

- bahn Süd“ (Ein Beitrag zur Gestaltung eines modernen Arbeitsunterrichtes), Mitt. d. Öst. Geogr. Ges., Wien 1967, S. 449—455.
- 80 Naturschutz und Raumordnung in den Alpen. „Der Naturfreund“, Wien 1967, Heft 5.
- 81 Zur Schaffung neuer Seen, Berichte und Informationen, Salzburg, 2. 2. 1968.
- 82 Die zweite Erschließung der Alpen. Zeitschrift „Der Naturfreund“, Wien 1968, Heft 2.

SIEGHARD MORAWETZ, Graz:

KLEINSTMORPHOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN AUF EINER HALDEN-BÖSCHUNG

Während der großen Drauhochwässer in den Sommern 1965 und 1966 kam es zwischen der Eisenbahnbrücke in Villach und St. Martin am rechten Draufer zu beachtlichen Unterwaschungen des Terrassenabfalles, und Terrassenabbrüche und Abrutschungen waren auf dem 35—40 Grad geneigten und um 35 Meter hohen Abfall zu erwarten. Um ein weiteres Unterwaschen von der Drau her zu unterbinden, errichtete man eine sehr massive gegen fünf Meter hohe Mauer. Den leeren Raum hinter der Mauer füllte man mit Geröll, Sand und Erde aus. Über der Mauerkrone schuf man im Sommer 1968 teils durch Abgrabung, teils durch Aufschüttung mit Hilfe von Planierungsgeräten eine sehr einheitliche Haldenböschung. Teile dieser Böschung bildeten vor allem im Stadium ihrer Entstehung ein ausgezeichnetes Beobachtungsfeld für Hangrinnenbildungen und Hangabspülungen, da die Bauleitung immer wieder bemüht war, eine möglichst glatte Oberfläche herzustellen, während jeder Regenguß neue Einschnitte und Abspülungen erzeugte.

Im August 1968 konnten auf Teilen dieser Hangböschung (Neigung 25—30 Grad) auf einer Fläche von 130—150 Quadratmetern eine Anzahl kleinstmorphologischer Beobachtungen, während Regengüsse herabgingen, gemacht werden. Auf dieser Böschung kam es schon nach Niederschlägen, die 5 mm überstiegen, zu Rinnenbildungen. Drei Typen von Rinnen zeichneten sich ab. Einmal solche, die ganz hoch oben auf der Böschung beginnen, dann solche, die erst in einem gewissen Abstand vom oberen Böschungsrand einsetzen und solche, die erst viel tiefer unten auf der Böschung sich einstellen. Einmal entstand eine Großrinne von rund 15 Meter Länge und 50—80 cm Tiefe. Alle anderen Rinnen waren viel kleiner. Ihre Tiefen gingen kaum über 10 cm hinaus. Die Abstände zwischen den kleinen Rinnen betragen 20—50 cm. Auf elf Meter Horizontalentfernung zählte man einmal 32 Rinnen. Diese Rinnen entstanden innerhalb 40—75 Minuten; das aus dem Hang herausgeschaffte Material lag bei 2,5—3 Kubikmetern, was bei 120 m² Hangfläche eine durchschnittliche Abtragung von 2,1—2,5 Zentimetern ergibt. In der Großrinne von 15 m Länge waren es 4—7 Kubikmeter. Hier interessiert weniger die weggeschaffte Menge, sondern das Wie der Rinnenbildung. Die Großrinne verdankte einer Wasserader von 0,5—1 lit/sec., die von der Straße über der Böschung auf diese herabkam, ihre Bildung. Die kleinen Rinnen, die ebenfalls ganz oben an der Böschung ansetzten, gingen auf kleine Wasserfäden, die allenfalls von der Straße und dem anschließenden Hang herabbrannen, zurück.

Die Rinnen, die allein dem Regen, der auf die Böschung fiel, ihr Dasein verdankten, setzten dagegen tiefer unten an und die Abstände von dem oberen Böschungsrand schwankten zwischen zwei und vier Metern. Es machte den

Eindruck, daß diese Rinnen, die auch bald Tiefen von 5—10 cm erreichten, nicht so sehr durch Sickerwasser, das aus dem Erdreich und dem Sand austrat, sondern ebenfalls durch Wasserfäden, die sich im obersten Teil der Böschung sammelten, allmählich stärker wurden und dann zur Tiefenerosion übergingen, ausgewaschen wurden. In all diesen Rinnen nahm die Rinnentiefe hangab nicht oder kaum merklich zu. Man sah deutlich, wie durch den Regen von den steilen 40—50 Grad geneigten Rinnenhängen das feine Material abgespült wurde und sich für kurze Augenblicke in der Rinnenfurche hielt; es aber dann auf einmal zu einer Verfrachtung kam. Das Wasser schoß in der Rinne meist stoßweise herab und die Wasserstöße nahmen das von den Seitenflanken stammende Material mit. Lokale Stauungen traten für kurze Zeit öfters auf. An solchen Stellen füllten sich zeitweise die Rinnen fast bis an den oberen Rand mit Wasser, bis dann plötzlich ein Durchriß mit Wegschwemmung des Hindernisses erfolgte.

Kürzere und unregelmäßigere Rinnen begannen im untersten Viertel bis Drittel der Böschung, wo das in die Böschung eingedrungene Wasser, bedingt durch den Stau, der von der Kaimauer ausging — der unterste Teil der Halde lagerte noch auf der Mauerkrone — austrat. Hier kam es durch rückschreitende Erosion zum Einzug von Rinnen, die etwas seichter waren und nach unten zu sich immer wieder mit Material anfüllten, so daß kleine Schwemmkegel sich aus den Rinnen auf die Mauerkrone hinaus schoben. Die Ursache dafür war der Gefällsknick, den die Mauerkrone bewirkte. Das Auffallende war, daß in all den Rinnen, die nicht durch rückschreitende Erosion entstanden, bald ein Gleichgewicht zwischen der Transportkraft in der Rinnenfurche und dem von den Rinnenhängen herabgespülten Material herrschte. Dieses Gleichgewicht ist es ja, das die weitere Rinnenvertiefung verhindert. Die Proportion lautet $TrR = MHm$. ($TrR =$ Transportierte Menge in der Rinne. $MHm =$ Masse des Materials, das von dem Rinnhang stammt). Je tiefer die Rinnen, desto größer werden die Flächen, die auf die steilen Rinnenhänge mit sehr aktiven Abspülungen entfallen; und umso größere Abspülmengen fallen dort an, während keine oder nur eine ganz geringfügige Vergrößerung des gesamten Rinneneinzugsgebietes eintritt. Dies ist wohl die Hauptursache, warum die Rinnentiefen, wenn das Limit erreicht ist, auf einmal nicht mehr zunehmen.

Eine andere Variable ist der Niederschlag. Läßt der Niederschlag nach, oder trifft — durch Windeinwirkung bedingt— weniger Niederschlag die Rinnenhänge, mindert sich die Abspülung, wie das meist gegen das Ende der Güsse eintritt. In den Rinnen erfolgt dann aber eine Umschaltung zur Erosion, da eine kurze Zeitspanne die Wassermenge in den Rinnen noch fast gleich bleibt, aber die seitliche Materialanlieferung bereits bedeutend geringer ist. So kommt es, daß sich in der Endphase dieser Entwicklung eine ganz kleine Kerbe in der Rinne einstellt.

Bei recht unruhigen Regenfällen, böigem Wetter, stark windgepeitschten Regenschauern aus verschiedenen Richtungen, stellten sich auf dem gleichen Gelände fast keine Rinnen ein; dafür kam es zu kleinen, muscheligen bis bogenförmigen Absetzungen von einigen Quadratmetern, wo im Abrißgebiet Niveaudifferenzen von 5—15 cm auftraten. In den durch die Absetzung verflachten Böschungsteilen unmittelbar unter dem Absetzungsriß bildeten sich ganz seichte, aber flußbaumartig verzweigte Wasserfadensysteme aus, die sich wohl vereinigten, aber nirgends die Kraft zu einer Tiefenerosion erlangten. Hier

genügte die Verflachung gegen die Muschelmitte, trotz Neigung von 5—6 Grad, daß kleinste Schwemmfächer sich absetzten und über 2—3 Dezimeter Wasserstränge mit Dammfußcharakter auftraten.

Am weitesten verbreiteten sich jedoch während der unruhigen Güsse Miniaturerdpyramiden von einigen Zentimetern Höhe. Auch die Anordnung der Miniaturpyramiden war unregelmäßig; nur vereinzelt gab es eine Ausrichtung in Reihen. Dem Tropfenauffall und der Tropfengröße dürfte für die Ausbildung dieser Formen ziemliche Bedeutung zukommen. Bei größeren Tropfen erzeugt die Fallwucht im feinen Sand und Erdreich nicht nur kleine Mulden; auch von dem nach den verschiedensten Seiten weggeschleuderten Material geht eine Wirkung aus. Das Willkürliche und die gegenseitige Beeinflussung der Spritzer, die teils ring- und bogenförmige Verteilung des Spritzwassers sind für eine frühe Sammlung des Wassers in Fäden ungünstig. Bei den größeren Tropfen, die zwar selbst in bescheidener Zahl oft mehr Niederschlag bringen als zahlreiche kleine, die allerdings viel früher eine Fläche gleichmäßig überrieseln als die großen, hat die Einzelwirkung zunächst Bedeutung, dann erst die allgemeine Spülwirkung. Bei den kleinen Tropfen dagegen fällt Einzelwirkung fast ganz aus und erlangt erst ihre Zusammenordnung zu Wasserfäden und Spülflächen Bedeutung. Ist ein geschlossener Wasserüberzug, gleich ob dazu große, mittlere oder kleine Tropfen beitragen, erreicht, herrscht nur mehr die allgemeine Spülung. Dieser Zustand tritt jedoch nur bei sehr heftigen und dichten Niederschlägen ein. So sind bei sehr großen Tropfen (5 mm Durchmesser) rund 500 Tropfen nötig, um eine Fläche von einem Quadratdezimeter ganz zu bedecken, bei 4 mm um 800, bei 3 mm rund 1400, bei 2 mm 3200 und bei 1 mm Durchmesser rund 13 000. Die Niederschlagshöhen betragen allerdings 3.3 : 2.6 : 1.8 : 1.3 und 0.67 mm. Aber die Zeiten, die benötigt werden, um eine Fläche ganz zu benetzen, sind bei dichten kleintropfelfigen Niederschlägen kürzer als bei großtropfigen. So braucht ein kleintropfiger (1 mm Durchmesser) Niederschlag (Tropfendichte 53 pro Sekunde und dm²) nur 4.2 Minuten, ein großtropfiger (5 mm Durchmesser, Tropfendichte 0.42 pro Sekunde) aber zwanzig Minuten; bei 3 und 4 mm Durchmesser sind es rund 12,8 und 16 Minuten. Alle diese Angaben beziehen sich auf 10 mm Niederschlag in einer Stunde. Von den großen Tropfen gehen dabei kleinstmorphologische Wirkungen aus, von den kleinen so gut wie keine. Aber bei der schnelleren flächenhaften Belieferung mit Wasser veranlassen die kleinsten Dellungen wohl früher als bei verzögertem Wasserfall eine Einordnung in bestimmte Bewegungsbahnen, als eine Anordnung in Wasserfäden und Miniaturflußbäumchen. Diese wenigen Hinweise zeigen aber, daß für die Kleinstformung der Art der Wasserdarbietung sicher beachtliche Bedeutung zukommen muß. Wie und wann sich diese Erstformen wandeln, hängt von einer zu großen Zahl von Faktoren und Möglichkeiten ab, um selbst auch nur bescheidene verbindliche Aussagen machen zu können.

HANS KRAWARIK, Wien:

DER LAUENSEE AM WARSCHENECK

Gerade in Karstgebieten erlebt der Forscher immer wieder Überraschungen historisch-geographischer Natur. Jahrhunderte können in den Kalkgebieten der Alpen oft einprägsame landschaftliche Veränderungen hervorrufen. Ein Gebiet starker Karsterscheinungen befindet sich um Windischgarsten in Ober-