

Since some years Ground Penetrating Radar (GPR) is successfully used to image previous year's summer surface. Thereby a constant-offset geometry is used, yielding no direct GPR propagation velocity information of the snow cover. The propagation velocity of a GPR pulse is a function of the electric dielectricity. For snow the electric dielectricity is correlated to its density and the intergranular, liquid water content. During snow pit investigations, snow density, electric dielectricity and liquid water content data were gathered and an empirical correlation between snow density and electric dielectricity was established ($R^2 \sim 0.7$). Before digging the snow pit, multi-offset (CMP and WARR) GPR measurements were made. Gathered snow pit and GPR data sets were analysed for consistency and potential usage of multi-offset GPR data for the determination of density and hence water equivalent of a snow pack.

Examining Glacial Hydrology of a Glacial Lake Outburst Flood at the A. P. Olsen Ice Cap by means of Ground Penetrating Radar Data

BINDER, D.¹, SCHÖNER, W.¹, HYNEK, B.¹, WEYSS, G.¹, OLEFS, M.¹ & ABERMANN, J.²

¹ Department of Climatology, ZAMG Vienna;

² Institute for Meteorology and Geophysics, University of Innsbruck

Glacial Lake Outburst Floods (GLOFs) are natural hazards threatening an increasing amount of people living near glaciated areas. Caused by the chaotic characteristics of a GLOF, forecasting is a very challenging business and only a few made the attempt to really quantitatively solve this problem. Comparing GLOF events of different field sites and even of the same field site often give an inconsistent picture indicating the existence of many outburst mechanisms. However, beside the non-linear behaviour of the outburst mechanism itself, the hydrology of a glacier is a key question.

The Austrian IPY contribution FERMAP aimed the East of Greenland. Based at the Danish Research Station Zackenberg (74°28'N, 20°34'W) two adjacent glaciers (Freya Glacier and A. P. Olsen Ice Cap) were of main interest. Ground Penetrating Radar (GPR) was applied to yield snow cover- and ice thickness distribution for the two glaciers. During the gathering of ice thickness data of the South East pointing outlet glacier of the A. P. Olsen Ice Cap (74°38'N, 21°26'W) dominant englacial and subglacial reflections drew attention to itself. Dominant englacial and subglacial reflections are all located downwards in flow direction of the remaining structures of a lake outburst. The glacial stream of the investigated outlet glacier drains into the Zackenberg River, which passes directly the Zackenberg Research Station. In the period of 1997-2008 floods were documented qualitatively by photos and quantitatively by discharge data, showing obvious peaks. Registered floods mostly occurred in the period July-November. Following these observations the noteworthy englacial and subglacial reflections are most likely part of a channel system conducting water of outburst

flood through the glacier. Gathered GPR data were analyzed to gain informations about channel dimensions and fillings and englacial/ subglacial pathway(s) of the water. Furthermore the mapped water pathway(s) will be compared with modelled pathway(s).

Identifikation unterschiedlicher Abflusskomponenten in einem Karstgebiet mit allochthoner Neubildung (Lurbach-Tanneben-Karst-System, Österreich)

BIRK, S.¹, OSWALD, S.¹, BENISCHKE, R.², LEIS, A.², STADLER, H.² & WINKLER, G.¹

¹ Karl-Franzens Universität Graz, Institut für Erdwissenschaften, Heinrichstr. 26, A-8010-Graz; steffen.birk@uni-graz.at;

² Joanneum Research mbH, Institut für WasserRessourcen Managment, Elisabethstr.16, A-8010 Graz

Karstquellen werden im Allgemeinen durch hoch durchlässige Karsthohlraumsysteme gespeist. Die Reaktion dieser Quellen auf Neubildungsereignisse liefert Informationen über das gesamte Quelleinzugsgebiet. Meist wird die Analyse jedoch durch mangelnde Informationen über die räumliche und zeitliche Verteilung der Neubildungskomponenten und ihrer physikochemischen Eigenschaften erschwert.

Das Ziel dieser Arbeit ist eine verbesserte Interpretation der Abflussdynamik eines Karstsystems durch eine kombinierte Analyse von mehreren physikochemischen Parametern. Zu diesem Zweck wurde ein Markierungsversuch mit Uranin kurz vor einem Niederschlags- und einem darauf folgenden Schneeschmelze-Ereignis durchgeführt und die natürlichen Tracer ¹⁸O, elektrische Leitfähigkeit und Wassertemperatur an verschiedenen Probenahmepunkten im Lurbach-Tanneben-Karst-System (Semriach-Peggau, Steiermark, Österreich) quantifiziert. Das Lurbach-Tanneben-Karst-System entwässert größtenteils über die beiden Quellen Hammerbachursprung und Schmelzbach. Der Karstgrundwasserleiter wird zu einem großen Teil punktuell durch Versinkung des allochthonen Lurbachs alimentiert, dessen Einzugsgebiet den kristallinen Semriach-Talkessel umfasst (BEHRENS et al. 1992).

Die Ergebnisse zeigen, dass gängige Modellvorstellungen zur Neubildungs- und Entwässerungsdynamik von Karstsystemen zu hinterfragen sind. So wird etwa ein Anstieg der elektrischen Leitfähigkeit kurz nach Einsetzen des Neubildungsereignisses oft durch die Mobilisierung von oberflächennah gespeichertem Epikarstwasser erklärt (WILLIAMS 1983). Im Falle des Schmelzbaches wird jedoch zeitgleich ein Anstieg der Wassertemperatur beobachtet, was gegen eine oberflächennahe Komponente spricht. Der Markierungsversuch zeigt ferner, dass der Schmelzbach bei den vorliegenden hydrologischen Bedingungen nur marginal durch die allochthone Lurbachkomponente gespeist wird, obwohl sich Lurbach und Schmelzbach hydraulisch ähnlich verhalten und jeweils stark auf Neubildungsereignisse ansprechen. Dagegen reagiert die Quellschüttung am Hammerbachursprung wesentlich gedämpfter, der Markierungsversuch belegt jedoch einen

wesentlichen Anteil der allochthonen Lurbachkomponente. Daraus wird ersichtlich, dass eine Einschätzung der Vulnerabilität von Karstquellen allein anhand von Quellschüttungsdaten nicht möglich ist. Dies erfordert vielmehr eine eingehende Bewertung der geologischen Verhältnisse sowie die hydrogeologische Analyse sowohl hydrologischer als auch physikochemischer Daten.

BEHRENS, H., BENISCHKE, R., BRICELJ, M., HARUM, T., KÄSS, W., KOSI, G., LEDITZKY, H., LEIBUNDGUT, C., MALOSZEWSKI, P., MAURIN, V., RAJNER, V., RANK, D., REICHERT, B., STADLER, H., STICHLER, W., TRIMBORN, P. & ZOJER, H. (1992): Investigations with Natural and Artificial Tracers in the Karst Aquifer of the Lurbach System (Peggau-Tanneben-Semriach, Austria). - Steir. Beitr. z. Hydrogeologie, **43**: 9-158, Graz.

WILLIAMS, P.W. (1983): The role of the subcutaneous zone in karst hydrology. - J. Hydrol., **61**: 45-67, Amsterdam.

Implementierung turbulenter Strömung in einem Kontinuum-Modell zur Simulation von Karstgrundwasserleitern

BIRK, S.¹, REHRL, C.^{(*)1} & REIMANN, T.²

¹ Karl-Franzens Universität Graz, Institut für Erdwissenschaften, Heinrichstr. 26, 8010 Graz, Österreich; steffen.birk@uni-graz.at;

² TU Dresden, Institut für Grundwasserwirtschaft, 01062 Dresden, Deutschland

Karstgrundwasserleiter können konzeptionell als duale Fließsysteme beschrieben werden, die aus zwei Komponenten bestehen: Langsame, laminare Strömung in der geklüfteten Matrix und schnelle, oft turbulente Strömung in Karsthohlräumen. In dieser Arbeit werden zwei unterschiedliche numerische Umsetzungen dieses konzeptionellen Modells verglichen, die beide im kürzlich entwickelten MODFLOW-2005 Conduit Flow Process (CFP; SHOEMAKER et al. 2008) implementiert sind. Im Hybrid-Modell CFP mode 1 wird ein diskretes Röhrennetzwerk, welches das Karsthohlräumensystem repräsentiert, durch einen linearen Austauschterm an das Kontinuum-Modell MODFLOW gekoppelt. Innerhalb des Röhrennetzwerkes wird das Darcy-Weisbach-Gesetz verwendet, um turbulentes Fließen zu simulieren. CFP mode 2 ermöglicht dagegen die Berücksichtigung turbulenter Strömung innerhalb des Kontinuum-Modells. Um die bei turbulenter Strömung nichtlineare Beziehung zwischen hydraulischem Gradient und Durchfluss zu repräsentieren, wird der Durchlässigkeitsbeiwert in Abhängigkeit von der Reynoldszahl angepasst. Bei Parameterstudien mit CFP mode 2 zeigen sich jedoch Konvergenzprobleme. Zudem weichen die Ergebnisse von gängigen Ansätzen zur Berechnung turbulenter Rohrströmungen ab. Aus diesem Grund wurde eine neue Methode für die Anpassung der hydraulischen Durchlässigkeit bei turbulenter Strömung implementiert. Um die bei einsetzender Turbulenz stattfindende Abnahme des Durchflusses zu berücksichtigen, wurde ferner der Übergang von laminarer zu turbulenter Strömung modifiziert. Vergleichsrechnungen anhand eines hypothetischen Quelleinzugsgebiets zeigen eine gute Übereinstimmung

zwischen dem neuentwickelten Ansatz zur Berücksichtigung turbulenter Strömung im Kontinuum-Modell und dem rechentechnisch aufwändigeren Hybrid-Modell.

Dr. Christoph Rehl verstarb bei einem tragischen Bergunfall am 21. März 2010 im Alter von 37 Jahren.

SHOEMAKER, W.B., KUNIANSKY, E.L., BIRK, S., BAUER, S. & SWAIN, E.D. (2008): Documentation of a Conduit Flow Process (CFP) for MODFLOW-2005. - U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A24.

Jurassische Beckenbildung in den westlichen nördlichen Kalkalpen

BISCHOF, M.^{1,2}, GARBER, C.², MACKOWITZ, J.², POSTL, M.² & ORTNER, H.²

¹ p+w Baugrund+Wasser Ziviltechnikerbüro für Geologie, Saline 17, 6060 Hall in Tirol, Österreich;

² Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Innsbruck, Innrain 52, 6020 Innsbruck, Österreich

Neue Untersuchungen und Ergebnisse über die Störungsgeometrie im Jura gibt es aus den Nördlichen Kalkalpen im Westen Österreichs (Lechtaler Alpen und Rätikon). In den westlichsten Bereichen des Ostalpins ist die Öffnung dieses Ozeans aufgrund der proximalen Lage des Ostalpins zu diesem sehr gut entwickelt. Eine Einzeitung dieser Abschiebungen, ist aufgrund der Plombierung durch jüngere Sedimentabfolgen möglich. Auch im geologischen Kartenbild am Westrand der Nördlichen Kalkalpen lassen sich durch große Mächtigkeitsunterschiede v. a. in der hemipelagischen Allgäu-Formation auf engstem Raum isolierte Hochzonen und Beckenbereiche lokalisieren. Syntektonische Breccienbildungen in der Allgäu-Formation als auch der älteren Trias-Gesteine sowie Spaltenöffnung und Füllungen der älteren Sedimente sind Zeugen der jurassischen tektonischen Aktivität.

In den Arbeitsgebieten konnten sehr gut aufgeschlossene Beckenbildungsstrukturen vorgefunden werden. An einer Abschiebung am Nordrand der Zürser Schwelle sind Megabrekzien in der Allgäu-Fm. vorhanden (Abb. 1), deren Südrand ist durch mehrere Abschiebungen gegliedert, ebenfalls teilweise verbunden mit Brekzien (Abb. 2). Rotativer *onlap* innerhalb der Allgäu-Formation belegt Schollenkipfung über listrischen Abschiebungen. Oft werden die Abschiebungen durch die Sedimentation der Allgäu-Formation plombiert und die jüngeren Gesteine zeigen eine kontinuierliche Abfolge. Jedoch gibt es lokal auch wiederum Schwellenbereiche, wo die mittel- und oberjurassischen Schichtglieder ausfallen. Rutschfalten, welche sich vor allem in den inkompetenten Mergeln der Kössen-Formation bei der Beckenbildung an liassischen Abschiebungen bilden, werden von der Allgäu-Fm. eingesedimentiert (Abb. 2). Wo die Störungsgeometrie kartierbar ist, wurden etwa E-W verlaufende Abschiebungen und N-S verlaufende *tear-faults* beobachtet. Die Hauptabschiebungen fallen nach Norden. Der Hangendblock ist wiederum durch N- und S-fallende Abschiebungen segmentiert.