



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz



Deutsche Sporthochschule Köln
German Sport University Cologne



SIS | Lab®

Gemeinsames Positionspapier

Expertenforum Klima.Schnee.Sport

D-A-CH | Perspektiven des Schneesports
im Zeichen globalen Klimawandels

Der Klimaschutz und die Anpassung an den Klimawandel gehören zu den großen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und technologischen Herausforderungen unserer Gesellschaft. Dabei ist der Klimawandel für den Wintersport in seiner touristischen und spitzensportlichen Ausprägung unauflöslich verbunden mit veränderten Rahmenbedingungen und Unsicherheiten. Trotz Fortschritten bei der Klimaforschung bleiben offene Fragen insbesondere bei den zu erwartenden Entwicklungen auf regionaler Ebene.

Die Stiftung Sicherheit im Skisport (SIS), das Karlsruher Institute of Technology (Institute of Meteorology and Climate Research) und die Deutsche Sporthochschule (Institute of Outdoor Sports and Environmental Science) veranstaltete am 1./2. Oktober 2018 auf der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus/Zugspitze und am 15./16. Januar 2019 in Ruhpolding ein länderübergreifendes Expertenhearing „Klima.Schnee.Sport“ zu den Perspektiven des Schneesports im Zeichen des globalen Klimawandels.

Unter anderem wurden folgende Leitfragen diskutiert:

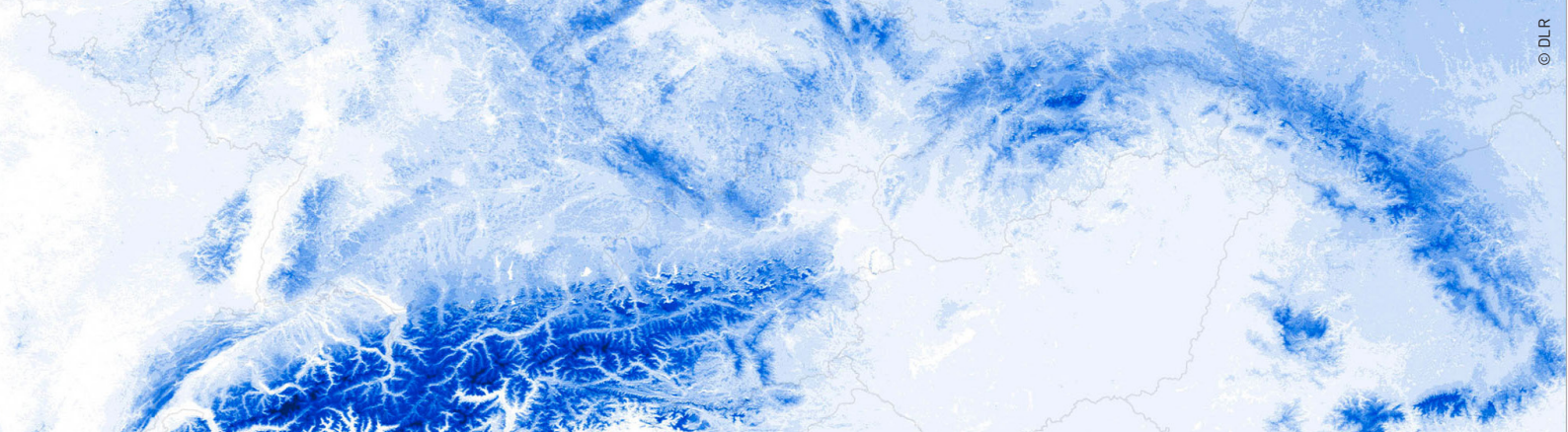
- | Wie stark ist in den mitteleuropäischen Gebirgsräumen die Klimaerwärmung im Winter im Vergleich zum globalen Trend ausgeprägt?
- | Mit welcher Sicherheit können Klimaprognosen für das Winterklima in Mitteleuropa für die nahe

(bis 2050) und ferne Zukunft (bis 2100) erstellt werden?

- | Wie differenziert sich räumlich die zu erwartende Veränderung der Schneedeckenandauer und Schneedeckenmächtigkeit in den Mittelgebirgen Deutschlands und im Alpenraum?
- | Welchen Einfluss hat die Variabilität der atmosphärischen Zirkulation auf das Winterklima?
- | Welche Auswirkungen sind für eine technische Beschneigung zu erwarten?
- | Welche Strategien und Maßnahmen zur Anpassung und zum Klimaschutz können empfohlen werden?

Insgesamt haben über 20 Autoren aus 14 wissenschaftlichen Einrichtungen mitgewirkt und so dazu beigetragen, erstmals den aktuellen Forschungsstand in Form eines Positionspapiers und wissenschaftlichen Beiträgen in der Fachzeitschrift FdSnow, Heft 53 in einem lesenswerten Überblick zu präsentieren. Unser Dank gilt allen Kolleginnen und Kollegen für die Bereitschaft zur konstruktiven, offenen Diskussion und zur Formulierung von gemeinsamen Positionen und Handlungsstrategien.

Prof. Dr. Ralf Roth
Prof. Dr. Hans-Peter Schmid
Dr. Karl-Friedrich Ziegahn



Gemeinsames Positionspapier

Expertenforum Klima.Schnee.Sport

In diesem Positionspapier bestätigen die beteiligten Fachwissenschaftler und Forschungseinrichtungen einvernehmlich die folgenden Kernaussagen für den Alpenraum und die deutschen Mittelgebirge und geben Hinweise auf Wissensdefizite und mögliche Handlungsstrategien.

Kernaussagen

- | Die Fachwissenschaftler und Forschungseinrichtungen sind darin einig, dass zu erwarten ist, dass sich die Jahresmitteltemperatur im Alpenraum und den Mittelgebirgen bis zum Ende des Jahrhunderts um mindestens weitere 2°C erhöhen wird. Die Zunahme der Temperatur betrifft alle Jahreszeiten. Nur durch Umsetzung von tiefgreifenden Maßnahmen zur Emissionsreduktion, wie im Pariser Klimaschutzabkommen von 2015 vorgesehen, könnte dieser Wert unterschritten werden.
- | Als Folge wird die für den Schneesport geeignete natürliche Schneedecke langfristig bis in mittleren Lagen im Alpenraum und in den Mittelgebirgen weiter zurückgehen. Dabei verkürzt sich die Dauer der Schneebedeckung um Wochen im Spätwinter, etwas weniger stark auch im Frühwinter.
- | In diesem Zusammenhang ändern sich ebenfalls die klimatologischen Rahmenbedingungen für die technische Schneeerzeugung. Anzahl und Dauer der potentiellen Schneizeiten werden sich verringern.
- | Aussagen zur nahen Zukunft (bis 2050) sind schwieriger zu treffen, denn die zum Teil hohe natürliche Klimavariabilität überlagert den langfristigen Trend. Diese starken Schwankungen können den auch bis 2050 stattfindenden allmählichen Anstieg der mittleren Temperatur markant überprägen.
- | Die Kombination aus Variabilität und kontinuierlicher Erwärmung führt jedoch dazu, dass es immer wieder neue Temperaturmaxima geben wird. Beim Niederschlag ist die Variabilität besonders hoch und es lassen sich auch daher derzeit nur schwerlich klare Trends ausmachen.



Wissensdefizite und Forschungsrelevanz

Wissensdefizite und Forschungsrelevanz sehen die Wissenschaftler in folgenden Themengebieten:

- | **Persistenz von Wetterlagen:** Es gibt Anzeichen dafür, dass generell durch Auswirkungen des Klimawandels auf die atmosphärische Zirkulation Wetterlagen tendenziell länger andauern (erhöhte Persistenz) und z. B. eine Wintersaison prägen können.
- | **Extremereignisse:** Die Anzeichen mehren sich, dass sich Extremereignisse sowohl häufen als auch verstärken; Forschungsbedarf besteht bezüglich eines besseren Verständnisses der Ursachen und Dynamik solcher Extremereignisse und ihrer statistischen Einordnung.
- | **Unsicherheiten der Datenlage:** Aussagen zur mittleren Temperaturentwicklung sind relativ zuverlässig. Aussagen zur Niederschlagsentwicklung sind dagegen mit großen Unsicherheiten behaftet. Hier besteht dringender Bedarf, die Datenlage auch durch Integration neuer Beobachtungsmethoden weiter zu verbessern.
- | **Niederschlagsentwicklung:** Um die Niederschlagsentwicklung zuverlässiger einschätzen zu können, sind weitere Erkenntnisse über den Prozess der Niederschlagsbildung insbesondere im Gebirge notwendig.
- | **Klimaprognosen:** Deutliche Verbesserungen bei den saisonalen und dekadischen Wetter- und Klimaprognosen u.a. durch eine Verfeinerung der räumlichen und zeitlichen Auflösung der dazu verwendeten Modelle sind Voraussetzung zur Einschätzung der kurz- und mittelfristigen Variabilität der Schneedecke.

Seilbahnbetreiber, Unternehmen, Wintersportverbände und Destinationen bietet sich auf dieser Basis die Chance, sich aktiv an der gesamtgesellschaftlichen Herausforderung „Klimawandel“ mit entsprechenden Maßnahmen zur Anpassung an die Folgewirkungen und zur Minderung der Treibhausgasemissionen zu beteiligen.

Zielführend sind dabei eine objektive Risikobewertung und ein adäquater Umgang mit Unsicherheiten in den betrachteten Wintersportgebieten. Aufgrund der regionalen und mikroklimatischen Besonderheiten sowie unterschiedlicher Ausgangslagen sind standortbezogene Aussagen komplex und schwierig. Daher sollten ausgewiesene Fachleute aus den Bereichen Klimatologie und Meteorologie eingebunden werden, die mit der vorhandenen Datengrundlage im jeweiligen Gebiet vertraut sind und eine wissenschaftsbasierte Beratung leisten können.



Strategische Handlungsansätze

Aus der Perspektive der Fachwissenschaftler sollten folgende strategische Handlungsansätze verfolgt werden:

- | Angepasste technologische, organisatorische **Innovationen und Diversifikation** der Angebote zur Sicherung und Weiterentwicklung des Wintersports.
- | Verstärkte Nutzung **erneuerbarer Energien** und Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz in allen Sektoren des Wintersports.
- | Intensivierung der wintersportbezogenen **Klima- und Anpassungsforschung**.
- | Etablierung **interdisziplinärer Partnerschaften, Netzwerke** und Systeme zum Informationsaustausch auf allen Ebenen für eine nachhaltige Entwicklung des Sektors.
- | Durchführung von standortsbezogenen **Vulnerabilitätsanalysen** zur Erfassung und Bewertung klimatologisch relevanter Parameter (Exposition), der Empfindlichkeit (Sensitivität) und Anpassungskapazität des jeweiligen Wintersportgebietes.
- | Etablierung von **Resilienz-Strategien** zur Verbesserung der Widerstands- und Anpassungsfähigkeit und der Stärkung der Innovationsfähigkeit des Wintersports.

Zur Zukunftssicherung des Wintersports gilt über die Handlungsstrategien hinaus: Ein konsequenter Erkenntnistransfer zwischen Wissenschaft und Praxis erleichtert die Verständigung, den wechselseitigen Nutzen und beschleunigt die Suche nach Lösungen. Zudem ist die Versachlichung der öffentlichen Diskussion eine wichtige Aufgabe aller Akteure.



Beteiligte Fachwissenschaftler und Institutionen

Dr. Andreas Becker, Deutscher Wetterdienst (DWD),
Abteilung Hydrometeorologie

Dr. Pirmin Philipp Ebner, WSL Institut für Schnee-
und Lawinenforschung (SLF), Forschungsgruppe
Industrieprojekte und Schneesport

PD Dr. Andrea Fischer; Institut für interdisziplinäre
Gebirgsforschung Innsbruck (IGF) Österreichische
Akademie der Wissenschaften (ÖAW)

PhD Kay Helftricht; Institut für Interdisziplinäre Ge-
birgsforschung Innsbruck (IGF), Österreichische
Akademie der Wissenschaften (ÖAW)

Mag. Roland Koch; Zentralanstalt für Meteorologie
und Geodynamik (ZAMG), Abteilung Klimafor-
schung

Dr. Sven Kotlarski; Bundesamt für Meteorologie und
Klimatologie MeteoSchweiz

Prof. Dr. Harald Kunstmann; KIT-Campus Alpin,
Institut für Meteorologie und Klimaforschung und
Universität Augsburg

Prof. Dr. Michael Lehning; WSL Institut für Schnee-
und Lawinenforschung (SLF), Forschungsgruppe
Schneeprozesse; Eidgenössische Technische
Hochschule Lausanne

Gurdrun Mühlbacher; Deutscher Wetterdienst, Regio-
nales Klimabüro München

Dr. Marc Olefs; Zentralanstalt für Meteorologie und
Geodynamik (ZAMG), Abteilung Klimaforschung

Hansueli Rhyner; WSL Institut für Schnee- und Lawi-
nenforschung (SLF), Forschungsgruppe Indust-
rieprojekte und Schneesport

Prof. Dr. Ralf Roth; Deutsche Sporthochschule Köln
(DSHS); Institute of Outdoor Sports and Environ-
mental Science, Vorstand Stiftung Sicherheit im
Skisport (SIS)

Michael Rothleitner; Schneezentrum Tirol am MCI,
Management Center Innsbruck

Prof. Dr. Hans-Peter Schmid; KIT-Campus Alpin,
Institut für Meteorologie und Klimaforschung und
TU München

Prof. Hubert Siller; MCI, Management Center Inns-
bruck

Prof. Dr. Ulrich Strasser; Universität Innsbruck, Insti-
tut für Geographie

Dr. Michael Warscher; Universität Innsbruck, Institut
für Geographie

Dr. Karl-Friedrich Ziegahn; Karlsruhe Institut of Tech-
nology (KIT), Bereich IV Natürliche und gebaute
Umwelt

Zusammenfassungen

Die vollständigen wissenschaftliche Beiträge sind veröffentlicht
in Fachzeitschrift FdSnow Heft 53 und auf www.stiftung.ski

Schnee und Klimawandel im Hochgebirge – Prozessverständnis, Vorhersagen und Anpassungsmaßnahmen

Ralf Roth, Alexander Krämer, Annika Bichlmeier

Schnee ist für Millionen Menschen die Grundlage für einzigartige Erlebnisse im Wintersport, zugleich bildet er die Basis für eine hohe Wertschöpfung im Sporttourismus. In dem Artikel werden Ausgangssituation und Herausforderungen für die künftige Entwicklung des Wintersports dargestellt. Im Zentrum stehen die Ergebnisse aus der „2. Nationale Grundlagenstudie Wintersport Deutschland 2018“, die einen Überblick über zentrale Aspekte des Wintersportmarktes in Deutschland und seiner sporttouristischen Bedeutung ermöglichen: Rückschlüsse auf das Wintersportver-

halten, Soziodemographie, Reiseplanung, Typologie, Bedürfnisse und das Wintersportpotenzial. Die Ergebnisse bestätigen eine auf hohem Niveau angesiedelte und stabile Wintersportnachfrage mit einer zunehmenden Sportartendifferenzierung. Die Auswirkungen des Klimawandels, aber auch wirtschaftliche und soziale Entwicklungen beeinflussen die Entwicklung des Wintersports, sodass die Akteure gehalten sind, umfassende und nachhaltige Handlungsstrategien zu ergreifen.

Schnee und Klimawandel im Hochgebirge – Prozessverständnis, Vorhersagen und Anpassungsmaßnahmen

Michael Lehning, Pirmin Philipp Ebner, Hansueli Rhyner

Schnee und Eis nehmen rasant und weltweit ab. Es gibt einige Ausnahmen z.B. in Karakorum oder auf dem ostantarktischen Eisschild. Im Europäischen Bergland und besonders in den Alpen haben die Temperaturen bereits stärker zugenommen, und Schnee und Eis haben stärker abgenommen als im globalen Mittel. Diese Trends werden sich in den kommenden Jahren und Jahrzehnten fortsetzen. In unserem Beitrag fassen wir den Stand des Wissens über die natürliche Variabilität der Schneedecke im Bergland und über die zukünftige Entwicklung zusammen. Ausgehend von diesem Wissen werden spezifische Anpassungsmöglichkeiten für

Skigebiete diskutiert. Aufgrund der hohen Variabilität (in Raum und Zeit) von Naturschnee, die mit der erwarteten Zunahme von persistenten Wetterlagen noch ausgeprägter wird, wird es immer wichtiger, dass sich Skigebiete mit technischen Mitteln wie Schneelagerung und Schneeproduktion absichern. Die höheren Temperaturen führen aber auch zu immer kürzeren Zeitfenstern für die Schneeproduktion. Deshalb sollten Anpassungsmassnahmen auch auf lokale Prognosen von Wetter und Schnee über Mittelfristzeiträume von mehreren Wochen zurückgreifen.

Das Alpenklima im Wandel – Winterliche Schneefallmengen werden abnehmen, in tiefen Lagen ist fast komplettes Verschwinden der Schneedecke möglich

Sven Kotlarski et al.

Das Klima des Alpenraums befindet sich im Wandel. Seit Beginn systematischer Temperaturmessungen Mitte des 19. Jahrhunderts sind die Temperaturen bereits um circa 2°C gestiegen und damit doppelt so stark wie im globalen Mittel. Deutliches Zeichen für diese bereits erfolgte Erwärmung ist der kontinuierliche Rückzug der Alpengletscher. Die natürliche alpine Schneedecke hat sich vor allem seit den 1960er Jahren deutlich reduziert, mit entsprechenden Auswirkungen auf den Wintertourismus. In Zukunft steuern wir auf eine fortgesetzte Erwärmung zu. Je nach Entwicklung der menschlichen Treibhausgasemissionen wird die-

se Erwärmung mehr oder weniger stark ausfallen. Selbst bei Annahme eines sehr optimistischen Emissions-Szenarios wird die weitere Temperaturerhöhung bis zum Ende des 21. Jahrhunderts mindestens 1°C betragen. Steigen die Emissionen ungebremst weiter, müssen wir uns auf weitere +4°C oder sogar mehr einstellen. Trotz einer projizierten Erhöhung der Winterniederschläge werden die winterlichen Schneefallmengen deutlich abnehmen, und damit auch die natürliche alpine Schneedecke. In tiefen Lagen ist ein fast komplettes Verschwinden der Schneedecke möglich.

Klima und Schnee in Österreich – Beobachtete Vergangenheit und erwartete Zukunft

Marc Olefs, Roland Koch, Andreas Gobiet

Die beobachtete vergangene Schneedeckenentwicklung in Österreich zeigt seit 1961 insbesondere an Stationen im Westen des Landes und südlich des Alpenhauptkamms einen markanten, signifikant negativen Langzeittrend der Schneehöhe (-30 % bis -90 % bzw. -60% oberhalb 1000 m Seehöhe) und Schneedeckendauer (0 bis -70%; bzw. -25% > 1000 m Seehöhe)), der von starken kurz- (Jahr-zu-Jahr) bis mittelfristigen (bis zu ca. 20 Jahren) natürlichen Schwankungen überlagert wird, die es auch in Zu-

kunft geben wird. Die Trends sind besonders bei der Schneedeckendauer stark von der Seehöhe abhängig. Bis zur Mitte des Jahrhunderts wird der Skibetrieb oberhalb ca. 1500 m Seehöhe in ähnlicher Form wie heute höchstwahrscheinlich weiterhin möglich sein, darunter wird der Aufwand für die technische Schneeproduktion allerdings weiter steigen. Für das Ende des Jahrhunderts entscheidet unser heutiges Handeln, wie stark die Skisaison selbst bis in Lagen oberhalb von 2000 m Seehöhe verkürzt sein wird.

Das Modell AMUNDSEN – Flächenverteilte Simulation technischer Beschneigung

Ulrich Strasser et al.

Die Skibedingungen auf den Pisten alpiner Winter-sportdestinationen sind das Ergebnis eines komplexen Wechselspiels aus natürlichen Wetterbedingungen und technischen Schneemanagement-Maßnahmen. In jüngster Zeit wurden Entscheidungsunterstützungs-Systeme entwickelt, um ein verbessertes Schneemanagement durch Simulation ökonomischer und ökologischer Optimierungsstrategien zu erreichen. Wir zeigen das physikalisch basierte Schneedeckenmodell AMUNDSEN (= Alpine MULTiscale Numerical Distributed Simulation ENgine), welches stündliche meteorologische Variablen, die technischen Spezifikationen der installierten Schneeproduktions-Infrastruktur und die real angewandte Schneemanagement-Strategie verwendet, um die re-

sultierenden Verhältnisse auf den Pisten zu modellieren. Das Modell kann für historische, für Bedingungen in der nahen Zukunft (= saisonale Vorhersage) sowie für Langzeit-Klimasimulationen (= Szenarien) eingesetzt werden. AMUNDSEN erlaubt die Bestimmung wichtiger Ski-Indikatoren wie Schneemenge auf den Pisten, Öffnung und Schließung (des Skigebietes) oder Schneeproduktionsstunden mit entsprechenden Effizienzbedingungen. Angewandt im saisonalen Prognosemodus unterstützen die Simulationen die täglichen Entscheidungen der Schneemanager für die Nutzung der technischen, finanziellen und natürlichen Ressourcen. Das Modell wird kontinuierlich weiterentwickelt und mit den Ergebnissen aus Freiluftlabormessungen verbessert.

Die Vielfalt des Winters – Anpassungsmaßnahmen zwischen natürlicher Variabilität und anthropogenem Klimawandel

Kay Helfricht et al.

Lufttemperatur, Niederschlag, die Höhe der Naturschneedecke und die Dauer der Naturschneebedeckung zeigen eine hohe statistische Variabilität, weichen also häufig und in beträchtlichem Ausmaß vom klimatischen Mittelwert ab. Vor allem zu Beginn der Saison im November und Dezember war ausreichend Naturschnee für den Skibetrieb über die letzten Jahre eher die Ausnahme. Durch den Einsatz von technischer Schneeerzeugung kann die Variabilität der Naturschneedecke zumindest teilweise ausgeglichen werden, denn die Wahrscheinlichkeit, dass zu Beginn der Saison beschneit werden kann, ist meist höher, als die Wahrscheinlichkeit für ausreichend Naturschnee. Nach einer kurzen Einführung in die Variabilität des Winters stellen wir Ergebnisse einer detaillierten Stu-

die über die Entwicklung von Bedingungen vor, welche eine technische Beschneigung zulassen. Eine Erweiterung dieser Studie auf bis 2050 möglichen Temperaturänderungen zeigt: wenn der Umgang mit der heutigen natürlichen Variabilität im Hinblick auf eine für den Saisonstart rechtzeitige Pistenpräparierung gelingt, ist man mittelfristig für einen Großteil der zukünftigen Winter gerüstet. Eine hundertprozentige Schneesicherheit ist jedoch weder im vergangenen noch im gegenwärtigen Klima erzielbar. Die Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels werden in Zukunft Auswirkungen auf die Ausbildung und Dauer der Naturschneedecke und damit auch auf die technische Schneeerzeugung haben.



Veranstalter

Leitung: Prof. Dr. Ralf Roth

Stiftung Sicherheit im Skisport
Hubertusstr. 1 - 82152 Planegg
Tel.: +49 (0) 89 85790-275
www.stiftung.ski

Deutsche Sporthochschule Köln
Institute of Outdoor Sports and
Environmental Science
Am Sportpark Müngersdorf 6 - 50933 Köln
Tel.: +49 (0) 221 4982 4240
www.dshs-koeln.de

Prof. Dr. Hans-Peter Schmid
Dr. Karl-Friedrich Ziegahn

Karlsruhe Institute of Technology KIT
Institute of Meteorology and Climate Research
Atmospheric Environmental Research (IMK-IFU)
Kreuzheckbahnstraße 19
82467 Garmisch-Partenkirchen
Tel.: +49 (0) 8821 183 101
www.imk-ifu.kit.edu
Planegg 25.02.2019

Organisation und fachliche Begleitung:

Anika Bichlmeier, Stiftung Sicherheit im Skisport /
DSV-Referentin für Sportraumentwicklung und
Nachhaltigkeit

Alexander Krämer, Deutsche Sporthochschule Köln

Walter Vogel, Deutscher Skiverband (DSV)



Die vollständigen wissenschaftliche Beiträge sind
veröffentlicht in Fachzeitschrift FdSnow Heft 53.
ISSN 1864-5593 und auf www.stiftung.ski

