

Zusammenfassung der Masterarbeit von Till Zaugg

Experimentell-empirische und modellbasierte Analyse der Rolle des Schneezustandes bei Regen-auf-Schnee-Ereignissen

Im Januar 2018 hat der Rhein bereits zwei Mal die Hochwassergrenze erreicht. Es war dies am 6. Januar sowie am 21. Januar der Fall. Obwohl Hochwasser am Rhein im Winter eher untypisch sind, ist durch das sich ändernde Abflussregime in Zukunft deutlich öfters damit zu rechnen. Gründe dafür sind eine durch den Klimawandel durchschnittlich steigende Schneefallgrenze in den Alpen, sowie erhöhte Niederschlagsfreudigkeit und verfrühte Schmelzwasserbeiträge in den Wintermonaten. Die Kombination von Niederschlag und Schmelzwasser kann zumal ungeahnte Folgen haben. Tritt nämlich – bei einem sogenannten Regen-auf-Schnee-Ereignis – Niederschlag in flüssiger Form auf eine schneebedeckte Oberfläche, kann der Einfluss der Schneedecke sowohl abflusshemmender wie auch abflussverstärkender Natur sein. Einerseits kann Schnee durch seine Porosität Wasser zurückhalten, andererseits kann Schnee durch Regen induziertes Schmelzen und durch bereits enthaltenes Schmelzwasser selbst abflusswirksam werden. Aufgrund dieser Wechselwirkungen stellen Regen-auf-Schnee-Ereignisse eine hohe Unsicherheit für die Hochwasserabschätzung dar. Um diese Wechselwirkungen genauer zu quantifizieren, wurde in der vorliegenden Arbeit die Abflusswirkung verschiedener Schneearten untersucht.

Anhand eines in-situ Feldversuchs mit einem optischen Tracer konnten die Prozesse in einer gesättigten Schneedecke visualisiert werden. Dabei wurde die Relevanz der lateralen präferentiellen Fließwege hervorgehoben. Zudem konnte gezeigt werden, dass präferentielle Fließwege auch in stark umgewandelten Schneedecken auftreten.

Mit einer spezifisch konstruierten Regen-auf-Schnee-Anlage (RASA) wurden Schneeproben künstlich beregnet und der dabei entstehende Abfluss gemessen. Die Schneeproben wurden aus natürlich vorkommenden Schneedecken im Untersuchungsgebiet Grindelwald-First entnommen. Die Schneeeigenschaften wurden jeweils anhand eines Schneeprofiles bestimmt. Durch die spezifische Konstruktion der RASA konnte während der künstlichen Beregnung kontinuierlich das Gewicht der Schneeproben gemessen werden. Dadurch konnte nebst den am Schneeprofil erfassten Daten ebenfalls die Dichte der untersuchten Schneeproben bestimmt werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurden insgesamt 25 Beregnungsexperimente durchgeführt.

Anhand des multiplen Regressionsmodells PLS wurden die erhobenen Schneeeigenschaften auf ihre Abflussrelevanz hin getestet. Dabei konnte ein signifikanter Zusammenhang der Schneefeuchte mit dem Abfluss festgestellt werden. Je feuchter eine Schneedecke, desto mehr Gesamtabfluss trat in den Beregnungsexperimenten auf. Zudem trat eine positive Korrelation zwischen der Schneefeuchte und dem Abflussbeiwert auf. Für die Latenzzeit des Maximalabflusses wurde eine positive Korrelation mit der Schneehöhe und eine negative Korrelation mit der Schneefeuchte festgestellt.

Um den gemessenen Abfluss der Beregnungsexperimente voraussagen zu können, wurde ein fluiddynamisch empirisches, energetisch deterministisches Modell in Anlehnung an die RASA erstellt. Die Ergebnisse der Beregnungsexperimente dienten teils zur Kalibration und teils zur Validation des erstellten Abflussmodells. Im Modell wurden pro Schneeart vier Koeffizienten zum Abflussverhalten kalibriert. Aus den Modellergebnissen wurde eine einfach anwendbare Faustregel abgeleitet, welche gleichermaßen für alle untersuchten Schneearten zutrifft. Diese Faustregel besagt, dass die Wasserrückhaltekapazität der Schneedecken bei rund 4% des anfänglichen Volumens der Schneedecken liegt. Jegliches zusätzliches Schmelz- oder Regenwasser kommt relativ kurzfristig zum Abfluss.