Zeitschrift: Swiss bulletin für angewandte Geologie = Swiss bulletin pour la géologie appliquée = Swiss bulletin per la geologia applicata = Swiss bulletin for applied geology

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung von Energie-Geowissenschaftern; Schweizerische Fachgruppe für Ingenieurgeologie

Band: 14 (2009)

Heft: 1-2

Artikel: Anleitung zur Analyse von Rutschungen

Autor: Gruner, Ueli / Wyss, Roland

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-227075

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Swiss Bull. angew. Geol. Vol. 14/1+2, 2009 S. 153-157

Anleitung zur Analyse von Rutschungen

Ueli Gruner[1], Roland Wyss[2]

1. Einleitung

Die Hauptursache von Hanginstabilitäten sind in der Regel ausserordentliche Niederschlagsereignisse. Dies zeigte sich erneut auch bei unzähligen Ereignissen anlässlich des Unwetters vom August 2005 (Bollinger et al. 2009, Raetzo & Rickli 2007). Um solche Prozesse zu verstehen, ist nicht nur eine Ereignisanalyse notwendig, sondern auch eine sorgfältige Ursachenanalyse. Es stellt sich somit nicht nur die Frage nach dem «Wann» und «Wie», sondern auch nach dem «Warum». Oder etwas konkreter ausgedrückt: «Warum gerade hier?» Die detaillierte Ursachenanalyse bildet letztlich die entscheidende Grundlage für die Festlegung von optimalen und standortgerechten Sanierungsmassnahmen. Sie ermöglicht zudem, Schlussfolgerungen für zukünftige Ereignisse bzw. für eine Gefahrenbeurteilung in benachbarten oder ähnlichen Gebieten zu ziehen.

Auffallend sind bei den unzähligen Hanginstabilitäten die jeweils sehr unterschiedlichen geologischen und hydrogeologischen Randbedingungen, welche letztlich auch die Vielfalt im Untergrund widerspiegeln. Selbst innerhalb eines Rutschtypus ist jeder Fall ein Spezialfall.

Die vorliegende Anleitung stellt einen Leitfaden dar für die Umsetzung der Erkenntnisse aus der Ursachenanalyse in die Praxis. Sie wurde als eine Art Checkliste konzipiert, welche in erster Linie der ersten Evaluation von denkbaren Sanierungsmassnahmen dient. Die Anleitung kann aber teilweise auch im Rahmen einer Gefahrenbeurteilung von möglichen Hangprozessen verwendet werden. Aus diesem Grund ist bei den Tabellen 1 und 2 eine Kolonne bezüglich des Aspekts «Gefahrenbeurteilung» beigefügt worden. Für diesen Aspekt stellt die Checkliste eine Ergänzung der AGN-Schrift «Gefahreneinstufung Rutschung i. w. S. – Permanente Rutschungen, spontane Rutschungen und Hangmuren» vom 24. März 2004 dar (AGN 2004) dar.

Als Grundlage für diese beiden Aspekte – die Evaluation von Sanierungsmassnahmen und die Gefahrenbeurteilung – gilt selbstverständlich die detaillierte Ereignisanalyse («was ist passiert»), welche u. a. auch eine Beurteilung der Rutschung bezüglich Niederschlagsverhalten, Rutschverhalten etc. umfasst.

2. Aspekte für die Evaluation von Sanierungsmassnahmen

2.1 Hydrogeologie

Allgemeines

Der Wassereintrag in den Untergrund ist generell der hauptsächlichste Auslöser von Hangprozessen. Der Beurteilung der hydrogeologischen und hydrologischen Verhältnisse kommt deshalb bei Ursachenanalysen eine vorrangige Bedeutung zu, umso mehr, als der Faktor Wasser bei der Evaluation von Sanierungsmassnahmen entscheidend sein kann. Dabei sind eine Reihe von Faktoren von Bedeutung, zu welchen im Rahmen der Evaluation mehrere Aspekte berücksichtigt werden müssen.

Die Untersuchungsmethoden für die Beant-

[1] Kellerhals + Haefeli AG, Kapellenstrasse 22, 3011 Bern
[2] Dr. Roland Wyss GmbH, Zürcherstrasse 105, 8500 Frauenfeld

wortung der einzelnen Fragestellungen, sowohl in den hydrogeologischen Bereichen als auch bei der Fels- und Bodenmechanik, werden an dieser Stelle nicht im Detail erläutert. Während bei kleineren Rutschereignissen häufig keine oder nur relativ kostengünstige Erkundungsmethoden oder Abklärungen durchgeführt werden (z. B. Rammsondierungen, Baggerschlitze, evtl. Bohrungen, geodätische Messungen, Stabilitätsberechnungen), sind bei grossvolumigen Prozessen mit bedeutenden Risiken häufig aufwändigere Sondiermethoden gefragt (Bohrungen mit Inklinometer, evtl. geophysikalische Methoden, geodätische Präzisionsmessungen etc.). Es gibt sehr unterschiedliche Sanierungsmöglichkeiten (Drainagen, Ableitung von Oberflächenwasser, konstruktive Massnahmen, Verbesserung der Materialeigenschaften etc.). Es wird an dieser Stelle auf die ausführlichen Beschreibungen in Romang et al. 2008 verwiesen. In einer Mehrzahl der Rutschsanierungen werden, hauptsächlich oder auch ergänzend, Entwässerungen durchgeführt (meist Drainagen an der Oberfläche, seltener in grösseren Tiefen z. B. mittels Bohrungen oder Drainagestollen; vgl. auch Parriaux et al. 2009).

Faktoren

Die hydrogeologischen Faktoren können wie folgt umschrieben werden. Die entsprechenden Aspekte sind in Tab. 1 aufgelistet:

- *Wasserzutritte aus dem unterliegenden Festgestein:* Eine grosse Anzahl von Rutschungen anlässlich des Hochwassers im August 2005 wurde durch Wasseraustritte aus dem Festgestein im Untergrund ausgelöst. Dieser Faktor stellte in diesen Fällen zumindest einen entscheidenden Auslöser dar.
- *Wasserzutritt durch Infiltration ins Lockergestein:* Die kontinuierliche Wasserinfiltration in ein abflussloses Gebiet durch lang anhaltende Niederschläge kann bei einem geringen Porenraumvolumen einen hohen Wasserstand und Strömungsdruck bewirken. Im Hangfussbereich kann die Fusslast durch Auftrieb so stark reduziert werden, dass dies zur Auslösung einer Rutschung führt.
- *Wasserzutritte durch Infiltration von Oberflächenwasser:* Ein Oberflächengewässer, welches nach starken Regenfällen ausserordentlich viel Wasser führt, kann (evtl. auch nur kurzzeitig) an einer Schwachstelle der Böschung oder bei einem verklausten Wasserbauwerk einen potenziellen Rutschhang mit Wasser alimentieren.
- *Anthropogene Wasserzutritte:* Gerade bei den Unwetterereignissen im August 2005 musste festgestellt werden, dass viele Schadensereignissen auf nicht natürliche Wasserzutritte zurückzuführen waren. Diese Zahl war bedeutend höher als man früher allgemein vermutete.
- *Bestehende Entwässerungsbauten:* Mangelnder Unterhalt von bestehenden Drainagen in Rutschgebieten führt immer wieder, auch im August 2005, zu Aktivierungen von Rutschungen.

2.1 Fels- und Bodenmechanik

Allgemeines

Die genaue Erfassung des geologischen Untergrundes – im Festgestein z. B. bezüglich Lithologie, Tektonik oder Kluftdisposition, beim Lockergestein z. B. bezüglich lithologischer Zusammensetzung, Durchlässigkeit etc. – ergibt u. a. Hinweise bezüglich fels- und bodenmechanischer Fragestellungen (Gleitebene, Porenraumvolumen, geotechnische Werte etc.).

Faktoren

Die boden- und felsmechanischen Faktoren können wie folgt dargestellt werden. Die entsprechenden Aspekte gehen aus Tab. 2 hervor:

- *Art und Lage der Gleitebene:* Die Erfassung der Untergrundverhältnisse erlaubt, evtl. mit Hilfe von Sondierungen, die Bestimmung der Art, der Lage und des Verlaufes der Gleitfläche. Aus den geologischen Untersuchungen können weitere geotechnische Angaben wie Strömungsdruck, Porenwasserdruck etc. generiert werden.

Faktor	Aspekte zur Evaluation von Sanierungsmassnahmen	bei der Gefahren-beurteilung
Wasserzutritte aus dem unterliegenden Festgestein	Bestimmung von potenziellen Wasserleitern im Untergrund (Kalke, Nagelfluh, Störungsbereiche, Klüftung des Gesteins etc.)	Ja
	Abschätzung von Wassermenge und evtl. Wasserdruck aus Festgestein	Bedingt möglich
	Aufnahme von Quellwasseraustritten in der Umgebung (z. B. analoge Lage des Wasserleiters)	Ja
	Bestimmung der Permeabilität bzw. des Retardationsfaktors des unterirdischen Wasserleiters (z. B. Karstwasser ⇨ schnell reagierend auf Niederschläge)	Ja
	Bestimmung des Bruchmechanismus der Rutschung (hydraulischer Grundbruch ⇨ Hangmure; vermutlich infolge Porenwasserüberdruck)	Bedingt möglich
	Zusammenstellung von allfälligen früheren Wasseraustritten innerhalb Rutschgebiet	Ja
Wasserzutritte durch Infiltration ins Lockergestein	Geotechnische Angaben über Lockergestein (Lithologie, Porosität, Permeabilität etc.)	Bedingt möglich
	Bestimmung Lage des Wasserstauers (evtl. auch Gefälle ⇨ Strömungsdruck)	Ja
	Angaben über bereits vor der Rutschung bestehende Quellen im Hangfussbereich (⇨ Auftrieb, evtl. für Rutschauslösung verantwortlich)	Ja
Wasserzutritte durch Infiltration aus einem Oberflächengewässer	Abklärung von allfälligen Infiltrationsstellen (Lage, Art etc.)	Kaum möglich
	Abschätzung der potenziell infiltrierbaren Wassermenge (max. bzw. total)	Kaum möglich
Anthropogene Wasserzutritte	Abklärung betr. Wasserableitungen (-durchleitungen) und Kanalisationsleitungen im Rutschperimeter (Zustand, Alter etc.)	Ja
	Überprüfung des Zustandes von bestehenden Quellfassungen oder Laufbrunnen (Überlauf, Verstopfungen, Undichtigkeiten etc.)	Ja
	Strassenentwässerungen: Zustand, Gefahrenpotenzial (Wasserübertritt über Schulter in Rutschhang etc.)	Ja
Bestehende Entwässerungen	Aufnahme von defekten Leitungen bzw. Drainagebauten im Rutschkörper (Funktionsfähigkeit)	Kaum möglich
	Sichtung von Plänen etc. betreffend früherer Drainagen (Alter, Art, Verlauf etc.)	Ja
	Erkundigung bei Ortsansässigen über frühere Drainagebauten (evtl. Zustandsanalyse)	Ja

Tab. 1: Zusammenstellung der hydrogeologischen Faktoren und der dazugehörenden Aspekte für die Evaluation von Sanierungsmassnahmen und zur Gefahrenbeurteilung.

- *Hangneigung/Neigung Anrissbereich:* Die Erfassung der Hangneigungen im Anrissbereich bzw. von benachbarten Gebieten ermöglicht eine Beurteilung, ob eine Sanierung vorsorglich auf weitere Gebiete ausgedehnt werden muss. Erfahrungen zeigen, dass gerade im Bereich von untiefen Rutschungen die Neigung im Anrissbereich bei einer gleichen Gesteinszusammensetzung (Lockergestein/Festgestein) ähnlich ist.
- *Beschleunigung/Aktivierung von alten Rutschungen:* Die extremen Niederschläge haben verschiedentlich zu einer Beschleunigung oder Aktivierung von alten Rutschungen geführt. In vielen Fällen kam es, z. B. auch im Sommer 2005, zu einer Fortsetzung der Bewegung beziehungsweise zum Übergang von kriechender Bewegung zu einer Beschleunigung, was z. B. zur Zerstörung von Strassenverbindungen etc. führte. Dort wo es sich um grossvolumige Rutschungen handelt, sind kostenwirksame Sanierungen kaum durchzuführen. Da die Schwerwiderstände bei jungen Rutschungen lediglich eine Restscherfestigkeit aufweisen, genügen vergleichsweise geringe Wasserdrücke für eine erneute Aktivierung der Rutschmasse. Wichtig ist somit die Einschätzung des «Reifegrades» eines Rutschgebietes.
- *Hangfusserosion:* Hangfusserosion durch Hochwasser führende Gewässer haben in zahlreich dokumentierten Beispielen immer wieder zu spontanen Rutschungen geführt.

Faktor	Aspekte zur Evaluation von Sanierungsmassnahmen	Aspekte bei der Gefahrenbeurteilung
Art und Lage der Gleitebene	Lithologie des unterliegenden Festgesteins	Ja
	Lage bzw. Neigung des unterliegenden Festgesteins (Felsoberfläche, Schichtung)	Bedingt möglich
	Geotechnische Angaben über Lockergestein (Lithologie, Durchlässigkeit, Porenraum etc.)	Bedingt möglich
Hangneigung/Neigung Anrissbereich	Bestimmung der Hangneigung v. a. im Anrissbereich (evtl. Ausweitung des Sanierungsbereiches, zusammen mit hydrogeologischen Aspekten)	Ja
Beschleunigung/ Aktivierung von alten Rutschungen	Angaben über die Geschichte von Rutschereignissen im Untersuchungsgebiet (Beschleunigung/Verlangsamung etc.)	Ja
	Aufnahmen von bestehenden bzw. defekten Drainagen	Ja
	Bestimmung des Standes des Verwitterungsprozesses im Lockergestein (z. B. Mobilisierungspotenzial, Versackung von Festgestein etc.)	Ja
Hangfusserosion	Bestimmung, ob Fliessgewässer einen massgebenden Anteil an Rutschauslösung hatte (Hangfusserosion)	Bedingt möglich
	Beurteilung, ob wasserbauliche Massnahmen im Bereich Fliessgewässer möglich sind (z. B. Höherlegung Flussbett durch Schwellenbau etc.)	Bedingt möglich

Tab. 2: Zusammenstellung der fels- und bodenmechanischen Faktoren und der dazugehörenden Aspekte für die Evaluation von Sanierungsmassnahmen und zur Gefahrenbeurteilung.

3. Aspekte für die Gefahrenbeurteilung

Sowohl bei einer lokalen wie auch bei einer grossräumigen Gefahrenbeurteilung fehlen in der Regel die finanziellen Möglichkeiten für vorgängige, umfangreiche geotechnische Abklärungen wie z. B. Sondierungen, Geophysik, Stabilitätsberechnungen etc. Die Informationen für eine Gefahrenanalyse sind dann wie folgt zu beschaffen:

- Möglichst detaillierte Feldaufnahmen.
- Sammlung und Auswertung von Ereignissen aus benachbarten Gebieten bzw. aus Gebieten mit sehr ähnlichen hydrogeologischen und geotechnischen Voraussetzungen, wobei von diesen Ereignissen nebst einer Ereignis- auch eine sorgfältige Ursachenanalyse von grosser Bedeutung ist.

Die in den Tabellen 1 und 2 aufgeführte Spalte legt in Bezug auf die Gefahrenbeurteilung im Wesentlichen fest, ob die für die Evaluation von Sanierungsmassnahmen aufgelisteten, abzuklärenden Aspekte auch bei einer Gefahrenbeurteilung anwendbar sind. Wie die Tabellen zeigen, sind viele Aspekte, welche für denkbare Sanierungsmassnahmen studiert werden, auch für die Gefahrenbeurteilung massgebend.

Literatur

AGN 2004: Gefahreneinstufung Rutschungen i. w. S. – Permanente Rutschungen, spontane Rutschungen und Hangmuren. Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren AGN. Arbeitsbericht zu Handen des BWG. Bern (download http:/www.sfig-gsgi.ch).

Bollinger, D., Gruner, U. & Wyss, R. 2010: Hochwasser August 2005 – Analyse der Hanginstabilitäten 2005. Bull. angew. Geol. 14/1+2, 135-151.

Parriaux, A., Bonnard, Ch. & Tacher, L. 2009: Glissements de terrain: hydrogéologie et techniques d'assainissement par drainage – Guide pratique. Bundesamt für Umwelt BAFU. Umwelt-Wissen. Bern.

Raetzo, H. & Rickli, C. 2007: Rutschungen. In: Bezzola G.R, & Hegg, C. (Hrsg.) 2007: Ereignisanalyse Hochwasser 2005, Teil 1 – Prozesse, Schäden und erste Einordnung. Bundesamt für Umwelt BAFU, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL. Umwelt-Wissen Nr. 0707: 215 S.

Romang, H., Böll, A., Bollinger, D., Hunziger, L., Keusen, H. R., Kienholz, H., Koschni, A. & Margreth, S. 2008: Wirkung von Schutzmassnahmen «PROTECT» (Testversion Dezember 2008). Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT, Bern, 280 S.