

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 54 (2013)
Heft: 1

Artikel: Bodendegradation und entgegenwirkende Massnahmen in Island : Beiträge der Basler Forschung
Autor: Würsch, Mathias / Carle, Nina / Carle, Nina / Hunziker, Matthias
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088182>

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: 18.04.2026

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

Bodendegradation und entgegenwirkende Massnahmen in Island – Beiträge der Basler Forschung

Mathias Würsch, Nina Carle und Matthias Hunziker

Zusammenfassung

Die Besiedlung Islands durch den Menschen hat zu einem starken Rückgang der Waldbedeckung und erhöhten Bodenerosionsraten geführt, so dass Desertifikation trotz des kühlen und humiden Klimas die verbliebenen fruchtbaren Böden Islands bedroht. Die isländische Regierung versucht seit über 100 Jahren die Bodenerosion zu stoppen und degradierte Gebiete zu rekultivieren. In diesem Artikel werden neben der Geschichte der isländischen Bodenerosion drei Projekte der Forschungsgruppe Physiogeographie und Umweltwandel der Universität Basel vorgestellt, die in Island stattgefunden haben. Untersucht wurden die Rekultivierung von Sandwüsten mithilfe der Alaska-Lupine, die Kohlenstoffspeicherung von aufgeforsteten Birken sowie die Quantität und Qualität von organischem Kohlenstoff in aufgeforsteten Wäldern.

1 Landnahme und Rodungen auf Island

Unter der Landnahme (Landnám) versteht man die Besiedlung Islands durch die Wikinger zwischen 870 und 930 AD (Smith 1995, 319). Die Wikinger sahen sich selber als ein Volk von Bauern und brachten aus ihren skandinavischen Herkunftsländern Erfahrungen in der Landwirtschaft mit. So kam die Viehwirtschaft in ein Ökosystem, das vorher so gut wie gar keinen Druck durch Weidetiere kannte, da ausser dem Polarfuchs keine Landsäuger in Island lebten. Ari Þorgilsson (“Ari der Gelehrte”, 1068–1148 AD) dokumentierte im Isländerbuch die Besiedlung Islands und beschrieb darin unter anderem die Waldbedeckung, die von der Küste bis zu den Bergen gereicht haben soll. Dabei handelte es sich um dieselben Baumarten, die auch heute noch in Reliktpopula-

Adresse der Autoren: B.Sc. Mathias Würsch, Schulackerstrasse 21a, CH-4142 Münchenstein; E-Mail: mathias.wuersch@gmail.com; B.Sc. Nina Carle, Am Sonnenrain 5, DE-79589 Binzen; E-Mail: nina.carle@stud.unibas.ch; M.Sc. Matthias Hunziker, Universität Basel, Departement Umweltwissenschaften, Physische Geographie und Umweltwandel, Klingelbergstrasse 27, CH-4056 Basel; E-Mail: matthias.hunziker@unibas.ch

tionen auf Island zu finden sind: Birke, Weide und, selten, Pappel. Mittlerweile ist erwiesen, dass Aris Aussage stark verallgemeinert, in den Grundzügen aber korrekt war. Gänzlich vegetationslos waren einzig Flächen im Hochland, Überflutungsgebiete sowie neuere Lavafelder (*Kristinsson* 1995, 32).

Insgesamt waren zur Zeit der Besiedlung rund 65 % der Fläche Islands von Vegetation bedeckt, davon mindestens 25 % von Birkenwäldern (*Arnalds* 1987, 508). Aus den isländischen Sagas geht hervor, dass die Siedler die vorhandenen Wälder rodeten, um daraus ihre Häuser zu bauen, Holzkohle herzustellen oder das Holz direkt als Feuerholz zu verwenden. Der Bedarf an grossen, offenen Landflächen für Ackerbau und Viehwirtschaft war ebenfalls ein Grund für die Abholzung der Wälder. Während der kleinen Eiszeit vom 15. bis zum 19. Jahrhundert stieg der Nutzungsdruck auf die Wälder noch einmal an, was vielerorts zu ihrem kompletten Verschwinden führte. Die natürliche Erholung der Vegetation wurde insbesondere durch die Viehwirtschaft, die von den Siedlern im grossen Umfang betrieben wurde, verhindert. Heutzutage sind lediglich etwa 40 % der Fläche Islands von Vegetation bedeckt, davon weniger als 1 % von Birkenwäldern (*Crofts* 2011, 30). Die einzigartige Kombination aus starkem menschlichem Eingriff, häufigen natürlichen Störungen durch Gletscherläufe sowie Vulkanausbrüchen, einem rauen, kühl-feuchten Klima und äusserst fragilen Böden hat dafür gesorgt, dass heute 35–45 % der Fläche Islands von Wüsten bedeckt ist (*Arnalds & Kimble* 2001, 1778).

2 Bodenerosion in Island

Die Böden Islands sind aus vulkanischen Ausgangsgesteinen entstanden und lassen sich dem für Vulkangebiete typischen Bodentyp *Andosol* zuordnen. Während der Verwitterung basaltischer Magma entstehen vor allem die Aluminiumsilikate Allophan und Imogolit sowie das Eisenoxid Ferrihydrit (*Arnalds* 2008, 413). Diese Tonminerale haben die spezielle Eigenschaft, dass sie nicht zusammenkleben, was die isländischen Böden sehr anfällig auf Wind- und Wassertransport macht. Das Ausmass der Bodenerosion der letzten 1'200 Jahre in Island konnte unter anderem mit Hilfe von Tephrochronologie, der Analyse von in den Böden eingelagerten Tephraschichten, rekonstruiert werden (*Dugmore et al.* 2009). Das Ergebnis dieser Studie war, dass sich die isländische Landschaft vor dem Eintreffen der Siedler in einem relativ stabilen und widerstandsfähigen Zustand befand. Dies änderte sich nach der Besiedlung. Insbesondere hoch gelegene Weidestände sowie Gebiete, in denen die Wälder gerodet wurden, begannen erhöhte Erosionsraten aufzuweisen. Die Hauptursachen hierfür liegen in der erwähnten Erosionsanfälligkeit der isländischen Böden und der fehlenden Anpassungsfähigkeit des Ökosystems an die neuen Störungen. Ist die Vegetationsdecke isländischer *Andosole* einmal so stark gestört, dass Erosion einsetzt, so vergrössert sich die Erosionsfläche – angetrieben von Wind und Wasser – selbstständig weiter (Abb. 1). Über den Zeitraum einiger Jahrzehnte oder Jahrhunderte konnten so auch aus kleinen Schäden, beispielsweise durch Beweidung, grosse zusammenhängende Wüstengebiete entstehen, auf denen Boden, organisches Material, Nährstoffe und Samenbanken durch Wind- und Wassererosion abtransportiert wurden (insgesamt bis zu 30 Mio t Boden pro Jahr) (*Runolfsson* 1987, 515; *Arnalds* 2000, 27). Die Folgen der landwirtschaftlichen Nutzung in Island sind so gravierend, dass erodierete Flächen teilweise als "schafgemachte Landschaften" bezeichnet werden (*Dugmore & Buckland* 1991, 154). Starke Winde während Trockenperioden führten zu Sandstürmen, die massive Schäden an der Vegetation anrichteten, wodurch sich die Wüstenflächen weiter ausbreiteten. Gerade nach solchen Extremereignissen waren die Probleme für jedermann sichtbar, jedoch waren die meisten Isländer bis Ende des 19. Jahrhunderts der Ansicht, diesen Naturgewalten hilflos ausgeliefert zu sein (*Crofts* 2011, 22).

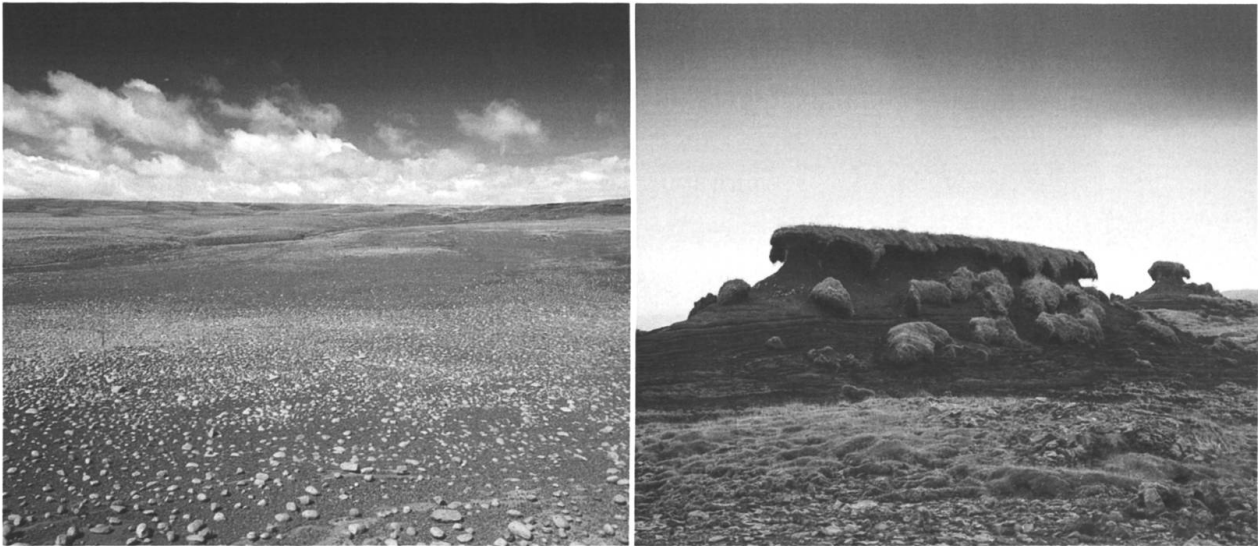


Abb. 1 Isländische Wüstenlandschaft (Geitasandur, Südisland) und typisches isländisches Erosionsmuster, ein sogenanntes Rofabard. Zur Entstehungsgeschichte von Rofabards siehe *Arnalds* (2000).

Fotos: M. Würsch, Juli 2011

3 Kampf gegen die Bodendegradation

Auf politischer Ebene wurden 1907 die ersten Versuche unternommen, die Ausbreitung der Wüstengebiete zu stoppen sowie mit der Wiederherstellung der ursprünglichen Vegetationsbedeckung zu beginnen. Dabei war von Anfang an klar, dass es sich hierbei um Ziele handelt, die nicht innerhalb einiger Jahre erreicht werden können, von denen aber zukünftige Generationen von Isländern profitieren würden. Erste Erfolge im Kampf gegen die Desertifikation erhöhten das Bewusstsein in der Bevölkerung für die Problematik der Bodendegradation, so dass schrittweise Behörden aufgebaut werden konnten, die immer mehr Kompetenzen erlangten. So wurden zum Beispiel unter der Leitung des isländischen *Soil Conservation Service* Wanderdünen mithilfe von windbrechenden Stein- und Holzmauern gestoppt, besonders erosionsgefährdete Gebiete mittels Einzäunung vor Beweidung geschützt, verschiedene Pflanzenarten für Rekultivierungsmassnahmen getestet sowie grosse Gebiete gedüngt und neu bepflanzt. Nach 75 Jahren staatlich organisierter Wiederurbarmachung von degradierten Gebieten liessen sich punktuell sehr grosse Erfolge verzeichnen, auf nationaler Ebene jedoch kämpfte Island nach wie vor mit anhaltender Bodendegradation. Der "top down"-Ansatz der staatlichen Organisationen, der vor allem die Symptome bekämpfen konnte, aber nicht die Ursachen, erwies sich als ungeeignetes Werkzeug (*Arnalds* 2005, 115).

Seit den späten 1960er-Jahren werden durch Änderungen der Landwirtschaftspolitik und verstärkten Einbezug der Bevölkerung die der Bodendegradation zugrundeliegenden Ursachen direkt bekämpft. Besonders problematisch war der Widerspruch, einerseits die intensive Schafhaltung staatlich stark zu subventionieren und so Anreize für die Übernutzung der Böden zu schaffen, andererseits aber kostspielige Programme zur Rekultivierung degradierten Flächen zu unterhalten (*Arnalds & Barkarson* 2003, 108). Um diesen Konflikt zu lösen, sind landwirtschaftliche Subventionen mittlerweile eng mit nachhaltiger Bewirtschaftung verknüpft. Solche Anreize ermöglichen es Landwirten, weiterhin von der Landwirtschaft zu leben und gleichzeitig die Fruchtbarkeit ihrer Böden langfristig sicherzustellen. Freiwillige Programme erlauben es den Landwirten zudem, un-

ter Beaufsichtigung des *Soil Conservation Service* direkt bei Rekultivierungsarbeiten mitzuhelfen. Diese Programme sind auf regen Anklang gestossen, und das Stoppen von Bodenrosion sowie die Rekultivierung von degradiertem Land sind Ziele, an denen Island trotz Finanzkrise festhält.

4 Beiträge der Basler Forschung

Seit 2009 beteiligt sich die Basler Physiogeographie mit drei Masterarbeiten und einer Dissertation an der isländischen Boden- und Ökosystemforschung. Die Masterarbeit von Mathias Würsch befasst sich mit der Fragestellung, wie sich die Rekultivierung isländischer Sandwüsten mithilfe der Alaska-Lupine (*Lupinus nootkatensis*) auf die Bodenkohlenstoffgehalte auswirkt. Die mehrjährige Leguminose stammt aus Nordamerika und wird seit den 1980er-Jahren in Island grossflächig angepflanzt (Arnalds & Runólfsson 2004, 94). Heute ist die Lupine im Tiefland landesweit verbreitet. Islands Wüstenböden bestehen aus kaum verwittertem vulkanischem Auswurfsmaterial und werden als *Vitrisole* bezeichnet (Arnalds 2004, 9). Ein grosses Problem bei Rekultivierungsmassnahmen solcher Böden stellt ihre Nährstoffarmut dar, die im Normalfall den ressourcenaufwendigen und kostspieligen Einsatz von Stickstoffdüngern notwendig macht. Wie auch andere Pionierpflanzen kann die Alaska-Lupine jedoch mithilfe symbiotischer Stickstofffixierung Stickstoff aus der Luft gewinnen und so auch auf äusserst nährstoffarmen Böden ohne Düngereinsatz wachsen. Neben ihrer Nährstoffarmut sind *Vitrisole* auch wegen ihrer geringen Wasserrückhaltefähigkeit sehr extreme Pflanzenstandorte. Verstärkt wird die Problematik der Wasserverfügbarkeit durch die hohe Evaporation aufgrund starker Winde und der dunklen Farbe basaltischer Magma. Trotz dieser widrigen Umstände kann die Alaska-Lupine innerhalb kurzer Zeit beträchtliche Mengen an Biomasse erzeugen und sich teppichartig ausbreiten.

Mathias Würsch untersuchte im Rahmen seiner Masterarbeit ein seit rund 24 Jahren bestehendes Lupinenfeld in Geitasandur, einem fluvioglazialen Sander im Süden Islands. Die grossen, etwa zehn Jahre alten “Lupinenbüsche” in Geitasandur bestanden aus 50–100 Stängeln, waren im Durchschnitt um die 75 cm hoch, hatten einen Durchmesser von rund 70 cm und eine Wurzeltiefe von 35–45 cm. Messungen von Artenzusammensetzung und Dichte des Pflanzenbewuchses zeigten, dass sich das von den dicht wachsenden Lupinen geschaffene Mikroklima positiv auf das Wachstum anderer Pflanzenarten auswirkt und die Biodiversität erhöht. Der Pflanzenbewuchs verringert die Windgeschwindigkeit in Bodennähe, stoppt Winderosion und sorgt dafür, dass windverfrachtetes Material abgelagert wird. Bestandsabfall wird so vor dem Wegtransport durch Wind geschützt, und darin enthaltene Nährstoffe und organischer Kohlenstoff können von der Bodenfauna zerkleinert und von Mikroorganismen mineralisiert werden.

Um die Kohlenstoffverteilung um Lupinenwurzeln in hoher Auflösung messen zu können, wurden von 20 Lupinen jeweils pro Pflanze 16 bis 20 Bodenproben anhand eines gitterartigen Beprobungsschemas gesammelt. Die Stechzylinderproben wurden bei 40 °C getrocknet, auf <2 mm gesiebt, gemahlen und der Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt mithilfe der Verbrennungsmethode (Leco CHN 1000) bestimmt.

Die gemittelten und interpolierten Daten zeigten, dass in Wurzelnähe der Lupinen deutlich mehr organischer Kohlenstoff sowie Stickstoff im Boden vorhanden waren als auf brachliegenden Referenzflächen ausserhalb des Lupinenfelds (Abb. 2). Im Boden reicherten sich im dichten Lupinenfeld über zehn Jahre $224 \text{ kg C ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ an, unter einzeln stehenden Lupinen (“Pionierlupinen”) war die Kohlenstoffsequestrierung mit lediglich $52 \text{ kg C ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ hingegen deutlich tiefer (Abb. 3).

Abb. 2 Graphische Darstellung der gemittelten Kohlenstoffgehalte unter etwa zehn Jahre alten Lupinen in einem dichten Lupinenfeld (n = 4). Das Muster der Stickstoffverteilung gleicht jenem des Kohlenstoffs, das C/N-Verhältnis beträgt etwa 9. Als Referenz: Gebiete ohne Lupinenwachstum weisen Kohlenstoffkonzentrationen von 0.1–0.2 % auf.

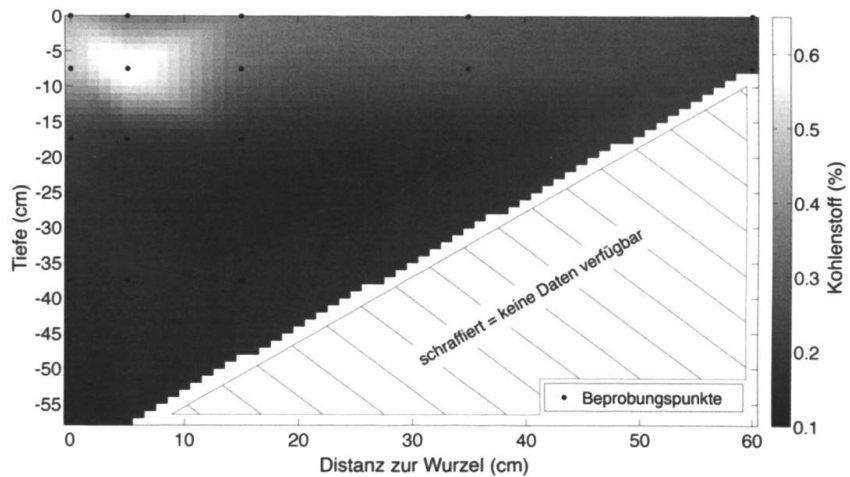
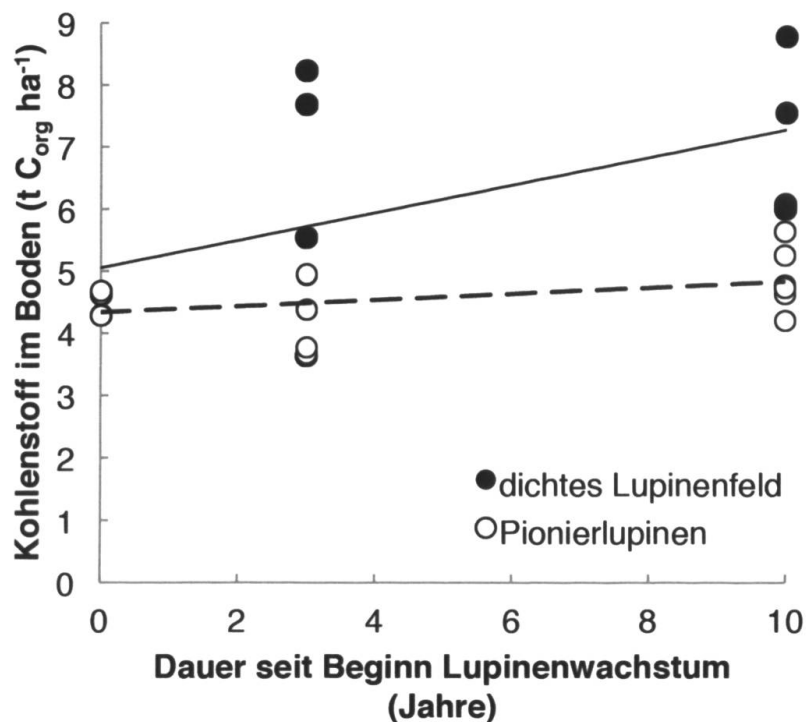


Abb. 3 Entwicklung der gemittelten Bodenkohlenstoffgehalte in 0–20 cm Tiefe in der Nähe von Lupinenwurzeln während zehn Jahren Lupinenwachstums (n = 11 für dichte Lupinenfelder, n = 15 für Pionierlupinen). Die Messpunkte bei Zeitpunkt 0 sind für beide Regressionsgeraden gleich und daher nur einmal sichtbar.



Obwohl die Kohlenstoffgehalte der untersuchten Böden im Vergleich mit nicht erodierten *Andosolen* gering sind, ist die Rekultivierung von Sandwüsten mithilfe der Alaska-Lupine als Erfolg zu betrachten: Innerhalb kurzer Zeit kann ohne Düngereinsatz eine erosionsstoppende Pflanzendecke sowie ein für andere Pflanzen vorteilhaftes Mikroklima geschaffen werden, Kohlenstoff und Stickstoff reichern sich im Boden an, und Nährstoffe werden mobilisiert. Durch die Verbesserung dieser abiotischen Faktoren legt die Lupine den Grundstein für eine erfolgreiche Rekultivierung stark erodierter Wüstengebiete. Beim Einsatz der Alaska-Lupine muss jedoch darauf geachtet werden, dass die Lupine nicht in intakte Ökosysteme wie beispielsweise Heidelandschaften eindringen kann, da sie dort als invasive Art die Biodiversität verringern und die Artenzusammensetzung verändern kann (Magnússon et al. 2004, 171).

Das zweite Projekt, das an dieser Stelle vorgestellt wird, ist die Masterarbeit von Matthias Hunziker, die in das KolBjörk Programm (Halldórsson et al. 2009) eingebettet ist. Untersucht wurden dabei die Ökosystemveränderung sowie die Kohlenstoffspeicherung von rekultivierten Birkenbeständen unterschiedlichen Alters (“Chronosequenz”) und von natürlich gewachsenen Birkenwäldern, die von der Bodenerosion verschont geblieben waren. Diese Masterarbeit zielte

konkret auf die Abschätzung der Biomasse und Kohlenstoffspeicherung von Birken auf vier unterschiedlich alten Birkenflächen. Während eines Feldaufenthaltes im Jahr 2009 wurden nebst einem forstlichen Inventar 25 unterschiedlich grosse Birken (Stammdurchmesser bei 50 cm ab Boden: 0.2–14.1 cm) vermessen, gefällt und in ihre Bestandteile (Stamm, Äste und Blätter) aufgeteilt. Weiter wurden die Wurzelsysteme (bis 2 mm Wurzeldurchmesser) ausgegraben. Mit Hilfe des Datenanalysewerkzeugs MATLAB von *MathWorks Inc.* wurden die getrockneten Biomassebestandteile in einen Zusammenhang (nichtlineare Regression) mit dem Stammdurchmesser gebracht, um eine Biomasseabschätzung auf Basis des Inventars zu erstellen.

Die Untersuchung zeigte unter anderem, dass die Lebendbiomasse (Blätter, Äste, Stamm, Wurzeln >2mm) und somit auch der Kohlenstoffpool eines aufgeforsteten 60-jährigen Bestandes höher sind als jene eines natürlich gewachsenen und viel älteren Birkenwaldes (*Hunziker* 2011, 32). Die wichtigsten Gründe für dieses Muster sind die unterschiedlichen Entwicklungsstadien, in denen sich die Birkenbestände befinden. Durch Prozesse wie pflanzliche Dunkelatmung und durch die Veratmung organischer Substanzen durch heterotrophe Organismen, aber auch durch das natürliche sowie anthropogene Verbrennen von Biomasse kommt es zu einer Rückführung des Kohlenstoffs in die Atmosphäre, und nur ein sehr kleiner Teil des pflanzlichen Kohlenstoffs kann nach der Einarbeitung in den Boden längerfristig gespeichert werden (*Schlesinger et al.* 2000, 95).

Um die Kohlenstoffdynamik im Boden entlang der KolBjörk-Chronosequenz höher aufgelöst zu erfassen, wurde im Sommer 2011 im Rahmen der Masterarbeit von Nina Carle und der Dissertation von Matthias Hunziker eine weitere bodenkundliche Feldkampagne in Island gestartet. Ziel war die Untersuchung von Veränderungen des organischen Bodenkohlenstoffs hinsichtlich der Quantität und Qualität auf sieben unterschiedlich alten Birkenflächen (zwischen 20 und 60 Jahren). Weiter wurden ökologische sowie bodenkundliche Entwicklungen und Prozesse verglichen.

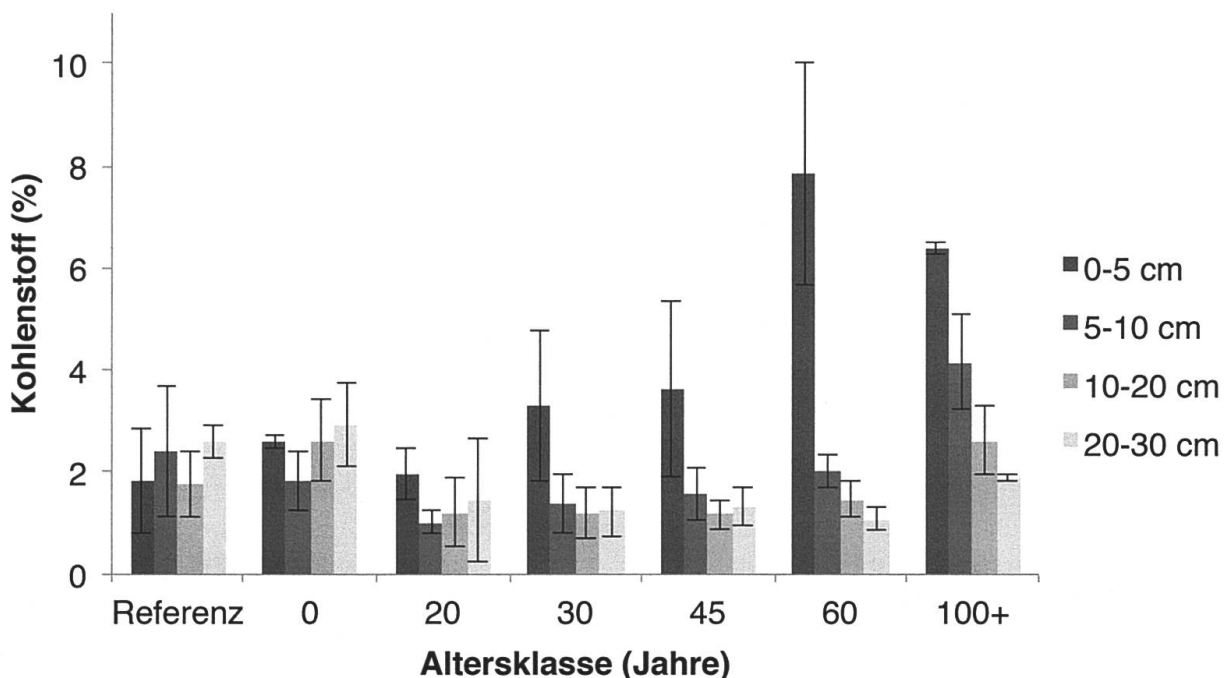


Abb. 4 Kohlenstoffgehalte in verschiedenen Bodentiefen nach Altersklassen. Der Unterschied von Referenzfläche und Altersklasse 0 (steht für Flächen ohne Birkenbestand) im Vergleich zu den anderen Standorten kann auf einen Paläoboden hindeuten, der wesentlich älter ist und durch ein Wüstenpflaster vor weiterer Erosion geschützt war. Bei der Altersklasse 100+ handelt es sich um einen natürlich gewachsenen Reliktbaumbestand. Die gezeigten Werte sind Mittelwerte ($n=3$, Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung).

Es wurden vier verschiedene Tiefen beprobt, von oberflächennahen Schichten bis in 30 cm Tiefe. Dieser Ansatz ist kohärent mit dem Versuchsschema der isländischen Forschung, die Ergebnisse können somit in die Kolbjörk-Studien mit einfließen und damit verglichen werden.

Erste Ergebnisse zeigen, dass die Menge an organischem Bodenkohlenstoff analog den Ergebnissen über die Biomasse von Hunziker (2011, 32) mit dem Alter des Waldbestandes zunimmt (Abb. 4). Dabei ist entscheidend, wie der Kohlenstoff im Boden gebunden ist, denn die Art der chemischen und physikalischen Einlagerung bestimmt, wie lange dieser Kohlenstoff der Atmosphäre entzogen bleibt (von Lützow et al. 2007, 2187; Wagai et al. 2008, 31).

Um die Rate der Kohlenstoffrückführung an die Atmosphäre zu messen, wurde die Bodenrespiration der Islandproben mithilfe der Inkubationsmethode im Labor mit einem Gaschromatograph gemessen. Die Proben wurden über vier Wochen im Dunkeln inkubiert. Dabei wurde der Bodenkohlenstoff aus älteren Aufforstungsbeständen (60 Jahre) gegenüber jüngeren Beständen (20 Jahre) sehr viel weniger stark veratmet (Abb. 5) – ein Indiz für die stabilere Bindung unter den älteren Bäumen. Dabei spielt auch die Aggregation der Bodenpartikel unter den älteren Birken eine Rolle, da Kohlenstoff, der in Aggregaten für Mikroorganismen nicht zugänglich ist, vor mikrobiellem Abbau geschützt ist. In den Resultaten war insgesamt ein leichter Trend hin zu stabil gebundenem Kohlenstoff sichtbar, der jedoch statistisch nicht signifikant war. Andere Untersuchungen (z. B. Lichter 1998, 494) zeigten, dass Kohlenstoffeinlagerung im Boden ein Prozess von mehreren Hundert Jahren ist. Die aufgeforstete Chronosequenz aus Island umfasst jedoch nur Altersklassen bis 60 Jahre. Dies könnte ein Grund dafür sein, weshalb der statistische Trend der Stabilisierung momentan zum Beispiel noch von Verdünnungseffekten überlagert wird. Denn der kontinuierlich steigende Eintrag von frischem Bestandsabfall kann die Mengenverhältnisse von stabilem und labilem Kohlenstoff überdecken.

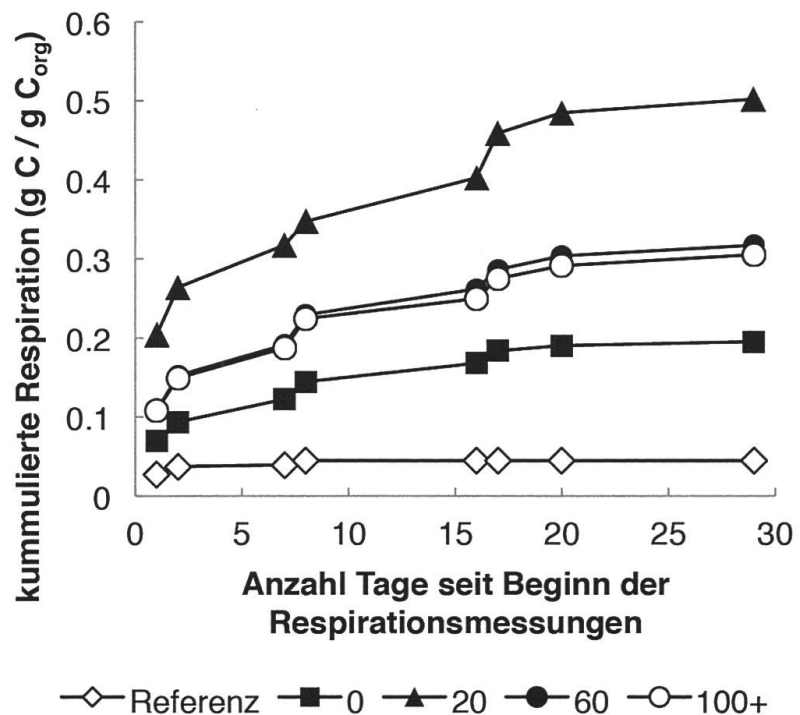


Abb. 5 Anteil veratmeter Kohlenstoff pro Gramm organischem Kohlenstoff im Bodenhorizont 0–5 cm. Trotz höherer Kohlenstoffwerte in den älteren Beständen wird der grösste Anteil im 20 Jahre alten Bestand veratmet.

5 Fazit

Islands Geschichte seit der Besiedlung zeigt auf, wie fatal sich über Jahrhunderte andauernder anthropogener Raubbau und Misswirtschaft auf Böden und Vegetation auswirken können. Island ist jedoch auch ein hervorragendes Beispiel dafür, weshalb Böden in aktuellen Klimadebatten eine zentrale Rolle spielen. Obwohl Böden grosse Mengen an Kohlenstoff speichern können, müssen sie stets als dynamisches System verstanden werden, in dem sich zwischen Kohlenstoffeintrag durch Photosynthese und Kohlenstoffverlust durch Respiration ein Gleichgewicht ausbildet. Anthropogener Einfluss kann dieses Gleichgewicht stören, wodurch sich Böden innerhalb weniger Jahrzehnte bis Jahrhunderte von grossen Kohlenstoffspeichern in ebenso grosse Kohlenstoffquellen verwandeln können. Die vorgestellten Rekultivierungsmassnahmen zeigen, wie Island unter grossem finanziellem und materiellem Aufwand – momentan erfolgreich – gegen die weitere Degradation der Landschaft und die Bodenerosion ankämpft. Der Prozess der Bodendegradation ist somit auf Island umkehrbar, jedoch mit hohen Aufwendungen verbunden. Umso mehr sind die isländischen Bestrebungen zu loben, die ein Denken weit über politische Amtsperioden hinaus zeigen.

Literatur

- Arnalds A. 1987. Ecosystem disturbance in Iceland. *Arctic and Alpine Research* 19: 508–513.
- Arnalds A. 2005. Approaches to landcare – a century of soil conservation in Iceland. *Land Degradation & Development* 16: 113–125.
- Arnalds A. & Runólfsson S. 2004. The role of Nootka lupin (*Lupinus nootkatensis*) for revegetation in Iceland. In: Santen E. & Hill G.D. (Hrsg.): *Wild and Cultivated Lupins from the Tropics to the Poles. Proceedings of the 10th International Lupin Conference, Laugarvatn, Iceland, 19-24 June 2002*. Alabama, 94–96.
- Arnalds O. 2000. The Icelandic “rofabard” soil erosion features. *Earth Surface Processes and Landforms* 25: 17–28.
- Arnalds O. 2004. Volcanic soils of Iceland. *Catena* 56: 3–20.
- Arnalds O. 2008. Soils of Iceland. *Jökull* 58: 409–421.
- Arnalds O., Barkarson B.H. 2003. Soil erosion and land use policy in Iceland in relation to sheep grazing and government subsidies. *Environmental Science & Policy* 6: 105–113.
- Arnalds O. & Kimble J. 2001. Andisols of deserts in Iceland. *Soil Science Society of America* 65: 1778–1786.
- Crofts R. 2011. *Healing the land*. Island, 1–208.
- Dugmore A.J. & Buckland P.C. 1991. Tephrochronology and Late Holocene soil erosion in south Iceland. In: Maizels J.K. & Caseldine C. (Hrsg.): *Environmental Change in Iceland: Past and Present*. Dordrecht, 147–161.
- Dugmore A., Gísladóttir G., Simpson I.A., Newton A. 2009. Conceptual models of 1200 years of Icelandic soil erosion reconstructed using tephrochronology. *Journal of the North Atlantic* 2: 1–18.
- Halldórsson G., Snorrason A., Aradóttir Á.L., Sigurdsson B.D., Oddsdóttir E.S., Eggertsson O., Kolka P., Arnalds Ó. 2009. KolBjörk endurheimt birkivistkerfa og kolefnisbinding. *Fræðaðing landbúnaðarins* 6: 438–442.
- Hunziker M. 2011. A study on above- and belowground biomass and carbon stocks as well as sequestration of mountain birch (*Betula pubescens* Ehrh.) along a chronosequence in southern Iceland (M.Sc. thesis).
- Kristinsson H. 1995. Post-settlement history of Icelandic forests. *Icelandic Agricultural Sciences* 9: 31–35.
- Lichter J. 1998. Primary Succession and Forest Development on Coastal Lake Michigan Sand Dunes. *Ecological Monographs* 68: 487–510.
- Magnússon B., Magnússon S.H. & Sigurdsson B.D. 2004. Plant succession in areas colonized by the introduced Nootka lupin in Iceland. In: Santen E. & Hill G.D. (Hrsg.): *Wild and Cultivated Lupins from the Tropics to the Poles. Proceedings of the 10th International Lupin Conference, Laugarvatn, Iceland, 19-24 June 2002*. Alabama, 170–177.
- Runólfsson S. 1987. Land reclamation in Iceland. *Arctic and Alpine Research* 19: 514–517.
- Schlesinger W.H., Winkler J.P., Megonigal J.P. 2000. Soils and the Global Carbon Cycle. In: Wigley T.M.L. & Schimel D.S. (Hrsg.): *The Carbon Cycle*. New York, 93–101.
- Smith K.P. 1995. Landnám: the settlement of Iceland in archaeological and historical perspective. *World Archaeology* 26: 319–347.
- von Lütow M., Kögel-Knabner I., Ekschmitt K., Flessa H., Guggenberger G., Matzner E., Marschner B. 2007. SOM fractionation methods: Relevance to functional pools and to stabilization mechanisms. *Soil Biology and Biochemistry* 39: 2183–2207.
- Wagai R., Mayer L.M., Kitayama K., Knicker H. 2008. Climate and parent material controls on organic matter storage in surface soils: A three-pool, density-separation approach. *Geoderma* 147: 23–33.