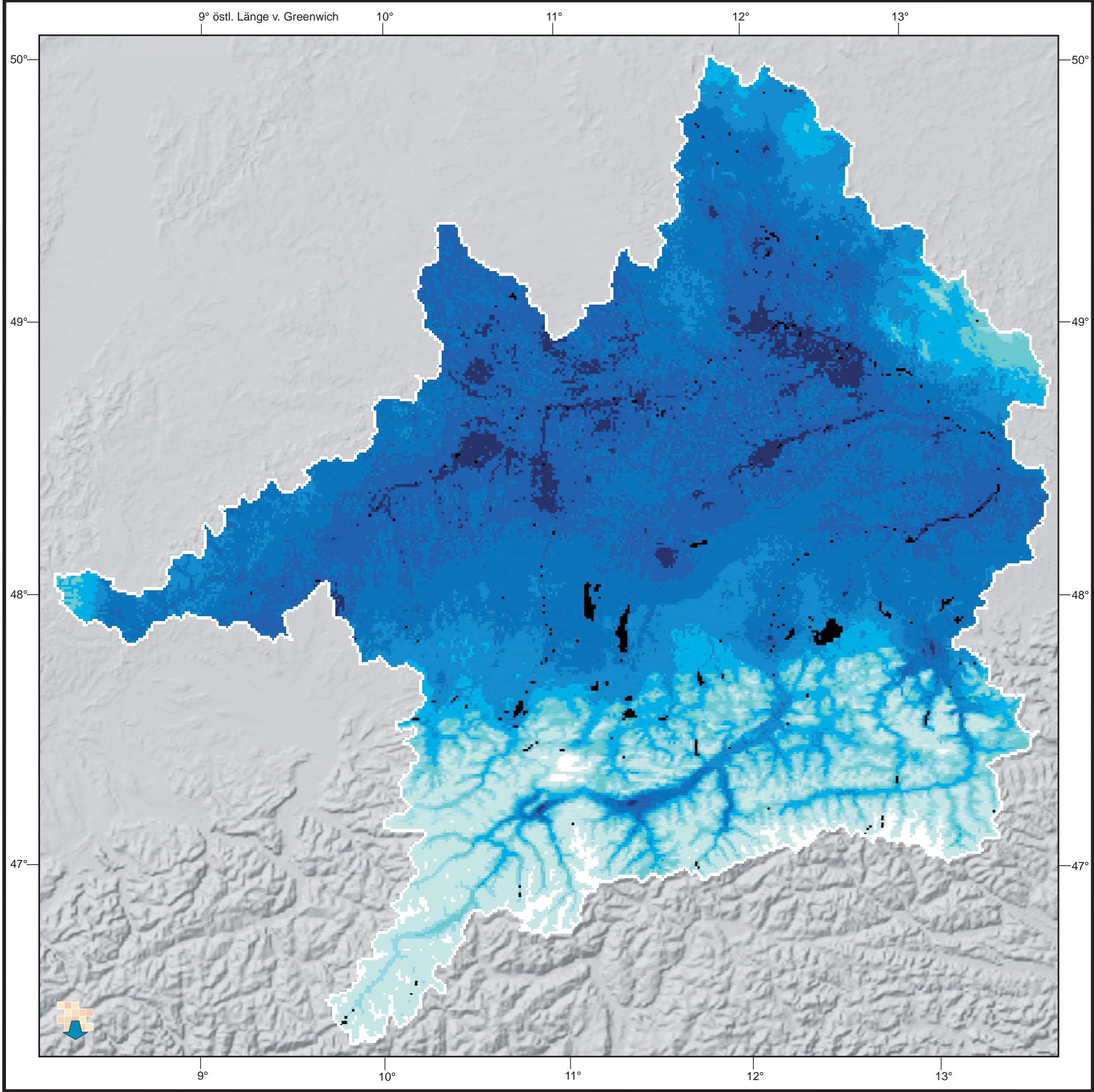
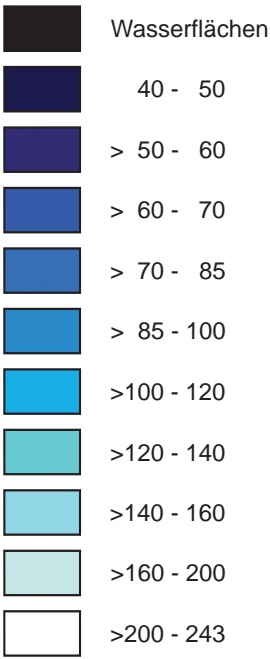


2.4.1



Mittlere Schneedeckendauer [Tage] im Zeitraum 1995-1999



GLOBAL CHANGE ATLAS EINZUGSGEBIET OBERE DONAU



Herausgeber:
GLOWA-Danube-Projekt, Universität München (LMU)

2.4.1 Teilprojekt Glaziologie Mittlere Schneedeckendauer November bis Juni

Rastergröße: 1 x 1 km²
Maßstab: 1: 1.700.000



Datengrundlage:
Im Rahmen des Danubia-Referenzlaufes 1995-1999 berechnetes
Wasseräquivalent der Schneeakkumulation

Autoren:
M. Weber
Kommission für Glaziologie der Bayerischen Akademie der
Wissenschaften, München
M. Kuhn
Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Innsbruck

Grafik:
Abt. Kartographie, Dept. für Geo- und Umweltwissenschaften LMU

2.4.1 Teilprojekt Glaziologie - Mittlere Schneedeckendauer von November 1995 bis Juni 1999

1. Einleitung

Die temporäre Speicherung des Niederschlags sowohl kurzfristig in Form einer Schneedecke als auch längerfristig als Gletschereis hat wichtige Funktionen im Wasserhaushalt des Einzugsgebiets der Oberen Donau. Diese Bedeutung wächst wegen der generellen Temperaturabnahme in der Atmosphäre mit zunehmender Höhenlage.

Die temporären Veränderungen der Oberflächenbedeckung durch eine Schneeeauflage interessieren in diesem Projekt sowohl Disziplinen wie Meteorologie, Hydrologie, Agrar- und Forstwissenschaften als auch Bereiche der Tourismusforschung, so dass diese kontinuierlich auf Daten zur vorhandenen und prognostizierten Schneemenge angewiesen sind. Darüber hinaus spielt diese Größe in der Wasser- und Energiewirtschaft eine bedeutende Rolle. Da die Schneebedeckung u.a. von den Klimagrößen Temperatur und Niederschlag abhängig ist, ist sie ein guter Indikator für Klimaänderungen und deren Folgen für den Wasserhaushalt und für wirtschaftliche Aktivitäten.

Die Bildung und Entwicklung einer Schneedecke ist das kurzfristige Resultat der durch den lokalen Wetterablauf kontrollierten Auf- und Abbauprozesse. Diese besitzen eine sehr direkte und höchst sensitive Abhängigkeit von den Klimaparametern Strahlung, Temperatur, Feuchte, Wind und Niederschlag. Die Schneelage kann daher im Rahmen einer Szenarienrechnung mit veränderten Wetterabläufen nicht mehr aus Beobachtungen abgeleitet werden, sondern muss mit einem Modell, das anhand der meteorologischen Zustandsgrößen die Prozesse des Schneedeckenauf- und abbaus naturgetreu nachbildet, stündlich auf jedem Proxel berechnet werden. Sowohl das Wasseräquivalent der aktuell vorhandenen Schneedecke als auch die Menge des gebildeten Schmelzwassers (pro Proxel) werden über die Schnittstelle des *LandSurface-Controllers* und der Landoberfläche (*Surface*) als Eingabedaten für andere DANUBIA-Modelle wie beispielsweise *Tourist* (Schneehöhen in Skigebieten) und *Rivernetwork* (Schmelzwasserabfluss) weitergegeben.

Die Modellergebnisse können nur im Rahmen der Referenzläufe, welche vergangene Witterungsabläufe nachrechnen, durch lokale Beobachtungen validiert werden. Generelle Veränderungen durch Klimaänderungen dagegen werden anhand von abgeleiteten Klimagrößen untersucht, welche unter stationären Bedingungen konstant bleiben. Für die Schneedecke ist die vielfach untersuchte Schneedeckendauer ein derartiger nützlicher Parameter. Die hier aus den Resultaten des Referenzlaufs 1995-1999 erstellte Karte liefert eine Basis für die Analyse der Szenarienrechnungen auf Veränderungen im Klima.

2. Datenaufbereitung

Die lokale Schneedeckendauer SD als wesentlicher Standortfaktor ist nach DIN 4049-3 definiert als die Anzahl der Schneedeckentage in einer bestimmten Zeitspanne. Als Schneedeckentag wird ein Tag bezeichnet, an dem eine Schneedecke vorhanden ist. Normalerweise wird SD aus Messungen oder Beobachtungen der Schneehöhe abgeleitet (KLIWA, 2005).

Die Messung der Schneehöhe ist extrem fehlerbehaftet. Nur selten ist eine Messstelle für ein größeres Gebiet repräsentativ. Örtliche Umlagerung durch Windverfrachtung oder Lawinen bewirkt starke Variationen der Schichtdicke ohne dass sich die Masse des Schnees innerhalb eines größeren Areals nennenswert ändert. Deshalb sind flächendeckende, hochaufgelöste Kartierungen der Schneedeckendauer innerhalb eines größeren Gebietes allein auf der Basis lokaler Punktmessungen höchst ungenau. Dies gilt insbesondere für Gebirgsregionen. Die Extrapolation auf die restlichen Punkte mittels statistischer Modelle (Wielke et al., 2004) berücksichtigt nur einen Teil der am Schneedeckenauf- und abbau beteiligten Prozesse.

Die hier mit dem Modell *Snow* erhaltenen Resultate zur räumlichen Verteilung der Schneedeckendauer auf das 1 x 1 km²-Raster sind sehr detailliert und möglicherweise sogar genauer im Vergleich zu auf der Basis von statistischer Extrapolation von Beobachtungsdaten gewonnenen ähnlichen

Karten. Der unmittelbare Vergleich ist jedoch schwierig, da das Modelldatenensemble auf bislang vier aufeinander folgende Wintersaisons beschränkt ist, ein für eine klimatologische Reihe eigentlich zu kleiner Stichprobenumfang. Insofern kann diese Karte nicht mit „echten“ Klimakarten nach 30jährigen Beobachtungsreihen verglichen werden. Der Vorteil liegt jedoch in der hohen räumlichen Auflösung, die mit der herkömmlichen Analyse von Stationsdaten nicht erreicht werden kann.

3. Modellbeschreibung

Das von der Arbeitsgruppe Glaziologie für DANUBIA entwickelte Modell *Snow* ist eine Weiterentwicklung des für die Berechnung der Schmelzwasserproduktion in vergletscherten Einzugsgebieten konzipierten Modells *PEV* nach Escher-Vetter (2000). Der stündliche Zuwachs des Wasseräquivalents der Schneedecke wird anhand des mittels der bodennahen Lufttemperatur und der Feuchte ermittelten Aggregatzustands des Niederschlags und dessen Menge bestimmt.

Die Schneeschmelze als der wesentliche Abbauprozess für die Schneedecke wird anhand der dazu verfügbaren Energie S an der Oberfläche berechnet. Diese ergibt sich aus der Bilanz der Strahlungsflüsse R, den turbulenten Flüssen H (fühlbare Wärme) und HE (latente Wärme, Verdunstung bzw. Kondensation) zwischen Atmosphäre und Oberfläche, sowie dem in der Regel kleinen Wärmeleitungsfluss in und aus der Schneedecke G allgemein nach:

$$S = R - H - HE - G$$

Die Strahlungsflüsse aus der Atmosphäre werden in diesem Fall extern aus Messungen abgeleitet und als Eingangsdaten bereitgestellt. Die von der Oberfläche abgestrahlte Energie und die turbulenten Flüsse fühlbarer und latenter Wärme werden intern vom Modell in Abhängigkeit von Lufttemperatur, -feuchte, -druck und Wind berechnet. Es wird eine empirische Parametrisierung nach Weber (2005) verwendet, welche speziell für die besonderen Verhältnisse über Schnee und Eis geeignet ist. Eine wichtige Schlüsselgröße bei der Berechnung der Energiebilanz ist die Oberflächentemperatur der Schneedecke, die entweder unter Schmelzbedingungen 0°C oder sonst einen tieferen Wert in der Weise annehmen muss, dass sich die Energieflüsse an der Oberfläche gegenseitig ausgleichen.

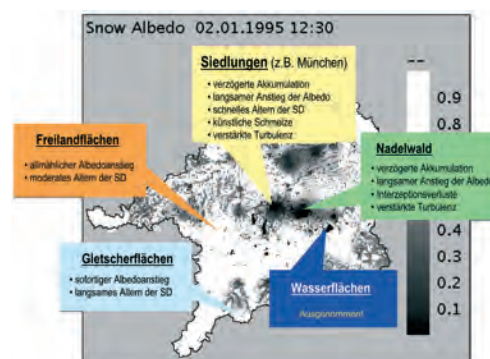


Abbildung 2.4.1.1: Landnutzungsklassen und Prozesse, die im Modell *Snow* berücksichtigt werden.

Die heterogene Landnutzung innerhalb des Einzugsgebietes erfordert die weitere Differenzierung bei der Berechnung von Akkumulation und Ablation. Zwar ähnelt über den unterschiedlichen Oberflächen die Physik des Energieaustausches, es unterscheiden sich aber die charakteristischen Parameter. Eine Übersicht über die im Modell unterschiedenen Landnutzungstypen und die generellen Konsequenzen für die Behandlung der Prozesse veranschaulicht Abbildung 2.4.1.1.

Das in DANUBIA integrierte Modell *Snow* liefert keine Schneehöhen, sondern nur die in der Schneedecke gespeicherte Wassermenge. Zur Validierung der Modellergebnisse sind daher Beobachtungsdaten zum Wasseräquivalent der Schneedecke erforderlich (siehe Kapitel 1.4).

4. Darstellung der Ergebnisse

Da in der Regel die Monate Juli bis Oktober in Höhenlagen unterhalb 3000 m ü. NN schneefrei sind, wird für die Karte der Schneedeckendauer der Zeitraum November bis einschließlich Juni gewählt. Ein Schneedeckentag wird gezählt, wenn das Wasseräquivalent der Schneedecke im Ta-

gesmittel mehr als 1 mm beträgt. Wie bereits erwähnt sind die dargestellten Mittelwerte über die Jahre 1995-1999 nur für diesen Zeitraum repräsentativ und können daher nicht unmittelbar mit langjährigen Klimareihen verglichen werden. Es soll vielmehr die Option zur Erstellung von räumlich gut aufgelösten Karten der Schneedeckendauer auf der Basis von Modellrechnungen statt der statistischen Interpolation von Beobachtungsdaten demonstriert werden.

Die resultierende Verteilung ist plausibel. Sie zeigt einerseits eine deutliche Korrelation der Andauer der Schneedecke mit der Höhenlage, allerdings auch regionale Abhängigkeiten von den Niederschlagsmengen oder dem Untergrund. Im Einzugsgebiet der Oberen Donau ist eine geschlossene Schneedecke in Höhenlagen unter 600 m ü. NN in den Flussniederungen, aber auch im Bereich der Münchener Innenstadt oder in Innsbruck, nur an 40 bis 50 Tagen im Jahr zu erwarten.

Im Alpenvorland dagegen liegt je nach Höhenlage an 70 bis 120 Tagen Schnee. Über den gesamten Zeitraum existiert eine Schneedecke nur in den höchsten Gipfeln des Einzugsgebietes, und auch dort nur an der Nordseite der Gebirgsketten. Eine Ausnahme bildet das Wettersteingebirge, denn aufgrund der Exposition nach Westen in Richtung der bevorzugten Zugrichtung der Tiefdruckgebiete, fällt hier deutlich mehr fester Niederschlag als in der Umgebung. Im Frühjahr beträgt das Wasseräquivalent der Schneedecke auf dem Zugspitzplatt bis zu 1400 mm, was einer Mächtigkeit der Schneedecke von 5 bis 6 m entspricht. Diese besonderen Akkumulationsbedingungen sind letztlich die Ursache für die lokale Existenz einzelner Gletscherreste (Schneeferner, Höllentalferner) an der Zugspitze in einer Höhe von nur 2600 bis 2800 m ü. NN, während die eigentlich bedeutenden Gletscherareale nahe dem Alpenhauptkamm deutlich oberhalb 3000 m ü. NN zu finden sind.

Trotz der erwähnten Beschränkung der Stichprobe auf nur 4 Winterperioden ist die räumliche Verteilung der Schneedeckendauer in der hier erstellten Karte in guter Übereinstimmung mit z.B. innerhalb von KLIWA (2005) publizierten Ergebnissen. Es ist zu erwarten, dass die mittlere Andauer der Schneebedeckung mit einer weiteren Klimaerwärmung in allen Höhenbereichen merklich abnimmt.

Literatur

Escher-Vetter, H. (2000): *Modelling meltwater production with a distributed energy balance method and runoff using a linear reservoir approach - results from Vernagtferner, Oetztal Alps, for the ablation seasons 1992 to 1995*. Zeitschr. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie, 36, 119-150.

KLIWA (2005): *Langzeitverhalten der Schneedecke in Baden-Württemberg und Bayern*. KLIWA-Berichte, Heft 6, www.kliwa.de.

Wielke, L.-M.; Haimberger, L. & Hantel, M. (2004): *Snow cover duration in Switzerland compared to Austria*. Met. Zeitschr. 13, 13-17.

Weber, M. (2005): *Mikrometeorologische Prozesse bei der Ablation eines Alpengletschers*. Dissertation, IMG Innsbruck, 311S.