

Anpassung an den Klimawandel: Beiträge zur Erstellung einer Anpassungsstrategie für Österreich

Endbericht

November 2010



lebensministerium.at

BM.W.F^a

bm w fi

Bundesministerium für
Wirtschaft, Familie und Jugend

Die Österreichische
Hagelversicherung *HV*

 *ÖBf*

 **BUNDESMINISTERIUM
FÜR GESUNDHEIT**

 **Verbund**
Austrian Hydro Power


OESTERREICHISCHE
NATIONALBANK

umweltbundesamt^U

StartClim2009

Anpassung an den Klimawandel: Beiträge zur Erstellung einer Anpassungsstrategie für Österreich

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 Gesundheit
Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend
Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung
Österreichische Bundesforste
Österreichische Nationalbank
Österreichische Hagelversicherung
Umweltbundesamt
Verbund AHP

Administrative Projektkoordination

Umweltbundesamt

Wien, November 2010

StartClim2009

„Anpassung an den Klimawandel: Beiträge zur Erstellung einer Anpassungsstrategie für Österreich“

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 und Ingeborg Schwarzl,
Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur

Wien, November 2010

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,

Wissenschaftliche Leitung und Koordination

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

Wissenschaftlicher Beirat

Dr. Gerhard Berz, ehem. Münchener Rückversicherung
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

Bundesministerium für Gesundheit

Ulrich Herzog, Fritz Wagner, Robert Schlögel

Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung

Christian Smoliner, Ingrid Elue

Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend

Eva Dolak, Herwig Dürr, Monika Wallergraber

Österreichische Bundesforste

Norbert Putzgruber

Österreichische Hagelversicherung

Kurt Weinberger, Josef Rohregger

Österreichische Nationalbank

Johann Jachs

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 -----	11
2 StartClim2009.A: Klimatisch beeinflusste Vegetationsentwicklung und Nutzungsintensivierung von Fettwiesen im österreichischen Berggebiet. Eine Fallstudie aus dem Kerngebiet der österreichischen Grünlandwirtschaft-----	12
3 StartClim2009.B: Klima-Response von Fichtenherkünften im Alpenraum – Eine Adaptionmöglichkeit für die österreichische Forstwirtschaft-----	15
4 StartClim2009.C: Analyse von Vulnerabilität und Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel im Biosphärenpark Wienerwald -----	17
5 StartClim2009.D: Humusbilanzierung als praxisgerechtes Tool für Landwirte zur Unterstützung einer CO ₂ -speichernden Landwirtschaft -----	20
6 StartClim2009.E: Optimierung des thermischen Innenraumkomforts in Wiener Büros zur Anpassung an erhöhte Sommertemperaturen in Gefolge des Klimawandels -----	23
7 StartClim2009.F: AlpinRiskGP – Abschätzung des derzeitigen und zukünftigen Gefährdungspotentials für Alpentouristinnen/Alpentouristen und Infrastruktur bedingt durch Gletscherrückgang und Permafrostveränderung im Großglockner-Pasterzengebiet (Hohe Tauern, Österreich) -----	26
Literaturverzeichnis -----	28
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis -----	43
Anhang -----	45

Kurzfassung

Analysen der Auswirkungen des Klimawandels und entsprechende Minderungsmaßnahmen sind in vielen Bereichen bereits etabliert und als notwendige Maßnahmen anerkannt. Das Wissen um die Notwendigkeit der Anpassung an den Klimawandel ist jedoch noch nicht so verbreitet und anerkannt. Anpassung muss im Gegensatz zu Minderungsmaßnahmen dezentraler und oft auf lokaler Ebene gelöst werden. Es gibt dazu noch eine Fülle offener Forschungsfragen und es sind sicher noch nicht alle Fragen zur Anpassung gestellt.

StartClim2009 widmet sich daher neuerlich dem Thema „Anpassung an den Klimawandel“ und liefert vielfältige fundierte Beiträge zur Erstellung einer Anpassungsstrategie für Österreich.

In der Grünlandwirtschaft hat sich in den letzten Jahren die Bewirtschaftung hinsichtlich Zeitpunkt und Zahl der Schnitte sowie Art der Düngung verändert, wobei neben wirtschaftlichem Druck vermutlich auch klimatische Veränderungen eine Rolle als Treiber gespielt haben. Systematische Feldversuche im mittleren Steirischen Ennstal im Zeitraum von 1997 bis 2010 zeigen auf, dass die Artenvielfalt im Wirtschaftsgrünland zurück geht - weniger aufgrund von Anpassungen an klimatische Veränderungen, wohl aber als Folge der Veränderungen in der Bewirtschaftungsintensität.

Der Klimawandel manifestiert sich in dieser Region u.a. durch eine Verlängerung der Vegetationsperiode: von 1987 bis 1994 um ca. drei Wochen, verursacht zu $\frac{2}{3}$ durch eine schnellere Erwärmung im Frühjahr und zu $\frac{1}{3}$ durch einen späteren Wintereinbruch. Dies ermöglicht nach Modellberechnungen im Talraum potenziell vier und in den Bergregionen drei Schnitte pro Jahr, während früher nur zwei bis drei (selten vier) möglich bzw. üblich waren.

In den letzten 13 Jahren schritt auch die Grünlandintensivierung im Untersuchungsgebiet voran, was sich in erhöhten Schnittfrequenzen, Umstieg von Festmist auf Gülledüngung und Vorverlegung des Termins des 1. Schnittes manifestierte. Derzeit nutzen einige Landwirte die wegen der thermischen Bedingungen potenziell mögliche Schnitthäufigkeit bereits aus. Ob die natürliche Wiesenvegetation, heute durchmischt mit Übersaaten moderner Gras- und Kleesorten, der Intensivierung standgehalten hat, war dabei Teil der Untersuchung.

Auf Basis von Zeigerwertberechnungen wurden keine Vegetationsänderung beobachtet, die auf Erwärmung zurückzuführen ist. Eine Erhöhung der Schnittfrequenz und der Umstieg von Festmist auf Gülledüngung bewirkte allerdings signifikante Änderungen der Vegetation, die sich v. a. in Artenverlust niederschlägt. Eine Verarmung an Arten war auch in Dreischnittwiesen mit unveränderter Bewirtschaftung zu verzeichnen. Der Artenverlust ging z. T. auf Kosten von ruderalen Arten, die im Jahr 1997 sehr häufig waren; z. T. weiters wurden Arten, die in traditionell genutzten Zweischnittwiesen häufig sind, seltener. Im Jahr 2010 breiteten sich zudem Arten mit starker vegetativer Vermehrung (*Poa trivialis*, *Trifolium repens*) in den intensiv genutzten Dreischnittsystemen weiter aus als bei der Erstaufnahme.

Da die dokumentierte Erwärmung (Jahresmitteltemperatur) noch unter 1 °C liegt, sind die direkten Auswirkungen des Klimawandels in geschlossenen Vegetationsbeständen kaum nachweisbar. Mögliche Effekte der Klimaerwärmung auf die montanen Wiesenökosystemen werden derzeit offensichtlich durch den Einfluss der geänderten Bewirtschaftungsformen überlagert. Die Verlängerung der Vegetationsperiode wirkt sich jedoch indirekt über die in der Grünlandwirtschaft immer häufigeren frühen Nutzungstermine und die Zunahme der Schnittzahl auf die Wiesen in Form einer Verringerung der Artenvielfalt und einer Zunahme von wenig geschätzten Unkräutern aus. Nicht zuletzt verschwindet mit dieser Entwicklung auch die beliebte bunte Blumenwiese.

Das Untersuchungsgebiet liegt zwar in einem repräsentativen Zentrum der österreichischen montanen Grünlandwirtschaft, man kann jedoch nicht alle Ergebnisse sofort verallgemeinern. Es bedürfte zumindest noch zwei oder drei weiterer repräsentativer Fallstudiengebiete (Waldviertel, Nordtirol, Kärnten) um die Ergebnisse abzusichern.

Für den Schutz natürlicher Ressourcen wie Wasser und Boden und für die Aufrechterhaltung von Biodiversität und Naturschutz kommt den heimischen Wäldern unter den Bedingungen des Klimawandels eine überragende Bedeutung zu. Die einzelnen, das jeweilige Waldökosystem bestimmenden Baumarten, sind von den sich rasch ändernden Klimabedingungen allerdings direkt betroffen, denn die Geschwindigkeit der Veränderungen macht eine evolutionäre Anpassung unmöglich. Allerdings besitzen alle Baumarten eine hohe Toleranz gegenüber verschiedenen Klimabedingungen, denn die natürliche Verbreitung der meisten Baumarten umfasst große Teile Europas und damit verschiedene Klimazonen. Diese innerartliche Variation wird von der Forstwirtschaft seit langem genutzt, um ausgehend von Herkunftsversuchen die wüchsigsten und qualitativ hochwertigsten Samenherkünfte auszuwählen. Gleichzeitig eröffnet die innerartliche Variation in der Reaktion auf Klimaänderungen eine Möglichkeit die heutigen Wälder an das Klima von Morgen anzupassen, ohne dabei wesentliche Ökosystemfunktionen zu zerstören. Dies kann beispielsweise durch Verwendung von Saatgut trockenoleranter und weniger hitzeempfindlicher Herkünfte erfolgen. Die innerartliche Variation der Fichte (*Picea abies*), der wichtigsten österreichischen Waldbaumart, wurde auf Basis von Daten eines österreichischen Herkunftsversuchs mit 540 Herkünften auf 44 Versuchsflächen untersucht.

Im Schnitt sind die Fichten innerhalb von 15 Jahren bei 8°C Jahresmitteltemperatur etwa 400 cm groß geworden, während sie bei 4°C nur 100-150cm erreichten. Je größer die Temperaturzunahme zwischen Herkunftsgebiet und Anbaugbiet, desto kleiner waren jedoch die Bäume. Daraus lässt sich ableiten, dass der Klimawandel zu einer Steigerung der Produktionsleistung der Fichte in Österreich führen wird, allerdings nicht für alle Fichtenherkünfte im gleichen Ausmaß. Auch ist keine unbegrenzte Steigerung der Baumhöhen zu erwarten. An besonders trockenen Standorten sind die Grenzen der Produktionsleistung der Fichte bereits erkennbar. Diese Standorte werden durch eine Klimaerwärmung kaum profitieren können, im Gegenteil, es ist hier wohl vermehrt mit Trockenstress, Dürre und Schädlingsbefall zu rechnen

Im Biosphärenpark Wienerwald wurde die Verletzlichkeit von Ökosystemleistungen im Klimawandel abgeschätzt und der Effekt von waldbaulichen Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel zu analysiert. .

Für repräsentative Standorts-Bestandeskombinationen auf den Flächen der Österreichischen Bundesforste (ÖBf) im Biosphärenpark Wienerwald (BPWW) wurde mit Hilfe des Waldökosystemmodells PICUS 1.4 über einen Zeitraum von 100 Jahren (2001-2100) die Entwicklung des Waldes analysiert. Dabei wurden Simulationen für ein Referenzklima (entspricht der Messperiode 1961-90) und drei Klimaänderungsszenarien durchgeführt. Bei den Beständen handelt es sich um Buchenbestände verschiedenen Alters. Um den Effekt von verschiedenen Bewirtschaftungsvarianten zu untersuchen, wurden das „Business as usual“ (BAU) Konzept sowie ein adaptives Bewirtschaftungskonzept (AM) simuliert. Im AM wird im Vergleich zum BAU stärker durchforstet und die in beiden Fällen durch Lichtungshiebe und anschließender Räumung etablierte Naturverjüngung wird durch Eichenpflanzen ergänzt.

Die Ergebnisse zeigen, dass im zeitlichen Verlauf die Produktivität im Klimawandel in der ersten Hälfte des Jahrhunderts ungefähr auf dem Niveau des Referenzklimas bleibt, während in der zweiten Hälfte moderate Produktivitätsrückgänge auftreten. Generell liegt die Produktivität des AM Bewirtschaftungskonzeptes unter heutigem Klima niedriger als im BAU Management, erweist sich aber unter allen Klimaänderungsszenarien als stabil und dem BAU Management als ebenbürtig. Andere Vulnerabilitätsindikatoren wie Vorrat oder Kohlenstoffspeicherung weisen geringere Veränderungen als die Produktivität auf und werden durch das Bewirtschaftungskonzept stärker beeinflusst als durch den Klimawandel. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass durch Anpassung der Bewirtschaftungsform die erwünschten Ökosystemleistungen im Biosphärenpark Wienerwald unter den analysierten Klimawandelbedingungen aufrecht erhalten werden können.

Dem Humusgehalt des Bodens kommt im Zusammenhang mit dem Klimawandel eine herausragende Rolle zu. Bei steigendem Bodenhumusgehalt wird Kohlenstoff mittelfristig im Boden gebunden und damit von der Atmosphäre ferngehalten. Ein Boden mit hohem Hu-

musgehalt kann mehr Wasser speichern und damit die Kulturpflanzen unter trockenen Bedingungen besser versorgen, aber auch Starkregen besser infiltrieren, und Erosion vermindern. Eine Verbesserung des Humusgehaltes des Bodens hat auch eine Erhöhung der Kationenaustauschkapazität und damit der Nährstoffspeicherung zur Folge.

Die (Bio-)Bauern wurden in den vergangenen Jahren für den Wert des Bodenhumus sensibilisiert. Anhand von Humusbilanzen können Bauern sehen, welche Auswirkungen ihre Fruchtfolge und Bewirtschaftung auf den Humusgehalt ihres Ackerbodens haben. Die derzeit eingesetzte einfache Berechnungsmethode berücksichtigt jedoch regionale Fruchtfolge- und Ertragsverhältnisse sowie auch bestimmte Bewirtschaftungsfaktoren wie z.B. Begrünungen nicht ausreichend.

Es sollte eine Humusbilanzmethode gefunden werden, die rasch und mit für Bauern vertretbarem Aufwand an Input-Daten zu berechnen ist, und die Humusentwicklung auf landwirtschaftlichen Betrieben des Weinviertels hinreichend genau abbildet. Damit soll den Bauern ein Werkzeug in die Hand gegeben werden, mit dessen Hilfe eine CO₂-speichernde Landwirtschaft für sie planbar und umsetzbar wird.

Anhand des langjährigen Exaktversuches ‚STIKO‘ der Bio Forschung Austria (BFA) wurden fünf Humusbilanzierungsmethoden mit den gemessenen Humus-C-Gehalten im Boden der kompostgedüngten Varianten nach zwölfjähriger Bewirtschaftung verglichen. Der Vergleich der Ergebnisse ergab zum Teil recht große Unterschiede in der Prognosegenauigkeit. Während die HE-Methode (REPRO), die Methode der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Bayer. LfL) und die Methode Kolbe mit Abweichungen von -8, +12 und -13 % vom gemessenen Wert die Entwicklung des C-Gehaltes des Bodens recht zutreffend einschätzten, überschätzten die VDLUFA- und die ROS-Methode mit Abweichungen von +69 und +94 % vom gemessenen Wert die bei der gegebenen Bewirtschaftung resultierenden C-Gehalte deutlich.

Nach Diskussion mit Bauern fiel die Wahl unter Berücksichtigung der in der Praxis vorhandenen Daten und des zeitlichen und finanziellen Aufwandes auf die Methode Kolbe. Die Erprobung der ausgewählten Methode an Daten von Praxisbetrieben verlief positiv. Diese Methode wird daher zukünftig in den regelmäßig stattfindenden Workshops von BFA mit Bauern aus anderen Regionen verwendet werden.

Ein Vergleich der mit Humusaufbau in landwirtschaftlichen Böden erzielbaren C-Speicherung mit den Kohlendioxidemissionen in Österreich und den Reduktionsverpflichtungen Österreichs zeigt, dass diese einen nennenswerten Beitrag zur Verringerung der Treibhausgasemissionen leisten kann, der auch rasch erzielbar wäre, da die Techniken bekannt sind. Zur Kompensation der gesamten Kohlendioxidemissionen aus fossilen Brennstoffen reicht der in der Praxis erzielbare Humusaufbau bei weitem nicht aus. In jedem Fall aber verbessert der gespeicherte Kohlenstoff die Bodenfunktionen, wie das Wasserspeichervermögen, und ist deshalb – insbesondere für die Klimawandelanpassung – sehr positiv zu bewerten.

Natürliche Prozesse im Hochgebirge (z. B. Felsstürze) werden sich als Folge des Klimawandels verstärken und können somit eine Gefahr für Personen und Infrastruktur darstellen. Während für Siedlungen, Verkehrswege und touristisch intensiv genutzte Flächen (z. B. Skipisten) ein ausgeklügeltes System an permanenten und temporären Schutzmaßnahmen existiert, stellt sich zunehmend die Frage nach der Gewährleistung der Sicherheit für Personen, die sich abseits dieser geschützten Areale auf Bergwegen und Routen bewegen. In einer der meistbesuchten Hochgebirgslandschaften Österreichs, worin vor allem Gletscherschwund und auftauender Permafrost die Ursache für potenziell gefährliche Prozesse sind, wurden Sturz- und flächenhafte Abtragungsprozesse untersucht und modelliert. Daraus konnte eine Gefährdungskarte abgeleitet werden, die das untersuchte Gebiet flächenhaft in vier Gefährdungsklassen gliedert. Mit Hilfe von Daten aus Klimamodellen wurden die Bedingungen für ein Szenario 2030 abgeschätzt und auch für dieses Jahr eine Gefährdungskarte erstellt. Durch Überlagerung mit dem Wege- und Routennetz wurden Karten der Verletzlichkeit einzelner Wegabschnitte erstellt, welche von Kundigen der Region begutachtet und in Hinblick auf mögliche Maßnahmen bewertet wurden. Die vorgeschlagenen Maßnahmen

reicht von konkreten Wegsicherungsarbeiten bis zu neuen Organisationsformen in der Weg-erhaltung. Die entwickelte Methodik ist auf andere Gebiete übertragbar.

Die Minimierung des Kühlenergiebedarfs in Bürogebäuden bei gleichzeitiger Gewährleistung von ausreichendem thermischem Innenraumkomfort gewinnt mit fortschreitender Erwärmung im Zuge des Klimawandels und mit der bevorstehenden Energieverknappung zunehmend an Bedeutung. Mittels Modellberechnungen wurde die Wirksamkeit verschiedener Kühlstrategien verglichen.

Effizientere elektronische Geräte und energiesparende Beleuchtung können den durch den Klimawandel zu erwartenden Anstieg des Kühlbedarfes mehr als kompensieren. Verschiebungen des Zeitfensters, in dem Nutzer anwesend sind und auch ihre Geräte benutzen weg von den heißesten Stunden des Tages oder eine verminderte Anwesenheit durch Teleworking können den Kühlbedarf reduzieren, sind aber in ihrer praktischen und sozialen Umsetzbarkeit zu diskutieren.

In natürlich belüfteten Büros kann nächtliche Fensterlüftung tendenziell Komfortverbesserungen bewirken; zur Bewertung dieser Kühloption fehlen noch verlässliche Rechenwerkzeuge zur Berechnung der Strömungsverhältnisse im Inneren in Abhängigkeit von den lokale Außenwindverhältnissen. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass die Zunahme von warmen Nächten die Wirksamkeit der nächtlichen Kühlung reduziert.

Untersucht wurden weiters innovative Kühltechnologien: Radiative Systeme nutzen Wärmeabstrahlung gegen den kalten Nachthimmel zur Kühlenergieerzeugung, evaporative Systeme entziehen der Raumluft Wärme durch die Verdunstung von Wasser. Die Kombination aus radiativen und evaporativen Systemen als Ergänzung zu herkömmlichen Kühltechnologien hat sich zur Abdeckung des Kühlleistungsbedarfs für Bürobauten als wirksamste Lösung erwiesen.

1 Das Forschungsprogramm StartClim

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

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

Analysen der Auswirkungen des Klimawandels und entsprechende Minderungsmaßnahmen sind in vielen Bereichen bereits etabliert und als notwendige Maßnahmen anerkannt. Das Wissen um die Notwendigkeit der Anpassung an den Klimawandel ist aber noch nicht so verbreitet und anerkannt. Anpassung muss im Gegensatz zu Minderungsmaßnahmen dezentraler und oft auf lokaler Ebene gelöst werden. Es gibt dazu noch eine Fülle offener Forschungsfragen und es sind sicher noch nicht alle Fragen zur Anpassung gestellt.

StartClim2009 widmet sich daher neuerlich dem Thema „Anpassung an den Klimawandel“ und liefert vielfältige fundierte Beiträge zur Erstellung einer Anpassungsstrategie für Österreich.

Die Projekte in StartClim2009 befassen sich sowohl mit Themen aus der Landwirtschaft und der Forstwirtschaft als auch mit Gefahren im alpinen Bereich und der Anpassung im Bereich der Gebäudetechnik.

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 Start-Clim-Webpage (www.austroclim.at/startclim/) elektronisch erhältlich ist. Zusätzlich wird eine CD-ROM mit allen StartClim-Berichten und ein Folder mit einer Kurzzusammenfassung der Ergebnisse in beschränkter Auflage erstellt.

2 StartClim2009.A: Klimatisch beeinflusste Vegetationsentwicklung und Nutzungsintensivierung von Fettwiesen im österreichischen Berggebiet. Eine Fallstudie aus dem Kerngebiet der österreichischen Grünlandwirtschaft

In der Grünlandwirtschaft hat sich in den letzten Jahren die Bewirtschaftung hinsichtlich Zeitpunkt und Zahl der Schnitte sowie Art der Düngung verändert. Als Treiber spielen neben den wirtschaftlichen Zwängen sehr wahrscheinlich auch klimatische Veränderungen eine Rolle. Ziel des Projektes war die Untersuchung der Vegetationsentwicklung von Wirtschaftswiesen im mittleren Steirischen Ennstal im Zeitraum von 1997 bis 2010 vor dem Hintergrund dieser Veränderungen.

Die untersuchten Wiesenflächen befinden in Seehöhen von 640 bis 1200 m zwischen Tauplitz (Nördliche Kalkalpen) über Stainach, Irdning (Ennstal) bis nach Oppenberg (Niedere Tauern). 49 Vegetationsaufnahmen repräsentieren einerseits Probeflächen, die eine Erhöhung der jährlichen Schnittfrequenz zwischen 1997 und 2010 oder einen Wechsel der Düngerart (von Festmist/Jauche zu Gülle) erfuhren. Zum anderen wurden auch Flächen ausgewählt, auf denen keine Änderung in der Bewirtschaftung angegeben wurde (Bewirtschaftungsvarianten, siehe Tab. 1). Neben der Zusammensetzung der Vegetationsdecke wurde auf den Versuchsflächen auch die Veränderung des Ertrags zum 1. Schnitttermin und ausgewählte bodenchemische Parameter erhoben.

Tab. 1: Bewirtschaftungsvarianten

Variante	Schnittanzahl 1997	Schnittanzahl 2010	Düngung 1997	Düngung 2010
1	2	2	Mist	Mist
2	2	2	Gülle	Gülle
3	2	2	Mist	Gülle
4	2	3	Mist	Mist
5	2	3	Gülle	Gülle
6	3	3	Mist	Mist
7	3	3	Gülle	Gülle
8	3	4	Mist	Gülle

Klimatologische Daten der letzten Jahrzehnte zeigen eine Verlängerung der Vegetationsperiode um ca. drei Wochen, vor allem im Zeitraum von 1987 bis 1994 (siehe Abb. 1). Die Verlängerung ist zu $\frac{2}{3}$ durch schnellere Erwärmung im Frühjahr und zu $\frac{1}{3}$ durch späteren Wintereinbruch bedingt. Nach einem auf den derzeitigen Temperaturverhältnissen basierenden Modell, sind im Talraum potenziell vier und in den Bergregionen drei Schnitte möglich.

In den letzten 13 Jahren schritt die Nutzungsintensivierung im Grünland des Untersuchungsgebietes voran, was sich in erhöhten Schnittfrequenzen, Umstieg von Festmist auf Gülledüngung und Vorverlegung des Termins des 1. Schnittes manifestierte. Derzeit nutzen einige Landwirte die thermisch potenziell mögliche Schnitthäufigkeit bereits aus.

Auf Basis von Zeigerwertberechnungen wurde keine Vegetationsänderung beobachtet, die auf Erwärmung zurückzuführen ist, d.h. der Anteil der wärmeliebenden Pflanzen hat nicht zugenommen. Eine Änderung der Vegetation durch die Vorverlegung des Termins des ersten Schnitts war tendenziell vorhanden, aber nicht signifikant. Im Gegensatz dazu bewirkte eine Erhöhung der Schnittfrequenz und Umstieg von Festmist auf Gülledüngung signifikante Änderungen der Vegetation (höhere Soerensen-Indices der Aufnahmenpaare von 1997 und 2001), die sich vor allem in Artenverlust niederschlug (siehe Abb. 2). Dabei fanden sich in den Wiederholungsaufnahmen jener Dreischnittwiesen, die 1997 noch zweimal jährlich gemäht wurden, im Mittel um 9,1 Arten, in den Dreischnittwiesen mit unveränderter Nutzungs-

häufigkeit um 4,8 und in Wiesen mit Wechsel von Drei- auf Vierschnittnutzung um 5,8 Arten weniger als im Jahr 1997. Eine Änderung der Vegetation durch die Vorverlegung des Termins des ersten Schnitts war tendenziell vorhanden, aber nicht signifikant.

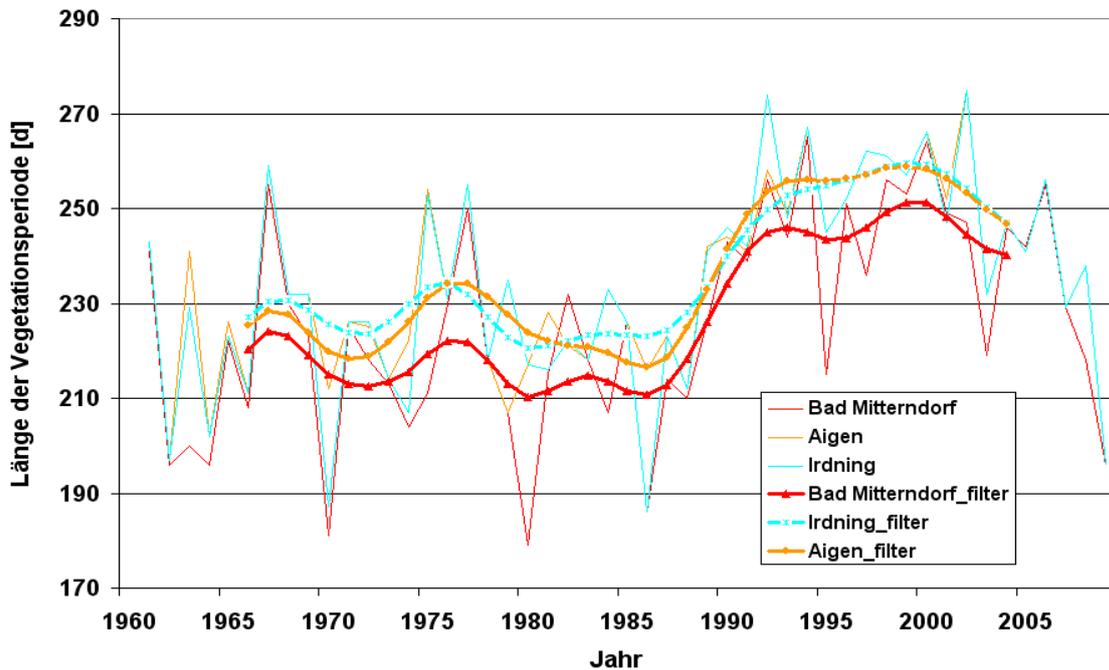


Abb. 1 : Länge der Vegetationsperiode (in Tagen) an drei Stationen im mittleren steirischen Ennstal von 1960 bis 2009 (Einzeljahre und Gaußfilter 11j).

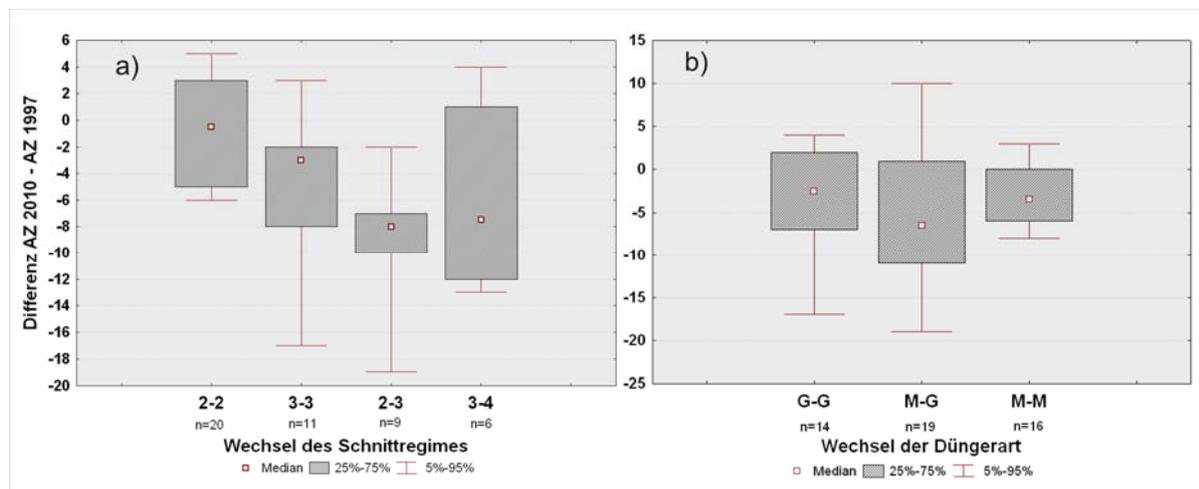


Abb. 2 : Änderung der Artenzahlen (AZ) zwischen Aufnahmen 1997 und 2010 bei veränderten Bewirtschaftungsfaktoren. a) Wechsel des Schnittregimes, b) Wechsel der Düngerart. (Einjährige Arten wurden nicht berücksichtigt)

Eine Verarmung an Arten war auch in Dreischnittwiesen mit unveränderter Bewirtschaftung zu verzeichnen. Der Artenverlust ging z. T. auf Kosten von Lückenbüßer-Arten (z. B. Hirtenfäschel, Breitwegerich), die temporär im Jahr 1997 sehr häufig waren; weiters wurden Arten, die in traditionell genutzten Zweischnittwiesen häufig sind (z.B. Wiesen-Flockenblume, Margerite), seltener. Im Jahr 2010 nahmen konkurrenzkräftige Arten mit hohem Ausbreitungsbzw. Vermehrungspotenzial (Gemeines Rispengras, Weißklee) in den intensiv genutzten Dreischnittsystemen größere Abundanz-Dominanzwerte an als bei der Erstaufnahme. Der

Wechsel der Düngerart ergab geringe Artenverluste; am stärksten, aber nicht signifikant war der Effekt beim Wechsel von Festmist auf Gülle in Dreischnittwiesen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die direkten Auswirkungen des Klimawandels auf die Artenzusammensetzung im Grünland noch nicht nachweisbar sind, da die Erwärmung (Jahresmitteltemperatur) noch unter 1 °C liegt. Mögliche Effekte der Klimaerwärmung auf die montanen Wiesenökosysteme werden derzeit durch den Einfluss der geänderten Bewirtschaftungsformen überlagert. Die Verlängerung der Vegetationsperiode wirkt sich jedoch indirekt über die in der Grünlandwirtschaft immer häufigeren frühen Nutzungstermine und die Zunahme der Schnitzzahl auf die Wiesen in Form einer Verringerung der Artenvielfalt und einer Zunahme von wenig geschätzten Unkräutern aus. Nicht zuletzt verschwindet mit dieser Entwicklung auch die beliebte bunte Blumenwiese (Abb. 3).



Abb. 3 : Bunte Blumenwiesen (links) werden im wirtschaftlich genutzten Grünland des Ennstales (rechts) seltener, weil der Klimawandel früheres und häufigeres Mähen ermöglicht.

Auch wenn das Untersuchungsgebiet in einem repräsentativen Zentrum der österreichischen montanen Grünlandwirtschaft liegt, kann man nicht alle Ergebnisse sofort verallgemeinern. Es bedürfte zumindest noch zwei oder drei weiterer repräsentativer Fallstudiengebiete (Waldviertel, Nordtirol, Kärnten) um die Ergebnisse abzusichern.

3 StartClim2009.B: Klima-Response von Fichtenherkünften im Alpenraum – Eine Adaptionmöglichkeit für die österreichische Forstwirtschaft

Für die Aufrechterhaltung von Biodiversität kommt den heimischen Wäldern eine überragende Bedeutung zu. Die einzelnen, das jeweilige Waldökosystem bestimmenden Baumarten sind von den sich rasch ändernden Klimabedingungen direkt betroffen, denn die Geschwindigkeit der Veränderungen macht eine evolutionäre Anpassung unmöglich. Allerdings besitzen alle Baumarten eine hohe Toleranz gegenüber verschiedenen Klimabedingungen, denn die natürliche Verbreitung der meisten Baumarten umfasst große Teile Europas und damit verschiedene Klimazonen. Somit sind Baumpopulationen derselben Art an unterschiedliche Klimate angepasst und reagieren unterschiedlich auf Klimaveränderungen. Diese Vielfalt ist maßgeblich für die natürliche Anpassungsfähigkeit von Arten gegenüber Umweltveränderungen.

Von der Forstwirtschaft wird die innerartliche Diversität seit langem genutzt, um ausgehend von Herkunftsversuchen die wüchsigsten und qualitativ hochwertigsten Samenherkünfte auszuwählen. Gleichzeitig eröffnen die Unterschiede in der Reaktion auf Klimaveränderung eine Möglichkeit die heutigen Wälder an das Klima von morgen anzupassen, ohne dass dabei die wesentlichen Ökosystemfunktionen zerstört werden.

Im vorliegenden Projekt wurde die innerartliche Variation der Fichte (*Picea abies*), der wichtigsten österreichischen Waldbaumart, auf Basis von Höhenmessungen 15 jähriger Fichten von insgesamt 379 Herkünften auf 29 österreichischen Versuchsfeldern untersucht. Die Ergebnisse dieses Großversuches wurden zusammengetragen und in einer Datenbank erfasst. Zusammen mit Klimadaten aller Herkunfts- und Versuchsorte konnte nun erstmals eine Gesamtanalyse dieses Versuchs durchgeführt werden.

Auf jeder einzelnen Versuchsfeld gab es große Höhenunterschiede unter den getesteten Herkünften. Abbildung 4 zeigt exemplarisch die Ergebnisse für den Versuchsstandort St. Stephan (Stmk.).

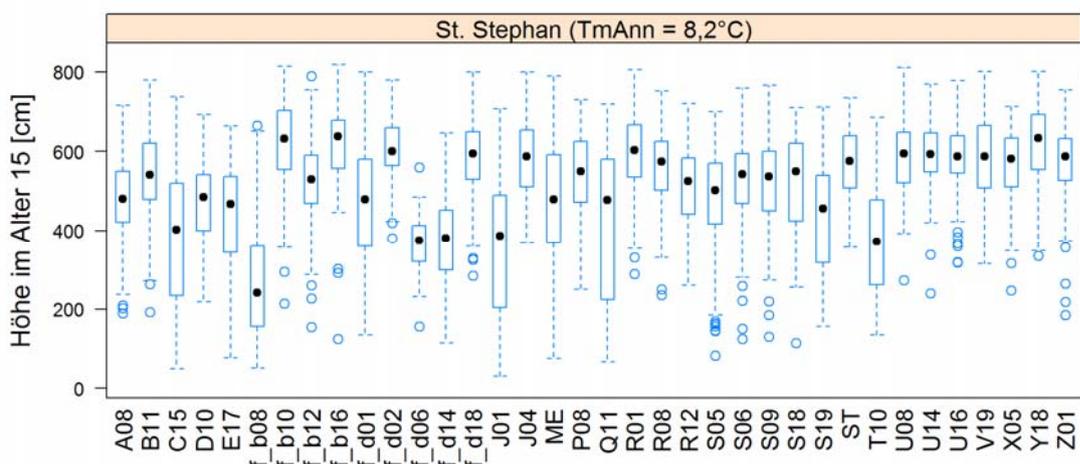


Abb. 4 : Baumhöhen der getesteten Herkünfte auf der Versuchsfeld St. Stephan (Stmk.). Jeder Boxplot zeigt den Median und Streuung der Höhen einer Herkunft auf Basis von Einzelbaummessungen.

In Kombination mit den Klimadaten konnten Klima-Response (Abb. 5, links) und Klima-Transfer Funktionen (Abb. 5, rechts) ermittelt werden. Klima-Response Funktionen zeigen für einzelne Herkünfte die Korrelation zwischen Höhe und Klimaparameter der Anbauflä-

chen. Klima-Transfer Funktionen zeigen für einzelne Versuchsflächen die Korrelation zwischen Höhe und klimatischer Differenz (hier Temperaturunterschied) zwischen Versuchsort und Herkunftsort.

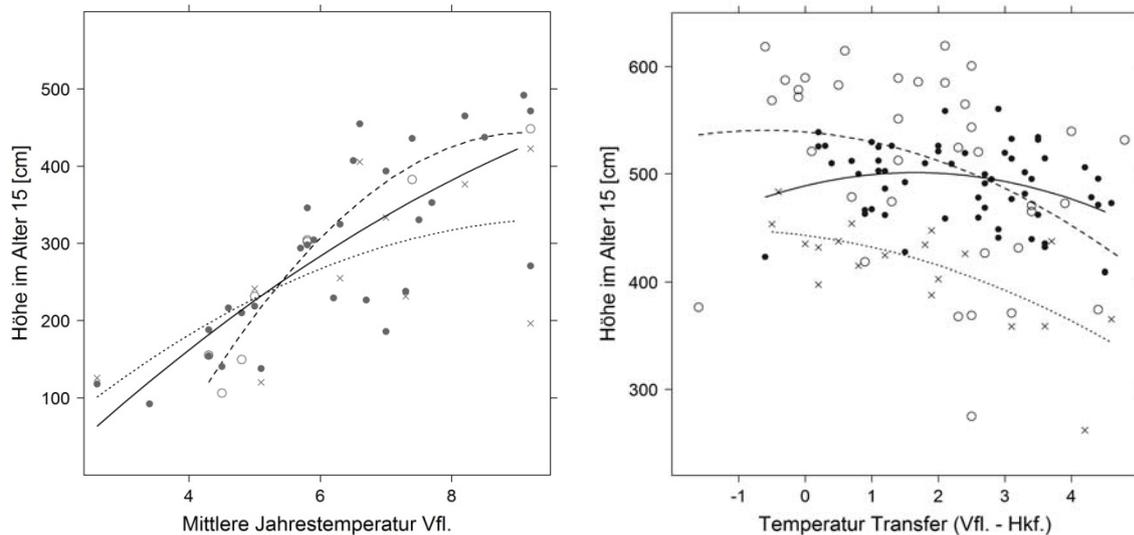


Abb. 5 : Links: Klima-Response Funktionen dreier Herkünfte (Murau - durchgehende Linie, Liezen - gestrichelt, Tschepelare (Bulgarien) - gepunktet) zeigen, dass generell mit zunehmenden Temperaturen mit einer Steigerung der Baumhöhen zu rechnen ist. Die Datenpunkte sind mittlere Höhen an den Versuchsorten (Vfl.). Die Herkünfte unterscheiden sich in ihrer Reaktion auf Klimaerwärmung. Rechts: Klima-Transfer Funktionen dreier Versuchsflächen (Schönborn - durchgehende Linie, St. Stephan - gestrichelt, Wieselburg - gepunktet) zeigen den Einfluss des Temperaturunterschiedes zwischen Versuchsfläche (Vfl.) und Herkunftsort (Hkf.). Dieser Einfluss variiert je nach Lage des Versuchsortes. Die Datenpunkte sind hier die mittleren Höhen der getesteten Herkünfte.

Diese Funktionen können genutzt werden, um das Potential einzelner Herkünfte darzustellen und die Anpassungsfähigkeit unter veränderten Klimabedingungen abschätzen zu können.

Es zeigt sich, dass sich die mittlere Jahrestemperatur, oder mit ihr korrelierte Klimaparameter wie die Dauer der Vegetationsperiode, gut eignen, um die Höhe der Bäume zu erklären.

Die Baumhöhen nehmen mit steigender Temperatur am Anbauort zu: Bei Jahresmitteltemperaturen von 8°C erreichten die Bäume innerhalb von 15 Jahren im Schnitt Höhen von etwa 400 cm, während sie bei 4°C Mitteltemperatur nur 100-150 cm hoch wurden. Die Streuungen sind allerdings sehr groß (Abb. 5, links). Dadurch ist im Hinblick auf den bevorstehenden Klimawandel eine Steigerung der Produktionsleistung der Fichte in Österreich zu erwarten. Allerdings werden Fichten aus unterschiedlichen Herkunftsgebieten nicht im gleichen Ausmaß vom Klimawandel profitieren. Zum einen da sich die Reaktionen auf Klimaveränderung bei Fichten aus verschiedenen Herkunftsgebieten unterscheiden (Abb. 5, links). Dies hängt vor allem mit den Klimaverhältnissen der Herkunftsorte zusammen. Zum anderen unterscheiden sich die Auswirkungen des zu erwartenden Temperaturanstiegs auch von Standort zu Standort (Abb. 5, rechts). An sehr trockenen und sehr warmen Standorten sind die Grenzen der Produktionsleistung der Fichte bereits erkennbar (Abb. 5, rechts, durchgehende Linie). Diese Standorte werden durch eine Klimaerwärmung kaum profitieren können, im Gegenteil, es ist hier wohl vermehrt mit Trockenstress, Dürre und Schädlingsbefall zu rechnen. Da mit dem Klimawandel immer mehr Gebiete in diesen Grenzbereich geraten werden, müssen die Auswirkungen dieser klimatischen Bedingungen noch besser untersucht werden.

Mit den hier beschriebenen Untersuchungen ist das Potential des Fichtenherkunftsversuchs 1978 noch nicht ausgeschöpft. Die Analysen werden im Rahmen des INTERREG-Projekts MANFRED unter Einbindung internationaler Herkunftsversuche fortgesetzt.

4 StartClim2009.C: Analyse von Vulnerabilität und Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel im Biosphärenpark Wienerwald

Ziel der Studie ist es, die Verletzlichkeit erwünschter Ökosystemleistungen im Biosphärenpark Wienerwald unter dem derzeitigen Bewirtschaftungskonzept im Klimawandel abzuschätzen, und darauf aufbauend mögliche Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel zu analysieren.

Das Projektgebiet umfasst die Flächen der Österreichischen Bundesforste (ÖBf) im Biosphärenpark Wienerwald (BPWW) (Abb. 6).

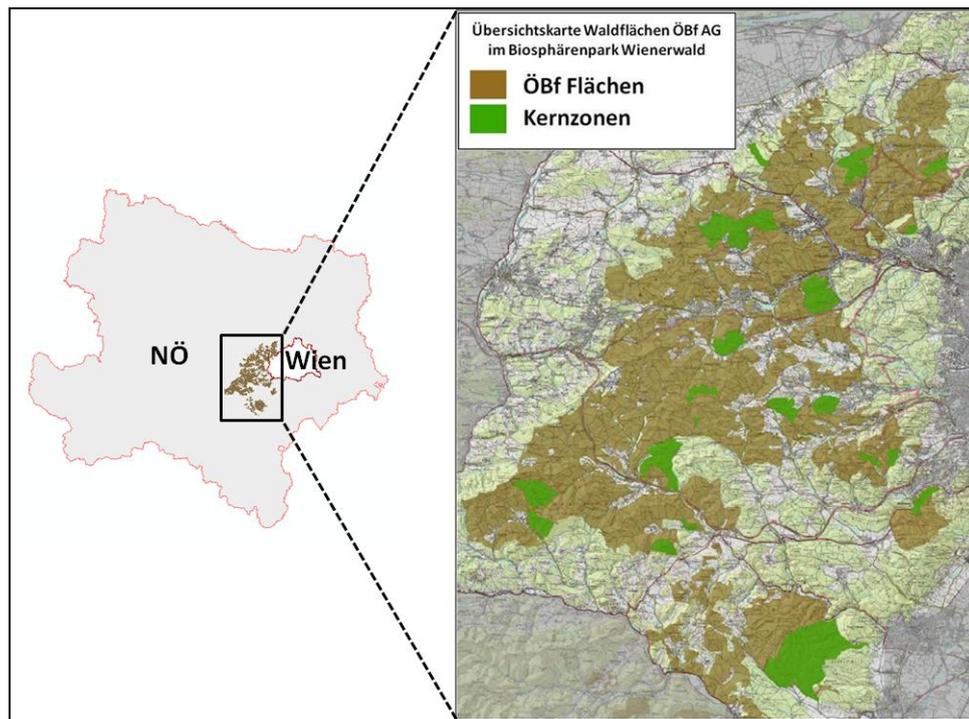


Abb. 6 : Übersichtskarte Biosphärenpark Wienerwald. braun= Flächen der Österreichischen Bundesforste (ÖBf) im Biosphärenpark Wienerwald. grün= Kernzonen

Repräsentative Standorts-Bestandeskombinationen wurden mit Hilfe des Waldökosystemmodells PICUS 1.4 über einen Zeitraum von 100 Jahren (2001-2100) analysiert. Das Modell beschreibt die Entwicklung von Waldbeständen auf der Basis von Einzelbäumen und berücksichtigt Verjüngung, Wachstum und Mortalität in dynamischer Wechselwirkung. In den Analysen wurden drei von einem regionalen Klimamodell generierte Klimaänderungsszenarien für den Zeitraum 2000-2100 verwendet. Diese entsprechen den „business-as-usual“ Emissionsszenarien A1B und A2 sowie dem umweltorientierten Szenarium B1. Zusätzlich wurde als Referenzklima für die vergleichende Analyse eine Klimazeitreihe basierend auf der Messperiode 1961-1990 verwendet. In Abbildung 7 sind die Änderungen von Temperatur und Niederschlag der drei Klimaänderungsszenarien im Vergleich zum Referenzklima im Gebiet des Biosphärenparks dargestellt.

Für die vorliegende Studie wurden die beiden am häufigsten vorkommenden Standortgruppen ausgewählt („Mittelgründige Karbonatstandorte“, „Frische bis sehr frische Hangstandorte“), die auch gut die Bandbreite der ökologischen Rahmenbedingungen im Biosphärenpark repräsentieren. Für den Biosphärenpark Wienerwald typische Buchenbestände verschiedener Altersklassen wurden ausgewählt und unterschiedliche Bewirtschaftungsvarianten, das derzeitige „Business as usual“ Bewirtschaftungskonzept (BAU) sowie ein adaptives Bewirtschaftungsszenario (AM), mit dem Waldökosystemmodell simuliert. Das BAU Szenario ist

ein traditionelles Buchenbewirtschaftungskonzept, das von Niederdurchforstungseingriffen (geringe Entnahmen) geprägt ist. Die angestrebte Naturverjüngung wird durch einen Lichtungshieb mit nachfolgender baldiger Räumung des Altbestandes erreicht. Im AM Konzept wird stärker durchforstet (Auslesedurchforstung) und nach einem Lichtungshieb und der anschließenden Räumung des Altbestandes ein Anteil Eiche mittels Pflanzung in die Buchenaturverjüngung eingebracht. Die vergleichende Analyse der verschiedenen Standorte, Bewirtschaftungskonzepte, Altersklassen und Klimaszenarien erfolgte hinsichtlich der sechs Vulnerabilitätsindikatoren „Produktivität“, „Schäden“, „Vorrat“, „Biodiversität“, „Kohlenstoffspeicherung“ und „Kostenintensität“.

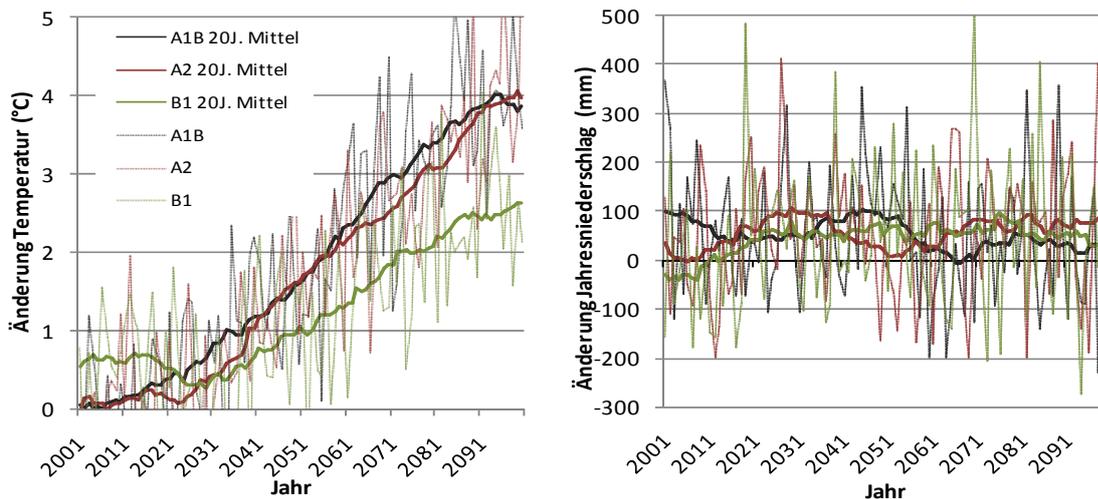


Abb. 7 : Abweichung von Temperatur und Niederschlag in den Klimaänderungsszenarien A1B, A2 und B1 vom Referenzklima. Dargestellt sind die Mittelwerte über 66 Trakte der österreichischen Waldinventur (ÖWI) im Bereich des Biosphärenparks Wienerwald.

Es zeigte sich, dass im zeitlichen Verlauf die Produktivität im Klimawandel in der ersten Hälfte des Jahrhunderts ungefähr auf dem Niveau des Referenzklimas bleibt, während in der zweiten Hälfte moderate Produktivitätsrückgänge auftreten. Beispielhaft sind in Abbildung 8 die Indikatoren für eine jüngere Altersklasse auf einem frischen bis sehr frischen Hangstandorte für die Periode 2051-2100 dargestellt. Betrachtet man die Unterschiede in den einzelnen Klimaänderungsszenarien, so fällt auf, dass die Produktivitätseinbußen unter BAU Management im A1B Szenario am größten sind. Ein möglicher Grund dafür ist die starke Niederschlagsabnahme ab 2050 bei gleichzeitig hohen Temperaturen und der damit verbundene Trockenstress (vgl. Abb. 7). Generell liegt die Produktivität des AM Bewirtschaftungskonzeptes unter heutigem Klima (Baseline) niedriger als im BAU Management, erweist sich aber unter allen Klimaänderungsszenarien als stabil und dem BAU Management als ebenbürtig. In Bezug auf den Indikator „Schäden“ unterscheiden sich die beiden Bewirtschaftungskonzepte nicht. Dazu erfolgt für den dargestellten Bestandestyp die Verjüngung im Analysezeitraum zu spät. Der eingebrachte Eichenanteil in der Verjüngungsschicht spielt in Bezug auf den Biomasseaufbau des Bestandes und die Prädisposition gegenüber Sturm und Schneebruch noch keine Rolle. Dasselbe gilt sinngemäß für den Indikator Biodiversität. Die Vorratshaltung unter dem AM Konzept ist durch die stärkeren Durchforstungseingriffe niedriger als im BAU Konzept. Dieser Unterschied verringert sich etwas durch die unter den Klimaänderungsszenarien ebenfalls geringer werdenden Zuwachsdifferenzen zwischen BAU und AM.

Über alle analysierten Kombinationen von Standort, Alter und Analyseperiode weisen die Indikatoren Vorrat und Kohlenstoffspeicherung einen starken Effekt des Bewirtschaftungskonzeptes auf. Die Indikatoren Schäden, Biodiversität und Kostenintensität weisen in den analysierten Kombinationen von Standort, Bestand, Bewirtschaftung und Klimaänderungsszenario aufgrund der Einteilung in Klassen geringe oder keine Sensitivität auf. In allen Fällen gibt es nur Änderungen innerhalb der Klassengrenzen. Der Schadprädispositionsindika-

tor und die Kostenintensität bleiben „mittel“ (Klasse 2) und die Biodiversität bleibt „gering“ (Klasse 1). Würden beim AM Konzept zusätzliche Kosten aufgrund von Wildschutzmaßnahmen eingerechnet werden, würde dies den Kostenindikator um eine Klasse verschlechtern.

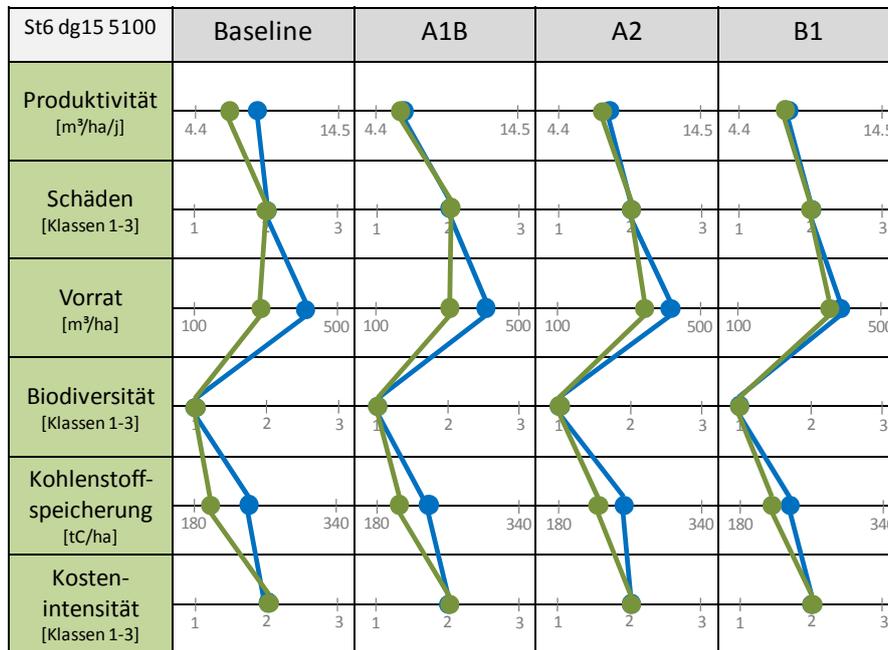


Abb. 8 : Profil von BAU und AM Bewirtschaftung für eine Kombination aus Standort, Alter und Analyseperiode (Frischer bis sehr frische Hangstandort; mittlerer Stammdurchmesser 15cm, Analyseperiode 2051-2100) im Referenzklima (Baseline), sowie in den Klimaänderungsszenarien A1B, A2 und B1. Blaue Line/Punkte = Business as usual (BAU) - Bewirtschaftung; Grüne Line/Punkte = Adaptives Management (AM) – Konzept.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass durch moderate Anpassungsmaßnahmen (Eichenbeimischung) die nachhaltige Erbringung erwünschter Ökosystemleistungen im Biosphärenpark Wienerwald unter den analysierten Klimawandelbedingungen möglich ist. Das dargestellte AM Konzept würde ohne Klimawandel Produktivitätsverluste zeigen, stellt also in Bezug auf diesen Naturalindikator keine eindeutige Win-Win-Option dar. Die Klimasensitivität der Biomasseproduktion wird jedoch deutlich reduziert. Es muss auch zusätzlich berücksichtigt werden, dass unter ökonomischen Gesichtspunkten der Eichenanteil durch gute Holzqualitäten den Unterschied in der Volumenproduktivität annähernd ausgleichen könnte, natürlich in Abhängigkeit der Holzpreisrelationen zwischen Buche und Eiche. Dies sowie die zukünftigen Holzqualitäten sind langfristig nicht vorherzusagen und wurden daher im Rahmen der vorliegenden Analysen nicht berücksichtigt.

5 StartClim2009.D: Humusbilanzierung als praxisgerechtes Tool für Landwirte zur Unterstützung einer CO₂-speichernden Landwirtschaft

Dem Humusgehalt des Bodens kommt als Beitrag zur Minderung des Treibhauseffekts und bei der Anpassung der Landwirtschaft an veränderte Klimabedingungen eine herausragende Rolle zu. Bei gleichbleibendem bzw. steigendem Bodenumusgehalt wird Kohlenstoff (C) mittelfristig im Boden gebunden und damit von der Atmosphäre ferngehalten. Ein Boden mit standortangepaßt hohem Humusgehalt kann mehr Wasser speichern und damit die Kulturpflanzen unter trockenen Bedingungen besser versorgen, aber auch Starkregen besser infiltrieren, und Erosion vermindern. Eine Verbesserung des Humusgehaltes des Bodens hat auch eine Erhöhung der Kationenaustauschkapazität und damit der Nährstoffspeicherung zur Folge.

Die Bodenpraktiker-Ausbildung, die von Bio Forschung Austria (BFA) gemeinsam mit Distelverein und Bio Austria entwickelt wurde, und die im Weinviertel schon zum 3. Mal durchgeführt wird, sensibilisiert (Bio-)Bauern für den Wert des Bodenumus. Anhand von Humusbilanzen können Bauern sehen, welche Auswirkungen ihre Fruchtfolge und Bewirtschaftung auf den Humusgehalt ihres Ackerbodens haben. Die derzeit von BFA für die Berechnung der Humusbilanzen in diesem Rahmen angewendete einfache Methode berücksichtigt jedoch regionale Fruchtfolge- und Ertragsverhältnisse sowie auch bestimmte Bewirtschaftungsfaktoren wie z.B. Begrünungen nicht ausreichend.

Das Ziel des vorliegenden Projektes war es, eine Humusbilanzmethode zu finden, die einerseits relativ rasch und mit für die Bauern vertretbarem Aufwand an Input-Daten zu berechnen ist, andererseits aber unter Weinviertler Verhältnissen die Humusentwicklung auf den landwirtschaftlichen Betrieben hinreichend genau abbildet, um den Bauern ein Werkzeug in die Hand zu geben, mit dessen Hilfe eine CO₂-speichernde Landwirtschaft für sie begreifbar, aber vor allem auch planbar und umsetzbar wird.

Anhand des umfangreichen Datenmaterials aus dem langjährigen Exaktversuch ‚STIKO‘ der Bioforschung Österreich (BFA) wurden fünf Humusbilanzierungsmethoden mit den gemessenen Humus-Kohlenstoff-Gehalten im Boden nach zwölfjähriger Bewirtschaftung verglichen. Drei Varianten mit Kompostdüngung (mit 9, 16 und 24 t Kompost/ha/J) wurden als Modell für eine humusmehrende Bewirtschaftungsweise herangezogen.

Die getesteten Humusbilanzierungsmethoden waren:

- die Humuseinheiten-Methode (HE-Methode) nach Leithold et al. 1997, angewendet in ihrer dynamischen Form mit Hilfe des Bilanzierungsprogramms REPRO (Hülsbergen, 2002)
- die Humusbilanzmethode der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Bayer. LfL; www.lfl.bayern.de/iab/bodenschutz/12458/)
- die Humusbilanzmethode nach Kolbe (Kolbe, 2007)
- die VDLUFA-Humusbilanzmethode, gerechnet mit den ‚oberen Werten‘ (VDLUFA, 2004)
- die ROS (Reproduktionswirksame organische Substanz) – Methode (Autorenkollektiv, 1977).

Der Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Humusbilanzierungsmethoden mit den nach 12 Versuchsjahren gemessenen Veränderungen im C-Gehalt des Bodens der kompostgedüngten Varianten ergab zum Teil recht große Unterschiede in der Prognosegenauigkeit. Während die HE-Methode (REPRO), die Methode der Bayerischen LfL und die Methode Kolbe mit Abweichungen von -8, +12 und -13 % vom gemessenen Wert die Entwicklung des C-Gehaltes des Bodens recht zutreffend einschätzten, überschätzten die VDLUFA- und die ROS-Methode mit Abweichungen von +69 und +94 % vom gemessenen Wert die bei der gegebenen Bewirtschaftung resultierenden C-Gehalte deutlich (Abb. 9).

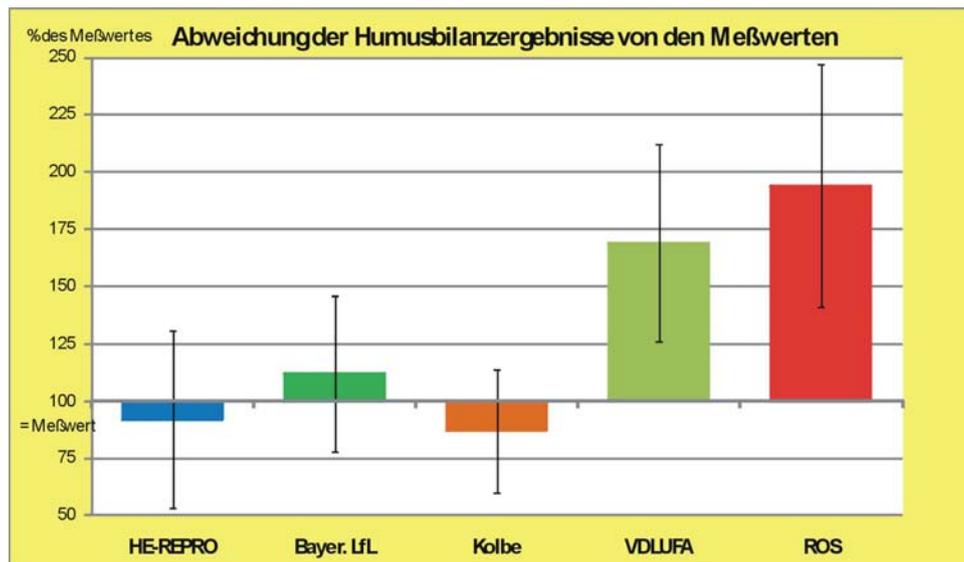


Abb. 9 : Abweichung der mittels fünf Humusbilanzmethoden für den Versuch ‚STIKO‘ errechneten Salden von Humus-C nach 12 Bewirtschaftungsjahren von den im Boden der kompostgedüngten Varianten gemessenen C-Werten.

Die Ergebnisse dieses Vergleiches wurden mit Weinviertler Bauern diskutiert. Dabei wurde mit den Bauern auch abgestimmt, welche Bewirtschaftungs- und Erntedaten sie in welcher Detailliertheit und Genauigkeit für die Humusbilanzierung zur Verfügung stellen können. Unter Berücksichtigung der seitens der Landwirtschaftsbetriebe vorhandenen Daten und des zumutbaren zeitlichen und finanziellen Aufwandes für die Humusbilanzierung fiel die Wahl auf die Methode Kolbe. Diese ist einerseits mit nicht zu großem Aufwand berechenbar, bietet aber andererseits eine Differenzierung nach Bodentypen und eine Abstufung der Wirksamkeit der organischen Düngung nach der Menge.



Abb. 10 : Bodenprofil mit ausgeprägt humosem A-Horizont und Begrünung. Profilgrube mit Wurzelfreilegung von Bio Forschung Austria.

Berechnungen zur Empfindlichkeit der Humusbilanzen auf ungenaue bzw. fehlerhafte Einschätzungen beim Strohgewicht und beim Gewicht der Begrünungsbiomasse ergaben einen Fehler von bis zu 120 kg C/ha bei einer Fehleinschätzung der Strohmenge um bis zu einer Tonne, während bei der Fehleinschätzung der Begrünungsbiomasse der resultierende Fehler mit bis zu 20 kg C/ha wesentlich geringer war. Da für die Begrünungen seitens der Landwirte typischerweise keine Daten für das Gewicht des Aufwuchses vorhanden sind, kann angesichts dieses Ergebnisses die Biomasse der Begrünungen unter Zuhilfenahme von vorhandenen Vergleichsdaten aus mehrjährigen Begrünungsversuchen der BFA für die praktische Anwendung der Methode geschätzt werden.

Die Erprobung der ausgewählten Methode an Daten von Praxisbetrieben verlief positiv. Die Methode wird daher zukünftig auch in den regelmäßig stattfindenden Workshops von BFA mit Bauern aus anderen Regionen verwendet werden.

Die im Projekt errechneten Humusgehaltsänderungen lagen zwischen +370 und +1100 kg C/ha /J im Feldversuch mit Kompostdüngung und zwischen -300 und +480 kg C/ha /J auf Praxisschlägen. Der Wert von +480 kg C wurde mit Feldfutterbau, Kompostdüngung und Begrünungen erzielt.

Unter der optimistischen Annahme, dass durch die Forcierung von humusmehrenden Bewirtschaftungsmaßnahmen auf der gesamten österreichischen Ackerfläche (1,39 Mio. ha) jeweils 500 kg C/ha/J gespeichert würden, wären das in Summe 0,7 Mio. t C/J, entsprechend 2,55 Mio. t CO₂/J. Die gesamten CO₂-Emissionen in Österreich betragen im Jahr 2008 73,6 Mio. t, die gesamten Treibhausgasemissionen lagen bei 86,6 Mio. t CO₂-Äquivalente. Zur Erreichung seiner Kyoto-Verpflichtung muss Österreich diese Emissionen um 17,8 Mio. t CO₂-Äquivalente /Jahr reduzieren.

Der Vergleich zeigt, dass die C-Sequestrierung in landwirtschaftlichen Böden einen gemessen an den völkerrechtlichen und EU-Verpflichtungen merklichen Beitrag zur Verringerung der Treibhausgasemissionen leisten kann. Da die erforderlichen Techniken bekannt und relativ leicht umsetzbar sind, wäre dieser Beitrag auch rasch zu verwirklichen. Jedoch können die aus der Verbrennung fossiler Energie stammenden CO₂-Emissionen durch C-Sequestrierung in landwirtschaftlichen Böden bei weitem nicht kompensiert werden.

In jedem Fall aber verbessert der gespeicherte Kohlenstoff die Bodenfunktionen und ist deshalb – insbesondere auch für die Klimawandelanpassung – sehr positiv zu bewerten.

6 StartClim2009.E: Optimierung des thermischen Innenraumkomforts in Wiener Büros zur Anpassung an erhöhte Sommertemperaturen in Gefolge des Klimawandels

Die Minimierung des Kühlenergiebedarfs in Bürogebäuden bei gleichzeitiger Gewährleistung von ausreichendem thermischem Innenraumkomfort gewinnt mit fortschreitender Erwärmung im Zuge des Klimawandels und mit der bevorstehenden Energieverknappung zunehmend an Bedeutung. Im vorliegenden Projekt wurden Optimierungstrategien am und im Gebäude mit Hilfe von Modellen zur Berechnung der Wärmebilanzen von Gebäuden untersucht sowie innovative Kühltechnologien hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit bewertet.

Verbesserte Energieeffizienz elektronischer Geräte und künstlicher Beleuchtung führt zu wesentlich geringeren internen Wärmelasten und damit einer deutlichen Senkung des Kühlbedarfs. Die erzielbaren, jährlichen Einsparungen bewegen sich in der Größenordnung der durch den Klimawandel zu erwartenden Mehrbedarfe.

Es ist zu erwarten, dass die hier angenommene Verbesserung der Energieeffizienz von Arbeitshilfen in den kommenden Jahren tatsächlich erzielt wird, da sich Mehrkosten für effizientere Geräte zunehmend verringern. Allerdings muss Sorge getragen werden, dass derartige Effizienzgewinne nicht durch den Betrieb zusätzlicher Geräte kompensiert werden. Verminderte interne Wärmelasten führen vor allem in schlecht gedämmten Gebäuden im Winter zu höherem Heizwärmebedarf. In solchen Gebäuden empfiehlt sich eine Verbesserung der Wärmedämmung der Gebäudehülle.

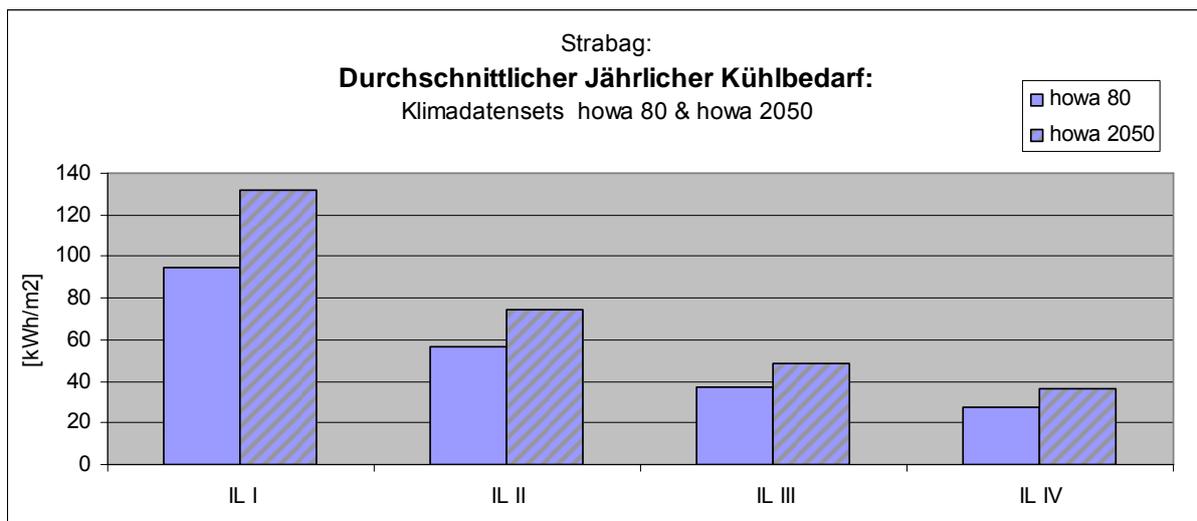


Abb. 11 : Jährlicher Kühlenergiebedarf eines Büroraums für derzeitige („howa 80“) und zukünftige („howa 2050“) Klimasituation bei Einsatz unterschiedlich effizienter elektronischer Geräte und Beleuchtung: IL I entspricht einem worst case, IL IV zeigt die Wirkung der effizientesten derzeit am Markt verfügbaren Geräte.

Änderungen der zeitlichen Nutzung von Räumen können ebenfalls Wärmelasten in Bürogebäuden verändern, da mit der Anwesenheit von Nutzern nicht nur deren eigene Wärmeleistung sondern auch die der von ihnen benutzten Geräte und Beleuchtungskörper verbunden ist. Daher ist es aus Sicht der Minderung von Kühlbedarf sinnvoll, die Nutzeranwesenheit tendenziell aus den heißesten Stunden des Tages in kühlere Stunden zu verlegen. Ähnliche Einsparungen lassen sich auch über die verminderte Nutzeranwesenheit durch Teleworking erzielen. Da derartige Maßnahmen generell stark in den Arbeitsablauf der Mitarbeiter eingreifen, ist hier allerdings eine breitere Diskussion erforderlich, die über rein thermisch - energetische Aspekte hinausgeht.

Im Rahmen der Studie wurde gezeigt, dass durch Fensterlüftung in natürlich belüfteten Gebäuden Komfortverbesserungen in beschränktem Umfang realisierbar sind. Das genaue Ausmaß der Verbesserung ist jedoch stark von der vorherrschenden Windsituation und deren spezifischer Ausprägung bei dem betrachteten Gebäude abhängig. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass die Zunahme von warmen Nächten die Wirksamkeit nächtlicher Kühlung reduziert.

Untersucht wurde auch die Möglichkeit, Luftströmung zur Verbesserung der Komfortsituation von außen einzuleiten bzw. Kühlung durch Ventilatoren auf Schreibtischen sicherzustellen. Beides ist möglich und oft auch sinnvoll: im ersten Fall müssten aber belastbare Berechnungswerkzeuge für die erzielbaren Strömungen im Inneren in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit und -richtung außen erst entwickelt werden.

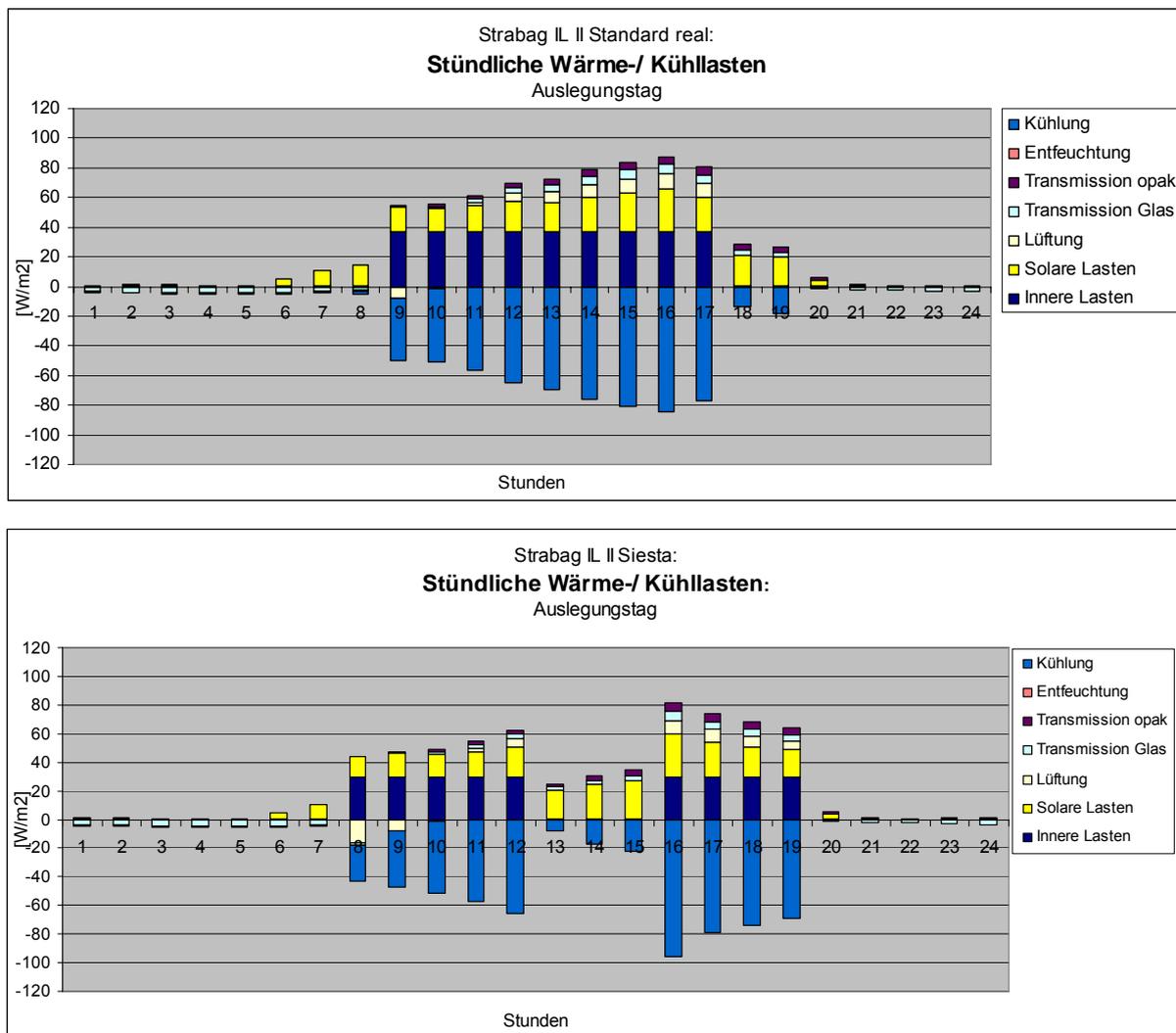


Abb. 12 Vergleich zwischen einem Standard – Auslegungstag (oben) und einem Siesta – Arbeitszeitmodell (untern) anhand der stündlichen Wärmegewinne und –verluste in einem Büroraum: durch die Nutzerabwesenheit in der Siesta wird der Kühlbedarf in diesem Zeitraum stark minimiert.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden weiters innovative, größtenteils noch nicht am Markt verfügbare Kühltechnologien hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit und Eignung für Bürogebäude untersucht. Radiative Systeme nutzen Wärmeabstrahlung gegen den kalten Nachthimmel zur Kühlenergieerzeugung, evaporative Systeme entziehen der Raumluft Wärme durch die Verdunstung von Wasser.

Die Kombination aus radiativen und evaporativen Systemen als Ergänzung zu herkömmlichen Kühltechnologien hat sich zur Abdeckung des Kühlleistungsbedarfs für Bürobauten als wirksamste Lösung erwiesen. Die Einbindung von Speichern zur Überbrückung von „Angebot“ (größtenteils in der Nacht) und „Nachfrage“ (tagsüber) - sei es in Form von Speichermassen des Gebäudes oder als Wasserspeicher - ist zweckmäßig und teilweise notwendig.

7 StartClim2009.F: AlpinRiskGP – Abschätzung des derzeitigen und zukünftigen Gefährdungspotentials für Alpentouristinnen/Alpentouristen und Infrastruktur bedingt durch Gletscherrückgang und Permafrostveränderung im Großglockner-Pasterzengebiet (Hohe Tauern, Österreich)

Zahlreiche natürliche Prozesse im Hochgebirge verstärken sich als Folge des Klimawandels. Insbesondere sind dies Vorgänge, die die Geländeoberfläche durch Abtragung, Transport und Ablagerung von Gestein umgestalten, z. B. Felsstürze, Steinschlag oder Muren. Solche hochgebirgstypischen Prozesse stellen schon immer eine Gefahr für anwesende Personen und/oder Infrastruktur dar. Wenn sich Häufigkeit, Größe und Reichweite dieser Ereignisse durch den Klimawandel verstärken und sich gleichzeitig tendenziell mehr Personen in deren Einflussbereich aufhalten, ist in Zukunft zumindest regional von einer Zunahme des Gefährdungspotentials auszugehen.

Für Siedlungen und Verkehrswege wurde bereits seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert und für touristisch intensiv genutzte Flächen (z. B. Skipisten) in den letzten Jahrzehnten ein ausgeklügeltes System an permanenten und temporären bzw. aktiven und passiven Schutzmaßnahmen, eingebettet in ein integrales Risikomanagement, entwickelt und in Österreich beinahe lückenlos umgesetzt. Für die alpinen (markierten) Bergwege und die hochalpinen (unmarkierten) Routen ist dies jedoch in der Regel nicht der Fall. Aus diesem Grund beschäftigen sich immer mehr Personen mit der Frage nach der Gewährleistung der Sicherheit für Personen, die sich auf Bergwegen und Routen bewegen. AlpinRiskGP verfolgt das Ziel ein Werkzeug zu entwickeln, das Gefahrenstellen genau, flächenhaft und nachvollziehbar identifiziert und somit das Setzen gezielter Maßnahmen erleichtert.

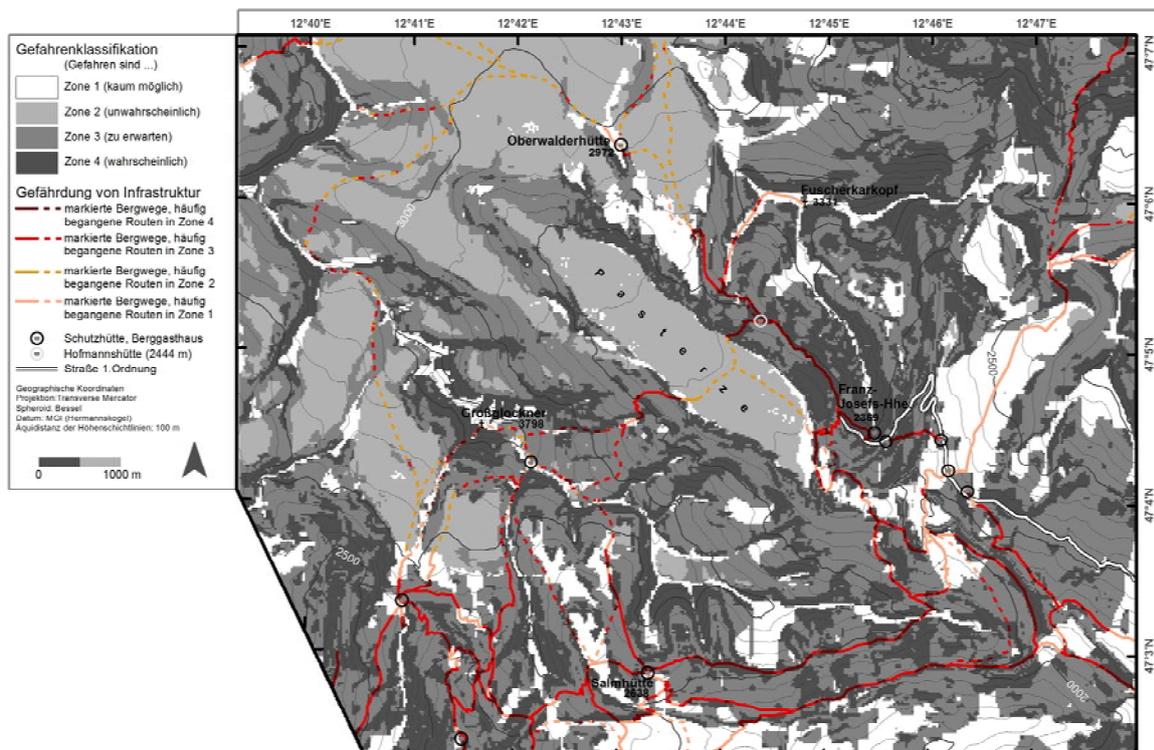


Abb. 13 : Vulnerabilitätskarte 2010

Als Untersuchungsgebiet diente eine der meistbesuchten Hochgebirgslandschaften Österreichs, wo vor allem Gletscherschwund und auftauender Permafrost potenziell gefährliche

Prozesse auslösen. Im Projekt wurden zum einen Sturz- und zum anderen flächenhafte Abtragungsprozesse modelliert. Der erste Schritt hierfür war die Modellierung der Disposition, d. h. der Anfälligkeit einer Fläche zur Bildung und Auslösung von Prozessen. Diese wurde aus der Kombination unterschiedlicher Informationen (z. B. Hangneigung, geologischer Untergrund) gewonnen. Der zweite Schritt war die Prozessmodellierung, wodurch Abtragung, Transport und Ablagerung von Gestein flächenmäßig festgelegt werden konnten. Schließlich erfolgte eine Bewertung dieser Prozesse als Grundlage zur Erstellung einer Gefährdungskarte, die das untersuchte Gebiet in vier Gefährdungsklassen gliedert. Dieser Vorgang wurde mit Hilfe von Daten aus Klimamodellen für ein Szenario im Jahr 2030 ein zweites Mal durchgeführt und somit eine zweite Gefährdungskarte erstellt.

Diese Gefährdungskarten wurden schließlich durch Überlagerung mit dem Wege- und Routennetz zu Vulnerabilitätskarten (siehe Abbildungen 13 und 14) umgestaltet, worin nun visuell leicht erfassbar zu erkennen ist, wie stark die einzelnen Weg- oder Routenabschnitte von gefährlichen Prozessen betroffen sind. Die Ergebnisse zeigen klar, dass sowohl der Anteil der Flächen als auch der Anteil der Wege und Routen in den höheren Gefährdungsklassen bis 2030 zunehmen werden, das Gefährdungspotential sich also tatsächlich erhöht.

Die Vulnerabilitätskarten wurden zuletzt von regionalen Akteurinnen und Akteuren begutachtet, auf ihre Richtigkeit überprüft und in Hinblick auf mögliche Maßnahmen bewertet. Zu diesen gehören lokale (z. B. Auffassung oder Neuanlage von Wegen) und organisatorische Maßnahmen (z. B. Einrichtung eines Wege-Informationssystems) sowie eine verbesserte Ausbildung von Personen, die im Hochgebirge ihre Freizeit verbringen. Die hier dargestellte Methodik ist auf andere Gebiete übertragbar.

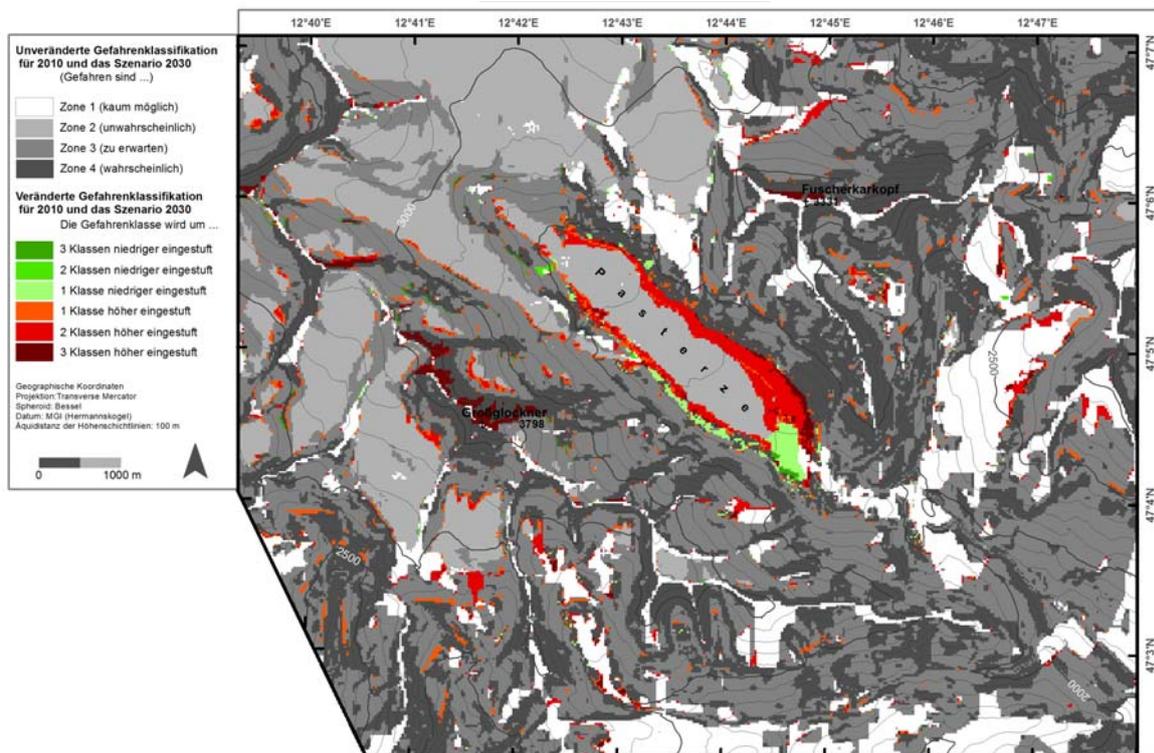


Abb. 14 : Differenzkarte der Gefahrenstufen 2010-2030

Obwohl dem Projekt AlpinRiskGP nur ein schwaches Erwärmungsszenario für den kurzen, überschaubaren Zeitrahmen von zwei Jahrzehnten (Szenario 2030) zu Grunde gelegt wurde, ist auf dem überwiegenden Teil der sich bezüglich der Gefahrenklasse verändernden Flächen eine Erhöhung der Gefahr festzustellen (orange bis dunkelrot), während die Herabsetzung des Gefahrenpotenzials nur punktuell vorkommt (grün).

Literaturverzeichnis

StartClim2009.A

Adler, W., Oswald, K. & R. Fischer, 1994. Exkursionsflora von Österreich, Ulmer Verlag, Stuttgart.

Angeringer, W. & G. Karrer, 2007. Preserving species richness in hay meadows of Vienna's nature conservation area Lainzer Tiergarten. Biocultural Diversity – a global issue. Conference Proceedings, BOKU, Vienna.

Bassler, G., Lichtenecker, A. & G. Karrer, 2000. Gliederung der extensiven Grünlandtypen im Transekt von Oppenberg bis Tauplitz. In: MaB-Forschungsbericht. Landschaft und Landwirtschaft im Wandel – Das Grünland im Berggebiet Österreichs, Akademie der Wissenschaften, Wien, 51-98.

Bassler, G., Lichtenecker, L. & G. Karrer, 2003. Klassifikation des Extensivgrünlandes (Feuchtwiesen, Moore, Bürstlingrasen und Halbtrockenrasen) im Zentralraum des Waldviertels, Wiss. Mitt. Niederösterreich. Landesmuseum, 15: 7-48, St. Pölten.

Bassler, G., Karrer, G. & A. Lichtenecker, 1998. Grünlandtypen im Transekt von Oppenberg bis Tauplitz. Unveröff. Endbericht zum MAB-Pilotprojekt: Das Grünland im Berggebiet Österreichs, Wien.

Billeter, R., Liira, J., Bailey, D. et al., 2008. Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. *Journal of Applied Ecology* 45: 141-150.

Bohner, A. & M. Sobotik, 2000. Das Wirtschaftsgrünland im Mittleren Steirischen Ennstal aus vegetationsökologischer Sicht. In: MaB-Forschungsbericht. Landschaft und Landwirtschaft im Wandel – Das Grünland im Berggebiet Österreichs, Akademie der Wissenschaften, Wien, 15 – 508.

Bohner, A., 2010. Zeigerpflanzen für die Beurteilung des Bodenzustandes im Wirtschaftsgrünland. 2. Umweltökologisches Symposium, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Tagungsband 111-120.

Braun-Blanquet, J., 1964. Pflanzensoziologie. G. Fischer Vlg. Wien.

Bruelheide, H., 2003. Translocation of a montane meadow to simulate the potential impact of climate change. *Applied Vegetation Science* 6: 23-34.

Buchgraber, K., 2007. Die Gemeine Risse – Ein Problem in der intensiven Grünlandwirtschaft. Österreichische Grünland- und Viehwirtschaftstage für Gunstlagen "Die Wiese als Basis zum Erfolg". St. Georgen im Attergau.

Buchgraber, K., 2000. Ertragspotentiale und Artenvielfalt auf Grünlandstandorten im Berggebiet. In: MAB-Forschungsbericht: Landschaft und Landwirtschaft im Wandel. Akademie der Wissenschaften. 22-23.09.2000, Wien, 181-189.

Buchgraber, K. & G. Gindl, 2004. Zeitgemäße Grünlandbewirtschaftung (2. Aufl.). Leopold Stocker Verlag Graz, S. 52-55.

Buckland, D. S.M., Thompson, K., Hodgeson, J.G. & H.P. Grime, 2001. Grassland invasions: effects of manipulations of climate and management. *Journal of Applied Ecology* 38: 301-309.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, BMLFUW, 2006. Richtlinien für die sachgerechte Düngung (6. A), pp. 79.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, BMLFUW, 2010. Bericht über die Lage der österreichischen Landwirtschaft 2009 (51. Grüner Bericht), Wien.

Danner, M., 2008. Wirtschaftsdünger im Biolandbau – Aufbereitung und Einsatz. Der fortschrittliche Landwirt, Sonderbeilage.

Dierschke, H. & G. Briemle, 2002. Kulturgrasland - Wiesen, Weiden und verwandte Staudenfluren. Reihe Ökosysteme Mitteleuropas aus geobotanischer Sicht. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, pp. 239.

Dietl, W. & J. Lehmann, 2004. Ökologischer Wiesenbau. Av Buch, pp. 144.

Dirnböck, T., Dullinger, S. & G. Grabherr, 2003. A regional impact assessment of climate and land-use change on alpine vegetation. *Journal of Biogeography* 30: 401-417.

Duckworth, J. C., R. G. H. Bunce, et al. (2000). Vegetation gradients in Atlantic Europe: the use of existing phytosociological data in preliminary investigations on the potential effects of climate change on British vegetation. *Global Ecology & Biogeography* 9: 187-199.

Ehrendorfer F., 1973. Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas, 2. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Eitzinger, J., 2007. Einfluss des Klimawandels auf die Produktionsrisiken in der österreichischen Landwirtschaft und mögliche Anpassungsstrategien. *Ländlicher Raum* (on-line) - www.laendlicher-raum.at.

Ellenberg, H., 1979. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas (2. Auflage), *Scripta Geobot.*, 9: 1-122.

Englisch, M., Karrer, G., & H. Wagner, 1991. Bericht über den Zustand des Waldbodens in Niederösterreich. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien und Amt d. Niederösterr. Landesregierung, Wien, 110 pp.

Flügel, H. W. & F. Neubauer, 1984. Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefassten Einzeldarstellungen, Steiermark, Geologische Bundesanstalt, Wien.

Formayer, H., Haas P. & al. 2004. Untersuchung regionaler Klimaänderungsszenarien hinsichtlich Hitze- und Trockenperioden in Österreich. Endbericht von StartClim2004.B in StartClim2004: Analysen von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich, Auftraggeber: BMLFUW, BMWF, BMWFJ. 30 pp.

Grabherr, G., Gottfried, M. & H. Pauli, 1994. Climate effects on mountain plants. *Nature* 369: 448.

Grabner, S., Silberberger, I. & W. Hofbauer, 2001. Auswahl der Untersuchungsgemeinde im Bezirk Kufstein und Kitzbühel für das MaB Projekt „Grünland im Berggebiet“. Unveröffentl. Bericht, Innsbruck und Wien.

Grime, H.P., 2001. *Plant Strategies, Vegetation Processes and Ecosystem Properties*. Second Edition, John Wiley & Sons, Chichester.

Grime, H.P., J.G. Hodgson & R. Hunt, 1988. *Comparative Plant Ecology. A functional approach to common British species*. London, Unwin Hyman Inc. 742 pp.

Grünbacher, E., Hann, P., Trska, C., Kromp, B. & H. Formayer, 2007. Auswirkung des Klimawandels auf die Ausbreitung der Engerlingsschäden (Scarabaeidae; Coleoptera) im österreichischen Grünland, Endbericht von StartClim2006.C in StartClim2006: Klimawandel und Gesundheit, Tourismus, Energie. BMLFUW, BMGFJ, BMWA, BMWF

Harmens, H., Williams, P.D., Peters, S. L., Bambrick, M. T., Hopkins, A. & T.W. Ashenden, 2004. Impacts of elevated atmospheric CO₂ and temperature on plant community structure of a temperate grassland are modulated by cutting frequency. *Grass and Forage Science* 59: 144-156.

- HBFLA Raumberg –Gumpenstein, 2006. Bericht über das 2. Klimaseminar. ISSN: 1026-6267, ISBN: 3-901980-87-3 pp 255.
- Hofer, H.R., 1992. Veränderungen in der Vegetation von 14 Gipfeln des Berninagebietes zwischen 1905 und 1985. Ber. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rübel, Zürich 59: 39-54.
- Hydrographischer Dienst in Österreich, 1994. Hydrographisches Jahrbuch von Österreich 1990. Band: 98. Zentralbüro des Hydrographischen Dienstes, Wien.
- Karrer, G., 1992. Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Teil VII: Vegetationsökologische Analysen. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanst. Wien, 168: 193-242.
- Karrer, G. & W. Kilian, 1990. Standorte und Waldgesellschaften im Leithagebirge Revier Sommerein. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 165: 1-244.
- Klanderud, K. & H.J.B. Birks, 2003. Recent increases in species richness and shifts in altitudinal distributions of Norwegian mountain plant. *Holocen* 13/1: 1-6.
- Lichtenecker, A., Bassler, G. & G. Karrer, 2003. Klassifikation der Wirtschaftswiesen (Fettwiesen der Arrhenatheretalia) im Zentralraum des Waldviertels. *Wiss. Mitt. Niederösterreich. Landesmuseum* 15: 49-84.
- Liira, J. et al., 2008. Plant functional group composition and large scale species richness in European agricultural landscapes. *Journal of Vegetation Science* 19: 3-14.
- McCune, B., 2005: PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 5. MjM Software Design, Gleneden Beach, Oregon, USA.
- Muller, S., Dutoit, T., Alard, D. & F. Grevilliot, 1998. Restoration and rehabilitation of species-rich grassland ecosystems in France: a review. *Restoration Ecology* 6/1: 94-101.
- Nippert, J.B., Knapp, A.K. & J.M. Briggs, 2006. Intra-annual rainfall variability and grassland productivity: can the past predict the future? *Plant Ecology* 184: 65-74.
- Pauli, H., Gottfried, M., Reiter, K., Klettner, C. & G. Grabherr, 2007. Signals of range expansions of vascular plants in the high Alps: observations (1994-2004) at the Gloria master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global Change Biology* 13: 147-156.
- Pöllinger, A. & E. M. Pötsch, 1998. Wirtschaftsdüngerbehandlung – so veredeln sie ihren Hofdünger! *Der fortschrittliche Landwirt. Sonderbeilage Heft 15.*
- Pötsch, E., 2010a. Grünland und Almwirtschaft. *In: Grüner Bericht 2010, Lage der österreichischen Land- und Forstwirtschaft 2009*, BMLFUW, Wien.
- Pötsch, E., 2010b. Multifunktionalität und Bewirtschaftungsvielfalt im österreichischen Grünland. 16. Alpenländisches Expertenforum LFZ Raumberg-Gumpenstein, Tagungsband 1-10.
- Pötsch, E. & A. Baumgarten, 2010. Phosphorproblematik im Grünland. *Der fortschrittliche Landwirt* 18/2010: 30-31.
- Pötsch, E., Graschi, A., Graiss, W. & B. Krautzer, 2008. Alternative Grünlanderneuerung mittels Selbstversamung. 14. Alpenländisches Expertenforum, 2. April 2008, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irdning.
- Price, M.V. & N.W. Waser, 2000. Responses of subalpine meadow vegetation to four years of experimental warming. *Ecological Applications* 10/3: 811-823.
- Rounsevell, M.D.A., Brignall, A.P. & P.A. Siddons, 1996. Potential climate change effects on the distribution of agricultural grassland in England and Wales. *Soil Use and Management* 12: 44-51.
- Schaumberger, A., 2005. Ertragsanalyse im österreichischen Grünland mittels GIS unter besonderer Berücksichtigung klimatischer Veränderungen. *Veröffentlichungen der HBLFA Raumberg-Gumpenstein, A-8952 Irdning, Heft 42*, 66 pp.

- Schmitt, R., 1995. Horstgräser: Lebensdauer, Ertrag, Vermehrungspotential. *Agrarforschung* 2 (3): 108-111.
- Schreiber, K-F., 1997. Sukzessionen - eine Bilanz der Grünlandbracheversuche in Baden-Württemberg. Ber. Landesanstalt f. Umweltschutz Baden- Württemberg, Karlsruhe. 9, 153-162
- Schreiber, K.-F., Brauckmann, H.-J., Broll, G. et al. 2009. Artenreiches Grünland in der Kulturlandschaft – 35 Jahre Offenhaltungsversuche Baden-Württemberg. Verlag Regionalkultur Heidelberg. 421 pp.
- Stampfli, A. & M. Zeiter, 2001. Species responses to climatic variation and land use change in grasslands of Southern Switzerland. In: *Burga, C.A. & Kratochwil, A. (eds.) Biomonitoring. General and applied aspects and global scales.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Theurillat J-P. & A. Guisan. 2001. Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: A review. *Climatic change* 50: 77-109.
- Trnka, M., Eitzinger, J., Gruszczynski, G. et al., 2006. A simple statistical model for predicting herbage production from permanent grassland. *Grass Forage Sci.*, 61 (3), 253-271.
- Vittoz, P., Randin, C., Dutoit, A., Bonnet, F. & O. Hegg, 2009. Low impact of climate change on subalpine grasslands in the Swiss Northern Alps. *Global Change Biology* 15: 209-220.
- Weigelt, A., Wawer, W.W., Buchmann, N. & M. Scherer-Lorenzen, 2009. Biodiversity for multifunctional grasslands: equal productivity in high-diversity low-input and low-diversity high-input systems. *Biogeosciences Discuss.* 6: 3187-3214.
- Willems, J.H., 1985. Growth form spectra and species diversity in permanent grassland plots with different management. *Münstersche Geographische Arbeiten* 20: 35-43.
- Willems, J.H., 2001. Problems, approaches, and results in restoration of Dutch calcareous grassland during the last 30 years. *Restoration Ecology* 9/2: 147-154.
- Wytrzens, H.K. & C. Mayer, 1999. Multiple Use of Alpine Grassland in Austria and the Implications for Agricultural Policy. *Die Bodenkultur*, 50, 4, 251-261.

(<http://gis.lebensministerium.at/eBOD/>)

(<http://www.ufz.de/biolflor/index.jsp>)

StartClim2009.B

- Alcamo, J., Moreno, J. M., Nováky, B., Bindi, M., Corobov, R., Devoy, R. J. N, Giannakopoulos, C., Martin E. , Olesen, J. E., Shvidenko, A. 2007. Europe. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Hrsg. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 541-580.
- Cade, B.S. & Noon, B. 2003. A gentle introduction to quantile regression for ecologists. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1: 412-420
- European Environment Agency 2008. Impacts of Europe's changing climate - 2008 indicator-based assessment. *EEA Report* 4: 246.
- Falster, D. 2003. Plant height and evolutionary games. *Trends in Ecology & Evolution* 18: 337-343.
- Furnival, G., & Wilson, R. 1974. Regression by Leaps and Bounds. *Technometrics* 16: 499-511.

- Koenker, R. 1978. Regression quantiles. *Econometrica* **46**: 33-50.
- Kölling, C. 2007. Klimahüllen für 27 Waldbaumarten. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung* **62**: 1242-1245.
- König, A. 2005. Provenance research: evaluating the spatial pattern of genetic variation. *Conservation and Management of Forest Genetic Resources in Europe*: 275–333.
- Konnert, M. 2007. Herausforderung für die Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung. *AFZ - Der Wald* **16**: 866 - 867.
- Langlet, O. 1971. Two hundred years genecology. *Taxon* **20**: 653–721.
- Lexer, M., & Seidl, R. 2007. Der österreichische Wald im Klimawandel–Auswirkungen auf die Waldbewirtschaftung. *Ländlicher Raum - Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft*.
- Nather, J., & Holzer, K. 1979. Über die Bedeutung und die Anlage von Kontrollflächen zur Prüfung von anerkanntem Fichtenpflanzgut. *Informationsdienst Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien* **181**.
- Rehfeldt, G. E., Tchebakova, N. M., Parfenova, Y. I., Wykoff, W. R., Kuzmina, N. a., & Milyutin, L. I. 2002. Intraspecific responses to climate in *Pinus sylvestris*. *Global Change Biology* **8**: 912-929.
- Savolainen, O., Bokma, F., Knürr, T., Kärkkäinen, K., Pyhäjärvi, T., & Wachowiak, W. 2007. Adaptation of forest trees to climate change. *Climate change and forest genetic diversity: Implications for sustainable forest management in Europe. Bioversity International, Rome, Italy*: 19–30.
- Schmidt-Vogt, H. 1972. Studien zur morphologischen Variabilität der Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.) – 2. Untersuchungen zur morphologischen Variabilität der Fichte im europäischen Verbreitungsgebiet. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung* **143**: 177-186.
- Schröder, H., Andersen, H., & Kiehl, K. 2005. Rejecting the mean: Estimating the response of fen plant species to environmental factors by non-linear quantile regression. *Journal of Vegetation Science* **16**: 373–382.
- Thomson, J., Weiblen, G., Thomson, B., Alfaro, S., & P. 1996. Untangling multiple factors in spatial distributions: lilies, gophers, and rocks. *Ecology* **77**: 1698-1715.
- Wang, T., Hamann, A., Yanchuk, A., O'Neill, G. A., & Aitken, S. N. 2006. Use of response functions in selecting lodgepole pine populations for future climates. *Global Change Biology* **12**: 2404-2416.
- Zimmermann, N., Bolliger, J., Gehrig-Fasel, J., Guisan, A., Kienast, F., Lischke, H., Rickebusch, S., & Wohlgemuth, T. 2006. Wo wachsen die Bäume in 100 Jahren. In *Wald und Klimawandel. Forum für Wissen 2006*: 63–71.

StartClim2009.C

- Currie, W.S., Nadelhoffer, K.J., 1999. Dynamic redistribution of isotopically labeled cohorts of nitrogen inputs in two temperate forests. *Ecosystems* **2**, 4-18.
- Currie, W.S., Nadelhoffer, K.J., Aber, J.D., 1999. Soil detrital processes controlling the movement of ¹⁵N tracers to forest vegetation. *Ecological Applications* **9**, 87-102.
- Formayer H., Haas P., 2010. Klimaszenarien. In: Endbericht „KlimAdapt“ – Ableitung von prioritären Maßnahmen zur Adaption des Energiesystems an den Klimawandel. Wien
- Jacob, D., Göttel, H., Kotlarski, S., Lorenz, P., Sieck, K. 2008 Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschland Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien für Deutschland. Umweltbundesamt.

Kilian, W., Müller, F., Starlinger, F., 1994. Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. Wien: Forstliche Bundesversuchsanstalt.

Landsberg, J. J., Waring, R. H. 1997. A generalized model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning. *Forest Ecology and Management*. 95, 209–228.

Lexer, M. J., Hönninger, K. 2001. A modified 3D-patch model for spatially explicit simulation of vegetation composition in heterogeneous landscapes. *Forest Ecology and Management*. 144, 43–65.

Lexer, M. J., Hönninger, K., Scheifinger, H., Matulla, Ch., Groll, N., Kromp-Kolb, H., Schadauer, K., Starlinger, F., Englisch, M. 2002. The sensitivity of Austrian forests to scenarios of climate change: a large scale risk assessment based on a modified gap model and forest inventory data. *Forest Ecology and Management*. 162, 53-72.

Lexer, M. J., Seidl, R. 2009. Addressing biodiversity in a stakeholder –driven climate change vulnerability assessment of forest management. *Forest Ecology and Management*.

R Development Core Team, 2007. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

Seidl, R., Lexer, M.J., Jäger, D., Hönninger, K. 2005. Evaluating the accuracy and generality of a hybrid patch model. *Tree Physiology*. 25, 939-951.

Seidl, R., Rammer, W., Jäger, D. & Lexer, M.J. 2008. Impact of bark beetle (*Ips typographus* L.) disturbance on timber production and carbon sequestration in different management strategies under climate change. *Forest Ecology and Management*. 256, 209–220.

Seidl, R., Rammer, W., Lexer, M.J. 2009. Schätzung von Bodenmerkmalen und Modellparametern für die Waldökosystemsimulation auf Basis einer Großrauminventur. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*. 180, 35-44.

Seidl, R., 2009b. Anpassung an den Klimawandel. *Österreichische Forstzeitung*. 7-2009

Seidl, R., Rammer, W. and Lexer, M.J. 2010. Climate change vulnerability of sustainable forest management in the Eastern Alps. *Clim. Change*, in press DOI 10.1007/s10584-010-9899-1.

Weinfurter P (2004) *Waldbauhandbuch. Eine Orientierungshilfe für die Praxis*. Österreichische Bundesforste AG, Purkersdorf

StartClim2009.D

AUTORENKOLLEKTIV (1977): Empfehlungen zur effektiven Versorgung der Böden mit organischer Substanz. Hrsg.: Akademie der Landwirtschaftswissenschaften d. DDR. Agrabuch, Leipzig 6.

CAPRIEL P., RIPPEL R. (2007): Humusbilanz für Beratung in Bayern.
<http://www.lfl.bayern.de/iab/bodenschutz/12458/>

DIN ISO 11272 (2001): Bestimmung der Trockenrohddichte. Beuth Verlag GmbH, Berlin.

ERHART E., FEICHTINGER F., HARTL W. (2007): Nitrogen leaching losses under crops fertilized with biowaste compost compared with mineral fertilization. *J. Plant Nutr. Soil Sci*. 170, 608-614.

- ERHART E., HARTL W., PUTZ B. (2005): Biowaste compost affects yield, nitrogen supply during the vegetation period and crop quality of agricultural crops. *Europ. J. Agron.* 23, 305-314.
- HARTL W., ERHART E. (2005): Crop nitrogen recovery and soil nitrogen dynamics in a 10-year field experiment with biowaste compost. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168, 781-788.
- HUDSON B. D. (1994): Soil organic matter and available water capacity. *J. Soil and Water Cons.* 49, 189-194.
- HÜLSBERGEN K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker Verlag, Aachen.
- HÜLSBERGEN K.-J. (2009): Möglichkeiten der C-Sequestrierung landwirtschaftlich genutzter Böden. In: Ökoregion Kaindorf (Hrsg.): Tagungsband Humus Symposium 2009. 23.-24. 9. 2009, Ökoregion Kaindorf, Stmk.
- KOLBE H. (2007): Einfache Methode zur standortangepassten Humusbilanzierung von Ackerland unterschiedlicher Anbauintensität. In: ZIKELI S., CLAUPEIN W., DABBERT S., KAUFMANN B., MÜLLER T., VALLE ZÁRATE A. (Hrsg.): Zwischen Tradition und Globalisierung. Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. pp. 5-8. Verlag Dr. Köster, Berlin.
- LAL R. (2004): Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 304, 1623-1627.
- LAL R. (2008): Carbon sequestration. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 363, 815-830.
- LEITHOLD G., HÜLSBERGEN K.-J., MICHEL D., SCHÖNMEIER H. (1997): Humusbilanzierung - Methoden und Anwendung als Agrar-Umweltindikator. In: DEUTSCHE BUNDESSTIFTUNG UMWELT: Umweltverträgliche Pflanzenproduktion – Indikatoren, Bilanzierungsansätze und ihre Einbindung in Ökobilanzen. Initiativen zum Umweltschutz 5, pp. 43-54. Zeller Verlag, Osna-brück.
- NELSON D., SOMMERS L. (1982): Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: PAGE A. L., MILLER R. H., KEENEY D. R. (eds.): *Methods of Soil Analysis. Part 2.* American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, WI. pp. 539-579.
- NELSON R. E. 1982. Carbonate and Gypsum. In: PAGE A. L., MILLER R. H., KEENEY D. R. (eds.): *Methods of soil analysis. Part 2.* American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, WI. pp. 181-197.
- PIMENTEL D., HEPPELY P., HANSON J., DOUDS D., SEIDEL R. (2005): Environmental, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. *BioScience* 55, 573-582.
- SCHACHTSCHABEL P., BLUME H.-P., BRÜMMER G., HARTGE K. H., SCHWERTMANN U. (1998): *Lehrbuch der Bodenkunde.* 14. Aufl., Ferd. Enke Verlag, Stuttgart.
- SCHNUG E., HANEKLAUS S. (2002): Landwirtschaftliche Produktionstechnik und Infiltration von Böden – Beitrag des ökologischen Landbaus zum vorbeugenden Hochwasserschutz. *Landbauforschung Völkenrode* 52, 197-203.
- SHEPHERD M., HARRISON R., WEBB J. (2002): Managing soil organic matter – implications for soil structure on organic farms. *Soil Use and Management* 18, 284-192.
- SMITH P. (2004): Soils as carbon sinks: the global context. *Soil Use Management* 20, 212-218.

UBA (Umweltbundesamt; Hrsg., 2010): Klimaschutzbericht 2010. Reports, Bd. REP-0267. Umweltbundesamt, Wien.

VDLUFA (Hrsg., 2004): Standpunkt Humusbilanzierung. Methode zur Beurteilung und Bemessung der Humusversorgung von Ackerland. VDLUFA-Verlag, Bonn.

StartClim2009.E

Climate data sets

Brunner, Conrad U.; Steinemann, Urs; Jürg, Nipkow (Jänner 2008): Bauen, wenn das Klima wärmer wird. Herausgegeben von Bundesamt für Bauten und Logistik.

Christenson, M.; Manz, H.; Gyalistras, D. (2006): Climate warning impact on degree-days and building energy demand in Switzerland. In: Energy Conversion and Management, H. 47, S. 671–686.

Frank, Andreas; Formayer, Herbert; Seibert, Petra; Krüger, Bernd C.; Kromp-Kolb, Helga (November 2003 - Juni 2004): reclip:more - Projektjahr 1 Projektteil BOKU-Met Validierung – Sensitivitätstests. Arbeitsbericht für den Zeitraum 1.11.2003 – 30.6.2004.

Gill, Susannah (January 2004): Impacts of Climate Change on Urban Environments. Centre for Urban & Regional Ecology.

Holzer, Peter; Hammer, Renate (Jänner 2008): Sommertauglichkeit im Klimawandel. Department für Bauen und Umwelt, Donau-Universität Krems.

Jaros, Marion: Klimawandel - Anpassungsbedarf und Anpassungsstrategien für Großstädte am Beispiel Wien. Auswirkungen des Klimawandels auf thermischen Komfort und Energiebedarf ausgewählter Wiener Gebäude und Integration von Anpassungsstrategien in die Praxis - unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Aspekten des Klimaschutzes. Unter Mitarbeit von Helga Kromp-Kolb, Martin Treberspurg und Andreas Muhar et al.

Krec, Klaus (2009): Das Labeling für passive Sommertauglichkeit. In: Perspektiven, H. 1_2, S. 73–74.

Krec, Klaus (2009): Klimadatengenerator. In: Perspektiven, H. 1_2, S. 65–66.

Kromp-Kolb, Helga; Jaros, Marion (2009): Klimawandelszenarien für Österreich und potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf den Energieverbrauch von Gebäuden. In: Perspektiven, H. 1_2, S. 70–72.

Loibl, Wolfgang; Beck, Alexander; Dorninger, Manfred; Formayer, Herbert; Gobiet, Andreas; Schöner, Wolfgang (June 2007): reclip:more. Research for Climate Protection: Model Run Evaluation.

Nicol, J. F.; Humphreys, Michael A. (2002): Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. In: Energy and Buildings, H. 34, S. 563–572.

Prettenthaler, Franz: Heizen und Kühlen im Klimawandel. Joanneum Research und Wegener Zentrum; Graz.

Schneider, Andrea (April 2010): Klimawandel zukunftsfähig gestalten. Impact of climate change on thermal comfort in buildings. Veranstaltung vom April 2010, aus der Reihe "Workshop Kassel, Thermal comfort and Urban Design". Kassel, Germany.

Sample Buildings Constructive Configuration & Conditioning

Brunner, Conrad U.; Steinemann, Urs; Jürg, Nipkow (Jänner 2008): Bauen, wenn das Klima wärmer wird. Herausgegeben von Bundesamt für Bauten und Logistik.

Christenson, M.; Manz, H.; Gyalistras, D. (2006): Climate warning impact on degree-days and building energy demand in Switzerland. In: Energy Conversion and Management, H. 47, S. 671–686.

Frank, Andreas; Formayer, Herbert; Seibert, Petra; Krüger, Bernd C.; Kromp-Kolb, Helga (November 2003 - Juni 2004): reclip:more - Projektjahr 1 Projektteil BOKU-Met Validierung – Sensitivitätstests. Arbeitsbericht für den Zeitraum 1.11.2003 – 30.6.2004.

Gill, Susannah (January 2004): Impacts of Climate Change on Urban Environments. Centre for Urban & Regional Ecology.

Holzer, Peter; Hammer, Renate (Jänner 2008): Sommertauglichkeit im Klimawandel. Department für Bauen und Umwelt, Donau-Universität Krems.

Jaros, Marion: Klimawandel - Anpassungsbedarf und Anpassungsstrategien für Großstädte am Beispiel Wien. Auswirkungen des Klimawandels auf thermischen Komfort und Energiebedarf ausgewählter Wiener Gebäude und Integration von Anpassungsstrategien in die Praxis - unter gleichzeitiger Berücksichtigung von Aspekten des Klimaschutzes. Unter Mitarbeit von Helga Kromp-Kolb, Martin Treberspurg und Andreas Muhar et al.

Krec, Klaus (2009): Das Labeling für passive Sommertauglichkeit. In: Perspektiven, H. 1_2, S. 73–74.

Krec, Klaus (2009): Klimadatengenerator. In: Perspektiven, H. 1_2, S. 65–66.

Kromp-Kolb, Helga; Jaros, Marion (2009): Klimawandelszenarien für Österreich und potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf den Energieverbrauch von Gebäuden. In: Perspektiven, H. 1_2, S. 70–72.

Loibl, Wolfgang; Beck, Alexander; Dorninger, Manfred; Formayer, Herbert; Gobiet, Andreas; Schöner, Wolfgang (June 2007): reclip:more. Research for Climate Protection: Model Run Evaluation.

Nicol, J. F.; Humphreys, Michael A. (2002): Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. In: Energy and Buildings, H. 34, S. 563–572.

Prettenthaler, Franz: Heizen und Kühlen im Klimawandel. Joanneum Research und Wegener Zentrum; Graz.

Schneider, Andrea (April 2010): Klimawandel zukunftsfähig gestalten. Impact of climate change on thermal comfort in buildings. Veranstaltung vom April 2010, aus der Reihe "Workshop Kassel, Thermal comfort and Urban Design". Kassel, Germany.

Internal Loads

Biermayr, Peter; Schriefl, Ernst; Baumann, Bernhard; Sturm, Ansbart (Mai 2004): Maßnahmen zur Minimierung von Reboundeffekten bei der Sanierung von Wohngebäuden (MARE-SI). Herausgegeben von Innovation und Technologie Bundesministerium für Verkehr. Energie- und Umweltforschung 6.

Fördergemeinschaft Gutes Licht (Hg.): Tageslicht und künstliche Beleuchtung. Unter Mitarbeit von Fachverband Tageslicht und Rauchschutz. licht.forum 53.

Hofer, G.; Belazzi, Thomas; Dungal, Leopold; Kranzl, Sabine; Lang, Gerhard; Lipp, Bernhard; Stefanson, Astrid (Juli 2006): LCC-ECO - Ganzheitliche ökologische und energetische Sanierung von Dienstleistungsgebäuden. Herausgegeben von Innovation und Technologie Bundesministerium für Verkehr. Energie- und Umweltforschung 53.

Kallmann, Kerstin; Paar, Angelika (Jänner 2007): GREENBUILDING - Technischer Leitfaden für die Gebäudehülle. Das EU-Programm zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Integration erneuerbarer Energieträger in Gebäuden. Austrian Energy Agency. Wien.

Knissel, Jens (Oktober 2002): Energieeffiziente Bürogebäude mit reduzierten internen Wärmequellen und Wärmeschutz auf Passivhausniveau. Betreut von Bartsch und Fitzner. Berlin. Technische Universität Wien, Fakultät III - Prozesswissenschaften.

Lorbek, Maja; Stosch, Gerhild (August 2003): Architekturhistorisch differenzierte, energetische Sanierung. Vergleichende Analyse von Sanierungsmethoden bei Bauten der Nachkriegsmoderne, exemplarisch durchgeführt am Objekt Sonderschule Floridsdorf. Herausgegeben von Innovation und Technologie Bundesministerium für Verkehr, Energie- und Umweltforschung 28.

Lorbek, Maja; Stosch, Gerhild; Größinger, Alice; Nageler-Reidlinger, Astrid; Bittner, Irene (Juni 2005): Katalog der Modernisierung. Fassaden- und Freiflächenmodernisierung mit standardisierten Elementen bei Geschosswohnbauten der fünfziger und sechziger Jahre. Herausgegeben von Innovation und Technologie Bundesministerium für Verkehr, Energie- und Umweltforschung 15.

Österreichisches Forschungs- und Prüfzentrum Arsenal: Mehr Energieeffizienz für Glasfassaden in der Architektur. Herausgegeben von EU-Strategie und Wirtschaftsentwicklung MA 27.

Petrie, Thomas W.; Atchley, Jerald A.; Childs, Phillip W.; Desjarlais, André O.: Effect of Solar Radiation Control on Energy Costs – A Radiation Control Fact Sheet for Low-Slope Roofs (with post-publication corrections to Table 4 and Figure 4). Buildings Technology Center, Oak Ridge National Laboratory.

Plessner, Stefan (Februar 2009): EnBop - Energetische Betriebsoptimierung. Qualitätssicherung am Beispiel der Wärme- und Kältespeicherung im Gründungsbereich von Bürogebäuden. Veranstaltung vom Februar 2009, aus der Reihe "World Sustainable Energy Days". Wels, Austria.

Zelger, Thomas; Heisinger, Felix (Mai 2010): Aktueller Stand des ermittelten energieeffizienten Büro-Standards / Passivhausstandards. Österreichisches Institut für Baubiologie und –ökologie GmbH.

Usage Profiles

Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) (Hg.). (2003): Mehr Leistung in innovativen Arbeitswelten. Innovationsoffensive OFFICE 21®. Stuttgart.

Horx, Matthias (Oktober 2004): Smart Work! about the work world of the future. Koelnmesse GmbH / ORGATEC.

Voss, K.; Herkel, S.; Löhnert, G.; Wagner, A. (2005): Bürogebäude mit Zukunft. Erfahrungen mit innovativen Bürogebäuden. Wambsganß, M. (Hg.). Köln: TÜV - Verlag.

Natural Ventilation

Allard, Francis; Santamouris, Mat; Alvarez, Servando (2002): Natural ventilation in buildings. A design handbook. Reprint. London: James & James.

Allocca, Camille; Chen, Qingyan; Glicksman, Leon R. (2008): Design analysis of single-sided natural ventilation. In: Energy and Buildings, H. 35, S. 785–795.

Aynsley, R. M.; Melbourne, W.; Vickery, B. J. (1977): Architectural aerodynamics. London.

Barton, Mark; Oke, T. R. (August 2000): Tests of the performance of an algorithmic scheme of the hourly urban heat island. Veranstaltung vom August 2000. Third Symposium on the Urban Environment.

Bastide, Alain; Lucas, Franck; Boyer, Harry (August 2005): Impact of the atmospheric boundary layer profile on the ventilation of a cubic building with two large opposite openings. Veranstaltung vom August 2005. Montreal, Canada. Veranstalter: Ninth International IBPSA Conference.

Cashman, Jason (Juli 2006): Natural Ventilation Proposals for Springfield Special School.

Cavelius, Ralf; Isaksson, Charlotta; Perednis, Eugenijus; Read, Graham: Keep Cool - Technology description - "Night Ventilation (mechanical and natural)". Wien.

Davenport, Alan G.; Grimmond, C. Sue B.; Oke, Tim R.; Wieringa, Jon (2000): Estimating the roughness of cities and sheltered country. Herausgegeben von American Meteorological Society.

Geros, V.; Santamouris, M.; Karatasou, S.; Tsangrassoulis, A.; Papanikolaou, N. (2005): On the cooling potential of night ventilation techniques in the urban environment. In: Energy and Buildings, H. 37, S. 243–257.

Ghiaus, C.; Allard, F.; Santamouris, M.; Georgakis, C. (May 2005): Natural ventilation of urban buildings – summary of URBVENT project. International Conference “Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment”, Santorini, Greece.

Ghiaus, Cristian; Allard, Francis (2007): Natural ventilation in the urban environment. Assessment and design. Reprint. London: Earthscan (Buildings, energy, solar technology).

Gids, W. F. de (May 2002): Methods for Vent Sizing in the pre design stage. Results of WG A2. Building and Construction Research.

Heiselberg, Per; Tjelflaat, Per Olaf (1999): Design Procedure for Hybrid Ventilation. Sydney, Australia.

Hunt, G. R.; Linden, P. F. (1999): The fluid mechanics of natural ventilation - displacement ventilation by buoyancy-driven flows assisted by wind. In: Building and Environment, H. 34, S. 707–720.

Jesus, Amando P de: Green architecture in Asia. ASEAN energy efficiency and conservation best practices competition in buildings.

Matzarakis, Andreas (Juli 2001): Die thermischen Komponente des Stadtklimas. Habilitation. Betreut von Helmut Mayer. Freiburg. Universität Freiburg, Meteorologisches Institut der Universität Freiburg.

Mursch-Radlgruber, Erich; Trimmel, Heideline (April 2009): Studie "Räumlich und zeitlich hochaufgelöste Temperaturszenarien für Wien und ausgewählte Analysen bezüglich Adaptionsstrategien. "Räumliche Differenzierung der mikroklimatischen Eigenschaften von Wiener Stadtstrukturen und Anpassungsmaßnahmen. Institut für Meteorologie, Department Wasser-Atmosphäre-Umwelt, Universität für Bodenkultur Wien.

Oke, T. R.: An algorithmic scheme to estimate hourly heat island magnitude. University of British Columbia, Vancouver, Canada. 2nd Urban Environment Symposium.

Pfafferott, Jens; Herkel, Sebastian; Jäschke, Martina (2003): Design of passive cooling by night ventilation: evaluation of a parametric model and building simulation with measurements. In: Energy and Buildings, H. 35, S. 1129–1143.

Richard de Dear (1999): Adaptive Thermal Comfort in Natural and Hybrid Ventilation. Sydney, Australia.

Rowe, David; Dinh, Cong Truc (09/1999): Experience with Occupant Control of Supplementary Cooling in a Naturally Ventilated Environment: Some Preliminary Results from Work in Progress. Sydney, Australia.

Seppänen, Olli; Fisk, William J; Faulkner, David: Cost benefit analysis of the night-time ventilative cooling in office building.

Straw, Matthew Peter: Computation and measurement of wind induced ventilation. Formation of delta-wing vortices over roof with flow skewed to orientation of structure.

Wagner, Andreas (2008): Energieeffiziente Fenster und Verglasungen. Informationspaket. 3., vollst. überarb. Aufl., unveränd. Nachdr. Berlin: Solarpraxis.

StartClim2009.F

Aleotti, P. und Chowdhury R. (1999): Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bull. Eng. Geol. Environ.* 58, 21-44.

Auer, I., Böhm, R., Leymüller, M. und Schöner, W. (2002): Das Klima des Sonnblicks. *Österr. Beitr. Z. Meteorologie u. Geophysik* 28, Wien, 304 S.

Auer, I. et al. (2007): HISTALP – Historical instrumental climatological surface time series of the greater Alpine region 1760-2003. *Internat. Journal of Climatology* 27, 17-46.

Braun, F. (2009): Sommer-Bergtourismus im Klimawandel: Szenarien und Handlungsbedarf am Beispiel des hochalpinen Wegenetzes. Unpubl. Diss., Univ. f. Bodenkultur, Wien, 142 S.

BUWAL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft et al. (Hrsg.) (2001): Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten – Empfehlungen 1997. Bern 42 S.

http://www.bafu.admin.ch/naturgefahren/01923/01952/index.html?lang=de&download=NHZLpZeg7t,Inp6l0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCEdIJ5fmym162epYbg2c_JjKbNoKSn6A-- (Zugriff 10/2010)

Corominas, J., Remondo, J., Farias, P., Estevano, M., Zézere, J., Días de Terán, J., Dikau, R., Schrott, L., Moya, J. und González, A. (1996): Debris Flow. In: Dikau, R., Brunsden, D., Schrott, L. und Ibsen, M.L. (Hrsg.): *Landslide Recognition: Identification, Movement and Courses*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 161-180.

Christensen, O. B. und Christensen, J. H. (2004): Intensification of extreme European summer precipitation in a warmer climate. *Global Planet Change* 44, 107–117.

Dorren, L.K.A. und Seijmonsbergen, A.C. (2003): Comparison of three GIS-based models for predicting rockfall runout zones at a regional scale. *Geomorphology* 56, 49-64.

Evans, S. G. und Clague, J. J. (1994): Recent climatic change and catastrophic geomorphic processes in mountain environments. *Geomorphology* 10, 107–128.

Felgentreff, C. und Glade, T. (Hrsg.) (2008): *Naturrisiken und Sozialkatastrophen*. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin, Heidelberg, 454 S.

Fey, C. (2010): Modellierung von Steinschlag, Blockschlag und Felsstürzen auf alpinen Bergwegen – Kalibrierung und Anwendung von Sturzmodellierungsprogrammen zur sichereren Gestaltung des Hüttenzustiegweges zur Winnebachseehütte in Tirol. Unpubl. Diplomarbeit am Institut für Geographie, Universität Heidelberg, 125 S.

Frauenfelder, R., Haeberli, W., Hoelzle, M. und Maisch, M. (2001): Using relict rockglaciers in GIS-based modelling to reconstruct younger dryas permafrost distribution patterns in the Err-Julier area, Swiss Alps. *Norwegian Journal of Geography* 55/4, 195–202.

Gamma, P (2000): Dfwalk – Ein Murgang-Simulationsprogramm zur Gefahrenzonierung. *Geographica Bernensia* 66, Univ. Bern, Bern, 144 S.

Gärtner, H., Stoffel, M., Lièvre, I., Conus, D., Grichting, M. und Monbaron, M. (2003): Debris flow frequency derived from tree-ring analyses and geomorphic mapping, Valais, Switzerland. In: Chen, R. (Hrg): *Debris flow hazards mitigation*. Millpress, Rotterdam, 207–217.

Geitner, C. et al. (2010): Flachgründiger Abtrag auf Wiesen- und Weideflächen in den Alpen (Blaiken) – Wissensstand, Datenbasis und Forschungsbedarf. *Mitteilung der Österr. Gesellschaft*, 152 (in Druck).

Gobiet, A. und Truhetz, H. (2008): Klimamodelle, Klimaszenarien und ihre Bedeutung für Österreich. – In: Böhm, R., Godina, R., Nachtnebel, H.P. Pirker, O. (Hrsg.): Auswirkungen des Klimawandels auf die österreichische Wasserwirtschaft. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV), Wien, 71-82.

Gruber, S., Peter, M., Hoelzle, M., Woodhatch, I. und Haeberli, W. (2003): Surface temperatures in steep alpine rock faces – a strategy for regional-scale measurement and modelling. In: Phillips, M., Springman, S. und Arenson, L. (Hrsg.): 8th International Conference on Permafrost, Zurich 2003, Proceedings, 325-330.

Gruber, S., King, L., Kohl, T., Herz, T., Haeberli, W. und Hoelzle, M. (2004): Interpretation of geothermal profiles perturbed by topography: the Alpine permafrost boreholes at Stockhorn Plateau, Switzerland. *Permafrost and Periglacial Processes* 15/4, 349-357.

Gruber, S. (2007): A mass-conserving fast algorithm to parameterize gravitational transport and deposition using digital elevation models. *Water Resour. Res.*, 43, W06412. doi:10.1029/2006WR004868.

Gruner, U. (2008): Klimatische und meteorologische Einflüsse auf Sturzprozesse. INTERPRAEVENT 2008 – Conference Proceedings, Vol. 2., 147-158.

Harris, C., Arenson, L.U., Christiansen, H.H., Etzelmüller, B., Frauenfelder, R., Gruber, S., Haeberli, W., Hauck, C., Hölzle, M., Humlum, O., Isaksen, K., Kääh, A., Kern-Lütschg, M.A., Lehning, M., Matsuoka, N., Murton, J.B., Nötzli, J., Phillips, M., Ross, N., Seppälä, M., Springman, S.M. und Mühl, D.V. (2009): Permafrost and climate in Europe: Monitoring and modelling thermal, geomorphological and geotechnical responses. – *Earth-Science Reviews* 92, 117-171.

IPCC (2007)^a: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC (2007)^b: *Climate Change 2007: Synthesis Report.* 52 S. IPCC: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf (Zugriff 10/2010).

Jäger, S. (1997): Fallstudien zur Bewertung von Massenbewegungen als geomorphologische Naturgefahr. *Heidelberger Geographische Arbeiten* 108, 151 S.

Jomelli, V., Brunstein, D., Grancher, D. und Pech, P. (2007): Is the response of hill slope debris flows to recent climate change univocal? A case study in the Massif des Ecrins (French Alps). *Climate Change* 85, 119-137.

Keller, F. (1992): Automated mapping of mountain permafrost using the program PERMAKART within the Geographical Information System ARC/INFO. *Permafrost and Periglacial Processes* 3, 133-138.

Kellerer-Pirklbauer, A. (2001): GIS-gestützte Analyse der Murgangdisposition im Einzugsgebiet des Ennslingbaches bei Haus im Ennstal. Unpubl. Diplomarbeit, Karl-Franzens-Universität Graz, 156 S.

Kellerer-Pirklbauer A. und Mitglieder des PermaNET Teams (2009): Assessment of the thermal and dynamic reaction scenarios of different permafrost typologies in the European Alps: A PermaNET initiative. *Geophysical Research Abstracts*, 11, EGU2009-7990-1.

Leser, H. (2009): Geomorphologie. Das Geographische Seminar, Westermann, Braunschweig, 400 S.

Lieb, G.K. (1998): High-mountain permafrost in the Austrian Alps (Europe). Proceedings of the 7th International Conference on Permafrost, Yellowknife, Canada, 663-668.

Lieb, G.K. (2007): Vom Klimawandel beeinflusste Naturprozesse im Hochgebirge als potenzielle Gefahren für Freizeitaktivitäten – qualitative Überlegungen mit Beispielen aus den Hohen Tauern. Geographischer Jahresbericht aus Österreich LXII/LXIII, 79-94.

Lieb, G.K., Kellner-Pirklbauer, A. und Avian, M. (2007): Preliminary Map of Geomorphological Hazards caused by Climate Change in the Großglockner Mountains (Austria). Geomorphology for the Future – Conference Proceedings, Innsbruck University Press, Innsbruck, 137-144.

Loye, A., Jaboyedoff, M. und Pedrazzini A. (2009): Identification of potential rockfall source areas at a regional scale using a DEM-based geomorphometric analysis. Natural Hazards and Earth System Sciences 9, 1643-1653.

Mark, R. K. und Ellen, S. D. (1995): Statistical and simulation models for mapping debris-flow hazard. In: Carrara, A. und Guzzetti, F. (Hrsg.): Geographical Information System in Assessing Natural Hazards 5, 93-106.

Marquinez, J., Menéndez Duarte, R., Farias, P., und Juménez Sánchez, M. (2003): Predictive GIS-based Model of Rockfall Activity in Mountain Cliffs. Natural Hazards 30, 341-360.

Meißl, G. (1998): Modellierung der Reichweite von Felsstürzen. Fallbeispiele zur GIS-gestützten Gefahrenbeurteilung aus dem bayrischen und Tiroler Alpenraum. Selbstverlag d. Inst. für Geographie d. Univ. Innsbruck, Innsbrucker Geographische Studien 28, 249 S.

Nötzli, J., Gruber, S. und Hölzle, M. (2004): Permafrost und Felsstürze im Hitzesommer 2003. GEOForum aktuell 20, 11-14.

Patula, S. (2009): Erweiterte Gefahrenhinweiskarte und Risikohinweiskarte für Steinschlag am Beispiel des Landkreises Miesbach und Erstellung einer Georisiko-Toolbox zur Automatisierung des Workflows. Master Thesis am Zentrum für GeoInformatik, Universität Salzburg, 113 S.

Prager, C., Zangerl, C., Patzelt, G. und Brandner, R. (2008): Age distribution of fossil landslides in the Tyrol (Austria) and its surrounding areas. Natural Hazards and Earth System Sciences 8/2, 377-407.

Pröbstl, U., Damm, B., Rid, W., Mau, P., Felber, A., Swoa, M. und Pichler, I. (2009): Wahrnehmung und Bewertung von Naturgefahren als Folge von Gletscherschwund und Permafrostdegradation in Tourismusdestinationen am Beispiel des Tuxer Tals (Zillertaler Alpen/Österreich). Endbericht von StartClim2008.F in StartClim2008: Anpassung an den Klimawandel in Österreich: Beiträge zur Erstellung einer Anpassungsstrategie für Österreich, Auftraggeber: BMLFUW, BMWF, BMWFJ, ÖBF, 51 S. <http://www.austroclim.at/startclim/>

Posch-Trözmüller, G. (2010): Hazard Mapping – Geological hazards. Literature survey regarding methods of hazard mapping and evaluation of danger by landslides and rock fall. – GBA, AdaptAlp WP 5.1, Final report, 278 S.

Amt der Kärntner Landesregierung, Zugriff 10/2010: http://www.ktn.gv.at/197395_DE-.pdf

Rickenmann, D. (1991): Hyperconcentrated flow and sediment transport at steep slopes. *Journal of Hydraulic Engineering* 117/11, 1419–1439.

Rieger, D. (1999): Bewertung der naturräumlichen Rahmenbedingungen für die Entstehung von Hangmuren. Möglichkeiten zur Modellierung des Murpotentials. *Münchner Geographische Abhandlungen* 51, 149 S.

Ruff, M. (2005): GIS-gestützte Risikoanalyse für Rutschungen und Felsstürze in den Ostalpen (Vorarlberg, Österreich). *Universitätsverlag Karlsruhe, Karlsruhe*, 148 S.

Stahr, A. und Hartmann, T. (1999): *Landschaftsformen und Landschaftselemente im Hochgebirge*. Springer, Berlin, Heidelberg, 398 S.

Stoffel, M. und Beniston, M. (2006): On the incidence of debris flows from the early Little Ice Age to a future greenhouse climate: a case study from the Swiss Alps. *Geophysical Research Letters* 33, L16404.

Strasser, U. (2008): Die Modellierung der Gebirgsschneedecke im Nationalpark Berchtesgaden. *Modelling of the mountain snow cover in the Berchtesgaden National Park, Berchtesgaden National Park Research Report* 55, 184 S.

Taucher, W. (2010): Climatic conditions of six selected sites in the Hohe and Niedere Tauern Range 1961-2006. Unpubl. Diplomarbeit, Universität Graz, 156 S.

Tebaldi, C., Hayhoe, K., Arblaster, J. M. und Meehl, G. A. (2006): Going to the extremes: an intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events. *Climate Change* 79, 185–211.

Umweltdachverband (Hrsg.) (2006): *Auswirkungen der Klima- und Gletscheränderung auf den Alpinismus*. text.um 1/06, Wien, 96 S.

Wakonigg, H. und Lieb, G. K. (1996): Die Pasterze und ihre Erforschung im Rahmen der Gletschermessungen. *Kärntner Nationalpark-Schriften* 8, Großkirchheim, 99-115.

Whalley, W. B. (1984): Rockfalls. In: Brunsden, D. und Prior, D. B. (Hrsg.): *Slope Instability*. Wiley, Chichester, 217-256.

Wichmann, V. (2006): Modellierung geomorphologischer Prozesse in einem alpinen Einzugsgebiet. Abgrenzung und Klassifikation der Wirkungsräume von Sturzprozessen und Muren mit einem GIS. *Profil Verlag, München/Wien, Eichstätter Geographische Arbeiten* 15, 231 S.

Zangerl, C., Prager C., Brandner, R., Brückl, E., Eder, S., Fellin, W., Tentschert, E., Poscher, G. und Schönlaub, H. (2008): *Methodischer Leitfaden zur prozessorientierten Bearbeitung von Massenbewegungen*. *Geo.Alp* 5, 1-51.

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) (2010): *Excel-Tabellen mit Bohrlochmessdaten*. Persönliche Korrespondenz (Juni, 2010).

Zimmermann, M., Mani, P., Gamma, P., Gsteiger, P., Heiniger, O. und Hunziker, G. (1997): *Murganggefahr und Klimaänderung – ein GIS-basierter Ansatz*. Zürich, vdf, Hochsch.-Verlag an der ETH, 161 S.

Zimmermann, M. und Haerberli, W. (1992): Climatic Change and Debris Flow Activity in High-Mountain Areas - A Case Study in the Swiss Alps, *Catena Suppl.* 22, 59–72.

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

- Abb. 1 : Länge der Vegetationsperiode (in Tagen) an drei Stationen im mittleren steirischen Ennstal von 1960 bis 2009 (Einzeljahre und Gaußfilter 11j). ----- 13
- Abb. 2 : Änderung der Artenzahlen (AZ) zwischen Aufnahmen 1997 und 2010 bei veränderten Bewirtschaftungsfaktoren. a) Wechsel des Schnittregimes, b) Wechsel der Düngerart. (Einjährige Arten wurden nicht berücksichtigt) ----- 13
- Abb. 3 : Bunte Blumenwiesen (links) werden im wirtschaftlich genutzten Grünland des Ennstales (rechts) seltener, weil der Klimawandel früheres und häufigeres Mähen ermöglicht. ----- 14
- Abb. 4 : Baumhöhen der getesteten Herkünfte auf der Versuchsfläche St. Stephan (Stmk.). Jeder Boxplot zeigt den Median und Streuung der Höhen einer Herkunft auf Basis von Einzelbaummessungen. ----- 15
- Abb. 5 : Links: Klima-Response Funktionen dreier Herkünfte (Murau - durchgehende Linie, Liezen - gestrichelt, Tschepelare (Bulgarien) - gepunktet) zeigen, dass generell mit zunehmenden Temperaturen mit einer Steigerung der Baumhöhen zu rechnen ist. Die Datenpunkte sind mittlere Höhen an den Versuchsorten (Vfl.). Die Herkünfte unterscheiden sich in ihrer Reaktion auf Klimaerwärmung. Rechts: Klima-Transfer Funktionen dreier Versuchsflächen (Schönborn – durchgehende Linie, St.Stephan - gestrichelt, Wieselburg - gepunktet) zeigen den Einfluss des Temperaturunterschiedes zwischen Versuchsfläche (Vfl.) und Herkunftsort (Hkf.). Dieser Einfluss variiert je nach Lage des Versuchsortes. Die Datenpunkte sind hier die mittleren Höhen der getesteten Herkünfte. ----- 16
- Abb. 6 : Übersichtskarte Biosphärenpark Wienerwald. braun= Flächen der Österreichischen Bundesforste (ÖBf) im Biosphärenpark Wienerwald. grün= Kernzonen ----- 17
- Abb. 7 : Abweichung von Temperatur und Niederschlag in den Klimaänderungsszenarien A1B, A2 und B1 vom Referenzklima. Dargestellt sind die Mittelwerte über 66 Trakte der österreichischen Waldinventur (ÖWI) im Bereich des Biosphärenparks Wienerwald. ----- 18
- Abb. 8 : Profil von BAU und AM Bewirtschaftung für eine Kombination aus Standort, Alter und Analyseperiode (mittelgründiger Karbonatstandort; mittlerer Stammdurchmesser 15cm, Analyseperiode 2051-2100) im Referenzklima (Baseline), sowie in den Klimaänderungsszenarien A1B, A2 und B1. Blaue Line/Punkte = Busi-ness as usual (BAU) - Bewirtschaftung; Grüne Line/Punkte = Adaptives Management (AM) – Konzept. ----- 19
- Abb. 9 : Abweichung der mittels fünf Humusbilanzmethoden für den Versuch ‚STIKO‘ errechneten Salden von Humus-C nach 12 Bewirtschaftungsjahren von den im Boden der kompostgedüngten Varianten gemessenen C-Werten. ----- 21
- Abb. 10 : Bodenprofil mit ausgeprägt humosem A-Horizont und Begrünung. Profilgrube mit Wurzelfreilegung von Bio Forschung Austria.----- 21

Abb. 11 : Jährlicher Kühlenergiebedarf eines Büroraums für derzeitige („howa 80“) und zukünftige („howa 2050“) Klimasituation bei Einsatz unterschiedlich effizienter elektronischer Geräte und Beleuchtung: IL I entspricht einem worst case, IL IV zeigt die Wirkung der effizientesten derzeit am Markt verfügbaren Geräte. ----- 23

Abb. 12 Vergleich zwischen einem Standard – Auslegungstag (oben) und einem Siesta – Arbeitszeitmodell (untern) anhand der stündlichen Wärmegewinne und –verluste in einem Büroraum: durch die Nutzerabwesenheit in der Siesta wird der Kühlbedarf in diesem Zeitraum stark minimiert. ----- 24

Abb. 13 : Vulnerabilitätskarte 2010 ----- 26

Abb. 14 : Differenzkarte der Gefahrenstufen 2010-2030----- 27

Tabellen

Tab. 1: Bewirtschaftungsvarianten 12

Anhang

Alle folgenden Projekte wurden in StartClim2003 bis StartClim2008 bearbeitet. Die Berichte sind sowohl auf der StartClim2009-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 Gewässerschutz; 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 Gewächshausschädlingen im Freiland als Folge des Klimawandels am Beispiel des Kalifornischen Blütenthripes (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 Österreich – Arealynamik 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 Guggenberger, 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 Schuppenlehner
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

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 StartClim2008

StartClim2008.A: Einfluss von Adaptationsmaßnahmen auf das akute Sterberisiko in Wien durch Temperaturextreme
Institut für Umwelthygiene, MUW: Hanns Moshhammer, 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 Klik, 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