



Permafrost

Worin besteht die Wechselwirkung
zwischen Klimaveränderung und
Permafrost-Boden am Beispiel des Lena-
Deltas?



Gliederung

Wir beschäftigen uns mit der Leitfrage: Worin besteht die Wechselwirkung zwischen Klimaveränderung und Permafrostboden am Beispiel des Lena-Deltas?

| | Seitenzahl |
|--|------------|
| 1. Einleitung | 3 |
| 2. Was ist Permafrost | 4 |
| 3. Permafrost im Klimawandel | 6 |
| 3.1 Klimawandel - bis heute | 6 |
| 3.2 Klimawandel - Zukunft | 7 |
| 3.3 Auswirkung auf den Permafrostboden | 7 |
| 4. Folgen des Permafrosttauens für das Ökosystem des Lena-Deltas | 8 |
| 5. Rückwirkung des Permafrosttauens auf das Klima | 10 |
| 6. Fazit | 11 |
| Quellen | 12 |

1. Einleitung

In weiten Gebieten der nördlichen Breiten tritt Permafrost auf. Allerdings ist der Permafrost-Boden noch recht unerforscht im Gegensatz zu z.B. anderen Böden, ebenso wie die Vegetation, die dort vorhanden ist und wie sie im Zusammenhang mit dem Boden wirkt. In wärmeren Jahreszeiten werden im aufgetauten Boden CO₂ und CH₄ produziert. In den Forschungen, die bis jetzt unternommen wurden, wurde festgestellt, dass sich der Boden in einer Tiefe bis 1 Meter schon um 1°C erwärmt hat. Des Weiteren bilden sich durch die Erwärmung Thermokarstseen. Die Seen, entstehen, wenn der Permafrostboden schmilzt und das Wasser wegfließt und sich so Hohlräume bilden. Wenn dann Gewicht auf den Boden wirkt, sackt der Boden ein und es bilden sich die Thermokarstseen.

Außerdem sind in den Seen viele Bakterien, die wiederum vermehrt Treibhausgase bilden. Mit weiterer Erwärmung des weltweiten Klimas wird der Boden früher im Jahr auftauen und so können für längere Zeit Treibhausgase gebildet werden.

Allgemein muss man daher sagen, dass das ganze Thema noch sehr unerforscht und vage ist. Aber nach dem jetzigen Stand stellt der Permafrostboden eine Gefahr für das weltweite Klima dar, denn der Permafrostboden macht mit 25% einen großen Teil des Bodens der Nordhalbkugel aus.

Es kann durchaus noch Jahre dauern, um verlässliche Daten zu bekommen.

Außerdem ist der Permafrostboden noch nicht in die globalen Modelle mit einberechnet und somit sind alle Modelle nicht komplett richtig.

Wir hatten den Begriff Permafrost schon gehört, aber erst durch den Vortrag von Prof. Lars Kutzbach mehr darüber erfahren. Durch ihn wurde auch unser Interesse an dem Thema Permafrost geweckt. Je mehr man darüber erfährt, desto interessanter wird es, und beeindruckender wurde dieses Thema auch.

2. Was ist Permafrost?

Unter Permafrost versteht man einen dauerhaft gefrorenen Boden in einem Gebiet, in dem die Temperatur über mehrere Jahre unter 0°C liegt. Permafrost ist ein Klimaphänomen, welches mit geringer Schneehöhe, extremer Winterkälte und einer negativen Energiebilanz des Bodens zusammenhängt. Dadurch sind Permafrost-Gebiete sehr empfindlich gegen Klimaveränderungen. Es gibt verschiedene Klassen von Permafrost, den terrestrischen, den submarinen und den Gebirgspermafrost. Submariner Permafrost ist gefrorener Meeresboden, der sich in Flachmeeren findet, die an das arktische Festland angrenzen. Gebirgspermafrost taucht in Hochgebirgen auf, die in mittleren Breiten 2500m bis 3000m über NN liegen.

Permafrost kommt in den Tundren und Waldgebieten Nordamerikas und Eurasiens vor, ebenso in eisfreien Gebieten der Antarktis, auf einigen subantarktischen Inseln und als Relikt der letzten Kaltzeit in Schelfgebieten des antarktischen Ozeans.

Die Permafrostgebiete sind gekennzeichnet durch extrem kalt-trockenes Klima und thermische und hydrologische Bedingungen einer nährstoffarmen, stark durchnässten Auftauschicht (saisonal) mit spezieller flachwurzlicher Vegetation. Sie nehmen in der Nordhalbkugel etwa 25% der Landfläche ein, das sind ca. 24 Mio. Quadratkilometer. Davon werden 320.000 Quadratkilometer vom Lena-Delta eingenommen.

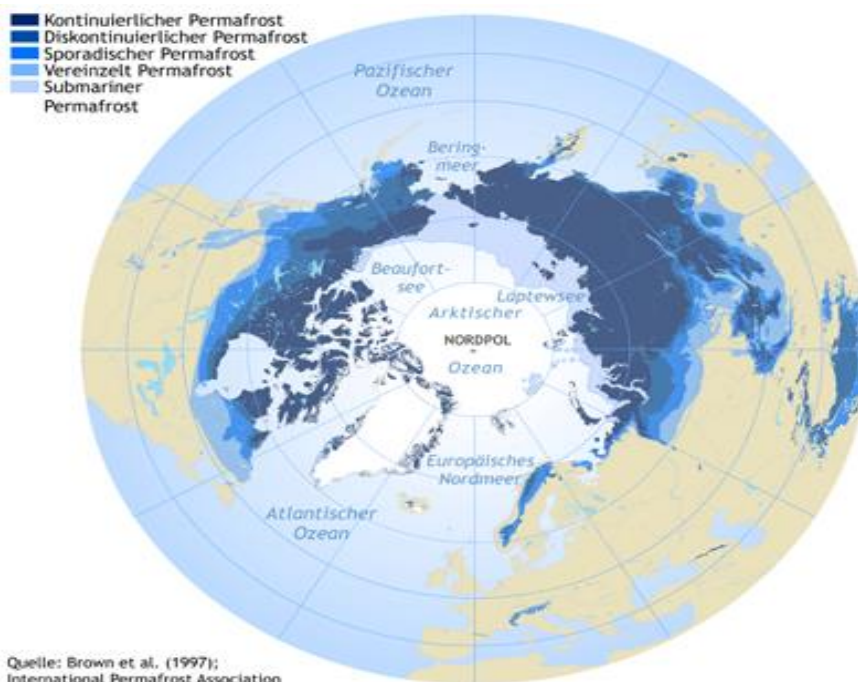


Abb. 1:

Permafrostgebiete der Nordhalbkugel

Quelle: K. Schaefer, H. Lantuit, V. E. Romanovsky und E. A. G. Schuur / Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für

Der Permafrostboden besteht nicht nur aus einer Schicht, sondern aus dreien. Die Auftauschicht, auch *active layer* genannt, ist die oberste Schicht. Diese Schicht taut im Sommer durch positive Temperaturen auf, wodurch sie matschig wird. Die *active layer* ist in Samoilov, Lena-Delta, etwa 40-45cm tief, danach trifft man auf gefrorenen Boden. Diese Schicht nennt man Permafrost. Sie ist ständig gefrorener Boden, in dem auch Eis enthalten ist. Durch Tauen und Gefrieren können sich große Eis-Polygone bilden, die den Boden leicht spalten, wodurch Risse im Permafrost entstehen. Der Permafrost kann je nach Jahres-Durchschnittstemperatur bis zu einigen Kilometern tief sein. Die Schicht unter dem Permafrost ist wieder getauter Boden. Diese Schicht heißt Talik. Der Boden in dieser Schicht taut durch den Zufluss von Wärme durch die Temperatur des Erdinneren.

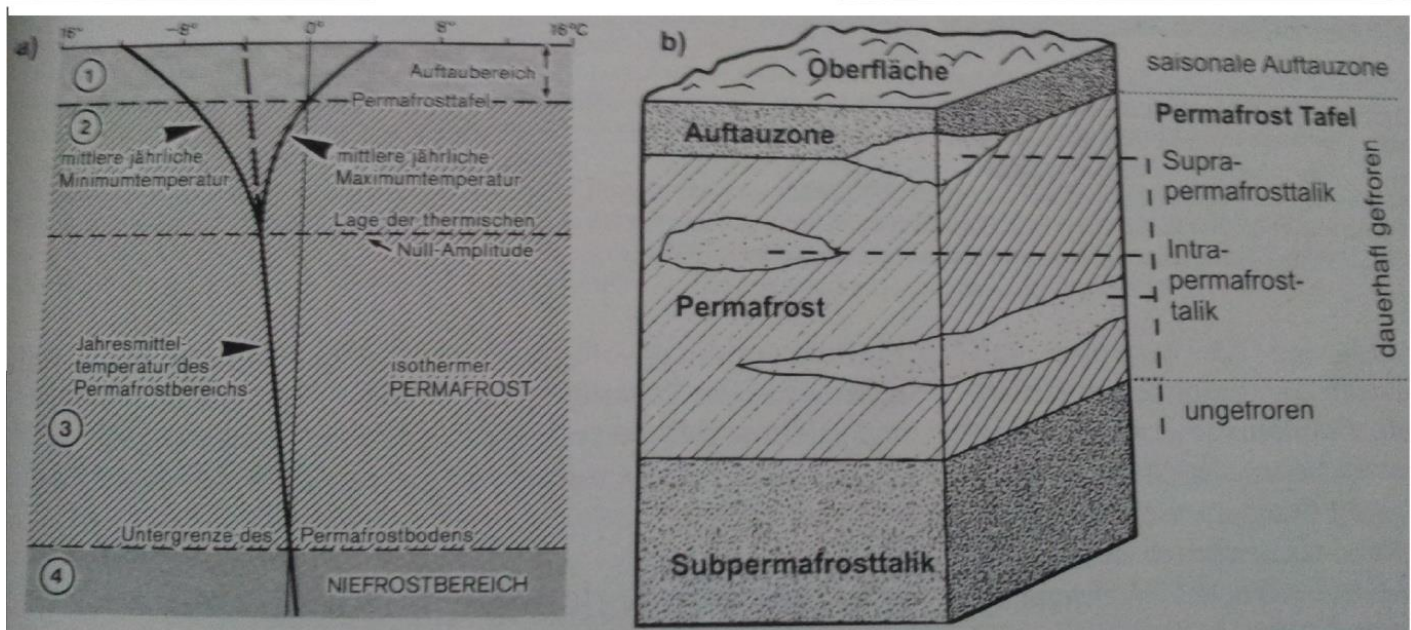


Abb.2: Schichten im Permafrostboden

Quelle: Lutz Schirrmeister, Christine Siegert und Jens Strauß / AWI und Deutsche Gesellschaft für Polarforschung e.V.

3. Permafrost im Klimawandel

3.1. Klimawandel - bis heute

Als Klimawandel bezeichnet man die globale Erwärmung der Erde im 20.

Jahrhundert. Dies geschieht durch den Treibhauseffekt, der teilweise verhindert, dass Sonnenenergie wieder an den Weltraum

abgegeben werden kann.

Die Temperatur der Erde steigt wie in einem

Treibhaus weiter an. Wie in Abb. 3 zu sehen ist,

stieg die Temperatur seit 1980 im Durchschnitt um 0,4 °C.

Die Nordhalbkugel ist dabei mehr betroffen als die

Südhalbkugel (Abb. 4). Das liegt vor allem an der

größeren Landfläche der Nordhalbkugel. In Abb. 3 wird aber nicht der Anstieg der Durchschnittstemperatur gezeigt, sondern Anomalien. Das sind Abweichungen zum langjährigen Mittel.

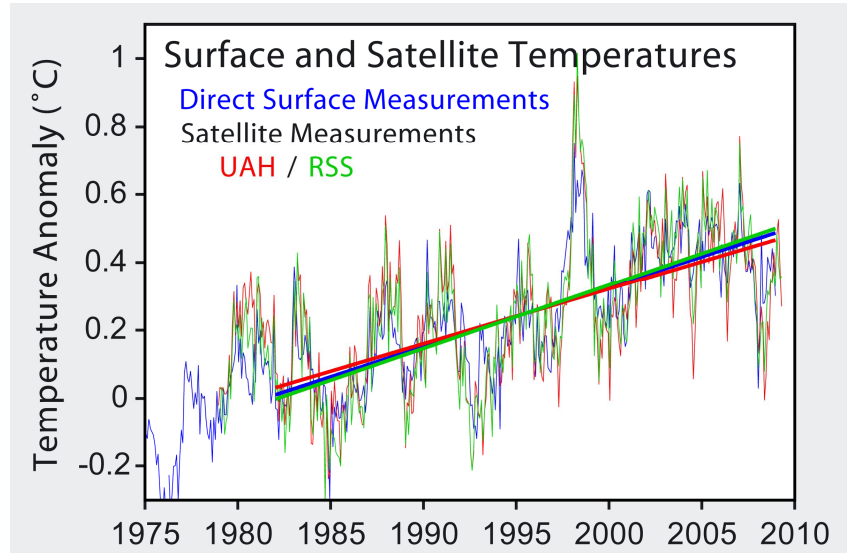


Abb. 3: Satellite Temperatures; Wikimedia

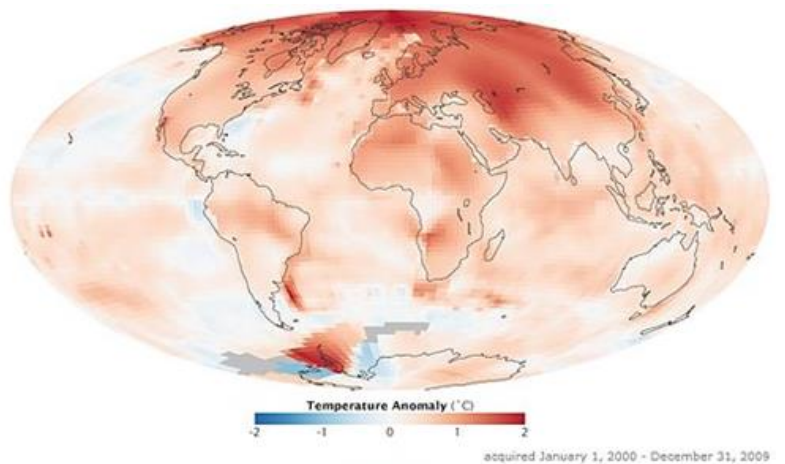


Abb.4: Temperaturänderungen 2000-2009, Quelle: Wikimedia

3.2 Klimawandel - Zukunft

Für die Zukunft gibt es verschiedene Vorhersagen. Diese werden Szenarien genannt und von verschiedenen Organisationen berechnet. Es wird von einer Erhöhung der Durchschnittstemperatur von 2°C bis 4,5°C ausgegangen. Aber das ist abhängig von den Veränderungen in den nächsten Jahrzehnten. Denn der Mensch kann etwas dagegen unternehmen.

Projektionen globaler Erwärmung

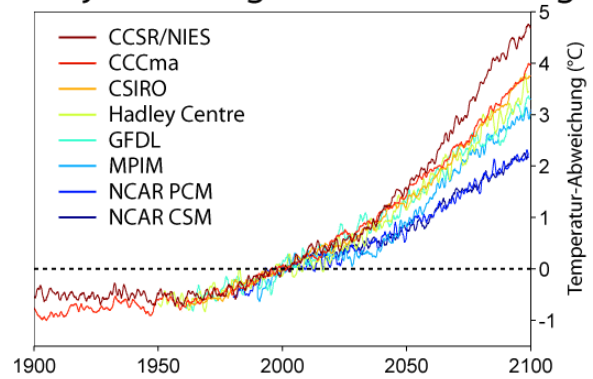


Abb. 5: Projektionen nach verschiedenen Modellrechnungen. Quelle: Wikimedia

3.3 Auswirkung auf den Permafrost-Boden

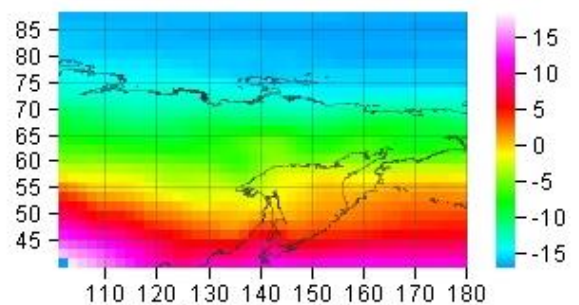
Die globale Erwärmung hat natürlich einen Einfluss auf die Permafrostböden im Lena-Delta.

Das Gebiet nahe der Arktis soll sich relativ stark

erwärmen, wie man rechts auf den Grafiken sehen kann. Der Temperaturanstieg beträgt bis zu 5°C. Diese 5°C machen mehr aus, als man denkt. Schon heute kann man in der Tiefe von einem Meter eine Erwärmung um 1°C feststellen. Das bedeutet für die Permafrost-Gebiete, dass sie sich verkleinern und nach Norden gedrängt werden.

Die südlichen Ränder der Permafrost-Gebiete sind auch heute schon vom Verschwinden bedroht.

Temp_global_1960-1989_Jahr-lon-lat-time



Temp_global_2070-2099_RCP4.5_Jahr-lon-lat-time

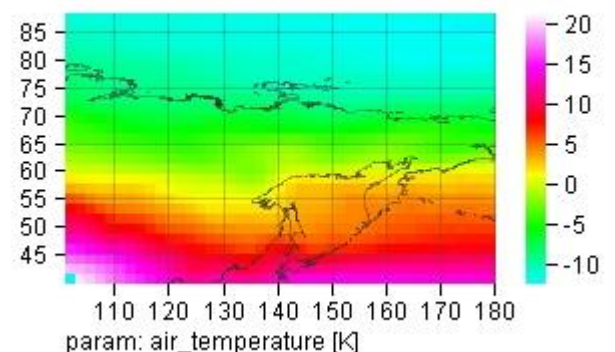


Abb. 6/7: Temperaturen in Sibirien 1960-1989 und 2070-2099; Quelle: CMIP5 simulations MPI-M

Ein gutes Beispiel dafür ist die Insel Moustakh. Auf Grund des Permafrost-Schmelzens verringert sich der Radius der Insel jedes Jahr um 10-15m.

Wie man rechts auf Abb. 8/9 sehen kann, ist der Permafrost noch sehr weit verbreitet, aber bei einer Prognose für das Jahr 2050 sind große Teile des Permafrostes verschwunden.

Außerdem verschieben sich die verschiedenen Schichten des Permafrostes, so dass die Auftauzone bis in tiefere Erdschichten reicht und der

Permafrost zurückgedrängt wird in tiefere Schichten.

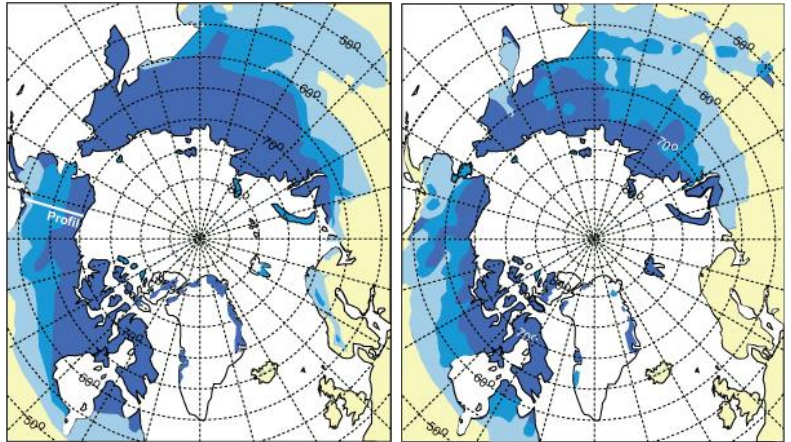


Abb.8/9 Vorkommen von Permafrost
 Dunkelblau: zusammenhängende Permafrostgebiete
 Blau: unzusammenhängende Permafrostgebiete
 Hellblau: sporadische Vorkommen
 Quelle: klimawiki.org

4. Folgen des Permafrost-Tauens für das Ökosystem des Lena-Deltas

Ebenfalls sind Auswirkungen des tauenden Permafrost-Boden auf das Ökosystem des Lena-Deltas zu sehen. Die Auswirkungen des Tauens betreffen einerseits die Menschen und deren Bauten,



Abb.10: Thermokarstlandschaft (Seesenken) im Lena-Delta
 Quelle: sK.Schaefer, H. Lantuit, V. E. Romanovsky und Edward A. G. Schuur / AWI

andererseits die Vegetation und das thermische Gleichgewicht. Menschliche Bauten

werden unbrauchbar, da der tauende Permafrost-Boden matschig wird und die Bauten versinken (wie Straßen und z.B. eine Rollbahn eines Flughafens in Nordsibirien). Durch den matschigen Permafrost versinken auch Ölpipelines im Boden, wodurch Lecks in den Pipes entstehen, tausende Liter Öl auslaufen und damit eine katastrophale Umweltverschmutzung verursachen können.

Auf die Flora sind die Auswirkungen noch größer. Die Erwärmung wirkt auf das thermische Gleichgewicht. Sie führt zur Bildung von Thermokarstlandschaften mit vielen Seesenken. Dies trägt zur Verkleinerung bzw. zum Verschwinden des Permafrostes bei sowie zur verstärkten Freisetzung von Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Methan (CH₄).

Die Vegetation bildet einen Nord-Süd-Gradienten. Im nördlichen Bereich herrscht die Tundra mit Moosen, Gräsern und Zwergsträuchern vor. Südlich herrschen die Baumtundra (mit Birken, Lärchen) und die boreale Taiga vor. Dieser Gradient verschiebt sich immer weiter nach Norden, wodurch sich die Tundra verkleinert, die Baumtundra und die boreale Taiga vergrößern ihr Gebiet. Durch das Zurückdrängen der Tundra werden die für den Permafrost wichtigen Moose verdrängt und auch die Permafrost-Gebiete verkleinern sich. Die Moose sind insofern wichtig für den Permafrost-Boden, weil sie eine Art Isolierung für den Permafrost bilden, die die Temperatur des Bodens möglichst stabil und die Auftauzone möglichst klein hält.

Die größte Auswirkung des Tauens des Permafrost-Bodens infolge der Klimaveränderung ist die verstärkte Freisetzung der Treibhausgase Methan und Kohlenstoffdioxid, die von abgestorbener und akkumulierter Vegetation durch die Methanobakterien produziert werden.



Abb. 11: Tundra im Lena-Delta;

Quelle: AWI, Expeditionsblog Tundra-Stories

Zu massiven Landveränderungen kann es kommen, wenn die vorher eisreichen Gebiete auftauen, sowie durch höhere Niederschläge, so dass durch die Wassermassen das Gelände versumpft. Somit könnten Permafrost-Gebiete zu Sumpfgebieten werden. Selbst die trockenen Permafrost-Gebiete würden überschwemmt werden und versumpfen. Andererseits könnten auch die Permafrost-Gebiete total austrocknen durch die Erwärmung, oder durch gleichbleibende Wetterbedingungen auch die Landschaft so erhalten bleiben, wie sie ist. Wenn es zur Versumpfung kommen sollte, gäbe es wahrscheinlich auch mehr Mikroorganismen (Methanobacteriales), die wiederum verstärkt zur Methan-Produktion beitragen.

Bei der weiteren Erwärmung werden nach der Modellrechnung von Prof. Anisimov bis 2100 25% der heutigen Permafrost-Verbreitung verschwinden.

5. Rückwirkung des Permafrost-Tauens auf das Klima

Die Bodenbedeckung bzw. allgemein der Permafrost-Boden spielt eine wichtige Rolle mit als Rückwirkung auf das Klima. Der Permafrost-Boden akkumuliert über all die Jahre abgestorbene Vegetation der Tundra und von Waldgebieten, die durch das Tauen und Frieren vom Boden aufgenommen werden. Dabei wird die abgestorbene Vegetation unter hohen Druck über mehrere tausend Jahre zu organischen Kohlenstoff verarbeitet; da dieser nicht abgebaut werden kann, wird er vom Permafrost-Boden gespeichert. Der gespeicherte Kohlenstoff wird auf ca. 1672Gt geschätzt, dies ist das 2,5fache der in der globalen Vegetation gespeicherten Kohlenstoffmenge.

Durch die Erwärmung des gefrorenen Bodens kann es zur Zunahme der saisonalen Auftauschicht im Sommer kommen. Dies führt zum starken Abbau des gespeicherten Kohlenstoffes durch Mikroorganismen, die den Kohlenstoff in die Treibhausgase Methan und Kohlenstoffdioxid umwandeln. Das führt wiederum zum vermehrten Freisetzen von Methan und Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre und zur Steigerung der Treibhausgas-Emissionen. Je tiefer die Auftauschicht wird, desto mehr Treibhausgase werden auch frei gesetzt.

Durch die entstehenden und vorhandenen Thermokarst-Seen werden zudem viele zusätzliche Treibhausgase, hauptsächlich Methan, produziert. Dies liegt an den im See lebenden Mikroorganismen Methanobacteriales. Seesenken entstehen im Lena-Delta (und anderen Permafrost-Gebieten) durch das Nachgeben des tauenden Permafrost-Bodens, in dem sich Wasser sammelt durch tauende Eis-Polygone und Niederschlag. Dabei wird der gespeicherte Kohlenstoff frei und wird wiederum zu Methan umgewandelt und frei gesetzt.

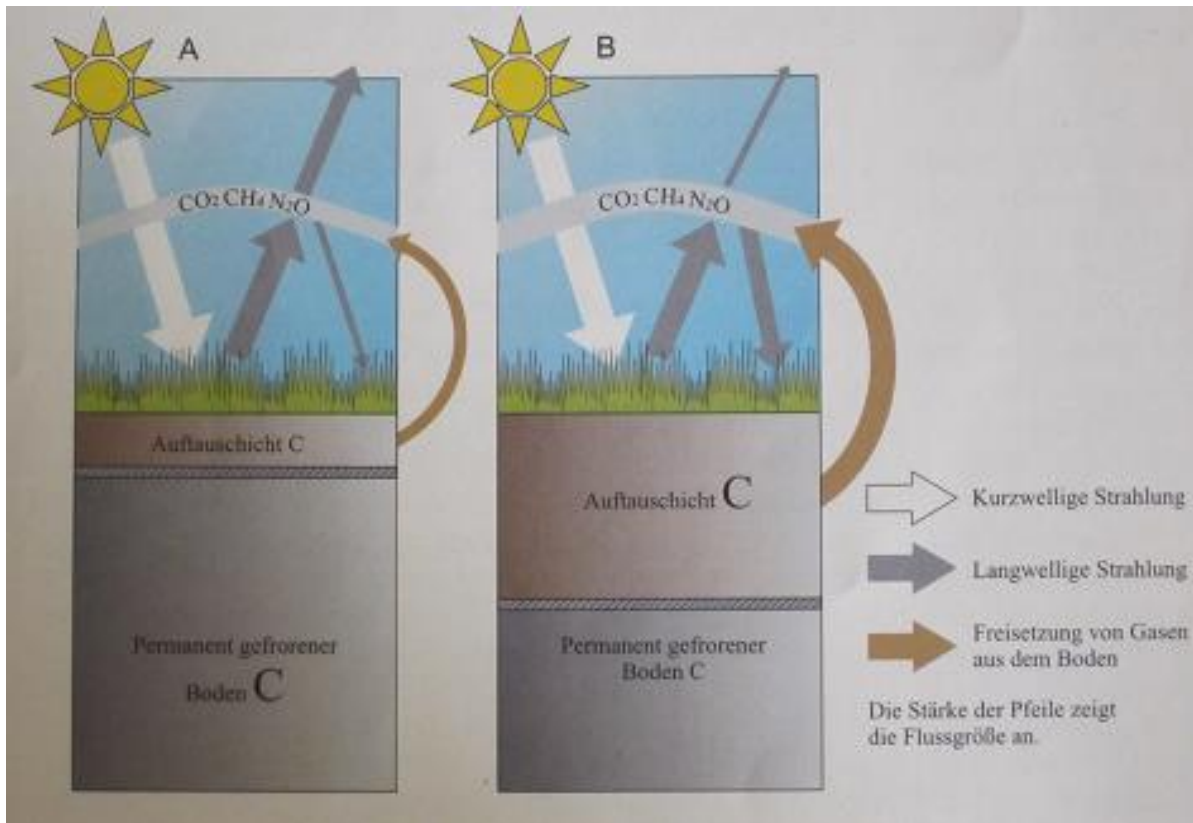


Abb.13: Treibhausgas-Freisetzung

Quelle: sSebastian Zubrzycki, Lars Kutzbach und Eva-Maria Pfeiffer ; Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung & Deutsche Gesellschaft für Polarforschung e.V.9

6. Fazit

Wir haben uns mit der Wechselwirkung zwischen Klimaveränderung und Permafrost befasst. Wir haben uns damit beschäftigt, was Permafrost ist und wie er sich bei einer Klimaänderung verhält, welche Auswirkung dies auf die Natur und den Menschen in den Gebieten mit Permafrost hat.

Zusammen haben wir viele Quellen ausgewertet und Professor Lars Kutzbach von der Universität Hamburg befragt. Des Weiteren haben wir unsere eigenen

Klimakarten vom Lena-Delta erstellt und ausgewertet. Aber da es keine Daten speziell für Sibirien gibt, sind diese nicht besonders fein aufgelöst.

Wir kommen zum Schluss, dass die Permafrostgebiete einen riesigen Speicher für Kohlenstoff darstellen und wenn dieser Kohlenstoff als Methan oder CO₂ frei wird, wird der Treibhauseffekt noch weiter verstärkt. Das führt wiederum dazu, dass der Permafrostboden weiter schmilzt und so noch mehr Methan/CO₂ frei wird.

Wenn das mit dem Klimawandel so weitergeht, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass genau das eintritt, und das könnte verheerende Folgen haben.

Das Thema Permafrost ist noch sehr unerforscht und wir hatten anfangs große Probleme Informationen zu dem Thema zu finden. Man sollte Permafrostgebiete in das Internationale Klimamodell mit einbeziehen, da diese durch die vielen Treibhausgase eine große Rolle spielen können, aber noch nicht in das Modell mit einbezogen wurden. Des Weiteren gibt es keine Emissionstabelle bzw. Grafiken, da man bisher noch nicht rausgefunden hat, wie viel CO₂ oder Methan Permafrostgebiete abgeben. Man weiß zwar, dass der Permafrostboden etwas abgibt, aber man hat keine Vergleichsdaten über einen ausreichend langen Zeitraum.

Literaturverzeichnis/Quellen

Buchquellen:

Hauck, Christian; Hubberten, Hans-Wolfgang; Krautblatter, Michael; Kutzbach, Lars; Langer, Moritz; Lantuit, Huges; Overduin, Paul; Pfeiffer, Eva-Marie; Sachs, Tortsen; Schirmer, Lutz; Schwamborn, George; Siegert, Christine; Strauß, Jens; Thannheiser, Dietbert; Wetterich, Sebastian; Zuberzycki, Sebastian (2012): Polarforschung, 81. Jahrgang Nr.1, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung & Deutsche Gesellschaft für Polarforschung e.V. .

Kutzbach, Lars; (2006) Berichte zur Polar- und Meeresforschung, Heftnummer 541, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung

Internetquellen:

Kasang, Dieter (2012): Permafrost, wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/permafrost (20.09.2012).

Hubberten, Hans-Wolfgang : Werden die Permafrost-Böden in Sibirien und Alaska auftauen?, http://www.awi.de/de/aktuelles_und_presse/hintergrund/klimawandel/werden_die_permafrost_boeden_in_sibirien_und_alaska_auftauen/ (27.09.2012).

Scinexx: Lebensraum Permafrost, Extreme Bedingungen
<http://scinexx.de/dossier-detail-122-11.html> (28.09.2012).

Bildquellen:

Abb.1: Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung: Erster UNEP-Permafrost-Report setzt auf die Expertise des Alfred-Wegener-Institutes,
http://www.awi.de/fileadmin/user_upload/News/Press_Releases/2012/4.Quartal/UNEP-Report/UNEP-PM/2012_Map_globalPermafrost_dt_HLantuit_w.png (28.01.2013)

Abb.2: Lutz Schirrmeister, Christine Siegert und Jens Strauß (2012): Permafrost ein sensibles Klimaphänomen . Begriffe, Klassifikationen und Zusammenhänge, Polarforschung, 81. Jahrgang Nr.1, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung & Deutsche Gesellschaft für Polarforschung e.V. .

Abb.3: Wikimedia: Satellite Temperatures.png
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Satellite_Temperatures.png?uselang=de

Abb.4: Wikimedia: NASA-global-warming-map
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:NASA-global-warming-map-1970-79-to-2000-09.jpg?uselang=de>

Abb.5: Wikimedia: Projektionen globaler Erwärmung
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Global_Warming_Predictions_German.png?uselang=de

Abb. 6/7: Graphik erzeugt nach Daten von CMIP5 simulations of the Max Planck Institute for Meteorology

Abb. 8/9: klimawiki.org: Permafrost,
<http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Permafrost>

Abb.10/11: Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung: Expeditionsblog Tundra-Stories,
http://www.awi.de/fileadmin/user_upload/News/Press_Releases/2010/2.Quartal_2010/2007_Eispolygone_KPiel_out_p.jpg,
<http://www.awi.de/typo3temp/pics/db4c8d7379.jpg>

Abb.12: Sebastian Zubrzycki, Lars Kutzbach und Eva-Maria Pfeiffer (2012): Böden in Permafrost-Gebieten der Arktis als Kohlenstoffsенке und Kohlenstoffquelle, Polarforschung, 81. Jahrgang Nr.1, Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung & Deutsche Gesellschaft für Polarforschung e.V.