

# Project *brief*

Thünen-Institut für Agrarklimaschutz

2022/37

## „Breaking the Ice“

Christopher Poeplau

- **Effekte von Landnutzungsänderungen auf die Bodenkohlenstoffdynamik in subarktischen Böden wurden erfasst**
- **Die Interaktion mit dem Auftreten von Permafrost unter Wald stand im Vordergrund**
- **Größere Kohlenstoffverluste, wenn Waldböden vor Änderung permanent gefroren waren**
- **Mikrobielle C-Nutzungseffizienz verbesserte sich mit landwirtschaftlicher Nutzung**

### Hintergrund, Zielsetzung und Vorgehensweise

Der voranschreitende Klimawandel verschiebt die potenzielle landwirtschaftliche Nutzfläche in Richtung Norden. Dies kann unter Umständen zu verstärkten Landnutzungsänderungen in den riesigen subarktischen und arktischen Gebieten der Erde führen. Wenn natürlich Ökosysteme unter landwirtschaftliche Nutzung genommen werden, kann dies zu einer starken Abnahme der Bodenkohlenstoffvorräte führen, was wiederum den Klimawandel befeuert. Dies könnte umso mehr für Permafrostböden gelten, also solche Böden, die unter natürlicher Vegetation dauerhaft gefroren sind, weil die Landnutzungsänderung zu einer Beschleunigung des Tauprozesses führen könnte.

Mit dieser Haupthypothese wurde im Januar 2019 das DFG-geförderte Projekt „Breaking the Ice“ begonnen. Neben der allgemeinen Änderung der Kohlenstoffvorräte nach Landnutzungswandel sollten zudem verschiedene Pfade und Prozesse der potenziellen Veränderungen aufgeklärt werden. So spielte unter anderem auch die mikrobielle Physiologie eine Schlüsselrolle in diesem Projekt.

### Weide im Ibex Valley, Yukon Territory, Kanada



Als Untersuchungsgebiet wurde das kanadische Yukon Territory ausgewählt, weil i) dort auf relativ kleinem Raum und gut erreichbar verschiedene Permafrostzonen vorzufinden sind, ii) bereits seit dem Goldrausch (Anfang 19. Jhd.) Landwirtschaft

betrieben wird, iii) die bewirtschafteten Böden aufgrund ihrer Lage am Fluss vergleichbar waren und iv) Kontakte zu den kanadischen Landwirten problemlos hergestellt werden konnten.

Die Landwirtschaft im Yukon Territory ist bis heute eher kleinteilig, zumeist ökologisch und auf den lokalen Markt fokussiert. Insgesamt wurden 18 landwirtschaftliche Betriebe besucht und in einem gepaarten Ansatz wurden jeweils der angrenzende Wald sowie landwirtschaftliche Parzellen (Ackerland, Grünland oder beides), wenn möglich bis in 80 cm Tiefe, beprobt. Zusätzlich wurden in 10 und 50 cm Tiefe Bodentempersensoren sowie Teebeutel mit grünem Tee zur Messung der Streuabbaugeschwindigkeit eingesetzt. Beides wurde nach 2 Jahren wieder entnommen. Schließlich wurden über einen Fragebogen einige Eckdaten zur Bewirtschaftung der beprobten Fläche erfragt.

### Gefrorener Lehmboden



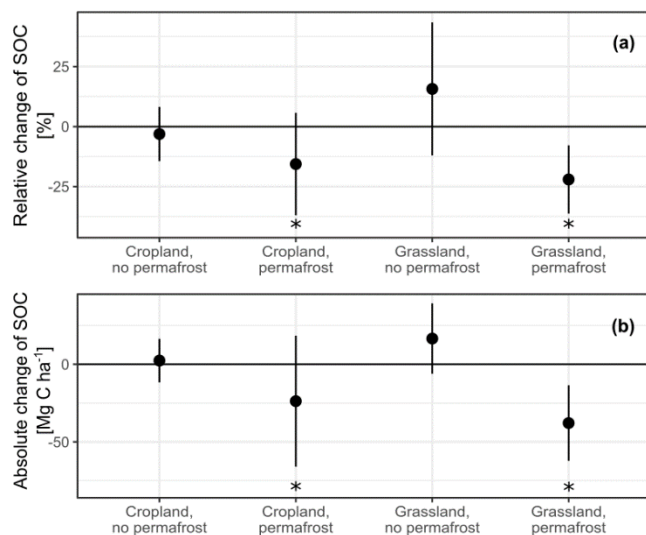
Die genommenen Bodenproben wurden bereits vor Ort aufbereitet und auf Steingehalt und Lagerungsdichte analysiert. Am Thünen-Institut wurden dann Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte analysiert sowie an Mischproben auf Phosphor, Textur und Kationenaustauschkapazität untersucht. Auch der pH-Wert wurde bestimmt. Neben einer Fraktionierung der organischen Substanz wurde schließlich auch mittels Kurzzeitinkubationen mit isotopisch markiertem Wasser (<sup>18</sup>O)

die mikrobielle C-Nutzungseffizienz bestimmt. Bei dieser Methode wird mikrobielles Wachstum über den Einbau des Sauerstoff-Tracers in die DNA der Mikroorganismen quantifiziert. Ein Teil der DNA wurde später auch zur Charakterisierung der mikrobiellen Gemeinschaft genutzt.

### Zentrale Ergebnisse des Projekts

Im Mittel führte die Landnutzungsänderung von Wald zu Acker oder Grünland zu einer Bodenerwärmung von 2,1 °C. Dies führte im Fall der Permafrostböden zu einem verstärkten Tauprozess und auch Drainage der Böden. Tatsächlich wurde in keinem Fall unter Acker oder Grünlandnutzung Permafrost im oberen Meter des Bodens festgestellt, während dies in 11 von 18 Waldstandorten der Fall war.

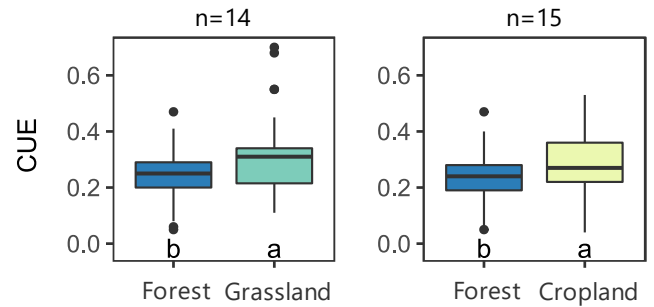
Diese Änderung von Mikroklima und Hydrologie wirkte sich stark auf die Dynamik des Bodenkohlenstoffs aus: Signifikante Abnahmen der Bodenkohlenstoffvorräte wurden nur dann festgestellt, wenn vom Permafrost beeinflusste Waldböden in landwirtschaftliche Böden umgewandelt wurden.



### Relative und absolute Änderung der Kohlenstoffvorräte in 0-80 cm Bodentiefe nach Entwaldung und Etablierung von Acker oder Grünland.

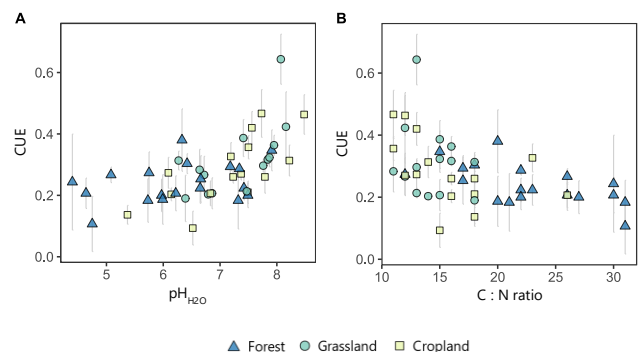
Wie zu erwarten, wurden die größten Verluste in der labilen, partikulären Kohlenstofffraktion festgestellt. Interessant war, dass es in der stabileren mineral-assoziierten Kohlenstofffraktion immer zu einer absoluten Zunahme nach Landnutzungswandel kam. Dies kann möglicherweise durch die Zunahme der mikrobiellen C-Nutzungseffizienz erklärt werden: Nach der Umnutzung zu Grünland oder Acker erhöhte sich dieser metabolische Indikator um 26 % bzw. 30%, was die verstärkte Bildung von toter mikrobieller Biomasse und somit auch mineral-assoziiertem Kohlenstoff begünstigt haben

könnte. Dies könnte in Teilen die positiven Trends der Kohlenstoffvorräte nach Entwaldung der Permafrost-freien Böden erklären.



### C-Nutzungseffizienz (CUE) vor und nach Entwaldung

Es wurde zudem untersucht, durch welche Faktoren die Änderung der C-Nutzungseffizienz begünstigt wurde. Hierbei waren vor allem das C:N-Verhältnis der organischen Substanz sowie der pH-Wert des Bodens von Bedeutung. Änderungen dieser Faktoren nach Entwaldung lassen sich durch den Einsatz von Stickstoffdüngung und Holzasche erklären. Gerade der Stickstoff-Effekt war erwartet, da Mikroorganismen diesen zur Biosynthese benötigen und subarktische Wälder häufig sehr Nährstoff-limitiert sind.



### C-Nutzungseffizienz (CUE) in Abhängigkeit von pH-Wert und dem C:N-Verhältnis im Boden.

#### Ausblick

Das Projekt konnte einen ersten Eindruck darüber geben, welchen Einfluss subarktische Landnutzungsänderungen auf Bodenkohlenstoffvorräte haben können und welche Prozesse zu dieser Dynamik beitragen können. In der Zone des diskontinuierlichen Permafrosts ist es für eine nachhaltige und klimaschonende Etablierung von Landwirtschaft von größter Wichtigkeit, die Entwaldung von Permafrostböden zu vermeiden. Durch verstärktes mikrobielles Wachstum kann es auf Permafrost-freien Böden unter Umständen auch zu positiven Effekten auf den Bodenkohlenstoffvorrat kommen.

## Weitere Informationen

### Kontakt

Christopher Poeplau

<sup>1</sup> Thünen-Institut für Agrarklimaschutz  
[christopher.poeplau@thuenen.de](mailto:christopher.poeplau@thuenen.de)  
[www.thuenen.de/ak](http://www.thuenen.de/ak)

<https://www.thuenen.de/de/fachinsti-tute/agrarklimaschutz/projekte/landn-utzungswandel-auf-taunden-permafrostboeden>

DOI:10.3220/PB1666678692000

### Laufzeit

1.2019-3.2022

### Projekt-ID

1987

### Zentrale Veröffentlichungen

#### Peplau et al. (2022)

Subarctic soil carbon losses after deforestation for agriculture depend on permafrost abundance, *Global Change Biology*

#### Schroeder et al. (2022)

Deforestation for agriculture increases microbial carbon use efficiency in subarctic soils. *Biology and Fertility of Soils*.

### Gefördert durch

**DFG**  
 Deutsche  
 Forschungsgemeinschaft