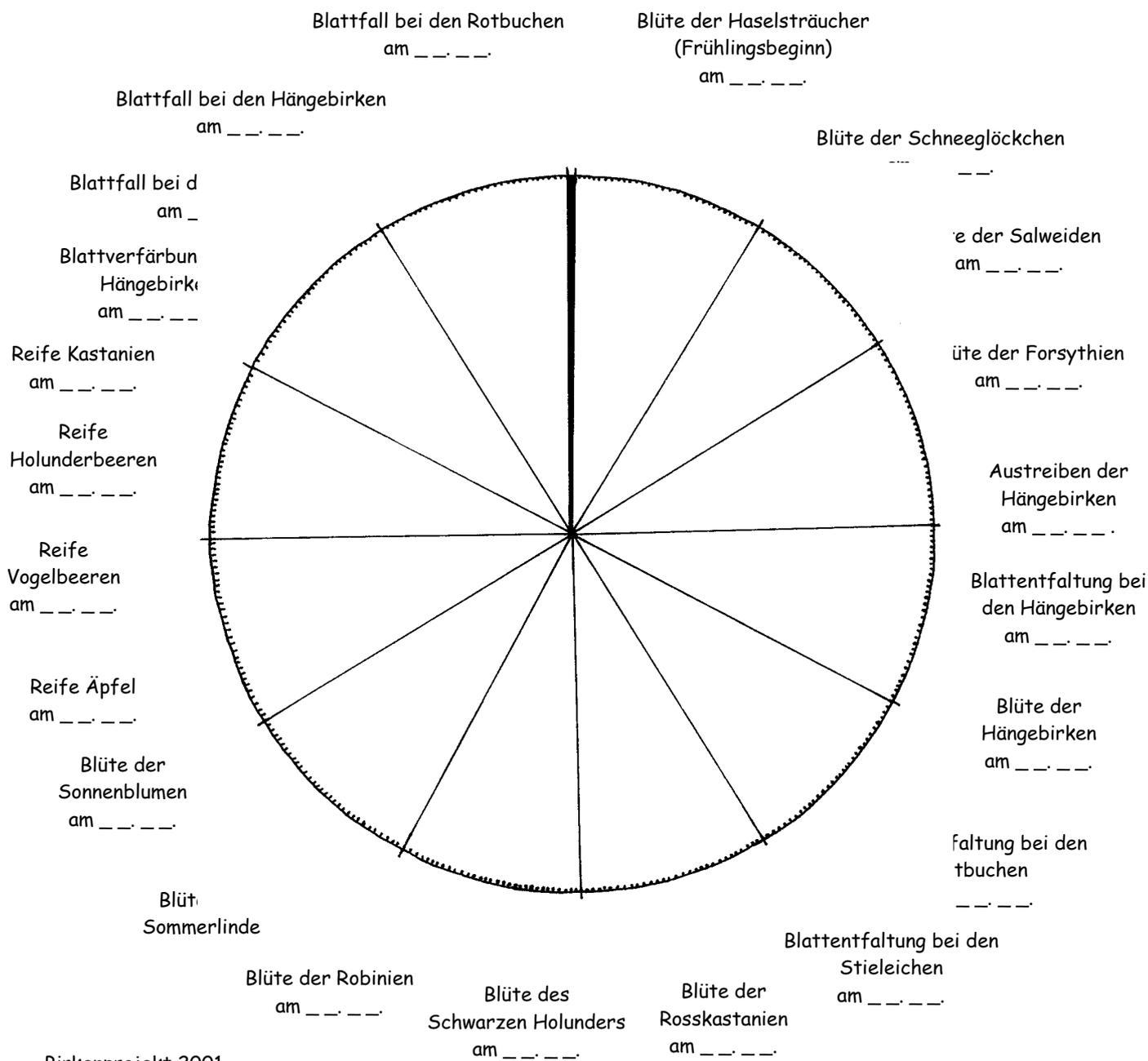
Du brauchst an Material:

- Diesen Arbeitsbogen und einen Stift
- Vielleicht Bestimmungsbücher

Vermerke das Datum unter dem dazugehörigen Text. Verbinde den Text durch einen Strich mit der dazugehörigen Markierung am Rand der Kalenderscheibe.

Damit du die kleinen Markierungen nicht alle abzählen musst, sind die Monatsgrenzen markiert.

In den Ovalen stehen die Anzahl der Tage seit Jahresbeginn.



## Bauanleitung Besen

### Aufgabe:

Bau' dir einen Besen, wie ihn Harry Potter und die Kleine Hexe benutzen.

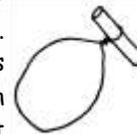
### Du brauchst an Material:

- Dünne Birkenzweige und einen langen, möglichst geraden Stock (frag bei einem Landschaftsgärtner oder dem Gartenbauamt danach)
- Eine Rosenschere
- Eine Säge
- Ein Messer zum Schnitzen
- Dicken Draht und eine Kneifzange oder ein festes Tau
- Ganz stabile Schnur
- Einen Partner, der mit festhält und den Daumen auf die Knoten drückt.

← Bündel die Birgenzweige. Die Zweigspitzen sollten immer in eine Richtung weisen. Mache das Bündel so dick, das du es noch gut mit beiden Händen umfassen kannst.



↑ Mache aus dem Draht oder dem Seil eine Schlinge. Stecke ein kurzes, stabiles Aststück hindurch. Durch drehen am Aststück kannst du die Schlinge enger machen.



→ Ziehe die Schlaufe über das Zweigbündel und drehe sie enger. Schneide die überstehenden Zweigenden ab.



↓ Dreh die Schlaufe jetzt so fest es geht. Binde das Bündel dreimal im Abstand von etwa 10 cm ganz fest zusammen.



○ Spitze den geraden Stock an einem Ende an und schiebe ihn vorsichtig zwischen die zusammengebundenen Birkenzweige.



± Halte den Besen mit dem Stiel nach unten und stoße kräftig auf den Boden auf, damit das Bündel auf den Stiel rutscht.



Eigentlich sollte dein Besen jetzt fest sitzen. Tut er das nicht, kannst du Zweigstücke in das gebundene Ende des Bündels schieben oder du drehst das Bündel noch mal mit der Schlinge ganz eng zusammen und ziehst die Schnur fester.

Wenn du jetzt noch den richtigen Zauberspruch weisst, kannst du sofort losfliegen!

## Bauanleitung Schneeeule

### Aufgabe:

Bau' dir aus einem Stück Birkenstamm eine Schneeeule.

### Du brauchst an Material:

Dickes Birkenholz

Eine Säge

Schleifpapier

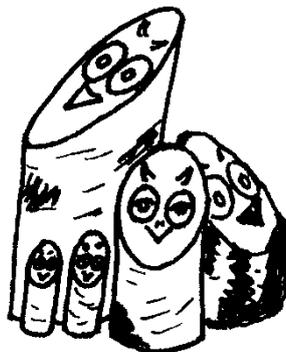
Farbe (zum Beispiel Wachsstifte)

Einen Partner, der beim Festhalten hilft

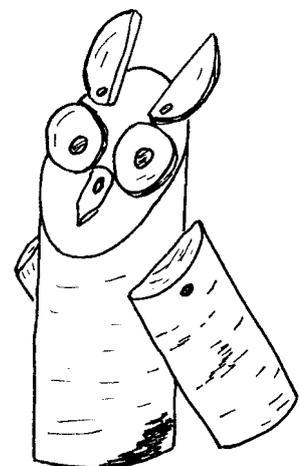
← Säge von dem dicken Birkenholz ein Ende ganz schräge ab. Stell dich dabei am besten selber schäg vor das Stück Holz. Dein Partner kann sich sein Ende von dem dicken Birkenholzstück dann gerade absägen. Säge das Ende so lang ab, wie deine Eule später groß sein soll.

↑ Schmirgle die schräge Fläche nun gut ab, dann geht das Aufmahlen des Eulengesichtes leichter.

→ Male nun das Gesicht auf die schräge Fläche. Wenn du Wachsstifte dafür nimmst, kann die Eule später auch draußen stehen, ohne das die Farbe verläuft. Wachsstifte sind auch viel umweltfreundlicher als Filzmalen.



Wenn du keine Stifte, aber dafür Nägel und Birkenholz in unterschiedliche Dicken hast, kannst du deiner Eule das Gesicht und vielleicht auch Flügel aus Birkenholz zurechtsägen und aufnageln. Die Eule könnte dann so aussehen:



## Birkenlegendchen

Birke, du schwankende, schlanke  
Wiegend am blaßgrünen Hag.  
Lieblicher Gottesgedanke  
Vom dritten Schöpfungstag!

Gott stand und formte der Pflanzen  
Endlos wuchernd Geschlecht,  
Schuf die Eschen zu Lanzen,  
Weiden zum Schildgeflecht.

Gott schuf die Nesseln zum Leide,  
Alraunenwurzeln zum Scherz,  
Gott schuf die Rebe zur Freude,  
Gott schuf die Distel zum Schmerz.

Mitten in Arbeit und Plage  
Hat er leise gelacht  
Als an den sechsten der Tage,  
Als er an Eva gedacht.

Sinnend in göttlichen Träumen  
Gab seine Schöpfergewalt  
Von den mannhaften Bäumen  
Einem die Mädchengestalt.

Göttliche Hände im Spiele  
Lockend ihr blonden das Haar,  
Dass ihre Haut im gefiele,  
Seiden und schimmernd sie war.  
-

Biegt sie und schmiegt sie im  
Winde  
Fröhlich der Zweiglein Schwarm  
Wiegt sie, als liegt ihr ein  
Kinde  
Frühlingsglücklich im Arm.

Birke, du mädchenhaft schlanke,  
Schwankend am grünen Hag,  
Lieblicher Gottesgedanke  
Vom dritten Schöpfungstag.

Börries von Münchhausen

## Birkenhaarwasser

2 Handvoll frische Birkenblätter  
1 Essl. Brennnesselwurzeln  
2 Essl. Brennnesselblätter  
1 Essl. Kapuzinerkresse (Blätter  
und Blüten)  
1 Essl. Arnikablüten  
 $\frac{1}{2}$  Essl. Rosmarin  
4 Gewürznelken (nicht unbedingt  
notwendig)  
1 Liter 70% Alkohol

Die möglichst frischen Zutaten in  
ein Glas mit Schraubverschluss  
füllen und mit dem Alkohol  
übergießen. Das Glas verschließen  
und drei Wochen unter  
gelegentlichem Schütteln ziehen  
lassen.  
Durch ein Sieb gießen und in eine  
enghalsige Flasche umfüllen.

## Birkensaft

Wenn die Blätter treiben, wird ein nach unten  
gebogener, etwa zwei Zentimeter im  
Durchmesser dicker Zweig abgeschnitten und  
eine Flasche (nie ein unbeschichtetes  
Metallgefäß) unter der Schnittfläche befestigt.  
Der aufgefangene Saft kann als Haut- und  
Haarwasser oder als Trinkkur verwendet  
werden.

Der Saft gärt sehr schnelle, man kann ihn eine  
Zeit lang im Kühlschrank aufbewahren. Größere  
Mengen werden am besten in kleinen Portionen  
eingefroren.

Bevor man den Baum anzapft muss auf jeden Fall  
die Erlaubnis des Besitzers eingeholt werden!

Tipp: Im Frühjahr kann man mit Hilfe eines  
Stethoskopes den starken Saftfluss in den  
Baumstämmen hören - allerdings nur bis zum  
Austreiben der Blätter. Die Birke eignet sich  
wegen ihrer dünnen Rinde besonders zum  
Lauschen.

## Literaturverzeichnis

- „Anthropogener Klimawandel“ U. Cubasch, D. Kasang; Klett-Perthes; 2000
- „Anleitung für die phänologischen Beobachter des Deutschen Wetterdienstes“ Deutscher Wetterdienst, Zentralamt; Offenbach a. M.; 1991
- „Gehölzflora“ J. Fitschen; Quelle und Meyer Verlag Heidelberg, Wiesbaden; 1987
- „Blätter von Bäumen Legenden, Mythen, Heilanwendungen und Betrachtungen von einheimischen Bäumen“ S. Fischer-Rizzi; Hugendubel Verlag; München; 1992
- „Blickpunkt Natur Biologieunterricht rund um die Schule“ A. Gerhardt-Dircksen, H. Brogmus, W. Harting; Aulis Verlag Deubner & Co; Köln; 1992
- „Knospen und Zweige der heimischen Baum- und Straucharten“ J.-D. Godet; Verlag Neumann-Neudamm; Melsungen; 1983
- „Bäume und Sträucher Einheimische und Eingeführte Baum- und Straucharten“ J.-D. Godet; Naturbuch Verlag; 1994
- „Bäume und Sträucher Sonderteil: Früchte, Knospen, Rinden“ U. Hecker; BLV; München, Wien, Zürich; 1989
- „Die Bäume Mitteleuropas Welches Blatt ist das?“ B. P. Kremper; Kosmos; Stuttgart; 1998
- „Lehrbuch der Pflanzenphysiologie“ E. Libbert; Gustav Fischer Verlag; Stuttgart, New York; 1979
- „Der große Kosmos-Naturführer Bäume“ R. Phillips; Kosmos; 1998
- „Der große Mosaik Naturführer Bäume und Sträucher“ G. Steinbach; Mosaik Verlag; München; 2000
- „Die Natur im Wechsel der Jahreszeiten“ W. Stichmann; Unterricht Biologie 91, 8. Jahrg., März 1984
- „Den Frühling miterleben“ W. Stichmann; Unterricht Biologie 202, 19. Jahrg., Februar 1995
- „Jahreszeiten bei uns und weltweit“ Beihefter in Unterricht Biologie 91, 8. Jahrg., März 1984
- „Fachlexikon abc Biologie“ F. W. Stöcker, G. Dietrich; Verlag Harri Deutsch; Thun, Frankfurt a. M.; 1986
- „Bäume und Sträucher Bestimmungsbuch für 132 Arten aus Wald und Flur“ H. Vedel, J. Lange; Otto Maier Verlag; Ravensburg; 1965

Anhang

Protokollbogen des Deutschen Wetterdienstes

<b>Wildpflanzen, Forst- und Ziergehölze</b>			
<b>Beifuß</b>	B		1
<b>Busch-Windröschen</b>	B		2
<b>Eberesche</b>			
Beginn des Austriebs	A		3
Beginn der Blättentfaltung	BO		4
Beginn der Blüte	B		5
Erste reife Früchte	F		6
Blattfall	BF		7
<b>Esche</b>			
Beginn der Blüte	B		8
Beginn der Blättentfaltung	BO		9
<b>Europäische Lärche</b>			
Beginn der Nadelentfaltung	BO		10
Nadelverfärbung	BV		11
Nadelfall	BF		12
<b>Fichte</b>	M		13
<b>Flieder</b>	B		14
<b>Forsythie</b>	B		15
<b>Hänge-Birke</b>			
Beginn des Austriebs	A		16
Beginn der Blättentfaltung	BO		17
Beginn der Blüte	B		18
Blattverfärbung	BV		19
Blattfall	BF		20
<b>Hasel</b>	B		21
<b>Heidekraut</b>	B		22
<b>Huflattich</b>	B		23
<b>Hunds-Rose</b>			
Beginn der Blüte	B		24
Erste reife Früchte	F		25
<b>Kiefer</b>			
Beginn des Maitriebs	M		26
Beginn der Blüte	B		27
<b>Kornelkirsche</b>			
Beginn der Blüte	B		28
Erste reife Früchte	F		29
<b>Löwenzahn</b>			
	B		30
<b>Robinie</b>			
	B		31
<b>Roßkastanie</b>			
Beginn des Austriebs	A		32
Beginn der Blättentfaltung	BO		33
Beginn der Blüte	B		34
Erste reife Früchte	F		35
Blattverfärbung	BV		36
Blattfall	BF		37
<b>Rotbuche</b>			
Beginn der Blättentfaltung	BO		38
Blattverfärbung	BV		39
Blattfall	BF		40
<b>Sal-Weide</b>	B		41
<b>Schlehe</b>	B		42
<b>Schneeglöckchen</b>	B		43
<b>Schwarzer Holunder</b>			
Beginn der Blüte	B		44
Erste reife Früchte	F		45
<b>Schwarz-Erle</b>			
Beginn der Blüte	B		46
Beginn der Blättentfaltung	BO		47
<b>Sommer-Linde</b>	B		48
<b>Spitz-Ahorn</b>	B		49
<b>Stiel-Eiche</b>			
Beginn der Blättentfaltung	BO		50
Erste reife Früchte	F		51
Blattverfärbung	BV		52
Blattfall	BF		53
<b>Wiesen-Fuchsschwanz</b>			
Beginn der Blüte	B		54
Allgemeine Blüte, Vollblüte	AB		55
<b>Wiesen-Knäuelgras</b>	AB		56
<b>Zweigriffeliger Weißdorn</b>			
Beginn der Blüte	B		57
Erste reife Früchte	F		58

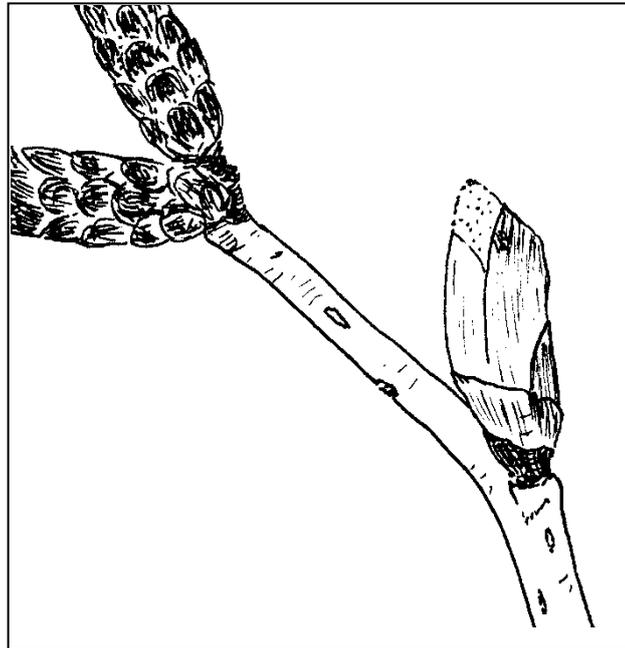
  

Phasenabkürzungen:  
 AB Allgemeine Blüte, Vollblüte  
 B Beginn der Blüte, Erste Blüten offen  
 M Beginn des Maitriebs

**Stations-  
Nummer**

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

## Phänophasen der Birke



*Beginn des Austriebs: eine Knospe bricht auf. In der oberen linken Bildecke männliche Kätzchen, sie überwintern am Zweig.*

### Beginn des Austriebs (A)

Der Austrieb setzt schon recht zeitig im Jahr ein. Der gesamte Baum erhält durch das erste durchbrechende Blattgrün einen feinen grünen Schimmer.

### Beginn der Blattentfaltung (BO)

Anders als die Bezeichnung erwarten lässt, ist die Phase erreicht, wenn sich die Blätter schon entfaltet haben und auch der Stiel gestreckt ist.

### Beginn der Blüte (B)

Besonders bei mildem Wetter geben die jetzt langgestreckten männlichen Kätzchen ihre Pollen ab. Durch Schütteln der Zweige lässt sich leicht feststellen, ob sie „stäuben“.

### Blattverfärbung (BV)

Es ist hier das Einsetzen der Herbstfärbung gemeint, nicht vergilben bei Trockenheit. Diese würde mit dem Code „9999“ für „keine normale Ausprägung der Phase“ gemeldet werden.

Die Phase gilt als eingetreten, wenn bereits etwa die Hälfte der Blätter verfärbt ist.

### Blattfall (BF)

Wie bei der vorhergehenden Phase gilt auch hier, dass etwa die Hälfte der Blätter abgefallen sein müssen, bevor die Phase gemeldet wird.

## Zeitliche Abfolge von Phänophasen

Anlage 2 (1)

**Phänologischer Kalender** (zeitliche Reihenfolge der Phasen)Vorfrühling:

Hasel B  
 Schneeglöckchen B  
 Schwarz-Erle B  
 Huflattich B

Dauergrünland ERG

Stachelbeere A

Kornelkirsche B  
 Sal-Weide B

Erstfrühling:

Forsythie B

Hafer BST

Stachelbeere BO

Busch-Windröschen B  
 Roßkastanie A

Hafer AU  
 Beta-Rübe BST

Eberesche A

Winterraps SCH

Apfel A

Europäische Lärche BO  
 Hänge-Birke A

Sonnenblume BST

Stachelbeere B

Spitz-Ahorn B  
 Roßkastanie BO  
 Schwarz-Erle BO  
 Hänge-Birke BO  
 Hänge-Birke B  
 Schlehe B  
 Eberesche BO

Rote Johannisbeere B  
 Weinrebe BL

Löwenzahn B

Winterraps KNO  
 Winterroggen SCH

Süßkirsche B

Wintergerste SCH

Birne B

Mais BST

Süßkirsche AB

Esche B

Sauerkirsche B

Rotbuche BO

Beta-Rübe AU

Birne AB

**Vollfrühling:**

Stiel-Eiche BO	Winterweizen SCH	Apfel B Sauerkirsche AB
	Sonnenblume AU	Süßkirsche EB
Fichte M	Winterraps B	Weinrebe A
Esche BO		Birne EB Apfel AB
Roßkastanie B Flieder B Kiefer M	Sonnenblume BB	
Zweiggriffliger Weißdorn B Eberesche B		Sauerkirsche EB
	Mais AU	Apfel EB Weinrebe BO
Kiefer B		
Wiesen-Fuchsschwanz B Winterroggen Ä Wintergerste Ä Wiesen-Fuchsschwanz AB	Hafer SCH	
	Mais SCH Dauergrünland S1	

**Frühsommer:**

Schwarzer Holunder B	Winterroggen B	
Robinie B Wiesen-Knäuelgras AB Hunds-Rose B	Winterroggen AB Winterweizen Ä Hafer Ä Beta-Rübe BG	Süßkirsche, frühreifend F
	Sonnenblume KNO	

Anlage 2 (2)

Hochsommer:

Sommer-Linde B

Weinrebe B

Weinrebe AB  
Rote Johannisbeere F  
Stachelbeere F  
Weinrebe EB

Beifuß B

Wintergerste GR

Mais Ä

Süßkirsche, spätreifend F

Sonnenblume B  
Wintergerste E  
Winterweizen MR  
Hafer MR  
Mais B  
Winterraps VR  
Winterraps E

Sauerkirsche F

Winterroggen GR

Spätsommer:

Eberesche F  
Heidekraut B

Winterweizen GR

Apfel, frühreifend F

Hafer GR  
Winterroggen E

Winterweizen E  
Dauergrünland S2  
Hafer E  
Mais MR

Frühherbst:

Schwarzer Holunder F  
Kornelkirsche F  
Zweigriffeliger Weißdorn F  
Hunds-Rose F

Winterraps BST

Birne, frühreifend F

Roßkastanie F

Winterraps AU

Mais TR  
Mais E (Silageschnitt)

**Vollherbst:**

Stiel-Eiche F	Wintergerste BST	Weinrebe, frühreifend F
	Mais GR	
	Mais VR	
	Mais E (Körnerernte)	Birne, spätreifend F
	Winterraps RO	Weinrebe, spätreifend F
Roßkastanie BV	Sonnenblume E	Weinrebe, frühreifend L
Hänge-Birke BV	Wintergerste AU	Süßkirsche BV
Europäische Lärche BV	Winterroggen BST	
Rotbuche BV	Beta-Rübe E	Apfel, spätreifend F
Stiel-Eiche BV		Weinrebe, frühreifend BV

**Spätherbst:**

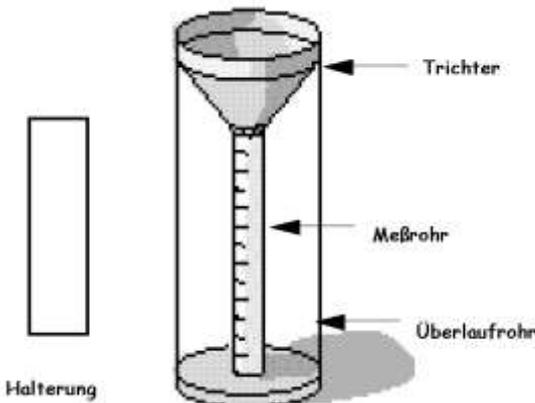
Roßkastanie BF	Winterweizen BST	
Eberesche BF		
Hänge-Birke BF		
Europäische Lärche BF		
Rotbuche BF	Winterroggen AU	Weinrebe, spätreifend L
Stiel-Eiche BF		Weinrebe, frühreifend BF
	Winterweizen AU	Weinrebe, spätreifend BV
		Apfel BF
		Weinrebe, spätreifend BF

**Abkürzung der Beobachtungsphasen:**

A	Beginn des Austriebs	ERG	Beginn des Ergrünens
Ä	Beginn des Ähren-/Rispen-schiebens	F	Erste reife Früchte, Beginn der Pflückreife (Obst)
AB	Vollblüte, Allgemeine Blüte		Beginn der Reife (Weinreben)
AU	Beginn des Auflaufens	GR	Beginn der Gelbreife
B	Beginn der Blüte	KNO	Beginn der Knospenbildung
BB	Beginn der Blattbildung	L	Lese
BF	Blattfall/Nadelfall	M	Beginn des Matriebes
BG	Bestand geschlossen	MR	Beginn der Milchreife
BL	Erstes Bluten der Reben	RO	Beginn der Rosettenbildung
BO	Beginn der Blatt-/Nadelentfaltung	S1	1. Heu- bzw. Silageschnitt
BST	Bestellung	S2	2. Heu- bzw. Silageschnitt
BV	Blatt-/Nadelverfärbung	SCH	Beginn des Schossens/Längenwachstums
E	Ernte	TR	Beginn der Teigreife
EB	Ende der Blüte	VR	Beginn der Vollreife



## Protokoll 3 Regen

<p><b>Zweck</b> Messung der Regenmenge am Untersuchungsstandort der jeweiligen Schule</p> <p><b>Übersicht</b> Präzise Langzeitmessungen der Regenmenge werden sowohl von der Klimaforschung als auch von der Geowissenschaft benötigt.</p> <p><b>Zeitaufwand</b> 5 Minuten</p> <p><b>Niveau</b> Alle Schüler</p> <p><b>Häufigkeit</b> Täglich bei Sonnenhöchststand <math>\pm</math> 1 Stunde</p> <p><b>Wichtige Begriffe und Lerninhalte</b> <i>Begriffe</i> Kondensation, Einfluss des Windes auf die Niederschlagsmessung Meniskus-Ablesung <i>Lerninhalte</i> Umgang mit Regenmesser Aufzeichnung der Daten Ablesen einer Skala</p> <p><b>Hilfsmittel</b> Regenmesser, Atmosphärendatenkontrollblatt, Bleistifte oder Kugelschreiber, Wasserwaage</p> <p><b>Vorbereitung</b> Die Schüler arbeiten mit einem Standard-Regenmesser, der aus vier Teilen besteht (siehe nachstehende Abbildung)</p> <p>1. Trichter (am Messrohr befestigt)</p>	<p>1. Messrohr: dünnes zylindrisches Rohr von gleichmäßigem Durchmesser, das auf einer Seite eine Skala trägt.</p> <p>2. Überlaufrohr: dickes zylindrisches Rohr, das bei starken Regenfällen etwa überlaufendes Regenwasser aufnimmt</p> <p>3. Halterung Stecken Sie das Messrohr in das Überlaufrohr und föhrend Sie den Trichter in beide Rohre ein, wie abgebildet.</p> <p>Die Halterung sollte an einem Holzpfahl oder -balken befestigt werden, dessen Durchmesser ungefähr demjenigen des Regenmessers entspricht. Befestigen Sie die Halterung so, dass der Regenmesser mit seinem oberen Rand 10 cm über den Rand des Pfahls bzw. Balkens vorsteht.</p> <p>Der Regenmesser muss nach der Montage waagrecht hängen. Dies lässt sich mit Hilfe einer Wasserwaage prüfen, die in zwei Richtungen (rechtwinklig über Kreuz) über den Trichter gelegt wird.</p> <p><b>Voraussetzungen</b> Keine</p>  <p>Das Diagramm zeigt die vier Hauptbestandteile eines Regenmessers. Links ist eine vertikale rechteckige Halterung dargestellt. Rechts daneben ist der Regenmesser montiert: Ein Trichter ist oben auf dem Meßrohr befestigt, welches in ein dickes Überlaufrohr eingeführt ist. Pfeile weisen auf die Beschriftungen 'Halterung', 'Trichter', 'Meßrohr' und 'Überlaufrohr' hin.</p>
---	--

## Hintergrund

Der Begriff "Regenfall" bezeichnet die Höhe der Wassersäule, die innerhalb eines festgelegten Zeitraums eine waagerechte Oberfläche durchdringt. Zur Bestimmung dieser Höhe wird der Skalenwert am Regenmessgerät abgelesen, der den Regenfall in Millimetern angibt. Zu beachten ist, dass es sich hierbei um eine gedehnte Skala handelt - würde man also ein Lineal an die Skala des Messröhrchens anlegen,

so fielen die Teilstriche dieses Lineals nicht mit denjenigen der Skala zusammen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Öffnung des Trichters zehnmal so groß wie der Querschnitt des Messröhrchens ist. Die Teilstriche auf dem Messröhrchen müssen deshalb weiter auseinander liegen, damit sich die Regenmenge direkt von der Skala ablesen lässt.

## Inhalt und Vorgehensweise

Nach ordnungsgemäßer Montage des Regenmessers ist dieser täglich innerhalb einer Stunde ab Sonnenhöchststand abzulesen.

1. Beim Ablesen der Messskala müssen sich die Augen des Schülers auf dem Niveau des Wasserstandes in dem Messröhrchen befinden. Maßgeblich ist jeweils die tiefste Stelle der gewölbten Oberfläche der Wassersäule (sog. "Meniskus").
2. Nach jeder Messung ist das Wasser in dem Messrohr auszugießen. Hierzu muss das Messrohr umgestülpt werden, damit sein Inhalt völlig abläuft. Danach ist der Regenmesser wieder zusammenzubauen. Das Datum der Messung, die Uhrzeit (in Weltzeit) und die Regenfallhöhe in Millimetern sind auf dem Atmosphärendaten-Protokollblatt zu notieren.

In starken Regenperioden kann es vorkommen, dass das Messröhrchen überläuft. Das überschüssige Wasser sammelt sich in dem Überlaufrohr. In diesem Fall ist der Inhalt des Überlaufrohrs zu messen, indem er in das Messrohr umgegossen und das so ermittelte Niveau notiert wird. Dieser Vorgang muss unter Umständen mehrmals wiederholt werden, bis das Überlaufrohr leer ist. Die einzelnen Höhen sind dann zu der Gesamthöhe zu addieren.

Selbst wenn es eine Zeitlang nicht regnet, sollten die Schüler den Regenmesser täglich kontrollieren, um sich zu vergewissern, dass sich darin kein Abfall (Blätter, Zweige, Papierfetzen o.ä.) gesammelt hat.

Bei Temperaturen unter Null sind die Regenmesser in einem geschlossenen Raum aufzubewahren, da der Kunststoff sonst reißen oder platzen kann.

### Datenübermittlung

Folgende Daten sind an den GLOBE Student Data Server zu übermitteln:

Datum und Uhrzeit der Messung (in Weltzeit)

Tägliche Regenmenge (in Millimetern)

An Tagen, an denen es nicht geregnet hat, ist in der Spalte "Regenfallhöhe" eine Null einzutragen. Wurde das Wasser in dem Regenmesser unbeabsichtigt verschüttet oder keine Messung durchgeführt (oder liegt aus einem sonstigen Grund kein Ergebnis vor), ist unter der täglichen Regenmenge der Buchstabe "M" (für "missing" = Fehlwert) zu notieren. Es ist wichtig, dass nicht einfach eine Null eingetragen wird, wenn einmal keine Regenmessung durchgeführt wurde. *Das Einsetzen von Nullen anstelle von Fehlwerten (M) ist ein häufig anzutreffender Irrtum, der die Genauigkeit der Analysen erheblich beeinträchtigt.*

Sollte es zwar geregnet haben, die Menge jedoch für eine Ablesung am Messrohr zu gering sein, so ist für diesen Tag der Buchstabe "T" (engl. "trace" = Spur) einzutragen. Wir wissen dann, dass nur ganz wenig Regen gefallen ist. Bei bestimmten Untersuchungen kommt es nur darauf an, ob es geregnet hat oder nicht - die Menge ist sekundär.

Die Messung der Regenmenge muss unbedingt täglich erfolgen. Sollte dies einmal nicht möglich sein, kann als Notbehelf nach einigen Tagen, an denen keine Messung durchgeführt wurde (z.B. Wochenende), der Buchstabe "C" (engl. "collecting" = Sammelwert) zusammen mit der gemessenen Regenmenge eingetragen werden. Dies weist darauf hin, dass die sich die gemessene Menge über mehr als 24 Stunden gesammelt hat. Ein "C"-Eintrag mit entsprechendem Messwert darf jedoch nur notiert werden, wenn die letzte Ablesung mehr als 24 Stunden, jedoch höchstens 72 Stunden zurückliegt. An Tagen, an denen der Regenmesser nicht abgelesen wurde (z.B. Samstag, Sonntag), ist der Buchstabe "M" einzutragen.

Wenn also z.B. am Samstag und Sonntag keine Ablesung erfolgt ist, am Montag jedoch wieder gemessen wurde, ist unter Samstag und Sonntag jeweils ein "M" und am Montag ein "C" zusammen mit dem Messwert einzutragen.

**Protokoll 4 Feste Niederschläge**

<p><b>Zweck</b> Messung der festen Niederschlagsmenge am Untersuchungsstandort der jeweiligen Schule.</p> <p><b>Übersicht</b> Präzise Langzeitmessungen der Menge fester Niederschläge werden sowohl von der Klimaforschung als auch von der Geowissenschaft benötigt.</p> <p><b>Zeitaufwand</b> 5 Minuten</p> <p><b>Niveau</b> Alle Schüler</p> <p><b>Häufigkeit</b> Täglich bei Sonnenhöchststand ± 1 Stunde</p>	<p><b>Wichtige Begriffe und Lerninhalte</b></p> <p><b>Begriffe</b> Änderung des Aggregatzustands Wärmekapazität Schneedichte</p> <p><b>Lerninhalte</b> Ablesen einer Skala Aufzeichnung von Daten</p> <p><b>Hilfsmittel</b> 1 Messstab mit Millimeterskala (metrisches Lineal). Wenn die Schneefälle am Messort mehr als 1 m betragen, wird ein längerer Messstab benötigt. 1 Schneebrett</p> <p><b>Voraussetzungen</b> Keine</p>
--	---

**Hintergrund**

Der Begriff "Schneebrett" bezeichnet ein dünnes, ebenes Brett, das auf den bereits liegenden Schnee aufgelegt wird. Die Höhe des auf dieses Brett gefallenen Neuschnees lässt sich dann mit dem Messstab ermitteln. Das Brett kann aus dünnem Sperrholz (Dicke ca. 1 cm) bestehen und sollte mindestens 40 x 40 cm groß sein, damit sich bei Bedarf mehrere Messungen der Schneetiefe vornehmen lassen. Die Lage des Schneebretts muss gut gekennzeichnet werden, damit es unter Neuschnee auffindbar bleibt.

**Inhalt und Vorgehensweise**

1. Stecken Sie nach dem ersten Schneefall den Messstab senkrecht in den Schnee, bis er auf dem Erdboden aufsteht. Achten Sie darauf, dass Sie nicht eine Eisschicht oder verkrusteten Schnee mit dem Boden verwechseln. Wiederholen Sie die Messung an mehreren Punkten, an denen

der Schnee möglichst wenig verweht ist. Wenn kein neuer Schnee gefallen ist, tragen Sie eine Null ein. Liegt die gemessene Tiefe zwischen 0 und 0,5 mm, notieren Sie den Buchstaben T (engl. "trace" = Spur).

2. Legen Sie das Schneebrett auf den bereits vorhandenen Schnee und drücken Sie es leicht ein, bis seine Oberkante bündig mit der Schneeoberfläche abschließt. Markieren Sie die Lage des Schneebretts mit einer Fahne o.ä., damit es unter dem nächsten Schneefall nicht verloren geht.
3. Führen Sie nach neuem Schneefall den Messstab vorsichtig ein, bis er auf dem Schneebrett aufliegt. Nehmen Sie mehrere Messungen an verschiedenen Stellen des Schneebretts vor und errechnen Sie den Durchschnitt aus diesen Werten. Das Ergebnis ist die tägliche Neuschneemenge.
4. Nach erfolgter Schneemessung ist das Schneebrett zu reinigen und erneut so in den Schnee einzulegen, dass es bündig mit der Oberfläche abschließt.
5. Messen Sie zusammen mit der täglichen Neuschneemenge zugleich auch immer die Gesamttiefe der Schneesicht. Das Verfahren ist dasselbe wie beim ersten Schneefall: Der Messstab wird außerhalb des Schneebretts an mehreren Punkten bis auf die Bodenoberfläche eingestochen; die Ergebnisse werden gemittelt.

#### **Bestimmung des Flüssigwassergehalts der täglichen Festniederschlagsmenge**

Es gibt verschiedene Arten von Schnee - von leicht und luftig bis hin zu nass und schwer. Das Tagesflüssigkeitsäquivalent fester Niederschläge wird dadurch bestimmt, dass man eine Schneeprobe schmelzen lässt und das Wasservolumen misst.

Für diese Messung wird ein Sammelgefäß benötigt. Bei Außentemperaturen unter Null müssen die Kunststoff-Regenmesser in einem geschlossenen Raum untergebracht werden, da sie sonst reißen oder platzen können. Das große Überlaufgefäß des Regenmessers ist jedoch ideal geeignet, um darin Schnee für die Bestimmung des Flüssigwassergehalts zu sammeln.

1. Nachdem Sie die tägliche Neuschneetiefe mit Hilfe des Schneebretts ermittelt haben, nehmen Sie das große Gefäß des Regenmessgeräts und legen Sie es umgestülpt (Öffnung nach unten) auf das Schneebrett. Sorgen Sie durch leichten Druck dafür, dass sich der Behälter ganz an die

Holzoberfläche anlegt. Je nach Größe Ihres Schneebretts gibt es nun mindestens zwei Möglichkeiten, die von dem Gefäßrand umschriebenen Schneemenge in das Gefäß zu bringen:

### **Methode A**

Wenn Ihr Schneebrett nicht zu groß bzw. schwer ist, drücken Sie das Gefäß fest auf das Brett und drehen Sie dann Gefäß und Brett zusammen um. Der außerhalb des Gefäßes befindliche Schnee fällt dabei vom Brett - die Messung der Schneetiefe muss zu diesem Zeitpunkt also bereits erfolgt sein. Die in dem Gefäß gesammelte Schneemenge kann nun in einem geschlossenen Raum gemessen werden.

### **Methode B**

Wenn Ihr Schneebrett zu groß oder zu schwer ist, um sich ohne weiteres umdrehen zu lassen, muss der Schnee von Hand in den Behälter gefüllt werden. Heben Sie den Behälter dazu vorsichtig vom Brett ab; auf dem Brett sollte sich daraufhin der Umriss des Behälters deutlich im Schnee abzeichnen. Schaufeln Sie den Schnee, der sich innerhalb dieses Kreises befindet, vorsichtig in das Gefäß hinein.

2. Nachdem sich der Schnee in dem Behälter befindet, bringen Sie diesen in einen geschlossenen Raum, damit der Inhalt schmelzen kann. Halten Sie die Öffnung des Behälters abgedeckt, damit kein Wasser verdampft.
3. Sobald der Schnee geschmolzen ist, gießen Sie das Wasser sorgfältig in das Messrohr des Regenmessers und lesen Sie die Höhe der Wassersäule genauso ab wie bei der Regenmessung.

Vergessen Sie nicht, das Schneebrett nach erfolgter Messung zu reinigen und wieder so in den Schnee einzulegen, dass es bündig mit dessen Oberfläche abschließt.

### **Datenübermittlung**

Folgende Daten sind an den GLOBE Student Data Server zu übermitteln:

Datum und Uhrzeit der Messung (in Weltzeit)  
Gesamttiefe des Schnees (mm)  
Tägliche Neuschneetiefe (mm)  
Wassergehalt des geschmolzenen Schnees

Wenn es zwar geschneit hat, jedoch aus irgendeinem Grund keine Messung durchgeführt werden konnte (z.B. weil das Schneebrett weggeweht oder von irgendjemandem unbeabsichtigt von Schnee befreit wurde, bevor die Messung möglich war), tragen Sie den Buchstaben "M" (engl. "missing" - Fehlwert) ein.

Sollte die Neuschneemenge so gering sein, dass keine Messung vorgenommen werden konnte, ist für diesen Tag unter der Schneemenge der Buchstabe "T" (engl. "trace" = Spur) einzutragen.

Die Messung der Schneefallmenge muss unbedingt täglich erfolgen. Sollte dies einmal unmöglich sein, kann als Notbehelf nach einigen Tagen, an denen keine Messung durchgeführt wurde (z.B. Wochenende), der Buchstabe "C" (engl. "collecting" = Sammelwert) zusammen mit der gemessenen Schneemenge eingetragen werden. Dies weist darauf hin, dass die sich die gemessene Menge über mehr als 24 Stunden gesammelt hat. Ein "C"-Eintrag mit entsprechendem Messwert darf jedoch nur notiert werden, wenn die letzte Ablesung mehr als 24 Stunden, jedoch höchstens 72 Stunden zurückliegt. An Tagen, an denen die Schneemenge nicht ermittelt wurde (z.B. Samstag, Sonntag), ist der Buchstabe "M" einzutragen.

Wenn also z.B. am Samstag und Sonntag keine Messung erfolgt ist, am Montag jedoch wieder gemessen wurde, ist unter Samstag und Sonntag jeweils ein "M" und am Montag ein "C" zusammen mit dem Messwert einzutragen.

## Protokoll 5

### Höchst- und Tiefsttemperatur; aktuelle Tagestemperatur

<p><b>Zweck</b> Messung der Lufttemperatur am Untersuchungsstandort der jeweiligen Schule.</p> <p><b>Übersicht</b> Präzise Langzeitmessungen der Lufttemperatur werden sowohl von der Klimaforschung als auch von der Geowissenschaft benötigt.</p> <p><b>Zeitaufwand</b> 5 Minuten</p> <p><b>Niveau</b> Alle Schüler</p> <p><b>Häufigkeit</b> Täglich bei Sonnenhöchststand <math>\pm</math> 1 Stunde</p>	<p><b>Wichtige Begriffe und Lerninhalte</b></p> <p><b>Begriffe</b> Wärme Temperatur Konvektion Wärmeleitung Strahlung</p> <p><b>Lerninhalte</b> Umgang mit dem Thermometer Aufzeichnung von Daten Ablesen einer Skala</p> <p><b>Hilfsmittel</b> 1 MiniMax-Thermometer 1 Messstation 1 Zweites Thermometer zur Kalibrierung des MiniMax-Thermometers Atmosphärendaten-Protokollblätter</p> <p><b>Voraussetzungen</b> Keine</p>
--	---

#### Hintergrund

Das Mini/Max-Thermometer ist ein U-förmiges Rohr mit zwei Markierungen, die die Höchst- und Mindesttemperatur angeben (siehe Abb. 2-2). Auf der Höchsttemperaturseite steigt die Temperaturskala von unten nach oben an (wie bei einem normalen Haushaltsthermometer). Auf der Mindesttemperaturseite nimmt die Temperaturskala von oben nach unten ab. Mit wachsender Temperatur wird der Zeiger auf der Höchsttemperaturseite nach oben gedrückt. Geht die Temperatur später zurück, so bleibt dieser Zeiger stehen und zeigt damit die registrierte Höchsttemperatur an. Analog bewegt sich die Quecksilbersäule auf der Tiefsttemperaturseite mit fallender Temperatur nach unten, wobei der Zeiger auf dem Punkt der niedrigsten Temperatur stehen bleibt. Die Skala des verwendeten Thermometers muss in Grad Celsius unterteilt sein.



Abb. 2-2:  
Mini/Max-  
Thermometer

Kalibrierung des Mini/Max-Thermometers:

1. Stellen Sie ein Gemisch aus 1 Teil flüssigem Wasser und 1 Teil gestoßenem Eis her.
2. Lassen Sie dieses Eiswasserbad etwa 10 - 15 Minuten lang stehen, so dass es seine Tiefsttemperatur erreicht.
3. Legen Sie Ihr Kalibrierungsthermometer mit dem Röhrchen in das Eiswasserbad und bewegen Sie es darin vorsichtig hin und her, damit es völlig abkühlt. Das Thermometer sollte eine Temperatur zwischen 0,0 und 0,5°C zeigen. Wenn dies nicht der Fall ist, muss ein anderes Thermometer verwendet werden.
4. Nachdem Sie sich von der Genauigkeit Ihres Kalibrierungsthermometers überzeugt haben, hängen Sie es an einem Haken in der Gerätestation auf (siehe untenstehende Anweisungen zum Mini/Max-Thermometer).
5. Vergleichen Sie nach 24 Stunden die Temperaturanzeigen beider Thermometer. Falls sie voneinander abweichen, muss das Mini/Max-Thermometer auf die Temperatur des Kalibrierungsthermometers justiert werden. Verstellen Sie dazu die Temperaturskalen beiderseits des Thermometers durch Lösen der kleinen Schraube auf der Rückseite. Danach lassen sich die Skalen unabhängig voneinander nach oben und unten verschieben.

#### **Montage des Minimal-Thermometers**

Befestigen Sie das Mini/Max-Thermometer so in der Gerätestation, dass sein Gehäuse allseitig von Luft umströmt wird. Das Thermometer sollte auf Klötzen an der Rückwand des Häuschens so aufgehängt werden, dass es weder dessen Wände noch den Boden oder die Decke berührt. Das Thermometer muss 1,5 m über dem Boden oder 0,6 m über der mittleren maximalen Schneehöhe hängen (maßgeblich ist der höhere dieser beiden Werte). Die Station schützt das Thermometer vor direkter und reflektierter Strahlung (Sonne, Himmel, Boden, umliegende Objekte), erlaubt jedoch einen ungehinderten Luftfluss, damit die Temperatur innerhalb des Häuschens mit der Außenlufttemperatur identisch bleibt.

Die Instrumentenstation sollte auf einem Pfahl montiert werden, der möglichst

fest im Boden verankert ist, um windbedingte Schwingungen auszuschließen. Derartige Schwingungen können die Markierungen des Mini/Max-Thermometers verändern und damit die Messwerte verfälschen. Die Tür der Station sollte auf der Nordhalbkugel nach Norden und auf der Südhalbkugel nach Süden weisen, um eine direkte Sonneneinstrahlung zu vermeiden, wenn die Tür zur täglichen Messung geöffnet wird.

Die Instrumentenstation sollte aus 1,9 cm dickem Kiefernholz gefertigt und innen und außen weiß angestrichen werden. Zum Schutz vor Manipulationen kann ein Schloss vorgesehen werden. Innen sollte eine Reihe von Befestigungsklötzen vorhanden sein, an der sich das Mini/Max-Thermometer mit ausreichendem Abstand zur Rückwand der Station befestigen lässt. Die Tür sollte rechts angeschlagen sein (in der Skizze nicht erkennbar). Der Zusammenbau sollte durch Verschrauben erfolgen. Die Maße in den Zeichnungen sind in metrischen Einheiten angegeben. (Nähere Hinweise zum Bau der Gerätestation enthält der Werkzeugkasten).

Das Innere der Gerätestation sollten nach der Inbetriebnahme ab und zu mit einem feuchten Lappen ausgewischt werden.

### **Inhalt und Vorgehensweise**

1. Beauftragen Sie eine Schülergruppe, das Thermometer einmal täglich (bei Sonnenhöchststand  $\pm 1$  Stunde) abzulesen. Der Abstand zwischen Thermometer und ablesender Person sollte möglichst groß sein, um zu vermeiden, dass die Temperaturanzeige durch Körperwärme verfälscht wird. Dies ist vor allem bei kaltem Wetter wichtig. Aus demselben Grund sollten die temperaturempfindlichen Teile des Thermometers nicht berührt werden.
2. Die aktuelle Tagestemperatur ist an einer der beiden Quecksilbersäulen abzulesen. Das Auge sollte sich dabei auf der Höhe des oberen Endes der Quecksilbersäule bzw. auf dem Niveau des unteren Zeigerrands befinden (je nachdem, was abgelesen wird). Andernfalls fällt der abgelesene Wert zu hoch oder zu niedrig aus.
3. Die Höchst- und Tiefsttemperatur ist am unteren Rand der Zeiger abzulesen.
4. Nachdem die Höchst- und Tiefsttemperatur sowie die aktuelle Tagestemperatur ermittelt wurde, müssen die Schüler die Zeiger zurücksetzen. Dies erfolgt mit einem kleinen Magnet, mit dessen Hilfe die Zeiger heruntergezogen werden, bis sie sich oben auf der Quecksilbersäule

befinden. Damit der Magnet nicht verloren geht, empfiehlt es sich, ihn mit einem Stück Schnur an der Gerätestation zu befestigen.

Wenn einmal eine Temperaturmessung verpasst wurde, muss das Thermometer bei der nächsten Messung zurückgesetzt werden. In diesem Fall sollte nur die aktuelle Tagestemperatur abgelesen werden. Da seit der letzten Messung mehr als 24 Stunden vergangen sind, ist nicht mehr nachvollziehbar, an welchem Tag die Höchst- und Mindesttemperatur aufgetreten ist.

### **Datenübermittlung**

Folgende Daten sind an den GLOBE Student Data Server zu übermitteln:

- \* Datum und Uhrzeit der Messung (in Weltzeit)
- \* Aktuelle Lufttemperatur
- \* Höchste Tageslufttemperatur
- \* geringste Tageslufttemperatur