

# **Modellierungen von Landnutzungsszenarien für Risikoabschätzungen von Flutwellen aus zukünftigen hochalpinen Seen in der Schweiz**

## **Zusammenfassung**

Durch die globale Klimaerwärmung ziehen sich Gletscher immer weiter zurück und legen zuvor eisbedeckte Flächen frei. In diesen Gletschervorfeldern können in Übertiefungen Seen entstehen. Ausserdem werden durch einen Rückzug der Gletscher Felsflanken destabilisiert. Kommen solche Seen unter instabilen Felsflanken zu liegen, können durch Felsstürze in diese Seen Flutwellen ausgelöst werden. Von diesen Flutwellen kann ein grosses Gefahrenpotenzial ausgehen. Denn sie können beim Erreichen von Siedlungen grossen Schaden an Menschen und Infrastruktur anrichten. Um Schäden abschätzen und reduzieren zu können, muss das Risiko solcher Ereignisse ermittelt werden.

Das Ziel dieser Diplomarbeit war, zukünftige Landnutzungsszenarien zu modellieren, um eine Risikoabschätzung von potenziellen zukünftigen Flutwellen aus hochalpinen Seen in der Schweiz durchführen zu können. Als erstes wurde ein Überblick über den Stand der Forschung der Landnutzungsmodelle geschaffen und ein geeignetes Modell für diese Arbeit gesucht. In einem zweiten Schritt wurde eine Methodik entwickelt, die Modellierungen von Landnutzungsszenarien und Risikoabschätzung erlaubt. Zuletzt wurde die entwickelte Methodik anhand eines Fallbeispiels umgesetzt.

Dazu wurde die Arbeit in vier Teile gegliedert, in den Forschungsstand, in die Entwicklung einer Methodik, in die Umsetzung der Methodik anhand eines Fallbeispiels und der Diskussion der Ergebnisse. Im ersten Teil wurde der Stand der Wissenschaft in den Bereichen Risiko, Landnutzungsmodellierungen und Szenarien erarbeitet und diskutiert. Als Resultat wurde eine Liste aktueller Landnutzungsänderungsmodelle erstellt und ihre Eigenschaften im Hinblick auf eine Weiterverwendung untersucht. Aufgrund dieser Liste wurde klar, dass für diese Arbeit eine eigene Methodik erstellt werden musste, denn ein Vorgehen, das Modellierungen von Landnutzungsszenarien und Risikoabschätzungen von Flutwellen miteinander kombinierte, hatte bis anhin gefehlt. Wegen der Komplexität von Landnutzungsänderungsmodellen kam ausserdem das Anwenden eines schon vorhandenen Modells nicht in Frage. Deshalb wurde im zweiten Teil der Arbeit eine eigene Methodik erstellt. Die Herausforderung dabei war, die Erstellung der Landnutzungsszenarien, deren Modellierungen und die Risikoabschätzung auf eine Ebene zu bringen. Im dritten Teil wurde die Methodik anhand der Gemeinde Naters umgesetzt. Zuerst wurden die Landnutzungsszenarien anhand von Experteninterviews, Dokumentenanalysen und Feldbegehungen erstellt. Daraus entstanden drei Szenarien bis ins Jahr 2045, die von der nationalen Wirtschaftslage, vom Tourismus und von den Landwirtschaftssubventionen abhängig waren und sich je nach getroffenen Annahmen anders verhielten. In einem weiteren Schritt wurden die

Landnutzungsszenarien im GIS modelliert. Dazu wurden die Landnutzungsdaten der Arealstatistik ausgewählt sowie klassiert und einen Trend vergangener Änderungen erstellt. Dieser wurde in die Zukunft extrapoliert und anhand der Szenarien angepasst. Die Ergebnisse zeigten für alle Szenarien ein grosses Siedlungswachstum auf Kosten der Landwirtschaft, vor allem im Bereich der Ein- bis Zweifamilienhäusern und der Mehrfamilienhäusern. Schliesslich wurde die Risikoabschätzung durchgeführt. Sie wurde durch die drei Faktoren Intensität, Objektwert/Personen und physische/soziale Vulnerabilität ausgedrückt und für die Risikoabschätzungskarten miteinander multipliziert. Für die Intensität wurden zwei Seeausbruchsszenarien unterschiedlicher Volumen angenommen und in Intensitätskarten dargestellt. Für den Objektwert/Personen sowie der Vulnerabilität wurden durch Dokumentenanalyse und Abschätzungen den Klassen der Landnutzungsszenarien Werte zugeteilt und in Karten dargestellt. Alle modellierten Ergebnisse wurden qualitativ durch die Werte "tief", "mittel", "hoch" und "sehr hoch" ausgedrückt. Die Resultate der Risikokarten zeigten in allen Szenarien eine deutliche Zunahme des Risikos erfolgt durch Verbauungen und Verdichtungen der Flächen. Das grösste Risiko befand sich jeweils in der Nähe der Rhône, wo eine hohe Intensität der Flutwelle und eine Zunahme des Baus von Mehrfamilienhäusern, also hoher Objektwert, Personenanzahl und Vulnerabilität, zu erwarten war.

Mit dieser Diplomarbeit konnte belegt werden, dass die Entwicklung einer Methodik, die bis anhin gefehlt hatte, machbar war, die Modellierungen von Landnutzungsszenarien und Risikoabschätzung von hochalpinen Flutwellen miteinander kombinierte. Ausserdem konnte aufgezeigt werden, dass eine Umsetzung dieser Methodik möglich war und trotz den getroffenen Annahmen klare Ergebnisse lieferte. Die Methodik überzeugte vor allem durch ihre Flexibilität, ihrer klaren Struktur und ihrer Nachvollziehbarkeit. Aussagen über das Schadensausmass eines Ereignisses in Franken sowie den Zeitpunkt eines Ereignisses, wurde in dieser Arbeit nicht behandelt. Für zukünftige Arbeiten wären die Untersuchung dieser zwei Punkte sowie die Eingrenzung der für diese Arbeit getroffenen Unsicherheiten ein interessanter Aspekt. Für weiträumigere Untersuchungen müsste an der Methodik gearbeitet werden. Um das Risiko zu reduzieren, wurde vorgeschlagen, den Siedlungsbau anhand der Raumplanungspolitik zu steuern. Dabei sollte vor allem von den zuständigen Personen in den Gemeinden mit einem offenen Blick in die Zukunft geschaut werden, um mögliche Gefahren erkennen und somit vermeiden zu können. Dennoch müssten Aussagen über das Risiko in einem weiteren Kontext angeschaut werden und die Bedürfnisse und Wünsche der Gemeinden mit einbezogen werden.