



AktionswocheKlima.net

## Fächer-Modul: Geographie / Natur & Technik

# Permafrost

**45 - 90 Minuten**

**Erweitertes Niveau**

### Nachhaltigkeitskompetenzziele<sup>1</sup>:

- Erkennen: Informationsbeschaffung und -verarbeitung - Die Schüler\*innen werten wissenschaftliche Informationen zielgerichtet aus und verarbeiten diese.
- Bewerten: Kritische Reflexion - Die Schüler\*innen erläutern biologische Sachverhalte mit fachlicher Begründung.

### Unterrichtsziele<sup>2</sup>:

- Die Schüler\*innen kennen die wichtigsten ökologischen, sozialen, kulturellen und wirtschaftlichen Folgen des Klimawandels auf lokaler, nationaler und globaler Ebene und verstehen, wie diese zu selbstverstärkenden Faktoren für den Klimawandel werden können.
- Die Schüler\*innen antizipieren und schätzen die Auswirkungen von persönlichen, lokalen und nationalen Entscheidungen oder Aktivitäten auf andere Menschen und Weltregionen ab und erschließen sich Änderungsmöglichkeiten.

### Operationalisierbare Ziele:

---

<sup>1</sup> Kultusministerkonferenz: Orientierungsrahmen Globale Entwicklung, auf: [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2015/2015\\_06\\_00-Orientierungsrahmen-Globale-Entwicklung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2015/2015_06_00-Orientierungsrahmen-Globale-Entwicklung.pdf), S. 95

<sup>2</sup> UNESCO: Education for sustainable development goals, auf: [https://www.unesco.de/sites/default/files/2018-08/unesco\\_education\\_for\\_sustainable\\_development\\_goals.pdf](https://www.unesco.de/sites/default/files/2018-08/unesco_education_for_sustainable_development_goals.pdf)

- Die Schüler\*innen erklären mit eigenen Worten was Permafrost ist.
- Die Schüler\*innen nennen Folgen von tauendem Permafrost.
- Die Schüler\*innen erklären den Rückkopplungseffekt zwischen dem Klimawandel und dem Auftauen des Permafrostbodens, indem sie ein Schaudiagramm zeichnen.

**Kurzbeschreibung:** Der Permafrost gilt als einer der Kippunkte im Erd-Klimasystem. Durch die Erwärmung werden im auftauenden Boden Abbauprozesse in Gang gesetzt, die Methan und Kohlenstoffdioxid freisetzen. Da beides Treibhausgase sind, wird der Treibhauseffekt verstärkt und es kommt zu einer Rückkopplungsschleife, welche ab einem gewissen Grad als unbeherrschbar gilt. Aufkommende Vegetation kann diesen Effekt nicht verhindern. Zusätzlich verursacht das Auftauen des Bodens Schäden an der Infrastruktur vor Ort.

## Unterrichtsverlaufsplan

### Einstieg (10 Min.)

- Lehrkraft zeigt Präsentation mit gefrorenem Mammut. Schüler\*innen stellen Bezug zum Permafrost her.
- Lehrkraft erklärt, dass es sich hierbei um einen ganz speziellen Boden handelt, der hier bei uns nicht vorkommt, der allerdings auch größten Einfluss auf das Weltklima hat.
- Hilfsvideo „Permafrost – Was ist das?“ zur Erklärung des Begriffs „Permafrost“ (bis 3:32 Min Erklärung, was Permafrost ist, Quelle siehe unten).

### Erarbeitung (20 Min.)

- Die Schüler\*innen lesen den Infotext und bearbeiten die Aufgaben in Einzelarbeit oder arbeitsteilig.

### Sicherung (15 Min.)

- Die Schüler\*innen präsentieren die Lösungen im Plenum.
- Rückkopplungsschleife wird (an der Tafel/im Heft) gesichert.
- Rest des Videos des AWI/HZ anschaulich (ab 3:32 Min Folgen durch tauenden Permafrost bis 6:27 und dann Begründung, warum es den Klimawandel verstärkt bis zum Schluss): Alfred-Wegener-Institut & Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung: Permafrost – Was ist das?, auf: <https://www.youtube.com/watch?v=ND7TrKFm-eo&t=6s> (letzter Aufruf am 07.09.21)

### Transfer (15 - X Min.)

- Die Lehrkraft weist darauf hin, dass weitere Kippunkt oder Kippelemente im Klimasystem existieren, die die Schüler\*innen mit Hilfe einer interaktiven Grafik herausfinden können.

- Schüler\*innen rufen die interaktive Grafik „Kippelemente“ von Planet Schule (Link siehe unten) auf und erklären mit eigenen Worten weitere Kippelemente.

### Quellen:

- Alfred-Wegener-Institut & Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung: Permafrost – Was ist das?, auf: [https://www.youtube.com/watch?v=ND7TrKFm-  
eo&t=6s](https://www.youtube.com/watch?v=ND7TrKFm-<br/>eo&t=6s) (letzter Aufruf am 07.09.21)
- Climate Service Centers Germany (Hg.): Kippunkte im Klimasystem, auf: [https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Kippunkte\\_im\\_Klimasystem](https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Kippunkte_im_Klimasystem) (letzter Aufruf am 07.09.21)
- SWR/WDR (Hg.): Planet Schule:
  - o Kippelemente (Multimedia/Detailseite): <https://www.planet-schule.de/sf/multimedia-simulationen-detail.php?projekt=kippelemente> (letzter Aufruf am 07.09.21)
  - o Interaktive Weltkarte, auf: <https://www.planet-schule.de/mm/kippelemente/#/?k=2zsys0> (letzter Aufruf am 07.09.21)

### Lösungsvorschläge zu den Aufgaben:

#### 1. Beschreibe die in Abb. 2 gezeigten Vorgänge. Beachte dabei, dass das Auftauen nicht als gerade Linie dargestellt ist und dass verschiedene Treibhausgase aufgeführt sind.

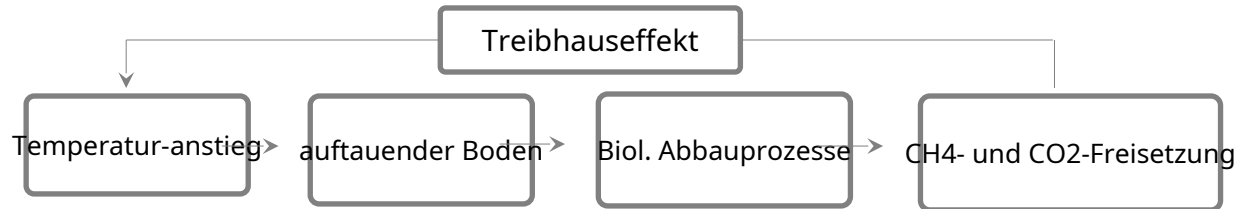
Gezeigt ist, dass mit steigender Temperatur der obere Teil des Bodens in immer größere Tiefe hinab auftaut. Dies erfolgt nicht linear, sondern exponentiell. Das Auftauen wird also mit jedem Abschnitt der steigenden Temperatur stärker. Es wird organische Biomasse abgebaut, dargestellt z.B. durch den verrottenden Fisch. Von links nach rechts, also mit steigendem Anteil des aufgetauten Bodens, werden immer größere Mengen der Treibhausgase CH<sub>4</sub> und CO<sub>2</sub> freigesetzt. Dies erfolgt ebenfalls anfangs sehr langsam, dann jedoch immer stärker. Gleichzeitig wird der aufgetaute Boden von Pflanzen besiedelt, welche CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre binden. Das Pflanzenwachstum wird zu Beginn mit dem Auftauen stärker, erreicht dann jedoch ein Maximum. Während bei niedrigen Temperaturen daher noch ähnlich viele Treibhausgase gebunden wie freigesetzt werden, setzen höhere Temperaturen deutlich mehr CO<sub>2</sub> frei als aufgenommen werden kann. Methan wird von Pflanzen überhaupt nicht aufgenommen.

#### 2. Leite aus der Abb. 3 direkte Folgen für die Menschen ab, die sich aus dem auftauenden Permafrostboden ergeben.

- Rohre (z.B. Gas- und Ölpipelines) können brechen, wenn deren Unterkonstruktion in den auftauenden Boden einsinkt.
- Hangrutschungen treten auf und bedrohen Siedlungen.
- Gebäude können in den auftauenden Boden einsinken und einstürzen.

- Verkehrs-Infrastruktur wie Straßen und Brücken können beschädigt werden, wenn der Boden darunter instabil wird.
- Die Küstenerosion nimmt zu, weil der auftauende Boden leichter abgetragen wird.

### 3. Stelle die Permafrost-Rückkopplungsschleife in einem Pfeilschema dar.



### Material mit Quellenangaben

Arbeitsblatt (DOCX/PDF) „Permafrost“

## Permafrostboden

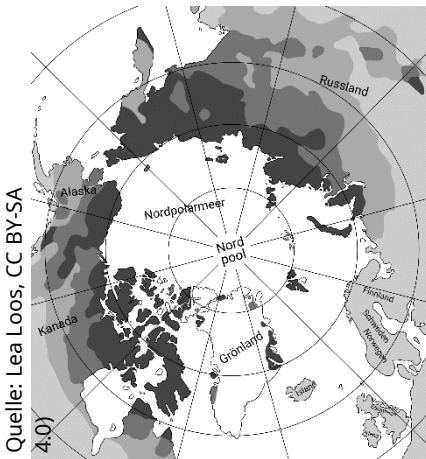


Abb. 1 Vorkommen von Permafrost

In den sehr kalten Regionen der Nordhalbkugel, insbesondere in Sibirien und Kanada (Abb. 1), liegt die Temperatur fast das ganze Jahr unterhalb des Gefrierpunkts. Das im Boden enthaltene Wasser ist daher dauerhaft gefroren, der Boden taut höchstens an der Oberfläche für eine kurze Zeit auf. Auf solchem **Permafrostboden** gedeihen meist nur wenige kleine Pflanzen, Bäume sind eher selten. Das war in der Vergangenheit anders, damals waren solche Regionen von ausgedehnten Mooren bedeckt. Moorböden bestehen bis in mehrere Meter Tiefe aus **abgestorbenem organischem Material**, also aus Resten von Pflanzen und Tieren. Wegen der aktuell im Permafrostboden herrschenden Kälte können diese Reste nicht von **Mikroorganismen** abgebaut werden, wie es in fast jedem anderen Boden der Fall wäre. Permafrostböden speichern also dauerhaft große Mengen an Kohlenstoff, welcher in dem organischen Material enthalten ist. Seitdem sich das Weltklima erhitzt, taut der Boden immer öfter und auch in größerer Tiefe auf. Dadurch werden Abbauprozesse gestartet, die den Kohlenstoff freisetzen. Dieser wird in Form der gasförmigen Verbindungen **Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)** und **Methan (CH<sub>4</sub>)** frei. Beides sind **Treibhausgase**, die die globale Erwärmung verstärken. Methan ist hierbei mehr als 25-mal so wirksam wie Kohlenstoffdioxid. Da sich als Folge durch den **Treibhauseffekt** die Erderhitzung verstärkt, wird auch das Auftauen des Permafrostbodens weiter verstärkt. Wissenschaftler\*innen nennen diesen Zusammenhang eine **Rückkopplungsschleife**. Ein großes Risiko besteht darin, dass dieser sich selbst verstärkende Prozess möglicherweise durch menschliches Handeln nicht mehr aufzuhalten ist, sobald er ein bestimmtes Ausmaß erreicht hat. In diesem Fall wäre ein gefährlicher **Kipppunkt** für das Weltklima überschritten.

Quelle: Kleine Gase, Große Wirkung (2018)

### Aufgaben:

1. Beschreibe die in Abb. 2 gezeigten Vorgänge. Beachte dabei, dass das Auftauen nicht als gerade Linie dargestellt ist und dass verschiedene Treibhausgase aufgeführt sind.

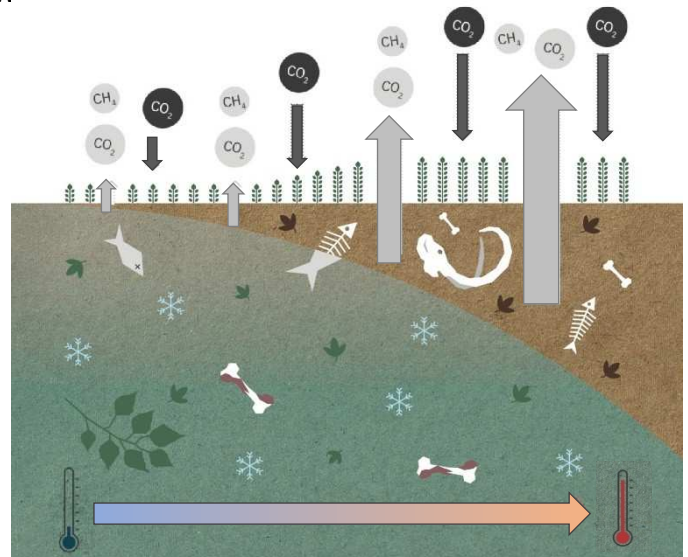


Abb. 2 Auftauen von Permafrostboden und Treibhausgase

2. Leite aus der Abb. 3 direkte Folgen für die Menschen ab, die sich aus dem auftauenden Permafrostboden ergeben.

3. Stelle die Permafrost-Rückkopplungsschleife in einem Pfeilschema dar.



Abb. 3 Schäden durch das Auftauen von Permafrostboden