

## Auswirkungen des Klimawandels auf Österreich: Fallbeispiele

Endbericht



lebensministerium.at

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



BUNDESMINISTERIUM für  
WIRTSCHAFT und ARBEIT





## Auswirkungen des Klimawandels auf Österreich: Fallbeispiele

### 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, Familie und Jugend  
Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit  
Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung  
Österreichische Nationalbank  
Österreichische Hagelversicherung  
Umweltbundesamt  
Verbund AHP

#### Administrative Projektkoordination

Umweltbundesamt

Wien, Juli 2008

**StartClim2007**

**„Auswirkungen des Klimawandels auf Österreich: Fallbeispiele“**

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, Juli 2008

## Beiträge aus StartClim2007

**StartClim2007.A: Erweiterung und Vervollständigung des StartClim Datensatzes für das Element tägliche Schneehöhe. Aktualisierung des existierenden StartClim Datensatzes (Lufttemperatur, Niederschlag und Dampfdruck) bis 2007 04**

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Ingeborg Auer, Anita Jurković, Reinhard Böhm, Wolfgang Schöner, Wolfgang Lipa

**StartClim2007.B: Gesundheitsrisiken für die Österreichische Bevölkerung durch die Abnahme des stratosphärischen Ozons**

Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur Wien: Stana Simic  
Institut für Medizinische Physik und Biostatistik, Veterinärmedizinische Universität Wien: Alois W. Schmalwieser  
Institut für Umwelthygiene, Zentrum für Public Health, Medizinische Universität Wien: Hanns Moshhammer

**StartClim2007.C: Anpassungen der Schadinsektenfauna an den Klimawandel im ostösterreichischen Ackerbau: Konzepterstellung für ein Langfrist-Monitoringsystem**

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

**StartClim2007.D: Auswirkung der klimabedingten Verschiebung der Waldgrenze auf die Freisetzung von Treibhausgasen - Umsetzung von Kohlenstoff und Stickstoff im Boden**

Forschungszentrum Wald: Robert Jandl, Andreas Schindlbacher, Sophie Zechmeister-Boltenstern, Michael Pfeffer  
Dept. Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien: Klaus Katzensteiner  
Umweltbundesamt: Sabine Göttlicher  
Universität Wien: Hannah Katzensteiner  
Tiroler Landesforstdirektion: Dieter Stöhr

**StartClim2007.E: Auswirkung von Klimaänderungen auf das Abflussverhalten von vergletscherten Einzugsgebieten im Hinblick auf Speicherkraftwerke**

Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Innsbruck:  
Michael Kuhn, Marc Olefs, Andrea Fischer

**StartClim2007.F: ALSO WIKI – Alpiner Sommertourismus in Österreich und mögliche Wirkungen des Klimawandels**

Österreichisches Institut für Raumplanung: Cornelia Krajasits, Gregori Stanzer, Adolf Andel, Wolfgang Neugebauer, Iris Wach  
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: Wolfgang Schöner, Christine Kroisleitner

**StartClim2007.G: Integrierte Modellierung von Wirtschaft und Klimaänderung in Umlegung des STERN-Reports**

Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel, Universität Graz:  
Olivia Koland, Karl Steininger, Andreas Gobiet, Georg Heinrich, Claudia Kettner, Alexandra Pack, Matthias Themeßl, Christoph Töglhofer, Andreas Türk, Thomas Trink  
Joanneum Research, Institut für Technologie- und Regionalpolitik:  
Raimund Kurzmann  
Universität für Bodenkultur Wien: Erwin Schmid

### **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, Werner Glantschnig

#### **Bundesministerium für Gesundheit, Familie und Jugend**

Ulrich Herzog, Fritz Wagner, Robert Schlögel

#### **Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung**

Christian Smoliner

#### **Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit**

Eva Dolak, Herwig Dürr, Elisabeth Kasal, Monika Wallergraber

#### **Österreichische Hagelversicherung**

Kurt Weinberger, Josef Rohregger

#### **Österreichische Nationalbank**

Johann Jachs, Martin Much

#### **Umweltbundesamt**

Karl Kienzl, Josef Hackl, Maria Balas

#### **Verbund AHP**

Otto Pirker, Bertram Weiss

### **Administrative Projektkoordination**

Umweltbundesamt

Maria Balas, Karl Kienzl, Josef Hackl

## Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	7
1 Das Forschungsprogramm StartClim	14
1.1 StartClim2007	14
1.2 Gliederung des Berichtes	15
1.3 Arbeitsweise von StartClim2007	15
2 Die StartClim2007-Projekte im Detail	16
2.1 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	16
2.2 StartClim2007.B: Gesundheitsrisiken für die Österreichische Bevölkerung durch die Abnahme des stratosphärischen Ozons	19
2.3 StartClim2007.C: Anpassungen der Schadinsektenfauna an den Klimawandel im ostösterreichischen Ackerbau: Konzepterstellung für ein Langfrist-Monitoringsystem	22
2.4 StartClim2007.D: Auswirkung der klimabedingten Verschiebung der Waldgrenze auf die Freisetzung von Treibhausgasen - Umsetzung von Kohlenstoff und Stickstoff im Boden	25
2.5 StartClim2007.E: Auswirkung von Klimaänderungen auf das Abflussverhalten von vergletscherten Einzugsgebieten im Hinblick auf Speicherkraftwerke	26
2.6 StartClim2007.F: ALSO WIKI – Alpiner Sommertourismus in Österreich und mögliche Wirkungen des Klimawandels	28
2.7 StartClim2007.G: Integrierte Modellierung von Wirtschaft und Klimaänderung in Umlegung des STERN-Reports (STERN:AT)	30
Literaturverzeichnis	33
Abbildungsverzeichnis	46
Anhang	48





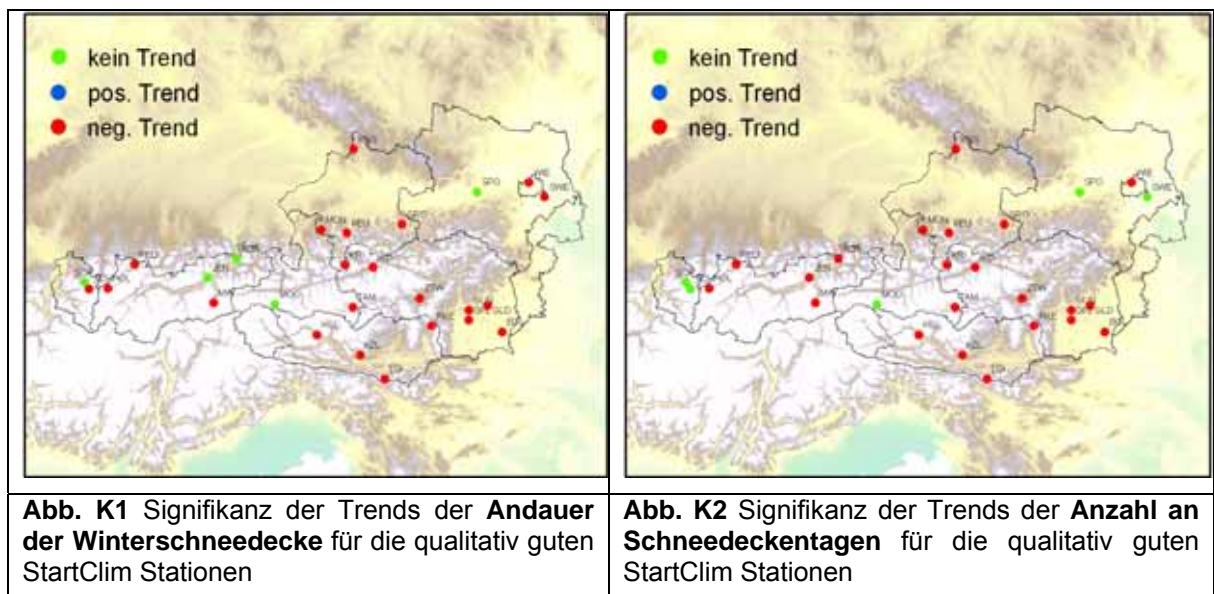
## Kurzfassung

In der fünften StartClim-Phase wurde eine breite Palette von Themen bearbeitet, die aufzeigt, wie vielfältig die Fragen in Zusammenhang mit Auswirkungen des Klimawandels sind.

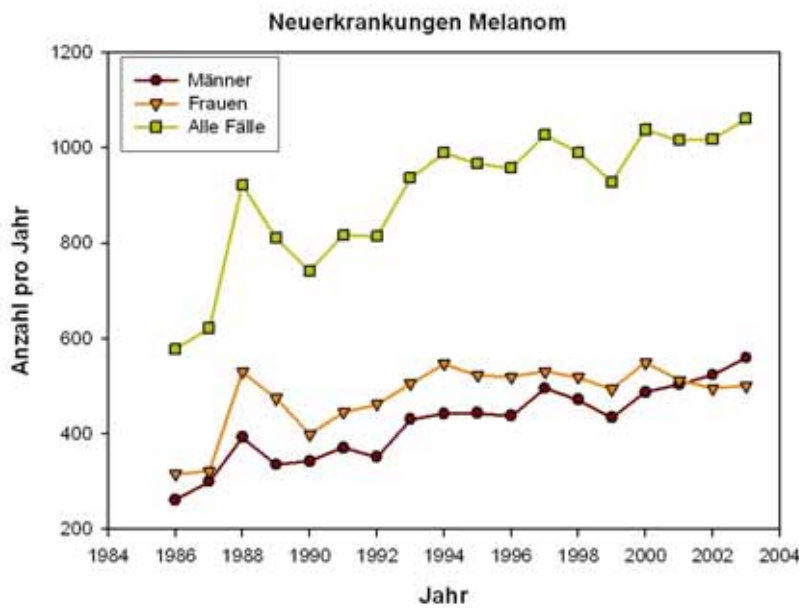
Grundlage für viele Untersuchungen sind verlässliche Klimadaten der Vergangenheit sowie Gegenwart: Der Satz qualitätsgeprüfter meteorologischer Daten (1948 bis 2007) konnte im Rahmen von StartClim2007 aktualisiert und erweitert werden. Die Analyse der Schneedatensätze war Teil eines der StartClim2007-Projekte.

Aus den gemessenen Gesamtschneehöhen konnten durch einfache Differenzenbildung (Tag-Vortag) die fiktiven Neuschneesummen (*Pseudoneuschnee*) berechnet werden, welche dann zur Qualitätsprüfung der Zeitreihen herangezogen wurden. Zahlreiche vorhandene Beobachtungs- und Digitalisierungsfehler konnten dadurch eliminiert werden.

Eventuelle Lücken der Zeitreihen wurden mit Hilfe von gut korrelierten Nachbarstationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik oder des hydrographischen Dienstes vervollständigt. Weiters wurde, in Hinblick auf Trendanalysen der Gesamtschneehöhe, der Datensatz mittels des Programms HOCLIS auf Homogenität geprüft. Trendanalysen wurden auch für die *Anzahl der Tage mit Schnee*, die *Schneedecken-* sowie die *Winterschneedeckendauer* und die *maximale Schneehöhe* durchgeführt. Die beiden aussagekräftigsten Parameter, die *Anzahl der Tage mit Schneedecke* und die *Dauer der Winterschneedecke* wiesen im Süden vorwiegend statistisch signifikante negative Trends auf, im Norden gab es mehrere Stationen, die keinen signifikanten Trend aufwiesen.

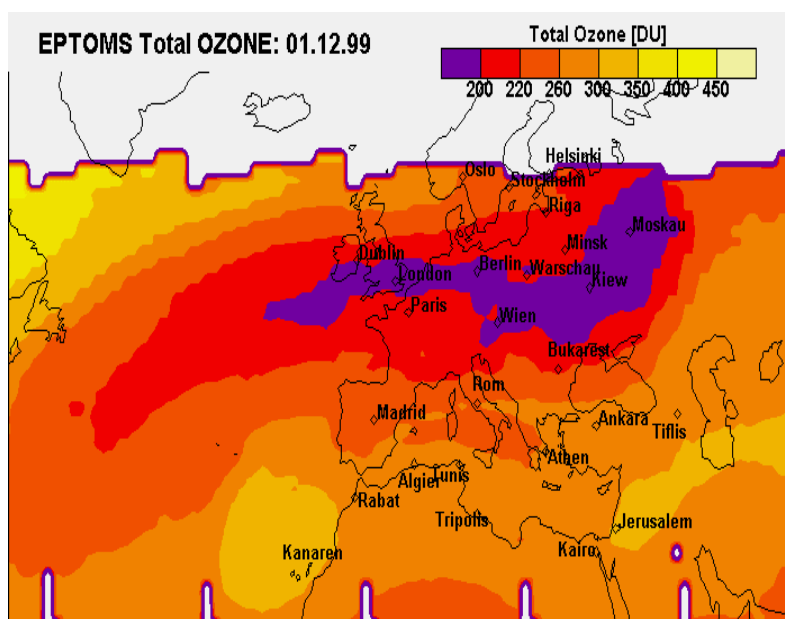


Ein Versuch, die täglichen Gesamtschneehöhen mittels des *Schneemodells nach Schöner* aus den täglichen Temperatur und Niederschlagswerten zu errechnen, führte generell zur Unterschätzung der Höhe der Schneedecke. Je höher die Station situiert ist, desto größer sind die Differenzen zwischen modellierten und gemessenen Daten. Die Trendanalyse der berechneten Werte führte jedoch zu einem ähnlichen Schluss wie die Trendanalyse der gemessenen Zeitreihen. Dies bedeutet, dass man für Regionen ohne Schneedeckenbeobachtung zwar nicht die Gesamtschneehöhe an sich aus den täglichen Temperatur und Niederschlagswerten berechnen kann, wohl aber ihren Trend.



**Abb. K3** Jährliche Neuerkrankungen am Malignen Melanom in Österreich, absolute Zahlen

Der Abbau des stratosphärischen Ozons gehört zu den gravierendsten Veränderungen der Erdatmosphäre in neuerer Zeit. Als Folge der langfristigen Ozonabnahme ist die Anzahl der Tage mit dünner Ozonschicht und daher erhöhter sonnenbrandwirksamer UV-Strahlung gestiegen. Episoden mit einem Ozonschwund von mehr als 30%, die zu einer merklich verstärkten UV-Belastung der menschlichen Haut führen, sind im Spätwinter und Frühling besonders häufig. Seit Anfang der 1990er-Jahre treten im Winter und Spätwinter auch über Österreich so genannte Ozon-Mini-Löcher auf. Während solcher Ozon-Mini-Löcher können die Ozonwerte auf ein ähnliches niedriges Niveau wie beim Antarktischen Ozonloch absinken. Dabei kann sich die Sonnenbrandgefahr um einen Faktor zwei und das Risiko einer DNS-Schädigung um einen Faktor vier erhöhen. Über die letzten zwei Jahrzehnte hinweg gab es eine deutliche Zunahme der Neuerkrankungen am bösartigen Melanom in Österreich. Während bei Frauen nur ein leichter Anstieg zu erkennen ist, ist dieser bei Männern deutlich höher.



**Abb. K4** Ozonminiloch über Österreich am 1.12.1999

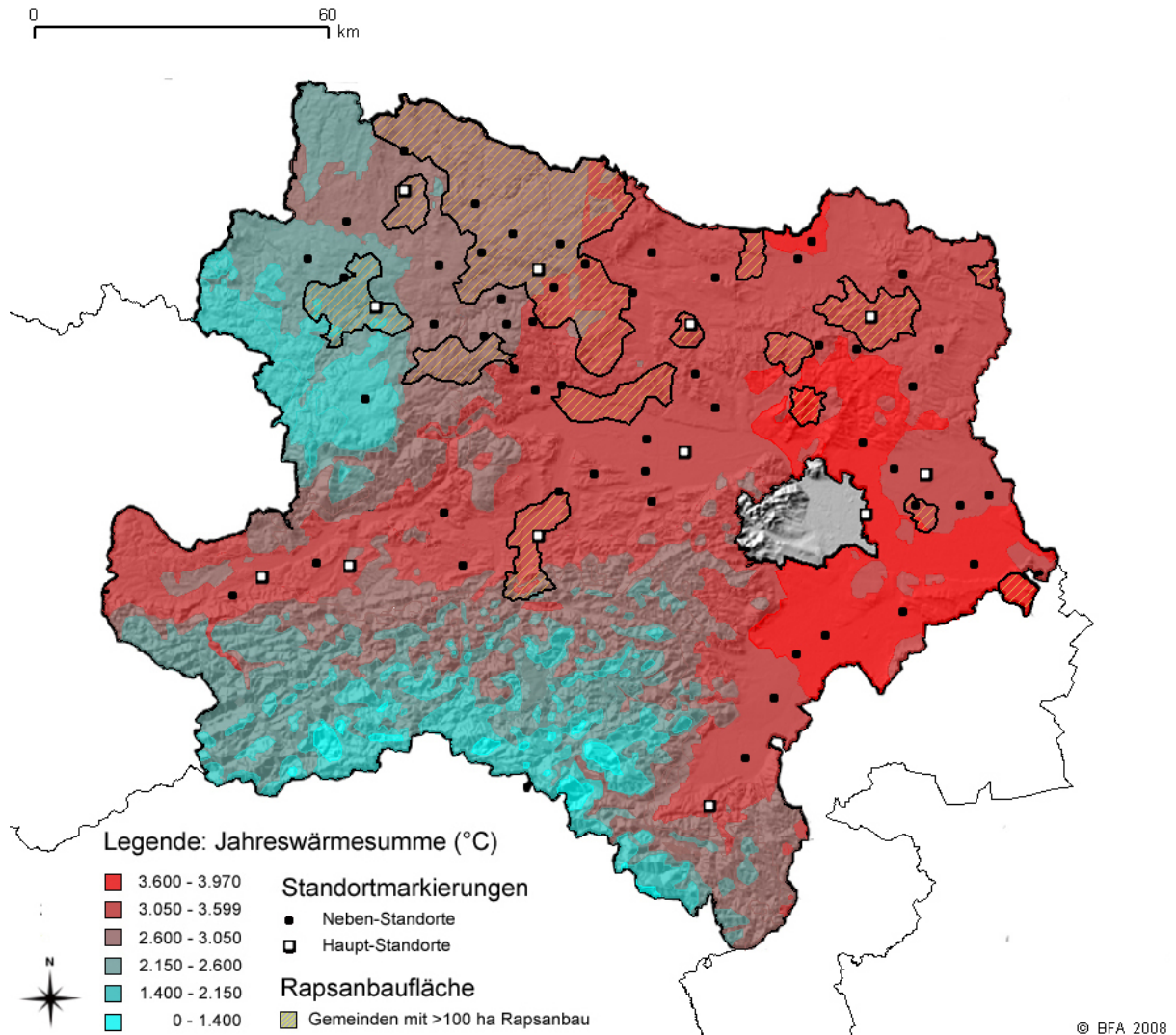
Aufgrund des vor 20 Jahren unterzeichneten Montrealer-Protokolls zum Schutz der Ozonschicht sowie dem Verbot der Produktion von FCKWs und anderer halogener Spurengase haben die Konzentrationen ozonschädigender Substanzen in der Stratosphäre ihren Höhenpunkt überschritten und sind seit einiger Zeit rückgängig. Die noch offene Frage ist allerdings, wie sich der Klimawandel in der Stratosphäre auswirkt und die Erholung der Ozonschicht beeinflussen bzw. verzögern könnte.

Hinzu kommt, dass für die UV-Belastung neben dem Gesamtzoon auch die Bewölkung und deren Veränderung eine Rolle spielt. Verschiedene regionalisierte Klimaszenarien für den alpinen Raum lassen einen deutlichen Rückgang der sommerlichen Bewölkung erwarten. Demzufolge würde die UV-Tagesdosis zunehmen und über das Freizeitverhalten zu vermehrter Sonnenexposition und erhöhten Hautkrebsraten führen.

In den letzten Jahren wurden rezente Veränderungen des Schädlingsauftretens im ost-österreichischen Ackerbau festgestellt, wobei vor allem wärmebedürftige Schädlingsarten mit bisherigem Hauptschadauftreten in Südost-Mitteleuropa auffällig geworden waren. Auch Verursacher ökonomisch schwerwiegender Schäden fanden sich darunter. Ob diese Veränderungen bereits eine Anpassung der Schadinsektenfauna an den Klimawandel darstellen, konnte aufgrund des Fehlens längerfristiger, kongruent erhobener Datensätze zu Populationsschwankungen der relevanten Schädlingsarten nur vermutet werden. Das Ziel dieses Projekts war daher die Erstellung eines Monitoring-Konzepts zur Beobachtung von Veränderungen des Schädlingspektrums im österreichischen Ackerbau in Zusammenhang mit dem Klimawandel. In Österreich bereits vorhandene Schädlings-Monitoringsysteme bzw. deren Betreiber sollten dabei konsensual einbezogen werden. Grundlage für die Konzepterstellung waren eine Literatur- und Internetrecherche sowie Fachgespräche mit Pflanzenschutz- und Klima-ExpertInnen relevanter Institutionen.

Die Erhebungen zum aktuellen Schädlings-Monitoring im österreichischen Ackerbau zeigten Lücken auf, die ein Monitoring-System zur Erfassung klimabedingter Veränderungen im Schädlingspektrum abdecken sollte. So werden derzeit nur wenige Schädlinge regelmäßig bzw. überregional erfasst, die Netzdichte an Standorten ist meist sehr gering und die Populationen werden üblicherweise nur bis zum Bekämpfungstermin beobachtet. Aufbauend auf eigenen Erhebungen (StartClim2005) sowie ExpertInnen-Aussagen wurde eine vorläufige Liste von zu erfassenden Feldfrüchten und Schädlingen erstellt. Das Netz an Monitoring-Standorten sollte die schädlingsrelevanten Faktoren wie die Anbaudichten der jeweiligen Kulturen und vor allem die unterschiedlichen Klimabedingungen im ost-österreichischen Ackerbaugesamt in ausreichender Dichte abdecken (siehe Abb. unten). Dafür wird ein zweistufiger Aufbau des Netzes aus Hauptstandorten (Landwirtschaftliche Fachstellen) mit hoher Erfassungsintensität, aber geringer Netzdichte und Nebenstandorten (Praxisbetriebe) mit geringerer Erfassungsintensität, dafür höherer Netzdichte vorgeschlagen. Die Auswahl der Monitoring-Methoden erfolgte nach den Kriterien Erfassungsgenauigkeit und –aufwand, wobei neben Expertenaussagen und Literatur auch die langjährigen methodischen Erfahrungen der Bio Forschung Austria einfließen.

Ein über das vorliegende Projekt hinausreichendes Fernziel ist die Umsetzung des Konzepts in einem längerfristigen Kooperationsprojekt im Rahmen der Klimafolgenforschung. Da im benachbarten Ausland keine Langfrist-Monitoring-Systeme für klimabedingte Veränderungen der Schädlingsfauna gefunden werden konnten, könnte ein derartiges System in Österreich eine europaweite Innovation darstellen.

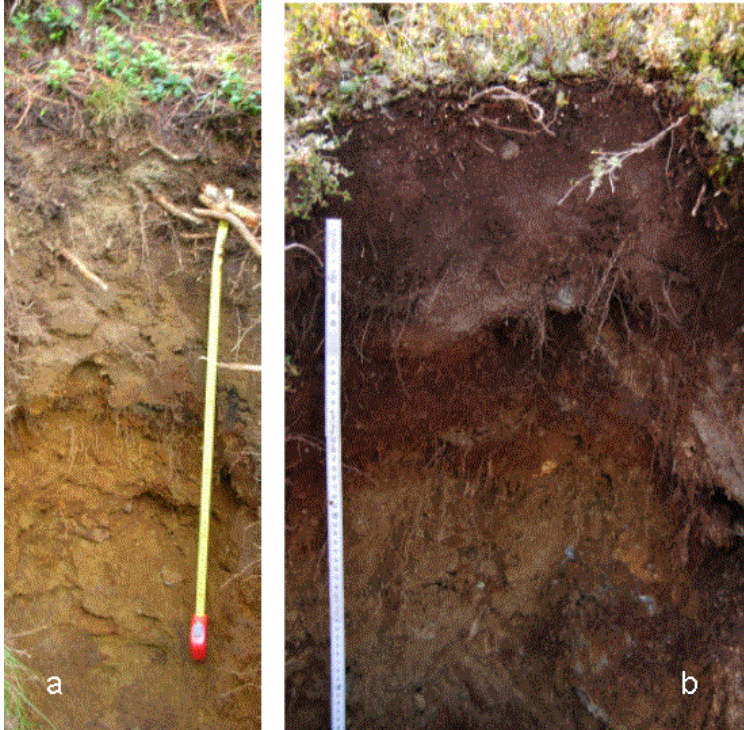


**Abb. K5** Beispielhafte Verteilung der Monitoring-Standorte in NÖ: Nebenstandorte sind Praxisbetriebe, auf denen die Dichten der Hauptschädlinge an ausgewählten Kulturen mittels zeit- und kostensparender Methoden vom Betriebsleiter erhoben werden. Hauptstandorte sind landwirtschaftliche Fachstellen, an denen das Schädlingsspektrum ausgewählter Kulturen genauer, inklusive Überwinterungsdaten erfasst wird. Mit der Verortung sollen die wichtigsten Ökoklimatypen bezüglich ihres Schädlingsauftretens abgedeckt werden, wie anhand der mit den Jahreswärmesummenklassen (°C) nach Harlfinger & Knees (1999) überlagerten Reliefdarstellung von NÖ dargestellt ist. Darüber gelegt ist weiters die Verteilung des Rapsanbaus in NÖ im Jahr 2005. Die gestreifte Fläche umfasst Gemeinden mit mehr als 100 ha Raps (Quelle: Statistik Austria, [www.statistik.at](http://www.statistik.at)).

Die Waldgrenze verschiebt sich durch die Klimaänderung und durch die geänderte Form der Landbewirtschaftung nach oben. Der Effekt ist seit mehreren Jahrzehnten gut dokumentiert. Durch Bodenanalysen an einem Standort, der in den 50er Jahren untersucht und gut dokumentiert wurde, konnten Auswirkungen des Überganges von Zwergstrauchheide zu Zirbenwald auf den Boden ermittelt werden. Der Versuchsstandort Pöschach in Obergurgl, Ötztal, war in den 1950er Jahren Gegenstand detaillierter pflanzenphysiologischer und kleinklimatischer Messungen, die im Zuge von großflächigen Hochlagenaufforstungen von der damaligen Forstlichen Bundesversuchsanstalt durchgeführt wurden. Im Zuge einer Neu-Aufnahme der Vegetation und der Böden konnte die Veränderung der Fläche innerhalb eines halben Jahrhunderts gut festgestellt werden.

In Obergurgl verdrängt der Wald Zwergstrauchheiden, die von Calluna und Rhododendron dominiert sind. Diese Zwergsträucher sind für ihre schlecht abbaubare Streu und für den extrem geschlossenen Nährstoffkreislauf bekannt. Die Böden unter Zwergsträu-

chern erwiesen sich als wesentlich kohlenstoffreicher als jene unter dem nunmehr 50 Jahre alten Zirbenwald. Dies hat weitreichende Implikationen für die Kohlenstoffbilanz: Zwar wird in der oberirdischen Biomasse im Wald ein großer Kohlenstoffvorrat aufgebaut, doch wird gleichzeitig der stabilere Kohlenstoffvorrat im Boden abgebaut.



**Abb. K6** Bodenprofile: a) unter Zirbenwald ist der Boden wenig humus- und damit kohlenstoffhaltig, b) unter Zwergstrauchheide bildet sich eine dicke Humusschicht aus. Bei Ansteigen der Waldgrenze und damit Übergang von Zwergstrauchheide zu Zirbenwald verliert der Boden Kohlenstoff, der teils in die oberirdische Biomasse, teils aber auch in als Kohlendioxid die Atmosphäre eingebracht wird.

Die Implikation für die österreichische Kohlenstoffbilanz ist, dass durch die Vegetationsänderung insgesamt nur ein kleiner Bodenkohlenstoffpool aufgebaut wird, der überdies stark auf Temperaturanstieg reagiert und leicht abbaubar ist. Zusammenfassend gilt für den spezifischen Standort, dass der Anstieg der (Zirben-) Waldgrenze zu signifikanten Änderungen im Boden führen, die mit erhöhter Kohlenstofffreisetzung verbunden sind. Diese Ergebnisse werfen viele Fragen auf, die in Folgeprojekten abgearbeitet werden sollen.

Klimaänderungen führen zu einer Änderung des Abflussverhaltens in vergletscherten Einzugsgebieten. Dies ist ein für die Energiewirtschaft wichtiger Aspekt des Klimawandels, da sowohl der zeitliche Verlauf als auch die Gesamtmenge des für Speicherkraftwerke in vergletscherten Einzugsgebieten zur Verfügung stehenden Wassers geändert werden. Bisherige Studien untersuchten den direkten Einfluss von Temperatur- und Niederschlagsänderungen auf den Abfluss in vergletscherten Einzugsgebieten ohne Berücksichtigung der Änderung der Gletscherfläche und -höhe.

Im dieser Studie wurde für ein stark vergletschertes (Gepatschferner, 17 km<sup>2</sup>), ein schwach vergletschertes und ein eisfreies Gebiet in Tirol die Wasserbilanz für den Zeitraum 1983-2003 als Referenz modelliert. Davon ausgehend wurden die Folgen einer Klimaänderung nach dem IPCC A1B Szenario modelliert.

Von der heutigen Verteilung der Eisdicke des Gepatschfernens und ihrer gemessenen Änderung von 1997 bis 2006 wurden Gletscherspende, Eisvolumen und Eisfläche für Schritte von 1°C berechnet. Bis zu einer Erwärmung von 3°C (im Modell ca. 2030 - 2040) nimmt die Gletscherspende zu, danach überwiegt die fortschreitende Verringe-

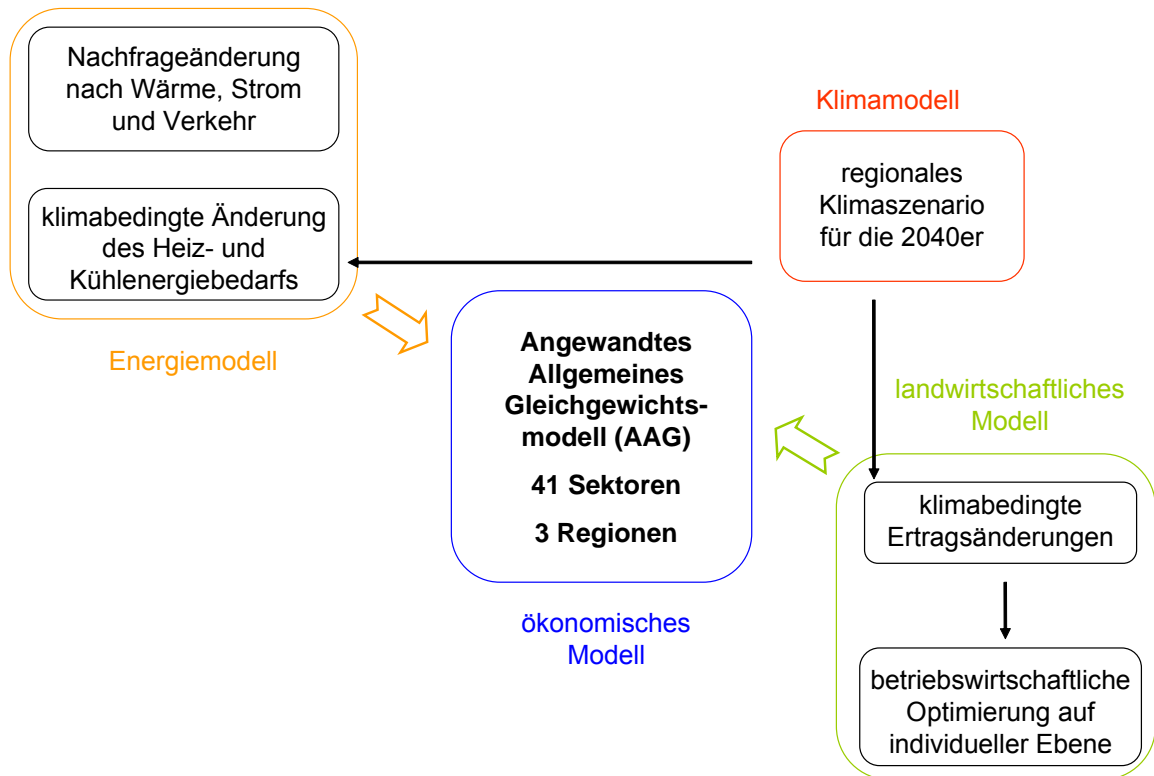
rung der Eisfläche über die Wirkung der Erwärmung. Bei kleineren Gletschern tritt dieser Effekt bereits früher auf.

Die Untersuchungen zu den Auswirkungen des Klimawandels auf den Sommertourismus beziehen sich nur auf die unmittelbaren Auswirkungen des Klimawandels. Welche Auswirkungen Klimaschutzmaßnahmen im Tourismus und in anderen Bereichen haben und wie diese sich auf den Tourismus auswirken ist nicht Gegenstand dieser Studie. Darüber hinaus beruhen die meisten Ergebnisse auf Plausibilitätsüberlegungen, da das für echte Analysen notwendige Datenmaterial nicht vorhanden ist.

Mittelfristig eröffnet der Temperaturanstieg Chancen für die Ausweitung der Sommersaison in den alpinen Regionen sowie die Möglichkeit einer verstärkten Orientierung auf Ganzjahrestourismus z.B. durch die erwartete Zunahme von Sommertagen und den Rückgang von Niederschlagstagen im Sommer. Allerdings werden in den Regionen entsprechende Anpassungen sowohl in der Infrastrukturentwicklung, in der Angebotsgestaltung, sowie in der Vermarktung notwendig werden. Da die erwarteten Klimatrends für bestimmte Höhenlagen klimatische Vorteile erwarten lassen, ist davon auszugehen, dass hier der Flächenbedarf weiter zunehmen wird und dadurch verstärkt ökologisch sensible Bereiche betroffen sein werden. Eine strikte ordnungsplanerische Vorsorge sowie entsprechende Rahmenbedingungen für die touristische Angebotsentwicklung im alpinen Raum ist in Betracht zu ziehen.

Der Stern Report (Stern, 2007) analysiert und bewertet grob quantitativ auf der globalen Ebene die Auswirkungen des Klimawandels, die Anpassung und Minderungsoptionen. Er streicht aber ebenso heraus, dass detailliertere Analysen auf der lokalen Ebene folgen müssen, da Auswirkungen, Verwundbarkeit, Anpassung, aber auch Minderung, über Wirtschaftssektoren und Regionen stark divergieren. Das Projekt STERN.AT zielt daher darauf ab, auf regionaler Ebene die Interaktion zwischen Klimawandel, seinen physischen und sozio-ökonomischen Folgen und den Antworten der Politik zur Emissionsvermeidung zu modellieren. Das Projekt koppelt ein regionales Klimaszenario, sektorale Analysen für zwei Sektoren, Landwirtschaft und Energie, und ein drei-regionales ökonomisches Angewandtes Allgemeines Gleichgewichtsmodell, um die wirtschaftlichen Folgen des lokalen Klimawandels für eine Studienregion in Österreich abzuschätzen (vgl. Abb. unten). Die Auswirkungen werden für ein repräsentatives Jahr der 2040er Jahre berechnet. Untersucht werden jeweils separat die wirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels und autonomer Anpassung, die Auswirkungen politikinduzierter Anpassung sowie die Auswirkungen einer Minderungsstrategie. Die Simulationsergebnisse zeigen beispielhaft die Richtung und Größenordnung der Effekte für wirtschaftliche Indikatoren wie Regionalprodukt und regionale Wohlfahrt. So ergibt sich z.B. als Auswirkung des Klimawandels durch veränderte Energienachfrage eine Erhöhung der Wohlfahrt (Konsumgütermenge) in den 2040er Jahren um 1,3%, als Auswirkung durch veränderte Produktion in der Landwirtschaft eine Verringerung um 0,3%. Durch Vermeidungspolitik in den Bereichen Raumwärme (Erhöhung der Sanierungsrate) oder erneuerbare Energie (Ausbau der Biomasse) lassen sich für realistische Politikszenerien Erhöhungen der regionalen Wertschöpfung um bis zu 3% und der regionalen Wohlfahrt um bis zu 0,7% erzielen.

Das Projekt zeigt, dass die Abschätzung von Schäden eine genaue Spezifizierung der Änderung von Klimaparametern nicht nur im Hinblick auf den betrachteten Zeitraum (jährlich, saisonal, monatlich, täglich) sondern auch auf die betrachtete Ebene (global, national, regional, lokal) erfordert. Um zu realitätsnäheren Simulationen der wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen des Klimawandels zu kommen, müssten die derzeitigen sektoralen Analysen verfeinert und weitere Sektoren, wie z.B. der Tourismus aufgenommen werden. Das Projekt konnte jedoch nachweisen, dass der gewählte Ansatz machbar und erfolgversprechend ist.



**Abb. K7** Modellkopplung: Das Klimamodell liefert Input für das Energiemodell und das landwirtschaftliche Modell, die wiederum den Input für das ökonomische Modell beisteuern.

## 1 Das Forschungsprogramm StartClim

Das Forschungsprogramm StartClim wurde nach dem Hochwasser 2002 auf Initiative des damaligen Umweltministers ins Leben gerufen. Es hat sich zu einem Forschungsprogramm entwickelt, in dem zu neuen Themen, die mit Klima bzw. Klimawandel in Zusammenhang stehen, aus den verschiedensten Sichtweisen und von verschiedensten Fachrichtungen interdisziplinär geforscht wird. Obwohl das Programm von der Mittelausstattung bescheiden ist, konnten bisher rund 90 Forscher und Forscherinnen bzw. über 30 Institutionen erste Studien zum Klimawandel 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 wird von einem Geldgeberkonsortium finanziert, das acht 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 hat das 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 StartClim2007

In StartClim2007 wurden Themen aus den Bereichen Gesundheit, Land- und Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Tourismus und Wirtschaft bearbeitet.

Grundlage für viele Untersuchungen sind verlässliche Klimadaten der Vergangenheit sowie Gegenwart: Der Satz qualitätsgeprüfter meteorologischer Daten konnte im Rahmen von StartClim2007 aktualisiert und erweitert werden. Die Analyse der Schneedatensätze war Teil eines der StartClim2007-Projekte.

Die Auswirkungen des abnehmenden stratosphärischen Ozons auf die Gesundheit der österreichischen Bevölkerung waren ebenso Untersuchungsgegenstand wie die Beobachtung der Veränderungen des Auftretens von Schadinsekten in der biologischen Landwirtschaft und die Auswirkungen der Verschiebung der Waldgrenze auf den CO<sub>2</sub>-Gehalt des Bodens. In einem weiteren Projekt wurde das veränderte Abflussverhalten

---

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

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

Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (2003, 2006, 2007)

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (2003, 2004, 2006, 2007)

Österreichische Nationalbank (2003, 2004)

Österreichische Hagelversicherung (2003, 2004, 2006, 2007)

Umweltbundesamt (2003)

Verbund AHP (2004, 2007)



von vergletscherten Einzugsgebieten im Hinblick auf Auswirkungen auf Speicherkraftwerke untersucht. In einem weiteren Projekt wurden Fragen zu den Auswirkungen auf den Sommerourismus behandelt und in Anlehnung an den STERN-Report wurde für Österreich ein Modell entwickelt, das Abschätzungen der wirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandel ermöglichen soll.

Die StartClim-Datenbank MEDEA wurde in StartClim2007 ebenfalls weiter entwickelt.

## **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 StartClim2007**

Die Organisation der Zusammenarbeit im Rahmen von StartClim2007 erfolgte in ähnlicher Weise wie bei den bisherigen StartClim-Phasen. Sieben Teilprojekte zu verschiedenen Fragestellungen wurden parallel bearbeitet. Dabei haben 44 Personen von 15 verschiedenen Institutionen insgesamt weit mehr als die veranschlagten rund 50 Monate Zeit für wissenschaftliche Arbeit einschließlich Berichterstellung aufgewendet. Von den 44 beteiligten Wissenschaftlern sind 17 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 StartClim2007 verwendeten Literaturzitate erweitert und gemeinsam mit den Projektberichten auf der StartClim-Homepage bereitgestellt.

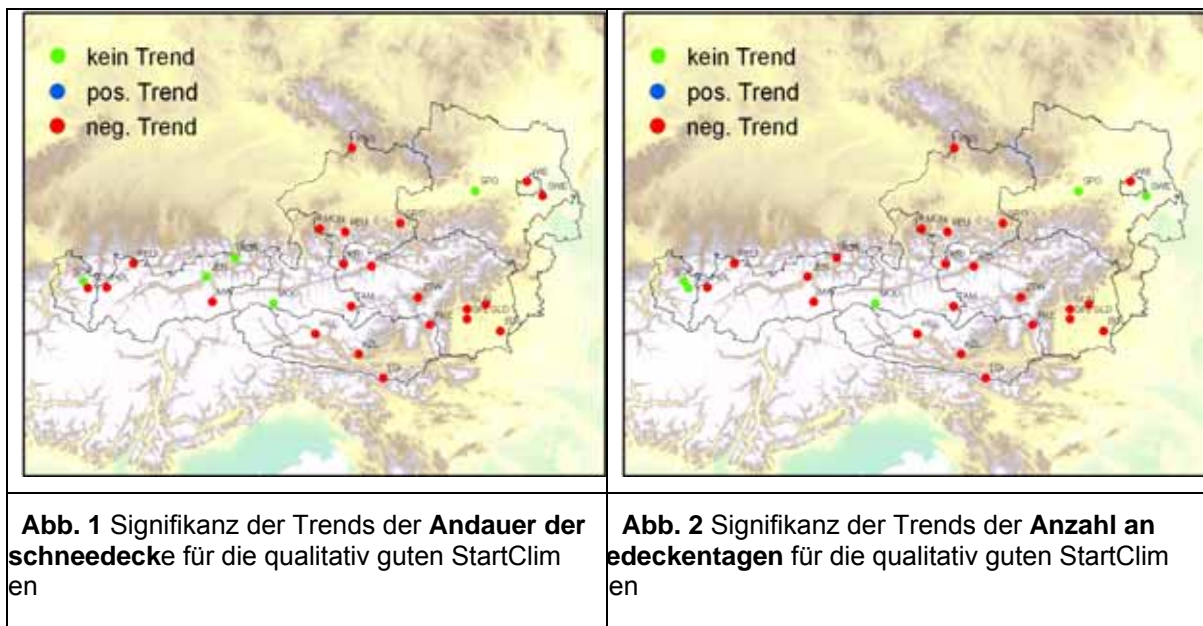
## 2 Die StartClim2007-Projekte im Detail

### 2.1 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

Mit der Vervollständigung, Korrektur und Datenqualitätsprüfung des Elementes Gesamtschneehöhe kam es zu einer Verbesserung und Erweiterung des bereits existierenden StartClim1 Datensatzes. Dieser Datensatz enthält plausibilitätsgeprüfte Daten der Elemente Temperatur, Niederschlag und Dampfdruck für Stationen des österreichischen Wetterdienstes für den Zeitraum seit dem Ende des 2. Weltkrieges. Der Großteil der früheren Daten ist im Krieg verloren gegangen. Im Rahmen des aktuellen Projektes wurde dieser Datensatz bis einschließlich April 2007 aktualisiert.

Die Vervollständigung der langjährigen Zeitreihen der Gesamtschneehöhe erfolgte mit Zuhilfenahme von bis dahin nicht digitalisierten Rapporten des hydrographischen Dienstes und ZAMG Klimabögen, sowie diversen Datenbanken.

Eine neu eingeführte „Pseudoneuschneehöhe“, die Differenz der gemessenen Gesamtschneehöhe (Tag-Vortag), erwies sich als sehr geeignet zur Qualitätsprüfung der gemeldeten Gesamtschneehöhe: viele Ausreißer, die unter anderem durch sporadische, ungenaue Messungen seitens der Beobachter oder durch Insuffizienz bei der Digitalisierung zustande kamen, konnten somit detektiert werden.

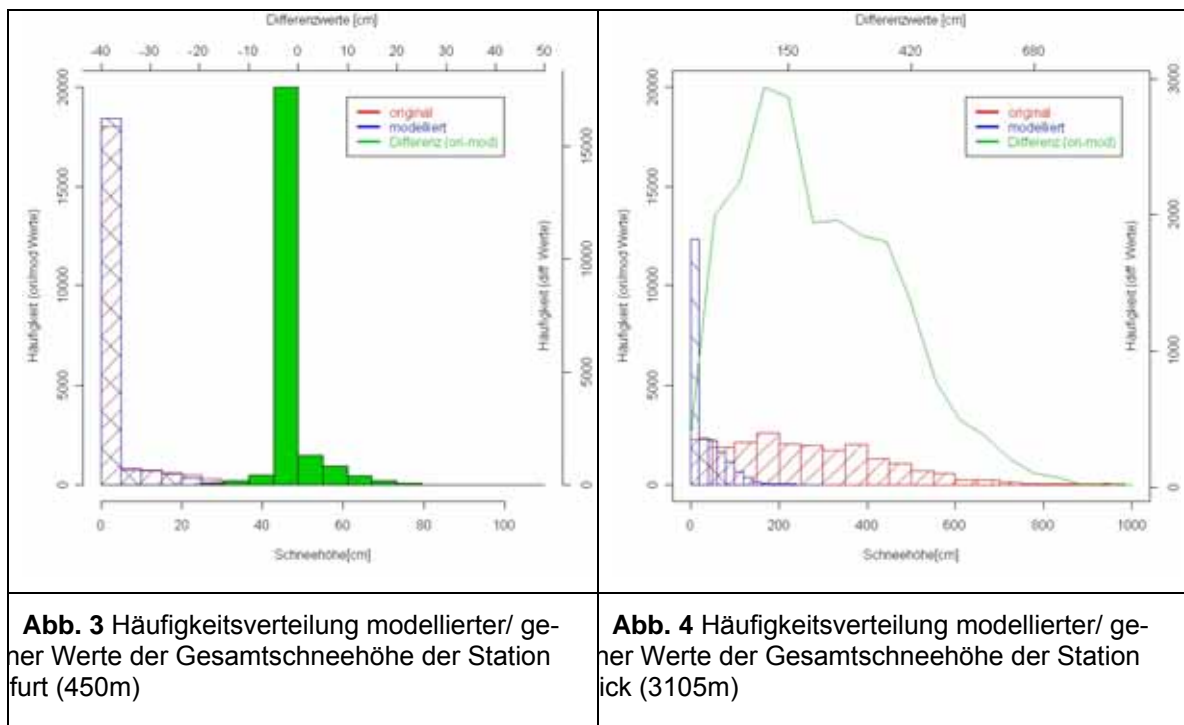


Die Daten jener Stationen, an denen langjährige, vollständige, qualitätsgeprüfte und homogene Zeitreihen vorlagen, wurden hinsichtlich eventuell bereits erkennbarer Trends untersucht. Die Homogenität der Gesamtschneehöhendatensätze wurde mit einem relativen Testverfahren (*HOCLIS*) geprüft. Der Trendtest nach *Mann-Kendall* wurde auf die Schneeparameter „Anzahl der Tage mit Schnee“, „Schneedeckendauer“, sowie „Winterdeckendauer“ und „maximale Schneehöhe“ angewendet. Von den letztendlich 20 als homogen eingestuft Stationen ergab sich bei dem wenig aussagekräftigen Parameter Schneedeckendauer (zählt die Tage von ersten bis zum letzten Tag mit Schneedecke, wobei apere Phasen unberücksichtigt bleiben) nur an der Station Jenbach eine signifikante Abnahme. Infolge der hohen Variabilitäten der maximalen

Schneehöhe weisen nur die Stationen Kolbnitz, Kanzelhöhe und Mayrhofen signifikante Abnahmen auf. Für die beiden anderen Parameter ergaben sich an den meisten Stationen - vor allem südlich des Alpenhauptkamms - signifikante negative Trends, d.h. die Winterdeckendauer und die Anzahl an Schneedeckentagen nehmen ab (siehe Abb. 1 und Abb. 2). Keine einzige dieser Stationen weist einen positiven Trend, d.h. eine Zunahme dieser Größen auf.

Die tägliche Gesamtschneehöhe wurde zusätzlich mit einem *Schneemodell nach Schöner* aus den täglichen Temperatur und Niederschlagswerten errechnet, doch führte dies generell zur Unterschätzung der Höhe der Schneedecke. Je höher die Station situiert ist, desto signifikanter sind die Unterschiede zwischen modellierten und gemessenen Daten (siehe Abb. 3 und Abb. 4). Während an der Station Klagenfurt (450 m) die gemessenen Schneehöhen gut mit den modellierten übereinstimmen (die Differenzen sind um den Nullwert nahezu normalverteilt), zeigt die Messstelle Sonnblick (3105 m) große Abweichungen zu den Messwerten auf. Während die gemessenen Daten eine weitere Streubreite aufweisen (der Wertebereich erstreckt sich hier von 0 – 9 m Gesamtschneedecke) und gleichmäßig über das gesamte Intervall verteilt sind, beschränken sich die modellierten Daten auf einen kleineren Wertebereich (der maximale Wert beträgt hier 2 m) und weisen eine linkssteile Verteilungsform auf. Aufgrund dieser großen Diskrepanzen kommt es bei den Differenzen zu Abweichungen von bis zu +7 m Gesamtschneehöhe.

Die Trendanalysen der modellierten Zeitreihen ergaben jedoch ähnliche Ergebnisse wie die der gemessenen. Dies bedeutet, dass man für Regionen ohne Schneedeckenbeobachtung zwar nicht die Gesamtschneehöhe an sich aus den täglichen Temperatur und Niederschlagswerten berechnen kann, wohl aber ihren Trend.

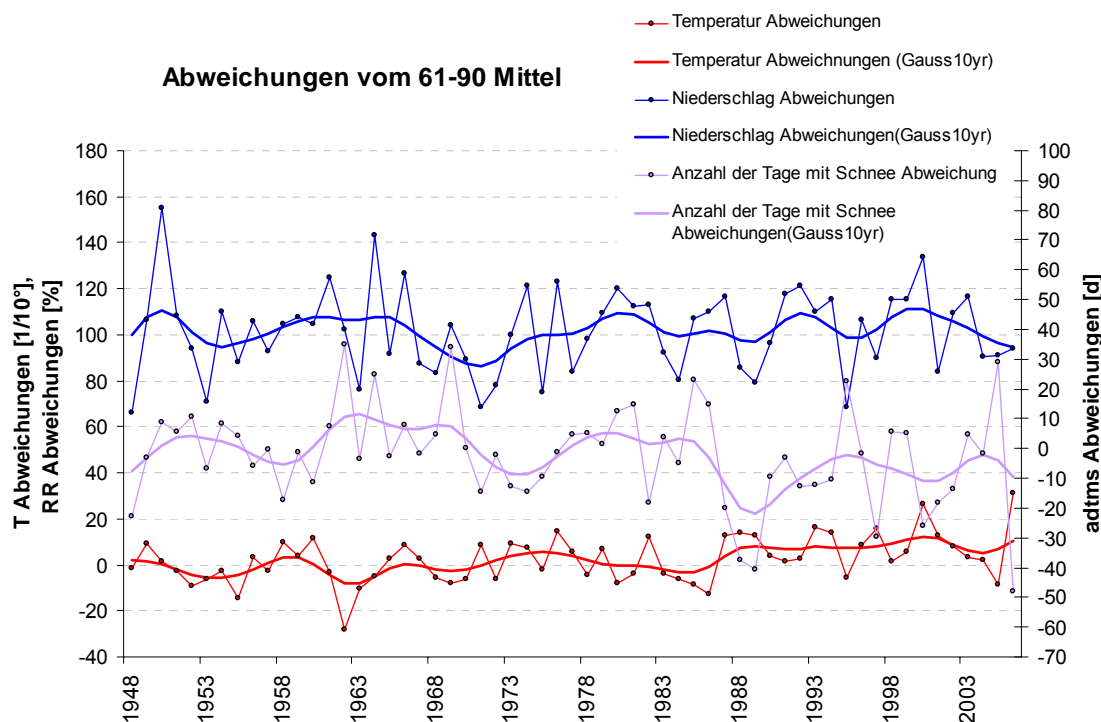


Als Hinweis auf die Verlässlichkeit der Daten an den einzelnen Stationen und damit ihrer Nützlichkeit in der Klima- und Klimafolgenforschung wurden die Stationen nach bestimmten Kriterien, wie Vollständigkeit der Zeitreihe, Prozentanzahl der korrigierten Werte und Homogenität, in Qualitätsklassen eingestuft. Schlussendlich konnten 10 Statio-

nen (also rund 14%) der Klasse 1 (vollständige, fehlerfreie und homogene Zeitreihe), 36 Stationen (50%) der Klasse 2 und 25 Stationen (36%) der Klasse 3 zugeordnet werden.

Eine abschließende Extremwertanalyse zeigt, dass relativ betrachtet die schneearmsten Winter in der jüngsten Vergangenheit vorzufinden sind, die schneereichen dagegen in den 60-er Jahren. In Abbildung 5 ist die Temperaturabweichung (rote Kurve) sowie die prozentuelle Niederschlagsabweichung (blaue Kurve) vom 1961-90er Mittel der HISTALP Stationen im Zeitraum 1948 bis 2007 abgebildet. Die beiden Kurven wurden der mittleren Anzahl an Tagen mit Schneedecke (auch die Abweichung gegenüber dem 1961-90er Mittel), der StartClim Stationen, gegenübergestellt. Mit einer positiven Abweichung von +3.1°C und nur 94% des durchschnittlichen Winterhalbjahresniederschlages erwies sich der letzte Winter 2006/07 als überdurchschnittlich warm, was sich auf die Gesamtschneehöhe auswirkte und die Anzahl der Schneedeckentage um 48 Tage reduzierte. Angesichts der 101 Schneedeckentage im Mittel 1961-1990 ist dies nahezu eine Halbierung. Nur ein Jahr zuvor findet sich das andere Extrem: Mit kalten Durchschnittstemperaturen (-0.9°C) und 91% der mittleren Niederschlagssumme in einem Winterhalbjahr verzeichneten die Stationen im Mittel eine positive Abweichung von +29 Schneedeckentagen.

Die Umgebungstemperatur hat somit größere Auswirkungen auf die Dauer der Schneebedeckung als die Niederschlagsmenge. Hohe Temperaturen gekoppelt mit Niederschlag verursachen ein Schmelzen der schon vorhandenen Schneedecke und senken somit die Anzahl an Schneedeckentagen.



**Abb. 5** Abweichungen der Temperatur- Niederschlags- sowie Anzahl der Schneedeckentage Mittel eines Winterhalbjahres vom 61-90er Mittel

Innerhalb dieses Projektes wurde mit viel Zeit- und Ressourcenaufwand der Datensatz der Gesamtschneehöhe vervollständigt, geprüft, korrigiert, modelliert und schlussendlich analysiert. Dennoch besteht noch weiterer Forschungsbedarf in den Bereichen:

- **Netzverdichtung:** Insbesondere im Bereich der Alpen, wo aufgrund von speziellen Geländelagen und Ausrichtungen, Werte kumulativer Elemente, wie die

Schneehöhe, sehr stark streuen, sollte eine räumliche Verdichtung angestrebt werden.

- **Homogenisierung:** Eine Homogenisierung aller Klimadaten auf Monats- und in der Folge auf Tagesbasis würde als sehr sinnvoll erachtet werden. Durch die Beseitigung von Inhomogenitäten innerhalb einer Zeitreihe könnten in weiterer Folge Interpolationen und Trendanalysen nahezu aller Klimaelemente erfolgen. Bei dem Element Gesamtschneehöhe wurde bereits einige Vorarbeit (Aussagen in Bezug auf die Homogenität) diesbezüglich geleistet. Nur wenn homogenisierte Klimazeitreihen auf Tageswertebasis vorliegen, ist eine Untersuchung über Änderungen in den Extremwerten möglich.
- **Verlängerung bzw. Erweiterung der Datensätze:** Durch eine zusätzliche Aufnahme langer (bis 100 jähriger) durchgehender Zeitreihen in den StartClim Datensatz könnten bessere Aussagen in Hinblick auf Klimavariabilität und Extremwertanalyse getätigt werden.
- **Ausweitung des Datensatzes auf bis dato nicht betrachtete Elemente:** Durch die Berücksichtigung weiterer Elemente wie der Strahlung, Bewölkung und des Luftdrucks könnten die Wechselwirkungen mit anderen Klimaelementen besser erforscht werden.

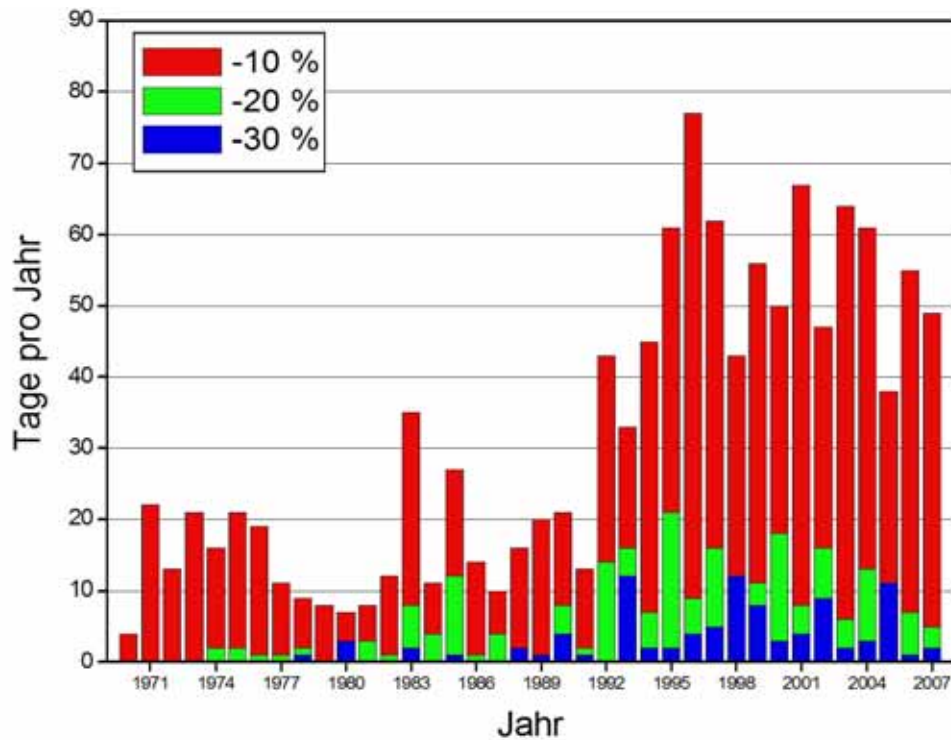
## 2.2 StartClim2007.B: Gesundheitsrisiken für die Österreichische Bevölkerung durch die Abnahme des stratosphärischen Ozons

Der Abbau des stratosphärischen Ozons gehört zu den gravierendsten Veränderungen der Erdatmosphäre in neuerer Zeit. Über den mittleren Breiten hat die Ozonschichtdicke in den letzten 40 Jahren um mehr als 8% abgenommen. Als Folge der langfristigen Ozonabnahme ist die Anzahl der Tage mit "dünner Ozonschicht" in Österreich heute deutlich größer als noch vor 30 Jahren (Abb. 6). Demzufolge ist die Gefahr eines Sonnenbrandes bzw. anderer durch UV-B initiierte Reaktionen (Hautkrebs, DNS-Schädigung) gestiegen.

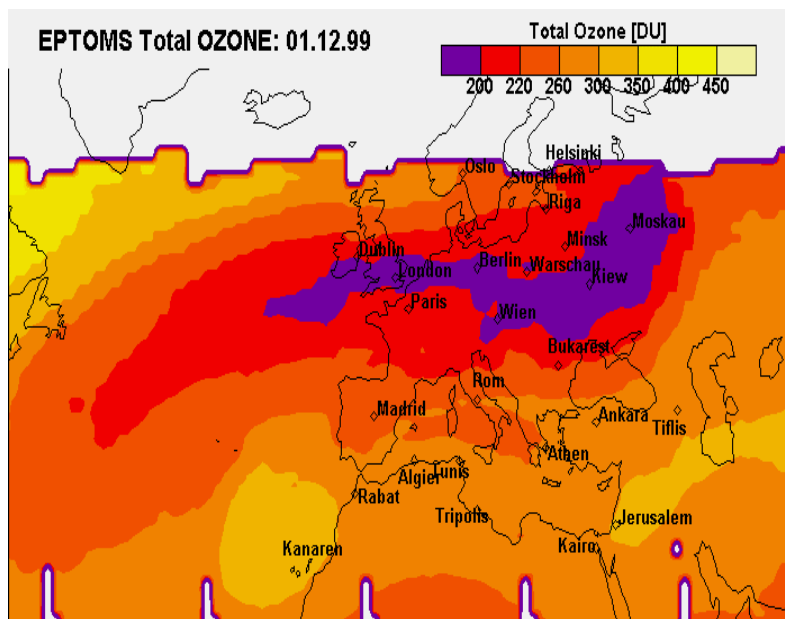
Die Episoden mit einem Ozonschwund von mehr als 30%, die zu einer verstärkten UV-Belastung der menschlichen Haut führen, sind im Spätwinter und Frühling besonders häufig. Wettererscheinungen wie Hochdrucklagen mit Perioden von 1 bis 5 Tagen können zu einer lokal und zeitlich begrenzten Gesamtozonabnahme von mehr als 100 DU (Dobson Einheiten) im Vergleich zum langjährigen Mittelwert führen. Derartige Strukturen werden auch als Ozon-Mini-Löcher (OML) bezeichnet, mit denen eine Zunahme der schädlichen UVB-Strahlung in der jeweiligen Region verbunden ist. Seit Anfang der 1990-er Jahre werden im Winter und Frühjahr auch über Österreich derartige Strukturen mit besonders dünner Ozonschicht beobachtet. Während solcher Ozon-Mini-Löcher können die Ozonwerte auf ein ähnliches niedriges Niveau wie beim Antarktischen Ozonloch absinken (Abb. 7). Dabei kann sich die Sonnenbrandgefahr (durch erythemwirksame Strahlung) um den Faktor zwei und das Risiko einer DNS-Schädigung um den Faktor vier erhöhen (Abb. 8). Im Frühjahr wird das UV-Risiko für Menschen dadurch verstärkt, dass die Haut noch nicht ausreichend an die Strahlungsbelastung adaptiert ist.

Über die letzten zwei Jahrzehnte hinweg gab es eine deutliche Zunahme der Neuerkrankungen am bösartigen Melanom in Österreich (Abb. 9). Während bei Frauen nur ein leichter Anstieg zu erkennen ist, ist dieser bei Männern deutlich höher. Am Malignen Melanom verstarben weit mehr Menschen als an allen anderen Hauttumoren zusammen. Bei den Männern waren es zu Beginn der 90-er Jahre in Österreich 2,6 Fälle pro 100.000 Einwohner und Jahr und bei Frauen 1,8 Fälle, jetzt sind es 3,1 und 1,7 Fälle. Die Latenzzeit für das Auftreten von bösartigem Melanom liegt bei etwa 20 Jahren. Deswegen treten nur etwa ein Drittel der Neuerkrankungen vor dem 50. Lebensjahr auf, ein weiteres Drittel zwischen dem 50. und 69. Lebensjahr, und ein Drittel noch ab dem 70. Lebensjahr. Der Anstieg der UV-Strahlung ist vermutlich nicht der einzige Grund für diese deutliche Zunahme an Melanomen. Sie ist wohl auch eine Folge geänderten Le-

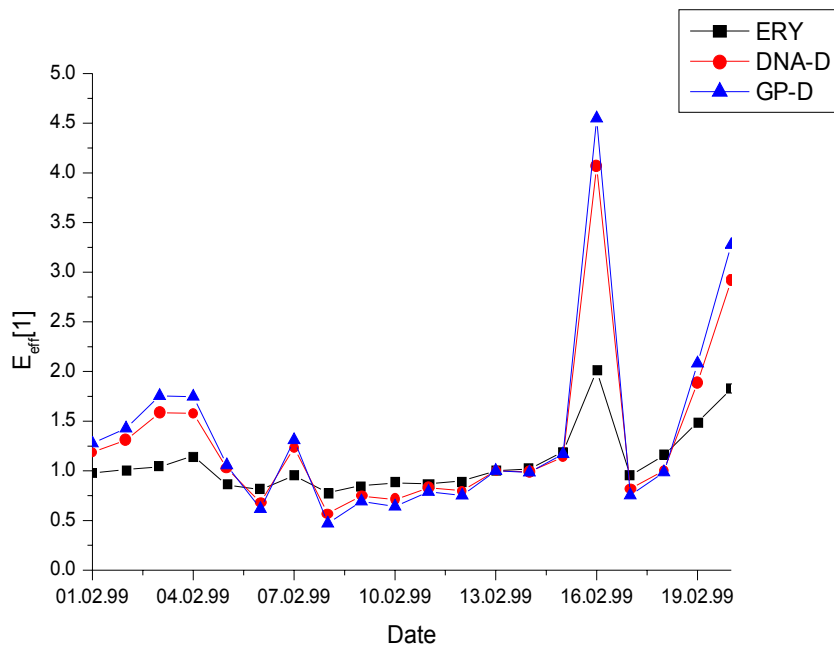
bensstils, etwa der Bekleidungsgepflogenheiten und des Urlaubsverhaltens. Darauf deuten Trendvergleiche für verschiedene Untersuchungsgruppen hin. Der Anstieg scheint bei wohlhabenderen Bevölkerungsschichten stärker ausgeprägt zu sein.



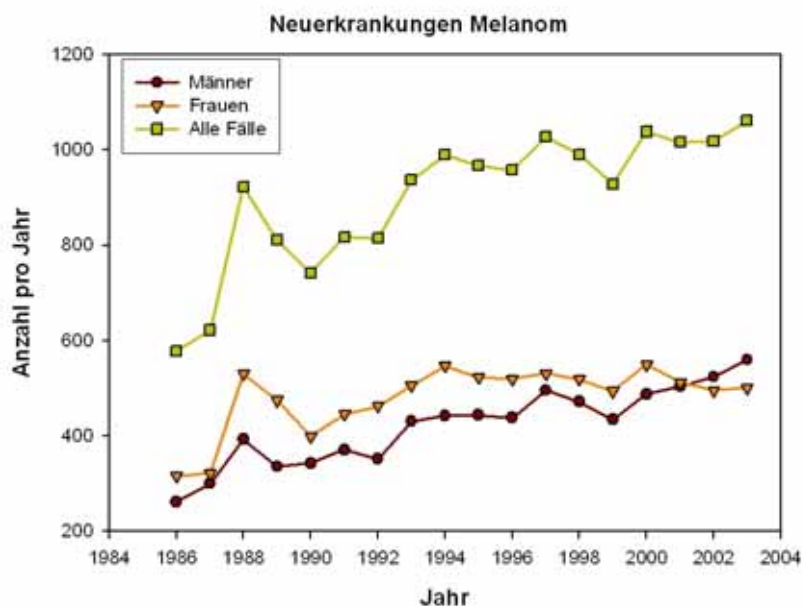
**Abb. 6** Häufigkeit von Tagen mit dünner Ozonschicht am Hohen Sonnblick für die Monate Februar bis August. Die Balkenarten stehen für Tage, an denen die Ozonschicht über Hohen Sonnblick um 10, 20 oder 30 % dünner war als im Vergleichszeitraum 1928-78



**Abb. 7** Ozon-Mini-Loch über Österreich am 1.12.1999



**Abb. 8** Verlauf der biologisch wirksamen UV Strahlung während eines extremen Ozon-Mini-Lochs im Februar 1999. Dargestellt sind die Verläufe für die erythemwirksame (ERY), die DNS-schädigende (DNA-D) und die pflanzenschädigende UV Strahlung (GP-D).



**Abb. 9** Jährliche Neuerkrankungen am Malignen Melanom in Österreich, absolute Zahlen

Aufgrund des vor 20 Jahren unterzeichneten Montrealer-Protokolls zum Schutz der Ozonschicht sowie dem Verbot der Produktion von FCKW und anderer halogener Spurengase haben die Konzentrationen ozonschädigender Substanzen in der Stratosphäre ihren Höhenpunkt überschritten und sind seit einiger Zeit rückgängig. Die Frage über die zukünftige Entwicklung der Ozonschicht ist derzeit von großem wissenschaftlichem und

gesellschaftlichem Interesse. Eine derzeit kontrovers diskutierte Frage ist, ob die Erholung der Ozonschicht bereits begonnen hat. Teilweise werden die Beobachtungen bereits als erste Anzeichen für die Erholung der Ozonschicht gewertet. Ob diese Erholung bereits auf die Trendumkehr beim Chlorgehalt zurückzuführen ist, oder ob sie im Rahmen der natürlichen Schwankungsbreite liegt und von anderen Faktoren verursacht ist, z.B. vom 11-jährigen Sonnenzyklus, ist zur Zeit noch nicht eindeutig erklärbar und wird erst in einigen Jahren sicher beurteilt werden können. Die noch offene Frage ist allerdings, wie sich der Klimawandel in der Stratosphäre auswirken und die Erholung der Ozonschicht beeinflussen bzw. verzögern könnte.

Die Intensität der an der Erdoberfläche eintreffenden UV-Strahlung wird durch die Konzentrationen des stratosphärischen Ozons sowie durch Bewölkung, Aerosolkonzentration und -zusammensetzung und Oberflächenalbedo beeinflusst. Besonders wichtig ist die im Zuge der globalen Klimaänderung veränderte Bewölkung. Verschiedene regionalisierte Klimaszenarien für den alpinen Raum lassen einen deutlichen Rückgang der sommerlichen Bewölkung erwarten. Wenn dies zutrifft würde die UV-Tagesdosis zunehmen. Führt das Freizeitverhalten zusätzlich zu vermehrter Sonnenexposition, so ist mit weiterem Ansteigen der Hautkrebsraten zu rechnen. Wie man aus anderen Ländern weiß, kann Aufklärung der Bevölkerung diesem Trend erfolgreich entgegenwirken.

### **2.3 StartClim2007.C: Anpassungen der Schadinsektenfauna an den Klimawandel im ostösterreichischen Ackerbau: Konzepterstellung für ein Langfrist-Monitoringsystem**

#### **Einleitung und Fragestellung**

In den letzten Jahren wurden rezente Veränderungen des Schädlingsauftretens im ostösterreichischen Ackerbau, insbesondere für die klimatisch abweichenden Jahre ab 2000 mit einem Höhepunkt im Hitze- und Dürrejahr 2003, festgestellt. Darunter befanden sich auch einige Verursacher ökonomisch schwerwiegender Schäden, wie z.B. Getreideblattläuse als Überträger des Gelbverzwergungs-Virus, Getreidewanzen und Zuckerrüben-Derbrüssler. Auffällig geworden waren vor allem wärmebedürftige Schädlingsarten mit bisherigem Hauptschadauftreten in Südost-Mitteleuropa. Ob diese Veränderungen bereits eine Anpassung der Schadinsektenfauna an den Klimawandel darstellen, konnte aufgrund des Fehlens längerfristiger, kongruent erhobener Datensätze zu Populationsschwankungen der in Frage kommenden Schädlingsarten allerdings nur vermutet werden. Ein Zusammenhang mit der Klimaerwärmung scheint aber auf der Hand zu liegen, da Schadinsekten als wechselwarme Tiere stark von der Umgebungstemperatur abhängig sind.

Die derzeit in Österreich betriebenen Beobachtungssysteme und Warndienste ackerbaulicher Schädlinge sind auf kurzzeitige Schadschwellenfeststellung und daraus abgeleitete Pflanzenschutzempfehlungen einiger weniger Arten ausgerichtet. Nachdem sie nicht für die Erfassung längerfristiger Entwicklungen konzipiert sind, können sie nur begrenzt Beiträge zur Beantwortung der Frage nach den Auswirkungen des Klimawandels auf die Schadinsektenfauna liefern. Im vorliegenden Projekt wurde ein Konzept für ein langfristiges Beobachtungs- und Monitoring-System für Veränderungen des Schädlingspektrums im österreichischen Ackerbau in Zusammenhang mit der Klimaveränderung erarbeitet. Die Projektziele waren eine Bestandsaufnahme vorhandener Beobachtungssysteme und Warndienste in Österreich, die Analyse von Schwachpunkten bzw. der Übertragbarkeit der bestehenden Systeme sowie die Erstellung eines mit den österreichischen ExpertInnen abgestimmten Konzepts. Die aus dem konzipierten Langzeit-Monitoringsystem zu erwartenden Daten sollen klimaabhängige Veränderungen im Schädlingsauftreten frühzeitig erkennen lassen, um einerseits Risikoprognosen zur Vorhersage von Schädlingsausbrüchen auf der Basis von Klimadaten erstellen zu können und andererseits durch rechtzeitig entwickelte und erprobte Vorbeugestrategien bzw.



Anpassungen der ackerbaulichen Praxis Ertrags- und Einkommensausfälle der LandwirtInnen vermeiden zu können. Weiters kann damit ein Beitrag zur nachhaltigen Versorgungssicherheit mit vor Ort produzierten Grundnahrungsmitteln geleistet werden.

### **Methodik**

Nach eingangs durchgeführten Literatur- und Internet-Recherchen zum Status Quo von vorhandenen Schädlings-Monitoring Systemen und Schädlings-Warn- und Beratungsdiensten im österreichischen Acker- und Feldgemüsebau wurden Fachgespräche mit Pflanzenschutz- und Klima-ExpertInnen relevanter Institutionen geführt. Dabei wurden bestehenden Systeme und Veränderungen im Schädlingspektrum der letzten Jahre besprochen und diskutiert. Anhand der Recherchen und Expertenmeinungen wurden die Schwachpunkte und Lücken der vorhandenen Systeme und deren Übertragbarkeit in ein klimabezogenes Langzeit-Monitoringsystem analysiert.

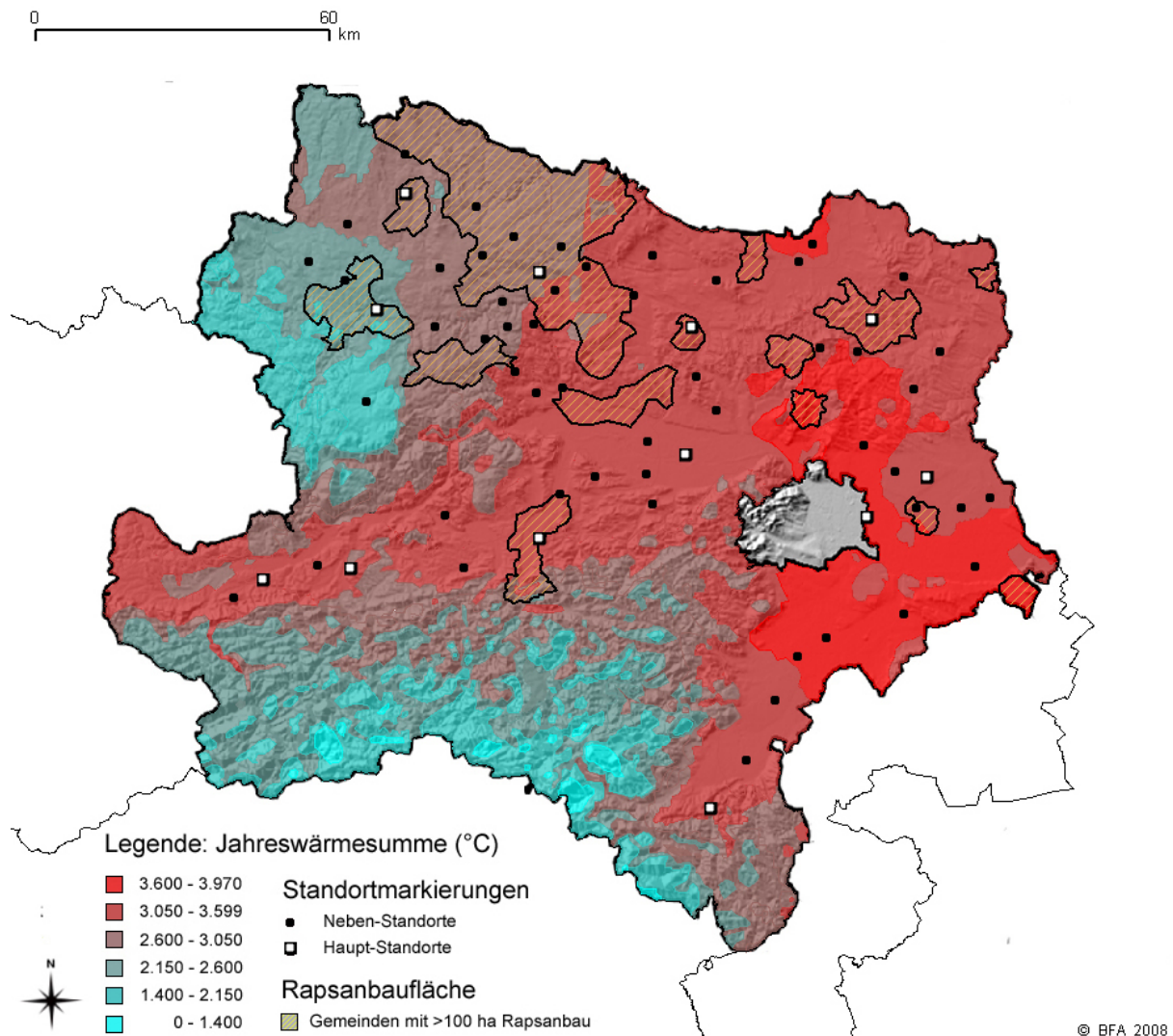
Aufbauend auf die Recherche und die Fachgespräche wurde ein Konzept für ein langfristiges Beobachtungs- und Monitoring-System für Veränderungen des Schädlingspektrums im österreichischen Ackerbau in Abhängigkeit von der Klimaveränderung erarbeitet. Neben der Auswahl zu erfassender Hauptkulturen und –schädlinge sowie der Auswahl geeigneter Monitoringmethoden für die ausgewählten Schädlinge wurde ein Vorschlag für den Aufbau eines Netzes von Beobachtungsstellen zur Abdeckung der Anbau- und Klimaregionen der österreichischen Ackerbauregionen erarbeitet. Ein Grundsatz bei der Konzepterstellung war, die Betreiber von Schädlings-Monitoringsystemen konsensual einzubeziehen. Eine vorläufige Version des Konzepts wurde an die befragten ExpertInnen zur kritischen Durchsicht ausgesendet. Für die wertvollen Rückmeldungen und Anregungen sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

### **Ergebnisse und Diskussion**

Das aktuelle Schädlings-Monitoring im österreichischen Acker- und Feldgemüsebau ist sehr lückenhaft, nur einige wenige Schädlinge werden regelmäßig bzw. überregional erfasst (z.B. Maiswurzelbohrer, Maiszünsler, Getreidewanzen). Auch die Netzdichte der wenigen noch aktiven Schädlings-Beobachtungsbetriebe der Monitoring-Standorte ist meist sehr gering. Ein Problem ist weiters die Ausrichtung der aktuellen Schädlings-Beobachtungssysteme auf Schadschwellerfassung. Dabei werden nur begrenzte Ausschnitte der saisonalen Populationsdynamik, entweder zum Auftreten der Schädlinge oder in einem begrenzten Zeitraum bis zum Befallshöhepunkt beobachtet, um kurzfristige Prognosen für Bekämpfungstermine erstellen zu können. Die für die Verrechnung mit Klimadaten sowie allfällige längerfristige Prognosen notwendige Erfassung der gesamten Saisondynamik der Schädlingspopulationen inklusive Daten zu Überwinterung bzw. bodenlebenden Stadien fehlt derzeit.

Aufbauend auf die frühere Erhebung im Rahmen von StartClim2005 (GRÜNBACHER et al. 2006) und die ExpertInnen-Aussagen wurde eine vorläufige Liste von zu erfassenden Feldfrüchten und Schädlingen erstellt. Als Kernstück des Konzepts für ein klimabezogenes Langfrist-Schädlings-Monitoringsystem wird der Aufbau eines ausreichend dichten Netzes an Beobachtungsstellen aufgefasst. Grundsätzlich soll dieses auf den bestehenden Schädlings-Monitoring- und Warn-Systemen aufbauen und deren Betreiber soweit wie möglich in das neue Beobachtungsnetz integrieren. Dafür wird ein zweistufiger Aufbau vorgeschlagen: Hauptstandorte zur großräumigen Abdeckung der verschiedenen Ökotypen sind Beobachtungsstationen in bestehenden landwirtschaftlichen Fachstellen (z.B. Landwirtschaftliche Fachschulen, Bezirksbauernkammern, Versuchsstandorte der AGES sowie der Bio Forschung Austria, Versuchsgut BOKU) aber auch besonders versierte Ackerbaubetriebe (siehe Abb. 10). Hier erfolgt auch die Erfassung von Daten zur Schädlingsüberwinterung bzw. dafür relevanter Daten des winterlichen Klimaverlaufs. Als Nebenstandorte vorgeschlagen werden Ackerbaubetriebe, in denen LandwirtInnen ehrenamtlich bzw. gegen Aufwandsentschädigung nach entsprechender Einschulung die Schädlingsbeobachtungen an bestimmten Kulturen durchführen. Es sollen

dabei sowohl konventionell als auch biologisch wirtschaftende Betriebe zum Einsatz kommen. Die Auswahl der Schädlinge und die Verortung von Beobachtungsstellen richtet sich nach der regionalen Verteilung der Hauptkulturen (z.B. Rapsflächenverteilung in Abb. 10). Des weiteren sollen die Haupt-Ackerbauggebiete in ihrer Vielfalt von unterschiedlichen pedologischen, geomorphologischen und klimatologischen Standortbedingungen möglichst repräsentativ erfasst werden. Als Bezugssystem dafür wird die „Ökoklimatische Klassifikation“ der Finanzbodenschätzung nach HARLFINGER & KNEES (1999) vorgeschlagen. Die Monitoring-Methoden für die zu erfassenden Schädlinge wurden nach den Kriterien genügende Erfassungsgenauigkeit bei möglichst geringem Erfassungsaufwand ausgewählt, wobei neben den Expertenaussagen bzw. der Literatur auf langjährige methodische Erfahrungen der Bio Forschung Austria zurückgegriffen werden konnte. Zur Anwendung kommen sollen einfache Erfassungsmethoden (z.B. Kescher, Gelbschalen, Pheromonfallen, Sichtbeobachtungen), die nach einer kurzen Einschulung auch von den ehrenamtlichen SchädlingsbeobachterInnen der Nebensandorte angewendet werden können, sowie speziellere Methoden (z.B. Schlupfkästen, Bodengrabungen, UV-Lichtfallen), die voraussichtlich nur durch Fachpersonal in den Hauptstandorten eingesetzt werden können.



**Abb. 10** Beispielhafte Verteilung der Monitoring-Standorte am Beispiel Niederösterreichs: Nebenstandorte sind Praxisbetriebe, auf denen die Dichten der Hauptschädlinge an ausgewählten Kulturen mittels zeit- und kostensparender Methoden vom Betriebsleiter erhoben werden. Hauptstandorte sind

landwirtschaftliche Fachstellen, an denen das Schädlingsspektrum ausgewählter Kulturen genauer, inklusive Überwinterungsdaten erfasst wird. Mit der Verortung sollen die wichtigsten Ökoklimatypen bezüglich ihres Schädlingsauftretens abgedeckt werden, wie anhand der mit den Jahreswärmesummenklassen (°C) nach Harfinger & Knees (1999) überlagerten Reliefdarstellung von NÖ dargestellt ist. Darübergelegt ist weiters die Verteilung des Rapsanbaus in NÖ im Jahr 2005. Die gestreifte Fläche umfasst Gemeinden mit mehr als 100 ha Raps (Quelle: Statistik Austria, [www.statistik.at](http://www.statistik.at)).

### **Schlussfolgerungen und Ausblick**

Nachdem bei der Recherche im benachbarten Ausland keine Langfrist-Monitoring-Systeme für klimabedingte Veränderungen der Schädlingsfauna gefunden werden konnten, könnte ein klimabezogenes Schädlings-Langfrist-Monitoringsystem in Österreich eine europaweite Innovation darstellen. Für die Realisierung ist es notwendig, den zu erwartenden Ressourcenbedarf und noch vorhandene Defizite zu identifizieren und Vorschläge für deren Behebung zu erstellen. Ein über das vorliegende Projekt hinausreichendes Fernziel dieses Konzepts ist seine Umsetzung in einem längerfristig anzulegenden Kooperationsprojekt im Rahmen der Klimafolgenforschung.

### **2.4 StartClim2007.D: Auswirkung der klimabedingten Verschiebung der Waldgrenze auf die Freisetzung von Treibhausgasen - Umsetzung von Kohlenstoff und Stickstoff im Boden**

Die Waldgrenze verschiebt sich durch die Klimaänderung und durch die geänderte Form der Landbewirtschaftung nach oben. Der Effekt ist seit mehreren Jahrzehnten gut dokumentiert. Durch Bodenanalysen an einem Standort, der in den 50er Jahren untersucht und gut dokumentiert wurde, konnten Auswirkungen des Überganges von Zwergstrauchheide zu Zirbenwald auf den Boden ermittelt werden. Der Versuchsstandort Pöschach in Obbergurgl, Ötztal, war in den 1950er Jahren Gegenstand detaillierter pflanzenphysiologischer und kleinklimatischer Messungen, die im Zuge von großflächigen Hochlagenaufforstungen von der damaligen Forstlichen Bundesversuchsanstalt durchgeführt wurden. Bei dieser Gelegenheit wurden die Vegetation, die Geomorphologie, und die Bodentypen exakt kartiert. Im Zuge einer Neu-Aufnahme der Vegetation und der Böden konnte die Veränderung der Fläche innerhalb eines halben Jahrhunderts gut festgestellt werden. In Obbergurgl verdrängt der Wald Zwergstrauchheiden, die von Calluna und Rhododendron dominiert sind. Diese Zwergsträucher sind für ihre schlecht abbaubare Streu und für den extrem geschlossenen Nährstoffkreislauf bekannt. Die Böden unter Zwergsträuchern erwiesen sich als wesentlich kohlenstoffreicher als jene unter dem nunmehr 50 Jahre alten Zirbenwald. Dies hat weitreichende Implikationen für die Kohlenstoffbilanz: Zwar wird in der oberirdischen Biomasse im Wald ein großer Kohlenstoffvorrat aufgebaut, doch wird gleichzeitig der stabilere Kohlenstoffvorrat im Boden abgebaut. Der Befund wurde durch die geostatistische Auswertung bestätigt: Die Böden unter Zwergstrauchheiden haben einen tiefgründigen A-Horizont, der profilmorphologisch vom Auflagehumus kaum unterscheidbar ist. Die Kennzeichen der Podsolierung (Umlagerung metallorganischer Verbindungen aus dem Ober- in den Unterboden) sind daher maskiert. Unter Zirbe ist hingegen eine deutliche Trennung zwischen Auflagehumus und dem kohlenstoffarmen Mineralboden erkennbar. Die Böden sind eindeutig Podsole, die bei der Erstaufnahme 1955 als Eisenhumus-Podsole bezeichnet wurden.

Repräsentative Bodenproben aus vier Positionen eines Höhengradienten wurden im Labor in fünf Temperaturstufen (5, 10, 15, 20, 25°C) inkubiert, um zu untersuchen, wie viel Kohlenstoff durch die Erwärmung als CO<sub>2</sub> emittiert wird. Die Böden unter Zwergstrauchheiden haben auf die Temperaturerhöhung kaum reagiert, d.h. die Kohlenstoffverbindungen auf diesen Standorteinheiten sind chemisch sehr stabil. Die gemessenen Werte waren auch weit unter den Werten, die für andere Wälder österreichweit gemessen wurden. Die Böden unter Zirbenwald haben hingegen deutlich auf die Temperatur-



**Abb. 11** Bodenprofile: a) unter Zirbenwald ist der Boden wenig humus- und damit kohlenstoffhaltig, b) unter Zwergstrauchheide bildet sich eine dicke Humusschicht aus. Bei Ansteigen der Waldgrenze und damit Übergang von Zwergstrauchheide zu Zirbenwald verliert der Boden Kohlenstoff, der teils in die oberirdische Biomasse, teils aber auch in als Kohlendioxid die Atmosphäre eingebracht wird.

erhöhung reagiert. Die Implikation für die österreichische Kohlenstoffbilanz ist, dass durch die Vegetationsänderung ein Bodenkohlenstoffpool aufgebaut wird, der stark auf Temperaturanstieg reagiert und leicht abbaubar ist. Eine bodenbiologische Charakterisierung mittels der Phospho-Lipid-Fettsäure-Methode (PLFA) zur Unterscheidung der dominierenden Bodenmikroorganismengruppen, der Aktinomyzeten, der Bakterien, der Mykorrhizen und der Pilze, sowie zur Abschätzung der gesamten Biomasse der Mikroorganismen ergab die gleichen Artenspektren, d.h. die gleiche prozentuelle Verteilung der Arten entlang des Höhengradienten. Grosse Unterschiede bestanden allerdings bei der mikrobiellen Biomasse. Die Böden unter Zwergstrauchheide sind offensichtlich als Substrat für Mikroorganismen extrem unergiebig und daher kaum besiedelt. Böden unter Zirbenwald sind hingegen biologisch deutlich aktiver. Kohlenstoff, der durch den Streufall (Nadeln und Wurzeln) in den Boden gelangt, wird daher rasch mineralisiert und als CO<sub>2</sub> an die Atmosphäre abgegeben.

Zusammenfassend gilt für den spezifischen Standort, dass der Anstieg der (Zirben-) Waldgrenze zu signifikanten Änderungen im Boden führen, die mit erhöhter Kohlenstofffreisetzung verbunden sind. Diese Ergebnisse werfen viele Fragen auf, die in Folgeprojekten abgearbeitet werden sollen.

## **2.5 StartClim2007.E: Auswirkung von Klimaänderungen auf das Abflussverhalten von vergletscherten Einzugsgebieten im Hinblick auf Speicherkraftwerke**

Speicherkraftwerke brauchen Information über die Menge und den zeitlichen Verlauf des Wasserdargebots in ihren Einzugsgebieten. Da sich diese beiden Größen im Klimawandel verändern, und da ein Großteil der österreichischen Speicherkraftwerke in vergletscherten Einzugsgebieten liegt, wurde in diesem Projekt die Auswirkung von Klimaänderungen auf das Abflussverhalten von vergletscherten Einzugsgebieten im Hin-

blick auf Speicherkraftwerke untersucht. Dabei wurde besonders auf folgende Punkte geachtet:

1. Der Ist-Zustand in der Periode 1983 bis 2003, Bestimmung von Referenzwerten der monatlichen Mittelwerte der Komponenten der Wasserbilanz in einem stark vergletscherten Gebiet (Pegel Gepatschalpe, Kaunertal, 1910 – 3500 m, 10°44' E, 46°54' N, 55 km<sup>2</sup>, ca. 40% vergletschert), in einem schwach vergletscherten (Radurschlbach, 1790 - 3300 m, 10°37' E, 46°55' N, 25 km<sup>2</sup>, 1,5% vergletschert) und einem unvergletscherten Gebiet (Nauderer Tschey, 1795 - 3000 m, 10°36' E, 46°55' N).

2. Modellierung der monatlichen Wasserbilanz in diesen drei Einzugsgebieten für ein Klimaszenario (IPCC A1B), in dem die Temperatur im Winter 1°C höher ist als heute, im Sommer 2°C höher, der Niederschlag im Sommer 20% niedriger, im Winter 15% höher.

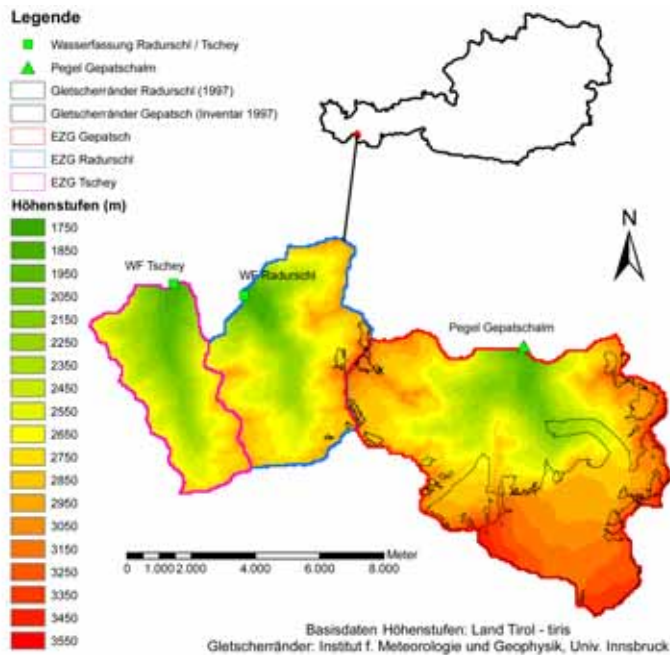
Die Modellierung der Punkte 1 und 2 wurde mit dem hydrometeorologischen Modell OEZ 2.1 am Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck durchgeführt.

3. Aus den Höhenmodellen des österreichischen Gletscherinventars 1997 und dem Laser Scanner Flug der Tiroler Landesregierung 2006 wurden Höhenänderungen der Gletscheroberflächen bestimmt. Sie bilden die Wirkung von drei Prozessen ab: a) oberflächliches Schmelzen, b) Absacken des Eises aufgrund von internem und basalem Schmelzen und c) horizontalen Nachschub von Eis durch die Gletscherbewegung. Diese Höhenänderungen sind vorwiegend Folgen der Klimaänderung 1997 – 2006, sie beinhalten aber auch noch die abklingende Wirkung von früheren Störungen, z.B. der Erwärmung von 1982 bis 1997, die quantitativ aus dem Ungleichgewicht (der negativen Massenbilanz) der Modellierung der Referenzperiode 1983-2003 bekannt sind.

4. Auf dieser Grundlage wurde das Schmelzen des Gepatschferners für die Zeitpunkte 1997 – 2006 – 2016 – 2026 – 2036 modelliert, indem die beobachtete Temperaturänderung von 1983 bis 2003 extrapoliert wurde. Die Empfindlichkeit der spezifischen Massenbilanz auf Temperaturänderungen wurde nach der OEZ – Modellierung und Messungen am Hintereisferner mit -800 mm/ K angenommen. Bei der Entwicklung dieser Zeitreihe wurde für jeden Zeitschritt die Änderung der Oberflächenhöhe, des Eisvolumens, der jährlichen Gletscherspende neu berechnet. Da der Verlauf seiner Dicke aus Radarmessungen bekannt ist, konnte für jeden Zeitschritt auch die Flächenänderung infolge seiner Dickenänderung und damit die Flächen-Höhen-Verteilung neu bestimmt werden, die für die Berechnung der Bilanz des nächsten Zeitschritts Voraussetzung ist.

5. Da der Gepatschferner durch seine maximale Eisdicke von 220 m und die Dicke seiner Zunge von über 100 m sehr robust gegenüber anhaltenden Schmelzperioden ist, steigt seine Gletscherspende (der Beitrag seiner Eisschmelze zum Gebietsabfluss) bis zu einer Erwärmung um 3°C. Er ist damit in Österreich eine Ausnahme.

Um auch den nach dem österreichischen Gletscherinventar „typischeren“ Gletscher zu analysieren, wurden auch Änderungen des Fernaufeners (1,5 km<sup>2</sup>, 11°08'E, 46°59'N, 80 m maximale Eisdicke) berechnet. Hier tritt tatsächlich nach kurzer Zeit der maximale Abfluss auf, nach dem die Verringerung der Gletscherfläche gegenüber der zunehmenden Temperatur und dem damit zunehmenden Schmelzen überwiegt. Bei Gletschern dieser Größe ist der horizontale Eisnachschub durch die Gletscherbewegung vernachlässigbar gegenüber dem Abschmelzen.



**Abb. 12** Übersichtskarte der betrachteten Einzugsgebiete im Kaunertal, Radurschltal und Nauderer Tschey Tal: Gepatsch (Pegel Gepatschalm), Tschey (Wasserfassung, Überleitung Gepatschstausee), Radurschl (Wasserfassung, Überleitung Gepatschstausee).

## 2.6 StartClim2007.F: ALSO WIKI – Alpiner Sommertourismus in Österreich und mögliche Wirkungen des Klimawandels

Das Projekt „Alpiner Sommertourismus in Österreich und mögliche Wirkungen des Klimawandels - ALSO WIKI“ zielte darauf ab, vor dem Hintergrund der sich ändernden Klimabedingungen Zukunftsbilder des Alpiner Sommertourismus in Hinblick auf konkrete tourismuspolitische Ansatzpunkte zu entwerfen. Um einerseits klimatische und andererseits tourismusstrukturelle Unterschiede in Österreich zu erfassen, wurden vier Destinationen, die sich von ihrer geografische Lage, den klimatischen Bedingungen sowie der Struktur des regionalen/lokalen Tourismusangebotes und der –nachfrage deutlich voneinander unterscheiden, ausgewählt, analysiert und entsprechende regionale Klima- und Tourismusprofile erstellt.

Die Untersuchungen beziehen sich nur auf die unmittelbaren Auswirkungen des Klimawandels. Welche Auswirkungen Klimaschutzmaßnahmen im Tourismus und in anderen Bereichen haben und wie sich diese auf den Tourismus auswirken war nicht Gegenstand dieser Studie. Für eine Abschätzung der für den Sommertourismus relevanten Klimakenngrößen wurde auf Basis des Szenarios 2050 für die Sommermonate Juni, Juli und August eine Best-case- und eine Worst-case-Variante zur Abschätzung der Änderungen der Zahl der Sommer- sowie der schwülen Tage durchgeführt. Die Projektionen zeigen folgende Ergebnisse: Die Häufigkeit extrem warmer Sommer wird sich in Zukunft verstärken, die erwartete Temperaturänderung scheint südlich wie nördlich des Alpenhauptkammes in gleicher Weise zu verlaufen. Regionale Unterschiede der tourismusrelevanten Klimakenngrößen Sommertage und Schwüle Tage ergeben sich insbesondere aus den topografischen Bedingungen. Je höher die Lage einer Destination, umso geringer die Wahrscheinlichkeit, dass es zu einer touristisch nutzbaren Zunahme der Zahl der Sommertage kommen wird, während es in den niedrigeren Lagen zu einer deutlichen Ausweitung kommen kann. Noch deutlicher zeigt sich diese Änderung bei den schwülen Tagen, allerdings, wie oben angeführt, besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Gebieten nördlich und südlich des Alpenhauptkammes. Eine Analyse der

Klimazeitreihen der Vergangenheit zeigt eine markante Zunahme der Sonnenscheindauer im Sommer in den Alpen seit ca. 1980. Das ist eine für den alpinen Sommertourismus sicherlich sehr positiv wirkende Änderung. Aus den vorhandenen Klimaszenarien geht auch hervor, dass in Zukunft mit einer Abnahme der Sommerniederschläge zu rechnen sein wird und tendenziell diesbezüglich eine stärkere Abnahme auf der Alpensüdseite im Vergleich zur Alpennordseite erwartet wird. Ob sich diese Niederschlagsabnahme aus einer generellen Abnahme der Niederschlagstage oder einer Abnahme der Intensitäten ergibt, kann noch nicht mit hinreichender Sicherheit gesagt werden.

Die Auswertungen der (kleinregionalen) Klimadaten sowie die Analyse der Einflussfaktoren des touristischen Angebotes, der touristischen Nachfrage und der regionalen touristischen Strukturen der vier Destinationen bilden den Hintergrund für die folgenden tourismus- und forschungspolitischen Schlussfolgerungen, die vorwiegend auf Plausibilitätsüberlegungen beruhen, da das für echte Analysen notwendige touristische Datenmaterial nicht vorhanden ist:

- Die Erhöhung des Temperaturniveaus eröffnet mittelfristig Chancen für die Ausweitung der Sommersaison in den alpinen Regionen sowie die Möglichkeit der weiteren Orientierung auf Ganzjahrestourismus.
- Allerdings werden in den Regionen entsprechende Anpassungen sowohl in der Infrastrukturentwicklung, in der Angebotsgestaltung, sowie in der Vermarktung notwendig werden.
- Da die erwarteten Klimatrends für bestimmte Höhenlagen klimatische Vorteile erwarten lassen, ist davon auszugehen, dass hier der Flächenbedarf weiter zunehmen wird und dadurch verstärkt ökologisch sensible Bereiche betroffen sein werden. Eine strikte ordnungsplanerische Vorsorge sowie entsprechende Rahmenbedingungen für die touristische Angebotsentwicklung im alpinen Raum ist in Betracht zu ziehen.
- Im Sinne einer regionalwirtschaftlichen, tourismuspolitischen und ökologisch tragbaren Entwicklung wird es notwendig sein, nicht nur die tourismuspolitischen Instrumente entsprechend anzupassen, sondern auch verstärkt das Zusammenspiel und die Kooperation mit anderen Sektorpolitiken z.B. der Raumplanung, der Verkehrspolitik, der Energiepolitik, der Wirtschaftsförderungspolitik usw. zu suchen und gemeinsam Vorgangsweisen und Konzepte zum effizienten Energieeinsatz, zum Flächenmanagement sowie zur Prävention von Naturgefahren zu erarbeiten.

Die Erfahrungen in diesem Projekt und die Analyse der wissenschaftlichen und politischen Diskussionen um Klimawandel und Tourismus zeigt, dass in diesem Bereich – und dies gilt sicher auch für andere Sektorpolitiken – die Klimafolgenforschung erst am Anfang steht.

Um zu quantitativen Analysen der Wechselwirkung Klima-Tourismus zu kommen, die als Basis für Zukunftsszenarien dringend erforderlich wären, muss eine zielgerichtete Datenerhebung für den Tourismusbereich eingerichtet werden.

Allerdings ist zu bedenken, dass die indirekten Auswirkungen der Klimaschutzmaßnahmen in Kombination mit der Verteuerung der fossilen Energieträger und damit des Individualverkehrs möglicherweise stärkeren Einfluss auf den Tourismus haben werden als die direkten Klimaauswirkungen. Künftige Studien sollten sich dieser Fragestellungen annehmen.

## 2.7 StartClim2007.G: Integrierte Modellierung von Wirtschaft und Klimaänderung in Umlegung des STERN-Reports (STERN:AT)

Das Projekt STERN.AT zielt darauf ab, auf regionaler Ebene die Interaktion zwischen Klimawandel, seinen physischen und sozio-ökonomischen Folgen und Antworten der Politik zur Emissionsvermeidung zu analysieren und zu modellieren.

Der Stern Report (Stern, 2007) - veröffentlicht im Oktober 2006 vom Ökonomen Nicholas Stern im Auftrag der britischen Regierung - analysiert und diskutiert die Klimafolgen für die Weltwirtschaft in umfassender Weise, wobei er in der ökonomischen Dimension auf eine breitere Palette der Klimawandelfolgen eingeht als frühere Analysen. Er zählt zu den bekanntesten und meistdiskutierten Berichten dieser Art. Während ein effizientes Maß der Emissionsreduktion nur durch den Vergleich von *globalen* Kosten des Klimawandels und der Vermeidung bestimmt werden kann - eines der Hauptziele des Stern Reports - , ist die Quantifizierung der Kosten des Klimawandels grundsätzlich eine lokale Frage. Regionen unterscheiden sich in Klimafolgen, Vulnerabilität und Anpassungsoptionen an den Klimawandel. Berechnungen auf globaler Ebene bedürfen folglich in der Quantifizierung der Auswirkungen letztendlich sehr stark der detaillierten Betrachtungen auf regionaler Ebene; eine Bemühung, die der Stern Report selbst nicht übernehmen konnte, da diese Berechnungen für die meisten Weltregionen noch nicht verfügbar sind. Wie der Stern Report (Stern, 2007, S. 99) selbst festhält: „It is not possible in aggregate models to bring out the key elements of the effects, much is lost in aggregation [...]“.

Regionale Ansätze stellen daher notwendige Ergänzungen der globalen Analyse des Stern Reports dar. Ziel der vorliegenden Arbeit ist daher die Erarbeitung einer Methodik für eine regionale ökonomische Modellierung von Minderung und Anpassung – in einem Land wie Österreich mit kleinräumiger Heterogenität von Topographie und Landnutzung –, um solche Ergebnisse für eine bestimmte Region herzuleiten. Die Klimafolgen und die politischen Eingriffe bleiben dabei auf wenige Beispiele beschränkt. Nicht die konkreten Ergebnisse der sehr vereinfachten „Wirtschaft“, sondern die Methodikentwicklung steht dabei im Vordergrund. Die Arbeit zeigt außerdem den Datenbedarf für einen solchen Modellansatz auf.

Es werden ein regionales Klimaszenario, detaillierte Analysen für die Sektoren Landwirtschaft und Energie und ein drei-regionales Angewandtes Allgemeines Gleichgewichtsmodell (AAG Modell) gekoppelt, um die wirtschaftlichen Folgen des lokalen Klimawandels für eine Studienregion in Österreich auf der regionalen Ebene abzuschätzen (siehe Abb. 13). Die Analyse wird auf die Region der süd-östlichen Steiermark angewandt, welche die Kernregion (Region 1) bildet, eingebettet in die restliche Steiermark (Region 2) und den „Rest der Welt“ (Region 3), der das restliche Österreich und das Ausland umfasst. Die Klimafolgen werden für das Jahr 2045, repräsentativ für die 2040er Jahre, berechnet.

Die Modellkopplung erlaubt es, die relevanten sozio-ökonomischen Effekte des lokalen Klimawandels in der Studienregion zu quantifizieren. Die Analyse behandelt Klimafolgen für Produktions- und Konsumstrukturen sowie den Einsatz von Politik zur Emissionsvermeidung, d.h. wie Treibhausgase reduziert werden, und Anpassung, d.h. wie mit Klimafolgen umgegangen werden kann und Anpassung erfolgen kann.

Regionale Klimaszenarien und Downscaling Techniken werden verwendet, um grundlegende Informationen über zukünftige Klimabedingungen in der Südost-Steiermark bereit zu stellen. Das regionale Klimaszenario wird einerseits verwendet, um Zusammenhänge zwischen Klimaparametern und Ernteerträgen für die agrarischen Hauptkulturen der Studienregion zu schätzen. Andererseits liefert es die notwendigen Daten, um die Änderung in der Zahl der Heiz- und Kühlgradtage zu berechnen. Weiters wird eine erste Schnittstelle zwischen dem AAG Modell und einem betriebswirtschaftlichen Optimierungsmodell für den Sektor Landwirtschaft geschaffen. Die Ergebnisse, die sich aus



dem Verlinken des Klimamodells mit den Analysen für Landwirtschaft und Energie ergeben, gehen in das AAG Modell ein, welches dann die relevanten ökonomischen Effekte des lokalen Klimawandels für die betrachtete Region quantifiziert.

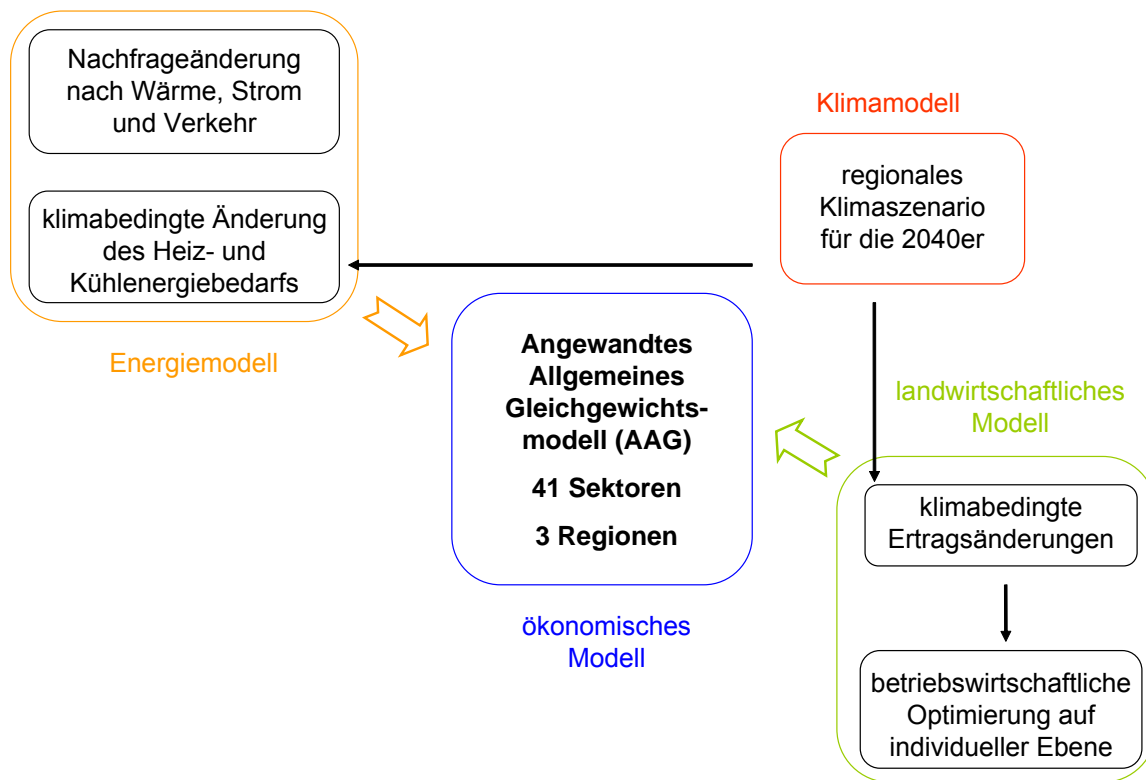
Im Sektor Landwirtschaft werden der Einfluss des Klimawandels auf die landwirtschaftliche Produktion, die Kosten und Möglichkeiten der Anpassung an die geänderten Klimabedingungen sowie die Kosten der Emissionsvermeidung durch den erhöhten Einsatz von Biomasse berücksichtigt. Im Sektor Energie umfassen die Analysen die klimabedingte Veränderung des Heiz- und Kühlenergiebedarfs und die Kosten der Anpassung und der Vermeidung – im Gebäudesektor durch verstärkte Dämmungsmaßnahmen und Passivhäuser, in Verbindung mit der Landwirtschaft durch die verstärkte Energieproduktion aus Biomasse.

Zuerst wird ein Basisszenario mit konstantem Klima bis 2045 mit einem Szenario verglichen, das Klimawandel und autonome Anpassung der Konsumenten und Produzenten beinhaltet (Referenzszenario). Bei der getätigten Auswahl von Effekten und unter den konkreten Annahmen der Berechnungen ergibt sich für das Referenzszenario ein Wohlfahrtsverlust in den Regionen 1 und 2 im Bereich der Landwirtschaft, bei gleichzeitigem deutlichen Wohlfahrtsgewinn im Energiesektor. So ergibt sich z.B. als Auswirkung des Klimawandels durch veränderte Energienachfrage eine Erhöhung der Wohlfahrt (Konsumgütermenge) in den 2040er Jahren in Region 1 um 1,3%, als Auswirkung durch veränderte Produktion in der Landwirtschaft eine Verringerung um 0,3% (vgl. Abb. 14). Dann werden die Effekte von politik-induzierter Anpassung und Vermeidung im Vergleich zum Referenzszenario analysiert. Die Simulationsergebnisse zeigen beispielhaft die Effekte für Regionalprodukt und regionale Wohlfahrt, welche Preisänderungen und Arbeitsmarkteffekte mit einbeziehen. Beispielsweise lassen sich durch Vermeidungspolitik für realistische Politikszenerarien in den Bereichen Raumwärme (Erhöhung der Sanierungsrate) oder erneuerbare Energie (Ausbau der Biomasse) Erhöhungen der regionalen Wertschöpfung um bis zu 3% und der regionalen Wohlfahrt um bis zu 0,7% erzielen (vgl. Abb. 14).

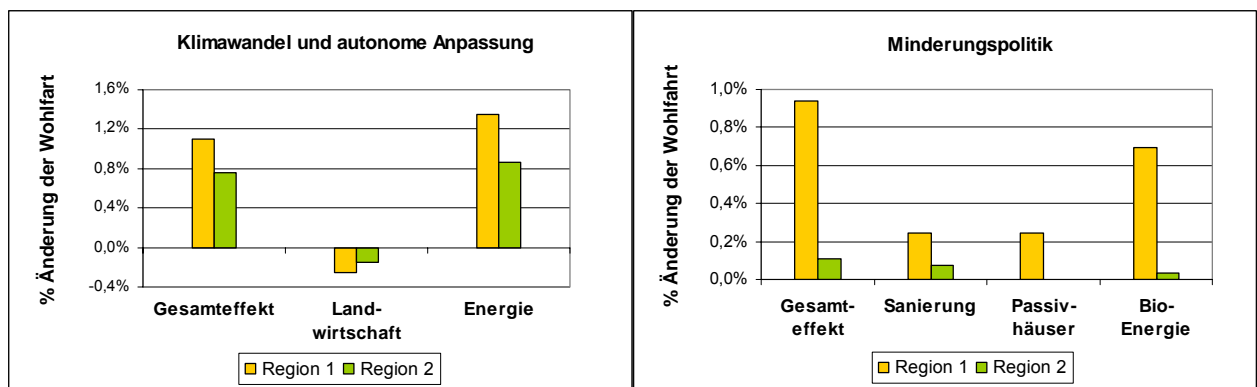
Die Modellkopplung untersucht direkte Folgen, wie z.B. Folgen für physische Erträge oder für Ökosysteme, sowie sozio-ökonomische Effekte, wie z.B. Einkommenseffekte, aber auch indirekte Auswirkungen durch sektorale Verflechtungen. Analysiert wird außerdem die Sensitivität der Region im Hinblick auf Klimafaktoren relativ zu anderen Faktoren wie z.B. dem Ölpreis.

Die Abschätzung von Klimafolgen und Anpassung erfordert spezielle Modellierungselemente für jeden Sektor und die Darstellung sektoraler Verflechtungen. Im Landwirtschaftssektor wurde beispielhaft für politik-induzierte Anpassung der Anbau von Mischkulturen durch das Konzept von „Effizienzland“ modelliert. Dabei wurde die Landfläche „mit fixem Output“ in ihrer flächenmäßigen Verfügbarkeit einerseits unter sich ändernden Klimabedingungen und andererseits je nach Anpassungsoption an den Klimawandel variiert. Die Modellierung von Maßnahmen zur Emissionsvermeidung benötigte ebenso einen zugeschnittenen Modellierungsansatz für jede der abgebildeten Maßnahmen im Gebäudesektor und in der Bioenergie. Die Projektarbeit kommt daher zu dem Schluss, dass die Einschätzung von Schäden eine genaue Spezifizierung der Änderung von Klimaparametern nicht nur im Hinblick auf den betrachteten Zeitraum (jährlich, saisonal, monatlich, täglich) sondern auch im Hinblick auf die betrachtete Ebene (global, national, regional, lokal) und den angenommenen Zusammenhang zwischen meteorologischen Parametern und physischen Erträgen der Wirtschaft erfordert.

Um zu einer realitätsnäheren Simulation der wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen des Klimawandels zu kommen, müssten die derzeitigen sektoralen Analysen noch verfeinert werden und es müssten noch weitere Sektoren, wie z.B. der Tourismus aufgenommen werden. Das Projekt konnte jedoch nachweisen, dass der gewählte Ansatz machbar und erfolgversprechend ist.



**Abb. 13** Modellkopplung: Das Klimamodell liefert Input für das Energiemodell und das landwirtschaftliche Modell, die wiederum den Input für das ökonomische Modell beisteuern.



**Abb. 14** Effekte durch Klimawandel unter autonomer Anpassung (unter Berücksichtigung eines regionalen Klimaszenarios im Vergleich zur Entwicklung bei konstant bleibendem Klima) und von Minderungspolitik (im Vergleich zur Entwicklung unter Klimawandel ohne Politikmaßnahmen) für die engere Region 1 und das Umland (Region2) für die 2040er Jahre.

## Literaturverzeichnis

### StartClim2007.A

Auer et al., 2005: A new instrumental precipitation dataset for the Greater Alpine Region for the period 1800-2002. *International Journal of Climatology*, 139-166.

Auer et al., 2007: HISTALP - historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region. *International Journal of Climatology*, 17-46.

Fliri, F., 1991: Der Schnee in Nord- und Osttirol. *Universitätsverlag Wagner, Innsbruck*.

Gurtz J. und Zappa M., 2005: Application training on hydrological models. *ETH-Zürich, Schweiz*.

Hydrologischer Atlas Österreichs, 2004: *Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft*, Kapitel 4.2.

Jurković A., Auer I., Böhm R., Debit S., Orlik A., Schöner W., 2005: The new centennial snow initiative for the Greater Alpine Region. Status report and first results. *Croatian meteorological journal*, 601-603.

Jurković A., Auer I., Korus E., 2006: Data recovery and data rescue in framework of the project FORALPS. *Poster am 9. Österreichischer Klimatag*.

Jurković A., Auer I., Korus E., 2006: Digitalisation and Interpolation of daily snow data in Austria and surrounding regions. *Poster bei der FORALPS Konferenz in Ljubljana*.

Jurković A., 2007: Gesamtschneehöhe - Vergleichende Zeitreihenanalyse. *Diplomarbeit, Universität Wien- Institut für Meteorologie und Geophysik*.

Mohnl, H., 1994: Die Schwankungen der Neuschneehöhe und Schneedeckendauer in Österreich (Periode 1895-1992). *90.-91. Jahresbericht des Sonnblick-Vereins für die Jahre 1992-1993*, 5-47.

Scheppler P., 2000: Schneedeckenmodellierung und Kalibrierungsmöglichkeiten für ausgewählte Beobachtungsstationen. *Diplomarbeit Universität Bern, Schweiz*.

Schöner W., Auer I., Böhm R., Thaler S., 2003: StartClim1-Quality control and statistical characteristics of selected climate parameters on the basis of daily values in the face of extreme values analysis. *Endbericht, StartClim-Start Project Climate Protection. Wien, Austria*.

Schöner W., Dos Santos Cardoso E.-M., 2005: Reclip-more: Statistical downscaling and spatial refinement of dynamically downscaled data. *Projektbericht, Institut für Meteorologie und Geodynamik*.

Schönwiese C.D., 2000: *Praktische Statistik für Meteorologen und Geowissenschaftler. Gebrüder Borntraeger-Berlin, Stuttgart*.

Ungersböck M., HOCLIS 2 - Homogenisation of climatological time series. *Homogenisierungsanweisung für internen Gebrauch*.

Wielke L., 2002: Dauer der Schneebedeckung in der Schweiz und in Österreich. *Diplomarbeit Universität Wien- Institut für Meteorologie und Geophysik*.

### StartClim2007.B

Allaart, M, P. Valks, R. Van der A, A. Pijters, H. Kelder and P. Van Velthoven. (2000): Ozone mini-hole observed over Europe, influence of low stratospheric temperature on observations, *Geophys. Res. Lett.*, V27, N. 24, 4089-4092,

- Allen D.R., Nakamura N. (2002): Dynamical reconstruction of the record low column ozone over Europe on 30 November 1999, *Geophys. Res. Lett.*, 29, 1362.
- Arola, A., Lakkala, K., Bais, A., Kaurola, J., Maleti, C., Taalas, P. (2003): Factors affecting short- and long-term changes of spectral UV irradiance at two European stations. *J. Geophys. Res.*, 108 (D17), 4549.
- Blum et al., 1998
- Blum, A. C. Garbe, G. Rassner. (1998): Prävention des malignen Melanoms. *Hautarzt, Springer-Verlag*, 49, 826-834
- Blum, A. C. Garbe, J. Bauer. (2004): Epidemiologie und Riskofaktoren des malignen Melanoms. *Der Onkologe*, V10, N7, 688-700
- Bojkov R. D. and D. S. Balis, (2001): Characteristics of episodes with extremely low ozone values in the northern middle latitudes 1957-2000, *Annales Geophysicae*, 19, 797-807
- Booth, C.R., Madronich, S. (1994): Radiation amplification factors - Improved formulation accounts for large increases in ultraviolet radiation associated with Antarctic ozone depletion AGU Antarctic Research Series, 62, pp. 39-42. Cited 36 times. Ultraviolet Radiation in Antarctica: Measurements and Biological Effects, Weiler, C.S. and Pennale, P.A. (eds.), American Geophysical Union, Washington.
- CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) (1987) A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. *CIE J.* 6, 17-22.
- DIN 5030, (1982): Teil 2, Spektrale Strahlungsmessungen; Strahler für spektrale Strahlungsmessungen, Auswahlkriterien Berlin, Beuth-Verlag.
- Forster, P.M.F. (1995): Modelling ultraviolet radiation at the earth's surface. Part I: The sensitivity of ultraviolet irradiances to atmospheric changes. *Journal of Applied Meteorology*, 34, 2412-2425.
- Glandorf, M., Arola, A., Bais, A., Seckmeyer, G. (2004): Possibilities to detect trends in spectral UV irradiance, *Theoretical and Applied Climatology*, 81 (1-2), pp. 33-44.
- Grant WB, Holick MF (2005): Benefits and Requirements of Vitamin D for Optimal Health: A Review. *Alternative Medicine Review*, 10: 94-111.
- Grant WB, Holick MF (2005): Benefits and Requirements of Vitamin D for Optimal Health: A Review. *Alternative Medicine Review*, 10: 94-111.
- Hallberg O (2008): A reduced repair efficiency can explain increasing melanoma rates. *European Journal of Cancer Prevention*. 17(2):147-152.
- Hallberg O (2008): A reduced repair efficiency can explain increasing melanoma rates. *European Journal of Cancer Prevention*. 17(2):147-152.
- Holick MF (2004): Vitamin D: importance in the prevention of cancers, type 1 diabetes, heart disease, and osteoporosis. *Am J Clin Nutr*, 79: 362-371.
- Holick MF (2004): Vitamin D: importance in the prevention of cancers, type 1 diabetes, heart disease, and osteoporosis. *Am J Clin Nutr*, 79: 362-371.
- Hood L.L., Soukharev B.E., Fromm M., McCormack J.P. (2001): Origin of extreme ozone minima at middle and high northern latitudes, *J. Geophys. Res.* 106, 20925-20940, 2000.
- Iwao and T. Hirooka, A quantitative estimate of dynamical contributions to ozone mini-hole formation, In: proceeding of the XX Quadrennial Ozone Symposium June 2004, Kos Greece, Edt C.S. Zerefos, ISBN 960-630-103-6, ISBN 960-630-101-1, ISBN 960-630-105-2, 2004
- James, P. M. (1998b): A climatology of ozone mini-holes over the northern hemisphere, *Int. J. Climatol.* 18, 1287-1303

- Lakkala, K., Kyrö, E., Turunen, T. (2003): Spectral UV Measurements at Sodankylä during 1990-2002. *J. Geophys. Res.*, 108 (D19), 4621.
- McCormack, J. P. and Hood, L. L. (1997): The frequency and size of ozone “mini-hole” events at northern midlatitudes in February, *Geophys. Res. Lett.*, 24, 2647–2650
- McPeters, R.D., P.K. Bhartia, A. J. Krueger, J. R. Herman, C. G. Wellemeyer, C. J. Seftor, G. Jaross, O. Torres, L. Moy, G. Labow, W. Byerly, S. L. Taylor, T. Swissler and R. P. Cebula (1998) *Earth Probe Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) Data Products User's Guide*. NASA Reference Publication, Greenbelt, MD, USA.
- Neuman, P. A., Lait, L. R., and Schoeberl, M. R.: The morphology and meteorology of southern hemisphere Spring total ozone mini-holes, *Geophys. Res. Lett.*, 15, 923–926, 1988.
- Orsolini Y. J., and V. Limpasuvan, (2001): The North Atlantic Oscillation and the occurrences of mini-holes, *Geophys. Res. Lett.*, V28, N21, 4099-4102
- Peters and Waugh, 1996, Influence of barotropic shear on the poleward advection of upper tropospheric air. *J.Atmos.Sc.i* 53, 3013-3031.
- Peters, D., Egger, J., and Entzian, G. (1995): Dynamical aspects of ozone mini-hole formation, *Meteorol. Atmos. Phys.* 55, 205–214.
- Reid, S. J., Tuck, A. F., and Kiladis, G.: On the changing abundance of ozone minima at northern midlatitudes, *J. Geophys. Res.*, 105, D10, 12 169–12 180, 2000.
- Schmalwieser, A.W., G. Schauburger, M. Janouch and P. Skomorowski (2004) Mini-ozone-holes and extreme day-to-day changes of TOC over Central Europe and their influence to the biologically effective ultraviolet radiation. In *Proceeding of the XX Quandrennial Ozone Symposium, June 2004, Kos Greece*. (Edited by C.S. Zerefos) pp. 1044-1045, Thessaloniki, Greece.
- Schmalwieser, A.W.; Cabaj, A.; Maier, H.; Fischer, W.; Stadlmann, H.; Rohn, H. (2007) Measurements of the facial UV exposure using electronic two channel broadband devices, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 9, 08047, 2007, SRef-ID: 1607-7962/gr/EGU2007-A-08047
- Setlow, R.B., (1974): The wavelengths in sunlight effective in producing cancer: a theoretical analysis. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.* 71, 3363-3366.
- Simic, S. (2006): Investigations on the transfer of ultraviolet radiation on the Hoher Sonnblick, doctoral thesis, BOKU Vienna
- Slaper, H., Velders, G.J.M., Daniel, J.S., De Gruijl, F.R. and Van der Leun, J.C., (1996): Estimates of ozone depletion and skin cancer incidence to examine the Vienna Convention achievements. *Nature* 384:256-258.
- Stamnes, K., Tsay, S.-C., Wiscombe, W., Jayaweera, K. (1998): Numerically stable algorithm for discrete-ordinates method radiative transfer in multiple scattering and emitting layered media, *Appl. Opt.*, 27, 2502-2509.
- Van Hoosier, M.E. (1996) The ATLAS\_3 solar spectrum, available via anonymous ftp.
- WMO. (2007): Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2006. Global Ozone Research and Monitoring Project Report No. 50. World Meteorological Organization, Geneva.
- Zerefos, C.S. (2002): Long-term ozone and UV variations at Thessaloniki, Greece. *Physics and Chemistry of the Earth* 27: 455-460.

## StartClim2007.C

- BUHL, C. & SCHÜTTE, F. 1971. Prognose wichtiger Pflanzenschädlinge in der Landwirtschaft. - Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- GRÜNBACHER, E., KROMP, B., FORMAYER, H. & HANN, P. 2006: Einflüsse des Klimawandels auf landwirtschaftliche Schädlinge und Nützlinge im Biologischen Landbau Ostösterreichs. - Endbericht zum Projekt StartClim2005.C3-a.
- GRÜNBACHER, E. M., KROMP, B. 2006: Untersuchungen zum Auftreten der Getreidewanzen (Heteroptera: Scutelleridae, Pentatomidae) im biologischen Landbau Ostösterreichs. – Beiträge zur Entomofaunistik 7: 185-187.
- GRÜNBACHER, E. M., 2005: Untersuchungen zum Auftreten der Getreidewanzen im biologischen Landbau Ostösterreichs. – Diplomarbeit an der Universität Wien.
- HARLFINGER, O. & KNEES, G. 1999. Handbuch der Österreichischen Bodenschätzung, Klimatographie, Teil 1; Klimareferat der österreichischen Bodenschätzung, Wien 1999, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck.
- HRADETZKY, R. & KROMP, B. 1997: Spatial Distribution of Flying Insects in an Organic Rye Field and an Adjacent Hedge and Forest Edge. – Biological Agriculture and Horticulture 15: 353–357.
- JÖRG, E., PREISS, U., KLAPAL, H., SCHMIEDL, J. & THENMAYER, F. 2005: SIMLEP – ein Prognosemodell zur optimierten Bekämpfung des Kartoffelkäfers. – Zusammenfassung der Präsentationen der 46. Österreichischen Pflanzenschutztagung 30.11. und 1.12.2005 in der Stadthalle Wels.
- KROMP, B., PFLÜGL, Ch., HRADETZKY, R. & IDINGER, J. 1995.: Estimating beneficial arthropod densities using emergence traps, pitfall traps and the flooding method in organic fields (Vienna, Austria). – Acta Jutlandica 70: 87-100.
- MEINERT, G. & MITTNACHT, A. 1992: Integrierter Pflanzenschutz, Unkräuter, Krankheiten und Schädlinge im Ackerbau. – Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart.
- MÜHLE, E., WETZEL, T., FRAUENSTEIN, K. & FUCHS, E. 1983: Praktikum zur Biologie und Diagnostik der Krankheitserreger und Schädlinge unserer Kulturpflanzen. – 3. Aufl., Verlag S. Hirzel, Leipzig.
- OHNESORGE, B. 1991: Tiere als Pflanzenschädlinge. – 2. Aufl., Verlag Thieme, Stuttgart, New York.
- SUNDERLAND, K.D., DE SNOO, G.R., DINTER, A., HANCE, T., HELENIUS, J., JEPSON, P., KROMP, B., LYS, J.-A., SAMU, F., SOTHERTON, N.W., TOFT, S. & ULBER, B. 1995: Density estimation for invertebrate predators in agroecosystems. – Acta Jutlandica 70: 133-162.

## StartClim2007.D

- Bellamy, P. H., P. J. Loveland, et al. (2005). "Carbon losses from all soils across England and Wales 1978-2003." *Nature* **437**: 245-248.
- Berggren, D., B. Bergkvist, et al. (2004). A description of the LUSTRA's common field sites. Uppsala, SLU.
- Blaser, P. (1976). Die Vegetation als Podsolierungsfaktor. Versuch einer vergleichenden, quantitativen Erfassung, ETH Zürich: 1 - 5.

- Blaser, P. and M. Reiser (1975). "Eine topographische Bodensequenz in subalpinen Lawenrutschen auf silikatischem Gestein." Mitt. Eidg. Anstalt forstl. Versuchswesen **51**: 199-214.
- Cox, P. M., R. A. Betts, et al. (2000). "Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model." Nature **408**: 184-187.
- Davidson, E. A. and I. A. Janssens (2006). "Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change." Nature **440**: 165-173.
- Davidson, E. A., A. D. Richardson, et al. (2006). "A distinct seasonal pattern of the ratio of soil respiration to total ecosystem respiration in a spruce-dominated forest." Global Change Biology **12**: 230-239.
- Duchaufour, P. (1982). Pedology - pedogenesis and classification. Sydney, Australia, Allen & Unwin.
- Dullinger, S., T. Dirnböck, et al. (2004). "Modelling climate change-driven treeline shifts: relative effects of temperature increase, dispersal and invasibility." Journal of Ecology **92**: 241-252.
- FBVA (1961). Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe - Teil 1, Eigenverlag FBVA.
- Fromme, G. (1961). "Beschreibung des Stationsgebietes in Obergurgl-Poschach." Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Mariabrunn **59**(I): 53-68.
- Grabherr, G., M. Gottfried, et al. (1994). "Climate effects on mountain plants." Nature **369**: 448.
- Group, I. T. C. W. (1998). "The terrestrial carbon cycle: implications for the Kyoto Protocol." Science **280**(5368): 1393-1394.
- 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.
- Heath, L. S. and J. E. Smith (2000). Soil carbon accounting and assumptions for forestry and forest-related land use change. The impact of climate change on America's forests: a technical document supporting the 2000 USDA Forest Service RPA assessment. L. A. Joyce and R. Birdsey. Rocky Mountains Research Station Fort Collins CO, Tech Rep RMRS-GTR-59, USDA Forest Service USDA-FS: 89-101.
- Janssens, I. A. and K. Pilegaard (2003). "Large scale seasonal changes in Q10 of soil respiration in a beech forest." Global Change Biology **9**: 911-918.
- Joergensen, R. G. and C. Emmerling (2006). "Methods for evaluating human impact on soil microorganisms based on their activity, biomass, and diversity in agricultural soils." Journal of Plant Nutrition and Soil Science **169**: 295-309.
- Kitzler, B., S. Zechmeister-Boltenstern, et al. (2006). "Controls over N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> and CO<sub>2</sub> fluxes in a calcareous mountain forest." Biogeosciences **3**: 293-310.
- Knorr, W., I. Prentice, et al. (2005). "Long-term sensitivity of soil carbon turnover to warming." Nature **433**: 298-301.

- Körner, C. (2003). Alpine plant life - functional ecology of high mountain ecosystems. Berlin, Springer Verlag.
- Körner, C. and J. Paulsen (2004). "A world-wide study of high altitude treeline temperatures." Journal of Biogeography **31**: 713-732.
- Kullman, L. (2002). "Rapid recent range-margin rise of tree and shrub species in the Swedish Scandes." Journal of Ecology **90**: 68-77.
- Lal, R. (2004). "Breaking the sod: humankind, history, and soil." Science **304**: 1627-1929.
- Lal, R. (2004). "Soil carbon sequestration impacts on climate change and food security." Science **304**: 1623-1627.
- Langley, J. A., S. K. Chapman, et al. (2006). "Ectomycorrhizal colonization slows root decomposition: the post-mortem fungal legacy." Ecology Letters **9**: 955-959.
- Liski, J., H. Ilvesniemi, et al. (1999). "CO<sub>2</sub> emissions from soil in response to climatic warming are overestimated-the decomposition of old soil organic matter is tolerant to temperature." Ambio **28**: 171-174.
- Markewitz, D., F. Sartori, et al. (2002). "Soil change and carbon storage in longleaf pine stands planted on marginal agricultural lands." Ecological Applications **12**: 1276-1285.
- Neuwinger-Raschendorfer, I. and A. Czell (1961). "Böden in den Tiroler Zentralalpen." Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Mariabrunn **59**(1): 371-410.
- Nowinski, N. S., S. E. Trumbore, et al. (2007). "Nutrient addition prompts rapid destabilization of organic matter in an Arctic Tundra ecosystem." Ecosystems doi **10.1007/s10021-007-9104-1**.
- Pavelka, M., M. Acosta, et al. (2007). "Dependence of the Q<sub>10</sub> values on the depth of the soil temperature measuring point." Plant and Soil **292**: 171-179.
- Powelson, D. (2005). "Will soil amplify climate change?" Nature **433**: 204-205.
- Rehfuess, K. E. (1990). Waldböden -- Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. Hamburg, Parey Studentexte.
- Reichstein, M., T. Kätterer, et al. (2005). "Does the temperature sensitivity of decomposition vary with soil organic matter quality?" Biogeosciences Discussions **2**: 737-747.
- Richter, D. D. j. and D. Markewitz (2001). Understanding soil change - soil sustainability over millenia, centuries, and decades. Cambridge, Cambridge University Press.
- Schindlbacher, A. and S. Zechmeister-Boltenstern (2004). "Effects of soil moisture and temperature on NO, NO<sub>2</sub>, and N<sub>2</sub>O emissions from European forest soils." Journal of Geophysical Research **109**: D17302, doi:10.1029/2004JD004590.
- Schindlbacher, A., S. Zechmeister-Boltenstern, et al. (2007). "Winter soil respiration from an Austrian mountain forest." Agricultural and Forest Meteorology **146**: 205-215.
- Schindlbacher, A., S. Zechmeister-Boltenstern, et al. (2005). "Experimental soil warming effects on forest soil CO<sub>2</sub> release: a new measuring system with high temporal resolution." International Forestry Review **7**(5): 79.



- Schindlbacher, A., S. Zechmeister-Boltenstern, et al. (2008). "Experimental forest soil warming: response of autotrophic and heterotrophic soil respiration to a short-term 10°C temperature rise." Plant and Soil: DOI 10.1007/s11104-007-9511-2.
- Schulze, E. D. and A. Freibauer (2005). "Carbon unlocked from soils." Nature **437**: 205-206.
- Stöhr, D. (2007). Soils - heterogeneous at the microscale. Trees at their upper limit - Treelife limitation at the Alpine Timberline Plant Ecophysiology. G. Wieser and M. Tausz, Springer. **5**: 37-56.
- Thürig, E., T. Palosuo, et al. (2005). "The impact of windthrow on carbon sequestration in Switzerland: a model-based assessment." Forest Ecology and Management **210**: 337-350.
- Tranquillini, W. (1979). Physiological ecology of the alpine timberline - Tree existence at high altitude with special reference to the European Alps. New York, Springer.
- Treseder, K. and M. Allen (2000). "Mycorrhizal fungi have a potential role in soil carbon storage under elevated CO<sub>2</sub> and nitrogen deposition." New Phytologist **147**: 189-200.
- Trumbore, S. E., O. A. Chadwick, et al. (1996). "Rapid exchange between soil carbon and atmospheric carbon dioxide driven by temperature change." Science **272**.
- Turner, H. (1961). "Die Niederschlags- und Schneeverhältnisse." Mitteilungen der Forstlichen Bundes-Versuchsanstalt Mariabrunn **59**(I): 265-316.
- Webster, R. (1985). Quantitative spatial analysis of soils in the field. Advances in Soil Science. B. A. Stewart. New York, Springer Verlag. **3**: 1 -- 70.
- Wieser, G. and M. Tausz (2007). Trees at their upper limit - Treelife limitation at the Alpine Timberline, Springer.

## **StartClim2007.E**

- Kuhn, M., U. Nickus, F. Pellet 1982: Die Niederschlagsverhältnisse im inneren Ötztal. 17. Internationale Tagung für Alpine Meteorologie, Deutscher Wetterdienst, Offenbach. 235-237.
- Kuhn, M., N. Batlogg 1998: Glacier runoff in alpine headwaters in a changing climate. IAHS Publication no. 248, 79-88.
- Kuhn, M., N. Batlogg 1999: Modellierung der Auswirkung von Klimaänderungen auf verschiedene Einzugsgebiete in Österreich. Schriftenreihe Forschung im Verbund, Wien, 98 S.
- Kuhn, M. 2000: Verification of a hydrometeorological model of glacierized basins, Annals of Glaciology, 31, 15-18.
- Kuhn, M. 2003: Redistribution of snow and glacier mass balance from a hydrometeorological model, Journal of Hydrology, 282, 95-103.
- Lambrecht, A., Kuhn, M. 2007: Glacier changes in the Austrian Alps during the last three decades, derived from the new Austrian glacier inventory. Annals of Glaciology, 46, 177-184.
- Mader, H., Steidl, T., Wimmer, R. 1996: Abflussregime österreichischer Fließgewässer, Monographien Bd. 82, BM für Umwelt, Jugend und Familie
- Pardé, M. 1947: Fleuves et Rivières, 3. Aufl., Paris, 1947.
- Sevruk, B. 1983: Correction of measured precipitation in the Alps using the water equivalent of new snow. Nordic Hydrology 1983, 49 – 58.

Solomon, S., D. Qin, M. Manning, R.B. Alley, T. Berntsen, N.L. Bindoff, Z. Chen, A. Chidthaisong, J.M. Gregory, G.C. Hegerl, M. Heimann, B. Hewitson, B.J. Hoskins, F. Joos, J. Jouzel, V. Kattsov, U. Lohmann, T. Matsuno, M. Molina, N. Nicholls, J. Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T.F. Stocker, P. Whetton, R.A. Wood and D. Wratt, 2007: Technical Summary. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Span, N., Fischer, A., Kuhn, M. (2005): Radarmessungen der Eisdicke Österreichischer Gletscher, Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, Heft 33.

## **StartClim2007.F**

uer I., Böhm R., Mohnl H., Potzman R., Schöner W., Skomorovski P. (2001): Öklim – Digitaler Klimaatlas Österreichs; Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien

Baumgartner Ch. (2001): Operationalisierbares Meßsystem für Nachhaltigkeit im Tourismus. Kurzfassung, Institut für Integrativen Tourismus & Freizeitforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit

BMWA: Operationalisierbares Messsystem für Nachhaltigkeit im Tourismus. Kurzfassung

BMWA: Trends und Handlungsbedarf im Sommer-Bergtourismus. Befragung von Bergwanderern und Bergsteigern in den österreichischen Alpen. Kurzfassung

Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (2004): „Austrian Climate and Health Tourism Initiative (Active)

Chladek K., Zotz A., Bohusch B., Baumgartner Ch., Leuthold M., Mehl W. (2007): Fact Sheet Klimawandel und Tourismus – die Zusammenhänge

Davos Declaration (2007): Climate change and tourism responding to global challenges

Der Klimawandel: Sichtweisen und Interpretation. Ergebnisse des Projektes „The Perspectives of Climate Scientists on Global Climate Change“ (gekürzte Fassung)

Deutsche Bank Research (2008): Klimawandel und Tourismus: Wohin geht die Reise? Aktuelle Themen 416, Frankfurt am Main

DG Enterprise European Commission (2006): Feasibility and preparatory study regarding a Multi-stakeholder European Targeted Action for Sustainable Tourism & Transport

Europäische Fachkonferenz „Umweltfreundlich Reisen in Europa“

European Travel Commission (2006): Tourismus Trends für Europa.

Fränze O.: Die Generierung interdisziplinären Wissens in der deutschen Umweltforschung – Anspruch und Wirklichkeit, Arbeitsbericht, Berichtszeitraum 3/95 – 3/96)

Fränze O.: Die Generierung interdisziplinären Wissens in der deutschen Umweltforschung, Arbeitsbericht, Berichtszeitraum 3/96 – 2/97)

Frei C., Calanca Agroscope P., Schär C., Wanner H., Schädler B., Haerberli W., Appenzeller C., Neu U., Thalmann E., Ritz C., Hohmann R. (2007): Klimaänderung und die Schweiz 2050 – Grundlagen. OcCC/ProClim, Bern, 11-25

Hackl V.: Anpassungsstrategien zur Begegnung der Auswirkungen des Klimawandels im österreichischen Tourismus. Diplomarbeit

Hasslacher, P. (2007): Alpine Raumordnung. Gestern – Heute – Morgen. In: Ländlicher Raum. Online-Fachzeitschrift des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Herausforderungen und Innovationen für Umwelt, Verkehr und Tourismus (2006). Abschlussdokument.

IPCC (Intergovernmental Panel of climate change)

IPK International (2003): Sommer-Urlaub in Österreich. Untersuchung am deutschen Markt. Im Auftrag des BMWA

Matulla C., Haas P., Wagner S., Zorita E., Formayer H., Kromp-Kolb H. (2004): Anwendung der Analog-Methode in komplexen Terrain: Klimaänderungsszenarien auf Tageswertbasis für Österreich. GKSS 2004/11.

Matulla C., Haas, P. (2003): Prädiktorsensitives Downscaling gekoppelt mit Wettergeneratoren: saisonale und tägliche CC-Szenarien in komplex strukturiertem Gelände. GKSS 2003/24

Muhar, A., Schauppenlehner, T., Brandenburg, C., Arnberger, A. (2006): Trends und Handlungsbedarf im Sommer-Bergtourismus

OECD (2007): Climate Change in the European Alps. Executive Summary

ÖROK (2005): Präventiver Umgang mit Naturgefahren in der Raumordnung

Österreich Werbung: Zukunft des österreichischen Sommertourismus.

Peeters P., Szimba E., Duijnsveld M. (2007): "Major environmental impacts of European tourism transport", Journal of Transport Geography 15:83-93

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (2005): Klimawandel in Deutschland. Vulnerabilität und Anpassungsstrategien klimasensitiver Systeme.

Reclip:more (2007): research for climate protection – model run evaluation.  
<http://systemsresearch.arcs.ac.at/projects/climate>

StartCLIM2006.D1: Die Sensitivität des Sommertourismus in Österreich auf den Klimawandel

StartCLIM2006.D2: Auswirkungen des Klimawandels auf das klimatische Tourismuspotenzial

Thaler R.: Umweltfreundlich Reisen. Herausforderungen und Strategien (PowerPoint-Präsentation)

T-MONA (2006): Urlaub in Österreich. Tourismus Monitor Austria. Im Auftrag der Österreich Werbung

WIFO (2007): Tourismuspolitische Ausrichtung 2015: Weichenstellung im österreichischen Tourismus für mehr Wachstum und Beschäftigung.

Wirtschaftskammer Österreich (2007):

World Tourism Organization (convener and organizer, 2003): Climate Change and Tourism. Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Conference on Climate Change and Tourism, Djerba, Tunisia, 9-11 April 2003

WTO (2003): "Climate Change and Tourism." International Conference on Climate Change and Tourism, Djerba, Tunisia.

WTO (2007): Davos Declaration: „Climate change and tourism responding to global challenges.“ Second International Conference on Climate Change and Tourism.

zukunft\_mobil (2008): Reisen ohne Reue: Der Trend zu ökologischer Mobilität. Dossier

## **StartClim2007.G**

Adnot J., P. Waide, P. Riviere, D. Marchio, M. Holmstrom, J. Naeslund, J. Saba, S. Becirspahic, C. Lopes, I. Blanco, L. Perez-Lombard, J. Ortiz, N. Papakonstantinou, P. Doukas, C. Joppolo, C.

- Casale, G. Benke, D. Giraud, N. Houdant, P. Riviere, F. Colomines, R. Gavriliuc, R. Popescu, S. Burchiu, B. Georges and R. Hitchin (2003), Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners (EECCAC). Study for the D.G. Transportation-Energy (DGTREN) of the Commission of the EU. Final Report, Paris.
- Ainsworth E.A. and S.P. Long (2005), What have we learned from fifteen years of Free Air Carbon Dioxide Enrichment (FACE)? A Meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO<sub>2</sub>. *New Phytologist* 165: 351-372.
- Amthor, J.S. (2001), Effects of atmospheric CO<sub>2</sub> concentration on wheat yield: review of results from experiments using various approaches to control CO<sub>2</sub> concentration. *Field Crops Research* 73: 1–34.
- Armington, P. S. (1969), A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production, *International Monetary Fund Staff Papers* 16: 159-178.
- BMLFUW (1997, and forthcoming), Umweltbilanz Verkehr, Wien.
- Böhringer, C. (1995), Allgemeine Gleichgewichtsmodelle als Instrument der energie- und umweltpolitischen Analyse: theoretische Grundlagen und empirische Anwendung, Wien: Lang. ISBN 3-631-30399-8.
- Brooke, A., D. Kendrick, A. Meeraus and R. Raman (1998), GAMS: A User's Guide, Washington D.C., GAMS Development Corporation.
- Buiter, W.H. (1988), Death, birth, productivity growth and debt neutrality. *The Economic Journal* 98: 279-293.
- Byatt, I., I. Castles, I.M. Goklany, D. Henderson, N. Lawson, R. McKittrick, J. Morris, A. Peacock, C. Robinson, and R. Skidelsky (2006), Part II: Economic Aspects, *World Economics* 7(4), October–December: 199-232.
- Carter, R.M., C.R. de Freitas, I.M. Goklany, D. Holland, and R.S. Lindzen (2006), Part I: The Science, *World Economics* 7(4), October–December: 167-198.
- Christensen, J.H. and O.B. Christensen (2007), A summary of the PRUDENCE model projections of changes in European climate by the end of this century, *Clim. Change*, 81, 1, doi 10.1007/s10584-006-9210-7.
- Dasgupta, P. (2006), Comments on the Stern Review's Economics of Climate Change, Mimeo, University of Cambridge.
- Dettinger, M.D., D.R. Cayan, M.K. Meyer, A. E. Jeton (2004), Simulated hydrologic responses to climate variation and change in the Merced, Carson, and american river basins, Sierra Nevada, California, 1900-2099, *Climatic Change* 62: 283-317.
- Dudhia, J., D. Gill, K. Manning, W. Wang, and C. Bruyere (2004), PSU/NCAR Mesoscale Modeling System Tutorial Class Notes and User's Guide: MM5 Modeling System Version 3, Software Manual, NCAR, Boulder.
- EU KLEMS (2007), Growth and Productivity Accounts, [www.euklems.com](http://www.euklems.com) (download Feb. 2008)
- Fangmeier, A., Chrost, B., Hogy, P. and K. Krupinska (2000), CO<sub>2</sub> enrichment enhances flag leaf senescence in barley due to greater grain nitrogen sink capacity. *Environmental and Experimental Botany* 44: 151–164.
- Fankhauser, S. (1993), Global Warming Damage Costs - Some Monetary Estimates. CSERGE GEC Working Paper 92-29, University of East Anglia.
- Fritsche, U.R., (2004), Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Ökoinstitut, Freiburg (Breisgau).
- Fuhrer, J. (2003), Agroecosystem responses to combinations of elevated CO<sub>2</sub>, ozone, and global climate change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 97: 1-20.
- Gobiet, A., H. Truhetz and A. Riegler (2006), A climate scenario for the Alpine region, reclip:more project year 3 – WegCenter progress report, Wegener Center, University of Graz, Austria.
- Gifford, R.M. (2004), The CO<sub>2</sub> fertilising effect - does it occur in the real world? *New Phytologist* 163 (2): 221–225.

- Haas, R., P. Biermayr, L. Kranzl, A. Müller and E. Schriebl (Energy Economics Group) (2007), Wärme und Kälte aus Erneuerbaren 2030, Studie für den Dachverband Energie-Klima, Maschinen und Metallwaren Industrie und die Wirtschaftskammer Österreich, Wien.
- Hebeisen, T., Lüscher, A., Zanetti, S., Fischer, B.U., Hartwig, U.A., Frehner, M., Hendrey, G.R., Blum, H. and J. Nösberger (1997), The different responses of *Trifolium repens* L. and *Lolium perenne* L. grassland to free air CO<sub>2</sub> enrichment and management. *Global Change Biology* 3: 149–160.
- Heinrich, G. (2008), Klimawandel und Trockengefährdung in der Landwirtschaft: eine Analyse für die Steiermark. Scientific Report No. 20-2008, Wegener Center Verlag, Graz, ISBN 13 978-3-9502308-8-8.
- Hope, C. (2005), Integrated assessment models in Helm, D. (ed.), *Climate-change policy*, Oxford: Oxford University Press, pp. 77-98.
- Hope, C. (2006) The Marginal Impact of CO<sub>2</sub> from PAGE2002: An Integrated Assessment Model incorporating the IPCC's Five Reasons for Concern *The Integrated Assessment Journal* 6: 19-56.
- Hope, C. (2007), PAGE modeling system, Yale Symposium on the Stern Review, Part 1, Chapter 2, Pages 40-60.
- International Energy Agency (IEA) (2000), *Experience curves for energy technologies*, Paris.
- IPCC Fourth Assessment Report (AR4) (2007), *Climate Change 2007*, IPCC 2007.
- Jakob, M., Jochem, E. and K. Christen (2002), Grenzkosten bei forcierten Energie-Effizienzmaßnahmen in Wohngebäuden. Im Auftrag des Schweizer Bundesamtes für Energie. CEPE, ETH Zürich.
- Junginger, M., (2005), *Learning in renewable energy technology development*, thesis, Utrecht.
- Junginger, M., Faaija, A., Björheden, R. and W.C. Turkenburg (2005), Technological learning and cost reductions in wood fuel supply chains in Sweden, *Biomass and Bioenergy* 29: 399-418.
- Kabas, T. (2005), Das Klima in Südösterreich 1961-2004: Die alpine Region Hohe Tauern und die Region Südoststeiermark im Vergleich, Scientific Report No. 4-2005, Wegener Center Verlag, Graz, ISBN 3-9502126-1-2.
- Käfer A., Steininger K., Axhausen K., Burian E., Clees L., Fritz O., Gebetsroither B., Grubits C., Huber P., Koch H., Kurzmann R., Mayerhofer P., Molitor R., Ortis G., Palme G., Pebersdorfer H., Pfeiler D., Schönfelder S., Siller K., Streicher G., Thaller O., Wiederin S. and G. Zakarias (2007), *Verkehrsprognose Österreich 2025+*, im Auftrag von BMVIT, ASFINAG, ÖBB, SCHIG, Vienna, forthcoming.
- Kemfert, C. (2002), An Integrated Assessment Model of Economy-Energy-Climate – The model WIAGEM. *Integrated Assessment*, Vol. 3, 4, pp. 281-299.
- Kettner, C., Kufleitner, A., Loibnegger, T., Pack, A., Schleicher, S., Steininger, K., Töglhofer, C. und T. Trink (2007), Volkswirtschaftlichen Effekte einer erweiterten Biomasse-Energie-Nutzung in der Energieregion Oststeiermark. Zwischenbericht, Studie im Auftrag vom Land Steiermark, Wegener Zentrum für Klima und globalen Wandel, Graz.
- Kimball, B.A., Kobayashi, K. and M. Bindi (2002), Responses of agricultural crops to free-air CO<sub>2</sub> enrichment. *Advances in Agronomy* 77: 293–368.
- Koland, O. and K. Steininger (eds.) (2006), *Spatial Dynamic Development and Environmental Sustainability*, Final Report to the Science Fund of the Austrian National Bank, Project No. 11502, WegCenter Report 13-2006, ISBN 3-9502308-0-7, Graz.
- Landesstatistik Steiermark (2007), *Privathaushalte in der Steiermark. Stand Volkszählung 2001 und Entwicklung 1971-2050*. Steirische Statistiken, Heft 3/2007.
- Long, S.P., Ainsworth E.A., Rogers A. and D.R. Ort (2004), Rising atmospheric carbon dioxide: Plants face the future. *Annual Review of Plant Biology* 55: 591-628.
- Long, S.P., Ainsworth E.A., Leakey, A.D.B., et al. (2006), Food for thought: lower-than-expected crop yield stimulation with rising CO<sub>2</sub> concentrations, *Science* 312: 1918-1921.

- Martinot, E., Dienst, C., Weiland, L. and C. Qimin (2007), Renewable Energy Futures: Targets, Scenarios and Pathways, *The Annual Review of Environmental and Resources* 32: 205-239.
- Nakicenovic, N. and R. Swart (eds). (2000), Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- Nitsch, J., (2007), Leitstudie 2007: Ausbaustrategie Erneuerbare Energie - Aktualisierung und Neubewertung bis zu den Jahren 2020 und 2030 mit Ausblick bis 2050, Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Nordhaus, W.D. (1993), Rolling the 'DICE': An optimal transition path for controlling greenhouse gases. *Resource and Energy Economics* 15: 27-50.
- Nordhaus, W.D. (2007), The Stern Review on the Economics of Climate Change, *Journal of Economic Literature*, forthcoming.
- Nowak R.S., Ellsworth, D.S. and S.D. Smith (2004), Tansley Review: Functional responses of plants to elevated atmospheric CO<sub>2</sub> - Do photosynthetic and productivity data from FACE experiments support early predictions? *New Phytologist* 162: 253-280.
- Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK) (2004), ÖROK-Prognosen 2001-2031, Teil 1: Bevölkerung und Arbeitskräfte nach Regionen und Bezirken Österreichs, Wien.
- Prettenthaler, F., S. Strametz, C. Töglhofer and A. Türk (2006a), Anpassungsstrategien gegen Trockenheit: Bewertung ökonomisch-finanzieller versus technischer Ansätze des Risikomanagements, Scientific Report No. 8-2006, Wegener Center Verlag, Graz, ISBN 3-9502126-5-5.
- Prettenthaler, F., A. Gobiet, C. Habsburg-Lothringen, R. Steinacker, C. Töglhofer and A. Türk (2006b), Auswirkungen des Klimawandels auf den Heiz- und Kühlbedarf in Österreich, Final Report StartClim2006.F, in StartClim2006, Klimawandel und Gesundheit, Tourismus, Energie, Final Report, study on behalf of BMLFUW, BMGFJ, BMWF, BMWA, Österreichische Hagelversicherung, Vienna.
- Prettenthaler, F. and A. Dalla-Via (eds.) (2007), Wasser und Wirtschaft im Klimawandel: konkrete Ergebnisse am Beispiel der sensiblen Region Oststeiermark. Studien zum Klimawandel in Österreich. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften.
- Prettenthaler F. and A. Gobiet (eds.) (2008), Heizen und Kühlen im Klimawandel. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien 2008, forthcoming.
- Prettenthaler F., C. Töglhofer, C. Habsburg-Lothringen and A. Türk (2008), Klimabedingte Änderungen des Heiz- und Kühlenergiebedarfes in Prettenthaler F., A. Gobiet (eds.), Heizen und Kühlen im Klimawandel. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien 2008, forthcoming.
- Reinert, K.A. and D.W. Roland-Holst (1992), Argmington Elasticities for United States manufacturing sectors. *Journal of Policy Modeling* 14: 631-639.
- Rutherford, T. (1998), Economic Equilibrium Modeling with GAMS: An Introduction to GAMS/MCP and GAMS/MPSGE, Economics Working Paper, Boulder, CO, University of Colorado.
- Rutherford, T. and S. Paltsev (2000), GRAP-ENERGY in GAMS: The Dataset and Static Model, Working Paper No 00-02, University of Colorado, Boulder.
- Schmid, E. (2004), Das Betriebsoptimierungssystem FAMOS (Farm Optimization System), Diskussionspapier DP-09-2004, Universität für Bodenkultur, Institut für nachhaltige Wirtschaftsentwicklung, Wien.
- Schmidli, J., C. Frei, P.L. Vidale (2006), Downscaling from GCM precipitation: a benchmark for dynamical and statistical downscaling methods, *Int. J. Climatol* 26: 679-689.
- Schmitz, N. (ed.), (2003), Bioethanol in Deutschland. Verwendung von Ethanol und Methanol aus nachwachsenden Rohstoffen im chemisch-technischen und im Kraftstoffsektor unter besonderer Berücksichtigung von Agraralkohol, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band 21. Münster: Landwirtschaftsverlag
- Shaw, M.R., Zavaleta, E.S., Chiariello, N.R., Cleland, E.E., Mooney, H.A. and C.B. Field (2002), Grassland responses to global environmental changes suppressed by elevated CO<sub>2</sub>. *Science* 298: 1987-1990.

- Simander R. and C. Rakos (2005), Klimatisierung, Kühlung und Klimaschutz: Technologien, Wirtschaftlichkeit und CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenziale. Materialband. Austrian Energy Agency.
- Statistics Austria (2003), Systematik der Wirtschaftstätigkeiten, ÖNACE 2003, Band 1: Einführung, Grundstruktur, Erläuterungen. Wien.
- Statistics Austria (2004a), Gebäude- und Wohnungszählung 2001, Hauptergebnisse Steiermark. Statistik Austria, Wien.
- Statistics Austria (2004b), Volkszählung 2001, Hauptergebnisse Steiermark, Statistik Austria, Wien.
- Statistics Austria (2007), Statistiken, Bevölkerung.  
[http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/bevoelkerung/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/bevoelkerung/index.html) (download Sept. 2007)
- Statistics Austria (2008), Statistiken, Wohnungen, Gebäude,  
[http://www.statistik.at/web\\_de/statistiken/wohnen\\_und\\_gebaeude/index.html](http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wohnen_und_gebaeude/index.html) (download Feb. 2008).
- Stern, N. (2007), The Economics of Climate Change: The Stern Review, Cambridge: Cambridge University Press.
- Stern, T. and U.M. Person (2007), An Even Sterner Review, Introducing Relative Prices into the Discounting Debate, RFF Discussion Paper 07-37.
- Soja, G., Soja, A., Eitzinger, J., Gruszczynski, G., Trnka, M., Kubu, G., Formayer, H., Schneider, W., Suppan, F. and Koukal, T. (2005), Analyse der Auswirkungen der Trockenheit 2003 in der Landwirtschaft Österreichs: Vergleich verschiedener Methoden. Final Report StartClim2004.C; in StartClim2004, Analysen von Hitze und Trockenheit und deren Auswirkungen in Österreich, Final Report, study on behalf of BMLFUW, BMBWK, BMWA, Österreichische Hagelversicherung, Österreichische Nationalbank, Umweltbundesamt, Verbund AHP, Vienna.
- Tol, R. (2006) The Stern Review of the Economics of Climate Change: a Comment. Mimeo, October 30. Economic and Social Research Institute, Vrije University, and Carnegie Mellon University.
- Tubiello et al. (2007), Crop and pasture response to climate change, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 104 (50): 19686-19690.
- Wakonigg, H. (1970), Witterungsklimatologie der Steiermark, Dissertation at the University of Graz, Verlag Notring, Vienna.
- Wegmayr J., R. Tichler, F. Schneider (2007), Heiße und trockene Sommer in Oberösterreich: Auswirkungen auf Strom aus Wasserkraft und Stromverbrauch für Klimageräte, Energieinstitut, Johannes-Kepler Universität Linz.
- Weitzman, M.L. (2007), The Stern Review of the Economics of Climate Change, Book Review for JEL, 31.04.07.
- Welsch, H. (2008), Armington Elasticities for Energy Policy Modelling: Evidence from Four European Countries. Energy Economics, forthcoming.
- Wheeler, T.R., Batts, G.R., Ellis, R.H., Hardley, P. and J.I.L. Mortison (1996), Growth and yield of winter wheat (*Triticum aestivum*) crops in response to CO<sub>2</sub> and temperature. Journal of Agricultural Science 127: 37-48.
- Wissema, W. and R. Dellink (2007), GE analysis of the impact of a carbon energy tax on the Irish economy. Ecological Economics 61: 671-683.

## Abbildungsverzeichnis

### Abbildungen

- Abb. 1** Signifikanz der Trends der Andauer der Winterschneedecke für die qualitativ guten StartClim Stationen ----- 16
- Abb. 2** Signifikanz der Trends der Anzahl an Schneedeckentagen für die qualitativ guten StartClim Stationen ----- 16
- Abb. 3** Häufigkeitsverteilung modellierter/ gemessener Werte der Gesamtschneehöhe der Station Klagenfurt (450m)----- 17
- Abb. 4** Häufigkeitsverteilung modellierter/ gemessener Werte der Gesamtschneehöhe der Station Sonnblick (3105m)----- 17
- Abb. 5** Abweichungen der Temperatur- Niederschlags- sowie Anzahl der Schneedeckentage Mittel eines Winterhalbjahres vom 61-90er Mittel ----- 18
- Abb. 6** Häufigkeit von Tagen mit dünner Ozonschicht am Hohen Sonnblick für die Monate Februar bis August. Die Balkenarten stehen für Tage, an denen die Ozonschicht über Hohen Sonnblick um 10, 20 oder 30 % dünner war als im Vergleichszeitraum 1928-78----- 20
- Abb. 7** Ozon-Mini-Loch über Österreich am 1.12.1999----- 20
- Abb. 8** Verlauf der biologisch wirksamen UV Strahlung während eines extremen Ozon-Mini-Lochs im Februar 1999. Dargestellt sind die Verläufe für die erythemwirksame (ERY), die DNS-schädigende (DNA-D) und die pflanzenschädigende UV Strahlung (GP-D). ----- 21
- Abb. 9** Jährliche Neuerkrankungen am Malignen Melanom in Österreich, absolute Zahlen ----- 21
- Abb. 10** Beispielhafte Verteilung der Monitoring-Standorte am Beispiel Niederösterreichs: Nebenstandorte sind Praxisbetriebe, auf denen die Dichten der Hauptschädlinge an ausgewählten Kulturen mittels zeit- und kostensparender Methoden vom Betriebsleiter erhoben werden. Hauptstandorte sind landwirtschaftliche Fachstellen, an denen das Schädlingsspektrum ausgewählter Kulturen genauer, inklusive Überwinterungsdaten erfasst wird. Mit der Verortung sollen die wichtigsten Ökoklimatypen bezüglich ihres Schädlingauftritts abgedeckt werden, wie anhand der mit den Jahreswärmesummenklassen (°C) nach Harlfinger & Knees (1999) überlagerten Reliefdarstellung von NÖ dargestellt ist. Darübergelegt ist weiters die Verteilung des Rapsanbaus in NÖ im Jahr 2005. Die gestreifte Fläche umfasst Gemeinden mit mehr als 100 ha Raps (Quelle: Statistik Austria, [www.statistik.at](http://www.statistik.at)).----- 24



- Abb. 11 Bodenprofile: a) unter Zirbenwald ist der Boden wenig humus- und damit kohlenstoffhältig, b) unter Zwergstrauchheide bildet sich eine dicke Humusschicht aus. Bei Ansteigen der Waldgrenze und damit Übergang von Zwergstrauchheide zu Zirbenwald verliert der Boden Kohlenstoff, der teils in die oberirdische Biomasse, teils aber auch in als Kohlendioxid die Atmosphäre eingebracht wird.----- 26**
- Abb. 12 Übersichtskarte der betrachteten Einzugsgebiete im Kaunertal, Radurschltal und Nauderer Tschey Tal: Gepatsch (Pegel Gepatschalm), Tschey (Wasserfassung, Überleitung Gepatschstausee), Radurschl (Wasserfassung, Überleitung Gepatschstausee).----- 28**
- Abb. 13 Modellkopplung: Das Klimamodell liefert Input für das Energiemodell und das landwirtschaftliche Modell, die wiederum den Input für das ökonomische Modell beisteuern.----- 32**
- Abb. 14 Effekte durch Klimawandel unter autonomer Anpassung (unter Berücksichtigung eines regionalen Klimaszenarios im Vergleich zur Entwicklung bei konstant bleibendem Klima) und von Minderungspolitik (im Vergleich zur Entwicklung unter Klimawandel ohne Politikmaßnahmen) für die engere Region 1 und das Umland (Region2) für die 2040er Jahre. ----- 32**

## Anhang

### Projekte aus StartClim2003

Die folgenden Projekte wurden in StartClim2003 bearbeitet. Die Berichte sind sowohl auf der StartClim2007-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 Prettenthaler
- 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 StartClim2007-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 StartClim2007-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 Blüenthripses (*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 StartClim2007-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 Tourismuspotezial**

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>