

Werk

Titel: Beiträge zur Morphologie des nördlichen Appennin

Untertitel: hierzu Tafel 6

Autor: Braun, Gustav

Ort: Berlin

Jahr: 1907

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657_1907 | LOG_0195

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Vorträge und Abhandlungen.

Beiträge zur Morphologie des nördlichen Appennin.

Von Dr. Gustav Braun,
Privatdozent der Geographie an der Universität Greifswald.

(Schluß.)

(Hierzu Tafel 6.)

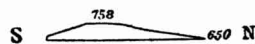
Mechanismus der Bodenbewegungen in den Scherbenton-Regionen¹⁾.

Die Anfangsstadien der Bodenbewegungen in den Scherbenton-Regionen sind nur an solchen Stellen zu sehen, die von lebhafter Erosion noch nicht erreicht sind, d. h. auf Flächen, die mehr oder weniger unversehrt aus der Zeit der Fastebene sich erhalten haben. Solche Örtlichkeiten sind nicht allzu häufig, da im allgemeinen in den Scherbenton-Regionen die Flusstäler mit ihren Erosionsböschungen liegen. Und selbst wo noch Riedel aus Tongestein erhalten zu sein scheinen, beweisen eben die auf ihnen stattfindenden Bodenbewegungen, daß trotzdem hier die Abtragung arbeitet, und Götzingers Untersuchungen (337) haben gezeigt, welche Wirkungen dieser Vorgang auszuüben vermag.

Die Bewegungen werden veranlaßt durch die allwinterliche starke Durchtränkung der oberflächlichen Schichten, denen ein starkes Ausdörren im Sommer gegenübersteht, da nur dürftige Vegetation den Boden vor Besonnung und andererseits Regen schützt. So entstehen klaffende Spalten, in die von neuem im Herbst das Wasser eindringt, und es resultiert eine langsame, gleitende Abwärtsbewegung ganzer Abhänge. Diese Bewegung der oberflächlichen Schichten ist bei Ton-

¹⁾ Während der Korrektur dieses Teiles erschien das Ergebnis der von der Italienischen Geographischen Gesellschaft aufgenommenen Statistik der Frane, bearbeitet von Almagià (385). Die Arbeit bringt eine sehr gute Chorologie aller Frane des Gebietes zum Teil mit charakteristischen Abbildungen. Der zweite Teil behandelt treffend den Zusammenhang von Frane und Regen, sowie die morphologische Bedeutung, wobei nur allgemein Bekanntes wiederholt wird. Gute Karte der Verbreitung der Frane im Maßstab 1 : 500 000.

gesteinen das Anfangsstadium, I, bei härterem Material führt sie zur Hakenbildung und zur Abrundung der Bergformen, ohne in erheblich grössere Erscheinungen überzugehen. Sie ist außerordentlich weit verbreitet, nicht nur im Appennin, sondern auch in vielen anderen Gebirgen und Hügelländern; ein Beispiel aus den Alpen bildet F. Ramann ab (116, S. 50), aus Schweden beschreibt Ähnliches R. Sernander (264), eingehender verfolgt den Vorgang Göttinger (337). Als geeignete Örtlichkeit zur Beobachtung dieses Stadiums erwähne ich die Umgebung des Passo della Radicosa im Appennin von Bologna, namentlich den Weg, der von dort nach Piancaldoli führt. (Quadrante 98 I. Lojano. 1 : 50 000.) Der lange, allmählich sich abböschende Rücken der Wasserscheide zwischen den Quellgebieten von Sillaro und Idice besteht in seiner Hauptmasse aus Schuppentonen, über denen, mit wechselndem Einfallen, eine Decke des eocänen Macigno ruht, die im Monte Canda (1161 m) und Tre Poggioli (966 m) die Gipfel bildet. In den Scherbentonien steckt eine ganz außerordentlich große Menge von Serpentin, deren grüne, rote und schwarze Farben das meist helle Grau der Ton- und Kalkhänge seltsam unterbrechen, als Zeugen einer anderen Welt. Einer der größten



Abbild. 49.

Stöcke ist der Sasso di San Zenobio, an dem die Strafse vorbeiführt, um dann eine Stelle zu erreichen, wo die Scherbentone auf eine Strecke von etwa 1000 m die Wasserscheide zwischen den Quellbächen des Sillaro im Norden und der Diaterna im Süden bilden. Weiter im Osten erhebt sich mit Gefällsbruch der Macigno-Zug des M. Alafine. Diese Stelle möge Sattel von Piancaldoli heißen, sie liegt auf der Vogelschen Karte im Stiellerschen Atlas unmittelbar südlich der Quelle des Sillaro. Das Profil (Abbild. 49) veranschaulicht die Neigungsverhältnisse, nach Norden etwa 10° , nach Süden etwa 15° . Dementsprechend ist die Gestaltung der Bodenbewegungen. Die Nordseite ist vollständig mit dichtem Rasen überzogen, der sich mit den gleitenden Schichten in lange Wülste und Kuppen gelegt hat, die im allgemeinen senkrecht zur Neigung verlaufen und 0,5 bis 1 m Höhe erreichen. An vielen Stellen durchzieht die Rasendecke ein Netzwerk von Spalten, an denen ich über 5 cm Breite und bis zu 80 cm Tiefe beobachten konnte. Dieser Zerklüftung des Bodens entsprechend geht die Entwässerung in der Tiefe vor sich; an der Oberfläche fehlt bis weit hinab jede Spur eines auch nur zeitweilig benutzten Bachbettes, trotzdem die Bodengestalt ein solches fordert. Dieser Mangel ausgebildeter Entwässerungslinien ist

charakteristisch: die gesamte Wassermenge dient zur Durchweichung der oberflächlichen Bodenschichten und bewegt sich in diesen und mit diesen zu Tal, eine Form der Abtragung, die bisher wenig berücksichtigt ist. Stärkere Niederschläge sammeln sich mitunter in kleinen sumpfigen Löchern, und im Frühjahr findet an einer oder beiden Seiten der sich bewegenden Erdmasse vorübergehend ein oberirdischer Abfluß statt, niemals aber in der Mitte des Talgrundes; hier liegt vielmehr eine Aufwölbung.

Stärker ist das Gefälle der Südseite des Sattels von Piancaldoli, auch greift hier lebhaftere Erosion ein. Deshalb sind die Gleitbewegungen hier in einem weit vorgeschrittenen Stadium, wobei noch hinzu kommt, daß die Südseite im Sommer außerordentlich trocken ist, weshalb sich die einmal in die Vegetationsdecke gerissenen Lücken kaum wieder schließen, sondern auch ihrerseits Anlaß zu neuen größeren Bewegungen geben.

Die Weiterentwicklung hängt davon ab, daß ein Impuls hinzutritt, der stark genug ist, an irgend einer Stelle des gleitenden Abhanges den Zusammenhang längs einer Linie zu zerreißen, die senkrecht zu der Richtung der Bewegung steht. Ein solcher Impuls wird in den meisten Fällen in rascher, verstärkter Wasserzufuhr bestehen, wenn wir Ereignisse wie Erdbeben oder Eisenbahnbau ausschließen. Eine solche verstärkte Wasserzufuhr kann eintreten als Folge ungewöhnlich starker Niederschläge, besonders nach schneereichen Wintern. Die Zerreißung erfolgt in diesem Fall an irgend einer Stelle des Abhanges, den wir unserer Betrachtung zugrunde gelegt haben. Diese Stelle läßt sich angenähert voraussagen, wenn man bei Kenntnis der Neigung¹⁾ über die Tiefe der gleitenden Bewegung eine bestimmte Annahme macht, die Kohäsion des Gesteines und sein Gewicht plus dem einer bestimmten Wassermenge und den Reibungskoeffizienten in Rechnung bringt. Die vorher bestehende Zerklüftung des Bodens, wechselnde Kohäsion u. a. führen aber zu solchen Schwankungen der vorauszusetzenden Größen, daß die Durchführung der Rechnung in den meisten Fällen illusorisch wird (vgl. E. Reyer über diese Faktoren 35 und 224, S. 401). Die unterhalb dieser Linie befindliche Masse rutscht als Schlipf abwärts, bis die Bewegung an einem Hindernis oder durch vermehrte Reibung zum Stehen kommt.

Als Beispiele²⁾ für solche am Anfang größerer Entwicklung stehende Rutschungsgebiete auf Riedelflächen nenne ich verschiedene

¹⁾ von der die Stelle wesentlich abhängt. Vgl. 38, S. 41 und Taf. II 12.

²⁾ Vgl. das vorzügliche Bild von F. Toulà in 345, S. 570, auch Lehrb. d. Geol. 2. Aufl. Wien 1906, S. 90.

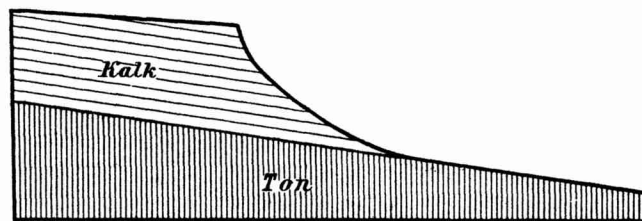
Partien an dem erwähnten Wege zwischen dem Passo della Radicosa und dem Sattel von Piancaldoli, wo auf dem nach der Diaterna zu gelegenen Abhang in den letzten Jahren verschiedene Erdschlipfe abgegangen sind. Als förderndes Moment kommt hier der Straßensbau in Betracht, durch den die Böschungsverhältnisse erheblich gestört wurden. Die Neigung des Hanges beträgt nur etwa 8° , dementsprechend sind die Schlipfe von geringer Größe.

Diese Schlipfe (Stadium II) haben in allen mir bekannten Fällen ein und dieselbe typische Gestalt. Während die Bewegung im Stadium I flächenhaft vor sich geht, erfolgt sie jetzt längs einer Linie parallel dem Gefälle, und die geschaffene Form ist immer von erheblicher Länge im Verhältnis zur Breite. Ich kenne keinen Fall, wo die Lostrennung gleichzeitig auf längere Erstreckung erfolgt wäre. Die Ursache für dies Verhalten, dessen Gegenteil an sich sehr wahrscheinlich und wohl auch in anderen Gegenden vorhanden ist, erblicke ich in dem meist an einem Punkt erfolgenden Ansatz des Impulses. Die Form des Abrifsgebietes ist also eine gestreckte, und ebenso die der Ablagerung, wie das meine Skizze (Abbild. 51) andeutet. Die ebenfalls gestreckte Sturzbahn ist kurz und meist unter der Ablagerung vergraben. Auf solche gestreckten Erdschlipfe, bei denen ein Durcheinandermengen der bewegten Masse stattfindet, möchte ich den Ausdruck „Frana“ beschränkt wissen; ihre genauere Gestalt zeigen besser noch weiter entwickelte Stadien.

Mit diesem Vorgang sind die Bewegungen abgeschlossen, die sich auf Abtragungsflächen vollziehen. Bei der lebhaft vor sich gehenden Talvertiefung im Appennin reicht in den meisten Fällen die Tiefen-Erosion längs einzelner Linien auch auf diese Riedelflächen. Tritt dann als Impuls noch Quellentätigkeit an der Grenze zwischen einem der häufigen Deckgesteine und den Tonen hinzu, so ist die geschilderte Form nur der Übergang zu lebhafteren Erscheinungen¹⁾, die an den von der Erosion angegriffenen Böschungen lokalisiert sind. Aber Stadium I vermag auch im Appennin, wenigstens an manchen Stellen, die Riedel zu Rücken abzurunden. Die normale Gesteinsfolge im Appennin ist so, daß über den Argille scagliose eine Decke durchlässiger jüngerer Gesteine liegt, meist sandig-kalkiger Ausbildung. Auf dieser Decke flossen in den meisten Fällen die Flüsse der Fastebene,

¹⁾ Bis zu diesem Punkt liegen im Appennin dieselben Erscheinungen vor, wie sie Göttinger (337) vom Wiener Wald beschreibt. Während aber dann dort durch „Auslaufen“ der Zunge und Verflachen der Abrifsstelle ein Ausgleich eintritt (S. 25), ist ein solcher unter den klimatischen und Vegetationsbedingungen des Appennin schwerer möglich: die Störung der Böschung greift in den meisten Fällen weiter um sich.

bei ihrer Hebung wurden sie gezwungen, in die Tiefe zu arbeiten. Die Täler hatten das normale Profil, so lange die Flüsse im Deckgestein blieben. Die Unterlage erreichten sie im allgemeinen zuerst an dem tiefst gelegenen Punkt ihres Laufes, und die hier beginnenden Schlipfe, Stürze und Abbrüche schreiten rückwärts fort. Das nachgiebige Tongestein führt zu Abbrüchen der Decke, unterstützt durch die Tätigkeit der Schichtquellen, wo solche vorhanden sind. Die Talwände weichen somit rascher zurück, als es in indifferentem Gestein der Fall sein könnte (172, Taf. XXVI. 75 und S. 89). Tritt eine Pause in der Tiefenerosion ein, so kann ein Ausgleich erfolgen und das erreichte Profil sieht dann, wie folgt, aus (Abbild. 50):



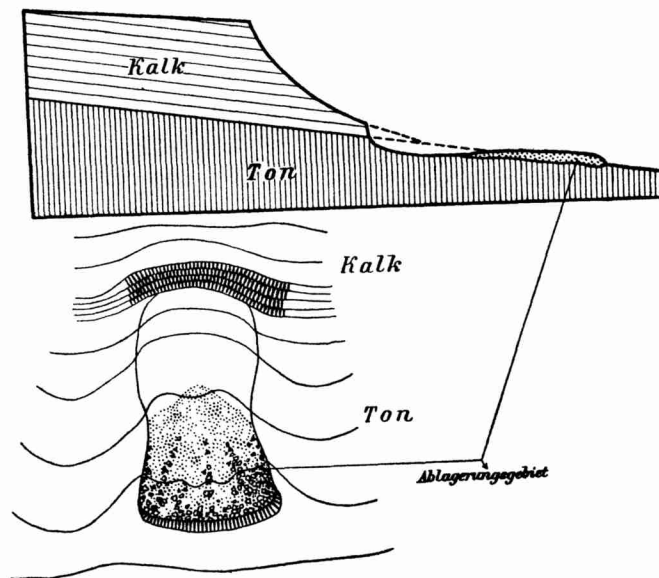
Abbild. 50.

Dieses Profil sei wegen seiner Allgemeinheit und weil an ihm die charakteristischen Formen gut hervortreten, Ausgangspunkt der Darstellung. Ein solcher Tonabhäng bleibt beständig den Gleitbewegungen von Stadium I unterworfen und sowie ihn die Erosion wieder anschneidet, reißen Frane ab, die sich um so rascher weiter entwickeln, als an vielen Hängen Schichtquellen eine dauernde starke Durchtränkung von oben und innen her bewirken und so an vielen Stellen auslösend wirken. Durch das Abreißen der ersten Frana auf dem angenommenen Hang (Abbild. 51) werden außerdem große Partien des Bodens dem Einfluss der Atmosphären preisgegeben, in denen stürzende Teile des Deckgesteins stets von neuem Wunden reißen. Im Abrissgebiet muß also unter den klimatischen Bedingungen des Appennin kräftige Erweiterung einsetzen.

Ist an einem Abhang eine Frana vor anderen durch kräftige Impulse, insonderheit Zuführung von Grundwasser, begünstigt, so kann ihr Abrissgebiet sich durch ständig wiederholte kleine Schlipfe stärker erweitern als das anderer Frane. Infolgedessen zieht sie deren Abrissgebiet allmählich in ihren Bereich, so daß die kleinen verkümmern. Aus ihren Rückwänden entstehen die steilen, zerrissenen Tonwände, die in reiferen Franagebieten die Abhänge in mehreren Stufen durchziehen und ihrerseits durch Abspülung rasch zurückweichen (338).

Während der Erweiterung des Abrifsgebietes bleibt die Zunge der Frana im ganzen unverändert; das hinzutretende Material häuft sich auf, und das Ganze bewegt sich in Intervallen langsam abwärts, stärker im Herbst und Winter, am meisten im Frühjahr, nur schwach im Sommer.

Aus der Kombination all dieser Prozesse geht die typische Franaform hervor, wie sie auf Tafel 6 dargestellt ist an einem Beispiel aus der Umgebung von Vergato. Die Form gibt am besten das Wort „Gletscher“ wieder, wobei dann das Abrifsgebiet der Firnmulde, das Ablagerungsgebiet der Zunge entspräche, die hier wie dort mit Spalten durchsetzt und bepackt mit Blöcken endigt¹⁾ (Abbild. 52). Ein Studium der Bewegungen und Veränderungen in diesem Franagebiet sollen die auf



Abbild. 51.

Tafel 6 reproduzierte Karte und die Abbildungen ermöglichen. Die Karte habe ich mit Kompaß und Bandmaß aufgenommen. Bei der Konstruktion ergab sich dann allerdings, daß ein Teil der Kompaßpeilungen unbrauchbar war; die Genauigkeit ist indessen doch so groß, daß es möglich sein wird, alle irgendwie erheblichen Veränderungen zu erkennen. Bei den photographischen Aufnahmen ist der Standpunkt des Apparates jedesmal eingemessen, die Lage der Bildmittellinie und

¹⁾ W. C. Kerr (315) hat 1881 das Wort „Erdgletscher“ für Schuttströme eingeführt, deren Oberfläche sich in einem Niveau mit dem Abhang befindet. Eingebürgert hat es sich nicht.

die Neigung bestimmt, so daß es möglich sein wird, bei späteren Besuchen der Örtlichkeit, einen Apparat wieder in genau dieselbe Lage und Stellung zu bringen und dann die Aufnahmen direkt zu vergleichen¹⁾.

Mit diesem Stadium II ist die Reife des Rutschungsgebietes erreicht, und es bleibt in seiner Wesenheit lange Zeit konstant. Das Abrifsgebiet dehnt sich weiter und weiter aus, die Zunge aber verändert sich wenig; sie fängt hier und da an, sich mit Vegetation zu bedecken, durch Zusammensacken läßt die Beweglichkeit nach, das Niederschlagswasser kann nach und nach ein kleines Bachbett herstellen, das sich im Laufe der Zeit auch dauernd gegen Verschüttung zu behaupten vermag, wenn es auch meist im Hochsommer trocken daliegt. Ähnlich ist der Vorgang im Abrifsgebiet; bei der weitergreifenden Ausdehnung wird die Neigung allmählich so gering, daß das abrutschende Material nicht bis auf die Zunge gelangt, sondern sich vorher staut. So können sich auch hier gröfsere Teile mit Vegetation bedecken und sich Bäche ausbilden; nur am oberen Rande bleibt die Rutschungstätigkeit dauernd in vollem Gange, hier entstehen sekundäre Frane. Damit ist Stadium III, das entwickelte Frana-System, erreicht, charakterisiert durch einen Bach, der die Hauptzunge zerschneidet und von sekundären Franen Quellrinnsale erhält.

In diesem Bach ist ein neuer, ständig wirksamer Impuls entstanden, der das Frana-System in beständigem Rückwärtsschreiten erhält, indem er der Tiefenarbeit des Hauptflusses folgen muß. So werden die Frane immer wieder belebt, so lange Tiefenerosion überhaupt stattfindet; in das Altersstadium können sie erst eintreten, wenn das Gebirge so weit abgetragen ist, daß das abrutschende Material sich staut und liegen bleibt. Die Folge ist Herstellung eines gleichmäßigen Gefälles vom Deckgestein auf das Tongestein, und in letzterem höchstens eine Bewegung, die dem Stadium I entspricht.

In dem Becken von Vergato sind diese Stadien in schön ausgebildeten Formen zu beobachten (Abbild. 54²⁾). Der zum Reno sich senkende Abhang zeigt links zwei Frane, die, vor etwa 8 Jahren gefallen, so frisch aussehen, als wären sie erst wenige Tage alt; völlig steril schiebt sich ihr grauer Körper bis an die Strafse vor (Abbild. 53),

¹⁾ Es dürfte im Appennin nicht möglich sein, in so kurzer Zeit befriedigende Messungen vorzunehmen, wie es Götzinger (337) im Wiener Wald dankenswerter Weise getan hat. Ich glaube auf obigem Wege die Veränderungen genügend erkennen zu können.

²⁾ Der Winkel auf dem Bild $\circ <$ bezeichnet den auf der Photographie sichtbaren Kartenausschnitt, wobei der Kreis den Fußpunkt des Apparats angibt.

in der Höhe überragt von den zerrissenen Wänden der Scherbentone (Abbild. 55), die in Absätzen den Abhang durchziehen. Darüber die Abrifsgebiete, ein Meer von Ton und Blöcken, an dessen oberem Rand immer weitere Streifen abgleiten (Abbild. 56). Rechts dagegen (Abbild. 54) liegt ein Frana-System vom Stadium III mit eingeschnittenem Bachbett und sekundären Frane im Abrifsgebiet, das fast schon übergreift in den Bereich der kleineren Schlipfe.

Anders verlaufen die Erscheinungen, wenn das Tongestein allein den Einflüssen der Erosion ausgesetzt ist.

Ausgangspunkt der Betrachtung möge auch hier ein Abhang sein, der sich sanft zu einem Tale senkt, in dessen Mitte ein Fluß sein Bett einzuschneiden beginnt, also eine Form, wie sie sich bei Beginn der Hebung der appenninischen Fastebene an einigen Stellen fand. Der Fluß strebt, wenn, wie hier, das Tempo der Vertiefung kein zu langsames ist, seinem Tal die normale V-Form zu geben. Bei der Beschaffenheit der Scherbentone gelingt ihm dies nur zum Teil. Ihr großer Böschungswinkel an trocknen Stellen begünstigt steile Wände, aber in allen Vertiefungen, in denen atmosphärisches Wasser eine Erweichung des Tones bedingt, erfolgt ein Abgleiten, ein Rutsch, der zwischen den Rippen eine Nische schafft. Es entstehen Formen, wie sie den Erosionskesseln der pliocänen Tone eigen sind, und erst wenn die in die Tiefe gehende Tätigkeit des Flusses nachläßt, beginnt derselbe sein Bett zu erweitern; dann stellt sich durch umfangreichere Schlipfe das normale Gefälle der im Ton liegenden Talwände her, mit einem Verlauf der Isohypsen, wie ihn de la Noë und Margerie (172, Taf. VIII. 17 S. 27 f.) skizzieren. Bei Wiederbelebung der Erosion beginnt das Spiel von neuem, aber immer zeigen die Talwände zuerst durchaus steile Formen, und die Überführung in flachere ist in vielen Appennin-Tälern bis jetzt noch nicht erreicht; es fehlt hier der vom Deckgestein ausgehende Impuls, und deshalb greifen die Bewegungen auch nur in geringem Maße nach oben weiter.

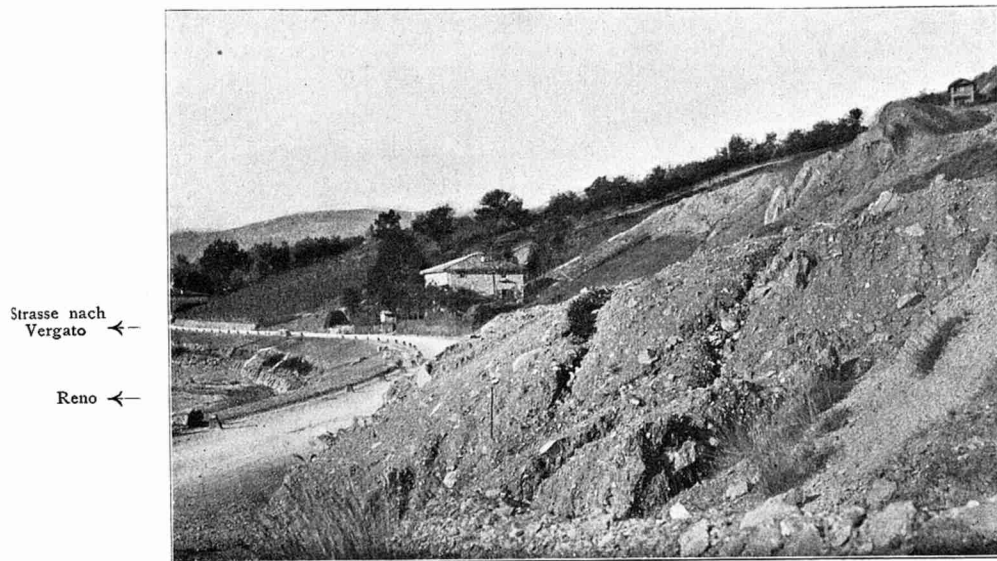
Die morphologische Bedeutung der Frane.

Alle denkbaren Arten von Bodenbewegungen sind Vorgänge, welche die Erosion begleiten und die Abtragung beschleunigen; sie sind Komplikationen der bisher meist einfacher aufgefaßten Vorgänge der Talvertiefung und Denudation, und in weit allgemeinerem Maße beteiligt, als z. B. Löwl (201, S. 62) noch anführt, der nur die Anhäufung der Schuttmassen in den Tälern mit ihren Folgen in den Kreis ausführlicher Erörterung zieht. Dergleichen katastrophenartige Vorgänge fehlen im Appennin nicht; wiederholt haben Bergrutsche statt-

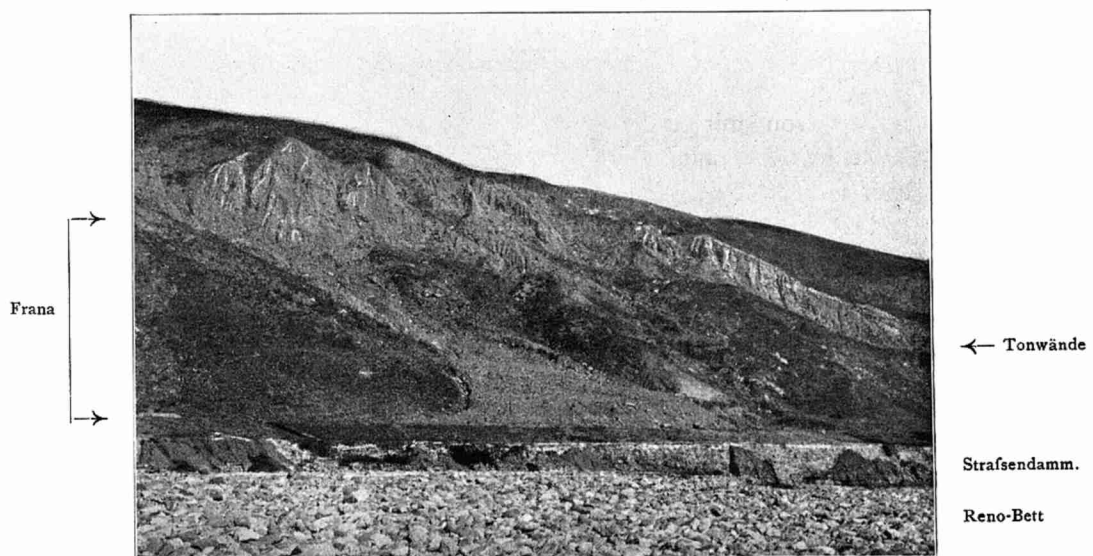
gefunden, welche Gewässer zu Seen aufstauten, die allerdings meist nur ein ephemeres Dasein führen. So wurde, um nur ein mir bekanntes Beispiel zu erwähnen, durch den Bergsturz von Lama Mocogno 1879 die Scoltenna zu einem See aufgestaut, der bei 484 m Meereshöhe 850 m Länge und 250 m größte Breite erreichte. Der See ist heute, wie ich mich überzeugte, vollständig abgelaufen, nachdem die Scoltenna den Riegel durchsägt hat; er ist aber noch auf den italienischen Generalstabskarten und Mefstischblättern eingetragen. (Andere Beispiele 43, 46, 50.) Diese größeren Vorgänge verschwinden in ihrer Bedeutung gegenüber den viel allgemeineren der Scherbenton-Regionen, wenn sie auch sicherlich die Entwicklung manches Wasserlaufs gehemmt haben.

Alle Bodenbewegungen, welche die Tiefenerosion begleiten, sind von vornherein an die Täler geknüpft, wo sie auf zweierlei Weise umformend wirken, einmal direkt talbildend, indem der von einem Rutsch geschaffene Hohlraum und Einriß von einem Bach in Besitz genommen wird, zweitens durch Abtragung der Gehänge, die schneller vor sich geht, als normal wäre, wobei auch die benachbarten Deckgesteine in Mitleidenschaft gezogen werden.

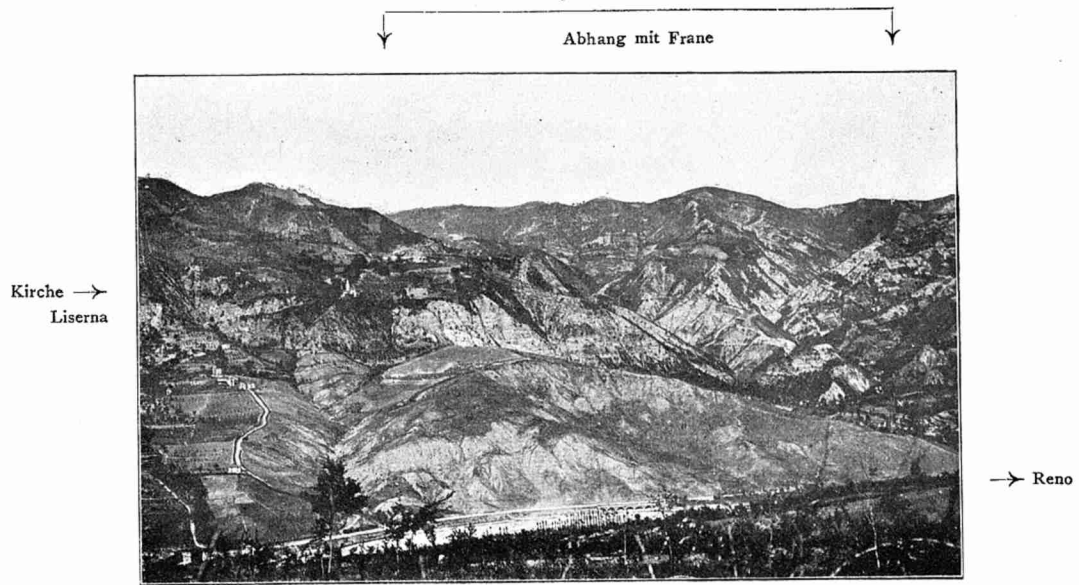
Der Entstehung eines Baches in der Nische, die ein Rutsch oder Sturz geschaffen hat, steht im Wege die Geringfügigkeit der topographischen Änderung im Abrifsgebiet, wie sie Heim z. B. hervorhebt (40, S. 23) und wie sie auch aus den Güntherschen Abbildungen (298) selbst für so groÙe Fälle wie den von Elm klar hervorgeht. Ganz ähnlich die von mir unter einer Gruppe zusammengefaßten groÙen Einzelfälle im Appennin, wo z. B. das Abrifsgebiet von Lama Mocogno eine flachwellige Mulde darstellt, in der von Gewässerentwicklung noch keine Rede ist. Und ebenso hat der vorige Abschnitt gezeigt, daß es in den Scherbenton-Regionen langer Zeit bedarf, bis sich der immer wieder verschüttete Bach zu behaupten vermag. Immerhin entsteht im Laufe der Zeit in jeder solchen Nische ein Bach, der allerdings nur im Winter Wasser führt, zumal bei jedem Rutsch eine, wenn auch geringe, Exaration des Untergrundes stattfindet. Da das Tongestein an und für sich an keiner Stelle für einen Wasserlauf günstigere Bedingungen bietet, als an einer anderen, so tragen die Bodenbewegungen wesentlich zur Lokalisierung solcher bei, und das Maß ihrer Dichte auf einem gegebenen Gehänge bestimmt auch die Dichte der Zuflüsse, die an und für sich wie „Wurzelfasern“ (Lapparent 340, S. 84) sich verzweigen müßten, so aber zusammengefaßt werden. Das geschilderte Beispiel aus dem Becken von Vergato zeigt, wie dicht nebeneinander Frane einen Abhang durchpflügen können, und dementsprechend gleicht,



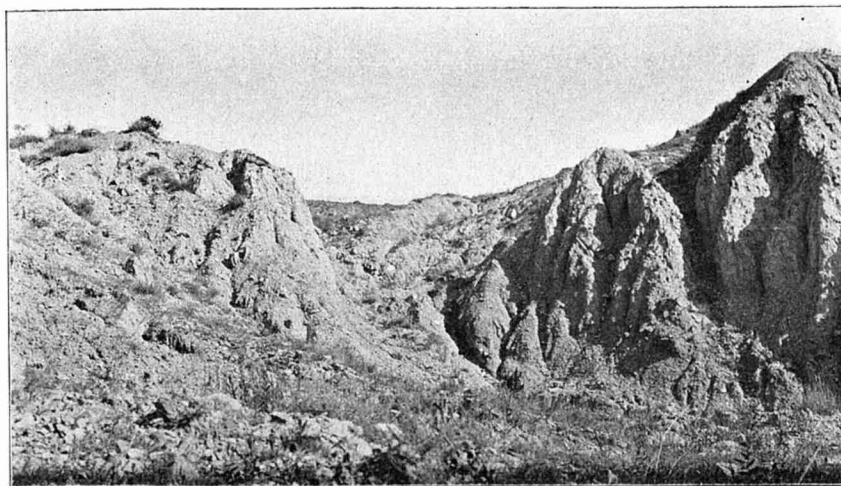
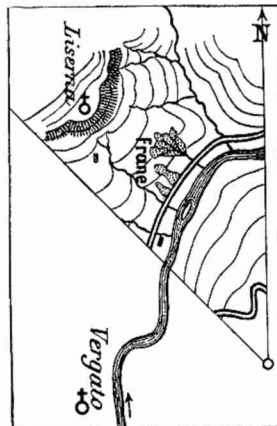
Abbild. 52. Zunge der Frana von Vergato.
Im Hintergrund Süden.



Abbild. 53. Frana von Vergato.



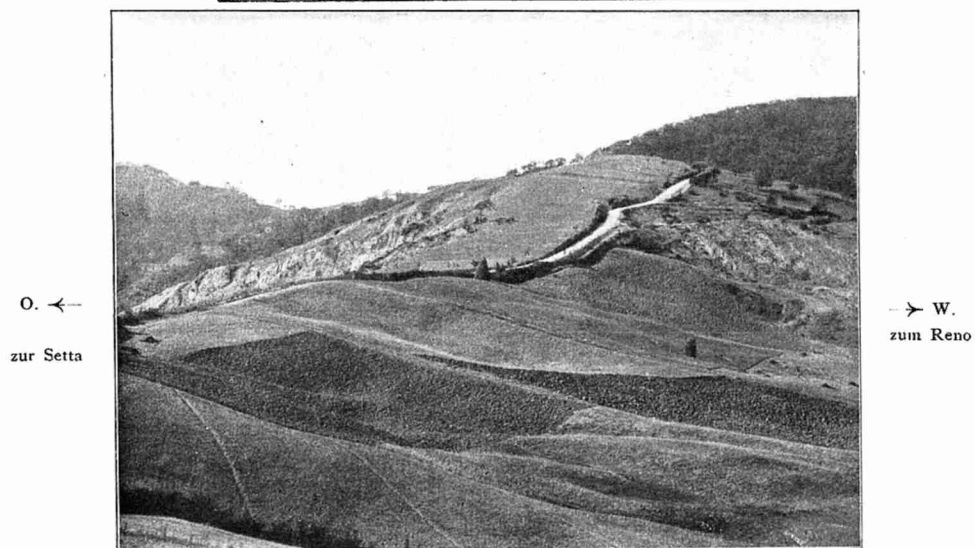
Abbild. 54. Frane von Vergato.



Abbild. 55. Wände der Scherbentone.
Frane von Vergato.



Abbild. 56. Abrifsgebiet der Frana von Vergato.



Abbild. 57. Sattel von Grizzana.
Ein auf beiden Seiten von Rutschungen angegriffener Rücken.

um in dem Lapparentschen Bilde zu bleiben, ein Hauptfluß mit seinen Nebenbächen in den Argille scagliose einer Pfahlwurzel, von der sehr dicht nach beiden Seiten hin Wurzelhaare absteigen, im allgemeinen senkrecht, manchmal als Abdachungsflüsse auch schräg hinführend. Die Betrachtung des Mechanismus der Frane lehrt, daß unter gleichen Bedingungen alle an einem Abhang gelegenen sich in gleicher Weise weiter entwickeln. Demnach ist auch kein Bach vor dem anderen bevorzugt, und sie bleiben alle auf dem gleichen Stadium der Unvollkommenheit, während das Gehänge zwischen ihnen der starken Abspülung wegen gleichmäßig zurückweicht und nicht etwa als Sporn hervorragt, wie in anderen Gesteinen. Ist aber eine Frana durch Durchtränkung infolge einer Quelle vor den anderen begünstigt, so ist damit die Vorbedingung zur Entstehung eines größeren Zuflusses gegeben, der sich in solchem Fall auch sehr rasch in und durch das Deckgestein hindurcharbeiten kann.

Man kann also sagen, daß die Frane bei der ersten Anlage der untergeordneten Zuflüsse größerer Täler eine entscheidende Rolle spielen und daß eine durch ihren Impuls besonders begünstigte Frana die Anlage hat, der Ausgangspunkt eines bedeutenden Zuflusses zu werden. In besonderen Fällen kann sich die Bedeutung der Bodenbewegungen in Bezug auf die Talanlage auch noch in stärkerer Weise äußern.

Zwei solcher Fälle mögen hier erwähnt werden. Unterhalb Sasso (Tavoletta Praduro e Sasso. 87. II. S.O. 1 : 25 000) schneidet ein jetzt nur noch vom höchsten Hochwasser benutzter Mäanderbogen des Reno mit einem Radius von etwa 500 m in das rechte Ufer ein; der Fluß berührt auf diesem Wege pliocäne graue Tonmergel, die von gelbem Sandstein des Astiano überlagert werden, die Schichten fallen schwach nach Nordosten ein. Die oben ziemlich abgeflachten Hügel überragen das Flußbett um etwa 75—100 m, diese Höhendifferenz wird in steilem Anstieg überwunden. Der erodierende Reno hat an der Stoßseite der Kurve eine noch heute sterile Wand geschaffen, während ein wenig oberhalb, wo die Erosionskraft gering war, dagegen die Transportkraft groß, sich in den Steilhang mehrere Nischen eingefressen haben, die zur raschen Ausbildung kleiner Bachsysteme Ansatzpunkte boten. Das hier schnell vorbeiströmende Wasser hatte die Fähigkeit, alles ihm als Produkt der Bodenbewegungen zugeführte Material mit sich fortzuführen; und dieser Kraft ist es zuzuschreiben, daß sich in solchen Fällen, wo nicht immer wieder Verschüttung eintritt, aus oberflächlichen, randlichen Einsenkungen, die vielleicht Schlagregen veranlaßt hat, schließlich größere Kessel ausbilden können, deren Wände, durch immer wiederholtes Abgleiten großer Partien, in raschem Rückschritt begriffen sind.

Regen und der aus Grundwasser an der Grenze von Ton und Sandstein entstehende Bach schwemmen das Material hinaus, von wo es der Reno dann fortgeführt hat. Der längste der auf diesem Wege entstandenen Bäche hat sich 200 m weit nach rückwärts eingeschnitten. Die Entwicklung geht jetzt nur noch langsam weiter, da der Reno seinen Lauf verlegt hat und überdies das abfließende Material künstlich gestaut wird, um die vorbeiführende Strafe vor den Schlammströmen zu schützen. So haben jetzt alle diese Kesseltäler einen nahezu horizontalen Boden, der mit hochstämmigen Pappeln bewachsen ist. Es ist nicht zu bezweifeln, daß auf diesem Weg (Penck 311, I, S. 375) manches Flußsystem des pliocänen Sub-Appennin entstanden ist.

In noch ausgedehnterem Maß treten Bodenbewegungen und rück-schreitende Erosion zusammen auf beim Kampf um die Wasserscheide. Gelegenheit zur Beobachtung ziemlich lebhafter Erscheinungen dieser Art bietet der Sattel von Grizzana (Abbild. 57¹⁾, der zwei namenlose Zuflüsse des Reno im Westen und der Setta im Osten trennt, mit etwa 550 m Höhe. (Quadrante Vergato. 98. IV 1 : 50 000). Die Umgebung ist eine der wenigen Stellen im Bolognesischen, die einmal einer Spezialkartierung unterzogen ist, die Vinassa de Regny ausgeführt hat (259). Danach haben wir als Grundlage die Argille scagliose, denen eine Decke von mittelmioçänem Sandstein aufgelagert ist. Diese Decke, welche die Höhen überzieht, hat zwischen Grizzana und den Vorbergen des M. Stanco eine Lücke von annähernd 750 m Breite. Diese Lücke stammt aus der Zeit der Einebnung, ist also eine Riedelform. Daß gerade an dieser Stelle die Decke durchbrochen wurde, ist der Lagerung zuzuschreiben: das tiefste einer ganz flachen Synklinale lag an dieser Stelle, so wurde hier das Grundwasser zusammengeführt und dadurch ein sehr kräftiger Impuls geliefert. Gegenwärtig befindet sich die Wasserscheide in einem Zustand, der in die von A. Philippson aufgestellte Klassifikation nicht recht hineinpaßt (230a, S. 314). Man könnte sie, von dem Zustand der Einebnung ausgehend, bezeichnen als primär flach, durch Annäherung der Erosion beiderseitig zugeschärft.

An einer solchen Wasserscheide sind zweierlei Vorgänge wirksam: auf dem Rücken Gekrieche und Schlipfe, an den beiden Abhängen starke Frane und Abbrüche. Letztere erweitern hier den Bereich direkter Erosion, die in solchen Fällen die Wasserscheide allein durch die Tätigkeit des Wassers nicht erreichen könnte (Philippson 230b, S. 76). Penck (311, I, S. 328) hat es hervorgehoben, wie ein Bach durch fortgesetzte

¹⁾ Vgl. Anm. S. 516.

Erosion die steileren Gefällspartien nach seinem Ursprung hin zusammenschiebt, so daß dort schließlich Abbrüche stattfinden müssen. Ein sehr schönes Beispiel bietet der vorliegende Fall, wo, trotzdem die beiden Bäche hier oben nur sehr geringe Erosionskraft haben, die Frane mit großer Energie sie nach rückwärts verlängern, so lange die Bäche nur das abgerutschte Material fortschaffen können. Derartige Bewegungen müßten in jedem Gestein auftreten; sie sind hier aber besonders intensiv, da es sich um Scherbentone handelt, wo die einmal eingeleiteten Rutschungen erst nach Erreichung einer sehr gestreckten Endkurve zur Ruhe kommen. In dieser Erweiterungsfähigkeit der Erosion liegt ein wichtiger morphologischer Faktor vor; über die Richtung seines Eingreifens lehrt das vorliegende Beispiel, daß er im allgemeinen geradlinig rückwärts wirkt von der Stelle aus, an der die Bewegungen eingesetzt haben. Demnach ist hier die sich selbst erneuernde Kraft der Frane größer als der durch Durchtränkung veranlaßte Impuls, da sich sonst die Bewegungen nach rechts und links den Quellhorizonten der Deckgesteine zuwenden müßten.

Die bisherigen Darlegungen betrafen die Rolle der Bodenbewegungen bei Anlage und rückwärtiger Erweiterung von Tälern. Sie verlieren ihre Bedeutung aber nicht bei den weiteren Stadien der Talbildung: bei der Vertiefung und der Erweiterung. Sie schaffen bei vorherrschender Tiefenerosion charakteristische Formen und wirken bei Seitenerosion auf den Fluß ein, während sie das Gehänge abtragen.

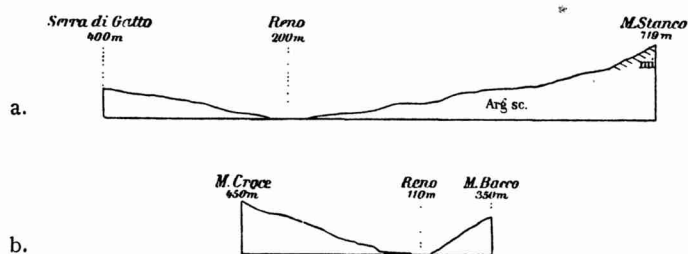
Wie die kleineren sich stark vertiefenden Täler in den Scherbenton-Regionen aussehen, ist bei Gelegenheit des Mechanismus der Frane schon erwähnt: an allen der Erosion ausgesetzten Böschungen entstehen steile Rippen mit tiefen Nischen, alles in kleinem Maßstab. Ein durch ein solches Tälchen gelegtes Querprofil ist V-förmig, wenn es die Rippen trifft, dagegen \vee in den Nischen. Es sind ursprünglich vergrößerte Rinnen des Regenwassers, die durch Erosion und kleine Rutsche zu solchen Nischen vertieft sind, wobei einzelne Rippen erhalten bleiben, da ja Schlagregen und Gesteinsbeschaffenheit infolge ihrer Ungleichmäßigkeit die erste Anlage stets verschieden gestalten¹⁾. Es ist an den kleinen Bächen, die von der Via Giardini nach Osten zum Torrente Tiepido herunterziehen, sehr hübsch zu sehen, wie die Erosion, von unten nach oben greifend, einen Tobel mit Wänden der geschilderten Form schafft, während das Sammelgebiet, im wesentlichen noch auf der Böschung der Fastebene gelegen, ganz schwach nur sich nach unten senkt.

¹⁾ In dem von Götzing (337, S. 10) Tobel genannten Talteil.

Sowie die Tiefenerosion stillsteht und Seitenerosion beginnt, erhält das Gehänge Zeit, sich abzuflachen. In welcher Form die Bewegungen vor sich gehen, ist bekannt: zwischen den Frane mit ihrem grossen Einzugsgebiet liegen steilere oder flachere Böschungen, die durch Abspülung und kleine Rutsche in demselben Tempo zurückweichen, in dem die Frane und Bäche zwischen ihnen rückwärts arbeiten. Ein wichtiger Faktor zur Erzeugung neuer Bewegungen ist das bei Seitenerosion immer wieder die Hänge anschneidende Wasser. Wenn nicht, wie im Becken von Vergato häufig, eine grössere Strafse zwischen dem bewegten Abhang und dem Fluß liegt, reichen die Frane mit ihren Zungen bis in das Flußbett, ein Fall, der an vielen Stellen zu beobachten ist. Die Folge ist eine Störung des Flusses in seiner auf die Ausbildung regelmässiger Mäander gerichteten Tätigkeit. Da die Bewegungen an den Prallstellen der sich entwickelnden Bogen besonders lebhaft auftreten, so wird der Fluß zu einer Streckung seines Laufes gezwungen; statt der Mäander bilden sich unregelmässige Knicke aus. Die damit verbundene Laufverkürzung, also Verstärkung der Kraft, bedingt starke Sedimentführung, so daß der Hauptstrom durch seine Zuflüsse über Gebühr belastet wird. Diese ganzen Verhältnisse sind von einschneidender Bedeutung für die Ausgestaltung des Gewässernetzes eines Landes mit Gesteinen, die so leicht in Bewegung geraten, wie die des Appennin.

Bei stillstehender Tiefenerosion eilt die Abtragung der Talgehänge in einer Tonlandschaft der normalen in indifferentem Gestein erheblich voraus. Es müßten die konsequenten Haupttäler des Appennin überall das Aussehen junger Täler haben, da sie ihrer Entstehung nach nicht über das oberste Pliocän zurückreichen, zumal wiederholt eine Neubelebung der Erosion stattgefunden hat. Tatsächlich ist denn auch das Profil des Reno-Tales z. B. bei Bagni della Porretta, wo es ganz im Macigno liegt, noch durchaus V-förmig, ähnlich, wenn auch abgeschwächt, in der Enge von Panico, während es ganz anders im Scherben-ton-Gebiet aussieht (Abbild. 58): breit, flach, nur am Fuß ist das Gehänge etwas steiler, da wo etwas Erosion durch den Fluß stattfindet, und am oberen Rande, wo das Deckgestein mit Gefällsbruch gegen die Tone absetzt, gewissermaßen die einstigen, engen Talwände wieder-
spiegelnd. Es schließt sich damit den Formen an, wie sie Collin (38, Taf. II. 11) für ein Tal in gleitendem Boden und Belgrand (269) für ein solches im wasserundurchlässigen Terrain aufgestellt haben, d. h. es sind Formen, die in ihrer Entwicklung im Zyklus den andern erheblich vorausgeeilt sind, während andererseits Höhe und Steilabfall der Deckgesteine dieser Stellung noch widersprechen.

Wenn es möglich wäre, eine Zahl anzugeben für das Volumen der Prismen an Boden, die von Tonabhängigen mehr entfernt sind, wie von indifferentem Gestein, so würde sich ein außerordentlich hoher Betrag der Abtragung im Appennin gegenüber gleichaltrigen Gebirgen ergeben. Auf den ersten Blick äußert sich diese Tatsache in der starken Auflösung und Zerstörung der Fastebene, die im Vergleich mit dem morphologisch gleichwertigen Jura (304) besonders auffällt. Die rein erhaltenen Riedel des Appennin liegen ausschließlich auf Kalk und Sandstein, denen höchstens hier und da kleine Fetzen toniger Gesteine eingeschaltet sein können. Wo Riedelformen im Ton auftreten, da unterliegen sie lebhafter Abtragung durch Rutschungen vom Stadium I, die sich bis zu kleinen Frane steigern können, und durch Abspülung und Abschwemmung auf dem nahezu vegetationslosen Boden. Infolgedessen sind Riedel dieser Art auch immer abgerundet, d. h. sie haben



Abbild. 58. Profile durch das Reno-Tal.

- a. im Scherbentongebiet;
b. im festen Gestein.

1 : 50 000.

Kuppen- oder Rückenform; der sonst charakteristische scharfe Rand gegen die eingeschnittenen Täler fehlt hier und tritt erst viel weiter unterhalb auf, da wo heute die Erosion ansetzt.

Wir verdanken Götzing (337) eine genaue Untersuchung über die Entstehung der Rückenformen in der reifen Tallandschaft des Wiener Waldes, aus der hervorgeht, daß auch festere Gesteine an „Abtragungsböschungen“ Gleitbewegungen, dem „Gekriech“, unterworfen sind, das unter den dortigen Vegetations- und klimatischen Verhältnissen Kanten abzutragen und die Rücken aller Berge zu runden vermag. Götzing hat selbst schon in Istrien festgestellt, daß die klimatischen Bedingungen des Mittelmeer-Gebietes den auch von mir wiederholt hervorgehobenen Gegensatz zwischen Ton- und Kalk- bzw. Sandsteinformen schaffen, da letztere Gesteine nicht der Rückenbildung durch Bodenbewegungen unterliegen.

Etwas anderes ist es in dem vielfach noch mit dichter Vegetation überzogenen Hoch-Appennin. Hier scheint, nach mir zugängigen Beobachtungen, die noch erweiterter Nachprüfung bedürftig sind, echtes Gekriech aufzutreten, und wie Blanckenhorn (339) und Götzing (337) den Pseudo-Glacialismus mancher so geschaffener Ablagerungen in den deutschen Mittelgebirgen nachwiesen, so sind ähnliche Argumente auch hier von Pantanelli (167) gegen die Vertreter einstiger Vereisung (Stefani 166, 61; Sacco 52) geltend gemacht worden. Obwohl letztere nach meiner Anschauung unzweifelhaft bestanden hat, ist doch bei ihrem Nachweis in dieser Beziehung auch hier Vorsicht am Platze.

Bei der Allgemeinheit der Tongesteine im Appennin ist jede der hier besprochenen Erscheinungen in zahllosen Einzelfällen vorhanden. Die gesamte Ausbildung des Gewässernetzes, die Abtragungsvorgänge und die Gestaltung der Riedel und Rücken unterliegen den Gesetzen der Bodenbewegungen, und ihr Auftreten gibt dem nördlichen Appennin seinen eigenartigen Charakter. Die Endziele der Bodenbewegungen sind nacheinander die Ausbildung einer mit Verbreitung und Lageverhältnissen der Tongesteine übereinstimmenden Entwässerung, die Abtragung der Deckgesteine und danach als letztes, eine Fastebene ausschließlich aus Ton, deren Formen sich länger intakt erhalten, als gleichaltrige aus anderem Gestein, da die Tone so schwer der chemischen Zerstörung verfallen. Alle diese im Appennin erkannten morphologischen Folgerungen behalten ihren Wert in jedem Land, in dem Gesteine auftreten, welche Bodenbewegungen unterworfen sind.

Die großen Einzelfälle im Appennin.

Bei dem Flyschtypus, der den meisten Gesteinen des nördlichen Appennin eigen ist, sind tonige Ausbildungen zwischen kalkig-sandigen sowohl in der Gesteinsserie des Eocän, wie auch des Oligocän und Miocän zu finden. Ebenso kommt es vor, daß die Entwicklung der typischen Argille scagliose an einzelnen Stellen gegenüber dem Deckgestein und den ihnen eingelagerten Kalken zurücktritt. In solchem Fall verhalten sie sich wie jede andere tonige Einlagerung, und die Betrachtung kann und muß diese Erscheinungen von denen trennen, die durch Vorwiegen der Scherbentone ihren Charakter erhalten.

Um die weite Verbreitung dieser Vorgänge kennen zu lernen, ist es nur notwendig, die Aufzählungen der Unglücksfälle zu lesen, die in den Topographien von Bombicci (41) und Pantanelli (1) zusammengestellt sind, denen sich andere von Santi (4) und G. Uzihi (45) anschließen,

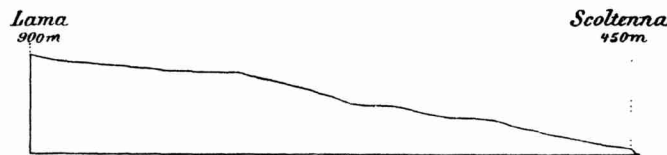
sowie namentlich die Statistik, die Almagià (385) gegeben hat: an der Strafse von Modena nach dem Pafs Foce delle Radici sind es auf 20 km allein ein Dutzend Orte, die in Mitleidenschaft gezogen werden. Wenn es auch, nach den knappen Angaben, meist nicht mit Sicherheit festzustellen ist, ob nicht auch Bodenbewegungen anderer Art beteiligt sind, so ist doch mit großer Wahrscheinlichkeit darauf zu schließen, daß es sich bei ihnen um Rutscherscheinungen von geringem Ausmaß handelt, deren Ursache das Vorhandensein wasser- undurchlässiger zwischen wasserdurchlässigen Schichten ist. Den Impuls jedes einzelnen Falles festzustellen, muß der Detailforschung überlassen bleiben, die in vielen Fällen bereits zutreffende Resultate erbracht hat (z. B. die Untersuchungen von G. Uzielli über den Bergrutsch von Sant' Anna Pelago (45) und Lama Mocogno (46), von F. Sacco über die Frana von Sant' Antonio (325), die von Bombicci (208) u. a.).

Im wesentlichen sind alle diese Einzelfälle eine Funktion des Klimas, das in seinen Wirkungen nicht selten durch Erdbeben verstärkt wird. Sie sind von größter Bedeutung für die Besiedelung des Gebirges, da sie oft unvermutet an Stellen auftreten, die lange als sicher galten und daher besiedelt wurden, während die habituellen Rutschgebiete der Scherbenton-Region immer gemieden wurden. Ihr Einfluß in dieser Richtung, der sich in einem Verdrängen der Wohnplätze auf sicheren Boden, hochgelegene Plateaus und Berge, äußert, ist durch den Zug an die neuzeitlichen Verkehrswege zum Teil wieder aufgehoben worden. Eine zahlenmäßige Untersuchung desselben steht noch aus.

Die formgebende Bedeutung der einzelnen Bodenbewegungen dieser Art ist keine sehr erhebliche. Die von ihnen aufgestauten Seen verschwinden meist sehr bald wieder, und die immer wiederholte Abwärtsbewegung zerstört jede Bachtätigkeit. Nur für die Reliefgebung der oberen Teile der Gehänge und der Kämme werden sie wichtig. Ein gutes Beispiel dafür ist der Bergrutsch von Lama, dessen geologische Verhältnisse G. Uzielli (46) erläutert hat. Bedauerlicherweise ist die Beschreibung arg verworren und die Profilzeichnung nebst Skizze so schlecht, daß selbst die Nachprüfung an Ort und Stelle nicht genügt hat, sie ganz zu verstehen. Scherbentone sind am unteren Teil des Abhanges vorhanden, innerhalb der Frana allerdings von ihr völlig verschüttet. Den Hauptteil der Umgebung nimmt Kalk mit Fucoiden ein, von Doderlein zum mittleren Eocän gestellt, während ich ihn für Oligocän ansehe. Die bei dem Rutsch von 1879 in Bewegung geratene Masse reicht bis über Mezzolato und die Via Giardini heraus, sie staute sich in halber Höhe an einem Riegel härteren Gesteins, dem jüngeren Macigno (mittl. Eocän) angehörend, der nach dem Berge zu

einfällt (mit etwa 50° NNW). Von da an zieht sie sich in stromförmiger Gestalt bis in das Scoltenna-Tal.

Die topographische Karte genügt nicht, um die gegenwärtige Gestalt des rutschenden Streifens zu erkennen. Der Abhang gliedert sich in zwei übereinander gelegene Becken, was Uziellis Profil noch nicht zeigt (Abbild. 59), denen sich nach unten ein gewaltiger Schuttkegel, in der Form durchaus einer Gletscherzunge gleichend, anschliesst. Die Ähnlichkeit wird durch das Fehlen jeder Sonderung des Materials nach der Gröfse, wie es jedem Rutsch eigen ist, noch erhöht. Das obere Becken (Abbild. 60) senkt sich mit bucklig-welligem Untergrund abwärts. Die bei meinem Besuche vor drei Jahren hier noch stehenden Reste einer Kirche und Kirchhofsmauer sind verschwunden. An allen steileren Hängen, namentlich aber bei der Schwelle zum tieferen Becken, findet ein langsames Abwärtswandern der oberen Bodenschichten statt, wie es aufs sicherste schiefstehende Bäume und Wülste in der Rasendecke anzeigen. Das obere Becken ist nahezu wasserlos.



Abbild. 59.

Profil durch das Rutschungsgebiet von Lama. 1:50000.

In der Mitte der Schwelle sprudeln dann mehrere starke Wasseradern hervor, deren Abflüsse sich tiefe Rinnsale in dem Schuttkegel geschaffen haben. Die Schwelle halte ich zum grössten Teil für den Rest eines oder mehrerer sehr gröszer Rutsche, die das obere Becken geschaffen haben und sich hier an der erwähnten härteren Bank stauten. An der Basis dieser Ablagerungen tritt das Wasser aus; ungewöhnliche Niederschläge oder lange fortgesetzte Tiefenerosion des selbst im Sommer recht kräftigen Baches können dazu führen, daß die alte verrutschte Masse aufs neue losbricht und in das untere Becken gelangt; dann hätte, vermutlich für längere Zeit, der Abhang ein gleichmäßiges Gefälle erreicht.

Der ganze Vorgang ist auch hier aufzufassen als Begleiterscheinung der Tiefenerosion, also eine Abwandlungsform der Frane. Er entspringt dem Bestreben der Gehänge eines noch jugendlichen, unfertigen Tales, sich ein ausgeglichenes Gefälle zu verschaffen. Die katastrophenartige Heftigkeit der Erscheinung beruht sicherlich auf der gröszen Erosionskraft der Scoltenna, die, aus dem Hoch-Appennin gespeist,

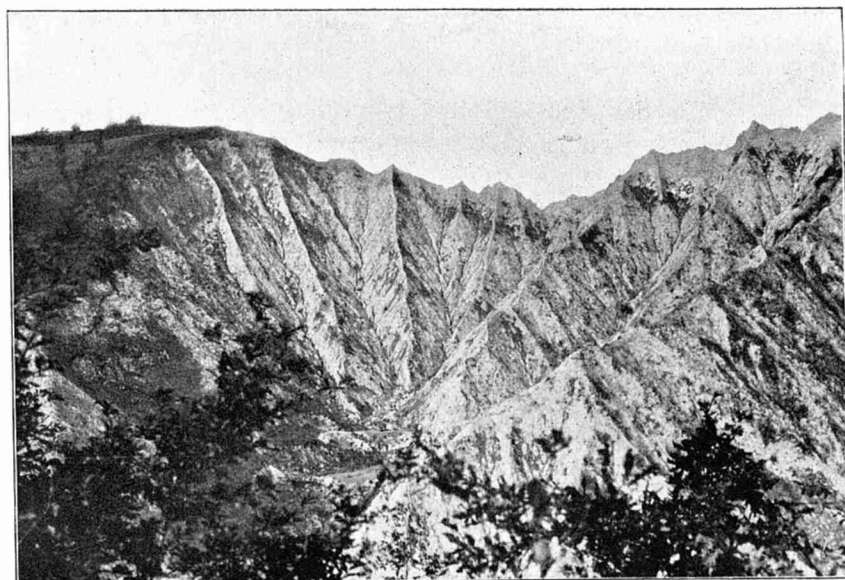
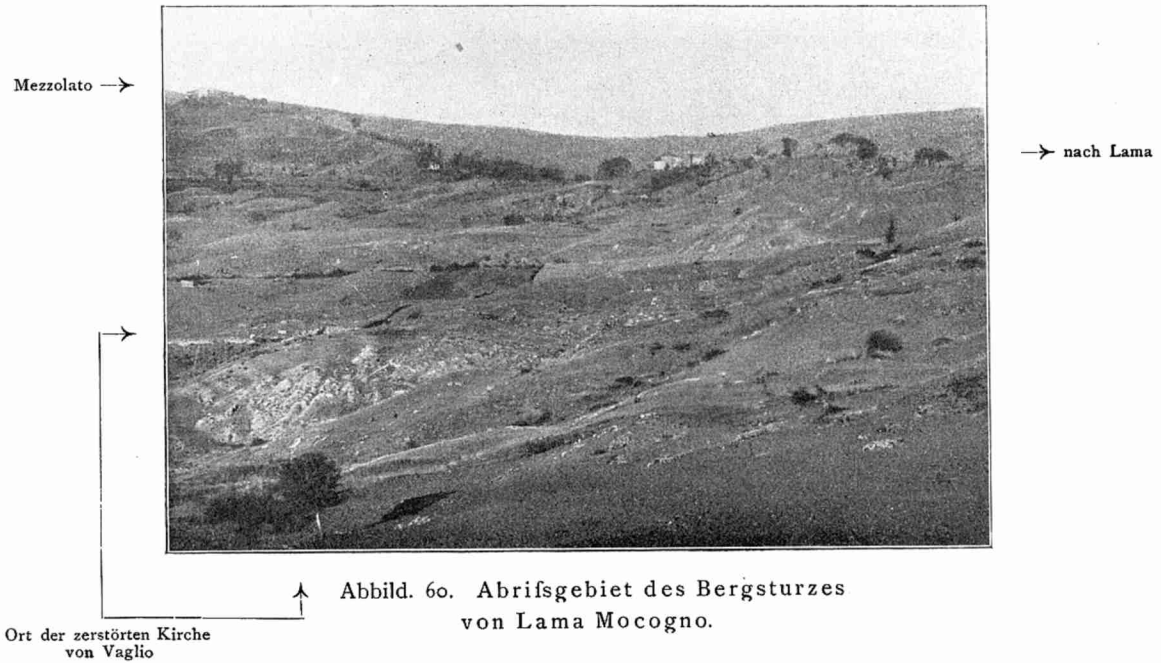


Abb. 61. Erosionskessel im Pliocän.
Passo Stretto von SO gesehen.

selbst im Sommer wasserreich ist und auf dieser Laufstrecke ein Gefälle von 16‰ hat. Der Abhang hat noch nicht Zeit gehabt, sich anzupassen, und so bewegt er sich weiter, obwohl das Gesamtprofil schon recht breit (\vee -förmig) ist.

In beschleunigter Abtragung beruht die Hauptbedeutung der Einzelfälle. Ähnlich wie der Fall von Lama Mocogno den wasserscheidenden Rücken angegriffen hat, ist das auch anderwärts geschehen. Die Riedel werden also zerstört, und zwar zunächst gerundet durch Gleiten der oberen Bodenschichten; dann aber greifen halbkreisförmige flache Nischen, wie die von Lama, in den Rücken ein, eine Hohlform wird aus ihm herausgeschnitten. Früher oder später entwickelt sich auch in ihr ein Bach, und seine Arbeit, die nach dem Erlöschen der Bewegungen normal verlaufen kann, setzt die Zerstörung fort. Diese sonderbaren Nischenformen, in denen ein Bach fließt, der sie nicht geschaffen hat, sind bei der Verbreitung der Einzelfälle nicht selten. Allerdings kann sich die Entwicklung auch anders abspielen; und immer sind diese Bodenbewegungen, einzeln betrachtet, groß, in ihrer Allgemeinbedeutung aber stehen sie zurück hinter den Frane, die so viel weiter verbreitet sind.

Die Erosionskessel im Pliocän.

Bei der Umgestaltung des pliocänen Sub-Appennin spielen eine entscheidende Rolle die Erosionskessel der kleinen Flüschen, die in großer Zahl die Hänge zerfressen. Ihre Anlage verdanken sie der Erosion; schon in dem ersten Wasserriss aber entfalten Bodenbewegungen in Form von Einstürzen und Schlammströmen ihre Tätigkeit, die über den Bereich der Erosionskraft hinaus für rasche Erweiterung sorgt.

Gelegenheit, die in Betracht kommenden Erscheinungen kennen zu lernen, bietet die Umgegend von Sassuolo (Tavoleta 86, I. SO. 1 : 25 000). Der Fuß der Vorberge, der meist noch von Terrassen umsäumt ist, liegt annähernd 150 m hoch, es folgt ein steiler Anstieg um rund 50 m und dann eine schräg gestellte Fläche, die sehr gleichmäÙig von 200 auf 300 m ansteigt. Sie besteht aus mittlerem bis oberem Pliocän, graue, sehr mächtige Tonmergel und gelbe Sande, die unter wenigen Grad Neigung nach Nordosten einfallen. Nach Süden schließt sich diskordant das Miocän von Montegibbio an, als Berg (403 m) hervortretend.

Der Grundriß der meisten vorhandenen Erosionskessel ist birnförmig, das spitze Ende nach abwärts gekehrt. Diese Gestalt entspricht einem allgemeinen Gesetz, nach welchem bei irgend einem Einriß

in weiches Gestein die abtragenden Agentien an den Wänden dieses Einrisses leicht zugängige Angriffspunkte finden. Die Folge ist ein rasches Zurückweichen derselben, d. h. es entsteht bei jedem erosiven Einriß eine elliptische Form, deren Rückwand wegen der hier ansetzenden rückarbeitenden Erosion sich bald rascher erweitert als die anderen; so kommt sehr bald die Birnenform zustande. Dies Gesetz ist schon anlässlich der Erweiterung des Abrifsgebietes der Frane erwähnt worden, und hier wie dort sind Bodenbewegungen mancherlei Art erforderlich, um die Form zu schaffen. Das hat Fuchs (138) übersehen, als er den Grundriß der Erosionstäler besprach: in sehr hartem oder gar durchlässigem Gestein, die beide Bodenbewegungen nicht unterliegen, kommt die Birnenform nicht zur Ausbildung.

Den Sammeltrichtern der beschriebenen Gestalt schließt sich nach außen der Tobel an, der Abzugskanal für die Gewässer und Schlammströme. In dem von mir untersuchten Kessel von La Fossetta passiert man, von außen kommend, ein enges, tief eingeschnittenes Tal mit ebenem Boden, die Wände steil, aber noch bewachsen (Neigungswinkel im Acker 25°). Der Tobel liegt 170 m hoch, d. h. rund 40 m über Sassuolo. Nach ungefähr 200 m Länge des Tobels öffnet sich zu beiden Seiten der Sammeltrichter mit sterilen Tonwänden, der Boden steigt langsam an, 500 m vom unteren Tobelende liegt er bei 190 m, annähernd im Zentrum des Kessels. Allmählich steigt der Boden stärker, der Fuß der Endwand hat eine Höhe von 240 m, von hier ist die Wand unpassierbar wegen ihrer Steile, sie erhebt sich mit einem Neigungswinkel von $45\text{--}50^{\circ}$ um 60 m bis zum oberen Rande. Die ganze Hohlform, deren Fläche rund 235 000 qm beträgt, gliedert sich in einzelne größere Rippen, von denen ich 14 gezählt habe, die sich in der Gestalt eines schrägen Prisma vom oberen Rande zum Bach senken und ungefähr 30 bis 40 m über demselben enden. Allgemein ist ihre Südseite steiler ($45\text{--}51^{\circ}$) und steril, die Nordseite flach (35°) und dürrtig bewachsen. An der Stelle, wo der Boden des Kessels eine Höhe von 190 m hat, zweigt nach Südosten eine größere Seitenschlucht ab, die sich zum Passo Stretto hinaufzieht, einem Tongrat mit unbegehrbarer Schneide, der sich in der Mitte auf 280 m senkt. Abbild. 61 gibt seine Ansicht von Südosten her, wo sich ähnliche, wild zerrissene Hänge anschließen (vgl. 386).

In diesem Kessel beginnen mit jedem Regen verschiedene Vorgänge, die an der weiteren Ausgestaltung desselben arbeiten. Unter dem Einfluß der Sonne trocknet der Ton im Sommer zu großer Härte, die das Begehen der Hänge ohne weitere Hilfsmittel als genagelte Schuhe unmöglich macht. Die obersten Schichten zerreißen dabei in

ein Netzwerk von Spalten. Bei den im Oktober mit Macht einsetzenden ergiebigen Regen füllen sich die sämtlichen Rinnsale, die im Sommer trocken daliegen, mit Wasser und entfalten bei dem starken Gefälle und dem weichen Gestein eine gewisse korrodierende Tätigkeit. Die an den Hängen befindlichen Tonmassen saugen sich voll Wasser, werden schlüpfrig und unter dem Einfluß von Unterschneidung durch die Bäche und von Gewichtsvermehrung durch das Wasser geraten große Gehängestücke in ein langsames Gleiten wie ein zäher Brei. Die obersten Teile der Rinnsale sind in dieser Beziehung besonders gefährlich, zumal hier häufig Quellen an der Grenze des Astiano und Piacenziano auftreten. Dieses Abgleiten, das je nach der Durchfeuchtung ein langsames oder rascheres Tempo einschlägt, reicht nach oben bis zum Rande, wo mitunter große Schollen absitzen, um bald zerteilt in die Tiefe zu gelangen oder um auch gleich abzustürzen und so den Kessel zu erweitern. Einzelne Punkte des Süd- und Nordrandes in dem beschriebenen Trichter habe ich geodätisch festgelegt, um später für die Schnelligkeit des Rückwärtsfressens Zahlen gewinnen zu können.

Die geschilderten Erscheinungen sind im wesentlichen der Art, wie ich sie 1905 aus dem Volterrano beschrieben habe (341) und wie sie dann Götzinger (337, S. 161) aus dem istrischen Flysch anführt. Götzinger führt den Namen „Racheln“ ein¹⁾, der für kleinere Erscheinungen, Anfangsstadien ja wohl passend erscheint; das Charakterische der trichterförmigen Einsenkung faßt er nicht mit, hierfür empfehle ich den italienischen Namen „Balze“ (Sing. Balza), der im Lande eindeutig für diese Kesselthäler gebraucht wird (vgl. 320)²⁾; die Wände der Balze sind dann von Racheln bedeckt. Richtig beschrieben hat die Vorgänge in den Balze vor allem Costa de Bastelica (333, S. 72 ff.).

Die morphologische Bedeutung der Racheln und Balze besteht darin, daß sie sich bemühen, aus dem von ihnen befallenen Gebiet ein solches vom Typus der Bad Lands (Davis 174, S. 303) zu schaffen: ein bis in die kleinsten Teile unregelmäßig zerschnittenes Plateau, das sich nach und nach in ein kleinkuppiges Hügelland verwandelt, in dem es keine Balze, nur noch Racheln gibt. Erforderlich für diese Entwicklung ist ein feinkörniges Gestein von leicht zerstörbarer Struktur, trockenes Klima und Abwesenheit von Vegetation. Diese Bedingungen sind hier sämtlich erfüllt: am besten die erste; das

¹⁾ Er ist bereits von Toulou, (345, S. 580) als „Rocheln“ angewandt.

²⁾ Tonsteilwände, die sich nicht zum Kessel schließen, heißen „Ripe“ (338); „Calanchi“ sind Einzelvorkommnisse der Art: beides entspricht den Racheln; vgl. die ausführlichen etymologischen Angaben von Almagià (385, S. 339).

Klima ist sommertrocken, die Vegetation deshalb in ihrer Ausbreitungsmöglichkeit gehemmt. Demnach befindet sich der pliocäne Sub-Appennin auf dem geschilderten Entwicklungswege; die Tätigkeit der Balze ist jetzt gerade so weit gelangt, daß an einer ganzen Reihe von Stellen durch Erosion beiderseitig zugeschärfte Wasserscheiden vom Typus des Passo Stretto bestehen. Mit der Beobachtung ihrer Veränderungen gewinnen wir einen Maßstab für die Schnelligkeit der Entwicklung des ganzen Sub-Appennin; als dünne, rascher Zerstörung ausgesetzte Schneiden sind sie empfindliche Indikatoren für genaue Messungen. Aufzuhalten ist der Fortschritt der Balze nicht: die Schilderungen von Senft (355) und namentlich F. Brauns Beobachtungen (342) lehren, wie selbst im reichbewässerten norddeutschen Flachland Wege und Felder Ansatzpunkte für Rachelbildung werden können, die rasch unerwünscht großen Umfang annehmen kann.

Gegenwärtig ist der Sub-Appennin noch wohlangebaut und äußerst fruchtbar. Aber in grauer Öde starren schon überall die Wände der Balze und die Racheln, und in der Umgebung von Sassuolo gibt es kaum einen Hügelszug, dessen Südseite nicht steril und zerrissen wäre; nur wenig neues Land als Ersatz schafft das Aufhalten der Schlammströme durch Staudämme (Colmata).

Schlusswort.

Der nördliche Appennin hat sich im Verlauf der Untersuchung als ein komplizierteres morphologisches Gebilde erwiesen, als man bisher glaubte. Er hat eine Entwicklungsstufe durchlaufen, die den meisten Faltengebirgen des alpinen Typus in Mittel-Europa eigen ist, wie die neueren Untersuchungen mehr und mehr erweisen. Es ergibt sich aus dieser Tatsache eine Reihe wichtiger Perspektiven für die Morphologie anderer Teile des mediterranen Faltengebirges, speziell für die geologische Geschichte des mittleren und südlichen Appennin. Die im Nord-Appennin festgestellte Einebnungs-Periode kann hier nicht ohne Spuren vorbei gegangen sein, die weitere Untersuchung zu entziffern haben wird.

Dank seiner geologischen Zusammensetzung ist der nördliche Appennin ein geeignetes Feld für die Untersuchung der geomorphologischen Bedeutung der Bodenbewegungen. Dieselben haben sich als sehr wichtige Faktoren der Abtragung erwiesen, direkt durch Rückenbildung und als Begleiterscheinungen der Erosion, bei der Talanlage und der Ausgestaltung der Gehänge entscheidend mitwirkend. Im Einzelfall sind gerade diese Formen meist klein; aber sie gewinnen an Wichtigkeit sehr durch ihre Verbreitung, die weit allgemeiner ist, als man bisher geahnt oder beachtet hat.

In den Karpaten und im Karpaten-Vorland namentlich gibt es Teile, die dem Appennin morphologisch gleichwertig sind, und in denen Bodenbewegungen bei der Ausgestaltung des Gewässernetzes stellenweise eine Rolle gespielt haben, die gröfsere Erfolge gehabt hat, als sie bis jetzt im Appennin vorliegen. Nach weiterer Durchführung der morphologischen Erforschung des Nord-Appennin würden diese Gegenden als Vergleichsobjekte heranzuziehen sein. Erst danach wird es Zeit sein, zu der anthropogeographisch-praktischen Arbeit überzugehen.

Literatur-Verzeichnis:

Die folgende Zusammenstellung soll möglichst Ordnung in das Chaos bringen, welches das Einarbeiten in italienische Litteratur so sehr mühsam macht. Soweit die vortrefflichen Berichte von Th. Fischer im Geographischen Jahrbuch und die genauen Titelangaben von O. Baschin in der Bibliotheca Geographica in Betracht kommen, ist ja alles geregelt. Aber bei älteren Werken und bei speziellerem Eingehen auf Einzelheiten ist die durch ungenaues Zitieren, namentlich auch von deutscher Seite, entstandene Verwirrung sehr grofs, und man sieht es dem glatten Verzeichnis nicht an, welche Mühe die erstrebte exakte Anführung der Titel verursacht hat. Die Nummern sind ganz willkürlich gegeben und eine Auswahl aus meinen umfangreicheren Sammlungen, so dafs viele Zahlen hier fehlen. Um das Verzeichnis vielseitiger nutzbar zu machen, habe ich die Nummern am Schlufs noch einmal systematisch geordnet. Nicht alle Nummern sind im Text zitiert. Abkürzungen finden sich am Schlufs.

1. D. Pantanelli-V. Santi: L' Appennino modenese descritto ed illustrato con 153 incisioni ecc. Rocca S. Casciano, Cappelli, 1895.
3. G. Trabucco: Sulla posizione ed età delle argille galestrine e scagliose del Flysch. Firenze 1896.
4. V. Santi: Le frane del Appennino Modenese. Modena 1897.
5. G. Targioni-Tozzetti: Relazioni d'alcuni viaggi fatte in diverse parti della Toscana. Firenze 1768 ff.
7. Jos. Partsch: Die Hauptkette des Zentral-Appennins. Verh. Ges. f. Erdk. z. Berlin 1889. 427—442.
- †¹⁾ 8. Scarabelli Gommi: Descrizione della carta geologica del versante settentrionale del Appennino fra il Montone e la Foglia. Mon. stat. amministrativa della provincia di Forlì. Forlì 1880.
10. P. Savi-G. Meneghini: Considerazioni sulla geologia stratigrafica della Toscana. Firenze 1850.
11. K. A. Zittel: Geologische Beobachtungen aus den Central-Appenninen. Beneckes Geogn.-Paläont. Beiträge. II. 93. München 1869. 4°.
13. E. Niccoli: La frana di Santa Paola (Circondario di Cesena). Boll. b. Geol. 22. 1891. 113—131.

¹⁾ † bedeutet: habe ich nicht zu Gesicht bekommen können.

14. E. Niccoli: La frana di Perticara (provincia di Pesaro). Boll. C. Geol. 16. 1885. 65-75.
16. A. del Prato: Sopra un'argilla scagliosa dell'Appennino Parmense. Boll. C. Geol. 12. 1881. 467-473.
17. A. Manzoni: La geologia della provincia di Bologna. Annuario Soc. Nat. di Modena. ser. II. t. 14. 1881. 1-37.
19. F. Sacco: L'Appennino dell'Emilia. B. S. Geol. 1892. 425-614.
22. D. Pantanelli: Paesaggio pliocenico. Dalla Trebbia al Reno. Atti Soc. Nat. di Modena. ser. III. t. 11. 1892. 12-36.
23. F. L. Pullé: Paesi che se ne vanno. Le frane dell'Appennino modenese. Rivista d'Italia. IV. 3. Roma 1901. 291.
24. R. Männel: Veränderungen der Oberfläche Italiens in geschichtlicher Zeit. I. Gebiet des Arno. Beil. z. Progr. d. Realgymn. d. Franckeschen Stiftungen. Halle a. S. 1887. 4°.
26. E. Niccoli: La frana di Casola Valsenio (Circondario di Faenza). B. C. Geol. 20. 1889. 118-127.
35. E. Reyer: Bewegungen in losen Massen. Jahrb. k. k. Geol. Reichsanstalt. 31. Wien 1881. 431-444.
36. G. Bischof: Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie.
 - a. Supplement. Bonn 1871. 76.
 - b. III. Band, 2. Aufl. Bonn 1866. 472.
 - c. I. Band, 2. Aufl. Bonn 1863. 275.
37. V. C. Pollack: Beiträge zur Kenntnis der Bodenbewegungen. Jahrb. k. k. Geol. Reichsanstalt. 32. Wien 1882. 565-588.
38. Al. Collin: Recherches expérimentales sur les glissements spontanés des terrains argilleux. Paris 1846.
39. K. E. A. von Hoff: Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche. Band III. Gotha 1834.
40. A. Heim: Über Bergstürze. Zürich 1882. Neujahrsbl. her. v. d. Naturforschenden Gesellschaft. 84.
41. L. Bombicci: Montagne e vallate del territorio di Bologna Bologna, tip. Fava e Garagnani 1882.
43. A. Mori: Formazione di un nuovo laghetto presso la Falterona. Riv. geogr. ital. V. 1898. 481-485.
44. F. S. Pullé: Un paese che non è piu. Vita Italiana. n. ser. III. t. 3. Roma 1897.
45. G. Uzielli: Brevi osservazioni intorno alla frana avvenuta a Sant'Anna Pelago e sulle frane in generale nelle opere pubbliche. App. alla Conferenza „La Geologia e l'Agricoltura“ tenuta alla Università di Parma. Parma, Luigi Battei 1897.
46. G. Uzielli: Sulle argille scagliose. B. S. Geol. 2. 1883. 95-105.
47. E. Niccoli: La frana di Castelfrentano nel 1881. B. C. Geol. 13. 1882. 96-101.
48. E. Niccoli: La frana di Mondaino. B. C. Geol. 14. 1883. 129-135.
49. La frana del Sasso nella valle del Reno. B. C. Geol. 23. 1892. 302-305.

50. L. Ricci: I nuovi laghetti dell' Appennino toscano. *La Cultura Geografia*. Firenze 1899. 96—98.
52. F. Sacco: Lo sviluppo glaciale nell' Appennino settentrionale. *Boll. Club Alp. Ital.* XXVII. Torino 1894. 263—281.
53. C. de Stefani: Le pieghe dell' Appennino fra Genova e Firenze. *Cosmos di G. Cora*. XI. Torino 1892—93. 129—151.
55. Em. Rosetti: La Romagna; geografia e storia. Milano, Hoepli. 1894.
61. C. de Stefani: I laghi dell' Appennino settentrionale. *Boll. Club Alp. Ital.* XVII. Torino 1884. 99—140.
84. V. Santi: Le vie Giardini. Modena, tip. Legale. 1885.
85. V. Santi: Le vie della Foce a Giogo. Modena 1890.
98. B. Lotti: Strati eocenici fossiliferi presso Barigazzo nell' Appennino Modenese. *B. C. Geol.* 26. 1895. 429—446.
101. G. Marinelli: Appennino a Appennino. *Geogr. per Tutti*. Milano 1895. No. 8. 9.
115. A. Stoppani: Il bel paese. Milano 1873.
116. E. Ramann: *Bodenkunde*. 2. Aufl. Berlin 1905.
119. A. Penck-E. Brückner: *Die Alpen im Eiszeitalter*. Leipzig 1901 ff.
- †121. G. Uzielli: La geologia e l' agricoltura. Parma 1897.
122. N. Krebs: Verbogene Verebnungsflächen in Istrien. *Geogr. Jahresber. aus Österreich*. IV. Wien 1906. 75.
123. A. Brian: Val di Cedra (App. Parmense). *Boll. Club Alp. Ital.* XXXI. Torino 1898. 61—104.
136. Der Bergsturz von Elm. *Denkschrift von E. Buss und A. Heim*. Zürich, I. Wurster 1881.
137. A. Rothpletz: Der Bergsturz von Elm. *Zeitschr. D. Geol. Ges.* 33. 1881. 540.
138. Th. Fuchs: Über die Grundform der Erosionsthäler. *Jahrb. k. k. Geol. Reichsanstalt*. 27. Wien 1877. 453—457.
141. C. de Stefani: Le rocce eruttive dell' eocene superiore nell' Appennino. *B. S. Geol.* 1889. 175—263.
142. C. de Stefani: Descrizione sommaria delle principali pieghe dell' Appennino fra Genova e Firenze. *B. S. Geol.* 1892. 371—408.
144. W. Deecke: Die pleistocänen Landseen des Apennins. *Globus*. 76. 1899. 345—348, 366—369.
152. A. Lorenzi: Intorno ad alcune salse del Modenese. *Riv. Geogr. Ital.* IX. 1902. 437—445, 499—506, 565—581.
156. Th. Fuchs: Die Salse von Sassuolo und die Argille scagliose. *Sitz.-Ber. k. k. Ak. d. Wiss. Wien. Math. phys. Klasse*. 76. Abt. 1. 1877. 231—239.
165. C. de Stefani: Quadro comprensivo dei terreni che costituiscono l' Appennino settentrionale. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.* 5. Pisa 1880. 206—249.
166. C. de Stefani: I depositi glaciali di Reggio e di Modena. *Proc. verb. Soc. Tosc. Sc. Nat.* 5. Pisa 1887. 206—211.
167. D. Pantanelli: I cosiddetti ghiacciai appenninici. *Proc. verb. Soc. Tosc. Sc. Nat.* 5. Pisa 1886. 142—148.

168. Joh. Walther: *Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft.* 3 Bde. Jena 1893/94.
170. A. del Prato: *La geologia dell' Appennino Parmense.* Rendiconti Ist. Lombardo. Milano 1882. 232—247.
172. G. de la Noë-Emm. de Margerie: *Les formes du terrain.* Paris 1888. 4°.
173. A. Pareto: *Coupes à travers l' Apennin.* Bull. Soc. Géol. de France. 2. sér. tome XIX. 1861—62. 239—320.
174. W. M. Davis: *Physical Geography.* Boston 1898.
178. R. I. Murchison: *Memoria sulla struttura geologica delle Alpi, degl. Apennini e dei Carpazi.* Trad. dall' inglese P. Savi e G. Meneghini Firenze 1850.
179. W. Stavenhagen: *Skizze der Entwicklung und des Standes des Kartenwesens des außerdeutschen Europa.* P. M. Erg.-H. 148. Gotha 1904.
186. P. Doderlein: *Note illustrative della carta geologica del Modenese e del Reggiano.* Mem. Reg. Acc. Scienze Lett. ed Arti. Modena. XII. 1871, XIII. 1873.
187. Th. Fuchs: *Die Gliederung der Tertiärbildungen am Nordabhange der Apenninen von Ancona bis Bologna.* Sitz.-Ber. k. k. Ak. d. Wiss. Math.-phys. Klasse 71. Abt. 1 Wien 1875. 163—178.
- †189. A. Ferretti: *Le salse o vulcani di fango e le argille scagliose.* Padova 1878 (Auszug B. C. Geol. 9. 1878. 174—187).
190. C. de Stefani: *Delle argille scagliose.* Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Proc. verb. 1. Pisa 1878. XXXX—XXXIV und B. C. Geol. 9. 1878. 536—540.
191. *Conclusioni di una memoria del professor G. Uzielli sulle argille scagliose dell' Apennino.* B. C. Geol. 10. 1879. 425—431; 11. 1880. 114—118.
195. Club Alpino Italiano Sez. di Bologna: *L' Appennino Bolognese, descrizione ed itinerari.* Bologna, Treves, 1882.
198. D. Pantanelli: *Sezioni geologiche nell' Appennino modenese e reggiano.* B. C. Geol. 14. 1883. 197—213.
201. F. Löwl: *Über Thalbildung.* Prag 1884.
208. L. Bombicci: *Sui franamenti nel territorio montuoso bolognese e specialmente su quello delle Pioppe di Salvaro.* Ann. Soc. Agr. provincia di Bologna. XXVIII. 1889. 107—124.
216. Fr. Pfaff: *Allgemeine Geologie als exakte Wissenschaft.* Leipzig 1873.
217. A. Baltzer: *Über die Bergstürze in den Alpen* Jahrb. d. Schweiz. Alpen-Klubs. X. Bern 1875. 409—456.
224. E. Reyer: *Theoretische Geologie.* Stuttgart 1888.
226. D. Zaccagna: *Nuove osservazioni sui terreni costituenti la zona centrale dell' Appennino adiacente all' Alpe Apuana.* B. C. Geol. 1898. 97—121. 248—271.
- 230a. A. Philippson: *Studien über Wasserscheiden.* Mitt. Ver. f. Erdk. zu Leipzig. 1885. 241—403.
- b. A. Philippson: *Ein Beitrag zur Erosionstheorie.* Pet. Mitt. 1886. 67—79.
232. J. Roth: *Allgemeine und chemische Geologie.* I. Berlin 1879.
233. W. M. Davis: *La Pénéplaine.* Ann. de Géographie 8. Paris 1899. 289.

235. J. C. Russel: Lake Lahontan. U. S. Geol. Survey, Monogr. XI. Wash. 1885. 172 ff.
240. P. Vinassa de Regny: Le frane di Orvieto. Giorn. di Geologia prat. II. Perugia 1904. 110—130.
245. F. Sacco: L'Appennino settentrionale e centrale. Torino 1904.
246. A. Neviani: Una sezione geologica da Bazzano a Tiola lungo la riva sinistra del Samoggia. B. S. Geol. 1886. 31—38.
249. W. M. Davis: The development of river meanders. The Geol. Magazine n. s. dec. IV vol. X. London 1903. 145—148.
251. D. Pantanelli: La vallata della Scoltenna e Panaro. Atti Soc. Nat. Modena. ser. III t. 2. 1886. Rendiconti 126—128.
259. P. Vinassa de Regny: Rocce e fossili dei dintorni di Grizzana e di Lagaro nel Bolognese. B. S. Geol. 1900. 331—348.
260. D. Pantanelli: Storia geologica dell'Arno. B. S. Geol. 1900. 419—436.
263. A. G. Högböhm: Om s. k. „jäslera“ och om villkoren för dess bildning. Geol. Föreningens i Stockholm Förhandl. 27. 1905. 19—36.
264. R. Sernander: Flytjord i svenska fjälltrakter. Geol. För. i Stockholm Förh. 27. 1905. 42—84.
269. M. Belgrand: Les travaux souterrains de Paris I. La Seine. Paris 1872. Chap. V.
273. G. Capellini: Sui terreni terziari di una parte del versante settentrionale dell'Appennino. Mem. Acc. Sc. Ist. di Bologna ser. 3. t. 6. 1875. 587—624.
274. B. Nelli: Fossili miocenici del macigno di Porretta. B. S. Geol. 1903. 181—252.
282. G. Capellini: Sulle rocce serpentinosi del Bolognese. Acc. Sc. Ist. Rendiconto 1872—73. 49—55. Bologna 1873.
283. F. Frech: Über Muren. Zeitschr. D. Ö. A. V. XXIX. 1898. 1—26.
285. G. de Mortillet: L'époque quaternaire dans la vallée du Po. Bull. Soc. Géol. de France. 2. sér. XXII. 1864. 138—151.
291. T. Taramelli: La valle del Po nell'epoca quaternaria. Atti I. Congresso Geograf. Ital. I. Genova 1894. 405—443.
295. D. Pantanelli: L'Appennino settentrionale dalla Trebbia al Reno. Atti IV. Congr. Ital. Milano. 1902. 198—216.
298. S. Günther: Glaziale Denudationsgebilde im mittleren Eisackthale. Sitz. Ber. d. math. phys. Klasse d. k. b. Ak. d. Wiss. München. XXXII. 1902. 459—486.
303. G. A. Bianconi: Prove della contemporaneità dell'epoca glaciale col periodo pliocenico a Balerna e a Monte Maria sul Reno. Mem. Acc. Sc. Ist. di Bologna. ser. 3. t. VI. 1875. 175—187.
304. L. Pareto: Note sur les subdivisions, que l'on pourrait établir dans les terrains tertiaires de l'Apennin septentrional. Bull. Soc. Géol. de France. sér. II t. 22. 1865. 210—277.
306. Th. Fuchs: Über eigentümliche Störungen in den Tertiärbildungen des Wiener Beckens und über eine selbständige Bewegung loser Terrainmassen. Jahrb. k. k. Geol. Reichsanstalt. XXII. 1872. 309.

- †308. P. Bianconi: Storia naturale dei terreni ardenti, dei vulcani fangosi, delle sorgenti infiammabili, dei pozzi idropirici e di altri fenomeni geologici operati dal gas idrogeno e dell'origine di esso gas. Bologna 1840. 74—75.
310. A. Issel: Compendio di Geologia. Torino 1896—97.
311. A. Penck: Morphologie der Erdoberfläche. Stuttgart 1894. 2 Bde.
315. W. C. Kerr: On the action of frost in the arrangement of superficial earthy material. The Amer. Journal of Science. 3. ser. XXI. 1881. 345—358.
319. J. Schubert: Einige Bemerkungen zur Fischfauna der Ämilia. Verh. k. k. Geol. Reichsanstalt. 1906. 321—323.
320. F. Amici: I calanchi. Riv. Geogr. Ital. V. 1898. 378—383.
325. F. Sacco: La frana di Sant'Antonio in territorio di Cherasco. Ann. R. Acc. d'Agric. di Torino. 46. 1903.
328. D. Pantanelli: Orografia pliocenica e quaternaria dei dintorni di Scandiano. Atti Soc. Nat. Modena. Rendiconti ser. III. v. III. 1887. 53—60.
332. K. Oestreich: Die Täler des nordwestlichen Himalaya. P. M. Erg. H. 155. Gotha 1906.
333. M. Costa de Bastelica: Les torrents. Paris 1874.
334. Fr. Macháček: Der Schweizer Jura. P. M. Erg. H. 150. Gotha 1905.
335. Th. Fischer: Italy. The International Geography ed. by H. R. Mill. 4. Ed. London 1906. 352—365.
336. W. M. Davis: The development of certain english rivers. Geogr. Journal V. 1895. 127—146.
338. Ch. Marinelli: Le ripe della provincia d'Ancona. Appennino Centrale. II. 1—7. Jesi 1905.
337. G. Göttinger: Beiträge zur Entstehung der Bergrückenformen. Geogr. Abh. IX. 1. Leipzig 1907.
340. A. de Lapparent: Leçons de Géographie Physique. 2 éd. Paris 1898.
341. G. Braun: Zur Morphologie des Volterrano. Zeitschr. Ges. f. Erdk. zu Berlin. 1905. 771—783.
342. F. Braun: Beiträge zur Landeskunde des nordöstlichen Deutschland. 1. (einz.) Heft. Danzig 1898. 43 ff.
343. F. Schaffer: Beiträge zur Parallelisierung der Miocänbildungen des piemontesischen Tertiärs mit denen des Wiener Beckens. Jahrb. k. k. Geol. Reichsanstalt. 48. 1898. 389—424.
344. R. Almagià: Neuere Bergstürze in Italien. P. M. 1906. 211—213.
345. F. Toulà: Über Wildbach-Verheerungen. Schrift. d. Ver. z. Verbr. naturwiss. Kenntn. 32. Wien 1892. 499—622.
346. G. Capellini: Ichthyosaurus Campylodon e tronchi di Cicadee nelle argille scagliose dell'Emilia. Mem. Acc. Sc. Ist. di Bologna. ser. IV t. X. 1890. 431—450.
- †349. Ludw. Tiefenbacher: Die Rutschungen, ihre Ursachen, Wirkungen und Behebungen. Wien 1880.
355. L. Senft: Die Schöpfungen des Regenwassers in und auf der Erdrinde. I. Die Wasserrisse oder Regenschluchten. Das Ausland. 41. Augsburg 1868. 867—870, 897—901.

356. M. Neumayr: Über Bergstürze. Zeitschr. D. Ö. A. V. XX. 1889. 19—56.
 357. Fl. Brazzola: L'Acquedotto di Bologna. Mem. Acc. Sc. Ist. di Bologna ser. V t. VII. 1898. 91—122.
 361. W. M. Davis: The mountains of Southernmost Africa. Bull. Amer. Geogr. Soc. XXXVIII. 1906. 593—623.
 362. Stef. Rudnyckij: Beiträge zur Morphologie des galizischen Dniestergebietes. Geogr. Jahresber. aus Österreich. V. 1907. 65.
 363. A. Philippson: Das Mittelmeergebiet. Leipzig 1904.
 366. E. Reyer: Aus Toskana. Wien 1884.
 369. I. Gunnar Andersson: Solifluction, a component of subaërial denudation. Journal of Geology XIV. 1906. 91—112. Abb.
 370. Teobaldo Fischer: La Penisola Italiana. Torino, Unione Tip. Ed. 1902.
 371. Th. Fischer: Das Halbinselland Italien. Länderkunde von Europa her. von A. Kirchhoff. II. 2. Leipzig 1893.
 385. R. Almagià: Studi geografici sulle frane in Italia. Vol. I. L'Appennino settentrionale e il Preappennino Tosco-Romano. Soc. Geogr. Ital. Memorie XIII Roma 1907.
 386. G. Braun: Über Erosionsfiguren aus dem nördlichen Appennin. Schrift. Phys. ök. Ges. Königsberg i. Pr. 48. 1907. 41.

Abkürzungen:

- P. M. Erg. H. = Petermanns Mitteilungen Ergänzungs-Heft.
 B. C. Geol. = Bollettino del Reale Comitato Geologico d'Italia, Roma
 B. S. Geol. = Bollettino della Società Geologica Italiana. Roma.
 Mem. Acc. Sc. Ist. = Memorie della Reale Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna.
 Atti Soc. Nat. = Atti della Società dei Naturalisti di Modena.

Systematische Übersicht zum Literatur-Verzeichnis:

I. Allgemeine Morphologie:

119. 122. 138. 168. 172. 174. 201. 230a, b. 232. 233. 235. 249. 269. 310. 311.
 320. 332. 333. 334. 336. 337. 340. 342. 355. 361.

II. Landeskunde von Italien:

115. 179. 291. 335. 363. 366. 370. 371.

III. Der nördliche Appennin:

1. 5. 7. 8. 10. 11. 17. 19. 22. 26. 41. 52. 53. 55. 61. 84. 85. 98. 101. 123.
 141. 144. 152. 156. 165. 166. 167. 170. 173. 178. 186. 187. 189. 190. 191. 195. 198.
 226. 245. 246. 251. 259. 260. 273. 274. 282. 285. 295. 303. 304. 308. 319. 320. 328.
 338. 341. 343. 346. 357. 385. 386.

IV. Bodenbewegungen allgemein:

35. 36. 37. 38. 39. 40. 116. 121. 216. 217. 224. 283. 298. 306. 315. 337. 339.
 341. 345. 349. 356. 369. 385.

V. Bodenbewegungen im Appennin:

3. 4. 13. 14. 16. 23. 24. 39. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 121. 127. 189. 190.
191. 208. 240. 309. 325. 344. 346. 370. 385.

VI. Bodenbewegungen in anderen Gebieten:

39. 136. 137. 263. 264. 315. 337. 339. 342. 366. 369.

Erläuterung zu den Abbildungen und Tafeln.

Die Abbildungen entstammen sämtlich eigenen Aufnahmen. An allen irgend wichtigen Stellen ist der Fufspunkt des Apparats durch Kompaß-Peilungen eingemessen worden, ebenso ist die Lage seiner horizontalen Mittelachse bestimmt. Wenn nicht besonders bemerkt, stand der Apparat horizontal, was mit einer genauen Dosenlibelle jedesmal festgestellt wurde; im anderen Fall ist der Neigungswinkel bestimmt. Ich benutzte eine Hesekielsche Spiegelreflex-Kamera mit einem Goerzschens Doppelanastigmat F 7.7; der Bildwinkel beträgt 40°. Auf Wunsch stehen die Platten der hier mitgeteilten Aufnahmen und andere (Salsen) zur Herstellung von Diapositiven zur Verfügung.

Die Profiltafel (Tafel 5) beruht hinsichtlich des topographischen Teiles auf eigenen Konstruktionen nach der 1:100 000-Karte, bei denen Tavolette und Quadranti zu Hülfe genommen wurden. Der geologische Bau wurde im wesentlichen nach Angaben italienischer Autoritäten eingezeichnet und hat nur den Wert einer Skizze. Es kommen folgende Arbeiten in Betracht: Profil II eigene Beobachtungen und Pareto 173; Profil III Neviani 246; Profil IV Südteil Pantanelli 198; Gegend von Monfestino eigene Beobachtungen; Nordteil Pantanelli 178.

Die Planskizze der Frana von Vergato (Tafel 6) habe ich selbst im August 1906 mit Kompaß und Bandmaß aufgenommen. Das Profil d—n beruht auf einem primitiven Nivellement mit Hilfe des Richthofenschen Horizontglases. Es war wertvoll, daß von mir gesetzte Marken und Steinmänner mehrere Wochen unberührt stehen blieben, so daß nach einer ersten Konstruktion notwendig gewordene Nachmessungen ohne weiteres an die Festpunkte der ersten Aufnahme angeschlossen werden konnten.
