

Anpassung an den Klimawandel in Österreich - Themenfeld Boden

Endbericht

November 2013



lebensministerium.at

BM.W.F^a



StartClim2012

Anpassung an den Klimawandel in Österreich - Themenfeld Boden

Endbericht

Projektleitung

Institut für Meteorologie
Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur Wien
Univ.-Prof. Dr. Helga Kromp-Kolb

Auftraggeber

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung
Land Oberösterreich
Österreichische Bundesforste
Umweltbundesamt

Administrative Projektkoordination

Umweltbundesamt

Wien, November 2013

StartClim2012

„Anpassung an den Klimawandel in Österreich - Themenfeld Boden“

Projektleitung: Institut für Meteorologie
Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt
Universität für Bodenkultur Wien (BOKU)
Peter Jordan Straße 82, 1190 Wien
URL: <http://www.austroclim.at/startclim/>
<http://www.wau.boku.ac.at/met.html>

Redaktion

Helga Kromp-Kolb, Benedikt Becsi und Matthias Litschauer
Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur

Wien, November 2013

Beiträge aus StartClim2012

StartClim2012.A: Zwischenfruchtbegrünungen als Quelle oder Senke bodenbürtiger Treibhausgas-Emissionen?

Abteilung Pflanzenbau, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, BOKU:
Gernot Bodner, Andreas Klik, Sophie Zechmeister-Boltenstern

StartClim2012.B: Klimaänderungen und ihre Wirkungen auf die Bodenfunktionen: Metadatenanalyse

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW): Michael Englisch, Barbara Kitzler, Kerstin Michel, Michael Tatzber

Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik & Bodenwasserhaushalt (BAW-IKT): Thomas Bauer, Peter Strauss

AGES: Andreas Baumgarten, Hans-Peter Haslmayr

Umweltbundesamt: Alexandra Freudenschuß

StartClim2012.C: Störungen des Waldsystems und Humusverlust

Institut für Waldökologie, BOKU: Douglas Godbold, Mathias Mayer, Boris Rewald

StartClim2012.D: Auf Holz bauen, zählen, rechnen: Anpassung von Werkzeugen und Daten (Holz BZR)

Kompetenzzentrum Holz GmbH: Tobias Stern, Franziska Hesser, Georg Winner, Sebastian Koch

Institut für Marketing & Innovation, BOKU: Leyla Jazayeri-Thomas, Verena Aspalter, Martin Braun, Wolfgang Huber, Peter Schwarzbauer

Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe, BOKU: Robert Stingl, Marie Louise Zukal, Alfred Teischinger

Umweltbundesamt: Peter Weiss, Alexandra Freudenschuß

StartClim2012.E: Klimatologie der Schneefallgrenze im Alpenraum, abgeleitet aus Reanalysedaten

Institut für Meteorologie, BOKU: Herbert Formayer, Imran Nadeem

StartClim2012.F: Werte als Leistungsindikatoren: ein Weg zu tätigem Klimaschutz

Zentrum für globalen Wandel und Nachhaltigkeit, BOKU: Maria Miguel Ribeiro, Julia Buchebner

Wissenschaftliche Leitung und Koordination

Institut für Meteorologie, Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt
Universität für Bodenkultur Wien
Univ. Prof. Dr. Helga Kromp-Kolb, Bakk.techn. Benedikt Becsi

Wissenschaftlicher Beirat

Dr. Jill Jäger, Sustainable Europe Research Institute (SERI)
Prof. Dr. Hartmut Graßl, Max-Planck-Institut für Meteorologie/Universität Hamburg

Koordinierungsgremium

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

Elfriede Fuhrmann, Helmut Hojesky, Birgit Kaiserreiner, Barbara Kronberger-Kießwetter,
Florian Rudolf-Miklau, Heinz Stiefelmeyer, Stefan Vetter, Andreas Pichler

Bundesministerium für Gesundheit

Fritz Wagner

Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung

Christian Smoliner, Ingrid Elue

Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend

Eva Dolak, Herwig Dürr, Monika Wallergraber

Land Oberösterreich

Andreas Drack

Österreichische Bundesforste

Norbert Putzgruber, Monika Kanzian

Umweltbundesamt

Karl Kienzl, Maria Balas, Sabine McCallum

Verbund AHP

Otto Pirker, Michael Tauber

Administrative Projektkoordination

Umweltbundesamt
Maria Balas, Karl Kienzl, Sabine McCallum

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	7
1 Das Forschungsprogramm StartClim	10
2 StartClim2012.A: Zwischenfruchtbegrünungen als Quelle oder Senke bodenbürtiger Treibhausgas-Emissionen?	11
3 StartClim2012.B: Klimaänderungen und ihre Wirkungen auf die Bodenfunktionen: Metadatenanalyse	13
4 StartClim2012.C: Störungen des Waldsystems und Humusverlust	16
5 StartClim2012.D: Auf Holz bauen, zählen, rechnen: Anpassung von Werkzeugen und Daten (Holz BZR)	19
6 StartClim2012.E: Klimatologie der Schneefallgrenze im Alpenraum, abgeleitet aus Reanalysedaten	21
7 StartClim2012.F: Werte als Leistungsindikatoren: ein Weg zu tätigem Klimaschutz	24
8 Literaturverzeichnis	27
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	41
Anhang	42

Kurzfassung

StartClim widmet sich seit 2008 dem Thema Anpassung an den Klimawandel. In StartClim2012 wurde schwerpunktmäßig das Themenfeld Boden bearbeitet, darüber hinaus aber auch der Kohlenstoffspeicher Holz, die Frage der Entwicklung der Schneefallgrenze, und schließlich hat sich eine sozialwissenschaftliche Arbeit mit Werten und Klimaschutz befasst.

Böden stellen eine wesentliche, oft unterschätzte Lebensbasis für Natur und Mensch dar. Sie stehen in intensiver Wechselwirkung (Stoff- und Energieaustausch) mit ihrer Umwelt (Atmosphäre, Vegetation, Gewässer etc.) und reagieren daher auf Klimaänderungen mit teils gravierenden Änderungen bei wichtigen Bodenprozessen und zentralen Bodenfunktionen wie der Filter- Puffer- und Transformationsfunktion, der Ausgleichsfunktion im Wasserhaushalt, der Produktionsfunktion und der Lebensraumfunktion für Menschen, Tiere, die Vegetation und Bodenlebewesen. Temperaturanstiege sowie Veränderungen der Niederschlagsmenge, -verteilung und -intensität beeinflussen die Humusdynamik und Mineralisationsrate von Böden, das Wasserspeicher- und -rückhaltevermögen, die biologische Aktivität in Böden und anderes mehr.

Böden können auch bedeutende Quellen, aber auch Senken von Treibhausgasen sein, je nach ihrer Beschaffenheit, der Pflanzendecke, ihrer Bearbeitung und der Umweltbedingungen, und sind daher auch in Zusammenhang mit Klimaschutz von Bedeutung.

Gleichzeitig verschärft sich auch in Österreich die Konkurrenz um die knappe Ressource Boden. Stetig steigender Flächenverbrauch für Siedlungen und Gewerbe, die Nachfrage nach Biomasse aus land- und forstwirtschaftlichen Produkten sowie der Schutz von Böden als Standorte seltener Pflanzen erfordern eine gezielte Einbindung des Schutzgutes Böden in Raumplanungskonzepte. Dazu werden umfassende Bodeninformationen und geeignete Bewertungsmodelle als Werkzeuge benötigt.

Mit einer umfassenden Literaturstudie (Metastudie) wurde aufgezeigt, dass die derzeit im Rahmen von Bodenkartierungen oder überregionalen Bodenerhebungen standardmäßig erhoben oder gemessen klimasensitiven Größen, wie Humusgehalt (Gehalt an C_{org}), Stickstoff-Nettomineralisationsrate, Lagerungsdichte, nutzbare Wasserspeicherkapazität, pH-Wert, mikrobielle Biomasse oder Verfügbarkeit von Schwermetallen in ihrer derzeitigen Form nicht geeignet sind, Wirkungen von Klimaveränderungen auf die Bodenfunktionen zu bewerten. Dies beruht vor allem auf dem fehlenden Nachweis der Klimasensitivität des Bodenkohlenstoffs, der ein zentraler Eingangsparameter für die Bewertung des Großteils der Bodenteilfunktionen ist.

Bei feldbodenkundlichen Größen (Bodenkundliche Feuchtezahl, Humusform, Überflutungsdynamik, natürlicher Bodenwert, Bodentyp) ist eine Bewertung auf Klimasensitivität nicht möglich, da sie jeweils eine zusammenfassende Klassifikation eines Faktorenkomplexes darstellen und in der Regel bisher auch nur einmal pro Gebiet erhoben wurden, daher Informationen über Änderungen fehlen.

Von besonderer Bedeutung ist der Waldboden: er ist weltweit der größte Speicher für organischen Kohlenstoff. In Wäldern im gemäßigten Klima finden sich etwa 50% des Kohlenstoffes im Boden. Die gespeicherte Menge ergibt sich als Bilanz aus Eintrag von abgestorbenen Blättern, Ästen und Wurzeln und Verlusten, die auf Mineralisation zurückzuführen sind. Als Mineralisation wird die Zersetzung von organischem Material durch Bodenmikroben bezeichnet. Die Entfernung oder das Absterben eines Baumes reduziert einerseits den Kohlenstoffeintrag und erhöht andererseits die Mineralisation.

Eine spezielle Frage von wissenschaftlicher und praktischer Bedeutung ist daher die nach dem Verhalten des Waldbodens nach größeren Störungen, wie Windwurf, Krankheits- oder Schädlingsbefall – Ereignisse, die mit zunehmendem Klimawandel möglicherweise öfter vorkommen werden. Auf einem Standort in den oberösterreichischen Kalkalpen fanden 2007

und 2009 Windwürfe statt. Durch die Messung von Biomasse und Aktivität von symbiotischem Pilzmycel im Boden konnte in einem Feldversuch gezeigt werden, dass der Boden auf der Windwurffläche von 2007 praktisch den selben Zustand wieder erreicht hatte, wie der ungestörte Wald, während auf der Windwurffläche 2009 das Mycel in den Versuchssäcken noch deutlich schwächer ausgeprägt war.

Im Bereich der Landwirtschaft sind Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel von großer Bedeutung. Mit sehr hoher Priorität geht es dabei auch um Bodenschutz. Zwischenfruchtanbau ist eine zentrale landwirtschaftliche Maßnahme zur Reduktion der Erosion und ein effektiver Schutz des Grundwassers vor Nitratverlagerung. Dass etwa 33 % der gesamten Ackerfläche jährlich eine Zwischenfrucht tragen, ist ein Beweis dafür, dass diese Maßnahme in der Landwirtschaft sehr breit angenommen wird.

Es gibt allerdings Befürchtungen, dass durch den Anbau von Zwischenfrüchten erhöhte Treibhausgasemissionen entstehen könnten, wodurch die Sinnhaftigkeit der Maßnahme in Frage gestellt würde. Für zwei klimatisch unterschiedliche Orte, einen in Niederösterreich, einen in Oberösterreich, konnte experimentell gezeigt werden, dass Begrünungen im Vergleich zu Düngung und Bodenbearbeitung in der Hauptfrucht nur geringe Treibhausgasemissionen aufweisen. Methan ist weitgehend vernachlässigbar, Kohlendioxidemissionen sind zwischen Spätherbst und Frühjahr wegen der niedrigen Bodentemperaturen gering. Die Lachgasemissionen liegen im Bereich von einem Zehntel der Emissionen der Hauptfrucht und bleiben bei geeigneter Wahl der Zwischenfrucht vergleichbar den Emissionen der Schwarzbrache. Lediglich bei Senf in Reinsaat wurden erhöhte Emissionen festgestellt. Die Treibhausgasbildung war höher bei hohem Wassergehalt des Bodens (Anstieg von Lachgasemissionen), bei hohem Gehalt von wasserlöslichem Kohlenstoff (Anstieg von Kohlendioxid und Lachgasemissionen) und hohem Stickstoffgehalt der Pflanzenbiomasse (Anstieg von Kohlendioxid und Lachgasemissionen).

Da Zwischenfrüchte somit kein wesentliches Potential für erhöhte Treibhausgas-Emissionen von Ackerflächen aufweisen, spricht nichts gegen ihren Einsatz als Umweltschutz- und Klimawandelanpassungsmaßnahme. Künftige Agrarumweltprogramme sollten jedoch darauf achten, dass Mischkulturen gefördert und Reinsaaten von Senf vermieden werden.

Nach dem Boden ist das Holz der wesentlichste Kohlenstoffspeicher des Waldes. Will man im Sinne des Klimaschutzes den Eintrag von Kohlenstoff als Kohlendioxid in die Atmosphäre minimieren, empfiehlt sich die kaskadische Nutzung von Holz und damit der Aufbau eines Kohlenstoffpools in Holzprodukten. Diese Klimaschutzmaßnahme wird wissenschaftlich als kosteneffektiv und technisch gut umsetzbar beschrieben. In das Bemühen um internationale Verrechnungen von Kohlenstofffreisetzungen und -bindungen, steht seit der Konferenz in Durban fest, welcher Berechnungsansatz für die Anrechnung des Kohlenstoffpools in Holzprodukten herangezogen werden soll und welcher Art die Berichtspflichten und Anrechnungsmöglichkeiten sind. Im Rahmen einer Studie wurden die Voraussetzungen für österreichische Berechnungen überprüft, der Adaptionsbedarf des Modells FOHOW (Forst- und Holzwirtschaft) zur Berechnung des Kohlenstoffpools geklärt, fehlende Datenpunkte identifiziert und steigende Trends in der Lebensdauer langlebiger Holzprodukte festgestellt. Für die Holzmengenerhebung in Einfamilienhäusern konnten regionale Zuordnungen getroffen und Gebäudedimensionen erhoben werden. Anhand von Modellbauten, des Gebäude- und Wohnregisters und Holzbauanteilen konnte so der Holzverbrauch rückgerechnet werden.

Einer ganz anderen Fragestellung widmete sich eine Studie zur Schneefallgrenze: Schnee spielt eine wesentliche Rolle im Alpenraum. Neben seinen vielfältigen Auswirkungen auf Ökosysteme (Kälte- und Erosionsschutz, Wasserspeicher, Schneebruch, etc.) hat er auch enorme ökonomische Bedeutung für den Wintersport. Im Sommer lässt sich über die letzten 30 Jahre ein einheitlicher Trend zu höheren Schneefallgrenzen feststellen, während in den anderen Jahreszeiten dekadische Schwankungen mit Abweichungen von mehr als 150 m gegenüber dem 30 jährigen Mittel dominieren. Bisher sind die größten dekadischen Schwan-

kungen nicht im Alpenraum, sondern in West- und Südosteuropa aufgetreten. Bei Betrachtungen zur Schneesicherheit unter Klimawandelbedingungen in Österreich sollte dies mitberücksichtigt werden.

Die für den Wintertourismus besonders wichtige Schneefallgrenze im Winter liegt der Median (50% aller Fälle liegen darüber, 50% darunter) in den kältesten Alpenregionen um mehr als 1000 m tiefer als in den wärmsten. So liegt der Median in Nordostösterreich um die 600 m, bei den Italienischen Alpenschigebieten um die 1200 m und in den Französischen sogar teilweise über 1500 m.

Klimaschutz und Klimawandelanpassung hängen unmittelbar mit soziokulturellen Normen und Werten, den gesellschaftlich verwurzelten Anschauungen und individuellen (Risiko-) Wahrnehmungen und Präferenzen zusammen. Wissen allein – z.B. über die Bedrohung durch den Klimawandel – führt nicht zwangsläufig zu entsprechend klimafreundlichem Verhalten. Vielmehr bestimmen individuelle wie kollektive Werthaltungen (häufig unbewusst) oft das Handeln. Man geht davon aus, dass manche Werte stärker ein umwelt- und klimafreundliches Verhalten motivieren als andere. Will man untersuchen, wohin sich eine Gesellschaft diesbezüglich entwickelt, braucht man erhebbare Indikatoren für diese Werthaltungen.

Am Fallbeispiel der Universität für Bodenkultur wurden für wichtige und klimarelevante Werte Indikatoren entwickelt. Zunächst wurden durch Umfragen und in Arbeitstreffen acht Werte identifiziert, zu denen jeweils ein gemeinsames, intersubjektives Verständnis über deren Bedeutung seitens der mitwirkenden BOKU-Angehörigen vorliegt. Diese 8 Werte werden durch 76 validierte Indikatoren beschrieben. Die Werte könnten auch in Verbindung gebracht werden mit der Reduktion des CO₂-Fußabdruckes sowie einer verbesserten Anpassungsbereitschaft und -fähigkeit an den Klimawandel.

Ziel wäre es, diese, oder in einem erweiterten Prozess noch besser abgesicherte Werte und Indikatoren u.a. in den BOKU-Nachhaltigkeitsbericht und die Nachhaltigkeitsstrategie, die BOKU-Ethikplattform und AG Soziale Verantwortung einzubringen.

1 Das Forschungsprogramm StartClim

Das Forschungsprogramm StartClim ist ein flexibles Instrument, das durch die kurze Laufzeit und die jährliche Vergabe von Projekten rasch aktuelle Themen im Bereich Klimawandel aufgreifen kann. Es wird von einem Geldgeberkonsortium finanziert, das zehn Institutionen umfasst:

- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012)
- Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (2005, 2006, 2007)
- Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (2003, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010)
- Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung (2003, 2004, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012)
- Land Oberösterreich (2012)
- Österreichische Bundesforste (2008, 2009, 2010, 2011, 2012)
- Österreichische Nationalbank (2003, 2004)
- Österreichische Hagelversicherung (2003, 2004, 2006, 2007, 2008)
- Umweltbundesamt (2003)
- Verbund AHP (2004, 2007)

Seit 2008 widmet sich StartClim Themen zur Anpassung an den Klimawandel und liefert damit wertvolle Beiträge zur Erstellung einer nationalen Anpassungsstrategie für Österreich.

Die Projekte in StartClim2012 befassen sich schwerpunktmäßig mit dem Themenfeld Boden. Verschiedene Aspekte, die für die Anpassung an den Klimawandel von Bedeutung sind, wurden in sechs Teilprojekten behandelt. Darin geht es um Zwischenfruchtbelegungen als Quelle oder Senke bodenbürtiger Treibhausgasemissionen, Klimaänderungen und ihre Wirkung auf die Bodenfunktionen, Störungen des Waldsystems und Humusverlust, die kaskadische Nutzung von Holz als Klimaschutzmaßnahme, die Klimatologie der Schneefallgrenze im alpinen Raum und Werte als Leistungsindikatoren für einen tätigen Klimaschutz.

In einem zusammenfassenden Kurzbericht (vorliegender Bericht) werden die Ergebnisse aller Teilprojekte kurz und allgemein verständlich beschrieben. Dieser Bericht erscheint auch in englischer Sprache. Die ausführlichen Berichte der einzelnen Teilprojekte sind in einem eigenen Sammelband zusammengefasst, der ebenso wie die Teilprojekte auf der StartClim-Webpage (www.austroclim.at/startclim/) elektronisch erhältlich ist. Zusätzlich werden eine CD-ROM mit allen StartClim-Berichten und ein Folder mit einer Kurzzusammenfassung der Ergebnisse in beschränkter Auflage erstellt.

2 StartClim2012.A: Zwischenfruchtbegrünungen als Quelle oder Senke bodenbürtiger Treibhausgas-Emissionen?

Der Zwischenfruchtbau ist eine wichtige Maßnahme im österreichischen Agrarumweltprogramm ÖPUL. Er stellt einen effektiven Schutz des Grundwassers vor Nitratverlagerung¹ sowie der Ackerböden vor Erosion dar. Mit etwa 33 % der gesamten Ackerfläche, die jährlich eine Zwischenfrucht tragen, ist die Maßnahme in der Landwirtschaft sehr breit angenommen.

In der nächsten Periode werden Agrarumweltmaßnahmen besonders auf ihre Bedeutung für den Klimawandel geprüft werden. Die potentielle Zunahme von extremen Witterungsereignissen kann zu einer Zunahme von Erosionsproblemen führen. Trockenheit und ein allgemeiner Temperaturanstieg steigern die Unsicherheit im Stickstoffmanagement. Beides zeigt, dass Zwischenfrüchte für die Klimawandelanpassung ein entscheidendes Instrument sind. Eine Studie zur Evaluierung des ÖPUL Programms wies jedoch auf ein Risiko erhöhter gasförmiger Stickstoffverluste hin. Da Lachgas (N_2O) ein Treibhausgas ist, ist eine genauere Kenntnis der Emissionen von zwischenfruchtbegrüneten Böden entscheidend für die Sinnhaftigkeit dieser Anpassungsmaßnahme.

Es wurde daher der Einfluss von Zwischenfrüchten auf Treibhausgas-Emissionen von landwirtschaftlich genutzten Böden an zwei klimatisch unterschiedlichen Standorten (Niederösterreich, Oberösterreich) untersucht. Dabei wurden vier Zwischenfruchtvarianten mit Schwarzbrache verglichen. Diese Varianten waren Senf, als am weitesten verbreitete Zwischenfrucht und als jene Kultur, die nach der angesprochenen Studie die höchsten gasförmigen N-Verluste aufwies, sowie drei Zwischenfrucht-Mischungen (Phacelia-Senf, Kresse-Mungo-Ölrettich, Alexandriner Klee-Mungo-Phacelia). Messungen zur Begrünnungsnachwirkung fanden gezielt zu Zeitpunkten statt, die aus Literaturangaben als kritisch für Lachgasbildung eingestuft werden (Beginn der Zwischenfruchtmineralisierung, Wassersättigung und Auftauen des Bodens im Frühjahr).

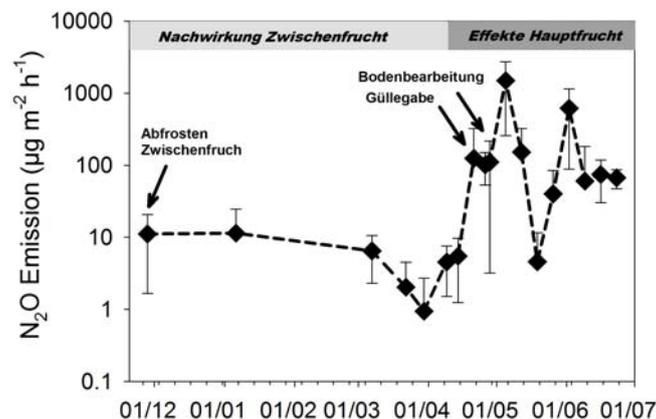


Abb. 1: Lachgasemissionspotential in Folge einer Zwischenfrucht (Beispiel: Variante Senf) und während der Hauptfrucht (Mais) am Standort Pötting, Oberösterreich. Man beachte, dass die Skala logarithmisch ist, d.h. dass die Emissionen in Zusammenhang mit der Hauptfrucht, mit einer Ausnahme, das 10- bis 100-fache der Emissionen der Zwischenfrucht erreichen.

Die N_2O -Emissionen, die mit der Zwischenfruchtbegrünung in Verbindung stehen, sind im Vergleich zu Emissionen, die in Folge von Management-Maßnahmen in der Hauptfrucht

¹ Es handelt sich hierbei um die Auswaschung von Nitrat aus Dünger oder anderen Quellen, der mit dem Sickerwasser in Richtung Grundwasser verlagert wird. Im Grundwasser gibt es einen gesetzlichen Grenzwert (45 mg/l) für Nitrat, der auf landwirtschaftlichen Flächen mancherorts überschritten wird. Die Zwischenfrucht nimmt das Nitrat wieder aus dem Boden aus und verhindert so die Verlagerung. Alternativer Begriff: Nitratauswaschung.

(Bodenbearbeitung, Düngung) auftreten, um ein bis zwei Größenordnungen niedriger. Im Mittel sind Emissionen, die als Nachwirkung der Begrünung eingestuft werden können (vom Ende der Zwischenfrucht-Vegetationszeit mit den ersten Frosttagen im Spätherbst bis zu den ersten Hauptfrucht-Managementmaßnahmen im Frühjahr), um mehr als das 40fache geringer (6.0 vs. $259.3 \text{ mg m}^{-2} \text{ h}^{-1}$). Dies hängt einerseits mit der starken Emissionsbildung in Folge von (organischer) Stickstoff-Düngung und Bodenbearbeitung zusammen, andererseits mit der Stickstofffreisetzung durch Mineralisierung mit Anstieg der Bodentemperaturen im Frühjahr.

Unter den Zwischenfrucht-Varianten zeigte Senf eine erhöhte Lachgasbildung (Abb. 2). Besonders zu Zeiten mit hohen mittleren Emissionen (Auftauen und Wassersättigung des Bodens) lagen die N_2O -Emissionswerte von Senf deutlich über jenen aller anderen Varianten. Schwarzbrache und Zwischenfruchtmischungen unterschieden sich dagegen kaum. Grund der höheren Lachgasbildung bei Senf dürfte die Umsetzung der Senfölgucoside sein.

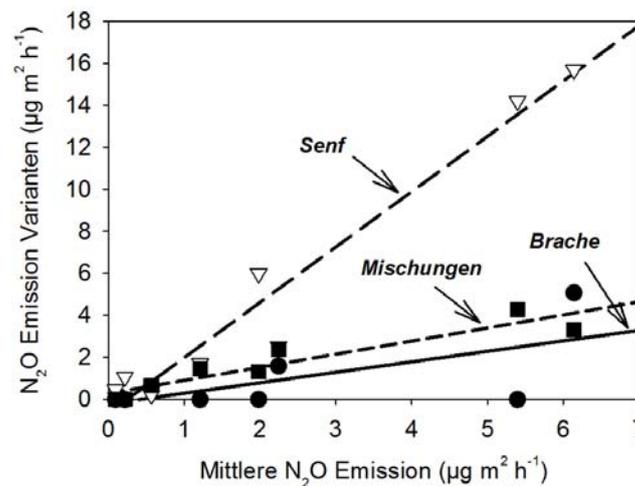


Abb. 2: Lachgasemissionen in Folge der Zwischenfruchtvarianten Senf und Begrünungsmischung (Mittel der Varianten Senf-Phacelia, Kresse-Mungo-Ölrettich und Alexandriner Klee-Mungo-Phacelia) sowie einer Schwarzbrache bei unterschiedlicher Höhe der standörtlichen mittleren Emissionen.

Die CO_2 -Emissionen waren zwischen Spätherbst und Frühjahr wegen der niedrigen Bodentemperaturen ebenfalls gering, die Methan-Emissionen vernachlässigbar. Höhere CO_2 -Emissionen der begrüneten Flächen zeigten die Förderung des Bodenlebens durch die leicht abbaubare Gründüngung. Während Zwischenfrüchte dem Boden organisches Material zuführen, sind CO_2 -Emissionen, wie sie auch von der Brachfläche stattfanden, dagegen als Nettoverluste (Humusverlust?) einzustufen.

Als wichtige Umweltfaktoren, die zu erhöhter Treibhausgas-Bildung führten, wurden ein hoher Wassergehalt des Bodens (Anstieg von N_2O), ein hoher Gehalt an wasserlöslichem Kohlenstoff (Anstieg von CO_2 und N_2O) und ein hoher Stickstoffgehalt der Pflanzenbiomasse (Anstieg von CO_2 und N_2O) identifiziert.

Die Ergebnisse zeigen, dass Zwischenfrüchte kein wesentliches Potential für erhöhte Treibhausgas-Emissionen von Ackerflächen aufweisen. Daher überwiegen die Vorteile für die Umwelt und die Klimawandelanpassung (Erosion, Grundwasser) klar gegenüber Klimaschutzproblemen. Künftige Agrarumweltprogramme sollten Mischkulturen fördern und Reinsaaten von Senf vermeiden. *Brassica*-Arten sind effiziente Zwischenfrüchte und führen, sofern sie in Mischung mit geringerer Saatstärke angebaut werden, auch zu keinen erhöhten Lachgasemissionen. Erhöhte CO_2 -Emissionen sind als Indikator für einen lebendigen Boden zu betrachten. Der Kohlenstoffabgabe an die Atmosphäre stehen bei einer Begrünung die Zufuhr organischen Materials zum Boden und die Stabilisierung des Humushaushaltes gegenüber.

3 StartClim2012.B: Klimaänderungen und ihre Wirkungen auf die Bodenfunktionen: Metadatenanalyse

Böden stehen in intensiver Wechselwirkung (Stoff- und Energieaustausch) mit ihrer Umwelt (Atmosphäre, Vegetation, Gewässer etc.). Klimaänderungen lassen gravierende Auswirkungen auf wichtige Bodenprozesse und die zentralen Bodenfunktionen wie Filter-, Puffer- und Transformationsfunktion, die Ausgleichsfunktion im Wasserhaushalt, die Produktionsfunktion und die Lebensraumfunktion für Menschen, Tiere, die Vegetation und Bodenlebewesen erwarten. Temperaturanstiege sowie Veränderungen der Niederschlagsmenge, -verteilung und -intensität beeinflussen die Humusdynamik und Mineralisationsrate von Böden, das Wasserspeicher- und -rückhaltevermögen, die biologische Aktivität in Böden und anderes mehr. Indikatoren bzw. Bodenparameter, die diese Bodeneigenschaften charakterisieren, stellen wesentliche Bewertungsgrößen zur Beschreibung des Erfüllungsgrads von Bodenfunktionen dar.

Gleichzeitig verschärft sich auch in Österreich die Konkurrenz um die knappe Ressource Boden. Stetig steigender Flächenverbrauch für Siedlungen und Gewerbe, die Nachfrage nach Biomasse aus land- und forstwirtschaftlichen Produkten sowie der Schutz von Böden als Standorte seltener Pflanzen erfordern eine gezielte Einbindung des Schutzgutes Böden in Raumplanungskonzepte. Dazu werden umfassende Bodeninformationen und geeignete Bewertungsmodelle als Werkzeuge benötigt.

Boden wird als (Umwelt-)Schutzgut erst seit relativ kurzer Zeit wahrgenommen. Bodenfunktionen wurden mit Ausnahme der Produktionsfunktion in Österreich bisher nicht bewertet. Erst 2012 wurde eine entsprechende ÖNORM (L 1076) und 2013 (BMLFUW 2013) ein Grundlagenpapier zur methodischen Umsetzung einer umfassenderen Bodenfunktionsbewertung erarbeitet.

Ziel dieses Projekts war es, festzustellen, ob es mit den vorliegenden Methoden der Bodenfunktionsbewertung möglich ist, Veränderungen von Bodenfunktionen in Folge des Klimawandels abzubilden, mögliche (veränderte) Wechselwirkungen zwischen einzelnen Bodenfunktionen unter veränderten klimatischen Verhältnissen zu formulieren und dies in einem konkreten Testgebiet (Mühlviertel (OÖ)) darzustellen. Für die weitere Vorgehensweise, insbesondere für die regionale Ebene, wurden Empfehlungen erarbeitet.

Zur Beantwortung dieser Problemstellung wurden in einem ersten Schritt diejenigen Größen zur Bodenbewertung ausgewählt, für die (a) Veränderungen unter veränderten Temperatur- bzw. Niederschlagsverhältnissen plausibel erscheinen, die (b) mess- oder erhebungstechnisch geeignet sind, solche Veränderungen auch abzubilden und welche (c) in Bodenkartierungen (Landwirtschaftliche Bodenkartierung, Finanzbodenschätzung) oder (über)regionalen Bodenerhebungen (Bodenzustandserhebungen) standardmäßig erhoben oder gemessen werden.

Manche dieser Größen reagieren auf Temperaturänderungen und geänderte Wasserverhältnisse (unterstellt ist jeweils ein Zeithorizont von 50-100 Jahren), andere nicht, und eine dritte Gruppe reagiert zwar, ist aber aufgrund der Erhebungsmethode zur Erfassung dieser Änderungen nicht geeignet:

- a. Potentiell „klimasensitiv“: pH-Wert, Humusgehalt (=Gehalt an C_{org}), Lagerungsdichte, nutzbare Wasserspeicherkapazität, mikrobielle Biomasse, Bodennutzung (Nutzungsart)
- b. Nicht klimasensitiv: Carbonatgehalt, Bodenart, Korngrößenverteilung (Feinboden < 2mm), Grobanteil des Bodens, Tongehalt
- c. Potentiell „klimasensitiv“, aber aufgrund der Erhebungsmethodik (einmalige feldbodenkundliche differentialdiagnostische Expertenansprache) in Hinblick auf Veränderungen nicht verwertbar: Bodenkundliche Feuchtezahl, Humusform, Überflutungsdynamik, natürlicher Bodenwert, Bodentyp.

Für die unter a. angeführten Größen sowie das Element Stickstoff wurde mittels einer umfassenden Literaturrecherche (Datenbasis: ScienceDirect, themenspezifische Literatursammlungen BAW-IKT, BFW) ermittelt, welche qualitativen und quantitativen Veränderungen unter veränderten Niederschlags- und Temperaturverhältnissen erwartet oder gemessen werden können. Die Literatursuche wurde auf die Jahre 2005-2013 und auf die temperierte Klimazone beschränkt. In die Ergebnisse der Literaturrecherche und Metaanalyse wurden nur solche Arbeiten aufgenommen, welche statistische Mindeststandards (Anzahl der Untersuchungseinheiten, numerische Ergebnisse der statistischen Testgrößen, Angabe des Testverfahrens) erfüllten. Die Auswertung der Literaturrecherche erfolgte mittels des Softwarepakets Comprehensive Metaanalysis. Für einige Themenbereiche flossen bereits publizierte Metaanalysen in die Ergebnisse mit ein. Für einige Parameter (pH-Wert, Schwermetalle, organische Schadstoffe) konnten aus der gegebenen Literaturliste nicht genügend Arbeiten gefunden werden, um eine Metaanalyse durchzuführen. Soweit möglich, wurden die Ergebnisse der Metaanalysen den Ergebnissen von Übersichtsartikeln gegenübergestellt.

Die Ergebnisse für die Primärgrößen stellen sich wie folgt dar:

Humusgehalt (Gehalt an C_{org}): Aufgrund theoretischer Überlegungen (Erhöhung der Bodenrespiration [Abnahme des Indikators Q_{10} für die Bodenrespiration mit zunehmender Temperatur entsprechend der Arrheniuskurve]) und damit einhergehender rascherer Umsetzung organischer Substanz und des Abbaus von Bodenkohlenstoff wird häufig von einem Verlust von Bodenkohlenstoff in Folge des Klimawandels ausgegangen; ebenso wird postuliert, dass eine Steigerung der Nettoprimärproduktion diese Verluste weitgehend ausgleichen könnte. Ergebnisse von Metaanalysen und Überblicksarbeiten zeigen, dass mit aktuellem Wissensstand eindeutige Aussagen zur Entwicklung der Bodenkohlenstoffbilanz nicht möglich sind, da zahlreiche Unsicherheiten die Ergebnisse beeinflussen (unterschiedliche Temperatursensitivität unterschiedlich definierter Kohlenstoffpools, methodische Probleme bei der Messung von Abbauraten, Einfluss von Zusatzfaktoren wie Änderungen der Wasserbilanz, Änderung der atmosphärischen CO_2 -Konzentration, Landnutzungsänderungen, Unsicherheiten bei der Bilanzierung zwischen erhöhtem Kohlenstoffinput aufgrund erhöhter Netto-Primärproduktion und Abbau der organischen Substanz im Boden). Da aktuelle Versionen von Modellen zur Prognose von Bodenkohlenstoffvorräten (z.B. RothC, Biome-BGC, DAYCENT) auf expliziten Annahmen basieren, welche diese Unsicherheiten nicht reflektieren, müssen die (zahlreichen) auf diesen Modellen basierenden Ergebnisse ebenfalls als unsicher betrachtet werden.

Es existieren zu wenige regionale Untersuchungen zur Veränderung von Bodenkohlenstoffvorräten über Perioden von > 10 Jahren, um sie einer Metaanalyse unterziehen zu können. Die Ergebnisse der vorliegenden Studien zeichnen ein uneinheitliches Bild: Es wurden sowohl leichte Abnahmen des Bodenkohlenstoffvorrates mit steigender Temperatur gefunden, wie keine Änderungen festgestellt. Die Primärgröße kann daher in Bezug auf Klimasensitivität weder quantitativ noch qualitativ bewertet werden.

Metanalytisch gesichert ist Zunahme der **Stickstoff**-Nettomineralisationsrate mit Temperaturzunahmen. Mehrere Analysen belegen auch einen positiven Zusammenhang mit der Nettoprimärproduktion, aber auch einen schwach positiven Zusammenhang mit dem Vorrat an Bodenkohlenstoff.

Die Metaanalyse zwischen den Größen **Lagerungsdichte** und dem Gehalt an organischem Kohlenstoff im Boden ergab einen wenig straffen, negativen, aber hochsignifikanten Zusammenhang; d.h. je höher der Anteil an organischer Substanz, desto geringer die Dichte des Bodens. Damit kann eine wesentliche Eingangsgröße für die Berechnung der nutzbaren Wasserspeicherkapazität (**nWSK**) in Bezug auf Klimasensitivität nicht beurteilt werden. Das ist besonders bedauerlich, weil die nWSK eine Eingangsgröße zur Bewertung mehrerer Bodenteilfunktionen ist.

Zur potentiellen Veränderung des **pH-Wertes** mit Temperatur- und Niederschlagsänderungen liegen zu wenige Arbeiten vor, um sie einer Metaanalyse unterziehen zu können. Einzelne Arbeiten belegen einen sehr leichten Anstieg oder weisen keine Veränderung nach.

Eine Zunahme des Gehaltes an **mikrobieller Biomasse** mit steigender Temperatur kann auf Basis der vorliegenden Literatur ausgeschlossen werden. Eine geringfügige Abnahme der mikrobiellen Biomasse kann durch die Literaturanalyse nicht ausgeschlossen werden. Gut gesichert sind Verschiebungen von Artengruppen innerhalb der mikrobiellen Biomasse.

Zur potentiellen Veränderung der **Verfügbarkeit von Schwermetallen** liegen zu wenige Arbeiten vor, um sie einer Metaanalyse unterziehen zu können. Einzelne Arbeiten experimenteller Natur belegen erhöhte Mobilität einiger Schwermetalle mit Bodentrockenheit bzw. erhöhten Temperaturen.

Aus dem oben Gesagten werden folgende Schlüsse gezogen:

1. Für keine Primärgröße der Bodenfunktionsbewertung konnte Klimasensitivität auf Basis der Literaturstudien eindeutig quantitativ nachgewiesen werden. Dies beruht vor allem auf dem fehlenden Nachweis der Klimasensitivität des Bodenkohlenstoffs, der ein zentraler Eingangsparameter für die Bewertung des Großteils der Bodenteilfunktionen ist.
2. Bei feldbodenkundlichen Parametern (Bodenkundliche Feuchtezahl, Humusform, Überflutungsdynamik, natürlicher Bodenwert, Bodentyp) ist eine Bewertung auf Klimasensitivität nicht möglich, da sie jeweils eine zusammenfassende Klassifikation eines Faktorenkomplexes darstellen und bisher i.d.R. nur einmal erhoben wurden.
3. Die Methodik der Bodenfunktionsbewertung ist in ihrer derzeitigen Form nicht geeignet, Wirkungen von Klimaveränderungen auf die Bodenfunktionen zu bewerten.
4. Das widersprüchliche Bild in Bezug auf die Temperatursensitivität von (Boden)Kohlenstoff resultiert neben der Vielzahl von Prozessen, die von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst werden, auch aus dem Einsatz einer Vielzahl unterschiedlicher Verfahren und Methoden. Während etwa im Zuge der Waldschadensforschung auf nationaler und internationaler Ebene einheitliche Methodenkataloge und Verfahrensnormen entwickelt wurden, um eine bessere Vergleichbarkeit der gemessenen Größen zu erreichen, steht dies in diesem Forschungsfeld noch aus.
5. Viele wichtige Größen wie die Bodenrespiration bzw. der Faktor Q10 werden nur auf ausgewählten Standorten gemessen; dringend nötig wäre eine allgemeine Einführung in bestehende Messnetze der Bodenuntersuchung, einerseits um die Datenbasis zu vergrößern, andererseits um die Spannweiten der Messgrößen in Bezug auf Ökosystemtypen oder politische Einheiten zu erfassen.

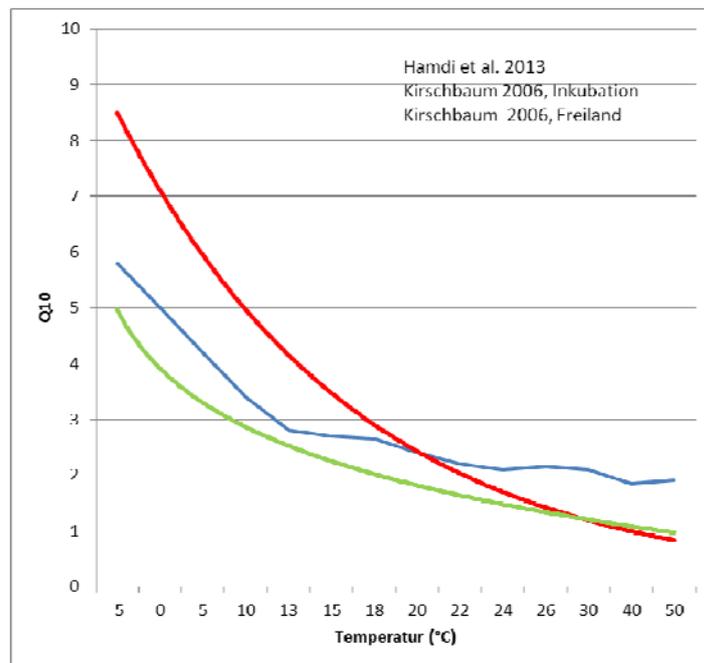


Abb. 3: Zusammenhang zwischen dem Faktor Q10 und der Inkubationstemperatur (Hamdi et al. 2013 mod., Kirschbaum 2006, mod.)

4 StartClim2012.C: Störungen des Waldsystems und Humusverlust

Waldböden sind weltweit die größten und dauerhaftesten Speicher für organischen Kohlenstoff. In temperaten Wäldern sind etwa 50% des Gesamtkohlenstoffes in den Böden gespeichert. Die Menge an gespeichertem Kohlenstoff hängt von dem Eintrag von Blatt- und Wurzelstreu und dem Kohlenstoffverlust aus dem Ökosystem ab – der Verlust wird maßgeblich durch die Geschwindigkeit des Kohlenstoffabbaus durch Mikroorganismen („Mineralisierung“) und Erosionsprozesse gesteuert. Kürzlich wurde gezeigt, dass auch die Biomasse aus Mykorrhizapilzhyphen eine Hauptquelle zur Bildung organischen Bodenkohlenstoffes darstellt.

Störungsereignisse die zu einem Verlust des Baumbestandes führen, z.B. Windwurf und Borkenkäferbefall, verändern die Kohlenstoffdynamik des Waldbodens. Das Entfernen von Bäumen führt mittelfristig zu einer Abnahme der Streueinträge und auch zu einem Anstieg der Mineralisierungsraten. Der Anstieg der Mineralisation ist auf Veränderungen in Bodenfeuchte und Bodentemperatur zurückzuführen die die mikrobielle Aktivität kontrollieren. Weil Mykorrhizapilze abhängig von der Kohlenstoffversorgung durch Wirtsbäume sind, vermindert der Tod der Bäume die Aktivität von Mykorrhiza, insbesondere des extramatricalen Myzel im Boden, besonders stark. Die Abnahme der Mykorrhiza Aktivität ermöglicht es saprotrophen, d.h. streuabbauenden, Pilzen Ihre Aktivität zu erhöhen. Dieser Anstieg der Aktivität, als Gadgil-Effekt bekannt, ist ein wichtiger Mechanismus hinter dem Anstieg der Mineralisierungsraten nach Störungsereignissen.

Es wird prognostiziert, dass in den Alpen Störungsereignisse durch Windwurf und Borkenkäferbefall zunehmen werden. Vorläufige Ergebnisse haben gezeigt, dass die organischen Kohlenstoffvorräte 10 Jahre nach einem Windwurf um fast 25% zurückgegangen sind. Im StartClim Projekt C wurde deshalb eine Untersuchung durchgeführt, die die Mechanismen hinter dem Verlust an organischem Kohlenstoff nach Störungen bestimmen soll.

Die Untersuchung wurde in den Kalkalpen von Oberösterreich, Hölleengebirge, Attersee und auf den etablierten Standorten des EU-Interreg-Projekt „SicAlp“ durchgeführt. Die Waldbestände werden von Fichte und Buche dominiert. Die Fichtenbestände des Gebietes wurden in den Jahren 2007 und 2009 durch große Windwurfereignisse betroffen, so dass eine Pseudozeitreihe die Untersuchung der zeitlichen Veränderungen nach einer Störung ermöglicht. Sowohl Bäume als auch die Bodenvegetation haben pilzliche Wurzelsymbionten – Mykorrhiza. Die feinen Hyphen dieser Mykorrhiza bilden im Boden eine große Biomasse aus. In dieser Studie wurde die Hyphenbiomasse der Mykorrhiza im ungestörten Wald und auf den Störungsflächen untersucht. Um die Auswirkungen von Windwurf zu simulieren und eine Trennung der Bodenatmung durch Wurzeln und pilzliche Biomasse (autotrophen Atmung) und dem Abbau von Kohlenstoff durch Humus-Mineralisierung (heterotrophe Atmung) zu ermöglichen, wurde eine Reihe von Untersuchungsstellen eingerichtet. Durch Grabungen und die Installation einer Kunststoffolie wurden Bodenbereiche isoliert („trenching“), diese Behandlung unterbricht die C-Versorgung der Baumwurzeln und verhindert ein erneutes Einwachsen der Wurzeln und damit die autotrophe Atmung. Auf den Windwurfflächen wurde die Kohlenstoffversorgung der Wurzeln der Kraut- und der Grasvegetation durch Abschneiden der oberirdischen Pflanzenteile verringert. Zusätzlich zur Messung der Mykorrhizahyphenbiomasse wurde eine Reihe von zusätzlichen Messungen, einschließlich Abschätzungen der Pilze- und Bakterienaktivität durchgeführt.

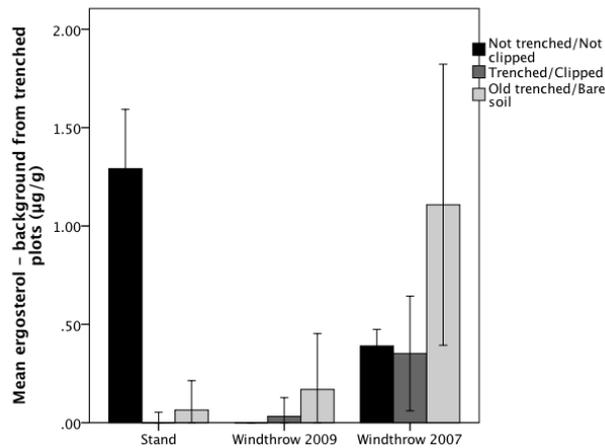


Abb. 4: Ergosterolwerte (d.h. ~Mykorrhizahyphenbiomasse) auf ungestörten Böden (non-clipped/non-trenched), im Jahr 2012 isolierten/beschnittenen Böden (trenched/clipped) und im Jahr 2011 isolierten Böden (old trenched) bzw. Bodenregionen ohne Vegetation (bare soil) der Untersuchungsplots im Altbestand (Stand, Control), auf der Windwurffläche (windthrow) 2009 und der Windwurffläche 2007 (Mittelwert±Std.Fehler).

Die Biomasse des Mykorrhizamyzels wurde durch visuelle und Ergosterol Analyse (Abb. 4) bestimmt. Nur auf dem Windwurf des Jahres 2009 wurde eine deutlich geringere Myzelbiomasse nachgewiesen. Zwischen dem intakten Wald und dem Windwurf 2007 wurde kein signifikanter Unterschied gefunden, obwohl die Ergosterolwerte hier etwas niedriger waren. Ebenso hat das Beschneiden der Kraut- und Grasvegetation auf dem Windwurf 2007 keinen Einfluss auf die Menge des Myzels gehabt. Die Menge des Myzels steht im klaren Zusammenhang mit der Anzahl der Baumsämlinge (Abb. 5) auf den Störungsflächen, was darauf hindeutet, dass sich die Pilzhypenbiomasse auf dem Windwurf des Jahres 2007 bereits erholt hat.

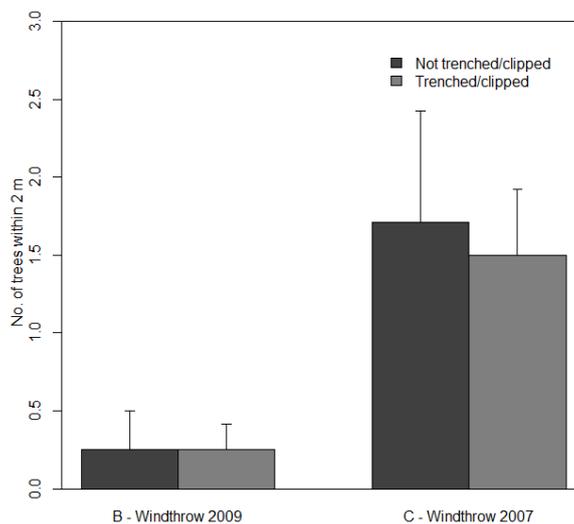


Abb. 5: Anzahl der Baumsämlinge im Abstand von bis zu 2 m zu den Untersuchungsplots auf den Windwurfflächen 2009 und 2007 (Mittelwert+Sdt.Fehler).

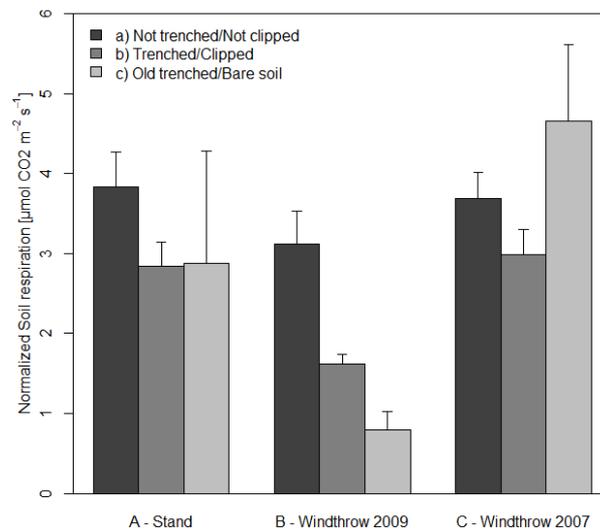


Abb. 6: Bodenatmung der intakten Bodenbereiche (non-trenchend/non-clipped), der im Jahr 2012 isolierten/beschnitten (trenched/clipped) Bodenbereiche und der im Jahr 2011 isolierten Bodenbereiche (old trenched) bzw. der Bodenbereiche ohne Vegetation (bare soil) im Waldbestand und auf den Windwurfflächen 2009 und 2007 (Mittelwert+Sdt.Fehler).

Die Bodenatmung verminderte sich auf den isolierten und beschnittenen Untersuchungsplots im intakten Wald und auf den Windwurfflächen (Abb. 6). Ein Vergleich der Mittelwerte der isolierten und der intakten Plots zeigt, dass autotrophe Atmung etwa 30% der gesamten Bodenatmung des Waldbestandes und etwas weniger auf der Windwurffläche 2009 ausmacht. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Aktivität der Wurzeln und Mykorrhizapilze auf der Windwurffläche 2007 auf einem ähnlichen Level wie im intakten Wald befindet und sich von der Störung erholt hat.

Mit dieser Studie wurde die Bodenhumusdynamik eines gestörten Waldbestandes auf einem typischen Standort der Kalkalpen im Vergleich zu einem ungestörten Wald in unmittelbarer Nähe untersucht. Die Arbeit wurde auf nicht durch Erosion verloren gegangenen Bodenbereichen durchgeführt. Wie angenommen gibt es klare Schwankungen in der Ektomykorrhizabiomasse nach der Störung durch ein Windwurfereignis. Die Hyphenbiomasse erholt sich jedoch nach einigen Jahren durch die erfolgreiche Wiederbesiedelung durch Baumsämlinge. Der Verlust der Aktivität der Mykorrhiza-hyphen und der postulierte Gadgil-Effekt konnten nicht eindeutig nachgewiesen werden da eine Reihe von parallelen Änderungen, z.B. Streueintrag und Veränderungen des Boden-pHs, die direkten biologischen Effekte maskieren können. Allerdings zeigt die Arbeit deutlich, dass die schnelle Regeneration der Vegetation auf den gestörten Flächen, insbesondere die Wiederbesiedelung durch Baumsämlinge, von entscheidender Bedeutung für den Bodenschutz und die Wiederherstellung der biologischen Aktivität des Bodens ist. Zusätzlich ist es wichtig, dass Maßnahmen ergriffen werden, um den anfänglichen Verlust von Boden durch Erosion zu verhindern und somit die Wiederbesiedelung durch (Baum-) Vegetation zu erlauben.

5 StartClim2012.D: Auf Holz bauen, zählen, rechnen: Anpassung von Werkzeugen und Daten (Holz BZR)

Durch eine stoffliche Verwendung von forstlicher Biomasse kann die Lebens- und Einsatzdauer von Holz deutlich über die Umtriebszeit im Wald hinaus verlängert werden. Eine kaskadische Nutzung von Holz ist aus diesem Grund eine sinnvolle Klimaschutzmaßnahme, da damit nicht nur Ressourcen effizient genutzt werden, sondern auch ein Kohlenstoffvorrat außerhalb des Waldes aufgebaut werden kann. Eine solche Maßnahme zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen wurde in der internationalen Literatur als kosteneffektiv und technisch umsetzbar, besonders hinsichtlich der Kompensation von Emissionen aus diffusen Quellen, wie z.B. Transportemissionen, beschrieben.

In dem Bemühen um internationale Verrechnungen von Kohlenstofffreisetzungen und -bindungen wurde bei der Klimakonferenz in Durban festgelegt, welcher Berechnungsansatz (Production Approach for HWP of Domestic Origin, PAD) für die Anrechnung von Kohlenstoffspeichern in Holz herangezogen werden soll. Im Rahmen von StartClim wurden Grundlagen für die Erfüllung der österreichischen Berichts- und Anrechnungspflicht erarbeitet. Insbesondere wurden die Möglichkeiten für Datenverbesserungen in ihrer praktischen Machbarkeit überprüft, konkret:

1. Identifikation des Adaptionbedarfs des Simulationsmodells FOHOW für zukünftige Simulationen und Berechnungen des Kohlenstoffspeichers in HWP
2. Exemplarische Erhebung der Holzmengen in einem Gebäudetyp (Einfamilienhaus) und Prüfung der Datenintegration in das Gebäude- und Wohnungsregister (GWR)
3. Einbindung der holzverarbeitenden Industrie und Prüfung der Entwicklung eines Systems der Datentreuhandtschaft

Auf Basis der Daten der Konjunkturstatistik im Produzierenden Bereich und zahlreichen Annahmen und Umrechnungen konnte eine Input-Output-Tabelle erstellt werden, welche die Verteilung der Holzverwendung auf Basis der produzierten Halbprodukte erlaubt. Diese wurde durch weitere nationale Statistiken ergänzt. Die generierten Werte wurden mittels Analogieschlussmethode auf Basis von Studien in anderen Ländern auf ihre Konsistenz überprüft. Abschließend wurde versucht, mit verfügbaren und vergleichbaren Konjunkturstatistiken eine möglichst lange Zeitreihe zu generieren. Dazu konnte der Zeitraum von 2002 bis 2011 systematisch hinsichtlich der Holzverwendung ausgewertet und eine entsprechende Zeitreihe generiert werden.

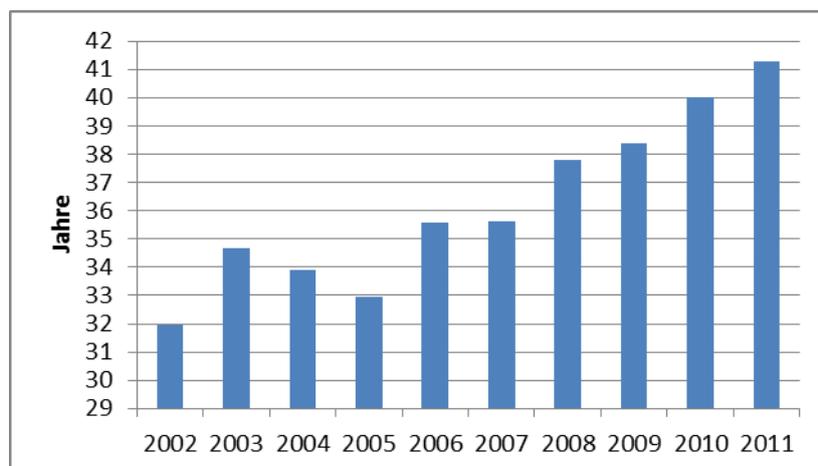


Abb. 7: Zeitlicher Verlauf der nach Verwendung und Mengen gewichteten durchschnittlichen Halbwertszeiten der in Österreich hergestellten Holzprodukte

Es zeigte sich deutlich, dass die nach Mengen und Verwendung gewichteten durchschnittlichen Halbwertszeiten einen eindeutig steigenden Trend aufweisen (Abb. 7). Dies ist insofern eine außerordentlich bemerkenswerte Entwicklung, weil alle Ansätze zur Berechnung von

Kohlenstoffpools in HWP bisher von statischen Halbwertszeiten ausgehen. Dieser steigende Trend wird von verschiedenen Entwicklungsfaktoren bestimmt. Wichtig sind hier vor allem die Technologie-, Ingenieur- und Maschinenbauentwicklung. Ein weiterer Faktor ist die gesellschaftliche Entwicklung hin zu nachhaltigen Werkstoffen und die generelle Umstellung des Gewerbes. Eine weitere mögliche Hypothese zur Erklärung dieser Beobachtung wäre, dass aufgrund des verschärften Wettbewerbs um den Rohstoff Holz zwischen stofflicher und energetischer Nutzung die stoffliche Nutzung von Holz verstärkt in Anwendungen erfolgt, welche besonders langfristig und damit auch entsprechend hochwertig sind.

Die exemplarische Erhebung der Holzmengen in Einfamilienhäusern konnte ebenfalls erfolgreich durchgeführt werden. Es wurde von 27 Einfamilienhaus-Modellbauten der Holz- bzw. Holzwerkstoffbedarf für die tragende Konstruktion (hauptsächlich Wände, Decken, Dach) ermittelt. Die hierzu benötigten Holzauzüge wurden von österreichischen Zimmermeisterbetrieben bzw. Unternehmen der Fertighausindustrie zur Verfügung gestellt. Die einzelnen Daten der Betriebe wurden anonymisiert und statistisch aufbereitet. Der Holz- bzw. Holzwerkstoffverbrauch der einzelnen Gebäude wurde in die gängigen Konstruktionsformen unterteilt und auf die Bruttogeschoßfläche der Einfamilienhäuser bezogen. Nach der Anwendung des Erhebungsmodells auf alle Konstruktionsformen von Einfamilienhäusern in Holzbauweise und von Dachstühlen von Häusern in Massivbauweise (nicht Holzbauweise) für die Erhebungsjahre 1998 bis 2008 und der Aufsummierung dieser Daten konnte ermittelt werden, dass in den Jahren 1998 bis 2008 ca. 3.000.000 m³ Holz und 750.000 m³ Holzwerkstoffe für tragende Zwecke bei Einfamilienhäusern eingesetzt wurden (Abb.8).

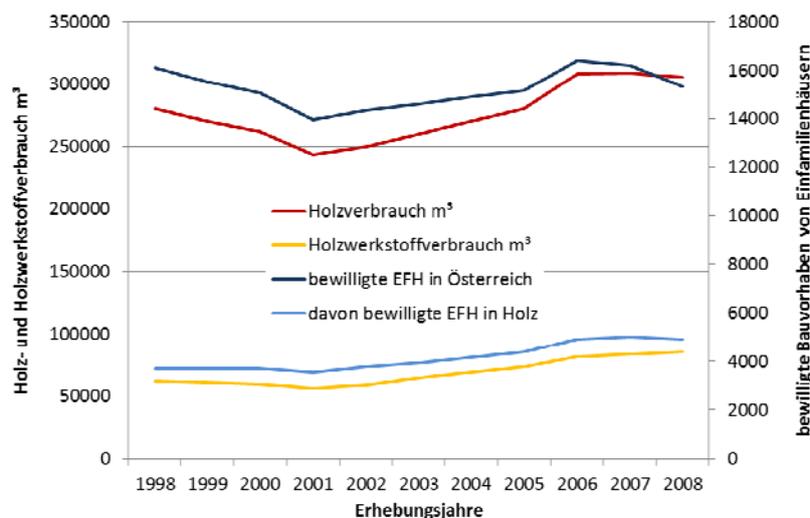


Abb. 8: Holz- bzw. Holzwerkstoffverbrauch und die Anzahl der bewilligten Einfamilienhäuser (gesamt und Holzbauten) im Zeitraum 1998-2008

Damit steht ein weiteres Werkzeug zur Datenverbesserung, insbesondere auch für historische Daten zur Verfügung. Mittelfristig wäre es daher möglich, die Zahl der Gebäudetypen und Baujahre zu erhöhen und in der Folge mit dem Gebäude- und Wohnungsregister (GWR) vollständige Hochrechnung zu betreiben. Die Ergebnisse solcher Hochrechnungen sind wahrscheinlich die einzige kosteneffiziente Möglichkeit, Rückschlüsse auf die Richtigkeit der internationalen Annahmen zur Modellierung des historischen HWP-Pools für Österreich zu erlangen.

Einzig die Einbindung der holzverarbeitenden Industrie blieb deutlich hinter den Erwartungen zurück. Während die Bereitschaft der Industrie Daten zur Verfügung zu stellen mittelfristig verbessert werden kann, wurde der Eindruck gewonnen, dass die dort verfügbaren Daten kaum zu wesentlichen Datenverbesserungen führen werden. Da die Akzeptanz der Industrie für die Anrechnung von HWP trotzdem als wichtig erachtet werden kann und eine Verbesserung der Datenverfügbarkeit auch langfristig verfolgt werden muss, erscheint die Abhaltung einer Informationsveranstaltung nach Vorliegen erster Wirkungsabschätzungen eine erstrebenswerte Maßnahme, welche in Kooperation mit dem Umweltbundesamt für das Jahr 2014 geplant ist.

6 StartClim2012E: Klimatologie der Schneefallgrenze im Alpenraum, abgeleitet aus Reanalysedaten

Schnee spielt eine wesentliche Rolle im Alpenraum. Neben seinen vielfältigen Auswirkungen auf Ökosysteme (Kälte- und Erosionsschutz, Wasserspeicher, Schneebruch, etc.) hat er auch eine enorme ökonomische Bedeutung. Eine für die zu erwartende Schneemenge wichtige Größe ist die Höhe der Schneefallgrenze. Liegt sie, temperaturbedingt, sehr hoch, können mittlere und tiefe Lagen nicht mit Schnee rechnen, und in den Übergangszeiten kann dies die Hochwassergefahr erhöhen, weil Niederschläge nicht als Schnee in höheren Lagen gepuffert werden, sondern gleich abfließen.

Eine Analyse der Entwicklung der Schneefallgrenze innerhalb der letzten drei Dekaden für ganz Europa zeigt überraschende Ergebnisse:

- Nur die Schneefallgrenze im Sommer zeigt europaweit den im Zusammenhang mit dem Temperaturanstieg erwarteten einheitlichen Trend zu höheren Lagen innerhalb der Periode 1979-2011
- In allen anderen Saisonen zeigen sich vor allem in West-, Mittel- und Südeuropa starke dekadische Schwankungen und kein Trend
- Dekadische Anomalien können die Schneefallgrenze um bis zu 200 m (mit der Schneefallmenge gewichtet) von den mittleren 30 jährigen Bedingungen sowohl nach oben als auch nach unten verschieben.
- Bisher traten die stärksten dekadischen Schwankungen im Winter am Balkan und Westfrankreich/Großbritannien auf, die Alpen blieben bisher eher verschont.
- Die außergewöhnlich niedrigen Schneefallgrenzen der letzten Dekade im Herbst sind ein Mitteleuropäisches Phänomen das von Ostfrankreich bis zum Baltikum und von den Alpen bis Südschweden reicht.

Aus Abbildung 9 ist ersichtlich, dass die Schneefallgrenze in Europa im Sommer breitenkreisparallel nach Süden hin ansteigt (Abb. 9 links oben). Auf der Iberischen Halbinsel und der Türkei liegen die Werte bei 3600 m und in den nördlichsten Teilen Skandinaviens können Werte knapp unter 2000 m erreicht werden. Der Großteil von Kontinentaleuropa zeigt im Sommer einen kontinuierlichen Anstieg der Schneefallgrenze, sodass die Schneefallgrenze in den 2000er Jahren (Abb. 9 rechts unten) rund 200 m höher liegt als in den 1980er Jahren (Abb. 9 rechts oben). Im Alpenraum hat dieser Anstieg der sommerlichen Schneefallgrenze sicherlich wesentlich zu dem beobachteten Gletscherrückgang beigetragen. Lediglich auf der Iberischen Halbinsel und in Frankreich zeigen die 90er Jahre tiefere Schneefallgrenzen.

Diese Ergebnisse beruhen auf physikalisch konsistent berechneten Schneefallgrenzen bei Niederschlag, die sich aus meteorologischen Feldern des Re-Analysemodells ERA-INTERIM für den Zeitraum 1979-2011 ergeben.

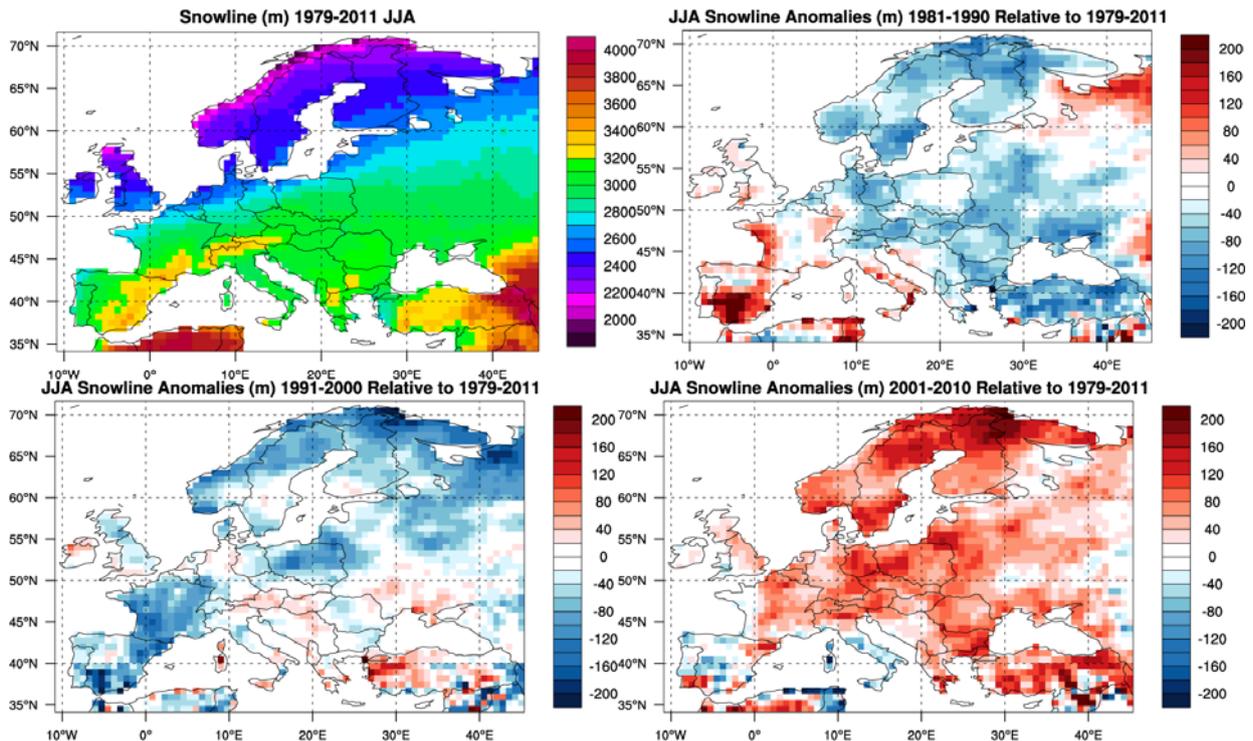


Abb. 9: Mittlere Höhe der Schneefallgrenze (arithmetisches Mittel) im Sommer (JJA) für den gesamten Zeitraum 1979-2011 (links oben), sowie die Abweichungen von diesem Mittelwert in den 1980er Jahren (rechts oben), 1990er Jahren (links unten) und den 2000er Jahren (rechts unten). Alle Angaben in Meter Seehöhe.

Im Alpenraum zeigt sich eine klare regionale Differenzierung speziell im Winter (Abb. 10). Der Alpenraum kann dabei in vier Subregionen eingeteilt werden:

- Kontinental
- Atlantisch/Kontinental
- Mediterran/Kontinental
- Maritim

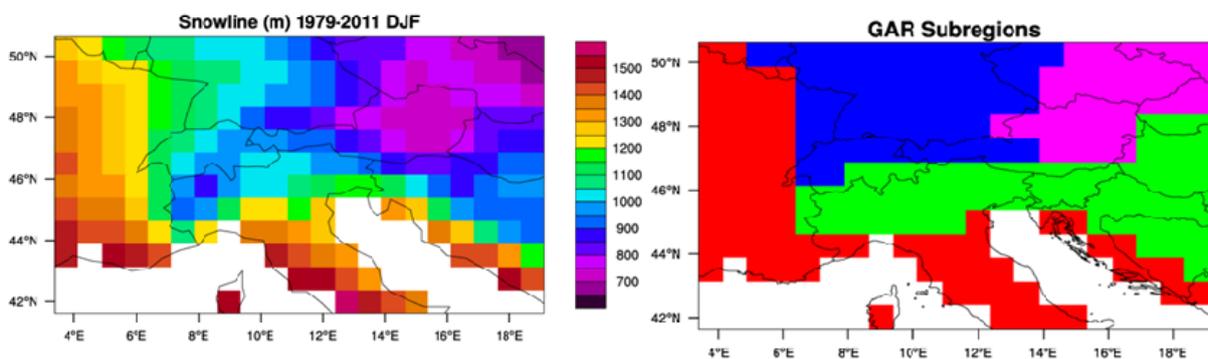


Abb. 10: Mittlere Höhe der Schneefallgrenze (Median) im Winter (DJF) für den gesamten Zeitraum 1979-2011 im Alpenraum (links) und daraus abgeleitete Regionseinteilung. Magenta = Kontinental, Blau = Atlantisch/Kontinental, Grün = Mediterran/Kontinental und Rot = Maritim

Die Schneefallgrenze zeigt im Alpenraum einen ausgeprägten Jahresgang (Abb. 11). Dieser ist in der Kontinentalregion am stärksten ausgeprägt und reicht von knapp 500 m im Februar bis etwa 3100 m im Juli und August. In der Maritimen Region liegt die Sommerschneefallgrenze ebenso bei etwa 3100 m jedoch liegt das Minimum im Februar bei etwa 1300 m. In den beiden Übergangsregionen liegt das Winterminimum bei etwa 1000 m und das Sommermaximum ebenfalls knapp über 3000 m. Die Unterschiede in der Schneefallgrenze zwi-

schen den Regionen sind somit im Winter am größten, wobei sie in der Kontinentalregion um etwa 400 bis 500 m tiefer liegen als in den Übergangsregionen und sogar um die 800 m tiefer als in der Maritimen Region. Daraus lässt sich ableiten, dass die niederschlagsbringenden Luftmassen in der Kontinentalregion um etwa 5 Grad kälter als in der Maritimen Region sind und immerhin noch etwa 2 Grad kälter als in den Übergangsregionen.

In den Sommermonaten verschwindet der Unterschied zwischen den Regionen faktisch und von Mai bis August liegt die Schneefallgrenze in der Kontinentalregion sogar etwas höher als in der Atlantisch/Kontinentalen Region. Dies liegt einerseits an den geringeren Luftmassenunterschieden im Sommer, andererseits an dem hohen Anteil an konvektivem Niederschlag (z.B. Gewitter).

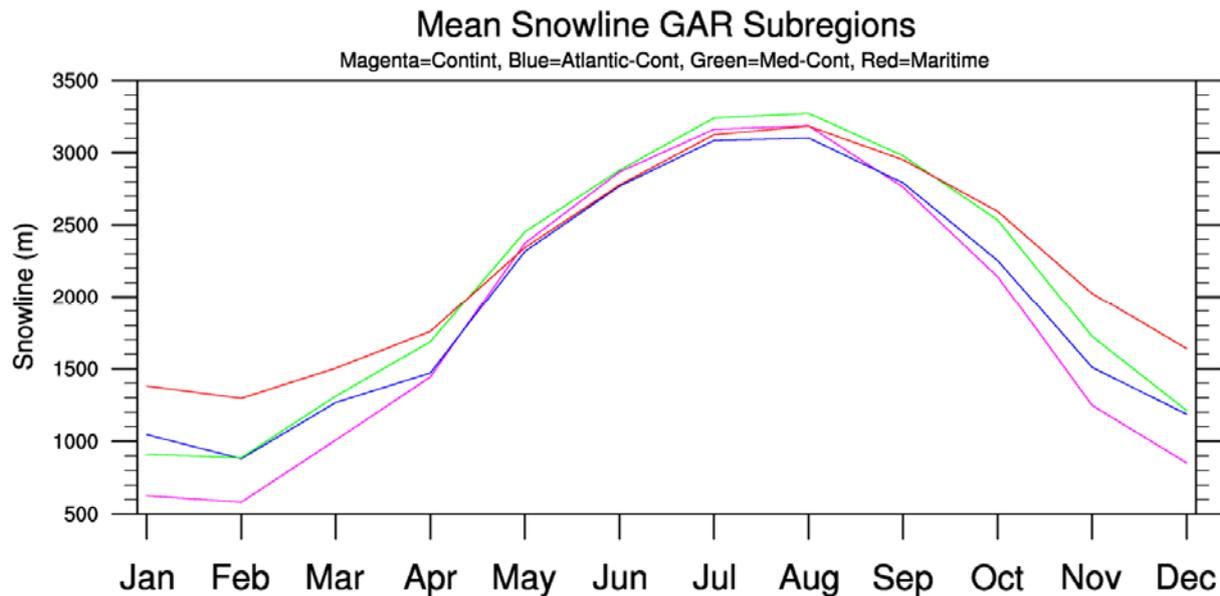


Abb. 11: Jahrgang der Schneefallgrenze (1979-2011) gemittelt für die vier Alpenregionen (Massengewichtet). In den Wintermonaten ergeben sich Unterschiede in der Schneefallgrenze von bis zu 900 m, wobei immer die Kontinentale Region die niedrigste Schneefallgrenze hat und die Maritime Region die Höchste. In den Sommermonaten beträgt der maximale Unterschied knapp 200 m.

Eine wichtige Erkenntnis dieser Studie für den Wintertourismus ist die hohe dekadische Variabilität der Schneefallgrenze im Winter. Bisher sind die größten dekadischen Schwankungen nicht im Alpenraum aufgetreten, daher sollte man hier nicht direkt aus den Erfahrungen der letzten Jahrzehnte auf die Zukunft schließen. Wie die Beispiele vom Balkan und Großbritannien zeigen, können diese dekadischen Anomalien massengewichtet mehr als 150 m Seehöhenanstieg der Schneefallgrenze ausmachen. Dies entspricht einem Temperaturanstieg der niederschlagsverursachenden Luftmassen von etwa 1 °C. Diese „natürliche Variabilität“ erhöht die Unsicherheit bei Betrachtungen zur Schneesicherheit unter Klimawandelsbedingungen beträchtlich.

7 StartClim2012.F: Werte als Leistungsindikatoren: ein Weg zu tätigem Klimaschutz

In den Diskursen zu Klimaschutz, Klimawandelanpassung und Nachhaltigkeit geht es längst nicht mehr nur um objektive Daten und Fakten der Naturwissenschaft. Vielmehr ist heute bekannt, dass die Art und Weise, wie Menschen dem Klimawandel gegenüberstehen und inwieweit sie entsprechende Strategien umsetzen oder verfügbare Ressourcen zur Anpassung bereitstellen, unter anderem stark vom gesellschaftlich-kulturellen Umfeld und den bestehenden individuellen oder kollektiven Werthaltungen abhängen.

Obwohl viele Menschen eine ausgeprägte Sensibilität gegenüber Umweltfragen aufweisen, manifestiert sich dieses Bewusstsein (z.B. über die Bedrohungen des Klimawandels) nicht uneingeschränkt in konkreten nachhaltigen Praktiken oder sichtbaren Treibhausgasemissionsreduktionen. In diesem Spannungsfeld treten soziale Erwartungen, kulturelle Prägungen und gesellschaftliche Werte als wichtige Handlungsdeterminanten immer stärker in den Vordergrund. Beispielsweise konnten KASSER et al. (2007) zeigen, dass Werthaltungen einen erheblichen Einfluss auf den CO₂-Fußabdruck ausüben. Auch eine in den USA durchgeführte Studie zu den Gründen für die Unterstützung klimapolitischer Maßnahmen zeigt, dass die angegebenen Gründe viel weniger Einfluss hatten, als die Werthaltungen und der Glaube der befragten Personen.

Im Rahmen dieses Projekts wurden die Bedeutung und der Einfluss von kulturellen und individuellen Werten auf klimarelevanten Verhalten am Beispiel der Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) untersucht. Es wurde dabei die Annahme zu Grunde gelegt, dass manche ethischen Werte (z.B. Universalismus, Selbstbestimmung, Achtung der Natur) eine bessere Motivationsquelle für umwelt- und klimaschonende Maßnahmen darstellen als andere und dass Diskussionen bzw. Bewusstsein über diese Werte umwelt- und klimaschonendes Verhalten fördern. Da Nachhaltigkeit demnach auch eine ethische Herausforderung ist, besteht Bedarf, soziokulturelle Werte, an denen sich Menschen und Institutionen orientieren, gezielt zu adressieren, stärker ins Bewusstsein zu holen sowie diese überprüf-, greif- und handhabbarer als bisher zu machen.

Indikatoren werden von Organisationen eingesetzt, um Erfolg oder Fortschritt zu messen. Sie leisten damit einen Beitrag hinsichtlich der Zieldefinition von Organisationen. Meistens fokussieren diese jedoch auf konkreten Leistungen (z.B. Anzahl der Publikationen) oder erheben nicht-nachhaltige Kennzahlen (vgl. Energie- oder Flächenverbrauch). Sie sind damit ungeeignet als Maß für Klimaschutz oder Nachhaltigkeit. Bisher gibt es keine brauchbaren Indikatoren, die direkt an die Wertedimension anknüpfen und ethische, intrinsische Prinzipien, die von den Mitgliedern einer Organisation geteilt, gelebt oder gewünscht werden, operationalisieren.

Deshalb werden im vorliegenden Projekt am Beispiel der Universität für Bodenkultur Wien für BOKU-Angehörige (MitarbeiterInnen und Studierende) wichtige Werte identifiziert und wertebasierte Indikatoren zur Messung dieser Werte entwickelt. Es wird die übergeordnete Absicht verfolgt, eine Integration wertebasierter Indikatoren in die Organisationskultur der BOKU auf verschiedenen Ebenen anzuregen, um Status Quo und Entwicklung von gelebten ethischen Prinzipien zu dokumentieren und dadurch Werte zu stärken, die zu klimafreundlicherem und nachhaltigerem Handeln führen. Folgende Ziele charakterisieren dieses Forschungsprojekt:

1. Identifikation von für BOKU-Angehörige wichtigen Werten,
2. Identifikation von Werten, die eine Reduktion des CO₂-Fußabdrucks fördern und andere umweltschonende Aktivitäten motivieren,
3. Entwicklung von Indikatoren zur Messung der nachhaltigkeitsförderlichen Werte aus Schritt 2) und
4. die Initiierung einer Diskussion zur Brauchbarkeit/Relevanz einer werte-basierten Evaluierung der Universität.

Methodisch wurde ein qualitatives Sozialforschungsdesign gewählt. 25 persönliche Interviews mit BOKU-MitarbeiterInnen und Studierenden sowie die anschließende Analyse mittels Kategorisierung und Bündelung dienten der Erhebung und Identifikation individueller Werthaltungen und der damit assoziierten Bedeutungen (Ziel 1 und 3). Nach einem Online Ranking zur Priorisierung der wichtigsten Werte wurden diese in einen partizipativen Workshop eingebracht (siehe Abb. 12), mit dem Ziel, die bisherigen Ergebnisse durch die TeilnehmerInnen zu validieren und ein gemeinsames – d.h. inter-subjektives – Verständnis von Werten und deren Bedeutungen zu schaffen. Im Kontext dieser Forschung werden „Werte“ als für und durch die Gruppe als solche konstruierten, wünschens- und erstrebenswerten Zustände, Prinzipien oder Qualitäten verstanden.

Ein fundierter Literaturvergleich mit anschließender Korrelationsanalyse zwischen Werten und Verhalten der Befragten erlaubte die Identifikation jener Werte, die umwelt- und klimafreundliches Verhalten motivieren und fördern (Ziel 2). Mehrere Diskussionskreise mit Schlüsselakteuren und relevanten Interessensgruppen der BOKU wurden schließlich initiiert, um über Chancen und Hindernisse sowie insbesondere über das potenziell weitere Vorgehen bei der Integration der entwickelten wertebasierten Indikatoren in die strategischen Dokumente bzw. in die gängigen Evaluierungsmethoden der Universität zu sprechen (Ziel 4).



Abb. 12: Im Validierungsworkshop im März 2013 wurden die zuvor erhobenen Werte und Indikatoren in Kleingruppen weiterentwickelt, verändert, korrigiert und validiert. Der Austausch über die Bedeutung jedes Wertes sowohl in den Kleingruppen als auch im Plenum (siehe Bild oben) führte zu einem gemeinsamen Verständnis darüber. Ein inter-subjektives (quasi-objektives) Verständnis von Werten ist Voraussetzung für die Ableitung (objektiv) überprüfbarer Indikatoren.

Zentrales Ergebnis sind 8 BOKU Werte (inkl. entsprechender Indikatoren), die

- (i) zu den wichtigsten BOKU Werten zählen und zu denen partizipativ ein gemeinsames, inter-subjektives Verständnis erarbeitet wurde und
- (ii) die darüber hinaus einen positiven Zusammenhang mit dem genannten Klimaverhalten (Anzahl gesetzter umwelt- und klimafreundlicher Maßnahmen) der Interviewpersonen aufweisen, d.h. tendenziell nachhaltiges/klimarelevantes Verhalten fördern.

Diese 8 Werte sind:

- „Verantwortung für die Umwelt übernehmen und Natur für kommende Generationen schützen, erhalten und respektieren“,
- „Kritisches Denken“,
- „Innerhalb und „mit“ der BOKU seinen eigenen Weg finden und gehen“,
- „Ganzheitliche und systemische Betrachtungen“,

- „Zusammenarbeit und Teamwork“,
- „Vernetzung und (fächerübergreifender) Austausch von Wissen und Erfahrungen“,
- „Freundliche, kollegiale Stimmung und soziales Miteinander“ sowie
- „Forschergeist, Wissenschaft und die die Entwicklung von Lösungen zu bestehenden Problemen aus Gesellschaft und Praxis“.

Insgesamt existieren 76 validierte Indikatoren zur Erhebung dieser Werte.

Diese explorative und pionierhafte Studie zeigt, dass es möglich ist, kollektive Werte von Organisationen zu erheben und wertebasierte Indikatoren für den universitären Kontext zu entwickeln. Im Kontext von Klimaschutz und Klimawandelanpassung ist es besonders interessant, dass die meisten BOKU Werte einen pro-sozialen, wandlungsoffenen, holistischen und ökologie-bewussten „Charakter“ besitzen.

Als potenzielle Anwendungsfelder für wertebasierte Indikatoren konnten der BOKU-Nachhaltigkeitsbericht, die BOKU-Nachhaltigkeitsstrategie, die BOKU-Ethikplattform, der BOKU-Entwicklungsplan sowie die AG Soziale Verantwortung identifiziert werden. Die Resonanz und das Interesse hierfür seitens der Schlüsselakteure in diesen Bereichen können als durchaus sehr hoch eingestuft werden. Als nächste Schritte gelten die weitere (interne) Verbreitung/Präsentation der Ergebnisse und damit verbunden die konsequente Weiterführung diesbezüglicher Gespräche mit wichtigen EntscheidungsträgerInnen der BOKU.

8 Literaturverzeichnis

StartClim2012.A

- Amon, B., Fröhlich, M., Amon, T. 2006. Österreichische Emissionsinventur, Bereich Landwirtschaft". In: Klimaforschungsinitiative AustroClim: 9. Österreichischer Klimatag 2006 „Forschung zu Klima, Klimawandel und Auswirkungen in Österreich“, 16. – 17. März 2006, Wien, P15
- Annicchiarico, P. 1997. Joint regression vs AMMI analysis of genotype-environment interactions for cereals in Italy. *Euphytica* 94, 53-62.
- Aulakh, M.S., Doran, J.W., Walters, D.T., Power, J.F. 1991. Legume residue and soil water effects on denitrification in soils of different textures. *Soil Biology and Biochemistry* 23, 1161-1167.
- Bavin, T.K., Griffis, T.J., Baker, J.M., Venterea, R.T. 2009. Impact of reduced tillage and cover cropping on the greenhouse gas budget of a maize/soybean rotation ecosystem. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 134, 234-242.
- BMLFUW 2010. Policy Paper. Auf dem Weg zu einer nationalen Anpassungsstrategie. 2. Entwurf.
- BMLFUW. 2000. ÖPUL 2000. Sonderrichtlinie für das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft. Zl. 25.014/37-II/B8/00.
- Cepuder, P. 1999. Zur Nitratproblematik in Ostösterreich, dem Tullner Feld, dem Marchfeld und dem nördlichen Burgenland. 8. Gumpensteiner Lysimetertagung, Tagungsband, 1-4.
- Dabney, S.M. 1998. Cover crop impacts on watershed hydrology. *J. Soil Water Conserv.* 53:207-213.
- Dersch G, Duboc, O. 2011. Entwicklung der Humusversorgung der Ackerböden. <http://www.ages.at/ages/landwirtschaftliche-sachgebiete/boden/aktuelles/entwicklung-der-humusversorgung-der-ackerboeden/>
- Easterling, D.R., Meehl, G.A., Parmesan, C., Changon, S.A., Karl, T.R., Mearns, L.O. 2000. Climate Extremes: Observations, Modeling, and Impacts. *Science* 289, 2068-2074.
- Fahey, J.W., Zalcmann, A.T., Talalay, P. 2001. The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry* 56, 5-51.
- Feichtinger, F., Scheidl, A., Dorner, J. 2005., ÖPUL 2000 - Evaluierung der wasserwirtschaftlichen Relevanz (Effizienz) einer Begrünung von Ackerflächen im Herbst und Winter.– Bericht, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Petzenkirchen.
- Gomes, J., Bayer, C., de Souza Costa, F., de Cássia Piccolo, M., Zanatta, J.A., Vieira, F.C.B., Six, J. 2009. Soil nitrous oxide emissions in long-term cover crops-based rotations under subtropical climate. *Soil and Tillage Research* 106, 36-44.
- Gonzales-Lanteri, D., A. Huete, and H. Kim. 2004. Estimation of the fraction of canopy cover from multispectral data to be used in a water soil erosion prediction model. *Gayana (Concept.)*, 68:239-245.
- Grüner Bericht 2011. www.gruenerbericht.at
- Hartl, W., 2010. Verluste der oberirdischen Biomasse von abfrostenden Begrünungspflanzen durch Ausgasung vor der Einarbeitung in den Boden. Evaluierungsprojekt BMLFUW-LE.1.3.7/0013-II/5/2009, Endbericht.
- Hartwig, N.L., and H.U. Ammon. 2002. Cover crops and living mulches. *Weed Sci.* 50:688–699.

- Hungate, B.A., Dukes, J.S., Shaw, M.R., Luo, Y., Field, C.B. 2003. Nitrogen and Climate Change. *Science* 302, 1512-1513.
- IPCC. 2007. Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Chapter 8: Agriculture. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Jarecki, M.K., Parkin, T.B., Chan, A.S.K., Kaspar, T.C., Moorman, T.B., Singer, J.W., Kerr, B.J., Hatfield, J.L., Jones, R. 2009. Cover crop effects on nitrous oxide emission from a manure-treated Mollisol. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 134, 29-35.
- Joyce, B.A., W.W. Wallender, J.P. Mitchell, L.M. Huyck, S.R. Temple, P.N. Brostrom, and T.C. Hsiao. 2002. Infiltration and soil water storage under winter cover cropping in California's Sacramento Valley. *Trans. ASAE* 45:315-326.
- Kabir, Z., and R.T. Koide. 2002. Effect of autumn and winter mycorrhizal cover crops on soil properties, nutrient uptake and yield of sweet corn in Pennsylvania, USA. *Plant Soil* 238:205-215.
- Kallenbach, C.M., Rolston, D.E., Horwath, W.R. 2010. Cover cropping affects soil N₂O and CO₂ emissions differently depending on type of irrigation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 137, 251-260.
- Klik, A., Eitzinger, J. 2010. Impact of climate change on soil erosion and the efficiency of soil conservation practices in Austria. *Journal of Agricultural Sciences* 148(5), 529-541.
- Liebhard, P., Bodner, G. 2005. Expertise zur Wirksamwerdung der Begrünung von Ackerflächen im Herbst und Winter im Rahmen der ÖPUL-Förderung 2000 auf Nitratverlagerung und Grundwasserqualität unter unterschiedlichen hydrologischen, bodenkundlichen und pflanzenbaulichen Rahmenbedingungen in Österreich. Expertise im Auftrag des BML-FUW.
- Liebig, M.A., Tanaka, D.L., Gross, J.R. 2010. Fallow effects on soil carbon and greenhouse gas flux in Central North Dakota. *Soil Science Society of America Journal* 74, 358-365.
- Liu, A., B.L. Ma, and A.A. Bomke. 2005. Effects of cover crops on soil aggregate stability, total organic carbon, and polysaccharides. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69:2041-2048.
- Logsdon, S.D., T.C. Kaspar, D.W. Meek, and J.H. Prueger. 2002. Nitrate leaching as influenced by cover crops in large soil monoliths, *Agron. J.* 94:807-814.
- Lütke-Entrup, N. 2000. Feldfutterbau und Ackerbegrünung. In: Lütke-Entrup, N. & Oehmichen, J.(Hg.): *Lehrbuch des Pflanzenbaues. Band 2: Kulturpflanzen.* Gelsenkirchen-Buer: Verlag Th. Mann, S. 577 - 581, 620 – 654.
- McSwiney, C.P., Snapp, S.S., Gentry, L.E. 2010. Use of N immobilization to tighten the N cycle in conventional agroecosystems. *Ecological Applications* 20, 648-662.
- Meyer, L. D., S., S.M. Dabney, C.E. Murphree, W.C. Harmon, and E.H. Grissinger. 1999. Crop production systems to control erosion and reduce runoff from upland silty soils. *T. ASAE.* 42:1645-1652.
- Mosier, A.R., Kroeze, C., Nevison, C., Oenema, O., Seitzinger, S. and van Cleemput, O. 1998. Closing the global N₂O budget: nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle. OECD/IPCC/IEA phase II development of IPCC guidelines for national greenhouse gas inventory methodology. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 52, 225-248.
- Olesen, J.E., Bindi, M. 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *Eur J.Agron.* 16, 239-262.
- ÖNORM 2012. ÖNORM L 1091: Chemische Bodenuntersuchungen - Bestimmung von mineralischem Stickstoff durch Extraktion mit Calciumchloridlösung - Nmin-Methode.

- Parkin, T.B. 1987. Soil Microsites as a Source of Denitrification Variability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51, 1194–1199.
- Parkin, T.B., Kaspar, T.C., Singer, J.W. 2006. Cover crop effects on the fate of N following soil application of swine manure. *Plant and Soil* 289, 141-152.
- Pattey, E., Blackburn, L.G., Strachan, I.B., Desjardins, R., Dow, D. 2008. Spring thaw and growing season N₂O emissions from a field planted with edible peas and a cover crop. *Canadian Journal of Soil Science* 88, 241-249.
- Petersen, S.O. , Mutegei, J.K., Hansen, E.M., Munkholm, L.J. 2011. Tillage effects on N₂O emissions as influenced by a winter cover crop. *Soil Biology and Biochemistry* 43, 1509-1517.
- Piepho, H.P., A. Büchse, and C. Richter. 2004. A mixed modelling approach for randomized experiments with repeated measures. *J. Agron. Crop Sci.* 190:230-247.
- Quinton, J.N., G.M. Edwards, and R.P.C. Morgan. 1997. The influence of vegetation species and plant properties on runoff and soil erosion: results from a rainfall simulation study in south east Spain. *Soil Use Manage.* 13:143-148.
- Rochette, P., Gregorich, E.G., Desjardins, R.L. 1992. Comparison of static and dynamic closed chambers for measurement of soil respiration under field conditions. *Canadian Journal of Soil Sciences*, 72, 605-609.
- Rosecrance, R.C., Mccarty, G.W., Shelton, D.R., Teasdale, J.R. 2000. Denitrification and N mineralization from hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) and rye (*Secale cereale* L.) cover crop monocultures and bicultures. *Plant and Soil* 227, 283-290.
- Schmidt, M.W.I., et al., 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Nature* 478, 49–56.
- Shepherd, M.A., and J. Webb. 1999. Effects of overwinter cover on nitrate loss and drainage from a sandy soil: consequences for water management? *Soil Use Manage.* 15:109-116.
- Smith, P. et al., 2008. Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 363 no. 1492, 789-813.
- Steenwerth, K. , Belina, K.M. 2008. Cover crops and cultivation: Impacts on soil N dynamics and microbiological function in a Mediterranean vineyard agroecosystem. *Applied Soil Ecology* 40, 370-380.
- Strauss, P. 2006. ÖPUL-Maßnahmen in ihren erosionsvermindernden Auswirkungen. Umweltprogramme für die Landwirtschaft und deren Auswirkungen auf die Grundwasserqualität, Gumpenstein, 7.-8.3.2006, Tagungsband, 65-68.
- van Dam, A. 2006. Understanding the reduction of nitrogen leaching by catch crops. Published PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen, 171 pp.
- Velthof, G.L. , Kuikman, P.J., Oenema, O. 2002. Nitrous oxide emission from soils amended with crop residues. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 62, 249-261.
- Wagner-Riddle, C., Thurtell, G.W. 1998. Nitrous oxide emissions from agricultural fields during winter and spring thaw as affected by management practices. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 52, 151-163.
- Wyland, L.J., L.E. Jackson, W.E. Chaney, K. Klonsky, S.T. Koike, and B. Kimple. 1996. Winter cover crops in a vegetable cropping system: Impacts on nitrate leaching, soil water, crop yield, pests and management costs. *Agr. Ecosyst. Environ.* 59:1-17.

StartClim2012.B

Amt der OÖLReg (2013): Bodenfunktionskarte.

<http://www.doris.at/viewer/%28S%28nbiwzs55orqtqe45emggpq45%29%29/init.aspx?ks=alk&karte=bodenfunktionen>

Amt der OÖLReg (2010): Das Schutzzut Boden im DORIS. Lesehilfe zur Bodenfunktionsbewertung. Linz, 26. S.

BVB (= BUNDESVERBAND BODEN e.V.) (Hrsg.) (2005): Biologische Charakterisierung von Böden – Ansatz zur Bewertung von Bodenorganismen im Rahmen von Planungsprozessen. – BVB-Materialien Band 13, 78 S., Berlin. BadenWÜ

GLA (= BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT & BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ) (Hrsg.) (2003): Das Schutzzut Boden in der Planung. Bewertung natürlicher Bodenfunktionen und Umsetzung in Planungs- und Genehmigungsverfahren. – Augsburg.

(http://www.lfu.bayern.de/natur/landschaftsplanung/ablauf_inhalte_verfahren/doc/schutzzut_boden_in_der_planung.pdf, 20.07.2012)

Baumgarten et al. (2013, in Druck): Bodenfunktionsbewertung: Grundlagen und Erläuterungen zur ÖNORM L 1076.

Birngruber H. et al. (2011): CLISP – Climate Change Adaptation by Spatial Planning in the Alpine Space. Model Region Report – Upper Austria. Project Report - ETC „Alpine Space“ programme 2007-2013, 254 p..

BMLFUW (=Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Hrsg.), 2013. Bodenfunktionsbewertung: Methodische Umsetzung der ÖNORM L 1076. Wien.

Borenstein, M., Hedges Larry, Higgins J., Rothstein H. (o.J.): Manual to: Comprehensive Meta Analysis Version 2.0., 104 S.

Dessert, C., Dupré, B., Gaillardet, J., Francois, L.M., Allègre, C.J., 2003. Basalt weathering laws and the impact of basalt weathering on the global carbon cycle. Chemical Geology 202 (2003) 208– 215.

Hédl R. , Petřík P., Boublík, K. 2011: Long-term patterns in soil acidification due to pollution in forests of the Eastern Sudetes Mountains, Environmental Pollution, Volume 159, Issue 10, Pages 2586-2593

DVWK 1987: (=DVWK –Merkblätter für die Wasserwirtschaft 212/1988, Blume H. P., Müller W., Borchert H., Fleige H., Horn R. und H. Wolkewitz: Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen. Teil 1: Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwemmetalle zu immobilisieren.

EC - European Commission (2006b). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the soil protection of soil and amending Directive 2004/35/EC. COM (2006) 232 S.

Englisch M., Weiss P., Hacker R. & Mutsch F. 2001: Bodeninformation und das Kyoto-Protokoll: Der Waldboden als Kohlenstoffsene – Hypothesen und Möglichkeiten der konkreten Messung. Mitt. DBG, Heft 96/II, 493-494.

European Commission (2006a). Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions: Towards a Thematic Strategy for Soil Protection. COM (2006)231.

Knoll et al. (2010): Pilotprojekt Bodenbewertung Oberösterreich, Amt der OÖ LReg., 83 S.

Knoll et al. (2011): Bodenschutz bei Planungsvorhaben im Land Salzburg, Mitt. ÖBG (78), 51-88.

- Kölling C.: 2010: Klimawandel – eine Herausforderung für Forstwirtschaft und Forstwissenschaft. *AFZ - Der Wald*. 13. 14-17 S.
- Kopittke G.R., Tietema, A. Verstraten J.M. 2012: Soil acidification occurs under ambient conditions but is retarded by repeated drought: Results of a field-scale climate manipulation experiment, *Science of The Total Environment*, Volume 439, 15-23.
- LABO (2006): Endbericht zum Orientierungsrahmen zur zusammenfassenden Bewertung von Bodenfunktionen. LABO-Projekt 3.05.
- Landeshauptstadt München (Hrsg.) (2006): Bodenbewertung in der räumlichen Planung. Ein Beitrag zur nachhaltigen Raumentwicklung. Ergebnisse des EU-Interreg IIB Alpenraum Projekts TUSEC-IP. 47 Seiten, München.
- Landeshauptstadt Stuttgart (Hrsg.) (2012): Böden in der Stadt. URBAN SMS – Bodenmanagement für eine nachhaltige Stadtentwicklung. 28 Seiten, Stuttgart.
- MFU (= MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG) (Hrsg.) (1995): Bewertung der Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren. – Luft – Boden – Abfall, Heft 31, 57 S., Stuttgart.
- Reinds, G. J.; Posch, M; Leemans, Rik 2009: Modelling recovery from soil acidification in European forests under climate change, *science of the total environment*, Volume: 407(21) p.5663-5673.

StartClim2012.C

- Allison SD, Wallenstein MD, Bradford MA. 2010. Soil-carbon response to warming dependent on microbial physiology. *Nature Geoscience*, 3: 336-340.
- Attiwill PM, Adams MA. 1993. Nutrient cycling in forests. *New Phytologist*, 124: 561-582.
- Baritz R, Seufert G, Montanarella L, Van Ranst E. 2010. Carbon concentrations and stocks in forest soils of Europe. *Forest Ecology and Management*, 260: 262-277.
- Bormann B, Spaltenstein H, McClellan M, Ugolini F, Cromack Jr K, Nay S. 1995. Rapid soil development after windthrow disturbance in pristine forests. *Journal of Ecology*: 747-757.
- Christophel D, Spengler S, Schmidt B, Ewald J, Priezel J. 2013. Customary selective harvesting has considerably decreased organic carbon and nitrogen stocks in forest soils of the Bavarian Limestone Alps. *Forest Ecology and Management*, 305: 167-176.
- Clemmensen KE, Bahr A, Ovaskainen O, Dahlberg A, Ekblad A, Wallander H, Stenlid J, Finlay RD, Wardle DA, Lindahl B D, 2013. Roots and Associated Fungi Drive Long-Term Carbon Sequestration in Boreal Forest. *Science* 339:1615-1618.
- Covington WW. 1981. Changes in forest floor organic matter and nutrient content following clear cutting in northern hardwoods. *Ecology*, 62 (1): 41-48.
- Cowden CC, Peterson CJ. 2013. Annual and seasonal dynamics of ectomycorrhizal fungi colonizing white pine (*Pinus strobus*) seedlings following catastrophic windthrow in northern Georgia, USA. *Canadian Journal of Forest Research*, 43: 215-223.
- Cronan CS, Lakshman S, Patterson HH. 1992. Effects of disturbance and soil amendments on dissolved organic carbon and organic acidity in red pine forest floors. *Journal of Environmental Quality*, 21: 457-463.
- Dale VH, Joyce LA, McNulty S, Neilson RP, Ayres MP, Flannigan MD, Hanson PJ, Irland LC, Lugo AE, Peterson CJ. 2001. Climate change and forest disturbances: Climate change can affect forests by altering the frequency, intensity, duration, and timing of fire, drought, introduced species, insect and pathogen outbreaks, hurricanes, windstorms, ice storms, or landslides. *Bioscience*, 51: 723-734.

- Darabant A, Katzensteiner K, Gratzner G, Dorji S. 2009. Pilotstudie: Resilienz von Schutzwäldern in den Nördlichen Kalkalpen. *Forschungsbericht*. Vienna, Austria, ÖBF, Ämter d. Stmk., Tiroler und Salzburger Landesregierungen, Gemeinde Wien.
- Don A, Bärwolff M, Kalbitz K, Andruschkewitsch R, Jungkunst HF, Schulze E-D. 2012. No rapid soil carbon loss after a windthrow event in the High Tatra. *Forest Ecology and Management*, 276: 239-246.
- Egli S, Peter M, Falcato S. 2002. Dynamics of ectomycorrhizal fungi after windthrow. *Forest, Snow and Landscape Research*, 77: 81-88.
- Ekblad A, Wallander H, Godbold DL, Cruz C, Johnson D, Baldrian P, Björk RG, Epron D, Kieliszewska-Rokicka B, Kjöllner R, Kraigher H, Matzner E, Neumann J, Plassard C 2013. The production and turnover of extramatrical mycelium of ectomycorrhizal fungi in forest soils: role in carbon cycling. *Marchner Review Plant and Soil* 366:1–27
- Fahey TJ, Hughes JW, Pu M, Arthur MA. 1988. Root decomposition and nutrient flux following whole-tree harvest of northern hardwood forest. *Forest Science*, 34: 744-768.
- Frostegård Å, Tunlid A, Bååth E. 1991. Microbial biomass measured as total lipid phosphate in soils of different organic content. *Journal of Microbiological Methods*, 14: 239-245.
- Frostegård Å, Tunlid A, Bååth E. 1993. Phospholipid fatty acid composition, biomass and activity of microbial communities from two soil types experimentally exposed to different heavy metals. *Applied and Environmental Microbiology*, 28: 55-63.
- Gadgil RL, Gadgil PD. 1971. Mycorrhiza and litter decomposition. *Nature*, 233: 133.
- Gadgil RL, Gadgil PD. 1975. Suppression of litter decomposition by mycorrhizal roots of *Pinus radiata*. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 5: 33-41.
- Gardiner B, Blennow K, Carnus JM, Fleischer P, Ingemarson F, Landmann G, Lindner M, Marzano M, Nicoll B, Orazio C. 2010. *Destructive storms in European forests: past and forthcoming impacts*, Joensuu, Finland, European Forest Institute.
- Godbold DL, Hoosbeek MR, Lukac M, Cotrufo MF, Janssens IA, Ceulemans R, Polle A, Velthorst EJ, Scarascia-Mugnozza G, De Angelis P, Miglietta F, Peressotti A. 2006. Mycorrhizal hyphal turnover as a dominant process for carbon input to soil organic matter. *Plant Soil* 281: 15-24
- Gömöryová E, Štřelcová K, Fleischer P, Gömöry D. 2011. Soil microbial characteristics at the monitoring plots on windthrow areas of the Tatra National Park (Slovakia): their assessment as environmental indicators. *Environmental Monitoring and Assessment*, 174: 31-45.
- Gömöryová E, Štřelcová K, Škvarenina J, Bebej J, Gömöry D. 2008. The impact of windthrow and fire disturbances on selected soil properties in the Tatra National Park. *Soil & Water Research*, 3: S74-S80.
- Grigal DF, Vance ED. 2000. Influence of soil organic matter on forest productivity. *Conventional systems for bioenergy. IEA Bioenergy Task 18 workshop, Charleston, South Carolina, USA, 19-25 September 1999.*, New Zealand Forest Research Institute.
- Heinsdorf D, Kraus HH, Tolle H. 1986. Entwicklung der C- und N-Vorräte nach Kahlschlag auf armen anhydromorphen Sandböden unter Kiefer. *Beiträge für die Forstwirtschaft*, 20: 8-13.
- Hofherr T, Kunz M. 2010. Extreme wind climatology of winter storms in Germany. *Climate research*, 41: 105.
- Hollhaus AR. 2012. *Evaluation of methods estimating soil loss after coarse-scale disturbance on a montane mixed forest site in the Northern Limestone Alps*, Master, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Vienna, Austria.

- Janssens IA, Pilegaard K. 2003. Large seasonal changes in Q10 of soil respiration in a beech forest. *Global Change Biology*, 9: 911-918.
- Jones D, Willett V. 2006. Experimental evaluation of methods to quantify dissolved organic nitrogen (DON) and dissolved organic carbon (DOC) in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 991-999.
- Kirschbaum MUF. 1995. The temperature-dependence of soil organic-matter decomposition, and the effect of global warming on soil organic-C storage. *Soil Biology & Biochemistry*, 27: 753-760.
- Klaus M, Holsten A, Hostert P, Kropp JP. 2011. Integrated methodology to assess windthrow impacts on forest stands under climate change. *Forest Ecology and Management*, 261: 1799-1810.
- Knohl A, Kolle O, Minayeva TY, Milyukova IM, Vygodskaya NN, Foken T, Schulze E-D. 2002. Carbon dioxide exchange of a Russian boreal forest after disturbance by wind throw. *Global Change Biology*, 8: 231-246.
- Koeck R, Mrkvicka A, Weidinger H. 2001. *Bericht zur Forstlichen Standortskartierung im Revier Rax [In German]*, Vienna, Austria, Forstverwaltung Nasswald der Quellenschutzwälder der Stadt Wien, Forstamt und Landwirtschaftsbetriebe der Stadt Wien.
- Koide RT, Wu T. 2003. Ectomycorrhizas and retarded decomposition in a *Pinus resinosa* plantation. *New Phytologist*, 158: 401-407.
- Kramer MG, Sollins P, Sletten RS. 2004. Soil carbon dynamics across a windthrow disturbance sequence in southeast Alaska. *Ecology*, 85: 2230-2244.
- Laessig R, Egli S, Odermatt O, Schoenenberger W, Stoeckli B, Wohlgemuth T. 1995. Beginning of reforestation of windthrow areas [In German]. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 146: 893-911.
- Lindner M, Maroschek M, Netherer S, Kremer A, Barbati A, Garcia-Gonzalo J, Seidl R, Delzon S, Corona P, Kolström M, Lexer MJ, Marchetti M. 2010. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 259: 698-709.
- Lindroth A, Lagergren F, Grelle A, Klemedtsson L, Langvall OLA, Weslien PER, Tuulik J. 2009. Storms can cause Europe-wide reduction in forest carbon sink. *Global Change Biology*, 15: 346-355.
- Lüscher P. 2002. Humus dynamics and changes in rooting patterns in windthrow areas. *Forest Snow and Landscape Research*, 77: 2.
- Mattson KG, Swank WT. 1989. Soil and detrital carbon dynamics following forest cutting in the southern Appalachians. *Biology and Fertility of Soils*, 7: 247-253.
- Millikin CS, Bowden RD. 1996. Soil respiration in pits and mounds following an experimental forest blowdown. *Soil Science Society of America Journal*, 60: 1951-1953.
- Nave LE, Vance ED, Swanston CW, Curtis PS. 2010. Harvest impacts on soil carbon storage in temperate forests. *Forest Ecology and Management*, 259: 857-866.
- Neff JC, Asner GP. 2001. Dissolved Organic Carbon in Terrestrial Ecosystems: Synthesis and a Model. *Ecosystems*, 4: 29-48.
- Nylund J-E, Wallander H. 1992. Ergosterol analysis as a means of quantifying mycorrhizal biomass. In: Norris JR, Read DJ, Varma AK eds. *Methods in microbiology*. London, Academic Press.
- Olsson PA. 1998. *The external mycorrhizal mycelium*, Lund university, Lund.

- Olsson PA. 1999. Signature fatty acids provide tools for determination of the distribution and interactions of mycorrhizal fungi in soil. *FEMS Microbiology Ecology*, 29: 303-310.
- Pan Y, Birdsey RA, Fang J, Houghton R, Kauppi PE, Kurz WA, Phillips OL, Shvidenko A, Lewis SL, Canadell JG, Ciais P, Jackson RB, Pacala SW, McGuire AD, Piao S, Rautiainen A, Sitch S, Hayes D. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333: 988-993.
- Peltola H, Ikonen V-P, Gregow H, Strandman H, Kilpeläinen A, Venäläinen A, Kellomäki S. 2010. Impacts of climate change on timber production and regional risks of wind-induced damage to forests in Finland. *Forest Ecology and Management*, 260: 833-845.
- Polomski J, Kuhn N. 2001. Wurzelhabitus und Standfestigkeit der Waldbäume. *Forstwissenschaftliches Centralblatt vereinigt mit Tharandter forstliches Jahrbuch*, 120: 303-317.
- Rousk J, Brookes PC, Baath E 2011. Fungal and bacterial growth responses to N-fertilization and pH in the 150-year 'Park Grass' UK grassland experiment. *FEMS Microbiol Ecology* 76: 89–99.
- Rusch S, Hagedorn F, Zimmermann S, Lüscher P. 2009. *Bodenkohlenstoff nach Windwurf - eine CO₂-Quelle?*, Zurich, Switzerland, Swiss Federal Institute for Forest Snow and Landscape Research (WSL) and Swiss Federal Office for the Environment.
- Schelhaas M-J, Nabuurs G-J, Schuck A. 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*, 9: 1620-1633.
- Ulanova NG. 2000. The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review. *Forest Ecology and Management*, 135: 155-167.
- Ulbrich U, Leckebusch GC, Pinto JG. 2009. Extra-tropical cyclones in the present and future climate: a review. *Theoretical and Applied Climatology*, 96: 117-131.
- Usbeck T, Wohlgemuth T, Dobbertin M, Pfister C, Bürgi A, Rebetz M. 2010. Increasing storm damage to forests in Switzerland from 1858 to 2007. *Plant Journal*, 150: 47-55.
- van Hees PAW, Jones DL, Finlay R, Godbold DL, Lundström US. 2005. The carbon we do not see: The impact of low molecular weight compounds on carbon dynamics and respiration in forest soils - A review *Soil Biol. Biochem.* 37: 1-13.
- Van Miegroet H, Olsson M. 2011. Ecosystem disturbance and soil organic carbon—a review. In: Jandl R, Rodeghiero M, Olsson M eds. *Soil carbon in sensitive European ecosystems: From science to land management*. 1 ed. Chichester, UK, Wiley.
- Wallander H, Göransson H, Rosengren U. 2004. Production, standing biomass and $\delta^{15}\text{N}$ / $\delta^{13}\text{C}$ abundance of ectomycorrhizal mycelia at different soil depths in spruce forests and mixed (spruce-oak) forests in southern Sweden. *Oecologia (Berlin)*, 139: 89-97.
- Wallander, H., Johansson, U., E, S., Brandström, D.M., Lindahl, B.D., 2010. Production of ectomycorrhizal mycelium peaks during canopy closure in Norway spruce forests. *New Phytologist* 187, 1124-1134.
- Wang X, Cammeraat E, Romeijn P, Kalbitz K. 2013. Soil redistribution and dynamics of organic carbon. *EGU General Assembly Conference Abstracts*. Vienna, Austria.
- Wernli H, Bader S, Hächler P. 2003. Winterstürme. In: Hohmann R ed. *Extremereignisse und Klimaänderungen*. Bern, Switzerland, Organe consultatif sur les changements climatiques (OcCC).
- Wilson GW, Rice CW, Rillig MC, Springer A, Hartnett DC. 2009. Soil aggregation and carbon sequestration are tightly correlated with the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi: results from long-term field experiments. *Ecology Letters*, 12: 452-461.

- Wright CJ, Coleman DC. 2002. Responses of soil microbial biomass, nematode trophic groups, N-mineralization, and litter decomposition to disturbance events in the southern Appalachians. *Soil Biology and Biochemistry*, 34: 13-25.
- ZAMG. 2012. *Klimadaten der Stationen 'Feuerkogel' und 'Bad Ischl'*, Vienna, Austria, Zentralanstalt für Meteorologie and Geodynamik.
- Zanella A, Jabiol B, Ponge JF, Sartori G, De Waal R, Van Delft B, Graefe UN, Cools N, Katzensteiner K, Hager H, Englisch M, Brethes A, Broll G, Gobat JM, Brun JJ, Milbert G, Kolb E, Wolf U, Frizzera L, Galvan P, Kolli R, Baritz R, Kemmers R, Vacca A, Serra G, Banas D, Garlato A, Chersich S, Klimo E, Langohr R. 2011. *European humus forms reference base. hal-005496, version 2*, URL: <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00541496> [Accessed 26.08.2013].

StartClim2012.D

- Allinger-Csolich, W.; Hackl, J.; Heckl, F.; Hochbichler, E.; Schwarzbauer, P. und Schwarzl, B., 2000. Papierrecycling – Wald. Papierrecycling – Forstwirtschaft – Wald: Darstellung möglicher Zusammenhänge; im Besonderen Kapitel 3: Beschaffungs- und Absatzmärkte der Zellstoff-, Holzstoff- Papier- und Papperezeugenden Industrie. UBA Monographien M-131, Vienna
- Baur, 2003. Study: The possible contribution of the Austrian Forest Sector to climate change policies and implications of the Kyoto-Protocol, Wood K plus, Vienna, 111
- Bilitewski B. und Mantau U., 2005. Stoffstrom-Modell-Holz – Bestimmung des Aufkommens, der Verwendung und des Verbleibs von Holzprodukten. Celle: Forschungsbericht für den Verband Deutscher Papierfabriken e.V. (VDP)
- Bliem, P., Gass, G., Matz, P., Morawetz, J., Nothdurfter, M. und Salzger, E., 2013. Holzflüsse – Holzverwendung: Einsatz von Holz in Produkten, Seminararbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, 39
- BUNDESAMT FÜR ENERGIE – BFE und BUNDESAMT FÜR UMWELT – BAFU, 2010. Holz als Rohstoff und Energieträger – Dynamisches Holzmarktmodell und Zukunftsszenarien – Schlussbericht. Bern: Selbstverlag.
- BUNDESAMT FÜR STATISTIK – BFS, 1998). Studie über die zweite Holzverarbeitungsstufe in der Schweiz 1995. Bern: Selbstverlag.
- BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT – BUWAL, 1998. Endverbrauch des Holzes in der Schweiz 1996. Bern: Selbstverlag.
- Dewhurst, J.H. [Hrsg.], 1991. Regional input-output modeling- new developments and interpretations. Aldershot, Avebury, 272 S., ISBN 1-85628-119-1
- Eggers, T., 2002. The Impacts of Manufacturing and Utilization of Wood Products on the European Carbon Budget, EFI, Internal Report 9, 90
- Fleissner, P., 1993. Input-Output-Analyse - eine Einführung in Theorie und Anwendungen, Wien: Springer, IX, 375 S., ISBN 0-387-82435-9
- Han, F.X.; Lindner, J.S. und Wang, C., 2007. Making carbon sequestration a paying proposition, *Naturwissenschaften* 94:170-182
- Lang, B. und Nemestothy, K., 2012. Holzströme in Österreich 2010. klima:aktiv energieholz / Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency, FHP Kooperationsplattform Forst Holz Papier, 2
- Lechner, D.: mündliche Mitteilung vom 22. April 2013.
- Nemestothy, K., 2011. Holzströme in Österreich 2009 – Stand Juli 2011. In: Biomasseverband (2011): Basisdaten 2011 – Bioenergie.

- Pingoud, K.; Perälä, A.-L.; Soimakallio, S. und Pussinen, A., 2003. Greenhouse gas impacts of harvested wood products. Evaluation and development of methods. VTT Research Notes 2189, 138
- Schwarzbauer, P. und Rametsteiner, E., 2001. The Impact of SFM-Certification on Forest Product Markets in Western Europe – an Analysis Using a Forest Sector Simulation Model. *Forest Policy and Economics* 2 pp. 241-256
- Schwarzbauer, P. und Stern, T., 2010. Energy vs. Material: Uses of Wood Biomass - Economic Impacts of Alternative Scenarios for the Forest-based Sector in Austria. *Forest Policy and Economics* 1, pp. 31-38
- Schwarzbauer, P., 1989. Modellstudie über die Folgen eines EG-Beitritts für die österreichischen Holzmärkte. *Internationaler Holzmarkt* Nr. 22, S. 7-10 und Nr. 23, pp. 13-15
- Schwarzbauer, P., 1993. Der österreichische Holzmarkt im Modell. EG - Waldsterben - Zellstoffmarkt. Schriftenreihe des Instituts für forstliche Betriebswirtschaft und Forstwirtschaftspolitik, Bd. 17, Universität für Bodenkultur, Vienna.
- Schwarzbauer, P.; Stern, T. und Koch, S., 2011. Assessment of Wood Supply and Demand in Austria until 2020. *Lebensministerium*, 17
- Schwarzbauer, P.; Weinfurter, S.; Stern, T. und Koch, S., 2013. Economic crises: Impacts on the forest-based sector and wood-based energy use in Austria. *FOREST POLICY ECON.* 2013; 27: 13-22
- Statistik Austria, 2013a. Gebäude- und Wohnungsregister, http://www.statistik.at/web_de/services/adress_gwr_online/index.html
- Statistik Austria, 2013b. Konjunkturstatistik im Produzierenden Bereich 2011 - Band 2: Produktionsergebnisse nach (Ö)CPA 2008 und ÖPRODCOM. at: http://www.statistik.at/web_de/services/publikationen/9/index.html (06.03.2013).
- Statistik Austria, 2013c. Gütereinsatzstatistik. at: <http://statcube.at/superwebguest/autoLoad.do?db=deprogue1> (06.03.2013).
- Stern, T., 2008. Contribution of the Austrian Forest Sector to Climate Change Policies - Industrial Marketing Implications. In: UNECE/FAO Timber Section, *Proceeding of the Workshop on Harvested Wood Products in the Context of Climate Change Policies*, Editor: Sebastian Hetsch, 45
- Stern, T., Haas, R. und Meixner, O. 2009. Consumer acceptance of wood-based food additives. *British Food Journal*, Vol. 111 Iss: 2, pp.179 - 195
- Stingl, R., Zukal, M.L. und Teischinger, A., 2011. Der Holzbauanteil in der Bundeshauptstadt Wien. *proHolz Austria - Arbeitsgemeinschaft der öst. Holzwirtschaft*, 140
- Stoll-Kleemann, S. [Hrsg.], 2006. *Stakeholder dialogues in natural resources management - theory and practice*, Berlin [u.a.]: Springer, XXVIII, 386 S., ISBN 978-3-540-36916-5
- Verordnung (EG) Nr. 1165/98;1998, VERORDNUNG DES RATES vom 19. Mai 1998 über Konjunkturstatistiken, *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften* L 162/1
- Weimar, H., 2011. *Der Holzfluss in der Bundesrepublik Deutschland 2009 Methode und Ergebnis der Modellierung des Stoffflusses von Holz*. Hamburg: Johann Heinrich von Thünen-Institut.
- Wimmer, 1992. Can increasing wood consumption help to mitigate the CO₂-problem in Austria? (in German), *„Holzforschung und Holzverwertung*, 44(4):59-61
- Wooldridge, J.M., 2000. *Introductory Econometrics – A Modern Approach*, South-Western College Publishing, Michigan, 824

StartClim2012.E

Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M. A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A. C. M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A. J., Haimberger, L., Healy, S. B., Hersbach, H., Hólm, E. V., Isaksen, L., Kållberg, P., Köhler, M., Matricardi, M., McNally, A. P., Monge-Sanz, B. M., Morcrette, J.-J., Park, B.-K., Peubey, C., de Rosnay, P., Tavolato, C., Thépaut, J.-N. and Vitart, F. (2011), The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 137:553–597. doi:10.1002/qj.828

Formayer, H., Haas, P. 2011: Einfluss von Luftmasseneigenschaften auf die Schneefallgrenze in Österreich In: Prettenhaler, F., Formayer, H. (Hrsg.), *Tourismus im Klimawandel: Zur regionalwirtschaftlichen Bedeutung des Klimawandels für die österreichischen Tourismusgemeinden* 6, 48-50; Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien; ISBN 978-3-7001-7151-5

OECD 2007: *Climate Change in the European Alps: Adapting Winter Tourism and Natural Hazards Management*. ISBN: 9789264031692
http://www.oecd.org/document/45/0,3746,en_2649_34361_37819437_1_1_1_1,00.html

StartClim2012.F

Adger, W.N., Dessai, S., Goulden, M., Hulme, M., Lorenzoni, I., Nelson, D.R., Naess, L.O., Wolf, J. and Wreford, A. (2009): Are there social limits to adaptation to climate change? *Climatic Change* 93 (2009): 335–354.

Andrews, C. and Urbanska, W. (2010): Warum weniger einfach mehr ist. In: *Worldwatch Institute (Ed.) in Cooperation with Heinrich-Böll-Stiftung and Germanwatch (2010): Zur Lage der Welt 2010. Einfach besser leben – Nachhaltigkeit als neuer Lebensstil*. München: oekom Verlag.

Assadourian, E. (2010): Aufstieg und Fall unserer Konsumkultur. In: *Worldwatch Institute (Ed.) in Cooperation with Heinrich-Böll-Stiftung and Germanwatch (2010): Zur Lage der Welt 2010. Einfach besser leben – Nachhaltigkeit als neuer Lebensstil*. München: oekom Verlag.

Bakhtin, M.M. (1981): *The dialogic imagination: Four essays by M. M. Bakhtin*. University of Texas Press, Austin, TX.

BMLFUW (2004): *Gelingensfaktoren sozialer Prozesse Richtung Nachhaltigkeit*. Lebensministerium, Wien, Österreich.

BMLFUW (2012): *Die Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel, Teil 1 – Kontext*. Vorlage zur Annahme im Ministerrat. Wien, Österreich.

Bossel, H. (1998): *Globale Wende. Wege zu einem gesellschaftlichen und ökologischem Strukturwandel*. München: Droemer Knauer.

Buchebner, J. (2011): *Changing Values - Werte und Wertewandel im Bereich nachhaltiger Entwicklung*. Masterarbeit am Zentrum für Globalen Wandel und Nachhaltigkeit an der Universität für Bodenkultur, Wien.

Burford, G., Velasco, I., Janoušková, S., Zahradnik, M., Hak, T., Podger, D., Piggot, G., Harder, M.K. (2012b): Field trials of a novel toolkit for evaluating 'intangible' values-related dimensions of projects. *Evaluation and Program Planning*, in press.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2012.04.005>

Burford, G., Velasco, I., Stapleton, L.M., Hardner, M.K. (2012a): *Developing values-based sustainability indicators: an adaptive learning approach based on intersubjective multi-stakeholder dialogue*. University of Brighton.

- Clugston, R., (2011): Ethical Framework for a Sustainable World: Earth Charter Plus 10 conference and follow up. *Journal of Education for Sustainable Development* 5: 173-176
- Crompton, T.; Brewer, J.; Chilton, and Kasser, T. (2010): Common Cause – The case for Working with our Cultural Values. Report published in partnership by: WWF, Friends of Earth, Oxfam, Climate outreach and information campaign, Campaign to Protect Rural England. Available online: http://assets.wwf.org.uk/downloads/common_cause_report.pdf
- Dahl, A.L. (2012): Achievements and gaps in indicators for sustainability. *Ecological Indicators* 17 (2012): 14–19
- Erdcharta (2003): Ökumenische Initiative Eine Welt und Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland - Die Erd Charta. Deutsche Erstübersetzung Mai 2001. 4. Aufl. (2003).
- Evangelinos, K.I. and Jones, N. (2009): An analysis of social capital and environmental management of higher education institutions. *IJSHE International Journal of Sustainability in Higher Education* 10/4 (2009): 334-342.
- Felber, C. (2008): Neue Werte für die Wirtschaft – Eine Alternative zu Kommunismus und Kapitalismus. Wien: Paul Zsolnay Verlag.
- Fietkau, H.J. and Kessel, H. (Ed.) (1981): Umweltlernen: Veränderungsmöglichkeiten des Umweltbewusstseins. Modelle – Erfahrungen. Königstein/Ts.: Hain. In: Schahn, J. and Giesinger, T. (1993; Ed.): *Psychologie für den Umweltschutz*. Hemsbach: Psychologie Verlags Union.
- Gollan, T. (2008): Wohin führt der Wertewandel? *Wissenswert* 01 (2008): 4-6.
- Grouzet, F. M. E., Kasser, T., Ahuvia, A., Fernandez-Dols, J. M., Kim, Y., Lau, S., Ryan, R. M., Saunders, S., Schmuck, P., and Sheldon, K. (2005): The structure of goal contents across 15 cultures. *Journal of Personality and Social Psychology*, 89: 800-816. Available online: http://www.selfdeterminationtheory.org/SDT/documents/2005_Grouzetetal_StructureofGoalContents.pdf (08.01.2013)
- Haase, H.-M. and Bogner, F.X. (2002): Nachhaltigkeit und Umweltbildung. Möglichkeiten pädagogischen Wirkens. *Natur und Kultur* 3/2 (2002): S.75-94.
- Harris, S. (2010): *The Moral Landscape: How Science Can Determine Human Values*. USA: Free Press.
- Homburg und Matthies (1998): *Umweltpsychologie – Umweltkrise, Gesellschaft und Individuum*. Weinheim, Juventa Verlag.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): *The Physical Science Basis. Working Group 1 Contribution to the Fourth Assessment Report*. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- Johnson, R.B. and Onwuegbuzie, A.J. (2004): Mixed methods research: a research paradigm whose time has come. *Educational Researcher* 33, 14-26
- Kasser, T., Cohn, S., Kanner, A.D., and Ryan, R.M. (2007): Some costs of American corporate capitalism: a psychological exploration of value and goal conflicts. *Psychological Inquiry*, 18: 1-22.
- Kasser, T., Ryan, R. M., Couchman, C. E. and Sheldon, K. M. (2004): Materialistic values: Their causes and consequences. In: *Psychology and consumer culture: The struggle for a good life in a materialistic world*. Washington, DC: American Psychological Association.
- Kromp-Kolb, H. (2010): *Kaya-Identität. Unterlagen zur LV Luftreinhaltung und Klimaschutz*. Zentrum für Globalen Wandel und Nachhaltigkeit, Universität für Bodenkultur, Wien.
- Lindenthal, T. (2010): *Nachhaltigkeit und Nachhaltige Entwicklung. Unterlagen zur LV Mut zur Nachhaltigkeit*. Zentrum für Globalen Wandel und Nachhaltigkeit, Universität für Bodenkultur, Wien.

- Macy, J. and Brown, M.Y. (2007): Die Reise ins lebendige Leben – Strategien zum Aufbau einer zukunftsfähigen Welt – ein Handbuch. Paderborn: Junfermann Verlag.
- Maio, G.R., Pakizeh, A., Cheung, W.Y. and Rees, K.J. (2009): Changing, priming, and acting on values: effects via motivational relations in a circular model. *Journal of Personality and Social Psychology* 97(4): 699-715.
- Mayring, P. (1994): Qualitative Inhaltsanalyse. In: Boehm, A.; Mengel, A. und Muhr, T. (Ed.) (1994): *Texte verstehen - Konzepte, Methoden, Werkzeuge*. Gesellschaft für Angewandte Informationswissenschaft (GAIK) e.V.; Konstanz: Univ.-Verl. Konstanz. http://www.ssoar.info/ssoar/files/2009/601/mayring-qualitative_inhaltsanalyse.pdf (02.08.2011)
- Milke, K. and Rostock, S. (2010): Trotz Kopenhagen – auf vielen schnellen Wegen zu neuen Gewohnheiten. In: Worldwatch Institute (Ed.) in Cooperation with Heinrich-Böll-Stiftung and Germanwatch (2010): *Zur Lage der Welt 2010. Einfach besser leben – Nachhaltigkeit als neuer Lebensstil*. München: oekom Verlag.
- Ogden, C.K. and Richards, I.A., (1946): *The Meaning of Meaning: A Study of the Influence of Language upon Thought and of the Science of Symbolism*, 8th ed. Harcourt, Brace & World, New York.
- Ömer, B. (2000): *Ökologische Leitplanken einer nachhaltigen Entwicklung – Umsetzungsorientierte Modellbildung zur Transformation ökologischer Lebensprinzipien in gesellschaftliche Werte*. Schriftenreihe des Österreichischen Institutes für Nachhaltige Entwicklung, Band 6, Wien.
- Planet Under Pressure (2012): “State of the Planet” declaration. The declaration by the Co-Chairs of the Planet Under Pressure conference, Dr. Lidia Brito and Dr. Mark Stafford Smith, supported by the conference.
- Pugliese, A. and Ray, J. (2009): *Awareness of Climate Change and Threat Vary by Region*. Gallup. Retrieved 22 Dec 2009
- Rammel, C., Roorda, N., Waara, S. and Fra Paleo, U. (2012): *Aishe 2.0. Manual - Assessment Instrument for Sustainability in Higher Education*. Version 1, 2012. WU Wien. Available Online: <http://de.slideshare.net/NRoorda/aishe-20-manual> (01.04.2013)
- Ribeiro, M.M., Losenno, C., Dworak, T., Massey, E., Swart, R., Benzie, M., Laaser, C. (2009): *Design of guidelines for the elaboration of Regional Climate Change Adaptations Strategies*. Study for European Commission - DG Environment - Tender DG ENV. G.1/ETU/2008/0093r
- Rockeach, M. (1968): A theory of organization and change within Value-Attitude-Systems. *Journal of Social Issues* 1: 13-33.
- Schahn, J. (1993). Die Kluft zwischen Einstellung und Verhalten beim individuellen Umweltschutz. In: Schahn, j. & Giesinger, t. (Ed.): *Psychologie für den Umweltschutz*. Weinheim: Beltz Psychologie-Verlags-Union, 29 – 49.
- Schirmer, D. (2009): *Empirische Methoden der Sozialforschung – Grundlagen und Techniken*. Paderborn: Wilhelm Fink GmbH & Co. Verlags-KG.
- Schmuck, P. (2005): Die Werte-Basis nachhaltiger Entwicklung. *Natur und Kultur* 6/2 (2005): 84-99
- Schwartz, S.H. (1992): Universals in the content and structure of values: Theoretical advances and empirical tests in 20 countries. In: *Advances in Experimental Social Psychology*. Volume 25. London: Academic Press Limited. Available online: <http://books.google.at/books?hl=de&lr=&id=z9vHEy0osBAC&oi=fnd&pg=PA1&dq=schwartz+shalom&ots=Pfnxf7lbF&sig=1K5ceeuBTYg1Kv8W7h2lfjtq4W8#v=onepage&q=schwartz%20shalom&f=false> (13.12.2012)

- Schwartz, S.H. (1996): Value Priorities and Behavior: Applying a Theory of Integrated Value Systems. In: Seligmann, C.; Olson, J.M. und Janna, M.P. (Ed.): The Psychology of Values: The Ontario Symposium Vol. 8. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Inc. <http://books.google.at/books?hl=de&lr=&id=q5CUHmtITz0C&oi=fnd&pg=PA1&dq=Values+and+Behavior:+Strength+and+Structure+of+Relations&ots=yT4xL7jlyr&sig=j5n2JQfpBUOAGLKZIVg7EBy3Daw#v=onepage&q&f=false> (13.12.2012)
- Shwom, R., Bidwell, D., Dan, A. and Dietz, T., (2010): Understanding U.S. public support for domestic climate change policies. *Global Environmental Change* 20, 472–482.
- Stepherd, D.A., Kuskova, V. and Patzelt, H. (2009): Measuring the values that underlie sustainable development: The development of a valid scale. *Journal of Economic Psychology* 30 (2009): 246-256.
- Talamo, A. and Pozzi, S. (2011): The tension between dialogicality and interobjectivity in cooperative activities. *Culture & Psychology* 17, 302-318
- Umweltbundesamt (2011): Klimaschutzbericht 2011. REP-0334. Wien <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0334.pdf> (09.11.2012)
- UNESCO (1998): Final report: World Declaration on Higher Education for the Twenty-First Century: Vision and action. Paris: UNESCO.
- UNESCO (2009): Bucharest Message to the 2009 World Conference on Higher Education – Experiences and Recommendations from the Europe Region. In: World Conference on Higher Education: The New Dynamics of Higher Education and Research for Societal Change and Development (5-8 July 2009). Bucharest, Romania.
- UNESCO-CEPES (2004): The Bucharest Declaration concerning Ethical Values and Principles for Higher Education in the Europe Region. In: International Conference on Ethical and Moral Dimensions for Higher Education and Science in Europe. Bucharest, Romania.
- Von Lüpke, G. (2003): Politik des Herzens – Nachhaltige Konzepte für das 21. Jahrhundert – Gespräche mit den Weisen unserer Zeit. second Edition, Uhlstädt-Kirchhasel: Arun-Verlag.
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der deutschen Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2011): Welt im Wandel – Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation. Hauptgutachten 2011. Berlin: WBGU.
- WCPPS (1988): WMO/UNEP intergovernmental Panel on Climate change: Report on the first session. 9 – 11 November 1988. Geneva. Available online: <http://www.ipcc.ch/meetings/session01/first-final-report.pdf>
- Witte, H. (2008): Was ist nur mit den Werten? Ein Vorwort. *Wissenswert* 01 (2008), p.3. Universität Hamburg.
- Wvs (2009): World Values Survey 2005 Official Data File v. 20090901. Stockholm: World Values Survey Association

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

- Abb. 1: Lachgasemissionspotential in Folge einer Zwischenfrucht (Beispiel: Variante Senf) und während der Hauptfrucht (Mais) am Standort Pötting, Oberösterreich. Man beachte, dass die Skala logarithmisch ist, d.h. dass die Emissionen in Zusammenhang mit der Hauptfrucht, mit einer Ausnahme, das 10- bis 100-fache der Emissionen der Zwischenfrucht erreichen. --- 11
- Abb. 2: Lachgasemissionen in Folge der Zwischenfruchtvarianten Senf und Begrünungsmischung (Mittel der Varianten Senf-Phacelia, Kresse-Mungo-Ölrettich und Alexandriner Klee-Mungo-Phacelia) sowie einer Schwarzbrache bei unterschiedlicher Höhe der stand-örtlichen mittleren Emissionen. ----- 12
- Abb. 3: Zusammenhang zwischen dem Faktor Q10 und der Inkubationstemperatur (Hamdi et al. 2013 mod., Kirschbaum 2006, mod.) ----- 15
- Abb. 4: Ergosterolwerte (d.h. ~Mykorrhizahyphenbiomasse) auf ungestörten (non-clipped/non-trenched), im Jahr 2012 isolierten/beschnittenen (trenched/clipped) und im Jahr 2011 isolierten bzw. Bodenregionen ohne Vegetation (old trenched/bare soil) der Untersuchungsplots im Altbestand (Stand, Control), auf der Windwurffläche (windthrow) 2009 und der Windwurffläche 2007 (Mittelwert±Std.Fehler). ----- 17
- Abb. 5: Anzahl der Baumsämlinge im Abstand von bis zu 2 m zu den Untersuchungsplots auf den Windwurfflächen 2009 und 2007 (Mittelwert+Sdt.Fehler). ----- 17
- Abb. 6: Bodenatmung der intakten (non-trenchend/non-clipped), 2012 isolierten/beschnitten (trenched/clipped) und 2011 isolierten bzw. mit Bodenbereichen ohne Vegetation (old trenched/bare soil) Untersuchungsplots im Waldbestand und auf den Windwurfflächen 2009 und 2007 (Mittelwert+Sdt.Fehler). ----- 18
- Abb. 7: Zeitlicher Verlauf der nach Verwendung und Mengen gewichteten durchschnittlichen Halbwertszeiten der in Österreich hergestellten Holzprodukte ----- 19
- Abb. 8: Holz- bzw. Holzwerkstoffverbrauch und die Anzahl der bewilligten Einfamilienhäuser (gesamt und Holzbauten) im Zeitraum 1998-2008 ----- 20
- Abb. 9: Mittlere Höhe der Schneefallgrenze (arithmetisches Mittel) im Sommer (JJA) für den gesamten Zeitraum 1979-2011 (links oben), sowie die Abweichungen von diesem Mittelwert in den 1980er Jahren (rechts oben), 1990er Jahren (links unten) und den 2000er Jahren (rechts unten). Alle Angaben in Meter Seehöhe. ----- 22
- Abb. 10: Mittlere Höhe der Schneefallgrenze (Median) im Winter (DJF) für den gesamten Zeitraum 1979-2011 im Alpenraum (links) und daraus abgeleitete Regionseinteilung. Magenta = Kontinental, Blau = Atlantisch/Kontinental, Grün = Mediterran/Kontinental und Rot = Maritim - 22
- Abb. 11: Jahresgang der Schneefallgrenze (1979-2011) gemittelt für die vier Alpenregionen (Massengewichtet). In den Wintermonaten ergeben sich Unterschiede in der Schneefallgrenze von bis zu 900 m, wobei immer die Kontinentale Region die niedrigste Schneefallgrenze hat und die Maritime Region die Höchste. In den Sommermonaten beträgt der maximale Unterschied knapp 200 m. ----- 23
- Abb. 12: Im Validierungsworkshop im März 2013 wurden die zuvor erhobenen Werte und Indikatoren in Kleingruppen weiterentwickelt, verändert, korrigiert und validiert. Der Austausch über die Bedeutung jedes Wertes sowohl in den Kleingruppen als auch im Plenum (siehe Bild oben) führte zu einem gemeinsamen Verständnis darüber. Ein inter-subjektives (quasi-objektives) Verständnis von Werten ist Voraussetzung für die Ableitung (objektiv) überprüfbarer Indikatoren. ----- 25

Anhang

Alle folgenden Projekte wurden in StartClim2003 bis StartClim2011 bearbeitet. Die Berichte sind sowohl auf der StartClim2012-CD-ROM als auch auf der StartClim-Hompage (www.austroclim.at/startclim/) verfügbar

Projekte aus StartClim2003

- StartClim.1:** **Qualitätskontrolle und statistische Eigenschaften ausgewählter Klimaparameter auf Tageswertbasis im Hinblick auf Extremwertanalysen**
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Wolfgang Schöner, Ingeborg Auer, Reinhard Böhm, Sabina Thaler
- StartClim.2:** **Zeitliche Repräsentativitätsanalyse 50jähriger Klimadatenätze im Hinblick auf die Beschreibung der Variabilität von Extremwerten**
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Ingeborg Auer, Reinhard Böhm, Eva Korus, Wolfgang Schöner
- StartClim.3a:** **Extremereignisse: Ereignisbezogene Dokumentation- Prozesse Bergstürze, Hochwasser, Muren, Rutschungen und Lawinen**
Institut für Alpine Naturgefahren und Forstliches Ingenieurwesen
Universität für Bodenkultur; Dieter Rickenmann, Egon Ganahl
- StartClim.3b:** **Dokumentation von Auswirkungen extremer Wetterereignisse auf die landwirtschaftliche Produktion**
ARC Seibersdorf research
Gerhard Soja, Anna-Maria Soja
- StartClim.3c:** **Ereignisdatenbank für meteorologische Extremereignisse MEDEA (Meteorological extreme Event Data information system for the Eastern Alpine region)**
Umweltbundesamt, Martin König, Herbert Schentz, Johann Weigl
IIASA, Matthias Jonas, Tatiana Ermolieva
- StartClim.4:** **Diagnose von Extremereignissen aus großräumigen meteorologischen Feldern**
Institut für Meteorologie und Physik, Universität für Bodenkultur
Andreas Frank, Petra Seibert
- StartClim.5:** **Statistische Downscalingverfahren zur Ableitung von Extremereignissen in Österreich**
Institut für Meteorologie und Physik, Universität für Bodenkultur
Herbert Formayer, Christoph Matulla, Patrick Haas
GKSS Forschungszentrum Geesthacht, Nikolaus Groll
- StartClim.6:** **Adaptionsstrategien der von extremen Wetterereignissen betroffenen Wirtschaftssektoren: Ökonomische Bewertung und die Rolle der Politik**
Austrian Humans Dimensions Programme (HDP-A)
Institut für Volkswirtschaftslehre Karl-Franzens-Universität Graz
Karl Steininger, Christian Steinreiber, Constanze Binder, Erik Schaffer
Eva Tusini, Evelyne Wiesinger

- StartClim.7:** **Hochwasser-bedingte Veränderungen des gesellschaftlichen Stoffwechsels: Fallstudie einer betroffenen Gemeinde**
Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung,
Abteilung Soziale Ökologie
Willi Haas, Clemens Grünbühel, Brigitt Bodingbauer
- StartClim.8:** **Risk Management and Public Welfare in the Face of Extreme Weather Events: What is the Optimal Mix of Private Insurance, Public Risk Pooling and Alternative Risk Transfer Mechanisms**
Institut für Volkswirtschaftslehre Karl-Franzens-Universität Graz
Walter Hyll, Nadja Veters, Franz Pretenthaler
- StartClim.9:** **Hochwasser 2002: Datenbasis der Schadensbilanz**
Zentrum für Naturgefahren (ZENAR), Universität für Bodenkultur
Helmut Habersack, Helmut Fuchs
- StartClim.10:** **Ökonomische Aspekte des Hochwassers 2002: Datenanalyse, Vermögensrechnung und gesamtwirtschaftliche Effekte**
Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung
Daniela Kletzan, Angela Köppl, Kurt Kratena
- StartClim.11:** **Kommunikation an der Schnittstelle Wissenschaft und Bildung**
Institut für Meteorologie und Physik, Universität für Bodenkultur
Ingeborg Schwarzl
Institut für interdisziplinäre Forschung und Fortbildung,
Abteilung Soziale Ökologie; Willi Haas
- StartClim.12:** **Innovativer Zugang zur Analyse des Hochwasserereignisses August 2002 im Vergleich zu ähnlichen Extremereignissen der jüngeren Vergangenheit**
Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Wien
Simon Tschannett, Barbara Chimani, Reinhold Steinacker
- StartClim.13:** **Hochaufgelöste Niederschlagsanalysen**
Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Wien
Stefan Schneider, Bodo Ahrens, Reinhold Steinacker, Alexander Beck
- StartClim.14:** **Hochwasser 2002: Prognosegüte meteorologischer Vorhersagemodelle**
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Thomas Haiden, Alexander Kann
- StartClim.C:** **Erstellung eines langfristigen Klima-Klimafolgen-Forschungsprogramms für Österreich**
Institut für Meteorologie und Physik, Universität für Bodenkultur
Helga Kromp-Kolb, Andreas Türk
- StartClim.Literaturdatenbank:**
Aufbau einer umfassenden Literaturdatenbank zur Klima- und Klimafolgenforschung als allgemein zugängliche Basis für weitere Klimaforschungsaktivitäten
Institut für Meteorologie und Physik, Universität für Bodenkultur
Patrick Haas

Projekte aus StartClim2004

- StartClim2004.A: Analyse von Hitze und Dürreperioden in Österreich; Ausweitung des täglichen StartClim Datensatzes um das Element Dampfdruck**
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Ingeborg Auer, Eva Korus, Reinhard Böhm, Wolfgang Schöner
- StartClim2004.B: Untersuchung regionaler Klimaänderungsszenarien hinsichtlich Hitze- und Trockenperioden in Österreich**
Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur; Herbert Formayer, Petra Seibert, Andreas Frank, Christoph Matulla, Patrick Haas
- StartClim2004.C: Analyse der Auswirkungen der Trockenheit 2003 in der Landwirtschaft Österreichs – Vergleich verschiedener Methoden**
ARC Seibersdorf research; Gerhard Soja, Anna-Maria Soja
Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur
Josef Eitzinger, Grzegorz Gruszczynski, Mirek Trnka, Gerhard Kubu, Herbert Formayer
Institut für Vermessung, Fernerkundung und Landinformation, Universität für Bodenkultur; Werner Schneider, Franz Suppan, Tatjana Koukal
- StartClim2004.F: Weiterführung und Ausbau von MEDEA (Meteorological extreme Event Data information system for the Eastern Alpine region)**
Umweltbundesamt; Martin König, Herbert Schentz, Katharina Schleidt
IIASA; Matthias Jonas, Tatiana Ermolieva
- StartClim2004.G: „Hängen Hitze und Leistungsfähigkeit zusammen?“
Ein Projekt an der Schnittstelle Wissenschaft und Bildung**
Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur
Ingeborg Schwarzl, Elisabeth Lang, Erich Mursch-Radgruber

Projekte aus StartClim2005

- StartClim2005.A1a: Einflüsse der Temperatur auf Mortalität und Morbidität in Wien**
Medizinische Universität Wien, ZPH, Institut für Umwelthygiene
Hanns Moshhammer, Hans-Peter Hutter
Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur
Andreas Frank, Thomas Gerersdorfer
Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen
Anton Hlava, Günter Sprinzl
Statistik Austria, Barbara Leitner
- StartClim2005.A1b: Untersuchung zur nächtlichen Abkühlung in einem sich ändernden Klima**
Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur; Thomas Gerersdorfer, Andreas Frank, Herbert Formayer, Patrick Haas
Medizinische Universität Wien, ZPH, Institut für Umwelthygiene
Hanns Moshhammer
Statistik Austria, Barbara Leitner

- StartClim2005.A4: Auswirkungen von Extremereignissen auf die Sicherheit der Trinkwasserversorgung in Österreich**
Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässer-schutz; Reinhard Perfler, Mario Unterwainig
Institut f. Meteorologie, Universität für Bodenkultur; Herbert Formayer
- StartClim2005.C2: Untersuchung zur Verbreitung der Tularämie unter dem Aspekt des Klimawandels**
Gesellschaft für Wildtier und Lebensraum – Greßmann & Deutz OEG
Armin Deutz
HBLFA Raumberg-Gumpenstein Institut für artgerechte Tierhaltung und Tiergesundheit; Thomas Guggeberger
- StartClim2005.C3a: Einflüsse des Klimawandels auf landwirtschaftliche Schädlinge und Nützlinge im Biologischen Landbau Ostösterreichs**
Bio Forschung Austria; Bernhard Kromp, Eva Maria Grünbacher, Patrick Hann
Institut f. Meteorologie, Universität für Bodenkultur; Herbert Formayer,
- StartClim2005.C3b: Abschätzung des Risikos einer dauerhaften Festsetzung von Ge-wächshauschädlingen im Freiland als Folge des Klimawandels am Beispiel des Kalifornischen Blüenthrupes (Frankliniella occidentalis)**
AGES, Institut für Pflanzengesundheit; Andreas Kahrer
Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur; Herbert Formayer,
- StartClim2005.C5: Ein allergener Neophyt und seine potentielle Ausbreitung in Öster-reich – Areal-dynamik der Ambrosie (Ambrosia artemisiifolia) unter dem Einfluss des Klimawandels**
VINCA – Institut für Naturschutzforschung und Ökologie GmbH
Ingrid Kleinbauer, Stefan Dullinger
Umweltbundesamt Ges.m.b.H.; Franz Essl, Johannes Peterseil
- StartClim2005.F: GIS-gestützte Ermittlung der Veränderung des Lebensraumes alpiner Wildtierarten (Birkhuhn, Schneehuhn, Gamswild, Steinwild) bei Anstieg der Waldgrenze aufgrund Klimaveränderung**
Joanneum Research; Heinz Gallaun, Jakob Schaumberger, Mathias Schardt
HBLFA Raumberg-Gumpenstein; Thomas Guggeberger, Andreas Schaumberger, Johann Gasteiner;
Gsellschaft für Wildtier und Lebensraum - Greßmann & Deutz OEG
Armin Deutz, Gunter Greßmann

Beiträge aus StartClim2006

- StartClim2006.A: Feinstaub und Klimawandel - Gibt es Zusammenhänge in Nordostösterreich?**
Institut für Meteorologie, BOKU; Bernd C. Krüger, Irene Schicker, Herbert Formayer
Meduni Wien, ZPH, Institut für Umwelthygiene; Hanns Moshhammer
- StartClim2006.B: Risiko-Profil für das autochthone Auftreten von Viszeraler Leishmaniose in Österreich**
Abteilung für Medizinische Parasitologie, Klinisches Institut für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie, Medizinische Universität Wien
Horst Aspöck, Julia Walochnik
Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur
Thomas Gerersdorfer, Herbert Formayer
- StartClim2006.C: Auswirkung des Klimawandels auf die Ausbreitung der Engerlingschäden (Scarabaeidae; Coleoptera) im österreichischen Grünland**
Bio Forschung Austria
Eva Maria Grünbacher, Patrick Hann, Claus Trska, Bernhard Kromp
Institut für Meteorologie, BOKU: Herbert Formayer
- StartClim2006.D1: Die Sensitivität des Sommertourismus in Österreich auf den Klimawandel**
Institut für touristische Raumplanung: Volker Fleischhacker
Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur
Herbert Formayer
- StartClim2006.D2: Auswirkungen des Klimawandels auf das klimatische Tourismuspotenzial**
Meteorologisches Institut, Universität Freiburg
Andreas Matzarakis, Christina Endler, Robert Neumcke
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik,
Elisabeth Koch, Ernest Rudel
- StartClim2006.D3: See-Vision: Einfluss von klimawandelbedingten Wasserschwankungen im Neusiedler See auf die Wahrnehmung und das Verhalten von Besucherinnen und Besuchern**
Institut für Landschaftsentwicklung, Naturschutz und Erholung, BOKU
Ulrike Pröbstl, Alexandra Jiricka, Thomas Schauppenlehner
Simon Fraser University, Burnaby, Canada
Wolfgang Haider
- StartClim2006.F: Auswirkungen des Klimawandels auf Heiz- und Kühlenergiebedarf in Österreich**
Institut für Technologie- und Regionalpolitik, Joanneum Research (1);
Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel, Universität Graz (2);
Institut für Geophysik, Astrophysik und Meteorologie, Universität Graz (3);
Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Wien (4)
Institut für Energieforschung, Joanneum Research (5)
Franz Pretenthaler^{1,2}, Andreas Gobiet^{2,3}
Clemens Habsburg-Lothringen¹, Reinhold Steinacker⁴
Christoph Töglhofer², Andreas Türk^{2,5}

Beiträge aus StartClim2007

- StartClim2007.A: Erweiterung und Vervollständigung des StartClim Datensatzes für das Element tägliche Schneehöhe. Aktualisierung des existierenden StartClim Datensatzes (Lufttemperatur, Niederschlag und Dampfdruck) bis 2007 04**
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Ingeborg Auer, Anita Jurković, Reinhard Böhm, Wolfgang Schöner, Wolfgang Lipa
- StartClim2007.B: Gesundheitsrisiken für die Österreichische Bevölkerung durch die Abnahme des stratosphärischen Ozons**
Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur Wien: Stana Simic
Institut für Medizinische Physik und Biostatistik, Veterinärmedizinische Universität Wien: Alois W. Schmalwieser
Institut für Umwelthygiene, Zentrum für Public Health, Medizinische Universität Wien: Hanns Moshhammer
- StartClim2007.C: Anpassungen der Schadinsektenfauna an den Klimawandel im ostösterreichischen Ackerbau: Konzepterstellung für ein Langfrist-Monitoringsystem**
Bio Forschung Austria: Eva-Maria Grünbacher, Patrick Hann, Bernhard Kromp
Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur Wien: Herbert Formayer
- StartClim2007.D: Auswirkung der klimabedingten Verschiebung der Waldgrenze auf die Freisetzung von Treibhausgasen - Umsetzung von Kohlenstoff und Stickstoff im Boden**
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft: Robert Jandl, Andreas Schindlbacher, Sophie Zechmeister-Boltenstern, Michael Pfeffer
Dept. Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien: Klaus Katzensteiner; Umweltbundesamt: Sabine Göttlicher
Universität Wien: Hannah Katzensteiner; Tiroler Landesforstdirektion: Dieter Stöhr
- StartClim2007.E: Auswirkung von Klimaänderungen auf das Abflussverhalten von vergletscherten Einzugsgebieten im Hinblick auf Speicherkraftwerke**
Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Innsbruck:
Michael Kuhn, Marc Olefs, Andrea Fischer
- StartClim2007.F: ALSO WIKI – Alpiner Sommertourismus in Österreich und mögliche Wirkungen des Klimawandels**
Österreichisches Institut für Raumplanung: Cornelia Krajasits, Gregori Stanzer, Adolf Andel, Wolfgang Neugebauer, Iris Wach; Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Wolfgang Schöner, Christine Kroisleitner
- StartClim2007.G: Integrierte Modellierung von Wirtschaft und Klimaänderung in Umlegung des STERN-Reports**
Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel, Universität Graz: Olivia Koland, Karl Steininger, Andreas Gobiet, Georg Heinrich, Claudia Kettner, Alexandra Pack, Matthias Themeßl, Christoph Töglhofer, Andreas Türk, Thomas Trink ; Joanneum Research, Institut für Technologie- und Regionalpolitik: Raimund Kurzmann; Universität für Bodenkultur Wien: Erwin Schmid

Beiträge aus StartClim2008

- StartClim2008.A: Einfluss von Adaptationsmaßnahmen auf das akute Sterberisiko in Wien durch Temperaturextreme**
Institut für Umwelthygiene, MUW: Hanns Moshammer, Hans-Peter Hutter ;
Institut für Meteorologie, BOKU: Thomas Gerersdorfer
- StartClim2008.B: Welche Anpassungen der derzeitigen Erosionsschutzmaßnahmen sind unter den Bedingungen des Klimawandels zu empfehlen?**
Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, BOKU:
Andreas Klink, Warakorn Rattanaarekul
Institut für Meteorologie, BOKU: Josef Eitzinger
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, BOKU: Peter Liebhard
- StartClim2008.C: Praxiserprobung des Monitoringkonzepts "Anpassungen der Schadinsektenfauna an den Klimawandel" (StartClim2007.C) anhand der Erhebung von aktuellen Erdräupenschäden (Agrotis segetum, Schiff.; Fam. Noctuidae) unter Berücksichtigung von Standortfaktoren und Klima**
Bio Forschung Austria: Patrick Hann, Claus Trska, Eva Maria Frauenschuh,
Bernhard Kromp
Institut für Meteorologie, BOKU: Herbert Formayer
- StartClim2008.D: Bio-Berglandwirtschaft in Tirol – Beitrag zur „Klimaentlastung“ und Anpassungsstrategien**
Institut für Ökologischen Landbau, BOKU: Dorninger Michael, Bernhard Freyer
- StartClim2008.E: Entwicklung und ökonomische Abschätzung unterschiedlicher Landschaftsstrukturen auf Ackerflächen zur Verringerung der Evapotranspiration vor dem Hintergrund eines Klimawandels unter besonderer Berücksichtigung einer Biomasseproduktion**
Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- u. Naturschutzplanung, BOKU: Christiane Brandenburg, Sonja Völler, Brigitte Alex, Bernhard Ferner
Institut für Meteorologie, BOKU: Josef Eitzinger, Thomas Gerersdorfer
Institut für Ökologischen Landbau, BOKU: Bernhard Freyer, Andreas Surböck, Agnes Schweinzer, Markus Heinzinger
Institut für Agrar- und Forstökonomie, BOKU: Enno Bahrs
- StartClim2008.F: Wahrnehmung und Bewertung von Naturgefahren als Folge von Gletscherschwund und Permafrostdegradation in Tourismus-Destinationen am Beispiel des Tuxer Tals (Zillertaler Alpen/Österreich)**
Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- u. Naturschutzplanung, BOKU: Ulrike Pröbstl
Universität Regensburg, Universität Eichstätt-Ingolstadt: Bodo Damm
- StartClim2008.G: Anpassung von Waldböden an sich ändernde Klimabedingungen**
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft: Barbara Kitzler, Verena Stingl, Sophie Zechmeister-Boltenstern
Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Atmosphärische Umweltforschung, Garmisch-Partenkirchen: Arjan De Brujin, Ralf Kiese, Klaus Butterbach-Bahl

Beiträge aus StartClim2009

- StartClim2009.A: Klimatisch beeinflusste Vegetationsentwicklung und Nutzungsintensivierung von Fettwiesen im österreichischen Berggebiet. Eine Fallstudie aus dem Kerngebiet der österreichischen Grünlandwirtschaft**
Institut für Botanik, BOKU: Gabriele Bassler, Gerhard Karrer,
Institut für Meteorologie, BOKU: Herbert Formayer
LFZ-Raumberg-Gumpenstein Andreas Schaumberger, Andreas Bohner,
Walter Starz
Bio Ernte Steiermark: Wolfgang Angeringer
- StartClim2009.B: Klima-Response von Fichtenherkünften im Alpenraum – Eine Adaptionsmöglichkeit für die österreichische Forstwirtschaft**
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft: Silvio Schüler, Stefan Kapeller,
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Johann Hiebl
- StartClim2009.C: Analyse von Vulnerabilität und Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel im Biosphärenpark Wienerwald**
Institut für Waldbau, BOKU: Stefan Schörghuber, Werner Rammer, Rupert Seidl, Manfred J. Lexer
- StartClim2009.D: Humusbilanzierung als praxisgerechtes Tool für Landwirte zur Unterstützung einer CO₂-speichernden Landwirtschaft**
Bio Forschung Austria: Wilfried Hartl, Eva Erhart
- StartClim2009.E: Adapting office buildings to climate change: Optimization of thermal comfort and Energy demand**
Danube University Krems: Tania Berger, Peter Pundy
- StartClim2009.F: AlpinRiskGP - Abschätzung des derzeitigen und zukünftigen Gefährdungspotentials für Alpintouristinnen/-touristen und Infrastruktur bedingt durch Gletscherrückgang und Permafrostveränderung im Großglockner-Pasterzengebiet (Hohe Tauern, Österreich)**
Institut für Geographie und Raumforschung, Karl-Franzens-Universität Graz:
Gerhard Karl Lieb, Katharina Kern, Gernot Seier,
Andreas Kellerer-Pirklbauer-Eulenstein, Ulrich Strasser,

Beiträge aus StartClim2010

- StartClim2010.A: Handlungsfelder und –verantwortliche zur Klimawandelanpassung öffentlicher Grünanlagen in Städten**
Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung (I-LEN), BOKU: Stephanie Drlik, Andreas Muhar
- StartClim2010.B: Anpassungsempfehlungen für urbane Grün- und Freiräume in österreichischen Städten und Stadtregionen**
PlanSinn Büro für Planung und Kommunikation GmbH: Erik Meinharter; Umweltbundesamt GmbH: Maria Balas
- StartClim2010.C: Die gesellschaftlichen Kosten der Anpassung: Ansätze für eine Bewertung von Anpassungsoptionen (SALDO)**
Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel, Universität Graz: Birgit Bednar-Friedl, Olivia Koland, Janine Raab
Umweltbundesamt GmbH, Martin König
- StartClim2010.D: Integrative Vorsorge- und Anpassungsmaßnahmen für die Region Marchfeld**
Institut für nachhaltige Wirtschaftsentwicklung, BOKU: Christine Heumesser, Mathias Kirchner, Erwin Schmid, Franziska Strauss
- StartClim2010.E: Ökologische und waldbauliche Eigenschaften der Lärche (*Larix decidua* MILL.) - Folgerungen für die Waldbewirtschaftung in Österreich unter Berücksichtigung des Klimawandels**
Institut für Waldbau, BOKU: Eduard Hochbichler, Gabriele Wolfslehner, Roland Koeck, F. Arbeiter,
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft: Herfried Steiner, Georg Frank,
Institut für Meteorologie, BOKU: Herbert Formayer
- StartClim2010.F: Hot town, summer in the city – Die Auswirkungen von Hitzetagen auf das Freizeit- und Erholungsverhalten sowie das Besichtigungsprogramm von StädtetouristInnen – dargestellt am Beispiel Wiens**
Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung (I-LEN), BOKU: Christiane Brandenburg, Brigitte Alex, Ursula Liebl, Christina Czachs;
Institut für Meteorologie, BOKU: Thomas Gerssdorfer
- StartClim2010.G Wissensbasierte Plattform zur Optimierung von Handlungsstrategien im Umgang mit Naturgefahren Österreichisches Rotes Kreuz: Jürgen Högl, Clemens Liehr, Gerry Fojtik**
Institut für Produktionswirtschaft und Logistik, BOKU: Manfred Gronalt, Magdalena Schweiger, Patrick Hirsch

Beiträge aus StartClim2011

- StartClim2011.A: Untersuchungen zum Einfluss des Klimas auf Voltinismus und Ausbreitung des Buchdruckers, *Ips typographus*, im alpinen Raum**
Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz, BOKU: Axel Schopf, Emma Blackwell, Veronika Wimmer
- StartClim2011.B: Analyzing Austria's forest disturbance regime as basis for the development of climate change adaptation strategies**
Institute of Silviculture, BOKU: Rupert Seidl, Dominik Thom
Institute of Forest Protection, Federal Research and Training Center for Forests, Natural Hazards, and Landscape (BFW): Hannes Krehan, Gottfried Steyrer
- StartClim2011.C: Auswirkungen von Bodentrockenheit auf die Transpiration österreichischer Baumarten**
Universität Innsbruck: Georg Wohlfahrt, Stefan Mayr, Christoph Irschick, Sabrina Obwegeser, Petra Schattaneck, Teresa Weber, Dorian Hammerl, Regina Penz
- StartClim2011.D: Adapting Austrian forestry to climate change: Assessing the drought tolerance of Austria's autochthonous tree species**
Institute of Botany, BOKU: Gerhard Karrer, Gabriele Bassler
Institute of Forest Ecology, BOKU: Helmut Schume, Bradley Matthews
Vienna Institute for Nature Conservation and Analysis, V.I.N.C.A.: Wolfgang Willner