

13. Weiterbildungsseminar RUTSCHUNGEN

FOLGEN - FORSCHUNG - PRAXIS



- Historische Entwicklung von Felssicherungen
- Gefährdungsabschätzung mit GIS
- Verfahrensweise aus Sicht von Straßenbauverwaltungen
- Grundlagen des Schutzes vor Murgängen
- Extreme Massenbewegungen weltweit
- Nutzungsdauer von Steinschlagschutznetzen
- Abwicklung von Hangrutschschäden mit Versicherern

12. und 13. Juni 2013
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Tagungsleitung:

Dr. Johannes Feuerbach, geo-international Dr. J. Feuerbach GmbH, Mainz

Redaktion und Lektorat:

Dr. Manuel Lauterbach, geo-international Dr. J. Feuerbach GmbH, Mainz

Mitorganisation:

Gerdi Biehs, Forschungsstelle Rutschungen Mainz

Für den Inhalt der Beiträge sind die jeweiligen Autoren verantwortlich.

Jede Form der Wiedergabe oder Vervielfältigung, auch auszugsweise, erfordert die schriftliche Zustimmung der Autoren.

Herausgeber:

E. Krauter, J. Feuerbach & M. Lauterbach: Rutschungen: Folgen - Forschung - Praxis,
13. Weiterbildungsseminar der Forschungsstelle Rutschungen; Mainz, Mai 2013

Alle Rechte am Werk liegen bei den Autoren

Forschungsstelle Rutschungen e.V.
an der Johannes Gutenberg-Universität
Mombacher Straße 49-53
D-55122 Mainz
Tel: +49 6131 384083
Fax: +49 6131 387076
fsr@geo-international.info
www.uni-mainz.de/Organisationen/FSR

1. Auflage

Herstellung: freeSPIRIT - das kreativhaus, D-56588 Waldbreitbach
Fotos/Graphiken: von den Autoren, soweit nicht anders angegeben
Titelbild: Wasseraustritte entlang von gefalteten Schichtflächen in Muldenlage (Unterdevon),
Urtsee, Nordeifel (M. Lauterbach)

ISSN 2196-2863

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Die Forschungsstelle Rutschungen in Mainz	6
Autoren- und Referentenverzeichnis	7
Ausstellerverzeichnis	7
Anerkennung der Fortbildungsveranstaltung	8
Teilnahmebescheinigung	8
Teilnehmerverzeichnis	8

FACHBEITRÄGE

Seminarleitung:

Dr. JOHANNES FEUERBACH, geo-international Dr. J. Feuerbach GmbH, Mainz
und Forschungsstelle Rutschungen

1 Historische Entwicklung von Felssicherungen anhand von Fallbeispielen	9-12
Prof. Dr. EDMUND KRAUTER, geo-international Dr. J. Feuerbach GmbH, Mainz und Forschungsstelle Rutschungen	
2 Methodik zur Abschätzung des künftigen Gefährdungspotenzials durch Massenschwerebewegungen an Verkehrswegen mittels Geoinformationssystem	14-17
Dr. CHRISTINE KUMERICS, Forschungsstelle Rutschungen & Dr. FRIEDER ENZMANN, Institut für Geowissenschaften der J. Gutenberg-Universität Mainz	
3 Gefährdungspotenzial durch Steinschlag- und Felssturzereignisse an bestehenden Straßen - Umgang aus Sicht einer Straßenbauverwaltung	19-21
Dr. OLIVER KUHLE, Hessen Mobil, Straßen- und Verkehrsmanagement Wetzlar	
4 Grundlagen des Schutzes vor Murgängen an einigen Beispielen in Österreich	23-26
Univ. Prof. JOHANNES HÜBL, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich	
5 Extreme Massenbewegungen in den Hochgebirgen der Welt - Möglichkeiten und Grenzen der Gefahrenabwehr	28-32
Dr. JÖRG HANISCH, JorgeConsult - Worldwide Engineering Geology, Hannover	
6 Zu erwartende Nutzungsdauer von "Steinschlagschutznetzen": Korrosionsschutz, Langzeiterfahrungen, Perspektiven	34-37
Dipl.-Geol. EBERHARD GRÖNER, Dipl.-Ing. ARMIN RODUNER, Geobrug AG, Romanshorn, Schweiz	

GELÄNDEEXKURSION

8 Hang- und Felssicherungsmaßnahmen im linksrheinischen Mittelrheintal	39-42
Leitung: GR Dipl.-Geol. MIRCO ALBERTI, GD Dipl.-Geol. ANSGAR WEHINGER, beide Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz und Forschungsstelle Rutschungen & Prof. Dr. EDMUND KRAUTER, geo-international Dr. J. Feuerbach GmbH, Mainz und Forschungsstelle Rutschungen	

Vorwort

Das Weiterbildungsseminar zum Thema "Rutschungen" an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz findet bereits zum 13. Mal statt und wird gemeinsam mit dem Zentrum für wissenschaftliche Weiterbildung der Universität Mainz veranstaltet. Die Anzahl der Teilnehmer spiegelt das Interesse an der Thematik gravitative Massenbewegungen an Hängen und Böschungen wider.

Die Zielsetzung des Weiterbildungsseminars ist, Ingenieuren, Planern, Geologen und Mitarbeitern von Unternehmen, Behörden und Hochschulen, die mit der Naturgefahr Massenschwerebewegungen konfrontiert werden, ein Basiswissen über die Ursachen und Folgen und für die Schadensminimierung zu vermitteln. Neueste Ergebnisse aus Wissenschaft und Praxis fließen in die Wissensvermittlung ein.

Folgende Schwerpunkte werden den Seminarteilnehmern im Rahmen von Fachvorträgen und einer Geländeexkursion im Rahmen der diesjährigen Veranstaltung präsentiert:

- Anhand einiger Fallbeispiele aus dem Bereich des Bahnbaues wird die historische Entwicklung von Felssicherungen seit dem letzten Drittel des 19. Jahrhunderts bis heute aufgezeigt.
- Die heute gängige Arbeitsmethodik zur Abschätzung des künftigen Gefährdungspotenzials durch Massenschwerebewegungen an Verkehrswegen wird mittels Aufbau eines Geoinformationssystems (GIS) und der erforderlichen Datenprozessierung vorgestellt.
- Der Umgang mit dem Gefährdungspotenzial durch Steinschlag- und Felssturzereignisse an bestehenden Straßen wird aus Sicht der hessischen Straßenbauverwaltung beschrieben.
- Murgänge im Bereich von Wildbächen stellen eine der wesentlichen Naturgefahren im Hochgebirge dar. Es werden anhand von einigen Fallbeispielen aus Österreich die Grundlagen des Schutzes vor Murgängen erläutert.
- In allen Hochgebirgen der Welt ist eine Zunahme von Massenschwerebewegungen nicht zuletzt durch die Klimaerwärmung zu beobachten. Mit Beispielen aus dem Kaukasus, Pamir und Himalaya u.a. werden die Möglichkeiten und Grenzen der Gefahrenabwehr eingeschätzt.
- Immer wieder wird beim Einsatz von Steinschlagschutznetzen die Frage der zu erwartenden Nutzungsdauer gestellt. Herstellerseits werden Antworten bezüglich Korrosionsschutz, Langzeiterfahrungen und Perspektiven gegeben.
- Bei der Abwicklung von Schäden durch Hangrutsche und anderen Massenschwerebewegungen mit entsprechenden Versicherern entstehen häufig Fragen bezüglich der gesetzlichen Regelung, über die informiert wird.
- Auf der Geländeexkursion, die ins linksrheinische Mittelrheintal zwischen Trechtlinghausen und St. Goar führt, werden verschiedene Exkursionspunkte unter ingenieurgeologischen Aspekten angesteuert und fachlich erläutert.

Wir hoffen, dass wir damit für Sie wieder eine interessante Auswahl an Beiträgen zusammenstellen konnten.

Wir begrüßen unsere Teilnehmer/innen, Mitarbeiter/innen von Ingenieur- und Planungsbüros, aus dem Verkehrswegebau, aus dem Tief- und Siedlungsbau, aus Verwaltung und Flurbereinigung, von Fachverbänden und Hochschulen sowie unsere Mitglieder und Referenten. Ebenso sind auch interessierte Studenten aus den Bereichen Geowissenschaften und des Bauingenieurwesens herzlich willkommen, und wir hoffen, dass wir ihr Interesse an ingenieurgeologisch-geotechnischen Problemstellungen wecken können. Der Teilnehmerkreis aus einer Vielzahl von Bundesländern, Österreich und der Schweiz verdeutlicht, dass ein überregionales Interesse an der Fachveranstaltung besteht.

Den Referenten, Mitautoren, der Tagungs- und Exkursionsleitung, den Mitarbeitern der Universität Mainz und der Zentralstelle für wissenschaftliche Weiterbildung, unserer Mitarbeiterin Frau Biehs, auf der die Hauptbürde der Seminarvorbereitung lastete, sowie allen anderen an der Seminarorganisation Mitwirkenden möchten wir unseren Dank aussprechen.

Allen Beteiligten wünschen wir ein erfolgreiches Seminar mit vielen neuen Eindrücken und Erkenntnissen.

Mainz, im Mai 2013



Prof. Dr. Edmund Krauter
(1. Vorsitzender)



Dr. Manuel Lauterbach
(Geschäftsführer)

Die Forschungsstelle Rutschungen in Mainz

Hang- und Böschungsrutschungen nehmen weltweit infolge des Bevölkerungswachstums, des Ausbaus der Infrastrukturen sowie der globalen Klimaveränderung dramatisch zu. Die Entwicklung neuer Methoden im Umgang mit dem Phänomen Rutschungen werden immer dringlicher. Auch in Rheinland-Pfalz, wo die Forschungsstelle Rutschungen ihren Sitz hat, verursachen die Folgen von Massenschwerebewegungen erhebliche wirtschaftliche Schäden an Straßen, Gebäuden und anderen Infrastrukturen. Durch Steinschläge, Felsstürze, Hangrutschungen und Murabgängen sind dabei oftmals auch Menschenleben unmittelbar gefährdet.

Ziele

Die Forschungsstelle Rutschungen e.V. wurde 1997 mit dem Ziel gegründet, das Wissen über Hang- und Böschungsbewegungen zu bündeln, verfügbar zu machen und effektive Lösungsmöglichkeiten bei der Sanierung und Stabilisierung von Rutschungen zu entwickeln.

Im Vordergrund steht dabei die interdisziplinäre, praxisnahe Forschung auf dem Gebiet der Schadensreduzierung und der Risikominderung, im Hinblick auf Daseinsvorsorge und Umweltschutz.

Ein weiteres Ziel ist, die unmittelbaren Auswirkungen sowie die langfristigen Folgewirkungen menschlicher Eingriffe in Hanglagen qualitativ und quantitativ zu erfassen und zu bewerten. Beispiele solcher Eingriffe sind Veränderungen der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung, Flurbereinigungen, Bau von Verkehrswegen und Siedlungen sowie Änderungen in der Grundwasserführung.

Die Forschungsstelle Rutschungen arbeitet aktiv und koordinierend mit bei der Lösung von Hangstabilitäts- und Erosionsproblemen. Sie bringt Fachkenntnisse, Erfahrungen und Methoden in fachlichen Gremien ein. Sie berät und gibt Empfehlungen für Verwaltung und Gesetzgeber.

Profil

In der Forschungsstelle Rutschungen haben sich Wissenschaftler aus Forschung und Praxis der Fachdisziplinen Ingenieurgeologie, Hydrogeologie, Geomorphologie, Geophysik und Bauingenieurwesen vereinigt, um die unterschiedlichen Aspekte bei der Beurteilung von Hang- und Böschungsbewegungen zu sammeln und durch interdisziplinäre Zusammenarbeit neue Lösungsmöglichkeiten bei der Gefahrenabwehr und -beseitigung zu finden. Durch die praxisnahe Forschungstätigkeit wird ein Beitrag zu einer umweltgerechten Planung von Baumaßnahmen und Infrastrukturen geleistet. Aufgrund langjähriger Erfahrung der Mitarbeiter im In- und Ausland bildet die Forschungsstelle Rutschungen eine kompetente Anlauf- und Informationsstelle für Behörden, Ingenieurbüros und Privatpersonen.

Mitgliedschaften

Mitglied des Vereins kann jede natürliche Person werden, die ein den Zweck des Vereins berührendes Hochschul- oder Fachhochschulstudium abgeschlossen hat. Ebenso können wissenschaftliche Gesellschaften, Institute, Verbände, Fachfirmen und Behörden die juristische (unpersönliche) Mitgliedschaft erwerben.

Um einen Anreiz für den Erwerb der Mitgliedschaft zu schaffen, wurden die Beiträge zwischenzeitlich erheblich gesenkt. Der Beitrag für die Mitgliedschaft natürlicher Personen beträgt nur 90,- € im Jahr. Für juristische Personen bzw. Körperschaften/Firmen wird ein Mitgliedsbeitrag von mind. 250,- € erhoben. Für Doktoranden, Ruheständler und arbeitssuchende Mitglieder gilt der ermäßigte Jahresbeitrag in Höhe von 45,- €. Mitglieder dürfen selbstverständlich kostenfrei an den Weiterbildungsseminaren teilnehmen.

Aufgabengebiete

- Wissens- und Technologietransfer
- Aus- und Weiterbildung
- Öffentlichkeitsarbeit für Medien
- Vergabe und Mitbetreuung von Bachelor- und Masterarbeiten
- regionale Gefahren- und Risikoabschätzung:
 - Rutschungsursachen
 - Gefahrenkarten
 - Risikokarten
- praxisnahe Forschung:
 - Rutschungsursachen
 - Kinematik/Dynamik
 - Stabilisierungs-/Sanierungsmethoden
 - Messtechnik
- Expertensysteme
- Schnittstelle Forschung – Praxis
- Informationen zu umweltrelevanten Fragen bezüglich Standsicherheiten, Gestaltung und Rekultivierung von Böschungen an Verkehrswegen und Tagebauen im Planungs-, Ausführungs- und Unterhaltungsstadium
- Informationsstelle über Stabilisierungs- und Sanierungsmethoden bei Hang- und Böschungsrutschungen



Autoren- und Referentenverzeichnis

GR Dipl.-Geol. Mirco Alberti

Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz
 Emy-Roeder-Str. 5
 D - 55129 Mainz
 Tel.: +49 6131 9254333
 Mail: mirco.alberti@lgb-rlp.de

Dipl.-Geol. Eberhard Gröner

Geobrugg AG
 Aachstr. 11
 CH - 8590 Romanshorn
 Tel. +41 7146681 55
 Mail: eberhard.groener@geobrugg.com

Dipl.-Ing. Armin Roduner

Geobrugg AG
 Aachstr. 11
 CH - 8590 Romanshorn
 Tel. +41 7146681 55
 Mail: armin.roduner@geobrugg.com

Dr. Jörg Hanisch

JorgeConsult - Worldwide Engineering Geology
 Hannover
 Tel. +49 511 640083
 Mail: jorgeconsult@gmx.de

Univ. Prof. Johannes Hübl

Institut für Alpine Naturgefahren
 Engineering Department Bautechnik + Naturgefahren
 Universität für Bodenkultur Wien
 Peter Jordan Str. 82
 A - 1190 Wien
 Tel.: +43 1 47654 4352
 Mail: johannes.huebl@boku.ac.at

Prof. Dr. Edmund Krauter

geo-international
 Mombacher Str. 49-53
 D - 55122 Mainz
 Tel. +49 6131 387071
 Mail: krauter@geo-international.info

Dr. Oliver Kuhl

Hessen Mobil
 Straßen- und Verkehrsmanagement Wetzlar
 Dezernat Straßenbautechnik, Erhaltungs- und Entsorgungsmanagement
 Sportparkstraße 15
 D - 35578 Wetzlar
 Tel.: +49 6441 9247422
 Mail: oliver.kuhl@mobil.hessen.de

Dr. Christine Kumerics

Forschungsstelle Rutschungen an der J. Gutenberg-Universität Mainz
 Mombacher Str. 49-53
 D - 55122 Mainz
 Tel. +49 6131 384083
 Mail: fsr@geo-international.info

Dr. Tobias Stauder

Kanzlei Fuhrmann Wallenfels
 Bahnhofstr. 67
 D - 65185 Wiesbaden
 Tel. +49 611 449091
 Mail: wiesbaden@fuhrmann-wallenfels.de

GD Dipl.-Geol. Ansgar Wehinger

Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz
 Emy-Roeder-Str. 5
 D - 55129 Mainz
 Tel.: +49 6131 9254367
 Mail: ansgar.wehinger@lgb-rlp.de

Ausstellerverzeichnis:

Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR

Fraunhoferstraße 20, D - 53343 Wachtberg
 Tel. +49 228 9435-11
 Mail: info@fhr.fraunhofer.de
 www.fhr.fraunhofer.de

Geobrugg AG

Aachstraße 11, CH - 8590 Romanshorn
 Tel. +41 466 8155
 Mail: info@geobrugg.com
 www.geobrugg.com

MACCAFERRI Deutschland GmbH

Kurfürstendamm 226, D - 10719 Berlin
 Tel. +49 30 88007979
 Mail: office@maccaferri.de
 www.maccaferri.de

PURUS PLASTICS GmbH

Am Blätterrangen 4, D - 95659 Arzberg
 Tel. +49 9233 77550
 Mail: info@purus-plastics.de
 www.purus-plastics.de

Trumer Schutzbauten GesmbH

Handelsstraße 6, A - 5431 Kuchl
 Tel. +43 6244 20325
 Mail: office@trumerschutzbauten.com
 www.trumerschutzbauten.com

Anerkennung der Fortbildungsveranstaltung

Das Weiterbildungsseminar "Rutschungen: Folgen - Forschung - Praxis" ist lt. Bescheid der Ingenieurkammer-Bau Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, vom 11.03.2013, unter folgender Reg.-Nr. als Fortbildungsveranstaltung anerkannt:

Reg.-Nr.	24222
Veranstaltungsbezeichnung:	Rutschungen: Folgen - Forschung - Praxis
Bildungsträger:	Forschungsstelle Rutschungen e.V. an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Datum Veranstaltung:	12.06.2013
Ort:	55099 Mainz
Zeitdauer:	12,00 Zeiteinheiten zu je 45 Min.
Teilnehmer:	- Beratende Ingenieure (§ 2 Abs. 1 FuWO) - Ingenieure (§ 2 Abs. 1 FuWO) - öbuvSV in diesem Sachgebiet (§ 2 Abs. 2 FuWO)

Die Veranstaltung ist im Internet veröffentlicht unter:
www.ikbaunrw.de-Recht&Service-Seminarkalender

Teilnahmebescheinigung

Die Teilnahmebescheinigung wird den Teilnehmern/innen - sofern die Eintragung in das Teilnehmerverzeichnis der jeweiligen Veranstaltungstage erfolgt ist - nach Ende der Veranstaltung ausgestellt und zugesandt.

Teilnehmerverzeichnis

Das Teilnehmerverzeichnis lag zum Zeitpunkt der Drucklegung des Tagungsbandes noch nicht vollständig vor. Nach Veranstaltungsende wird das Verzeichnis den Teilnehmern/innen zugesandt.

1 Historische Entwicklung von Felssicherungen anhand von Fallbeispielen

Prof. Dr. EDMUND KRAUTER
 geo-international Dr. J. Feuerbach GmbH, Mainz &
 Forschungsstelle Rutschungen e.V. an der J. Gutenberg-Universität Mainz

1.1 Einführung

Im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts, als das Eisenbahnnetz verstärkt ausgebaut wurde, waren Felssicherungen hauptsächlich nur auf Bahnstrecken beschränkt. Die Sicherungen, wie Unterfangungen, Futter- und Stützmauern sowie Fangmauern mit Auffanggräben, erfolgten gleichzeitig mit dem Bahnbau. Ein Großteil dieser Maßnahmen ist nach über hundert Jahren heute noch wirksam. Ein Versagen von Schutzmaßnahmen ist örtlich in der mangelnden Wartung nach zwei Weltkriegen zu sehen.

Zur Zeit des Bahnbaus gab es als fahrbares Fortbewegungsmittel nur Pferdekutschen, die, abgesehen von Ortschaften, auf unbefestigten Wegen fuhren. Das Problem Sicherungsmaßnahmen gegen Felsausbrüche und Steinschläge im Wegebereich stellte sich damals noch nicht. Auch anfangs des 20. Jahrhunderts als mit der zunehmenden Zahl von Motorroschen der Ausbau von Straßen begann, hatte man diese Gefahren noch nicht im Visier.

Durch den 1. Weltkrieg, den anschließenden politischen Wirren und schließlich infolge des 2. Weltkrieges und den ersten Folgejahren hatte sich das Verkehrsaufkommen innerhalb Deutschlands bis dahin nur langsam entwickelt.

Durch die folgende zunehmende Verkehrsdichte auf Straßen bedingt, nahmen auch die Verkehrsunfälle durch Felsstürze und Steinschläge zu. Diese Ereignisse führten Ende der 1950er Jahre, zumindest in Rheinland-Pfalz, zu geotechnischen Untersuchungen solcher Gefahrenbereiche und dem Einrichten von Sicherungsmaßnahmen, wie Drahtnetzverhängungen und Fangzäune.

Neben der technischen Entwicklung solcher Maßnahmen in den letzten Jahrzehnten, haben heute auch die Vorschriften für die Arbeitssicherheit (Unfallverhütungsvorschriften) die Ausführung von Felssicherungen mitbestimmt. Einen entscheidenden Einfluss auf die Dimensionierung solcher Schutzmaßnahmen hatten auch die sich entwickelnden rechnergestützten Stabilitätsuntersuchungen.

Die ersten Felssicherungsmaßnahmen mit Kettenverhängungen sind bereits ca. 250 Jahren alt, die an einem Burgaufgang am Mittelrhein noch zu sehen sind (Exkursionspunkt am 13.06.2013).

1.2 Fallbeispiele

Fallbeispiele von gesicherten Bahnstrecken und Straßen in Rheinland-Pfalz zeigen die Weiterentwicklung von Schutzmaßnahmen und deren Ausführungstechnik seit dem Bahnbau auf. Die Beispiele gehen von den damals technisch möglichen Sicherungsmethoden aus.

1.2.1 Fangmauern und Auffanggräben

An der Bahnstrecke Koblenz-Perl bei Wehr/Mosel wurden zu deren Sicherung gegen Felsstürze und Steinschläge Fangmauern mit bergseitigem Auffanggraben gebaut [1]. Von der Bahnstrecke ausgehend kommt zuerst ein ca. 35° ansteigende Böschung. Im oberen Teil steht eine ehemalige 1,50 m hohe Trockenmauer, die inzwischen größtenteils verstimmt ist. Dahinter befindet sich ein Auffanggraben vor der bis zu 25,00 m hohen, aus dickbankigen Kalksteinen (Oberer Muschelkalk) bestehenden Felswand. Der Graben war durch Felssturzmassen inzwischen verfüllt (Abb. 1).

Mauer und Auffanggraben boten, als die Maßnahmen noch intakt waren, ausreichenden Schutz gegen Felsausbrüche und Steinschläge mit der Bewegungsart Fallen und Rollen. Der Parameter Sprunghöhe war nicht einkalkuliert und wohl damals auch noch nicht einschätzbar.

Teile einer Felssturzmasse übersprangen 1998 den verfüllten Auffanggraben und das Restmauerwerk und verschütteten die bergseitige Bahnstrecke, wodurch ein Triebwagen entgleiste.

Als Sicherungsmaßnahmen gegen künftige Sturzereignisse wurden darauf hin der Auffanggraben wieder freigelegt und Fangzäune installiert, deren Lage und Dimensionierung nach folgenden Parametern ausgerichtet wurden:

- Schutzbedürfnis
- Gefahrenpotential
- Steinschlaghäufigkeit
- Platzverhältnisse, Abstand vom Schutzobjekt
- max. Auslenkungsweite bei Treffern
- Verhältnis zwischen Geschwindigkeit und Masse (Steinschlag-simulationen [2]: Sturzweite, Sprunghöhe und Auftreffenergie)
- Zugänglichkeit des Geländes



Abb. 1a: Reste der Fangmauer und bergseitig verfüllter Auffanggraben oberhalb der Bahnstrecke.



Abb. 1b: Freigelegter Auffangraum mit Fangzaun (System Geobrugg, Aufnahmefähigkeit 750 kJ) vor der alten Mauer, die hinter dem Fangzaun noch zu erkennen ist, und Drahtnetzverhängung als Arbeitsschutz.

1.2.2 Tunnelvorbau und Unterfangungen

Über dem Tunnelvorbau zum Schutz gegen Felsstürze und Steinschläge im südlichen Bereich des Kammereck-Bahntunnels bei Sankt Goar/Rhein (Exkursionspunkt am 13.06.2013) auf der Bahnstrecke Köln-Mainz stützen bogenförmige Unterfangungen absturzgefährdete Felspartien (Abb. 2, Pfeil). Noch im Bereich des Tunnelvorbau, wurde anfangs der 1980er Jahren ein Aufweiten von Klüften und neue Rissbildungen am Fuß eines vorspringenden Teils der Felsböschung beobachtet. Nach Erkundungsbohrungen und den Ergebnissen von dort eingebauten Extensometermessungen fanden Bewegungen im Millimeterbereich pro Jahr statt. Es bestand die Gefahr von Kipp- und Sturzbewegungen des Felskörpers, für die der Südportalbereich des Tunnels entsprechend den Nachrechnungen nicht dimensioniert war. Bei einem Absturz des Großluftkörpers wäre auch die am Hangfuß vorbeiführende Bundesstraße B9 überschüttet worden. Die nach den Ergebnissen statischer Berechnungen durchgeführten Sicherungsmaßnahmen umfassten zwei Ankerreihen auf Stahlbetongurten (Abb. 3). Die Länge der Anker wurde durch eine nach den Erkundungsbohrungen etwa 11,00 m hinter der Felswand zum Tunnel spitzwinklig verlaufende Störungszone und der Lastglocke des Tunnels bestimmt. Teilbereiche der Felswand wurden außerdem vernagelt.



Abb. 2: Absturzgefährdeter Felskörper (Pfeil) und links anschließend mit Ankern gesicherte Felskörper (Pfeil). Mitte links die Außenmauer des Tunnelvorbau.

Der Auffangraum wurde als erstes wieder freigelegt. Die dabei entstandenen bergseitigen Böschungen wurden zum Arbeitsschutz mit Drahtnetzen verhängt (Abb. 1b.) Dann erfolgten Sicherungen von aus dem Felsverband bereits gelösten Großluftkörpern mit Stahlseilverhängungen und -umgürtungen, sowie Unterfangungen mit Spritzbeton. Die Stahlseilsicherungen hatten den Zweck die Fallenergie bei Kipp- und Fallbewegungen zu reduzieren. Zuletzt wurde der Fangzaun installiert (Abb. 1b). Der Fortschritt gegenüber den Sicherungsmaßnahmen beim Bahnbau, deren Grundlagen Erfahrung und Intuition waren, bestand in der Gefährdungseinschätzung und die Auslegung der Schutzmaßnahmen mittels Steinschlagsimulationen, wodurch eine Optimierung der Sicherheiten im Vergleich zu den früheren Schutzmaßnahmen, vor allem durch die elastisch-plastisch reagierenden Fangzäune, möglich wurden. Die Kontrolle der Bewegungen von Großluftkörpern geschieht zusätzlich mittels Felsspionen. Eine Wartung des Auffanggrabens, die in den letzten Jahrzehnten von der Bahn nicht erfolgte, ist aber auch jetzt erforderlich, ebenso wie die Überprüfung der Felsspione.

Umfangreiche Sicherungsmaßnahmen, wie Drahtnetzverhängungen und Fangzäune als Arbeitsschutz wurden vorab von einem Steiger aus installiert. Zusätzlich wurden Messeinrichtungen (Lichtwellenleiter) zur Kontrolle der Sicherungsmaßnahmen eingebaut.

Die Anfang der 1990er Jahren mit hohem technischem und finanziellem Aufwand durchgeführten Schutzmaßnahmen dienten also Bahn und Straße. Der Unterschied der beiden über 100 Jahren auseinander liegenden Sicherungsmaßnahmen besteht

- in den Erkundungsmethoden des Gebirges und Kontrolle der Verformungen (Bohrungen, Messtechniken) sowie
- in der Anwendung von Berechnungen der Standsicherheit für die Dimensionierung der Maßnahme und
- in den technischen Hilfsmitteln bei der Ausführung der Sicherungsmaßnahmen und,
- vom Landschaftsbild ausgehend, in dem damaligen Einpassen der Bahnsicherungen in die Felsböschung, im Gegensatz zu der auffälligen neuen Maßnahme.



Abb. 3: Tunnelmund und der mit vorgespannten Bogenmauer unterfangene Felspartie.

Zur Zeit des Bahnbaus waren die Auflockerungen am Fuß der Felsböschung am Kammerecktunnel sehr wahrscheinlich noch nicht so ausgeprägt. Nachrechnungen der beim Bahnbau erfolgten Unterfangungen erreichen nicht mehr die heutigen Sicherheitsstandards.

1.2.3 Futtermauern und Fangvorrichtungen aus Eisenbahnschienen und -schwellen

Auf der Bahnstrecke Koblenz-Perl bei Hatzenport/Mosel [3] wurden in den 1960er Jahren Felssicherungen, wie Stahlseilumgürtungen und Fangvorrichtungen aus Alteisenbahnschienen und -schwellen gegen Felsausbrüche und Steinschläge, errichtet. Die Eisenbahnschwellen waren zum Teil durchgerostet [4] und/oder hatten sich von den Pfosten gelöst. Trotz dieser Fangvorrichtung kam es immer wieder zu Steinschlagereignissen auf der bergseitigen Bahnstrecke.

Die bergseitig stehende Futtermauer war durch einen Spalt durchgehend von der Felswand getrennt. Messungen ergaben ein allmähliches Aufweiten dieser Spalte, sodass die Gefahr des Kippens oder Knickens nicht auszuschließen war, was zu einem Überschütten des bergseitigen Bahnleises hätte führen können.

Als Sicherungsmaßnahmen wurden zuerst Felsberäumungen in Zugpausen durchgeführt. Dabei sich lösendes Gesteinsmaterial übersprang die vorhandenen Fangvorrichtungen. Die Beräumungen erfolgten auch zum Schutz der nachfolgenden Arbeiten, wie die eng anliegende Drahtnetzverhängung (System TECCO, Geobrugg), der bis zu 50,0 m hohen Felsböschung.

Die alten starren Fangvorrichtungen, deren Energieaufnahmekapazitäten nur ca. 60 kJ betragen, wurden danach rückgebaut und in nicht mit Drahtnetzverhängungen gesicherten Bereichen durch elastisch und plastisch

verformbare Fangzäune (Ringnetze, System Geobrugg, Aufnahmekapazität 750 kJ) ersetzt. Die sich zum Teil überlappenden Fangzäune wurden nach den Ergebnissen von Steinschlagsimulationen dimensioniert. Es ergaben sich rechnerisch Auftreffenergien bis zu 600 kJ.

Die Futtermauer wurde rückgebaut und der dahinter anstehende stark aufgelockerte Felsbereich entsprechend der Statik vernagelt und mit einer Spritzbetonschale versehen, die dann mit Natursteinen verkleidet wurde.

Die Entwicklung von Fangvorrichtungen wird an diesem Beispiel besonders sichtbar. Starre Fangvorrichtungen, wie sie in den 1960er Jahren installiert wurden, auch wenn sie noch intakt sind, weisen allgemein nur eine Aufnahmekapazität von ca. 60 kJ auf. An vielen Stellen der Moselstrecke sind sie bereits nach ca. 50 Jahren durchgerostet. Die heutigen Fangzäune sind korrosionsgeschützt und haben Aufnahmekapazitäten für Einschlagenergien bis zu 8000 kJ (Geobrugg).

Auch in diesem Beispiel hat die mit der Zeit erfolgte Auflockerung, der beim Bahnbau hergestellten Felsböschungen zu einer Gefahrenerhöhung durch Felssturz- und Steinschlagereignissen geführt.

Die im Jahre 2002/2003 durchgeführten Maßnahmen haben nicht nur durch die modernen Techniken zu einer hohen Sicherheit gegen Sturz- und Fallereignisse der Bahnstrecke geführt, sondern auch das Landschaftsbild positiv beeinflusst, das durch die Eisenbahnfangvorrichtungen beeinträchtigt war.



Abb. 4: Bis 7 m hohe Fangvorrichtungen aus Alteisenbahnschienen und -schwellen sowie ein Teil der Futtermauer.



Abb. 5: An den Felshang angepasste TECCO-Verhängung, Fangzaun mit Ringnetzen und neu errichteter Futtermauer im Hintergrund (umgekehrte Blickrichtung zu Abb. 4).

1.3 Fazit

Sicherungen gegen Felsstürze und Steinschläge beim Bahnbau im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts beschränkten sich, entsprechend den damaligen technischen Möglichkeiten, auf Stützmaßnahmen, Fangmauern und Auffanggräben. In Tunnelbereichen wurden in felssturz- und steinschlaggefährdeten Felsbereichen Portalzonen vorgezogen.

Sehr viel später kamen Fangvorrichtungen mit Pfosten aus Eisenbahnschienen mit Bahnschwellen oder aus Doppel-T-Eisen, die meist mit Holzschwellen ausgefacht waren, zum Einsatz.

Maßnahmen, die heute nicht mehr greifen oder nicht mehr den heutigen Sicherheitsvorstellungen genügen, sind durch Alterungsprozesse der Schutzmaßnahmen oder mangelnder Unterhaltung der Maßnahmen zurückzuführen. Letzteres ist auch auf den Verlust der Kenntnis solcher Maßnahmen infolge der beiden Weltkriege verbunden.

Ergänzende Sicherungsmaßnahmen wurden auch durch die inzwischen entstandene und fortschreitende Entfestigung durch Schwerkraft- und Witterungseinflüsse [5] der beim Bahn- und Straßenbau angelegten Felsböschungen erforderlich, welche in den letzten Jahren zunehmende Felsausbrüche und Steinschläge verursachte. Im Gegensatz zum Bahnbau wurden Sicherungsmaßnahmen an Straßen anfangs erst nach Schadensereignissen ausgeführt.

Alte Stützmaßnahmen an Bahnstrecken haben aufgrund ihrer scheinbar extremen Dimensionierung in Vergessenheit geratene latente [6] Rutschhänge zum „Wieder entdecken“ geführt.

Hervorzuheben ist das damalige Erfassen von Gefahrenstellen durch Rutschungen, Felsstürze und Steinschläge aufgrund von Beobachtung, Erfahrung und Intuition und das Gefühl für das Einpassen der Maßnahmen in das Landschaftsbild. Erst nach Einführung des Bundesnaturschutzgesetzes 1997 versucht man wieder, solche Maßnahmen in das Landschaftsbild zu integrieren.

1.4 Benutztes Schrifttum

- [1] Krauter, E. (1999): Gutachten über die Felssturzgefahren an der DB-Strecke 3010 zwischen Palzem und Wehr (Bahn-km 145,2 + 50 bis 145,6 + 50).- geo-international, Mainz [unveröff.].
- [2] Spang, M.R. & Krauter, E. (2001): Rockfall Simulation – State of the Art for Risk Assessment and Dimensional of Rockfall Barriers.- Internat. Conference of Landslides; Causes, Impacts and Countermeasures, S. 607-615, Davos, Switzerland.
- [3] Krauter, E. (2001): Gutachten über Felshangsisicherung bergseitig der DB-Strecke Koblenz – Perl 3010, Bahn-km 24.695 bis 24.900, Ortslage Hatzenport/Mosel.- geo-international, Mainz [unveröff.].
- [4] Krauter, E. & Scholz, W. (1996): Langzeitverhalten von Schutznetzverhängungen gegen Steinschlag.- Geotechnik 19 (1996), Heft 2, S.76-81, Essen.
- [5] Krauter, E. (1990): Phänomenologie natürlicher Böschungen (Hänge) und ihrer Massenbewegungen.- In: Smolctyk, U. (Hrsg.): Grundbautaschenbuch, 4. Aufl., Teil 1, S. 565-614, (Ernst & Sohn, Verlag für Architektur u. techn. Wiss.), Berlin.
- [6] Krauter, E. (1993): Mehrsprachiges Glossar über Rutschungen (deutscher Text). In: Kanadische Geotechnische Gesellschaft (Hrsg.) - UNESCO-Arbeitsgruppe der internationalen geotechnischen Gesellschaft zur Inventarisierung von Rutschungen.

Alles im Blick

Im Spezialtiefbau werden besonders hohe Anforderungen an Zuverlässigkeit und Präzision gelegt. Mit unseren umfangreichen Leistungen, unterstützen und beraten wir Sie in allen Phasen der Planung und Ausführung komplexer Aufgaben in der Geotechnik und im Spezialtiefbau.

Unsere Leistungen:

- Ganzheitliche Projektbetrachtung
- Hohe Planungssicherheit
- Umfassende Erfahrung in Planung und Ausführung
- Budget-, Termin- und Kostensicherheit für das Projekt
- Vertrauensvolle und partnerschaftliche Zusammenarbeit mit allen Projektbeteiligten

DMT, Ihr Partner für Projektmanagement und Planung in der Geotechnik und im Spezialtiefbau.

DMT GmbH & Co. KG
Geo, Bau, Umwelt

Telefon +49 (0)201 172-1814
Telefax +49 (0)201 172-1777
www.dmt.de

Unternehmensgruppe TÜV NORD

DIN EN ISO
9001
zertifiziert



Dr. Spang GmbH - Felssicherung und Steinschlagschutz weltweit



- . Hang- und Böschungssicherung
- . Steinschlagschutz
- . Rockfall-Software
- . Felsbau
- . Wasserbau
- . Naturschutz
- . Tunnelbau
- . Brückenbau
- . Umwelttechnik
- . Beweissicherung
- . Ingenieurgeologie
- . Hydrogeologie
- . Geotechnik
- . Spezialtiefbau
- . Sachverständige
- . Altbergbau



DR. SPANG

Ingenieurgesellschaft für Bauwesen,
Geologie und Umwelttechnik mbH

Seit über 30 Jahren Ihr Partner bei Begutachtung, Erkundung, Planung und Überwachung in der Geotechnik

Westfalenstr. 5-9, 58454 Witten, (02302) 914 020
www.dr-spang.de zentrale@dr-spang.de
Esslingen - Freiberg - Nürnberg - Naumburg - Witten

www.dr-spang.de
www.rockfall.org

Methodik zur Abschätzung des künftigen Gefährdungspotenzials durch Massenschwerebewegungen an Verkehrswegen mittels Geoinformationssystem

Dr. CHRISTINE KUMERICS, Forschungsstelle Rutschungen, Mainz

Dr. FRIEDER ENZMANN, Institut für Geowissenschaften, Johannes Gutenberg-Universität, Mainz

Ausgangslage

Massenschwerebewegungen stellen ein hohes Gefährdungspotenzial für Verkehrswege wie das Straßennetz oder den Schienenverkehr dar. Neben den Faktoren Geologie, Morphologie, Hydrogeologie, Vegetation u.a. spielt das Klima als auslösender Faktor hinsichtlich der Eintrittswahrscheinlichkeit von Massenschwerebewegungen eine maßgebende Rolle. Klimaprognosen für Deutschland gehen generell von einer Abnahme der Niederschläge im Sommerhalbjahr und einer Zunahme im Winterhalbjahr sowie einer Zunahme von Starkregenereignissen sowohl im Sommer- als auch im Winterhalbjahr bei insgesamt steigenden Temperaturen aus. Durch diese Klimaänderung steigt möglicherweise das Gefährdungspotenzial durch Massenschwerebewegungen an. Daraus würden sich für die Unterhaltung der Verkehrswege netze zwangsläufig höhere Risiken bzw. ein größeres Schadensausmaß mit hohen Instandsetzungskosten ergeben.

Rechnergestützte Modellierungen ermöglichen eine Identifizierung von potenziell durch Rutschungen gefährdeten Gebieten. Auf diese Weise lassen sich frühzeitig Maßnahmen zur Schadensverhinderung bzw. -minimierung planen bzw. treffen.

Mit Hilfe eines Geoinformationssystems (GIS) kann solch eine Modellierung hinsichtlich einer Gefährdungsabschätzung vorgenommen werden, indem die Informationen der realen Welt in ein rechnergestütztes Modell überführt und analysiert werden (Abb. 1). In das Modell fließen zum einen rutschungsrelevante Faktoren aus geologischer, ingenieurgeologischer, hydrogeologischer und morphologischer Sicht und zum anderen projizierte Klimadaten bis zum Jahr 2100 ein. Dadurch wird eine zeitabhängige Abschätzung potenzieller Gefährdung an Verkehrswegen möglich.

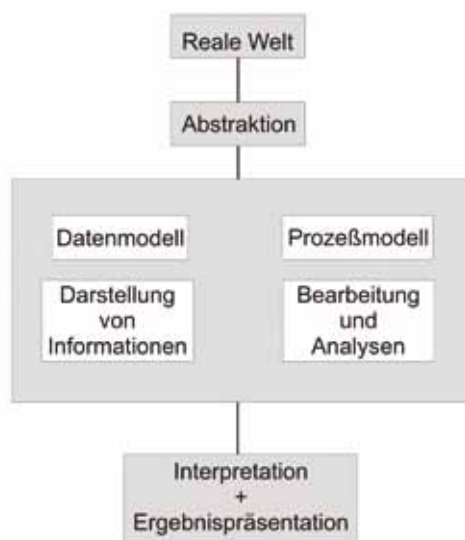


Abb. 1. Von der realen Welt zum rechnergestützten Modell.

Geoinformationssystem

Die Hauptbestandteile eines Geoinformationssystems sind: Hardware, Software, Daten und Anwendungen. Mit Hilfe der elektronischen Datenverarbeitung können raumbezogene Daten (Geodaten) digital erfasst, verwaltet, analysiert und graphisch präsentiert werden.

Es existieren mehrere Softwarepakete für Geoinformationssysteme von unterschiedlichen Herstellern. Ein geläufiges ist das Softwarepaket ArcGIS 10.1 des Unternehmens ESRI, welches bereits seit Ende der 1980-iger Jahre am Markt etabliert ist und in vielen Bereichen weltweit eingesetzt wird.

ArcGIS 10.1 verbindet u.a. Techniken und Methoden des Datenbankmanagements, der (geo-)statistischen Analyse, der Prozessmodellierung (z.B. Erosionsprozesse) und der kartographischen Darstellung und beinhaltet neben vielen speziellen Anwendungen und Teilmodulen die Grundprogramme ArcCatalog und ArcMap mit der ArcToolbox (Abb. 2).



Abb. 2. Grundprogramme von ArcGIS 10.1.

Durch die Zusammenführung verschiedener raumbezogener Geodaten und deren Verknüpfung zu Datenbankinhalten können über räumliche Analysemöglichkeiten neue Informationen erzeugt und visualisiert werden.

Datenarten und -typen

Bei der Datenverwaltung in Geoinformationssystemen können verschiedene Datenkategorien unterschieden werden. Die bekanntesten unter ihnen sind Sach- und Geometriedaten, mit denen reale Objekte beschrieben bzw. abgebildet werden.

Sachdaten (Attribute) liefern thematische Informationen über ein Objekt, eine Fläche, ein Gebiet etc. und werden meist in Tabellen oder Datenbanken gespeichert. Zusätzlich ist die Geometrie hinterlegt, wodurch das Objekt einen Raumbezug erhält.

Geometriedaten beschreiben die geographische Lage und Geometrie von Objekten und liegen in Form von Vektor- oder Rasterdaten vor. Bei Vektordaten wird der Raumbezug durch Koordinaten definiert und die Geometrie durch Punkte, Linien und Flächen dargestellt. Hingegen wird bei Rasterdaten der Raum durch regelmäßige Gitternetze in eine bestimmte Anzahl von Pixel unterteilt, wobei jedem Pixel Informationen zugeordnet sind. Dies können Grau- oder Farbwerte wie z.B. bei digitalen Orthophotos oder numerische Informationen wie z.B. Messwerte sein. Die Summe aller Pixel ergibt schließlich das kartographische Gesamtbild.

Koordinatensystem

Wie bereits erwähnt, dient das GIS der Verarbeitung raumbezogener Daten. Nicht alle Geodaten der verschiedenen Fachgebiete besitzen aber das gleiche Koordinatensystem. Daher muss ein Koordinatensystem als gemeinsames Bezugssystem gewählt werden und die Geometrie der verschiedenen Daten, wenn nötig, durch Koordinatentransformationen in das entsprechende Koordinatensystem transformiert werden. Erst dann können die Daten gemeinsam dargestellt und analysiert werden.

Mit der Umstellung auf die neuen Informationssysteme AFIS, ALKIS und ATKIS (AAA-Konzept) wird sukzessive in allen Bundesländern – und damit auch auf Bundesebene – das Europäische Terrestrische Referenzsystem 1989 (ETRS89) in Verbindung mit der Universalen Transversalen Mercator (UTM)-Abbildung als einheitliches amtliches Koordinatenreferenzsystem eingeführt. Die Gauß-Krüger-Koordinaten im Deutschen Hauptdreiecksnetz werden somit abgelöst. Diese Umstellung schafft eine einheitliche Basis für eine zukünftige Geodateninfrastruktur innerhalb Europas. Ein weiterer Vorteil des neuen Abbildungssystems besteht darin, dass die Abbildungen nicht mehr in unterschiedlichen Gauß-Krüger-Meridianstreifen vorliegen, sondern einheitlich in der UTM-Zone 32.

Aufbau eines Geoinformationssystems

Im Folgenden sind die wichtigsten Arbeitsschritte und zu beachtenden Aspekte aufgeführt, die nötig sind, um ein GIS-Projekt für eine Gefährdungsabschätzung durch Massenschwerebewegungen an Verkehrswegen aufzubauen.

Datengrundlage

Für die Entwicklung eines rechnergestützten Modells bedarf es zunächst einer Recherche verfügbarer digitaler Datensätze, anhand deren die rutschungsrelevanten Faktoren für die Analyse ermittelt bzw. berechnet werden können.

Digitales Kartenmaterial liegt sowohl auf bundesweiter Ebene als auch auf Länderebene vor und wird für Forschungszwecke meist kostenfrei vom Datenurheber zur Verfügung gestellt.

Nachstehend ist eine Auswahl an digitalem Kartenmaterial aufgeführt, das auf Bundes- bzw. Länderebene verfügbar ist, wobei nur jeweils der Datensatz mit der höchsten räumlichen Auflösung erwähnt wird:

Bundesweites digitales Kartenmaterial:

- Bundesfernstraßennetz (BISStra)
- Digitale Geologische Übersichtskarte (GÜK200), Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
- Digitale Hydrogeologische Übersichtskarte (HÜK200), Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
- Digitales Geländemodell (DGM10), Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
- Digitales Landschaftsmodell (DLM250 – AAA-Modellierung), Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
- Digitale Orthophotos (DOP20), Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
- Digitale Bodenübersichtskarte (BÜK200), Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Digitales Kartenmaterial der Bundesländer am Beispiel von Rheinland-Pfalz:

- Geologische Übersichtskarte (GÜK300), Landesamt für Geologie und Bergbau, Rheinland-Pfalz
- Hydrogeologische Übersichtskartierung von Rheinland-Pfalz (HÜK200), Landesamt für Geologie und Bergbau, Rheinland-Pfalz
- Digitale Geodaten (ATKIS):
 - Digitales Basis-Landschaftsmodell
 - Digitales Geländemodell (DGM5)
 - Digitale Topographische Karte (DTK5)
 - Digitale Orthophotos (DOP20), Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation, Rheinland-Pfalz

Datenprozessierung und Bewertung

Damit die Informationen dem Geoinformationssystem verfügbar gemacht werden können, sind je nach Umfang und Art der Daten eine ganze Reihe von arbeitsaufwendigen Schritten erforderlich.

Maßgebliche Schritte zur Datenaufbereitung sind:

- Zusammenfügen einzelner Datensätze zu einer Gesamtübersicht, z.B. Geologische Übersichtskarte
- Generieren von Daten, z.B. Digitales Geländemodell
- Digitalisieren von Daten, z.B. Punktekataster von Schadensereignissen
- Koordinatentransformation der unterschiedlichen Datensätze in ein einheitliches Bezugssystem (UTM ETRS89 Zone 32N)
- Konvertierung der Geodaten in andere Dateiformate oder Strukturen (Vektor-Raster- oder Raster-Vektor-Konvertierung)
- Zuschneiden der Datenlayer auf die Größe des Untersuchungsgebiets (hier: Streifen entlang von Verkehrswegen)

Neben den Informationen, die direkt aus einem Datensatz entnommen werden, können weitere rutschungsrelevante Faktoren aus den vorliegenden Daten abgeleitet bzw. berechnet werden. Diese lassen sich als eigenständige Datensätze in das System integrieren.

Eine Auswahl an digitalen Datensätzen mit den jeweils relevanten abgeleiteten Faktoren ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

Datensatz (Rohdaten)	Abgeleitete/berechnete Faktoren
Digitales Geländemodell	Hangneigung, Exposition, Oberflächenwasserabfluss, Wassereinzugsgebiet
Geologische Übersichtskarte	Petrographie bzw. ingenieurgeologische Klassifizierung
Digitales Landschaftsmodell	Vegetation, Besiedlung, Verkehrswege

Tab. 1. Digitale Datensätze für eine Gefährdungsabschätzung.

Die relevanten Datensätze werden in ArcMap in Form von einzelnen Layern organisiert, übereinander gelegt und mittels der ArcToolbox miteinander verschnitten.

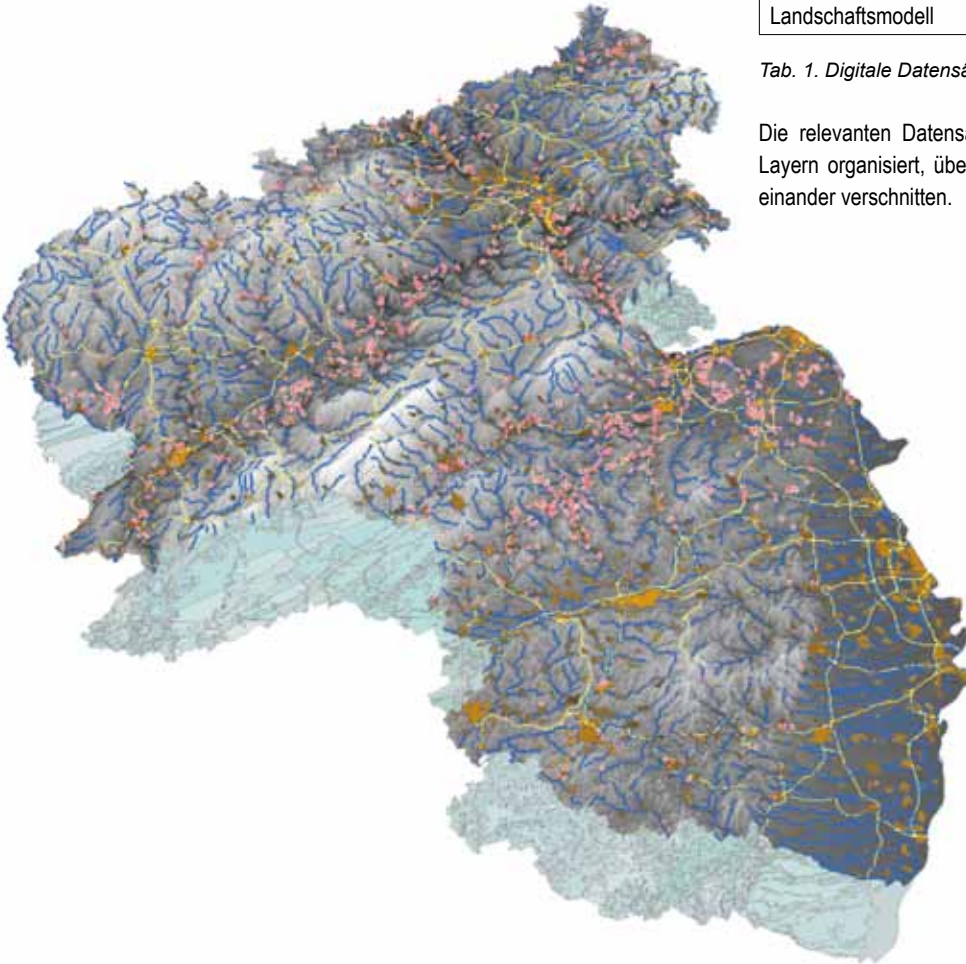


Abb. 3. Schematische Darstellung des Layer-Prinzips anhand von Rheinland-Pfalz. Von unten nach oben sind folgende Layer übereinander projiziert: Geologie (verschiedene Blautöne), Höhenmodell (Graustufen), Ortslagen (orangefarbene Flächen), Gewässernetz (blaue Linien) und Punktekataster von Schadensereignissen (hellrote Punkte).

Da für die Abschätzung des Gefährdungspotenzials an Verkehrswegen nur ein begrenzter Bereich von Interesse ist, wird ein Modellgebiet definiert und die unterschiedlichen Layer entsprechend zugeschnitten. So können rutschungsrelevante Datensätze wie beispielsweise der Layer für die geotechnische Klassifizierung – abgeleitet von der Petrographie der geologischen Karte – und der erstellte Layer für die in Klassen eingeteilte Hangneigung auf das Modellgebiet zugeschnitten und übereinander projiziert werden (Abb. 4).

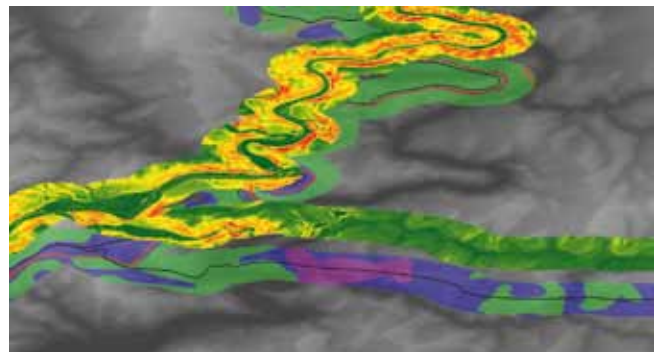


Abb. 4. Exemplarisch ausgewähltes Modellgebiet entlang der Straße. Der obere Layer repräsentiert die in Klassen eingeteilte Hangneigung und der untere stellt die geotechnischen Klassifizierung dar. Das Höhenmodell (Graustufen) dient als Basis-Layer.

Für die Bewertung von zukünftigen, potenziellen Gefahrenbereichen wird die Weighted Overlay-Analyse im GIS genutzt und die unterschiedlichen Gefährdungsstufen, die sich aufgrund der Analyse ergeben, entsprechend qualitativ und visuell umgesetzt.

Zunächst müssen alle Datensätze, sofern sie nicht schon im Rasterformat vorliegen, zu Rastern konvertiert werden. Damit die einzelnen Layer mit unterschiedlichen Wertebereichen in einer Analyse kombiniert werden können, müssen diese zu einer gemeinsamen Skala (z.B. 0 bis 10) reklassifiziert werden.

Mit dem Werkzeug Weighted Overlay werden die Eingabe-Datensätze anhand der festgelegten Skala skaliert, gewichtet und addiert. Günstigere Positionen für die einzelnen Eingabekriterien bekommen dabei höhere Werte zugeteilt. Die einzelnen Gewichtungen der Eingabe-Faktoren müssen in der Summe 100 Prozent ergeben. Das Werkzeug Weighted Overlay basiert auf der Annahme, dass günstigere Faktoren höhere Werte im Ausgabe-Raster ergeben und diese Positionen daher als am besten identifiziert werden.

Abbildung 5 zeigt exemplarisch die graphische Verschneidung der beiden Faktoren geotechnische Klassifizierung und Hangneigung. Die Datensätze sind klassifiziert, entsprechend dem Gefährdungsgrad reklassifiziert und miteinander verschritten. Das Resultat ist eine Gefährdungseinstufung innerhalb der ausgewählten Region aus ingenieurgeologischer Sicht von gering (grün) über mäßig (gelb), hoch (orange) bis sehr hoch (rot), die im GIS graphisch umgesetzt wird.

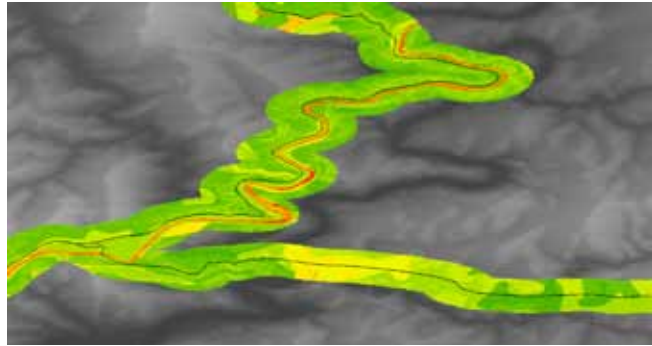


Abb. 5. Visualisierung der Verschneidung des Faktors Hangneigung mit der geotechnischen Klassifizierung und der daraus resultierenden Gefährdungseinstufung im Modellgebiet von gering (grün), mäßig (gelb) über hoch (orange) bis sehr hoch (rot). Das Höhenmodell ist durch verschiedene Graustufen hinterlegt.

In Hinblick auf die Abschätzung des künftigen Gefährdungspotenzials wird die prognostizierte Klimaänderung in das System einbezogen, indem simulierte rutschungsrelevante Klimadaten wie Niederschlagsmenge und Starkregenereignisse sowie Temperatur bzw. Frost in die Bewertung einfließen. Hierbei werden die jeweiligen Änderungswerte in Form zeitabhängiger Raster berücksichtigt, die zuvor durch die Festlegung von Grenzwerten eingestuft werden.

Es lassen sich Regionen lokalisieren, in denen aufgrund der klimatischen Bedingungen ein erhöhtes Gefährdungspotenzial besteht. Die Kopplung mit dem (ingenieur-)geologischen Modell führt schließlich zu einer Gesamtabschätzung hinsichtlich einer potenziellen Zunahme von Massenschwerebewegungen an Verkehrswegen, die anhand von einer empirisch-statistisch vorgenommenen Gefährdungseinstufung im GIS visualisiert wird.



Abb. 6. Vorgehensweise hinsichtlich der Generierung eines Bewertungsschemas.

Zusammenfassung

Mit Hilfe eines GIS können rutschungsrelevante Informationen aus der realen Welt in ein Modell integriert und analysiert werden. Das Zusammenspiel mehrerer Faktoren, die für das Eintreten von Massenschwerebewegungen von Bedeutung sind, kann somit simuliert und visualisiert werden.

Die Entwicklung eines empirisch-statistischen Bewertungsschemas, in welches möglichst viele rutschungsrelevante Faktoren einfließen, ist dabei Grundvoraussetzung für die Gefährdungsabschätzung. In Abbildung 6 sind exemplarisch die essentiellen Schritte dokumentiert, die für die Generierung eines Bewertungsschemas nötig sind.

Die Einstufung des Gefährdungspotenzials wird im GIS mittels einer definierten Farbgebung von grün (gering), gelb (mäßig), orange (hoch) bis rot (sehr hoch) in Form einer kartographischen Darstellung umgesetzt.

Literatur

Landesamt für Vermessung und Geobasisinformation, Rheinland-Pfalz (2009): Der neue Leitfaden für Geobasisinformationen - Leitfaden zur Umstellung auf AFIS-ALKIS-ATKIS (AAA-Modell), 48 S.

Wir bauen zu Ihrer Sicherheit !

Königl

G m b H & C o . K G

Winterhäuser Straße 104 • 97084 Würzburg



- Spritzbeton
- Ankertechnik
- Schutznetzbau
- Geröllfangzäune
- Natursteinsanierung

Tel. 0931/66080-0 • Fax 0931/66080-20 • firma@koenigl.de • www.koenigl.de



Spezialisiert auf den Gebieten der Fels- und Böschungssicherung, Fangzaunbau, Ankertechnik, Spritzbeton und Natursteinmauersanierung baut die Firma Königl seit fast drei Jahrzehnten aktive und passive Schutzeinrichtungen an Bahnstrecken, Autobahnen und Bundes-, Land- und Kreisstraßen. Aber auch private Auftraggeber zählen zum Kundenkreis.

VERSIEGELUNGSFREIER UND NACHHALTIGER EROSIONSSCHUTZ

Für jede Anwendung im Landschaftsbau die optimale Befestigungslösung.

www.purus-plastics.de



PURUS PLASTICS GmbH | Am Blätterrangen 4 | 95659 Arzberg
T: 09233 77 55 0 | F: 09233 77 55 50 | E: info@purus-plastics.de



Gefährdungspotenzial durch Steinschlag- und Felssturzereignisse an bestehenden Straßen – Umgang aus Sicht einer Straßenbauverwaltung

Dr. OLIVER KUHL, Hessen Mobil, Straßen- und Verkehrsmanagement Wetzlar

Einleitung

Gefährdungen durch Steinschlag und Felsstürze an Straßen können nicht grundsätzlich vermieden werden, da aus ökologischen und ökonomischen Gründen im Straßenrandbereich steile Böschungen ausgeführt werden müssen. Bei Neubaumaßnahmen können besondere Gefährdungen schon im Planungsstadium durch die Ausführung entsprechender Schutzsysteme berücksichtigt werden. Im bestehenden Straßennetz gibt es allerdings eine große Anzahl von Felsböschungen, bei denen keine Schutzeinrichtungen vorhanden sind. In der Vergangenheit wurden bei einzelnen Felsböschungen bauliche Maßnahmen zur Vermeidung von Steinschlaggefährdung nachträglich ergriffen. Hierbei handelt es sich meistens um Reaktionen auf Steinschlagereignisse. Durch die Zunahme des Verkehrs und der Geschwindigkeiten hat der Umgang mit den Steinschlaggefährdungen eine zunehmende Bedeutung bekommen. Hinzu kommt, dass ehemals stabile Felsböschungen verwittern und auch extreme Witterungsbedingungen häufiger auftreten können. Die Gewährleistung der Verkehrssicherheit im bestehenden Straßennetz, ist für die Straßen- und Verkehrsverwaltung daher eine besondere Herausforderung.

Streckenkontrolle und Wartung

Bei Hessen Mobil – Straßen- und Verkehrsmanagement, wie auch bei anderen Straßen- und Verkehrsverwaltungen, ist die regelmäßige Kontrolle der Straßen durch die Streckenwarte der Straßenmeistereien ein wichtiger Baustein zur Gewährleistung der Verkehrssicherheit.

Bei der Streckenkontrolle durch den Straßenbetriebsdienst werden die Böschungen auf eine mögliche Verkehrsgefährdung regelmäßig beobachtet. Darüber hinaus ist im Leistungsheft für den Straßenbetriebsdienst auf Bundesstraßen (Version 1.1 Hessen; Dezember 2004) vorgegeben, Mängel an steinschlaggefährdeten Hängen zu beseitigen. Hiernach sind Felsabhängen, von denen eine Gefährdung für den Verkehrsteilnehmer ausgeht, aus Gründen der Verkehrssicherheit und der Schadensabwehr, einschließlich der vorhandenen Schutzeinrichtungen, regelmäßig zu warten. Die Wartung umfasst das Entfernen gelockerten Gesteins sowie das Entfernen von Bewuchs, wenn er zur Lockerung, Spaltung oder Abplatzung des Gesteins führen kann. Die regelmäßige Wartung ist nach Beendigung der Frostperiode durchzuführen.

Trotz der regelmäßigen Kontrollen und Wartungen sind verkehrsgefährdende Ereignisse nicht vollständig zu vermeiden. Das Gefährdungspotenzial kann aber durch geeignete Maßnahmen reduziert werden. Mit dieser Zielsetzung erfolgte im Frühjahr 2008 eine Überprüfung und Aktualisierung der Bestandsdaten aller Böschungen und Felsabhängen durch die Straßenmeistereien.

Gefährdungsbeurteilungen

Bei der Neuaufnahme des Bestandes wurden die Parameter: "Abstand Böschung zum Fahrbahnrand" (mittlerer und minimaler Abstand) und "maximale Höhe" mit erfasst, um einen ersten Überblick über die möglichen Gefährdungen zu erhalten. Dabei wurden insgesamt 256,4 km Felsabhängen erfasst. Über die Kriterien Höhe und Fahrbahnnähe, konnte aber keine ausreichende Differenzierung des Gefährdungspotenzials vorgenommen werden. Es wurde daher festgelegt, bei der Gefährdungsbeurteilung die Kriterien bzw. Parameter

- Höhe der Böschung / Felshang
- Nähe zur Straße
- Steilheit der Böschung / Überhänge
- Größe der Klufftkörper
- Öffnungsweite der Trennflächen
- Verwitterungsgrad
- Wasserführende Schichten
- Frostwechsel und Niederschläge
- Höhe des Bewuchses

einzubeziehen.

Hierzu wurde ein DV gestütztes Formblatt erstellt, das auf die Regelungen der DB Richtlinie 836 "Erdbauwerke planen, bauen und instand halten" aufbaut.

Art:	Strasse:	Seite:	Voll:	von:
Bestandsnummer:			höhen:	Seiten:
Zuordnung von Felsböschungen				
Beurteilungscharakteristika		Bewertung		
		Stufen	Punkte	
Geometrie	maximale Höhe	0 bis 5,3 m	6	
		> 5,3 bis 6,6 m	5	
	geringster Abstand zum Fahrbahnrand	> 5,3 bis 6,6 m	2	
		> 6,6 bis 8,4 m	3	
	Böschungshöhe und Straßenrand	> 5,3 m	6	
		> 5,3 bis 6,6 m	5	
	maximale Neigung	0 bis < 30°	6	
		> 30° bis < 45°	5	
	Böschungserosion	> 45° bis < 60°	5	
		> 60°	3	
Böschungserosion	eben	6		
	uneben	5		
Hydrologie	Wasserführung (Die höchste erreichte Punktzahl ist zu bewerten.)	keine Wasserführung	6	
		teilhaft	5	
Biologie	Bewuchs	vollständig freigelegt bewachsen	6	
		etwas bewachsen	5	
	Bäume	kein oder einzeln	2	
		stark entwickeltes Baum- und Strauchbewuchs	3	
	Gestein	keine Entfestigung	6	
		angehalten	5	
	Neigung der ungesättigten Trennflächen	vertikal und/oder teilweise horizontal	6	
		vollständig horizontal	5	
	Kluffen	keine Kluffen	6	
		vorhanden	5	
Vorsicht für die Einwirkung	Summe der Punkte	Bewertungskategorie		
	0-10	1 (keine Aufnahme in die Liste der Böschwerke)		
Bemerkungen	11-20	2		
	21-30	3		
Datum:		Unterschied:		

Für die flächendeckende Erfassung und Bewertung der Felsböschungen wurden in jedem Amtsbezirk Mitarbeiter in der Anwendung des standardisierten Formblattes geschult (Abbildung 1). Insbesondere mussten Grundkenntnisse zu den geotechnischen Parametern vermittelt werden.

Abb. 1: Formblatt zur Zuordnung von Felsböschungen

Erfassung und Auswertung des Bestandes

Die Aufnahme der Felsböschungen erfolgte sinnvoller Weise im Frühjahr vor Beginn der Vegetationsperiode durch die geschulten Personen. Die Erfassungsblätter wurden nach einheitlichen Kriterien zentral ausgewertet.

Auffallend bei der Auswertung der einzelnen Kriterien war die durchgehend hohe Bewertung beim Parameter "Abstand zum Fahrbahnrand". Bei 82 % aller Felsböschungen wurde die höchste Bewertung vergeben (Abbildung 2). Grund hierfür ist, dass der Abstand zwischen Fahrbahnrand und Böschungsfuß aus ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten im Regelfall möglichst gering ausgeführt wird. Die positive Auswirkung der meist vorhandenen Gräben und Mulden wird bei dem Kriterium "Abstand zum Fahrbahnrand" allerdings nicht berücksichtigt. Ebenfalls ist die im Regelfall positive Auswirkung der Haltesichtweite, ein Autofahrer kann im Gegensatz zu einem Zug kurzfristig bremsen, nicht in die Beurteilung eingegangen. Um diesen beiden Punkten Rechnung zu tragen, wurde die in der "DB Richtlinie" vorgesehene Spanne der Gefährdungsklasse 2 von ursprünglich 11 - 14 Bewertungspunkte auf 11 - 16 Bewertungspunkte angepasst.

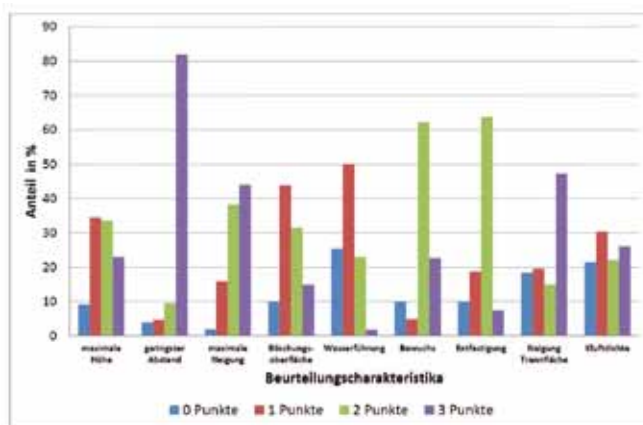


Abbildung 2: Bewertung der einzelnen Parameter

In einem weiteren Arbeitsschritt erfolgte eine amtsbezogene Zuordnung, bei der die ermittelte Gesamtpunktzahl jedes Felshanges einer der drei definierten Gefährdungsklassen zugeordnet wurde. Die Gefährdung nimmt von Gefährdungsklasse 1 zur Gefährdungsklasse 3 zu.

Die Verteilung der Gefährdungsklassen ist in Abbildung 3 dokumentiert. Danach ist ca. die Hälfte aller Felsböschungen der Gefährdungsklasse 3 zuzuordnen. Die andere Hälfte verteilt sich auf die Gefährdungsklassen 1 und 2.

Bei der Auswertung wurde allerdings auch festgestellt, dass nach der Beurteilung mittels Erfassungsblatt auch Böschungen mit relativ geringen Höhen in eine hohe Gefährdungsklasse eingestuft worden sind. Da die Höhe eines Felshanges mit entscheidend dafür ist, ob und in welchen Mengen Gesteinsstücke auf die Fahrbahn gelangen können, wurde die maximale Höhe des Felshanges zusätzlich als durchschlagendes Einzelkriterium berücksichtigt. Es wurde festgelegt, dass Felshänge ≤ 3 m Höhe der Gefährdungsklasse 1 und Felshänge ≤ 5 m Höhe sowie < 16 Bewertungspunkte der Gefährdungsklasse 2 grundsätzlich zuzuordnen sind.



Abbildung 3: Verteilung der Gefährdungsklassen gemäß vorgegebener Parameter

Umgang mit Felshängen

Die Einstufung der Felshänge in Gefährdungsklassen ermöglicht eine auf die Gefährdung ausgerichtete Verfahrensweise.

Alle Felshänge werden im Rahmen der Streckenkontrolle nach visuellen Auffälligkeiten hin regelmäßig beobachtet. Ergänzend zur regelmäßigen Streckenkontrolle werden bei dem neuen Verfahren die Felshänge der Gefährdungsklasse 2 und 3 einer jährlichen Besichtigung durch geschulte Personen unterzogen. Diese Besichtigungen werden im Regelfall nach Beendigung der Frostperiode zusammen mit der durchzuführenden Wartung ausgeführt.

Bei Felshängen der Klasse 3, sollte jedes dritte Jahr zusätzlich eine Begutachtung durchgeführt werden. Die Begutachtung kann, soweit vertretbar, als erweiterte Sichtprüfung durchgeführt werden. Desweiteren ist zu berücksichtigen, dass auch die Funktionsfähigkeit von bestehenden Felssicherungen zu untersuchen und zu beurteilen ist, was z. B. den Einsatz von Steigern erforderlich machen kann. In Anlehnung an die DIN 1076 "Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen – Überwachung und Prüfung" kann für diese Prüfungen ein Untersuchungsturnus von 6 Jahren als geeignet angesehen werden.

Die Kontrollen, Besichtigungen und Begutachtungen müssen jeweils in geeigneter Form dokumentiert werden. Bei den Kontrollen festgestellte Besonderheiten werden in den Tagesberichten der Streckenwarte dokumentiert. Für die Besichtigungen und Begutachtungen wurden standardisierte Besichtigungsprotokolle und Untersuchungsberichte entwickelt.

Maßnahmen zur Felssicherung

Auf Grundlage der Besichtigungen und Begutachtungen können Maßnahmen zur Gewährleistung der Verkehrssicherheit gezielt und fachgerecht abgeleitet werden. Neben Anlass bezogenen Sofortmaßnahmen, die z. B. durch extreme Witterungsbedingungen ausgelöst werden können, ist es so möglich, vorbeugende Schutzmaßnahmen gezielt zu ergreifen. In diesem Zusammenhang werden Felssicherungen wie Anker, Dübel und Felsnetze sowie Räumungen und Baumrückschnitt ausgeführt.

Die technischen Maßnahmen sind auf ihre Nachhaltigkeit zu prüfen. Gerade bei Felssicherungsmaßnahmen sind in der heutigen Zeit die drei Säulen der Nachhaltigkeit Ökonomie, Ökologie und Soziales direkt betroffen. Alle Maßnahmen stehen im Spannungsfeld von Verkehrssicherungspflicht und

Naturschutz. Bei den Felshängen handelt es sich häufig um Biotope, die nach Bundesnaturschutzgesetz geschützt sind. Die Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft sind daher auf das unvermeidbare Maß zu beschränken. Die Maßnahmen müssen bei der Naturschutzbehörde beantragt werden und sind von dieser zu genehmigen. Hieraus können Sperren resultieren, die zu längeren Reisezeiten der Verkehrsteilnehmer führen.

Bei den wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist besonders auf die Folgekosten bei der Instandhaltung der technischen Sicherungssysteme zu achten. Daher werden falls möglich, z. B. Abflachungen von Böschungen ausgeführt (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4: minimierte Steinschlaggefährdung durch abgeflachte Böschung

Zusammenfassung

Im Zuständigkeitsbereich von Hessen Mobil – Straßen- und Verkehrsmanagement ist der sachgerechte Umgang mit Felsböschungen ein wichtiger Baustein zur Gewährleistung der Verkehrssicherheit. In diesem Zusammenhang wurden in den letzten Jahren die Kontrollen weiterentwickelt und ergänzt, mit dem Ziel frühzeitig Gefährdungen für die Verkehrsteilnehmer zu erkennen und diese nach entsprechender Beurteilung – bevor es zu einem Schadensfall kommen kann – durch qualifiziertes Handeln zu beseitigen.

Der Beitrag gibt eine Übersicht über das Aufgabenfeld der Gefährdungsbeurteilung von Felsböschungen und das Überwachungs- und Beurteilungssystem.

GEOCONSULT

FRINKEN

Büro Rhein-Main
Nikolaus-Otto-Straße 6
55129 Mainz
Fon 06131/2115738
Fax 06131/2115740

Büro Mittelrhein
An der Gießerei 14
56170 Bendorf
Fon 02622/886126
Fax 02622/886129

E-Mail info@geoconsult-frinken.de
Internet www.geoconsult-frinken.de

Hangbewegungen Lockergesteins- und Felsböschungen

Untersuchungen

Standsicherheitsberechnungen

Statische Berechnungen von Sicherungsbauwerken

Fachtechnische Beratung und Gutachtenerstellung

Planung von wirtschaftlichen Sicherungs- / Sanierungsmaßnahmen
(alle HOAI-Leistungsphasen)

Fachbauleitung und Bauoberleitung

Ihr Partner, wenn es um Sicherheit geht!



Milan Gudelj
Bauunternehmung



Rosenkreuzstr. 13
54347 Neumagen-Dhron
Tel.: 06507/6801
www.gudelj.de

Mobil: 0160 94472363 · Fax: 06507/939419 · E-Mail: gudelj@t-online.de

Grundlagen des Schutzes vor Murgängen an einigen Beispielen in Österreich

Univ. Prof. JOHANNES HÜBL, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien, Österreich

Wildbäche sind ein charakteristisches Merkmal von Gebirgslandschaften. Sie sind gekennzeichnet durch einen raschen Anstieg des Abflusses und durch die Verlagerung von Geschiebe. Durch die vielfältige Nutzung der Landschaft durch den Menschen stellen Wildbäche vielerorts eine Bedrohung des Siedlungsraumes, der Kulturlandschaft und für Infrastruktur dar.

Geschichtliche Entwicklung des Schutzes vor Murgängen

Schon seit dem Altertum wird von der Errichtung von Maßnahmen berichtet, die Siedlungen vor der Zerstörung durch Wildbäche schützen sollten. Die ersten dokumentierten Maßnahmen zum Schutz vor Wildbachgefahren in den Alpen datieren rund 500 Jahre zurück. Diese Maßnahmen beruhten in den meisten Fällen in einer Umlenkung oder Eingrenzung der Gefahr durch Mauern. Durch stete Auflandung im abgegrenzten Gerinne wurden die errichteten Schutzbauten bald unwirksam, da eine Erhöhung der Uferbauwerke technisch nicht mehr durchführbar war. Somit waren diese Maßnahmen unzureichend und konnten sogar zu größeren Schäden führen als vorher. Deshalb wurden oberhalb des zu schützenden Siedlungsbereiches Wildbachsperrern (sogenannte Thalsperrern) errichtet, die der Geschieberückhaltung dienen sollten. Als Beispiel eines der ersten - und heute noch bestehenden - Bauwerke gilt die „Pont' alto“-Sperrre an der Fersina bei Trient. Das Geschieberegime wurde durch den Rückhalt massiv verändert. Einerseits verlandeten diese Bauwerke durch das kontinuierlich antransportierte Geschiebe, sodass für den Ereignisfall nur mehr ein geringer Stauraum zur Verfügung stand. Andererseits führte die Unterbindung des Geschiebetransportes zu erhöhter Erosion des Gerinnes im unterliegenden Gewässerabschnitt. Einer laufenden Erhöhung der Bauwerke waren statische, technische und finanzielle Grenzen gesetzt. Außerdem zeigte sich, dass die Bauwerke den auftretenden Belastungen oftmals nicht standhielten, und es erneut zu schweren Schäden kam. Deshalb entwickelten sich zwei Strategien, eine bautechnische und eine forstliche, um diesen Unzulänglichkeiten entgegenzuwirken. Die bautechnische Lösung bestand in der Errichtung von Sperrern um die Geschiebembolisierung schon am Ursprung zu unterbinden, die forstliche Lösung in der flächigen Anwendung forstlicher und ingenieurbioologischer Methoden, um die Geschiebeproduktion in den Einhängen zu verringern. Mit der Einführung von

anderen Baumaterialien (Zement) konnte die Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit von Sperrern vergrößert werden. Um die Geschieberückhalteräume nicht durch kleinere Ereignisse bereits zu verfüllen, begann man Öffnungen (Dolen) in die Geschiebestausperrern einzubauen, um wenigstens einen Teil des anfallenden Geschiebes, das vom Unterlauf abgeführt werden konnte, durchschleusen zu können. Mit dem Einsatz von Massenbeton und Stahlbeton konnten funktionelle Bautypen entwickelt werden, die erstmals ein Geschiebemanagement ermöglichen. Nachdem man begonnen hatte, die Dolen zu vergrößern, wurden Sperrern von der Bachsohle bis zur Abflusssektion mit Schlitzern versehen. Während in den Anfängen nur schmale Schlitzre zum Einsatz kamen, wurden die Schlitzre alsbald vergrößert und mit horizontalen Rechen versehen. So entstanden schließlich die verschiedensten Bautypen, wie zum Beispiel die Balken-, Gitter- und Rechenperrern. Ab 1970 wurden in der österreichischen Wildbachverbauung die Funktionsbegriffe des „Sortierens“, des „Dosierens“ und des „Retendierens“ eingeführt. Die den jeweiligen Funktionen entsprechenden Zielvorstellungen wurden definiert und man begann, auf die entsprechende Funktion hin optimierte Bautypen zu entwickeln. Die Vielfalt an vorhandenen Bautypen geht nicht zuletzt darauf zurück, diejenige Gestaltung eines Bauwerkes zu finden, die die festgelegte Funktion am besten erfüllen konnte. Trotz aller Bemühungen gelang es aber nicht jenen Bauwerkstyp zu entwerfen, der alle Funktionen gleichzeitig erfüllen konnte. Deshalb wurden die Funktionen auf verschiedene Bauwerke aufgeteilt, die sogenannten Funktionsketten von Bauwerken entstanden. Gleichzeitig wurde man sich aber bewusst, dass ohne raumordnerische Maßnahmen ein dauerhafter Schutz vor Murgängen nicht sichergestellt werden konnte. Dieser Ansatz wurde im Forstgesetz 1975 verfolgt, der die Einführung der Gefahrenzonenplanung in Österreich ermöglichen sollte.

Verlagerungsprozesse in Wildbächen

Verlagerungsprozesse in Wildbächen können große Volumina an Feststoffen umsetzen. In sehr kurzer Zeit werden dabei einige hundert bis mehrere hunderttausend Kubikmeter an Feststoffen (Geschiebe, Wildholz) mobilisiert, verlagert und am Kegel oder im Tallauf abgelagert.

Um das unterschiedliche Verhalten der Prozesse auch in die Bemessung von Schutzbauwerken einfließen lassen zu können, wurde im Rahmen der

ON-Regel 24800 versucht, eine einfache und nachvollziehbare Einteilung der Verlagerungsprozesse in Wildbächen zu entwickeln.

Entsprechend ihrer Ausprägung können fluviatile und murartige Prozesse unterschieden werden. Erstere umfassen Hochwasser und fluviatilen Feststofftransport, zu den zweiten zählen murartiger Feststofftransport und Murgang.

Schutz vor Murgängen

Die Maßnahmen zum Schutz vor Murgängen umfassen die Unterbindung der Geschiebebildung und den Rückhalt von Verwitterungsprodukten, die Verbesserung des Wasserhaushaltes und die unschädliche Ableitung der Muren, die Beruhigung und Begrünung von Bruch- und Rutschungsflächen (Sicherung des Böschungsfußes, Hangentwässerung, Aufforstungs- und Bodenbindungsmaßnahmen), Maßnahmen, die der drohenden Entstehung von Runsen und Rutschungen entgegenwirken sowie die Betreuung und Instandhaltung der gesetzten Schutzmaßnahmen. Weiters umfassen sie Sofortmaßnahmen, die bei Mureignissen der unmittelbaren Vermeidung von Schäden dienen oder deren Ausweitung entgegenwirken.

Aktive Maßnahmen beeinflussen den Entstehungs- und Verlagerungsprozess an sich, somit die Intensität und die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Muren. Dazu zählen jene Maßnahmen, die den Verlagerungsprozess (Ereignisbewirtschaftung) oder die variable Disposition des Einzugsgebietes so verändern, dass die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Murgängen verringert wird (Vorbeugende Bewirtschaftung). Passive Maßnahmen hingegen können den Verlagerungsprozess selbst nicht beeinflussen, sie versuchen nur den potentiellen Schaden (Schadensanfälligkeit, räumliche und zeitliche Schadensdisposition) zu verringern. Die Disposition eines Objektes gegenüber einem potentiellen Schaden kann durch regionale oder lokale Ansätze, durch vorbeugende oder nur durch im Ereignisfall wirksame Maßnahmen verändert werden.

Wirkungen der Wildbachschutzbauwerke (Funktionstypen gem. ONR 24800)

Für die Wahl eines Schutzkonzepts gilt der generelle Grundsatz, dass die Maßnahmen umso effizienter sind, je näher die Wirkung am Gefahrenherd ansetzt. Häufig setzen jedoch die topographischen Verhältnisse im Wildbacheinzugsgebiet den unmittelbar auf die Prozessentstehung einwirkenden Maßnahmen technische und wirtschaftliche Grenzen.

In Abhängigkeit von den relevanten Prozessen und Gefahren stehen verschiedene Schutzkonzepte zur Auswahl, aus denen das wirkungsvollste und zweckmäßigste ausgewählt wird. Grundlage für die Auswahl des Schutzkonzeptes ist eine umfassende Untersuchung der Gefahrenherde und der im Einzugsgebiet ablaufenden Prozesse. Diese Grundlagenplanung umfasst die Erfassung der relevanten naturräumlichen Daten, die Analyse und Bewertung dieser Daten und schließlich die Entwicklung eines maßgeblichen Gefahrenszenarios (Bemessungsereignis). Erst darauf erfolgt die Konzeption der Maßnahmen für das unterstellte Gefahrenszenario.

Charakteristisch für Gefahrenszenarien in Wildbächen ist die Überlagerung verschiedener Prozesse und Prozesswirkungen. Daher erfordern umfassende Schutzkonzepte eine Kombination verschiedener Maßnahmen. Für die Maßnahmenplanung bedeutet dies, dass nach der Ableitung und Festlegung des Schutzzieles auf der Grundlage der Gefahrenanalyse eine Auswahl der wirkungsvollsten Kombination von Wirkungen (Funktionstypen) erfolgt. Die Summe aller ausgewählten Funktionstypen soll zur vollständigen Erfüllung des Schutzzieles führen. In diesem Sinne stellen die nachfolgenden beschriebenen Wirkungen (Funktionentypen) Elemente der Schutzstrategie dar.

- Die Ableitung umfasst alle Maßnahmen, die dazu dienen, Fließprozesse (Hochwasser, Muren) auf dem kürzesten Weg schadlos durch den Ge-

fährdungsbereich zu führen. Zu diesem Funktionstyp zählt die Regulierung von Wildbächen.

- Die Stabilisierung umfasst alle Maßnahmen, die dazu dienen, die Sohle und die Ufer (samt den Einhängen) in der vorherrschenden Lage zu sichern und gegen Seiten- und Tiefenerosion zu schützen.
- Die Konsolidierung umfasst Maßnahmen, die der Unterstützung der Hänge oberhalb des Bauwerks durch eine Hebung der Gerinnesohle dienen. Die mittelbare Wirkung der Konsolidierung besteht im Rückhalt von Feststoffen und der positiven Einflussnahme auf den Geschiebehaushalt. Konsolidierungsmaßnahmen bewirken eine maßgebliche Reduktion des Sohlgefälles, eine Verringerung der Fließgeschwindigkeit, die Ausbildung von freien Überfällen (Abstürzen) und eine Umwandlung der Energie des Fließprozesses. Damit verbunden ist eine Reduktion der Geschiebetransportkapazität, die entweder zu einer Verringerung der Erosionsleistung oder zur temporären Ablagerung (Sedimentation) transportierter Feststoffe führt. Aus hydrobiologischer Sicht bewirkt die Konsolidierung eine Unterbrechung des Fließkontinuums.
- Die Umgehung umfasst die Fassung und Vorbeileitung des Abflusses an einem erosionsanfälligen Bachabschnitt oder einer labilen Einzugsgebietsfläche. Die Umgehung erfolgt in offenen Umgehungskanälen oder geschlossenen Umgehungsleitungen.
- Die Retention umfasst den Rückhalt von Wasser oder Feststoffen infolge natürlicher Speicherwirkung oder durch künstliche Maßnahmen. Die Retention (der Rückhalt) von Wasser ist die Verringerung des Scheitelabflusses infolge natürlicher Speicherwirkung oder künstlicher Maßnahmen. Sie erfolgt durch Rückhaltebecken (stehende Retention) oder durch Aktivierung von Überflutungsflächen (-räumen) (fließende Retention).

Die Retention von Geschiebe ist der Rückhalt durch künstliche Maßnahmen, beispielsweise im Stauraum einer Sperre oder in einem Ablagerungsbecken. Retentiertes Geschiebe bedarf einer künstlichen (maschinellen) Räumung oder einer künstlich eingeleiteten Spülung des Stauraums, um die ursprünglich vorhandene Rückhaltekapazität wieder herzustellen.

- Die Dosierung umfasst den temporären Rückhalt von Wasser in einem Becken und die Reduktion der in den Unterlauf abgegebenen Menge auf ein unschädliches Ausmaß. Die Dosierung von Geschiebe beruht auf dem vorübergehenden (temporären) Rückhalt des Geschiebetriebs bei Hochwasser und der dosierten Abtrift des Geschiebes mit der ablaufenden Hochwasserwelle oder bei Mittelwasser (Spülung).

Schutzbauwerke

Schutzmaßnahmen können ihre Aufgabe als Einzelbauwerk oder im Zusammenhang eines Bauwerksverbandes (Funktionskette) erfüllen. Ein Einzelbauwerk erfüllt seine Wirkung (Funktion) unabhängig von der Wirkung anderer Schutzmaßnahmen. In einem Maßnahmenverband wird der Schutzeffekt der Maßnahme durch das Zusammenwirken von Schutzbauwerken mit gleicher oder verschiedener Aufgabe erzielt. Daher ist die volle Wirkung eines Maßnahmenverbandes nur durch die volle Wirkung aller (eines Teils der) Elemente (Einzelmaßnahmen) gewährleistet und verringert sich, auch wenn nur der Wirkungsgrad einzelner Maßnahmen (beispielsweise durch geringere Lebensdauer) sinkt. Das Verbauungssystem ist die Summe aller Maßnahmen in einem Einzugsgebiet, die zur Schutzwirkung beitragen.

Bauwerksverbände stellen eine Kombination von Längs- und Querbauwerken sowie baulichen Schutzmaßnahmen mit Flächenwirkung dar. Man kann die Bauwerksverbände der Wildbachverbauung in Regulierungen, Staffellungen und Funktionsketten einteilen.

- Eine Regulierung ist eine geschlossene Verbauung eines Bachlaufes, die aus einer Kombination von nicht unterbrochenen, beidseitigen Uferschutz-

Spezielle Konstruktion von Bauwerken zum Brechen und Bremsen von Muren

Ziel des Brechens oder Bremsens von Muren ist es, den Energiehorizont auf ein niedrigeres Niveau zu senken (Energieumwandlung). Dadurch kann die Geschwindigkeit der Mure gebremst und die Einwirkung auf Objekte (dynamische Beanspruchung der Bauwerke) wesentlich verringert werden. Durch den Eingriff in den Prozess werden auch die Eigenschaften des Mediums verändert und der Fließvorgang transformiert. Die Mure soll an einer dafür geeigneten Stelle zur Ablagerung gebracht werden.

Die Funktion der Energieumwandlung (Brechen und Bremsen von Muren) wird in der Regel von eigenen Bauwerken ausgeübt, die auf die entsprechenden Einwirkungen bemessen werden. Diese Trennung der Funktion von anderen Wirkungen (Retention, Dosierung, Konsolidierung) ist sinnvoll, da andernfalls alle Bauwerke auf die Beanspruchung durch Murgang bemessen werden müssten. Das Konzept der funktionalen Trennung ermöglicht die Umwandlung der Energie des Murganges an einem vorgelagerten Bauwerk zum Schutz der (in Fließrichtung) nachfolgend angeordneten Bauwerke.

- Die Filterung umfasst den selektiven Rückhalt von groben Feststoffkomponenten (Wildholz, Blöcke) aus einem Fließprozess mit einer künstlichen Maßnahme. Es werden jene Feststoffkomponenten zurückgehalten, die im Unterlauf zur Verklauung oder Blockade des Abflussprofils führen können. Feine Komponenten können ungehindert durchtriften.
- Eine Energieumwandlung umfasst die Reduktion der Energie eines Fließvorganges durch die Bremswirkung eines Bauwerks oder durch Absturz. Durch diese Maßnahme wird die Fließgeschwindigkeit reduziert, die Eigenschaft des transportierten Mediums verändert und der Fließvorgang transformiert. Die Energieumwandlung wird vor allem zum Brechen und Bremsen von Muren eingesetzt.
- Die Ablenkung umfasst die gezielte Richtungsänderung von Fließprozessen und leitet diese am Gefahrengebiet vorbei.

bauwerken und Querwerken mit sohlstabilisierender Wirkung besteht. Ihre Funktion ist die Ableitung von Fließprozessen (Hochwasser, Muren), die Stabilisierung der Ufer und der Schutz der Ufer gegen Erosion.

- Eine Staffellung (Sperrstaffel) ist eine Serie von mehreren aufeinander folgenden Sperrern oder Grundschnellen ähnlicher Bauart und Funktion in einem Abstand, der dem geplanten Gefälle der Bachsohle (Verbauungsfälle) entspricht. Die Funktionen sind Konsolidierung des Baches, Geschieberückhalt und Energieumwandlung.
- Eine Funktionskette ist eine Serie von mehreren aufeinander folgenden Schutzbauwerken unterschiedlicher Bauart und Funktion, deren Wirkung in Kombination Schutz vor einem oder mehreren Wildbachprozessen bietet. (Beispiel: Funktionskette von Sperrern mit den Funktionen Energieumwandlung, Filterung und Dosierung.) Ein unmittelbarer räumlicher Zusammenhang ist nicht vorausgesetzt. Häufig üben Funktionsketten folgende Teilfunktionen aus: Dosierung von Geschiebe, Filterung, Energieumwandlung und Retention von Feststoffen und Wasser. Auch andere Funktionskombinationen sind denkbar.

Zu diesen Beanspruchungen zählt die dynamische Lastwirkung, der Stoßimpuls durch mitgeführte Blöcke und Baumstämme, die Abrasion an den exponierten Flächen und die Erosionswirkung in der Umgebung des Bauwerks. In manchen Fällen, wenn Murgänge als Prozess nur eine untergeordnete Rolle spielen, ist jedoch auch die Kombination des Murbrechers als Bauteil einer Sperre mit anderer Funktion möglich. Beispielsweise können Betonscheiben mit murenbrechender Wirkung (Murteiler) einer Schlitzsperre mit Dosierfunktion/Filterfunktion vorgesetzt werden, oder die Betonscheiben werden über einem Sperrenteil mit konsolidierender Wirkung angeordnet. Als Sonderkonstruktionen sind aufgelöste Sperrern mit massiven Betonscheiben und -balken („Stahlbetonrost“ mit hoher Durchgängigkeit) oder Netzsperrern (Murgangbarrieren) aufzufassen, die bisher nur in speziellen Fällen zum Einsatz gelangten.

Murbrecher werden oberhalb jener Bauwerke angeordnet, die sie vor Beaufschlagung durch Muren schützen sollen, beispielsweise oberhalb von Dosiersperrern oder von Sperrstaffeln mit Konsolidierungsfunktion.

Die richtige Einschätzung der Disposition eines Einzugsgebiets für Murgänge ist von fundamentaler Bedeutung für den Erfolg eines Schutzsystems, da eine Fehleinschätzung zu schweren Schäden und Funktionsverlust der nicht auf Murbeanspruchung bemessenen Bauwerke führen kann. Insbesondere nicht massive Bauteile, wie Rechen-, Netz- und Balkenverschlüsse sind in hohem Maße anfällig für die Beschädigung durch Murgänge.

Konstruktion von Murbrechern

Konstruktiv werden Murbrecher in Form von mehreren, rechenartig nebeneinander angeordneten Stahlbetonscheiben ausgeführt. Die dazwischen liegenden Schlitzte bieten eine ausreichende Durchgängigkeit für den fluviatilen Feststofftransport. Die Scheiben, die an der Wasserseite meist mit schrägem oder mehrfach gebrochenem Anzug ausgeführt werden, sind in der Regel durch eine Panzerung mit Stahlblech gegen Abrasion gesichert.

Konstruktion von Murabsturzbauwerken

Ein alternatives Konzept zur Energieumwandlung von Murgängen ist das Absturzbauwerk mit nachgeschaltetem Auffangbecken. Die Wirkung dieses Bauwerks beruht auf dem Absturz des Murganges über eine größere Fallhöhe und dem Aufprall auf der ebenen Fläche unterhalb. Durch Umwandlung der kinetischen Energie der Mure verändern sich auch die Eigenschaften des transportierten Mediums, und der Abfluss geht unterhalb in fluviatilen Feststofftransport über. Ähnliche Effekte treten auch in Staffellungen auf. Die Ablagerung im Becken erfolgt in Form eines steilen Kegels, über den eine rasche Entmischung der groben und feinen Feststoffkomponenten stattfindet.

Absturzbauwerke werden in der Regel als schlanke Vollwandsperrren ausgeführt. Die Abflusssktion wird mit einem Murenprofil ausgestaltet, die Sperrrenkrone liegt auf dem Niveau der natürlichen Bachsohle. Hingegen wird das nachgeschaltete Ablagerungsbecken gegen das Gelände eingesenkt.

Konstruktion von Netzsperrren zum Bremsen von Muren

In letzter Zeit werden auch Netzsperrren als Murbarrieren eingesetzt. Die Vorteile sind primär das geringere Transportgewicht und das elastische Materialverhalten der Sperre bei einem Aufprall. Aufgrund der durchlässigen Konstruktion der Netzsperrren wird die eintreffende Mure entwässert, indem größeres Material zurückgehalten und feineres Material mit dem Wasser ausgeschwemmt wird. Durch die Entwässerung wird ein Teil der Mure aufgehalten. Diese Ablagerung stoppt anschließend den Rest des Murgangs. Die Aufgabe der Netzsperrre ist es, die Last auf die Tragseile zu übertragen und die großen Punktlasten zu absorbieren. Für den Standort einer solchen Sperre sollte ein gerader Abschnitt mit geringem Gefälle des Bachbettes gewählt werden. Dies reduziert vorab die Geschwindigkeit der eintreffenden Mure. Der Standort muss für Kontrollen und eventuelle Reinigung gut zugänglich sein. Das Bachbett und die Uferböschungen, in denen das Netz bzw. die Tragseile verankert werden, müssen ausreichend tragfähig sein, um die Lasten aufnehmen zu können. Die Barriere sollte nach einem Ereignis kontrolliert, geleert und falls nötig auch repariert werden.

Versuche in Bezug auf die Rückhaltekapazität einer Netzsperrre zeigten, dass die verbleibende Barrierenhöhe nach Beaufschlagung auf 3/4 der ursprünglichen Höhe reduziert wird. Die Rückhaltekapazität einer Netzsperrre ist somit im Wesentlichen von der topographischen Situation und der Höhe des Systems abhängig.

Instandhaltung der Maßnahmen und Objektschutzmaßnahmen

Durch das Erreichen eines relativ hohen Verbauungsgrades in den alpinen Einzugsgebieten stellt die Instandhaltung der Bauwerke ein immer größer werdendes finanzielles Problem dar, sodass nunmehr für viele Wildbäche eine Überarbeitung des Schutzkonzeptes notwendig wird. Dieses kann die Sanierung der Bauwerke oder deren kontrollierten Verfall vorsehen.

Um dem steigenden Sicherheitsbedarf der Bevölkerung bei gekürzten Budgets zu entsprechen, ist eine Beitragsleistung jedes Betroffenen zu erwarten. Durch geeignete Objektschutzmaßnahmen und entsprechender Vorwarnung kann das Schadensausmaß an Gebäuden, aber auch an Personen, in vielen Fällen verringert werden. Mit der Einführung der EU Hochwasserrichtlinie wird diesem Aspekt des Risikomanagements Rechnung getragen.



WPW Geoconsult Südwest

Baugrund | Hydrogeologie | Umwelt

Büro Landstuhl:

Bruchwiesenstraße 37

66849 Landstuhl

Tel.: 06371 / 4996-0

Fax: 06371 / 4996-20

landstuhl@wpwgeo-sw.de

Weitere Büros:

Ludwigshafen

Mannheim

Wiesbaden

St. Wendel

www.wpwgeo-sw.de



- Steinschlagschutz
- Lawinenschutz
- Fels- und Hangsicherung
- Schutz gegen Muren



TRUMER
Schutzbauten
GmbH

Weissenbach 106
5431 Kuchl
Austria
Tel.: +43 (0)6244-20325
Fax: +43 (0)6244-20325-11
E-Mail: office@trumer.cc
www.trumer.cc



Extreme Massenbewegungen in den Hochgebirgen der Welt – Möglichkeiten und Grenzen der Gefahrenabwehr

Dr. JÖRG HANISCH, JorgeConsult - Worldwide Engineering Geology, Hannover

Zusammenfassung

Nicht zuletzt durch die Klimaerwärmung haben extreme Massenbewegungen in allen Hochgebirgen der Welt z. T. dramatisch zugenommen. Dazu zählen Bergstürze, oft verbunden mit Talverdümmungen und möglichen nachfolgenden Ausbruchsfluten, Gletschersee-Ausbrüche und Sturzströme, speziell wenn Gletschereis beteiligt ist. Solche Extrem-Ereignisse werden am Beispiel des in Nepal gelegenen Pokhara-Tales dargestellt; dieses Tal wurde im Holozän zweimal durch gigantische Murströme mit mehreren km³ Schutt eingedeckt, zuletzt vor etwa 750 Jahren, also in geschichtlicher Zeit. Herkunftsgebiet der Sedimentmassen ist ein riesiger von 7000er-Gipfeln umringter Hochgebirgskessel von etwa 15 km Durchmesser. Als Auslöser der Ströme kommen die drei oben genannten Mechanismen in Frage; diese werden an drastischen Beispielen aus dem Himalaya, Kaukasus und Pamir dargestellt. Abschließend werden Vorsorge- und Abwehrmaßnahmen diskutiert, die in riesigen Auffangbecken gipfeln, wie sie in Kasachstan am Nordrand des Tien-Shan Gebirges eingerichtet wurden.

1 Einleitung

Die weltweite Klimaerwärmung hat in den Hochgebirgen der Erde in den letzten Jahrzehnten nicht nur die Permafrostgrenze ansteigen lassen, sondern hat auch zu einem teilweise dramatischen Abschmelzen der Gletscher geführt (z.B. Haeberli et al. 1999). Neben der Destabilisierung von Fels- und Schutthängen durch Auftauen oder Wegfall des stützenden Eises, geht dies in vielen Fällen mit der Bildung großer Gletscherseen einher, die zumeist von Endmoränen aufgestaut werden. Das Versagen solcher natürlicher Dämme hat in allen Hochgebirgen bereits mehrfach zu katastrophalen Ausbruchsfluten geführt, die sich durch Sedimentaufnahme meist in schnell fließende Muren oder hyperkonzentrierte Ströme verwandeln. Die Reichweite solcher Ströme kann 100 km betragen, bei Geschwindigkeiten um die 40 km/h. Somit sind auch Siedlungsbereiche und infrastrukturelle Einrichtungen gefährdet, die weit von den unbesiedelten Gletschergebieten gelegen sind.

Ähnliche Gefährdungen können durch Talverdümmungen entstehen, die ihren Ursprung in Bergstürzen haben. Solche natürliche Dämme können bereits nach wenigen Tagen bis Monaten versagen, was ebenfalls wiederholt zu verheerenden Ausbruchsfluten geführt hat (Costa & Schuster 1988). Weitere Hochgebirgsgefahren drohen durch große Felsstürze oder Bergstürze, speziell wenn sie im Tal auf Gletscher aufprallen; unter bestimmten Bedingungen können sich daraus gewaltige und extrem schnell fließende Sturzströme aus Geröll, Eis und Wasser entwickeln, wie z. B. im September 2002 im Kaukasus (Tutubalina et al. 2004, Huggel et al. 2005). Die dabei erreichten Geschwindigkeiten sind – offenbar wegen des hohen Gehalts an Eis-Geröll – wesentlich höher als bei normalen Muren und können 300 km/h überschreiten (Plafker & Ericksen 1978, Haeberli et al. 2004, Huggel et al. 2005, 2012 Schneider 2011, Hanisch & Schulze).

2 Die Pokhara-Katastrophe in Nepal vor etwa 750 Jahren

Das Pokhara Tal, im westlichen Zentralnepal gelegen, stellt ein intramontanes Becken mit einer bis zu 80 m mächtigen Füllung aus „Schottern“ dar (Abb. 1, 2). Die Natur und das Alter dieser Sedimente waren lange umstritten, die Arbeiten von Yamanaka et al. (1982) und



Abb. 1. Annapurna Massiv und Pokhara Tal mit Talfüllung, Herkunft der Sedimentmassen aus dem Sabche Hochgebirgskessel (Google Earth).

Fort (1987) belegen jedoch, dass es sich um Relikte von gigantischen holozänen Murstrom-Ereignissen handelt. Sie deckten das Tal mindestens zweimal mit mehreren Kubikkilometern Schuttmasse in katastrophaler Weise ein.

Das Herkunftsgebiet der Ströme ist ein riesiger Hochgebirgskessel („Sabche Kessel“) nordöstlich des berühmten Machapuchre (dem „Matterhorn“ Nepals, Abb. 2), dessen Ausgang nach Süden eine enge Schlucht bildet, die eine Begehung des Kessels bislang unmöglich gemacht hatte. Beides Mal füllten Murströme das Pokhara Tal auf und dämmten alle Nebentäler ab; es entstanden Seen, die zum größten Teil rasch verlandeten, z.T. jedoch noch heute bestehen, wie der touristisch genutzte Phewa See in Pokhara (Abb. 2). Die letzte vollständige Eindeckung des damals schon besiedelten Tales fand mit 750 ± 50 v.h. in historischer Zeit statt (Yamanka et al. 1982, Fort 1987, Koirala & Rimal 1996, Hanisch & Koirala 2010) und ist auch in einer Legende überliefert (s. Fort 1987).



Abb. 2. Übersichtsbild des Annapurna Massivs

Das ältere Ereignis wurde mit 12.000 ± 1000 v.h. datiert (Koirala & Rimal 1998). Dies bedeutet, dass beide Ereignisse in (zumindest relativen) Warmphasen stattfanden, einmal zum Ende der letzten Vereisung, zum anderen während des mittelalterlichen Klima-Optimums. Die Wiederholung einer derartigen Katastrophe ist daher in Anbetracht der derzeitigen globalen Erwärmung nicht auszuschließen - mit heute unabsehbaren Folgen. Die genaue Untersuchung der Umstände und Auslöser der riesigen Murströme erscheint demzufolge höchst angeraten.

3 Entstehung riesiger Murströme

Um für Murströme solcher Ausmaße die notwendigen Wassermassen zu liefern, kommen nach heutigem Kenntnisstand folgende Hochgebirgsprozesse infrage:

- Ausbrüche von Gletscherseen
- Talverdümmungen durch Bergstürze mit nachfolgendem Ausbruch
- Sturzströme durch Fels- und Bergstürze vom Typ Huascarán (Plafker & Ericksen 1978, Welsch & Kinzl 1979), bei denen nach neueren Erkenntnissen das Vorhandensein von Gletschern in der Aufschlagzone ein Grundvoraussetzung ist (Huggel et al. 2005, Hanisch & Schulze 2012).

3.1 Gletschersee-Ausbrüche

Gletscherseen haben sich seit den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts durch Abschmelzen der Gletscherzungen gebildet (Abb. 3). Sie werden überwiegend durch Endmoränen aufgestaut, die meist völlig unsortiert sind und häufig Toteiskörper enthalten. Ausbrüche solcher Seen haben in allen Hochgebirgen der Welt in den letzten Jahrzehnten mehrfach zu teilweise katastrophalen Überflutungen der darunter gelegenen Täler bzw. zu verheerenden Murströmen geführt (Eisbacher & Clague 1984, Ives 1986, Richardson & Reynolds 2000, Hanisch et al. 1998, Ives et al. 2010).



Abb. 3: Vergleich der Landsat-Aufnahmen des Thulagi Gletschersees im Manaslu Himal von 1988 und 2011: Verlängerung des Sees in 23 Jahren um rund 900 m.

Ein tragischer Fall einer solchen Ausbruchskatastrophe wird aus Tadschikistan berichtet (Schneider 2004): Das Dorf Dasht wurde im Jahre 2002 durch die Mure eines Gletschersee-Ausbruchs ausgelöscht; alle anwesenden 24 Einwohner starben (Abb. 4).



Abb. 4. Die 2002 Dasht Gletschersee-Ausbruchskatastrophe in Tadschikistan (Schneider 2004).

3.2 Talverdümmungen durch Bergstürze

Der Rückzug der Gletscher geht bekanntlich mit der Entlastung der steilen Talflanken einher. Dadurch sind Fels- und Bergstürze an der Tagesordnung, die häufig zu Talverdümmungen mit Seen-Aufstau führen. Die Stabilität solcher natürlichen Dämme hängt von vielen Faktoren ab, die allermeisten versagen jedoch bereits in den ersten Tagen und Monaten nach ihrer Entstehung (Costa & Schuster 1988); verheerende Fluten sind meist die Folge, die leicht in Muren oder zumindest in hyper-konzentrierte Ströme umschlagen können.



Abb. 5. Reste des Bergsturz-Dammes bei Kalopani, Kali Ghandaki Tal, Nepal, Dhaulagiri (8172 m) im Hintergrund (Hanisch 1998, Foto Hormann 1974).

Ein solcher Bergsturz hat sich gegen Ende der letzten Vereisung im Kali Gandaki Tal in Nepal abgespielt (Abb. 5). Im tiefsten Tal der Erde (Talboden bei etwa 2500 m, zwei Achttausender auf beiden Seiten, der Dhaulagiri und der Annapurna I) donnerten etwa 2 km³ Gneise zu Tal und bildeten bei Kalopani einen stabilen Damm von etwa 600 m Höhe (Hanisch 1998, Fort 2000). Der sich dahinter aufstauende See hatte eine Länge von etwa 40 km und verlandete im Laufe der Jahrtausende vollständig – bevor der Damm wieder erodiert wurde. Davon zeugen weit verbreitete und bis zu 600 m mächtige Terrassen von Seesedimenten (Fort 1976, Iwata et al. 1982).



Abb. 6. Sarez See im Pamir Tadschikistans, aufgestaut durch den Usoi-Bergsturzdamme (gestrichelt). Vordergrund: Stangen-Extensometer zur Beobachtung eines Kriechhanges.

Ein rezentes Beispiel für einen Bergsturzdammbereich vergleichbarer Größe findet sich im Pamir Tadschikistans in Form des Usoi Dammes im Murghab Tal. Er hatte sich im Jahre 1911 nach einem heftigen Erdbeben gebildet und den etwa 60 km langen Sarez See aufgestaut (Gaziev 1984, Alford & Schuster 2000). Der Damm weist extrem hohe Standsicherheitsraten auf und wird demnach über viele Jahrtausende stabil bleiben (Hanisch & Söder 2000, Droz & Spasic-Gril 2006). Die von manchen russischen Bearbeitern (z.B. Papyrin 2008) noch vertretenen Ausbruchsängste erscheinen unbegründet.

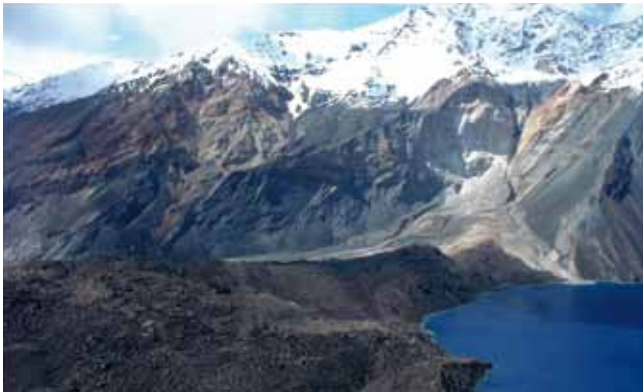


Abb. 7. Usoi Bergsturzdammbereich von Süden, keilförmige Ausbruchsnische im Hintergrund, rechts der bis 500 m tiefe Sarez See (Foto: Anatoly Ischuk).

3.3 Gletscher-Sturzströme durch Fels- und Bergstürze

Im September 2002 hat sich im russischen Kaukasus bei Karmadon eine Katastrophe abgespielt (Haeberli et al. 2004, Tutubalina et al. 2004, Huggel et al. 2005), die die bis dahin als einmalig geltende Gletscher-Sturzstrom-Katastrophe vom Huascarán in Peru vom Mai 1970 (Plafker & Erickson 1978, Welsch & Kinzl 1979) wieder in den wissenschaftlichen Blickpunkt geraten ließ. Die damals rekonstruierten Geschwindigkeiten von 360 km/h und mehr (immer wieder als physikalisch unmöglich angezweifelt) finden in den Durchschnittsgeschwindigkeiten beim Karmadon-Desaster ermittelten von mindestens 180 km/h (Tutubalina et al. 2004) bis zu 311 km/h (Huggel et al. 2005) eine späte Bestätigung. In beiden Fällen war es offenbar eine Mischung aus Schutt, Eis und Wasser, die zu so außergewöhnlichen Geschwindigkeiten geführt haben (Abb. 9 und 10). Schneider (2011) hat bei Laborversuchen festgestellt, dass die Präsenz von Eis in den murartigen Strömen die innere und äußere Reibung um bis zu 20% verringern kann.



Abb. 9. Gletscher-Sturzstrom im russischen Kaukasus bei Karmadon (aus Tutubalina et al. 2004).



Abb. 10. Bergsturzgebiet im Kaukasus, das nach dem Aufschlag auf einen Gletscher zum Sturzstrom führte (aus Tutubalina et al. 2004).

4 Mögliche Gefahrenabwehr

Die Möglichkeiten, sich gegen solche extremen und seltenen Hochgebirgsbedrohungen zu wehren, sind naturgemäß beschränkt. Infrage kommen:

- Gefährdungskarten, streng getrennt nach „hazard“ und „vulnerability“ – erst beides zusammen ergibt ein Risiko,
- Frühwarn- und Warnsysteme,
- Auffang- und Ablenkdamme.

Die Erfassung von besiedelten Bereichen, die durch Naturgefahren potentiell gefährdet sein können, ist relativ einfach; dagegen sind Karten, die Gebiete ausweisen, in welchen die geschilderten Großereignisse vorkommen können – und mit welcher Wahrscheinlichkeit und Frequenz – erheblich anspruchsvoller. Generell ist die Behandlung von 'high-impact/low-frequency' Katastrophen ein kaum gelöstes Problem. In Entwicklungsländern kommt die Neigung der Bevölkerung dazu, zu vergessen und zu verdrängen.

Warnsysteme sind in Hochgebirgszonen grundsätzlich problematisch. Zum einen stellen sie extreme Anforderungen bei der Installation dar, zum anderen ist der einigermaßen störungsfreie Betrieb (Fehlalarme!) über Jahrzehnte schwer aufrecht zu halten. Dies ist nur denkbar bei enger Einbindung der lokalen Bevölkerung, was wiederum nur mit sehr hohem Trainingsaufwand und fortlaufender Schulung (und Bezahlung) erreichbar ist. Die Anlage von Schutzdammen zur Ablenkung oder zum Auffangen von riesigen Murströmen stellt eine technische und finanzielle Herausforderung dar, die von den meisten Hochgebirgsländern nicht geschultert werden kann. Einzig in Kasachstan hat man die Städte am Nordrand des Tien Shan Gebirges durch riesige, bis 80 m hohe Dämme geschützt, die sich im Falle von Almaty durch den Medeo-Damm bereits während des Baus 1972 bewährt haben. Die Dämme weisen - gestaffelt nach der Höhe - große Durchlässe auf, durch die nach Eintreten eines Schadenfalls, die Wassermassen der Ströme abfließen können.

5 Schlussbemerkung zum Pokhara Tal

Wie akut die Bedrohung dieses Tales ist, wurde am 5. Mai 2012 deutlich: Ohne jede Vorankündigung brach eine Schlamm- und Geröllflut über das obere Seti Khola Tal herein, deren Ursprung in einem Felssturz von vielleicht 15 Mio. m³ von einem Steilhang eines der 7000er auf einen darunter liegenden Gletscher lag (Petley & Stark 2012, Hanisch et al. im Druck).

Literatur

- Alford, D. and Schuster, R. L., eds. 2000: Usoi landslide dam and Lake Sarez – An assessment of hazard and risk in the Pamir Mountains, Tajikistan. ISDR Prevention Ser., 1, 115 p.
- Costa, J.E. & Schuster, R.L. (1988): The formation and failure of natural dams.- *Geol.Soc.Amer., Bull.*, 100, 1054-1068.
- Eisbacher, G.H. & Clague, J.J. (1984): Destructive mass movements in high mountains - Hazard management.- *Geol. Surv. Canada, Pap. No. 84-16*, 230 S.; Ottawa.
- Droz, P. & Spasic-Gril, L. (2006): Lake Sarez risk mitigation project: a global risk analysis.- 22. Congr.Grands Barr., Q86-R.4, 17 p., Barcelona.
- Fort M. (2000) : Glaciers and mass wasting processes: their influence on the shaping of the Kali Gandaki valley (higher Himalaya of Nepal). *Quatern. Intern.*, 65/66, 101-119.
- Fort, M. (1976): Quaternary deposits of the middle Kali Gandaki valley (central Nepal). *Himal. Geol.*, 6, 499-507.
- Fort, M. (1987): Sporadic morphogenesis in a continental subduction setting: an example from the Annapurna Range, Nepal Himalaya.- *Z. Geomorphol., Supple.*, 63: 9-36.
- Gaziev, E. (1984): Study of the Usoy landslide in Pamir. In: *Proc. Fourth Intern. Symp. Landslides, Toronto*, 1, 511-515.
- Grabs, W.E. & Hanisch, J. (1993): Objectives and prevention methods for glacier lake outburst floods (GLOFs). - *Proc. Int. Symp. Snow and Glacier Hydrol., Kathmandu 1992, IAHS Publ.*, 218: 342 - 352.
- Haeberli, W., Käab, A., Hoelzle, M., Bösch, H. Funk, M., Vonder Mühll, D. & Keller, F. (1999): Eisschwund und Naturkatastrophen im Hochgebirge.- *Schlussbericht NFP 31, Klimaänderungen und Naturkatastrophen, ETH, Zürich*, 190 S.
- Haeberli, W., Huggel, C., Käab, A., Zraggen-Oswald, S., Polkvoj, A., Galushkin, I., Zotikov, I. & Osokin, N. (2004): The Kolka-Karmadon rock/ice slide of 20 September 2002: an extra-ordinary event of historical dimensions in North Ossetia, Russian Caucasus.- *J. Glaciol.*, 50, 171: 533-546.
- Hanisch, J. (1998): Large-scale river damming of Kali Gandaki (Nepal) by a post-glacial megaslide. *Abstr., Terra Nostra*, 98/1, p. 52.
- Hanisch, J. & Koirala, A. (2010): The Pokhara Valley – a place under permanent threat?- *Abstr., J.Nepal Geol.Soc.*, 41: 119.
- Hanisch, J. & Schulze, O. (2012): The genesis of Huascarán-like sturzstroms – a thermo-dynamic approach.- In: Eberhardt, E., Froese, C., Turner, A.K. & Leroueil, S. (eds.): *Landslides and engineered slopes: Protecting society through improved understanding.- Proc. 11th Intern.Symp. Landslides: 901-906, Banff, Canada, 3-8 June 2012.*
- Hanisch, J. & Söder, C.-O. (2000): Geotechnical assessment of the Usoi landslide dam and the right bank of Lake Sarez.- In: Alford, D. & Schuster, R. L. (eds.): *Usoi landslide dam and Lake Sarez.- ISDR Prevention Series 1: 23-42.*
- Hanisch, J., Koirala, A. & Bhandary, N.P. (im Druck): The Pokhara May 5th flood disaster in Nepal – a last warning sign sent by nature?- *J. Nep. Geol. Soc.*
- Hanisch, J., Delisle, G., Pokhrel A. P., Dixit, A. M., Reynolds, J. M. & Grabs, W. E. (1998): The Thulagi glacier lake (Manaslu Himal, Nepal) - Hazard assessment of a potential outburst.- In: Moore, D. & Hungr, O. (eds.): *Proc. 8. Congr. IAEG, Vancouver: 2209-2215.*
- Hormann, K. (1974): Die Terrassen an der Seti Khola - ein Beitrag zur quartären Morphogenese in Zentralnepal.- *Erdkunde*, 28/3: 161-176.
- Huggel, C., Zraggen-Oswald, S., Haeberli, W., Käab, A., Polkvoj, A., Galushkin, I. & Evans, S.G. (2005): The 2002 rock/ice avalanche at Kolka/Karmadon, Russian Caucasus: assessment of extraordinary avalanche formation and mobility, and application of Quick-Bird satellite imagery.- *Nat. Haz. Earth Syst. Sci.*, 5: 173-187.
- Ives, J. D. (1986): Glacial lake outburst floods and risk engineering in the Himalayas.- *ICIMOD, Occ. Pap.*, 5: 42 p., Kathmandu.
- Ives J.D., Shrestha, R.B. & Mool, P.K. (2010): Formation of glacial lakes in the Hindu Kush - Himalayas and GLOF risk assessment.- *ICIMOD 56 p.*, Kathmandu.
- Iwata, S., Yamanaka, H. and Yoshida, M. (1982): Glacial landforms and river terraces in the Thakkola region, central Nepal.- *J. Nepal Geol. Soc.*, 2: 81-94.
- Koirala, A. & Rimal, L.N., (1998): Geological hazards in Pokhara Valley, western Nepal. - *J. Nepal Geol. Soc.*, 13: 99-108.
- Papyrin, L. (2008): The prospects of bringing Lake Sarez into the safe state and use of its water resources.- *Conf. Managem. Water Resource Syst. in Extr. Cond.*, Moscow, 4-5 June, 2008.
- Petley, D. & Stark, C. (2012): Understanding the Seti River landslide in Nepal.- *The Landslide Blog*, 25.05.2012.
- Plafker, G. & Ericksen, G.E. 1978. Nevados Huascarán avalanches, Peru. In Voight, B. (ed.), *Rockslides and avalanches. Natural Phenomenon*, 1: 277-314. Amsterdam, Elsevier.
- Richardson, S.D. & Reynolds, J.M. (2000): An overview of glacial hazards in the Himalayas.- *Quaternary International*, 65/66: 31-47.
- Schneider, D. 2011. On characteristics and flow dynamics of large rapid mass movements in glacial environments. PhD Thesis, 261 p., University Zurich.
- Schneider, J.F. (2004): Risk assessment of remote geohazards in Western Pamir (GBAO), Tajikistan.- 2nd Intern. Conference Lake Sarez Problems, Nurek, Tajikistan.
- Tutubalina, O., Chernomorets, S. & Petrakov, D. (2004): The 2002 glacial disaster in North Ossetia, Russia: one year later. Intern. Workshop "High-Mountain Hazard Prevention", Moscow/ Vladikavkaz, Russia, 22-27 June 2004.
- Welsch, W. & Kinzl, H. (1979): Der Gletschersturz vom Huascarán (Peru) am 31. Mai 1970 - die größte Gletscherkatastrophe der Geschichte. *Zeitschrift f. Gletscherkunde u. Glazialgeologie*, 6: 181-192.
- Yamanaka, H., Yoshida, M. & Arita, K. (1982): Terrace landform and Quaternary deposits around Pokhara Valley, central Nepal.- *J.Nepal Geol.Soc.*, 2: 113-142.



Unsere Lösungen:



• *Gabionen, Stützwände*



• *Rückverankerte Vertikalwände*



• *Asphaltarmierung*



• *Böschungssicherung*



• *Erosionsschutz*



• *Stahlfaser Wirand*



• *Bewehrte Erde*



• *Steinschlagschutz*



• *Tunnel und Bodenplatten*

Unsere Leistungen: *Design • Produktion • Lieferung • Realisierung*

Mensch und Infrastruktur vor Hangmuren schützen

In nicht kanalisiert Hängen schützen flexible Hangmuren-Barrieren vor oberflächennahen Rutschungen:

- leichte Bauweise
- einfache Installation
- Funktion in umfangreichen Grossfeldversuchen nachgewiesen
- projektspezifisch dimensionierbar mit FARO Simulation
- Rutschen im gleichen Streckenabschnitt werden mit flexiblen Murgang-Barrieren gesichert

Kontaktieren Sie unsere Spezialisten:
info@geobrugg.com



Geobrugg AG
Geohazard Solutions
CH-8590 Romanshorn
Tel. +41 71 466 81 55
Fax +41 71 466 81 50
www.geobrugg.com



Zu erwartende Nutzungsdauer von „Steinschlagschutznetzen“: Korrosionsschutz, Langzeitverhalten, Perspektiven

Dipl.-Geol. EBERHARD GRÖNER und Dipl.-Ing. ARMIN RODUNER,
Geobrigg AG, Romanshorn, Schweiz

Einleitung

Vor mehr als 60 Jahren wurden flexible Schutzbauwerke zum Rückhalt von Schnee im Lawinen Anrissgebiet eingeführt. Nach und nach wurden diese zu Steinschlagschutzsystemen weiter entwickelt (Abb. 1). In den 80er Jahren wurde angefangen, die Funktionstauglichkeit mit 1:1 Feldtests nachzuweisen. Diese Versuche wurden weiter entwickelt bis zur Einführung der Schweizer Richtlinie über die Typenprüfung von Steinschlagschutznetzen im Jahr 2001 [1]. Die ETAG 027, Leitlinie für die Europäische Zulassung für Bausätze für Steinschlagschutznetze [2], wurde 2008 in Kraft gesetzt. Sie regelt die Prüfung und Zulassung von Steinschlagschutznetzen für die Europäische Union. Um den Belastungen durch Murgänge, Hangmuren, Schwemholz und Schneerutschen gerecht zu werden, wurden für diese Ereignisse seit 2001 spezielle Systeme entwickelt, die mit eigens dafür entwickelten Bemessungsmethoden auf das zu erwartende Ereignis ausgelegt werden können.

Böschungsstabilisierungen und Netzabdeckungen finden ebenfalls seit Jahrzehnten einen breiten Anwendungsbereich. Hier wurden seit den 1990er Jahren Systeme entwickelt und zur aktiven Stabilisierung von Fels- und Lockergesteinsböschungen unter Verwendung von hochfesten Stahldrähten eingeführt [3]. Dadurch ergeben sich deutliche wirtschaftliche Vorteile gegenüber früheren Lösungen.



Abb. 1: Moderner Steinschlagschutzzaun entlang einer Strasse

Bezugnehmend auf den oben gesteckten Rahmen soll auf die zu erwartende bzw. angenommene Nutzungsdauer der Systeme eingegangen werden. Es wird auf die einzelnen Faktoren, die die Nutzungsdauer bestimmen, eingegangen. Im Detail wird die Entwicklung von Oberflächenbeschichtungen zum Schutz vor Korrosion vorgestellt. Die zu erwartende Nutzungsdauer wird bezugnehmend auf die gültigen Normen eingeordnet. Es wird eine weiter entwickelte Beschichtung zum Schutz vor Korrosion vorgestellt, die unter dem Namen Geobrigg Ultracoating für Anwendungen im Bereich der Naturgefahren eingeführt wird.

Was ist unter Nutzungsdauer zu verstehen

Unter betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten wird bei der Nutzungsdauer in eine angenommene bzw. vorgesehene Nutzungsdauer und die tatsächliche Nutzungsdauer unterschieden. Unter der angenommenen Nutzungsdauer versteht man die geplante Dauer der Nutzung, wobei die Grundlage für die Ermittlung der Nutzungsdauer Erfahrungswerte bilden. Die tatsächliche Nutzungsdauer steht erst nach Beendigung des Nutzungsvorganges fest [2] und kann deutlich über der angenommenen Nutzungsdauer liegen mit entsprechend grösserer Wirtschaftlichkeit. Die Nutzungsdauer wird beeinflusst durch **technische Überalterung, Verschleiss, Wartung und Pflege, Reparaturen und Witterungseinflüsse** [4]. Die ETAG 027 geht für Steinschlagschutzsysteme von einer angenommenen Nutzungsdauer von 25 Jahren aus. Dies unter der Voraussetzung, dass der Einbau, die Nutzung und die Unterhaltung des Bausatzes vorschriftsmässig erfolgt. Der oben angegebene Wert für die angenommene Nutzungsdauer bezieht sich auf die Annahme von normalen Umweltbedingungen und ohne jeden Aufprall eines Felsblockes [2]. Bei aggressiven Umweltbedingungen soll die angenommene Nutzungsdauer bei angemessener Wartung mindestens 10 Jahre betragen. Die Möglichkeit einer längeren Nutzungsdauer ist anzustreben.

Eine **technische Überalterung** der Schutzmassnahmen kann in zweierlei Hinsicht eintreten. Zum einen, dass die Naturgefahr aufgrund neuer Erkenntnisse (z.B. Veränderung der Akzeptanz von Risiken) und Methoden zur Beurteilung oder wegen eingetretener Ereignisse anders eingeschätzt werden muss, zum anderen die Weiterentwicklung der Schutzsysteme in Bezug auf Qualität, Materialeigenschaften und Leistungsvermögen aber auch der Bemessungsmöglichkeiten. Beide Faktoren können bei einer Gegenüberstellung mit dem Schutzziel in Relation gesetzt werden. Können die Ziele zur Naturgefahrenabwehr, wie sie zum Zeitpunkt der Erstellung der Massnahme vorgegeben wurden, erfüllt werden, ist keine Verstärkung oder gar Ersatz der Massnahme erforderlich. Sollte das **Schutzziel** nicht mehr erfüllt sein, ist zu überprüfen, welche Wirksamkeit die Massnahme noch gewährleistet, und ob sich eventuell das Risiko erhöht. Auf dieser Grundlage muss dann geprüft werden, welche weiteren Schritte ergriffen werden.

Als **Verschleiss** bezeichnet man den fortschreitenden Materialverlust aus der Oberfläche eines festen Körpers, hervorgerufen durch mechanische Ursachen, d.h. Kontakt- und Relativbewegung eines festen Gegenkörpers, also den **Masseverlust** (Oberflächenabtrag) einer Stoffoberfläche durch schleifende, schlagende, kratzende und chemische Beanspruchung [4]. Im Beispiel der Steinschlagschutzsysteme handelt es sich um eine sehr lokale Beanspruchung. Die chemische Beanspruchung im Besonderen der Beschichtung zum Schutz vor Korrosion ist erfahrungsgemäss für die Ermittlung der zu erwartenden Nutzungsdauer entscheidend (Abb. 2).



Abb. 2: Konstruktion zum Schutz vor Steinschlag aus den 1970er Jahren. Die Beschichtung zum Schutz vor Korrosion ist vollständig abgetragen und der tragende Querschnitt ist massiv reduziert.

Als **Wartung** werden Massnahmen zur Verzögerung des Abbaus des vorhandenen Abnutzungsvorrates des Bauwerkes verstanden [4]. Sie wird während der Nutzung eines Objekts angewandt. Zu unterscheiden ist die **Instandhaltung**, die nach einer von einer Behörde festgelegten Frist zu erfolgen hat.

Nach einem eingetretenen Ereignis muss das Schutzbauwerk überprüft werden und ggf. Verschleissteile wie Bremsen und Sollbruchstellen ausgetauscht werden. Unter **Reparatur** bzw. **Instandsetzung** wird der Vorgang verstanden, bei dem ein defektes Objekt in den ursprünglichen, funktionsfähigen Zustand zurückversetzt wird [4].

Neben der chemischen Abnutzung können zusätzlich **Witterungseinflüsse** diesen Prozess beeinflussen.

Schutz vor Korrosion zur Verlängerung der Nutzungsdauer

Grundlegender Faktor zur Verlängerung der Nutzungsdauer von Steinschlagschutznetzen ist der Schutz vor Korrosion. Durch verschiedene Beschichtungen soll eine Reduzierung des tragenden Querschnittes bzw. des Abnutzungsvorrates verzögert werden. Übliche Methoden zum Schutz vor Korrosion von Drahtwaren im Bereich von Steinschlagschutznetzen sind metallische Beschichtungen wie Zink, Zink-Aluminium (Galfan, Bezinal, Crapal, Geobrug Supercoating) sowie eine weiter entwickelte Form der Zink-Aluminium Beschichtung (Bezinal 3000, Geobrug Ultracoating). Beschichtungen mit Zinküberzügen haben sich bewährt. Seit dem 19. Jahrhundert konnten damit Erfahrungen gemacht werden. Diese **100% Zinkbeschichtungen** (Zn100) bieten einen aktiven Schutz vor mechanischen Beschädigungen und einen passiven Schutz durch den anodischen Effekt. Auch handelt es sich um eine sehr kosteneffektive Massnahme. Die aufgetragene Schichtdicke ist massgebend für die Schutzdauer. Grundlegende Probleme bestehen bei der Haftung von grösseren Schichtdicken was zum Abplatzen bei Beanspruchung durch Umbiegen führen kann. Die sehr raue Oberfläche ermöglicht ein besseres Anhaften von Wasser was sich ungünstig auf den Abbau der Beschichtung und die Nutzungsdauer auswirkt. Der Abtrag der Zink100 Beschichtung erfolgt linear, was bei aggressiven Umgebungsbedingungen zu einem schnellen Abtrag führt. 1996 wurden durch Edmund Krauter und Wilfried Scholz Untersuchungen zum Langzeitverhalten von Schutznetzverhängungen gegen Steinschlag vorgestellt [5]. Hierbei hat es sich im Wesentlichen um Quadratmaschengeflechte mit einer Zink100 Beschichtung, befestigt an

Drahtseilen mit Verbindungselementen in Kombination mit einer Vernagelung, gehandelt. Als wirksame Nutzungsdauer der Schutznetze wurden 20 – 25 Jahre festgestellt. Es wurde entsprechend empfohlen, Netze, die im Bereich von 20 Jahren alt sind, häufiger zu kontrollieren, wobei mittelfristig eine Sanierung eingeplant werden sollte.

In den 1980er Jahren wurden Versuche mit **Zink-Aluminium Legierungen** gemacht. Hintergrund war die Vorteile des Zink mit denen von Aluminium zu kombinieren. Hierbei sind die Eigenschaften einer sehr glatten Oberfläche und die gute Haftung des Aluminium von Vorteil, und es sollten diese Nachteile der Zink100 Beschichtungen ausgeglichen werden. Nünninghoff et al konnten 1987 entsprechende Ergebnisse einer Zn95Al05 Galfan Beschichtung für Drahtwaren im double dipp Verfahren vorstellen [6]. Es handelt sich hierbei um eine Legierung im Verhältnis 95% Zink und 5% Aluminium, was der dichtest möglichen Anordnung der Atome entspricht (Eutektikum). Im Steinschlagschutz und bei Vernetzungen aus hochfestem Stahldraht wurde diese Beschichtung auch unter dem Namen **Geobrug Supercoating** eingeführt. Die Vorteile liegen in einem 3 – 4fach längeren Schutz vor Korrosion. Dies wurde durch Kurz- und Langzeituntersuchungen bestätigt [7]. Zur Veranschaulichung zeigt Abbildung 3

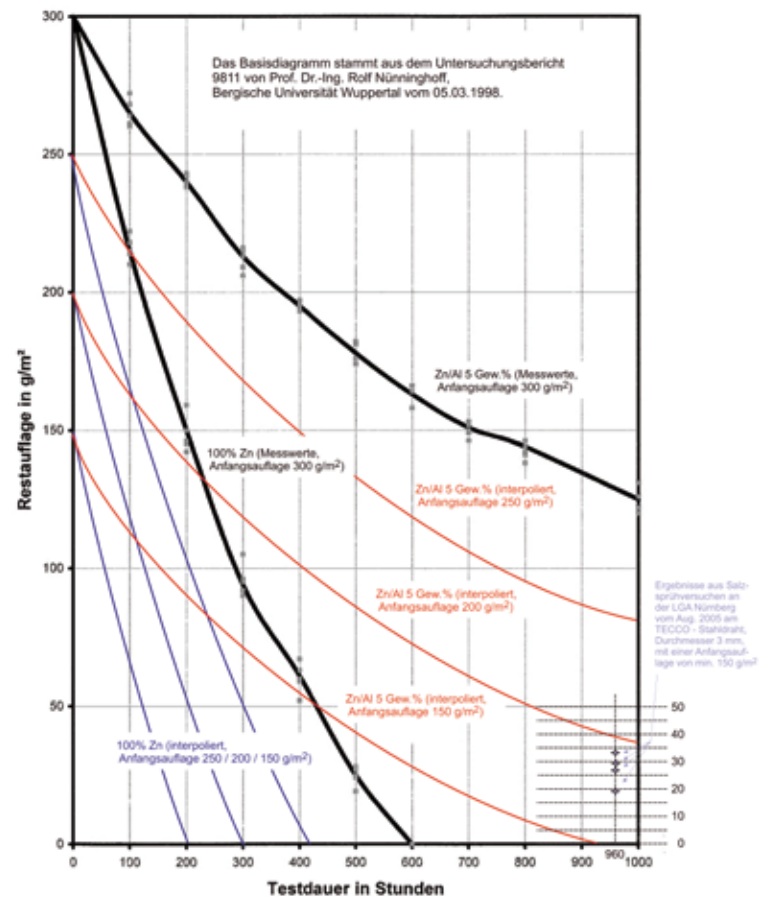


Abb. 3: Korrosionsverhalten von Zn95Al05 und Zn100 beschichteten Stahldrähten in Salzsprühnebeltests nach DIN 50021 (bzw. ASTM-B117). Die schwarzen Kurven entsprechen Testergebnissen. Dabei wurden je 5 Drahtproben nach je 100 bzw. 200 Stunden zur Bestimmung der Restauflage untersucht. Die roten bzw. blauen Kurven wurden interpoliert unter Annahme einer konstant bleibenden Abtraggeschwindigkeit.

Korrosionskurzzeit-Tests mit Zn100 und Zn95Al05 Drahtwaren. Grundlage hierfür waren Untersuchungen der Bergischen Universität Wuppertal im Jahre 1998 [8]. Es kann deutlich ein 3 – 4fach verlangsamter Abtrag der Zn95Al05 Beschichtung nachgewiesen werden (Abb. 3).

Aufgrund der geringfügig höheren Kosten und des dadurch wirtschaftlichen Vorteils werden in Deutschland zum Schutz vor Naturgefahren mit Steinschlagschutznetzen (Fangzäune) fast ausschliesslich Zn95Al05 Beschichtungen für Drahtwaren ausgeschrieben.

Die Beschichtung von **hochfesten Stahldrähten** mit einer Zn95Al05 Beschichtung bietet einen weiteren Vorteil. Diese Drähte mit einer Zugfestigkeit >1000 N/mm² können schlussgezogen werden, weshalb die Oberfläche deutlich glatter wird. Hierdurch wird das Anhaften von Wasser reduziert und es entsteht ein Vorteil gegenüber herkömmlichen Zn95Al05 Beschichtungen.

Als weiterer Faktor zur Erreichung einer längeren Nutzungsdauer kann die Schichtdicke bzw. die flächenbezogene Masse gesehen werden. Grundsätzlich kann bei einer grösseren **flächenbezogenen Masse** von einer längeren Haltbarkeit ausgegangen werden. Bei Drähten mit kleineren Durchmessern wie sie z.B. bei Drahtseilen verwendet werden, können gemäss DIN EN 10244-2 entsprechend kleinere flächenbezogene Massen aufgebracht werden, weshalb ein schnellerer Angriff des Grundmetalls zu erwarten ist.

Der angenommene bessere Schutz vor Korrosion bei Systemen, die grössere Schichtdicken verwenden, wird insoweit eingeschränkt, dass der Korrosionsschutz durch Umformung beschädigt werden kann. Hier wurden Risse und Ablplatzungen der Beschichtung im Mikrobereich beobachtet, weshalb sich die Klasse B gemäss DIN EN 10244-2 für Zn95Al05 Beschichtungen bewährt hat.

Im Bereich der Steinschlagschutznetze wird derzeit eine Beschichtung zum Schutz vor Korrosion unter dem Namen Geobrug Ultracoating eingeführt. Es handelt sich hierbei um eine Beschichtung die seit einigen Jahren

verfügbar ist. Hierbei werden wieder die Vorteile von Zink und Aluminium in Kombination mit einem Inhibitor genutzt wodurch der Abtrag der Beschichtung nochmals verlangsamt wird. Die Zusammensetzung ist 95% Zink 4.5% Aluminium und 0.5% Inhibitor. Untersuchungen haben gezeigt, dass bei diesem verbesserten Beschichtungstyp eine mindesten 2 - 3fach längere Haltbarkeit erwartet werden kann gegenüber der Beschichtung mit Zn95Al05. Entsprechende Untersuchungen wurden in den letzten zwei Jahren durchgeführt (Abb. 4).

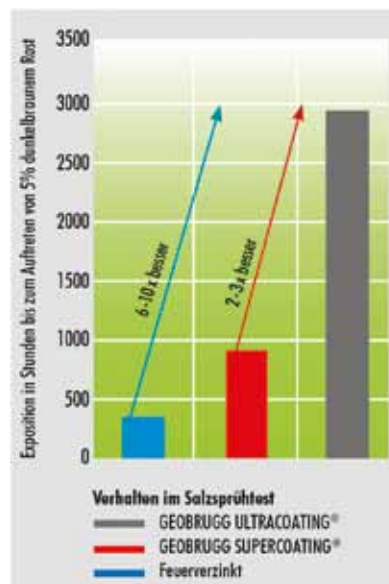


Abb. 4: Geobrug Ultracoating im Salzsprühtest. Im Salzsprüh-Test (NaCl) nach EN ISO 9227/DIN 50021/ASTM B117 dauert es bei Ultracoating im Vergleich zu Zink 6 – 10fach länger bis zum Auftreten von 5% dunkelbraunem Rost.

Zu erwartende Nutzungsdauer im Überblick

Es wird bei der Betrachtung der Nutzungsdauer auf die Bauteile mit den geringsten Beschichtungsdicken eingegangen. Hierbei handelt es sich um die aus Draht gefertigten Bauteile wie Netze und Drahtseile, aber auch Drahtseilklemmen. Die zu erwartende Nutzungsdauer in Bezug auf Korrosion hängt im Wesentlichen von zwei Faktoren ab. Zum einen handelt es sich um äussere Bedingungen die durch die Witterung und den chemischen Verschleiss bestimmt werden. Die EN ISO 12944-2 teilt die Umgebungsbedingungen in 6 Korrosivitätskategorien für die Atmosphäre ein [9]. Als weiterer Faktor sind die Materialeigenschaften der Beschichtungen entscheidend. Entsprechend wird den Umgebungsbedingungen eine Abtragsrate der Zinkbeschichtung je Jahr zugeordnet.

Drahtseilklemmen werden üblicherweise mit einer elektrolytischen Verzinkung vor Korrosion geschützt. Diese Methode der Beschichtung lässt nur das Aufbringen von wenigen μ zu. Eine Verbesserung des Korrosionsschutzes wird durch eine galvanische Verzinkung im Zink Bad erreicht mit bis zu 5fach grösseren Schichtstärken.

Die DIN EN 1993-1-11 nimmt Bezug auf die Eigenschaften der Zn95Al05 Beschichtungen. Entsprechend kann von einer bis zu dreifach längeren Beständigkeit ausgegangen werden im Vergleich zu Zinkbeschichteten Drahtwaren unter denselben Bedingungen. Tabelle 1 gibt eine entsprechende Einordnung der Abtragsraten in Bezug auf die Korrosivitätskategorien und den zu erwartenden Abtrag für Zn100, Zn95Al05 und die Geobrug Ultracoating Beschichtung (Zn95Al4.5+0.5) an. Unter normalen Bedingungen gemäss ETAG 027 mit einer angenommenen Nutzungsdauer von mindestens 25 Jahren werden hier die Korrosivitätskategorien C1, C2 und C3 zugeordnet. Hierbei handelt es sich um ländliche Gebiete, Gebiete mit geringer Luftverschmutzung aber auch städtische Industrieregionen und küstennahe Bereiche mit geringen Konzentrationen an SO₂ oder Salzen. Als aggressiv wird hier die Kategorie C4 angenommen (z.B. Verwendung von Tausalzen). Hierbei handelt es sich um Gebiete mit starker Luftverschmutzung oder mittlerer bis hoher Salzbelastung. Aus den in Tabelle 1 aufgeführten Werten kann die zu erwartende Nutzungsdauer in Abhängigkeit der Schichtstärke ermittelt werden.

Korrosivitätskategorien	Zn ¹⁰⁰	Zn ⁹⁵ Al ⁰⁵	Zn ⁹⁵ Al ^{4.5+0.5}
C1 Unbedeutend	< 0.7	< 0.23	< 0.12
C2 Gering	0.7 – 5	0.23 – 1.67	0.12 – 0.83
C3 Mässig	5 – 15	1.67 – 5	0.83 – 2.5
C4 Stark	15 – 30	5 – 10	2.5 – 5
C5-L sehr stark (Industrie)	30 – 60	10 – 20	5 – 10
C5-M sehr stark (Meer)	30 – 60	10 – 20	5 – 10

Tab. 1: Einteilung der Umgebungsbedingungen nach ISO 12944-2 in Korrosivitätskategorien für atmosphärische Umgebungsbedingungen und deren Bedeutung für den Abbau der Oberflächenbeschichtung basierend auf den Abbau Zn in g/m² je Jahr. Es werden die verschiedenen Beschichtungssysteme für Drahtwaren verglichen.

Die Tabellen 2 und 3 zeigen beispielhaft die zu erwartende Nutzungsdauer für Schutzsysteme aus hochfestem Stahldraht mit Drahtdurchmessern von 3 bzw. 4 mm und Drahtseile mit Durchmessern 12 bzw. 14 mm. Die zu erwartende Nutzungsdauer unter normalen Bedingungen (C1 – C3) wird knapp mit der Zn⁹⁵Al⁰⁵ bei den Drahtseilen nicht erreicht. Nur die Zn⁹⁵Al^{4.5+0.5} Beschichtung erfüllt die Anforderungen für den hier gesteckten Rahmen.

Zusammenfassung

Flexible Systeme zum Schutz vor Naturgefahren werden aufgrund ihrer Einfachheit, Funktionalität und Wirtschaftlichkeit heutzutage weitverbreitet eingesetzt. Wesentlicher Bestandteil der flexiblen Schutzsysteme sind Netze und Seile bestehend aus Stahldraht aber auch Walzstahl- und Gusserzeugnisse wie z.B. Stützen, Krallplatten und Befestigungselemente. Die anzunehmende Nutzungsdauer ist von grösster Bedeutung für eine wirtschaftliche Lösung. Diese wird von verschiedenen Faktoren bestimmt, wobei die technische Überalterung und die Wartung nicht zu vernachlässigen sind. In den meisten Fällen wird der chemische Verschleiss durch Korrosion entscheidend sein. Beschichtungssysteme mit einem anodischen Schutz auf Zink Basis haben sich bewährt. Am besten geeignet sind Zink-Aluminium Legierungen wobei nur die Geobrug Ultracoating Beschichtung selbst bei aggressiven Umweltbedingungen eine lange Nutzungsdauer gewährleistet. Nur Systeme mit dieser Beschichtung können die Vorgaben bezüglich Nutzungsdauer der ETAG 027 erfüllen. Je nach Korrosivitätskategorie kann die zu erwartende Nutzungsdauer ermittelt werden.

Literatur

- [1] Schweizer Richtlinie über die Typenprüfung von Steinschlagschutznetzen; Bundesamt für Umwelt, Bern 2001/2006.
- [2] ETAG 027: Leitlinie für die Europäische Technische Zulassung für Bausätze für Steinschlagschutznetze; Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin 2008.
- [3] DIN EN 14490: Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Bodenvernagelung; Beuth 2010
- [4] Wikipedia freie Enzyklopädie; www.wikipedia.org 2013
- [5] Krauter, E.; Scholz, W.: Langzeitverhalten von Schutznetzverhängungen gegen Steinschlag, Geotechnik 19, Nr. 2 1996
- [6] Nünninghoff, R.; Sczepanski, K.: Galfan – ein neuartiger, verbesserter Korrosionsschutz für Stahldraht. Draht 38, No. 1&2 1987
- [7] Nünninghoff, R.: Long-term experience with Galfan; Wire 3/2003
- [8] Nünninghoff R.: Vergleichende Korrosionskurzzeit-Tests an feuerverzinkten und galfan-verzinkten Stahldrähten; Bergische Universität Wuppertal 1998
- [9] DIN Taschenbuch 286: Korrosionsschutz von Stahl durch Beschichtungen und Überzüge 4; DIN EN ISO 12944-1 bis DIN EN ISO 12944-8; Beuth 1998.

	Zn ¹⁰⁰	Zn ⁹⁵ Al ⁰⁵	Zn ⁹⁵ Al ^{4.5+0.5}
C1	120	120	120
C2	30 – 120	90 – 120	120
C3	10 – 30	30 – 90	60 – 120
C4	5 – 10	15 – 30	30 – 60
C5-L / M	2.5 – 5	7.5 – 15	15 – 30

Tab. 2: Überblick über die zu erwartende Nutzungsdauer in Jahren von reinen Zink Beschichtungen gemäss ISO 12944-2, der Geobrug Supercoating (Zn⁹⁵Al⁰⁵) und –Ultracoating (Zn⁹⁵Al^{4.5+0.5}) Beschichtungen. Die zugrunde gelegte Beschichtung beträgt mindestens 150 g/m². C1 – C5 sind die Korrosivitätskategorien. Die hinterlegten Farben nehmen Bezug auf die zu erwartende Nutzungsdauer für normale (grün) und aggressive Umweltbedingungen (gelb) gemäss ETAG 027.

	Zn ¹⁰⁰	Zn ⁹⁵ Al ⁰⁵	Zn ⁹⁵ Al ^{4.5+0.5}
C1	100	120	120
C2	14 – 100	42 – 120	84 – 120
C3	4.5 – 14	14 – 42	28 – 84
C4	2.3 – 4.7	7 – 14	14 – 28
C5-L / M	1.2 – 2.3	3.5 – 7	7 – 14

Tab. 3: Überblick über die zu erwartende Nutzungsdauer in Jahren für 12 - 22 mm Drahtseile. Die Werte beziehen sich auf Beschichtungen mit min. 70 g/m² für Drähte mit einem Durchmesser von 0.8 – 1.0 mm gemäss DIN EN 10244-2. Die hinterlegten Farben nehmen Bezug auf die zu erwartende Nutzungsdauer für normale (grün) und aggressive Umweltbedingungen (gelb) gemäss ETAG 027.

Erkunden Beraten Planen Überwachen

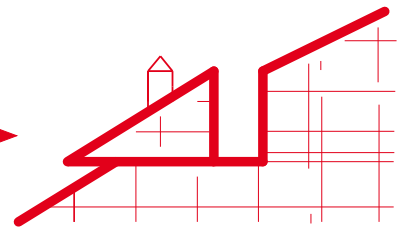
Ingenieurgeologie / Hydrogeologie
geogene Gefahren und Risiken
Sicherungs- und Stabilisierungskonzepte
Beweissicherung
Baugrunderkundung und -beurteilung
Planung von Erdbauwerken
Bauüberwachung

gi *geo-international*
Dr. Johannes Feuerbach GmbH
beratende Ingenieurgeologen

Mombacher Straße 49 - 53
 55 122 Mainz
 Tel.: 06131 387071 www.geo-international.info

GEOTECHNIK

Büdinger • Fein • Welling GmbH



INGENIEURGEOLOGEN / HYDROGEOLOGEN / BERATENDE INGENIEURE

ATTLASTEN

BAUGRUND

DEPONIEREN

Geohaus - Nikolaus-Otto-Str. 6
 55129 Mainz (Hechtsheim)

Tel. (Zentrale): 06131 - 91 35 24 0
 Fax: 06131 - 91 35 24 44
 Email: mail@geotechnik-mainz.de
 Internet: www.geotechnik-mainz.de

Geländeexkursion am 13.06.2013 - Hang- und Felssicherungsmaßnahmen in der Welterberegion Oberes Mittelrheintal -

GR Dipl.-Geol. MIRCO ALBERTI, GD Dipl.-Geol. ANSGAR WEHINGER, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz und Forschungsstelle Rutschungen & Prof. Dr. EDMUND KRAUTER, geo-international Dr. J. Feuerbach GmbH, Mainz und Forschungsstelle Rutschungen, Mainz

1 Einleitung

Das Obere Mittelrheintal ist mehrere Hundert Meter tief zwischen die Hunsrück- und Taunushochfläche eingeschnitten. Dieser tiefe und steile Einschnitt ist der Hauptgrund für die landschaftliche Attraktivität des Mittelrheintals. Allerdings resultieren durch diesen Einschnitt auch besondere Gefährdungen infolge Rutsch-, Sturz- und Fließprozesse, die unter dem Begriff Massenbewegungen zusammengefasst werden. Die allerorten vorhandenen Sicherungsmaßnahmen unterschiedlichster Art und Alters dokumentieren eindrücklich die Anstrengungen der Menschen im Umgang mit diesen besonderen Naturgegebenheiten am Mittelrhein.

Im Rahmen der Geländeexkursion des 13. Weiterbildungsseminars der Forschungsstelle Rutschungen sollen einzelne Problemstellungen/Massenbewegungen sowie verschiedenste technisch-konstruktive Maßnahmen zur Gefahrenabwehr bzw. Sicherung näher vorgestellt werden. Der erste Halt der Geländeexkursion ist nördlich von Sankt Goar gelegen, wo sich im Jahr 2011 eine Mure ereignete. Danach führt die Exkursion flussaufwärts nach Süden zunächst zum Kammerecktunnel bei Oberwesel, wo verschiedenste Sicherungen zum Schutz vor Felsstürzen und Steinschlag ausgeführt wurden. Von Oberwesel aus kann außerdem der rechtsrheinisch gelegene Murenabgang am Rossstein betrachtet werden. Den Abschluss bildet die Burg Rheinstein südlich Trechtingshausen, wo seit Jahrhunderten vielfältigste bautechnische Verfahren zur Sicherung von Felsen, Bauteilen und Wegen sowie Maßnahmen zum Schutz vor Steinschlägen, Felsstürzen und Rutschungen angewandt werden.

2 Mure bei Sankt Goar

Am 11.09.2011 ereignete sich zwischen Sankt Goar und Sankt Goar-Fellen ein Murenabgang auf die Bahngleise. In der Folge entgleiste gegen 14:00 Uhr der IC 2113 Hamburg-Stuttgart. Von den etwa 800 Passagieren wurden 14 Personen leicht verletzt. Die linksrheinische Bahnstrecke – eine der wichtigsten Verkehrsachsen der Bundesrepublik Deutschland – musste

fast eine Woche voll gesperrt und der Fernverkehr zwischen Koblenz und Mainz rechtsrheinisch umgelegt werden (AZ Mainz 12.09.2011; Abbildung 1). Für die Bergung und Reparatur von Lok und Waggons sowie des Gleisbettes, die Aufwendungen für die Umleitungen sowie die späteren Sicherungsmaßnahmen entstand der DB AG ein enormer Schaden.



Abb. 1: Zeitungsmeldung zur Entgleisung des IC 2113 am 11.09.2011 (AZ Mainz 12.09.2011).



Abb. 2: Geländesituation nach Beräumung und Durchführung von Sicherungsmaßnahmen. Die Pfeile zeigen die Position der untersten drei Fangzäune, die im Auftrag der DB zur Sicherung hergestellt wurden (Foto: Wehinger 21.03.2013).

Das Ereignis stellt kein Einzelfall dar. Tatsächlich entgleist im langjährigen Mittel im Mittelrheintal etwa einmal jährlich ein Zug infolge von Muren oder Felsstürzen (siehe auch Rhein-Lahn-Zeitung 15.09.2011).

Am Ort des Murgangs ist ein alter Wasserdurchlass vorhanden. Der unterste Abschnitt eines Kerbtälchens, das von der Hunsrückhochfläche zum Rhein hin abfällt, ist kanalartig mit Mauern ausgebaut (Abbildung 2). Das unmittelbare Umfeld des Kerbtälchens ist im Vergleich zu den nordwestlich und südöstlich angrenzenden Abschnitten flacher ausgebildet, so dass hier auf die sonst üblichen Steinschlagschutzmaßnahmen, wie Drahtnetzverhängungen, verzichtet wurde. Die Besonderheit des Geländes wird bei der Ermittlung der Fließakkumulation und des Topographischen Feuchteindex aus dem digitalen Geländemodell deutlich. Das Kerbtälchen weist ein im Vergleich zu benachbarten Tälchen erheblich größeres Wassereinzugsgebiet auf, so dass sich hier der Wasserabfluss konzentriert (Abbildung 3). Tatsächlich ist die Mure in Verbindung mit einem Starkregenereignis am 11.09.2011 aufgetreten.

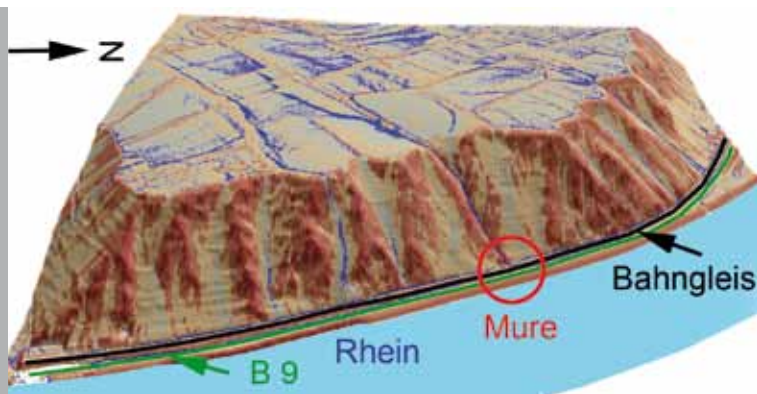


Abb. 3: Dreidimensionale Darstellung des Topographischen Feuchteindex. Der Feuchteindex wurde für ein 2x2m-Raster berechnet, das aus einem hochauflösenden Geländemodell basiert (Laserscan-Daten). Das Modell zeigt, den konzentrierten Wasserabfluss in das Kerbtälchen, in dem am 11.09.2011 eine Mure entstand (Modell: Wiesner, Grafik: LGB).

Um zukünftig vergleichbare Ereignisse zu verhindern, wurden im Auftrag der DB AG verschiedene Maßnahmen ausgeführt:

- Beräumung der Schuttmassen bzw. Freiräumen des Abflusskanals
- Ausbau des Kerbtälchens mit einer Staffel von Schutzzäunen (Abb. 2)
- Teilweise Sicherung der Flanken des Kerbtälchens durch vernagelte Drahtnetzverhängungen

3 Kammerecktunnel

Der 289 m lange Kammerecktunnel befindet sich auf der Bahnstrecke Köln-Mainz, südlich von St. Goar. Über dem südlichen Portalbereich hat man bereits beim Bahnbau Teile der Felswand mit bogenförmigen Mauerwerk Felskörper unterfangen. Direkt an die Portalzone anschließend wurde eine ca. 7 m hohe, schwere Auffangmauer errichtet mit einem Auffangbereich zur Sicherung der Bahnstrecke gegen Felsausbrüche und Steinschlag. In diesem Bereich des Felshanges finden sich auch noch etwa 1 m hohe Fangvorrichtungen aus Eisenbahnschienen und Eisenbahnschwellen. Diese Maßnahme wurde vermutlich erst Anfangs der 1960er Jahre angebracht.

Der Fels baut sich aus tonigen Silt- bis Sandsteinen des Unterdevons auf. Die für die Standsicherheit maßgebenden Trennflächen sind die unter 60 bis 70° nach SE einfallende Schieferung und steilstehende NE-SW-streichende Großklüfte (Querklüfte). Diese beiden Trennflächenscharen bestimmen das Bild der Felswand.

Im Rahmen einer Überprüfung des Tunnelausbaus 1982 wurde eine Entfestigung des Gebirges oberhalb des südlichen Tunnelbereiches festgestellt. Im Jahre 1983 hat man daraufhin von der Aufstandsfläche des Großklüftkörpers aus Erkundungsbohrungen abgeteufelt, die mit Mehrfachextensometer bestückt wurden. Nach den Bohrungsergebnissen verläuft spitzwinklig zum Tunnel eine Störungszone, etwa 10 bis 11 m hinter der Oberfläche der Felswand.

Die Extensometermessungen zeigten jährlich Bewegungen zum Rhein hin von ca. 2 mm. Die Verformungen traten im Winterhalbjahr auf, während in den Sommermonaten zum Teil rückläufige Bewegung zu erkennen waren. Zusätzlich entstanden am Böschungsfuß Feinstrisse.

Ein Felssturz mit dem Volumen des Kammereck-Großklüftkörpers würde nach überschlägigen Berechnungen die unmittelbar vorbeiführende B9 vollständig überschütten. Darüber hinaus wäre auch durch einen Felssturz die Standsicherheit des Kammerecktunnels gefährdet.

Nach statischen Berechnungen erfolgte die Sicherung durch 2 übereinander liegenden Ankerreihen mit einer freien Ankerstahllänge von 22,5 m und einer Kraftertragungslänge von 7,5 m mit einer Gebrauchskraft von 2000 kN. Die Länge der Anker war erforderlich, um einen ausreichend großen Abstand zu Tunnelbauwerk zu erhalten und um die Lastglocke des Tunnels nicht zu tangieren. Außerdem sollten sie die Störungszone überbrücken. Um eine Spannungskonzentration im Bereich der Lasteintragungsstrecken zu vermeiden, wurden die jeweils benachbarten Anker verschieden geneigt. Zur Lastverteilung im Bereich der Ankerköpfe erfolgte die Verankerung von zwei übereinanderliegenden Stahlbetonbalken aus. Die Wirksamkeit der Maßnahme wird an einzelnen Ankerstrecken mit Lichtwellenleitern kontrolliert.

Probleme gab es bei der Injektion der Verpressstrecken, als Injektionsgut im Tunnel austrat, was für eine starke Klüftigkeit des Gebirges spricht, und Abdichtungsmaßnahmen erforderlich wurden.

Aufgelockerte Bereich der Felswand wurden zusätzlich noch vernagelt und örtlich Fangzäune errichtet.

Zu Beginn der Sicherungsmaßnahmen wurden als erstes zum Schutz der dort arbeitenden Mannschaft Drahtnetzverhängungen und Auffangnetze vom Steiger aus angebracht.

Die Ausführung dieser Maßnahmen erfolgte im Jahre 1992.

4 Hangsicherungsmaßnahmen gegenüber Oberwesel

Vom Oberweseler Rheinufer aus eröffnet sich der Blick auf den gegenüberliegenden Rheinhang. Hier hatte sich im Bereich des sogenannten Rosssteins im Juni 2012 im Zusammenhang mit einem Starkregenereignis eine weitere Mure mit erheblicher Beeinträchtigung der Bahnstrecke Koblenz-Wiesbaden und der Bundesstraße B 42 ereignet. Bereits im Juni 2005 hatte im selben Bereich eine Mure einen Güterzug zum Entgleisen gebracht. Die in der Folge errichteten Fangvorrichtungen (mehrere staffelförmig hintereinander angeordnete Zaunbarrieren) waren offensichtlich nicht ausreichend, die Geröllmassen vom Juni 2012 vollständig aufzuhalten.

Spezielle, aus dem digitalen Höhenmodell abgeleitete Modellierungen der Fließakkumulation belegen auch hier gerade für den Schadensbereich eine auffällige Konzentration des Oberflächenwasserabflusses. Zudem zeichnet sich der betroffene Hangbereich durch größere Schuttansammlungen aus. Auffällig ist, dass an der Stelle kein geeigneter Durchlass zur schadlosen Ableitung des Oberflächenwassers vorhanden ist.

In Folge des jüngsten Murenabgangs wurden im Jahr 2012 im Auftrag der

DB die vorhandenen Murgangzäune nach dem heutigen Stand der Technik ersetzt und ergänzt. Zusätzlich wurden die weiterhin in der Murenspur lagernden Schutt- und Erdmassen mit Hilfe einer vernagelten Geflechtauflage im Hang fixiert.

Weiter südlich fällt ein sehr aufwändig gesicherter Hangbereich auf. Deutlich lassen sich die verschiedenen Sicherungsgenerationen unterscheiden, welche zum Schutz der Bahnstrecke und Bundesstraße vor Steinschlägen und Felsstürzen aus den steil aufragenden Felspartien hergestellt wurden. Möglicherweise bereits aus der Zeit des Bahnbaus, etwa um die Mitte des 19. Jahrhunderts, stammen die gemauerten Unterfütterungen und Verblendungen der Felspartien. Jeweils Einzelsicherungen, welche sich den örtlichen Gegebenheiten bestens anpassen. Aus dem Beginn des 21. Jahrhunderts stammen die in mehreren Staffeln angeordneten, gewaltigen, bis 7 m hohen Systemfangzäune.

5 Burg Rheinstein

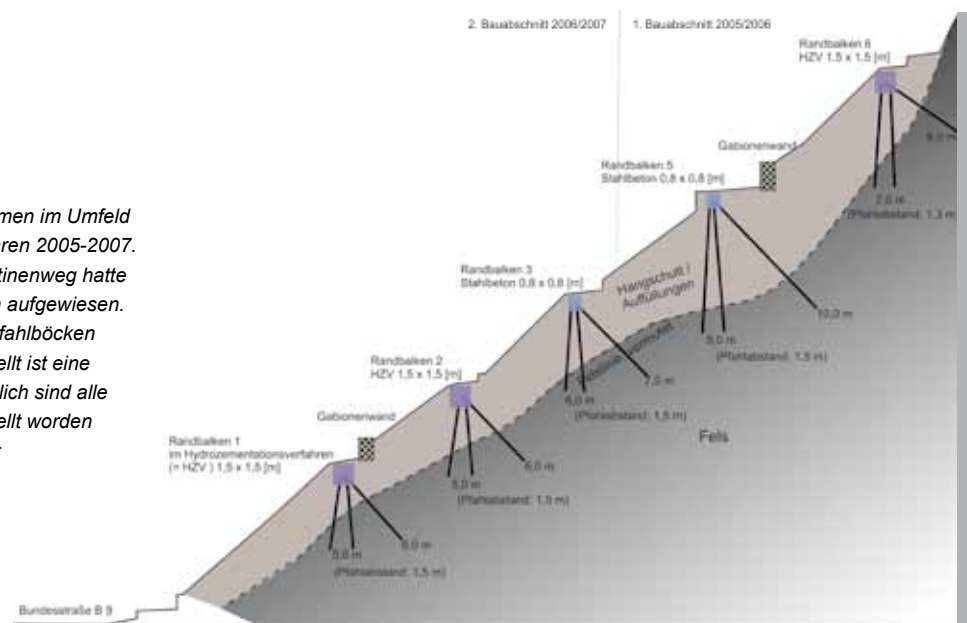
Die Burg Rheinstein wurde anfangs des 14. Jahrhunderts gebaut und war lange Zeit Sitz Mainzer Erzbischöfe. Die Burganlage ist auf einem markanten Felsvorsprung errichtet. Solche Härtlingsklippen finden sich in dem zwischen Bingen und Oberheimbach gelegenen Abschnitt des Rheintals überall dort, wo verwitterungsbeständige quarzitische Gesteinsschichten in der typischen SW-NE orientierten Richtung aus den Talhängen austreten. Stratigrafisch und petrografisch leiten die hier anstehenden Quarzite der Bunten Schiefer in die weiter nördlich anstehenden Taunusquarzite über. Die vergleichsweise stark metamorph überprägten grünlich-grauen bis rot-violetten Bunten Schiefer deuten die Nähe zur metamorphen Südrandzone bzw. zur Südrandstörung des Rheinischen Schiefergebirges an und zählen mit ihrem Gedinne-Alter zu den ältesten im Mittelrheintal aufgeschlossenen Gesteinen. Die Bereiche nördlich und südlich der Härtlingsklippe zeichnen sich durch vergleichsweise tiefgründige Lockergesteins- bzw. Schuttablagerungen aus.

Verschiedenste im Umfeld der Burg Rheinstein umgesetzte Fels- und Hangsicherungs- und sonstige geo- bzw. erdbautechnische Maßnahmen, wie:

- Steinschlagschutzzäune
- Felsvernetzungen
- Felsvernagelungen
- Felsumgürtungen
- Spritzbetonsicherungen
- Felsunterfangungen
- Schwergewichts-/Gabionenwände
- Pfahlbockgegründete Erdbetonkonstruktionen
- Tiefgründungen auf Kleinbohrpfählen
- Böschungsvernagelungen
- Mauervernagelungen

dokumentieren die den besonderen geotechnischen Situationen der Burganlage geschuldeten Anstrengungen aus den vergangenen 250 (!) Jahren.

Abb. 4: Eine der vielfältigen geotechnischen Maßnahmen im Umfeld der Burg war die Sicherung der Zuwegung in den Jahren 2005-2007. Der in einem aktiven Kriechhang verlaufende Serpentinweg hatte zuletzt nicht mehr hinnehmbare Verformungsschäden aufgewiesen. Die Sicherung des Weges erfolgte mit Hilfe von auf Pfahlböcken aufgeständerten Randbalkenkonstruktionen. Dargestellt ist eine Profilskizze mit der ursprünglichen Planung. Letztendlich sind alle Randbalken im Hydrozementationsverfahren hergestellt worden (Grafik: LGB auf Grundlage einer Planungsskizze der Fa. Sidla & Schönberger).



6 Felssicherungen an der B 9

Ein Steinschlagereignis aus einer Härtlingsklippe (Bunte Schiefer) südlich der Burg Rheinstein hatte am 02. Januar 2008 zeitweise die komplette Sperrung der Bundesstraße B 9 sowie der Bahnstrecke Koblenz-Mainz zur Folge. Mehrere Kubikmeter Fels hatten sich aus dem Bereich des sogenannten Aussichtsturms, ca. 50 m oberhalb der Straße gelöst und waren in die Verkehrswege gestürzt. Teile des abgestürzten Materials hatten sich in einer Felsrinne angesammelt und drohten nach zu rutschen. Erst nach der Beräumung der labilen Schuttakkumulation und weiterer akut absturzgefährdeter Felsblöcke konnten die Verkehrswege wieder für den Verkehr frei gegeben werden.

Untersuchungen hatten zum Ergebnis, dass die Härtlingsklippe auch weiterhin eine Quelle für gefährliche Steinschläge bilden konnte. Um dieser latenten Gefahr zu begegnen, wurden noch im Folgejahr konstruktive Sicherungsmaßnahmen durchgeführt. Als schwierig für deren Bemessung stellte sich die ausgeprägte Morphologie des steil aufragenden Felsmassivs dar, welches überdies ohne verfügbaren Fangraum bis unmittelbar an die B 9 reicht. Andererseits konnte auf die Erfahrungen aus der Beräumung zurückgegriffen werden.

Ausgeführt wurden schließlich mehrere hintereinander angeordnete Systemfangzäune. In der eigentlichen Felsklippe ein oberer Zaun mit 3 m Bauhöhe der Energieklasse 500 kJ sowie ein unterer, 4 m hoher Zaun der Energieklasse 750 kJ. Wo möglich, wurden die Zäune mit dem Fels abschließend gespannt. Übermäßige Geländevertiefungen werden mit Zaunschürzen überbrückt. Im Fußbereich der Klippe wurden beiderseits zwei weitere Fangzäune (H: 3 m; 500 kJ) zum Schutz vor seitlich davon abgehenden Steinschlägen errichtet. Zusätzlich wurde eine labile Felspartie unterhalb des unteren Fangzaunes vorsorglich eingesenkt.



Abb. 5: Situation nach dem Steinschlagereignis vom 02.01.2008 (Foto: Alberti).



Veranstalter

Forschungsstelle Rutschungen e.V.
an der Johannes Gutenberg-Universität
Mombacher Straße 49-53
D-55122 Mainz
Tel: +49 6131 384083
Fax: +49 6131 387076
fsr@geo-international.info
www.uni-mainz.de/Organisationen/FSR

ISSN 2196-2863



Forschungsstelle Rutschungen e.V.
an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz



Zentrum für wissenschaftliche Weiterbildung
Johannes Gutenberg-Universität Mainz