

Wiebke Müller-Lupp und Manfred Böler

Institut für Polarökologie der
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Mikrobielle Lebensgemeinschaften und CO₂-Fluss in Permafrostlandschaften*

Einleitung

Mikroorganismen sind in Permafrostböden extremen Umweltbedingungen ausgesetzt. Kurze Vegetationsperioden, niedrige Nährstoffeinträge sowie lange Zeiten sehr niedriger Temperaturen vermindern die Stoffwechselaktivität und Umsatzleistungen. Die Bodenorganismen haben sich an diese Lebensbedingungen angepasst und auf solche Bedingungen eingestellt. Entsprechend reagieren ihre Abbauprozesse, insbesondere die Atmung, auf rasche Änderungen von Temperatur und Feuchte. Ziel der Arbeit ist die Erfassung der potentiellen CO₂-Produktion in der Auftauzone an repräsentativen Meßfeldern im Lena-Delta. Die Untersuchungen wurden auf der Insel Samoylov im südlichen Bereich des Deltas durchgeführt. Desweiteren besteht die Aufgabe, die Dynamik und die Wechselwirkungen einzelner biotischer und abiotischer Faktoren hinsichtlich des CO₂-Flusses zu bestimmen.

Methoden und Expeditionen

Schwerpunkt der Arbeiten war die Erstellung von Daten zur Beschreibung und Quantifizierung potentieller CO₂-Produktionen auf Grundlage von Felddaten zum CO₂-Gaswechsel aus den drei Expeditionsabschnitten von 1998 sowie ganzjähriger Bodentemperaturen des Zeitabschnittes von August 1997 bis Juli 1998 eines unseren Standortes vergleichbaren Bodenprofils bei Tiksi (Datenquelle: Russisch-Japanisches Projekt „GAME“). Mit Hilfe von Laborversuchen wurden Experimente zu frostinduzierten Strukturveränderungen an Substraten der Leitprofile durchgeführt.

Ergebnisse

Die mikroskopischen Untersuchungen mikrobieller Populationen sind abgeschlossen (Diplomarbeit Björn Schulz, IPÖ 1999, siehe auch: *Terra Nostra* 1999/11 und 2000/8). Aufbauend auf den ersten Ergebnissen zum CO₂-Gaswechsel werden diese Untersuchungen mit dem Ziel fortgesetzt, die bodenspezifischen Parameter stärker zu berücksichtigen.

Abbildungen 1–4 zeigen die potentiellen Bodenrespirationsraten für jeweils 2 Standorte der Leitprofile Plot 2 und 3 im August 1999. Die im Feld durchgeführten Respirationsmessungen an einzelnen Proben,

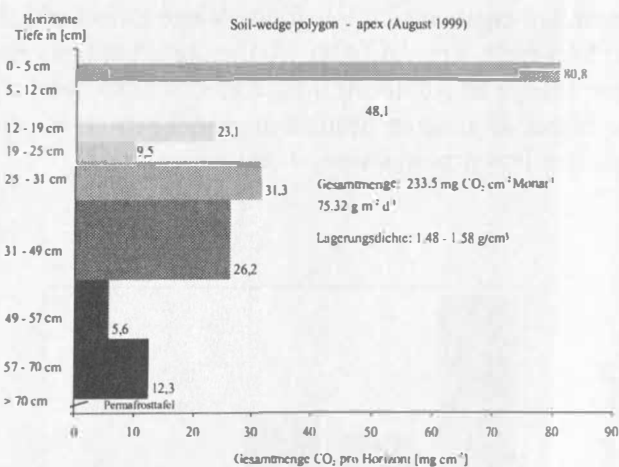


Abb. 1. Potentielle Bodenrespiration für den „apex of soil wedge polygon“ (Plot 2) im August 1999

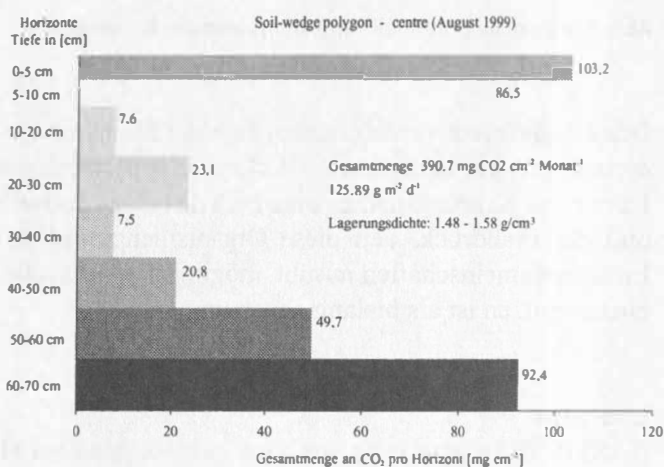


Abb. 2. Potentielle Bodenrespiration für das „centre of soil wedge polygon“ (Plot 2) im August 1999

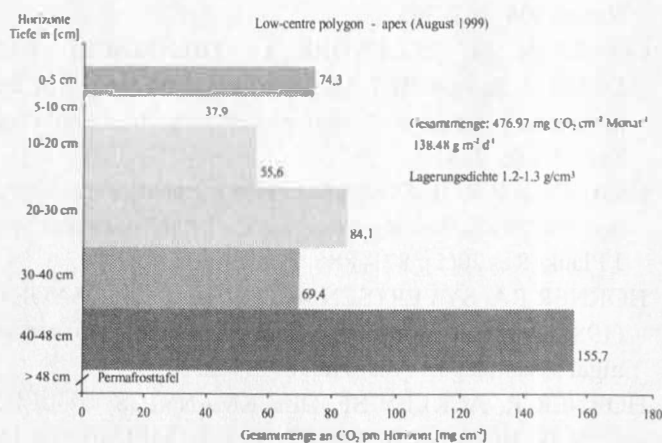


Abb. 3. Potentielle Bodenrespiration für den „apex of low centre polygon“ (Plot 3) im August 1999

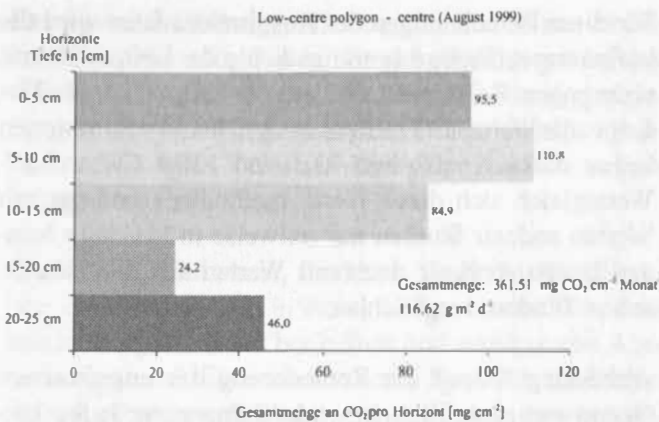


Abb. 4. Potentielle Bodenrespiration für das „centre of low centre polygon“ (Plot 3) im August 1999

gemessen bei unterschiedlichen Temperaturen, dienen für die Berechnungen der Respirationswerte der einzelnen Horizonte. Es sei hier insbesondere darauf hingewiesen, dass sich sowohl für die Absolutwerte der Respiration in den Horizonten als auch für die Tiefenprofile sehr unterschiedliche Aspekte zur Bewertung ergeben. Sie lassen sich mit verschiedenen Bodenparametern in Einklang bringen, sollen aber hier nicht näher erläutert werden. Es soll nur dargestellt werden, dass sich in diesen Tiefenprofilen eine deutliche Heterogenität des

Milieus widerspiegelt, die Aussagen auf dem Niveau der landschaftlichen Gegebenheiten sehr erschweren.

Die ganzjährigen Bodentemperaturdaten von dem Untersuchungsstandort nahe Tiksi dienen als Grundlage für weitere CO₂-Modelle für den Zeitraum 1997 bis 1999ff. Die im Feld erfassten CO₂-Respirationsdaten für definierte Temperaturbedingungen werden für horizontspezifische Temperaturdaten der oben benannten Quellen und unter Einbeziehung von Daten zur Bodenfeuchte für den Jahresgang 1997/1998 nur für den Standort 2 berechnet, da sich nur hierfür eine Korrelation für den Standort bei Tiksi – aufgrund der bodenkundlichen Kenndaten – annehmen lässt. Abbildungen 5 und 6 zeigen die horizontspezifischen potentiellen CO₂-Respirationsraten für die Monate September 1997 bis August 1998. In beiden Abbildungen wird deutlich, dass sich oberhalb des Permafrosthorizontes ein Maximum der Respiration befindet. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass sich hier einerseits noch verfügbares Wasser befindet, andererseits deutet es auf eine Anreicherung von – in Wasser gelösten – Nährstoffen hin. Die von B. Schulz in oben benannter Diplomarbeit gefundenen erhöhten Werte der mikrobiellen Biomasse an einigen Standorten direkt oberhalb des Permafrosthorizontes deuteten schon auf diesen Effekt hin.

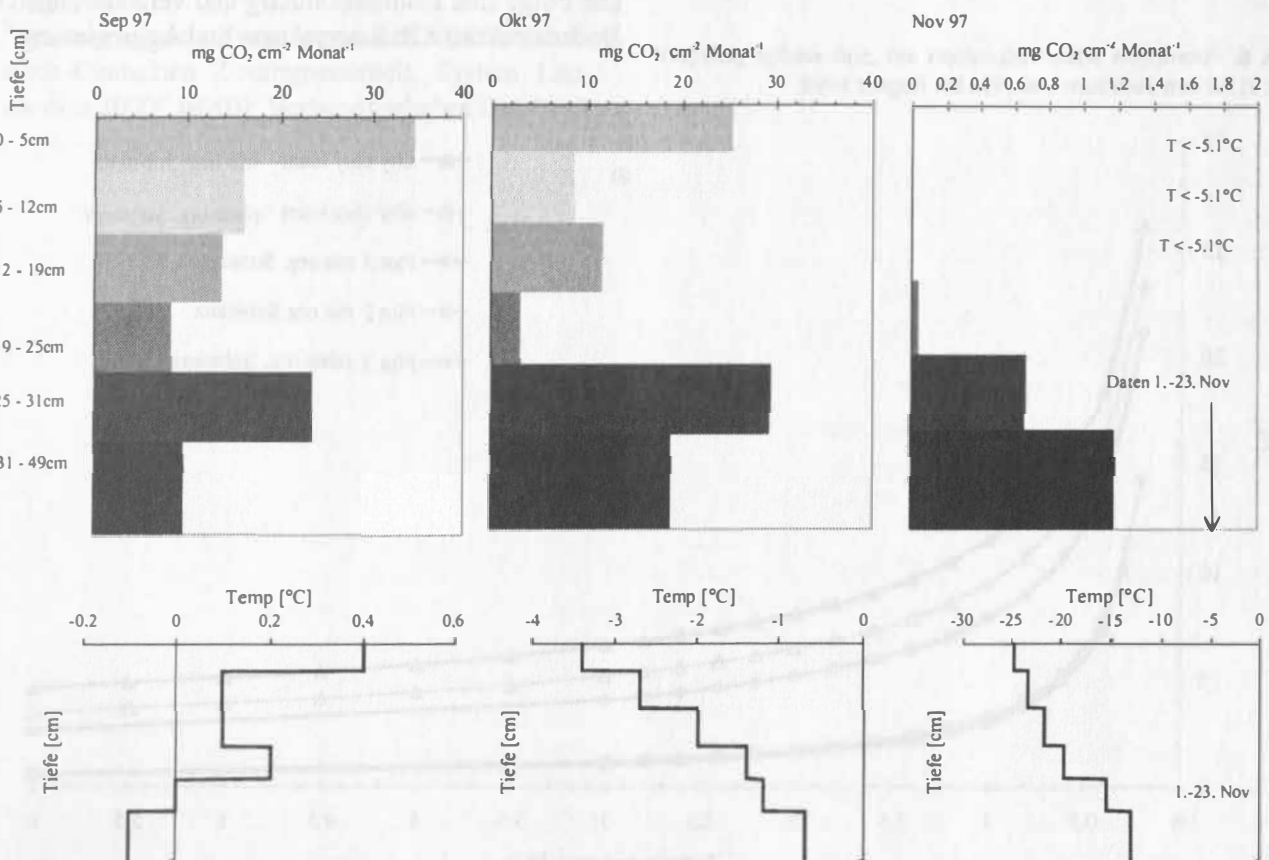


Abb. 5. Potentielle Bodenrespiration am „soil wedge polygon“ (Plot 2) für den Zeitraum September 1997 bis November 1997.

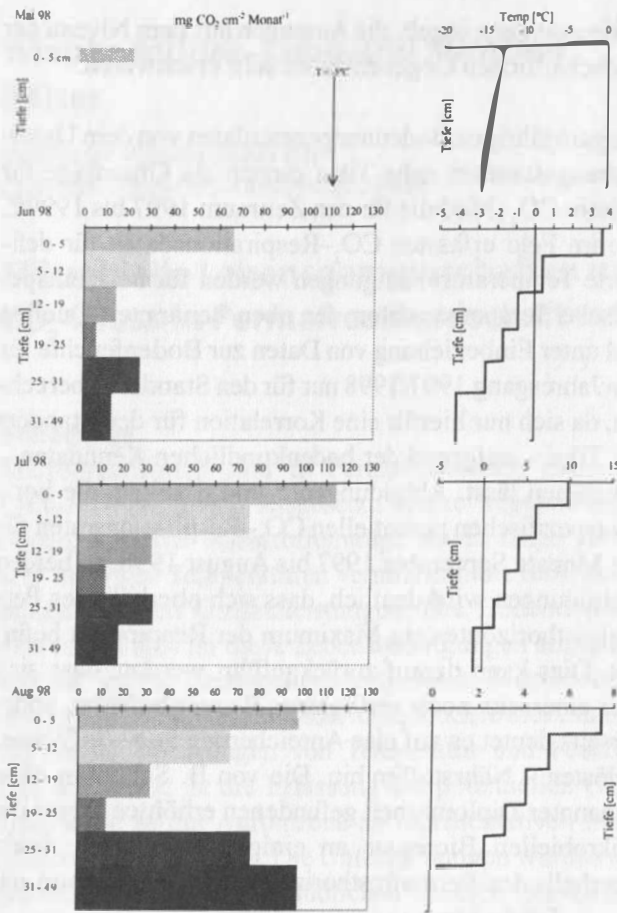


Abb. 6. Potentielle Bodenrespiration am „soil wedge polygon“ (Plot 2) für den Zeitraum Mai 1998 bis August 1998

Für diese Berechnungen der Respirationsdaten wird die horizontspezifische Lagerungsdichte der Leitprofile mit einbezogen. So ergeben sich aus der Integration der Tiefenprofile Werte mit Flächenbezug. Die CO₂-Emissionen liegen dadurch zwischen 73,3 und 138,4 CO₂ m⁻² d⁻¹. Wenngleich sich diese Werte methodisch bedingt mit Werten anderer Studien nur teilweise in Einklang bringen lassen, sind sie doch mit Werten aus den kanadischen Tundren vergleichbar.

Abbildung 7 zeigt die Reduzierung des ungefrorenen Bodenwassers mit abnehmender Temperatur. Je feinkörniger der Boden, desto höher ist der Anteil an gebundenem Wasser und desto stärker erniedrigt sich der Gefrierpunkt des Bodenwassers. Böden, die über einen hohen Schluff- oder Tonanteil sowie über einen hohen Gehalt an organischer Substanz verfügen, weisen auch bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes Anteile flüssigen Wassers auf.

Ungefrorenes Wasser unterhalb des Gefrierpunktes bedeutet zum einen, dass Mikroorganismen ihren Stoffwechsel über eine größere Temperaturspanne aufrecht erhalten können, und zum anderen, dass es bei gegebener hoher ungesättigter Wasserleitfähigkeit zu Wasserbewegungen innerhalb des Bodens kommen kann. Die Folge sind Eislinsenbildung und Veränderungen der Bodenstruktur, z.B. Kompaktion und Aggregation.

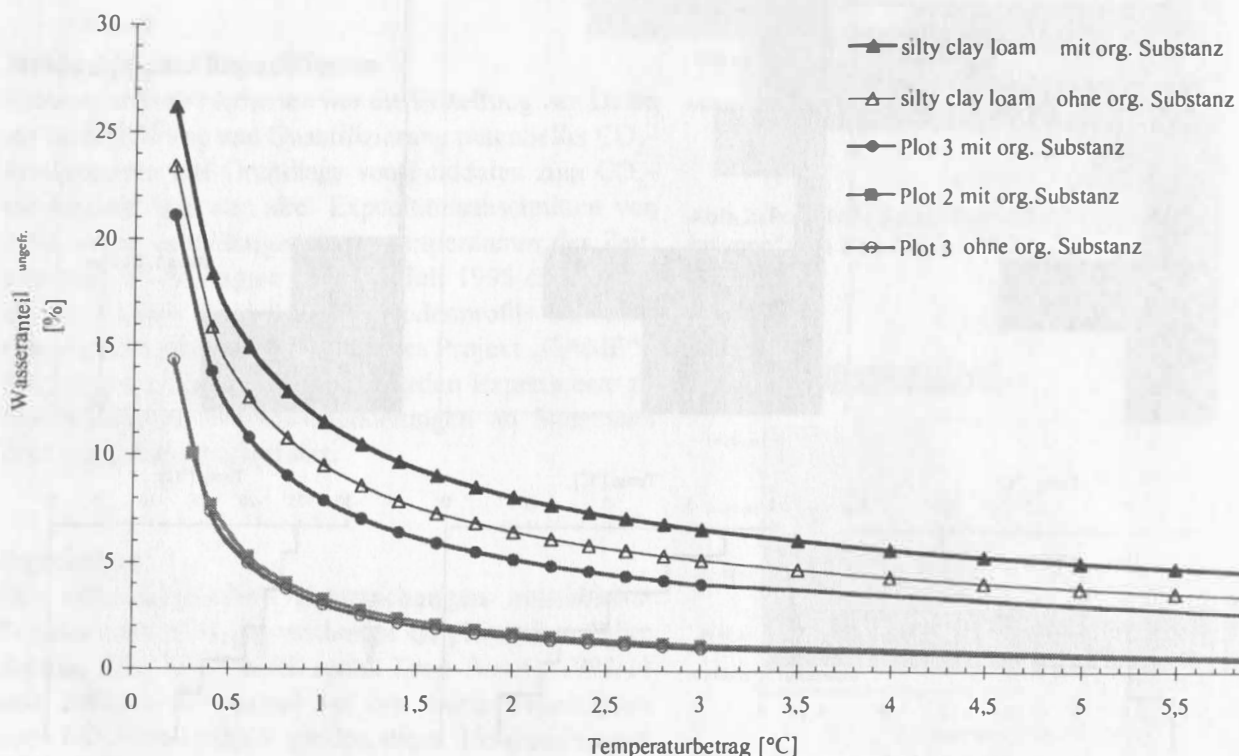


Abb. 7. Bestimmung des ungefrorenen Wasseranteils für verschiedene Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes.

Bei einem feinkörnigen Boden, der über einen hohen Schluffanteil verfügt, ist mit Strukturänderungen infolge von Gefrier- Tauzyklen zu rechnen. Starke Aggregation konnte in einem homogenisierten, lehmigen Substrat schon nach 3 Gefrier-Tauzyklen visuell nachgewiesen werden.

Grobkörnige Substrate, in denen Sand die Hauptfraktion darstellt, werden in erster Linie von der Volumenausdehnung des Eises beeinflusst und weniger von Auswirkungen auf die Bodenstruktur. Sandböden besitzen im ungefrorenen Zustand einen Winkel der inneren Reibung von ca. 32 Grad. Mit Hilfe von Scherversuchen konnte nachgewiesen werden, dass der Reibungswinkel sich auch bei einer gefrorenen Bodenmatrix nicht wesentlich reduziert. Eine Partikelumorientierung infolge des Eisdrucks ist daher eher unwahrscheinlich. Die ohnehin schwach ausgeprägte Bodenstruktur, die sandige Böden ohne Bindemittel aufweisen, zeigt auch nach mehreren Frost-Tauzyklen im geschlossenen System keine Veränderungen.

Auswirkungen von Gefrierprozessen auf das Porensystem und damit auf die Leitbahnen des Bodens werden v.a. in Böden mit ausreichenden Anteilen an Schluff und Ton von Bedeutung sein.

* Auszug aus dem Zwischenbericht 2000 der „Russisch-Deutschen Zusammenarbeit. System Laptev-See 2000“ BMBF Verbundvorhaben 03G0543

*