

MANUSKRIPTE

GEOGRAPHICA AUGUSTANA

Peter Chifflard, Daniel Karthe
Martin Reiss, Christian Opp, Michael Groll

**Beiträge zum 46. Jahrestreffen
des Arbeitskreises Hydrologie
vom 20.-22. November 2014
in Marburg**

GEOGRAPHICA AUGUSTANA

**Peter Chifflard, Daniel Karthe,
Martin Reiss, Christian Opp, Michael Groll**

**Beiträge zum 46. Jahrestreffen
des Arbeitskreises Hydrologie
vom 20.-22. November 2014 in Marburg**

Peter Chiffard, Daniel Karthe, Martin Reiss, Christian Opp, Michael Groll

**Beiträge zum 46. Jahrestreffen des Arbeitskreises Hydrologie vom 20.-22.November 2014
in Marburg**

Augsburg 2015

ISBN 978-3-923273-94-2

ISSN 1862-8680

Copyright: Institut für Geographie, Universität Augsburg 2006

Alle Rechte vorbehalten

**Umschlaggestaltung Jochen Bohn
Textverarbeitung Peter Chiffard
Druck Digitaldrucke Bayerlein GmbH Neusäß**

Erstellung einer Wasserstands-Abflussbeziehung an einem hochalpinen Wildbach

Marcel Schirmer, Georg Strobl & Karl-Friedrich Wetzel

Institut für Geographie, Universität Augsburg

1. Einführung

Gebirgsregionen beeinflussen den Wasserhaushalt flussabwärts gelegener Gebiete auf Grund hoher Niederschläge sehr stark. Da der Gebirgsraum auch entscheidend an der Hochwasserentstehung beteiligt ist, sind Untersuchungen zu den Prozessen der Abflussbildung notwendig. Dies betrifft vor allem die bayerischen Alpen, denn sie dienen als Siedlungsraum für den Menschen und sind gleichzeitig von hohen Niederschlagsmengen geprägt (VIVIROLI & WEINGARTNER 2008). Insbesondere durch den Klimawandel und den sich damit ändernden hydrologischen Verhältnissen sowie der wachsenden Bevölkerung mit einem erhöhten Anspruch an die Ressource Wasser, sind Untersuchungen zur Hydrologie alpiner Einzugsgebiete dringend erforderlich (REASONER ET AL. 2002). Gleichzeitig ist die Durchführung hydrologischer Untersuchungen in hochalpinen Einzugsgebieten logistisch erschwert. Im Zugspitzgebiet bestehen dagegen mit der UFS Schneesfernerhaus und der Verkehrsinfrastruktur ideale Bedingungen für die hydrologische Forschung. Da hydrologische Fragestellungen fast immer mit dem Abfluss verknüpft sind, ist die genaue Erfassung von Durchflüssen an einer Pegelstation eine Grundvoraussetzung. Im Folgenden soll der Einsatz der Salzverdünnungsmethode für die Aufstellung einer Wasserstands-Abflussbeziehung an der neu instrumentierten Pegelanlage unterhalb des Partnach-Ursprungs vorgestellt und diskutiert werden.

2. Hydrologische Untersuchungen im Reintal

Die Installation der Pegelanlage im Sommer 2014 stellt eine Erweiterung des Messnetzes im Zugspitzgebiet dar. Sie wurde durch den Bayerischen Staat im Rahmen des VAO-Projektes finanziell ermöglicht. WETZEL (2004, 2005) und MORCHE (2006) nutzten diesen Standort bereits für diverse hydrologische Untersuchungen. Die Übertragungstechnik der neuen Anlage erlaubt jederzeit eine Online-Abfrage der Daten, so dass aufwändige Feldbegehungen seltener erforderlich sind. Die neue Pegelanlage verfügt über eine redundante Datensicherung (Loggerfunktion und Fernübertragung), die sich an aktuellen Standards der Messtechnik orientiert. Die

Komponenten der Pegelanlage bestehen aus einer Drucksonde und einem Pegelradar zur Wasserstandserfassung, Messsonden für elektrische Leitfähigkeit (eLF) und Temperatur sowie ein Pluviometer und ein automatischer Probenehmer zur Gewinnung von Wasserproben.

Die Ermittlung einer Wasserstand-Abflussbeziehung für die neue Pegelmessstelle ist der erste Schritt hin zu einer langfristigen kontinuierlichen Erfassung des Abflussgeschehens an der Partnach. Abflussmessungen stellen hier eine besondere Herausforderung dar, denn die Messstelle weist einen äußerst turbulenten Durchfluss mit hoher Fließgeschwindigkeit und Geschiebetransport in Hochwassersituationen auf. Daher kommen für Abflussmessungen nur Verdünnungsmethoden in Betracht, wobei sich die Salzverdünnungsmethode aus Kostengründen anbietet (vgl. MORGENSCHWEIß 2010).

3. Durchflussmessungen an der Partnach

Bei den Durchflussmessungen wurde die Salzverdünnungsmethode mit momentaner Salzeingabe angewendet (vgl. LEIBUNDGUT ET AL. 2009). Dabei ist der operationelle Aufwand gegenüber der Methode mit kontinuierlicher Salzzugabe deutlich reduziert, was vor allem an abgelegenen Messstellen wichtig ist. Für die möglichst exakte Erfassung des Durchflusses ist eine genaue Bestimmung des Zusammenhangs von Salzkonzentration und eLF notwendig. Dies wurde durch Eichungen vor jeder Messung gewährleistet. Zur Erfassung der eLF wurde das digitale Leitfähigkeitsmessgerät *WTW Multi 3420* mit zwei Standard-Leitfähigkeitsmesszellen *TetraCon® 925* der *WTW* zur parallelen Erfassung der Salzkonzentrationen an zwei verschiedenen Punkten im Gerinnequerschnitt verwendet. Mit der Loggerfunktion können die Tracerdurchgänge in hoher zeitlicher Auflösung (Intervall: 1 s) exakt aufgezeichnet werden. Abb. 1 zeigt den Verlauf des Salzdurchgangs während einer Abflussmessung vom 25.09.2014 anhand der aufgezeichneten eLF-Werte. Die geringen Unterschiede der ermittelten Durchflusswerte (Differenz: 0,024 m³/s) und der lehrbuchhafte Verlauf der eLF (Rohdaten!) lassen auf eine optimale Durchmischung des Salzes und eine gute Platzierung der Sonden im Bachbett der Partnach schließen.

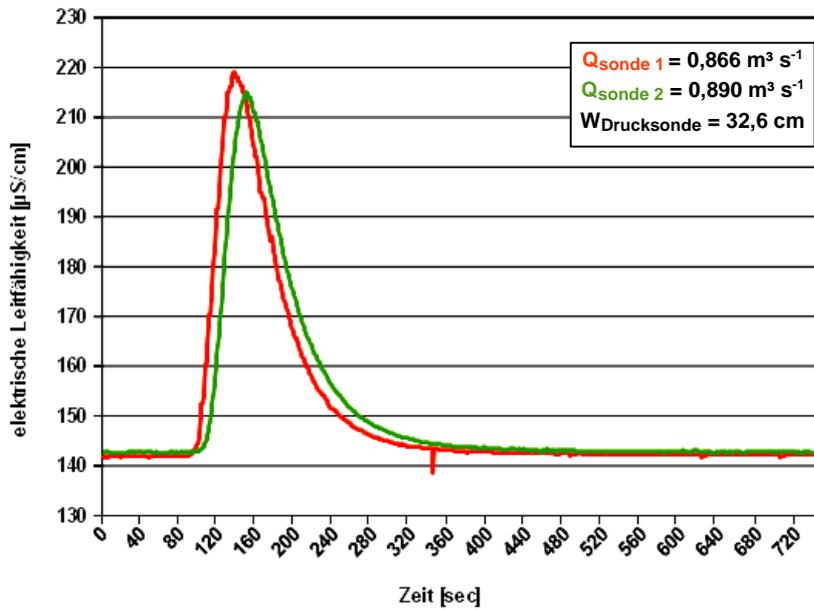


Abb. 1: Salzdurchgangskurven an der Messstelle Partnach-Ursprung am 25.9.14 (nach eigenen Daten)

Eine besondere Herausforderung bei jeder Durchflussmessung ist die optimale Positionierung der Sonden im schnell fließenden Wasser, die Wahl einer geeigneten Eingabestelle für das Salz und das Abschätzen der notwendigen Eingabemenge. Durch die Beschwerung der Messsonden mit einem Stein und Führungsseil (vgl. Abb. 2) wird eine sichere Aufzeichnung der eLF zu jeder Zeit garantiert. Im Vergleich mit fünf weiteren Befestigungsmöglichkeiten (Seilanlage/Umlenkrollen, Prinzip Grundanker, Fixplatzierung im PVC-Rohr, Wanderstock, per Hand) hat sich der Einsatz der Steinbeschwerung als zuverlässigste und einfachste Methode erwiesen.



Abb. 2: Das Prinzip der Sondenbefestigung mit Stein und Stahlseil (eigene Aufnahme).

Die Eingabestelle sollte bei unterschiedlich hohen Wasserständen zugänglich sein und eine gute Durchmischung von Wasser und Salz gewährleisten. Je nach Wasserführung bieten sich an der Partnach zwei unterschiedliche Einspeisepunkte mit 70m bzw. 90m Durchmischungstrecke an. Bei Niedrigwasser wurde die kürzere, im Hochwasserfall die längere Distanz verwendet. Das Salz wurde direkt in einem Zug eingegeben, da aufgrund der sehr hohen Fließgeschwindigkeit, Katarakten und einen Wechsel des Stromstriches innerhalb der Durchmischungstrecke eine sehr gute Vermischung des Salzes mit dem Wasser auch ohne vorherige Auflösung sichergestellt ist. Wie die Durchgangskurven zeigen wurden die Rahmenbedingungen für eine Durchflussmessung mit der Salzverdünnungsmethode vollständig erfüllt.

4. Darstellung der Ergebnisse

Die Auswertung der Daten zeigte nach anfänglichen Misserfolgen (falsche Kalibrierung einer Messsonde) eine hervorragende Übereinstimmung der gemessenen Durchflüsse an beiden Sonden. Dies zeigt eine hohe Qualität der Messungen auch unter extremen Bedingungen. Zur Erstellung der Wasserstands-Abflussbeziehung an der Pegelstelle Partnach-Ursprung konnten bislang acht unterschiedliche Wasserstände und Abflüsse mit insgesamt 16 Wertepaaren herangezogen werden. Die verwendeten Werte des Wasserstandes stammen von den Aufzeichnungen der Drucksonde am Pegel und wurden ständig durch Abstichs- und manuelle Wasserstandsmessungen während den Durchflussmessungen überprüft. Mit den Daten kann eine vorläufige Wasserstands-Abflussbeziehung für den Pegel Partnach-Ursprung mit Durchflüssen bis zu 3,5 m³/s erstellt werden (vgl. Abb. 3).

In Abb. 3 sind zwei mögliche Gleichungen für die Beschreibung des Zusammenhanges von Wasserstand und Abfluss mit ähnlichem Bestimmtheitsmaß dargestellt. Die Extrapolation des linearen Zusammenhangs kann bei niedrigen Wasserständen die Abflüsse nicht korrekt wiedergeben, während die polynomische Anpassung bei Extrapolation über 3,5 m³/s hinaus (blaue gerissene Linie) zur Unterschätzung der Abflüsse führt. Leider konnten im Messzeitraum keine extremen Abflüsse erfasst werden, so dass die jetzt vorliegende Wasserstands-Abflussbeziehung nur eine beschränkte Gültigkeit hat. Insbesondere der für Bilanzierungen wichtige Hochwasserbereich muss durch weitere Messungen in den nächsten Jahren unbedingt abgesichert werden. Das hohe Bestimmtheitsmaß zeigt jedoch deutlich, dass mit der Salzverdünnungsmethode reproduzierbare Durchflussmessungen mit hoher Genauigkeit an einem extremen Standort mit stark turbulentem Fließverhalten möglich sind.

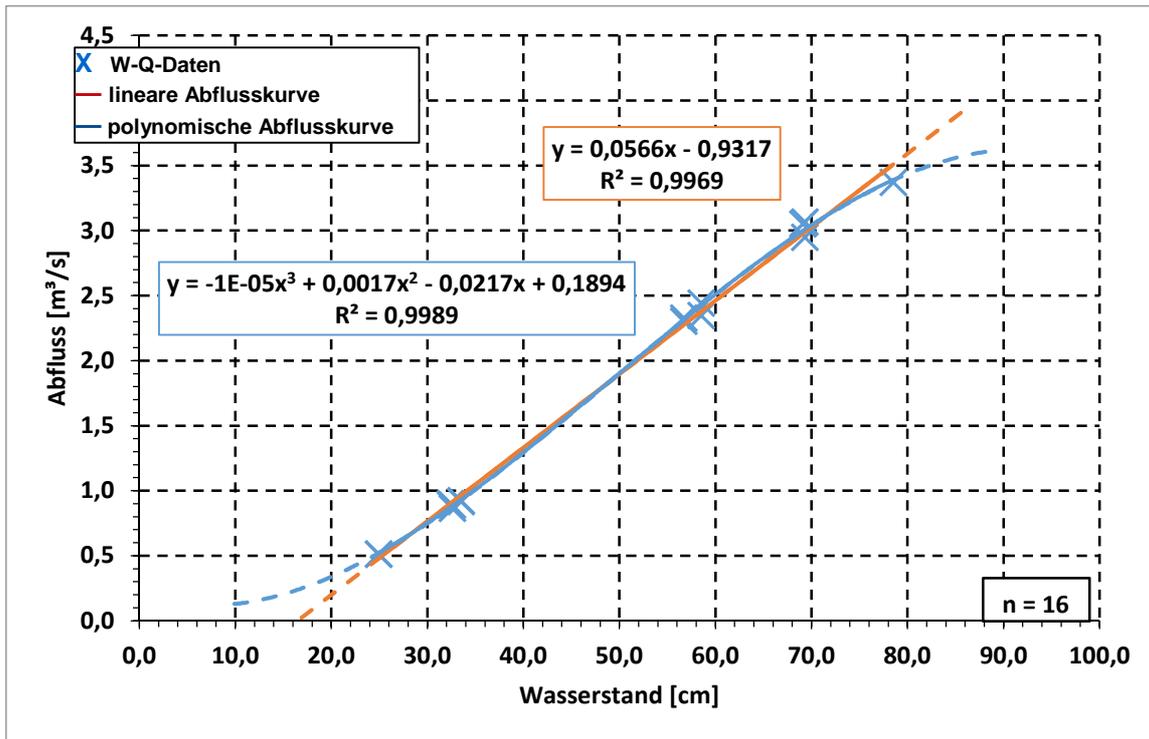


Abb. 3: Wasserstands-Abflussbeziehung am Partnach-Ursprung (nach eigenen Daten)

5. Ausblick und Danksagung

Mit der neu eingerichteten Pegelanlage unterhalb des Partnach-Ursprungs wurde ein wesentlicher Baustein zu einem langfristigen Monitoring des Wasserhaushalts im hochalpinen Zugspitzgebiet realisiert. Zusammen mit den im Gebiet befindlichen hydrometeorologischen Messeinrichtungen (DWD, UFS Schneefernerhaus, Bayr. Lawinenwarndienst) und der besonderen hydrogeologischen Situation (vgl. WETZEL 2004, RAPPL ET AL. 2010) können nun die wesentlichen Größen des alpinen Wasserhaushalts erfasst werden. Im Rahmen der Qualitätssicherung der Daten und für eine korrekte Erfassung auch höherer Abflüsse sind in den nächsten Jahren weitere Abflussmessungen mit der Salzverdünnungsmethode notwendig.

Den Bayerischen Staatsforsten sei für die Fahrerlaubnis und dem Deutschen Alpenverein DAV für logistische Unterstützung gedankt. Das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz hat die Untersuchungen durch finanzielle Förderung ermöglicht.

Literatur

- Leibundgut, Ch., P. Maloszewski & C. Külls (2009): *Tracers in Hydrology*. – *Wiley-Blackwell*, Chichester, 415 S.
- Morche; D. (2006): Aktuelle hydrologische Untersuchungen am Partnach-Ursprung (Wettersteingebirge). *Wasserwirtschaft* 96 (1-2), S. 53-58.
- Morgenschweiß, G. (2010): *Hydrometrie – Theorie und Praxis der Durchflussmessung in offenen Gerinnen* – *Springer*, Berlin Heidelberg, 582 S.
- Reasoner, M., Graumlich, L., Messerli, B. & Bugmann, H. (2002): Global change and mountains. The need for an integrated approach to address human security in the 21st century. Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, Bonn.
- Viviroli, D. & Weingartner, R. (2008): "Water Towers" - A Global View of the Hydrological Importance of Mountains. *Mountains: Sources of Water, Sources of Knowledge* 31, S. 15-20. Springer-Verlag, Dordrecht. ISBN 978-1-4020-6748-8.
- Wetzel, K.-F. (2004): On the hydrology of the Partnach area in the Wetterstein Mountains (Bavarian Alps). *Erdkunde* 58, S. 172-186.
- Wetzel, K.-F. (2005): Discharge analysis of an alpine karst spring - the example of the Partnach spring (Bavarian Alps). *Landschaftsökologie und Umweltforschung* 48, S. 91-98.