

## Wie wirkt sich der Wald auf die Anfälligkeit für flachgründige Hangrutschungen aus?

Hangrutschungen stellen im Alpenraum eine ernsthafte Bedrohung für Menschen, Infrastruktur und landwirtschaftlich genutztes Land dar. Generell wird angenommen, dass sich Vegetation und insbesondere Wald positiv auf die Hangstabilität auswirken. Der Gebirgswald nimmt somit eine wichtige Schutzfunktion gegen Rutschungen ein. Feldinventuren von flachgründigen Rutschungen aus verschiedenen Regionen der Schweiz zeigen jedoch, dass der Rutschungsanteil in Wäldern beträchtlich sein kann. Dies lässt vermuten, dass nicht nur die Präsenz von Wald, sondern auch die Waldstruktur eine wichtige Rolle für die Hangstabilität spielt. Ziel der vorliegenden Masterarbeit ist es, statistische Modelle zur Vorhersage der Anfälligkeit für Hangrutschungen zu entwerfen, die neben geomorphologischen, topographischen und hydrologischen Parametern insbesondere auch verschiedene Waldstruktur-Variablen enthalten. Auf diese Weise soll aufgezeigt werden, inwiefern die Waldstruktur das Auftreten von flachgründigen Hangrutschungen beeinflusst.

Die Grundlage der Studie bilden zwei Rutschungsinventuren, welche die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) 1997 in Sachseln OW und 2005 in St. Antönien GR durchgeführt hat. Für jede Rutschfläche sowie für vergleichbare Kontrollflächen wurden im Rahmen der vorliegenden Studie Variablen erhoben, die den Wald, das Terrain sowie die hydrologischen Verhältnisse beschreiben. Sie wurden im Feld gemessen (St. Antönien) und mittels LiDAR-basierten Höhenmodellen berechnet (St. Antönien und Sachseln), respektive von einer Bestandskarte abgeleitet (Sachseln). Anschliessend wurden die Daten mit univariater und multivariater Statistik analysiert. Es kamen drei verschiedene multivariate Modelle – logistische Regression, Klassifikationsbäume und Random Forests – zur Anwendung. Die Güte der Modelle wurde jeweils mittels Kreuzvalidierung des gesamten Datensatzes erhoben. Dabei diente die Fläche unter der *Receiver Operating Characteristic Curve* (AUC) als Mass für die Klassifikationsgenauigkeit.

Nebst Gelände- und hydrologischen Faktoren hatte die Waldstruktur einen signifikanten Einfluss auf die Hangstabilität. Gemäss den Felddaten von St. Antönien steigt die Anfälligkeit für Hangrutschungen mit abnehmendem Kronendeckungsgrad, zunehmender Lückenlänge und einer zunehmenden Distanz zwischen dem (potentiellen) Auslösepunkt der Rutschung und den nächsten Bäumen. Die Analyse von Höhenmodellen von St. Antönien ergab hingegen nur signifikante Effekte für die Neigung, die Krümmung, den *weighted Topographic Wetness Index* (niedriger bei Rutschungen) und die Baumkantendichte. Letztere dient als Mass für die strukturelle Diversität des Waldes und war bei Rutschungen signifikant höher als in Kontrollflächen. In Sachseln waren die maximale und die minimale Baumhöhe, die Standardabweichung der Baumhöhe sowie die Baumkantendichte in Rutschflächen signifikant niedriger als in Kontrollflächen. Zudem wurden Rutschflächen häufiger von Jungwuchs sowie von Nadel- und Mischwäldern dominiert. Kontrollflächen hingegen gehören generell zu älteren Beständen und haben einen höheren Laubbaumanteil.

Multivariate Modelle, welche die Waldstruktur miteinbeziehen, erzielten eine höhere Leistung als Modelle, die nur auf Gelände- und hydrologischen Variablen basieren. Ferner war die Klassifikationsgenauigkeit der Modelle basierend auf Feld-Variablen deutlich höher als jene der Modelle basierend auf LiDAR-Variablen. Dies deutet darauf hin, dass die Auflösung der hier verwendeten digitalen Höhenmodelle (*cell size* = 2 m) zu gering ist, um lokale Unterschiede in der Waldstruktur, welche die Hangstabilität beeinflussen, zu erkennen. So konnten Bestandeslücken sowie Einzelbäume mit dem digitalen Vegetationshöhenmodell nur unbefriedigend eruiert werden. Die unterschiedlichen Resultate der beiden Untersuchungsgebiete zeigen, dass der Effekt der Waldstruktur stark von regionalen und lokalen Gegebenheiten, wie beispielsweise von den Vegetationszonen, den Höhenstufen, der Grösse des Untersuchungsgebietes und vom auslösenden Niederschlag, abhängt. Zudem kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Resultate leicht verzerrt sind, da die Datenaufnahme erst einige Jahre nach den Rutschereignissen erfolgte.

Trotz dieser Einschränkungen hat die Studie neue Erkenntnisse über den Einfluss der Waldstruktur auf die Hangstabilität hervorgebracht, die für das Naturgefahrenmanagement und die Gebirgswaldpflege relevant sind. Um diese Resultate noch besser auf andere Gebiete übertragen zu können, empfehlen sich weitere Analysen mit grösseren Datensätzen in verschiedenen Untersuchungsgebieten.