Kap10-Geb.qxd 30.03.2006 17:54 Uhr Seite 29

tische Formen (Kapitel 10.5). Überwiegt, wie bei den Rumpfflächen, der Einfluss der vergangenen Prozesse, spricht man von Vorzeitformen. Nach der Länge des Anpassungszeitraumes (Anpassung an aktuell wirkende Prozesse) der zu untersuchenden Reliefformen richtet sich die Einstellung des Geomorphologen gegenüber dem Zeitfaktor. Ist der Anpassungszeitraum lang und die Vorzeitinfluenz hoch, was dazu führt, dass kein Gleichgewicht zwischen aktuellem Prozess und der Form besteht, wird sich der Geomorphologe dem morphogenetischen Ansatz zuwenden. Ist der Anpassungszeitraum kurz und die Vorzeitinfluenz gering, wird er den morphodynamischen Ansatz bevorzugen (Kapitel 10.1).

Formbildung durch exogene Prozesse

Formbildung durch gravitative Massenbewegungen

THOMAS GLADE

Gravitative Massenbewegungen sind hangabwärts gerichtete, der Schwerkraft folgende Verlagerungen von Fels, Schutt und Feinsubstrat. Die Verlagerungsprozesse beinhalten das Kippen, Fallen, Rutschen, Fließen und die kombinierte, komplexe Bewegung (Dikau et al. 1996, Cruden & Varnes 1996). In Abbildung 10.4.3 ist beispielhaft eine komplexe gravitative Massenbewegung dargestellt. Detailliertere Beschreibungen und Darstellung der einzelnen Typen finden sich bei Dikau et al. (1996).

Die Größe des einzelnen Objektes variiert zwischen einigen Kubikmetern und mehreren Kubikkilometern. Gravitative Massenbewegungen sind an distinkte Lokalitäten gebunden, können aber auch bei entsprechenden natürlichen Dispositionen (z. B. Hangneigung, schwach bindiges Substrat, Änderung der Vegetation durch Entwaldung) und einem auslösenden Ereignis zu Zehntausenden Auftreten. Auslöser sind meist **Erdbeben** (z. B. Chi-Chi-Erdbeben in Taiwan 2001, Pakistan 2005) und **Niederschläge** mit entweder extremer Intensitäten (z. B. Extremniederschläge in Venezuela 1999) oder in lang anhaltenden Feuchteperioden. Häufig bedingen sich die Auslöser gegenseitig, beispielsweise reduziert zwar ein Erdbeben die Hangfestigkeit, die eigentliche Bewegung wird aber erst durch das darauf folgende Niederschlagsereignis ausgelöst, bzw. lang anhaltende Feuchtigkeit vermindert die Hangstabilität, die Initiierung der Bewegung erfolgt erst durch ein Erdbeben. Neben den natürlichen Bedingungen sind besonders die **menschlichen Eingriffe** in das Hangsystem durch Hangunterschneidung, Veränderung der Hanggeometrie, hydrologische Eingriffe wie Wassereinleitung oder Verhinderung des Wasseraustritts durch Verbauung wichtig für die Landschaftsentwicklung. Diese Eingriffe bedingen eine erhöhte Empfindlichkeit der betroffenen Hangsegmente gegenüber dem auslösenden Ereignis. Auch der Auslöser kann direkt vom Menschen gesteuert sein, zum Beispiel über Explosionen. Je nach natürlichen Dispositionen und Typ der Massenbewegung und des Auslösers variieren die Bewegungsraten zwischen mm bis cm/a (kriechende, schleichende Bewegung) und m/sec (extrem schnelle Bewegung).

Aktuelle Untersuchungen weisen auf die Bedeutung der gravitativen Massenbewegungen für die Formge-

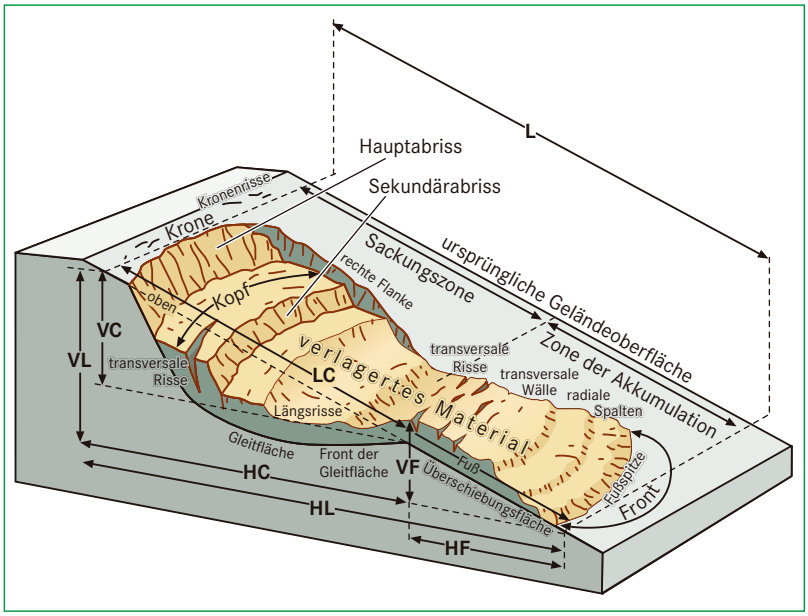

Abb. 10.4.3 Eine schematische gravitative Massenbewegung mit Sackungs- und Akkumulationszonen und typischen Strukturen wie Krone, Streckungs- und Stauchungszonen, Spalten, Risse und Wälle. (L = Schrägdistanz, LC = Schrägdistanz der Sackungsszone, HL = Horizontale Gesamtlänge, HF = Horizontale Fußlänge, HC = Horizontale Sackungslänge, VL = Vertikale Gesamtlänge, VF = Vertikale Fußlänge, VC = Vertikale Sackungslänge; verändert nach Cruden & Varnes 1996, Übersetzung in Anlehnung an WP/WLI 1993).

Kap10-Geb.qxd 30.03.2006 17:54 Uhr Seite 30

bung (Hovius et al. 1997). Bedeutend ist der Einfluss gravitativer Massenbewegungen auf das fluviale Prozesssystem beispielsweise im Sinne einer Sedimentaufbereitung für das fluviale System, der Einfluss auf die Talformen und die Tallängsprofile oder im Hinblick auf eine langfristige Beeinflussung des fluvialen Netzes (Abb. 10.4.4). Zusätzlich ist davon auszugehen, dass die Bedeutung der gravitativen Massenbewegungen für die Formgebung in den gleichen Räumen zu den unterschiedlichen Zeiten sehr stark variierte (Cendrero & Dramis 1996). Die starke Prägung der kaltzeitlichen Hangformung durch die gravitativen Massenbewegungen ist nicht nur für alpine Gebiete wichtig, sondern wird auch für die deutschen Mittelgebirge betont, beispielsweise für das Rheinhessische Tafel- und Bergland, die Schwäbische Alb oder die Wellenkalk-Schichtstufe in Thüringen (Dikau & Schmidt 2001).

Ein zentrales Problem bei der Untersuchung der Bedeutung der gravitativen Massenbewegungen für die Reliefentwicklung ist der sich ständig ändernde Systemzustand eines Hanges. Viele Analysen gehen von einem statischen, das heißt sich nicht veränderndem Hangsystem aus (Schmidt & Preston 2003). Jedoch wird das Systemverhalten des Hanges nicht ausschließlich von rutschungsauslösenden Ereignissen (z. B. Niederschläge, Erdbeben) gesteuert, sondern auch über sich verändernde interne Eigenschaften (z. B. Materialveränderung durch Verwitterung). Damit ist ein Prozess-Reaktionssystem beschrieben, das im Sinne von Schumm (1979) an systeminterne Schwellenwerte gebunden ist (Kapitel 10.1). Dies bewirkt, dass ein Hang nicht immer gleich auf externe Störungen reagiert, das heißt der identische Niederschlag oder das gleiche Erdbeben zu zwei verschiedenen Zeiten nicht immer linear zu gleichen Folgen führt. Dies ist besonders bei der Modellierung der Auswirkungen des Klimawandels auf Massenbewegungen von zentraler Bedeutung (z. B. Schmidt & Glade 2003). Bei Modellansätzen zur Reliefentwicklung werden die gravitativen Massenbewegungen meist entweder als flachgründige Rutschungen mit hangparallelen Scherflächen, als Rotationsrutschungen oder als Bewegungen des Festgesteins berücksichtigt (Hergarten & Neugebauer 1999).

Abb. 10.4.4 Das extreme Niederschlagsereignis am 6. August 2002 führte in Gisborne, Neuseeland zu einer komplexen Massenbewegung, die das Tal blockierte und zur Bildung eines Sees führte. Die gestrichelte Linie zeigt die Flanke und den Fuß der Massenbewegung, der Pfeil weist auf den Versatz des Feldweges von zirka 200 m hin (Foto: M.J. Crozier).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass bei der Bedeutung der gravitativen Massenbewegungen für die Reliefentwicklung und die Formbildung strikt zwischen vorbereitenden, auslösenden und prozesskontrollierenden Faktoren unterschieden werden muss. Hierbei spielen natürlich die unterschiedlichen Prozesstypen der Bewegungen (Fallen, Kippen, Gleiten, Fließen), das transportierte Substrat und die verschiedenen Auslöser eine entscheidende Rolle. Zentrale offene Fragen für das Zusammenspiel der Massenbewegungen und der Reliefentwicklung und Formbildung sind die Bedeutung der Lithologie und Geomorphometrie für die Ausprägung des Ereignisses, der Zusammenhang zwischen dem Hangsystem und dem fluvialen System mit all den Zwischenspeichern, der Zeitverzögerung im Ursache-Wirkungsgefüge, sowie der Einfluss des Umweltwandels und des Menschen auf diese natürlichen Geosysteme.

Formbildung durch Denudationsprozesse

Karl-Heinz Schmidt

Der Begriff Denudation ist abgeleitet vom lateinischen Verb *denudare* = entblößen. Denudationsprozesse gehören zu den Abtragungsprozessen. Im Gegensatz zur Erosion, der linienhaften Abtragung, bezeichnet die Denudation die **flächenhafte Abtragung** von Festgesteins- und Lockermaterial durch die Medien Wasser, Wind oder Eis. Häufig werden auch die gravitativen Massenbewegungen zu den Denudationsprozessen gezählt. Durch Denudation wird eine Landoberfläche, vielfach parallel zu sich selbst, tiefer gelegt. In der klassischen Zyklentheorie (*cycles of denudation*) nach Davis (1899), aber auch in den Vorstellungen der Klimageomorphologie nach Büdel (1981), in der aquatische Spülprozesse unter wechselfeucht-tropischem Klima eine bedeutende Rolle spielen, ist ein Endrumpf oder eine Rumpffläche das Endprodukt über lange Zeiträume wirkender Denudationsprozesse.

Sehr starke denudative Wirksamkeit zeigt die schürfende und schleifende Tätigkeit des Gletschereises, insbesondere bei der Inlandvereisung, die Großräume von ihrer Lockermaterialbedeckung befreit und Abtragungslandschaften riesigen Ausmaßes entstehen lässt (z. B. Skandinavien, Kanada). Werden Landformen ihrer Verwitterungs- und Lockermaterialbedeckung oder auch