

BestMasters

Andreas Schomburg

Erhöhte CO₂-Emissionsraten in nordeuropäischen Moorgebieten

Folgen des Klimawandels und der
anthropogenen Moordegradation



Springer Spektrum

BestMasters

Mit „BestMasters“ zeichnet Springer die besten Masterarbeiten aus, die an renommierten Hochschulen in Deutschland, Österreich und der Schweiz entstanden sind. Die mit Höchstnote ausgezeichneten Arbeiten wurden durch Gutachter zur Veröffentlichung empfohlen und behandeln aktuelle Themen aus unterschiedlichen Fachgebieten der Naturwissenschaften, Psychologie, Technik und Wirtschaftswissenschaften.

Die Reihe wendet sich an Praktiker und Wissenschaftler gleichermaßen und soll insbesondere auch Nachwuchswissenschaftlern Orientierung geben.

Andreas Schomburg

Erhöhte CO₂- Emissionsraten in nordeuropäischen Moorgebieten

Folgen des Klimawandels und der
anthropogenen Moordegradation

 Springer Spektrum

Andreas Schomburg
Neuchâtel, Schweiz

BestMasters

ISBN 978-3-658-13291-0

ISBN 978-3-658-13292-7 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-658-13292-7

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2016

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Spektrum ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Danksagungen

Im Zuge des einjährigen Arbeitsprozesses meiner Masterarbeit wurde ich von zahlreichen Personen in unterschiedlichster Art und Weise unterstützt, welchen ich an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank aussprechen möchte: In erster Linie Frau Prof. Dr. Christine Alewell für die Leitung meiner Arbeit, wertvolle Informationen und Inputs sowie für die Offenheit, dass ich auch meine eigenen Ideen zum Fortführen der Arbeit einbringen durfte, sowie dass ich einen Teil meiner Resultate am Swiss Geoscience Meeting in Lausanne im November 2013 präsentieren durfte. Ebenso Jan Paul Krüger für die sehr kompetente Betreuung in allen Belangen, welche zum Gelingen dieser Arbeit von entscheidender Bedeutung war. Ferner danke ich zahlreichen Personen, welche mich bei dem Feldaufenthalt in Finnland oder bei den Laborauswertungen unterstützt haben: Dr. Jens Leifeld danke ich für die beratende Unterstützung beim Feldaufenthalt in Finnland und für die Einweisung in die DRIFT-Analyse, ebenso wie Dr. Kari Minkkinen für die Zeit, uns das Lakkasuo-Moorgebiet sowie die Grundzüge des finnischen Kulturwesens nahezubringen. Dr. Franz Conen danke ich für die technische Unterstützung bei der Arbeit mit dem Gaschromatographen wie auch Axel Birkholz für die Auswertungen der C/N-Werte. Weiterhin danke ich Pascal Bircher und Simon Tresch für die Zusammenarbeit mit diverser Computersoftware im Masterzimmer sowie für angeregte Gespräche während der Kaffeepausen, sowie beiden, Philippe Marbet, Boas Pucker, und Elke Schomburg für das Korrekturlesen meiner Arbeit. Ferner danke ich meinen Freunden Philippe Marbet und Jacqueline Riedi für die Trainingsabende und Turniere, bei denen ich mich geistig erholen konnte. Und zuletzt in besonderem Maße meiner Freundin Lisa.

Zusammenfassung

Moorgebiete sind weitverbreitete Ökosysteme in Fennoskandia. Gegenwärtig speichern sie signifikante Mengen an Kohlenstoff und stellen eine entscheidende Senkenfunktion in der globalen Kohlenstoffbilanz dar. Im Zuge des rezenten Klima- und Landnutzungswandels wird vermutet, dass Moorgebiete ihre Kohlenstoffsinkenfunktion verlieren und stattdessen verstärkt CO_2 und CH_4 an die Atmosphäre abgeben. Die für Nordschweden typischen Palsamoore degradieren durch fortschreitendes Auftauen des Permafrostes, während die in Finnland zahlreichen Hoch- und Niedermoore zugunsten von land- und forstwirtschaftlicher Produktion drainiert werden. Über zahlreiche in situ-Versuchsreihen wurde versucht, die jährlichen Kohlenstoffbilanzen auf diesen Standorten zu quantifizieren und über Modellrechnungen Vorhersagen über die zukünftigen Kohlenstoffflüsse der Moorgebiete zu treffen. Die Auswirkungen einer Temperaturerhöhung auf die Kohlenstoffrespirationsraten unterschiedlicher Standorte unter Laborbedingungen wurden bislang nur wenig untersucht. Die Ziele dieser Arbeit lagen darin, den Effekt der Temperatur, der Moordegradation bzw. der Moordrainage sowie den Effekt der Tiefe auf die Kohlenstoffrespirationsraten mittels Laborinkubationsversuchen auf zwei Palsamoor-Standorten in Nordschweden und einem Hoch-Niedermoorkomplex in Finnland zu analysieren und zu vergleichen.

Dafür wurden jeweils zwei Bohrkern von ungestörten und degradierten Standorten aus den nordschwedischen Palsamooren Stordalen und Storflaket bei Abisko und jeweils zwei Bohrkern aus natürlichen und drainierten Standorten im minerotrophen und ombrotrophen Milieu aus dem Lakkasuo-Moor in Zentralfinnland bei Orivesi gezogen. Die Bohrkern wurden im Labor zerteilt und mehrere Wochen bei $4\text{ }^\circ\text{C}$ und bei $12\text{ }^\circ\text{C}$ in Thermoschränken inkubiert. In regelmäßigen Intervallen wurden Gasproben genommen und die CO_2 -Flüsse mittels Gaschromatographie ermittelt. Daraufhin wurden die nordschwedischen Proben geflutet und die Inkubationsversuche wiederholt, um Methanrespirationsraten zu messen. Ferner wurden der pH-Wert, das C/N-Verhältnis sowie die Stabilität des organischen Materials mittels DRIFT-Spektroskopie analysiert.

Beide Moorgebiete zeigen aufgrund des verstärkten mikrobiellen Metabolismus einen starken Temperatureffekt mit signifikant höheren CO_2 -Respirationsraten bei $12\text{ }^\circ\text{C}$. Ebenfalls ist ein Tiefeneffekt mit signifikant höheren CO_2 -Respirationsraten im Oberflächentorf infolge der

geringeren biogeochemischen Stabilität des organischen Materials erkennbar. Ferner sind die CO₂-Respirationsraten auf degradierten Palsamoorstandorten signifikant höher als auf den ungestörten. Im Lakkasuo-Moor zeigen die natürlichen Standorte im minerotrophen Milieu höhere CO₂-Emissionen, während im ombrotrophen Milieu umgekehrt die drainierten Standorte mehr CO₂ respirieren. Jene Resultate korrelieren nicht mit der Verteilung unterschiedlicher organischer Gruppen im Torf. Zu Methanrespirationsraten können keine Aussagen getroffen werden, da die Messwerte unterhalb der Erfassungsgrenze des Gaschromatographen liegen.

Erhöhte Temperaturen sowie die Degradation und Drainage von Moorgebieten ziehen demnach höhere CO₂-Verluste nach sich. Diese Unterschiede beruhen jedoch nicht auf der unterschiedlichen biogeochemischen Stabilität des Torfmaterials, sondern umfassen weitere Parameter wie den Vegetationswandel und den Wassergehalt. Die biogeochemische Stabilität des organischen Materials kann demnach nicht als ein Indikator für Moordegradation verwendet werden. Der genaue Einfluss weiterer Einflussparameter wird jedoch kontrovers diskutiert und benötigt daher weitere Untersuchungen.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis	XIII
Formelverzeichnis	XV
Abkürzungsverzeichnis	XVII

1. Einleitung	1
1.1 Mooregebiete und Umweltwandel.....	1
1.2 Auftretende Mooregebiete in Fennoskandia.....	2
1.2.1 Palsamoore.....	2
1.2.2 Niedermoore und Hochmoore.....	4
1.2.3 Weitere Moortypen.....	5
1.3 Biogeochemie der Mooregebiete.....	6
1.3.1 Abbau organischer Substanz und Torfakkumulation.....	6
1.3.2 Kohlenstoffumsatz in Mooregebieten.....	8
1.4 Problemstellung.....	9
1.5 Stand der Forschung.....	10
1.5.1 Respirationsmessungen in Mooregebieten.....	10
1.5.2 Identifikation von Degradation in Mooregebieten.....	11
1.6 Ziele und Hypothesen.....	12
2. Die Untersuchungsgebiete	15
2.1 Die nordschwedischen Palsamoore Stordalen und Storflaket.....	15
2.1.1 Geographie.....	15
2.1.2 Klima und Hydrologie.....	16
2.1.3 Torfbildung und Vegetation.....	17
2.1.4 Forschungsprogramme.....	17
2.2 Das Lakkasuo-Moor.....	18
2.2.1 Geographie.....	18
2.2.2 Klima und Hydrologie.....	18
2.2.3 Torfbildung und Vegetation.....	20
2.2.4 Drainage und Folgen.....	20
2.2.5 Forschungsprogramme.....	21
3. Material und Methoden	23
3.1 Methoden der Probenentnahme und Probenaufbereitung.....	23
3.1.1 Nordschwedische Standorte.....	23
3.1.2 Lakkasuo-Moor.....	25
3.2 Inkubationsversuche.....	26
3.2.1 CO ₂ -Messungen.....	26
3.2.2 CH ₄ -Messungen.....	27
3.2.3 Datenauswertung.....	27
3.3 Berechnung des Q ₁₀ -Wertes.....	28
3.4 pH-Wert-Messung und Messung des C/N-Verhältnisses.....	28
3.5 DRIFT-Analyse.....	29

3.6	Statistische Auswertungen.....	31
3.6.1	Zusammenhangs- und Unterschiedshypothesen.....	31
3.6.2	Mehrfaktorielle Varianzanalyse.....	32
4.	Resultate.....	33
4.1	CO ₂ -Flüsse der nordschwedischen Palsamoore.....	33
4.1.1	Temperatur- und Standortunterschiede.....	33
4.1.2	Unterschiede zwischen ungestörten und degradierten Standorten.....	34
4.1.3	Unterschiede im Tiefenprofil.....	35
4.2	CO ₂ -Flüsse im finnischen Lakkasuo-Moor.....	36
4.2.1	Temperatur- und Standortunterschiede.....	36
4.2.2	Unterschiede zwischen natürlichen und drainierten Standorten.....	38
4.2.3	Unterschiede im Tiefenprofil.....	39
4.3	Methanflüsse.....	41
4.4	pH-Werte.....	41
4.4.1	Die pH-Werte der Palsamoorestandorte.....	41
4.4.2	Die pH-Werte im Lakkasuo-Moor.....	42
4.5	Die C/N-Verhältnisse.....	43
4.5.1	Die C/N-Verhältnisse der Palsamoore.....	43
4.5.2	Die C/N-Verhältnisse im Lakkasuo-Moor.....	44
4.6	DRIFT-Analyse.....	45
4.6.1	DRIFT-Analyse auf den Palsamoorestandorten.....	45
4.6.2	DRIFT-Analyse im Lakkasuo-Moor.....	46
4.7	Mehrfaktorielle Varianzanalyse.....	47
5.	Diskussion.....	49
5.1	Unterschiede zwischen den Moorgebieten.....	49
5.2	Der Einfluss des Temperatureffekts.....	52
5.3	Der Einfluss der Moordegradation.....	55
5.3.1	Der Degradationseffekt bei Palsamooren.....	55
5.3.2	Der Drainageeffekt im Lakkasuo-Moor.....	57
5.4	Einfluss des Tiefeneffekts.....	60
5.5	Methanrespiration.....	62
6.	Schlussfolgerung und Ausblick.....	65
	Literaturverzeichnis.....	69
	Anhang.....	75