

Bestimmung der Abflusszusammensetzung im Gebiet des Plaine-Morte Gletschers. Durchführung einer End-Member-Mixing Analyse (EMMA) zur Bestimmung der Abflusskomponenten im Kanton Bern und Wallis

Silvia Hunkeler, Dominique Kröpfl, Geografisches Institut Bern

Klimamodelle zeigen in allen Ausführungen für die nördlich gelegenen Berggebiete einen bodennahen Erwärmungstrend, hauptsächlich verursacht durch die ansteigenden Treibhausgase in der Atmosphäre (Barnet et al., 2005). Der hydraulische Kreislauf wird sich durch den Klimawandel verändern, insbesondere dort wo Regionen durch Gletscher- und Schneeschmelze, wie zum Beispiel in den Alpen, gekennzeichnet sind. Diese Veränderungen im Wasserhaushalt und der gesamten Wasserressource können zur Folge haben, dass vermehrt Interessenskonflikte verschiedener Ortschaften und Nutzergruppen auftauchen. Aus diesem Grund sind Abschätzungen zukünftiger Wassermengen für die nachhaltige Planung und Bewertung der Wasserressourcen sehr wichtig.

Im Rahmen des Schweizer Nationalfonds Projekts „*Nachhaltige Wassernutzung*“ NFP61, werden seit Februar 2010 in der Region *Crans-Montana-Sierre* Untersuchungen durchgeführt. Die Forschungsarbeiten dienen einer räumlich-zeitlich detaillierten Erfassung und Modellierung der heutigen und in Zukunft verfügbaren Wasserressourcen im Untersuchungsgebiet, inklusive den gespeicherten Ressourcen im Plaine Morte Gletscher (Weingartner et al., 2010). Weiter wird der heutige und künftige Wasserverbrauch abgeschätzt und Richtlinien für ein verbessertes Wassermanagement erarbeitet.

Bisherige Resultate zeigen, dass der Plaine Morte Gletscher eine zentrale Rolle im lokalen hydrologischen System spielt und ein grosser Anteil des Schmelzwassers durch das unterirdische Karst System ins Wallis und aber auch in den Kanton Bern fliessen (Finger et al., 2013). Demzufolge ist der Gletscher von grosser Bedeutung für die heutige und zukünftige Wasserversorgung der Region Crans-Montana (Kanton Wallis) und Lenk (Kanton Bern).

Die vorliegenden Masterarbeiten wurden in der Region Lenk (Kanton Bern) von Silvia Hunkeler und in der Region Crans Montana (Kanton Wallis) von Dominique Kröpfl unter der Leitung von Prof. Dr. Rolf Weingartner im Rahmen des NFP61 durchgeführt.

Die Gletscherschmelze in den Alpen, die sich seit den 1980er Jahren verstärkt hat, ist ein deutliches Zeichen für die voranschreitende Klimaerwärmung. Durch den erwarteten Temperaturanstieg, welcher durch verschiedene Klimastudien belegt wird, ist in Zukunft mit einem noch ausgeprägteren Gletscher-rückzug zu rechnen (CCHydro, 2012). Davon betroffen sind auch die Regionen Lenk im Kanton Bern und Crans-Montana-Sierre im Kanton Wallis, eine der trockensten Regionen der Schweiz. Bisherige Studien zeigen, dass der Gletscher Plaine Morte in den Berner Alpen, der durch ein Karstsystem in die Kantone Bern und Wallis entwässert, infolge der Klimaerwärmung bis im Jahr 2080 vollständig abgeschmolzen sein wird.

Das Ziel dieser Masterarbeiten war es, die Abflusszusammensetzung im Gebiet des Plaine Morte Gletschers, anhand einer neu konzipierten End Member Mixing Analyse (EMMA) zu untersuchen. Dabei werden im Abfluss, wie auch in den abflussrelevanten End Members wie Gletscher-, Schnee- und Regenwasser, die Konzentration von 42 verschiedenen chemischen Elementen mit einem Massenspektrometer gemessen. Die Frage lautete, ob sich die Konzentrationen in den abflussrelevanten End Member signifikant voneinander unterscheiden und ob mittels einer End Member Mixing Analyse die prozentualen Anteile der End Members und somit die heutigen Mengen an verfügbarem Gletscherwasser im Abfluss quantifiziert und dessen saisonalen Verlauf aufgezeigt werden kann.

Resultate

In beiden Untersuchungsgebieten konnte gezeigt werden, dass Gletscherschmelz-, Schnee- und Regenwasser mit signifikant unterschiedlichen chemischen Elementen angereichert sind.

Kanton Bern

Das Gletscherschmelzwasser wird durch die Elemente Na, Mg, Al, Si, Fe, Ga, As, Sr, Cs, Ba, Ce, Nd, U und die Ionen Fluorid und Sulfat, das Regenwasser durch die Elemente V, Ni, Zn, Cd, Pb und das Ion Nitrit und das Schneewasser durch die Elemente Rb, Pr, Eu, Gd, Ho, Er, Tm, Yb, Lu und das Ion Nitrat angereichert. Der saisonale Verlauf der in den End Member angereicherten Elemente wurde im Abflusswasser von April bis November 2012 nachverfolgt. Anhand dieser Elementverläufe und den angereicher-

ten Elemente wurden die Schlüsselemente Al, Fe und As für das Gletscherschmelzwasser V, Ni, Zn, Cd, Pb für das Regenwasser und Rb, Pr, Tm für das Schneewasser identifiziert.

Kanton Wallis

Die Untersuchung hat gezeigt, dass sich im Kanton Wallis im Gletscherwasser die Elemente Al, Ag, As, Ba, Cs, Er, Eu, Fe, Gd, Ga, Ho, Lu, Mg, Na, Pr, Si, Sr, Th, Tm, U, Yb und das Ion Sulfat signifikant von den End Member Schnee- und Regenwasser unterscheiden. Im Schneewasser sind es die Elemente und Ionen Cr, Rb, Ni und im Regenwasser Cd, Chlorid, Nitrat, Pb, Sm, Ti, V, Zn die sich signifikant in der Konzentration unterscheiden. Der saisonale Verlauf der angereicherten Elemente in den End Members wurde im Abflusswasser von Anfang Juni bis Ende August 2012 nachverfolgt. Anhand dieser Elementverläufe und den angereicherten Elemente wurden die Schlüsselemente Al, Fe, As und Pr für das Gletscherschmelzwasser V, Zn, Cd, Pb, Ti und Nitrat für das Regenwasser und Cr, Rb und Ni für das Schneewasser identifiziert.

Mit den definierten Schlüsselementen wurden Verhältnisse gebildet und für die End Member Mixing Analyse (EMMA) verwendet. In beiden Untersuchungsgebieten haben die Schlüsselementverhältnisse Al : Rb und V : Pr plausible, nachvollziehbare und überprüfbare Resultate ergeben. Das Resultat der EMMA liefert die prozentualen Anteile an Regen-, Schnee- und Gletscherwasser im Abfluss.

Kanton Bern

In den Monaten April, Mai, Oktober und November sind die Abflüsse bei Siebenbrünnen, Trüebbach und Oberried von Schneewasser dominiert. Schneewasser wird während des gesamten saisonalen Verlaufs im Abfluss vorgefunden, da der Gletscher nur an wenigen Tagen schneefrei ist. Im Mai wird das Gletscherschmelzwasser im Abfluss nachweisbar und erhöht seinen Anteil bis im Juli und August auf praktisch 100%. Im September fällt der Anteil des Gletscherschmelzwassers auf einen geringen Wert zurück. Im Oberflächenabfluss des Trüebbachs tritt der Peak der Gletscherschmelze früher auf, als bei der Karstquelle Siebenbrünnen, da dort das Gletscherschmelzwasser erst auftritt, wenn innerhalb des Gletschers schneefreie Kanäle ausgebildet werden.

Kanton Wallis

Die untersuchten Gewässer Loquesse-Quelle, Liène und Lournatse werden deutlich von Gletscherwasser gespiesen. Alle drei Standorte zeigen einen Peak von bis zu 60% an Gletscherwasser im Abfluss im August. Auch bei den Standorten im Wallis ist Schneewasser während des gesamten saisonalen Verlaufs im Abfluss vorhanden. Beim Untersuchungsstandort Ertentse wird kein Gletscherwasser berechnet, das Abflusswasser enthält während der gesamten Messperiode einen Schneewasseranteil von mindestens 70%.

Fazit

Die Überprüfung der EMMA-Resultate erfolgte anhand von Gletscherschmelz- und Schneemodellierungen, sowie Abfluss- und Regendaten und belegt, dass die durchgeführte Methodik in dieser Form anwendbar ist.

Auf Grund der Klimaerwärmung und der damit verbundenen Gletscherschmelze wird der Abfluss im Untersuchungsgebiet bis im Jahr 2060 zunehmen, anschliessend drastisch abnehmen. Der Abfluss wird sich von einem glacialen zu einem nivalen Regimetyp verändern, mit einem Vergletscherungsgrad von bis zu 0% und einer Abflussspitze im Monat Mai. Die Konkurrenzsituation zwischen den verschiedenen Wassernutzern (Landwirtschaft, Tourismus, Stromproduktion, Trinkwasserversorgung), aber auch zwischen den beiden Kantonen wird sich in Zukunft vor allem in den Monaten Juli und August, wenn der Wasserbedarf hoch ist und kein Schmelzwasser nachfliessen wird, weiter zuspitzen.

Barnet T.P., Adam J.C., Lettenmaier D.P., 2005: *Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions*. Nature 438, S.303-309.

CCHydro (2012): Auswirkungen der Klimaerwärmung auf Wasserressourcen und Gewässer. Synthesebericht zum Projekt „Klimaänderung und Hydrologie in der Schweiz“. Hrsg. Bundesamt für Umwelt (BAFU).

Finger D., Hugentobler A., Huss M., Voinesco A., Wernli H., Fischer D., Weber E., Jeannin P.-Y., Kauzlaric M., Wirz A., Vennemann T., Hüsler F., Schädler B., Weingartner R., 2013: *Identification of glacial melt water runoff in a karstic environment and its implication for present and future water availability*. Hydrology and Earth System Sciences Discussions 10, S. 2743-2788.

Weingartner R., Herweg D., Liniger H., Rist S., Schädler B., Graefe B., Hoelzle M., Reynard E., 2010: *Wasser-knappheit in inneralpinen Regionen – Optionen für eine nachhaltige Wassernutzung in der Region Crans-Montana-Sierre (Wallis)*. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 54(4), S. 251-252.