

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie

Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel

Band: 53 (2012)

Heft: 1-2

Artikel: Geoökologische Standortanalyse und C-Inventarisierung von unterschiedlich genutzten Waldflächen in Likely, BC, Kanada

Autor: Mösch, Dominik / Kuhn, Nikolaus J. / Hoffmann, Ulrike

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088205>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Geoökologische Standortanalyse und C-Inventarisierung von unterschiedlich genutzten Waldflächen in Likely, BC, Kanada

Dominik Mösch, Nikolaus J. Kuhn und Ulrike Hoffmann

Zusammenfassung

Wälder und Waldböden spielen eine wichtige Rolle im globalen Kohlenstoffkreislauf und somit für die Stabilität des Klimas. Insbesondere forstwirtschaftliche Nutzungsformen wie Kahlschläge beeinflussen die Kohlenstoff(C)-Vorräte im mineralischen Boden und der organischen Auflage. Diese Studie befasst sich mit den Folgen von intensiver forstwirtschaftlicher Nutzung auf die C-Gehalte des Waldbodens in British Columbia. Das Ziel der Studie war es, anhand einer geoökologischen Standortanalyse und einer C-Inventarisierung Aussagen zum C-Speicher und dessen Einflussfaktoren in Abhängigkeit des Vegetationsalters zu machen. Die Ergebnisse zeigen, dass der Boden als volatile Senke betrachtet werden muss und dass in den Wäldern British Columbias in der organischen Auflage bis zu 57 % des C-Speichers an einem Standort gespeichert sind.

1 Einleitung

Etwa 30 % der Landfläche unserer Erde sind mit Wäldern bedeckt. In der Diskussion um Klimawandel und Kohlenstoffkreisläufe spielen diese Waldflächen eine wichtige Rolle, denn Wälder und deren Böden stellen einen grossen, metastabilen Kohlenstoffspeicher und somit eine potenzielle Quelle oder Senke von Treibhausgasen dar (IPCC 2010). Der Klimawandel hat ausserdem einen direkten Einfluss auf die Standortbedingungen der Wälder, v. a. auf Wasserverfügbarkeit und Temperatur. Auch Störungen wie Waldbrände, Baumkrankheiten oder Trockenheit und Auswirkungen auf die individuellen Organismen (Wachstum & Mortalität) werden vom Klima beeinflusst.

Nach derzeitigem Verständnis werden Waldböden als grösstes terrestrisches Kohlenstoffreservoir betrachtet. Aktuell sorgen sie für eine jährliche Speicherung von bis zu 2.6 Pg C und erklären somit Teile des “missing sink” in der Bilanz des atmosphärischen Kohlenstoffs (Hoosbeeck 2010, 35). Neben tropischen Regenwäldern (Fläche etwa 8.4 %) besitzen boreale Nadelwälder einen Flächenanteil von 9.4 % und sind als potenzielle Senke essenziell für die Stabilisierung des

Adresse der Autoren: Dominik Mösch, Hofmattweg 29, CH-4144 Arlesheim; E-Mail: dominik.moesch@bluewin.ch; Prof. Dr. Nikolaus. J. Kuhn, Ulrike Hoffmann, Universität Basel, Departement Umweltwissenschaften, Physische Geographie und Umweltwandel, Klingelbergstrasse 27, CH-4056 Basel; E-Mail: nikolaus.kuhn@unibas.ch, ulrike.hoffmann@unibas.ch

Weltklimas (Perruchoud et al. 2000, 111; Lal 2001, 2). Ökotone wie die borealen und subborealen Waldregionen reagieren dabei besonders sensibel auf Klimaveränderungen, insbesondere, wenn sie durch eine forstwirtschaftliche Nutzung einer Veränderung von Artenzusammensetzung, Alter und Vegetationsstruktur ausgesetzt sind (CCFM 2011, 12). Dies trifft potenziell besonders stark auf die intensiv forstwirtschaftlich genutzten borealen Nadelwälder Kanadas zu (Natural Resources Canada 1999; Canadian Forests 2010). Das Verständnis der Interaktion zwischen anthropogenen Eingriffen in den Wald, der Standort- und speziell der Bodeneigenschaften sowie der aktuellen Kohlenstoffspeicherung ist daher entscheidend für die Aussage, ob eine bestimmte Waldfläche als Speicher oder als Quelle von Treibhausgasen fungiert (CCFM 2010, 8; Davis et al. 2009, 2101). Ziel der vorliegenden Arbeit war daher eine geoökologische Aufnahme der Standorteigenschaften und des C-Speichers in einem intensiv forstwirtschaftlich genutzten Waldgebiet im zentralen Teil von British Columbia, Kanada.

Im Rahmen der Arbeit wurden drei Waldflächen mit unterschiedlich alten Waldbeständen geoökologisch untersucht und das Bodenkohlenstoffinventar bestimmt. Die Auswahl der Flächen konzentrierte sich bewusst auf den Faktor Waldalter, da durch die intensive Forstwirtschaft in British Columbia während der letzten 60 Jahre von dieser Veränderung im Vergleich zu den übrigen Faktoren (vgl. Abb. 1) der stärkste Einfluss auf den C-Speicher erwartet wird (Li et al. 2010, 407 Pregitzer & Euskirchen 2004, 2057). Außerdem erhofft man sich durch die Waldbewirtschaftungsmethoden des "Sustainable forest management" und des "Forest Carbon Management" den bestehenden C-Speicher besser zu erschliessen, sodass der C-Speicher im Boden erhöht werden kann (CCFM 2010, 1; Greig & Bull 2008, 4).

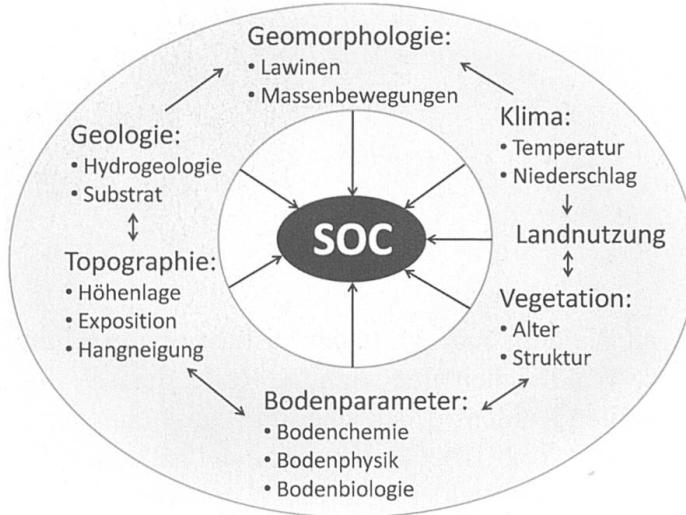


Abb. 1 Schematische Darstellung des Wirkungsgefüges, das den C-Speicher innerhalb eines Waldökosystems bestimmt.
(Grafik: D. Mösch, 31.3.2010)

2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst drei Waldflächen mit unterschiedlichem Vegetationsalter (20, 40 und älter als 150 Jahre) in der Nähe von Likely (52°36'N / 121°32'W) auf dem Interior Plateau British Columbias (Abb. 2). Die Landschaft ist rezent glazial und fluvioglazial geformt und erhebt sich zwischen 900 bis 2'300 m ü. M. Die Jahresmitteltemperatur beträgt 4.6 °C, der Niederschlag 690 mm/Jahr, etwa die Hälfte fällt als Schnee (Canada Environment 2010). In der Region dominiert der – nach der kanadischen Bodenklassifikation – Bodentyp der ortho humo-ferric Podsole (vgl. Abb. 3), aber auch Luvisole und Brunisole sind häufig anzutreffen (Lord 1984, 28).

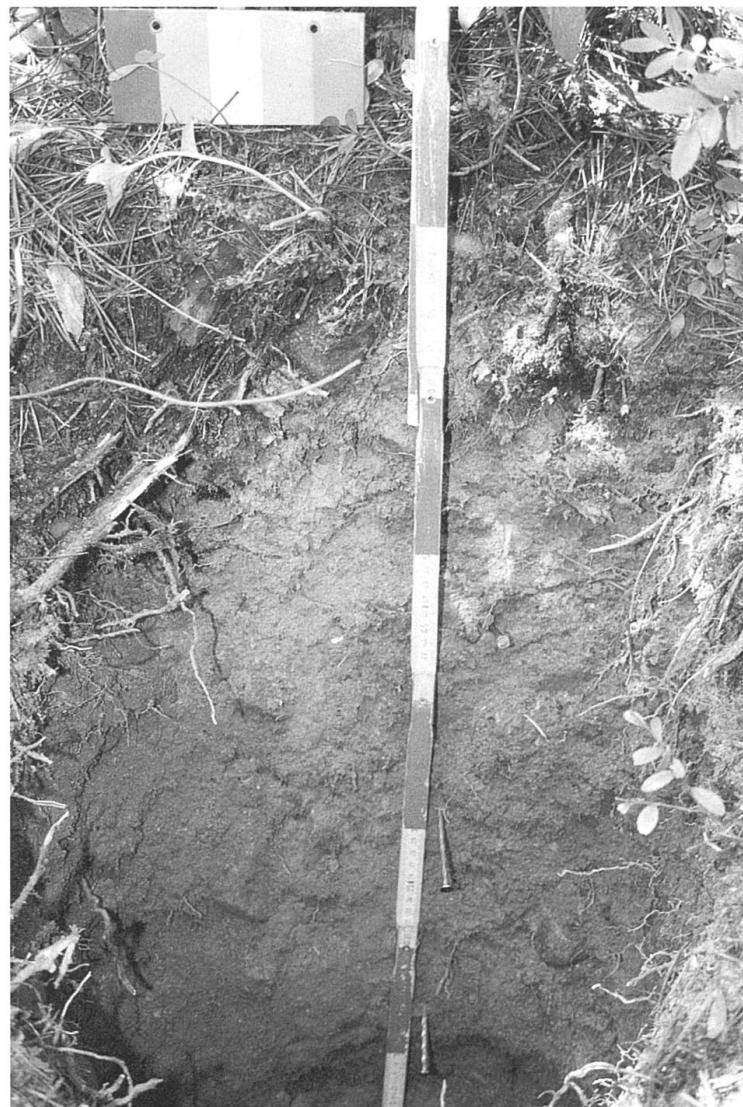
Abb. 2 Übersichtskarte über die Forest Regions in British Columbia. Likely befindet sich im Nordosten der Cariboo Forest Region. Verändert nach Steen & Coupe 1997.



Abb. 3 Bodenprofil eines ortho humo-ferric Podzols in der Mitte der jüngsten Untersuchungsfläche mit 20-jährigem Baumbestand.

Foto: D. Mösch, Juni 2009

Die Vegetation an den drei Untersuchungsstandorten setzt sich neben Vertretern der Strauch- und Krautschicht aus verschiedenen Nadelbaumarten wie *Pseudotsuga menziesii*, *Picea glauca*, *Thuja plicata* und *Tsuga heterophylla* zusammen (B.C. MoF 1991, 34 und 53f.). Seit ca. 150 Jahren wird in der Region Holzschlag betrieben (*The Cariboo Community of Likely* 2010). Lediglich die älteste Untersuchungsfläche wurde bis dato von den Kahlschlägen verschont. Die vor 20 und 40 Jahren abgeholt Flächen wurden nach Kahlschlag aufgeforstet.



3 Methoden

Mittels Waldalterkarten und Begehungen im Feld wurden drei unterschiedlich alte, je 1 ha grosse Untersuchungsflächen bestimmt. Die Flächen wurden alle nach dem gleichen Vorgehensmuster im Feld beprobt. An neun gleichmässig verteilten Hauptpunkten wurde eine mindestens 50 cm tiefe Bodengrube gegraben und eine komplette Bodenansprache durchgeführt. Pro Horizont wurde jeweils eine Bodenprobe genommen, die anschliessend auf Korngrösse, Bodendichte, pH, Kationenaustauschkapazität, Stickstoff, Phosphor, Kalium, Basensättigung, organische Substanz) untersucht wurde. Mittels Stechzylindern wurden an den Haupt- und Nebenpunkten weitere Proben der organischen Auflage genommen, um die räumliche Variabilität ihrer Mächtigkeit und Dichte abzuschätzen.

Die Berechnung der C-Gehalte der organischen Auflage erfolgte nach dem Ansatz von *Smith & Heath* (2008, 6) aus Multiplikation von Lagerungsdichte mal Mächtigkeit mal den Faktor 0.37 (zur Konversion der gemessenen organischen Substanz in Kohlenstoff). Für den mineralischen Boden wurden die Lagerungsdichte, die Mächtigkeit und der TOC-%-Wert verwendet (TOC = *Total organic carbon*). Die Werte für die Hauptpunkte wurden für die Berechnung der Menge C pro Hektar ($t\ ha^{-1}$) gemittelt.

4 Resultate und Diskussion

Die wichtigsten Ergebnisse der Analyse sind in Tab. 1 dargestellt. Ein Einfluss der untersuchten Bodeneigenschaften auf den C-Speicher ist nicht nachweisbar. Deutliche Unterschiede zeigen sich jedoch v. a. in der Mächtigkeit und im C-Speicher der organischen Auflage. Beim jüngsten Baumbestand war am wenigsten C im mineralischen Boden gespeichert (72.5 t/ha) und am meisten in der organischen Auflage (98.26 t/ha). Während die älteste Fläche den kleinsten C-Speicher der Auflage (33.59 t/ha) aufweist, hat die mittlere den grössten C-Speicher im mineralischen Boden (126.38 t/ha). Dieses Muster lässt sich aus dem Verhältnis von Nettoprimärproduktion (NPP) und dem Abbau des Bestandsabfalls erklären (Abb. 4).

Kohlenstoffpools während De- und Reforestation

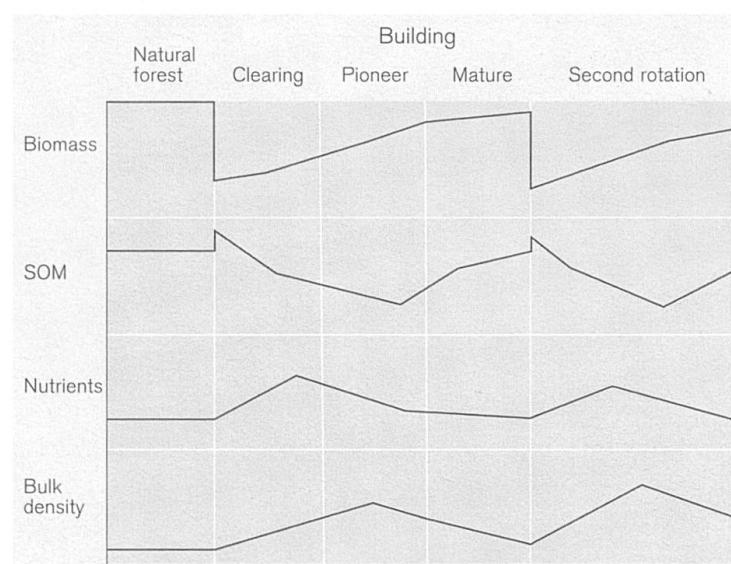


Abb. 4 Schematische Darstellung der Entwicklung der Kohlenstoffspeicher Biomasse (*biomass*) und Bodenkohlenstoff (*SOM = Soil organic matter*) sowie der Nährstoffe (*nutrients*) und der Lagerungsdichte (*bulk density*) während der Abholzung und Wiederbewaldung (*De- und Reforestation*). Verändert nach *Slaymaker & Spencer* 1998.

Tab. 1 Ergebnisse der Bodenuntersuchung auf Flächen unterschiedlichen Waldalters in der Region Likely, BC.

Vegetationsalter	20 Jahre	40 Jahre	>150 Jahre
Sandanteil [%]	73.12 (n = 29; SD = 11.75)	50.15 (n = 25; SD = 12.18)	57.47 (n = 24; SD = 5.83)
Schluffanteil [%]	20.10 (n = 29; SD = 9.59)	36.33 (n = 25; SD = 9.65)	31.68 (n = 24; SD = 4.94)
Tonanteil [%]	6.78 (n = 29; SD = 2.37)	13.52 (n = 25; SD = 4.86)	10.85 (n = 24; SD = 1.31)
pH	5.96 (n = 29; SD = 0.45)	5.75 (n = 25; SD = 0.75)	5.71 (n = 24; SD = 0.32)
Basensättigung [%]	74.63 (n = 8; SD = 42.80)	48.65 (n = 8; SD = 38.08)	61.93 (n = 8; SD = 20.05)
Summe KAKpot [cmol/kg]	8.17 (n = 8; SD = 3.88)	8.76 (n = 8; SD = 6.06)	7.60 (n = 8; SD = 2.52)
Lagerungsdichte [g/cm ³]	1.40 (n = 29; SD = 0.40)	1.06 (n = 25; SD = 0.31)	1.48 (n = 24; SD = 0.38)
Mächtigkeit org. Auflage [cm]	5.22 (n = 9; SD = 2.73)	11.00 (n = 8; SD = 2.93)	6.67 (n = 9; SD = 1.58)
C in org. Auflage [t/ha]	98.26	93.26	33.59
SOC in obersten 50cm mineralischem Boden [t/ha]	72.50	126.38	76.14
Gesamt-C-Pool [t/ha]	170.76	219.64	109.73

Kahlschlag produziert zunächst einen hohen Bestandsabfall und baut daher sowohl die organische Auflage wie auch verzögert die organische Bodensubstanz auf. Zunächst verringert sich jedoch die NPP. Mit zunehmendem Baumalter steigt zunächst die NPP an, das Maximum der NPP wird jedoch etwa bei 100% Vegetationsbedeckung überschritten (Pregitzer & Euskirchen 2004, 2062; Gower et al. 1996, 382). Gleichzeitig ist die theoretische potenzielle Abbaurate des Bestandsabfalls gleich. Dementsprechend wird die organische Auflage nach einer Abholzung zunächst abgebaut und wächst dann mit zunehmender NPP wieder. Bei maximaler NPP stellt sich dann ein Gleichgewicht zwischen NPP und Abbau der organischen Auflage ein.

Die Abbaurate kann sich durch die Veränderung des Mikroklimas nach Kronenschluss und durch Zunahme des Holzanteils im Bestandsabfall bei zunehmendem Waldalter ebenfalls reduzieren und somit die Mächtigkeit der organischen Auflage stabilisieren. Entsprechend befindet sich die jüngste Fläche in einem Zustand mit noch hohen Restbeständen des Bestandsabfalls, aber geringer NPP und relativ geringem C-Gehalt des mineralischen Bodens. Die Fläche mit 40-jähriger Vegetation hat einerseits die höchste NPP, andererseits wurde der Bestandsabfall weitgehend abgebaut und so die organische Substanz im mineralischen Boden erhöht. Auf der ältesten Fläche ist durch verringerte NPP der alten Bäume sowohl C in der Auflage wie auch im mineralischen Boden verringert.

5 Fazit

In der vorliegenden Arbeit wurde die Auswirkung des Waldalters auf die Grösse des C-Speichers im Waldboden und der organischen Auflage analysiert. Das C-Inventar zeigt, dass der Boden als eine volatile Senke bezeichnet werden muss. Die älteste Untersuchungsfläche speichert dabei in etwa gleich viel Kohlenstoff im Boden wie die jüngste. Die Sichtweise, dass sehr alte Wälder potenziell die grösseren C-Speicher besitzen als die jüngsten Waldareale, kann daher nicht bestätigt

werden. Allerdings sind die alten Speicher als stabil zu betrachten, weil sich der Grossteil der organischen Substanz im mineralischen Boden befindet. Die Ergebnisse zeigen daher, dass eine C-Senkenfunktion des borealen Nadelwalds in British Columbia v. a. durch eine Veränderung der Abholzungspraxis und der damit verbundenen zeitweisen Verringerung des Gehalts an organischer Substanz erreicht werden kann. Dies deutet an, dass eine kleinräumige, selektive Nutzung des Waldes (*Selective Logging*) zum Schutz der organischen Auflage eine Vergrösserung des C-Speichers ermöglichen würde.

Danksagung

Ein grosser Dank gebührt den Mitstudierenden im Rahmen dieses Forschungsprojekts sowie den Mitarbeitenden der *Quesnel River Research Station* der *University of Northern British Columbia* in Likely BC. Ebenso möchten wir uns bei der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (ScNat) sowie dem Werenfels-Fonds für die finanzielle Unterstützung des Projekts und des Feldaufenthalts ganz herzlich bedanken.

Literatur

B.C. MoF (British Columbia Ministry of Forests) (Hrsg.) 1991. *Ecosystems of British Columbia Bioclimatic*. Special Report Series 6, Victoria, 1–330. Online verfügbar: <http://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Srs/Srs06.pdf> [Eingesehen am 20.6.2010]

Canada Environment 2010. *Canadian Climate Normals 1971–2000, Likely British Columbia*. Online verfügbar: http://climate.weatheroffice.gc.ca/climate_normals [Eingesehen am 22.6.2010]

Canadian Forests (Hrsg.) 2010. *Canadian Forests – Quick Facts*. Online verfügbar: http://www.canadian-forests.com/canadian_forests_quick_facts.htm [Eingesehen am 5.5.2010]

CCFM (Canadian Council of Forest Ministers) (Hrsg.) 2010. *Sustainable Forest Management in Canada*. Seiten 1–16. Online verfügbar: http://www.sfmcanada.org/english/pdf/SFMBook-let_E_US.pdf [Eingesehen am 2.3.2010]

CCFM (Canadian Council of Forest Ministers) (Hrsg.) 2011. *Vulnerability of Canada's Tree Species to Climate Change and Management Options for Adaptation: An Overview for Policy Makers and Practitioners*. Online verfügbar: http://www.ccfm.org/pdf/TreeSpecies_web_e.pdf [Eingesehen am 2.11.2011]

Davis S.C., Hessl A.E., Scott C.J., Adams M.B. & Thomas R.B. 2009. Forest carbon sequestration changes in response to timber harvest. *Forest Ecology and Management* 258: 2101–2109.

Gower S.T., McMurtrie R.E. & Murty D. 1996. Above-ground net primary production decline with stand age: Potential causes. *Trends in Ecology & Evolution* 11(9): 378–382.

Greig M. & Bull G. 2008. *Carbon management in British Columbia's forests: Opportunities and challenges*. Forrex Forum for Research and Extension in Natural Resources, Kamloops, B.C. Forrex Series 24, 1–48. Online verfügbar: <http://www.forrex.org/publications/forrexseries/fs24.pdf> [Eingesehen am 24.5.2010]

Hoosbeek M.R. 2010. Soil carbon stabilization under increased atmospheric CO₂. In: Brunner I. (Hrsg.): *Belowground carbon turnover in european forests – State of the art*. WSL, Birmensdorf, 35–40.

IPCC (Hrsg.) 2010. *The Carbon Cycle and the Climate System (Chapter 7.3)*. URL: Online verfügbar: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch7s7-3.html#7-3-1 [Eingesehen am 21.4.2010]

Lal R. 2001. Soils and the Greenhouse Effect. In: Lal R. (Hrsg.): Soil Carbon sequestration and the greenhouse effect. *SSSA* (Soil Science Society of America), *Special Publication Number 57*. Madison, 1–8.

Li P., Wang Q., Endo T., Zhao X. & Kakubari Y. 2010. Soil organic carbon stock is closely related to above-ground vegetation properties in cold-temperate mountainous forests. *Geoderma* 154: 407–415.

Lord T.M. 1984. *Soils of the Horsefly Area, British Columbia*. British Columbia Soil Survey Report No. 32: 1–108. Online verfügbar: http://sis.agr.gc.ca/canis/publications/bc/bc32/bc32_report.pdf [Eingesehen am 5.5.2010]

Natural Resources Canada (Hrsg.) 1999. *Temperature rising: Climate change in south-western British Columbia*. Online verfügbar: http://adaptation.nrcan.gc.ca/post-ers/bc/images/bc_poster_e.jpg [Eingesehen am 5.11.2011]

Perruchoud D., Walthert L., Zimmermann S. & Lüscher P. 2000. Contemporary carbon stocks of mineral forest soils in the Swiss Alps. *Biogeochemistry* 50: 111–136.

Pregitzer K.S. & Euskirchen E.S. 2004. Carbon cycling and storage in world forests: biome patterns related to forest age. *Global Change Biology* 10: 2052–2077.

Slaymaker O. & Spencer T. 1998. *Physical Geography and Environmental Change*. Harlow, 1–292.

Smith J.E. & Heath L.S. 2008. *A Model of Forest Floor Carbon Mass for United States Forest Types*. USDA Forest Service, Northern Research Station, Research Paper NE-722. 1–37. Online verfügbar: http://www.fs.fed.us/ne/durham/4104/papers.smith_heath_2002.pdf [Eingesehen am 14.5.2010]

Steen O.A. & Coupé R.A. 1997. *A field guide to forest site identification and interpretation for the Cariboo Forest Region*. BC Min. For., Victoria, BC Land Manage. Handbook No. 39. Online verfügbar: http://www.for.gov.bc.ca/hfd/pubs/Docs/Lmh/Lmh_39_Part1.pdf [Eingesehen am 5.5.2010]

The Cariboo Community of Likely (Hrsg.) 2010. *Gateway to the Cariboo Mountains*. Online verfügbar: <http://www.likely-bc.ca/index.html> [Eingesehen am 1.2.2010]

