

# Zusammenfassung

Die **Kander** – ein alpiner Fluss mittlerer Grösse im Berner Oberland, Schweiz – wurde zu Beginn des 20. Jahrhunderts über weite Strecken begradigt und verbaut, wodurch die im Talboden bestehende Hochwassergefahr fast vollständig gebannt werden konnte. In Folge der vorgenommenen Eingriffe erhöhte sich die Fliessgeschwindigkeit bzw. die Transportkapazität des Flusses, was schliesslich einen unausgeglichene Geschiebehalt bewirkte. Die hervorgerufenen, stellenweise hohen Erosionsraten und die damit verbundene Sohleneintiefung führten in den letzten Jahren verbreitet zur Unterspülung der Verbauungen, wodurch der Hochwasserschutz langfristig gefährdet ist.

Mit dem Ziel in den nächsten Jahrzehnten einen umfassenden und nachhaltigen Hochwasserschutz für die Kander umzusetzen wurde das **Projekt «Kander.2050»** initiiert. Durch die vorliegende Arbeit, welche im Rahmen dieses Projekts durchgeführt wurde, sollen die für die Hydrologie der Kander bestehenden Kenntnislücken insbesondere im Bereich der hochwasserhydrologischen Verhältnisse geschlossen werden. Damit soll zum Verständnis der Kander als **hydrologisches Gesamtsystem** in räumlicher und zeitlicher Differenzierung beigetragen werden. Zudem sollen die beobachteten Veränderungen und die zu erwartenden Entwicklungen für ausgewählte hochwasserhydrologisch relevante Kenngrössen aufgezeigt werden. Daneben werden hydrologische Bemessungsgrundlagen, welche auch für zukünftige wasserbauliche Projekte im Einzugsgebiet gültig sind, bereitgestellt.

Die inhaltlichen Schwerpunkte der vorliegenden Arbeit umfassen somit die drei folgenden Bereiche:

- > Die Hydrologie der Kander – **gestern**: Analyse und Beurteilung der historischen bzw. aktuellen meteorologischen und hydrologischen Verhältnisse sowie der aufgetretenen Veränderungen im Einzugsgebiet der Kander.
- > Die Hydrologie der Kander – **heute**: Räumlich differenzierte Beurteilung der aktuellen hochwasserhydrologischen Verhältnisse auf Ebene von Teileinzugsgebieten unterschiedlicher räumlicher Skala.
- > Die Hydrologie der Kander – **morgen**: Abschätzung möglicher zukünftiger (hochwasser-) hydrologischer Entwicklungen auf Basis von Klimaszenarien für das Jahr 2050.

Aus den durchgeführten Untersuchungen in diesen drei Bereichen werden die folgenden **Resultate** ersichtlich:

- > **Die Hydrologie der Kander – gestern**: Die in den letzten Jahren an der Kander festgestellten extremen Hochwasserabflüsse stellen sowohl in der Region als auch schweizweit kein aussergewöhnliches Phänomen dar und zeigen eine hohe Übereinstimmung zu den zyklischen Mustern der Hochwasserhäufigkeit. Im Einzugsgebiet ist sowohl für den Winter als auch für den Sommer seit 1900 ein Trend zu grösseren Starkniederschlagssummen sowie eine Zunahme der jährlichen Hochwasserabflüsse zu beobachten. Diese Entwicklung ist sowohl für die Teileinzugsgebiete der Kander als auch für das Berner Oberland und für weite Teile der Schweiz jedoch in unterschiedlicher Ausprägung erkennbar.
- > **Die Hydrologie der Kander – heute**: Anhand der für die Teileinzugsgebiete unterschiedlicher Grössenordnung durchgeführten Hochwasserabschätzungen lassen sich die aktuellen

hochwasserhydrologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet der Kander in verschiedener räumlicher Differenzierung ausweisen. Aus den räumlichen Mustern lassen sich Teileinzugsgebiete bestimmen, welche die hochwasserhydrologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet Kander-Hondrich massgeblich beeinflussen. Es wird ersichtlich dass die Teileinzugsgebiete Chiene-Kien sowie Engstlige-Frutigen die Hochwasserabflüsse bei Kander-Hondrich vorwiegend prägen.

Die Resultate zeigen zudem, dass durch das Zusammenwirken der kleinen Teileinzugsgebiete, das auch durch die Gebietsform der übergeordneten mesoskaligen Einzugsgebiete gesteuert wird, die grossräumigen hochwasserhydrologischen Verhältnisse beeinflusst werden.

- > **Die Hydrologie der Kander – morgen:** Die Untersuchungen zu den Auswirkungen der Klimaänderung wurden mit Hilfe einer im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelten Modellkaskade, bestehend aus einem stochastischen Wettergenerator und einem hydrologischen Modell, durchgeführt. Die Auswirkungen auf die hydrologischen Verhältnisse wurden anhand von sogenannten Sensitivitätsanalysen wie auch anhand der hydrologischen Modellierung von konkreten Klimaszenarien für das Jahr 2050 untersucht.

Die Ergebnisse zeigen, dass im Mittel aller Klimaszenarien für das Jahr 2050 von einem leichten Rückgang der mittleren jährlichen Abflussmenge (-6%) ausgegangen werden muss. Die in den Jahreszeiten unterschiedlich ausgeprägten Veränderungen führen dazu, dass das Abflussregime zukünftig ausgeglichener sein wird. Wie aus den Resultaten hervorgeht, wird der zu erwartende Jahresgang der Abflussverhältnisse jedoch wesentlich vom saisonalen Muster der zukünftigen klimatischen Veränderungen sowie vom vorhandenen Vergletscherungsgrad geprägt sein.

Unter dem Einfluss der Klimaszenarien für das Jahr 2050 ist zudem eine deutliche Zunahme bei der zeitlichen Streuung der Jahreshochwasser zu beobachten, allerdings werden die meisten Jahreshochwasser unverändert im Sommer auftreten. Die Angaben zu den Veränderungen der Abflussmengen bei seltenen Hochwasserereignissen (z.B. HQ100) weisen eine grosse Bandbreite auf; unter dem Einfluss der Klimaszenarien lassen sich sowohl Zu- wie auch Abnahmen der Hochwasserabflussmengen beobachten. Im Mittel aller Szenarien ist von einer geringfügigen Abnahme um -4% auszugehen.

Mit diesen Resultaten konnten die für die Schweiz aktuell vorliegenden qualitativen Angaben zu den Auswirkungen der Klimaänderung auf die hochwasserhydrologischen Verhältnisse (KOHS 2007) für das Einzugsgebiet der Kander bestätigt und quantifiziert werden. Es empfiehlt sich die ausgewiesene Unsicherheit der zukünftigen hochwasserhydrologischen Verhältnisse bei der Massnahmenplanung zu berücksichtigen und die Bemessungsgrössen am oberen Unsicherheitsbereich festzulegen – insbesondere falls ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis der geplanten wasserbaulichen Massnahmen vorliegt.

Abschliessend kann gesagt werden, dass es gelang anhand der im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Untersuchungen bzw. der verwendeten Methoden, die räumliche und zeitliche Information zu den (hochwasser-)hydrologischen Verhältnissen im Einzugsgebiet der Kander wesentlich zu erweitern. Der Vergleich zu den Ergebnissen aus vorliegenden Untersuchungen zeigt, dass die beobachteten Veränderungen und die zu erwartenden Entwicklungen gut mit denjenigen anderer alpiner Einzugsgebiete übereinstimmen – die **Kander** stellt in mancher Hinsicht **keinen hydrologischen Sonderfall** dar.