

## Anpassung an den Klimawandel in Österreich

### Endbericht

Juli 2009



lebensministerium.at

BM.W.F<sup>a</sup>

bmwf

Bundesministerium für  
Wirtschaft, Familie und Jugend

Die Österreichische  
Hagelversicherung



BUNDEMINISTERIUM  
FÜR GESUNDHEIT

Verbund  
Austrian Hydro Power

ÖNB  
ÖSTERREICHISCHE  
NATIONALBANK

umweltbundesamt<sup>U</sup>



# StartClim2008

## Anpassung an den Klimawandel in 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, Juni 2009

**StartClim2008**  
**„Anpassung an den Klimawandel in 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, Juni 2009

## 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 Erdraupenschäden (*Agrotis segetum*, Schiff.; Fam. *Noctuidae*) unter Berücksichtigung von Standortfaktoren und Klima**

Bio Forschung Austria: Patrick Hann, Claus Trska, Eva Maria Frauenschuh,  
Bernhard Kromp  
Institut für Meteorologie, BOKU: Herbert Formayer

### **StartClim2008.D: Bio-Berglandwirtschaft in Tirol – Beitrag zur „Klimaentlastung“ und Anpassungsstrategien**

Institut für Ökologischen Landbau, BOKU: Dorninger Michael, Bernhard Freyer

### **StartClim2008.E: Entwicklung und ökonomische Abschätzung unterschiedlicher Landschaftsstrukturen auf Ackerflächen zur Verringerung der Evapotranspiration vor dem Hintergrund eines Klimawandels unter besonderer Berücksichtigung einer Biomasseproduktion**

Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- u. Naturschutzplanung, BOKU:  
Christiane Brandenburg, Sonja Völler, Brigitte Alex, Bernhard Ferner  
Institut für Meteorologie, BOKU: Josef Eitzinger, Thomas Gerersdorfer  
Institut für Ökologischen Landbau, BOKU: Bernhard Freyer, Andreas Surböck,  
Agnes Schweinzer, Markus Heinzinger  
Institut für Agrar- und Forstökonomie, BOKU: Enno Bahrs

### **StartClim2008.F: Wahrnehmung und Bewertung von Naturgefahren als Folge von Gletscherschwund und Permafrostdegradation in Tourismus-Destinationen am Beispiel des Tuxer Tals (Zillertaler Alpen/Österreich)**

Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- u. Naturschutzplanung, BOKU:  
Ulrike Pröbstl  
Universität Regensburg, Universität Eichstätt-Ingolstadt: Bodo Damm

### **StartClim2008.G: Anpassung von Waldböden an sich ändernde Klimabedingungen**

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft: Barbara Kitzler, Verena Stingl, Sophie Zechmeister-Boltenstern  
Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Atmosphärische Umweltforschung, Garmisch-Partenkirchen: Arjan De Bruijn, Ralf Kiese,  
Klaus Butterbach-Bahl

### **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**

Alexandra Wieshaider, Norbert Putzgruber

#### **Österreichische Hagelversicherung**

Kurt Weinberger, Josef Rohregger

#### **Österreichische Nationalbank**

Johann Jachs

#### **Umweltbundesamt**

Karl Kienzl, Maria Balas, Sabine McCallum

#### **Verbund AHP**

Otto Pirker, Bertram Weiss

### **Administrative Projektkoordination**

Umweltbundesamt

Maria Balas, Karl Kienzl, Sabine McCallum

## Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Das Forschungsprogramm StartClim</b> .....	<b>14</b>
1.1 StartClim2008 .....	14
1.2 Gliederung des Berichtes .....	15
1.3 Arbeitsweise von StartClim2008 .....	15
<b>2 Die StartClim2008-Projekte im Detail</b> .....	<b>16</b>
2.1 StartClim2008.G: Anpassung von Waldböden an sich ändernde Klimabedingungen .....	16
2.2 StatClim2008.E: Entwicklung und ökonomische Abschätzung unterschiedlicher Landschaftsstrukturen auf Ackerflächen zur Verringerung der Evapotranspiration vor dem Hintergrund eines Klimawandels unter besonderer Berücksichtigung einer Biomasseproduktion .....	17
2.3 StartClim2008.B: Welche Anpassungen der derzeitigen Erosionsschutzmaß- nahmen sind unter den Bedingungen des Klimawandels zu empfehlen? ----	20
2.4 StatClim2008.C: Praxiserprobung des Monitoringkonzepts "Anpassungen der Schadinsektenfauna an den Klimawandel" (StartClim2007.C) anhand der Erhebung von aktuellen Erdraupenschäden ( <i>Agrotis segetum</i> , Schiff.; Fam. Noctuidae) unter Berücksichtigung von Standortfaktoren und Klima .....	24
2.5 StatClim2008.D: Bio-Berglandwirtschaft in Tirol – Beitrag zur „Klimaentlastung“ und Anpassungsstrategien .....	27
2.6 StartClim2008.F: Wahrnehmung und Bewertung von Naturgefahren als Folge von Gletscherschwund und Permafrostdegradation in Tourismus- Destinationen am Beispiel des Tuxer Tals (Zillertaler Alpen/Österreich) .....	30
2.7 StartClim2008.A: Einfluss von Adaptationsmaßnahmen auf das akute Sterberisiko in Wien durch Temperaturextreme .....	33
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>35</b>
<b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>51</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>53</b>



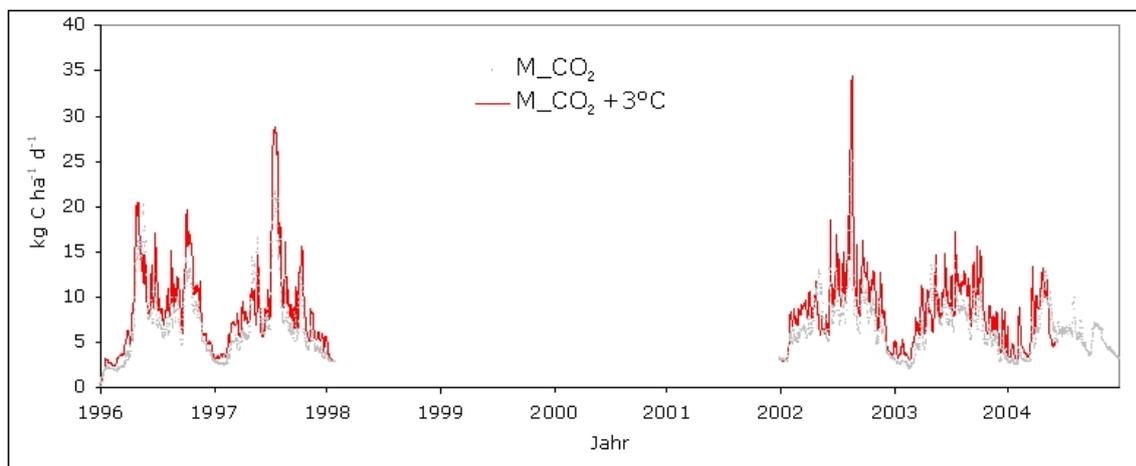
## Kurzfassung

Die Anpassung an den Klimawandel gewinnt neben dem Klimaschutz immer mehr an Bedeutung. Die Auswirkungen des Klimawandels sind, wie auch im vierten Bericht des IPCC dargelegt wurde, deutlich spürbar und werden in Zukunft voraussichtlich zunehmen, da trotz massiver Klimaschutzmaßnahmen ein gewisses Maß an Klimaänderung nicht mehr verhindert werden kann. StartClim befasst sich daher erstmals mit dem Thema Anpassung an den Klimawandel und leistet damit einen Beitrag zur Entwicklung einer österreichischen Anpassungsstrategie an den Klimawandel.

Der Rolle der Böden im Klimawandel wurde bislang noch zu wenig Beachtung geschenkt, obwohl Böden wesentliche Kohlenstoffspeicher und aerobe Böden die einzige bekannte biologische Senke für Methan sind. Böden gelten aber auch als Hauptquelle von Lachgas (55-65%) und Methan (15-45%, in Feuchtgebieten). Aufgrund der Komplexität der beteiligten Prozesse wie Mineralisation der organischen Substanz, Nitrifizierung, Denitrifizierung, Methanaufnahme, -bildung etc., sind regionale und globale Schätzungen der Quell- bzw. der Senkstärke von Böden für die Treibhausgase Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) noch immer sehr unsicher.

Da die mikrobielle Aktivität u.a. temperatur- und feuchtigkeitsabhängig ist, können Böden durch Temperaturerhöhung oder Änderungen der Niederschlagsmuster zu Kohlenstoff- und Stickstoffquellen werden. Aber auch erhöhte Stickstoffeinträge oder Änderungen der Landnutzungsform können zu Änderungen der Raten von Bodenprozessen, der mikrobiellen Aktivitäten und dadurch auch zu einer Änderung der Quellen- bzw. der Senkenstärke von Böden für Treibhausgase führen. Aufgrund der hohen räumlichen und zeitlichen Variabilität mikrobieller Prozesse („hot spots“ und „hot moments“) ist eine mögliche Strategie, Freiland- oder Labormessungen durch das mechanistische Verständnis von Bodenprozessen in Simulationsmodellen zu ergänzen, will man diese Veränderungen abschätzen.

Mit Hilfe von mehr als 10-jährigen Daten von 3 Waldstandorten aus früheren Forschungsvorhaben (Achenkirch (Tirol), Schottenwald und Klausenleopoldsdorf (Wienerwald)) konnte das prozessorientierte Ökosystemmodell MOBILE-DNDC2 zur Simulation der N- und C-Kreisläufe in Wäldern der gemäßigten Klimazone an Besonderheiten dieser Standorte angepasst und hinsichtlich Temperatur- und Feuchtigkeitsabhängigkeit verbessert werden. Die Validierung des Modells erfolgte mit den Daten beheizter Bodenplots.



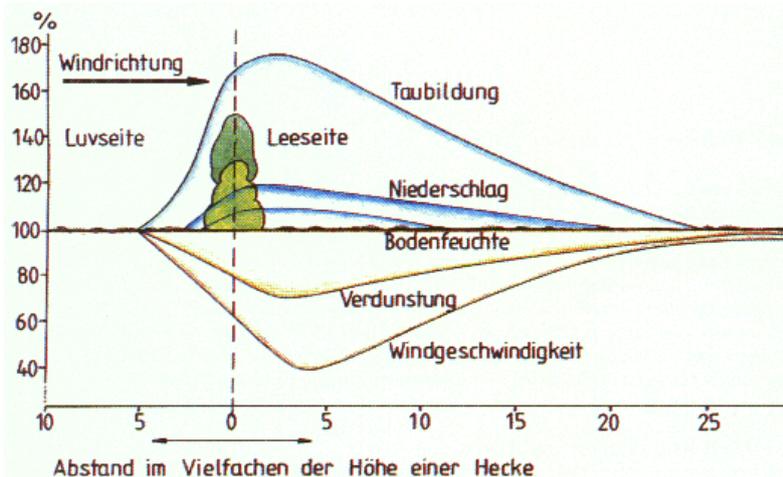
**Abb. K 1:** Modellierte  $\text{CO}_2$ -Emission am Standort Schottenwald bei derzeitigen Temperaturen (grau) und vorhergesagte  $\text{CO}_2$ -Emissionen (rot) bei einem Temperaturanstieg von  $3^\circ\text{C}$ .

Gegenüber den vorindustriellen Werten hat die Temperatur in Österreich bereits jetzt um etwa  $2^\circ\text{C}$  zugenommen, bis Mitte des Jahrhunderts ist mit einer weiteren Zunahme um ca. 1-

2°C je nach Region zu rechnen. Die Modellberechnungen zeigten, dass in österreichischen Waldböden bei einer Temperaturzunahme um 1°C etwa 10% mehr CO<sub>2</sub> durch Bodenatmung freigesetzt wird. Bei einer Temperaturzunahme von 2°C, - die aktuelle politisch vereinbarte Zielgröße der Maßnahmen zum Klimaschutz - werden etwa 20% mehr CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O emittiert. Ursache dafür ist der beschleunigte mikrobielle Abbau von im Boden gespeichertem Kohlenstoff und Stickstoff.

Der selbstverstärkende Prozess, dass die durch den Klimawandel verursachte Erwärmung der Böden zur Erhöhung der Treibhausgasemissionen aus den Böden und damit zu einer Verstärkung des Klimawandels führt, konnte im Rahmen des Projektes belegt werden. Eine Wiederbefeuchtung des Bodens nach längeren Trockenperioden regte besonders die N<sub>2</sub>O Produktion an. Simulationsergebnisse zeigten, dass durch eine Erhöhung der Temperatur dieser Effekt wahrscheinlich noch verstärkt wird.

Der Ackerbau im Osten Österreichs wird aufgrund der Folgen des Klimawandels und der damit verbundenen begrenzten natürlichen Wasserversorgung der Agrarflächen zunehmend schwieriger und möglicherweise ohne entsprechende Anpassungsmaßnahmen partiell unmöglich werden. Landschaftsstrukturen, wie zum Beispiel Windschutzhecken, können das Mikroklima verändern und die Wassernutzungseffizienz der angebauten Kulturen verbessern, indem sie den Wind bremsen, die Taubildung fördern, die potentielle Verdunstung reduzieren und auch die Winderosion verringern.



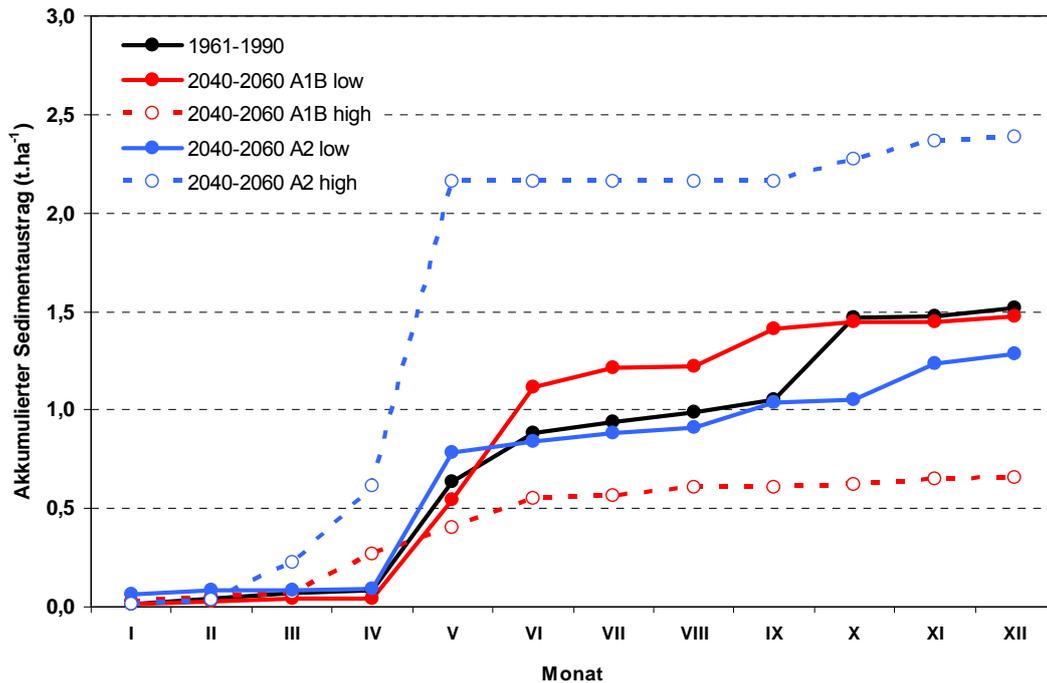
**Abb. K 2:** Klimaschutzwirkung einer Landschaftsstruktur mit mehrjährigen verholzenden Pflanzen, Quelle: FRIELINGHAUS et al., 1997.

Die Abschätzung der ökonomischen Grenzen und Chancen einer Landschaftsstrukturierung ergab, dass nicht unbedingt sehr hohe Ertragssteigerungen der Feldfrüchte erforderlich sind, um aus einer Strukturierung der Landschaft einen ökonomischen betriebswirtschaftlichen Nutzen zu ziehen. Für eine 5 m hohe und 6 m breite Landschaftsstruktur kann sich bei einer durchschnittlichen Windschutzwirkung der 10fachen Höhe der Struktur bereits bei einer angenommenen 10%igen Ertragssteigerung (ausschließlich bezogen auf die Feldfruchternte) ein ökonomischer Vorteil für den Betrieb ergeben. Werden darüber hinaus auch noch die zu erwartenden positiven externen Effekte der Landschaftsstrukturierung ins Kalkül gezogen, wie z.B. eine Förderung der Biodiversität, die Wirkung auf das Landschaftsbild, die Erholungsnutzung sowie eine betriebsübergreifende Vermeidung der Bodenerosion, kann aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive ein ökonomischer Nutzen gegeben sein.

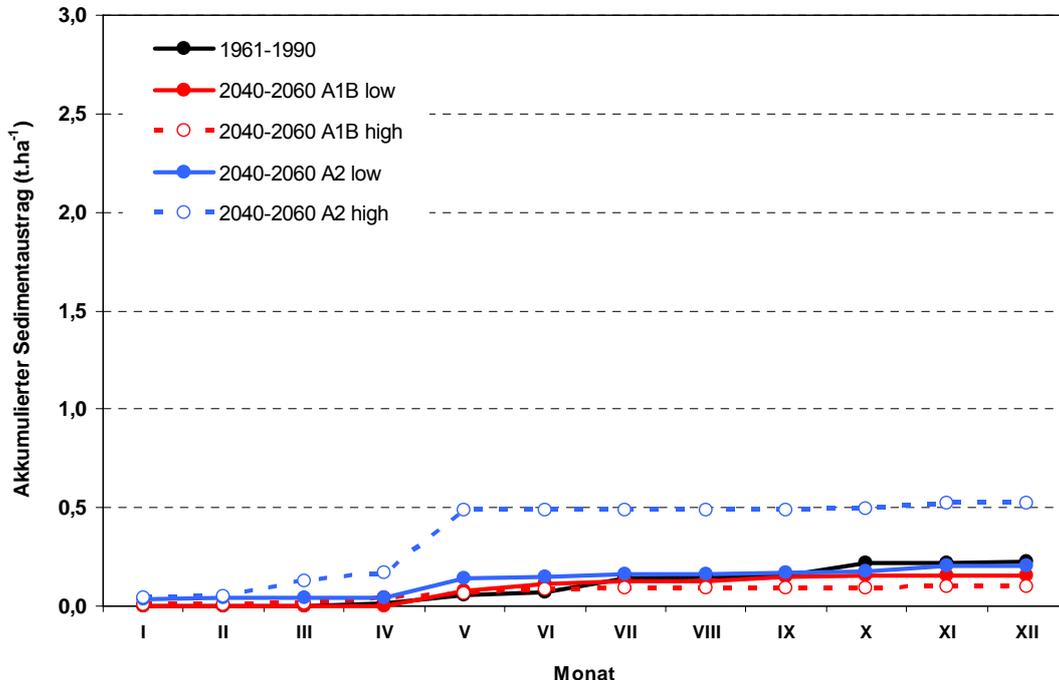
Die Gliederung einer agrarisch genutzten Landschaft mit Landschaftsstrukturen stellt somit eine klimatisch, ökologisch und ökonomisch sinnvolle Anpassungsmaßnahme an die sich ändernden klimatischen Verhältnisse in Ostösterreich dar.

Für ein 1,44 km<sup>2</sup> großes, landwirtschaftlich genutztes Einzugsgebiet im Nordosten Österreichs wurde die Wirkung ausgewählter Bodenschutzmaßnahmen hinsichtlich Verringerung

der Bodenerosion und Rückhalt des Niederschlagswassers in der Landschaft für den Zeitraum 1961-1990 als Referenz modelliert.



**Abb. K3:** Zeitlicher Verlauf des Sedimentaustrages aus dem Einzugsgebiet unter konventioneller Bodenbewirtschaftung (CT) unter derzeitigen Verhältnissen (1961-1990) und zukünftigen Klimaszenarien (2040-2060) mit gemäßigten (A1B) und extremen Treibhausgasemissionen (A2)

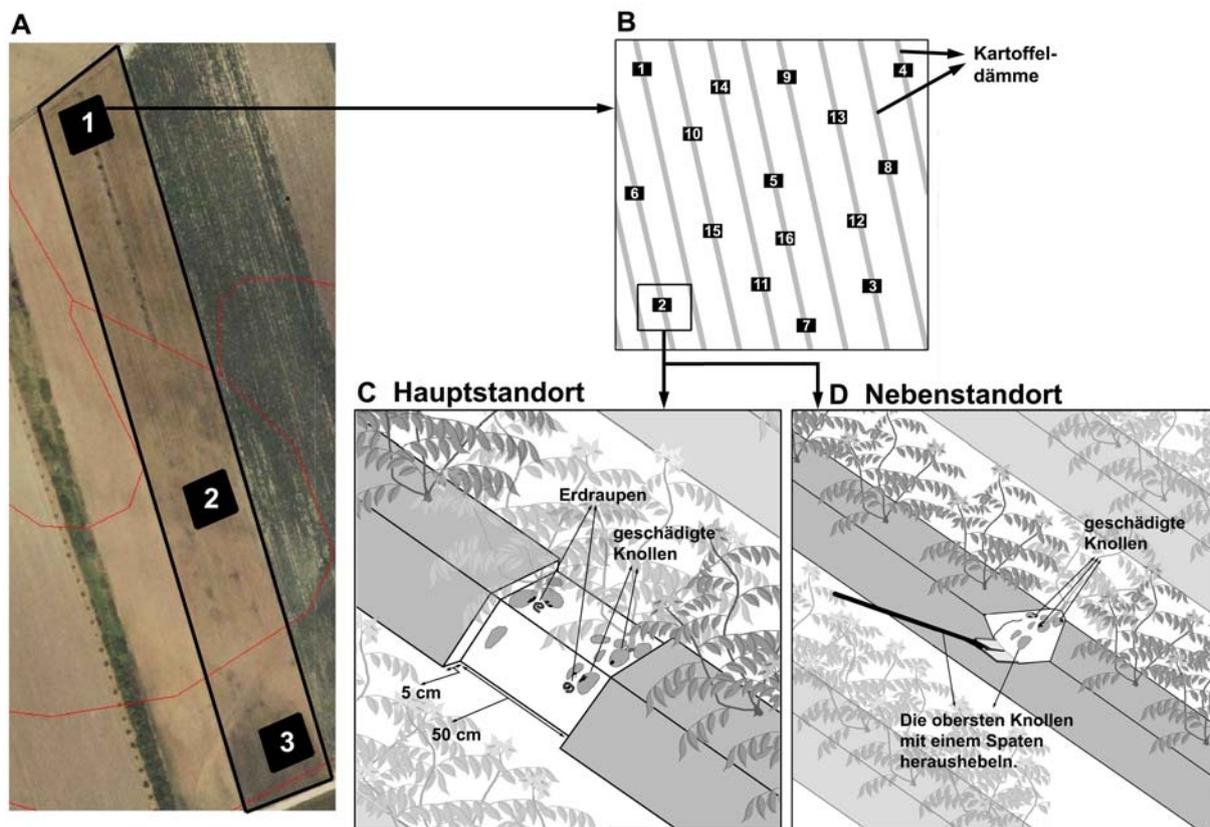


**Abb. K4:** Zeitlicher Verlauf des Sedimentaustrages aus dem Einzugsgebiet bei Verwendung von Direktsaat (NT) unter derzeitigen Verhältnissen (1961-1990) und zukünftigen Klimaszenarien (2040-2060) mit gemäßigten (A1B) und extremen Treibhausgasemissionen (A2)

Unter derzeitigen Klimabedingungen bewirken Direktsaat und Grünlandnutzung eine Verminderung des Oberflächenabflusses um 38 bzw. 75%. Bei zukünftigen Klimabedingungen (2040 – 2060) ist anzunehmen, dass die Wirkung der beiden Bodenschutzmaßnahmen je nach Szenario ähnlich hoch bleibt oder auf 16-53% reduziert wird.

Die Berechnungen des mittleren Bodenabtrages im Einzugsgebiet ergeben derzeit Werte zwischen 2,57 für konventionelle Bodenbearbeitung und 0,01 t.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup> bei Grünland (Abb. K3). Dies entspricht etwa einem mittleren, jährlichen Bodenverlust von maximal 0,2 mm. Unter der Annahme einer Bodenneubildungsrate von 0,2 mm pro Jahr übersteigt der mittlere Bodenabtrag daher unter heutigen Verhältnissen nicht den tolerierbaren Wert. Der Großteil der Erosion entsteht im Frühjahr. Je nach Klimaszenario zeigen sich bei konventioneller Bewirtschaftung Veränderungen im Bodenabtrag zwischen -55 bis +22% (bei gemäßigten Treibhausgasemissionen) bzw. -17 bis +56% (bei extremen Treibhausgasemissionen), womit auch ein Anstieg der Erosion über die Toleranzgrenze möglich scheint. Bei Verwendung von Direktsaat im gesamten Gebiet zeigen die Berechnungen zukünftige Erosionsraten zwischen 0,16 und 1,42 t.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup> (Abb. K4), welche ähnlich hoch bzw. höher sind als unter derzeitigen Bedingungen. Unter Grünlandnutzung kommt es nur zu marginalen Sedimentaustößen (>0,03 t.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup>) aus dem Einzugsgebiet. Da das tolerierbare Maß nicht überschritten wird sind beide Bodenschutzmaßnahmen mit geringfügigen Adaptierungen auch unter zukünftigen Klimabedingungen als für die Bodenfruchtbarkeit nachhaltig anzusehen.

Allerdings muss beachtet werden, dass es auf der Basis der verfügbaren Klimaszenarien nur bedingt möglich war, Änderungen in Häufigkeit und Intensität von Extremniederschlägen zu simulieren. Da der generelle Trend in den Sommermonaten eher auf eine Zunahme extremer Niederschläge hindeutet, könnten die vorsichtig optimistischen Aussagen der Untersuchung relativiert werden.



© Bio Forschung Austria

**Abb K5:** Beispiel einer Schadflächenerhebung. Bild A zeigt 3 Beprobungsflächen eines Schlags (schwarze Quadrate mit weißen Zahlen), Bild B die willkürliche Auswahl von Beprobungsquadraten auf den Kartoffeldämmen innerhalb einer Probenfläche. Darunter ist jeweils ein einzelnes Probenquadrat der Erdräupendichtebestimmung auf einem Haupt- (Bild C) bzw. der Fraßschadensbewertung auf einem Nebenstandort (Bild D) im Detail dargestellt.

In Vorgängerprojekten wurden seit dem Jahr 2000 beobachtete Veränderungen des Schädlingsauftretens im ostösterreichischen Ackerbau beschrieben und ein Konzept für ein Schädlings-Langzeit-Monitoringsystem zur Verifizierung der Zusammenhänge mit der Klimaverän-

derung erstellt. Zur praktischen Erprobung des Monitoringkonzepts wurden in einem Kartoffelfeld zunächst Probegrabungen nach Erdräupen bzw. Fraßschäden an Kartoffeln an rasterartig verteilten Beprobungspunkten von  $\frac{1}{4}$  m<sup>2</sup> durchgeführt (Abb. K5). Aus den erhobenen Daten wurde ein „Sequential Sampling System“ zur zuverlässigen Einschätzung von Erdräupendichte und Erdräupenschäden bei möglichst geringen Probenzahlen berechnet. Dabei sind für die Einschätzung der Erdräupendichte maximal 20 Proben/Probenfläche, für die Einschätzung des Schadens maximal 30 Proben/Probefläche vorgesehen. Dies bedeutet einen maximalen Arbeitsaufwand von etwa 10 (Erdräupendichte) bzw 1,5 Personenstunden (Fraßschäden an Kartoffeln) pro Aufnahme.

Wegen des schwachen Befalls im Erprobungsjahr 2008 wurden neun Betriebe im Weinviertel mit starken Schäden in den Jahren 2006 und 2007 besucht und mittels Fragebogen Standorts- und Bewirtschaftungsfaktoren sowie Praxiserfahrungen zur Bekämpfung erhoben. Weiters wurden die Zusammenhänge zwischen Erdräupenschäden aus 40 Kartoffelschlägen in 2007 und 2008 und Klima-, Boden- und Landschaftsparametern analysiert. Der in der Literatur beschriebene Zusammenhang von Erdräupenschäden und trocken-warmer Witterung wurde sowohl aus der Praxis bestätigt als auch aus der Korrelation der Kartoffel-Boniturdaten mit Niederschlagsdaten. Positiv korreliert sind Erdräupenschäden auch mit dem Ackerflächenanteil aus der Feldumgebung. Beide Faktoren sollten daher bei der Verteilung zukünftiger Monitoringstandorte berücksichtigt werden. Als Anpassungsmaßnahmen für die Praxis kommen Anpassungen der Fruchtfolge (z.B. Verzicht auf Begrünungen nach heißen/trockenen Sommern, Anbau weniger empfindlicher Kulturen im Folgejahr) in Frage sowie die Beregnung befallener Felder, sofern möglich.

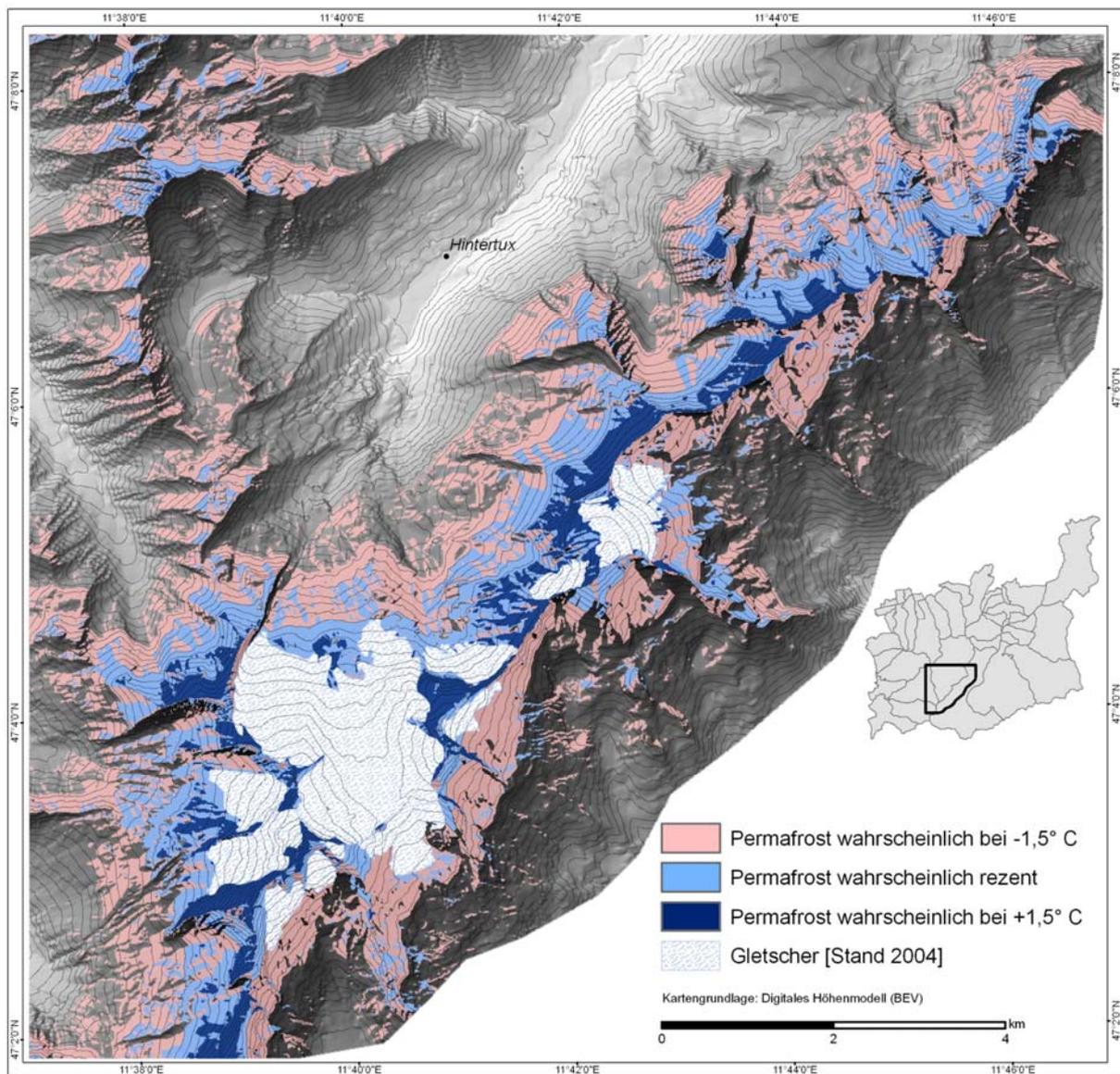
Im Kontext der Tiroler Biolandwirtschaft und des Tourismus wurde untersucht, welche konkreten Möglichkeiten innerhalb eines Wirtschaftssektors und ausgewählten, mit ihr in Verbindung stehenden gesellschaftlichen Teilsystemen gegeben bzw. zu entwickeln sind, um sich auf klimatische Veränderungen einzustellen bzw. einen Beitrag zur Minderung der Treibhausgasemissionen zu leisten. Regionalspezifische Informationen für die Arbeit wurden aus 20 qualitativen Experteninterviews gewonnen.

Zwar wird der Klimawandel von allen Akteuren wahrgenommen, eine wirklich griffige Vorstellung darüber existiert nicht, vielmehr eher Sorge als konkrete Bedrohung. Eine gewisse Ohnmacht in Anbetracht der Komplexität der Thematik macht sich bemerkbar, welche mit einer „*verdrängenden Gedankenlosigkeit*“ verbunden zu sein scheint. In annähernd allen Interviews kommt die Sorge zum Ausdruck, dass die wahrscheinliche Entwicklung sich immer weiter von der wünschenswerten entfernt, d.h., die Kluft zwischen regionalem ressourcenschonendem Biolandbau ohne Gentechnik, in Harmonie mit bäuerlichen Traditionen und touristischen Innovationen, und der Fortsetzung des bisherigen Strukturwandels, einschließlich des Einsatzes von Gentechnik immer größer wird. Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel orientieren sich an Bekanntem (z.B. Schneekanonen) und Altbewährtem (z.B. Biolandbau).

Das Minderungspotential einer flächendeckenden Umstellung der ökologischen Landwirtschaft in Tirol beträgt ca. 0,5 % der gesamten österreichischen, aus der Landwirtschaft stammenden Emissionen: Durch eine Vollumstellung der Landwirtschaft auf Biolandbau könnten flächenbezogen in Tirol rund 40.000 t CO<sub>2</sub>e a<sup>-1</sup> gegenüber insgesamt rund 1,2 Mio. t CO<sub>2</sub>e a<sup>-1</sup> österreichweit vermieden werden. Grünlandgebiete können aufgrund des geringen Einsatzes von Stickstoff-Mineraldünger, eine günstigere Klimabilanz aufweisen als Ackerbaugelände, wobei in letzteren vermutlich größere Minderungspotentiale zu finden sein werden.

Anpassung an den Klimawandel kann im Hochgebirge von besonderer Bedeutung sein. Mittels eines vereinfachten Modells kann gezeigt werden, mit welcher Art von Schadereignissen in welchen Abschnitten einer Hochgebirgsregion in Folge von Gletscherrückgang oder Auftauen des Permafrostes (Abb. K6) gerechnet werden muss. Darauf aufbauend können, wie am Beispiel Hintertux gezeigt, Anpassungsmaßnahmen diskutiert werden. Wie wichtig vorausschauende Abschätzungen von Sicherheitsaspekten und die frühzeitige Ent-

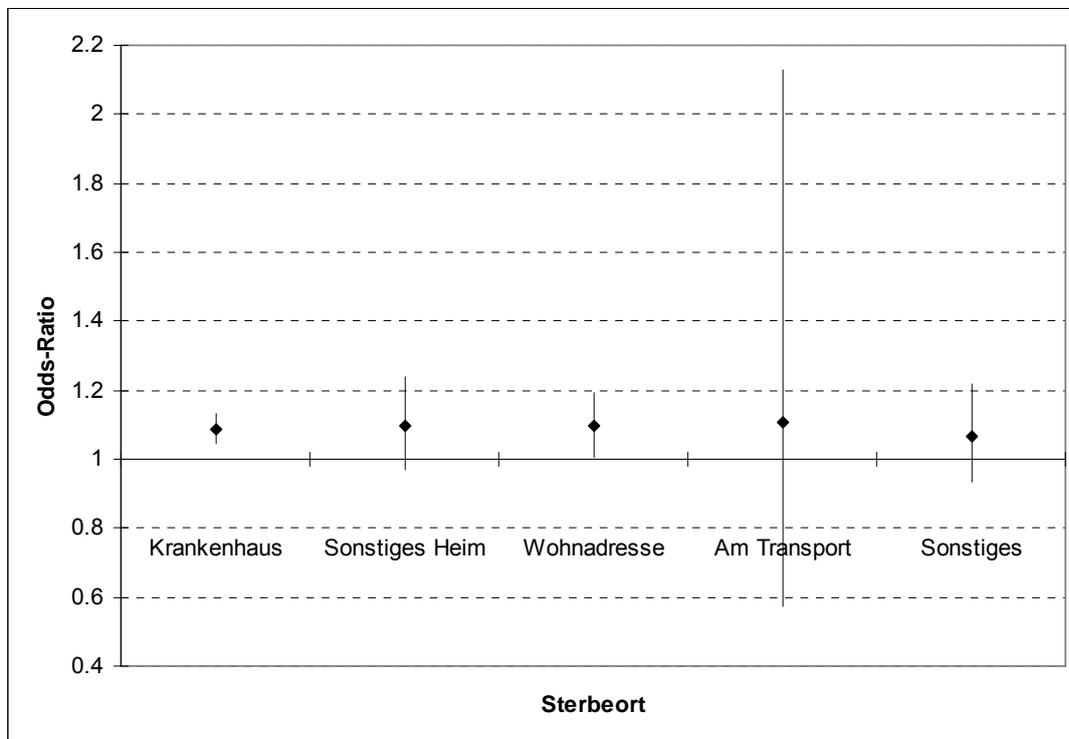
wicklung von Maßnahmen sind, zeigt eine Befragung von über 300 Bergtouristen und Erholungssuchenden im Hochgebirge. Etwa die Hälfte der Befragten ist den bequemen Bergwanderern zuzuordnen, die auch den Ausblick in die Landschaft besonders schätzt. Diese Gruppe erweist sich im Hinblick auf Gefahrensituationen als sehr unerfahren und unsicher. Sie reagieren stark auf eine Veränderung der Bedingungen und zeigen eine hohe Bereitschaft in ungünstigen Fällen das Gebiet ganz zu verlassen. Daraus ergeben sich mögliche negative Auswirkungen auf die regionale Wertschöpfung. Bezogen auf die erforderlichen Anpassungsmaßnahmen wird die Nachführung der Karten primär als Aufgabe des Landes und des Bundes gesehen. Im Gegensatz dazu werden Verbesserungen bei Markierungen und Hinweisschildern eher als Aufgabe der alpinen Vereine betrachtet. Das gilt in gleicher Weise auch für Führungen, Schulungen und Wartungsarbeiten. Eine wichtige Rolle wird hier auch den Gemeinden zugeschrieben. Die Investitionen zum Schutz und zur Erhaltung von Anlagen und Wegen, wie etwa eine bautechnische Sanierung, werden als Aufgabe der Länder (32%), der Gemeinden (22%), der Tourismuswirtschaft (21%) und der Republik (18%) gesehen. Hohe Unsicherheiten in Bezug auf Gefahren bei der Hälfte der Besucher unterstreichen die Bedeutung von Information.



**Abb. K6:** Räumliche Verbreitung wahrscheinlicher, flächenhafter Vorkommen von Permafrost im hinteren Tuxer Tal unter aktuellen Bedingungen und für die Temperaturszenarien  $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$  (Gletscherstand 2004)

Eine vertiefte Analyse Wiener Sterbedaten von 1990 bis 2007 ergab ab moderaten Temperaturen am gleichen Tag mit zunehmender Temperatur eine lineare Zunahme der Sterbefälle. Die Durchschnittstemperatur der jeweils vergangenen zwei Wochen weist bis zu hohen Temperaturen einen ebenfalls angenähert linearen Verlauf auf, allerdings gegenläufig: mit abnehmender Temperatur steigen die Sterbefälle. Dies könnte allerdings eine Folge des allgemeinen saisonalen Sterberisikos sein, d.h. Ausdruck der Tatsache, dass im Winter generell mehr Menschen sterben als im Sommer.

Um Anpassungsmaßnahmen gezielt setzen zu können, wurde versucht, die Zielgruppen besser zu definieren. Von der Hitzesterblichkeit besonders betroffen sind Frauen, ältere Menschen und Personen in „ärmeren“ Bezirken. Bei der Kälte- bzw. Winter-Sterblichkeit fanden sich hingegen keine Bezirksunterschiede. Interessant ist, dass das Sterberisiko unter Hitzeeinwirkung für Krankenhauspatienten und für HeimbewohnerInnen gleich hoch ist, wie für andere Personen. Hier dürften sich zwei Effekte überlagern: Zum einen sind Menschen, die sich in Krankenhäusern und Heimen befinden großteils a priori geschwächt und daher für Zusatzbelastungen anfälliger, andererseits trägt das geschulte Personal in Krankenhäusern und Heimen zur Minderung des Risikos bei.



**Abb. K7:** Relatives Sterberisiko an „Hizetagen“ (TMIN > 19°C) je nach Sterbeort: Das Risiko beträgt an allen Orten ungefähr 1,1 und ist somit um ungefähr 10% höher als an „normalen“ Tagen.

Eine klare Schwelle, ab welcher die Sterblichkeit stärker ansteigt, und daher Maßnahmen zu setzen wären, konnte nicht gefunden werden. Als praktikable Regelung erscheint das Setzen von Akutmaßnahmen in Form von Warnhinweisen und Verhaltensempfehlungen ab einer prognostizierten nächtlichen Abkühlung auf nicht weniger als 19°C.

## 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. Im Rahmen von StartClim-Projekten können und sollen neue Themen, die mit Klima bzw. Klimawandel in Zusammenhang stehen, aus den verschiedensten Sichtweisen und von verschiedensten Fachrichtungen interdisziplinär erforscht werden. Obwohl das Programm von der Mittelausstattung bescheiden ist, konnten bisher über 100 Forscher und Forscherinnen bzw. fast 40 Institutionen erste Studien zum Klimawandel und dessen Auswirkungen durchführen, die sich immer häufiger in Folgestudien, von anderen Quellen finanziert, fortsetzen. Das Programm hat daher bisher nicht nur interessante Ergebnisse hervorgebracht, sondern auch wesentlich dazu beigetragen, dass das nötige Know-How in der österreichischen Klimaforschungswelt entwickelt werden konnte.

StartClim wurde 2002 ins Leben gerufen und wird von einem Geldgeberkonsortium finanziert, dessen Zusammensetzung 2008 um die Österreichischen Bundesforste erweitert wurde und nun neun Institutionen<sup>1</sup> umfasst. Diese sind im Koordinierungsgremium vertreten und entwickeln gemeinsam mit der wissenschaftlichen StartClim-Projektleitung die Forschungsthemen. Ein internationaler wissenschaftlicher Beirat begutachtet und begleitet die jeweiligen Forschungsprojekte. Das Umweltbundesamt hat seit Beginn des Forschungsprogramms für die Finanzierungspartner die administrative Projektkoordination und die Verwaltung des Treuhandkontos übernommen. Die wissenschaftliche Projektleitung liegt beim Institut für Meteorologie der Universität für Bodenkultur Wien.

Ein Vorteil der von mehreren Geldgebern gemeinsam finanzierten Forschung ist ein Mehrwert für alle Beteiligten, da jeder einzelne Geldgeber die gesamten Ergebnisse nutzen kann und zwischen den Projekten und Institutionen im Rahmen von StartClim Synergien sinnvoll genutzt werden.

### 1.1 StartClim2008

Die Folgen der Klimaänderung sind bereits deutlich spürbar. Ein bestimmtes Maß an Klimaänderung ist in diesem Jahrhundert und darüber hinaus nicht mehr aufzuhalten. Anpassungsmaßnahmen stellen daher keine Alternative zum Klimaschutz dar, sondern sind eine unvermeidbare und unerlässliche Notwendigkeit geworden. Das Wissen über Anpassungsmöglichkeiten ist zum Teil noch sehr lückenhaft und bleibt bisher noch weit hinter den Möglichkeiten und Notwendigkeiten zurück. StartClim2008 widmet sich daher dem Thema „Anpassung an den Klimawandel“.

Die Projekte in StartClim2008 befassen sich mit der Anpassung von Waldböden an den Klimawandel und mit welchen Methoden in der Landwirtschaft die Evapotranspiration, die Erosion und der Schädlingsbefall verringert werden könnten. Die Anpassung in der Bio-Berglandwirtschaft und an den Rückgang der Permafrostgebiete in Tirol sind ebenso The-

---

<sup>1</sup> Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008)

Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (2005, 2006, 2007)

Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (2003, 2006, 2007, 2008)

Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung (2003, 2004, 2006, 2007, 2008)

Österreichische Bundesforste (2008)

Österreichische Nationalbank (2003, 2004)

Österreichische Hagelversicherung (2003, 2004, 2006, 2007, 2008)

Umweltbundesamt (2003)

Verbund AHP (2004, 2007)

men in StartClim2008 wie der Einfluss von Adaptationsmaßnahmen auf das akute Sterberisiko in Wien.

## **1.2 Gliederung des Berichtes**

In einem zusammenfassenden Bericht (vorliegender Bericht) werden die Ergebnisse aller Teilprojekte kurz und allgemein verständlich beschrieben. Dieser Bericht erscheint auch in englischer Sprache. Die ausführlichen, von den Projektpartnern eigenverantwortlich erstellten Berichte der einzelnen Teilprojekte sind in einem eigenen Sammelband zusammengefasst. Zusätzlich werden eine CD-ROM mit allen StartClim-Berichten und ein Folder mit einer Kurzzusammenfassung der Ergebnisse erstellt. Weiters werden alle Berichte auf der StartClim-Webpage ([www.austroclim.at/startclim/](http://www.austroclim.at/startclim/)) veröffentlicht.

## **1.3 Arbeitsweise von StartClim2008**

Die Organisation der Zusammenarbeit im Rahmen von StartClim2008 erfolgte in ähnlicher Weise wie bei den bisherigen StartClim-Phasen. Sieben Teilprojekte zu verschiedenen Fragestellungen wurden parallel bearbeitet. Dabei haben 34 Personen von 11 verschiedenen Institutionen insgesamt weit mehr als die veranschlagten rund 40 Monate Zeit für wissenschaftliche Arbeit einschließlich Berichterstellung aufgewendet. Von den 34 beteiligten Wissenschaftlern sind 13 weiblich.

Zur Förderung des wissenschaftlichen Austauschs zwischen den einzelnen Teilprojekten fanden zwei Workshops mit Vertretern des wissenschaftlichen Beirats statt, zu denen alle beteiligten Wissenschaftler und Vertreter der Geldgeber eingeladen waren. Im Zuge der Projektarbeit wurden auch Kontakte, die in früheren StartClim-Phasen entstanden sind, gepflegt und erweitert.

Als bereits bewährtes Mittel zum Informations- und Datenaustausch innerhalb der StartClim-Community wurden der FTP-Bereich/Server und die Webpage für StartClim (<http://www.austroclim.at/startclim/>) am Institut für Meteorologie der BOKU genutzt. Die im Rahmen von StartClim erstellte Literaturdatenbank wird um die in StartClim2008 verwendeten Literaturzitate erweitert. Die Projektberichte sind auch auf der StartClim-Homepage bereitgestellt.

## 2 Die StartClim2008-Projekte im Detail

### 2.1 StartClim2008.G: Anpassung von Waldböden an sich ändernde Klimabedingungen

Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) wird als das wichtigste anthropogene Treibhausgas betrachtet, aber auch Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) sind bedeutende Treibhausgase. Obwohl die Emissionen von  $\text{CH}_4$  und  $\text{N}_2\text{O}$  im Vergleich zu den Emissionen von  $\text{CO}_2$  kleiner sind, tragen sie wesentlich zum Klimawandel bei, weil sie ein 23 ( $\text{CH}_4$ ) bzw. 296 ( $\text{N}_2\text{O}$ ) mal höheres Erwärmungspotential als  $\text{CO}_2$  haben (IPCC, 2004). Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ) beeinflusst den Strahlungshaushalt der Erde indirekt, indem es als Katalysator für die Bildung von Ozon ( $\text{O}_3$ ) in der Troposphäre wirkt (Crutzen, 1979; IPCC, 2004). Das ist von großer Bedeutung, weil Ozon nach  $\text{CO}_2$  und  $\text{CH}_4$  das drittwichtigste Treibhausgas darstellt (IPCC, 2004). Böden gelten als Hauptquelle von Lachgas (55-65%) und Methan (15-45%) (in Feuchtgebieten), gelten aber auch als die einzige bekannte Senke (aerobe Böden) für Methan (Macdonald et al., 1996). Aufgrund der Komplexität der beteiligten Prozesse (Mineralisation, Nitrifikation, Denitrifikation, Methanaufnahme,- und -bildung etc.), sind regionale und globale Schätzungen der Quell- bzw. der Senkstärke von Böden für die Treibhausgase  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{CH}_4$  aber auch für  $\text{CO}_2$  noch immer sehr unsicher.

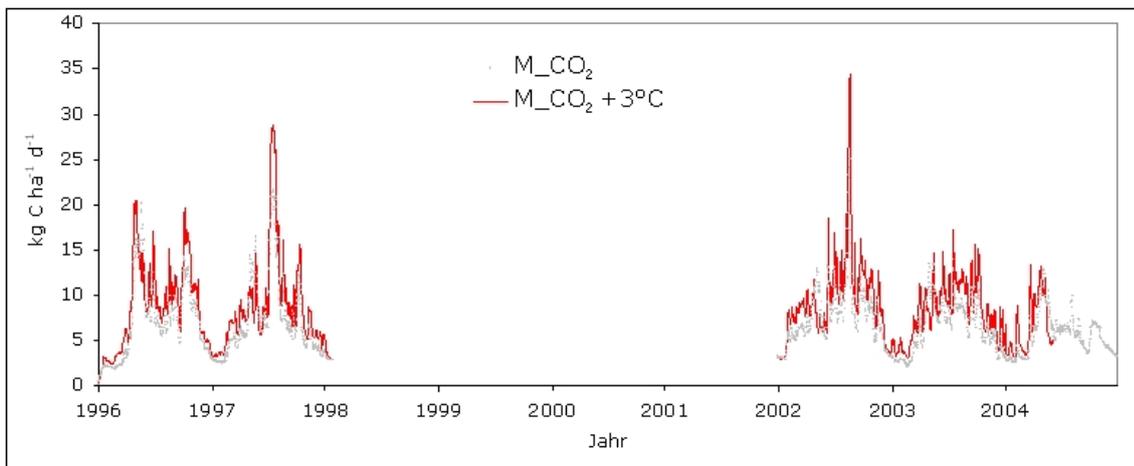
Erhöhungen der bodennahen Temperatur und Änderungen der Niederschlagsmuster haben Einfluss auf die Kohlenstoff- und Stickstoffmineralisation im Boden, allerdings sind die Zusammenhänge quantitativ bisher noch wenig untersucht. Da die mikrobielle Aktivität temperatur- und feuchtigkeitsabhängig ist, können Böden zu Kohlenstoff- und Stickstoffquellen werden. Aber auch erhöhte Stickstoffeinträge oder Änderungen der Landnutzungsform können zu Änderungen der Bodenprozesse und der mikrobiellen Aktivität führen und dadurch auch zu einer Änderung der Quell- bzw. der Senkstärke von Böden. Aufgrund der hohen räumlichen und zeitlichen Variabilität mikrobieller Prozesse („hot spots“ und „hot moments“, das sind Bereiche im Boden bzw. Zeitpunkte wo überdurchschnittlich hohe Emissionsraten gebildet werden) reichen Freiland- oder Labormessungen alleine nicht aus um diese Veränderungen abzuschätzen, weshalb wir auf Simulationsmodelle angewiesen sind. Durch die Weiterentwicklung und Prüfung prozessorientierter Modelle können Unsicherheiten in der Abschätzung von Treibhausgasemissionen aus Böden vermindert werden. „Hot spots“ von Emissionen können besser erfasst werden und so ermöglichen Modelle die Entwicklung gezielter Strategien zur Emissionsminderung (IPCC, etc...).

Das Ziel dieser Studie war (1) die Zusammenführung und modellkonforme Aufbreitung aller verfügbaren und für die Modellinitialisierung, -antrieb und -validierung relevanten Daten (2) die Anwendung und Überprüfung eines biogeochemischen Modelles zur Simulation des Kohlenstoff- und Stickstoffkreislaufs und den damit verbundenen Kohlenstoff- und Stickstoffspurengasflüssen (Framework: MOBILE-DNDC, Modul: Forest-DNDC2) für drei ausgewählte Waldstandorte (3) die Identifikation von Modellschwächen und Realisierung möglicher Modell-Verbesserung und (4) die Durchführung von Szenarioanalysen und Sensitivitätsstudien

Während der Projektlaufzeit wurden bestehende, in verschiedenen Forschungsprojekten aufgenommene Daten (>10 jährige Daten von den drei Waldstandorten Achenkirch (Tirol), Klausenleopoldsdorf und Schottenwald (Wienerwald)) gesammelt, strukturiert, zusammengefasst, in das Modell implementiert und das Modell wurde an Besonderheiten dieser Standorte angepasst. Nach einer Reihe von Modellverbesserungen, wie der Entwicklung einer neuen Temperaturfunktion und dem Testen von alternativen Feuchtigkeitsfunktionen, gewannen die Projektionen wesentlich an Genauigkeit. So konnten für  $\text{CO}_2$  und  $\text{N}_2\text{O}$  von allen drei Standorten gute Modellierungsergebnisse erzielt werden, sowie eine erfolgreiche Modellvalidierung mit den Daten der untersuchten, beheizten Bodenplots. Die Modellberechnungen zeigten, dass in österreichischen Waldböden bei einer Temperaturzunahme um  $1^\circ\text{C}$  etwa 10% mehr  $\text{CO}_2$  durch Bodenatmung freigesetzt wird. Bei einer Temperaturzunahme von  $2^\circ\text{C}$ , werden etwa 20% mehr  $\text{CO}_2$  und  $\text{N}_2\text{O}$  emittiert. Ursache dafür ist der beschleunigte mikrobielle Ab-

bau von im Boden gespeichertem Kohlenstoff und Stickstoff. (Zum Vergleich: Der Verkehr in Österreich produziert umgerechnet  $2,7 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$  an  $\text{CO}_2$ -Equiv. Der Waldboden am Tiroler Standort emittiert  $6,6 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ , wovon ein großer Teil von den Pflanzen wieder aufgenommen wird.)

Der bekannte selbstverstärkende Prozess, dass die durch den Klimawandel verursachte Erwärmung der Böden zur Erhöhung der Treibhausgasemissionen aus den Böden und damit zu einer Verstärkung des Klimawandels führt, konnte im Rahmen des Projektes für einige österreichische Waldböden quantifiziert werden. Nach der Wiederbefeuchtung des Bodens nach längeren Trockenperioden, wurde besonders die  $\text{N}_2\text{O}$  Produktion angekurbelt. Simulationsergebnisse zeigten, dass durch eine Erhöhung der Temperatur dieser Effekt wahrscheinlich noch verstärkt wird.



**Abb. 1** : Modellierte  $\text{CO}_2$ -Emission am Standort Schottenwald bei derzeitigen Temperaturen (grau) und vorhergesagte  $\text{CO}_2$ -Emissionen (rot) bei einem Temperaturanstieg von  $3^\circ\text{C}$ .

## 2.2 StatClim2008.E: Entwicklung und ökonomische Abschätzung unterschiedlicher Landschaftsstrukturen auf Ackerflächen zur Verringerung der Evapotranspiration vor dem Hintergrund eines Klimawandels unter besonderer Berücksichtigung einer Biomasseproduktion

Regionalisierte Klimaszenarien für den Osten Österreichs (DUBROVSKY, 2005) weisen auf eine deutliche Temperaturerhöhung bei etwa gleich bleibenden Niederschlagsummen hin. Es wird von einer Zunahme der durchschnittlichen Jahrestemperatur für die 2020er Jahre von ca.  $1,9^\circ\text{C}$  und für die 2040er Jahre von ca.  $2,5^\circ\text{C}$  im Vergleich zur Klimanormalperiode (1961-1990) ausgegangen. Aufgrund der veränderten Temperaturbedingungen ist mit einer Erhöhung der potenziellen Verdunstung von ca. 18 % für die 2020er Jahre respektive 25 % für die 2040er Jahre zu rechnen (EITZINGER et al., 2005). Wasser ist heute schon einer der limitierenden landwirtschaftlichen Produktionsfaktoren im Osten Österreichs, womit der effizienten Nutzung dieser begrenzt verfügbaren und künftig eventuell sogar knapper werdenden Ressource durch Anpassungsmaßnahmen besondere Bedeutung in Bezug auf die Erhaltung der landwirtschaftlichen Produktion zukommt.

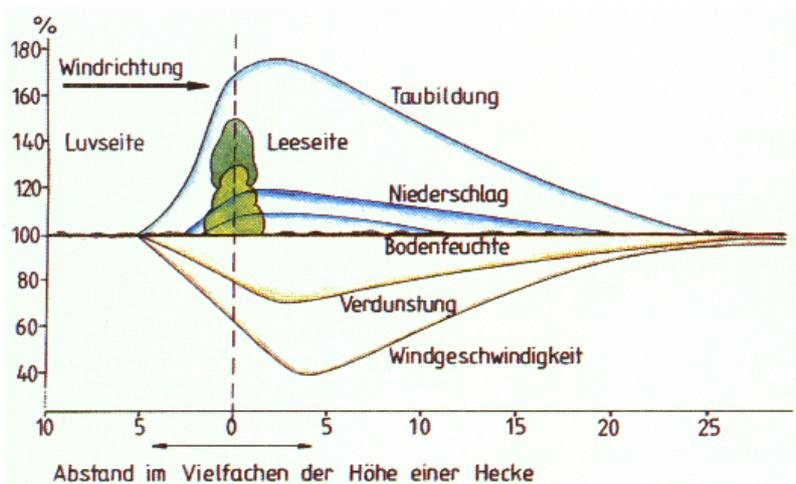
Durch die zu erwartenden veränderten klimatischen Verhältnisse wird der Ackerbau im Osten Österreichs zunehmend schwieriger und möglicherweise ohne entsprechende Adaptationsmaßnahmen partiell unmöglich werden. Eine mögliche Anpassungsmaßnahme wird in der Beeinflussung des Mikroklimas der landwirtschaftlichen Gebiete gesehen. So kann bspw. durch die Errichtung von Landschaftsstrukturen (z.B. Windschutzhecken), welche die Landschaft untergliedern, die Wassernutzungseffizienz deutlich verbessert werden.

Um eine erste Grundlage für weitere vertiefende Forschungsprojekte sowie eine erste Entscheidungsgrundlage zu liefern, wird untersucht, inwieweit die Gliederung einer agrarisch genutzten Landschaft mittels Landschaftsstrukturen unter Berücksichtigung ausgewählter Klimaszenarien klimatisch, ökonomisch und ökologisch sinnvoll ist.

Unter Berücksichtigung einer multifunktionalen Landnutzung werden verschiedenste Landschaftsstrukturen diskutiert. Neben einer positiven Beeinflussung des Mikroklimas, des Erosionsschutzes der Ackerböden und damit der nachhaltigen Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit wurden zusätzliche ökonomische Nutzungsmöglichkeiten von Landschaftsstrukturen, wie u. a. die Gewinnung von Biomasse und die Ernte von Wildfrüchten berücksichtigt. Auf Grund der derzeit noch fehlenden Grundlagendaten erfolgt die Bearbeitung der Forschungsfrage im Wesentlichen literaturbasiert bzw. auf Basis von Primärdaten anderer Projekte. Diese Sekundärforschung wird durch eine ökonomische Szenarioanalyse ergänzt.

Drei mögliche Varianten der Landschaftsstrukturierung werden im Folgenden näher betrachtet: verholzende mehrjährige Pflanzen mit spezifischer Biodiversitätsfunktion, mehrjährige verholzende Pflanzen, die als Biomassepflanzen im Kurzumtrieb bewirtschaftet werden und krautige ein- bis mehrjährige Biomassepflanzen.

Alle genannten Bepflanzungsvarianten einer Landschaftsstrukturierung wirken sich positiv auf das Mikroklima aus und beeinflussen den Wasserhaushalt der angrenzenden agrarisch genutzten Flächen, indem sie die Windgeschwindigkeit, die Winderosion und die Verdunstung reduzieren sowie die Taubildung fördern (Abb. 2). Dies führt unter den heutigen klimatischen Bedingungen zu einer Ertragssteigerung der angebauten Feldfrüchte auf den angrenzenden Ackerflächen. Bei den angenommenen klimatischen Änderungen wird von einem Erhalt des Ertrages trotz der ungünstigeren Klimabedingungen ausgegangen.



**Abb. 2 :** Klimaschutzwirkung einer Landschaftsstruktur mit mehrjährigen verholzenden Pflanzen, Quelle: FRIELINGHAUS et al., 1997.

Ausgehend von den Literaturanalysen kann eine Windschutzwirkung auf einer Breite der 10- bis 20fachen Höhe der Landschaftsstrukturen unterstellt werden (vgl. z.B. MAZEK-FIALLA, 1967). D.h. eine 5 m hohe Landschaftsstruktur bewirkt einen potenziellen Windschutz und damit einen positiven Einfluss auf den Wasserhaushalt der Ackerfläche bis zu einer Entfernung der Landschaftsstruktur von 50 bis 100 m. Literaturrecherchen ergeben ebenfalls, dass die Landschaftsstrukturen eine Mindestbreite von 6 m aufweisen sollten, damit eine signifikante Klimaschutzwirkung und damit ein positiver Einfluss auf den Wasserhaushalt und die Bodenerosion erfolgen kann (DVL, 2006; MEYERHOFF, 2006).

Allerdings ist die Klimaschutzwirkung zwischen den einzelnen identifizierten Bepflanzungsvarianten differenziert zu betrachten. Während krautige Biomassepflanzen jährlich geerntet

werden und somit insgesamt geringere Windschutzwirkung erreichen, werden verholzende mehrjährige Pflanzen je nach Nutzungsart in mehrjährigen Intervallen geerntet. Bei verholzenden mehrjährigen Pflanzen mit spezifischer Biodiversitätsfunktion (Hecken) kann, mit Hilfe einer auf Windschutz ausgerichteten Heckenpflege, die vergleichsweise höchste Windschutzwirkung festgestellt werden. Eine mögliche Ertragssteigerung der angebauten Feldfrüchte durch die Landschaftsstrukturen ist somit von deren Struktur (Winddurchlässigkeit, Erntezeitpunkt und -häufigkeit) und deren Höhe und Breite abhängig. Dazu kommen weitere Einflussfaktoren wie die abiotischen Standortbedingungen (die Bodenbeschaffenheit und der Gesteinsuntergrund, der Wasser-, Nährstoff- und Wärmehaushalt, die Sonneneinstrahlung ...) und die angebaute Feldfrucht selbst.

Ausgangspunkt für die im Rahmen des Projektes durchgeführte ökonomische Analyse ist die Annahme einer ortsüblichen Fruchtfolge bei konventioneller Bewirtschaftung im Osten Österreichs, deren Naturalerträge sowie Preisprognosen. Es erfolgt somit eine Trendabschätzung der ökonomischen Grenzen und Chancen einer Landschaftsstrukturierung in Hinblick auf unmittelbare ökonomische Auswirkungen sowie auch Folgewirkungen.

Für eine 5 m hohe und 6 m breite Landschaftsstruktur kann sich bei einer durchschnittlichen Windschutzwirkung der 10fachen Höhe der Struktur bereits bei einer angenommenen 10%igen Ertragssteigerung (ausschließlich bezogen auf die Feldfruchternte) ein ökonomischer Vorteil für den Betrieb ergeben. Beträgt die durchschnittliche Windschutzwirkung sogar das 20fache der Höhe der Landschaftsstruktur, so kann bereits eine etwas mehr als 5%ige Steigerung des Feldfruchtertrages ausreichen, damit die Landschaftsstrukturierung für den landwirtschaftlichen Betrieb positiv in die Bilanzierung eingeht. Ohne derartige Ertragsteigerungen ist der betriebswirtschaftliche Effekt der Landschaftsstrukturen negativ, da sie auf den von ihnen genutzten Flächen nicht den zuvor bestrittenen Feldfruchtanbau zulassen (Opportunitätskosten, der von den Landschaftselementen genutzten Flächen).

Zwangsläufig sind keine sehr hohen Ertragssteigerungen der Feldfrüchte erforderlich, um aus einer Strukturierung der Landschaft einen ökonomischen Nutzen zu ziehen. Durch die ausgewählten Landschaftsstrukturen selbst kann im Rahmen der Food- oder Non-Foodproduktion ökonomischer Nutzen gezogen werden. Werden darüber hinaus auch noch die zu erwartenden positiven externen Effekte der Treibhausgasreduktion, des Bodenschutzes sowie der Landschaftsstrukturierung mit einer erhöhten Biodiversität ins Kalkül gezogen, erhöht sich der potenzielle ökonomische Gesamtnutzen noch weiter.

So kann die Spanne der für eine positive ökonomische Bilanzierung der Landschaftsstrukturen erforderlichen 5 bis 25%igen Naturalertragssteigerung (der unterstellten Feldfrüchte) unter Berücksichtigung der zukünftig möglicherweise noch bedeutenderen positiven externen Effekte signifikant reduziert werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden (unter der Annahme, dass die derzeitige Bewirtschaftung wie Bodenbearbeitung, Fruchtfolge, Sortenwahl etc. fortgesetzt wird), dass angesichts des Klimawandels eine Strukturierung bzw. Kammerung der ackerbaulich genutzten Landschaft notwendig sein könnte, um eine Zunahme der Evapotranspiration zu verhindern und damit die Höhe des Ertrages und die Bodenfruchtbarkeit langfristig zu erhalten.

Auch heute schon ist, im Hinblick auf eine Erhöhung der Ertragsstabilität und einer Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit für die nächsten Generationen, eine Strukturierung der ackerbaulich genutzten Landschaft als sinnvoll zu erachten.

Derzeit basieren die gewonnenen Ergebnisse auf einer Szenariotechnik, der Durchschnittswerte zu Grunde liegen. Für eine detaillierte und vertiefende ökologische und ökonomische Bilanzierung spezifischer Landschaftsstrukturen fehlen jedoch weiterführende wissenschaftliche Untersuchungen, die u.a. im Bereich angewandter Feldforschung zu implementieren sind, und die die folgenden Fragestellungen behandeln sollten:

- Modellierung des Mikroklimas im Nahbereich unterschiedlicher Landschaftsstrukturen (verholzende mehrjährige Pflanzen mit spezifischer Biodiversitätsfunktion, mehrjähri-

ge verholzende Biomassepflanzen im Kurzumtrieb und krautige ein- bis mehrjährige Biomassepflanzen)

- Bestimmung der Auswirkungen von Landschaftsstrukturen auf den Feldfruchtertrag und die nutzbare Wassermenge der benachbarten Hauptbewirtschaftungsflächen.
- Erfassung des Ertrages der Landschaftsstrukturen (Biomassepflanzen etc. ) selbst.
- Unter Berücksichtigung der Externalitäten, Durchführung einer erweiterten ökonomischen Modellierung auf Grundlage der aus einer angewandten Feldforschung gewonnenen Daten.
- Untersuchungen zur ökonomischen Optimierung einer Landschaftsstrukturierung.
- Identifizierung relevanter Parameter zur Strukturierung einer spezifischen Landschaft in Bezug auf regionale und einzelbetriebliche Verhältnisse.
- Identifikation der Akzeptanz bzgl. einer Landschaftsstrukturierung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Bepflanzungsvarianten.

### **2.3 StartClim2008.B: Welche Anpassungen der derzeitigen Erosionsschutzmaßnahmen sind unter den Bedingungen des Klimawandels zu empfehlen?**

„Nur ein gesunder Boden produziert gesunde Früchte und sauberes Grundwasser“. Bodenerosion durch Wasser beeinträchtigt langfristig nicht nur die Produktivität unserer Böden, sondern vermindert auch ihre Speicherfähigkeit und Filterfunktion. Oberstes Ziel einer nachhaltigen Boden- und Landnutzung muss daher die Erhaltung und Verbesserung der Fruchtbarkeit unserer Böden sein. Verminderung des Bodenabtrages durch Wasser infolge geeigneter Schutzmaßnahmen stellt daher einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung dieses Ziels dar.

Im vorliegenden Forschungsvorhaben wurden für ein 1,44 km<sup>2</sup> großes Einzugsgebiet im Weinviertel, NÖ, aus einer Vielzahl zur Verfügung stehender Bodenschutzmaßnahmen zwei ausgewählt und mit dem herkömmlichen Bodenbewirtschaftungssystem verglichen. Bei den Varianten handelt es sich um

- 1) Konventionelle Bodenbearbeitung (CT)
- 2) Direktsaat mit Winterbegrünung (NT)
- 3) Grünlandnutzung (GRASS).

Ziel des Vorhabens war die Überprüfung der Wirksamkeit dieser Bodenbewirtschaftungsvarianten für Klimabedingungen im Zeitraum 2040-2060 im Hinblick auf Oberflächenabfluss und Bodenabtrag für die IPCC Klimaszenarien A1B (gemäßigtes Emissionsszenario) und A2 (extremes Emissionsszenario) im Vergleich zur Referenzperiode 1961-1990. Für die zukünftigen Klimaszenarien wurde eines mit geringem (low) und eines mit hohem Temperaturanstieg (high) angenommen und jeweils eine Zeitreihe von 100 Jahren generiert.

Die Berechnungen des Oberflächenabflusses und des Bodenabtrages im sowie des Sedimentaustrages aus dem Gebiet erfolgte mit dem WEPP-Erosionsmodell, welches anhand mehrjähriger Messungen von Versuchsflächen im Einzugsgebiet geeicht wurde.

Unter den angenommenen zukünftigen Klimaszenarien ist mit einer Verminderung des Niederschlages um 7 bis 18% zu rechnen. Dies führt bei konventioneller Bodenbearbeitung und -bewirtschaftung unter gemäßigtem Emissionsszenario zu einer Reduktion des Oberflächenabflusses von 42,5-60%. Trotz deutlich geringerer Jahresniederschläge unter dem IPCC Szenario A2 beträgt die Verminderung nur zwischen 7,5 und 20%, was auf eine Zunahme von Starkniederschlägen mit hohen Intensitäten zurückzuführen ist.

Unter derzeitigen Klimabedingungen kommt es unter Direktsaat und Grünlandnutzung zu Abflussverminderungen zwischen 38 und 75%. Bei zukünftigen Klimabedingungen ist anzunehmen, dass die Wirkung der beiden Bodenschutzmaßnahmen ähnlich hoch bleibt (A1B)

oder auf 16-53% reduziert wird (A2). Dies bedeutet, dass zwar unter zukünftigen Klimaverhältnissen bei geringeren Niederschlägen geringfügig weniger Oberflächenabfluss auftritt, insgesamt aber der Wasserrückhalt in der Landschaft abnimmt und daher weniger Bodenwasser für die Pflanzenproduktion verfügbar sein wird.

**Tab. 1:** Zusammenstellung der Abfluss- und Erosionsergebnisse für die untersuchten Bodenschutzmaßnahmen

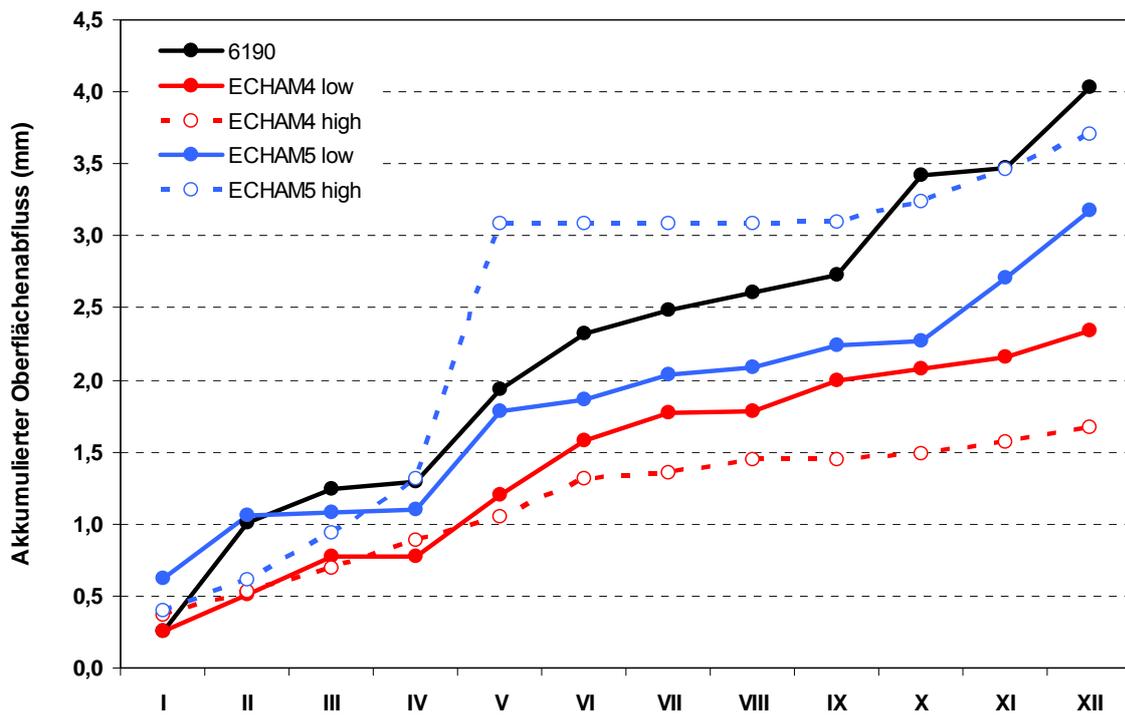
		1961-1990	2040-2060	
			gemäßigtes Emissions-szenario (A1B)	extremes Emissions-szenario (A2)
Niederschlag (mm.a <sup>-1</sup> )		535	500 - 506	440 - 471
Lufttemperatur (°C)		9,5	10,5 - 12,1	10,8 - 12,6
Oberflächenabfluss (mm.a <sup>-1</sup> )	CT	4	1,6 - 2,3	3,2 - 3,7
	NT	2,5	1,0 - 1,5	2,5 - 3,1
	Grass	0,9	0,4 - 0,6	1,5 - 2,1
Bodenabtrag (t.ha <sup>-1</sup> .a <sup>-1</sup> )	CT	2,57	1,16 - 3,14	2,14 - 4,00
	NT	0,35	0,16 - 0,22	0,26 - 1,42
	Grass	0,01	0,01	0,03
Sedimentaustrag (t.ha <sup>-1</sup> .a <sup>-1</sup> )	CT	1,51	0,63 - 1,46	1,29 - 2,38
	NT	0,22	0,10 - 0,15	0,20 - 0,52
	Grass	0,01	0,01	0,03 - 0,04

Die Berechnungen des mittleren Bodenabtrages im Einzugsgebiet ergeben derzeit Werte zwischen 2,52 (CT) und 0,01 t.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup> (Grass). Damit wird der tolerierbare Bodenabtrag von 2,5 t.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup> erreicht, welcher einer jährlichen Bodenbildungsrate von rd. 0,2 mm entspricht. Der Großteil der Erosion entsteht nur innerhalb eines kurzen Zeitraumes im Frühjahr, zwischen Saatbettbereitung und Beginn des vegetativen Wachstums, in dem die Niederschläge mit den höchsten Intensitäten auftreten. Je nach Klimaszenario zeigen sich bei konventioneller Bewirtschaftung Veränderungen in den mittleren Erosionsraten zwischen -55 und +22% (A1B) bzw. zwischen -17 und +56% (A2). Unter extremen Klimabedingungen ist auch mit einem Überschreiten des tolerierbaren Maßes zu rechnen.

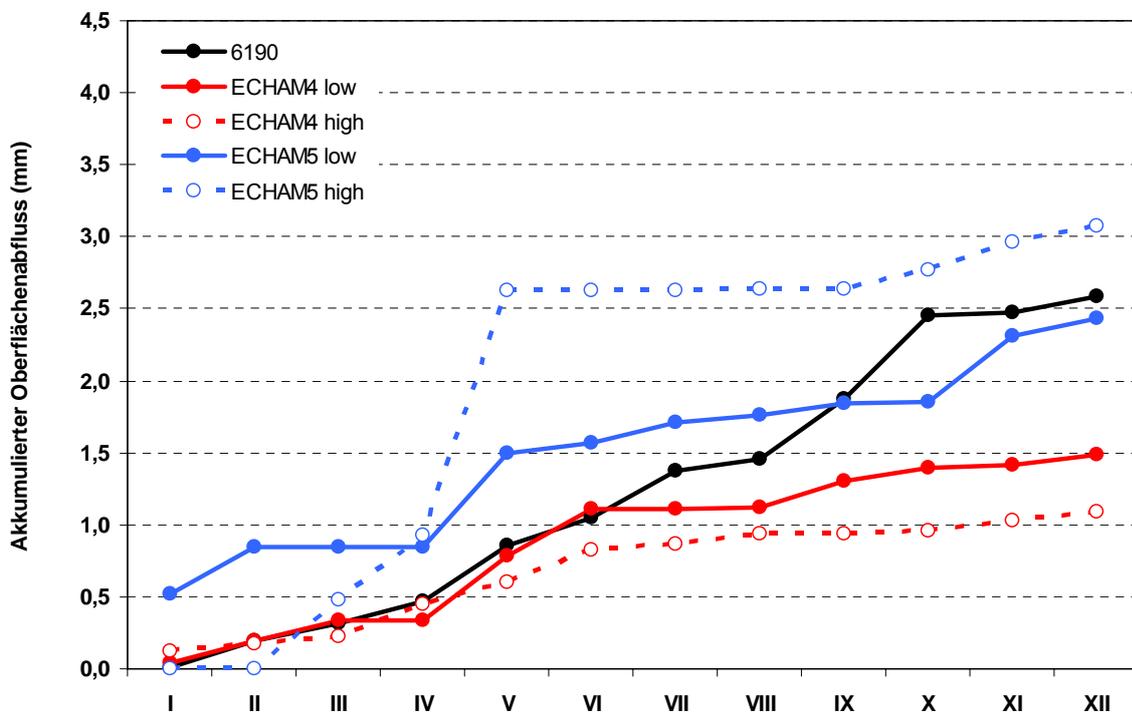
Bei Verwendung von Direktsaat im gesamten Gebiet zeigen die Berechnungen zukünftige mittlere Bodenabträge zwischen 0,16 und 1,42 t.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup>, welche ähnlich hoch bzw. höher sind als unter derzeitigen Bedingungen. Unter Grünlandnutzung kommt es nur zu marginalen Erosionen (>0,03 t.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup>). Diese mittleren Erosionsraten bedeuten aber, dass je nach Feldgröße und Hangneigung auf einzelnen Flächen im Einzugsgebiet auch wesentlich höhere Bodenabträge auftreten werden. Trotzdem ist etwa ein Mal in neun Jahren mit Bodenerosion zu rechnen, die die Toleranzgrenze deutlich überschreitet.

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass die verwendete Methodik einen geeigneten Ansatz zur Überprüfung der Wirksamkeit von Bodenschutzmaßnahmen unter veränderten Klimabedingungen darstellt. Einschränkungen sind aber dadurch gegeben, dass mögliche zukünftige Veränderungen in der Fruchtfolge und in der Produktivität neuer Sorten nicht berücksichtigt wurden. Weiters kommt beim Erosionsprozess der Niederschlagsintensität eine überproportional größere Bedeutung zu als der Niederschlagsmenge. Änderungen in Häufigkeit und Intensität der Regenereignisse wurden auf Basis der verfügbaren Klimaszenarien zwar simuliert, sind aber mit Unsicherheiten behaftet und können womöglich deutlich stärker ausfallen.

Die untersuchten Bodenschutzmaßnahmen stellen auch unter den angenommenen zukünftigen Klimaszenarien nachhaltige Bodenbewirtschaftungssysteme dar, da sie langfristig das tolerierbare Maß nicht überschreiten. Trotzdem wird auf steilen Flächen im Einzugsgebiet die Umstellung von CT auf NT alleine möglicherweise nicht ausreichen.



**Abb. 3 :** Mittlere monatliche Oberflächenabflusshöhen im Einzugsgebiet bei konventioneller Bodenbewirtschaftung (CT)



**Abb. 4 :** Mittlere monatliche Oberflächenabflusshöhen im Einzugsgebiet bei Direktsaat (NT)

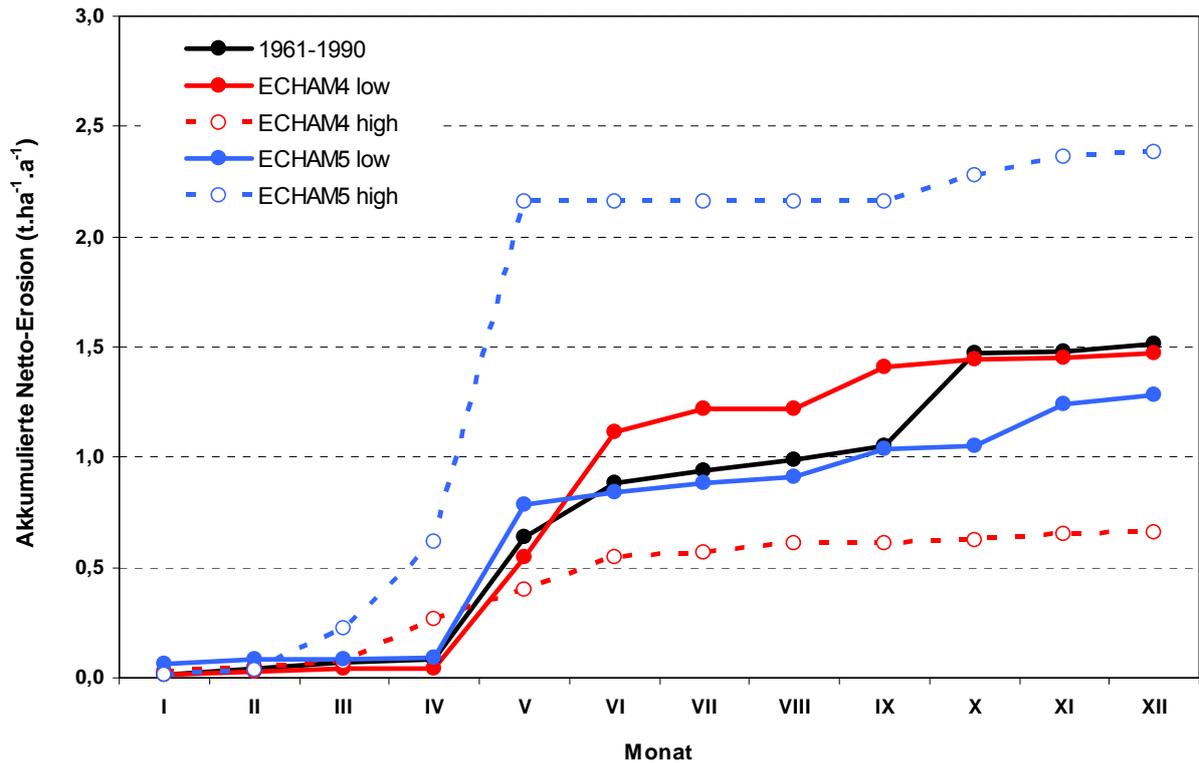


Abb. 5 : Zeitlicher Verlauf der Netto-Erosion im Einzugsgebiet unter konventioneller Bodenbewirtschaftung (CT)

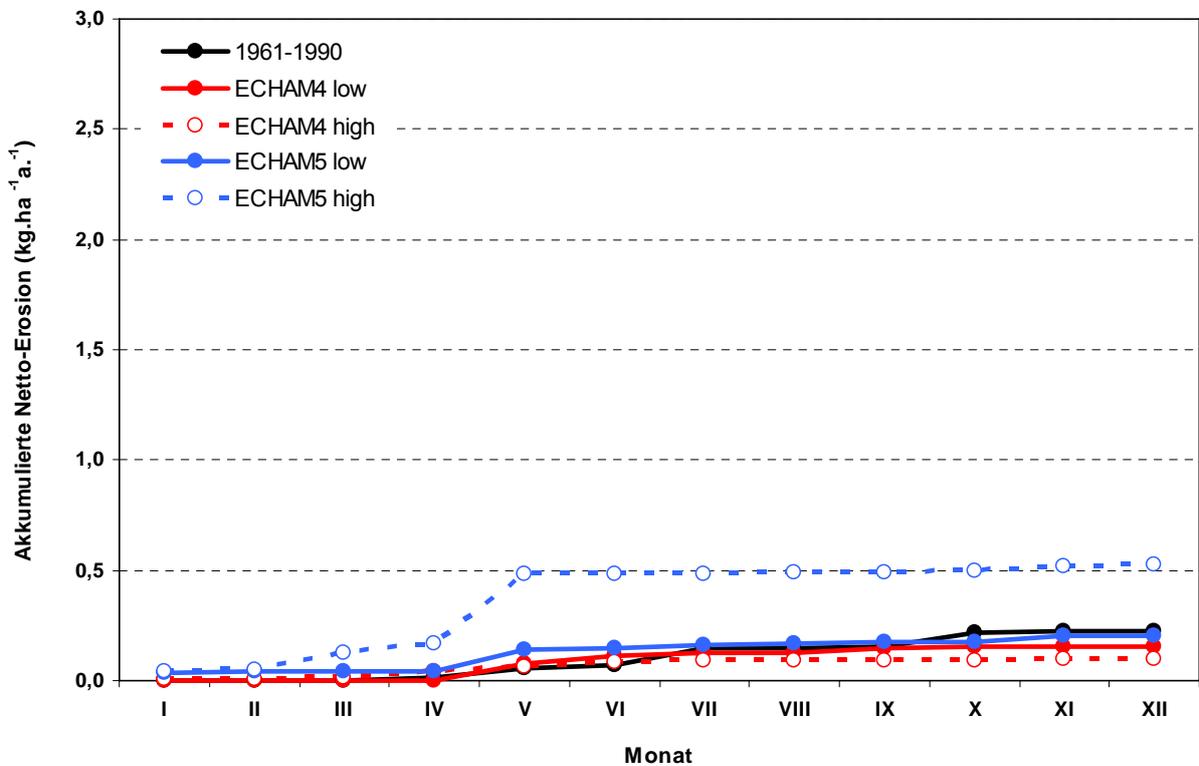


Abb. 6 : Zeitlicher Verlauf der Netto-Erosion im Einzugsgebiet bei Verwendung von Direktsaat (NT)

Folgende Anpassungen der derzeitigen Erosionsschutzmaßnahmen werden vorgeschlagen:

- Für Flächen mit Hangneigungen >10% sollen erosionsbegünstigende Kulturen wie Mais, Kartoffel und Zuckerrübe in der Fruchtfolge durch Kulturpflanzen ersetzt werden, die den Boden das ganze Jahr hindurch bedecken.
- Zur erosionsfreien Ableitung des auftretenden Oberflächenabflusses sollen rd. 5 m breite begraste Abflussmulden angelegt werden.

Da Boden nicht vermehrbar ist und er auch für nachfolgende Generationen die Hauptgrundlage zur Nahrungsmittelproduktion darstellt, gilt seinem Schutz oberste Priorität. Bodenschonende Bearbeitungsverfahren und Grünlandnutzung stellen auch unter den angenommenen zukünftigen Klimabedingungen nachhaltige Bodenbewirtschaftungssysteme dar, welche die verschiedenen Funktionen des Bodens erhalten.

## **2.4 StatClim2008.C: Praxiserprobung des Monitoringkonzepts "Anpassungen der Schadinsektenfauna an den Klimawandel" (StartClim2007.C) anhand der Erhebung von aktuellen Erdrapenschäden (*Agrotis segetum*, Schiff.; Fam. Noctuidae) unter Berücksichtigung von Standortfaktoren und Klima**

### **Einleitung und Fragestellung**

Die seit dem Jahre 2000 feststellbaren Veränderungen des Schädlingsauftretens im ostösterreichischen Ackerbauggebiet wurden im Zuge des Projekts StartClim2005.C3-a dargestellt. Im Besonderen kam es in klimatisch abweichenden Jahren wie im Hitze- und Dürrejahr 2003 zu Massenaufreten wärmeliebender Schadinsekten. Ob diese Veränderungen bereits eine Anpassung der Schadinsektenfauna an den Klimawandel darstellen, konnte aufgrund des Fehlens längerfristiger, vergleichbarer Datensätze zu Schädlingsdichten allerdings nur vermutet werden. Daher wurde empfohlen, ein Schädlingsmonitoringsystem mit Dauerbeobachtungsflächen einzurichten, um über die Jahre vergleichbare Daten zu erhalten. Auf Grundlage dieser Beobachtungen sollen in Zukunft klimabedingte Änderungen im Schädlingsspektrum rechtzeitig erkannt und darauf reagiert werden können. Im Rahmen des Projekts StartClim2007.C wurde von Bio Forschung Austria ein Konzept für ein Schädlings-Langzeit-Monitoringsystem erstellt, das die Hauptkulturen, deren Schädlinge sowie die relevanten Klimabereiche im ost-österreichischen Ackerbau abdecken soll. Die Einbeziehung bereits vorhandener Monitoring- und Warnsysteme ist dabei grundsätzlich vorgesehen.

Im Frühjahr und Sommer 2007 verursachten Erdrapen lokal schwere Schäden in Mais-, Kartoffel- und Begrünungsfeldern im niederösterreichischen Weinviertel. Als Erdrapen werden die knapp unter der Bodenoberfläche lebenden Larven einiger Arten der Eulenfalter (Noctuidae) bezeichnet, deren bedeutendste Vertreterin die Wintersaateule (*Agrotis segetum*) ist. Da in der Literatur durchwegs ein positiver Effekt von trockenwarmer Witterung auf die Entwicklung der Erdrapen betont wird, gaben die gemeldeten Schäden dazu Anlass, das Schädlingsmonitoringkonzept am Beispiel der Erdrappe praktisch zu erproben. Dabei sollten einerseits eine praxistaugliche Aufnahmemethodik von Erdrapendichte und -schaden entwickelt und andererseits Rückschlüsse auf die erforderliche Dichte und Verteilung der Monitoringstandorte unter Berücksichtigung der schadfördernden Faktoren gezogen werden. Zudem sollten Anpassungsmöglichkeiten der Landwirtschaft an einen steigenden Erdrapendruck infolge der Klimaerwärmung vorgeschlagen werden.

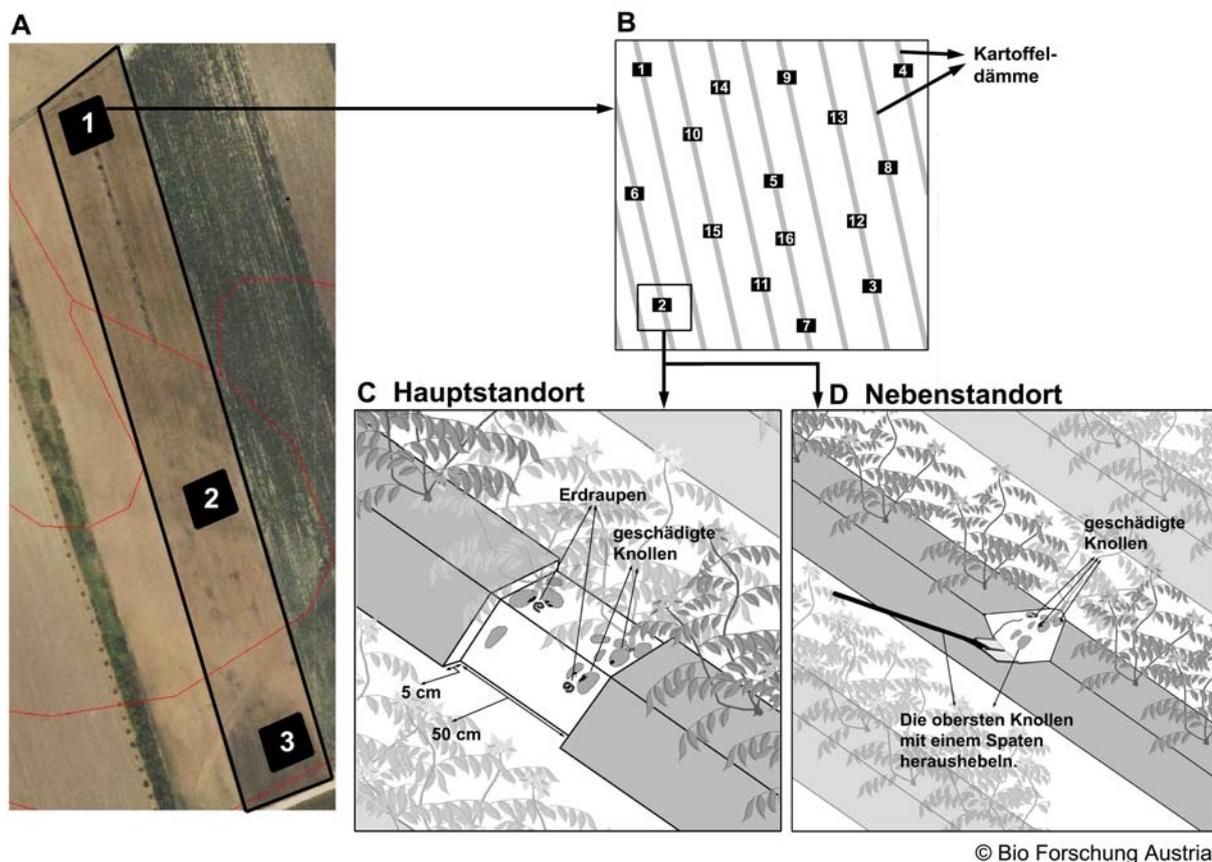
### **Methodik**

Zunächst wurde eine Vorgangsweise zur Erhebung von Erdrapenzahl und -schaden mit Hilfe von Probegrabungen an Probepunkten von  $\frac{1}{4}$  m<sup>2</sup> entwickelt. Anschließend wurden an insgesamt 81 rasterartig auf einem Kartoffelacker verteilten Probepunkten Grabungen durchgeführt, um die Verteilung der Erdrapen am Feld zu charakterisieren (gleichmäßig, zufällig, geklumpt). Die Verteilungscharakteristik diente als Grundlage zur Entwicklung eines

Sequential Sampling Systems, das eine zuverlässige und vergleichbare Einschätzung der Erdraupendichte bei möglichst geringer Zahl an Probenpunkten ermöglichen sollte.

Aufgrund des im Projektjahr 2008 aktuell geringen Erdraupenauftretens wurden neun landwirtschaftliche Betriebe im Weinviertel mit starken Erdraupenschäden in den Vorjahren 2006 und 2007 besucht und mittels Fragebogen Angaben zu Schadgeschichte, Standort, Bodenbearbeitung und Fruchtfolge aufgenommen. Dabei wurden auch die Beobachtungen der LandwirtInnen zu schadfördernden Faktoren und Erfahrungen mit Bekämpfungsmöglichkeiten bzw. Aussagen zu möglichen Anpassungsmaßnahmen protokolliert.

Zusätzlich wurden vorhandene Daten zu Erdraupenschäden von 40 Kartoffelschlägen aus den Jahren 2007 und 2008 aus einem laufenden Projekt zur biologischen Drahtwurmbe-kämpfung zu Regressionsanalysen mit Klima-, Boden- und Landschaftsparametern herangezogen. Anschließend wurden unter Einbeziehung der Literaturangaben und der Betriebsbesuchsergebnisse Rückschlüsse auf schadfördernde Faktoren sowie auf Kriterien zur Verteilung und Netzdichte der Monitoringstandorte gezogen.



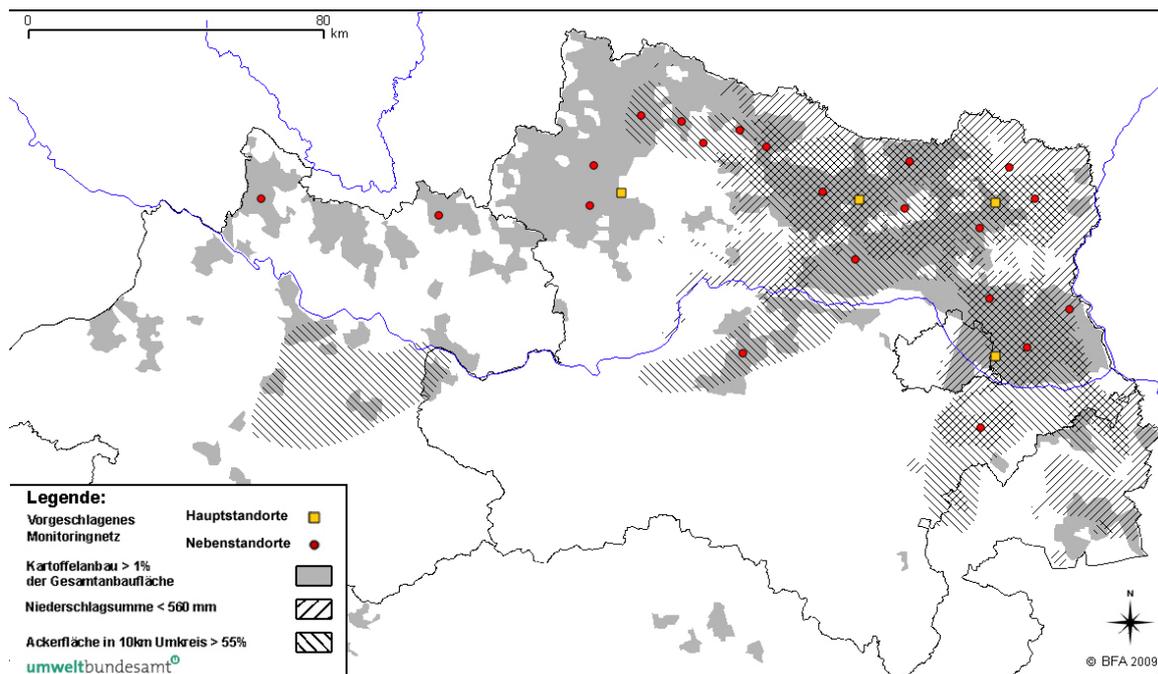
**Abb. 7** : Beispiel einer Schadflächenerhebung. Bild A zeigt 3 Beprobungsflächen eines Schlags (schwarze Quadrate mit weißen Zahlen), Bild B die willkürliche Auswahl von Beprobungsquadraten auf den Kartoffeldämmen innerhalb einer Probenfläche. Darunter ist jeweils ein einzelnes Probenquadrat der Erdraupendichtebestimmung auf einem Haupt- (Bild C) bzw. der Fraßschadensbewertung auf einem Nebenstandort (Bild D) im Detail dargestellt.

### Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die entwickelte Methodik zur Aufnahme von Erdraupendichten und –schäden am Feld mittels Sequential Sampling ist praxistauglich, ermöglicht eine rasche Erhebung vergleichbarer Daten und kann an die unterschiedlichen Anforderungen von Haupt- bzw. Nebenstandorten angepasst werden. Dabei sind für die Einschätzung der Erdraupendichte maximal 20 Proben/Probenfläche, für die Einschätzung des Schadens maximal 30 Proben/Probefläche vor-

gesehen. Dies bedeutet einen maximalen Arbeitsaufwand von etwa 10 (Erdraupendichte) bzw. 1,5 Personenstunden (Fraßschäden an Kartoffeln) pro Aufnahme. Aufbauend auf diesem Sequential Sampling System können Aufnahmeverfahren für weitere Schädlinge entwickelt werden.

Nach den Aussagen der LandwirtInnen bei den Betriebsbesuchen sind starke Erdrapenschäden an eine trocken-warme Witterung gekoppelt, wobei laut Literatur sowohl die Temperatur als auch die Bodenfeuchtigkeit Schlüsselfaktoren für die Raupenentwicklung darstellen. An sieben von neun besuchten Betrieben waren trockene bzw. mäßig trockene Bodenwasserhältnisse vorherrschend. Auch bei den Regressionsanalysen mit den Boniturdaten ergab sich ein signifikant negativer Zusammenhang zwischen Erdrapenschäden und der mittleren Jahresniederschlagssumme (1961–1990). Negative Zusammenhänge der Erdrapenschäden 2007 und 2008 mit den Niederschlagssummen von September bis Oktober des jeweiligen Vorjahres deuteten auf einen populationsregulierenden Effekt der Witterung in dieser Jahreszeit hin. Außerdem zeigten die Analysen einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen den Erdrapenschäden und dem prozentuellen Anteil von Ackerfläche in der Umgebung des beprobten Schlages. Dies ist möglicherweise auf einen stärkeren Zuflug eiablagebereiter Falterweibchen in offenen Agrarlandschaften zurückzuführen. Bei der Verteilung von Erdrapen-Monitoringstandorten sollten daher sowohl die Niederschlagsverhältnisse als auch der Ackerflächenanteil in der weiteren Umgebung (ca. 10 km) eines Standortes berücksichtigt werden. Ein Vorschlag für ein derartiges Monitoringnetz ist in der Abbildung dargestellt.



**Abb. 8** : Vorschlag für ein Monitoringnetz zur Erhebung von Erdrapendichten bzw. –schäden unter Berücksichtigung von Niederschlagssumme und Ackerflächenanteil. Ab einer mittleren Jahresniederschlagssumme  $\leq 560$  mm (1961–1990, HARLFINGER & KNEES 1999) bzw. ab 55% Ackerfläche in einem Umkreis von 10 km (CORINE LAND COVER 1990) liegt laut den Ergebnissen der logistischen Regressionsanalyse ( $r^2 \sim 24\%$ ) eine über 70%ige Wahrscheinlichkeit vor, dass ein mittlerer bis starker Erdrapenschaden auftritt ( $\geq 10\%$  der Pflanzen befallen). Die Karte der Kartoffelanbaugebiete stammt von STATISTIK AUSTRIA (2009).

Die Aussagen der LandwirtInnen deuten weiters darauf hin, dass der Anbauzeitpunkt entscheidend für den Erdrapenbefall bestimmter Kulturen sein dürfte. Befressen die Larven bereits die Jungpflanzen, kann es z.B. bei Mais zu einem Totalausfall kommen. Sehr häufig wurden bei den Betriebsbesuchen auch Schäden in Herbstbegrünungen genannt. Diese bie-

ten vermutlich den Faltern der 2. Generation im Herbst Eiablageplätze bzw. Nahrung für die Larven. Nach einem trocken-warmen Herbst können überwinternde Raupen auch verstärkte Schäden in den Folgekulturen verursachen.

Zur Vermeidung von Erdraupenschäden könnte nach trockenen und warmen Sommern ein Verzicht auf Begrünungen oder die Umstellung auf für Erdruppen weniger attraktive Folgekulturen im darauffolgenden Jahr in Erwägung gezogen werden. Als zusätzliche Bekämpfungsmaßnahme kommt aufgrund der hohen Empfindlichkeit gegenüber feuchten Bedingungen die Beregnung von Kulturen in Frage, sofern die Möglichkeit dazu besteht.

## **2.5 StatClim2008.D: Bio-Berglandwirtschaft in Tirol – Beitrag zur „Klimaentlastung“ und Anpassungsstrategien**

Im Kontext der Tiroler Biolandwirtschaft und des Tourismus wurde untersucht, welche konkreten Möglichkeiten innerhalb eines Wirtschaftssektors und ausgewählten, mit ihr in Verbindung stehenden gesellschaftlichen Teilsysteme gegeben bzw. zu entwickeln sind, um sich auf klimatische Veränderungen einzustellen bzw. einen Beitrag zur Minderung der Treibhausgasemissionen zu leisten. Generelle und regionalspezifische Erkenntnisse für die Arbeit wurden über eine Literaturlauswertung und 20 qualitative Experteninterviews gewonnen.

Die Untersuchung umfasste vier Arbeitsschritte:

- AS 1: Wahrnehmung des Klimawandels
- AS 2: Systemanalyse - Beschreibung der Ist-Situation
- AS 3: Szenarioanalyse - Beschreibung möglicher Zukünfte
- AS 4: Potentialanalyse - Beschreibung möglicher Strategien/Maßnahmen

### **AS 1: Wahrnehmung des Klimawandels**

Mithilfe der Schutzmotivationstheorie (Bewertung der Bedrohung und der Bewältigung) wurde der Umgang von Akteuren mit dem Klimawandel analysiert. Die zentralen Untersuchungskategorien sind die Begriffe „Wahrnehmung, Bedrohung, Bewältigung, Anpassung und Minderung (siehe Tab. 2). Zwei Punkte die sich der Tabelle nicht direkt zuordnen lassen, seien vorweg kurz erwähnt. In den meisten Interviews ist ein Auseinanderklaffen zwischen wahrscheinlicher und wünschenswerter Entwicklung beobachtbar:

- Wunsch: regionaler Ressourcen schonender Biolandbau ohne Gentechnik, in Harmonie mit bäuerlicher Tradition und touristischer Innovation (Innovation durchaus im Spannungsverhältnis zwischen Authentizität und Inszenierung)
- Wahrscheinlichkeit: „wie bisher“ Strukturwandel (mit Gentechnik)

In den Interviews fiel auf, dass Wissenschaftler und Praktiker auf die Frage: „Ist der Klimawandel derzeit ein Thema für Sie / für ihre Organisation?“ eine jeweils klar unterscheidbare Argumentationsfigur verwenden:

- Wissenschaftler: beginnt bei den Auswirkungen von Klimawandel und kommt dann zu eher allgemeinen Anpassungsmöglichkeiten. „Was geschieht, wenn das kommt?“ Als Maßnahmen wird vorgeschlagen: Beispielsweise verstärkt regionale Klimamodelle für die Quantifizierung von Unsicherheit entwickeln; Risikoabschätzung von Naturgefahren; Simulationsmodelle für regionale Szenarien über mögliche Extremereignisse, sowie narrative Szenarien über gesellschaftliche Entwicklungen als Kommunikationsstrategie für die Öffentlichkeit.
- Praktiker: beginnt mit konkreten Anpassungsmaßnahmen und erwähnt eher allgemeine Auswirkungen (es wird wärmer) am Rande. „Was tun wir, wenn das kommt?“ Vorgeschlagene Maßnahmen: Biowein, Bioerdbeeren, Endiviensalat und Ölkürbis.

Zwar wird der Klimawandel von allen Akteuren wahrgenommen, eine wirklich griffige Vorstellung darüber existiert nicht. Es dominiert eher Sorge als konkrete Bedrohung. Eine gewisse Ohnmacht in Anbetracht der Komplexität der Thematik wird deutlich, verbunden mit einer „verdrängenden Gedankenlosigkeit“.

**Tab. 2:** Zusammenfassung der Ergebnisse aus den ExpertInneninterviews

	<i>(Bio-)Agrarsektor</i>	<i>Tourismussektor</i>
<i>Wahrnehmung</i>	Klimawandel wird bestätigt; mediale Wahrnehmung des Klimawandels; diffuse Wahrnehmung im lebensweltlichen Zusammenhang; oft präzise Beschreibung von Ursache/Wirkung, dennoch konfuse Wahrnehmung zukünftig spezifischer Auswirkungen	Keine deutlichen Unterschiede bezüglich der Wahrnehmung des Klimawandels zwischen dem (Bio-)Agrarsektor und dem Tourismussektor.
<i>Bedrohung</i>	Gelassenheit; keine existentielle Bedrohung; Betroffenheit erst in Zukunft möglich, aber nichts Griffiges, eher Gefahr für kommende Generationen	Kein Schnee: Größte anzunehmende Katastrophe - Ohnmacht/Hilflosigkeit, deren man sich bewusst ist, wobei dieses Annehmen den Umgang damit erleichtert (Rationalisierung)
<i>Bewältigung</i>	„Näherrücken“ beunruhigt, aber Auswirkungen scheinen bewältigbar, was ein bestimmtes Negieren rechtfertigt - „verdrängende Gedankenlosigkeit“; Versicherungen befriedigen ein allgemeines Sicherheitsbedürfnis	Alternativenlosigkeit: keine schneeunabhängigen Optionen gedacht; dadurch fatalistische Einstellung mit resultierender Gelassenheit; Sommertourismus und mögliche Potentiale können Ausfälle nicht ausgleichen; Befürchtung: Hitze-Flüchtlinge ("Rohstoff" Mittelmeer) können auch woanders hinfahren
<i>Anpassung/ Maßnahmen</i>	Rückgriff auf Altbewährtes; auch aus anderen Regionen (z.B. Weinbau/Südtirol), dennoch Unsicherheiten hinsichtlich dieser Bewirtschaftungsmethoden; Biolandbau: stabiles System, welches den Auswirkungen trotzt, dennoch wenig differenzierte Sicht bezüglich möglicher Anpassungsleistungen	Nennen überwiegend techn. Anpassung; aber: techn. Anpassung mit strukturellen Problemen (z.B. Bahnanschluss); „niedriger“ Ölpreis verhindert CO <sub>2</sub> -minderndes Reise- und Fahrverhalten
<i>Minderung/ Maßnahmen</i>	Biolandbau und Region: Transportargument; Biolandbau gilt pauschal als Klimaschützer	Klimaneutrales Reisen: eventuell Zusatznutzen aber nicht buchungsrelevant; technische Maßnahmen: z.B. Photovoltaik und Geothermik für touristische Infrastruktur

Zusammenfassend bleibt die Einschätzung, dass trotz bestimmter und auch weitergehender Einsichten in Zusammenhänge und Handlungsmöglichkeiten in die Klimaproblematik, eine Integration in das Alltagsbewusstsein und konkretes Handeln zum gegenwärtigen Zeitpunkt eher zögerlich erfolgt.

## **AS 2: Systemanalyse - Beschreibung der Ist-Situation**

Ein Viertel der landwirtschaftlichen Nutzfläche des Landes Tirol wird biologisch bewirtschaftet. Das landwirtschaftliche Einkommen aus Förderungen liegt bei Bergbetrieben im Schnitt bei 70-80%, zum Teil bei 100%. Vorrangig ist die Erhaltung der typischen Kulturlandschaft. Zwischen Marktoptimierung und Förderungsoptimierung sind zwei Richtungen erkennbar: (a) Produktionsorientierung (Farming) (Biolandbau als Nische) und (b) Multifunktionale Orientierung (Agrikultur) (Biolandbau als Leitbild).

Im Biosektor ist eine Diversifizierung der Labels erkennbar, die in unterschiedlich weitreichenden Richtlinien zum Ausdruck kommen. Verschiedene Markenzeichen sind vor allem über ihre Strategie im Umgang mit Regionalisierung, Berglandwirtschaft und Einkaufspolitik zu unterscheiden. Beide Entwicklungen machen es dem Konsumenten schwer, sich zu orientieren. Bioprodukte aus der Bergregion ist die zentrale Marketingstrategie.

Dem Tourismus kommt in Tirol die zentrale wirtschaftliche Bedeutung zu. Zu unterscheiden sind zwei Richtungen: (a) Authentizität – „autochthone Angebote (intakte Natur- und Kulturlandschaft)“ - und (b) Inszenierung – „allochthone Angebote (events and actions)“.

Zukünftige Entwicklungen orientieren sich innerhalb dieser vier Eckpositionen mit jeweils unterschiedlichen Beiträgen zur Minderung von Treibhausgasemissionen sowie der Anpassung an klimatische Veränderungen.

### AS 3: Szenarioanalyse - Beschreibung möglicher Zukünfte

Das Szenario Design besteht aus zwei Teilschritten:

(1) Das Klimaentlastungsszenario bezogen auf die (Bio-)Landwirtschaft umfasst die Vollumstellung der Tiroler Landwirtschaft auf Ökologische Landwirtschaft anhand dreier Systemkomponenten (mineralischer N-Dünger, Futtermittelrationen, Rinderbesatz). Das Minderungspotential in diesem bereits extensiven Grünlandgebiet beträgt ca. 0,5 % der gesamten österreichischen, aus der Landwirtschaft stammenden Emissionen. Dabei handelt es sich nur um überschlägige Berechnungen. Viele Komponenten (z.B. Nährstoffüberschuss, Nitrat-einträge ins Grundwasser, Primärenergieeinsatz) mussten, mangels entsprechender Datengrundlagen, ausgespart werden. Unter Einbezug weiterer landwirtschaftlicher sowie ernährungsspezifischer Faktoren, ist mit einem zunehmenden Minderungsbeitrag zu rechnen.

**Tab. 3:** Treibhausgaseinsparungspotentiale bei Vollumstellung auf Ökologische Landwirtschaft in Österreich und in Tirol

Komponenten	Österreich		Bio-Österreich	Tirol		Bio - Tirol
	gesamt	Bio	THG Einsparung t CO <sub>2</sub> e a <sup>-1</sup>	gesamt	Bio	THG Einsparung t CO <sub>2</sub> e a <sup>-1</sup>
(a) t N-Mineraldünger (Rein-nährstoffe) (2007)	103.700 (1)		776.713	100		749
(b) Anzahl Rinder gesamt (2007)	2.000.196 (2)	340.033 (2)	186.635 (3)	182.559 (4)	37.791 (4)	16.057
(c) Besatz GVE/ha in Futterbau-betrieben (2007) (5)	1,21	1,07	248.029			23.006
THG Gesamtemissionen (2007)	7.900.000		1.211.377			39.812

Quellen: (1) Grüner Bericht 2008; AMA 2007, (2) Grüner Bericht 2008, Tab. 3.1.25, (3) UBA 2009b: 224ff, 241 (4) Grüner Bericht 2008, Tab. 3.1.15b, (5) Grüner Bericht 2008: 234

Die Bewertung des Gesamtsystems Biolandbau sollte aber nicht auf einen Indikator (THG-Emissionen) reduziert werden. Die positiven Effekte des Biologischen Landbaus sind umfassender (Umweltschutz, Biodiversität, soziale Leistungen usw.).

(2) Das Klimaanpassungsszenario umfasst den „worst case“ klimatischer Entwicklungen sowie sozioökonomische Rahmenbedingungen bis in das Jahr 2030. Darin eingebettet sind zwei Szenarien jeweils mit Bezug zur Landwirtschaft und dem Tourismus, jeweils im Kontext zum Klimawandel:

Kernfeldszenario I (Intensivierung) im Klimakontext

- Teil LAWI: „Farming“ (Biolandbau als Nische)
- Teil TOUR: „Inszenierung“ (events and actions)

Kernfeldszenario II (Extensivierung) im Klimakontext

- Teil LAWI: „Agrikultur“ ( Biolandbau als Leitbild)
- Teil TOUR: „Authentizität“ (intakte Natur- und Kulturlandschaft)

#### **AS 4: Potentialanalyse - Beschreibung möglicher Strategien/Maßnahmen**

Aufbauend auf den Szenarien wurden für die Sektoren Landwirtschaft und Tourismus eine Potentialanalyse durchgeführt. In der Landwirtschaft wurden Handlungsalternativen für die Sub-Sektoren Produktion, Handel und Vermarktung, Bio-Energie, Vertragsnaturschutz- und Landschaftspflege identifiziert, im Tourismus für die Bereiche Winter- und Sommertourismus. Die Interventionsstrategien umfassen Hinweise zu Bildung/Beratung/Öffentlichkeitsarbeit, Forschung und Entwicklung, Förderprogrammen sowie Marketing.

##### **2.6 StartClim2008.F: Wahrnehmung und Bewertung von Naturgefahren als Folge von Gletscherschwund und Permafrostdegradation in Tourismus-Destinationen am Beispiel des Tuxer Tals (Zillertaler Alpen/Österreich)**

In den Hochregionen der Alpen reagiert das Eis von Gletschern und Permafrost sensibel auf Klimaänderungen. Gletscherschwund, Anstieg der Permafrosttemperaturen sowie eine Zunahme von Hanginstabilitäten und Massenbewegungen sind Anzeichen für die Reaktion der alpinen Umwelt. Diese beeinflussen in erheblichem Umfang das gegenwärtige und künftige Naturgefahrenpotential.

Die vorliegende Studie zielt auf die Erfassung, Berechnung und Simulation der Gletscher- und Permafrostvorkommen und deren Veränderungen, sowie auf die Abschätzung der daraus resultierenden geomorphologischen Gefahrenpotenziale und deren potentielle Auswirkungen auf den Tourismus im hinteren Tuxer Tal in den Zillertaler Alpen ab. Feldforschungen und Fernerkundungsdaten, GIS-basierte Lösungsansätze und Befragungen von Touristen und Betroffenen wurden einbezogen.

Das Tuxer Tal schließt an die vergletscherten Regionen im Zentralkamm der Zillertaler Alpen an. Der Tourismus mit Gastgewerbe- und Beherbergungsbetrieben ist wirtschaftlich sehr bedeutend. Abgesehen von Wintersportmöglichkeiten in einem Gletscherschigebiet ist das Gebiet insbesondere Ziel alpinsportlicher Aktivitäten. Tux ist Ausgangspunkt von zahlreichen Wanderungen und hochalpinen Touren. Die vorhandenen Hütten sind zum Teil ganzjährig bewirtschaftet.

Das im Tuxer Tal derzeit vorhandene Areal mit flächenhafter Verbreitung von Permafrost umfasst rund 15 km<sup>2</sup> mit einem Anteil von ca. 13 % an der untersuchten Gesamtfläche von 116,4 km<sup>2</sup>. Der überwiegende Anteil der Permafrostflächen, die oberhalb von 3200 m hypsometrisch bedingt stark abnehmen, liegt innerhalb des Höhenbereichs von 2500 - 3100 m. Unterhalb von 2400 m ist ausschließlich mit fleckenhaften Vorkommen zu rechnen. Bei um 1,5°C tieferen Temperaturen, welche die Verhältnisse vor rund 100 - 150 Jahren widerspiegeln, umfasste das flächenhafte Permafrostareal rund 24 km<sup>2</sup>. Umfangreiche Areale im Höhenbereich 2200 - 2900 m waren aufgrund von dauerhaftem Bodenfrost vor Einsetzen der Erwärmung vor etwa 150 Jahren geomorphologisch stabiler. Mit einem Anstieg der Lufttemperaturen um 1,5°C, der innerhalb der nächsten drei Jahrzehnte zu erwarten ist, werden sich die von Permafrost unterlagerten Flächen um rund 27% des aktuellen Areals auf etwa 12 km<sup>2</sup> verringern. Die ausgedehntesten Degradationsbereiche liegen für dieses Szenario im Höhenbereich 2400 - 2900 m. Bei Eintreten des Szenarios wäre im Tuxer Tal nur noch oberhalb von 2700 m ü. M. Permafrost anzutreffen.

Die Vergletscherung im Tuxer Hauptkamm umfasste um 1850 eine Fläche von rund 20,6 km<sup>2</sup>, die bis heute auf rund 7 km<sup>2</sup> und damit um 65 % der Ursprungsfläche zurückgegangen ist. Im Vergleich zu anderen ostalpinen Gletscherregionen ist der Gletscherrückgang überdurchschnittlich (vgl. Damm 1998). Der nach Fläche und Volumen größte und auch für das Skigebiet Hintertux bedeutendste Gletscher, das Gefrorene-Wand-Kees, umfasst derzeit noch etwa 4,3 km<sup>2</sup>. Hier ist der Rückgang der Gletscherfläche mit rund 42 % vergleichsweise moderat ausgefallen. Für ein Szenario mit einem Anstieg der Sommertemperatur um 1,5°C werden auf der Grundlage des Anstiegs der Gleichgewichtslinien um rund 270 m noch vor Mitte des 21. Jahrhunderts im Untersuchungsgebiet lediglich drei Gletscher mit sehr gerin-

gen Flächenanteilen überdauern. Am Gefrorene-Wand-Kees würde aufgrund der flachen Topographie nahezu die gesamte Gletscherfläche abschmelzen.

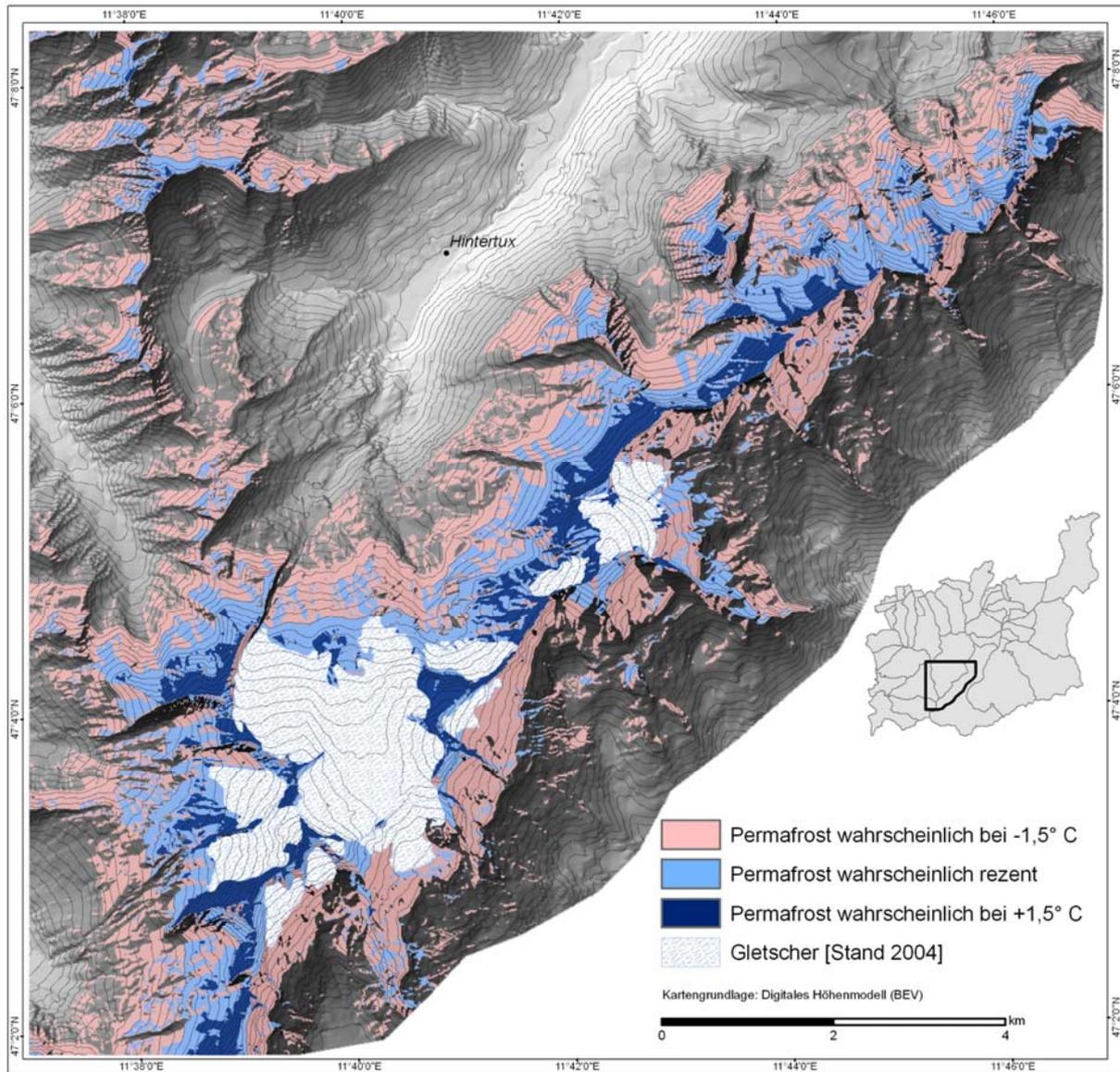
Im untersuchten Gebiet lassen sich zahlreiche Muranrisse identifizieren. Diese liegen weitgehend innerhalb von Geländebereichen, unter denen in den vergangenen etwa 150 Jahren das Bodeneis abgeschmolzen ist. Darüber hinaus sind Muranrisse im Gletscherrückzugsgebiet der vergangenen Jahrzehnte zu finden. Der überwiegende Teil der Anrisse liegt zwischen 2.200 und 2.800 m ü. M. Bei weiterem Abschmelzen von Bodeneis ist davon auszugehen, dass sich auf disponierten Flächen neue Anrissbereiche von Muren sowie Geschiebepotenziale entwickeln werden. Unter Berücksichtigung des Temperaturszenarios +1,5°C umfassen diese Areale in Abhängigkeit von einer kritischen Neigung um 25 - 45° und abhängig von den petrographischen Verhältnissen rund 1,78 km<sup>2</sup>. Die räumliche Verbreitung möglicher Anrissbereiche von Muren zeigt, dass Gebäude, Fahrstraßen und Seilbahnanlagen zwar weitgehend außerhalb von Anrissflächen liegen, sich in Abhängigkeit von der Geländebeschaffenheit allerdings auch innerhalb der Prozessbereiche (z. B. Ausbreitungsgebiet einer Murablagerung) befinden können.

Bei weiterem Abschmelzen von Kluffeis im Zuge einer fortschreitenden Erwärmung ist davon auszugehen, dass sich neue Anbruchbereiche von Sturzprozessen entwickeln werden. Unter Berücksichtigung des Temperaturszenarios +1,5°C umfassen diese Areale 6,89 km<sup>2</sup>, wobei ausgedehnte Anteile auf felsmechanisch stabilere geologische Einheiten entfallen. Mit der Beschränkung auf Bereiche, die eine kritische Hangneigung von 40° überschreiten, umfasst das disponierte Areal rund 1,78 km<sup>2</sup>. Die räumliche Verbreitung von Anrissbereichen von Steinschlag-, Blockschlag- und Felssturzprozessen, macht deutlich, dass sich im Tuxer Kamm auch Infrastruktureinrichtungen, insbesondere Wege, innerhalb der potenziellen Prozessbereiche befinden.

Darüber hinaus ergeben sich direkte Gefährdungen und Einschränkungen für den Bergtourismus. Infolge des ausgedehnten Rückzugs der Gletscherzungen oder des vollständigen Abschmelzens von Gletschern führen klassische Hochtouren- und Gebirgswanderwege heute über Moränenschutt und zum Teil schwer begehbare Gletscherschliffe. Entsprechende Routen sind hierdurch nicht nur insgesamt beschwerlicher, sondern auch zeitaufwendiger und für den durchschnittlichen Wanderer damit zumindest zum Teil riskanter geworden. Insbesondere zunehmende Ausaperung (Steinschlag-, Blockschlaggefahr), Abschmelzen von Gletscherzungen (häufig zunehmende Steilheit), Absenkung von Gletscheroberflächen (Ausbildung von Felsstufen beim Übergang Gletscher - Fels, vergrößerter Bergschrund) und Laufverlagerungen von Gletscherbächen betreffen die Wegverläufe. Zur Reduzierung bzw. Vermeidung unverhältnismäßiger Risiken ergibt sich zumindest für verschiedene Hüttenzüge, Höhenwanderwege und Übergänge die Notwendigkeit von Anpassung, Neubau und Instandhaltung von Wegenlagen.

Wie wichtig vorausschauende Abschätzungen von Sicherheitsaspekten und die frühzeitige Entwicklung von Maßnahmen sind, zeigt die Befragung von über 300 Bergtouristen und Erholungssuchenden im Hochgebirge. 25% der Befragten erweisen sich als dem Risiko stark abgeneigt, 71% als eher neutral und nur 4% als Risiko suchend. Ein hoher Prozentsatz (knapp die Hälfte der Befragten) der Bergbesucher ist im Hinblick auf alpine Gefahren sehr unsicher. Verschlechterungen führen bei dieser erholungsorientierten Zielgruppe sehr rasch zu Abwanderungen. Dies ist um so mehr zu beachten, als es sich überwiegend um regelmäßige Besucher der Bergwelt handelt und viele davon zur Wertschöpfung durch Übernachtung beitragen.

Bevorzugt sollten die Strecken / Abschnitte überprüft und ggf. gesichert werden, die unmittelbar zum Gipfelbereich führen, oder die eine Zeitersparnis erwarten lassen, denn um den Gipfel zu erreichen oder für zeitsparende Abkürzungen wird am ehesten ein Risiko eingegangen.



**Abb. 9** : Räumliche Verbreitung wahrscheinlicher, flächenhafter Vorkommen von Permafrost im hinteren Tuxer Tal unter aktuellen Bedingungen und für die Temperaturszenarien +/-1,5°C (Gletscherstand 2004)

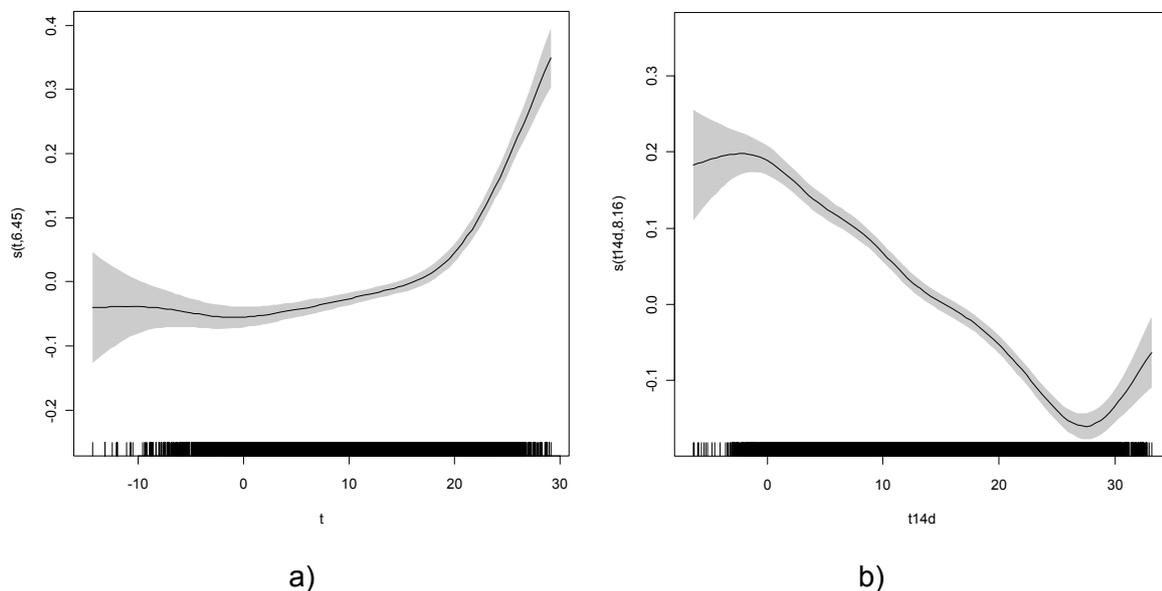
Die Befragungsergebnisse zeigen weiterhin, dass die Maßnahmen, die mit der Kartenherstellung zu tun haben, primär als Aufgabe des Landes und des Bundes gesehen werden, nachrangig auch als Aufgabe der Tourismuswirtschaft.

Im Gegensatz dazu wurden die Maßnahmen rund um die Markierungen und Hinweisschilder von der Mehrheit als Aufgabe der alpinen Vereine gesehen. Das gilt in gleicher Weise auch für die Führungen und Schulungen sowie für die Wartungsarbeiten. Eine zweite wichtige Rolle im Hinblick auf die Adaption ist nach Ansicht der Befragten von den Gemeinden zu tragen, die bei Wartung, Schutzmaßnahmen und Markierung von immerhin knapp einem Viertel der Befragten in der Pflicht gesehen werden.

Die investierten Maßnahmen, wie die ggf. auch bautechnische Sanierung von Wegen, werden nicht den alpinen Vereinen, sondern eher als Aufgabe der Länder (32%), der Gemeinden (22%), der Tourismuswirtschaft (21%) und der Republik (18%) gesehen.

## 2.7 StartClim2008.A: Einfluss von Adaptationsmaßnahmen auf das akute Sterberisiko in Wien durch Temperaturextreme

Der Effekt von Temperaturextremen auf die Gesundheit und insbesondere auf das aktuelle Sterberisiko ist gut dokumentiert. Auch die Wiener Daten (1990 bis 2007) zeigen den international bekannten "U-förmigen" Verlauf: Ein Minimum der täglichen Sterbezahl findet sich bei moderaten mittleren Temperaturen. Bei Temperaturen über etwa 12°C (Tagesminimum) bzw. 20°C (Maximum) oder 18°C (Tagesdurchschnitt) steigt das Sterberisiko noch am gleichen Tag an, wobei der Anstieg mit steigenden Temperaturen relativ steil und linear erfolgt (Abb. 10a). Das beste Maß für das Sterberisiko bei Kälte ist die Durchschnittstemperatur über einige Wochen, wie etwa das hier verwendete gleitende 14-Tage-Mittel der täglichen Durchschnittstemperatur: Bis über 25°C zeigt sich eine nahezu lineare Abnahme des Sterberisikos mit steigenden Durchschnittstemperaturen (Abb. 10b). Der Effekt der Kälte tritt allerdings nicht akut auf und lässt sich daher rechnerisch nicht sicher von einem allgemeinen saisonalen Effekt höherer Wintersterblichkeit unterscheiden.



**Abb. 10** : Abhängigkeit des Sterberisikos von der Temperatur (X-Achse). Kubische Splines (R-Package, Bibliothek mgcv). Die Y-Achse zeigt den Logarithmus der Odds Ratios; Der Nullpunkt entspricht somit dem durchschnittlichen Risiko, eine Änderung um 0,1 entspricht einer etwa 10-prozentigen Risikoänderung.

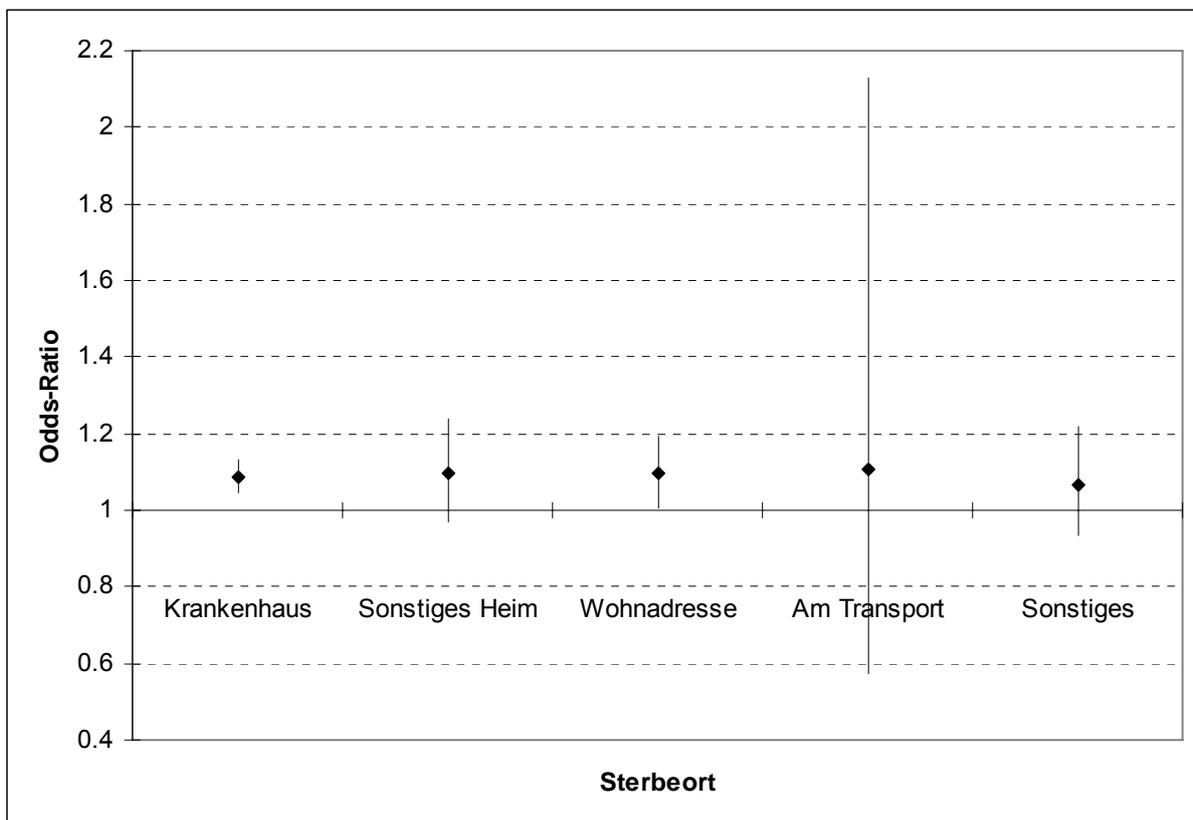
a) Das Sterberisiko steigt ab einer Tagesmitteltemperatur von rund 20°C linear mit der Mitteltemperatur des selben Tages stark an. Bei niedrigen Temperaturen ist keine klare Abhängigkeit zwischen Sterberisiko und Temperatur des gleichen Tages zu erkennen.

b) Zu niedrigeren Temperaturen hin ist das Sterberisiko mit den Durchschnittstemperaturen der vorangegangenen zwei Wochen gekoppelt. Es steigt unterhalb eines 14-tägigen Temperaturmittels von rund 28°C linear mit sinkenden Mittelwerten der Temperatur stark an.

Um gezielte Anpassungsmaßnahmen einzuleiten, müssen die Zielgruppen besser definiert sein. Die akut eintretenden Effekte der Hitze bieten sich dabei für Warnhinweise und Aufklärungskampagnen besser an als die Übersterblichkeit im Winter. Die Hitzesterblichkeit ist mit zunehmendem Alter stärker ausgeprägt und betrifft die Frauen deutlicher als die Männer. Innerstädtische Bezirke, die stärker vom Effekt der urbanen Hitzeinsel betroffen sind, sowie „ärmere“ Bezirke (gemessen an niedrigeren durchschnittlichen Immobilienpreisen) weisen ein höheres Risiko auf. Letzteres spricht für sozioökonomische Einflüsse, die sich so (überraschender Weise) bei der Übersterblichkeit im Winter nicht beobachten ließen.

Der Sterbeort (Krankenanstalt, Pflegeheim, eigene Wohnung) hat keinen Einfluss auf das relative Risiko (Abb. 11). Da die meisten Wiener jedoch in Krankenanstalten versterben, ist dieses Umfeld quantitativ am bedeutendsten.

Wir fanden keine Hinweise auf eine unterschiedliche Hitzeempfindlichkeit im Verlauf des Sommers. Da das Sterberisiko bereits bei moderaten Temperaturen anzusteigen beginnt, bei denen Warnhinweise noch nicht sinnvoll sind, lässt sich aus den Daten kein Schwellenwert ableiten, ab dem eine Warnung erfolgen sollte. Aus pragmatischen Gesichtspunkten bietet sich eine Auslöseschwelle bei einer prognostizierten nächtlichen Abkühlung auf nicht weniger als 19°C an. Die Warnung sollte sich an die Gesundheitsdienste und an die Allgemeinheit wenden. Angesichts der Ergebnisse dieser Untersuchung sollte dabei besonderes Augenmerk auf ältere Personen, Frauen und sozial benachteiligte Gruppen gelegt werden. Die sozial benachteiligten Gruppen sollten noch genauer definiert werden. Man könnte darunter etwa Personen mit schlechten Wohnbedingungen oder Personen mit Immigrationshintergrund verstehen. Letzteres wirft Fragen hinsichtlich der Mehrsprachigkeit der Warnhinweise und Empfehlungen auf. Andererseits ist zu bedenken, dass ärmere Migranten vor allem aus südlicheren Ländern kommen und daher eventuell mit der Verhaltensanpassung bei Hitzewellen vertraut sind. Mangels entsprechender Daten konnte diese Frage nicht weiter verfolgt werden. Es ist darüber hinaus zweifelhaft, ob die Fallzahl für valide Aussagen gereicht hätte.



**Abb. 11** : Relatives Sterberisiko an „Hitzetagen“ (TMIN > 19°C) je nach Sterbeort: Das Risiko beträgt an allen Orten ungefähr 1,1 und ist somit um ungefähr 10% höher als an „normalen“ Tagen.

## Literaturverzeichnis

### StartClim2008.A

- [1] Moshhammer H, Hutter H-P, Frank A, Gerersdorfer T, Hlava A, Sprinzl G, Leitner B. Einflüsse der Temperatur auf Mortalität und Morbidität in Wien. In: Universität für Bodenkultur DfWAUIfM, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien, editor. StartClim. Vienna: Universität für Bodenkultur, 2006. pp. A1-a -48.
- [2] Anderson BG, Bell ML. Weather-related mortality: how heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States. *Epidemiology* 2009;20 (2):205-13.
- [3] Kysely J. Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. *Int J Biometeorol* 2004;49 (2):91-7.
- [4] Simic S, Schmalwieser AW, Moshhammer H. Gesundheitsrisiken für die Österreichische Bevölkerung durch die Abnahme des stratosphärischen Ozons. In: Kromp-Kolb H, Schwarzl I, editors. StartClim2007. Vienna: Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur, 2008. pp. 2007B 1-42.
- [5] EEA. AirBase. European Topic Centre on Air and Climate Change.
- [6] Moshhammer H. Einflüsse der Temperatur auf Mortalität und Morbidität in Wien. In: Universität für Bodenkultur DfWAUIfM, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien, editor. StartClim. Vienna: Universität für Bodenkultur, 2006. pp. A1-a -48.
- [7] Rocklöv J, Forsberg B, Meister K. Winter mortality modifies the heat-mortality association the following summer. *Eur Respir J* 2009;33 (2):245–51.
- [8] Vandentorren S, Suzan F, Medina S, Pascal M, Maulpoix A, Cohen JC, Ledrans M. Mortality in 13 French cities during the August 2003 heat wave. *Am J Public Health* 2004;94 (9):1518-20.
- [9] O'Neill MS, Zanobetti A, Schwartz J. Modifiers of the temperature and mortality association in seven US cities. *Am J Epidemiol* 2003;157 (12):1074-82.
- [10] Michelozzi P, Donato Fd, Accetta G, Forastiere F, D'Ovidio M, Perucci C. Impact of Heat Waves on Mortality --- Rome, Italy, June--August 2003. *MMWR* 2004;53 (17):369-71.
- [11] Hutter HP, Moshhammer H, Wallner P, Leitner B, Kundi M. Heatwaves in Vienna: effects on mortality. *Wien Klin Wochenschr* 2007;119 (7-8):223-7.
- [12] Hajat S, Kovats R, Atkinson R, Haines A. Impact of hot temperatures on death in London: a time series approach. *Journal of Epidemiology and Community Health* 2002;56:367-72.
- [13] Paldy A, Bobvos J, Vamos A, Kovats R, Hajat S. The effect of temperature and heat-waves on daily mortality in Budapest, Hungary 1970-2000. In: Kirch W, Menne B, Bertoline R, editors. *Extreme Weather Events and Public Health Responses*. Heidelberg: Springer, 2005.
- [14] Davis RE, Knappenberger PC, Michaels PJ, Novicoff WM. A mortality-based heat wave climatology for U.S. cities. 16th Conference on Applied Climatology. San Antonio, Texas, USA: American Meteorological Society, 2007. pp. 2.4.
- [15] Krüger BC, Schicker I, Formayer H, Moshhammer H. Feinstaub und Klimawandel – gibt es Zusammenhänge in Nordostösterreich? In: Universität für Bodenkultur DfWAUIfM, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien, editor. StartClim2006. Vienna: Universität für Bodenkultur, 2007. pp. A 2-48.
- [16] INSERM. Canicule. 2007.

- [17] WHO\_Europe. EuroHEAT. Kopenhagen.
- [18] Ishigami A, Hajat S, Kovats S, Bisanti L, Rognoni M, Russo A, Paldy A. An ecological time-series study of heat-related mortality in three European cities. *Environmental Health* 2008;7:5.
- [19] Bouchama A, Dehbi M, Chaves-Carballo E. Cooling and hemodynamic management in heatstroke: practical recommendations. *Critical Care* 2007;11:R54.
- [20] Hajat S, Kovats R, Lachowycz K. Heat related and cold related death in England and Wales: who is at risk? *Occupational and Environmental Medicine* 2007;64:93-100.
- [21] Kovats R, Johnson H, Griffiths C. Mortality in southern England during the 2003 heat wave by place of death. *Health Statistics Quarterly* 2006;No 29.
- [22] WHO\_Europe. climate Change and Adaptation Strategies for Human health in Europe (cCASHh). Kopenhagen: WHO Europe.
- [23] Kirch W, Menne B, Bertoline R, (Eds.). *Extreme Weather Events and Public Health Re-sponses*. Heidelberg: Springer, 2005.
- [24] Menne B, Ebi KL, (Eds.). *Climate Change and Adaptation Strategies for Human Health*. Heidelberg: Springer, 2006.
- [25] WHO\_Europe. HEALTH AND CLIMATE CHANGE: the "now and how" - A policy action guide. Kopenhagen: WHO, 2005.
- [26] Moshammer H. Nur heiße Luft? *Ökobotikum* 2004;2004 (1):10-1.
- [27] Fouillet A, Rey G, Wagner V, Laaidi K, Empereur-Bissonnet P, Tertre AL, Frayssinet P, Bessemoulin P, Laurent F, Crouy-Chanel PD, Jouglu E, Hémon D. Has the impact of heat waves on mortality changed in France since the European heat wave of summer 2003? A study of the 2006 heat wave. *International Journal of Epidemiology* 2008;37 (2):309-17.
- [28] Lorenz K. *Das sogenannte Böse*. München: dtv, 1974.
- [29] Shin HH, Stieb DM, Jessiman B, Goldberg MS, Brion O, Brook J, Ramsay T, Burnett RT. A Temporal, Multicity Model to Estimate the Effects of Short-Term Exposure to Ambient Air Pollution on Health. *Environmental Health Perspectives* 2008;116 (9):1147-53.
- [30] Formayer H, Haas P, Hofstätter M, Radanovics S, Kromp-Kolb H. Räumlich und zeitlich hochaufgelöste Temperaturszenarien für Wien und ausgewählte Analysen bezüglich Adaptionsstrategien. Im Auftrag der Wiener Umweltschutzabteilung - MA 22 der Stadt Wien gemeinsam mit der MA 27 - EU-Strategie und Wirtschaftsentwicklung, 2007.

## **StartClim2008.B**

Brown, L.C. und G.R. Foster, 1987. Storm erosivity using idealized intensity distributions. *Transactions of the ASAE* 30: 379-386.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), 2000. ÖPUL 2000. Sonderrichtlinie für das Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft. ZI. 25.014/37-II/B8/00.

European Environment Agency (EEA), 2000. Down to earth. Soil degradation and sustainable development in Europe – a challenge for the 21<sup>st</sup> century. *Environmental Issue Report* No. 16. Copenhagen, Denmark: pp.32.

Flanagan and Nearing, 1995 (eds.). USDA-Water Erosion Prediction Project. NSERL Report No. 11. U.S. National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, Indiana.

Formayer, H., J. Eitzinger, H. Nefzger, S. Simic und H. Kromp-Kolb, 2001. Auswirkungen einer Klimaveränderung in Österreich: Was aus bisherigen Untersuchungen ableitbar ist. Institut für Meteorologie und Physik, Universität für Bodenkultur Wien. 57 S.

Gieska, M., R. van der Ploeg, P. Schweigert und N. Pinter, 2003. Physikalische Bodendegradierung in der Hildesheimer Börde und das Bodenschutzgesetz. In: Berichte über Landwirtschaft, Münster.

Hofmann, J., 2005. Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf die Bodengesundheit. Dissertation. Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien.

Klik A., 2003. Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Oberflächenabfluss, Bodenabtrag sowie Nährstoff- und Pestizidausträge. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, JG 55, Heft 5/6, 89-96.

Klik, A., 2006. Entwicklung eines Entscheidungsunterstützungsmodells zur nachhaltigen Bewirtschaftung von landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten unter besonderer Berücksichtigung des Stoffhaushaltes. In: Universität für Bodenkultur Wien (Hrsg.). bokuINSIDE II – Nachhaltige Ergebnisse der Responsible University. Präsentationen der BOKU-Forschungsstimulierung II: 55-68.

Klik, A. und O.W. Baumer, 1994. Studie zur strategischen Erfassung und Verminderung der Bodenerosion durch Wasser. Endbericht, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien. 110 S.

KLIK, A., and A.S. ZARTL, 2001. Comparison of Soil Erosion Simulations Using WEPP and RUSLE with Field Measurements. Proc. of the International Symposium „Soil Erosion Research for the 21<sup>st</sup> Century“. Honolulu, Hawaii, January 2-5, 2001. American Society of Agricultural Engineers (ASAE): St. Joseph, MI: 350-353.

Klik, A., B. Hebel und J. Rosner, 2000. Erosionsschutz in der Landwirtschaft - Erfolgreiche Maßnahmen gegen Bodenerosion auf ackerbaulich genutzten Flächen. LAKO und Land-Impulse. 48 S.

Klik, A., W. Jester und Ch. Rauter, 2005. Sediment transport in a small agricultural watershed – evaluation of WEPP simulations with measured data. In: Horowitz, A.J. and D.E. Walling (eds.). Sediment Budgets 2. Vol. 2 of the proceedings of the International Symposium on Sediment Budgets, VII th Scientific Assembly of the IAHS, Foz do Iguazu, Brazil, 3-9 April, 2005, IAHS Publication 292 (ISBN 1-901502-92-9): 127-135.

Nearing, M.A., V. Jetten, C. Baffaut, O. Cerdan, A. Couturier, M. Hernandez, Y. Le Bissonnais, M.H. Nichols, J.P. Nunes, C.S. Renschler, V. Souchere, and K. van Oost, 2005. Modeling response of soil erosion and runoff to changes in precipitation and cover. *Catena* 61: 131-154.

O’Neal, M.R., M.A. Nearing, R.C. Vining, J. Southworth and R.A. Pfeifer, 2005. Climate change impacts on soil erosion in the Midwest United States with changes in crop management. *Catena* 61: 165-184.

OECD, 2001. Environmental indicators for agriculture. Methods and results. Volume 3, Paris, France. ISBN 92-64-18614-X – No. 51293 2001: 409 S.

Pruski, F.F., and M.A. Nearing, 2002. Climate-induced changes in erosion during the 21<sup>st</sup> century for eight U.S. locations. *Water Resources Research*, 38(12), 1298, doi:10.1029/2001WR000493, 2002.

Renschler, C.S., 2003. Designing geo-spatial interfaces to scale process models: the GeoWEPP approach. *Hydrological Processes* 17(5): 1005-1017.

Scholz, G., J.N. Quinton, und P. Strauss, 2008. Soil erosion from sugar beet in Central Europe in response to climate change induced seasonal precipitation variations. *Catena* 72: 91-105.

Semenov, V.A., and L. Bengtson, 2002. Secular trends in daily precipitation characteristics: greenhouse gas simulation with a coupled AOGCM. *Climate Dynamics* 19: 123-140.

Strauss, P. und E. Klaghofer, 2006. Austria. In: Boardman, J., and J. Poesen (eds.): Soil Erosion in Europe. John Wiley and Sons Ltd, Chichester: 205-212.

Strauss, P., D. Swoboda und W.E.H. Blum, 2004. How effective is mulching and no-tillage to control runoff and soil loss? A literature review. In: Gabriels, D., and W. Cornelis (eds.). 25 Years of Assessment of Erosion. Proceedings of the International Symposium. September 22-26, 2003, Ghent, Belgium: 545-550.

Uijlenhoet, R., and J.N.M. Stricker, 1999. Dependence of rainfall interception on drop-size – a comment. J. Hydrol. 218: 101-127.

Wischmeier, W.H. und D.D. Smith, 1978. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. U.S. Government Printing Office. Agriculture Handbook Nr. 537: 58 S.

Wurm, G., 2009. Abschätzung des langjährigen Bodenabtrages in einem kleinen landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebiet mit Hilfe von GeoWEPP. Diplomarbeit, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien. 123 S.

Zanchi, C., and D. Torri, 1981. Evaluation of rainfall energy in central Italy. In: De Boodt, M., and D. Gabriels (eds.). Assessment of Erosion. John Wiley and Sons: 133-142.

## StartClim2008.C

BACKHAUS K., ERICHSON B., WULFF P. & WEIBER R. (2000) Multivariate Analysemethoden, 9. Auflage. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

BEDLAN, G., KAHRER, A. & SCHÖNBECK, H. (1992): Wichtige Krankheiten und Schädlinge im Gemüsebau. – Beratungsschrift der Bundesanstalt für Pflanzenschutz, Wien.

BOLLOW, H. (1960): Die landwirtschaftlich wichtigen Erdräupen (Gattung *Agrotis*). Praktische Blätter Pflanzenbau und –schutz 55: 86-101.

BUHL, C. & SCHÜTTE, F. (1971): Prognose wichtiger Pflanzenschädlinge in der Landwirtschaft. – Verl. Paul Parey, Berlin und Hamburg.

CORINE Land Cover (1990):

<http://www.umweltbundesamt.at/umwelt/raumordnung/flaechennutzung/corine/>. (letzter Zugriff: 12.5.2009).

eBod (2009): <http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=7066> (letzter Zugriff: 8.5.09).

ESBJERG, P. (1988): Behaviour of 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> instar cutworms (*Agrotis segetum* Schiff., Lep., Noctuidae) – the influence of soil moisture. J. Appl. Ent. 105: 295-302.

ESBJERG, P. (1990): The significance of shelter for young cutworms (*Agrotis segetum*). Entomol. exp. appl. 54: 97-100.

ESBJERG, P. (1992): Temperature and soil moisture – two major factors affecting *Agrotis segetum*, Schiff. (Lep., Noctuidae) populations and their damage. Bulletin IOBC/wprs 15 (4), 82-91.

FRAUENSCHUH, E. M. & KROMP, B. (2009): Einflüsse des Klimawandels auf landwirtschaftliche Schädlinge im Biologischen Landbau Ostösterreichs. In: Band 1 des Tagungsbandes der 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, S.456-460.

FRITZSCHE, R. & KEILBACH, R. (1994): Die Pflanzen-, Vorrats- und Materialschädlinge Mitteleuropas mit Hinweisen auf Gegenmaßnahmen. – Verl. Gustav Fischer, Jena, Stuttgart.

GEJSPIC, K.F., PENJAZ, M.I. & SASENKOVA, D.Ch. (1971): Fotoperiod I temperature kak factory v razvitii sovki *Agrotis segetum* (Lepidoptera, Noctuidae). [Photoperiode und Temperatur als Entwicklungsfaktoren für *Agrotis segetum*]. Zool. Zurnal, tom L 50 11: 1674-1685 (russisch)

- GRÜNBACHER, E.M., HANN, P., KROMP, B. & FORMAYER, H. (2007): Anpassungen der Schadinsektenfauna an den Klimawandel im ost-österreichischen Ackerbau: Konzepterstellung für ein Langzeit-Monitoringsystem. Endbericht zum Forschungsprojekt StartClim2007.C, mit Unterstützung des BMGF und des BMLFUW, Wien, 20 p.
- GRÜNBACHER, E.M., KROMP, B., FORMAYER, H. & HANN, P. (2006): Einflüsse des Klimawandels auf landwirtschaftliche Schädlinge und Nützlinge im Biologischen Landbau Ostösterreichs. - Endbericht zum Forschungsprojekt StartClim2005.C3-a, mit Unterstützung des BMGF und des BMLFUW, Wien, 60 p.
- HAIDEN, T., KANN, A., PISTOTNIK, G., STADLBACHER, K & WITTMANN, C. (2009): Integrated Nowcasting through Comprehensive Analyses (INCA) – System description. ZAMG report, 60p.
- HARLFINGER, O. & KNEES, G. (1999): Handbuch der Österreichischen Bodenschätzung, Klimatographie, Teil 1; Klimareferat der österreichischen Bodenschätzung, Wien 1999, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck.
- HOFFMANN, G.M. & SCHMUTTERER, H. (1983): Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. - Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart.
- HÜLBERT, D. & SÜSS, A. (1983): Biologie und wirtschaftliche Bedeutung der Wintersaat- eule, *Scotia (Agrotis) segetum* Schiffermüller. – Beiträge zur Entomologie, Berlin 33 (2): 383-438.
- KAHRER, A. (2009): <http://www.ages.at/ages/landwirtschaftliche-sachgebiete/pflanzengesundheit/weinbau/erdraupe/>. (letzter Zugriff: 8.5.2009).
- KREBS, C.J. (1989) *Ecological Methodology*. Harper & Row, Publishers, New York.
- KROMP, B., BRUNNER, N., BADAWI, A., BONELL, M., HANN, P., TRSKA, C., ABLEIDINGER, CH., DIETHART, M., LANDL, M., GLAUNINGER, J., SCHALLHART, N., STAUDA-CHER, K. & TRAUOGOTT, M. (2008): Neue Wege in der Regulation von Drahtwürmern unter besonderer Berücksichtigung des biologischen Landbaus. – 2.Zwischenbericht 2008, BMLFUW/BBK, Wien.
- MIKKELSEN, S. & ESBJERG, P. (1981): The influence of climatic factors on cutworm (*Agrotis segetum*) attack level, investigated by means of linear regression models. *Danish J. Plant Soil Sci.* 85: 291-301.
- NOLL, J., (1961): Über die Ursachen der Massenvermehrung der Erdruppen der Wintersaat- eule (*A. segetum* Schiff.). *Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzd.* 15: 253-291
- OHNESORGE, B. (1991): Tiere als Pflanzenschädlinge. Ökologische Grundlagen des Schädlingsbefalls an Kulturpflanzen. – 2.Aufl., Verl. Georg Thieme, Stuttgart, New York.
- ÖPUL (2009): <http://www.landnet.at/article/archive/5197>. (letzter Zugriff 12.5.2009).
- SCHWARZ, A., ETTER, J., KÜNZLER, R., POTTER, C. & RAUCHENSTEIN, H.R. (1990): Pflanzenschutz im Integrierten Gemüsebau. – Verl. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen.
- STATISTIK AUSTRIA (2009): [http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/land\\_und\\_forstwirtschaft/agrarstruktur\\_flaechen\\_ert-raege/bodennutzung/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/land_und_forstwirtschaft/agrarstruktur_flaechen_ert-raege/bodennutzung/index.html) (letzter Zugriff: 8.5.09.).
- ZAMG: <http://www.zamg.ac.at/> (letzter Zugriff: 8.5.2009).
- ZWATZ, B., CATE, P. & BERGER, H.K. (1990): Krankheiten, Schädlinge und Nützlinge im Getreide- und Maisbau. – Verl. Jugend & Volk, Wien.

## StartClim2008.D

- Ajzen, I. (1988): From intentions to actions: A theory of planned behaviour. In: Kuhl, J. & Beckmann, J. (eds.): Action-Control: From cognition to behaviour. Heidelberg, Germany: Springer, 11-39.
- Abegg, B. (1996): Klimaänderung und Tourismus, Klimafolgenforschung am Beispiel des Wintertourismus in den Schweizer Alpen, Zürich
- Beck, U. (2008). Weltrisikogesellschaft. Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main
- Grüner Bericht über die Lage der Tiroler Land- und Forstwirtschaft 2006/2007. Medieninhaber und Herausgeber: Land Tirol, Amt der Tiroler Landesregierung, Gruppe Agrar, 6020 Innsbruck
- Dorninger, M.; Freyer, B. (2008): Bio-Landwirtschaft und Klimaschutz in Österreich. Aktuelle Leistungen und zukünftige Potenziale der Ökologischen Landwirtschaft für den Klimaschutz in Österreich. Studie im Auftrag von BIO AUSTRIA, Wien
- EEH (2006): How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? European Environment Agency, EEA Report No 7/2006
- Ehmer, P.; Haymann, E. (2008): Klimawandel und Tourismus. Wohin geht die Reise? Deutsche Bank Research, Frankfurt am Main
- Formayer H., Clementschitsch L., Hofstätter M. & Kromp-Kolb H. (2008): Vor Sicht Klima! Klimawandel in Österreich, regional betrachtet. Schwerpunkt Tirol und der alpine Raum.
- Grothmann, T. (2005): Klimawandel, Wetterextreme und private Schadensprävention. Entwicklung, Überprüfung und praktische Anwendbarkeit der Theorie privater proaktiver Wetterextrem-Vorsorge. Diss. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
- Grunwald, A. (2009): Wovon ist die Zukunftsforschung eine Wirklichkeit. In: Popp, R.; Schüll, E. (Hrsg.) Zukunftsforschung und Zukunftsgestaltung. Beiträge aus Wissenschaft und Praxis. Springer Verlag, Berlin und Heidelberg
- Grüner Bericht (2007, 2008): Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Haas, W.; Weisz, M.; Balas, S.; McCallum, S.; Lexer, W.; Pazdernik, K.; Prutsch, A.; Radunsky, K.; Formayer, H.; Kromp-Kolb, H.; Schwarzl, I. (2008a): Identifikation von Handlungsempfehlungen zur Anpassung an den Klimawandel in Österreich: 1. Phase, 2008, Wien
- Heißenhuber, A. (2009): Konzepte für die Agrarpolitik nach 2013. Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Jahrgang 2009
- Hörtenhuber, S., Zollitsch, W. (2008): Welche Vorteile bringt die Öko-Rinderhaltung. ÖKOLOGIE & LANDBAU 145,1/2008.
- IPCC (2007) – 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, UK and New York, NY, USA
- Kernberg, P. (1992): Aktuelle Perspektiven über Abwehrmechanismen. In: Bulletin der Wiener Psychoanalytischen Vereinigung, Heft 1, 1992
- Kirner, L.; Rosenwirth, C.; Janko, M.; Strocker, F. (2009): Health Check - Ergebnisse und Auswirkungen auf die österreichische Milchwirtschaft, Sonderbeilage, DER FORTSCHRITTLICHE LANDWIRT 4, 2009
- Koerber, K. von, Kretschmer, J., Schlatzer, M. (2007): Ernährung und Klimaschutz – Wichtige Ansatzpunkte für verantwortungsbewusstes Handeln. Ernährung im Fokus 7-05/07
- Kratochvil, R., Kaltenecker, M., Freyer, B. (2004): Organic farming's ability to nourish the Austrian people: an empirical study in the region Mostviertel-Eisenwurzen (A). Renewable Agriculture and Food Systems, 19, 1, 47-56
- Kromp-Kolb H., Formayer H., Eitzinger H., et. al (2007): Potentielle Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft an den Klimawandel in Nordosten Öster-

- reichs (Weinviertel-Marchfeld Region). i. A. des Amtes der NÖ Landesregierung, St. Pölten.
- LfL (2009): Agrarmärkte 2008 - Unterlagen für Unterricht und Beratung in Baden-Württemberg. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München
- Luhmann, N. (2004): die Realität der Massenmedien. VS Verlag für Sozialwissenschaften GmbH, Wiesbaden,
- Luhmann, N. (1986): Soziale Systeme. Grundriss einer allgemeinen Theorie. Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main
- Müller, H.; Weber, F. (2008): 2030: Der Schweizer Tourismus im Klimawandel. Forschungsinstitut für Freizeit und Tourismus (FIF) der Universität Bern
- OcCC (Organe consultatif sur les changements climatiques) (2003): Extremereignisse und Klimaänderung, Bern
- OcCC (Organe consultatif sur les changements climatiques) (2004): Das Klima ändert – auch in der Schweiz, Bern
- OcCC (2007): Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. Herausgeber und Vertrieb, OcCC / ProClim, Bern
- Österreichischer Ernährungsbericht 2008. Herausgegeben vom Institut für Ernährungswissenschaften Universität Wien
- Popper, K. (1987): Das Elend des Historizismus. J.C.B. Mohr, Tübingen
- Pröbstl, U. (2007): Klimawandel: Zukunft und Herausforderung für den Tourismus. Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Jahrgang 2009
- Mayring, P. (2003): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Bletz Verlag, Weinheim und Basel
- Rogers, R.W.; Prentice-Dunn, S. (1997): Protection motivation theory. In D.S. Gochman (Ed.), Handbook of health behaviour research. I: Personal and social determinants (pp. 113-132). New York, NY: Plenum.
- Schermer, M.; Kirchengast, C. (2006): Perspektiven für die Berglandwirtschaft. University Press, Innsbruck
- StartCLIM2006.D2: Auswirkungen des Klimawandels auf das klimatische Tourismuspotenzial
- Schermer, M. (2008): Lokal, Global, \*\*\*egal? Online:  
<http://www.wirtschaftundumwelt.at/3106/3107/3112/3185/3187/>
- Sinn, H.W. (2008): Das grüne Paradoxon. Plädoyer für eine illusionsfreie Klimapolitik. Ullstein Buchverlag GmbH, Berlin
- Tiroler Energiestrategie (2007): Tiroler Energiestrategie 2020 Grundlage für die Tiroler Energiepolitik. Herausgeber und Verleger: Amt der Tiroler Landesregierung, Innsbruck
- T-MONA (2006/07): Urlaub in Österreich - Winter. Tourismus Monitor Austria. Im Auftrag der Österreich Werbung
- T-MONA (2008): Urlaub in Österreich - Sommer. Tourismus Monitor Austria. Im Auftrag der Österreich Werbung
- UBA (2009): Klimaschutzbericht 2008. Umweltbundesamt GmbH, Vienna
- UBA (2009a): Erreichbarkeiten alpiner Tourismusstandorte mit dem öffentlichen Verkehr. Nationale Studie Österreich. Umweltbundesamt GmbH, Vienna
- UBA (2009b): AUSTRIA'S NATIONAL INVENTORY REPORT 2008. Umweltbundesamt GmbH, Vienna
- Weik, S. (2005): Die Umweltauswirkungen der österreichischen Ernährung am Beispiel der Treibhausgasemissionen - Analyse, ökonomische Auswirkungen und Optimierungspotentiale unterschiedlicher Ernährungsweisen und Produktionsverfahren. Diplomarbeit Universität für Bodenkultur, Wien, Hollabrunn
- Wiesinger, G. (2009): Armut im ländlichen Raum. In: Dimmel, N.; Heitzmann, K.; Schenk, M. (Hrsg.) Handbuch Armut in Österreich. Studienverlag, Innsbruck

## StartClim2008.E

2E ERNEUERBARE ENERGIEN GmbH & Co. KG. (2008). Igniscum – Die Kraft der Natur. Retrieved 13.05.2009, from <http://www.2e-erneuerbare-energien.de>.

ADAM, L. (2006). Sudangras – Anbau für die Biomassennutzung im Land Brandenburg. Retrieved 13.05.2009, from [http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/2331/sud\\_gras.pdf](http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/2331/sud_gras.pdf)

AMA (Agrar Markt Austria). (2009a). Energiepflanzen - Ernte 2009 (Nachwachsende Rohstoffe) Merkblatt. Retrieved 04.05.2009, from [http://www.ama.at/Portal.Node/ama/public?genetics.rm=PCP&genetics.pm=gti\\_full&p.contentid=10008.67837&06\\_Merkbl\\_EPF.pdf](http://www.ama.at/Portal.Node/ama/public?genetics.rm=PCP&genetics.pm=gti_full&p.contentid=10008.67837&06_Merkbl_EPF.pdf).

AMA (Agrar Markt Austria). (2009b). Mehrfachantrag Flächen 2009 - Merkblatt mit Ausfüllanleitung. Retrieved 14.05.2009, from [http://www.ama.at/Portal.Node/ama/public?genetics.rm=PCP&genetics.pm=gti\\_full&p.contentid=10008.68102&MFA09\\_MB\\_Gesamt.pdf](http://www.ama.at/Portal.Node/ama/public?genetics.rm=PCP&genetics.pm=gti_full&p.contentid=10008.68102&MFA09_MB_Gesamt.pdf).

AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG. (2007a). Bodenschutzanlagen/Windschutzanlagen. Retrieved 27.11.2008, from <http://www.noe.gv.at/land-forstwirtschaft/agrarstruktur-bodenreform/windschutzanlagen/bodenschutzanlagen.html>.

AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG. (2007b). NÖ Energiebericht 2007: Bericht über die Lage der Energieversorgung in Niederösterreich. Retrieved 01.05.2009, from <http://www.noe.gv.at/bilder/d31/Energiebericht20071.pdf>

AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG. (2007c). Regionalprojekt Ökopunkte Niederösterreich. Retrieved 05.05.2009, from <http://www.noe.gv.at/Land-Forstwirtschaft/Laendliche-Entwicklung/Oekopunkte.html>.

ARGE ELEFANTENWÄRME. (o. J.). Steckbrief: Miscanthus Giganteus Chinaschilf. Retrieved 13.05.2009, from <http://www.elefantenwaerme.at>.

BAUDRY, J., BUNCER, R. G. H., & BUREL, F. (2000). Hedgerows: An international perspective on their origin, function and management. *Journal of Environmental Management*(60), 7-22.

BAYERISCHES AMT FÜR FORSTLICHE SAAT- UND PFLANZENZUCHT. (2008). Merkblatt: Energiewald - Anbau schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb. Retrieved 23.11.2008, from [http://www.forst.bayern.de/asp/energiewald/28226/linkurl\\_2.pdf](http://www.forst.bayern.de/asp/energiewald/28226/linkurl_2.pdf).

BENJES, H. (1998). *Die Vernetzung von Lebensräumen mit Benjeshecken* (5., überarb. Aufl. ed.). Bonn: Natur-und Umwelt-Verlag.

BENZARTI, J. (1999). Temperature and water-use efficiency by lucerne (*Medicago sativa*) sheltered by a tree windbreak in Tunisia. *Agroforestry Systems*, 43, 14.

BLAB, J., TERHARDT, A., & ZSIVANOVITS, K. P. (1989) Tierwelt in der Zivilisationslandschaft. Teil I: Raumeinbindung und Biotopnutzung bei Säugetieren und Vögeln im Drachenfelsler Landchen. *Schriftenreihe für Naturschutz: Vol. 30*. Bonn: BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSÖKOLOGIE.

BOAHUA, P., YUXIN, Y., YUBIN, J., WENQUAN, W., & J., E. (Eds.). (2000). *A study of light utilization of poplar-crop intercropping system*. (ISSN1001-7488 ed. Vol. 36).

BRUCKHAUS, A., & BUCHNER, W. (1995). Hecken in der Agrarlandschaft: Auswirkungen auf Feldfruchtertrag und ökologische Kenngrößen. *Ber.Ldw*(73), 435-465.

BRÖCKLING, F., OLBRICH, D., WEISCHER, P., LISCHESKI, D., & MEYER, A. (2008). Konzept zur Pflege und energetischen Nutzung von Wallhecken im Kreis Steinfurt. Retrieved 28.11.2008, from [http://agenda21.kreissteinfurt.de/C12573D40046BB0C/files/wallheckenpflegekonzept\\_st\\_kurzfassung.pdf/\\$file/wallheckenpflegekonzept\\_st\\_kurzfassung.pdf](http://agenda21.kreissteinfurt.de/C12573D40046BB0C/files/wallheckenpflegekonzept_st_kurzfassung.pdf/$file/wallheckenpflegekonzept_st_kurzfassung.pdf).

- BURGER, F. (2004). Technologie und Ökonomie des Anbaus und der Ernte von Feldholz. *Energieholzproduktion in der Landwirtschaft: Potenzial, Anbau, Technologie, Ökologie und Ökonomie*. Retrieved 27.11.2008, from [http://www.dendrom.de/daten/downloads/ATB\\_Heft35.pdf](http://www.dendrom.de/daten/downloads/ATB_Heft35.pdf).
- CLEUGH, H. A. (1998). Effect of windbreaks on airflow, microclimates and crop yields. *Agroforestry Systems*, 41, 30.
- DUBROVSKY, M. (1996). Validation of the stochastic weather generator Met&Roll. *Meteorologische Zpravy*, 49, 10.
- DUBROVSKY, M., NEMESOVA, I., & KALVOVA, J. (2005). Uncertainties in climate change scenarios for the Czech Republic. *Climate Research* 29., 29, 17.
- DVL (DEUTSCHER VERBAND FÜR LANDSCHAFTSPFLEGE). (2006) Landschaftselemente in der Agrarstruktur: Entstehung, Neuanlage und Erhalt. *Landschaft als Lebensraum: Vol. 9*. Ansbach.
- EASTHAM, J., & ROSE, C. W. (1988). The effect of tree spacing on evaporation from an agroforestry experiment. *Agricultural and Forest Meteorology* 42, 42, 14.
- EITZINGER, J., GERERSDORFER, T., SCHUME, H., & MURSCH-RADLGRUBER, E. (2005). *Influence of a hedge row on field evapotranspiration in the semi-arid region of north-east Austria*. (In: Deutscher Wetterdienst (DWD): 17th International Congress of Biometeorology (ICB 2005) September 5-9 2005; ISBN 3-88148-405-1; ISSN 4122 ed. Vol. 41). Garmisch-Partenkirchen: DWD, Offenbach am Main.
- EITZINGER, J., KUBU, G., FORMAYER, H., HAAS, P., GERERSDORFER, T., & KROMPKOLB, H. (2005). *Auswirkungen einer Klimaänderung auf den Wasserhaushalt des Neusiedlersees. Forschungsbericht*.
- EITZINGER, J., & KÖSSLER, C. (2002). Microclimatological characteristics of a miscanthus (*Miscanthus cv. Giganteus*) stand during stable conditions at night in the nonvegetative winter period. *Theor. Appl. Climatol.*, 72(3-4), 12.
- EITZINGER, J., THALER, S., KUBU, G., & RISCHBECK, P. (2007). Potentielle Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft an den Klimawandel im Nordosten Österreichs (Weinviertel-Marchfeld Region) *Auswirkungen des Klimawandels in Niederösterreich*. Wien: Amt der NÖ Landesregierung.
- FAO. (1962). *Forest influences: An introduction to ecological forestry* (ISBN 92-5-100722-5 ed.).
- FHP (KOOOPERATIONSPLATTFORM HOLZ PAPIER). (2007). Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen. Retrieved 23.11.2008, from <http://www.forstholzpapier.at/getfile.php?filename=eX+ImlGnpbGtpqqknJyamKmfIKOkZ6aWmQ==&PH>.
- FNR (FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e.V.). (o. J.-a). Die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum L.*) aus der Gattung *Silphium* aus der Familie der *Asteraceae* (Korbblütler). Retrieved 13.05.2009, from <http://www.energiepflanzen.info>.
- FNR (FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e.V.). (o. J.-b). *Miscanthus*. Retrieved 18.05.2009, from <http://www.energiepflanzen.info/Miscanthus>.
- FNR (FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e.V.). (o. J.-c). *Topinambur* (*Helianthus tuberosus L.*) aus der Gattung *Sonnenblumen* (*Helianthus*) aus der Familie *Asteraceae*. Retrieved 13.05.2009, from <http://www.energiepflanzen.info>.
- FORSTLICHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT BADEN-WÜRTTEMBERG, & MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LÄNDLICHEN RAUM BADEN. (2008). Anlage und Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen in Baden-Württemberg. Retrieved 27.11.2008, from <http://www.mlz.baden-wuerttemberg.de/mlz/bro/Kurzumtriebsflaechen.pdf>.

- FRIEDRICH, G., & SCHURICHT, W. (1989). *Seltenes Kern-, Stein- und Beerenobst*. Leipzig.
- FRIELINGHAUS, M., DEUMLICH, D., FUNK, R., HELMING, K., ROTH, R., THIÈRE, J., et al. (1997). Merkblätter zur Bodenerosion in Brandenburg. Bericht Nr. 27. Retrieved 28.04.2009, from <http://www.zalf.de/bfd/fr-merkb.htm>.
- FRÜHWIRTH, P. (o. J.). Miscanthus Anbau optimieren. Retrieved 17.04.2009, from <http://www.landwirt.com/Bericht/3270-325-Artikel/Miscanthus-Anbau-optimieren.html>.
- GERERSDORFER, T., EITZINGER, J., & LAUBE, W. (2009). *Monitoring des Witterungs- und Klimaverlaufs und mikroklimatischer Einflussgrößen in der Umstellung auf den biologischen Landbau*. BOKU Wien.
- GILGE, H., GRULISCH, H., SANDLER, J., SPREITZHOFER, J., & STADLMANN, H. (2006). *Waldwirtschaft heute*. Wien: Österreichische Agrarverlag Druck- und Verlagsges.m.b.H.
- GROOT, A., & CARLSON, D. W. (1996). Influence of shelter on night temperatures, frost damage, and bud break of white spruce seedlings. *Can. J. For. Res.*, 26, 8.
- HADATSCH, S., KRATOCHVIL, R., VABITSCH, A., FREYER, B., & GÖTZ, B. (2000). *Biologische Landwirtschaft im Marchfeld. Potenziale zur Entlastung des Natur- und Landschaftshaushaltes* (Vol. Monographien Band 127). Wien: Umweltbundesamt.
- HINTERSTOISSER, H. (2007). *Rolle des Biotopverbundes für Landschaft und Biodiversität*. Paper presented at the Biotopverbund – Lebensraumvernetzung, Salzburg.
- HÖLLER, H. (2008). Elefantengras - Denn die Zukunft liegt in unseren Händen. Retrieved 13.05.2009, from <http://www.elefantengras.at>.
- INSTITUT FÜR LANDWIRTSCHAFTLICHE KULTUREN GROSS LÜSEWITZ. (2006). Jahresbericht 2006. Retrieved 13.05.2009, from [http://www.bafz.de/baz2006V4/uploads/media/JahresberichtBAZ2007\\_ILK\\_01.pdf](http://www.bafz.de/baz2006V4/uploads/media/JahresberichtBAZ2007_ILK_01.pdf).
- JULIUS KÜHN-INSTITUT. (2009). Anbausysteme für Energiepflanzen mit Schwerpunkt Wasserbedarf. *Schattenblick\_Forschung/216*.
- KAFFENBERGER, R. (2007). Regenerative Energien: Miscanthus - Alternative für Landwirte? *odenwaldregional(18)*.
- KAULE, G. (1986). *Arten- und Biotopschutz*. Stuttgart: Ulmer.
- KROMP, B. (1993). *Wiener Windschutzhecken: ein Beitrag zum Naturschutz und zur Landschaftspflege*. Wien.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft). (2005). Faustzahlen für die Landwirtschaft.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft). (2006). KTBL-Datensammlung - Energiepflanzen: Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus.
- KURZ, P., MACHATSCHKEK, M., & IGLHAUSER, B. (2001). *Hecken – Geschichte und Ökologie, Anlage, Erhaltung und Nutzung*. Graz.
- LEBENS MINISTERIUM. (2009). ÖPUL 2007. Retrieved 05.05.2009, from [http://www.ama.at/Portal.Node/ama/public?genetics.rm=PCP&genetics.pm=gti\\_full&p.contentid=10008.47092&SRL\\_O4\\_20090206.pdf](http://www.ama.at/Portal.Node/ama/public?genetics.rm=PCP&genetics.pm=gti_full&p.contentid=10008.47092&SRL_O4_20090206.pdf).
- [http://www.ama.at/Portal.Node/ama/public?genetics.rm=PCP&genetics.pm=gti\\_full&p.contentid=10008.47086&Anhang\\_N\\_.pdf](http://www.ama.at/Portal.Node/ama/public?genetics.rm=PCP&genetics.pm=gti_full&p.contentid=10008.47086&Anhang_N_.pdf).
- LIEBHARD, P. (2007a). *Energieholz im Kurzumtrieb Rohstoff der Zukunft*. Graz [u.a.]: Stocker.
- LIEBHARD, P. (2007b). Gras das wärmt. Retrieved 13.05.2009, from <http://www.bio-austria.at>.

- LIN, C. H., MCGRAW, R. L., GEORGE, M. F., & GARRETT, H. E. (1999). Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices.-. *Agroforestry Systems*, 44, 11.
- MAZEK-FIALLA, K. (1967). *10 Jahre Bodenschutz in Niederösterreich. Die Bodenschutzmaßnahmen und ihre wirtschaftlichen Auswirkungen*. Wien: Österreichischer Agrarverlag.
- MCANENEY, K. J., SALINGER, M. J., PORTEOUS, A. S., & BARBER, R. F. (1990). Modification of an orchard climate with increasing shelter-belt height. *Agricultural and Forest Meteorology*, 49, 13.
- MEYERHOFF, E. (2006). *Hecken planen, pflanzen, pflegen: Eine praktische Anleitung für Landwirte*. Mainz.
- MÖNDEL, A. (2007). Ertragsmessungen in Winterroggen - der Ertragseinfluss einer Windschutzanlage in der oberrheinischen Tiefebene. Verbundprojekt: agroforst - neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung. Retrieved 03.10.2008, from [http://www.agroforst.uni-freiburg.de/download/ertrag\\_winterroggen.pdf](http://www.agroforst.uni-freiburg.de/download/ertrag_winterroggen.pdf).
- MÖNDEL, A. (2008). Wirtschaftlichkeit des Anbaus von schnell wachsenden Hölzern und Miscanthus. Retrieved 28.03.2009, from [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1219144\\_11/ltz\\_M%C3%B6ndel%20-%20Wirtschaftlichkeit%20des%20Anbaus%20von%20Energieholz%20und%20Miscanthus.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1219144_11/ltz_M%C3%B6ndel%20-%20Wirtschaftlichkeit%20des%20Anbaus%20von%20Energieholz%20und%20Miscanthus.pdf).
- MÜLLER, K.-D. (1997a). *Wildfruchtarten für Biotopverbundsysteme. Schriftenreihe des Fachgebietes Obstbau, Nr.11*. Paper presented at the 1. Internationale Wildfruchttagung, Berlin.
- MÜLLER, K.-D. (1997b). *Wildrosen – Zum ökologischen Anbau prädestiniert. Schriftenreihe des Fachgebietes Obstbau, Nr. 11*. Paper presented at the 1. Internationale Wildfruchttagung, Berlin.
- PIFFNER, L., LUKA, H., & SCHLATTER, C. (2005). Funktionelle Biodiversität, Schädlingsregulation gezielt. *Ökologie und Landbau*, 2/2005(134), 51-53.
- PRETZSCHEL, M., BÖHME, G., & KRAUSE, H. (1991). Einfluss von Windschutzpflanzungen auf den Ertrag landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. *Feldwirtschaft*, 32/1991, 229-231.
- RISCHBECK, P. (2007). *Der Einfluss von Klimaänderung, Bodenbearbeitung und Saattermin auf den Wasserhaushalt und das Ertragspotential von Getreide im Marchfeld*. University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Vienna.
- ROTH, D., & BERGER, W. (1999). Kosten der Landschaftspflege im Agrarraum. In W. KONOLD, R. BÖCKER & U. HAMPICKE (Eds.), *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*. Landsberg.
- RÖHRICHT, C. (2006). *Miscanthus – Eine alternative Energiepflanze: Ergebnisse aus Anbauversuchen*. Paper presented at the Mitteldeutscher Bioenergietag.
- RÖHRICHT, C., & KIESEWALTER, S. (2008). Anbau und Ernte schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb – Versuchsergebnisse. Retrieved 28.03.2009, from [http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl/publikationen/download/3476\\_1.pdf](http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lfl/publikationen/download/3476_1.pdf).
- SCHOLZ, V., BOELCKE, B., BURGER, F., HOFMANN, M., & VETTER, A. (2006). Merkblatt Produktion von Pappeln und Weiden auf landwirtschaftlichen Flächen. KTBL-Datensammlung Energiepflanzen. Retrieved 24.05.2009, from [http://www.dendrom.de/daten/downloads/ktbl\\_merkblatt.pdf](http://www.dendrom.de/daten/downloads/ktbl_merkblatt.pdf).
- SCHUSTER, K. (2008). Rückblick über zwei Jahre Kurzumtrieb in Niederösterreich. Retrieved 27.04.2009, from <http://www.agrarnet.info>.
- SCHUSTER, K. (2009). Kurzumtrieb in Niederösterreich.

STEININGER, K., STEINREIBER, C., BINDER, C., SCHAFFER, E., TUSINI, E., & WIESINGER, E. (2003). *Adaptionsstrategien der von extremen Wetterereignissen betroffenen Wirtschaftssektoren: Ökonomische Bewertung und die Rolle der Politik.*

STÜRMER, B., & SCHMID, E. (2007). Wirtschaftlichkeit von Weide und Pappel im Kurzumtrieb unter österreichischen Verhältnissen. *Ländlicher Raum*. Retrieved 01.05.2009, from [www.laendlicher-raum.at/filemanager/download/25360/](http://www.laendlicher-raum.at/filemanager/download/25360/).

SURBÖCK, A., HEINZINGER, M., FRIEDEL, J. K., & FREYER, B. (2009). Monitoring der Auswirkungen einer Umstellung auf den biologischen Landbau (MUBIL II), Teilprojekt 1: Pflanzenbau und Bodenfruchtbarkeit.

SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT. (2007) Feldstreifenanbau. Einsatz nachwachsender Rohstoffe als landschaftsgestaltendes Element – Feldstreifenanbau auf großen Ackerschlägen. *Vol. 25/2007.*

TECHNOLOGIE- UND FÖRDERZENTRUM IM KOMPETENZZENTRUM FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE. (2007). Anbauhinweise Topinambur. Retrieved 13.05.2009, from <http://www.tfz.bayern.de>.

THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT. (2008). Anbautelegramm Durchwachsene Silphie. Retrieved 13.05.2009, from <http://www.tll.de/ainfo/pdf/silp0208.pdf>.

VAN ELSSEN, T., & IMMEL, K. (2001). *Nutzung und Gestaltung von Hecken und Wildfruchtgehölzen im Ökologischen Landbau. Beitrag 6.* Paper presented at the Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Freising.

WEBER, H. E. (2003). *Gebüsche, Hecken, Krautsäume.* Stuttgart.

## StartClim2008.F

ARENSON, L.U. (2003): Unstable Alpine Permafrost: a Potentially Important Natural Hazard - Variations of Geotechnical Behaviour with Time and Temperature. - Publications of the Institute for Geotechnical Engineering (IGT), 218, 4/03. Vdf, Hochsch.-Verl. ETH. Zürich.

BARSCH, D. (1996): Rockglaciers. - Indicators for the Present and Former Geocology in High Mountain Environments. Berlin, Heidelberg, 331 Seiten.

BECHT, M. & DAMM, B. (2004): Geomorphologische und hydrologische Naturgefahren in Mitteleuropa. - Z. Geomorph. N.F., Suppl.- Bd. 135, 180 Seiten.

BENISTON, M., DIAZ, H.F. & BRADLEY, R.S. (1997): Climate change at high elevation sites. An overview. - Climatic Change, 36(2): 233-251.

DAMM, B. (1996): Gletscher-, Landschafts- und Klimaentwicklung in der Rieserfernergruppe (Tirol) seit dem Spätglazial. - Göttinger Geographische Abhandlungen 104: 1-186.

DAMM, B. (1998): Der Ablauf des Gletscherrückzuges in der Rieserfernergruppe (Tirol) im Anschluss an den Hochstand um 1850. - Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 34: 141-159.

DAMM, B. (1999): L' evolutione dei ghiacciai, del paesaggio e del clima nei Monti di Tures (Alto Adige) dal Tardiglaciale. - Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria 22: 49-55.

DAMM, B. (2005): Murereignisse am Klammbach im Antholzertal im Juli/August 2005. Ergebnisse der Feldbegehungen und Messungen. Unveröffentlichter Bericht, 8 Seiten, Universität Göttingen.

DAMM, B. (2006): Late Quaternary glacier advances in the upper catchment area of the Indus River (Ladakh and Western Tibet). - Quaternary International 154-155:87-99.

DAMM, B. & LANGER, M. (2006): Kartierung und Regionalisierung von Permafrostindikatoren im Rieserfernergebiet (Südtirol/Osttirol). - Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft 148: 295-314.

DAMM, B. & FELDERER, A. (2008): Identifikation und Abschätzung von Murprozessen als Folge von Gletscherrückgang und Permafrostdegradation im Naturpark Rieserferner-Ahrn (Südtirol). - Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 62: 29-32.

DAMM, B. & FELDERER, A. (2009): Climate Change and natural hazards - debris flow hazards derived from warming of the cryosphere in the southern Eastern Alps (Italy). - Quaternary Science Journal (in review).

DAMM, B., BORK, H.-R. & B. TERHORST, EDs. (2009): Quaternary landscape evolution and morphodynamics of terrestrial ecosystems. - Quaternary International (in prep).

DAVIES, M.C.R., HAMZA, O. & HARRIS, C. (2001): The Effect of Rise in Mean Annual Temperature on the Stability of Rock Slopes Containing Ice-Filled Discontinuities. - Permafrost and Periglacial Processes 12: 137-144.

ELLENRIEDER, T., BRAUN, L.N. & WEBER, M. (2002): Reconstruction of mass balance and runoff of Vernagtferner from 1895 to 1915. - Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 38: 165-178.

FISCHER, L., KÄÄB, A., HUGGEL, C. & NOETZLI, J. (2006): Geology, glacier retreat and permafrost degradation as controlling factors of slope instabilities in a high-mountain rock wall: the Monte Rosa east face. - Natural Hazards and Earth System Sciences 6: 761-772.

FORMAYER, H., CLEMENTSCHITSCH, L., KROMP-KOLB, H. (2008): Regionale Klimaänderung in Österreich. Global 2000Umweltforschungsinstitut, ([http://www.global2000.at/files/klimawandel\\_oesterreich.pdf](http://www.global2000.at/files/klimawandel_oesterreich.pdf)).

GROSS, G, KERSCHNER, H, & PATZELT, G. (1977): Methodische Untersuchungen über die Schneegrenze in alpinen Gletschergebieten. - Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 12:223-251.

GRUBER, S., HOELZLE, M. & HAEBERLI, W. (2004): Permafrost thaw and destabilization of Alpine rock walls in the hot summer of 2003. - Geophysical Research Letters 31: L13504.

HAEBERLI, W. (1973): Die Basis-Temperatur der winterlichen Schneedecke als möglicher Indikator für die Verbreitung von Permafrost in den Alpen. - Zeitschr. Gletscherkunde Glazialgeologie 9:221-227.

HAEBERLI, W. (1975): Untersuchungen zur Verbreitung von Permafrost zwischen Flügelpass und Piz Grialetsch (Graubünden). Dissertation, Universität Basel. Zürich.

HAEBERLI, W. (1992): Construction, environmental problems and natural hazards in periglacial mountain belts. - Permafrost and Periglacial Processes 3/2: 111-124.

HAEBERLI, W. (1999): Hangstabilitätsprobleme im Zusammenhang mit Gletscherschwund und Permafrostdegradation im Hochgebirge. - Relief, Boden, Paläoklima 14: 11-30.

HAEBERLI, W., HÖLZLE, M., DOUSSE J.P., GARDAZ, J.M., IMHOF, M., KELLER, F., KUNZ P., LUGON. R. & E. REYNARD (1996): Simulation der Permafrostverbreitung in den Alpen mit geographischen Informationssystemen. Arbeitsbericht NFP 31, vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, Zürich.

HARRIS, C., VONDER MÜHLL, D., ISAKSEN, K., HAEBERLI, W., SOLLID, J.L., KING, L., HOLMLUND, P., DRAMIS, F., GUGLIELMIN, M. & PALACIOS, D. (2003): Warming Permafrost in European Mountains. - Global and Planetary Change 39: 215-225.

IMHOF, M. (1996): PERM – ein Programm für die automatisierte Kartierung von Permafrost in den Schweizer Alpen. In: Haeberli, W., Hölzle, M., Dousse J.P., Gardaz, J.M., Imhof, M., Keller, F., Kunz P., Lugon. R. & E. Reynard: Simulation der Permafrostverbreitung in den Alpen mit geographischen Informationssystemen. Arbeitsbericht NFP 31, vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich, Zürich, S 25-33.

IPCC (2007): Climate Change 2007: The Scientific Basis. Summary for Policymakers, Cambridge. [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) (12.12.07).

ISHIKAWA, M. & HIRAKAWA, K. (2000): Mountain Permafrost Distribution Based on BTS Measurements and DC Resistivity Soundings in the Daisetsu Mountains, Hokkaido, Japan. - Permafrost and Periglacial Processes 11: 109-123.

KÄÄB, A., REYNOLDS, J.M. & HAEBERLI, W. (2005): Glacier and permafrost hazards in high mountains. In: HUBER, U.M., BUGMANN, H.K.M. & REASONER, M.A., (eds): Global Change and Mountain Regions (A State of Knowledge Overview) - Advances in Global Change Research: 225-234, Springer, Dordrecht.

- KELLER, F. (1992): Automated mapping of mountain permafrost using the program PERMAKART within the geographical information system Arc/Info. *Permafrost and Periglacial Processes*, 3(2), 133-138.
- KLIER, H. & KLIER, W. (1978): Zillertaler Alpen. Alpenvereinsführer, München, 424 Seiten.
- KUHN, M. (1990): Energieaustausch Atmosphäre - Schnee und Eis. - *Int. Facht. Schnee, Eis u. Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre*. - *Mitteilungen VAW, ETH Zürich* 108: 21-32.
- LAMBRECHT, A. & KUHN, M. (2007): Glacier changes in the Austrian Alps during the last three decades, derived from the new glacier inventory. - *Annals of Glaciology* 46: 177-184.
- LEWIN, J. & WARBURTON, J. (1994): Debris flow in an alpine environment. - *Geog. J. Geog. Assoc.* 343, 79(2): 98-107.
- LEWKOWICZ, A. & EDNIE, M. (2004): Probability Mapping of Mountain Permafrost Using the BTS Method, Wolf Creek, Yukon Territory, Canada. - *Permafrost and Periglacial Processes* 15: 67-80.
- MAIR, V., LANG, K., TAGNIN, S., ZISCHG, A., KRAINER, K., STÖTTER, J., ZILGER, J., BELITZ, K., SCHENK, A., DAMM, B., KLEINDIENST, H., BUCHER, K. & M. MUNARI (2008): PROALP - Rilevamento e Monitoraggio dei Fenomeni Permafrost. - *Neve e Valanghe* 64: 50-59 (additionally AINEVA - online publication: [http://aineva.it/pubblica/neve64/6\\_proalp.htm](http://aineva.it/pubblica/neve64/6_proalp.htm)).
- MATULLA, C. (2005): Regional, seasonal and predictor-optimized downscaling to provide groups of local scale scenarios in the complex structured terrain of Austria. - *Meteorologische Zeitschrift* 14/1: 31-47.
- MATULLA, C., GROLL, N., KROMP-KOLB, H., SCHEIFINGER, H., LEXER, M.J. & WIDMANN, M. (2002): Climate change scenarios at Austrian National Forest Inventory sites. - *Climate Research* 22: 161-173.
- PATZELT, G. & AELLEN, M. (1990): Gletscher. - *Int. Facht. Schnee, Eis u. Wasser der Alpen in einer wärmeren Atmosphäre*. - *Mitteilungen VAW, ETH Zürich* 108: 49-70.
- STÖTTER, J., FUCHS, S., KEILER, M. & ZISCHG, A. (2003): Oberes Suldental. Eine Hochgebirgsregion im Zeichen des Klimawandels. - *Innsbrucker Geographische Studien* 33-36, Bd. 3: 239-281.
- VILIMEK, V., ZAPATA, M.L., KLIMES, J., PATZELT, Z. & SANTILLAN, N. (2005): Influence of glacial retreat on natural hazards of the Palcacocha Lake area, Peru. *Landslides* 2: 107-115.
- VONDER MUEHLL, D., NOETZLI, J., MAKOWSKI, K. & DELALOYE, R. (2004): Permafrost in Switzerland 2000/2001 and 2001/2002. - *Glaciological Report (Permafrost) No. 2/3 of the Glaciological Commission (GC) of the Swiss Academy of Sciences (SAS) and Department of Geography, University of Zurich*, 86 pp.
- Weber, E.U., Blais, A.-R., & Betz, N.E. (2002). A domain-specific risk-attitude scale: Measuring risk perceptions and risk behaviors. *Journal of Behavioral Decision Making*, 15(4), 263-290
- ZIMMERMANN, M. & HAEBERLI, W. (1992): Climatic change and debris flow activity in high mountain areas; a case study in the Swiss Alps. - *Catena Supplement* 22: 59-72.

## StartClim2008.G

- Chapin, F. S., P. A. Matson, et al. (2002). Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. New York, USA, Springer.
- Conrad, R. (1996). "Soil organisms as controllers of atmospheric trace gases (H<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, OCS, N<sub>2</sub>O, NO)." Microbiology Reviews 60: 609-640.
- Crutzen, P. J. (1979). "The role of NO and NO<sub>2</sub> in the chemistry of the troposphere and stratosphere." Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 7: 443-472.
- Englisch, M. and F. Starlinger (1995). *Waldgesellschaften und Standorte im Bereich der Höhenprofile Achenkir*
- Galloway, J. N., J. D. Aber, et al. (2003). "The nitrogen cascade." BioScience 53(4): 341-356.
- Galloway, J. N., A. R. Townsend, et al. (2008). "Transformation of the Nitrogen Cycle: Recent Trends, Questions, and Potential Solutions." Science 320: 889-892.

Hackl, E., S. Zechmeister-Boltenstern, et al. (2004). "Comparison of Diversities and Compositions of Bacterial Populations Inhabiting Natural Forest Soils." Applied and Environmental Microbiology: 5057–5065.

Hahn, M., K. Gartner, et al. (2000). "Greenhouse gas emissions (N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>) from beech forests near Vienna with different water and nitrogen regimes." Die Bodenkultur-Austrian Journal of Agricultural Research **51**: 91-101.

Hahn, M. and S. Zechmeister - Boltenstern (2000). "Treibhausgas-Emissionen aus Buchenwäldern: Unterscheidung der N<sub>2</sub>O-bildenden mikrobiellen Prozesse und Tagesgangmessungen." Centralblatt für das gesamte Forstwesen **117**: 1-16.

Härtel, E., S. Zechmeister - Boltenstern, et al. (2002). "Gaseous nitrogen losses from a forest site in the north Tyrolean limestone alps." Environmental Science and Pollution research Special Issue 2: 23-30.

Herman, F., S. Smidt, et al. (2002). Investitations of nitrogen fluxes and pools on a limestone site in the Alps.

IPCC (2001). Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggset al. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press: 881.

IPCC (2007). Climate Change. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. S. Solomon, D. Qin, M. Manninget al. Cambridge, UK and New York, USA, Cambridge University Press.

Khan, S. A., R. L. Mulvaney, et al. (2007). "The Myth of Nitrogen Fertilization for Soil Carbon Sequestration." J Environ Qual **36**: 1821-1832.

Kirschbaum, M. U. F. (1995). "The temperature dependence of soil organic matter decompositon, and the effect of global warming on soil organic storage." Soil Biol. Biochem. **27**(6): 753-760.

Kirschbaum, M. U. F. (2000). "Will changes in soil organic carbon act as a positive or negative feedback on global warming?" Biogeochemistry **48**(21-51).

Kitzler, B., S. Zechmeister - Boltenstern, et al. (2006a). "Nitrogen oxides emission from two beech forests subjected to different nitrogen loads." Biogeosciences Discussions **3**.

Kitzler, B., S. Zechmeister - Boltenstern, et al. (2006b). "Controls over N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> and CO<sub>2</sub> fluxes in a calcareous mountain forest soil." Biogeoscience **3**: 383-395.

Leirós, M. C. and C. Trasar-Cepedab (1999). "A Dependence of mineralization of soil organic matter on temperature and moisture." Soil Biol. Biochem. **31**: 327-335." Soil Biol. Biochem. **31**: 327-335.

Li, C., J. D. Aber, et al. (2000). "A process-oriented model of N<sub>2</sub>O and NO emission from forest soils,1, Model development." J. Geophys. Res. **105** (4): 4369- 4384.

Meger, S. (1997). Stickstoffkreislauf und Methanoxidation in Buchenwäldern. Vienna, University of Vienna: 106.

Meger, S. and S. Zechmeister - Boltenstern (1999). "Emission und Abbau von Treibhausgasen (NO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und CO<sub>2</sub>) in Buchenwäldern." Centralblatt für das gesamte Forstwesen **116**(4): 229-248.

Mutsch, F. (2001). Bodenchemische Charakterisierung des Mühleggerköpfls im Rahmen einer Untersuchung über Stickstoff-Flüsse in den Norditoler Kalkalpen. Wien.

NEU (2006). The nitrogen cycle and its influence on the European greenhouse gas balance, Integrated Project, Annex I - "Description of Work".

- Neumann, M., G. Schnabel, et al. (2001). "Waldzustandsmonitoring in Österreich: Ergebnisse der Intensivbeobachtungsflächen (Level II) = Forest Condition Monitoring in Austria: Results of the Permanent Observation Plots (Level II)." FBVA-Berichte **122**: 235.
- Raich, J. W. and W. H. Schlesinger (1992). "The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate." Tellus **44B**: 81-99.
- Rodrigo, A., S. Recous, et al. (1997). "Modelling temperature and moisture effects on C-N transformations in soil: comparison of nine models." Ecological Modelling **102**: 325-339.
- Schindlbacher, A., S. Zechmeister-Boltenstern, et al. (2009). "Carbon losses due to soil warming: Do autotrophic and heterotrophic soil respiration respond equally?" Global Change Biology **15**: 901-913.
- Smidt, S. (2002). "Analyses of NO<sub>x</sub> and Wet Depositions at Mühleggerköpfl, North Tyrolean Limestone Alps." Environmental Science and Pollution Research (Special Issue 2): 10-15.
- Smidt, S., F. Herman, et al. (1996). Studies of ecosystems in the Limestone Alps - 'Achenkirch Altitude Profiles'. Horn, Austria.
- Smith, K. A., T. Ball, et al. (2003). "Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes." Eur. J. Soil Science **54**(4): 779-791.
- Stange, F., K. Butterbach-Bahl, et al. (2000). "A process-oriented model of N<sub>2</sub>O and NO emissions from forest soils: 2. Sensitivity analysis and validation." J. Geophys. Res. **105**: 4385-4398.
- Vitousek, P. M., J. D. Aber, et al. (1997). "Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences." Ecol. Applic. **7**: 737-750.
- Zechmeister - Boltenstern, S., M. Hahn, et al. (2002). "Nitrous oxide emissions and nitrate leaching in relation to microbial biomass dynamics in a beech forest soil." Soil Biol Biochem **34**: 823-832.

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

### Abbildungen

- Abb. 1 : Modellierter CO<sub>2</sub>-Emission am Standort Schottenwald bei derzeitigen Temperaturen (grau) und vorhergesagte CO<sub>2</sub>-Emissionen (rot) bei einem Temperaturanstieg von 3°C. ----- 17
- Abb. 2 : Klimaschutzwirkung einer Landschaftsstruktur mit mehrjährigen verholzenden Pflanzen, Quelle: FRIELINGHAUS et al.,1997. ----- 18
- Abb. 3 : Mittlere monatliche Oberflächenabflusshöhen im Einzugsgebiet bei konventioneller Bodenbewirtschaftung (CT) ----- 22
- Abb. 4 : Mittlere monatliche Oberflächenabflusshöhen im Einzugsgebiet bei Direktsaat (NT) ----- 22
- Abb. 5 : Zeitlicher Verlauf der Netto-Erosion im Einzugsgebiet unter konventioneller Bodenbewirtschaftung (CT) ----- 23
- Abb. 6 : Zeitlicher Verlauf der Netto-Erosion im Einzugsgebiet bei Verwendung von Direktsaat (NT)----- 23
- Abb. 7 : Beispiel einer Schadflächenerhebung. Bild A zeigt 3 Beprobungsflächen eines Schlags (schwarze Quadrate mit weißen Zahlen), Bild B die willkürliche Auswahl von Beprobungsquadraten auf den Kartoffeldämmen innerhalb einer Probenfläche. Darunter ist jeweils ein einzelnes Probenquadrat der Erdrapendichtebestimmung auf einem Haupt- (Bild C) bzw. der Fraßschadensbewertung auf einem Nebenstandort (Bild D) im Detail dargestellt. ----- 25
- Abb. 8 : Vorschlag für ein Monitoringnetz zur Erhebung von Erdrapendichten bzw. –schäden unter Berücksichtigung von Niederschlagssumme und Ackerflächenanteil. Ab einer mittleren Jahresniederschlagssumme ≤ 560 mm (1961–1990, HARLFINGER & KNEES 1999) bzw. ab 55% Ackerfläche in einem Umkreis von 10 km (CORINE LAND COVER 1990) liegt laut den Ergebnissen der logistischen Regressionsanalyse ( $r^2 \sim 24\%$ ) eine über 70%ige Wahrscheinlichkeit vor, dass ein mittlerer bis starker Erdrapenschaden auftritt ( $\geq 10\%$  der Pflanzen befallen). Die Karte der Kartoffelanbauggebiete stammt von STATISTIK AUSTRIA (2009).----- 26
- Abb. 9 : Räumliche Verbreitung wahrscheinlicher, flächenhafter Vorkommen von Permafrost im hinteren Tuxer Tal unter aktuellen Bedingungen und für die Temperaturszenarien +/-1,5°C (Gletscherstand 2004)----- 32
- Abb. 10 : Abhängigkeit des Sterberisikos von der Temperatur (X-Achse). Kubische Splines (R-Package, Bibliothek mgcv). Die Y-Achse zeigt den Logarithmus der Odds Ratios; Der Nullpunkt entspricht somit dem durchschnittlichen Risiko, eine Änderung um 0,1 entspricht einer etwa 10-prozentigen Risikoänderung. a) Das Sterberisiko steigt ab einer Tagesmitteltemperatur von rund 20°C linear mit der Mitteltemperatur des selben Tages stark an. Bei niedrigen Temperaturen ist keine

klare Abhängigkeit zwischen Sterberisiko und Temperatur des gleichen Tages zu erkennen. b) Zu niedrigeren Temperaturen hin ist das Sterberisiko mit den Durchschnittstemperaturen der vorangegangenen zwei Wochen gekoppelt. Es steigt unterhalb eines 14-tägigen Temperaturmittels von rund 28°C linear mit sinkenden Mittelwerten der Temperatur stark an. ----- 33

Abb. 11 : Relatives Sterberisiko an „Hitzetagen“ (TMIN > 19°C) je nach Sterbeort: Das Risiko beträgt an allen Orten ungefähr 1,1 und ist somit um ungefähr 10% höher als an „normalen“ Tagen. ----- 34

## Tabellen

Tab. 1: Zusammenstellung der Abfluss- und Erosionsergebnisse für die untersuchten Bodenschutzmaßnahmen -----	21
Tab. 2: Zusammenfassung der Ergebnisse aus den ExpertInneninterviews -----	28
Tab. 3: Treibhausgaseinsparungspotentiale bei Vollumstellung auf Ökologische Landwirtschaft in Österreich und in Tirol -----	29

## Anhang

### Projekte aus StartClim2003

Die folgenden Projekte wurden in StartClim2003 bearbeitet. Die Berichte sind sowohl auf der StartClim2008-CD-ROM als auch auf der StartClim-Hompage ([www.austroclim.at/startclim/](http://www.austroclim.at/startclim/)) verfügbar

- 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 Klimadatensätze 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 Vettters, Franz Prettenhaler
- 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**

Die folgenden Projekte wurden in StartClim2004 bearbeitet. Die Berichte sind sowohl auf der StartClim2008-CD-ROM als auch auf der StartClim-Homepage ([www.austoclim.at/startclim/](http://www.austoclim.at/startclim/)) verfügbar

### **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-Radlgruber

## **Projekte aus StartClim2005**

Die folgenden Projekte wurden in StartClim2005 bearbeitet. Die Berichte sind sowohl auf der StartClim2008-CD-ROM als auch auf der StartClim-Homepage ([www.austoclim.at/startclim/](http://www.austoclim.at/startclim/)) verfügbar

### **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 für 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 für 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 Blüenthrripses (*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 – Arealodynamik 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

Gesellschaft für Wildtier und Lebensraum - Greßmann & Deutz OEG

Armin Deutz, Gunter Greßmann

## **Beiträge aus StartClim2006**

Die folgenden Projekte wurden in StartClim2006 bearbeitet. Die Berichte sind sowohl auf der StartClim2008-CD-ROM als auch auf der StartClim-Homepage ([www.austoclim.at/startclim/](http://www.austoclim.at/startclim/)) verfügbar

### **StartClim2006.A: Feinstaub und Klimawandel - Gibt es Zusammenhänge in Nordostösterreich?**

Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur  
Bernd C. Krüger, Irene Schicker, Herbert Formayer  
Medizinische Universität Wien, ZPH, Institut für Umwelthygiene  
Hanns Moshammer

### **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, Universität für Bodenkultur  
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 Wasserschwan- kungen im Neusiedler See auf die Wahrnehmung und das Verhalten von Besucherinnen und Besuchern**

Institut für Landschaftsentwicklung, Naturschutz und Erholung, BOKU  
Ulrike Pröbstl, Alexandra Jiricka, Thomas Schauppenlehner  
Simon Fraser University, Burnaby, Canada  
Wolfgang Haider

### **StartClim2006.F: Auswirkungen des Klimawandels auf Heiz- und Kühlenergiebedarf in Österreich**

Institut für Technologie- und Regionalpolitik, Joanneum Research (1);  
Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel, Universität Graz (2);  
Institut für Geophysik, Astrophysik und Meteorologie, Universität Graz (3);  
Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Wien (4)  
Institut für Energieforschung, Joanneum Research (5)  
Franz Pretenthaler<sup>1,2</sup>, Andreas Gobiet<sup>2,3</sup>  
Clemens Habsburg-Lothringen<sup>1</sup>, Reinhold Steinacker<sup>4</sup>  
Christoph Töglhofer<sup>2</sup>, Andreas Türk<sup>2,5</sup>

## **Beiträge aus StartClim2007**

Die folgenden Projekte wurden in StartClim2007 bearbeitet. Die Berichte sind sowohl auf der StartClim2008-CD-ROM als auch auf der StartClim-Homepage ([www.austoclim.at/startclim/](http://www.austoclim.at/startclim/)) verfügbar

### **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 ost-österreichischen Ackerbau: Konzepterstellung für ein Langfrist-Monitoringsystem**

Bio Forschung Austria: Eva-Maria Grünbacher, Patrick Hann, Bernhard  
Kromp  
Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur Wien: Herbert For-  
mayer

### **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 Umlageung 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