

► Natur/Lebensräume

**Herrscht im Boden eine gleichmäßige Temperaturverteilung?**

**Was machen Bodentiere im Winter?**

**Wie lässt sich die Temperatur im Boden messen?**

*Bodenleben und die Bodenfruchtbarkeit hängen neben weiteren Faktoren auch von der im Boden vorherrschenden Temperatur ab. In unseren Breiten gefriert während der kalten Wintermonate der Boden im Bereich der Oberfläche. Bodentiere haben Strategien entwickelt, diese jährlich wiederkehrende kalte Lebensphase zu überdauern.*

Diese Unterrichtseinheit bietet den SchülerInnen die Möglichkeit, sich intensiv mit dem Thema Temperatur zu beschäftigen. Im Rahmen einer durchzuführenden Messreihe erheben und protokollieren sie die Bodentemperaturwerte an verschiedenen Plätzen im Freiland.



Abb. 1.: Profil Schwarzerde, Quelle: [www.dbges.de](http://www.dbges.de)

Ort	Schulstufe
Freiland, Klassenraum	5. bis 8. Schulstufe
Gruppengröße	Zeitdauer
Klassengröße	2 Schulstunden
Lernziele	
<ul style="list-style-type: none"> <li>► Erkennen, dass der Waldboden nicht überall gleich temperiert ist</li> <li>► Temperaturmessdaten protokollieren und die Ergebnisse diskutieren</li> <li>► Unterschiedliche Überwinterungsstrategien von Bodentieren kennen</li> </ul>	

## Sachinformation

Was wir als Bodentemperatur wahrnehmen, ist nichts anderes als das Zusammenspiel von Wärmezufuhr und Wärmeverlust sowie Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit. Die Wärmekapazität ist primär vom Wassergehalt des Bodens abhängig. So ist die von Wasser deutlich höher als jene von Luft oder mineralischen und organischen Substanzen. Die Wärmeleitfähigkeit von Luft ist sehr gering. Jene des Bodens wird primär durch seinen Luftgehalt bestimmt.

Kenntnisse über Bodentemperaturen sind nicht nur für die Landwirtschaft (Obstbau, Anbau von Feldfrüchten usw.) von Bedeutung, sondern auch für das Bauwesen (Frosttiefe, Bodenstruktur), die Wasserwirtschaft (Ergiebigkeit von Quellen) und die Zoologie, die sich mit Bodentieren beschäftigt. Selbst für die Geologie ist die Bodentemperatur ein wichtiger Parameter hinsichtlich der Einschätzung von Gefahren, die mit dem Schmelzen von Bodeneis einhergehen und Erdrutsche verursachen können.

Große Wetterstationen liefern daher zusätzlich zur Lufttemperatur auch Angaben zur Bodentemperatur, die meist knapp unter der Erdoberfläche in etwa 20 cm Tiefe gemessen wird.

Die Veränderung der Bodentemperatur im Tagesgang ist verglichen mit dem der Luft wesentlich geringer – und zwar umso weniger, je tiefer im Boden die Messung erfolgt. Der Grund für die Gleichmäßigkeit in tieferen Schichten ist zum ei-

nen die hohe spezifische Wärme des Bodens, zum anderen die geringere nächtliche Abkühlung.

beeinflusst wird die Bodentemperatur im oberflächennahen Bereich neben weiteren klimatischen Einflüssen auch von der Lufttemperatur. Bei den in Österreich vorherrschenden Temperaturen ist es daher ganz natürlich, dass der Boden während des Winters gefriert. Durch das Gefrieren des Wassers zwischen den einzelnen Bodenpartikeln vergrößert sich das in den Bodenporen befindliche Wasservolumen um ca. 9-11 Prozent.

Im Jahresverlauf lässt sich mit zunehmender Bodentiefe nicht nur eine Abnahme der Temperaturschwankungen beobachten, sondern auch ein Hinterherhinken des Temperaturverlaufs gegenüber dem an der Erdoberfläche. Ebenso tritt mit zunehmender Bodentiefe der Einfluss der Wärmeeinstrahlung von oben gegenüber jener aus dem Erdinneren stammenden Erdwärme mehr und mehr in den Hintergrund.

Als wichtigste Wärmequelle für den Boden gilt die Sonneneinstrahlung. Sie führt zu einer mehr oder weniger starken Erwärmung der Bodenoberfläche. Dies ist ausschlaggebend für die Abkühlung und die Erwärmung des darunter liegenden Bodenkörpers. Doch Wärme wird von der Bodenoberfläche nicht nur nach unten hin, sondern ebenso an die Umgebung abgestrahlt. Entsprechend hoch sind daher die Temperaturschwankungen an der Bodenoberfläche (siehe Abb. 2).

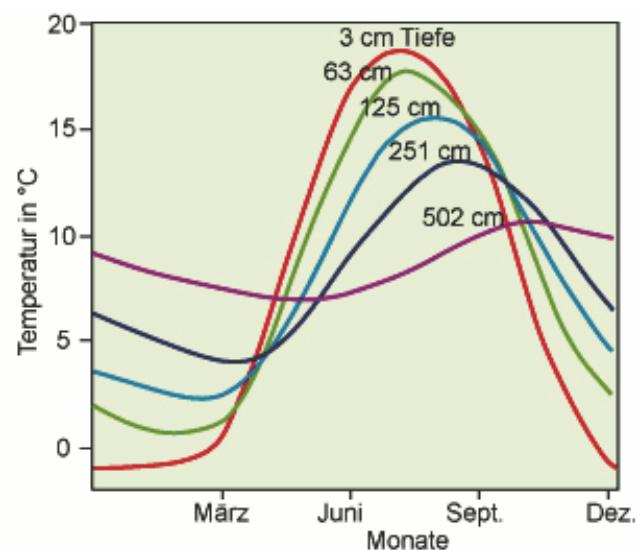
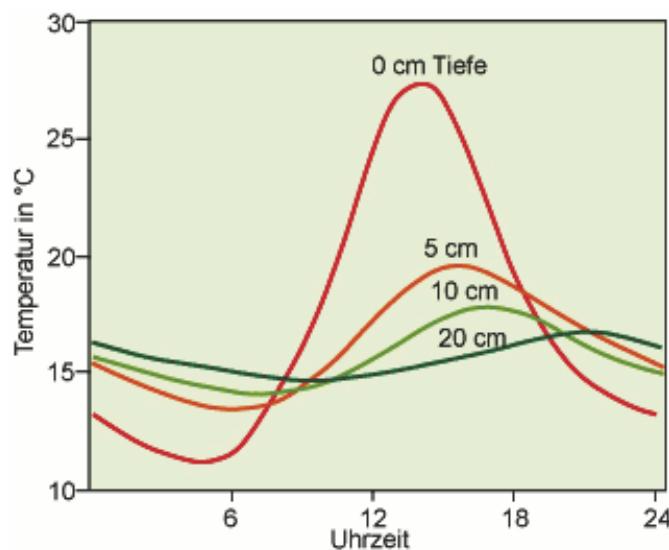


Abb. 2.: Tages- und Jahresgang der Temperatur in verschiedenen Bodentiefen an einem Sommertag bzw. im Jahresverlauf,  
 Quelle: Wikipedia gemeinfrei

Die Intensität der Bodenerwärmung durch Sonnen-einstrahlung ist u. a. von der geographischen Brei-te, Jahres- und Tageszeit, Witterung, Exposition, Hangneigung, wie auch von Bodenfarbe, Bodenart und Bodenbedeckung abhängig.

Abkühlung erfährt der Boden durch Wärmeab-strahlung von der Bodenoberfläche und durch den Verlust an Verdunstungswärme bei der Evapora-tion des Bodenwassers. Wie die Wärmezufuhr so schwankt auch der Wärmeverlust im Tages- und Jahresverlauf und wird durch den Wasserzustand des Bodens, dessen Farbe und Bodenbedeckung beeinflusst.

Die periodischen Schwankungen der Bodentem-pe-ratur mit Maxima in der Mittagszeit bzw. während der Sommermonate (siehe Abb. 2) sind im Ober-boden deutlich stärker ausgeprägt als im Unter-boden, wo sie zudem zeitlich verzögert auftreten. Ein feuchter Boden erwärmt sich langsamer als ein trockener, andererseits kann er die Wärme besser speichern und kühlt entsprechend langsamer aus.

#### Einfluss der Bodentemperatur

Die im Bodenkörper gespeicherte Wärmeenergie beeinflusst durch die Beschleunigung chemi-scher Reaktionen sämtliche Lebensvorgänge und Entwicklungsprozesse im Boden. Der Reak-tions-ge-schwindigkeits-Temperatur-Regel (RGT-Regel) zufolge führt eine Temperaturerhöhung um 10 °C zu einem zwei- bis dreifach rascheren Ablauf von

biochemischen Prozessen. Dies betrifft sowohl Wachstums- als auch Abbauprozesse. Nicht zuletzt übt die Bodentemperatur auch Einfluss auf die Zu-sammensetzung der Bodenluft aus.

#### Wie überwintern die Bodentiere?

Tiere haben verschiedenste Strategien entwickelt, um den eiskalten Winter zu überstehen. Während Säugetiere wie Igel, Murmeltier und Fledermäuse in einen mehrmonatigen Schlafzustand verfallen, halten Eichhörnchen, Braunbär und Dachs Winter-ruhe. Während ihrer Ruhephase erwachen sie des Öfteren, um etwas Nahrung zu sich zu nehmen sowie Blase und Darm zu entleeren. Der Maulwurf hingegen hält weder Winterschlaf noch Winter-ruhe. Er gräbt im Winter in tieferen Bodenschich-ten aktiv nach Nahrung. Anders die Regenwürmer, die die Wintermonate (Dezember bis Februar) in Mitteleuropa in 40 bis 80 cm Bodentiefe in einer Art Kältestarre verbringen. Dies ist auch die am häufigsten anzutreffende Überwinterungsstrategie unter den Gliederfüßern (Insekten, Spinnentiere, Tausendfüßer), sofern es sich nicht um einjähri-ge Lebensformen handelt. Oft sind es nicht die erwachsenen Tiere, die den Winter überdauern, sondern deren Eier, Larven- oder Puppenstadien. Die Kältestarre ist für die überwinternden Tiere keineswegs ungefährlich, denn viele von ihnen sind während der größten Kälte dem Tod näher als dem Leben. Nach besonders lang anhaltenden Käl-tephasen erwachen viele dieser Tiere im Frühjahr nicht mehr wieder zum Leben.

## Didaktische Umsetzung

Die im Rahmen eines Experimentes durchgeführten Temperatur-Messreihen sollen den SchülerInnen ein Gefühl für den Einfluss von diversen abiotischen Faktoren (sonnig/schattig, trocken/feucht oder helle/dunkle Farbe des Bodens) auf das Ökosystem Wald vermitteln.

Inhalte	Methoden	
<b>Hinführung zum Thema</b>		<b>5 Minuten</b>
<p><i>Vorstellung der Thematik durch die Lehrperson.</i></p> 	<p><u>Material</u> keines</p> <p>Einführend werden den SchülerInnen folgende Impulsfragen gestellt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennst du verschiedene Bodenarten?</li> <li>• Was glaubst du, welche Faktoren können die Bodentemperatur beeinflussen?</li> <li>• Schwankt die Bodentemperatur so wie die Lufttemperatur?</li> </ul>	
<b>Messungen der Bodentemperatur entlang von Transsekt*</b>		<b>45 Minuten</b> inkl. Wegzeit
<p><i>Die SchülerInnen machen sich mit den Einstichthermometern vertraut, wählen Untersuchungspunkte aus und führen Messungen durch.</i></p> 	<p><u>Material</u> Beilage „Protokollblatt - Bodentemperatur entlang von Transsekt“, 3 Einstichthermometer, Schreibzeug</p> <p>Die Schulkasse begibt sich in ein Waldstück und gemeinsam werden drei Transsekt festgelegt, und zwar jeweils vom Waldrand in Richtung Waldinneres. Dabei sollten sowohl sonnige und beschattete als auch trockene und feuchte Standorte im Verlauf dieser Messstrecken vorkommen.</p> <p>Nun wird die Klasse in 3 Gruppen geteilt. Jede von ihnen übernimmt, ausgestattet mit einem Einstichthermometer und einem Protokollblatt, die Messtätigkeit entlang eines dieser Transsekt. Im Abstand von beispielsweise 3-4 Metern werden jeweils 3 Messungen der Bodentemperatur in unterschiedlicher Tiefe (2,5 cm, 6 cm, 12 cm) durchgeführt und die Werte protokolliert. Außerdem wird die Bodenart am Messpunkt festgestellt (zB steinig, sandig, lehmig, fest, locker, feucht oder trocken).</p> <p><b>Tipp:</b> Einstichthermometer können in Verbindung mit dem Boden-Praxiskoffer von steirischen Schulen kostenlos beim UBZ entliehen werden. <a href="http://www.ubz-stmk.at/praxiskoffersets">www.ubz-stmk.at/praxiskoffersets</a></p>	

\* Ein Transsekt ist eine Reihe von Messpunkten entlang einer geraden Linie mit den Vorteilen der Wiederholbarkeit und Standardisierung auch bei schwierigen Geländebedingungen.

## Wie erwärmen sich Sande unterschiedlicher Färbung?

20 Minuten

*Die SchülerInnen weisen nach, dass die Farbe eines Sandes Einfluss auf dessen Erwärmbarkeit hat.*



### Material

Beilage „Arbeitsblatt - Erwärmung unterschiedlich gefärbter Sande“, 2 Einstichthermometer, 2 flache Becher, 2 Tischleuchten, jeweils ca. 1/5 Liter eines schwarz und eines hell gefärbten Aquariensandes

Die Becher werden 3 cm hoch mit den jeweils unterschiedlich gefärbten Sanden aufgefüllt und von oben mittels Tischleuchten bestrahlt. Im Sand jedes der beiden Becher steckt ein Einstichthermometer. Bei Versuchsbeginn, nach 1, 3, 8 und nach 15 Minuten wird so die Temperatur am Boden des jeweiligen Gefäßes gemessen und protokolliert.



## Nachbesprechung und Diskussion

20 Minuten

*kurze Erörterung der Ergebnisse und Diskussion der gewonnenen Erkenntnisse*

### Material

keines

Die einleitenden Impulsfragen werden noch mal kurz besprochen und gegebenenfalls mit den gewonnenen Erkenntnissen ergänzt. Zusätzlich werden die verschiedenen Überwinterungsstrategien von Tieren thematisiert.

### Inhaltliche Schwerpunkte der Schlussdiskussion:

- Bodenökologische Auswirkungen von Besonnung/ Beschattung eines Bodens
- Unterschiedliche Überwinterungsstrategien bei Tieren
- Einfluss der Farbe eines Bodens auf dessen Erwärmung

## Beilagen

- Protokollblatt - Bodentemperatur entlang von Transekten
- Arbeitsblatt - Erwärmung unterschiedlich gefärbter Sande

## Weiterführende Themen

- Boden und Fruchtbarkeit
- Faktor Bodenwasser
- Experimente zum Thema Boden
- Bodengefährdung

## Weiterführende Informationen

### Links

- Grundlegende Informationen zum Thema Boden unter  
<http://www.ubz-stmk.at/themen/index.php?cmid=231>
- LehrerInnenhandreichung zum Thema Boden als pdf erhältlich unter  
<http://www.ubz-stmk.at/downloads> > Boden
- weitere Downloads zum Thema Boden unter  
<http://www.ubz-stmk.at/downloads/?id=2>
- Bodenschutzberichte des Landes Steiermark als Downloads unter  
<http://www.umwelt.steiermark.at/cms/ziel/2998692/DE/>

### Literatur

- Schroeder, D., Blum, W. E.: Bodenkunde in Stichworten. 5. revidierte und erweiterte Auflage aus der Reihe Hirt's Stichwortbücher. Borntraeger, 1992.

### Praxismaterialien

- **Boden-Praxiskoffer:** Der Praxiskoffer besteht aus einer Alu-Box, die diverse technische und methodisch-didaktische Praxismaterialien für Demonstrationen und Versuche enthält. Die Unterlagen und Versuche sind für alle Schultypen geeignet und werden laufend ergänzt. Der Boden-Praxiskoffer kann von steirischen Schulen kostenlos für die Dauer von bis zu 14 Tagen entlehnt werden. [www.ubz-stmk.at/praxiskoffersets](http://www.ubz-stmk.at/praxiskoffersets)



### Noch Fragen zum Thema?

Dr. Otmar Winder  
Projekte „NaturScouts“, „Boden“, „Lehrweg-Entwicklung“  
Telefon: 0043-(0)316-835404-4  
E-Mail: [otmar.winder@ubz-stmk.at](mailto:otmar.winder@ubz-stmk.at)



Das Land  
Steiermark

[www.ubz-stmk.at](http://www.ubz-stmk.at)

## Bodentemperatur entlang von Transsekten

### Protokoll Bodentemperatur

Transsekt Nr.: \_\_\_\_\_

Ort: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Messpunkte (MP)	Messtiefe 2,5 cm	Messtiefe 6 cm	Messtiefe 12 cm	Bodentyp
MP 1				
MP 2				
MP 3				
MP 4				
MP 5				
MP 6				
MP 7				
MP 8				
MP 9				
MP 10				
MP 11				
MP 12				

Bewerte den Bodentyp nach folgenden Kriterien:

steinig, sandig, lehmig, fest, locker, feucht, trocken

## Erwärmung unterschiedlich gefärbter Sande

Miss mit dem Einstichthermometer die Temperatur am Boden der Gefäße. Notiere zu Beginn die Ausgangstemperatur der jeweiligen Probe. Dann schalte die Lampen ein und protokolliere die Temperaturen nach 1, 3, 8 und 15 Minuten.

Besprich die Ergebnisse mit deinen KlassenkollegInnen.

Messzeitpunkt	Temperatur heller Sand	Temperatur dunkler Sand
zu Beginn		
nach 1 Minute		
nach 3 Minuten		
nach 8 Minuten		
nach 15 Minuten		