

Naturkatastrophen durch Klimawandel im Kaukasus?

Hochwasser und Hanginstabilitäten in Georgien immer häufiger

Von Ina Keggenhoff, Tatjana Keller, Mariam Elizbarashvili,
Ramin Gobejishvili und Lorenz King



Anzahl und Ausmaß von Hochwasserereignissen und Murgängen in der Region Kazbegi entlang der historisch wichtigen Heerstraße von der georgischen Hauptstadt Tiflis über den Großen Kaukasus nach Russland sind in der jüngsten Vergangenheit stark angestiegen. Zudem sind im Zuge des Baus der Pipeline Baku-Tiflis-Ceyhan (BTC-Pipeline) auch in der Region Bakuriani des Kleinen Kaukasus vermehrt Hanginstabilitäten durch großflächige Eingriffe in die Landschaft aufgetreten. Inwieweit der Klimawandel und Starkregenereignisse Auslöser von häufigeren Massenbewegungen und Hochwasserereignissen sind, das wird im Rahmen der Teilprojekte B1 „Klimawandel“ und B2 „Massenbewegungen“ des Forschungsprojektes *amies* untersucht.

■ Abb. 1: Gletscher im Grenzgebiet von Georgien und Russland sind wichtige Wasserspeicher für die umliegenden Tieflagen, weisen aber seit Jahren eine negative Gletschermassenbilanz (Gletscherrückzug) auf. Die Ursachen dieser alarmierenden Entwicklung werden in diesem Projekt untersucht.

Foto: *Levan Tielidze*

Die Veränderungen der Lufttemperatur und die Niederschläge sowie den Gletscherrückgang im Untersuchungsgebiet und das damit verbundene Abflussverhalten während der letzten Jahrzehnte sowie Hochwasserereignisse analysiert das Teilprojekt B1 „Klimawandel“. Teilprojekt B2 „Massenbewegungen“ verfolgt das Ziel, die Ursachen der aufgetretenen Murgänge zu erkennen und Risikogebiete für künftige Schlamm- und Gerölllawinen zu identifizieren. Die laufenden Arbeiten haben zunächst die Region Kazbegi im Fokus.

Das Klima

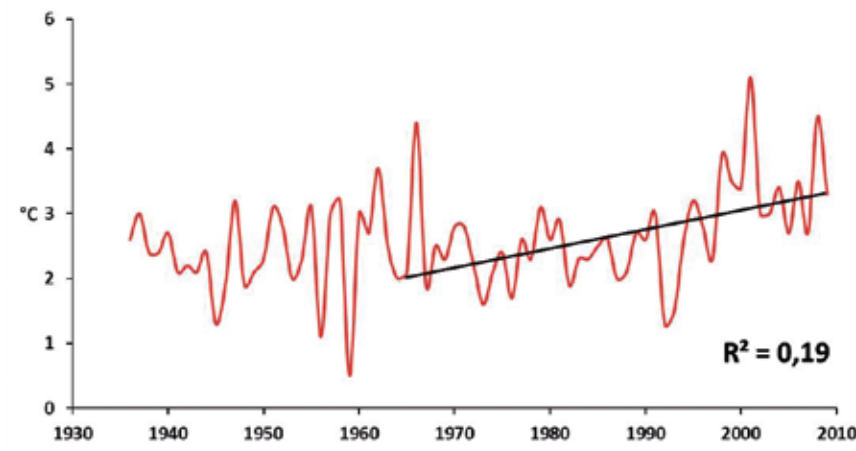
Die lokalen Klimaverhältnisse in der Region Kazbegi variieren entsprechend der Höhenlage, der Morphologie und der Hangexposition. Generell sind in geringen Höhenlagen des Untersuchungsgebietes auf etwa 1.100 m ü. NN die Sommer lang und feucht, die Winter eher kurz und trocken. Im trockensten Monat Januar fallen maximal 80 mm Niederschlag, im niederschlagsreichsten Monat Mai jedoch 140–180 mm. Die jährliche Jahresniederschlagssumme in Pasaauri (1.064 m), liegt bei 1.010 mm. Die nivale Stufe, die Schneegrenze, beginnt bei 3.400 m, mit einer Niederschlagssumme von etwa 1.260 mm. Bei 4.300 m wird die glaziale Höhenstufe erreicht. In diese Höhenstufe reicht der in der Region höchste Berg, der Mount Kazbeg (5.047 m ü. NN) weit hinein.

Die lokalen klimatischen Verhältnisse werden von der atmosphärischen Zirkulation über dem Großen Kaukasus beeinflusst, der vom Schwarzen Meer im Westen zur Kaspisee im Osten führt. Das Islandtief im Westen und das Sibirische Hoch im Osten sorgen für kalte Winter. In den Sommermonaten bestimmen Ausläufer des Azorenhochs das regionale Klima. Wie in vielen Hochgebirgsregionen sind häufig auftretende gewitterhafte Starkniederschläge im Sommer typisch. Diese treten oft nur lokal begrenzt auf und können dann Hochwasserereignisse und Murgänge auslösen.

Gletscher als Wasserspeicher

Hochgebirge wie der Große Kaukasus nehmen eine wichtige Rolle im Wasserhaushalt der Erde ein, denn sie erhalten mehr Niederschlag, als die sie umgebenden Niederungen. Dieser wird im Winter in Schnee und Gletschern gespeichert und steht im Frühjahr und Sommer als erhöhter Abfluss zur Verfügung. Gletscher spielen somit eine entscheidende Rolle für die saisonale Wasserbereitstellung, sei es zur Trinkwasserversorgung, Bewässerung oder zur Stromerzeugung durch Wasserkraft. Die mehr als 1.200 Gletscher des Großen Kaukasus speisen so im Sommerhalbjahr zwischen Mai und September die Flüsse und Seen der Region. Dabei nimmt die Gletschermasse ab. Die Zunahme der Gletschermasse findet von Oktober bis

Trend der Lufttemperatur in Gudauri (2197m)



■ Abb. 2: Seit etwa 1970 steigen die an der Klimastation Gudauri gemessenen Lufttemperaturen an und sind als ein Beleg für den Klimawandel in der Untersuchungsregion Kazbegi zu werten.

ab Mitte der 1960er Jahre ein positiver Temperaturtrend einstellt. Vor 1965 kann kein signifikanter Trend festgestellt werden. Der Trend ist bei den Klimastationen unterschiedlich hoch und liegt zwischen $0,2^{\circ}\text{C}$ und $0,3^{\circ}\text{C}$ pro Dekade (Abb. 2). Die positiven Temperaturtrends in der Region Kazbegi belegen, dass im Zuge der globalen Erwärmung auch im Untersuchungsgebiet die Lufttemperatur stetig ansteigt.

Auch für den Niederschlag ist zwischen 1936 und 2009 eine Trendwende zu beobachten. Bei den negativen Niederschlagstrends zwischen 1936 und 2009 zeigen sich ab Ende der 1960er Jahre wesentlich geringere

■ Abb. 3: Auch die seit den 1960er Jahren steigenden Sommertemperaturen am Mount Kazbeg zeigen den Klimawandel in der Region Kazbegi deutlich an.

April statt. Die Differenz von Massenzunahme und -abnahme wird als Gletschermassenbilanz bezeichnet.

Im östlichen Teil des Großen Kaukasus liegt ein stark vergletschertes Gebiet in der Grenzregion Kazbegi zwischen Georgien und Russland (Abb. 1). Es umgibt den Mount Kazbeg mit 99 sehr unterschiedlichen Gletschern und stellt die Hauptwasserquelle sowohl für die umgebenden Niederungen Kazbegis als auch für ein großes Einzugsgebiet der Russischen Föderation dar.

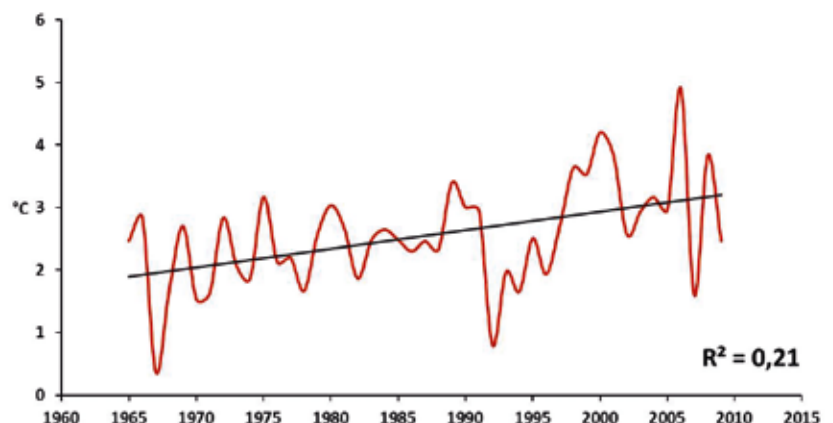
Klimawandel und Gletscherschmelze

Aktuelle Studien belegen einen relativ rapiden Gletscherrückzug im Großen Kaukasus. Während der ersten Geländearbeiten im Sommer 2010 wurde die Länge der Gletscherzunge des etwa 8,5 km langen Gergeti-Gletschers vermessen, der sich auf der südöstlichen Seite des Kazbeg befindet. Seine Oberfläche erstreckt sich über etwa 7 km². Im Vergleich zur letzten Längenmessung der Gletscherzunge, die 2004 durch georgische Projektpartner durchgeführt wurde, hat sich der Gletscher um 123 m zurückgezogen, somit durchschnittlich um 20 m pro Jahr. Der Längenrückgang bedeutet auch

eine negative Gletschermassenbilanz. Dieser Trend kann von unterschiedlichen Klimavariablen abhängen, einer ansteigenden Lufttemperatur und damit einer verstärkten Gletscherschmelze. Ebenso kann auch ein langfristig abnehmender Niederschlag dafür verantwortlich sein.

Im Teilprojekt „Klimawandel“ wurden statistische Analysen der lokalen Klimaverhältnisse und der kurz- bis mittelfristigen Klimaänderungen mittels Daten mehrerer Klimastationen durchgeführt. Sie umfassen monatliche Lufttemperaturen und Niederschlagshöhen im Zeitraum von 1936 bis 2009. Im annualen Temperaturverlauf ist zu beobachten, dass sich

Trend der Sommertemperaturen am Mt. Kazbeg (3656m)



negative Trendraten und sogar positive Niederschlagstrends zwischen 6 und 13 mm pro Dekade. Als eine Folge davon zeigen auch die langfristigen Schwankungen von Gletschermassenbilanzen und der Abfluss der hauptsächlich durch Gletscher gespeisten Flüsse entsprechende Tendenzen. Die auf 3.656 Metern hoch gelegene Gebirgsstation Kazbegi liegt nur unweit vom Gergeti-Gletscher entfernt und zeigt einen relativ hohen Trend der Sommertemperaturen von 0,3°C pro Dekade ab Mitte der 1960er Jahre (Abb. 3).

Die Niederschläge von Oktober bis April, also während der winterlichen Akkumulation der Gletschermasse nehmen gleichzeitig zu, so an der Station Kazbegi ab Ende der 1960er Jahre um 31 mm pro Dekade (Abb. 4). Angesichts der fortschreitenden Gletscherschmelze heißt dies, dass der ansteigende Niederschlag während des Winterhalbjahres die Auswirkungen der zunehmenden Lufttemperaturen im Sommerhalbjahr nicht kompensieren kann.

Der Abfluss des Oberen Tergi

Im Untersuchungsgebiet kommen große Wasserressourcen vor. Schnee und Gletscher speisen vulkanische Seen und ein dichtes Netz von Flüssen. Das

Abflussregime ist typisch für Flüsse, die durch Schmelzwasser aus Gletschern und Schnee gespeist werden. Ihr Abfluss ist von hohen Maxima im Sommer und Minima im Winter gekennzeichnet. Der größte Fluss der Region, der Tergi, umfasst ein Einzugsgebiet von insgesamt 43.200 km², von dem sich 18 % in Georgien und 82 % in Russland befinden. Der Fluss entspringt im Gletschergebiet des Kazbegi, erreicht nach 61 km die russische Grenze und mündet nach weiteren 562 km ins Kaspische Meer. Bei Stepantsminda am Fuße des Mount Kazbeg weist der Tergi einen mittleren jährlichen Abfluss von 23,6 m³/sek auf. Im Juni und Juli fließen allein 56 % des gesamten Jahresabflusses ab.

Statistische Auswertungen der monatlichen Abflussdaten zwischen 1927 und 1985 lassen auf einen stetig ansteigenden Abflusstrend schließen. Die auslösenden hydrometeorologischen Faktoren für Hochwasserereignisse und Murgänge werden, soweit möglich, durch eine ergänzende statistische Analyse der stündlichen bzw. täglichen Niederschlagsdaten untersucht werden.

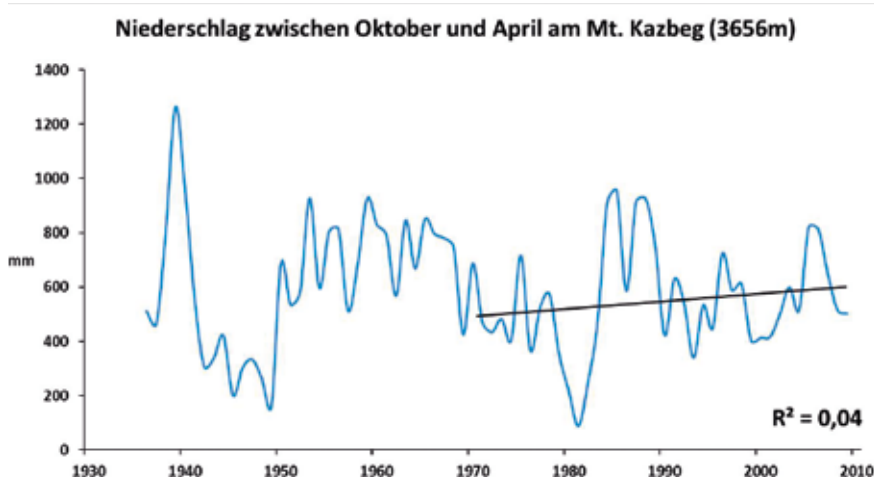
Ursache für Hochwasserereignisse können sowohl extreme Starkregenereignisse als auch ein rasches Abschmelzen von Schnee und Gletschereis sein. Zudem können auch

Murgänge Flüsse aufstauen, die danach ausbrechen können.

Abflusszenarien und Hochwassergefahrenkarten

Zwei Geländearbeitsphasen und computerbasierte Modellierungen mittels empirischer Programme, Fernerkundung und GIS werden weitere Erkenntnisse liefern. Entlang der georgischen Heerstraße zwischen Pasaunauri bis hin zur russischen Grenze werden überschwemmungs- und erosionsgefährdete Gebiete sowie bestehende Hochwasserschutzmaßnahmen in Zusammenarbeit mit den georgischen Partnern des *amies*-Projektes kartiert. Ziel ist die Erstellung einer Hochwassergefahrenkarte sowie die Entwicklung zukünftiger Abflusszenarien für die Flüsse Tergi und Aragvi mittels computergestützter Modelle, die Klima- und Oberflächenabflussdaten berücksichtigen. Dazu wird auch ein regionales Klimamodell entwickelt, das mit verschiedenen CO₂-Emissionsszenarien zukünftige Klimaszenarien für die Jahre 2050 und 2100 modelliert. Eine Umrechnung von einem globalen Klimamodellausschnitt auf regionale Ebene ermöglicht die Entwicklung eines regionalen Abflussmodells, das in verschiedenen Abflusszenarien Verwendung findet. Dabei müssen sowohl zukünftige Klimaänderung als auch Vergletscherungsraten berücksichtigt werden.

■ Abb. 4: Im Zeitraum der winterlichen Akkumulation der Gletschermassen um den Mount Kazbegi steigen die Niederschläge seit etwa 1970 leicht an. Dies kann die sommerliche Gletscherschmelze als eine Folge der zunehmenden Lufttemperaturen im Sommerhalbjahr aber nicht kompensieren.



Neben der Modellierung von Klima und Abfluss wird durch die Auswertung von Satellitenbildern und den Einsatz eines Geographi-

schon Informationssystems (GIS) der Gletscherrückzug in der Region Kazbegi visualisiert. Potenzielle Überschwemmungsflächen im Unter-

suchungsgebiet werden durch eine GIS-basierte Analyse von digitalen Höhenmodellen, digitalen topographischen Karten und im Gelände

DIE AUTORINNEN UND AUTOREN

Tatjana Keller, Jahrgang 1972, studierte in Moskau und Karlsruhe Geologie und Geoökologie mit dem Schwerpunkt Fernerkundung. Seit April 2010 ist sie wissenschaftli-



che Mitarbeiterin am Zentrum für internationale Entwicklungs- und Umweltforschung der Universität Gießen und promoviert bei Prof. King im Rahmen des Forschungsprojektes *amies* zum Thema „Massenbewegungen und Klimawandel in Kazbegi, Georgien“.

Ina Keggenhoff, Jahrgang 1979, absolvierte nach dem Bachelor-Studium der Agrarwissenschaften an der Humboldt-Universität zu Berlin einen Master of Science in Technologie- und Ressourcenmanagement in den Tropen und Subtropen an der Fachhochschule Köln und spezialisierte sich dabei auf Integriertes Wasserressourcenmanagement. Seit



Februar 2010 ist sie am Institut für Geographie der Universität Gießen wissenschaftliche Mitarbeiterin und promoviert bei Prof. King zum Thema „Klimawandel und Wasserhaushaltszenarien in der Region Kazbegi, Georgien“.

Mariam Elizbarashvili, Jahrgang 1972, ist seit 2006 Juniorprofessorin am Institut für Geographie der Ivane Javakhishvili State University in Tiflis, Georgien, und ist für Forschung und Lehre in den Bereichen Klimageographie und Klimamodellierung tätig. Sie arbeitet als Wissenschaftlerin am Institut für Hydrometeorologie



der Georgian Academy of Sciences. Im Projekt *amies* unterstützt sie das Teilprojekt B in den Bereichen Klimawandel und Extremniederschlag.

Ramin Gobejishvili, Jahrgang 1941, Promotion 1965, ist seit 1978 Professor für Physische Geographie an der Tbilisi State University, seit 2004 Direktor des Instituts für Geographie und Geoökologie und leitet internationale Forschungsprojekte mit den Schwerpunkten Geomorphodynamik, Glaziologie und Naturgefahren. Prof. Gobejishvili ist Koordinator des „Nationalatlas von Georgien“, seit 1996 Vizepräsident der Geographi-



schon Gesellschaft und seit 1998 Vizepräsident der Gesellschaft für Kartographie Georgiens.

Lorenz King, Jahrgang 1945, Staatsexamen und Promotion 1974 an der Universität Basel, Schweiz, 1975/76 Postdoktorandenstipendium an der McGill University Montreal, Kanada, 1976–1982 Wissenschaftlicher Assistent an der Universität Heidelberg, Habilitation 1983 zum Thema „Permafrost in Skandinavien“. Seit 1983 Professur für Physische Geographie an der Universität Gießen. Er war Leiter verschiedener Expeditionen in Polargebiete (Kanada, Alaska, Antark-



tis) und leitet seit 1987 Forschungsprojekte zum Thema Naturgefahren in China sowie im Südkaukasus, seit 1997 Teilprojektleiter im EU-Projekt „PACE“ und den Folgeprojekten im Themenbereich „Naturgefahren in Hochgebirgen“.

aufgenommenen Höhenpunkten lokalisiert und in der Hochwassergefahrenkarte dargestellt.

Gefahren durch Murgänge im Kaukasus

Klimawandel, Hochwasserereignisse und Massenbewegungen stehen eng miteinander in Verbindung. Seit jeher treten in der Region Kazbegi Steinerschlag, Hangrutschungen, Lawinenabgänge und Muren auf. In verstärktem Maße finden diese Massenbewegungen in den letzten Jahrzehnten statt, was nicht zuletzt mit der globalen Klimaänderung zusammenhängen kann. Im Teilprojekt „Massenbewegungen“ wird das Auftreten von Murgängen und anderen Hanginstabilitäten in Abhängigkeit von verschiedenen Geofaktoren näher untersucht, ebenso der Zusammenhang zwischen häufig auftretenden Massenbewegungen und Änderungen des Niederschlags- und Temperaturregimes. Die Erstellung einer Gefahrenhinweiskarte für Hanginstabilitäten ist ein wichtiges Ziel der Arbeit.

Ein Murgang ist ein schnell fließendes Gemisch aus Schutt, Schlamm, Holz und Luft sowie unterschiedlichen Anteilen an Wasser. Es wird unterschieden zwischen den an den Hängen entstehenden Hangmuren und Talmuren, die sich im Gerinne bilden. Muren können Geschwindigkeiten von 50 km/h erreichen und erhebliche Schäden an Gebäuden und sonstigen Einrichtungen der Infrastruktur verursachen. Im Ort Mleta (Abb. 5) führen immer wieder größere Muren zu bedeutenden Schäden an Wohnhäusern, so letztmals im Juni 2010 nach einer längeren, intensiven Regenperiode. Um der Bevölkerung einen sicheren Schutz vor den potenziellen Massenbewegungsereignissen gewährleisten zu können, müssen die von Murgangsprozessen besonders gefährdeten Gebiete definiert werden.

Die Entstehung von Muren ist von mehreren Faktoren abhängig. Entscheidend sind geologische Bedingungen, wie die Gesteinsart und die tektonischen Verhältnisse, sowie bodenmechanische und physikalische Eigenschaften des vorkommenden Untergrundmaterials. Ein Gefahrenpotenzial stellen vor allem große Lockermaterialmassen in steilen Hanglagen dar. In der Region Kazbegi zählen

der Hangneigung andere Reliefparameter, wie Höhe, Exposition und Einzugsgebietsgröße. Eine beachtliche Rolle spielen außerdem Landnutzung und Vegetation. Auf den Hängen ohne Pflanzenbedeckung kommt es häufiger zu Bodenerosion und Massenbewegungen als auf den mit Vegetation bedeckten Hängen. Bei einer nicht nachhaltigen Landnutzung setzen irreversible Prozesse der Bodenerosion



dazu instabile und zu Rutschungen neigende Flysch-Gesteine, die zu den marinen Sedimenten zählen.

Bei der Entstehung von Murgängen sind oft auch die hydrologischen Verhältnisse ein auslösender Faktor, wie Starkniederschläge, Dauerregen und Schneeschmelze sowie die Hangwasserhältnisse im Untergrund. Bei einer oft nur geringen Geländeneigung etwa in einem Gerinnebett kommt es dann zur Anrissbildung. An den Hängen ist mit 20° bis 40° die kritische Neigung größer. Wird dann eine kritische Kombination von Wasser, Gefälle und Schutt erreicht, kommt es zu Murgängen.

Als weitere die Murgangentstehung beeinflussende Faktoren zählen neben

■ Abb. 5: Die durch Muren verursachten Schäden in der Untersuchungsregion Kazbegi, hier im Ort Mleta im Jahr 2010, sind erheblich.

Foto: Ina Keggenhoff

ein. Große und gefährliche Muren entstehen vor allem dort, wo besonders verwitterungsanfällige Gesteinsarten vorkommen und keine Vegetationsbedeckung vorhanden ist.

Ursachenanalyse als Planungshilfe

Die Gefahrenbewertung erfolgt in mehreren Schritten. Dazu gehören die

Geländevorerkundung, die Auswertung der vorhandenen Grundlagendaten, die Geländeuntersuchung mit der Verifikation der erzielten Ergebnisse und die Modellierung der Murprozesse.

Die Geländevorerkundung gibt erste Einblicke in das Untersuchungsgebiet und dient als Grundlage für eine anschließende Datenauswertung. Als Datengrundlagen für nachfolgende

das Gelände erkundet und punktuell geomorphologisch kartiert. Murgänge und Hangrutschungen wurden inventarmäßig aufgenommen und an ausgewählten Hängen, die möglichst nah zu den häufig auftretenden Murgängen liegen, Bodentemperaturmessgeräte eingebracht. Die Messstellen liegen in Höhenlagen von 1600 bis 2400 m ü. NN. Die Bodentemperaturen in Tiefen zwischen 5 bis 150 cm



■ Abb. 6: Kartierung von Muranrissen in der Untersuchungsregion Kazbegi mit Hilfe von Satellitenbildern.

Analysen können digitale und analoge topographische, geologische, geomorphologische und bodenkundliche Karten, das digitale Geländemodell, Luft- und Satellitenbilder, Statistik zu Erdbeben- und Massenbewegungsereignissen sowie verschiedene bodencharakterisierende Parameter dienen.

Während der ersten Projektphase 2010 wurden notwendige Datengrundlagen für die Untersuchungsgebiete Kazbegi beschafft. Danach wurde

wurden kontinuierlich aufgenommen und im Sommer 2011 abgelesen. Sie geben Rückschlüsse auf Frost- und Auftauprozesse im Untergrund, die in Verbindung mit dem Hangwasser wesentlich zur Hanginstabilität beitragen können.

Ergebnisse von Laboruntersuchungen an Bodenproben können bei der Interpretation ebenfalls helfen. Vorhandene bodenkundliche Karten dienen zwar als Übersichtskarten, eine bodenkundliche Kartierung in besonders gefährdeten Regionen des Untersuchungsgebietes ist jedoch

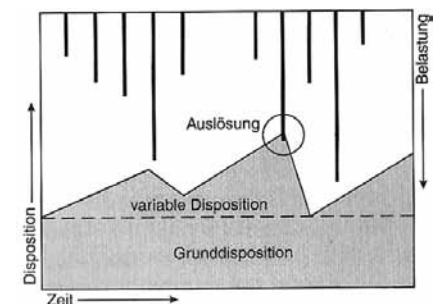
■ Abb. 7: Disposition und Belastung wirken im Zeitverlauf auf die Auslösung von Murprozessen.

unverzichtbar. Auch eine anhand von Luft- und Satellitenbildern erstellte geomorphologische Karte wird im Gelände nochmals überprüft und ergänzt.

Für unsere Fragestellung werden aufgrund von Satellitenbildern in erster Linie Muranrisse kartiert (Abb.6). Diese Startpunkte von Muren dienen als Eingangsdaten für die nachstehende GIS-basierte Modellierung.

Gefahrenhinweiskarten als Planungsinstrument

Die Modellierung von Murprozessen besteht aus zwei Teilen: einer Dispositions- und einer Prozessmodellierung. Das Dispositionsmodell beschreibt, wo und unter welchen Bedingungen ein Murgangprozess ausgelöst werden kann. Das Modell setzt sich aus der Grunddisposition und der variablen Disposition zusammen. Die Grunddisposition beschreibt die generelle Anfälligkeit einer Fläche für das Auftreten eines Prozesses. Dabei werden Parameter, die über eine längere Zeit konstant bleiben oder sich nur langsam verändern, beachtet. Durch die variable Disposition werden kurzfristige Schwankungen, z.B. Änderungen der Materialverfügbarkeit oder der Bodenfeuchte, in der Bereitschaft zur Murgangsentstehung beschrieben. Wenn das System belastet wird, was in der Regel durch hydrologische Ereignisse erfolgt, kann es zu einem Murabgang kommen. Dabei muss die Wechselwirkung zwischen der Disposition und dem auslösenden Er-



■ Abb. 7: Überweidung kann die Bodenerosion verstärken (Schafherde in Gudauri).

Foto: Lorenz King

eignis beachtet werden, da bei einer bestimmten Grunddisposition und einer geringen variablen Disposition auch bei starken Belastungen keine Prozessauslösung stattfindet (Abb. 7). Als Eingangsparameter für die Dispositionsmodellierung von Murgängen dienen die kartierten Anrisspunkte von Muren.

Bei der Prozessmodellierung werden Prozessweg und Reichweite des ablaufenden Prozesses beschrieben. Dabei erfolgt eine Berechnung der Transitwege und Akkumulationszonen von dem transportierten und dem abgelagerten Material. Für die zu erstellende Gefahrenhinweiskarte muss die maximal mögliche Reichweite des Prozesses bestimmt werden. Im Gegensatz zur Gefahrenzonenkarte sind hier keine Angaben zu Intensität und Eintretenswahrscheinlichkeit erforderlich. Die Ergebnisse werden im Gelände überprüft und, wenn notwendig, korrigiert.

Im Anschluss an die Modellierung findet eine synthetische Gefahrenbewertung statt, wobei prozessauslösende Geofaktorenkombinationen festgelegt werden. Das von Murgängen betroffene Schadenspotenzial (in diesem Fall Gebäude und Verkehrsflächen) wird ermittelt und visualisiert. Dies kann entweder aufgrund der vorhandenen GIS-Daten oder mittels Satellitenbildinterpretation erfolgen. Danach werden die Prozessräume mit dem Schadenspotenzial verschnitten. Da die Aussagekraft der Resultate naturgemäß von der Qualität der verfügbaren Datengrundlagen abhängt, ist sowohl bei der Aufnahme als auch der Modellierung eine intensive Zusammenarbeit mit erfahrenen Kennern der Region unumgänglich. Als Ergebnis



entsteht eine Gefahrenhinweiskarte mit Informationen über die potenziell gefährdeten Gebiete.

Fazit

Die Erforschung der Zusammenhänge zwischen dem gegenwärtigen Klimawandel und der Entstehung von Hochwasserereignissen und Massenbewegungen in Gebirgsregionen werden zu einer nachhaltigeren Entwicklung des Untersuchungsraums beitragen.

Die erstellten Gefahrenkarten mit Risikozonen für Hochwasser, Hanginstabilitäten und Murgangereignissen tragen zudem zur Katastrophenvorsorge in der Region Kazbegi bei. Für die nächsten Jahre sind im Rahmen des Forschungsprojektes *amies*

ähnliche Untersuchungen im Untersuchungsgebiet Bakuriani, einer wichtigen Tourismusregion im Kleinen Kaukasus, eingeplant. •

KONTAKT

Prof. Dr. Lorenz King
Justus-Liebig-Universität
Institut für Geographie
Senckenbergstraße 1
35390 Gießen
Telefon: 0641 99-36205
Lorenz.King@geogr.uni-giessen.de