

MARKUS WEBER (*), LUDWIG BRAUN (*), WOLFRAM MAUSER (**)
& MONIKA PRASCH (**)

CONTRIBUTION OF RAIN, SNOW- AND ICEMELT IN THE UPPER DANUBE DISCHARGE TODAY AND IN THE FUTURE

ABSTRACT: WEBER M., BRAUN L., MAUSER W. & PRASCH M., *Contribution of rain, snow- and icemelt in the upper Danube discharge today and in the future.* (IT ISSN 0391-9838, 2010).

The hydrological model of the Danubia decision support system allows the sources of runoff to be determined according to glaciermelt, snowmelt and rain at any location of the Upper Danube river network. The analysis shows for the past decade 1991-2000 that in glacierized head watersheds (e.g., Vent gauging station, 35% glacier area) there is about an equal amount of runoff originating from icemelt, snowmelt and rain (about 33% each). Further downstream the portion of icemelt decreases sharply even under present-day conditions with the effect that ultimately 2% of annual runoff is of glacial origin in Passau/Achleiten (basin area of about 77,000 km², current glaciation 0.5%), while about ¼ originates from rain and ¼ from snowmelt. This latter fraction is about twice as high as found for subbasins lying exclusively in the lowlands with no connection to the alpine region.

Using the regionally adapted Remo scenario data based on the A1B emission scenario of IPCC, the future development of runoff sources is calculated, taking into account the dynamics of glacierized area reduction using the SURGES glacier model (Subscale Regional Glacier Extension Simulator). In about 30 years, the mean icemelt fraction in the glaciated head watersheds will be less than half of the one observed in the decade from 1991 to 2000. The proportion of snowmelt will be about the same, and rain contribution will increase by 50% to about half of annual specific runoff. After the confluence of the Inn River with the Danube at Passau, the portion from icemelt will be negligible, and 80% of runoff will be from rain and 20% from snowmelt after the year 2030. With the anticipated warming over the whole year and the drying out of the summer season the Alps' capacity to export water will diminish, and water availability will be reduced, mainly through the loss of summer precipitation and increased evaporation, and not so much due to the loss of glaciermelt.

KEY WORDS: Runoff sources, Snowmelt, Glaciermelt, Upper Danube Basin, Inn River, Hydrological modelling, Climate Change.

ZUSAMMENFASSUNG: WEBER M., BRAUN L., MAUSER W. & PRASCH M., *Beiträge des Regens, der Schnee- und der Eisschmelze zum Abfluss im Einzugsgebiet der Oberen Donau in der Gegenwart und der Zukunft.* (IT ISSN 0391-9838, 2010).

Das hydrologische Modell des Entscheidungsunterstützungssystems Danubia ermöglicht für jedes Teileinzugsgebiet im Flussnetz der Oberen Donau die Aufteilung des Abflusses in Komponenten nach der Herkunft von Regen sowie aus der Schmelze von Schnee und Eis. Die Analyse der vergangenen Dekade 1991-2000 ergibt, dass in vergletscherten Kopfeinzugsgebieten (z.B. der Pegel Vent mit einem Gletscherflächenanteil von 35%) der Abfluss zu etwa gleichen Teilen (jeweils 33%) aus dem Regen, der Schmelze von Schnee und von geschmolzenem Gletschereis stammt. Weiter flussabwärts nimmt der Anteil aus der Gletscherschmelze bereits unter gegenwärtigen Verhältnissen sehr deutlich ab, so dass am Pegel Passau/Achleiten (Einzugsgebietsgröße 77.000 km² bei gegenwärtig 0.5% Gletscherfläche) nur 2% der jährlichen Abflusssumme von den Gletschern stammen. Drei Viertel liefert dort der Regen und knapp ein Viertel ist geschmolzener Schnee. Allerdings ist der letztere Anteil gut doppelt so hoch wie in Teileinzugsgebieten, die sich vollständig im Flachland ohne Verbindung zum Gebirge befinden.

Unter Verwendung des an die lokalen Verhältnisse angepassten und auf dem Emissionsszenario A1B des IPCC basierenden Remo-Szenario wird die zukünftige Entwicklung der Abflusskomponenten aus den drei Quellen berechnet. Dabei wird die dynamische Veränderung der Gletscherfläche anhand der Berechnungen mit dem Gletschermodell SURGES berücksichtigt. Nach 30 Modelljahren reduziert sich der mittlere Anteil der Eisschmelze in den Kopfeinzugsgebieten auf weniger als die Hälfte während der Dekade 1991-2000. Der Anteil der Schneeschmelze bleibt in etwa konstant, während sich der Regenanteil nahezu verdoppelt und dabei etwa die Hälfte der Jahressumme des Abflusses ausmacht. Nach der Einmündung des Inn bei Passau ist nach dem Jahr 2030 der Beitrag der Gletscher vollständig vernachlässigbar, dort werden zukünftig 80% des Jahresabflusses aus dem Regen und 20% aus der Schneeschmelze resultieren. In Folge einer zu erwartenden

Erwärmung über das ganze Jahr zusammen mit abnehmenden Sommerniederschlägen werden die Exportkapazitäten der Alpen für Wasser abnehmen. Die zukünftig geringere Wasserverfügbarkeit außerhalb der Berge ist hauptsächlich dem Rückgang des Sommerniederschlags und der Zunahme der Verdunstung geschuldet, jedoch kaum der abnehmenden Eisschmelze.

SCHLÜSSELWÖRTER: Abflusskomponenten, Schneeschmelze, Gletscherschmelze, Obere Donau, Inn, Hydrologische Modellierung, Klimawandel.

(*) Commission for Glaciology, Bavarian Academy of Sciences, Munich - www.glaziologie.de

(**) Department of Geography, University of Munich - www.glowa-danube.de

The GLOWA-Danube project was financed by the Federal Ministry of Education and Research, Germany (BMBF), and further financial support was provided by the State of Bavaria as part of the Bavarian Academy Research Programme III.B.1. This research was only possible as an integral part of the GLOWA research initiative, and the contributions of all partners are gratefully acknowledged.