BLINDE FLECKEN

Grenzen wissenschaftlicher Gefährdungsabschätzungen am Beispiel Hangrutschung

Rainer Bell, Kirsten von Elverfeldt und Thomas Glade

1 HANGRUTSCHUNG, GEFAHR UND BEOBACHTUNG

Hangrutschungen können zu Todesfällen und großen Schäden in Form von zerstörten Gebäuden und Infrastruktur, zu blockierten Flüssen und Seebildung mit drohenden Flutwellen führen (für Details jeweils aktueller Hangrutschungsereignisse siehe den Blog von Petley 2008). Hangrutschung wird in diesem Beitrag vereinfachend als Synonym für gravitative Massenbewegungen verstanden, dem eigentlichen Fachbegriff für derartige Phänomene. Bei gravitativen Massenbewegungen handelt es sich um eine hangabwärts gerichtete Bewegung von Fest- und/oder Lockergestein unter Wirkung der Schwerkraft. Diese werden in die Prozesstypen Fallen, Kippen, Gleiten, Driften und Fließen sowie einer Kombination aus diesen unterschieden (vgl. Glade & Dikau 2001, 42; Dikau et al. 1996).

Aus wissenschaftlicher Sicht beschäftigen sich traditionell vor allem die Geomorphologie, Ingenieurgeologie, Geotechnik sowie Boden- und Felsmechanik mit Hangrutschungsprozessen. Daneben gibt es zahlreiche andere Disziplinen, die sich mit den aus Hangrutschungen resultierenden Gefahren und Risiken beschäftigen (Soziologie, Ökonomie, Raumplanung, Psychologie, Rechtswissenschaft, Politik, Forstwissenschaft usw.). Was dabei als eine Hangrutschungsgefährdung oder -gefahr gilt, hängt stark von den Ausgangssetzungen innerhalb der unterschiedlichen Disziplinen ab. Wir legen unserer geomorphologischen Betrachtung ein naturwissenschaftliches Verständnis von Gefährdung, Gefahr und Risiko zu Grunde: Die Gefährdung ist die Anfälligkeit eines Gebietes gegenüber potenziell Schaden verursachenden Prozessen in einer definierten Zeitperiode und einem bestimmten Raum. Unter Gefahr wird die Eintretenswahrscheinlichkeit dieser potenziell Schaden verursachenden Prozesse verstanden und unter Risiko die Eintretenswahrscheinlichkeit der Konsequenzen (z. B. Verletzungen, Tod oder ökonomische Schäden), die durch diese Prozesse verursacht werden können.

Selbst innerhalb einer Disziplin mit weitgehend identischen generellen Ansätzen kommen in verschiedenen Forschungsprojekten unterschiedliche Fragestellungen und Perspektiven auf den Untersuchungsgegenstand vor. Da sich sowohl die Datenerhebung als auch die Auswertung an den verfolgten Fragestellungen

orientiert, haben die jeweiligen Daten und Ergebnisse oftmals nur eingeschränkten Nutzen für andere Forschungsprojekte. Das ist nicht wünschenswert, aber offensichtlich unausweichlich, folgt man der diesen Band leitenden beobachtungstheoretischen Perspektive in Anlehnung an Heinz von Foerster (1981). In unserem Fall beginnt jede Beobachtung demnach mit einer Unterscheidung und der gleichzeitigen Bezeichnung des Beobachteten, z. B. „Hangrutschung/keine Hangrutschung" oder „Gefährdung/keine Gefährdung". Jede Beobachtung ermöglicht es, ein Netzwerk weiterer Unterscheidungen aufzubauen und damit Informationen hinsichtlich des Beobachteten zu gewinnen. Somit ist die Anfangsunterscheidung zum einen Bedingung dafür, überhaupt beobachten zu können, zum anderen beschränkt sie zugleich alle weiteren möglichen Beobachtungen. Die Konsequenzen aus dieser recht unspektakulär anmutenden Schlussfolgerung sind weit reichend: Da jede Beobachtung mit einer charakteristischen Unterscheidung operiert, wird bei jeder Beobachtung zwangsläufig etwas anderes nicht beobachtet – so verstanden ist jede Beobachtung, gerade weil sie auf einer die Beobachtung leitenden Unterscheidung basiert, eine (oft nur implizite) Entscheidung für die Betrachtung von etwas und gegen die Betrachtung von etwas Anderem: Wir werden blind für das Andere. Wichtig ist vor allem, dass gerade diese Entscheidung für oder gegen etwas nur rückblickend oder von einem anderen Beobachter gesehen werden kann – sie bilden den blinden Fleck einer jeden Beobachtung. Dieser Gedanke rüttelt an den Grundfesten des (natur-) wissenschaftlichen Verständnisses. Er verweist darauf, dass es keine letztgültige Beobachtung der „Welt an sich" – der Realität – geben kann, denn aus dieser Perspektive ist alles beobachtungs-, d. h. unterscheidungs- und bezeichnungsabhängig, auch diejenigen Elemente, die „so offensichtlich in der Landschaft liegen" wie das Produkt von Hangrutschungsprozessen. In diesem Sinne gibt es keine „richtige" oder „falsche" Beobachtung, kein „objektives wahr" oder „unwahr" der Ergebnisse. Diese Überlegungen zeigen zweierlei: (1) Es gibt keine unterscheidungslose Beobachtung und damit auch keine Beobachtung ohne begrifflichen, konzeptionellen oder theoretischen Hintergrund, an dem sich die verwendete Unterscheidung orientiert oder aus dem sie hervorgeht. (2) In vergleichbarem Sinne gibt es auch keine unterscheidungs- und theorielose Empirie. Auch jene Beobachter, die vermeintlich ohne Theorie auskommen, haben bereits durch ihre spezifische Ausbildung spezifische Vorannahmen getroffen und ein gewisses Gedankengerüst aufgebaut. Dies ist in der Wissenschaft durchaus problematisch, da sie sich ihrer Vorannahmen nicht (mehr) bewusst sind und diese somit auch nicht hinterfragen (können); sie operieren mit so genannten impliziten Theorien (vgl. Egner & v. Elverfeldt 2009).

Angewendet auf unser Beispiel bedeutet dies, dass bei der Kartierung von Hangrutschungen mit dem Ziehen einer Grenze im Kartenblatt entschieden wird, was zur Hangrutschung gehört und was nicht (Beobachtung erster Ordnung auf der „was"-Ebene). Alles andere wird nicht weiter beobachtet[1]. Um verstehen zu

1 Die disziplinäre oder innerdisziplinäre Ausbildung ist ein einprägsames Beispiel dafür, wie ein bestimmter Blickwinkel antrainiert wird, der die Beobachtungsvarianz zwangsläufig einschränkt, um spezifische Sachverhalte überhaupt wahrnehmen zu können. Eine Geologin bei-

können, welche Überlegungen zur Abgrenzung der Hangrutschung geführt haben, benötigt man die Beobachtung zweiter Ordnung. Analog verhält es sich bei der Grenzziehung hinsichtlich der Hangrutschungsgefährdung und ihrer Reflexion.

Der Beitrag untersucht anhand der Grenzziehung bei Hangrutschungen das Potenzial der Beobachtungstheorie für die geomorphologische Gefährdungsanalyse. Im Anschluss zeigen wir einen pragmatischen Weg auf, wie trotz des Vorhandenseins von blinden Flecken und der prinzipiellen Unmöglichkeit, allgemeingültige Aussagen über die Realität zu treffen, im Kontext des Anwendungsbezugs eine wissenschaftliche Gefährdungsabschätzung durchgeführt werden kann. Die dargestellten Beispiele stammen überwiegend aus dem intradisziplinären DFG-Forschungsprojekt InterRISK (Integrative Risikoanalyse und -bewertung rezenter Hangrutschungsgebiete der Schwäbischen Alb), in dem ein Team aus Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Geomorphologie, Sozialgeographie, Historischen Geographie und Wirtschaftsgeographie das Ziel verfolgt hat, einen ganzheitlichen Ansatz für die Risikoanalyse und -bewertung von Hangrutschungen in der Schwäbischen Alb zu entwickeln.[2] Wesentliche Grundannahmen vor allem des geomorphologischen Teilprojektes waren, dass a) Hangrutschungen in der Schwäbischen Alb häufig auftreten, und sie jüngeren Alters sind, als bisher gemeinhin angenommen. Daraus resultiert die Annahme, dass b) die Hangrutschungsgefahr höher ist als bislang vermutet. Explizites Ziel war somit, sämtliche Informationen (v. a. historische und geomorphologische) über vergangene Hangrutschungen zu erfassen. Durch die Nutzung historischer Daten wurden beispielsweise auch Ereignisse „kartierbar“, die so nicht in der Landschaft oder auf dem Digitalen Geländemodell „erkennbar“ waren, aber durch die historischen Informationen lokalisierbar, abgrenzbar und somit kartierbar wurden. Wesentliche Unterscheidungen dieses Projektes waren somit „Hangrutschungen sichtbar ja/nein“, „Hangrutschungen historisch erfasst ja/nein“, „Hangrutschung datierbar ja/nein“, „Gefährdung ja/nein“, „Gefahr ja/nein“ und „Risiko ja/nein“.

spielsweise betrachtet ein spezifisches Gebiet unter anderen Unterscheidungen als ein Hydrologe oder eine Historikerin. Das heißt, die Beobachtung eines Aspektes wird auf Kosten von „Blindheit“ gegenüber anderen erkauft (vgl. Wardenga 2008). Liegt z. B. der Fokus in der geomorphologischen Ausbildung auf den gravitativen Prozessen, wird der Blick im Gelände auf Hangrutschungen gelenkt und diese werden auch gefunden; liegt der Fokus auf Bodenerosion, sieht man zunächst überall erodierte Böden und Kolluvien. Wardenga (2001, 19) prägte den Begriff der „Wahrnehmungsdressur“, der dieses Phänomen gut beschreibt und das sich nicht nur in der Wissenschaft, sondern auch im alltäglichen Leben beobachten lässt.

2 Aufgrund des intradisziplinären Ansatzes wurden im Forschungsprojekt InterRISK sowohl naturwissenschaftliche als auch sozialwissenschaftliche Definitionen von Gefahr und Risiko nebeneinander verwendet (siehe auch Bell 2007). Für diesen Beitrag sind die eingangs angegebenen naturwissenschaftlichen Definitionen ausreichend.

2 DIE FRAGE DER OBJEKTIVITÄT BEI HANGRUTSCHUNGSKARTIERUNGEN

Die Anfertigung von Hangrutschungsinventaren, d. h. die Zusammenstellung räumlich und, wenn möglich, zeitlich verorteter Hangrutschungsereignisse durch die Kartierung einzelner Ereignisse, ist eine essenzielle Vorarbeit für die Gefährdungsabschätzung von Hangrutschungen. Welche Parameter letztlich zur Erstellung von Hangrutschungsinventaren herangezogen werden und wie die Hangrutschungen im Rahmen von Kartierungen schließlich abgegrenzt werden, hängt jedoch von vielfältigen Faktoren ab, z. B. der Zielsetzung eines Forschungsprojektes (d. h. der Ausgangsentscheidung für sämtliche folgende Untersuchungen), den zur Verfügung stehenden personellen und finanziellen Ressourcen sowie den vorhandenen Geobasisdaten. Aus den jeweiligen Rahmenbedingungen resultieren dann die gewählte Untersuchungsmethode, der Kartiermaßstab und die eingesetzte Kartierlegende.

2.1 Drei Beobachter, drei Beobachtungen

Doch selbst bei ähnlichen Ausgangsunterscheidungen ist die Kartierung von Hangrutschungen variabel, da beobachterabhängig. Hinzu kommt, dass junge Hangrutschungen vom geomorphologisch geschulten Beobachter relativ einfach erkannt und abgegrenzt werden können (Stichwort: „Wahrnehmungsdressur“, vgl. Wardenga 2001, 19), dies jedoch bei älteren Hangrutschungen schwieriger ist, da die einst deutlichen Strukturen wie Stauchwülste, Anrisse und Klüfte auf Grund von Erosion, Ansiedlung von Vegetation und anthropogener Überprägung immer stärker verblassen (vgl. auch McCalpin 1984, zitiert nach Keaton & DeGraff 1996). Im Allgemeinen gilt, dass die geomorphologischen Strukturen bei kleinen Hangrutschungen für gewöhnlich schnell wieder aus dem Gelände verschwunden sind, wohingegen dies mit zunehmender Größe der Hangrutschung länger dauert. Dies ist jedoch kein zwingender Zusammenhang, da die Überdauerung von Strukturen beispielsweise auch von der Erosivität des Klimas (z. B. Stärke und Häufigkeit von Niederschlägen) und Erodibilität (hohe oder niedrige Widerstandsfähigkeit des Untergrundes gegenüber Erosion) abhängt. Brunsden (1993) spricht in diesem Zusammenhang von der Persistenz (Lebensdauer) der Reliefformen.

Wie stark das Erkennen von Hangrutschungen, insbesondere älterer Formen, von der kartierenden Person, ihren generellen Kartierungserfahrungen sowie ihren speziellen Kenntnissen im ausgewählten Untersuchungsgebiet abhängig ist, wird in Abbildung 1 deutlich. Die dargestellten Hangrutschungsinventare sind mit dem Ziel, die Hangrutschungsgefährdung zu erfassen, unabhängig voneinander von drei unterschiedlichen Geomorphologenteams im Rahmen von zwei Forschungsprojekten erstellt worden. Trotz der sehr ähnlichen Ausgangsbedingungen machen die Unterschiede zwischen allen drei Datensätzen bis zu achtzig Prozent aus (Ardizzone et al. 2002). Aus beobachtungstheoretischer Sicht lässt sich keine Aussage darüber treffen, welcher Datensatz der bessere (im Sinne von: „realistischere“)

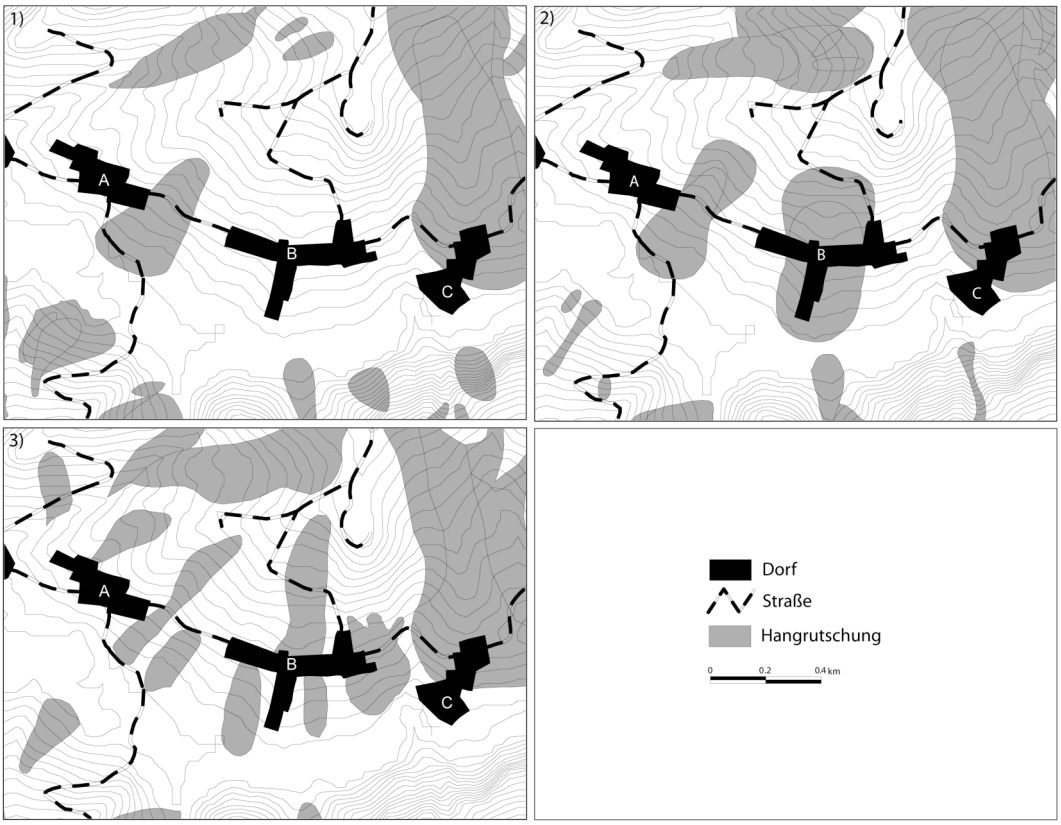

Abbildung 1 *Varianz der Hangrutschungsinventare, die von drei Gruppen unabhängig voneinander erstellt wurden (nach Ardizzone et al. 2002). Am deutlichsten werden die Unterschiede an Ortschaft B sichtbar. Während in (1) die Siedlung gar nicht von Hangrutschungen betroffen ist, kommen die Geomorphologinnen und Geomorphologen in (2) zur Erkenntnis, dass fast die ganze Siedlung auf einer großen Hangrutschung gegründet wurde. In (3) kam das dritte Team zu dem Schluss, dass zwar auch große Teile der Ortschaft betroffen sind, dies aber durch drei unterschiedliche Hangrutschungen.*

ist, wohl aber darüber, welcher zum gegenwärtigen Zeitpunkt als viabel[3] und pragmatisch nutzbar erscheint.

2.2 Die Bedeutung der Ausgangsunterscheidung für die Beobachtung von Hangrutschungen

Anhand von ausgewählten Studien und Datensätzen verschiedener Hangsrutschungsinventare aus der Schwäbischen Alb, die im Rahmen des InterRISK-Projekts zusammengetragen und in eine Datenbank eines Geographischen Informationssystems übertragen wurden, lässt sich verdeutlichen, welche Relevanz der

3 Mit dem Begriff der Viabilität bezeichnet Ernst von Glasersfeld (1996, 43) jene Handlungen, Begriffe und begriffliche Operationen, die „zu den Zwecken oder Beschreibungen passen, für die wir sie benutzen“.

grundlegenden Perspektive einer Studie (Ausgangsunterscheidung) für die in der Studie gefundenen Ergebnisse zukommt. Die nachfolgenden Analysen wurden vor dem Hintergrund der eingangs dargelegten Grundannahmen von InterRISK durchgeführt, um die Eignung der jeweiligen Datensätze für das Projekt beobachtungstheoretisch zu überprüfen.[4]

a) Ausgangsunterscheidung: Dominanz von Prozessen

Dongus' (1977) geomorphologische Kartierung der Schwäbischen Alb hatte zum Ziel, die generellen Prozessbereiche in einem gröberen Maßstab komplett zu erfassen. In seinen geomorphologischen Karten 1:100.000 weist er pleistozäne bis holozäne Bergrutsch- und Bergsturzformen und Sturzschutthalden aus. Dem Ziel (und dem inhärenten Maßstab seiner Arbeit) entsprechend hat Dongus dabei nicht einzelne Rutsch- oder Sturzkörper kartiert, sondern vielmehr Hangrutschungsprozessbereiche, die in den Oberhangbereichen häufig von denudativen Prozessbereichen begrenzt sind und zudem von fluvialen Prozessbereichen durchschnitten sein können. Ein Hangrutschungsprozessbereich stellt den Bereich eines Hanges dar, in dem Hangrutschungsprozesse gegenüber anderen Prozessen dominieren. Aus der Perspektive der Beobachtung zweiter Ordnung zeigt sich insofern, dass in der geomorphologischen Kartierung von Dongus (1977) die Ausgangsunterscheidung „dominanter Prozess/nicht-dominanter Prozess" die Grundlage aller weiteren Beobachtungen bildet. Die mit dem gewählten Maßstab einhergehende notwendige Generalisierung führte Dongus im Bereich der Hänge über die Folgeunterscheidungen „Hangrutschungsprozessbereich ja/nein", „denudative Prozesse ja/nein", „fluviale Erosion ja/nein" zur Ausweisung größerer zusammenhängender Bereiche. Da die Grundlage dieser Arbeiten also nicht die Unterscheidung „Hangrutschung/keine Hangrutschung" ist, können in den Hangrutschungsprozessbereichen mehrere Hangrutschungen zusammen ausgewiesen sein. Darüber hinaus wurden entsprechend der Zielsetzung der Studie die einzelnen Hangrutschungen nicht anhand wahrgenommener Parameter begrenzt.

Eine weitere, vermutlich eher implizite Unterscheidung scheint Dongus mit der Differenzierung „Hangrutschungen vermutet/Hangrutschungen nicht vermutet" getroffen zu haben. Dies hat zur Folge, dass sich die kartierten Hangrutschungsprozessbereiche vorwiegend im Albtraufbereich befinden. In den engen Flusstälern hingegen sowie im Bereich der Donau hat Dongus keine Dominanz der Hangrutschungsprozesse festgestellt.

4 Diese Überprüfung war nicht Bestandteil des Projekts, sondern erfolgte später zur Untersuchung des Potenzials der Beobachtungstheorie für die entsprechende Fragestellung.

b) Ausgangsunterscheidung: Relevanz der Hangrutschung für die Forstwirtschaft

Die forstliche Standortkartierung (1:10.000), die dem Forschungsprojekt InterRISK von der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA) mit Stand von 2006 digital zur Verfügung gestellt wurde, teilt rutschgefährdete Flächen in drei Klassen: akute Rutschgefährdung, Rutschhang in Ruhe und latente Rutschgefährdung. Kriterien für die Zuweisung der Rutschgefährdung zu einer der drei Klassen stellen geomorphologische Aspekte, Veränderungen im Pflanzenwuchs sowie Informationen über das Ausgangsmaterial dar.

Hauptziel der forstlichen Standortkartierung ist die Aufnahme sämtlicher Informationen, vor allem bodenkundlicher Art, die die Basis für eine optimal angepasste und nachhaltige forstliche Bewirtschaftung darstellen. Die Ausgangsunterscheidung ist somit „für eine nachhaltige forstliche Bewirtschaftung relevant/für eine nachhaltige forstliche Bewirtschaftung nicht relevant". Demzufolge ist die Kartierung von Hangrutschungen nur ein Aspekt von vielen, die miterfasst werden: Es spielen verschiedene bodenkundliche und forstwissenschaftliche Folgeunterscheidungen eine Rolle (z. B. „Bodentyp 1/nicht Bodentyp 1", „Bodentyp 2/ nicht Bodentyp 2"), bis schließlich – untergeordnet – auch Hangrutschungsunterscheidungen aufgenommen werden. Dies führt teilweise dazu, dass die kartierten Flächen beispielsweise nur Teile von Hangrutschungen oder mehrere Anrissgebiete auf einmal erfassen. Da eine der für die forstliche Standortkartierung wesentliche Folgeunterscheidung die Unterscheidung „Forst/Nicht-Forst" ist, wird zudem fast nur Staatsforst kartiert, nicht aber Privatwald oder nicht bewaldete Flächen. Daher werden die Hangrutschungsgebiete unter Umständen plötzlich „abgeschnitten", etwa dann, wenn die Hangrutschung in einen Privatwaldbereich oder in einen waldfreien Bereich hineinreicht (siehe Abbildung 2 A). Dies ist auch der Grund, warum die Ablagerungsgebiete meist unberücksichtigt bleiben, da diese sich oft außerhalb bewaldeter Bereiche befinden.

Auch in diesem Beispiel wird deutlich, wie Kartierungen von der Ausgangsunterscheidung, aber auch von daran anknüpfenden Folgeunterscheidungen geprägt werden. Andere als die oben genannten naturräumlichen Bedingungen oder auch mögliche weitere geomorphologische Prozesse kommen in dieser Kartierung nicht vor. Dadurch kommt es zu den bereits oben beschriebenen Abgrenzungen von Hangrutschungen, die für die Geomorphologie oft uneindeutig und daher von nur begrenztem Nutzen sind. In der zitierten Studie spielt die Hangrutschungsgefährdung lediglich dann eine Rolle, wenn sie die forstwissenschaftliche Perspektive betrifft (siehe Unterscheidung „forstwirtschaftlich relevant/forstwirtschaftlich nicht relevant").

c) Ausgangsunterscheidung: Größe der Hangrutschung

In den Geologischen Karten 1:25.000 (GK 25) wurden lange Zeit lediglich quartäre Schuttablagerungen ausgewiesen, die unter anderem periglaziale Schuttdecken, Schutthalden, aber auch Hangrutschungen darstellen konnten. Hangrutschungen

wurden nicht eigens erfasst, abgegrenzt oder ausgewiesen. Im Vordergrund stand die Rekonstruktion der geologischen und lithologischen Einheiten im Untergrund. In der Konsequenz wurde quartärer Schutt in den Hangbereichen häufig sehr großzügig kartiert. Lediglich sehr große Rutschschollen wurden gelegentlich erfasst. An die Ausgangsunterscheidung „quartäre Schuttablagerung/keine quartäre Schuttablagerung“ schloss also in früheren Arbeiten nur im Falle von sehr großen Rutschschollen die Zusatzunterscheidung „relevante (große) Hangrutschung/irrelevante (kleine) Hangrutschung“ an. Erst in jüngerer Zeit hat die Unterscheidung „Hangrutschung/keine Hangrutschung“ stark an Bedeutung gewonnen, so stark, dass in neueren Geologischen Karten (z. B. GK 25 Blatt 7324) Hangrutschungen explizit ausgewiesen werden, wobei der Fokus auch hier nach wie vor auf größeren Ereignissen liegt.

d) Ausgangsunterscheidung: Hangrutschung ja/nein

An der Universität Tübingen wurden in der Arbeitsgruppe von Erhard Bibus und Birgit Terhorst im Wesentlichen zwei größere Hangrutschungsinventare erhoben (vor allem von Kraut 1995, 1999; Kallinich 1999). Kallinich (1999) erfasste im Rahmen seiner Übersichtskartierungen von Massenverlagerungen (1:50.000) für ausgewählte Untersuchungsregionen am Albtrauf vor allem die Verebnungsbereiche alter großer Rotationsrutschungen, die durch einige aktuelle, vorwiegend kleinere Rutschungen in ihrem Umfeld sowie durch 14 größere rezente Rutschungen ergänzt wurden. Darauf basierend ermittelte Kallinich Verbreitungsmuster und Häufigkeiten von Hangrutschungen in Abhängigkeit von verschiedenen Geofaktoren. Er berechnete einen Aktivitätsindex, der sich aus dem Quotienten der Gesamtbreite aller rezenten Rutschungen und der Länge des Albtraufs im ausgewählten Bereich ergibt. Bei dieser Kartierung steht die Unterscheidung „Hangrutschung/keine Hangrutschung“ im Vordergrund. Allerdings hatte Kallinich (1999) vermutlich das Ziel, die Hangrutschungen auf regionaler Skale möglichst umfassend und komplett zu kartieren, nicht aber, diese Rutschungen in ihren Ausmaßen auch möglichst genau zu erfassen. Somit war wahrscheinlich letztlich die Unterscheidung „im Gelände schnell und effizient kartierbar/nicht schnell und effizient kartierbar“ maßgeblich. Da Verebnungsbereiche in bestimmten Hangpositionen der Schwäbischen Alb relativ zuverlässig auf Rotationsrutschungen hinweisen, war eine der verwendeten Folgeunterscheidungen „Verebnungsbereich/kein Verebnungsbereich“ – nicht aber „Hangrutschungsgrenze/keine Hangrutschungsgrenze“. Die variierende Abgrenzung der von Kallinich kartierten Hangrutschungen steht somit in Abhängigkeit von ihrem Kartierungsaufwand. Eventuell spielte auch die wahrgenommene Bedeutung der jeweiligen Hangrutschung eine Rolle. So wurden die kleinen rezenten Rutschungen lediglich mit einer Pfeilsignatur kartiert, die großen rezenten Rutschungen dagegen mit dem genauen Rutschkörper erfasst. Ein Ausschnitt des Datensatzes ist in Abbildung 2 B dargestellt.

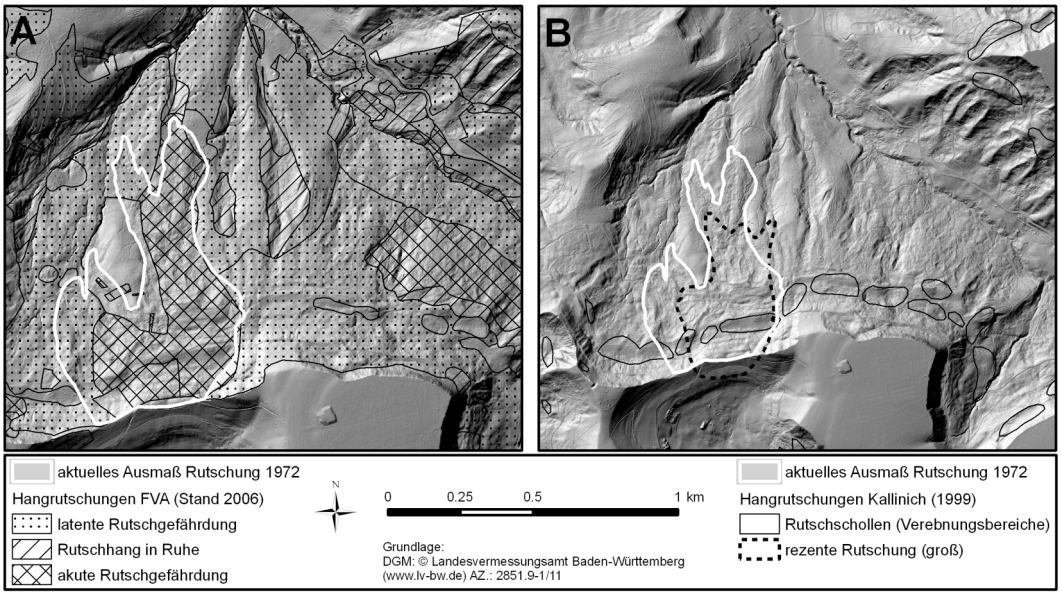

Abbildung 2 *Unterschiede in den Hangrutschungsinventaren auf Basis der forstlichen Standortkarte (A), nach Kallinich (1999), und auf Basis einer eigenen Kartierung (in weiß; siehe B) mittels hochaufgelöstem DGM, Geländebegehung und der Kartierung von Fundinger (1985). In A wird die fehlende Kartierung in Bereichen des Privatwalds deutlich. Abbildung B gibt die Unterschiede in der Kartierung der Verebnungsbereiche der Rutschschollen im Vergleich zur Kartierung der gesamten Rutschungskörper wieder. Zudem sind bei der Kartierung der großen rezenten Rutschung einige Abweichungen zu erkennen, die nur zum Teil auf Probleme der Georeferenzierung zurückführbar sind.*

2.3 Die Bedeutung blinder Flecke für Folgeuntersuchungen

Auch beim Aufbau der Hangrutschungsdatenbank von Kraut (1995, 1999) steht die Leitunterscheidung „Hangrutschung/keine Hangrutschung“ klar im Vordergrund. Kraut wertete wissenschaftliche Literatur, neuere geologische Diplom- und Doktorarbeiten sowie forstliche Standortkarten aus. In der daraus resultierenden Hangrutschungsdatenbank sind die einzelnen Rutschkörper punktförmig verortet und mit Informationen zur Geologie, Geomorphometrie, Geomorphologie und Hydrologie versehen. Letztere wurden aus der Topographischen Karte 1:25.000 abgeleitet.

Kraut hat bei der Erstellung ihrer Datenbank auf bestehende Arbeiten und deren Abgrenzungen zurückgegriffen und selbst keine neuen Hangrutschungskartierungen vorgenommen. Zwar würden auch diese neuen Beobachtungen wiederum blinde Flecken aufweisen, zugleich wäre aber weitestgehend gewährleistet, dass die Unterscheidungen der Fragestellung und die Unterscheidungen der Kartierung eine gewisse Passung aufweisen. Da von Foerster’s Beobachtungstheorie bisher noch keine Anwendung in der Geomorphologie gefunden hat, konnte auch Kraut die genutzten Daten nicht in Hinblick auf ihre Aussagefähigkeit für ihre Aus-

gangsunterscheidungen überprüfen. In der Konsequenz übernimmt Kraut nicht nur die Originalbeobachtungen, sondern auch ihre blinden Flecken – beispielsweise beschränkt sie sich bei den forstlichen Standortkarten auf die Übernahme der als „aktive Rutschgefährdung“ gekennzeichneten Ereignisse. Die Eigenschaften dieser Quelle sind weiter oben bereits beschrieben worden. Die meisten Hangrutschungen aus der geologischen Literatur stammen aus der Doktorarbeit von Borngraeber (1993), dessen Daten auch Eingang in die geologischen Karte GK 25, Blatt 7324, gefunden haben und in diesem Rahmen ebenfalls zuvor beschrieben wurden. In der von Kraut (1995 und 1999) ausgewerteten wissenschaftlichen Literatur liegt der Fokus ebenfalls überwiegend auf den größeren Ereignissen. Abbildung 3 zeigt zusammenfassend und vergleichend wie groß die Unterschiede zwischen den einzelnen Hangrutschungsinventaren sein können.

2.4 Gefährdungsabschätzung ohne Objektivität?

Eines der Ziele von Hangrutschungskartierungen ist es, eine Abschätzung des Gefährdungspotenzials eines bestimmten Gebietes für eine bestimmte Zeitperiode vorzunehmen, d. h. die Anfälligkeit dieses Gebietes gegenüber Hangrutschungen zu ermitteln. Das wird beispielsweise mittels statistischer Verfahren auf der Grundlage verschiedener Informationen versucht. Die resultierende Gefährdungskarte ist stark von den Eingangsparametern (z. B. Geologie, Hangneigung, Landnutzung) abhängig, insbesondere jedoch von den genutzten Hangrutschungsinformationen, die, wie in den vorherigen Kapiteln gezeigt, sehr unterschiedlich sein und einander zum Teil eklatant widersprechen können. Das schafft bei der Gefährdungsabschätzung eine widersprüchliche Situation: Unter einer beobachtungstheoretisch fundierten Perspektive kann keine endgültige Aussage darüber getroffen werden, welche der Beobachtungen, Wahrnehmungen und Messungen richtig oder falsch sind; dennoch muss oder soll eine Aussage über das Gefährdungspotenzial getroffen werden. Um zu Ergebnissen zu gelangen, die einerseits den wissenschaftlichen Ansprüchen einer logischen Kohärenz sowie der Transparenz und Nachvollziehbarkeit genügen und die andererseits der Erkenntnis gerecht werden, dass jede Beobachtung unterscheidungsabhängig ist und blinde Flecken aufweist, ist die systematische Beobachtung der in Frage stehenden Beobachtungen hilfreich und unabdingbar. Denn mit Hilfe einer Beobachtung zweiter Ordnung kann begründet und vergleichend nachvollzogen werden, welche Inventare in welchem Maße zu einer Antwort auf die Frage nach der Gefährdung durch Hangrutschungen beitragen können. Die nachfolgenden Bewertungen der Eignung der verschiedenen Datensätze für eine Gefährdungsanalyse wurden ebenfalls vor dem Hintergrund der in InterRISK getroffenen Grundannahmen durchgeführt und sind demnach vor allem im Rahmen dieses Forschungsprojektes gültig. So führt beispielsweise die Annahme, dass die Hangrutschungsgefahr in bisherigen Studien unterschätzt wurde, in der Analyse vorhandener Inventare zwangsläufig zu dem Fokus „Vollständigkeit“ der Kartierungen. Für InterRISK stellt dies bedingt durch die Fragestellung ein wesentliches Gütemaß für die Daten dar, ist aber für

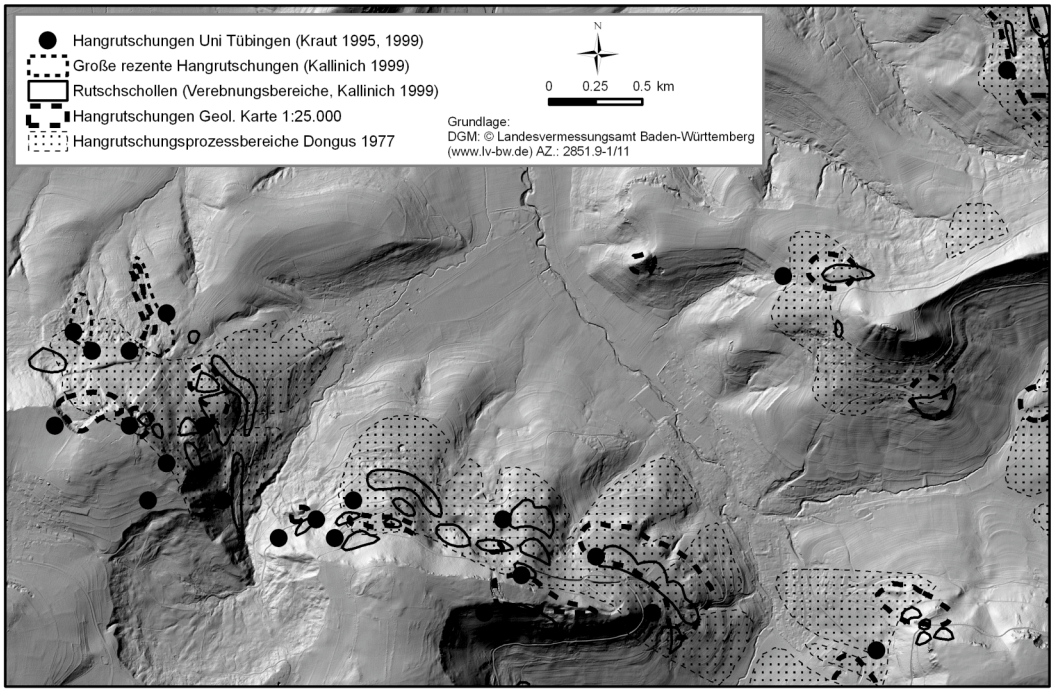

Abbildung 3 *Unterschiede in den Hangrutschungsinventaren der Universität Tübingen (Kallinich 1999 sowie Kraut 1995 und 1999), der Geologischen Karte (GK 25) und von Dongus (1977).*

andere Arbeiten unter Umständen völlig irrelevant. Jede vorgenommene Bewertung in der Eignungsprüfung der verschiedenen Datensätze als „gut“, „besser“ oder „schlechter“ bezieht sich also allein auf diese Fragestellung.

Das Hangrutschungsinventar nach Dongus (1977) weist zwar infolge der oben beschriebenen unterschiedlichen Ausgangs- und Folgeunterscheidungen einige, für die Gefährdungsanalyse durchaus gravierende Nichtbeobachtungen auf. In eingeschränkter Weise eignet es sich aber dennoch zur Erstellung von Hangrutschungsgefährdungskarten. So erfasst das Inventar die Verbreitung der Hangrutschungsprozessbereiche im Albtraufbereich bzw. die Anfälligkeit dieses Bereiches generell sehr gut. In den engen Flusstälern, die sich in die Schwäbische Alb hineinziehen, im Bereich der Donau sowie im Albvorland – die wesentlichen blinden Flecken der Untersuchungen von Dongus – wird die Analyse in Abhängigkeit von der Parameterwahl dagegen etwas schwieriger: Da dort bei Dongus (1977) keinerlei Hangrutschungsprozessbereiche kartiert worden sind, müssten diese eigentlich als stabil angenommen werden.

Aus dem Hangrutschungsinventar auf der Basis der Forstlichen Standortkartierung sind nur die Bereiche für eine Gefährdungsanalyse nutzbar, die als „aktive Rutschgefährdung“ oder als „Rutschhang in Ruhe“ ausgewiesen sind. Der große Vorteil dieses Datensatzes ist, dass er für das komplette Untersuchungsgebiet verfügbar ist und somit auch die engen Flusstäler, die Donaubereiche sowie das Albvorland mit erfasst. Allerdings liegen die Daten nur im bewaldeten Bereich und auch dort nur für den Staatsforst vor; nicht bewaldete Flächen wurden aufgrund

der Ausgangsunterscheidung nicht betrachtet. Das schränkt die Eignung dieses Inventars für die Gefährdungsabschätzung ein.

Das Hangrutschungsinventar auf Basis der GK 25 ist selbst für die begrenzte Region, für die diese Daten vorliegen, zu lückenhaft, als dass damit verlässliche Gefahrenkarten produziert werden könnten. Aus Sicht einer statistischen Gefährdungsmodellierung sind die kartierten Rutschungen in der geologischen Karte sogar eher störend, da sie die eigentliche geologische Information verdecken, die in die Analyse mit eingehen soll, so dass für solche Analysen zuerst hangrutschungsfreie geologische Karten konstruiert werden müssten.

Die Hangrutschungsdatenbank auf Basis von Kraut (1995, 999) weist nur Punktinformationen auf, die zudem zu ungenau lokalisiert sind, um eine verlässliche Gefährdungsmodellierung zu ermöglichen. In dem Datensatz von Kallinich (1999) bieten sich generell nur die kartierten Rutschschollen an, alle anderen weisen eine zu geringe Anzahl oder ebenfalls nur Punktinformationen auf. Für die kartierten Rutschschollen würde sich im Zuge einer statistischen Gefährdungsmodellierung ein geomorphologisch unsinniges Ergebnis einstellen, da auf Grund der Fokussierung auf die Verebnungsbereiche genau diese ebenen Bereiche als hochgefährdet ausgewiesen werden würden und nicht die steileren Hangbereiche.

3 TROTZDEM: LÖSUNGSANSÄTZE FÜR DIE GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNG

Für die anwendungsorientierte Forschung besteht das skizzierte beobachtungstheoretische Dilemma darin, dass keine Aussagen über die „wahre Gefährdung“ getroffen werden können. Dies erschwert zunächst die Kommunikation mit den (politischen) Entscheidungsträgern, deren Aufgabe genau darin besteht, möglichst gültige Entscheidungen zu treffen und Sicherheit zu gewährleisten. Die Hoffnung oder gar Forderung, durch Gegenmaßnahmen im Rahmen eines vorsorgenden Risikomanagements endgültige Sicherheit zu erlangen, kann aus beobachtungstheoretischer Perspektive nicht erfüllt werden. Ein Beispiel für diesen Sachverhalt ist in Abbildung 1 dargestellt. Gäbe es jeweils nur eine gültige Kartierung von den Hangrutschungen, so wäre die Entscheidung relativ einfach zu treffen, ob und welche Gegenmaßnahmen z. B. für Ort B durchzuführen sind. In dem Moment, wo zwei oder mehrere Kartierungen vorliegen, die zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen, kann aus einer erkenntnistheoretischen Sicht nicht entschieden werden, welche der Kartierungen nun „richtig“ oder „falsch“ oder auch nur „besser“ oder „schlechter“ sein sollte. Auf dieser Grundlage ist es schwierig, eindeutige Vorschläge zu machen oder Entscheidungen zu treffen.

Dennoch muss man sich nach wie vor um geeignete Ansätze und „Lösungswege“ bemühen. Diese jedoch müssen das Wissen um die Kontingenz aller Gefährdungsabschätzungen und um die blinden Flecken auch wissenschaftlicher Beobachtungen in Rechnung stellen. Für das Beispiel der Schwäbischen Alb lassen sich dann zwei Lösungsansätze ableiten, die über die Limitationen der diskutierten Hangrutschungskartierungen deutlich hinausgehen: (1) Die Kombination

verschiedener vorhandener Datensätze und/oder (2) die Erstellung eines neuen eigenen, an die konkrete Fragestellung angepassten Datensatzes.

3.1 Kombination verschiedener Datensätze

Durch Kombination der Datensätze von Dongus (1977) und der Forstlichen Standortkartierung, die jeweils unterschiedliche, für die neue Fragestellung relevante blinde Flecken aufweisen, können die aus den jeweiligen Ausgangsunterscheidungen resultierenden Nichtbeobachtungen zumindest an die geänderte Fragestellung angepasst werden (vgl. Bell 2007). Während die Daten der Forstlichen Standortkartierung das Nichtbeobachtete von Dongus im Bereich der engen Flusstäler, der Donau sowie im Albvorland verringern, ergänzt der Dongus-Datensatz jene Bereiche in den unbewaldeten oder mit Privatwald bestandenen Gebieten im Bereich des Albtraufes, die in der Forstlichen Standortkartierung nicht betrachtet wurden. Die Gefährdungskarten, die aus dem Dongus-Datensatz und aus dem kombinierten Datensatz hervorgehen, sind in Abbildung 4 dargestellt. Sie zeigt (A), wie es unter Verwendung des Dongus-Datensatzes und einer bestimmten Parameterkonstellation zu einer – aus unserer Perspektive – „Überbetonung“ der Gefährdung des Albtraufbereichs kommen kann. Trotz sehr guter statistischer Gütemaße zeigt die Abbildung deutlich die geringe geomorphologische Güte, da neben den steileren Hangbereichen selbst die flachen Flussauen mit einer hohen Hangrutschungsgefährdung ausgewiesen werden. Demgegenüber beschränken sich in Abbildung 4 (B) die Bereiche mit hoher Gefährdung auf die Hanglagen; die Flussaue ist in diesem Bereich noch als gering gefährdet ausgewiesen, da sich einzelne Rutschungen bis in die Flussaue hinein erstrecken. Diese Karte zeigt trotz der etwas geringeren statistischen Gütemaße eine sehr hohe geomorphologische Güte auf und kann somit – im Rahmen der Fragestellung – als „beste“ Karte für das Gesamtgebiet der Schwäbischen Alb dienen (für Details siehe Bell 2007).

Die Ergebnisse von Bell (2007) zeigen das Potenzial, das in der Kombination verschiedener Datensätze liegen kann. Allerdings sind die Datensätze oftmals so unterschiedlich, dass sie sich nur schwer kombinieren lassen. So konnten bei der Verschneidung der Daten auch nicht sämtliche der oben vorgestellten Inventare integriert werden. Darüber hinaus können kombinierte Datensätze zwar ursprünglich Nichtbeobachtetes in die Beobachtung einschließen, dies jedoch stets auf Kosten der Nichtbeobachtung anderer Aspekte. Anders formuliert: Durch schlichte Anhäufung von Wissen kommt man der Realität nicht automatisch näher. Wenn also vorgeschlagene Lösungsansätze funktionieren und sich somit als viabel erweisen, sagt dies nichts über ihre „Wahrheit“ der Lösung aus: „Das Funktionieren ist ein Beleg für das Funktionieren“ (von Foerster & Pörksen 2006, 31), nicht ein Beleg für die Wahrheit.

3.2 Die Erstellung eigener, fragestellungsbezogener Datensätze

Aufgrund der großen Variationen in den verschiedenen Hangrutschungsinventaren für die Schwäbische Alb wurden von Brennecke (2006) im Rahmen des Forschungsprojektes InterRISK für einen 80 km² großen Ausschnitt der Schwäbischen Alb Hangrutschungen auf Basis eines hochaufgelösten Digitalen Geländemodells (DGM) kartiert. Gestützt durch Luftbildinterpretationen wurden insgesamt 525 Hangrutschungen abgegrenzt, zusätzlich unterschieden nach Prozesstyp und relativem Alter. Dieser Datensatz ist bezüglich der Ausgangsunterscheidung „Hangrutschung/keine Hangrutschung" der umfassendste der bisherigen Studien, er ist jedoch nur für den oben genannten räumlichen Teilbereich verfügbar.

In einem ersten Schritt stand bei dieser Kartierung die Ausgangsunterscheidung „Hangrutschung/keine Hangrutschung" im Vordergrund. Dabei stellte insbesondere das hochaufgelöste DGM eine hervorragende Kartiergrundlage dar (Brennecke 2006). In den folgenden Arbeitsschritten wurde die ursprüngliche Ausgangsunterscheidung spezifiziert durch die unterschiedlichen Prozesstypen (z. B. „Sturzprozesss/kein Sturzprozess", „Rutschung/keine Rutschung", „Fließen/kein Fließen") und ihr relatives Alter (z. B. „jung/nicht jung", „mittelalt/nicht mittelalt", „alt/nicht alt"). Die Arbeit von Brennecke (2006) zeigt sehr klar, dass die Strukturen der Hangrutschungen im hochaufgelösten DGM in vielen Bereichen deutlich besser zu sehen sind als in den verwendeten Luftbildern, so dass die Grenzziehungen im DGM wesentlich leichter vorzunehmen waren. Allerdings zeigt die Arbeit von Brennecke auch, dass insbesondere in älteren Luftbildern noch Ereignisse sichtbar waren, die in dem DGM von 2003 schon nicht mehr vorhanden waren, so dass die Auswertung multitemporaler Luftbilder vorteilhaft ist (vgl. Brennecke 2006). Denn es sind nur diejenigen Hangrutschungen kartierbar, die in der Kartierungsgrundlage auch sichtbar sind und als solche identifiziert werden können. Sind die Spuren des Ereignisses, also die hinterlassenen Formen, in der Zwischenzeit erodiert oder anthropogen verändert, können diese Hangrutschungen nicht mehr kartiert werden. Unter Umständen führt dies nachfolgend zu einer veränderten Gefährdungseinschätzung, da „eigentlich" gefährdete Bereiche auf Grund der Unkenntnis von früheren Hangrutschungen als nicht gefährdet ausgewiesen werden. Ein banaler Zusammenhang, der jedoch oft übersehen wird.

Die Erstellung des Hangrutschungsinventars von Brennecke (2006) war an die Fragestellung des Forschungsprojekts und somit auch an das Vorhaben der statistischen Gefährdungsmodellierung angepasst und stellte somit den für diese Fragestellung vergleichsweise nützlichsten Datensatz dar. Der Datensatz liegt jedoch nur für eine kleine Teilregion vor und die statistischen Zusammenhänge der Parameter können auf Grund der Datenlage nicht auf die komplette Schwäbische Alb übertragen werden (die Gefährdungskarten für die Teilregion befinden sich in Bell 2007). Wie bereits mehrfach angedeutet, führt auch die Kartierung von Brennecke (2006) eine Unterscheidung mit, die zwar die Unterscheidung von Hangrutschungsbereichen ermöglicht, andere – gegebenenfalls ebenfalls bedeutsame – Aspekte jedoch zwangsläufig außen vor lässt. Da die Beobachtungen des Datensatzes aufgrund des Zuschnitts auf die Fragestellung mit den Ausgangsan-

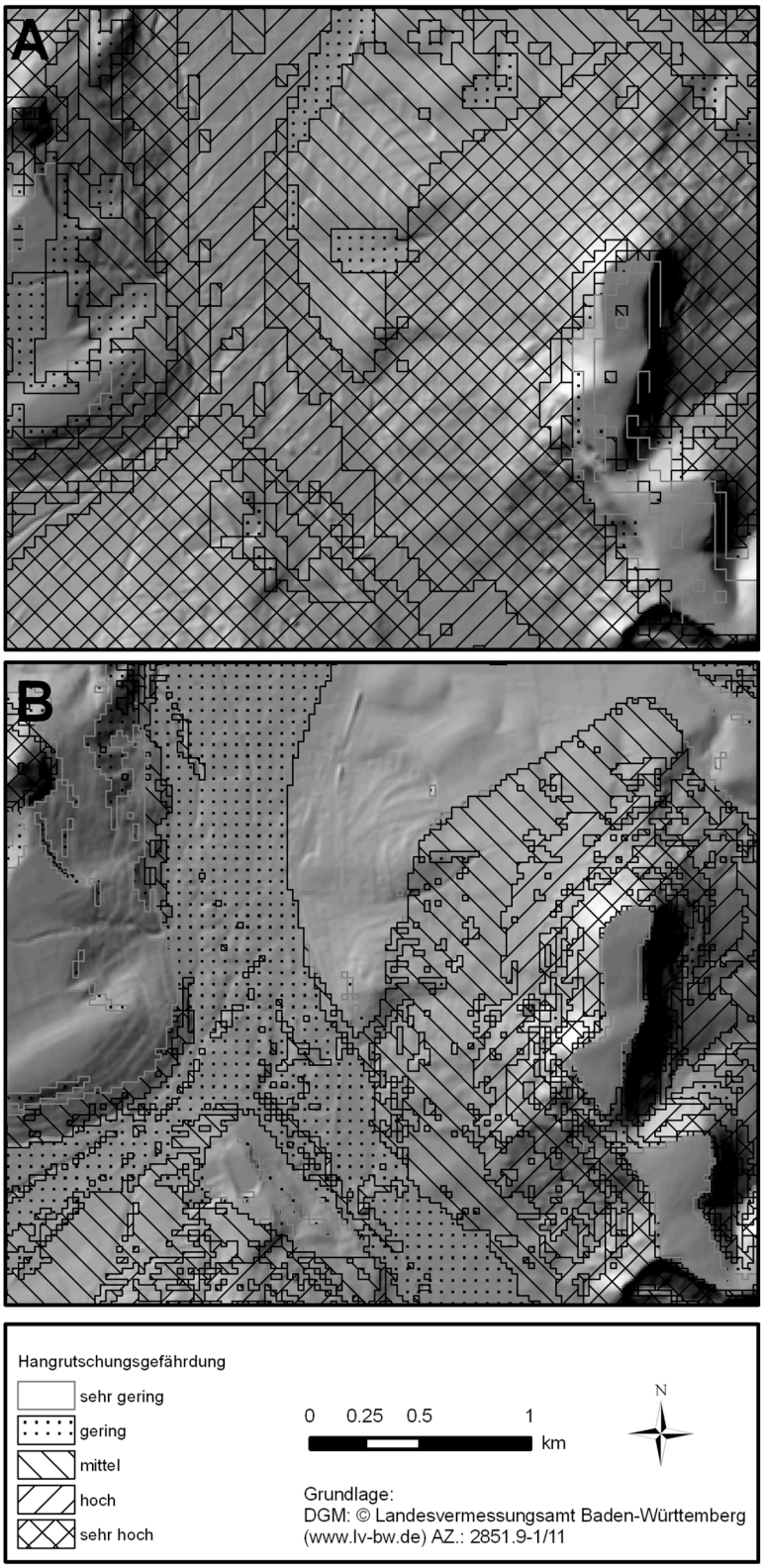

Abbildung 4 *Hangrutschungsgefährdungskarten auf Basis des Hangrutschungsinventars nach Dongus (1977) (A) und kombiniert mit den Daten aus der forstlichen Standortkartierung (B).*

nahmen der gesamten Studie weitgehend übereinstimmen, erscheint dieser Datensatz zwangsläufig als der für die Gefährdungsabschätzung am besten geeignete.

Daraus folgt: Obschon einerseits Nichtbeobachtetes entweder über den Weg der Kombination verschiedener Datensätze oder durch die Erstellung eines eigenen Datensatzes an die Fragestellung angepassten werden kann, so ist jedoch die Nutzbarkeit der Studienergebenisse für andere, ähnlich gelagerte Untersuchungen limitiert. Die für das hier beschriebene Projekt scheinbar „beste" Gefährdungsabschätzung löst somit keineswegs das Dilemma der Unmöglickeit einer allumfassenden Beobachtung. Dieses Dilemma trägt wesentlich zu den so genannten „Restgefährdungen" bei, d. h. zu Gefährdungen, die aufgrund des Nicht-Sehens und der generellen Grenzen der Vorhersagbarkeit in komplexen Prozessen nicht erkennbar sind. Es sind diese „Restgefährdungen", die dazu führen, dass unerwartete Ereignisse eintreten, die Schäden oder Katastrophen verursachen können.

4 FAZIT: DIE GRENZEN VON GEFÄHRDUNGSABSCHÄTZUNGEN

Die in diesem Beitrag aus beobachtungstheoretischem Blickwinkel beleuchteten Aspekte, die bei der Grenzziehung von Hangrutschungsgefährdungen eine Rolle spielen, zeigen das große Potenzial der Beobachtungstheorie auch für anwendungsbezogene Fragen. Sie eignet sich hervorragend dazu, um die Gründe zu erkunden, warum bestimmte Arbeiten genauso durchgeführt wurden, wie sie durchgeführt wurden, und um selbstkritisch die eigene Vorgehensweise zu prüfen. Dies ist ausführlich anhand der Analyse der für die Schwäbische Alb zur Verfügung stehenden Hangrutschungsinventare und ihrer Eignung für die Gefährdungsabschätzung diskutiert worden.

Die in diesem Beitrag vorgestellten Beobachtungen zeigen deutlich, dass eine „Eignungsprüfung" von Daten unabdingbar ist. Diese muss über die reine Betrachtung hinausgehen, ob und inwiefern die räumlichen und zeitlichen Skalen anderer Datensätze sowie Gebiet und Beobachtungsgegenstand übereinstimmen. Vielmehr ist – nicht nur für die Geomorphologie! – zu fordern, dass fremde Daten auf ihre „Passung" zu der eigenen Fragestellung untersucht werden müssen: Welche Ausgangsunterscheidungen liegen meiner Fragestellung zugrunde und welche den potenziell zu nutzenden Studien? Welche erkennbaren blinden Flecken weisen die Studien auf und inwiefern limitieren diese die Nutzubarkeit für meine Fragestellung? Damit wird allerdings auch die eigene Arbeit nur insofern „besser" oder „richtiger", als sowohl die begrenzte Reichweite der eigenen Aussagen als auch die Grenzen der Erkenntnis deutlicher aufgezeigt werden. Eine intensive Anwendung der Beobachtungstheorie ermöglicht somit nicht nur die kritische Analyse von Arbeiten, die von anderen Beobachtern (ForscherInnen etc.) durchgeführt wurden, sondern sie provoziert zugleich die kritische Reflexion der eigenen Forschungstätigkeit. Dadurch schafft sie die Möglichkeit, implizite Theorien, die die eigenen Arbeiten unbewusst steuern, aufzudecken, zu überprüfen und gegebenenfalls zu modifizieren. Sie erinnert Beobachter daran, dass auch die eige-

nen Beobachtungen stets blinde Flecken aufweisen und jede Aussage nur hier und jetzt als gültig vertreten werden kann. Die Fokussierung auf Hangrutschungen beispielsweise blendet andere, eventuell ebenso gravierende Gefährdungen aus. Außerdem wird der Fokus gleichsam automatisch auf bestimmte Regionen und Lokalitäten gerichtet, andere werden nicht betrachtet, was sich später als „falsch" erweisen kann. Der schweizerische Geologe Albert Heim hat dies bereits 1883 in die Worte gefasst:

> „Jede Erkenntnis weckt ja stets neue Fragen, und jede Untersuchung ist unvollständig und begrenzt, die Wahrheit ist aber unendlich, weil Alles in Zusammenhang steht." (Heim 1883, zitiert in von Poschinger 1997, 45).

In der Konsequenz heißt das, dass wir einen pragmatischen Umgang damit finden müssen, dass die Wissenschaft keine abschließenden Antworten geben kann, auch wenn dies noch so notwendig erscheint. Die Einbeziehung und Fokussierung auf die (eigenen) blinden Flecken führt letztlich zu einem anderen Verständnis von wissenschaftlichem Fortschritt: Ein Fortschritt, der nicht auf der Frage nach „richtig" und „falsch" basiert, sondern auf der Viabiliät von Erkenntnissen für unsere Lebenswelt, die das Sichtbarmachen blinder Flecken mit einschließt. Dies lässt sich in endlosen Beobachtungsschleifen weiterdenken – ein wissenschaftlicher Fortschritt, der sich in beständig wandelnden Lösungsstrategien ausdrückt.

DANKSAGUNG

Die Autorin und die Autoren danken dem Umweltministerium Baden-Württemberg, dem Landesamt für Umwelt, Messung und Naturschutz (LUBW), der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA), dem Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (LGRB), sowie Erhard Bibus (Universität Tübingen) und Birgit Terhorst (Universität Würzburg) für die Bereitstellung von Daten. Weiterhin sei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Förderung des InterRISK Projekts, sowie allen Kollegen aus dem Forschungsprojekt ganz herzlich gedankt.

LITERATUR

Ardizzone, Francesca, Mauro Cardinali, Alberto Carrara, Fausto Guzzetti und Paola Reichenbach (2002): Impact of mapping errors on the reliability of landslide hazard maps. In: Natural Hazards and Earth System Sciences 2: 3–14.

Bell, Rainer (2007): Lokale und regionale Gefahren- und Risikoanalyse gravitativer Massenbewegungen an der Schwäbischen Alb. Dissertation, Universität Bonn. Bonn.

Borngraeber, Otto (1993): Die Geologie des Blattes 1:25000, 7324 Geislingen an der Steige – West. Dissertation, Fakultät Geo- und Biowissenschaften, Universität Stuttgart. Stuttgart.

Brennecke, Maria (2006): Erstellung einer Inventarkarte gravitativer Massenbewegungen an der Schwäbischen Alb. Kartierung aus Luftbildern und einem digitalen Höhenmodell. Diplomarbeit (unveröffentlicht), Geographisches Institut, Universität Bonn. Bonn.

Brunsden, Denys (1993): The persistence of landforms. Zeitschrift für Geomorphologie Supplement 93: 13–28.

Dikau, Richard, Denys Brunsden, Lothar Schrott, and Maria Ibsen (Hg.) (1996): Landslide Recognition. Identification, movement and causes. Chichester.

Dongus, Hansjörg (1977): Die Oberflächenformen der Schwäbischen Alb und ihres Vorlandes (=Marburger Geographische Schriften 72). Marburg.

Egner, Heike und Kirsten von Elverfeldt (2009): A brigde over troubled waters? Systems theory and dialogue in Geography. In: Area 41 (3): 319–328

Foerster, Heinz von (1981): Observing systems. Seaside.

Foerster, Heinz von und Bernhard Pörksen (2006): Wahrheit ist die Erfindung eines Lügners. Gespräche für Skeptiker. Heidelberg.

Fundinger, Andreas (1985): Ingenieurgeologische Untersuchung und geologische Kartierung (Dogger/Malm) der näheren Umgebung der Rutschungen am Hirschkopf bei Mössingen und am Irrenberg bei Thanheim (Baden-Würrtemberg). Diplomarbeit (unveröffentlicht), Geowissenschaftliche Fakultät, Universität Tübingen. Tübingen.

Glade, Thomas und Richard Dikau (2001): Gravitative Massenbewegungen – vom Naturereignis zur Naturkatastrophe. In: Petermanns Geographische Mitteilungen 145 (6): 42–55.

Glasersfeld, Ernst von (1996): Radikaler Konstruktivismus. Ideen, Ergebnisse, Probleme. Frankfurt am Main.

Kallinich, Jörg (1999): Verbreitung, Alter und geomorphologische Ursachen von Massenverlagerungen an der Schwäbischen Alb auf der Grundlage von Detail- und Übersichtskartierungen (=Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten D 4). Tübingen.

Keaton, Jeffrey R. and Jerome V. DeGraaf (1996): Surface observation and geologic mapping. In: A. Keith Turner and Robert L. Schuster (Hg.): Landslides: investigation and mitigation, Special Report, 178-220, Washington D.C.

Kraut, Claudia (1995): Der Einfluß verschiedener Geofaktoren auf die Rutschempfindlichkeit an der Schichtstufe der Schwäbischen Alb. Zul. Arb., Universität Tübingen. Tübingen.

Kraut, Claudia (1999): Der Einfluß verschiedener Geofaktoren auf die Rutschempfindlichkeit an der Schichtstufe der Schwäbischen Alb. In: Erhard Bibus und Birgit Terhorst (Hg.): Angewandte Studien zu Massenbewegungen (=Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten D 5), 129–148, Tübingen.

McCalpin, James (1984): Preliminary Age Classification of Landslides for Inventory Mapping. In: Proc., 21st Engineering Geology and Soils Engineering Symposium, University of Idaho, Moscow, 99–120, Moscow.

Petley, Dave (2008): Dave's landslide blog, http://daveslandslideblog.blogspot.com/ (abgerufen 10.06.2008).

Poschinger, Andreas von und Ulrich Haas (1997): Der Flimser Bergsturz, doch ein warmzeitliches Ereignis? In: Bulletin für angewandte Geologie 2 (1): 35–46.

Wardenga, Ute (2008): Von Davis zur klimatischen Geomorphologie – Wandel der Beobachtungspraktiken in der Geomorphologie. Vortrag im Rahmen des 2. Forum Geomorphologie am 04.04.08 am Geographischen Institut der Universität Bonn.

Wardenga, Ute (2001): Zur Konstruktion von Raum und Politik in der Geographie des 20. Jahrhunderts. In: Paul Reuber und Günter Wolkersdorfer (Hg.): Politische Geographie: Handlungsorientierte Ansätze und Critical Geopolitics (=Heidelberger Geographische Arbeiten 112), 17–31, Heidelberg.