

## **PFLANZENGESELLSCHAFTEN UND KOHLENSTOFFHAUSHALT DER HÖHEREN UND DER NIEDEREN ARKTIS**

**CHRISTOPH WÜTHRICH, INGO MÖLLER UND DIETBERT THANNHEISER,  
HAMBURG**

### **SUMMARY**

To compare plant communities, soils and carbon budget within different vegetation zones of the Arctic two catchment areas of about 60 ha were chosen: A strongly maritime influenced piedmont at the west coast of Spitsbergen for the High Arctic, and also a coastal, but continentally influenced area on the western Canadian Arctic archipelago (Victoria Island) for the Low Arctic. In the years 1996 and 1998 respectively, the plant communities and the phytomass (above- and below-ground) and soils as carbon pools as well as the carbon fluxes in summer (soil respiration, photosynthesis and hydrologic TOC-export) were determined in both catchment areas. By means of a Geographic Information System the results of the measurement plots were projected onto the catchment area. The distribution of the vegetation types reflects the different climatic conditions in the two study areas: Snowbed and moss tundra vegetation dominate on Spitsbergen, grass heath and grass moor vegetation in the Canadian Arctic. In the latter, low-arctic catchment area 36 vegetation units (communities and associations) with 105 plant species as basic constituents were distinguished, but only 18 vegetation units with 58 species in the high-arctic Spitsbergen. The carbon content of the generally deeper and more developed soils in the Canadian study area exceeds that in Spitsbergen by nearly four times (mean in the study areas:  $19.7 \text{ kg C m}^{-2}$  versus  $5.1 \text{ kg C m}^{-2}$ ). The carbon content in the phytomass is also higher in the Canadian Arctic than in the high-arctic Spitsbergen (about twice as high; mean in the study areas:  $1.03 \text{ kg}$  versus  $0.51 \text{ kg C m}^{-2}$ ). Additionally the phytomass is stored more below-ground in the Low Arctic. In contrast to the latter catchment area, where carbon was fixed from the atmosphere (mean  $1.17 \text{ g CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ), a carbon loss to the atmosphere was measured in the high-arctic and oceanic Spitsbergen (mean  $-0.581 \text{ g CO}_2\text{-C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ ) under the prevailing misty and rainy weather conditions. In both catchment areas the hydrologic carbon exports via TOC are about two dimensions lower than the gaseous exports. Therefore, they are negligible for calculations of the carbon balance in the catchments areas.

### **ZUSAMMENFASSUNG**

Für vergleichende Untersuchungen von Pflanzengesellschaften, Böden und Kohlenstoffhaushalt wurden in unterschiedlichen Vegetationszonen der Arktis zwei je rund 60 ha grosse Einzugsgebiete als Testflächen gewählt: Für die höhere Arktis eine maritim beeinflusste Ebene an der Westküste Spitzbergens, für die niedere Arktis ein ebenfalls küstennahes Gebiet auf dem westlichen ka-

riabilität im Bodenbereich, fällt auf Spitzbergen auch bei der Vegetation die flächenmässig grosse Bedeutung von Pioniergesellschaften mit extrem niedriger Produktivität auf.

Die in der kanadischen Arktis viel günstigeren Strahlungsbedingungen wirken sich stark auf die Photosyntheseaktivität der Pflanzendecke aus. Im Gegensatz zu Spitzbergen, sind in der kanadischen Arktis tagsüber starke  $\text{CO}_2$ -Aufnahmeraten zu messen, die an fast allen Standorten die Bodenrespiration deutlich übertreffen. Dies wirkt sich in der Bilanz dahingehend aus, dass Kohlenstoff im Sommer in der Phytomasse gespeichert wird, wobei der betrachtete Ökosystemausschnitt eine Netto-Zufuhr von Kohlenstoff erfährt. Eine interessante Ausnahme von diesem Muster bilden die Vegetationstypen der Fleckentundra (C-PT) und der Schneebodenvegetation (C-SB) in der kanadischen Arktis, die bei hohen PAR-Flüssen nahe am Kompensationspunkt verbleiben. Auf den ersten Blick erscheint dieser Befund rätselhaft, da bei klarem Himmel um die Mittagszeit (also maximalen Lichtflüssen) die Netto-C-Bilanz positiv sein sollte, damit eine Speicherung von Kohlenstoff überhaupt möglich ist. Die hohen Lichtflüsse verursachen jedoch gleichzeitig  $\text{CO}_2$ -Verluste, indem die pflanzliche Lichtatmung sowie die im erwärmten Boden erhöhte Bodenatmung gleichzeitig die Verluste maximieren.

### *Hydrologische C-Austräge*

Im Vergleich zu den beschriebenen gasförmigen C-Flüssen (im Bereich mehrerer Gramm Kohlenstoff pro Quadratmeter und Tag) liefert in beiden untersuchten Ökosystemen der Stoffpfad über den Vorfluter nur sehr geringe Kohlenstoffausträge von  $7.625 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  ("Eidembukta") respektive  $3.391 \text{ mg C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  ("West-Arm"). Obwohl die Konzentrationen von TOC im kanadischen Vorfluter rund 5-fach höher sind als in der Hocharktis, wird durch die geringeren Abflussmengen (weniger Niederschlag, höhere Verdunstung) auf die Fläche bezogen weniger TOC über diesen Stoffpfad ausgetragen, als im ozeanischen Spitzbergen. Die TOC-Austräge liegen in beiden ökologischen Zonen um rund zwei Grössenordnungen tiefer als die gasförmigen Verluste. Selbst eine Verdopplung der TOC-Austräge nach einer Klimaveränderung würde demnach für die Kohlenstoffbilanz der Tundra - im Gegensatz zu Veränderungen bei den gasförmigen C-Austrägen - keine wesentlichen Änderungen in der Bilanz verursachen.

## LITERATUR

- BILLINGS, W.D., LUKEN J.O., MORTENSEN D.A. & PETERSON, K.M. 1982, Arctic Tundra: A source or Sink for Atmospheric Carbon Dioxide in a Changing Environment?: *Oecologia*, v. 53, p. 7-11.
- BLUME, H.-P. & BOELTER, M., 1996, Wechselwirkungen zwischen Boden- und Vegetationsentwicklung in der Kontinentalen Antarktis: *Verh.Ges.Oekol.*, v. 25, p. 25-34.
- DIERSCHKE, H., 1994, Pflanzensoziologie: Stuttgart, 683 p.
- ELVEBAKK, A., 1990, Verknader av klimaendringer ps terrestrisk flora og vegetasjon, in Kvernadal, A.-I., Elvebakk, A., Jaworowski, Z. and Hansson, R., editor, Norsk Polarinstitutt Rapportserie: Oslo, p. 55-101.
- ENVIRONMENT CANADA, ed., 1998, Canadian Climate Normals 1961 - 1990: Cambridge Bay A, Northwest Territories. - <http://www.cmc.ec.gc.ca/climate/normals/nwtc001.htm>.
- GORHAM, E., 1991, Northern Peatlands: Role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming: *Ecol.Applic.*, v. 1, p. 182-195.
- LESER, H., 1991, Landschaftsoekologie. Ansatz, Modelle, Methodik, Anwendung.: Stuttgart, 1-647 p.

- MILLER, P.C., KENDALL, R. & OECHEL, W.C. 1983, Simulating carbon accumulation in northern ecosystems: Simulation, p. 119-131.
- MITCHELL, J. F. B., MANABE, S., MELESHKO, V. & TOKIOKA, T. L., 1990, Equilibrium climate change and its implications for the future, in Houghton, J. T., Jenkins, G., J., and Ephraums, J. J., editors, The IPCC assessment, Cambridge University Press, p. 131-172.
- MÖLLER, I., THANNHEISER, D. & WÜTHRICH, C., 1998, Eine pflanzensoziologische und vegetationsökologische Fallstudie in Westspitzbergen: Geoökodynamik, v. 19, p. 1-18.
- OECHEL, W. C., HASTINGS S.J., VOURLITIS G., JENKINS M., RIECHERS G. & GRULKE N. 1993, Recent change of Arctic Tundra ecosystems from a net carbon dioxide sink to a source: Nature, v. 361, p. 520-523.
- OHMURA, A., 1982, Regional water balance on the Arctic Tundra in summer: Water Resources Research, v. 18, p. 301-305.
- REMPFLER, A., 1989, Boden und Schnee als Speicher im Wasser- und Nährstoffhaushalt hocharktischer Geosysteme Raum Ny Alesund, Broeggerhalvoeya, NW-Spitzb., Mat.z.Physiogeogr.: Basel, Leser,H., p. 1-106.
- SKYE, E., 1989, Changes to the climate and flora of Hopen Island during the last 110 years: Arctic, p. 323-332.
- STEUBING, L. & FANGMEIER, A., 1992, Pflanzenökologisches Praktikum: Stuttgart, Ulmer, 1-205 p.
- THANNHEISER, D., 1987, Die Vegetationszonen in der westlichen kanadischen Arktis: Hamburger Geogr. Stud. 43: 159-177.
- THANNHEISER, D., 1988, Eine landschaftsoekologische Studie bei Cambridge Bay, Victoria Island, Canada: Mitt.Geogr.Ges.Hamburg, p. 1-51.
- THANNHEISER, D., 1994, Vegetationsgeographisch-synsoziologische Untersuchungen am Liefdefjord (NW-Spitzbergen): Z.Geomorph.N.F., p. 205-214.
- THANNHEISER, D., MÖLLER, I. & WÜTHRICH, C., 1998, Eine Fallstudie über die Vegetationsverhältnisse, den Kohlenstoffkreislauf und mögliche Auswirkungen klimatischer Veränderungen in Westspitzbergen: Verh.Ges.Ökologie, v. 28, p. 475-484.
- WÜTHRICH, C., 1991, Landschaftsökologische Umweltforschung: Beiträge zu den Wechselwirkungen zwischen biotischen und abiotischen Faktoren im hocharktischen Ökosystem Spitzbergen: Erde, v. 122, p. 335-352.
- WÜTHRICH, C., 1994, The biological activity of arctic soils with special consideration of orithogenic soils Spitsbergen and Finmark: Physiogeographica, v. 17, p. 1-222.
- WÜTHRICH, C., DÖBELI, C., SCHAUB, D. & LESER, H. 1994, The pattern of carbon-mineralisation in the high-Arctic tundra (Western and Northern Spitsbergen) as an expression of landscape ecologic environment heterogeneity: Z.Geomorph.N.F.Suppl., v. 97, p. 251-264.
- WÜTHRICH, C., MÖLLER, I. & THANNHEISER, D., 1998, Soil carbon losses due to increased cloudiness in a high Arctic tundra watershed (Spitsbergen), in Lewkowicz, A. G., and Allard, M., editors, Seventh International Conference on Permafrost: Collection Nordicana: Yellowknife, Université Laval, p. 1165-1172.

Eingang des Manuskripts: 08.12.1999

Annahme des Manuskripts: 02.01.2000

#### Anchrift der Autoren:

Dr. Christoph Wüthrich, Dr. Ingo Möller, Prof. Dr. Dietbert Thannheiser, Institut für Geographie der Universität Hamburg, Bundesstraße 55, D-20146 Hamburg. E-mail: thannheiser@geowiss.uni-hamburg.de