

**Oliver Tamme**

## **Auswirkungen des Klimawandels auf das österreichische Berggebiet, Ökosysteme-Naturhaushalt und sektorale Nutzungen**

### **Zusammenfassung**

Der Klimawandel wird sich nachhaltig auf das Berggebiet, seine Ökosysteme und alle Sektoren auswirken. Dabei kann der alpine Raum von höheren Temperaturen durchaus profitieren, weil diese der bestehenden Klimaungunst entgegen wirken. Die stärksten Auswirkungen des Klimawandels werden weniger kurzfristig, sondern mittel- und langfristig (nach 2050) auftreten. Eine Erwärmung über 2°C hinaus dürfte Stabilität und Anpassungsfähigkeit der Ökosysteme ernsthaft gefährden. Die stärkere Betroffenheit des Berggebietes erklärt sich aus seiner naturräumlich bedingten Exponiertheit: Siedlungsraum, genutzte Flächen und die Infrastruktur beschränken sich Talböden und Schwimmkegel (der Wildbäche). Diese werden durch latente Erosionsprozesse in den oberen Stockwerken gefährdet, die durch die Klimaerwärmung dynamisiert werden (z.B. vermehrte Massenbewegungen, Gletscher- und Permafrost-Schmelze). Auch die Ressourcen des Berggebietes und deren Nutzung werden durch den Klimawandel möglicherweise beeinträchtigt. Ein großer Risikofaktor bleibt auch bei einer moderaten Klimaerwärmung das Auftreten von Wetterkapriolen und Witterungsextremen: Die Schadenswirkung einzelner Wetterereignisse kann schwerer wiegen als eine im Durchschnitt moderate Erwärmung. Die einzelnen Sektoren (Forstwirtschaft, Berglandwirtschaft- und Almwirtschaft, Tourismus, Verkehr, Wasser- und Energiewirtschaft) erfahren unterschiedliche positive, negative oder auch neutrale Auswirkungen.

### **Einleitung**

Der Klimawandel ist die Herausforderung des 21. Jahrhunderts. Er beeinflusst und verändert fundamental das Leben von Natur und Menschen. Dabei bewegen sich die zu beobachtenden Klimaanomalien (Rückgang des Meereises, Gletscherschmelze, Zunahme von tropischen Wirbelstürmen, Auftreten von Extremtemperaturen etc.) in dieselbe Richtung, die von der Klimaforschung (vgl. Intergovernmental Panel on Climate Change der Vereinten Nationen kurz IPCC) seit langem thematisiert worden ist. Über das Faktum des überwiegend anthropogen geprägten Klimawandels besteht breiter wissenschaftlicher Konsens. Die periodischen Berichte des IPCC liefern dafür eine solide Grundlage und fassen den Wissensstand in objektiver und transparenter Weise zusammen. Dabei beruhen die wesentlichen Annahmen nicht primär auf Modellberechnungen, sondern auf validen Messdaten und elementarem physikalischen Verständnis. Der vierte und bisher letzte Sachstandsbericht des IPCC 2007 (IPCC 2007a,b,c) dokumentiert die Auswirkungen des Klimawandels. Hinzu tritt mit Fortdauer der Klimaerwärmung noch ein weiterer Aspekt: Aufgrund der Langlebigkeit der

Treibhausgase und der zeitverzögerten Umsetzung innerhalb des Klimasystems werden sich die Auswirkungen in den kommenden Jahrzehnten, ungeachtet aller gesetzten Maßnahmen zugunsten des Klimaschutzes, verstärken. Deshalb gewinnt neben dem Klimaschutz die Anpassung an den Klimawandel zusehends an Bedeutung. Dazu sind Maßnahmen auf allen Ebenen (national, regional und lokal) und innerhalb aller Sektoren zu setzen, mit denen Schäden gemildert und potenzielle Chancen gewahrt werden können. Auf politischer Ebene hat sich die EU einer Klimaschutz- und Energiepolitik (Emissionsrechtehandel, Treibhausgasreduktionen, Anpassung an den Klimawandel etc.) verschrieben, die eine Begrenzung der globalen Erwärmung auf 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau anpeilt (siehe Grünbuch der EU-Kommission: Anpassung an den Klimawandel in Europa, EU-Kommission 2007a).

Die alpinen Regionen, das Berggebiet interessiert im Besonderen, dass sie von Forschung und Politik zu den verwundbarsten Gebieten gezählt werden, die mit weitreichenden Folgen des Klimawandels zu rechnen haben (EU-Kommission 2007a: 6, IPCC 2007b: 551). Die starke Betroffenheit ergibt sich u.a. durch die vertikale Höhengliederung, die verschiedene Klimazonen umfasst, den sensiblen Ökosystemen, der Verbreitung von Gletschern und Permafrost, die sich auch stabilisierend auf die unteren „Stockwerke“ - den alpinen Dauersiedlungsraum auswirken (Stichwort Abwehr von Naturgefahren). Diese eher allgemeine Einschätzung ergab einen Forschungsbedarf für umfassendere Untersuchung der Auswirkungen des Klimawandels auf den Ostalpenraum, das Berggebiet bzw. von gesamtwirtschaftlich bedeutenden Wirtschaftssektoren dieses Gebietes (Forschungsrelevanz).

### **(Material) und Methode**

Die Ausgangshypothese des Forschungsprojektes besagte, dass der Ostalpenraum bzw. das Berggebiet vom Klimawandel stärker und negativer betroffen ist, als andere klimabegünstigte Regionen (z.B. das Flach- und Hügelland). Die Studie sollte diese Annahme hinterfragen und die wichtigsten Auswirkungen nach Bereichen und Sektoren (Naturhaushalt-Ökosysteme, Forstwirtschaft, Berglandwirtschaft, Tourismus, andere) auswerten. Ein besonderer Fokus wurde auf mögliche positive Folgen sowie differenzierte Wirkungen in Teilräumen gerichtet. Die Forschungsmethodik bestand in einem deskriptiven Analyseverfahren. Die einschlägige Literatur bzw. Sekundärdaten (Studien, Fachartikel, Beiträge im Internet etc.) wurde im Hinblick auf ihre Relevanz – Auswirkungen des Klimawandels auf die alpinen Regionen, das Berggebiet – ausgewertet. Zu den wichtigsten Quellen zählten die Berichte des IPCC, das Klimawandelportal der ZAMG, die Klimaänderungsszenarien des Umweltbundesamtes (UBA 2010d, Balas et al 2010a) sowie die nationale Anpassungsstrategie (AUSTROClim 2008a). Neueste Forschungsergebnisse aus der Schweiz, Bayern und Südti-

rol, alpine Regionen mit vergleichbarer Struktur, konnten einbezogen werden (Beierkuhnlein/Foken 2008, Bundesamt für Umwelt 2007, OcCC 2007, Zebisch/Tappeiner/Elmi o.J. etc.).

Es wurde eine weitgehend einheitliche Vorgehensweise bei den untersuchten Sektoren angestrebt. Dabei erfolgte eine Fokussierung auf Auswirkungen, die insbesondere die Ökosysteme, den Lebensraum und die Wirtschaftssektoren des Berggebietes bzw. den hochalpinen Bereich betreffen. Dazu zählen die Forstwirtschaft, die Berglandwirtschaft, der Tourismus aber auch der Siedlungsraum als Ganzes, die Verkehrsinfrastruktur sowie die Wasser- und Energiewirtschaft. Für die ausgewählten Sektoren erfolgte die Identifizierung und Beschreibung der Auswirkungen, deren Beeinflussungsfaktoren und die Zuordnung günstiger, ungünstiger bzw. indifferenter Effekte sowie deren Beeinflussungsfaktoren.

### **Klimaerwärmung im Berggebiet deutlich ausgeprägt**

Im Vergleich zur globalen Entwicklung hat sich der Alpenraum im Verlauf der vergangenen 150 Jahre, teils natürlich bedingt, stärker erwärmt. Seit damals ist die Temperatur um knapp 2°C angestiegen. Beschleunigt hat sich die Erwärmung seit den 1970er Jahren. In den letzten Jahren bewegen sich die Temperaturen eher stagnierend, aber auf hohem Niveau. Das letzte flächendeckend zu kalte Jahr (1996) liegt bereits 17 Jahre zurück. Die Sommermonate haben sich gegenüber den Wintermonaten verstärkt erwärmt. Wesentlich ist, dass seit den 1950er Jahren der anthropogen-treibhausbedingte Effekt überwiegt. Parallel zur Temperatur hat sich auch die Sonnenscheindauer merklich erhöht. Beim Niederschlag fällt die gegenläufige Entwicklung in zwei alpinen Subregionen auf: Westösterreich (Vorarlberg, Tirol) ist feuchter geworden, während einige Regionen südlich des Alpenhauptkamms weniger Niederschlag empfangen. Signifikant ist regional auch die abnehmende Schneebedeckung unterhalb von 1.000 Metern Seehöhe, sowie allgemein der Anstieg der Schneefallgrenze.

Trotz der hohen Aktualität von Witterungsextremen (z.B. Temperaturschwankungen, Starkniederschläge, Stürme) lässt sich eine Zunahme derselben (noch) nicht nachweisen.

Die Klimaerwärmung wird sich in den kommenden Jahrzehnten verstärkt fortsetzen. Das heißt aber nicht, dass kältere Witterungsabschnitte, kalte und schneereiche Winter gar nicht mehr auftreten. Bis 2050 ist mit einem Temperaturanstieg von knapp 2°C (bezogen auf 1961-90) zu rechnen. Weiter beschleunigen wird sich die Erwärmung in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts, so die Treibhausgase nicht drastisch reduziert werden. Einige Szenarien beschreiben eine überdurchschnittlich starke Erwärmung mit Anstieg der Seehöhe. Dies könnte mit positiven Rückkoppelungsfaktoren (Abnahme der Schneebedeckung, stärkere Anströmung und Ausgesetztheit an die freie Atmosphäre) zu tun haben. Der Klimawandel

dämpft auch den Tagesgang: Die nächtlichen Tiefstwerte werden stärker ansteigen als die Tageshöchsttemperaturen. Die Gesamtniederschlagsmenge sollte sich (zumindest bis 2050) laut den Klimaszenarien konstant entwickeln. Dies kommt aber in Verbindung mit einem deutlich höheren Temperaturniveau und der damit verbundenen Verdunstung einem Rückgang des zur Verfügung stehenden Angebots gleich. Der Anteil des festen Niederschlages (Schnee) und die Schneebedeckung werden vor allem in den Mittelgebirgen (Mühl- und Waldviertel etc.) weiter zurückgehen. Jahreszeitlich ist eine Verschiebung der Niederschläge in die Wintermonate zu erwarten. Regional von Bedeutung ist die Tatsache, dass sich bei den Szenarien wie schon in der Vergangenheit oftmals ein ausgeprägter Übergang zwischen Alpennord- (mehr Niederschlag) und Alpensüdseite (weniger Niederschlag) abzeichnet. Insgesamt ist die Eintrittswahrscheinlichkeit der Szenarien beim Niederschlag (sowohl regional als auch saisonal) jedoch deutlich geringer als bei den Temperaturen. Mit Fragezeichen zu versehen ist die Entwicklung von Extrem-Wetterereignissen: Zwei durch den Treibhauseffekt beeinflusste Parameter, die wärmere Atmosphäre und der höhere Wasserdampfgehalt deuten jedoch darauf hin, dass Starkregen und Trockenheit gleichermaßen zunehmen könnten (ZAMG 2011k,m,p).

### **Auswirkungen auf Naturhaushalt, Ökosysteme, Biodiversität**

Der Klimawandel beeinflusst Mensch, Gesellschaft und Ökonomie über seine Auswirkungen auf den Naturhaushalt bzw. die physikalischen und biologischen Komponenten der Ökosysteme (Luft, Wasser, Boden). Die verschiedenen Teilaspekte des Ökosystems werden vom Klimawandel unterschiedlich beeinflusst. Naheliegend sind Veränderungen des Wasserhaushaltes bzw. die Wasserverfügbarkeit durch die Veränderung und Verteilung der Niederschläge. Und als Lebensgrundlage aller Ökosysteme reagiert der Wasserkreislauf besonders sensibel auf Klimaveränderungen. Aber auch der Stoffhaushalt von Ökosystemen (Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor etc.) ist von Klimaänderungen berührt, weil höhere Temperaturen eine Stimulation biologischer Prozesse bedeuten. Besonders direkte Reaktionen auf den Klimawandel sind aufgrund der kurzen Generationszeiten und effizienten Ausbreitungswege bei Mikroorganismen zu erwarten. Höhere Temperaturen verändern Bodenqualität und Aktivität der Mikroorganismen im Boden. Beispielsweise führt dies zu Veränderungen beim Abbau des Laubstreu durch Bodenorganismen. Mikro- und Bodenorganismen sind wiederum den globalen Stoffflüssen und Stoffumsätzen eng verbunden (UBA 2010d: 46ff). Direkte Wechselwirkungen bestehen auch zwischen Erwärmung und Vegetation. Folge ist das vorfrühte Auftreten der phänologischen Eintrittsphasen wie Blattentfaltung, Blüte und Fruchtreife (ZAMG 2011q, UBA 2010d: 50f). Neben der Vegetation ist auch die Tierwelt vom Klimawandel erfasst. Auswirkungen sind auch bei den sogenannten biotischen Interaktionen, des Netzwerkes an gegenseitigen Abhängigkeiten und Beeinflussungen (Dominanzverhältnisse,

Konkurrenzbedingungen, Populationsdichten etc.) zu erwarten. Weil der Klimawandel die Häufigkeit, genetische Vielfalt und Verbreitungsgebiete von Arten beeinflussen wird, sind auch Auswirkungen auf die Zusammensetzung von Ökosystemen zu erwarten (Beierkuhnlein/Foken 2008: 104ff).

Als Folge der Klimaerwärmung verschieben sich in Mitteleuropa Klima- und Vegetationszonen nord-, und gipfelwärts (Eine Klimaerwärmung von nur einem Grad plus bedeutet eine Verschiebung von 200-300 Kilometer oder 200 Höhenmeter). Letzteres berührt ganz stark die Stabilität der alpinen Höhenstufen. Prominentestes Beispiel für die Auswirkungen der Klimaerwärmung ist die Gletscherschmelze. Seit Mitte der 1980er Jahre und im Gleichklang mit dem anthropogenen Klimasignal, der rezenten Erwärmung, werden fortgesetzte Längenverluste der Gletscherzungen bzw. stark negative Massebilanzen beobachtet (ÖAV 2010a, 2011b). Wenn sich dieser Trend fortsetzt, tauen kleine und mittlere Gletscher bis zum Jahr 2100 vollständig ab. Die großen Talgletscher (Pasterze, Gepatschferner u.a.) dürften sich hingegen, wenn auch stark reduziert, länger halten (ZAMG 2011d). Auch das beschleunigte Auftauen des hochalpinen Permafrosts wird sich fortsetzen und unterminiert die Bodenfestigkeit an steilen Hängen. Beide Phänomene verdeutlichen die Gefahren für Siedlungsbereiche, Kulturland und Infrastrukturen, die von mangelnder Ökosystem-Stabilität ausgehen.

Bei der Arten- und Pflanzenzusammensetzung ist die Verschiebung von Verbreitungsarealen, des Artenspektrums (Tiere, Pflanzen) zu erwarten. Bei den Gipfelfluren ist in den letzten Jahrzehnten bereits ein deutlicher Zuwachs der Artenvielfalt und der Bodenbedeckung zu beobachten (Pauli et al. 2007). Für anspruchsvollere, kleinräumig oder isoliert auftretende, weniger mobile Arten sind umgekehrt (weitere) Arealverluste zu erwarten. Eine Reihe von Arten (Pflanzen, Fische, Vögel) müssen in höher gelegene Bereiche oder flussaufwärts ausweichen. Damit sind Verluste von nivalen und subnivalen also kälteliebenden Arten, mit enger ökologischer Amplitude, zu erwarten. Einige von ihnen sind auch endemische Arten, die nur im Alpenraum vorkommen. Betroffen sind vor allem die weniger hohen Gipfellagen. Andererseits zählen temperaturtolerante, anspruchslose und vor allem mobile Generalisten zu den „Gewinnern“ des Klimawandels. Stark gefährdet sind auch alpine Feuchtgebiete (Wiesen, Moore, Gewässer-Uferbereiche) mit ihrer Tier- und Pflanzenwelt (v.a. Amphibien und Reptilien) (ÖBf o.J.: 4ff, WWF Österreich 2010a: 9).

Bereits bei einer Temperaturzunahme von 2°C wird ein massiver Umbau von vielen Lebensgemeinschaften erwartet.<sup>1</sup> Bei einer Erwärmung in dieser Größenordnung verschieben sich die Vegetationszonen um ca. 400 Meter in die Höhe. Wird diese Schwelle überschritten weisen viele Arten ein erhöhtes Aussterberisiko auf. Nach Abschätzungen sind 5-30% der Arten gefährdet (Fischlin et al. 2007 nach Balas et al. 2010a: 50).

### **Auswirkungen auf Waldökosysteme und die Forstwirtschaft**

Die überwiegend forstwirtschaftliche Flächennutzung im Alpenraum, dem Berggebiet macht diesen Sektor besonders relevant. Daneben hat die Schutzwirkung des Waldes (Schutz- und Bannwälder), die Abwehr von Naturgefahren, in einem alpinen Land eine überragende Bedeutung. Für das Berggebiet sind vor allem Fichten-Tannen-Buchen-Mischwälder sowie reine Fichtenwälder bestandsbildend. Grundsätzlich kann eine moderate Klimaerwärmung ein höheres Ertragspotenzial und eine höhere Produktivität durch verlängerte Wachstums- und Vegetationsperioden bedeuten – „Der Wald wächst besser“. Dies manifestiert sich in Zuwächsen bei Durchmesser und Längen-Wachstum der Kulturen, wie sie schon jetzt evident sind (AustroClim 2008a: 87f, BMLFUW 2011b: 145, OcCC 2007: 44). Voraussetzung dafür ist jedoch eine ausreichende Wasserverfügbarkeit, wie sie beispielsweise im Hitzejahr 2003 nicht gegeben war (BMLFUW 2006a). Negativ in diesem Zusammenhang ist zu bewerten, dass lichtliebende Sonderstandorte wie Waldränder und Lichtungen auch in Verbindung mit Nutzungsänderungen, vermehrt „zuwachsen“ (BMLFUW 2006a: 96f). Neutral zu bewerten, weil geringer als erwartet, ist hingegen die diskutierte bessere Wachstumsleistung des höheren atmosphärischen CO<sub>2</sub>-Gehaltes (sogenannter Düngungseffekt), da sich Pflanzen durch eine Reduktion der Öffnung der Spaltöffnungen anpassen und andere limitierende Faktoren (Wasser, Nährstoffversorgung) bestehen (u.a. Beierkuhnlein/Foken 2008: 187, 211). Ein unmittelbarer Effekt des Klimawandels ist die Höhenverschiebung der Vegetationsstufen und der Anstieg der Waldgrenze (Lackner 2008: 7ff, Waldwissen.net 2010c). Positiv zu bewerten ist die dadurch gestiegene Vielfalt der alpinen Baumartenzusammensetzung (Laubbäume). Beispielsweise finden Rotbuche, Esche, Ahorn, Lärche und Weißtanne, (subalpin auch die Fichte) höheres Wachstumspotenzial (AustroClim 2008a: 140-142). Umgekehrt haben Hitze- und Trockenperioden, Witterungsextreme (Windwurf, Brände) im Zusammenwirken mit Borkenkäferbefall das Potenzial große Schäden anzurichten (abiotische und biotische Störungen). Auffällig sind die stark gestiegenen Schadholzmengen seit den 1990er Jahren, die in den letzten Jahren jedoch wieder rückläufig sind. Stark gefährdet sind Fichtenreinbestände

---

<sup>1</sup> Die Klimaschutzpolitik der EU verfolgt die Zielsetzung die globale Erwärmung auf 2°C gegenüber dem vorindustriellen Niveau einzuschränken. Diese Zielsetzung ist primär politisch und nicht wissenschaftlich oder ökologisch begründet. Wissenschaftlich ist der Versuch eine eindeutige Grenze zwischen gefährlichem und ungefährlichem Temperaturanstieg zu ziehen, wenig plausibel.

der montanen Höhenstufe (500-1.200/1.500m) (Lexer/Seidl 2007: 4-5). Negativ ist die abnehmende Kohlenstoffspeicherkapazität der Waldböden einzuschätzen, da die mikrobielle Aktivität von im Boden gespeichertem Kohlen- und Stickstoff angeregt wird. Dies steigert die Veratmung, setzt CO<sub>2</sub> frei und heizt den Treibhauseffekt weiter an (AustroClim 2008a: 145, BMLFUW 2008a: 16-17). Ein weiterer Effekt des Klimawandels ist der zu erwartende steigende Nutzungsdruck der Wälder durch die Zunahme von Outdoor- und Tourismusaktivitäten bei besserem Freizeitwetter.

Innerhalb gewisser klimatischer Bandbreiten sind Waldökosysteme sehr anpassungsfähig, das heißt stabil. Einige Besonderheiten von Waldökosystemen machen diese jedoch besonders anfällig für negative Konsequenzen einer starken Klimaerwärmung. Dazu zählen die Langlebigkeit und die Ortsgebundenheit. Bedingt durch lange Reproduktionszeiträume (hohe Umtriebszeiten von 90 Jahren und mehr) besteht nur eine sehr eingeschränkte Anpassungsmöglichkeit. Ähnliches gilt für die Ortsgebundenheit. Die Klimaerwärmung verschiebt die Verbreitungsgrenzen der Baumarten wesentlich rascher, als diese „wandern“, bzw. kultiviert werden können. Beispielsweise beträgt die Migrationsgeschwindigkeit der in Europa vorkommenden Baumarten nur 0,4 bis 10 Kilometer pro Jahrzehnt (Institut für Waldbau 2010a: 1, WWF 2006a: 29-31).

### **Auswirkungen auf die Bergland-, und Almwirtschaft**

Im Bergland dominieren aufgrund der naturräumlichen Verhältnisse (Höhenlage, Klima, Hangneigung) die Grünlandwirtschaft, das Dauer-, bzw. extensive Grünland (Dauer- oder Mähwiesen). Die Mehrzahl der Grünlandflächen des Berggebietes liegt zwischen 600 und 1.000 Meter Seehöhe. Weiters ist die Bewirtschaftung der Bergmähder und der Almen vor allem in Westösterreich von großer Bedeutung. Das vorherrschende Grünland des alpinen Raumes wird zur Viehhaltung genutzt (Rinder, Kühe etc.) (Groier/Hovorka 2007a: 28-30). Die Bergland- und Almwirtschaft ist von einer kurzen Vegetationszeit geprägt und ist stark witterungs- bzw. klimaabhängig. Vegetationsbeginn und Schnittrufe sind ganz wesentlich von der Temperatur abhängig. Zudem ist der vorherrschende Futterbau von einer reichlichen und kontinuierlichen Wasserversorgung abhängig. Die Winterfutterbergung muss in nur wenigen Tagen während der Sommermonate erfolgen. In dieser Zeit muss das gesamte Grundfutter für 150-200 Tage geerntet werden. Witterungskapriolen wie langanhaltendes Schlechtwetter aber auch mangelnde Niederschläge verzögern bzw. beeinträchtigen die Futterernte (Dörfler 1990: 292, Tamme et al. 2002: 18).

Kaum ein anderer Sektor ist so unmittelbar mit Witterung und Klima verbunden wie die Landwirtschaft. Bereits kleine Veränderungen bei Temperatur und Niederschlagsverteilung

wirken sich direkt auf Ertrag, Qualität und Wertschöpfung der Betriebe aus. Nicht zu übersehen ist jedoch, dass ein moderater Klimawandel das raue subalpine/alpine Klima abmildert sich positiv auswirken kann. Die längere Vegetationsperiode bringt potenziell höhere Erträge und steigert die Nutzungsintensität. Der erste Schnitt wird (wie bereits jetzt) früher im Jahr auftreten und sollte der Ertragsreichste im Jahr sein (bedingt durch die Winterfeuchtigkeit). Durch das mildere Klima stehen mehr Feldarbeitstage zur Verfügung, die Weideperiode verlängert sich und die Arbeitsspitzen treten früher im Jahr auf (AustroClim 2008a: 96, Gobiet et al. 2009: 69). Die (hochalpine) Almsaison, die zur Zeit maximal drei Monate ausmacht, könnte sich auf fünf Monate ausdehnen. Sommerliche Schneefälle unterbrechen die Almpériode seltener, obwohl häufige Wetterkapriolen auch nicht auszuschließen sind (OcCC 2007: 44). Voraussetzung für Ertragszuwächse ist jedoch eine ausreichende Wasser- und Nährstoffversorgung. Auch das Vieh selbst, benötigt erhebliche Wassermengen (Zebisch et al. o.J.:49). Ausreichende Niederschläge sollten im Berggebiet (mit Ausnahme des Mühl- und Waldviertels) auch weiterhin gewährleistet sein, anders als an der Alpen-Südabdachung, inneralpin oder überhaupt im Flach- und Hügelland. Positive Witterungseinflüsse könnten punktuell auch eine (weitere) Bewirtschaftungsintensität vorantreiben (Silomais, Umwandlung des extensiven Dauergrünlandes) (StartClim 2009.A 2010a). Änderungen sind auch bei der Artenzusammensetzung des Grünlandes absehbar (z.B. Rückgang der Untergräser, vermehrt Kräuter statt Gräser). Kritisch zu bewerten ist hingegen die weitgehende Alternativlosigkeit des Dauergrünlandes (bestehend aus mehrjährigen Pflanzengesellschaften) bedingt durch Boden und Topographie, die ein Ausweichen auf andere Kulturen erschwert. Ungleich dem Ackerbau gibt es kaum Produktionsalternativen und das Anpassungspotenzial ist niedrig (Formayer et al. 2008a: 21). Die (wenigen) Alternativen könnten im Feldfutteranbau (Luzerne) sowie der Obst und Weinkultur (vgl. Südtirol) sein (Eitzinger et al. 2008: 103; Zebisch et al. o.J.:52). Unsicher bleibt das Risiko von Witterungsextremen und damit verbundenen Ertragsschwankungen oder -ausfällen. Gerade in der Landwirtschaft kann die Schadenswirkung einzelner Wetterereignisse schwerer wiegen als die günstige Verschiebung der milderen Bedingungen. Eine Zunahme von Wetterkapriolen kann durch Vorratshaltung und Silage ausgeglichen werden (Beierkuhnlein/Foken 2008: 188, 199). Negativ ist die Zunahme des Auftretens von Pflanzenkrankheiten (z.B. Roste bei Gräsern) Schädlingen (z.B. Wühlmäuse, Engerlinge) und Viehkrankheiten (Viruserkrankungen, Parasiten etc.) einzuschätzen. Witterungsschwankungen können zudem die Leistungsfähigkeit von Nutztieren herabsetzen (AustroClim 2008a: 101, Eitzinger et al. 2008: 99, Diepolder 2007: 6).

### **Auswirkungen auf Freizeitwirtschaft und Tourismus**

Der Tourismus ist für das Berggebiet, vor allem in Westösterreich von großer wirtschaftlicher Bedeutung. Tourismus und Freizeitaktivitäten sind als Außer-Haus-Betätigungen stark mit



den Witterungsverhältnissen verbunden. Vermehrt warme Tage mit höheren Tagesmaxima, längerer Sonnenscheindauer und generell stabileres Wetter begünstigen diesen Sektor. Positive Effekte sind vor allem für den Sommertourismus (wärmere Badeseen, besseres Bergwetter) und die Übergangsjahreszeiten zu erwarten. Für den Wintertourismus birgt der Klimawandel (schneearme Winter) jedoch Risiken, die auch durch künstliche Beschneigung nicht gänzlich kompensierbar sind (StartClim2006 2007: 27ff). Schneeunabhängige Alternativangebote können mangelnde Schneesicherheit nur bedingt kompensieren (BMWfJ 2009b: 41-42). Hochgelegene Wintersportorte sind punkto Schneesicherheit vergleichsweise wenig betroffen (AustroClim 2008a: 69, Niederösterreichische Klimastudie 2007: 11). Weiters sind Veränderungen des Landschaftsbildes – Stichwort „Schutt statt Gletscher“, „zugewachsene Landschaft“ (Verwaldung) – absehbar (OcCC 2007: 84-85, StartClim2006 2007: 27ff). Negativ zu bewerten ist der höhere Nutzungsdruck v.a. der ökologisch sensiblen alpinen Hochtäler und Hochlagen, der von vermehrten Aktivitäten der Freizeit- und Tourismuswirtschaft ausgeht (StartClim2007 2008a: 29). Auch dieser Sektor ist sehr anfällig gegenüber Schäden an touristischen Einrichtungen (Beherbergungsbetriebe, Straßen- und Wegenetz, Aufstiegshilfen) und damit verbundenen Besucherausfällen und Umsatzrückgängen, die durch Witterungskapriolen und Extremereignissen hervorgerufen werden können (Umweltdachverband 2006).

### **Auswirkungen auf Siedlungsraum/Raumnutzung, Verkehr, Wasser- und Energiewirtschaft**

Aufgrund der geologischen Verhältnisse, der gebirgigen Topographie (Höhenlage, Steilheit etc.) sowie der klimatisch bedingten Einschränkungen ist der Dauersiedlungsraum des Berggebietes nur eingeschränkt nutzbar und exponiert. Die Aufrechterhaltung der Besiedelung und Bewirtschaftung hängt in einigen Regionen unmittelbar von den Schutzmaßnahmen der Wildbach- und Lawinverbauung (WBLV) ab (z.B. Montafon, Seitentäler des Lech- und Mölltales). Und die Nutzung der vorhandenen Fläche für Verkehrs-, Siedlungs-, und Tourismuszwecke etc. steigt kontinuierlich an, zum Teil auch in Räume, die sich aufgrund ihrer Ausgesetzttheit (Wildbäche, Lawingänge etc.) nicht dafür eignen (vgl. ausgewiesene Gefahrenzonen). Österreichweit befinden sich ca. 400.000 Gebäude in roten und gelben Zonen und gegenüber den Grundstücksbesitzern besteht keinerlei rechtliche Handhabe zur Nutzungsbeschränkung. Bauliche Schutzmaßnahmen der WBLV können das Elementarschadensrisiko für diese Objekte nur auf ein Restrisiko vermindern, nicht aber beseitigen. Risiken und potenzielle Schadenssummen sind in den letzten 50 Jahren auch deswegen angestiegen, weil ihnen beträchtliche, geschaffene Werte gegenüberstehen (BMLFUW 2007a: 8-11). Historisch haben klimatische Gunstphasen die Besiedelung des Berggebietes außerordentlich gefördert, weil sie die Landnutzung erleichterten (Oeggli/Nicolussi 2009: 77ff). Auch

bei diesem Sektor gilt jedoch, dass der manifeste Trend zu einem wärmeren Klima nur dann positiv einzuschätzen ist, wenn damit nicht eine Zunahme von Wetterkapriolen und Extremereignissen (Massenbewegungen, Hochwasser etc.) verbunden ist. Bis dato ist eine Häufung dieser Ereignisse (noch) nicht evident. Der Rückgang der Gletscher und das instabil werden von bisher im Permafrost verankerten Gebäuden, Anlagen birgt ein latentes Gefahrenpotenzial, das Besiedelung und Wirtschaftsaktivitäten empfindlich beeinträchtigen kann.

Das kleinteilige Verkehrsnetz des Berggebietes hat einen großen Umfang und greift tief in den Raum aus. Bedingt durch seine Exponiertheit (Hanglagen, alpine Seiten- und Hochtäler) ist es anfällig gegenüber Behinderungen und Schäden, die aus Extremereignissen resultieren. Ganz allgemein führt die Abnahme von widrigen Witterungsverhältnissen (z.B. Abnahme von Frost- und Eistagen) zu geringeren Einschränkungen auf allen Verkehrssektoren. Damit verbunden sind auch niedrigere Kosten für den Winterdienst und die Straßenerhaltung. Aber auch hier gilt, dass der allgemeine Trend leicht von einzelnen Extremereignissen mit ihrer Schadenswirkung und den damit verbundenen Kosten (an Gebäuden und Sachwerten) überlagert werden kann. In den Hochsommermonaten führt die Klimaerwärmung in allen Höhenstufen zu einer stärkeren thermischen Beanspruchung der Baumaterialien, der Straßenbeläge, Gleisanlagen und der elektro-technischen Anlagen (Beierkuhnlein/Foken 2008: 259-260, OcCC 2007: 119, UBA 2010d: 63).

Österreich und der Alpenraum sind eine der wasserreichsten Regionen Mitteleuropas. Die ausreichenden und kontinuierlichen Niederschläge sowie die ausgleichende Wirkung der Schneeschmelze und – mit abnehmender Bedeutung – der Gletscherschmelze sorgen für ein konstant hohes Wasserangebot. Den Ergebnissen der Klimaszenarien nach dürfte die Jahresniederschlagssumme in den kommenden Jahrzehnten in etwa konstant bleiben (+/-5 bis 10%). Danach ist eine Verlagerung der Niederschläge in die Wintermonate zu erwarten. Aus dem Gesagten ist zu erwarten, dass die Verfügbarkeit des Rohstoffes Wasser gewährleistet sein dürfte. Regional, also kleinräumig könnten sich jedoch vorhandene Engpässe in Gebieten mit ungünstigem Wasserangebot wie zum Beispiel Südostösterreich verstärken (ZAMG 2011r). Die Grundwasserstände sollten insgesamt leicht sinken, wobei die Grundwasser-Neubildung vermehrt im Winter stattfindet, während Sommer und Herbst Abnahmen verzeichnen werden. Der Klimawandel wird auch eine weitere Erhöhung der mittleren Wassertemperaturen aller Gewässer mit sich bringen, wie er schon jetzt ansatzweise beobachtet werden kann (OcCC 2007: 63, Beierkuhnlein/Foken 2008: 244-245).

Die Energiewirtschaft hat im Berggebiet großes Potenzial (vgl. Speicherkraftwerke). Gespeist werden die Speicherkraftwerke durch das Schmelzwasser im Frühling und Frühsommer,

sowie durch die Sommerniederschläge. Dies gilt auch für die Flusskraftwerke in den Tälern. Die jetzige Situation ist von Niedrigwasser im Winter und Abflussspitzen im Sommer geprägt. Durch die Umverteilung des Niederschlages ins Winterhalbjahr (vor allem nach 2050) sollten sich die niedrigen Pegelstände des Winters abschwächen. Dies führt zu einer jahreszeitlich gleichmäßigeren Verteilung des Angebots und ist nicht ungünstig zu bewerten. Ein weiterer Effekt besteht im Rückgang der glazialen Wasserspende und variableren Wasserständen im Sommer. Insgesamt gehen die Prognosen von einer gleichbleibenden Energieproduktion aus (ZAMG 2011r). Es gibt aber auch gegenteilige Prognosen, die von einem Rückgang von 6-15% ausgehen (KlimAdapt 2010). Günstig wirkt sich der abnehmende Heizwärmebedarf im Winterhalbjahr und in den Übergangsjahreszeiten aus. In den großen Tälern, den alpinen Becken und an der Südabdachung steht dem jedoch eine erhöhte Hitzebelastung in den Sommermonaten mit steigendem Kühl(energie)bedarf gegenüber (StartClim2006 2007: 23).

### **Diskussion und Schlussfolgerungen**

Eine moderate Klimaerwärmung (ein bis zwei Grad Celsius) muss sich kurz- und mittelfristig nicht ungünstig auf das Berggebiet auswirken. Teilweise mögen sogar positive Effekte überwiegen: Das raue, niederschlagsreiche subalpine und alpine Klima wird abgemildert und es eröffnen sich neue Perspektiven für sektorale Nutzungen. Ein moderater Klimawandel dürfte auch die Anpassungsfähigkeit der Ökosysteme fordern, aber noch nicht überfordern. Ein großer Unsicherheitsfaktor bleibt aber auch bei einer moderaten Klimaerwärmung das Risiko des Auftretens von Witterungsextremen und Wetterkapriolen und daraus resultierenden Extrem- oder Elementarereignissen (Muren, Hochwässer, Lawinen etc.). Gerade die Schadenswirkung einzelner Wetterereignisse kann schwerer wiegen als eine statistisch moderate Erwärmung. Dabei erfährt das Berggebiet nicht primär deswegen eine höhere Verwundbarkeit, weil der Klimawandel in diesem Raum stärker ausgeprägt gewesen wäre. Stärker betroffen ist dieser Raum deswegen, weil eine hohe naturräumlich bedingte Exponiertheit besteht. Landnutzung, Besiedelung, Infrastruktur beschränken sich auf die Talböden, die Schwemmkegel der Wildbäche. Es herrscht hoher Nutzungsdruck auf engstem Raum und Freiflächen sind knapp. Auch die alpinen Ökosysteme sind hochgradig verletzlich. Viele Arten leben am Rande ihrer Verbreitungsgebiete. Beispielhaft gilt dies am Auftreten von endemischen, kältebedürftigen Arten. Durch die Verschiebung von ganzen Klimazonen bei starker Erwärmung (nach 2050) droht jedoch die Gefahr der Instabilität des Naturhaushaltes und der Ökosysteme. Letztlich besteht die Gefahr des Verlustes von Arten und der Verbreitungsgebiete ganzer Ökosysteme. Gleichzeitig werden die Ressourcen des Berggebietes (Boden, Wasser, Luft, Nahrungsmittel, Rohstoffe, Landschaft) innerhalb und außerhalb dieser Region intensiv genutzt. Beeinträchtigungen dieser Ressourcen im Zuge des Klimawandels haben deshalb gravierende Konsequenzen und können Engpässe nach sich ziehen. Nicht zu ver-

nachlässigen sind auch die „positiven“ Folgen eines moderaten Klimawandels, wie beispielsweise eine vermehrte Nutzung für Freizeit- und Tourismuszwecke und eine weitere land- und forstwirtschaftliche Intensivierung. Insgesamt sind die Auswirkungen des Klimawandels nicht isoliert zu betrachten. Sie müssen immer auch in Wechselwirkung zu anderen treibenden Kräften (Politikregime, wirtschaftliche, demographische, technische Entwicklung etc.) gesehen werden, die sich in den nächsten 30 bis 50 Jahren gleichfalls wandeln werden.

## Literatur

AustroClim (2008a): Identifikation von Handlungsempfehlungen zur Anpassung an den Klimawandel in Österreich: 1.Phase, 2008, Bericht im Auftrag des BMLFUW <http://www.umwelt.net.at/filemanager/download/38676/> (Zugriff am 2. November 2009)

AustroClim (2010a): Handlungsempfehlungen für das Aktivitätsfeld „Natürliche Ökosysteme und Biodiversität.“ [http://www.austroclim.at/fileadmin/user\\_upload/reports/Handlungsempfehlungen\\_GesBiodivVerkehrsinfratr.pdf](http://www.austroclim.at/fileadmin/user_upload/reports/Handlungsempfehlungen_GesBiodivVerkehrsinfratr.pdf) (Zugriff am 24. August 2011)

Balas, Maria/ Essl, Franz/ Felderer, Astrid/ Formayer Herbert/ Prutsch, Andrea/ Uhl Maria (2010a): Klimaänderungsszenarien und Vulnerabilität, Aktivitätsfeld Natürliche Ökosysteme und Biodiversität. <http://geoinfo.lebensministerium.at/filemanager/download/73518/>

Beierkuhnlein, Carl/ Foken, Thomas (2008): Klimawandel in Bayern, Auswirkungen und Anpassungsmöglichkeiten. Bayreuther Forum Ökologie Vol. 113-2008. Bayreuth

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (2011b): Grüner Bericht 2011. Wien

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW)(2006a): Österreichisches Waldprogramm 2006. Wien

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (2008a): Österreichischer Waldbericht 2008. Wien [http://gpool.lfrz.at/gpoolexport/media/file/waldbericht\\_2008\\_Gesamtbericht.pdf](http://gpool.lfrz.at/gpoolexport/media/file/waldbericht_2008_Gesamtbericht.pdf) (Zugriff am 16. März 2010)

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW)(2007a): Wildbach- und Lawinerverbauung in Österreich. Wien

Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend – BMWFJ (2009b): „Klimawandel und Reiseverhalten“ Auswirkungen des Klimawandels auf das künftige Reiseverhalten im österreichischen Tourismus am Beispiel einer repräsentativen Befragung der österreichischen Urlaubsreisenden <http://www.bmwfj.gv.at/Tourismus/TourismusstudienUndPublikationen/Documents/Sammelmappe1%20Klimawandel%20Reiseverhalten.pdf> (Zugriff am 26. August 2010)

Diepolder, Michael (2007): Auswirkungen des Klimawandels und Strategien für die bayerische Grünlandwirtschaft [http://www.lfl.bayern.de/iab/kulturlandschaft/27617/linkurl\\_0\\_18\\_0\\_4.pdf](http://www.lfl.bayern.de/iab/kulturlandschaft/27617/linkurl_0_18_0_4.pdf) (Zugriff am 4. November 2009)

Dörfler, Hildegard (Hg) (1990): Der praktische Landwirt. BLV Verl.-Ges. München

Eitzinger, Josef/ Kubu, Gerhard/ Thaler, Sabina/ Trnka, Mirek (2008): Der Klimawandel, seine absehbaren Folgen für die Landwirtschaft in Oberösterreich und Anpassungsstrategien [http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xbcr/SID-D174A12D-9F394FA2/ooe/LFW\\_GB\\_Kap12.pdf](http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xbcr/SID-D174A12D-9F394FA2/ooe/LFW_GB_Kap12.pdf) (Zugriff am 26. November 2009)

Formayer, Herbert/ Clementschitsch, Lukas/ Hofstätter, Michael/ Kromp-Kolb, Helga (2008a): Vor-Sicht Klima! Klimawandel in Österreich, regional betrachtet. Schwerpunkt: Tirol und der alpine Raum. Studie im Auftrag von Global 2000. Wien. <http://www.global2000.at/pages/paklima080729.htm> (Zugriff am 3. November 2009)

Gobiet, Andreas/ Heinrich, Georg/ Steiner, Martin/ Leuprecht, Armin/ Themeßl, Matthias / Schaumberger, Andreas/ Buchgraber, Karl (2009): AgroClim 2 – Landwirtschaftliche Ertragsentwicklung und Trockengefährdung unter geänderten Klimabedingungen. Endbericht. Graz

Groier, Michael/ Hovorka, Gerhard (2007a): Innovativ bergauf oder traditionell bergab? Politik für das österreichische Berggebiet am Beginn des 21. Jahrhunderts. Forschungsbericht Nr. 59 der Bundesanstalt für Bergbauernfragen. Wien

Institut für Waldbau (2010a): Waldbewirtschaftung und Klimaänderung <http://www.wabo.boku.ac.at/wald-klimawandel.html> (Zugriff am 10. März 2010)

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2007b): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC, Chapter 12 Europe. <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg2/ar4-wg2-chapter12.pdf> (Zugriff am 29. Juli 2011)

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2007c): Physical Science Basis, Observations: Surface and Atmospheric Climate Change, Chapter 3 <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter3.pdf> (Zugriff am 16. November 2011)

IPCC, Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (2007a): Klimaänderung 2007: Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger. [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ipcc\\_entscheidungstraeger\\_gesamt.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/ipcc_entscheidungstraeger_gesamt.pdf) (Zugriff am 2. November 2009)

KlimAdapt (2010): Ableitung von prioritären Maßnahmen zur Adaption des Energiesystems an den Klimawandel. Technische Universität Wien, Energy Economics Group (Projektleitung) Endbericht [http://www.eeg.tuwien.ac.at/eeg.tuwien.ac.at\\_pages/publications/pdf/KRA\\_REP\\_2010\\_1.pdf](http://www.eeg.tuwien.ac.at/eeg.tuwien.ac.at_pages/publications/pdf/KRA_REP_2010_1.pdf) (Zugriff am 21. Mai 2012)

Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2007a): Grünbuch, Anpassung an den Klimawandel in Europa – Optionen für Maßnahmen der EU. KOM (2007) 354 endgültig. Brüssel

Lackner, Karl (2008): Klimaerwärmung – Neue Herausforderungen für die Almbauern. [http://www.raumberg-gumpenstein.at/cms/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=2765&Itemid=53](http://www.raumberg-gumpenstein.at/cms/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=2765&Itemid=53) (Zugriff am 4. November 2009)

Lexer, Manfred J./ Seidl, Rupert (2007): Der österreichische Wald im Klimawandel – Auswirkungen auf die Waldbewirtschaftung. In: Ländlicher Raum, Online-Fachzeitschrift des BMLFUW Jahrgang 2007

Niederösterreichische Klimastudie (2007): Auswirkungen des Klimawandels in Niederösterreich. [http://www.noee.gv.at/bilder/d33/NOE\\_Klimastudie\\_2007.pdf?13263](http://www.noee.gv.at/bilder/d33/NOE_Klimastudie_2007.pdf?13263) (Zugriff am 19. August 2010)

ÖBf, Österreichische Bundesforste AG (o.J.): Auswirkungen des Klimawandels in Österreich. 14 Seiten. [http://www.oebf.at/fileadmin/user\\_upload/Natur/Natur\\_Dokumente/Auswirkungen\\_des\\_Klimawandels\\_in\\_\\_sterreich.pdf](http://www.oebf.at/fileadmin/user_upload/Natur/Natur_Dokumente/Auswirkungen_des_Klimawandels_in__sterreich.pdf) (Zugriff am 21. Juli 2011)

OcCC – Beratendes Organ für Fragen der Klimaänderung (2007): Klimaänderung und die Schweiz 2050. Erwartete Auswirkungen auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft. [http://www.occc.ch/products/ch2050/PDF\\_D/CH2050.pdf](http://www.occc.ch/products/ch2050/PDF_D/CH2050.pdf) (Zugriff am 29. Oktober 2009)

Oeggel, Klaus/ Nicolussi, Kurt (2009): Prähistorische Besiedlung von zentralen Alpentälern in Bezug zur Klimaentwicklung. In: Klimawandel in Österreich. Schmidt, Roland/ Matulla, Christoph/ Psenner, Roland (Hrsg.) Innsbruck university press. 77-86.

Pauli, H., Gottfried, M., Reiter, K., Klettner, C., Grabherr, G. (2007): Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: Observations (1994-2004) at the GLORIA master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global Change Biology*, 13: 147-156

StartClim2006 (2007): Klimawandel und Gesundheit, Tourismus, Energie [http://www.austroclim.at/fileadmin/user\\_upload/reports/StCl06\\_endbericht.pdf](http://www.austroclim.at/fileadmin/user_upload/reports/StCl06_endbericht.pdf) (Zugriff am 20. August 2010)

StartClim2007 (2008a): Auswirkungen des Klimawandels auf Österreich: Fallbeispiele  
[http://www.austroclim.at/fileadmin/user\\_upload/reports/StCl07\\_end.pdf](http://www.austroclim.at/fileadmin/user_upload/reports/StCl07_end.pdf)  
(Zugriff am 19. August 2010)

StartClim2009.A (2010a): Klimatisch beeinflusste Vegetationsentwicklung und Nutzungsintensivierung von Fettwiesen im österreichischen Berggebiet, Endbericht 2010  
[http://www.austroclim.at/fileadmin/user\\_upload/reports/StCl09\\_Folder\\_20110207.pdf](http://www.austroclim.at/fileadmin/user_upload/reports/StCl09_Folder_20110207.pdf)

Tamme, Oliver/ Bacher, Ludwig/ Dax, Thomas/ Hovorka, Gerhard/ Krammer, Josef/ Wirth, Matthias (2002): Der Neue Berghöfekataster. Ein betriebsindividuelles Erschwernisfeststellungssystem in Österreich. Fact & Features Nr. 23 der BA für Bergbauernfragen. Wien

UBA-Umweltbundesamt (2010d): Klimaänderungsszenarien und Vulnerabilität. Aktivitätsfelder Gesundheit, Natürliche Ökosysteme und Biodiversität, Verkehrsinfrastruktur, Energie, Bauen und Wohnen <http://geoinfo.lebensministerium.at/filemanager/download/73518/> (Zugriff am 4. November 2011)

Umweltdachverband (Hg.) (2006): Auswirkungen der Klima- und Gletscheränderung auf den Alpinismus. Wien.

Waldwissen.net (2010c): Klimawandel und Veränderungen an der alpinen Waldgrenze.  
[http://www.waldwissen.net/themen/waldbau/schutzwald\\_gebirgswald/bfw\\_klima\\_waldgrenze\\_2006\\_DE](http://www.waldwissen.net/themen/waldbau/schutzwald_gebirgswald/bfw_klima_waldgrenze_2006_DE) (Zugriff am 25. Mai 2010)

WWF (2006a): Potenziale der Biomassenutzung aus dem Österreichischen Wald unter Berücksichtigung der Biodiversität.  
[http://www.wwf.at/downloads/cms\\_uploaded/studie\\_biomassenutzung\\_okt2006\\_wwf.pdf](http://www.wwf.at/downloads/cms_uploaded/studie_biomassenutzung_okt2006_wwf.pdf)  
(Zugriff am 13. April 2010)

WWF Österreich et al. (2010a): Moore im Klimawandel.  
[http://www.oebf.at/uploads/tx\\_pdforder/Studie\\_Moore\\_im\\_Klimawandel.pdf](http://www.oebf.at/uploads/tx_pdforder/Studie_Moore_im_Klimawandel.pdf)  
(Zugriff am 11. August 2011)

ZAMG (2011k): ZAMG-Stellungnahme zum Klimawandel im November 2010.  
[http://www.zamg.ac.at/docs/aktuell/ZAMG-Klimastatement\\_2010.pdf](http://www.zamg.ac.at/docs/aktuell/ZAMG-Klimastatement_2010.pdf)  
(Zugriff am 4. April 2011)

ZAMG (2011m): Portal Klimawandel, Klimavergangenheit. Aktuelle Entwicklungen. Lufttemperatur.  
[http://www.zamg.ac.at/klima/Klimawandel/Klimavergangenheit/Aktuelle\\_Entwicklungen/Lufttemperatur/?ts=1317194281](http://www.zamg.ac.at/klima/Klimawandel/Klimavergangenheit/Aktuelle_Entwicklungen/Lufttemperatur/?ts=1317194281) (Zugriff am 28. September 2011)

ZAMG (2011p): Portal Klimawandel, Klimazukunft, Alpenraum  
<http://www.zamg.ac.at/klima/Klimawandel/Klimazukunft/Alpenraum/?ts=1317644161>  
(Zugriff am 3. Oktober 2011)

ZAMG (2011q): Phänologie [http://zacost.zamg.ac.at/phaeno\\_portal/informationen.html](http://zacost.zamg.ac.at/phaeno_portal/informationen.html) (Zugriff am 4. August 2011)

ZAMG (2011r): ZAMG-Studie: Wasserkraft im Klimawandel  
[http://www.zamg.ac.at/aktuell/index.php?seite=6&artikel=ZAMG\\_2011-06-30GMT08:07](http://www.zamg.ac.at/aktuell/index.php?seite=6&artikel=ZAMG_2011-06-30GMT08:07)  
(Zugriff am 8. November 2011)

Zebisch, Marc, Tappeiner, Ulrike, Marianna Elmi et al (o.J.): Klimareport Südtirol. (Hg.) EURAC

## Korrespondenz und Rückfragen zum Artikel an

Mag. Oliver Tamme

Bundesanstalt für Bergbauernfragen

Marxergasse 2/Mezz.

1030 Wien

[Oliver.tamme@berggebiete.at](mailto:Oliver.tamme@berggebiete.at)