

Klimawandel und Naturgefahren in den Hochgebirgen Österreichs

G. K. Lieb, Institut für Geographie und Raumforschung der Universität Graz

Home/Kontakt: www.uni-graz.at, gerhard.lieb@uni-graz.at

Zusammenfassung

Der Artikel thematisiert die Auswirkungen des Klimawandels auf ausgewählte Naturprozesse im Hochgebirge. Genauer wird auf die Folgen des Gletscherschwundes und der Permafrost-Degradation eingegangen. Naturgefahren erweisen sich als große Herausforderung im Hochgebirge, manche von ihnen gründen sich jedoch mehr im Freizeitverhalten der Menschen als im Klimawandel.

Summary: Climate change and natural hazards in the high mountains of Austria

The paper deals with the effects of climate change on selected natural processes in high mountain regions. The consequences of deglaciation and permafrost-degradation are shown more in detail. Natural hazards are considered to be a great challenge in high mountains, yet some of them are caused by the behaviour of humans rather than by climate change.

1 Einleitung

Der Klimawandel ist in aller Munde – beinahe täglich hört man in den Medien negative Meldungen darüber. Tatsächlich ist der Klimawandel als Folge der globalen Erwärmung (Kap. 2) sehr ausgeprägt und ruft spürbare Wirkungen auf die Umwelt sowie den Menschen hervor. Aus diesem komplexen Thema greift dieser Artikel folgende Aspekte heraus:

- Der Klimawandel wird nicht auf globaler Ebene diskutiert, sondern in Hinblick auf ausgewählte Folgewirkungen in **Österreich**.
- Der Fokus liegt auf dem **Hochgebirge** und da wieder speziell auf jenen Bereichen, die abseits von Siedlungen, Straßen und anderen gesicherten Arealen wie z. B. Schigebieten liegen.
- Betrachtet werden nur wenige ausgewählte, die Erdoberfläche gestaltende Naturprozesse und die Frage, wie diese zu **Naturgefahren** werden können.

Alle anderen, für die Klimawandel-Diskussion in Österreich relevanten Fragen wie z. B. die landwirtschaftliche Produktion, die Wasser- und Energieversorgung oder das Problem der zukünftig verringerten Schneesicherheit bleiben ausgeklammert.

2 Der Klimawandel und seine Folgen

Über den Klimawandel existiert eine sehr umfangreiche Literatur, z. B. BÖHM 2008, BÖHM et al. 2007, ENDLICHER u. GERSTENGRABE 2007, IPCC 2007, KROMP-KOLB u. FORMAYER 2005 oder WAKONIGG 2007.

Hierbei ist festzustellen, dass das Klima – verstanden als die Gegebenheiten und Prozesse in der Erdatmosphäre über einen Zeitraum von Jahrzehnten – sich über die gesamte Erdgeschichte hinweg in fortlaufender Veränderung befunden hat und befindet. Wenn wie in diesem Beitrag von Klimawandel gesprochen wird, ist meist die spätestens seit Ende der 1990er Jahre verstärkt wahrgenommene globale Erwärmung als Folge des Treibhauseffektes gemeint. Dieser wird durch die von menschlichen Aktivitäten bedingte Freisetzung von Treibhausgasen – allen voran CO₂ – verstärkt und bewirkt über die Behinderung der langwelligen Ausstrahlung von der Erdoberfläche eine Erhöhung der Lufttemperatur. Diese ist regional unterschiedlich: So etwa betrug der Temperaturanstieg im Laufe des 20. Jhs. für Österreich 1,8°C, im globalen Mittel jedoch nur 0,8°C (KROMP-KOLB u. FORMAYER 2005, S. 43) – Österreich und die Alpen sind also besonders stark betroffen. Dieser Erwärmungstrend ist zum überwiegenden Teil vom Menschen bedingt (WAKONIGG 2007, S. 100-102), wird sich fortsetzen und wahrscheinlich verstärken (IPCC 2007).

Mit dem im Treibhauseffekt bedingten Anstieg der Temperatur ändern sich auch die anderen Klimaelemente (messbaren Einzelgrößen von Witterung und Klima), wobei dem Niederschlag besondere Bedeutung zukommt. Dieser ist jedoch – gerade im Gebirge – nicht nur schwierig zu messen, sondern auch zu prognostizieren, weshalb die Modelle der zukünftigen Verteilung von Niederschlagsmengen und –intensität große Unsicherheiten aufweisen. Man geht jedoch davon aus, dass sich die Neigung zu Starkniederschlägen erhöhen wird, was die in Kap. 3 besprochenen Naturprozesse beeinflusst.

3 Ausgewählte Naturprozesse

3.1 Beispiele für hochgebirgstypische Naturprozesse

Ein wesentliches Merkmal von Hochgebirgen ist das Vorherrschen von steilem Gelände, weshalb unter Schwerkraft-Einfluss Materialien jeder Art leicht nach unten transportiert werden können. Der wohl bekannteste Prozess sind die **Lawinen**, die – beim Zusammenspiel bestimmter Faktoren wie z. B. Windverfrachtung von Schnee, labiler Schneedecke und/oder deren starker Belastung – Schneemassen in kürzester Zeit von hochgelegenen Hängen in Täler hinab befördern. Befinden sich im betroffenen Gebiet Menschen oder Sachwerte, wird dieser Naturprozess zur Naturgefahr. Um das Risiko des Eintretens von Schäden zu verringern, gibt es permanente (Lawinenverbauung, Aufforstung, Gefahrenzonenausweisung) und temporäre Maßnahmen (Warnung, Sperre, Evakuierung, künstliche Lawinenauslösung; Land Tirol 2000). Abseits von gesicherten Verkehrswegen, Siedlungen sowie Schipisten (u. ä. Sportflächen) sind die Menschen selbst für ihre eigene Sicherheit verantwortlich. Die Wirkungen des Klimawandels auf die zukünftige Lawinensituation sind unklar: Einerseits sollte in einer wärmeren Atmosphäre mehr flüssiger und weniger fester Niederschlag fallen, andererseits nimmt wärmere Luft mehr Wasserdampf auf und erhöht so die Niederschläge, die im winterlichen Hochgebirge auch in Zukunft meist als Schnee fallen werden.



Abb. 1: Mure am östlichen Talhang des Obersulzbachtales (Venedigergruppe, Hohe Tauern, Salzburg). Der Schutt stammt von einem hoch oben liegenden gefrorenen Schuttkörper, der durch das Abtauen des Permafrost-Eises seinen Zusammenhalt verliert (Foto: Lieb, Sommer 2006).

In ähnlicher Weise können auch große Volumina lockeren Gesteins auf steilen Flanken über große Höhenunterschiede in kurzer Zeit abtransportiert und so zu bedeutenden Naturgefahren werden (DIKAU u. MEYER 2009). Als Sammelbezeichnung für diese sehr vielfältigen Prozesse (STAHR u. HARTMANN 1999) hat sich gravitative (Schwerkraft-bedingte) Massenbewegung eingebürgert. Aus den für das Hochgebirge besonders typischen seien beispielhaft zwei herausgegriffen: **Muren** (Abb. 1) sind zähflüssige Massen von Schutt, Bodenmaterial und Wasser, die meist durch starke Niederschläge ausgelöst werden. **Felsstürze** (Abb. 2) hingegen treten dann auf, wenn Felspartien durch Verwitterung labilisiert werden. Es gibt alle Übergänge von kleinen Steinschlag- bis zu katastrophalen Bergsturzereignissen. Der Klimawandel fördert diese Prozesse: Muren etwa sind bei größerer Häufigkeit und/oder Intensität von Niederschlägen öfter und mit größerer Reichweite zu erwarten, zumal auch in Zukunft vielfach mehr abtransportierbarer Schutt zur Verfügung stehen wird (Kap. 3.2). Felsstürze könnten z. B. dadurch häufiger und größer werden, dass durch den höheren Anteil flüssigen Niederschlags mehr Wasser in die Gesteinsklüfte eindringt und dort gefriert – beim Gefrieren vergrößert das Wasser sein Volumen und übt somit einen Druck auf den Fels aus, der auf diese Weise gelockert werden kann (Frostsprengung).



Abb. 2: Felssturz aus der NW-Wand des Dösener Spitzes (Ankogelgruppe, Hohe Tauern, Kärnten). Der Sturz ereignet sich aus einer unter Permafrost-Bedingungen stehenden Felswand, auch er ist möglicherweise mit dem Rückgang des Permafrostes zu erklären (Foto: Marke, 1.8.2009)

3.2 Abschmelzendes Eis und seine Folgen

Wegen der mit steigender Seehöhe abnehmenden Temperaturen ist den Sommer überdauerndes Eis ein wesentliches Element von Hochgebirgs-Ökosystemen. Dieses Eis tritt an der Oberfläche in Form von **Gletschern** oder als Untergrundeis auf. Gletscher bilden sich bei Klimabedingungen, unter denen im Mittel vieler Jahre mehr Schnee fällt als wieder abgeschmolzen wird. Voraussetzungen für ganzjähriges Eis in der Tiefe sind Temperaturen unter 0°C in der betreffenden Schicht des Untergrundes. Sind diese gegeben, spricht man von **Permafrost**, egal ob Eis vorhanden ist oder nicht. Sowohl Eis als auch Permafrost sind klimagesteuert Phänomene und reagieren daher auf den Klimawandel. Besonders Gletscher machen durch ihr rasches Abschmelzen (Verringerung von Länge, Fläche und Volumen) die Temperaturerhöhung und die Änderung der Niederschlagsverhältnisse eindrucksvoll sichtbar (Abb. 3). Die Gesamtfläche aller Gletscher in Österreich hat seit ihrem letzten „Hochstand“ (Maximal-Ausdehnung) um 1850 von 946 km² (GROSS 1987) auf 480 km² 1998 (Universität Innsbruck 2005) um rund die Hälfte abgenommen. Permafrost hingegen reagiert auf den Klimawandel deutlich verzögert und meist an der Oberfläche unsichtbar, weshalb auch keine Daten der schon eingetretenen Veränderungen angegeben werden können – derzeit nimmt Permafrost in Österreich eine Fläche von rund 1600 km² ein (EBOHON u. SCHROTT 2008).



Abb. 3: Das Gradötzkees im Blick vom Großen Muntanitz (3254 m, Granatspitzgruppe, Hohe Tauern, Osttirol) nach S, links im Sommer 1986 (Foto: Lieb), rechts im Sommer 2007 (Foto: Malowerschnig). Gerne wird der Gletscherschwund mit Vergleichsfotos wie diesen veranschaulicht – zu beachten ist, dass zwischen den Aufnahmedaten der beiden Fotos nur 21 Jahre liegen.

Die Eisabschmelzung an der Oberfläche und im Untergrund verursacht weitere Naturprozesse. So etwa beraubt die Erniedrigung der Eisoberfläche von Gletschern beim Abschmelzprozess die benachbarten Hänge ihrer Stütze (Abb. 4), so dass es dort etwa zu Felsstürzen kommen kann (Kap. 4). Nach dem Verschwinden des Gletschereises bleiben anfangs kahle Schutt- und Felsflächen zurück, die für Abtragungsprozesse sehr anfällig sind, zumal es sich vielfach um steiles Gelände handelt. Das Verschwinden von Permafrost (Permafrost-Degradation) wiederum kann dazu führen, dass Fels und Schutt, die bisher durch das Eis, das in diesem Fall ähnlich wie Zement wirkt, fest zusammen gehalten worden waren, nun ihre Stabilität verlieren und im steilen Gelände ebenfalls zu Tal stürzen (Abb. 5).

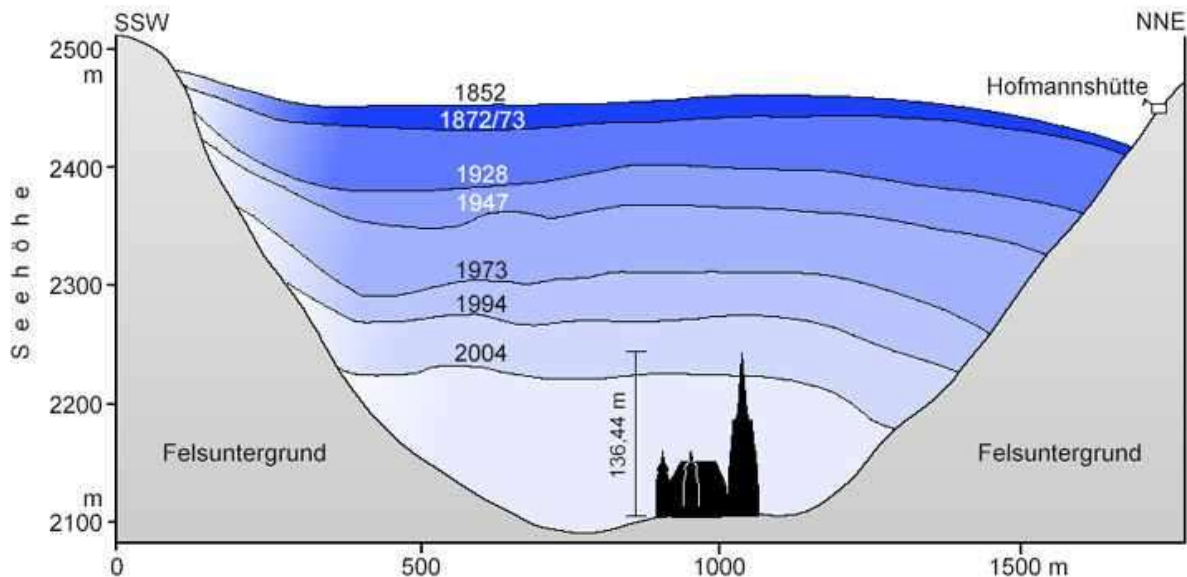


Abb. 4: Überhöhtes Querprofil durch die Gletscherzunge der Pasterze am Fuß des Großglockners, des größten Gletschers der Ostalpen (Zeichnung: Krobath, aus LIEB u. SLUPETZKY 2004). Die Darstellung zeigt gut das im Text erwähnte Absinken der Eisoberfläche, das zu beiden Seiten des Gletschers steile Hänge zum Vorschein bringt.



Abb. 5: Das Leitnerkar am Fuß des Maresenspitzes (Ankogelgruppe, Hohe Tauern, Kärnten) von N gesehen. Im Kreis sieht man einen Blockgletscher, das ist ein kriechendes Schutt-Eis-Gemisch im Permafrost; der Pfeil markiert den möglichen Abtransport von Schutt in Form von Muren, falls er zu Permafrost-Degradation kommt (Foto: Lieb, Sommer 2009).

4 Beispiele für Naturgefahren im Hochgebirge

Sturzprozesse werden durch die **Destabilisierung von Felsflanken** in Folge der Schmelzung von Oberflächen- oder Untergrundeis besonders gefördert. Es ist leicht einzusehen, dass Steinschlag und Felsstürze sowohl unmittelbar Menschenleben bedrohen als auch Schäden an Wegen und Bauwerken anrichten können. Aus diesem Grund gibt es viele permanente Schutzmaßnahmen (z. B. Steinschlagnetze, Schutzmauern, Untertunnelung) zur Sicherung von viel besuchten Bereichen oder wertvoller Infrastruktur. Wo Sturzprozesse in Folge des Klimawandels zunehmen, können weitere Investitionen in Schutzvorkehrungen notwendig werden. Außerhalb der gesicherten Gebiete – auf hochalpinen Wegen und Alpinrouten – gibt es zahlreiche Stellen, deren Begehung auf diese Weise schon gefährlicher geworden ist.

Die vermehrte **Anhäufung von Lockerschutt** – besonders in vom Gletscherschwund freigegebenem Gelände (Abb. 6) – bedeutet die Bereitstellung von Material, das durch Schmelzwasser und/oder bei Starkregen mobilisierbar ist und flächenhaft abgespült oder in Form von Muren zu Tal befördert werden kann. Entsprechende Geländeformen vorausgesetzt, haben Muren eine beachtliche Reichweite und können somit auch in weit entfernten, tief gelegenen Gebieten eine Gefahr darstellen. Die Gefährdung von Personen durch die Ereignisse selbst ist eher unwahrscheinlich, weil sie meist bei schlechtem Wetter stattfinden und sich dann kaum jemand im Freien aufhält.



Abb. 6: Freigelegter Schutt am linken Talhang der Pasterze unterhalb der Franz-Josefs-Höhe (Glocknergruppe, Hohe Tauern, Kärnten). Der Schutt wird am Steilhang in großen Mengen abgetragen und bedeckt an seinem Fuß nicht mehr bewegtes Gletschereis (Toteis), das dadurch vor der Strahlung geschützt langsamer abschmilzt; im Bereich des Gletscherendes führt die starke Abschmelzung zu Zerfallserscheinungen im Eis (Foto: Hadler, Herbst 2008).

Zuletzt sei noch die im ungesicherten Bereich des Hochgebirges häufige **Entstehung schwieriger Wegpassagen** angesprochen. Hierbei sind viele verschiedene Wirkungen beobachtbar, etwa das Ausapern von brüchigen Felswänden durch den Gletscherrückgang, die Bildung schwer begehrter Toteislandschaften (Abb. 6) oder die Entstehung neuer Bachübergänge, die bei erhöhter Wasserführung nur gefahrvoll zu bewältigen sind (BRAUN 2009). Diese Aspekte sind – angesichts hoher Gästezahlen in hochalpinen Gebieten und dem gestiegenen Sicherheitsbedürfnis der Menschen – in jüngster Zeit stark diskutiert worden (z. B. LIEB et al. 2007, MEYER 2010), weshalb auch ein breites Bewusstsein zu dieser Problematik in den betreffenden Gebieten besteht (Umweltdachverband 2006).

5 Schlussbemerkungen

Dieser knappe Überblick lässt erkennen, dass es im Hochgebirge zahlreiche Prozesse gibt, deren Häufigkeit und/oder Ereignisgröße durch den Klimawandel gesteigert werden kann. Dabei handelt es sich jedoch um Prozesse, die es im Hochgebirge auch unter der Annahme eines unveränderten Klimas geben würde. In entlegenen Hochgebirgsräumen ist bei den meisten dieser Prozesse nicht bekannt, ob sich ihre Häufigkeit oder Größe schon erhöht hat, weil man sie in der Vergangenheit kaum beachtete und deshalb nur spärliche Informationen vorliegen.

Die moderne Freizeitgesellschaft nutzt nun auch die entlegensten Gebiete (Bergsteigen, Trekken, Schitouren, Freeriding u. a.) und macht die besprochenen Prozesse erst zu Gefahren. Wenn man aber Opferstatistiken etwa der Bergrettung betrachtet, so sind die tendenziell zunehmenden Unfallzahlen wohl mehr eine Folge des stärkeren Besuchs des Hochgebirges (und veränderten Verhaltens der Besucherinnen und Besucher) als der Auswirkungen des Klimawandels.

Schließlich muss auch noch mit Nachdruck darauf verwiesen werden, dass es auch vom Klimawandel beeinflusste Prozesse im Hochgebirge gibt, die Gefahren verringern (LIEB 2007). Ein Beispiel hierfür ist das Abschmelzen einer von Spalten zerrissenen Gletscherzunge mit Eisfreiwerden wenig geneigter, leicht begehbarer Felsplatten. Wenn die Wege erhaltenden Organisationen, besonders die alpinen Vereine, verstärkt über gestiegene Kosten klagen, so ist auch dies nur teilweise eine Wirkung des Klimawandels, sondern ebenso veränderter Ansprüche der Besucherinnen und Besucher, die anstelle der Wahrnehmung von Eigenverantwortlichkeit dazu tendieren, eine mögliche Schadenslast auf andere abzuwälzen. Nach allen bisher verfügbaren Informationen werden die angesprochenen Naturgefahren durch verschiedene Maßnahmen „beherrschbar“ sein und die Berge so wie bisher auch langfristig ein wesentliches Element der touristischen Attraktivität Österreichs darstellen.

Dank

Die diesem Artikel zu Grunde liegenden Forschungsaktivitäten wurden in dankenswerter Weise vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt Nr. P 18304-N10 „ALPCHANGE – Climate Change and Impacts in Southern Austrian Alpien Regions“) und von der Europäischen Union im Rahmen des „European Territorial Cooperation – Alpine Space Programme“ (Projekt „PermaNET – Permafrost Long-term Monitoring Network“) finanziert. Für fachliche Diskussion danke ich A. KELLERER-PIRKLBAUER-EULENSTEIN und für die Bearbeitung der Graphiken C. BAUER.

Literatur

- BÖHM R. (2008): Heiße Luft. Reizwort Klimawandel. Fakten – Ängste – Geschäfte. Eine Analyse. – Edition Vabene, Wien, Klosterneuburg, 261 S.
- BÖHM R., SCHÖNER W., AUER I., HYNEK B., KROISLEITNER C. u. WEYSS G. (2007): Gletscher im Klimawandel. Vom Eis der Polargebiete zum Goldbergkees in den Hohen Tauern. – Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, 111 S.
- BRAUN F. (2009): Sommer-Bergtourismus im Klimawandel: Szenarien und Handlungsbedarf am Beispiel des hochalpinen Wegenetzes. – Unpubl. Dissertation, Univ. f. Bodenkultur, Wien, 142 S.
- DIKAU R. u. MEYER N. (2009): Die Erdoberfläche. Lebens- und Gestaltungsraum des Menschen. – Deutscher Arbeitskreis für Geomorphologie, Denkschrift 2, 49 S. <http://www.ak-geomorphologie.de/organisation/docs-org/denkschrift-2009> (Zugriff: Dez. 2009)
- EBOHON B. u. SCHROTT L. (2008): Modeling Mountain Permafrost Distribution: A New Permafrost Map of Austria. – 9th International Conference on Permafrost 2008, Proceedings, Fairbanks (Alaska), S. 397-402.

- ENDLICHER W. u. GERSTENGRABE F.-W. (Hrsg.) (2007): Der Klimawandel – Einblicke, Rückblicke und Ausblicke. – Deutsche Gesellschaft für Geographie, Potsdam, 134 S. <http://edoc.hu-berlin.de/miscellanies/klimawandel/> (Zugriff: Dez. 2009)
- GROSS G. (1987): Der Flächenverlust der Gletscher in Österreich 1850-1920-1969. – Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 23/2, S. 131-141.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (Hrsg.) (2007): Summary for Policymakers. – In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/spm.html (Zugriff: Dez. 2009)
- KROMP-KOLB H. u. FORMAYER H. (2005): Schwarzbuch Klimawandel. Wieviel Zeit bleibt uns noch? – Salzburg, 219 S.
- Land Tirol (Hrsg.) (2000): Lawinen-Handbuch. – Tyrolia Verlag, 7. Auflage, Innsbruck, Wien, 260 S.
- LIEB G. K. (2007): Vom Klimawandel beeinflusste Naturprozesse im Hochgebirge als potenzielle Gefahren für Freizeitaktivitäten – qualitative Überlegungen mit Beispielen aus den Hohen Tauern. – Geographischer Jahresbericht aus Österreich LXII/LXIII, S. 79-94.
- LIEB G. K., KELLERER-PIRKLBAUER A. u. AVIAN M. (2007): A Preliminary Map of Geomorphological Hazards caused by Climate Change in the Großglockner Mountains (Austria). – In: Kellerer-Pirklbauer A., Keiler M., Embleton-Hamann C. u. Stötter J. (Hrsg.), Geomorphology for the Future. Innsbruck University Press, Conference Series, S. 137-144.
- LIEB G. K. u. SLUPETZKY H. (2004): Gletscherweg Pasterze. – Naturkundlicher Führer zum Nationalpark Hohe Tauern 2, Österreichischer Alpenverein, Innsbruck, 122 S.
- MEYER J. (2010): Das Hochgebirge im Schwitzkasen. Die Folgen der Klimaerwärmung. – Alpenvereinsjahrbuch Berg 2010 (Zeitschrift 134), S. 60-67.
- STAHR A. u. HARTMANN T. (1999): Landschaftsformen und Landschaftselemente im Hochgebirge. – Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 398 S.
- Umweltdachverband (Hrsg.) (2006): Auswirkungen der Klima- und Gletscheränderung auf den Alpinismus. – Text.um 1/06 (Umweltdachverband), Wien, 96 S.
- Universität Innsbruck (Institut für Meteorologie und Geophysik) (2005): Österreichische Gletscher 1996-1999, Flächen und Volumina. Endbericht 2005. Unpubl. Bericht.
- WAKONIGG H. (2007): Klima im Wandel. – LIT Verlag, Wien, Berlin, 188 S.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Gmundner Geo-Studien](#)

Jahr/Year: 2010

Band/Volume: [4](#)

Autor(en)/Author(s): Lieb Gerhard Karl

Artikel/Article: [Klimawandel und Naturgefahren in den Hochgebirgen Österreichs 35-43](#)