

# Entwurfversion: Teilbeantwortung Anfrage WWF via CCCA

Jänner 2020

## Hintergrund

Der WWF Österreich hat im Herbst 2020 in Bezug auf das Projekt „Schigebietsenerweiterung und -zusammenschluss Pitztal-Ötztal“ Fragen an das Climate Change Center Austria gerichtet. Das Climate Change Center Austria hat daraufhin unter anderem Forscherinnen und Forscher der Universität Innsbruck gebeten, die nachfolgend gelisteten Fragen wenn möglich zu beantworten:

1. Gibt es aus wissenschaftlicher Sicht Prognosen über die Wirtschaftlichkeit eines weiteren Ausbaus von Gletscherskigebieten bzw. der Beanspruchung weiterer Gletscherflächen für den Wintertourismus im Jahr 2019?
2. Auf welchem aktuellen Klimapfad befindet sich das Projektgebiet bzw. die Ötztaler Alpen? Gibt es genauere Prognosen über Temperaturentwicklung, Niederschlagsverteilung und Schneepotentiale?
3. Mit welchem Gletscherrückgang muss im Projektgebiet bzw. den Ötztaler Alpen in den nächsten dreißig Jahren gerechnet werden und mit welchen Konsequenzen?
4. Sind aus klimatologischer oder glaziologischer Sicht Investitionen in Skiinfrastruktur, mit einem Amortisationszeitraum von mehreren Jahrzehnten, noch wirtschaftlich bzw. werden die Gletscher nicht vorher verschwinden?
5. Welche Auswirkungen haben die beschriebenen Projekteingriffe auf Gletscher, das Gletscherumfeld und insbesondere ihre Lebensgemeinschaften und ihre Ökologie?
6. Welche Auswirkungen haben übliche Maßnahmen des Gletscherskibetriebs (z.B. das Ausbaggern und Verfüllen von Gletscherspalten (siehe Foto), Folienabdeckung, künstliche Beschneigung, Befahren etc.) auf Gletscher, das Gletscherumfeld und insbesondere ihre Lebensgemeinschaften und ihre Ökologie?
7. Wie viele auf und im unmittelbaren Umfeld von Gletschern lebende Arten sind heute bekannt und welche Bedeutung kommt diesen zu?
8. Bestehen lokale oder regionale Unterschiede zwischen Gletschern hinsichtlich der vorkommenden Arten und Lebensgemeinschaften (z.B. in Abhängigkeit von Exposition, Höhenlage, Größe etc.)?
9. Ist der aktuelle Schutzstatus von Gletschern in Anbetracht ihres hohen Gefährdungsgrades heute noch ausreichend, etwa im Rahmen der FFH-Richtlinie?

Im Sinne der Effizienz werden im nachfolgenden Text ausgewählte naturwissenschaftliche Fragen von Mitgliedern im [Forschungsschwerpunkt Alpiner Raum](#) der Universität Innsbruck - basierend auf aktuellen wissenschaftlichen Arbeiten – gemeinsam beantwortet.

## Beantwortung ausgewählter Fragen

- **Frage 2: Auf welchem aktuellen Klimapfad befindet sich das Projektgebiet bzw. die Ötztaler Alpen? Gibt es genauere Prognosen über Temperaturentwicklung, Niederschlagsverteilung und Schneepotentiale?**

In Höhenlagen um 3000m ist die Jahresmitteltemperatur laut der Messreihe Sonnblick seit 1980 um etwa 0.3 Grad/10 Jahren (entspricht folglich absolut ca. 1.2 Grad) angestiegen (Ohmura 2011; ZAMG Histalp). Jahreszeitlich verläuft der Temperaturanstieg nicht gleichmäßig, Frühjahr und Sommer zeigen deutlich stärkere Trends als Herbst und Winter. Für die nächsten Jahrzehnte ist mit einem weiteren Anstieg der Jahresmitteltemperatur zu rechnen. Je nach Treibhausgasemissionsszenario (RCP) dürfte die Mitteltemperatur in den europäischen Alpen oberhalb von 2500m im Zeitraum 2031-2050 im Vergleich zu 1986-2005 um ca. 0.5-1.5 Grad (RCP2.6 Szenario) bzw. 1.5-2.5 Grad (RCP8.5 Szenario) steigen. Die

Mitteltemperatur im Zeitraum 2080-2099 dürfte im Vergleich zur selben Referenzperiode (1986-2005) um ca. 0.8-2 Grad (RCP2.6) bzw. 4-8 Grad (RCP 8.5) steigen (Hock et al. 2019). Die weitere saisonale Entwicklung der Temperaturen ist unsicher, weil insbesondere im Winter mögliche Veränderungen der Häufigkeit bestimmter Wetterlagen, die kühlere Luftmassen aus nördlichen Richtungen bzw. wärmere Luftmassen aus südlichen Richtungen in die Alpen bringen, eine große Rolle spielen. Solche, mögliche Veränderungen können von Klimamodellen noch nicht verlässlich simuliert werden.

Betreffend Niederschlag sind für die europäischen Alpen in den letzten Jahrzehnten jährlich wie saisonal nur wenige, oftmals nicht signifikante Änderungen feststellbar (Masson and Frei, 2016), für das hintere Ötztal/Pitztal trifft dies im besonderen zu. Die große Variabilität auf verschiedenen Zeitskalen (saisonal bis dekadisch) ist hier charakteristisch. Bis zum Ende des Jahrhunderts prognostizieren die meisten Klimamodelle für die Alpen jedoch steigende Winterniederschläge, wohingegen im Sommer mit einer Abnahme des mittleren Niederschlages gerechnet wird (Rajczak and Schär, 2017). Diese Abnahme gilt nicht für besonders starke Niederschlagsereignisse, welche laut Modellergebnissen in allen Jahreszeiten zunehmen dürften.

Prognostizierte Änderungen in der Temperatur und im Niederschlag kontrollieren gemeinsam die Entwicklung von festem Niederschlag (Schneefall). Im Winter ist dabei trotz vermutlich steigender Niederschlagsmengen in geringen und mittleren Höhen davon auszugehen, dass der Schneefall abnimmt, weil der Niederschlag häufiger als Regen fällt (die Stärke der Trends hängt von den Emissionsszenarien ab). In größeren Höhen (etwa >2000m) ist die zu erwartende Entwicklung komplexer, weil selbst bei höheren Temperaturen weiterhin ein Großteil der Winterniederschläge als Schnee fallen dürfte und gleichzeitig ein Anstieg der Gesamtniederschläge zu erwarten ist. Für die restlichen Jahreszeiten, insbesondere für den Sommer, ist ein starker Rückgang der Schneefälle auch in Höhenlagen über 2000m (40 bis 100% Rückgang) bzw. 3000m (20 bis 80% Rückgang) zu erwarten (Lüthi et al. 2019). Seltenerer Schneefälle und häufigere Schmelzbedingungen werden wie bereits in den letzten Jahrzehnten (Marke et al., 2018) zukünftig auch in Höhen über 2500m dazu führen, dass die mittlere saisonale Schneedecke im Herbst, Winter und Frühjahr an Mächtigkeit verliert und im Sommer auch in diesen Höhen gänzlich verschwindet.

[Wolfgang Gurgiser](#) unterstützt von *Nikolina Ban, Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften*

- **Frage 3: Mit welchem Gletscherrückgang muss im Projektgebiet bzw. den Ötztaler Alpen in den nächsten dreißig Jahren gerechnet werden und mit welchen Konsequenzen?**

Die Gletscher in den europäischen Alpen verlieren aufgrund der steigenden Temperaturen kontinuierlich und rasch an Masse und Volumen. Der mittlere Massenverlust pro m<sup>2</sup> Gletscherfläche betrug dabei (europäische Alpen)  $0.87 \pm 0.07$  m w.e. (Wasserequivalent) pro Jahr (Zemp et al., 2019). Höchst wahrscheinlich wird sich dieser Massenverlust bis zum Ende des Jahrhunderts fortsetzen, sodass bis zum Jahr 2100 ein Volumenverlust von  $73.2 \pm 11.1$  % (RCP2.6 Szenario) bzw.  $94.4 \pm 4.4$  % (RCP8.5 Szenario) im Vergleich zum Volumen von 2017 zu erwarten ist (Zekollari et al. 2019).

Für die Gletscher im (erweiterten) Projektgebiet (Mittelbergferner, Karlesferner sowie Rettenbachferner, Tiefenbachferner und Brunnenkogelferner) sind die genauen Rückgänge

mit größeren Unsicherheiten behaftet, jedoch können Aussagen hinsichtlich zu erwartender Änderungen basierend auf folgenden Argumenten getroffen werden: Die umfassend und über viele Jahre gemessenen Massenbilanzen nahegelegener Gletscher (Hintereisferner, Vernagtferner, Kesselwandferner) sind seit den 1980er Jahren negativ (siehe WGMS) und lokale Beobachtungen (insbesondere Längenänderungen) bestätigen diesen Trend auch für die Gletscher im Projektgebiet. Für die Zukunft ist basierend auf den Projektionen von Zekollari et al. (2019) davon auszugehen, dass die Gletscher im Projektgebiet aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften (insbesondere Höhenlage) stärkere Rückgänge als im alpenweiten Durchschnitt aufweisen und bis zum Jahr 2050  $82 \pm 18 \%$  bzw. bis zum Jahr 2100  $95 \pm 5 \%$  ihres Volumens verlieren werden. Eine Zeitreihe der in verschiedenen Regionen ungefähr zu erwartenden Veränderungen ist unter <https://fabienmaussion.info/2019/12/05/bokeh-alps/> verfügbar.

Anmerkung: Auswirkungen der „Bewirtschaftung“ von Gletschern (Abdeckung, Beschneigung, Snowfarming etc.) sind aufgrund der typischer Weise sehr kleinräumigen Auswirkungen nicht berücksichtigt.

*[Fabien Maussion](#), Institut für Atmosphären- und Kryosphärenwissenschaften*

- Fragen 7 und 8: Wie viele auf und im unmittelbaren Umfeld von Gletschern lebende Arten sind heute bekannt und welche Bedeutung kommt diesen zu? Bestehen lokale oder regionale Unterschiede zwischen Gletschern hinsichtlich der vorkommenden Arten und Lebensgemeinschaften (z.B. in Abhängigkeit von Exposition, Höhenlage, Größe etc.)?

a) Die folgenden Antworten auf die Fragen 7 und 8 beziehen sich auf das innere Ötztal, und zwar auf die Gletschervorfelder des Rotmoosferners, Gaisbergferners und Langtalferners (2300 – 2400 m NN).

Anzahl der Gefäßpflanzen (Danler 2016):

Rotmoostal: 141, Gaisbergtal: 120, Langtal: 108 Arten. Rotmoostal und Gaisbergtal sind geologisch von Paragneisen und Marmoren, Granatglimmerschiefern, Hornblendegarbenschiefen des Schneebergzuges geprägt, das Langtal nur von Paragneisen und sauren Schiefen, daher die unterschiedlichen Artenzahlen.

b) Talquerende Transekte im Rotmoostal ergaben folgende Artenzahlen der Gefäßpflanzen: Südwest-exponierter Hang: 192 Arten, Nordost-exponierter Hang: 90 Arten (Raffl 1999, Raffl & Erschbamer 2004, Raffl et al. 2006, Tab. 1). Im Bereich der Grundmoränen sind schattige, feuchtere Talabschnitte artenreicher als sonnige, trockene (Raffl et al. 2006). Im Rotmoostal weist die orographisch linke Talseite bereits auf jungen Moränen eine hohe Artenvielfalt auf, da hier Pflanzenbruchstücke, Rasensoden und Samen über die jährlich abgehenden Lawinen auf das Gletschervorfeld kommen.

c) Für das Gletschervorfeld des Rotmoosferners wurden mehrere vegetationskundliche und floristische Arbeiten durchgeführt. Eine Synthese ergab insgesamt 611 Arten (Tab. 2, Tab. 3):

- Algen: 91 (Gärtner 2010)
- Laubmoose: 39 (Gärtner 2010)
- Lebermoose: 9 (Gärtner 2010)
- Torfmoose: 2 (Gärnter 2010)
- Flechten: 74 (Türk & Erschbamer 2010)

- Gefäßpflanzen: 174 (Nagl & Erschbamer 2010; Gesamtartenzahl der Vegetationsaufnahmen = 212 Arten, wenn Moose und Flechten der Aufnahmeflächen inkludiert werden, s. Tabelle)
- Pilze und mikrobielle Gemeinschaften: 222 Arten (Peintner & Kuhnert 2010)

d) Bedeutung: die Gefäßpflanzen des Gletschervorfeldes im Rotmoostal machen 30 % der gesamten Gefäßpflanzen des Einzugsgebietes Obergurgl aus.

e) Regionale Unterschiede: Vergleiche zwischen den Gletschervorfeldern der West- und Ostalpen zeigen, dass Pionier- und Folgestadien ziemlich einheitliche Besiedelung durch Gefäßpflanzen und Moose aufweisen, d.h. es kommen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Region bzw. Höhenlage vor (Schumann et al. 2016). Unterschiede wurden jedoch in den späten Sukzessionsstadien zwischen West- und Ostalpen festgestellt. In den Westalpen sind auf diesen Stadien bereits Gebüsch- und/oder Baumbestände entwickelt, während in den Ostalpen ein alpiner Rasen vorherrscht (Schumann et al. 2016). Regionale Faktoren wie Artenpool, Schneedecke, Beweidung, Höhe der Waldgrenze werden dafür verantwortlich gemacht. Die Gletschervorfelder der Westalpen waren außerdem artenreicher (Schumann et al. 2016).

[Brigitta Erschbamer](#), *Institut für Botanik*

## Literatur

Danler, A. (2016): Besiedlungsmuster dreier Gletschervorfelder in den Öztaler Alpen. Masterarbeit, Univ. Innsbruck.

Gärtner, G. (2010): Zur Kryptogamenflora im Rotmoostal. In: Koch, E.-M. & Erschbamer, B. (Hg.) Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl. innsbruck university press, Innsbruck, 145-154 und Anhang 264-277.

Hock, R., G. Rasul, C. Adler, B. Cáceres, S. Gruber, Y. Hirabayashi, M. Jackson, A. Käab, S. Kang, S. Kutuzov, A. Milner, U. Molau, S. Morin, B. Orlove, and H. Steltzer, 2019: High Mountain Areas. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)].

Lüthi, S.; Ban, N.; Kotlarski, S.; Steger, C.R.; Jonas, T.; Schär, C. Projections of Alpine Snow-Cover in a High-Resolution Climate Simulation. *Atmosphere* 2019, 10, 463.

Marke, T., F. Hanzer, M. Olefs, and U. Strasser, 2018: Simulation of Past Changes in the Austrian Snow Cover 1948–2009. *J. Hydrometeor.*, 19, 1529–1545, <https://doi.org/10.1175/JHM-D-17-0245.1>

Masson, D. and Frei, C. (2016), Long-term variations and trends of mesoscale precipitation in the Alps: recalculation and update for 1901–2008. *Int. J. Climatol.*, 36: 492-500. doi:10.1002/joc.4343

Nagl, F. & Erschbamer, B. (2010): Vegetation und Besiedlungsstrategien. In: Koch, E.-M. & Erschbamer, B. (Hg.) Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl. innsbruck university press, Innsbruck, 121-143 und Anhang 251-263.

Peintner, U. & Kuhnert, R. (2010): Pilze und mikrobielle Gemeinschaften im Gletschervorfeld. In: Koch, E.-M. & Erschbamer, B. (Hg.) Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl. innsbruck university press, Innsbruck, 213-228 und Anhang 297-304.

- Raffl, C. (1999): Vegetationsgradienten und Sukzessionsmuster in einem zentralalpinen Gletschervorfeld (Ötztaler Alpen, Tirol). Diplomarbeit Univ. Innsbruck.
- Raffl, C. & Erschbamer, B. (2004): Comparative vegetation analyses of two transects crossing a characteristic glacier valley in the Central Alps. *Phytocoenologia* 34: 225-240.
- Raffl, C., Mallaun, M., Mayer, R. & Erschbamer, B. (2006): Succession pattern and diversity changes in a glacial valley (Central Alps, Austria). *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 38: 421-428.
- Rajczak, J., & Schär, C. (2017). Projections of future precipitation extremes over Europe: A multimodel assessment of climate simulations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 122, 10,773– 10,800. <https://doi.org/10.1002/2017JD027176>
- Schumann, K., Gewolf, S. & Tackenberg, O. (2016): Factors affecting primary succession of glacier foreland vegetation in the European Alps. *Alpine Botany* 126: 105-117.
- Türk, R. & Erschbamer, B. (2010): Die Flechten im Gletschervorfeld des Rotmoosferners. In: Koch, E.-M. & Erschbamer, B. (Hg.) *Glaziale und periglaziale Lebensräume im Raum Obergurgl*. Innsbruck university press, Innsbruck, 155-163 und Anhang 278 – 280.
- Zekollari, H., Huss, M. and Farinotti, D.: Modelling the future evolution of glaciers in the European Alps under the EURO-CORDEX RCM ensemble, *Cryosphere*, 13(4), 1125–1146, doi:10.5194/tc-13-1125-2019, 2019.
- Zemp, M., Huss, M., Thibert, E., Eckert, N., McNabb, R., Huber, J., Barandun, M., Machguth, H., Nussbaumer, S. U., Gärtner-Roer, I., Thomson, L., Paul, F., Maussion, F., Kutuzov, S. and Cogley, J. G.: Global glacier mass changes and their contributions to sea-level rise from 1961 to 2016, *Nature*, 568(7752), 382–386, doi:10.1038/s41586-019-1071-0, 2019.