

## Klimawandel und Wasserbilanz in Hochgebirgsregionen

**Jucundus Jacobeit, Karl-Friedrich Wetzel, Christoph Beck, Andreas Philipp, Matthias Bernhardt, Severin Kaspar, Georg Strobl**

### **Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:**

Jacobeit, Jucundus, Karl-Friedrich Wetzel, Christoph Beck, Andreas Philipp, Matthias Bernhardt, Severin Kaspar, and Georg Strobl. 2015. "Klimawandel und Wasserbilanz in Hochgebirgsregionen." Wissenschaftszentrum Umwelt Jahresbericht 2014: 48-52.  
<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bvb:384-opus4-32664>.

### **Nutzungsbedingungen / Terms of use:**

**licgercopyright**

Dieses Dokument wird unter folgenden Bedingungen zur Verfügung gestellt: / This document is made available under the following conditions:

**Deutsches Urheberrecht**

Weitere Informationen finden Sie unter: / For more information see:

<https://www.uni-augsburg.de/de/organisation/bibliothek/publizieren-zitieren-archivieren/publizieren>



WZU

Wissenschaftszentrum Umwelt  
Universität Augsburg

# Jahresbericht 2014



**UNA**  
Universität  
Augsburg  
University

# Klimawandel und Wasserbilanz in Hochgebirgsregionen

## PROJEKTTEAM

- Prof. Dr. Jucundus Jacobeit  
Jacobeit@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 2670
- Prof. Dr. Karl-Friedrich Wetzel  
karl-friedrich.wetzel@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 2277
- Dr. Christoph Beck  
christoph.beck@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 2129
- Dr. Andreas Philipp  
andreas.philipp@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 2266
- PD Dr. Matthias Bernhardt  
m.bernhardt@iggf.uni-muenchen.de  
Tel.: 0179 5232822
- Michael Weber  
m.weber@iggf.uni-muenchen.de  
Tel.: 089 3187 2582
- Severin Kaspar  
severin.kaspar@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3564
- Georg Strobl  
georg.strobl@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3565

## PROJEKTPARTNER

- Bayerische Akademie der Wissenschaften, Abteilung Glaziologie der Kommission für Erdmessung und Glaziologie, Dr. L. Braun
- Bayerischer Lawinenwarndienst, B. Zenke
- BOKU Wien (Institute of Water Management, Hydrology and Hydraulic Engineering), Prof. Dr. K. Schulz
- Deutscher Wetterdienst (Station Zugspitze und Meteorologisches Observatorium Hohenpeißenberg), Dr. W. Thomas, Dr. J. Seltmann
- Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (Standort Davos), Dr. M. Lehning, Dr. C. Fierz
- Helmholtz-Zentrum München (Institut für Strahlenschutz), Dr. K. Hürkamp, Dr. J. Tschiersch
- KIT (IMK-IFU Garmisch-Partenkirchen), Prof. Dr. H. Kunstmann
- Pyrenean Institute of Ecology (Zaragoza), Dr. N. Lopez-Moreno
- University of Saskatchewan (Global Institute for Water Security), Prof. Dr. J. Pomeroy
- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Wien, Dr. W. Schöner

## FÖRDERUNG

- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz

## LAUFZEIT

- 2014–2017

## Klimawandel und Wasserbilanz in Hochgebirgsregionen

### Hintergrund

Das vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz geförderte Vorhaben ist eingebunden in das Verbundprojekt „Virtuelles Alpenobservatorium“ (VAO), in dem sich die Umweltforschungsstation Schneefernerhaus mit weiteren Höhenobservatorien im Alpenraum auf dem Gebiet der Höhen-, Klima- und Umweltforschung vernetzt (Sonnblick-Observatorium Österreich; Jungfrauoch und Gornergrat Schweiz; Ritten Italien; Observatoire Haute Provence Frankreich; Kravac Slowenien). Im Rahmen von VAO werden seit 2014 – neben einem Infrastrukturprojekt zur Schaffung eines übergreifenden Alpen-Datenanalysezentrums – jeweils drei Forschungs- und Entwicklungsprojekte in den folgenden drei Schwerpunktbereichen gefördert:

- Atmosphärische Variabilität und Trends
- Alpine Umwelt: Gefahren und Risiken
- Alpiner Wasserhaushalt

Das Projekt „Klimawandel und Wasserbilanz in Hochgebirgsregionen“ gehört dem Schwerpunktbereich „Alpiner Wasserhaushalt“ an und adressiert vor allem Änderungen in lokalem Niederschlag, Schneerücklagen und Gletschervolumen, Schmelzprozessen sowie Abflussanteilen im nordalpinen Zugspitzgebiet und im zentralalpinen Sonnblickbereich (Kooperation mit der österreichischen Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik). Hintergrund für dieses Vorhaben ist, dass Hochgebirge und insbesondere die Alpen eine überproportionale hydrologische Bedeutung als Wasserversorger der Vorländer besitzen und gleichzeitig als besonders klimasensitiv gelten. Daher sind Auswirkungen des Kli-

mawandels im Bereich der Hydrosphäre zu erwarten, die sehr wahrscheinlich die Wasserversorgung der Vorländer, die Energiesicherheit durch Wasserkraft, den Hochwasserschutz und auch den Tourismus betreffen werden. Gleichwohl besteht ein großes Forschungsdefizit zu allen Fragen der Hochgebirgshydrologie.

Hier zahlt sich die Mitgliedschaft der Universität Augsburg im Konsortium der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus aus, denn sie liegt im Einzugsgebiet des Partnach-Ursprungs. Aufgrund seiner hydrogeologischen Situation bietet dieses Gebiet einzigartige natürliche Voraussetzungen für die hydrologische Hochgebirgsforschung. Dazu zählen seine weitgehende hydrologische Abgeschlossenheit als Gunstmoment für Bilanzierungen und Modellvalidierungen, beste Instrumentierung und langjährige Datenreihen zur Klimatologie, Glaziologie und teilweise auch Hydrologie, hervorragende ganzjährige Erreichbarkeit sowie exzellente Arbeitsbedingungen. Zusammen mit dem Department für Geographie an der LMU München ist somit ein Projekt formuliert worden, das verbesserte Erkenntnisse zum Wasserhaushalt in alpinen Räumen vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels hervorbringen soll.

### Ziele und Methoden

Im Vordergrund des Projektes stehen das hydrologische Prozessverständnis, die Weiterentwicklung und Validierung von schneehydrologischen Modellen sowie die gezielte Fortentwicklung neuerer Ansätze des statistischen Downscalings.

## Klimawandel und Wasserbilanz in Hochgebirgsregionen

Folgende Hauptziele können dabei spezifiziert werden:

- Prozess-basierte Modellierung von Akkumulation, Transport und Ablation von Schneedecken
- Validierung der Modellergebnisse durch hydrologische Messungen und neuartiges, räumlich/zeitlich hochauflösendes terrestrisches Laserscanning
- Aufbau eines kontinuierlichen, zeitlich und räumlich hochaufgelösten schnee- und glazialhydrologischen Monitorings im Zugspitzgebiet
- Fortentwicklung und Anwendung von statistischen Downscaling-Verfahren zur Abschätzung sowohl von lokalen, wasserhaushaltsrelevanten meteorologischen Parametern (z.B. Niederschlag und enthaltene Schneeanteile) als auch direkt von Gletschermassenbilanzen aus großskaligen atmosphärischen Datenfeldern.

### Erste Arbeitsschritte

Die instrumentelle Ausstattung im Zugspitzgebiet wurde mit Mitteln des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz aus einer ersten Förderphase des Virtuellen Alpenobservatoriums entscheidend ausgebaut (siehe Abb. 1). Dazu gehört ein neuartiges LIDAR („Light detection and ranging“) zur hochaufgelösten Volumenmessung von Gletschern und Schneedecken, das sowohl am Schneefernerhaus als auch mobil eingesetzt werden kann. Weiterhin wurde am Partnach-Ursprung eine Pegelstation errichtet, die eine genaue Erfassung der Gebietsabflüsse ermöglicht. Schließlich wurden mit erheblichem logistischem Aufwand bislang drei schneehydrologische Stationen auf dem Zugspitzplatt aufgebaut, eine vierte befindet sich noch im Aufbau (s. Abb. 1). Die resultierenden Daten werden neben

dem Projektteam auch von Projektpartnern wie dem Helmholtz-Zentrum München (Institut für Strahlenschutz) oder dem Bayerischen Lawinenwarndienst (LWD) genutzt, der selbst auch eine weitere Messstation auf dem Zugspitzplatt betreibt (s. Abb. 1). 2014 konnte somit das systematische Schneedecken-Monitoring begonnen werden.

Im Bereich des statistischen Downscalings wurden erste Ergebnisse mittels klassifizierter atmosphärischer Zirkulationstypen (vereinfacht auch als Wetterlagen bezeichnet) erzielt. Als Optimierungszeitraum dient das 20. Jahrhundert. Die Klassifikation der Zirkulationstypen wird dabei z.B. anhand der geopotentiellen Höhen durch-

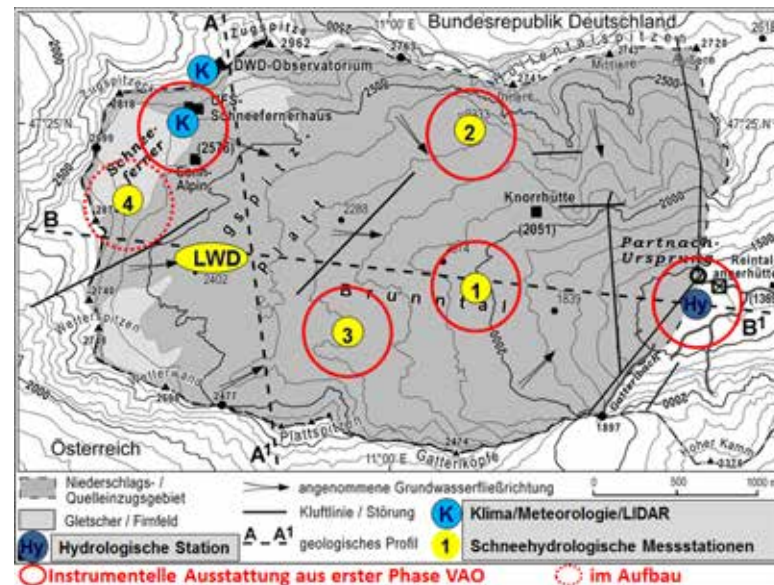


Abb. 1: Instrumentelle Ausstattung im Zugspitzgebiet

## Klimawandel und Wasserbilanz in Hochgebirgsregionen

geführt, also der Höhenlage bestimmter hochtroposphärischer Druckniveaus. Jeder Zirkulationstyp lässt sich durch standortspezifische Klimakennwerte charakterisieren. Damit können sodann Abschätzungen des lokalen Klimaverlaufs in Abhängigkeit vom variablen Auftreten der Zirkulationstypen vorgenommen werden.

Die Abbildung 2 zeigt ein Beispiel zur Validierung eines derartigen Vorgehens. Hierbei werden die mittleren täglichen Januartemperaturen am Zugspitzgipfel für den Zeitraum 2000–2010 aus der Sequenz von Zirkulationstypen abgeschätzt und mit den beobachteten Temperaturen verglichen. Es zeigt sich mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,80$  eine relativ gute Übereinstimmung. Zukünftig sollen durch die Kombination derartigen Klassifikationen mit einem zusätzlichen statistischen Verfahren, den sogenannten künstlichen

neuronalen Netzen, die Ergebnisse weiter verbessert werden. Nach erfolgter Optimierung und Validierung derartiger Modelle sollen sie im weiteren Projektverlauf auch auf künftige Szenario-Bedingungen fortgeschrittenen Klimawandels übertragen werden. Dabei sollen die Downscaling-Abschätzungen für das Zugspitz- und Sonnblickgebiet nicht nur meteorologische Variablen wie Temperatur und Niederschlag, sondern auch Komponenten des Wasserhaushalts und Gletschermassenbilanzen umfassen.

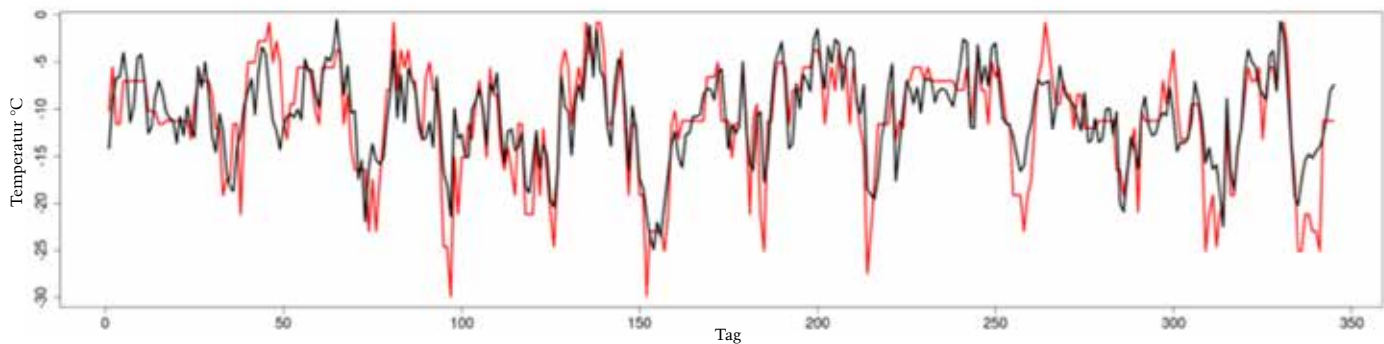


Abb. 2: Beobachtete (schwarze Ganglinie) und aus hochtroposphärischen Zirkulationstypen abgeleitete (rote Ganglinie) mittlere Tagestemperaturen am Zugspitzgipfel für den Zeitraum Januar 2000–2010. Die Klassifizierung und thermische Charakterisierung der Zirkulationstypen erfolgte im Zeitraum Januar 1901–1999. Der Korrelationskoeffizient zwischen beobachtetem und modelliertem Temperaturverlauf in der Abbildung beträgt 0,80 (nach A. Philipp).

## Klimawandel und Wasserbilanz in Hochgebirgsregionen

### Publikationen

- Bernhardt, M./Härer, S./Jacobeit, J./Wetzel, K.-F./Schulz, K. (2014) Das Virtuelle Alpenobservatorium – Forschungsschwerpunkt alpine Hydrologie, *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 58, S. 241–243.
- Hertig, E./Jacobeit, J. (2013) A novel approach to statistical downscaling considering non-stationarities, *Journal of Geophysical Research – Atmospheres* 118, S. 520–533.
- Philipp, A./Beck, C./Jacobeit, J. (2012) Statistical modelling of winter precipitation at the Zugspitze by weather type classifications and neural networks, *UFS Wissenschaftliche Resultate 2011–2012*, S. 26–28.



Abb. 3: Installation eines Temperaturfühlers zur Messung der Schneedeckentemperatur an einer Messstation auf dem Zugspitzplatt im Herbst 2014.