Leicht ergänzte Version des am 16. Januar 2021 in der Neuen Zürcher Zeitung erschienenen Artikels mit Zusatzinformationen

Wenn die Wurzeln reissen, gerät der Boden ins Rutschen

Erdrutsche zählen zu den häufigsten Naturgefahren. Die Vegetation, Baumwurzeln und Bodenorganismen erhöhen die Stabilität der Hänge. Ein vielfältiger Wald wirkt besonders gut gegen Rutschungen.

Intensive Niederschläge führen nicht nur zu Hochwasser und Überschwemmungen. Immer wieder geraten auch wassergesättigte Hänge ins Rutschen. Fachleute sprechen von spontanen Rutschungen und Hangmuren. In diesem Jahr war bisher vor allem das Tessin betroffen. Ende August kam es zu Sachschäden, und ein Erdrutsch unterbrach die Bahnlinie zwischen Magadino und Luino. Personen kamen keine zu Schaden.

Übernutzung als Ursache für Erdrutsche

In Zukunft könnten sich Erdrutsche häufen. Denn wegen der Klimaerwärmung ist häufiger mit Starkniederschlägen zu rechnen. Ein verändertes Klima ist aber nur ein Faktor. Seit langem ist bekannt, dass die Vegetationsdecke die Stabilität von Hängen beeinflusst. So waren etwa Rutschungen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in den Alpen und Voralpen der Schweiz ein weit verbreitetes Phänomen. Ursache für die vielen Hangrutsche waren vor allem übernutzte Weiden, die verbreitete Abholzung sowie der schlechte Zustand der Wälder im Gebirge. In Kombination mit den verheerenden Überschwemmungen im Flachland führte dies 1876/77 zu den ersten nationalen Forst- und Wasserbaugesetzen. Diese lösten Aufforstungsprogramme aus, deren Umsetzung bis weit ins 20. Jahrhundert reichte.

Die Medizin wirkte: die vegetationslosen Flächen wurden begrünt, die Narben verheilten. Doch hundert Jahre nach dem Beginn der Aufforstungen riefen mehrere Unwetter ab 1977 in Erinnerung, dass nach wie vor mit spontanen Rutschungen zu rechnen ist. In Sachseln beispielsweise kam es 1997 während intensiver Niederschläge zu rund 400 Rutschungen. Nach dem Unwetter im August 2005 zählte man schweizweit über 5000 Erdrutsche.

Über 700 dokumentierte Ereignisse

Die Forschung griff das Thema auf und begann, Rutschereignisse zu dokumentieren. Eine Datenbank an der Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL enthält inzwischen über 700 gut dokumentierte Rutschungen in fünf Kantonen. «Lange hiess es, im Wald gebe es kaum Rutschungen», sagt Christian Rickli von der WSL in Birmensdorf.

Doch auch im Wald könne ein Hang abrutschen. Die statistische Auswertung förderte aber klare Unterschiede ans Licht. Bis zu Hangneigungen von 38 Grad gab es im Freiland mehr Rutschungen als im Wald. Die geringere Anzahl Rutschungen wird unter anderem mit der verstärkenden Wirkung der Wurzeln im Boden erklärt.

Im noch steileren Gelände werden aber die Grenzen des Waldes erkennbar. Dort ereigneten sich sogar mehr Rutschungen als im offenen Gelände. Das hängt auch damit zusammen, dass an steilen Hängen öfters Wald wächst, weil sich eine landwirtschaftliche Nutzung nicht lohnt und diese steilen Wälder meist auch weniger gepflegt werden. Die Auswertungen zeigen aber auch Unterschiede von Wald zu Wald. So schützen sehr dichte, einförmige Wälder und von Windwurf betroffene Flächen weniger gut vor Rutschungen als stufige Wälder mit verschiedenen Baumarten und Bäumen unterschiedlichen Alters.

Zentrale Rolle der Wurzeln

Ein wichtiges stabilisierendes Element sind Baumwurzeln. Ist die Reibung zwischen den Bodenteilchen zu klein und hält die Kohäsion den hangabwärts gerichteten Kräften nicht mehr stand, sind es die Wurzeln, die wie eine Armierung wirken. «Zuerst reissen die feineren Wurzeln, später die dickeren», erklärt Massimiliano Schwarz von der Berner Fachhochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL in Zollikofen. Bei grösseren Rutschungen ist vor allem die basale Wirkung der Wurzeln wichtig. Liegt die Gleitfläche ein bis zwei Metern unter der Oberfläche, können Wurzeln durch diese hindurch wachsen und wie Nägel wirken. Erst seit wenigen Jahren wird auch die sogenannte laterale Wirkung erforscht. Rutscht ein Hang ab, wirken die Wurzeln an der Abrisskante dem Abrutschen entgegen.

Welchen Zugkräften Wurzeln standzuhalten vermögen, ist in den letzten Jahren experimentell an freigelegten Wurzeln untersucht worden. Die Forscher fanden Unterschiede bei den Baumarten. So können die Wurzeln von Fichten geringeren Kräften standhalten als diejenigen von Kastanienbäumen. Noch stärker als diese sind die Wurzeln von Weisstannen und vor allem von Buchen. Dies liege an der unterschiedlichen Verteilung der Wurzeln im Boden und deren mechanischen Eigenschaften, sagt Schwarz. Bei den beiden Nadelbäumen Fichte und Weisstanne besteht ein wesentlicher Unterschied auch darin, dass die Fichte oberflächlich wurzelt, während die Weisstanne auch tiefere Bodenschichten erschliesst.

Auf der Alpensüdseite führten die Wissenschaftler Wurzelmessungen sogar am Götterbaum durch. Diese eingeführte Baumart verdrängt zunehmend Buchen und Kastanien. Götterbäume haben tiefe Pfahlwurzeln und nur wenig seitliche Grobwurzeln. Die Ergebnisse zeigen, dass in Reinbeständen die Wurzelverstärkung im Vergleich zu Buchen- oder Kastanienwälder geringer ausfällt. Einzeln beigemischt, erhöhen ältere Götterbäume hingegen die Hangstabilität, weil sie zu einer Diversifizierung der Durchwurzelung beitragen.

Die Ergebnisse sind wertvoll für die Entwicklung von Modellen, mit denen die Wirkung der Wurzeln auf die Hangstabilität ermittelt werden kann. Besonders realitätsnahe Ergebnisse ergeben sich, wenn auch die Position der Bäume auf der Fläche und damit die räumliche Wurzelverteilung berücksichtigt wird. Solche Modelle sind zunehmend auch nutzbar für praktische Anwendungen wie Gefahrenbeurteilungen und Risikoabschätzungen.

Eine wichtige Frage ist, wie lange die verstärkende Wirkung der Wurzeln noch anhält, wenn Bäume abgestorben sind. «Drei bis fünf Jahre ist noch eine gewisse Wirkung vorhanden», sagt Schwarz. Sterben Bäume auf grösserer Fläche gleichzeitig ab, können Probleme

auftreten. Bis das Wurzelwerk des neuen Bestandes wirksam ist, kann es im Gebirgswald nämlich mehrere Jahrzehnte dauern.

Der Klebstoff im Boden

Neben der mechanischen Wirkung der Wurzeln ist auch ihre biologische und hydrologische Wirkung essenziell. In einem gesunden Boden laufen verschiedenste biochemische Prozesse ab. Mikroorganismen wie Bakterien und Pilze scheiden Stoffe aus, beispielsweise Polysaccharide. «Diese wirken wie Klebstoff», sagt Frank Graf vom WSL-Institut für Schnee und Lawinenforschung SLF in Davos. «Damit werden einzelne Bodenteilchen zu stabilen Aggregaten verkittet.» Vor allem Mykorrhizapilze, die mit den feinen Baumwurzeln assoziiert sind, bilden solche Bausteine. Die weit verzweigten Fäden dieser Pilze halten die einzelnen Bodenteilchen wie Päckchen zusammen und schaffen zusammen mit den Wurzeln eine vielfältige Bodenstruktur mit einem stabilen Porensystem. Je besser die Poren ausgebildet sind, umso mehr Nährstoffe und Wasser kann ein Boden speichern. Nährstoffe fördern das Pflanzenwachstum. Die Wasserspeicherkapazität eines Bodens wiederum ist wichtig, denn die Auslösung einer Rutschung ist eng mit der Wassersättigung und dem Anstieg des Porenwasserdrucks verknüpft. Und das Wasserspeicherpotenzial eines Bodens wird zu einem guten Teil durch die Wurzeln bestimmt.

Neue Erkenntnisse generierte auch ein Forschungsprojekt des Nationalen Forschungsprogramms «Ressource Boden». Ein gut durchwurzelter Boden führt demnach zu einer «biologischen Erhöhung» der bodenmechanischen Stabilität. Im Vergleich zu einem unbewachsenen, trockenen Sandhaufen, bei dem insbesondere die Reibung zwischen den Sandkörnern die maximale Neigung bestimmt, ist bewachsenes Bodenmaterial auch an steileren Hängen noch stabil. «Im Labor zeigte sich, dass gut durchwurzelte Böden bis zu fünf Grad steiler stabil bleiben, als dies der Reibungswinkel des Bodenmaterials vermuten liesse», sagt Graf. Gemäss der in der WSL-Datenbank erfassten Rutschungen kann in gut strukturierten Wäldern die Hangneigung teilweise sogar noch steiler sein.

Stabilität dank Vielfalt

Besonders wirksam sind gut strukturierte Wälder, welche verschiedene Baumarten mit unterschiedlichen Wurzelsystemen wie Flach- und Tiefwurzler aufweisen. Homogene Bestände haben den Nachteil, dass die Schutzwirkung auf einen Schlag massiv abnimmt, wenn aus irgendeinem Grund viele Bäume innerhalb kurzer Zeit absterben. Deshalb achten Förster darauf, möglichst immer auch junge Bäume in einem Waldbestand nachzuziehen. Dafür braucht es Lücken im Wald. Diese müssen genug gross sein, damit junge Bäume eine Chance haben, aber auch nicht zu gross, weil sonst Rutschungen entstehen können.

Wie Fallstudien zeigen, lohnt es sich, den Wald an rutschgefährdeten Stellen gemäss den neuesten Erkenntnissen optimal zu pflegen. Er bietet jedoch – insbesondere bei extremen Niederschlägen – keinen vollständigen Schutz. Ohne Wald würden die Hänge aber bereits bei geringeren Regenmengen instabil.

Die Bedeutung von Erdrutschen und des Schutzwaldes

Auf rund 6 bis 8 Prozent der Landesfläche der Schweiz ist der Untergrund instabil. Bei starken Regenfällen kommt es immer wieder zu flachgründigen Rutschungen. In mehreren Regionen im Berggebiet rutschen auch ganze Talflanken ab. Problematisch wird es aber erst, wenn die Rutschgeschwindigkeiten zu gross werden – wie derzeit in Brienz GR im Albulatal. Im Unterschied zu flachgründigen Rutschungen spielt bei Rutschungen mit einer Gleitschicht tief im Untergrund die Vegetation keine nennenswerte Rolle.

Erdrutsche verursachen Schäden an Häusern, Infrastrukturanlagen, Strassen und Bahnlinien. In eher seltenen Fällen sind auch Todesopfer zu beklagen. Die Eidgenössische Forschungsanstalt WSL stellt mit finanzieller Unterstützung des Bundesamtes für Umwelt seit vielen Jahren die Schäden infolge von Hochwasser, Murgängen, Rutschungen und Sturzprozessen zusammen (die Lawinenereignisse werden separat erhoben). Die jährliche, mittlere nominale Schadensumme beträgt rund 250 Millionen Franken, wobei Hochwasserschäden 88 Prozent davon ausmachen. Rutschungen haben einen durchschnittlichen Anteil von 6 Prozent (15 Millionen Franken pro Jahr). Der Anteil der verschiedenen Prozesse an den gesamten Schadenkosten variiert von Jahr zu Jahr sehr stark. So belaufen sich in vielen Jahren die durch Rutschungen verursachten Schäden lediglich auf 1 bis 2 Prozent der im Rahmen dieser Statistik erhobenen Kosten. Im Jahr 2018 waren es hingegen 19 Prozent, vor allem aufgrund der vielen Ereignisse im Januar 2018 im Wallis. Folgenschwer war auch das Jahr 2014 mit einem Todesopfer im August in Graubünden und vier Todesopfern bei Starkniederschlägen im November im Tessin.

Gemäss der Schutzwaldmodellierung des Bundes schützt fast die Hälfte des Schweizer Waldes vor Naturgefahren. Als Schutzwälder gegen Rutschungen zählen Wälder, die entweder direkt ein Schadenpotenzial schützen oder solche, die in Kombination mit einem Gerinne Schäden verhindern können. Der grösste Flächenanteil des Schutzwaldes, nämlich 80 Prozent, wirkt schadenrelevanten Gerinneprozessen entgegen. 27 Prozent des Schutzwaldes schützen ein Schadenpotenzial unmittelbar vor Rutschungen. Bezogen auf die gesamte Schutzwaldfläche sind Rutschungen die häufigste Naturgefahr, gegen die der Wald schützt. Im Rahmen der Waldgesetzgebung unterstützt der Bund die Schutzwaldpflege in den Kantonen.

Quellen und Links

Artikel in der Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen über die WSL-Datenbank:
https://doi.org/10.3188/szf.2019.0310

Artikel in der Schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen Wurzelverstärkungen und Hangstabilität:
https://doi.org/10.3188/szf.2019.0292

Bericht Pflanzenwirkungen zum Schutz vor flachgründigen Rutschungen:
https://www.wsl.ch/de/publikationen/pflanzenwirkungen-zum-schutz-vor-flachgruendigen-rutschungen.html
www.wsl.ch > Publikationen > WSL Berichte > 2017 (WSL Berichte 56

Fallstudie Protect Bio von BAFU und SBB:
https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/fachinformationen/umgang-mit-naturgefahren/naturgefahren--massnahmen/naturgefahren--biologische-massnahmen.html
www.bafu.admin.ch > Themen > Thema Naturgefahren > Fachinformationen Wasser, Rutschungen, Sturz, Lawinen > Umfang mit Naturgefahren > Massnahmen > Biologische Massnahmen

.....

Lukas Denzler
Dipl. Forst-Ing. ETH / Freier Journalist BR
Binzwiesenstrasse 32 / 8057 Zürich
www.lukasdenzler.ch