Artikel 33 – Permafrost – Die tickende Klimazeitbombe

Herzlich willkommen! Wir freuen uns sehr, dass Sie da sind!

Einleitung

Der Klimawandel ist 2019 – nicht zuletzt dank der Fridays-for-Future-Bewegung - endgültig im Bewusstsein der Bevölkerung angekommen. Die Medien sind in Folge dessen voll mit Berichten über den Klimawandel. Bei den Auswirkungen des Klimawandels wird aber nach wie vor über die offenkundigen Auswirkungen wie Dürre, Überschwemmungen und Wirbelstürme berichtet, also über eine Zunahme der Wetterextreme. **Über die größte Gefahr des Klimawandels wurde bis 2019 aber kaum berichtet:**

Das Auftauen des Permafrostbodens!

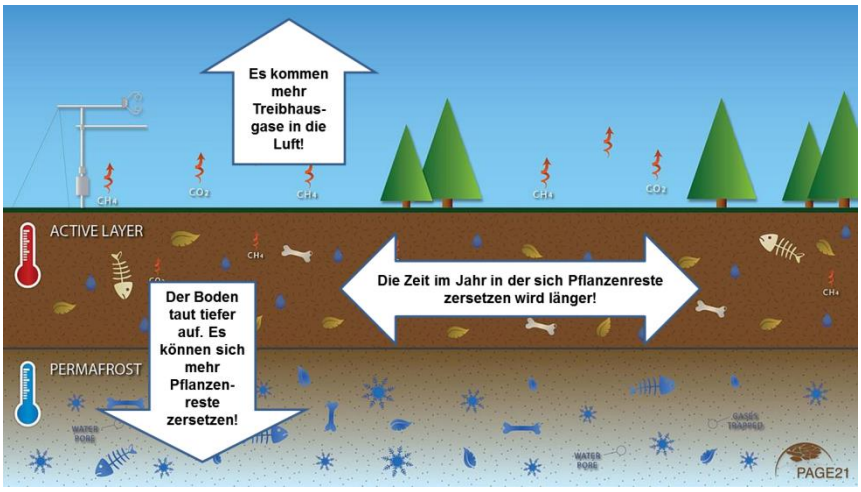
Diese Folge des Klimawandels unterscheidet sich grundlegend von den meisten anderen Folgen.

- Zum einen ist es eine der wenigen Folgen des Klimawandels, die den Klimawandel selbst **weiter verstärkt**. Zur Verdeutlichung: Ein steigender Meeresspiegel ist zwar fatal, aber er verstärkt den Klimawandel nicht. Auftauender Permafrost verstärkt aber selbst den Klimawandel - ohne das wir Menschen etwas dagegen tun könnten.
- Zum anderen ist das Gefahrenpotenzial des auftauenden Permafrosts **ungleich größer** als das vieler anderer Auswirkungen. Das kann man allein dadurch erahnen, wenn man weiß, dass im Permafrost ca. doppelt soviel Kohlenstoff gebunden ist wie in der gesamten Atmosphäre – und dieser Kohlenstoff wird beim Auftauen des Permafrostbodens schrittweise freigesetzt.

Erst 2019 gab es vermehrt Berichte in den Medien zur Gefahr des Auftauens des Permafrosts. Nachdem wir bereits im Future Aid Artikel 31[1] über den auftauenden Permafrostboden geschrieben haben, wird es nun Zeit dieses Thema umfassend, aber leicht verständlich in einem **eigenen Artikel** zu behandeln.

Was ist Permafrost nun überhaupt?

Als Permafrost bezeichnet man Boden, der für **mindestens 2 Jahre in Folge** durchgängig Temperaturen **unter 0° C** ausgesetzt war[2]. Er besteht aus Gestein, Sedimenten, Erde und unterschiedlich großen Mengen an Eis. Dieses Eis kann man sich wie Zement vorstellen, der alles zusammenhält. Kurz gesagt ist Permafrost also **gefrorener Boden**. Der Großteil des Permafrosts stammt noch aus der letzten Eiszeit, das heißt, aus einer Zeit, in der noch Mammuts gelebt haben.



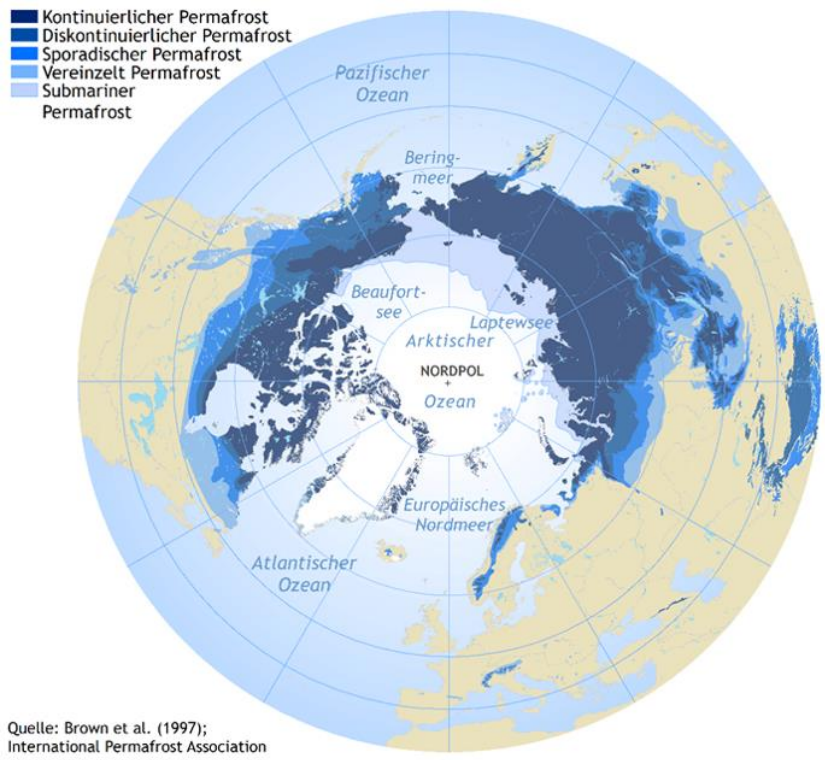
Grafik 33.1: – Wenn der Permafrost auftaut[3]

Die oberste Schicht, der ersten 15 bis 100 cm heißt **Auftauschicht** oder **aktive Schicht**, da sie nach dem Gefrieren im Winter, im Sommer immer wieder auftaut.

Die darunter liegende **Dauerfrostschicht** kann bis zu 1,6 km in die Tiefe reichen.[4] Die aktive Schicht ist für Forscher ein wichtiger Indikator dafür, wie es um die Permafrostböden bestellt ist. Die Tiefe des Übergangs zur Schicht des Dauerfrosts kann sich nämlich mit der Änderung des Klimas verschieben.

Das Ausmaß der Größe der Permafrostböden wird oft unterschätzt: Zurzeit ist ein Viertel der Landfläche der Nordhalbkugel von Permafrost bedeckt. Vor allem in Kanada, Russland, Alaska, Grönland und China gibt es große Permafrostgebiete. Die Permafrostböden in der Arktis wurden während der Eiszeit vor 100.000 bis 10.000 Jahren gebildet, vor allem in Böden, die nicht von einem Eisschild geschützt wurden und in die kalte Luft eindringen konnte. In Europa kommt er nur in Skandinavien und im Hochgebirge vor[5]. In Österreich ist in den Alpen ca. 2% der Bodenfläche dauerhaft gefroren.[6]

[1] Future Aid Artikel 31: Klimanotstand? - Wie dramatisch ist die Lage wirklich?
[2] Biskaborn B.K. et al.: Permafrost is warming at a global scale. In: Nature Communications 10, Article number: 264, 2019
[3] Basisgrafik aus Alfred-Wegener-Institut Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung: PAGE21-Project, www.page21.org (Foto: PAGE21) (Permafrost auf den Punkt gebracht) Pfeile durch Future Aid eingefügt.
[4] Das Alfred-Wegener-Institut (AWI) des Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung ist eine der weltweit führenden Forschungsstätten für die arktischen Regionen und damit auch für den Permafrost. Die Webseite: https://www.awi.de/. Wir beziehen uns in diesem Artikel auf die Forschungsergebnisse zum Permafrost.
[5] Alfred-Wegener-Institut (AWI): Permafrost - Eine Einführung
[6] Blühendes Österreich: Permafrost: Eisiger Klebstoff der Berge



Grafik 33.2 – Verbreitung der Permafrostböden[7]

Wie entsteht Permafrost?

Während und seit der letzten Eiszeit wurden organische[8] Tier- und Pflanzenreste in Böden und Sedi-menten eingelagert. Das kann man sich genau wie bei uns in Gegenden mit gemäßigtem Klima vorstellen. Bei uns sterben vor allem im Herbst viele Pflanzenteile, wie Blätter und Äste ab, fallen zu Boden, verrotten dort und bilden eine neue Bodenschicht. Der große Unterschied zu den Böden in nördlichen Breiten liegt aber darin, dass dort das organische Material, also die Tier- und Pflanzenreste, nicht gleich zu verrotten beginnen, sondern wegen der kalten Temperaturen gefroren werden. Auf den gefrorenen Überresten sammeln sich dann wieder neue organische Reste und auch Gestein an und somit wächst eine gefrorene Bodenschicht heran. Viele der **organischen Reste** sind daher seit Tausen-den Jahren in den Permafrostböden **konserviert** und werden dort wie in einer gigantischen Tiefkühltruhe bis heute aufbewahrt.[9]

Aber warum interessiert uns Permafrost?

Uns interessiert der Permafrostboden vor allem deshalb, weil er sich **durch den Klimawandel verändert**.

In den polaren Regionen der Erde sind die Temperaturen in den letzten 30 Jahren um ca. 0,6 Grad pro Jahrzehnt gestiegen, das heißt, dass sich diese Regionen ca. **doppelt so schnell** wie der globale Durchschnitt **erwärmen**.[10]

Diese Erwärmung führt dazu, dass der Boden in den immer wärmeren und länger andauernden polaren Sommern von Jahr zu Jahr länger aufgetaut bleibt und auch tiefere Schichten des gefrorenen Bodens beginnen, aufzutauen. Warum das ein riesiges Problem für die Menschheit werden könnte, wird im Folgenden genauer erklärt.

Was bewirkt nun das Auftauen?

Da sich der Untergrund verändert, hat das Auftauen der Permafrostböden bereits jetzt Folgen für die Menschen und deren Umwelt, die in Permafrostregionen leben.

- Zunächst einmal führt das Auftauen zu **Schäden am Ökosystem**, also an der Tier- und Pflanzenwelt. Wenn im Sommer zu viel Permafrost auftaut und Wasser dadurch versickern kann, sinken Bäume, Sträucher und andere Pflanzen ein und Seen verschwinden. Tiere müssen sich dann neue Lebensräume suchen.

- Außerdem kommt es zu **Erdrutschen, Infrastrukturschäden** und zu **Küstenerosion**, wenn durch erhöhte Temperaturen die oberste Auftauschicht immer weiter in die Tiefe reicht und durch das Schmelzen des Eises der Boden weich, schlammig und instabil wird. Häuser, Straßen oder auch Ölpipelines sinken infolgedessen ein und werden beschädigt. [11]

[7] Quelle: ESKP – Earth System Knowledge Platform Permafrostregionen
[8] Also Tier- und Pflanzenreste, die vor allem aus dem chemischen Element Kohlenstoff bestehen.
[9] Alfred-Wegener-Institut (AWI): Permafrost - Eine Einführung
[10] Schuur, E.A.G. et al.: Climate Change and the Permafrost Carbon Feedback. In: Nature 520, S. 172, 2015.
[11] vgl. Rahmstorf, S.; Schellnhuber, H.J; Der Klimawandel. 2018, S. 58ff.

Grafik 33.3 - Küstenerosion infolge von auftauenden Permafrostböden [12]

Grafik 33.4 - Deformierte Straßen in Alaska[13]

In alpinen Regionen führt der aufgetaute Untergrund vor allem zu häufigeren **Felsstürzen** und **Murenabgän-gen**. Bereits jetzt sacken Schutzhütten und Seilbahn-stationen ein, wenn es durch ständiges Auftauen und Frieren zu Frostaufbrüchen kommt.[14]

Besonders gefährlich - nämlich für das gesamte Weltklima - wird es aber vor allem dann, wenn viel CO2 und Methan freigesetzt wird!

Bevor wir genauer erklären wie das geschieht, noch einige Informationen über das weniger bekannte Treib-hausgas Methan.

Was ist Methan?

Methan besteht aus einem Kohlenstoff-Atom um das 4 Wasserstoff- Atome angeordnet sind. Die chemische Kurzbezeichnung lautet also CH4. In der Natur kommt Methan als Gas vor, es ist zum Beispiel der Hauptbestandteil von Erdgas.

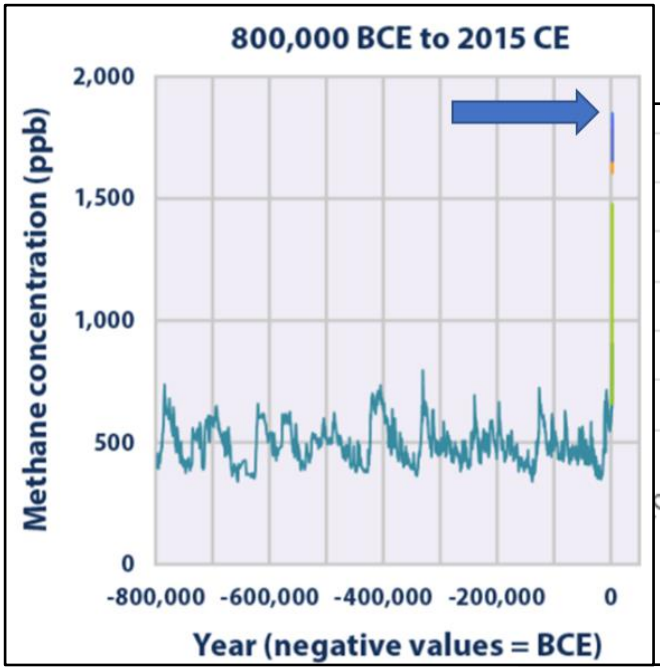
Wieso beschäftigen wir uns mit Methan?

Für den Klimawandel ist Methan ein besonders „gefährliches“ Gas, weil es – wie CO2 – ein **Treibhausgas** ist, sobald es sich in der Atmosphäre befindet. Treibhausgase sind Gase, die Wärmestrahlen, die von der Erde ausge-strahlt werden, teilweise wieder zur Erdoberfläche zurückschicken und nicht ins Weltall entweichen lassen. Dadurch ist es an der Erdoberfläche wärmer, als es ohne Treibhausgase wäre. Je mehr Treibhausgase in der Atmosphäre sind, desto mehr Wärmestrahlung wird zur Erde zurück-geschickt und desto weniger entweicht wieder ins Weltall.[15]

Daher bewirkt eine **Zunahme der Methan-konzentration** in der Atmosphäre auch eine Veränderung des sogenannten „Strahlungs-haushalts“ und führt infolgedessen zu einer **Zunahme der weltweiten Temperaturen**. In den letzten 650.000 Jahren hat sich die Konzentration von Methan ca.zwischen 400 ppb und 700 ppb bewegt. „ppb“ ist die Abkürzung für „parts per billion“ und zeigt an, wie viele Teilchen Methan in einer Milliarde Teilchen in der Atmosphäre zu finden sind. (Achtung: bei CO2 spricht man oft von ppm, also „parts per million“, was die Anzahl der CO2- Teilchen in einer Million Teilchen in der Atmosphäre angibt.)

Leider hat sich die Konzentration von Methan seit 1750 **mehr als verdoppelt**. Mittlerweile werden bis zu 1.900 Teilchen Methan in einer Milliarde Teilchen in der Atmosphäre gemessen.[16]

[12] Quelle: AP/ Diana Haecker
[13] Quelle: Lisa Demer/Alaska Dispatch News
[14] Blühendes Österreich: Permafrost: Eisiger Klebstoff der Berge
[15] Siehe Wikipedia: Treibhausgas
[16] Grafiken zur Methankonzentration können sie hier abrufen: NOAA - Carbon Cycle Gases



Grafik 33.5 - Methankonzentration in der Atmosphäre in den letzten 800.000 Jahren[17]

Das klingt jetzt nicht nach vielen Teilchen. Das Gefährliche an Methan ist aber, dass dieses Gas ca. **21 Mal so treibhauswirksam** ist wie CO2. Das heißt, dass 1 Teilchen Methan ungefähr so viel wie 21 Teilchen CO2 zur Klimaerwärmung beiträgt.[18]

Damit trägt Methan zu rund 20% zum menschengemachten Treibhauseffekt bei.[19]

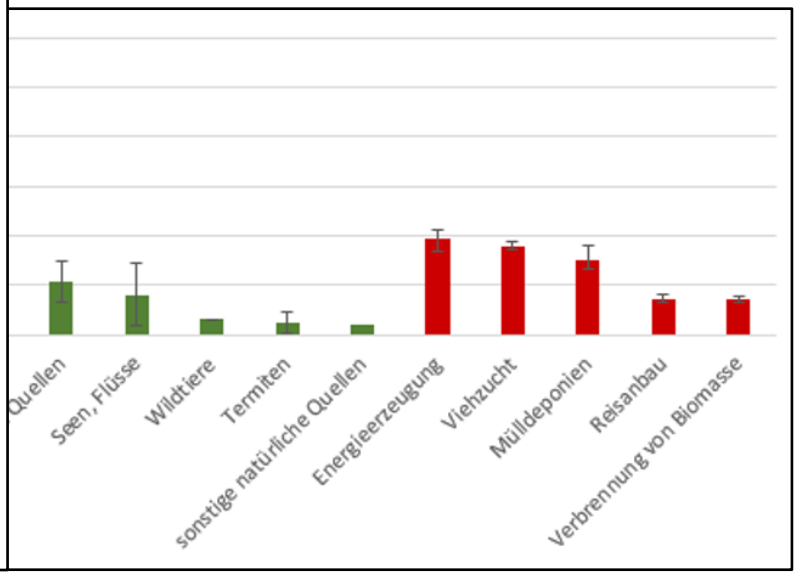
Wie kommt Methan überhaupt in die Atmosphäre?

Grafik 33.6 - Natürlicher (grün) und vom Menschen verursachter (rot) jährlicher Ausstoß von Methan im Zeitraum 2000-2009 in Teragramm[20]

- Einerseits gibt es natürliche Quellen. Überall dort, wo Pflanzen- oder Tierteile verrotten, wird Methan freigesetzt, insbesondere, wenn das Verrotten unter Luftabschluss passiert. Darum sind Sümpfe und Wälder eine große Methanquelle.

- Andererseits ist auch der Mensch für viel Methan in der Luft verantwortlich. Beim Reisanbau, auf Müll-deponien, bei der Erdgasgewinnung und vor allem auch bei der Viehzucht werden große Mengen an Methan freigesetzt.

Wie entsteht Methan?



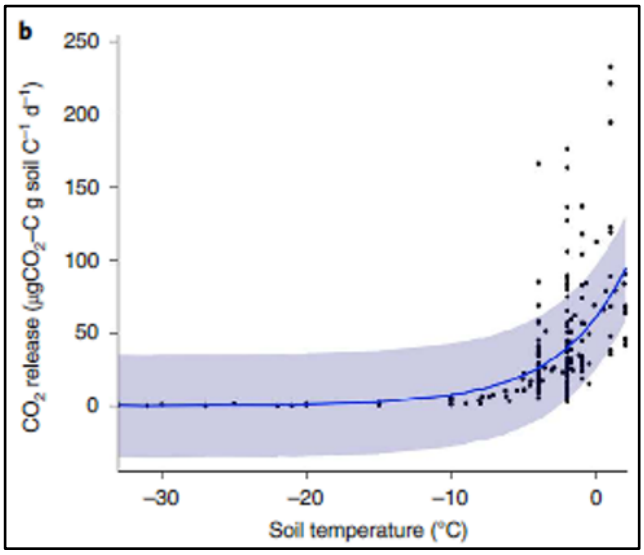
Wir sind Ihnen noch eine Erklärung schuldig, wie Methan entsteht und diese Erklärung ist auch für das Auftauen der Permafrostböden wichtig. Das Gas ent-steht nämlich normalerweise bei **Fäulnisprozessen unter Luftabschluss** und zwar unter Beteiligung von Mikroorganismen, also kleinsten Lebewesen.[21]

Wie viel und wie schnell diese Mikroorganismen Pflanzen und Lebewesen abbauen, hängt von ein paar Faktoren ab. Zwei der wichtigsten sind[22]:

- Die **Art des Materials** – ein heruntergefallenes Blatt wird zum Beispiel schneller zersetzt als ein umge-fallener Baum.

- Und vor allem **die Temperatur** – die meisten wissen aus eigener Erfahrung, dass man bei sommerlichen Temperaturen ganz besonders vor-sichtig sein muss, wenn man Lebensmittel aus dem Kühlschrank nimmt, während man im Winter die Suppe auch einfach mal nach draußen stellen kann, damit sie nicht so schnell „schlecht“ wird. Bei niedrigen Temperaturen - wie es bei intakten Perma-frostböden der Fall ist - arbeiten die Mikroorganismen gar nicht, sie schlafen sozusagen.

[17] Quelle: Wikipedia Atmospheric Concentrations of Methane Over Time
[18] Quelle: IPCC Direct Global Warming Potentials
[19] Quelle: Wikipedia Treibhausgas - Abschnitt Methan
[20] Die Daten für die von uns erstellte Graphik stammen aus: IPCC: Climate Change 2013, The Physical Science Basis, S. 507ff.
[21] Quelle: Bildungsserver Wiki - Klimawandel: Methan
[22] Quelle: Wikipedia Destruent



Grafik 33.7 - Freigesetztes CO2 bei einer Erhöhung der Bodentemperatur unter Laborbedingungen[23]

In der Grafik sieht man, dass ab einer Bodentemperatur von ungefähr -10°C Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird und mit der Temperatur dann massiv ansteigt.

Mit diesem Grundverständnis über Methan werden die folgenden Erklärungen bezüglich des Auftauens der Permafrostböden hoffentlich verständlicher.

Wieviel Kohlenstoff ist eigentlich in den Permafrostböden gespeichert?

Und um die Gefahr der auftauenden Permafrostböden abschätzen zu können, ist die Antwort auf obige Frage wichtig!

In den oberen drei Metern Boden der nördlichen Permafrostregionen sind ungefähr 1.035 Gigatonnen[24] Kohlenstoff enthalten. Nimmt man tiefer liegende Permafrostschichten dazu, kommen Experten auf **1.330-1.580 Gigatonnen** Kohlenstoff, die sich in Böden der nördlichen Hemisphäre befinden.[25]

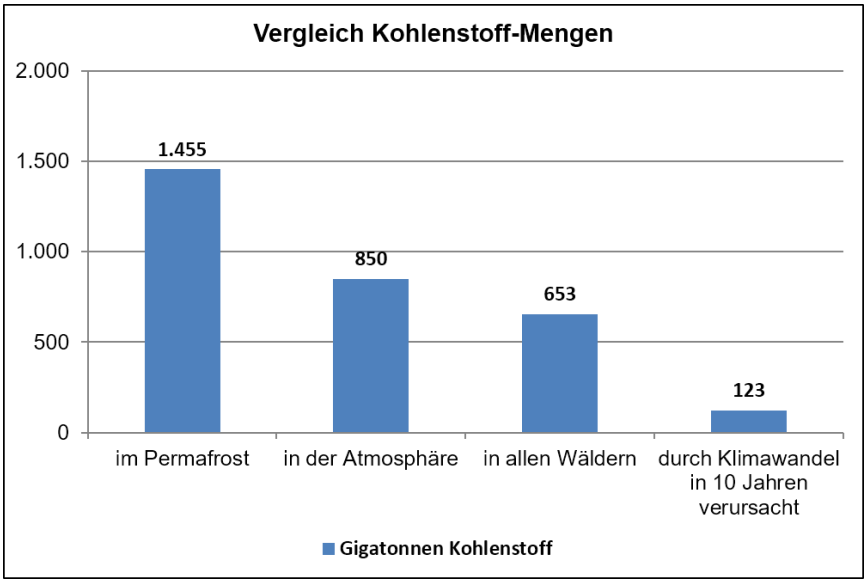
Diese Zahlen werden mithilfe eines Netzwerkes von Bohrlöchern ermittelt. Diese Bohrlöcher reichen bis zu 1 km in die Tiefe und sind über das gesamte Permafrostgebiet verteilt.[26]

Um ein Gefühl für diese Dimensionen zu bekommen, zwei Vergleiche:

- Mit Stand 2017 waren ungefähr **850 Gigatonnen** Kohlenstoff in der Atmosphäre.[27] Das heißt, dass in den Permafrostböden noch einmal fast **doppelt so viel Kohlenstoff gespeichert** ist, wie sich ohnehin bereits in der Atmosphäre befindet!

- Im Permafrost befindet sich auch **mehr als doppelt so viel Kohlenstoff als in allen Wäldern der Erde** zusammen! In den Wäldern der Erde befinden sich aktuell ca. 653 Gigatonnen Kohlenstoff. [28]

- Allein diese Vergleiche zeige, welch **enorme Gefahr** vom Permafrost bei steigenden Tempera-turen ausgeht. Nun ist klar, dass nicht aller Kohlen-stoff freigesetzt würde und auch nicht sofort. Aber allein ein Bruchteil davon kann die Treibhausgase so ansteigen lassen, dass die Erderwärmung nicht gestoppt werden kann – und zwar auch dann, wenn die Menschheit gar keine Treibhausgase mehr emittiert.



Grafik 33.8 – Vergleich Kohlenstoffmengen[29]

[23] Natali, S.M. et al.: Large loss of CO_2 in winter observed across the northern permafrost region. In: Nature Climate Change, Vol 9, 2019, S.854.
[24] 1 Gigatonne = 1 Milliarde Tonnen
[25] . Schuur, E.A.G. et al.: Climate Change and the Permafrost Carbon Feedback. In: Nature 520, S. 171, 2015.
[26] Biskaborn, B. K. , Lanckman, J. P. , Lantuit, H. , Elger, K. , Dmitry, S. , William, C. and Vladimir, R. (2015): The new database of the Global Terrestrial Network for Permafrost (GTN-P) , Earth System Science Data, 7 , pp. 245-259 . doi: 10.5194/essd-7-245-2015
[27] Markus Reichstein: Universell und Überall. Der terrestrische Kohlenstoffkreislauf im Klimasystem. In: Jochem Marotzke, Martin Stratmann (Hrsg.): Die Zukunft des Klimas. Neue Erkenntnisse, neue Herausforderungen. Ein Report der Max-Planck-Gesellschaft. Beck, München 2015. S. 123–136, S. 125–127.
[28] Quelle: Waldwissen: Kohlenstoffspeicher Wald
[29] Es gibt kleine Unterschiede bei den Zahlen im Vergleich zu denen in unserem Artikel 31. Der Grund sind leicht unterschiedliche Zahlen je nachdem, welche Quelle man verwendet. Die Größenordnung bleibt aber gleich.

Welche Auswirkung auf den Klimawandel haben Kohlenstoffemissionen aus den Permafrostzonen?[30]

Die Antwort auf diese Frage wird von 3 Schlüsselfaktoren beeinflusst:

- **Wie viel** vom gespeicherten organischen Kohlenstoff ist gefährdet in die Atmosphäre freigesetzt zu werden?
- **In welcher Form** wird dieser Kohlenstoff freigesetzt? Entsteht vor allem CO_2 oder werden auch große Mengen von Methan produziert?
- **Wie schnell** wird das organische Material abgebaut und in welchem Zeitraum werden die Treibhaus-gase freigesetzt?

Wenn der Boden auftaut, beginnen Mikroorganismen die eingelagerten Kohlenstoffe zu verarbeiten und sie setzen dabei CO2 und Methan frei. Aber die winzigen Organismen können nicht alle Kohlenstoffe gleich schnell abbauen, weil diese unterschiedliche Zusammensetzungen an Energie und Nährstoffen für die Mikroorganismen haben und deshalb nicht gleich schnell zu verarbeiten sind.

Das kann man sich am Beispiel eines Baumes vorstellen. Die Blätter, die der Baum verliert, sind oft schon im Frühling wieder zu Erde geworden, während das Holz des Stammes selbst nach dem Absterben Jahre braucht, um zu verrotten. Beim Permafrost wird der größte Teil innerhalb weniger Jahrzehnte in die Atmosphäre freigesetzt, ein Teil kann nach dem Auftauen aber noch über Jahrhunderte im Boden bleiben und erst später von den Mikroorganismen zu Gasen umgewandelt werden.

Klimaforscher haben für unterschiedliche **Szenarien** errechnet, **wie viel des Permafrosts** bis 2040, 2100 und 2300 **schmelzen würde**. Geht man davon aus, dass wir mit den Treibhausgasemissionen so weitermachen wie bisher bedeutet dies, dass die durchschnittliche globale Temperatur bis 2040 um 2,5°C und bis 2100 um 7,5°C ansteigt. In diesem Fall würden bis 2040 9-15% der oberen 3 Meter schmelzen. Bis zum Jahr 2100 würden 47-61% auftauen und bis 2300 sogar 67-79%.

Das würde bedeuten, dass

- 30-63 Gigatonnen (Gt)[31] Kohlenstoff bis 2040
- 234-380 Gt Kohlenstoff bis 2100 und
- 549-865 Gt Kohlenstoff bis zum Jahr 2300

aus den Permafrostböden freigesetzt würden.[32]

Im besten Fall, also wenn wir es schaffen würden, unsere Emissionen so stark zu senken, dass ab 2040 die CO2-Konzentration in der Atmosphäre bis zum Ende des Jahrhunderts sogar langsam weniger wird, **würden zwei Drittel dieser** potenziell freigesetzten **Mengen in den Permafrostböden verbleiben**![33]

Damit Sie ein Gefühl für die Dimensionen bekommen:

So weiter wie bisher:

- Wir betrachten den Zeitraum bis 2100 und alle Zahlen beziehen sich auf 10 Jahre.
- Die Menschheit emittiert ca. 123 Gt Kohlenstoff in 10 Jahren.[34]
- Durch auftauenden Permafrost kommen nochmals alle 10 Jahre ca. 38 Gt dazu.[35]
- **Es ist leicht zu erkennen dass wir kaum so viel Kohlenstoff vermeiden können wie aus dem Permafrost dazu kommt!**

Massiver Klimaschutz:

- Wenn wir wirksamen Klimaschutz betreiben – d.h. das 2 Grad-Ziel einhalten - reduziert sich der Teil aus dem Permafrost auf ca. 13 Gigatonnen.[36]
- Wenn wir wirksamen Klimaschutz betreiben, dann reduzieren sich die 123 Gigatonnen ab 2040 kontinuierlich.
- **Man erkennt, dass es nun realistisch ist,** dass die Menschheit von den 123 Gigatonnen nun **mehr Kohlenstoff einsparen kann als durch den Permafrost unvermeidlich dazu kommt** (13 Gigatonne).

Wie weit sind die Permafrostböden bereits aufgetaut?[37]

Es gibt ein weltweites Netz aus Bohrlöchern in Permafrostregionen und bei den meisten Messstationen wird eindeutig eine Erwärmung der Böden und damit verbundenes Auftauen beobachtet.

So sind in manchen Gegenden Russlands bereits Permafrostböden mit einer Dicke von 10 bis 15 Metern aufgetaut. Die Permafrostgrenze ist in dieser Gegend

[30] Schuur, E.A.G., Abbott, B.: Climate Change: High Risk of Permafrost Thaw. In: Nature 480, S. 1, 2011.

[31] 1 Gigatonne sind 1 Milliarde Tonnen oder in Zahlen 1.000.000.000. Abkürzung Gt

[32] Schuur, E.A.G., Abbott, B.: Climate Change: High Risk of Permafrost Thaw. In: Nature 480, S. 2, 2011.

[33] Schuur, E.A.G, Abbott, B.: Expert assessment of vulnerability of permafrost carbon to climate change. In: Climatic Change, S. 3, 2013.

[34] Die Treibhausgase werden in Kohlenstoffdioxid-Äquivalenten gemessen (CO2e). Kohlendioxid ist 3,67 mal schwerer als reiner Kohlenstoff (Massenverhältnis CO2 zu C). Die Menschheit hat 2017 45,4 Gigatonnen Kohlendioxid(äquivalent) ausgestoßen (Treibhausgasemissionen 2017). Das sind somit umgerechnet 12,3 Gigatonnen Kohlenstoff und in 10 Jahren 123 Gigatonnen Kohlenstoff.

[35] Wir nehmen den Mittelwert der 234-380 Gt bis 2100. Das sind 307 Gt. Diese teilen sich aber auf 80 Jahre auf. Das ergibt somit ca. 38 Gt für 10 Jahre.

[36] Weil wir bei engagiertem Klimaschutz die Freisetzung von Kohlenstoff aus dem Permafrost um 2/3 reduzieren können werden aus den 38Gt „nur“ 13 Gt.

[37] IPCC: Climate Change 2013, The Physical Science Basis, S. 362ff.

auch bereits um 80 km nach Norden gewandert. Aus anderen Orten der Welt werden von Forschern ähnliche Beobachtungen festgehalten.

Außerdem wurde an vielen Forschungsstationen beobachtet, dass die aktive Schicht, also die Auftauschicht immer dicker wird. Das heißt, dass immer mehr Boden im Sommer auftaut und es Mikroorganismen ermög-licht, Tier- und Pflanzenreste abzubauen und in CO_2 oder Methan umzuwandeln.

In Regionen, wo der Permafrostboden auftaut, sinkt oftmals auch der Boden ab, in Teilen Alaskas wurden 11-13 cm Absenkung und in Teilen Russlands sogar bis zu 20 cm gemessen.

Aus neuen Forschungen geht hervor, dass in der Permafrostregion während der Winterzeit jährlich bereits ca. 1,7 Gt[38] in die Atmosphäre freigesetzt werden. Während der Sommerzeit nimmt diese Region zwar ca. 1,0 Gt Kohlenstoff wieder auf, weil die dort lebenden Pflanzen beim Wachstum Kohlenstoff binden. Trotzdem gelangt netto jährlich immer mehr Kohlenstoff in die Luft. Außerdem wird der jährliche Kohlenstoff-ausstoß im Winter bis zum Ende des Jahrhunderts im schlimmsten Fall noch um 41% ansteigen.[39]

Eine sehr große Gefahr ist, dass wir das Auftauen der Permafrostböden einfach unterschätzen, weil ihre Auswirkungen nicht nur innerhalb eines Jahres oder eines Jahrzehnts spürbar sind, sondern über mehrere Jahrzehnte spürbar sind und immer stärker werden.[40]

Das passiert, weil die Mikroorganismen nach dem Auftauen ja erst einmal beginnen, den Kohlenstoff in die Gase Methan und CO2 umzuwandeln. Sie können aber die großen Mengen an gespeichertem Kohlenstoff nicht auf einmal verarbeiten, **daher fügen sie der Atmosphäre über Jahre und Jahrzehnte immer neue Treibhausgase hinzu.**

Was soll nun getan werden?

Das „Arctic Monitoring and Assessment Programme“ hält vier Punkte für wichtig:

1. **Der wichtigste Punkt ist natürlich: Treibhausgase reduzieren!**
   - Heute getroffene politische Entscheidungen in Bezug auf die Verringerung der Treibhausgasemissionen werden bestimmen, wie sich die Arktis in den nächsten Jahrzehnten verändern wird.
   - Um Veränderungen in der Arktis zu begrenzen, soll laut Experten unbedingt das Pariser Abkommen von 2015 eingehalten werden. Wenn dieses wirklich umgesetzt wird, werden sich die Temperaturen in der Arktis in der späteren Hälfte dieses Jahrhunderts wahrscheinlich wie-der stabilisieren. Dies wird zwar auf einem höheren Temperaturlevel passieren, als heute, aber zumindest wäre das Ansteigen der Temperaturen gestoppt.
2. Anpassungsmöglichkeiten an bald auftretende Auswirkungen sollen entwickelt werden.
   - Auch wenn wir ab heute kein zusätzliches CO_2 mehr ausstoßen würden, würde sich die Arktis zumindest in den nächsten 30-40 Jahren weiterhin stark verändern, daher müssen Strategien entwickelt werden, wie sich arktische Lebensgemeinschaften, aber auch die globale Bevölkerung, die zum Beispiel vom Ansteigen des Meeresspiegels betroffen sein wird, an Veränderungen anpassen können.
3. Unterstützung beim Wissensaufbau
   - Nach wie vor gibt es große Wissenslücken, wenn es darum geht, herauszufinden, was Veränderungen in der Arktis vor Ort und für die ganze Welt bedeuten werden. Daher ist es nötig, die dortige Forschung voranzutreiben und sich international zu koordinieren.
4. Öffentliches Bewusstsein über die Veränderungen in der Arktis soll gesteigert werden
   - Es ist wichtig, die Öffentlichkeit über den arktischen Klimawandel, seine Konsequenzen, Unsicherheiten, Risiken und über die Effekte einer Reduktion der Emissionen aufzuklären. Denn das ist der **Schlüssel zu einer informierten Öffentlichkeit, die aktiv an der politischen Entwicklung teilnimmt**.[41]

Schlusswort

- Wie Sie gelesen haben, sind in den Permafrostböden riesige Mengen an Kohlenstoff gespeichert, die in Gefahr sind, in den nächsten Jahren und Jahrzehnten in die Atmosphäre zu gelangen und so den Klimawandel weiter anzutreiben.
- Da niemand exakt voraussagen kann, was passiert, wenn derart große Mengen zusätzlich in die Luft gelangen, sollten wir uns wirklich bemühen, den

[38] Exakt werden 1,662 Gt in den Wintermonaten freigesetzt wovon 1,032 Gt in den Sommermonaten wieder aufgenommen werden. Der Nettoeffekt sind 0,63 Gt. Auf 10 Jahre gerechnet sind das aber schon 6,3 Gt.

[39] Natali, S.M. et al.: Large loss of CO_2 in winter observed across the northern permafrost region. In: Nature Climate Change, Vol 9, 2019, S.852.

[40] Schuur, E.A.G. et al.: Climate Change and the Permafrost Carbon Feedback. In: Nature 520, S. 171, 2015

[41] Snow, water, ice and permafrost in the Arctic- Summary for policy makers, AMAP, 2017, S.18

weltweiten Temperaturanstieg auf 2°C, besser noch auf 1,5°C zu begrenzen.

- Ansonsten könnten unumkehrbare und sich selbst beschleunigende Prozesse in Gang gesetzt werden, die den Klimawandel immer schneller vorantreiben und die die gesamte Menschheit bedrohen!

Im Jahr 2019 hat der auftauende Permafrost erstmalig in den Medien breite Beachtung gefunden. Wir haben Ihnen einige lesenswerte Artikel zusammengestellt:

Zeitungsartikel:

1. Permafrostböden tauen weltweit auf
2. „Noch nicht Teil der großen Klimamodelle“
3. Arktischer Permafrost taut viel schneller als gedacht
4. Permafrost und Moore werden immer mehr zur Klimagefahr
5. So gefährlich ist das Schmelzen der Permafrostböden
6. Hitzewelle in der Arktis könnte Kettenreaktion in Gang setzen
7. Matterhorn droht Sperre wegen Felsstürzen

Bleiben Sie dran – hören Sie nicht auf zu lesen!

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

© Anna Dietl 2020