

# GEOFOKUS



# Sozioökonomische Risiken von Rutschungen: Ein Fokusthema gesellschaftsrelevanter Geoforschung

Martin Klose und Bodo Damm (Vechta)

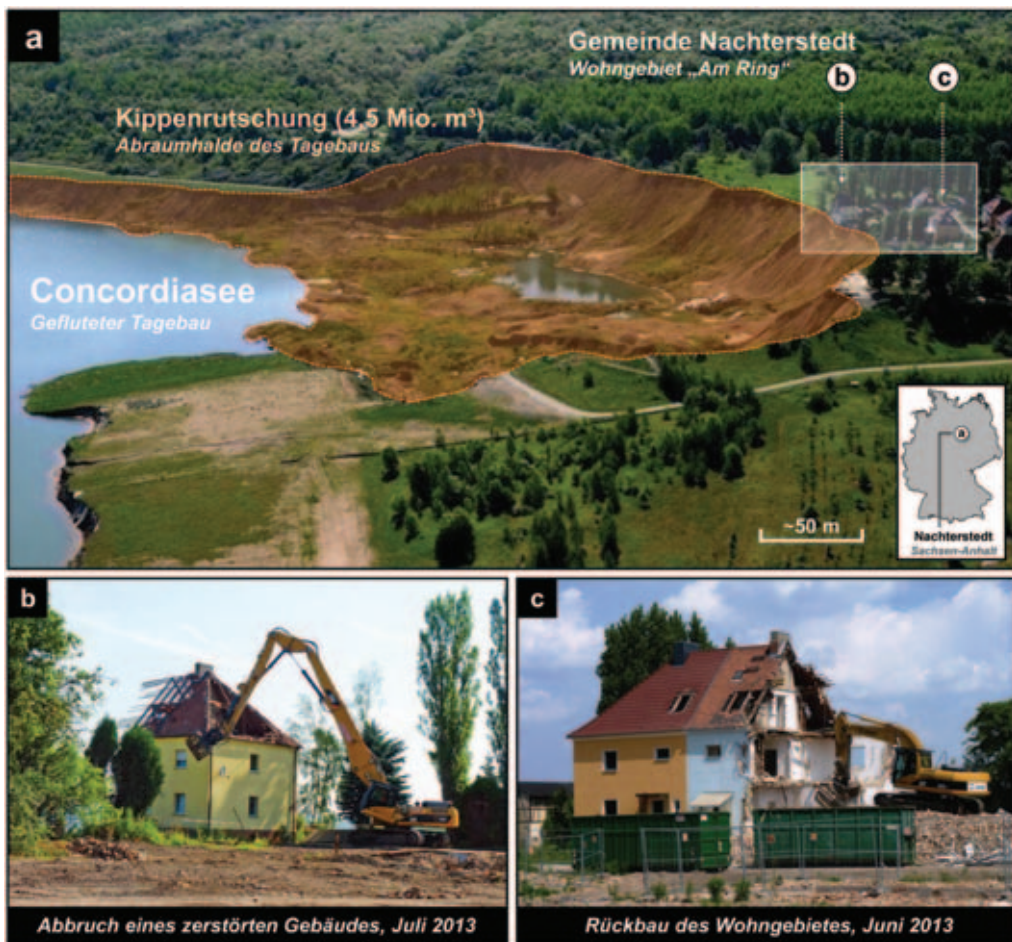
## Rutschungsrisiken als Sinnbild komplexer Mensch-Umwelt-Interaktionen

Wohl kaum eine andere Rutschung in Deutschland hat höhere Bekanntheit als jene in der bebauten Abraumhalde des Tagebaus von Nachterstedt im Jahr 2009 (Abb. 1). Diese folgenschwere Böschungsrutschung steht exemplarisch für eine Vielzahl an Rutschereignissen in Deutschland und der Welt, bei denen der Mensch nicht nur als Betroffener, sondern auch als Verursacher einbezogen ist (u.a. Schuster & Highland 2007). In entwickelten und dicht besiedelten Ländern ereignen sich Rutschungen heute kaum noch in natürlichen, vom Menschen ungestörten Landschaften. Sie sind stattdessen Teil komplexer Mensch-Umwelt-Systeme, in denen ihre Verbreitungsräume allein durch das Georelief eingegrenzt werden (z.B. Nadim et al. 2006). Im Prozessgefüge von Rutschungen spielen geogen-klimatische und anthropogene Steuerungsfaktoren gleichermaßen eine bedeutende Rolle. Industrielle Land- und Ressourcennutzung sowie der weltweit ungebremste Städte- und Verkehrswegebau hinterlassen Spuren im Relief der Erde und schaffen künstliche Dispositionen zu Rutschungen (vgl. Sidle & Ziegler 2012).

Seit Jahrzehnten führten rapides Bevölkerungswachstum und der ökonomische Druck zur Inwertsetzung natürlicher Ressourcen verbreitet zu einer Expansion des Siedlungs- und Wirtschaftsraums in von Rutschungen gefährdetes Gelände. Mit der baulichen Erschließung von Gefahrenzonen als Folge von Flächenknappheit und verfehlter Planungspolitik ist die Exposition von Mensch und Infrastruktur gegenüber Georisiken weltweit und auch in Deutschland empfindlich angewachsen (vgl. Klose et al. 2014). Die stete Zunahme der gesellschaftlichen Anfälligkeit für Schäden begründet sich nicht

allein aus der Akkumulation von Sachwerten in Risikogebieten mit hohen Verlustpotenzialen. Infolge der dynamischen Vernetzung von Lebens- und Wirtschaftswelten sind Risiken nicht mehr nur lokal verortet, sondern zeigen raumentkoppelte Züge, wobei sich Schäden über Kaskadeneffekte und komplexe Abhängigkeiten in Wertschöpfungsketten schnell vervielfachen und überregional ausbreiten (z.B. Bouwer et al. 2007).

Trotz der sich im Zuge von Klimaänderung und Gesellschaftswandel verschärfenden Gefahrenexposition ist über die sozioökonomische Vulnerabilität im Kontext mit Rutschungen bislang wenig bekannt (u.a. Van Westen et al. 2006). Ein wesentlicher Grund hierfür liegt vor allem darin, dass sowohl die Wahrscheinlichkeit für Schäden als auch deren Ausmaß von einer Vielzahl unterschiedlicher Risikofaktoren beeinflusst wird. Neben direkt auf den Ablauf und die Intensität von Rutschprozessen wirkenden, meist geologisch-technischen Faktoren sind auch solche von ökonomisch-kultureller Natur für die Entstehung von Risiken maßgeblich. Beide Faktorenbündel sind über ein Geflecht komplizierter Wechselwirkungen eng miteinander verknüpft (vgl. Klose et al. 2015a,b). Der Mensch nimmt in diesem Beziehungsgeflecht eine Doppelrolle ein, wobei eine klare Grenzziehung zwischen dem Menschen als Verursacher und Betroffenen kaum noch möglich ist. Die Bewertung von Rutschungsrisiken erfolgt im Spannungsfeld von planerischen Zielvorstellungen, wirtschaftlichen Grundsätzen und raumzeitlicher Gefahrenpräsenz (Damm 2000). Standortentscheidungen sind interessensgeleitet und durch psychologische Faktoren bestimmt, wodurch Risiken oftmals verkannt oder verdrängt und erst wahrgenommen werden, wenn Menschen und Sachwerte gefährdet oder bereits in Mitleidenschaft gezogen worden sind



**Abb. 1:** Das Rutschereignis von Nachterstedt im Juli 2009 – ein Beispiel für ein komplexes Wirkungsgefüge bei der Entstehung von Rutschungsrisiken. Die am Rande eines gefluteten Tagebaurestloches in einer Abraumhalde abgegangene Böschungsrutschung forderte drei Todesopfer und zog direkte Schadenskosten von bislang 55,4 Mio. Euro nach sich (Fotos: verändert nach Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft)

(vgl. Winter & Bromhead 2012). Der Wille und die Fähigkeit zur Gefahrenvorbeugung ist nicht allein von der Risikokultur und dem Stand der Technik abhängig, sie ist darüber hinaus eng mit der Wirtschaftskraft und den finanziellen Spielräumen verknüpft. Von besonderer Bedeutung ist die fiskalische Resilienz der öffentlichen

Hand, die sich darauf bezieht, inwieweit staatliche Einrichtungen überhaupt in der Lage sind, Maßnahmen zur Vorbeugung von Rutschgefahren zu finanzieren. Dies gilt vor allem in Zeiten hoher Kommunalverschuldung und rückläufiger Bevölkerung, nicht nur in Deutschland, sondern in Industrienationen weltweit.

Rutschungen implizieren Risiken für Mensch und Infrastruktur, deren Dimensionen vielschichtig und stark gesellschaftlich bestimmt sind. Um die komplexen Mensch-Umwelt-Interaktionen bei der Entstehung von Risiken besser zu verstehen, ist es notwendig, den „Faktor Mensch“ in der Georisikoforschung stärker in den Blick zu nehmen. Die zentrale Rolle, die den Geowissenschaften in diesem Zusammenhang zukommt, wird innerhalb des Faches allerdings kaum wahrgenommen.

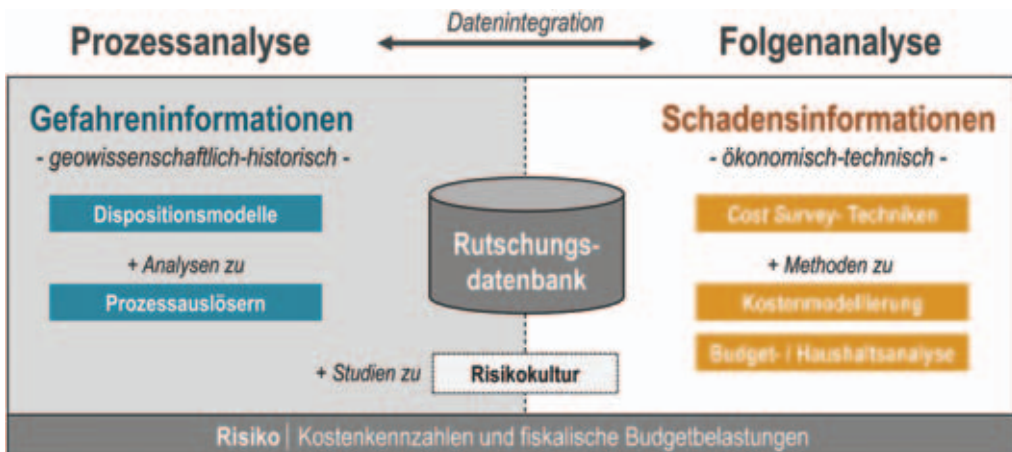
### **Interdisziplinäre Risikoforschung: Konzepte und Rolle der Geowissenschaften**

Seit einigen Jahren ist das Stichwort „Interdisziplinarität“ im Kontext mit der Erforschung von Naturgefahren und Georisiken in aller Munde. Angesichts dessen stellt sich die Frage, warum integrierte Forschungskonzepte, die eine Brücke zwischen geowissenschaftlicher Prozess- und sozioökonomischer Folgenanalyse schlagen, bislang jedoch die Ausnahme darstellen. Ein Blick auf die aktuelle Forschungslandschaft zeigt, dass Geo- und Gesellschaftswissenschaften zwar bereits in einigen Projekten und Forschungsverbänden eng und erfolgreich zusammenarbeiten, doch geht die Vernetzung häufig nicht weit genug. Die Risikoforschung besitzt in erster Linie einen kultur- und sozialwissenschaftlichen Ursprung, weshalb sich geowissenschaftliche Sichtweisen in den gängigen Konzepten der Georisikoaanalyse noch unzureichend wiederfinden. Zwar spielen im Verständnis von Gefahr, Exposition und Vulnerabilität physikalisch-technische Definitionen eine immer bedeutendere Rolle, allerdings ist nach wie vor kaum etwas über die Zusammenhänge zwischen Geo- und Kostenfaktoren bekannt. Bis heute nähert man sich diesem Kernaspekt entweder aus rein geowissenschaftlicher oder aus soziologischer Sicht, wirklich integrierte und gleichzeitig hoch spezialisierte Ansätze, die ihre Basis in den Geowissenschaften haben, befinden sich noch im Anfangsstadium der Entwicklung.

In Kooperation mit dem U.S. Geological Survey wird derzeit an einem methodischen Rahmen-

konzept für die integrierte Bewertung von Rutschungsrisiken sowie an speziellen Werkzeugen zur Risikoanalyse geforscht (vgl. Klose et al. 2014). Dieser Gesamtansatz bezieht ein umfangreiches Spektrum an Methoden ein, wobei vor allem Techniken zur Datenerhebung und -integration, Rutschungsdatenbanken, GIS-gestützte Dispositionsmodelle sowie Instrumente zur Prozessanalyse von zentraler Bedeutung sind (Abb. 2). Darüber hinaus besitzen neben Verfahren der Kostenmodellierung unter anderem auch Methoden aus dem Bereich der Schadensstatistik sowie Studien zur Gefahrenwahrnehmung einen hohen Stellenwert innerhalb des Ansatzes. Ein Grundgedanke der Methodentwicklung ist es, über *Cost Survey*-Verfahren erhobene Schadensdaten mit raum-zeitlichen Gefahreninformationen zu verschneiden, wobei die Risiken von Rutschungen letztlich anhand von Kostenkennzahlen und fiskalischen Budgetbelastungen bemessen werden. Im Mittelpunkt des entwickelten Konzeptes steht die Fokussierung auf den Rutschprozess selbst und dessen Wechselwirkungen mit Schäden, Kosten und Raumnutzungspraktiken. Dieser neue Forschungsansatz mit dem Ziel, systematisch vom Rutschprozess über den Schaden auf die Ereignisfolge zu schließen, kann als Beispiel für moderne und gesellschaftsrelevante Geoforschung gelten (vgl. Abb. 2).

Die Kernkompetenzen mit Bezug auf die integrierte Risikoanalyse von Naturgefahren liegen im Sinne ganzheitlicher Erdsystemforschung vor allem auf der Seite der Geo- und Raumwissenschaften. Allerdings rücken Georisiken nur langsam in den Fokus dieser Fächer, in denen aktuelle Mensch-Umwelt-Beziehungen bislang eine eher untergeordnete Stellung einnehmen. Ohne jedoch den Blick stärker auf die Gesellschaft zu richten, wird es aus geowissenschaftlicher Sicht schwierig sein, die notwendigen Akzente in der Risikoforschung zu setzen. Interdisziplinäre Zusammenarbeit ist zwar hilfreich, um fehlende gesellschaftliche Bezüge herzustellen, ersetzt aber nicht die Expertise aus den Geowissenschaften. Die Entwicklung neuer Ansätze und Methoden hängt daher ent-



**Abb. 2: Methodischer Rahmen und Werkzeuge für die integrierte Bewertung von Rutschungsrisiken.** Der Leitgedanke des entwickelten Konzeptes sieht auf Basis systematischer Datenintegration vor, die Prozess- und Folgenanalyse miteinander zu verknüpfen, was einen völlig neuen Ansatz in der Georisikoforschung darstellt (Quelle: in Anlehnung an Klose et al. 2015b)

scheidend von der Initiative der Geowissenschaften ab.

### Rutschungsdatenbanken als Werkzeuge der Georisikoforschung

Rutschungsdatenbanken stellen eine der wichtigsten Grundlagen für Fragestellungen im Zusammenhang mit dem Auftreten, der Bewertung und dem Management von Rutschprozessen dar (vgl. Hervás & Bobrowsky 2009). In der Georisikoforschung sind Rutschungsdatenbanken von zentraler Bedeutung, da sie unter anderem zur Identifikation von Steuerungsfaktoren, zur Abschätzung von Prozessfrequenzen und -magnituden, zur Modellierung von raum-zeitlichen Dispositionen und zur Berechnung von wirtschaftlichen Verlusten durch Rutschprozesse herangezogen werden können (z.B. Witt et al. 2010).

In Europa sind derzeit in insgesamt 23 Staaten landesweite Rutschungsdatenbanken vorhanden und in Betrieb. Ein Großteil dieser Datenbanken wurde entweder im Aufgabenbereich von geologischen Diensten, Ministerien und Fachbehörden oder auf Initiative von nationalen

und universitären Forschungseinrichtungen aufgebaut (vgl. Van Den Eckhaut & Hervás 2012, Damm & Klose 2015). Die in Europa vorhandenen nationalen und regionalen Datenbanken sind nach Inhalt, Vollständigkeit, Format und Zugänglichkeit allerdings sehr differenziert zu betrachten. Inhaltlich beziehen sie überwiegend raum-zeitliche Rahmendaten sowie allgemeine Prozess- und Schadensinformationen ein. Die Datenerhebung stützt sich dabei im Wesentlichen auf die Auswertung behördlicher und historischer Archive, auf Feldarbeiten sowie auch auf den Einsatz von Fernerkundungsdaten. Darüber hinaus wird mittels Online-Meldungen zunehmend auch die Öffentlichkeit in die Datenerhebung einbezogen (Van Den Eckhaut & Hervás 2012).

Trotz ihrer Bedeutung bei der Modellierung von räumlichen Dispositionen, Gefahren und Risiken wird das Potenzial von Rutschungsdatenbanken für Fragestellungen der Grundlagen- und Prozessforschung bisher noch weitgehend verkannt und nur ansatzweise ausgeschöpft (vgl. Damm & Klose 2015). So fehlen einerseits systematische Konzepte zur Identifizierung und Erschlie-

ßung unterschiedlicher Datenquellen, die in zahlreichen Fällen zwar umfassende, aber auch versteckte Prozessinformationen enthalten (u.a. Battistini et al. 2013). Andererseits wird der Informationsgehalt von Rutschungsdaten häufig unterschätzt oder nur unvollständig erfasst, was auf das Fehlen methodischer Ansätze zurückzuführen ist, mit denen sich Prozessinformationen aus Rutschungsdaten herausfiltern und strukturiert in Datenbanken verarbeiten lassen. Darüber hinaus erfolgt eine gezielte Verknüpfung von Informationen aus Schrift- und Sachquellen mit Geofach- und Geoarchivdaten bislang nur in Einzelfällen, obwohl in der Integration der unterschiedlichen Informationen aus Rutschungsdaten ein wesentlicher Schlüssel für die Prozessrekonstruktion liegt (Damm & Klose 2015).

Die bis heute nur unzureichende Ausschöpfung der Potenziale von Rutschungsdaten hat zur Folge, dass sich beispielsweise raum-zeitliche Wirkungen von Steuerungsfaktoren ebenso wie physikalisch-technische und ökonomische Folgen von Rutschprozessen selbst bei regionaler Betrachtungsweise nicht systematisch erforschen und vergleichen lassen. Dies wird jedoch durch Rutschungsdatenbanken möglich, die entsprechende Verfahren der Datenerhebung und -filterung einbeziehen und derart konzipiert sind, dass sie unter anderem Datensätze mit differenzierten Raum- und Zeitbezügen sowie mit geologischen Prozessinformationen beinhalten können. Interessante Einsichten ergeben sich vor allem durch die Verschneidung dieser Datensätze mit Erkenntnissen, die den Zusammenhang zwischen Rutschprozessen und Raumnutzung herstellen, Planungs- und Baufehler aufdecken oder Schadensaspekte beleuchten. Darüber hinaus lassen sich bei entsprechender Datenstrukturierung auch Schadenskosten quantifizieren und Maßnahmen des Gefahrenmanagements erschließen.

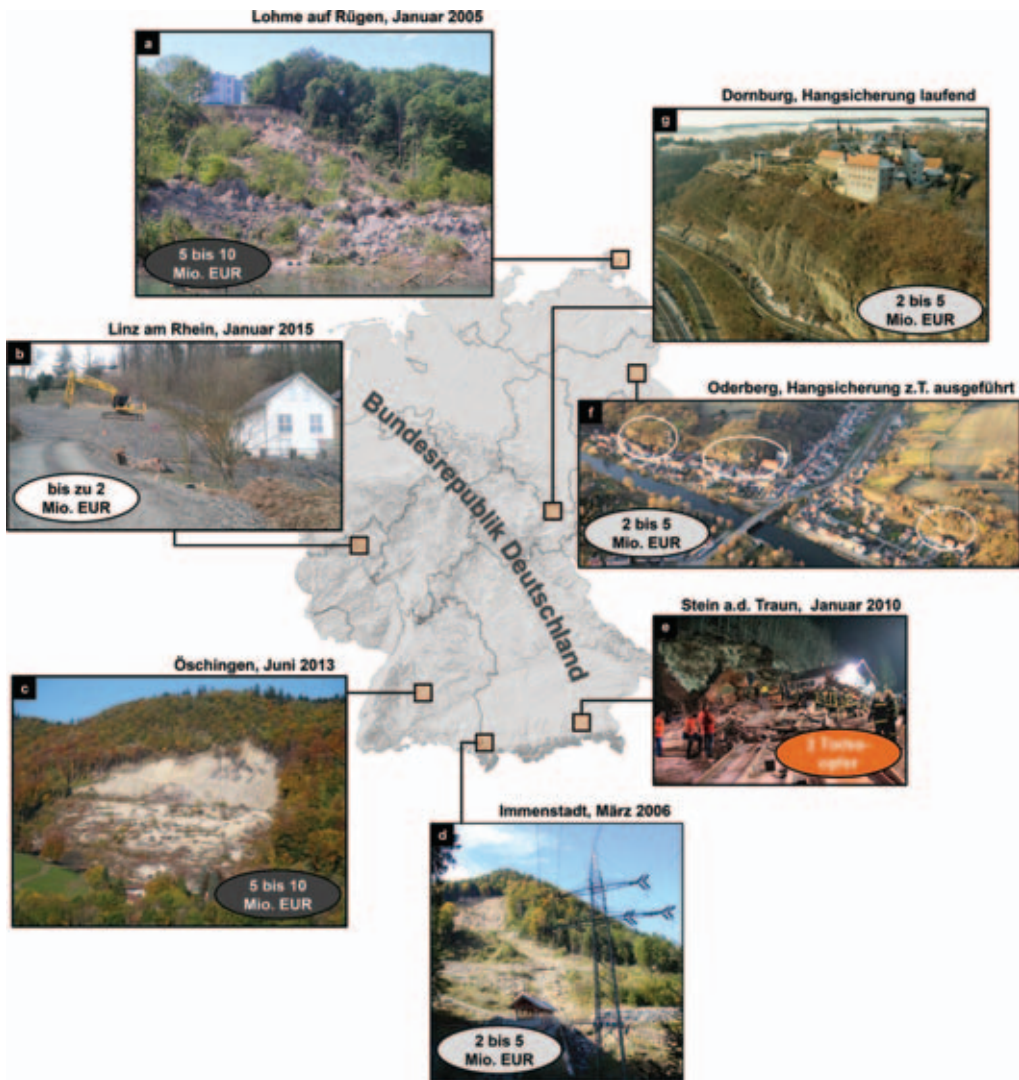
Insofern kommt Rutschungsdatenbanken eine Schlüsselrolle bei der Analyse der Prozesse und Folgen von Rutschungen zu, womit deren systematische Entwicklung und Auswertung einen wesentlichen Schritt zu einem besseren Risiko-

verständnis darstellt. Wie vielschichtig die Anwendungsbereiche von Datenbanken sein können, zeigen aktuelle Studien aus Mittelgebirgsräumen, die vor allem Zusammenhänge zur Raumnutzung, Schadensstatistiken und Kostenschätzungen in den Mittelpunkt rücken (vgl. Krauter et al. 2012).

## **Schäden und Risiken von Rutschungen in Deutschland**

In der Bundesrepublik Deutschland ereignen sich alljährlich hunderte von Rutschungen in einer Vielzahl unterschiedlicher Prozesstypen mit differenzierten Magnituden und Schadenswirkungen. Ihre Hauptverbreitungsgebiete erstrecken sich in räumlichen Clustern von der Ostseeküste und den Jungmoränengebieten im Nordosten des Landes bis hin zu den Schichtstufen- und Gebirgslandschaften im Westen und Süden. Das Spektrum an Prozesstypen umfasst neben unterschiedlichen Formen an Kleinrutschungen und Stein- bzw. Blockschlag vor allem auch komplexe Sturz- und Rutschprozesse sowie weitflächig wirksame Kriechbewegungen. Selbst Großrutschungen sind im gesamten Bundesgebiet in regelmäßigen Abständen zu verzeichnen. Nicht selten sind dabei Schäden in zweistelliger Millionenhöhe und Todesopfer die Folge (Abb. 3, Abb. 4d).

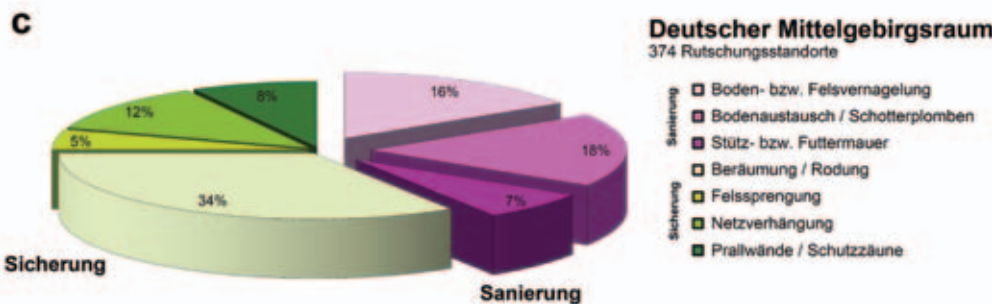
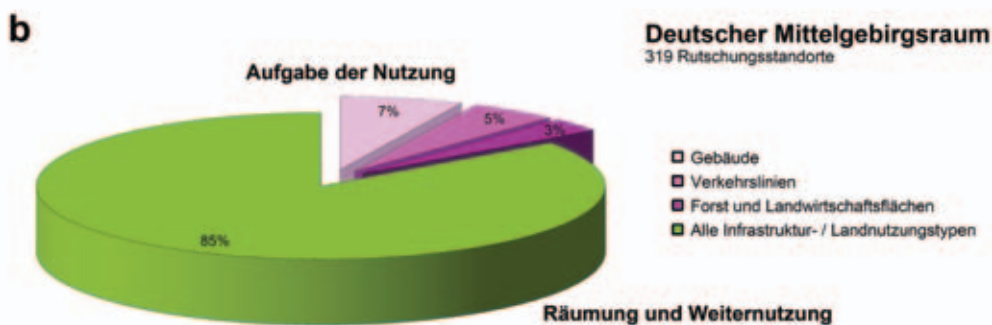
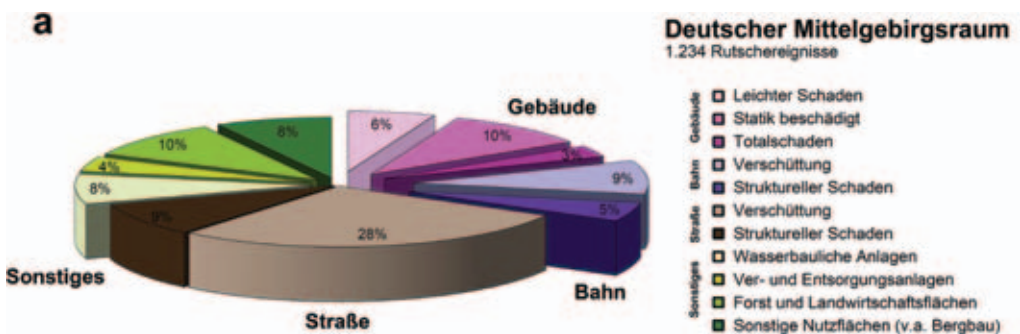
Neue Einblicke in das Steuerungsgefüge von Rutschungen in Deutschland bietet seit Kurzem eine DFG-geförderte, bundesweite Rutschungsdatenbank mit vielfältigen Prozess- und Schadensinformationen zu Sturz- und Rutschprozessen. Die Analyse eines Teildatensatzes aus dieser Datenbank, der sich auf einen exemplarischen Bereich der Mittelgebirgsschwelle bezieht (u.a. Ostwestfalen, Nordhessen-Süd-niedersachsen, Westthüringen) macht deutlich, dass Rutschungen in zahlreichen Fällen einen Ursachenkomplex aus natürlichen und anthropogenen Faktoren aufweisen. Nahezu die Hälfte der bis heute erfassten Ereignisse (ca. 1.200) lässt sich direkt auf menschliche Eingriffe in das Hanggleichgewicht zurückführen. Als Dispositionsfaktoren spielen insbesondere Baumaßnahmen, die unter anderem mit Belastungs-



**Abb. 3:** Exemplarische Massenbewegungen sowie Beispiele zu Hangsicherungen in der Bundesrepublik Deutschland zwischen 2005 und 2015. Die dargestellten Schadensfälle lassen sich Kostenkategorien zuordnen und bieten somit die Möglichkeit zur Abschätzung von sozioökonomischen Risiken. Fotos: (a) Datenbank B. Damm, verändert; (b) Archiv des SWR, verändert; (c) und (d) Eigene Aufnahmen; (e) S. Müller, Münchener Rotes Kreuz, verändert; (f) Stackebrandt et al. (2009), verändert; (g) Witt & Partner Geoprojekt GmbH, verändert.

änderungen, Änderungen im Böschungsprofil und dem Aufbau labiler Lockergesteinskörper in Verbindung stehen, eine wesentliche Rolle. Bei

der Auslösung von Rutschungen treten anthropogene gegenüber klimatischen Faktoren zurück, womit der Mensch durch Raumnutzungs-





◀ **Abb. 4: Übersicht zu den Schäden von Rutschungen im deutschen Mittelgebirgsraum. Der den Statistiken zugrundeliegende Datensatz stammt aus einer bundesweiten Rutschungsdatenbank und bezieht sich vor allem auf Ostwestfalen, Nordhessen, Südniedersachsen und Westthüringen. Die Diagramme geben Aufschluss über (a) betroffene Infrastruktur- bzw. Landnutzungstypen, (b) das Gefahrenmanagement an Rutschungsstandorten, (c) typische Sanierungs- bzw. Sicherungsmaßnahmen sowie (d) Personenschäden und Schäden an mobilen Objekten (Quelle: verändert nach Damm & Klose 2015).**

und Bauaktivität vor allem die langfristige Grunddisposition zu Rutschungen steuert (vgl. Damm & Klose 2015).

Aktuelle Schadensstatistiken auf Basis dieses Datensatzes verdeutlichen, dass Rutschungen am häufigsten an Verkehrsinfrastrukturen zu Beeinträchtigungen und Schäden führen (Abb. 4a). Einen Großteil der Ereignisse machen in diesem Zusammenhang unter anderem flachgründige Lockergesteinsrutschungen sowie Stein- bzw. Blockschlag aus, die oft nur eine Beräumung verschütteter Fahrbahnen und Gleisanlagen erfordern. An vielen Standorten treten entsprechende Prozesstypen gehäuft auf und können räumlichen als auch zeitlichen Schadensclustern zugeordnet werden (vgl. Klose et al. 2015a). Die Risiken durch Rutschungen für städtische Wohn- und Gewerbegebiete sind völlig anders gelagert. Gebäudeinfrastrukturen befinden sich zum einen mit weitaus geringeren Flächenanteilen in den Randzonen von Sturzbahnen oder Ablagerungsgebieten. Zum anderen sind sie vielerorts großflächig auf instabilen Hangbereichen und alten Rutschmassen angelegt. Gebäudeschäden treten daher oft erst nach Jahren in Erscheinung und stehen mit langsamen Rutsch- und Kriechprozessen in Verbindung (u.a. Terhorst & Kreja 2009).

Das Schadens- und Gefahrenmanagement bei Rutschungen ist in den meisten Fällen auf eine Weiternutzung beeinträchtigter Infrastrukturen ausgelegt (Abb. 4b). Es beinhaltet die Beräumung, Sanierung und Sicherung von Schadensstellen, wobei technisch einfachen und kostengünstigen Maßnahmen ein hoher Stellenwert zukommt (Abb. 4c). Lediglich bei Wohngebäuden erweist sich eine Instandsetzung vielfach als unrentabel und erfordert langfristig die Aufgabe und Räumung von Gebäudestandorten.

Erst seit einigen Jahren nimmt die nachhaltige Gefahrenprävention im Siedlungs- und Verkehrsbereich breiteren Raum ein, so dass provisorische Sicherungsmaßnahmen, z.B. Prallwände oder Netzverhängungen, zunehmend durch spezielle Fangzäune und Stützkonstruktionen ersetzt werden. Dieser Prozess realisiert sich phasenhaft in Abhängigkeit von der Rutschaktivität und dem Gefährdungsdruck und wird von der Risikokultur sowie den finanziellen Rahmenbedingungen beeinflusst. Ein proaktives Gefahrenmanagement unter Einbeziehung von historischen Schadensinformationen etabliert sich daher nur langsam (v.a. Damm 2000).

Die mitunter hohe Exposition von Infrastrukturen gegenüber Rutschgefahren macht an Ereignisdatenbanken geknüpfte Managementsysteme langfristig unverzichtbar. Aktuelle Studien auf Basis von Datenbanken beziffern die jährlichen Schadens- und Präventionskosten als Folge von Rutschungen an Bundesstraßen in Deutschland auf 50 bis 60 Millionen Euro. Allein im niedersächsischen Bergland befinden sich rund 77 Kilometer Bundesstraße in zu Rutschungen disponiertem Gelände. Auf jeden rutschgefährdeten Kilometer Bundesstraße entfallen in Südniedersachsen jährlich etwa 40.000 Euro an Schadens- und Präventionskosten (vgl. Klose et al. 2015a). Eine Verschärfung der bereits hohen Kostenbelastung gilt infolge der im Zuge von Klimaänderungen weiter ansteigenden Risiken im gesamten Mittelgebirgsraum als wahrscheinlich.

Die Finanzlast durch regelmäßige Sanierung und Abwehr von Rutschungsschäden trifft viele Kommunen schon heute empfindlich. Aktuelle Untersuchungen in diesem Zusammenhang zeigen, dass die Budgetbelastungen im Bereich Wege- und Versorgungsnetze in einigen Regionen bei

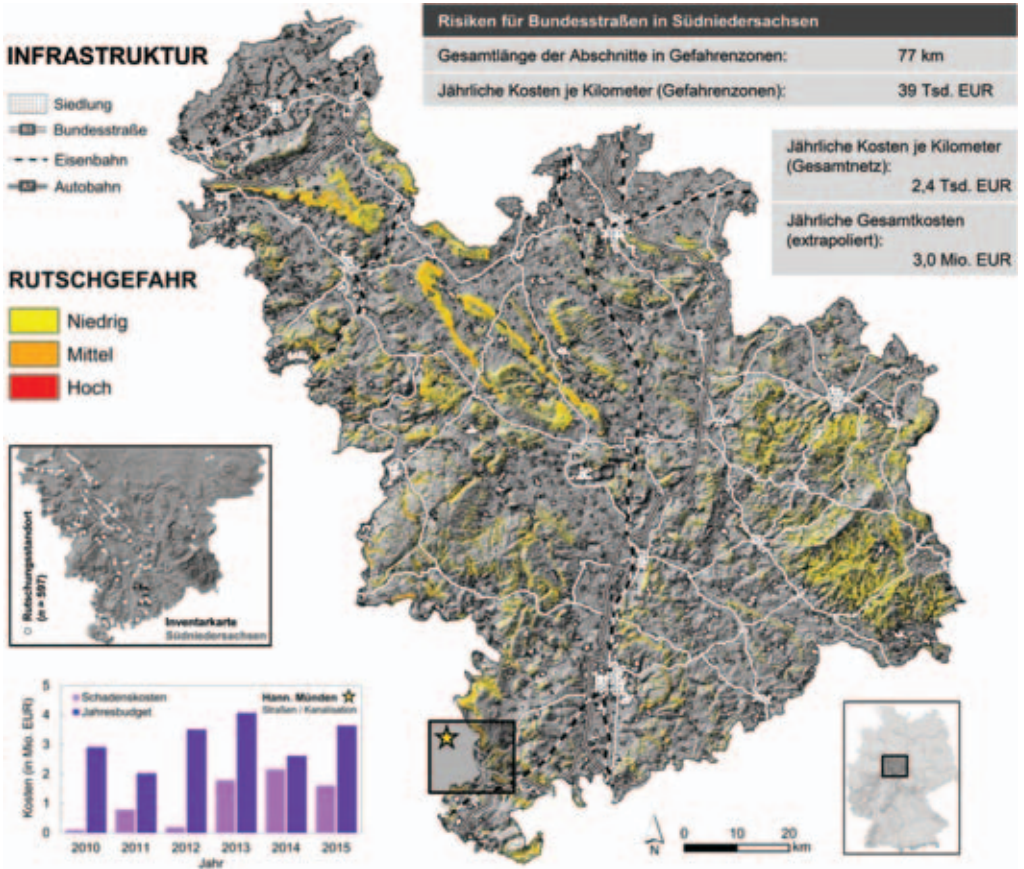


Abb. 5: Integrierte Analyse der sozioökonomischen Risiken von Rutschungen am Beispiel von Bundesstraßen und kommunalen Infrastrukturen in Südniedersachsen. Ein statistisches Dispositionsmodell wird im Rahmen einer regionalen Kostenschätzung für Bundesstraßen unter anderem zur Identifizierung gefährdeter Straßenabschnitte und zur Regionalisierung lokal erfasster Schadenskosten herangezogen. Mit Bezug zur Stadt Hann. Münden vermittelt die Gegenüberstellung von Schadenskosten und kommunalem Tiefbaubudget einen Eindruck über die fiskalische Relevanz von Rutschungsschäden auf lokaler Ebene (Quelle: verändert nach Klose et al. 2015a,b).

im Mittel mehr als 50 Prozent der kommunalen Jahresbudgets liegen können. Zahlreiche Fallbeispiele lassen zudem auf jährliche Vermögensverluste von Privathaushalten in Gefährdungsgebieten im zweistelligen Millionenbereich schließen. Im niedersächsischen Bergland nehmen Risikozonen mit besonderer Dispo-

sition zu Rutschungen an einigen Orten bis zu 10 Prozent der jeweiligen Gemeindefläche ein (u.a. Damm 2000). Darüber hinaus sind neben kommunalen Infrastrukturen vor allem auch Bergbauflächen und wasserwirtschaftliche Anlagen einer erhöhten Rutschgefährdung ausgesetzt. Dies verdeutlichen regelmäßige Schadensfälle

mit hohen Ausfallkosten bei der Produktion (siehe Eissmann & Junge 2010, pers. Mitt.).

Vor dem Hintergrund der aktuellen Forschungsergebnisse dürften sich die wirtschaftlichen Schäden durch Rutschungen in Deutschland auf rund 220 Millionen Euro pro Jahr belaufen. Wird diese Schadenssumme zu Grunde gelegt, so überschreiten die direkten Kosten von Rutschungen innerhalb weniger Jahre die Verluste aus „Jahrhundertereignissen“ anderer Georisiken, zum Beispiel von Überschwemmungen oder Stürmen.

### **Forschungsleitlinien und strategischer Ausblick**

Die Geowissenschaften können sowohl durch ihre Kompetenz im Hinblick auf Naturgefahrenprozesse als auch durch systemische Denk- und Arbeitsweisen erhebliche Beiträge zur Risikoforschung leisten. In welchem Maße sie ihre eigene Expertise in dieses Zukunftsthema einbringen werden, hängt jedoch entscheidend von der fachlichen Ausrichtung und der strategischen Positionierung gegenüber den Nachbarwissenschaften ab. Eine stärkere Fokussierung auf folgende Forschungsfelder erscheint hierbei von zentraler Bedeutung:

1) Geotechnologien: Die Menge und Bandbreite an Informationen zu Naturgefahren wird in Zeiten der ungebremsen Digitalisierung und Vernetzung von Lebens- und Wirtschaftswelten immer komplexer und umfassender. Schon heute bieten unter anderem Fernerkundungs- und Monitoringsysteme sowie Verfahren der Webanalyse die Möglichkeit, Daten zu Rutschereignissen und Schäden in Echtzeit und hoher räumlicher Präzision zu erfassen. Insbesondere in der Filterung und Integration von unstrukturierten und heterogenen Rohdaten sowie in der Datenanalyse, Geovisualisierung und Datenthaltung liegen wesentliche Herausforderungen. Der Einbindung von neuen Ansätzen und Verfahren aus der Informatik und Datenwissenschaft wird hierbei eine Schlüsselrolle zukommen.

2) Datennetzwerke: Der effektive Austausch von Wissen und Forschungsdaten zu Naturgefahren gilt als grundlegend für die Profilierung der geo-

wissenschaftlichen Risikoforschung. Ein wesentlicher Baustein hierfür sind beispielsweise der Aufbau und Betrieb von Datenbanksystemen als Vernetzungsinstrumente und Werkzeuge, um innerhalb der Geowissenschaften entwickelte Datenbestände zentral zu verwalten und weiter ausbauen zu können. Fachbezogene und Webgestützte Informationsportale ermöglichen es, Kooperationsbeziehungen innerhalb der Geowissenschaften zu verstetigen und können als Basis zur Realisierung von Forschungssynergien und wissenschaftlichem Fortschritt gelten. Im Rahmen der Umsetzung eines strategischen Datenmanagements lassen sich Strukturen für Kompetenznetzwerke etablieren und die Geowissenschaften als zentraler Zweig der Risikoforschung positionieren.

3) Praxisbezug: Die Analyse und Bewertung von Georisiken erfordert die direkte Einbeziehung von Schadensdaten sowie praktisches Fachwissen über Kooperationen mit Partnern aus Wirtschaft und Verwaltung. Im Zuge von Forschungstransfer und gegenseitigem Informationsaustausch lassen sich gesellschaftlich relevante Problemfelder identifizieren und zielgenau Methoden entwickeln bzw. Wissenslücken schließen, so dass Grundlagen für die Implementierung eines effektiven Risikomanagements geschaffen werden können. Zielgruppen der Austauschbeziehungen sind neben Fachrichtungen der angewandten Forschung, z.B. Bauingenieurwesen oder Stadt- und Verkehrsplanung, insbesondere Landes- bzw. Kommunalverwaltungen, Versicherungen sowie Infrastruktur- und Versorgungsunternehmen.

Die Erforschung von Georisiken ist von grundlegender gesellschaftlicher Bedeutung und gewinnt in Zeiten des globalen Wandels eine zunehmende Relevanz. Vor dem Hintergrund der komplexen Wirkungsgefüge bei der Entstehung von Naturgefahren kommt den an der Schnittstelle zwischen Mensch und Umwelt arbeitenden Geowissenschaften eine Schlüsselrolle zu. Mehr denn je ist heute vernetztes und systemisches Denken gefragt, um die mit Georisiken einhergehenden Herausforderungen für die Gesellschaft besser bewältigen und deren

nachhaltige Entwicklung fördern zu können. Die Geowissenschaften tragen bei dieser Zukunftsaufgabe eine besondere Verantwortung.

## Literatur

Battistini, A., Segoni, S., Manzo, G., Catani, F. & Casagli, N. (2013): *Web data mining for automatic inventory of geohazards at national scale*. *Applied Geography* 43, 147–158.

Bouwer, L.M., Crompton, R.P., Faust, E., Höpfe, P. & Pielke Jr., R.A. (2007): *Confronting Disaster Losses*. *Science* 318, 753.

Damm, B. (2000): *Hangrutschungen im Mittelgebirgsraum – Verdrängte „Naturgefahr“? Standort Zeitschrift für Angewandte Geographie* 24, 27–34.

Damm, B. & Klose, M. (2015): *The Landslide Database for Germany: Closing the Gap at National Level*. *Geomorphology*, DOI:10.1016/j.geomorph.2015.03.021

Hervás, J. & Bobrowsky, P. (2009): *Mapping: Inventories, Susceptibility, Hazard and Risk*. In: Sassa, K. & Canuti, P. (Eds.), *Landslides Disaster Risk Reduction*. Springer, Berlin, 321–349.

Klose, M., Highland, L., Damm, B. & Terhorst, B. (2014): *Estimation of Direct Landslide Costs in Industrialized Countries: Challenges, Concepts, and Case Study*. In: Sassa, K., Canuti, P. & Yin, Y. (Eds.), *Landslide Science for a Safer Geoenvironment*. Volume 2: *Methods of Landslide Studies*. Springer, Berlin, 661–667.

Klose, M., Damm, B. & Terhorst, B. (2015a): *Landslide Cost Modeling for Transportation Infrastructures: A Methodological Approach*. *Landslides* 12, 321–334.

Klose, M., Maurischat, P. & Damm, B. (2015b): *Landslide Economics: A Key to Landslide Risk Assessment*. *Landslides*, under review.

Krauter, E., Kumerics, C., Feuerbach, J. & Lauterbach, M. (2012): *Abschätzung der Risiken von Hang- und Böschungsrutschungen durch die Zunahme von Extremwetterereignissen*. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft S75*. *Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven*.

Nadim, F., Kjekstad, O., Peduzzi, P., Herold, C. & Jaedicke, C. (2006): *Global landslide and avalanche hotspots*. *Landslides* 3, 159–173.

Schuster, R.L. & Highland, L.M. (2007): *The Third Hans Cloos Lecture. Urban Landslides: Socioeconomic Impact and Overview of Mitigative Strategies*. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 66, 1–27.

Sidele, R.C. & Ziegler, A.D. (2012): *The dilemma of mountain roads*. *Nature Geoscience* 5, 437–438.

Stackebrandt, W., Hermsdorf, N., Schlaak, N. & Simon, N. (2009): *Zur geologischen Beurteilung der Hangrutsche in Oderberg (Ostbrandenburg) – ein Geländereport*. *Brandenburger Geowissenschaftliche Beiträge* 16, 95–105.

Terhorst, B. & Kreja, R. (2009): *Slope stability modelling with SINMAP in a settlement area of the Swabian Alb*. *Landslides* 6, 309–319.

Van Den Eeckhaut, M. & Hervás, J. (2012): *State of the art of national landslide databases in Europe and their potential for assessing landslide susceptibility, hazard and risk*. *Geomorphology* 139–140, 545–558.

Van Westen, C.J., Van Asch, T.W.J. & Soeters, R. (2006): *Landslide hazard and risk zonation – why is it still so difficult?* *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 65, 167–184.

Winter, M.G. & Bromhead, E.N. (2012): *Landslide risk: some issues that determine societal acceptance*. *Natural Hazards* 62, 169–187.

Witt, A., Malamud, B.D., Rossi, M., Guzzetti, F. & Peruccacci, S. (2010): *Temporal correlation and clustering of landslides*. *Earth Surface Processes and Landforms* 35, 1138–11.