

BEITRÄGE
ZUR
MORPHOLOGIE DES NÖRDLICHEN
APPENNIN.

VON

DR. GUSTAV BRAUN,
PRIVATDOZENT DER GEOGRAPHIE AN DER UNIVERSITÄT GREIFSWALD.

MIT 3 TAFELN UND 16 ABBILDUNGEN.

SONDERABDRUCK
AUS DER ZEITSCHRIFT DER GESELLSCHAFT FÜR ERDKUNDE ZU BERLIN
JAHRGANG 1907, No. 7 u. 8.

Beiträge zur Morphologie des nördlichen Appennin*.

Von Dr. **Gustav Braun**,

Privatdozent der Geographie an der Universität Greifswald.

(Hierzu Tafel 5 und 6.)

Die vorliegende Arbeit ist die Frucht mehrjähriger Studien über Bodenbewegungen und ihren morphologischen Wert. Von den Massentransporten haben die Bodenbewegungen am spätesten Berücksichtigung gefunden und ihre theoretische Bedeutung wird uns jetzt erst allmählich klar. Ihr galt vornehmlich meine Beschäftigung.

Aber das Interesse des Geographen geht noch weiter. Es gibt wenige Äußerungen der aufbauenden und abtragenden Kräfte, die direkt einen so großen Einfluß auf den Menschen ausüben vermögen, wie gerade Bodenbewegungen der verschiedensten Art. Nächst dem Erdbeben ist das Gleiten eines Abhanges, der Abbruch einer Bergwand, deren Trümmer den Talboden begraben, wie kein zweiter Vorgang geeignet, auch auf des Menschen Gemüt einzuwirken, indem ihm so das Fundament seines Lebens, das Vertrauen auf die Festigkeit der Erdoberfläche, als trügerisch klar vor Augen geführt wird. Nicht nur Häuser und Felder zerstört und begräbt ein Bergrutsch, er vernichtet auch moralische Werte, deren Aufbau und Wiedergewinnung schwerer ist, als der des äußeren Besitzes. Die Anhänglichkeit des Menschen an seinen Heimatboden läßt in den meisten Fällen trotz offener Gefährdung nicht zu, daß er seinen Wohnsitz aufgibt, um sich an anderer Stelle eine gesicherte Existenz zu gründen; aber das Gefühl der Unsicherheit, ein gewisser Fatalismus, wirkt verderblich auf alles Tun ein.

Ein Erdstrich, in dem Bodenbewegungen zur Landplage geworden sind, ist Halbinsel-Italien, wo in Nord und Süd der Boden aus leicht zerstörbaren Mergeln und Tonen besteht und wo im Süden noch rasch verwitternde Massen von Eruptivgesteinen dazutreten. Der nördliche Appennin ist seit Th. Fischer das Schulbeispiel für ein Gebirge, in

*) Die Arbeit hat als Habilitations-Schrift der Philosophischen Fakultät der Universität Greifswald vorgelegen.

dem Schlipfe eine grofse, unheilvolle Rolle spielen. Sie haben hier die Räumung vieler Orte erzwungen, und es gibt von den übrigen wenige, die ganz verschont geblieben wären, denen nicht wenigstens die Feldmark oder Kommunalbesitz, wie Wege und Brücken, von Zeit zu Zeit verwüstet werden; mit am meisten leiden die Bahnen, und mancher kostspielige Tunnel wurde nur gebaut, um gleitende Hänge zu vermeiden. So sind die Täler leer an Ortschaften und Verkehrswegen; beide sind auf die Höhen gedrängt, wo sich, dank der geologischen Entwicklung des Gebirges, Raum und sichere Bahn hinreichend fanden. Aber der Wohlstand meidet solche Orte, die oft im Winter tiefer Schnee deckt, dessen Tauen die berüchtigten „Frane“ auslöst, so dafs im Frühjahre die Bewohner mancher Häusergruppen für ihre Existenz fürchten müssen. Listen, wie die von Almagià (344)¹⁾, und die alljährlich im März selbst bis Deutschland dringenden Zeitungsnachrichten von Unglücksfällen dieser Art sprechen für den Kundigen eine beredete Sprache. Dem bedrohlichen Frühjahre folgt der Sommer, dann harret mühsame Feldarbeit in den schwierigen Tönen im günstigsten Falle der Bevölkerung: da ist es denn kein Wunder, wenn bei so unsicherer Existenz die Männer in Scharen auswandern, so dafs einsame Orte, wie Sant' Anna Pelago, dann nur von Frauen, Greisen und Kindern bewohnt werden. Ein auf festem Boden gesichert stehendes Heim wäre die Grundlage, welche die Bewohner zum Kampfe gegen diese enorme Schädigung des Nationalvermögens ermutigen könnte: sie fehlt. Der Staat versagt, und in Stumpfheit erliegen die einzelnen dem ungleichen Kampfe.

Es wird gewifs niemals möglich sein, Ereignisse, wie den Bergsturz von Goldau oder den am Arlberg, abzuwehren; aber aufmerksame Beobachtung kann selbst in solchem Falle eine Voraussage abgeben und so den Schaden wenigstens zum Theile abwenden. Ähnlich ist es im Nord-Appennin; doch liefsen sich hier mancher Ort durch Gegenmafsregeln retten, und wohl überall ist rechtzeitige Warnung möglich. Nur mufs die Bevölkerung, müssen Gemeinden und Staat sich die Arbeit der Geologen zu Nutzen machen, die eine eingehende Kartierung als Basis für den Kampf zu schaffen hätten. Ihr Fehlen läfst sich durch die zahlreichen, zum Theile vortrefflichen Einzelarbeiten nicht entschuldigen, sie sind nur ein mangelhafter Ersatz. Bei tieferem Eindringen zeigte es sich mir, dafs das Problem der Bodenbewegungen von weiteren Gesichtspunkten aus noch nicht in Angriff genommen worden ist, dafs hier eine lohnende morphologische Aufgabe vorliegt, die sicherer zum Ziele führen kann, als der geologische Weg. Die Morphologie allein

¹⁾ Die eingeklammerten Zahlen bedeuten Literatur-Nachweise für das am Schlusse der Abhandlung gegebene Verzeichnis.

kann und muß es aussprechen, ob der Appennin sich in einem Zustand befindet, der ein Nachlassen oder ein Verstärken der Bodenbewegungen verheißt. Das zu erkennen ist nur möglich, wenn die Bodenbewegungen im Rahmen der Entwicklung der heutigen Formenwelt des Gebirges betrachtet werden und wenn ihr Anteil an dem Verlauf dieser Entwicklung festgestellt ist. Dann ergibt sich ihr Ziel, und die erreichte Stufe läßt erkennen, ob die Intensität dieser Landplage nachlassen oder sich steigern wird, und damit, ob und an welcher Stelle der Kampf Aussicht auf Erfolg bietet. Noch mehr: vom Einzelfall ausgehend führt die Morphologie durch Formvergleichung zu einer Erkenntnis der regional verbreiteten Ursachen und leitet damit direkt zu einer Erfolg verheißenden Bekämpfung hin.

Die vorliegende Arbeit versucht erstens, die Grundlinien einer neuen Auffassung der Morphologie des nördlichen Appennin zu ziehen und unterwirft zweitens den Mechanismus und den formgebenden Wert der Bodenbewegungen näherer Untersuchung.

Sie beruht neben längeren Literaturstudien, bei denen mir vor allem die an italienischen Gesellschaftsschriften reiche Bibliothek der Physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg die Grundlage bot, namentlich auf einer zweimaligen eingehenden Bereisung des Appennin der Provinzen Bologna und Modena, während andere Teile, auch von Toskana, flüchtiger besucht wurden. Die erste Bereisung fiel in das Frühjahr 1904, die zweite in die Monate August bis Oktober 1906. Diese letztere Reise führte ich im Auftrag und auf Kosten der Karl Ritter-Stiftung der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin aus, welcher ich auch an dieser Stelle für das mir bewiesene Vertrauen meinen ehrerbietigsten Dank ausspreche. Einer Anregung von Herrn Geheimrat Fischer-Marburg verdanke ich es, daß meine im Mittelmeer-Gebiet unsicher schweifenden Pläne in die jetzt eingeschlagene Bahn gelenkt wurden. Sein weitreichender Einfluß und Rat, der mir in liebenswürdiger Weise stets zur Verfügung gestellt und erteilt wurde, ermöglichten erst die Durchführung der Aufgabe. Ihm vor allen, dem besten Kenner der Mittelmeer-Länder, sei diese Schrift gewidmet, die eine von Theobald Fischer oft hervorgehobene Lücke zu schließen versucht, und ein bescheidener Baustein zu dem von ihm mit besonderer Liebe errichteten Gebäude der italienischen Landeskunde sein möchte. Nächst ihm verdanke ich für den morphologischen Teil der Arbeit außerordentlich viel Herrn Professor Penck, der mit sicherem Blick mir durch das Gewirr der Einzelheiten den Weg gewiesen hat zu einer größeren morphologischen Auffassung. Mein verehrter Chef, Herr Geheimrat Rudolf Credner, gewährte mir in zuvorkommender

Weise Zeit und die Mittel des Greifswalder Instituts zur Ausarbeitung der Resultate; dafür und für oftmalige fördernde Beratung spreche ich ihm meinen besten Dank aus. In Italien hat der Staat durch Herausgabe der vortrefflichen topographischen Karte eine zuverlässige Grundlage für solche Arbeiten geliefert. Diese sowie die eingehende Durchforschung des Gebirges seitens der italienischen Gelehrten machten meine Arbeit erst möglich, die somit zu einem wesentlichen Teile auf italienischer Forschungstätigkeit beruht, was ich dankbar anerkenne. Im einzelnen erfuhr ich außerordentlich liebenswürdige Förderung bei der Benutzung von Bibliotheken und Sammlungen durch die Herren de Stefani, Ol. Marinelli (Florenz), Capellini (Bologna), Pantanelli (Modena), die mir, dem Ausländer, in liberalster Weise alle erwünschten Aufschlüsse gaben; ihnen allen sei auch hier gedankt. Ich will die Reihe schließen; von vielen Seiten ist mir noch Unterstützung zu Teil geworden, sei es durch Rat, sei es mit der Tat bei der Untersuchung von Bodenproben oder der Berechnung barometrischer Höhenmessungen¹⁾.

I. Die postmiocäne Fastebene des nördlichen Appennin.

Die Beantwortung der in der Einleitung gestellten Frage nach der Entwicklungsstufe des Appennin muß ausgehen von einer Prüfung der geologischen Geschichte des Gebirges. Es ist zu untersuchen, ob sich aus ihr auf den Zustand ein Schluß ziehen läßt, den der Appennin zu der Zeit erreicht hatte, als er endgültig den Agentien der subaëriken Denudation ausgeliefert wurde.

Der nördliche Appennin verdankt seine Anlage als Gebirge einer Auffaltung im Eocän, der im Oligocän Senkung und Abtragung folgten. Mit mächtigen Konglomeraten greift bei Riola das untere Miocän weit ins Reno-Tal hinein, diskordant den Scherentonen auflagernd, während die annähernd gleichaltrigen Mergel von Montegibbio am Rande des Gebirges eine Tiefsee-Fischfauna enthalten (319); in der Nähe des Kammes hat Zaccagna das Miocän ebenfalls in transgredierender Lagerung beobachtet (226). Mit Beginn der zweiten Mediterranstufe (343), d. h. am Ende des mittleren Miocän, nach dem Helvetien (Sacco 245, S. 115) vollzog sich die letzte bedeutende gebirgsbildende Bewegung, die der Appennin erlitten hat, während gleichzeitig im Süden durch

¹⁾ Besonderen Dank schulde ich Herrn Dr. Götzinger-Wien, dessen Liebenswürdigkeit mir seine Arbeit (337), die sich so vielfach mit meiner berührt, in Korrekturbogen zugänglich machte. So konnte ich sie noch während der Ausarbeitung, wenn auch nur zu Nachträgen und Einschaltungen, benutzen; vielfach decken sich unsere Anschauungen in erfreulicher Weise.

Einbrüche die Beckengliederung geschaffen wurde, wie sie noch heute besteht. Nach Vollendung der faltenden Bewegungen beginnt eine Hebung, die bis in das Miopliocän Saccos hinein andauert und durch die limnischen und Gipsbildungen des oberen Miocän (291), sowie mächtige transgredierende Strand- und Delta-Absätze erkennbar wird. Zugleich trat eine erhebliche Zerteilung durch Spalten ein, wie sie in Sonderheit Keilhack¹⁾ auch noch aus späterer Zeit im Appennin von Parma nachgewiesen hat, wobei der Nordrand des Gebirges zur Ausbildung kam; im Relief des Inneren wird die Zerspaltung kaum bemerkbar. Beim Übergang in das Pliocän erfuhr das Verhältnis von Wasser zu Land eine geringe Verschiebung, so daß das Pliocänmeer auf das Land hinauftrat. Diskordant liegen seine Sedimente auf den älteren Schichten, aber nur am Rande: bei Monte Rumici reicht das Pliocän 18 km weit nach Südwesten; es ist die am weitesten vom Fuß des Gebirges entfernte Stelle. Gegen Ende des mittleren Pliocän setzt erneute Hebung ein, die über die Sandsteine des Astiano hinüberführt zum kontinentalen Villafranchiano und in das Quartär, wo dann Terrassen in den Flusstälern ihre Stadien bezeugen.

Damit ist die Schwelle der Gegenwart erreicht, und die Erklärung der heutigen Formen aus ihrer Entstehungsgeschichte ist die nächste Aufgabe, die dem Geographen erwächst.

Der größte Teil des nördlichen Appennin taucht nach Vollendung der miocänen Auffaltung aus dem Meer auf und bleibt Festland bis in die Gegenwart, nur ein schmaler randlicher Teil wird im Pliocän noch einmal überflutet. Das Verhältnis zwischen Meer und Land oder die Lage des jeweiligen unteren Denudationsniveaus bleibt vom oberen Miocän bis in das untere Pliocän im wesentlichen konstant, dann tritt eine geringe Hebung der Erosionsbasis ein, deren Lage in dieser Zeit durch den Südrand der pliocänen Sedimente wiedergespiegelt wird. Ihr folgte die endgültige Hebung des Landes, damit ein erhebliches Sinken des Denudationsniveaus. Der lange Stillstand der Bewegungen muß zu einer ziemlich weitgehenden Abtragung des Landes geführt haben, eine Rumpffläche hat sich herausgebildet, aus der bei der Neubelebung der Erosion vom obersten Pliocän bis in die Gegenwart hinein das heutige Relief herausgeschnitten wurde. Eine solche mehr oder weniger vollkommene Rumpffläche wird durch die geologische Geschichte direkt gefordert. Für ihren Nachweis im einzelnen stehen folgende Überlegungen zu Gebote:

1) Mündliche Mitteilung bei der Diskussion meines Berichts in der Fachsitzung der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin vom 18. Februar 1907.

Das Land war seit dem oberen Miocän bis zu der Zeit, da es unter das Pliocän-Meer versank, bereits der Abtragung ausgesetzt gewesen. Wie weit sie vorgeschritten war, zeigt das unter den Sedimenten des Pliocän fossil gewordene Relief der älteren Bildungen. Sein Zustand gestattet, da die Abrasion nur gering war, den Schluß auf den Zustand des übrigen Landes im Süden des Pliocän.

Bei den Sedimenten des Pliocän handelt es sich hier um littorale Bildungen, deren Zusammensetzung von Zustand und Art des benachbarten Landes bestimmt wird. Es läßt sich theoretisch ableiten, was für Sedimente eine Rumpffläche liefert, und es ist danach zu prüfen, ob das Pliocän des nördlichen Appennin von einem ebenen Gebilde stammt.

Die etwa noch erhaltenen Teile der Rumpffläche sind im Süden des Pliocän zu suchen, und zwar auf den Höhen der Berge, da das heutige Relief bei einer Hebung aus der Fläche herausgeschnitten ist. Es ist zu untersuchen, ob sich durch Gipfel und Plateaustücke, die dem Miocän, Oligocän und Eocän angehören, ein einheitliches Niveau legen läßt, das den Bedingungen einer Rumpffläche entspricht.

Ein in einer Rumpffläche durch Senkung der Erosionsbasis eingeschnittenes Gewässernetz gehorcht gewissen Gesetzen; es ist zu prüfen, ob die für diesen Fall ermittelten Kennzeichen zutreffen.

Diese Überlegungen, sowie andere, die sich aus den Gesetzen der Bodenbewegungen ergeben, führen auch dazu, den Zustand der Rumpffläche zu erkennen, wie weit dieselbe sich ihrem Ideal, der Peneplaine, genähert hat.

Das präpliocäne Relief.

Während im allgemeinen ein geschlossener Saum pliocäner Sedimente den Nordrand des Appennin umzieht, so daß von dem begrabenen älteren Relief nichts erhalten ist, treten im Bolognesischen mehrere, miocäne und ältere Schichten aufdeckende Inseln aus dem Pliocän heraus, das hier dann auch am weitesten in den Appennin eingreift. Das allgemeine Lagerungsverhältnis dieser Stellen möge der entsprechende Teil¹⁾ von Profil II (Tafel 5) veranschaulichen. Aus ihm geht deutlich hervor, daß das Pliocän einer Abtragungsfläche aufruht, bei der die Antiklinalen bereits geöffnet und ziemlich weit herunter abgeschnitten waren, wenn sie auch immer noch Erhebungen darstellen. Diese Fläche überzog das Pliocänmeer wohl ohne wesentliche Abrasion, deren Fehlen der

¹⁾ Er ist kombiniert nach verschiedenen Darstellungen von Pareto (173), Manzoni (17), Capellini u. a. mit eigenen Beobachtungen und gibt nur ein Schema. Über die aufgelagerten Pliocänfetzen vgl. Sacco (19, S. 578).

Mangel von Konglomeraten andeutet und die an und für sich infolge der geschützten Lage kaum anzunehmen ist. Die Ablagerungen dieses Meeres sind hier nur gering gewesen, so dafs, da heute nur ganz wenige Reste vorhanden sind, von italienischen Autoren behauptet wurde (z. B. Pantanelli 22), diese Teile hätten als Inseln dem Pliocän-See entragt. Ich kann mich dieser Auffassung nicht anschließen und bin überzeugt, dafs genauere Untersuchung, die allerdings aus äufseren Gründen hier sehr schwierig ist, noch mehr und sicherere solcher Reste auffinden lassen wird. Auferdem sind die Höhenverhältnisse der pliocänen Sedimente im Süden der „Insel“ derartig, dafs auch aus ihnen ein Hochstand des Meeres gefordert werden mufs, der diese Teile unter den Meeresspiegel brachte. Dieser Anschauung entspricht die Ausbildung der die „Insel“ durchfließenden Gewässer. Ohne Rücksichtnahme auf den Härtewechsel der Gesteine schneiden selbst kleinere Flüsse glatt durch das Miocän hindurch, nur mit entsprechend geringerem Gefäll als in den weicheren Partien des Pliocän (z. B. Torr. Olivetta $70^0/00$, dann plötzlich nur noch $20^0/00$): sie entwickelten sich eben auf einer gleichmäfsigen Decke von Pliocän, und erst die Erosion schälte wieder die älteren Partien als Inseln auf der geologischen Karte heraus.

Diese Darlegungen ergeben, dafs ein immerhin noch mit Höhengegensätzen ausgestattetes Land unter das Pliocänmeer sank und heute unter dessen Sedimenten zum gröfsten Teil noch begraben ist. Damit hörte hier die Abtragung auf, sie setzte ihr Werk aber fort auf dem benachbarten Festland und führte die hier erkannten, schon alternden Formen dort über in einen Zustand, der einer völligen Einebnung nahe kam, den Pantanelli (22, S. 31) richtig erkannt hat und mit treffenden Worten beschreibt, ohne jedoch die weitreichenden Folgerungen dieser Anschauung zu ziehen, zu denen der Morpholog geführt wird und ohne die das heutige Relief des Gebirges unverstänlich bleibt.

Die Sedimente des Pliocän.

Unter normalen Bedingungen bedeckt sich eine Rumpffläche, die dem Peneplaine-Stadium nicht mehr fernsteht, mit einer mehr oder weniger mächtigen Schicht von Verwitterungs-Produkten, einem Boden, der an Ort und Stelle entstanden ist (Davis, 233). Daraus ist abzuleiten, dafs das von den Flüssen fortgeführte Material zunächst einmal feinkörnig sein wird, dafs weiter die gelösten Stoffe solche sind, die am leichtesten der Verwitterung unterliegen, und dafs suspendiert im Gegenteil die Verwitterungs-Rückstände transportiert werden.

Zu den verbreitetsten und löslichsten Bestandteilen der Gesteine, die also in erster Linie von dem Flufswasser fortgeführt werden, gehören nach J. Roth (232, S. 460), Ramann (116, S. 16) u. a. wasserhaltige Silikate von Kalium und Natrium, Karbonate und Sulfate der Alkalien, des Kalciums, der Magnesia, Kieselsäurehydrat, sowie bei Humussäure-Verwitterung, die im vorliegenden Fall wohl nur gering war, Eisenoxyd, Phosphate und wahrscheinlich Tonerde. Schwer löslich im allgemeinen sind dagegen Kieselsäure in Form von Quarz, und vor allen Dingen die wasserhaltigen Tonerde-Silikate, also schlechtweg der Ton. Wenn man unter dem oben angedeuteten Gesichtspunkt Flufswasser-Analysen prüft, wie sie von Roth (232), Bischof (36 c), Russel (235) mitgeteilt werden, so kommt man zu dem Ergebnis, daß sich ein unzweifelhaftes Kennzeichen zur Charakterisierung solcher Flüsse, die eine Rumpffläche durchfließen, aus der Art der in Lösung mitgeführten Stoffe nicht herleiten läßt. Eher von Bedeutung ist die große Menge derselben (siehe Pencks Zusammenstellung 311 I, S. 309). Anders steht es mit den suspendierten Teilen: es treten zurück die zum großen Teil aus der Reibung der Gerölle während des Transportes hervorgehenden Bestandteile des Sandes, ausgenommen der Quarz, es überwiegen dagegen tonige Partikel.

Somit läßt sich folgern, daß der wieder zum Absatz gelangte Detritus einer Fastebene ein vorwiegend toniges Sediment sein wird, das daneben CaCO_3 , CaSO_4 , MgCO_3 enthält, sowie ein wenig abgerundete Quarze.

Das Meer des unteren und mittleren Pliocän erstreckte sich als ein Golf des Adriatischen Meeres in die heutige Po-Ebene hinein und überflutete den Fuß ihrer Randgebirge. Der Südsaum der Sedimente dieser Zeit bezeichnet im allgemeinen im Appennin die Lage der Küste. Es sind also diese Sedimente in der Nähe der Küste abgelagert, sind terrigen, und zwar entstammen sie kaum den Produkten der sicher schwachen Brandung, vielmehr zum größten Teil den Flüssen. Sie sind außerdem, wie die Zusammensetzung der Fauna beweist (319), im seichten Küstenwasser abgesetzt. Demnach müßte man vermuten, daß die Sedimente des Pliocän von im wesentlichen klastischer Beschaffenheit wären, wie sie es an der Küste von Gebirgländern, z. B. bei Bergen in Norwegen oder auf Island, von wo ich dergleichen kenne, tatsächlich sind.

Im Appennin bestehen aber die Sedimente aus der Zeit des unteren und mittleren Pliocän fast ausschließlichs aus Mergeln und Tonen von erheblicher Mächtigkeit, die nur in alten Deltas der niedrigsten und obersten Horizonte Konglomerate enthalten, und nur auf ehemaligen

Untiefen in Sande mit Glaukonit übergehen. Das Vorhandensein der gröberer Bestandteile, wie sie in den Profilen am Monte Adone im Setta-Tal z. B. auftreten, erklärt sich ungezwungen aus der mit Beginn der Pliocänzeit noch andauernden Erosion, deren Produkte hier Deltas bildeten. Mit dem Vordringen des Meeres und eintretender Stabilität des Landes wurden allmählich diese alten Deltas verschüttet durch feineres Material, bis am Ende des mittleren Pliocän bei Hebung des Landes Neubelebung der Erosion stattfand und erneute gröbere Ablagerungen in Deltaform (zuerst von Bianconi erkannt, 303) über die Tone ausbreitete, die den Übergang in das ganz sandige Astiano vermitteln.

Von diesen Vorkommnissen abgesehen, bleibt die Tatsache bestehen, daß in unmittelbarer Küstennähe eine 300—500 m mächtige Schichtenfolge von Tonen und Mergeln abgelagert ist. Der Charakter dieser Absätze läßt sich nur erklären durch die Annahme eines nahezu eingeebneten Landes, von dem dieselben stammen. Die nähere Untersuchung eines blauen Mergels des Piacenziano aus dem Gebiet von Sassuolo ergibt denn auch eine Zusammensetzung, die durchaus mit der theoretisch zu fordernden, wie sie oben abgeleitet ist, zusammenfällt. Die Tonsubstanz wiegt vor. Quarz ist in kleinen abgerundeten Körnern anwesend, daneben Plättchen von weißem Glimmer. Der Kalkgehalt ist ziemlich groß, das Aufbrausen daher sehr lebhaft, einzelne größere Kalkspat-Kristalle liegen in der feineren Masse. Die Sodaprobe ergibt viel Schwefelsäure, die, an Kalzium gebunden, als Gips auch mikroskopisch in Plättchen und Körnern konstatiert werden konnte. Magnesia ist vorhanden, Eisen- und Mangan-Überzüge finden sich auf Schottern am Monte Andone.

Damit diese feinen Sedimente sich absetzen konnten, mußte das Wasser ruhig und nicht dem Einfluß von Strömungen unterworfen sein. Es kommt noch dazu, daß sicherlich chemische Vorgänge eine erhebliche Rolle bei der Sedimentation hier spielten. Solche treten nach Walther (168 III, S. 661f.) überall da ergänzend ein, wo verwesende organische Substanzen in größerer Menge vorhanden sind. Das ist hier der Fall, wie die Salsen beweisen, deren Auftreten unter diesem Gesichtspunkt erneutes Interesse gewinnt. Auch das Vorkommen des Glaukonit deutet auf chemische Umsetzungen hin.

Nach allen diesen Darlegungen zwingt der Charakter der Sedimente des Pliocänmeeres zu dem Schluß, daß sie von einem Lande stammen, in dem eine zeitlang keine oder nur sehr unbedeutende Erosion stattfand, also von einer nahezu ebenen Fläche.

Relief und Bau des Appennin im Süden des Pliocän.

Aus der geologischen Geschichte des Appennin ist abgeleitet, daß bei der Erklärung seines Reliefs eine postpliocäne Hebung eine entscheidende Rolle spielt, daß demnach Teile einer älteren Oberfläche auf Bergen und Plateaus zu suchen sind. Zur Beobachtung geeignete Stellen finden sich im Verlauf der Futa- und Abetone-Straße mehrfach und sollen hier zum Teil beschrieben werden, um auf diesen Vorkommnissen die weiteren Folgerungen aufzubauen.

Die von Modena kommende Via Giardini erreicht bei km 31 den Fuß der Serra Mazzoni in etwa 600 m Höhe (Quadrante Pavullo nel Frignano. 86 II. 1 : 50000). Bis hierher führte die Straße auf langen Strecken über öde Tonrücken, den eocänen Argille scagliose angehörig. Bei Stella aber tritt Kalksandstein auf, der von hier an in verschiedenen Ausbildungsformen allein vorhanden ist. Das Alter dieser Serie steht nicht fest; Pantanelli (1, Karte) bezeichnet sie als Oligocän, wogegen sie Sacco (19, Karte) als schiefzig-kalkige Ausbildung des unteren Eocän anspricht. Die Altersstellung ist an dieser Stelle für den Morphologen ohne Bedeutung, daher möge nicht weiter in die Kontroverse eingegangen werden.

Die Straße erklimmt den Abhang der Serra und liefert verschiedene gute Profile, die durchgängig einen graugelben, kalkreichen Sandstein zeigen, der mit etwa 20° nach Süden einfällt. Starke Überfallquellen, an tonige Einlagerungen geknüpft und zum Teil an kleine Verwerfungen gebunden, sind mehrfach an der Straße zu beobachten. Weiterhin wird das Einfallen unregelmäßiger, bis es, etwa von km 34 an, in ein nördliches übergeht. Im Orte Monfestino ist in 730 m ein Steinbruch, der eine Serie dickbankiger Kalke mit dünneren, sandigen Zwischenmitteln zeigt, die 10° nach Nordnordwest einfällt. Folgt man der Via Giardini weiter, jetzt wieder abwärts, so sind wiederholt in Steinbrüchen gute Aufschlüsse vorhanden, die bei gleichbleibendem Gesteinscharakter ein Einfallen von 20—30° in nördlicher Richtung zeigen. Das gleiche ist an der nach San Dalmazio führenden Straße zu beobachten, während andererseits die Umgehung der Serra im Norden überall südliches Einfallen mit von 15—20° schwankenden Winkeln zeigt.

Wir haben demnach im Bau der Serra Mazzoni eine Synklinale vor uns, deren Lagerungs- und topographische Verhältnisse Tafel 5, Profil IV, zur Darstellung bringt, mit Berücksichtigung der noch weiter südlich gemachten Beobachtungen. Aus ihm geht deutlich hervor, daß über die Schichtenköpfe dieser Synklinale und der südlichen Monoklinalen

eine Abtragungsfläche verläuft, die hier in rund 800 m Höhe liegt. Wir verfolgen sie weiter nach Süden.

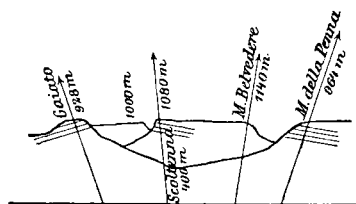
Bei km 45 erreicht die Via Giardini die Hochfläche von Pavullo, deren tiefsten Punkt der Ort Pavullo selbst, die Hauptstadt der Landschaft Frignano, mit 700 m Meereshöhe bildet. Die Gesteinsbeschaffenheit der Umgebung ist weit mannigfaltiger als bei Monfestino: Kalke, Sandsteine von sehr wechselndem Korn, Konglomerate sind entwickelt. Stellenweise sind die Sandsteine stark fossilführend, sodafs die stratigraphische Stellung sicher ist: sie gehören dem mittleren Miocän, Helvetien, an. Die Lagerungsverhältnisse sind nicht ganz so übersichtlich wie in der Serra Mazzoni. Nördlich von Pavullo, etwa bei km 47, steht ein grauer Sandstein an, der 30° NO fällt; weiterhin, bei km 46, wird derselbe Sandstein dünnplattig und tonig, er fällt 60° ONO ein. Ein ähnlicher Sandstein bildet den Hügel von Miceno und fällt dort 50° NO. Entsprechend in den südlichen Partien der Hochfläche, wo der Kamm, auf dem Montecuccolo steht, einen grauen Sandstein zeigt, der 30° nach NNO einfällt, während an anderen Stellen das Einfallen ein mehr östliches wird.

Im allgemeinen liegt ein monoklinal aufgerichteter Schichtenkomplex vor, dessen einzelne Glieder unter Winkeln von 30 — 40° in etwa nord-östlicher Richtung einfallen. Wiederum ist zu konstatieren, dafs eine Abtragungsfläche die Schichtenköpfe einheitlich abschneidet, deren Alter als postmiocän hier unzweifelhaft verbürgt ist, wie es von der geologischen Geschichte gefordert wird. Für die Entstehung dieser Abtragungsfläche gibt das Fehlen aller Spuren einer jüngeren (d. h. postmiocänen) Meeresbedeckung einen deutlichen Hinweis, der frühere Folgerungen ergänzt: sie ist subaëril gebildet, d. h. sie befand sich zur Zeit ihrer Entstehung auf dem Wege der Entwicklung zu einer Fastebene, wie sie Davis als Endziel jeder Abtragungstätigkeit charakterisiert hat.

Den Beobachtungen im Modenesischen entsprechen ähnliche im Gebiet von Bologna. Bei Grizzana (Quadrante Vergato. 98 IV. 1 : 50000) liegt über den Scherbentonem ein Bergrücken aus weichem, gelbem Sandstein des mittleren Miocän bestehend. Die einzelnen Höhenzahlen dieses Zuges sind einander auffallend gleich, sie schwanken auf etwa 4 km Entfernung zwischen 700 und 800 m, je nach der Härte des Sandsteines. Die ganzen Schichten fallen unter mäfsigen Winkeln (10° , Bombicci, 195, S. 589, gibt bis zu 45° an) in westlicher Richtung ein; wieder werden die Schichtenköpfe in einheitlichem Niveau von einer Fläche abgeschnitten, die sich in gleicher Höhe auf den benachbarten Bergen verfolgen läfst.

Noch besser erhalten ist diese Fläche an der Futa-Straße zwischen Lojano und Monghidoro (Quadrante Lojano. 98 I. 1 : 50 000). Bei Lojano steht ein miocäner Sandstein, reichlich mit Konglomerat-Schnüren und -Bänken durchzogen, an, dessen Schichtköpfe oberhalb des Ortes steil abbrechen. Es ist derselbe Sandstein, der bei Monzuno, jenseits des Savena-Tales, ansteht und der hier wie dort 10° NNW einfällt (siehe über seine Verbreitung und Stellung Manzoni 17, S. 15—20). Sandstein ähnlicher Ausbildung, aber zweifelhaften Alters, herrscht auf dem ganzen, leicht gewellten Rücken vor, den die Futa-Straße in etwa 850 m Höhe bis Monghidoro verfolgt. Das Einfallen ist unterhalb dieses Ortes 10° W, der Sandstein reicht bis in das Tal des Idice (500 m) hinab.

Nach alledem ist auch im Appennin von Bologna eine Abtragungsfläche vorhanden, für die dasselbe gilt, was für das Gebiet von Modena abgeleitet ist: es ist eine Fastebene von postmiocänem Alter. Einen direkten Einblick in ihre Lage gewährt ein Stück der Via Giardini im

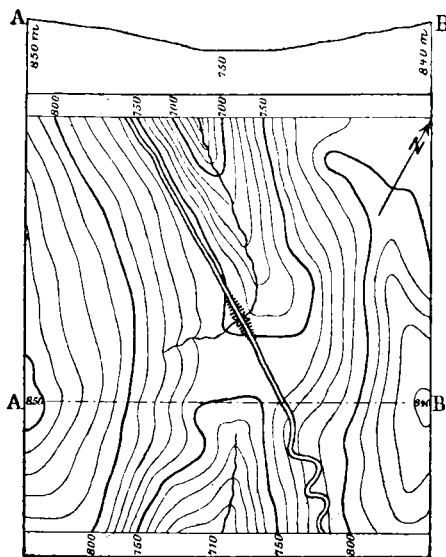


Abbild. 46.

Süden von Pavullo. Von km 60 der Straße aus (Quadrante Fanano. 97 I. 1 : 50 000) hat man nach Osten etwa folgenden Blick (Abbild. 46). Die Rücken sämtlicher Kämme und Berge lassen sich von einer einheitlichen Fläche überdecken, aus der die heutigen Täler herausgeschnitten sind und die durch Hebung in ihr jetziges Niveau gelangt ist. Hier sehen wir auf viele Kilometer weit die Reste der alten Fastebene vor uns, wir sehen ohne weiteres, wie sich den übrigen nach Norden hin die Hochfläche von Pavullo anschließt. Das Stück der Via Giardini zwischen diesem Ort und Monfestino führt über einen der besterhaltenen Reste dieser alten Oberfläche.

Der Eindruck der Landschaft beim Begehen der Straße ist ein völlig ebenenhafter. Bei km 37 liegt ihr tiefster Punkt 705 m, bis km 41 steigt sie um 70 m, um abermals 3 km weiter wieder auf 700 m angelangt zu sein. In flachen Wellen steigt zu beiden Seiten das Land an und senkt sich wieder; Felder und viele Baumkulturen benutzen den

reichen Verwitterungsboden, der sich hier erhalten hat. Wasser ist überall reichlich vorhanden, die Bäche indessen wenig ausgebildet; eine Erosion findet erst am Rande der Hochfläche statt, auf ihr schleichen die Gewässer in Wiesentälern dahin. Ein charakteristisches „leeres“ Tal liegt zwischen Monfestino und Faeto, dessen Situation beistehende Abbildung 47 zum Ausdruck bringt. Es ist eine Talwasserscheide, ohne dafs die Täler noch vorhanden wären, die sie einst verband; sie sind von der Erosion zerstört, ihr Boden tiefer gelegt und aus dem



Abbild. 47.

ebenen Übergang ist ein hochgelegener Sattel geworden, den die Erosion wohl auch bald angreifen wird. Es ist auf der topographischen Karte ganz genau erkennbar, an welcher Stelle die heutige Erosionstätigkeit der einzelnen Wasserläufe angelangt ist, und danach kann man die untere Grenze dieses Restes der Fastebene zu 700 m ansetzen: an ihren Rändern öffnet sich der Blick in die 400—500 m tiefer liegenden Täler, auf deren Vorhandensein im Bereich der Hochfläche selbst nicht das Geringste deutet.

An wenigen anderen Stellen ist ein so großes Stück der Fastebene der Zertalung entgangen wie hier, und selbst dies genügt in keiner Weise, um Anhaltspunkte für die Lage dieser Fläche über größere Strecken zu bieten, ihre Gefällsverhältnisse und ihren Übergang in die Pliocän-Landschaft und die Kammregion zu erkennen. Um diese notwendigen Einblicke zu erhalten, ist eine ideale Rekonstruktion der

Fläche notwendig. Ich habe sie in der Weise ausgeführt, daß ich mir in der Quer- und Längsrichtung des Gebirges Profile zeichnete, die besonders Plateaustücke und längere Kämme trafen, also vermutlich Reste der Fastebene. In diese Profile trug ich den geologischen Bau ein, so weit er bekannt ist, und verband dann alle miocänen, oligocänen und eocänen Gipfel durch gerade Linien: die Durchschnitte der idealen Fläche. Gegen das Pliocän hin legte ich die letzte Gerade nach dem nördlichsten älteren Vorkommen an dieser Stelle. Auf diesem Wege sind die auf Tafel 5 wiedergegebenen Profile entstanden.

Ihre Deutung ergibt folgendes: das unter das Pliocänmeer hinabtauchende Stück der Fastebene zeigt nahezu überall ein Gefäll, das wesentlich stärker ist, als das der südlich angrenzenden Teile (bis zu 70‰). Das hängt mit der Art der Konstruktion zusammen, die es hier mehrfach nur gestattete, Teile eines wasserscheidenden Rückens als nördlichen Festpunkt älterer Gesteine zu wählen. Solche Stellen unterliegen naturgemäÙs stärkerer Abtragung als die Plateaus weiter im Süden. Dieser Knick im Verlauf der Fastebene ist also von äußerlichen Zufälligkeiten bedingt, liegt nicht in ihrem Wesen. Auf den weniger verletzten Teilen übersteigt das Gefäll selten 45‰, bleibt meist weit dahinter zurück, ja es ist sogar rückläufig. Das erklärt sich ohne weiteres dadurch, daß das betreffende Profil nicht überall Höhen, sondern auch eine Senke der alten Fläche getroffen hat, die sich in dieser Weise widerspiegelt. Das mittlere Gefäll ergibt sich zu 25‰, ist also erheblich größer, als es zu der Zeit, da die Fastebene sich bildete, gewesen sein kann. Daraus folgt mit Sicherheit eine Schrägstellung des ganzen Gebirges, die das Gefälle um über 20‰ vergrößert hat, ein Vorkommen, für das wir Analogien z. B. in Istrien finden (122). Die Schrägstellung, von der weitere Anzeichen in den Terrassen der Flußtäler vorliegen, war eine Begleiterscheinung der Hebung; ob sich dabei auch Verbiegungen ereignet haben, ist bei dem schlechten Erhaltungszustand der Fastebene bis jetzt nicht festzustellen gewesen.

Vortrefflich paßt sich auf vielen Stellen das heutige Relief dem Verlauf der idealen Fläche an, so namentlich zwischen Monfestino und Gajato, wo lange Strecken zusammenfallen. Dagegen zeigt das Längsprofil, wie die Täler aus der Fastebene herausgeschnitten sind; zugleich verrät ihre deutliche Senkung nach dem Reno- und Panaro-Tal hin, daß hier vermutlich schon damals Haupttäler lagen.

Die auffallendste Tatsache aber, welche die Profile enthüllen, ist, daß die Kammregion, der Hoch-Appenin, wie ich diesen Teil nennen möchte, sein Relief nicht den Gesetzen der gehobenen Fastebene unterordnet, sondern sich mit einem Gefällsbruch von ihr abhebt. Ein paar

Zahlen mögen diesen Gegensatz, der auch landschaftlich, z. B. vom Monte Cantiere bei Barigazzo aus, leicht bemerkbar ist, genauer charakterisieren:

Hoch-Appenin:		Fastebene:	Differenz:	
M. Piella	1199	Capugnano	591	600 Blatt 97. San
M. Cervarola	1623	Sestola	1020	600 Marcello Pistoiese
M. Cavriile	1371	Montecreto	868	500 1 : 100 000

Wenn auch die eben genannten Orte in einer schwachen Senke liegen, welche die gut erhaltenen Fastebenen-Stücke von dem Hoch-Appennin trennt und wenn auch der Gegensatz nicht überall so scharf ist, wie gerade hier, so bleibt doch immerhin ein Gefällsbruch von 300—400 m Höhe bestehen, d. h. die Fastebene endet hier, um einem anderen morphologischen Gebilde Platz zu machen.

Das Verhältnis des Hoch-Appennin zu der postmiocänen Fastebene ist noch ungeklärt, und die Lösung dieser Frage ist eine der Hauptaufgaben meiner weiteren Arbeiten. Nach meiner gegenwärtigen Anschauung ist der Hoch-Appennin der postmiocänen Verebnung entgangen; er gelangte schon aus diesem Grunde, und weil die Hebungachse des ganzen Gebirges hier zu suchen ist, bei der Aufwölbung in Regionen der Atmosphäre, die auf die Verwitterung ganz anders einwirken, als in den tiefer gelegenen Teilen. Zumal unter dem Einfluß der Vergletscherung (52; 61) entstanden ganz andere Formen, als sie die gehobene Fastebene aufweist. Diese Ableitung erklärt den heutigen Zustand, sie sagt aber nichts aus über die Gründe, aus denen der Hoch-Appennin der Einebnung entging. Zweierlei kommt da in Betracht: die nördliche Grenze des Hoch-Appennin fällt genau zusammen mit der Nordgrenze der Verbreitung des eocänen Macigno, des widerstandsfähigsten Gesteines des ganzen Gebirges, wie es besonders gut sichtbar ist auf dem (nicht veröffentlichten) Aufnahmeblatt 97 S. Marcello Pistoiese der Italienischen Geologischen Landesaufnahme, wo der Macigno als *Arenaria inferiore* (unt. Eocän) bezeichnet ist. Weiter fällt diese Grenze auch mit dem Nordrand der Zone intensiver Auffaltung zusammen, wie aus de Stefanis Profilen (53) deutlich hervorgeht. Ob diese Tatsachen genügen, um das Problem zu lösen, kann erst weitere Untersuchung lehren; es erscheint nach der Geschichte des Appennin nicht ausgeschlossen, daß nicht auch hier die auffallende Konstanz der Gipfel und Kammhöhen, sowie einzelner Hochflächen durch eine ältere Verebnungsfläche bedingt sei¹⁾.

¹⁾ Eine von Penck (119, S. 124) für das Alpenvorland angestellte Überlegung betreffend die Korrelation der Formen ist für den Zustand des Hoch-Appennin zur Zeit der postmiocänen Fastebene von Wichtigkeit.

Das Gewässernetz des Nord-Appennin.

Die Bedingungen, denen die Entwicklung des Gewässernetzes einer sich aufwölbenden Rumpffläche folgt, hat W. M. Davis (174, S. 252 f.) abgeleitet; er führt eine Reihe von Kennzeichen für solche „wiederbelebten“ Flüsse an und skizziert (336) das Gewässernetz eines gedachten Landes, das in seiner Entwicklung dem nördlichen Appennin ähnelt.

Das Einschneiden eines engen Tales in ein früheres weites, wie es z. B. am Rhein in seinem Lauf durch das Rheinische Schiefergebirge so deutlich zu sehen ist, kann im Appennin kaum irgendwo beobachtet werden. Die leichte Angreifbarkeit der Gesteine begünstigt nicht die Erhaltung älterer Talformen, wenn einmal der wiederbelebte Fluß angefangen hat, sich einzuschneiden. Andererseits ist aber nur durch die Aufwölbungstheorie das wahllose Durchschneiden harter und weicher Gesteinszonen durch die Appennin-Flüsse befriedigend zu erklären: es sind Abdachungsflüsse, die ihre Lage behaupteten, auch als sie im Laufe ihrer Arbeit auf Hindernisse stießen. Damit ist jede Schwierigkeit für das Verständnis der nach der früheren Anschauung schwer erklärbaren Hauptflüsse des nördlichen Appennin gehoben.

Des weiteren ist das Verhalten der Mäander wiederbelebter Flüsse (Davis 174, 249) charakteristisch. Ein Fluß beginnt zu serpentinisieren, sobald in dem betreffenden Laufstück die Seitenerosion über die Tiefenerosion überwiegt; die Ursache davon ist im vorliegenden Fall die Erreichung des Reifestadiums gewesen, d. h. der akkumulierende Unterlauf war festgelegt und verhinderte jede weitere Vertiefung oberhalb. Der Fluß entwickelt dann Mäander, die er nach und nach in Übereinstimmung zu bringen sucht mit seinem Wasserhaushalt, Schuttführung, Gestaltung der Ufer u. s. w. Je mehr sich die Rumpffläche dem Idealzustand der Fastebene genähert hat, desto vollkommener ist der Mäandergürtel ausgebildet; der Fluß fließt am Boden eines breiten, ebenen Tales in gesetzmäßigen Kurven (vgl. Tafel 33 von Oestreich 332). Bei Wiederbelebung der Erosion ist der Fluß gezwungen, seine augenblicklichen Krümmungen im wesentlichen beizubehalten, sie aber tiefer zu legen. Es entsteht ein enges, in „ingesenkten“ Mäandern sich windendes Tal, hier und da mit den Spuren einer Abkürzung durch einen Durchbruch (*cut-off process*) vom Typus des Mosel-Tales. Bezeichnend ist dabei das Verhalten der Nebenflüsse, die bei einem vollentwickelten Mäandersystem immer in eine ihnen zugewandte Schlinge münden.

Das sind einzelne Punkte; von noch größerer Wichtigkeit ist aber

das Verhalten des ganzen Systems. Der im ersten Zyklus erreichte Grad der Anpassung wirkt auf den zweiten nach, sodafs in seinem Reifestadium die Regulierung des Systems einen sehr hohen Grad erreicht. Demnach überwiegt unter normalen Bedingungen die subsequeute Entwässerung über die konsequente, und selbst obsequente Flüsse spielen eine bedeutende Rolle. Weisen aufer dieser Anpassung auch noch die Escarpements und Rücken ebene, aus dem ersten Zyklus stammende Formen auf, so „kann kaum bezweifelt werden, dafs eine solche Landschaft in ihrer Entwicklung zwei Zyklen mehr oder weniger vollkommen durchlaufen hat“ (336, S. 136).

In der Entwicklung zu einem solchen Zustand können wir den nördlichen Appennin anzutreffen erwarten. In der Tat sind die charakteristischen Züge vorhanden, wenn auch stark abgeschwächt. Typisch entwickelte Mäander finden sich im Appennin von Parma, Modena und Bologna nur an wenigen Stellen, dann aber bezeichnenderweise gerade in hartem Gestein, wo sie also aufs deutlichste für eine Herkunft der oben entwickelten Art sprechen. Als Beispiele solcher Stellen nenne ich die Enza bei Vetto, den Reno bei Marzabotto, die Setta bei Vado. Dagegen entsprechen in jeder Weise, namentlich auch hinsichtlich der Nebenflüsse, den skizzierten Anforderungen die östlicheren Flüsse der Romagna (55), z. B. der Santerno, der durchaus dem Bilde gleicht, wie es Machaček von dem morphologisch entsprechenden Laufstück des Doubs entwirft (334, S. 109), und ähnlich steht es mit den Karpaten-Flüssen (362); in allen diesen Fällen handelt es sich eben um gehobene Rumpfflächen aus dem jüngeren Tertiär, und insonderheit das Karpaten-Vorland gleicht morphologisch durchaus dem Nord-Appennin.

Die Gründe für diese Unterschiede im Verhalten benachbarter Flüsse sind mancherlei Art. Von grofser Bedeutung ist die durch Bodenbewegungen an von der Seitenerosion angegriffenen Stellen erzwungene Streckung in allen Flufsteilen, die in der Scherbenton-Region liegen. Dem entspricht es, dafs die in festeren Gesteinen verlaufenden Flüsse der Romagna, wie erwähnt, ausnahmslos gut entwickelte Mäander aufweisen. Es kommt dazu, dafs vermutlich die Entwicklung der Mäander auf der Fastebene selbst keine sehr erhebliche war, da bei der Tieflage dieses Gebildes und der Durchlässigkeit vieler Gesteine die Wasserführung der kleineren Flüsse jedenfalls sehr gering war. Der Mäandergürtel konnte nur geringe Breite erreichen, also später leicht verwischt werden. Starke Änderungen, die allerdings jetzt nicht mehr nachweisbar sind, bewirkte auch die Schrägstellung der Tafel. Die Gesamtheit dieser Vorgänge genügt, um den jetzigen, meist gestreckten Lauf der Appennin-Flüsse zu erklären.

Zeigt sich in diesen Einzelzügen schon manche individuelle Eigentümlichkeit des Appennin, die den reinen Typus verdeckt, so ist das ebenso der Fall bei einem Überblick über das ganze System.

Eine wichtige Linie im Flusnetz bezeichnet die Südgrenze des Pliocän. Ihr parallel fließt im bolognesischen Appennin nur die Setta von Monte Rumici bis Sasso; diesem Laufstück kommt der Charakter eines „aufgepfropften“ Flusses zu (Davis 174, S. 259), der auch an anderen Stellen wiederkehrt. Im allgemeinen aber bezeichnet die erwähnte Linie den Beginn eines neuen, besonderen Systems von Folgeflüssen, die sich auf dem Pliocän, das durch Hebung den Charakter einer *coastal plain* erhielt, selbständig entwickelten und zwischen die Stammflüsse einschalteten. Ihr vielfach mäandernder Lauf (z. B. Zena) beweist, daß die Seitenerosion bereits über die Tiefenerosion überwiegt. Sie sind ihrerseits wieder mit der Ausbildung von Nachfolgeflüssen beschäftigt, stehen dabei ungefähr auf demselben Stadium, wie die Flüsse der zerschnittenen Fastebene.

Gegenwärtig sind sämtliche Hauptflüsse des Appennin in einer Akkumulations-Periode begriffen. Das beweisen ihre breiten, geröll erfüllten Betten mit den charakteristischen Spaltungen des Stromstriches (Penck 311 I, S. 315). Die Mächtigkeit der Schotter beträgt bei der Setta kurz oberhalb des Zusammenflusses mit dem Reno 7 m (357). Die Hauptflüsse sind in ihrer Entwicklung den kleineren vorausgeeilt, die ihnen mit starkem Gefäll, oft mit Wasserfällen zuströmen. Denselben Zustand läßt die Beschreibung von Partsch aus dem Zentral-Appennin erkennen (7, S. 432).

Die nach der oben skizzierten Ableitung als wahrscheinlich zu folgernde konsequente Entwässerung ist im Nord-Appennin deutlich ausgeprägt; nicht so die subsequente. Es beruht das auf den Lagerungs- und Gesteinsbedingungen des Appennin, die nicht dem Davisschen Schema (336) entsprechen. Trotzdem sich in ihr auffällige Unstimmigkeiten bemerkbar machen, sind die Grundzüge doch derart angeordnet, daß sie zu dem Schluß auf eine zweizyklische Entwicklung zwingen.

Der Sachverhalt ist folgender: Während in der Regel die Nachfolgeflüsse klein sind und gegenüber den Hauptflüssen die Zeichen großer Jugend tragen, lenken stellenweise bedeutende Täler in diese Richtung ein, wie z. B. das Scoltenna-Tal zwischen Casa Torre und der Mündung in den Panaro oder das Secchia-Tal auf einer sehr erheblichen Strecke, wobei jedesmal die Hauptrichtung durch einen anderen Fluß fortgesetzt wird. Eine Verlängerung in der subsequenten Richtung dagegen ist wohl beim Secchia-Tal vorhanden, bei der Scoltenna aber kaum angedeutet. Die Ursache dieses Zustandes erblicke ich in

den Anpassungsbedingungen der Fastebene, die augenscheinlich nur selten Gelegenheit zur Ausbildung subsequenter Flüsse bot. Außerdem lag die Fastebene auf ganz anderen Gesteinen, im wesentlichen den miocänen und älteren Kalk- und Sandsteinen, als sie in dem heute erreichten Niveau vorliegen. Es ist nun nicht ganz leicht, festzustellen, wie die Anpassung am Ende des ersten Zyklus aussah. Die erwähnten Querstrecken müssen bereits damals im Tongestein gelegen haben und senkten sich in ihm in die Tiefe, die anderen Flußläufe schnitten zunächst im Deckgestein sich tiefer ein, trafen schon hier verschiedene Ausbildung, erreichten aber vor allem die Tongesteine in den verschiedensten Niveaus, d. h. ein Fluß, der sie rasch antraf, erlangte dadurch ein Übergewicht über andere, die er ablenken und anzapfen konnte. Einzelne Laufstücke konnten im gleichen Fall ganze Systeme verändern.

Dafs die Scherbentone auf der Fastebene vorkamen und dort durchaus als normales Gestein sich verhielten, beweist ihr heutiges Auftreten auf der Hochfläche im Süden von Monfestino, wo sie an der Strafse nach Pavullo an mehreren Stellen anstehen und sich in nichts von den Nachbargesteinen abheben. Sie grenzen im Norden an die harten Kalke der Serra Mazzoni. Demnach ist die Annahme berechtigt, dafs hier am Ende des ersten Zyklus ein subsequenter Fluß gelegen hat: aus ihm hat sich der Rio Torto nach Osten, der Rio Cervaro nach Westen hin entwickelt, die beide völlig im Gebiet der Scherbentone liegen und auch heute ein sehr wichtiges Glied subsequenter Entwässerung in dieser Breite sind. Nach Lage der Dinge fehlte ihnen nur die Wasserfülle, um ihr Tal so weit auszugestalten, wie es Scoltenna und Secchia getan haben, die beide wasserreiche Zuflüsse vom Hoch-Appennin erhalten. Bei beiden beruht die Entwicklung zum heutigen Stande darauf, dafs subsequente Flüsse einen, oder bei der Secchia mehrere konsequente anzapften und sich ihre reiche Wasserführung nutzbar machten (genau entsprechend den Figuren 157. 158 bei Davis 174). Wann das geschah und wo die ehemaligen Unterläufe der angezapften Flüsse liegen, ist noch nicht möglich anzugeben.

Andererseits mußten Flüsse, die am Ende des ersten Zyklus auf dem Deckgestein flossen und dasselbe bis heute nicht durchschnitten haben, in der Entwicklung ihrer Täler zurückbleiben. Ein linker Nebenfluß des Reno z. B. der Torrente Venola, berührt erst an seiner Mündung die Scherbentone, der ganze übrige 14 km lange Lauf liegt im Miocän. Der Fluß hatte sich vermutlich einem Höhenrücken miocäner Sandsteine angepaßt, der im M. Vignola 817 m Höhe erreicht bei mäfsigem Einfallen nach Norden. Bei der Hebung wurde der

Torrente zu einem sehr hastigen Tiefereinschneiden gezwungen, so dafs er noch heute bei unregelmäfsig gebrochenem Lauf ein Gefäll von $34\frac{0}{100}$ aufweist. In der Ausbreitung des Gebietes ist ihm aber die Samoggia zuvorgekommen, die in den Scherbentonen 100 m tiefer liegt als die Quelle des Venola und schon einen Teil des Oberlaufs an sich gezogen hat, obwohl sie am Ende des ersten Zyklus nur als unbedeutender Fluß existiert haben kann, da ihr die Wasserzufuhr vom Hoch-Appennin fehlt.

Sind schon diese Fälle bei der starken Abtragung aller Gesteine des Appennin schwer im einzelnen zu verfolgen, so ist das nahezu unmöglich bei den Flüssen, die an irgend einer Stelle ihres Laufes früher als an anderen auf die Tongesteine stiefsen. Die jetzt noch vorhandenen Vorkommnisse dieser Art zeigen immer eine starke Erweiterung des Gebiets im Ton, während das feste Gestein in einer Schlucht durchbrochen wird (z. B. Rio Croara, Diaterna).

Die Spezialforschung des Appennin ist noch nicht weit genug vorgeschritten, um das hieroglyphische Bild des Gewässernetzes völlig entziffern zu können. Die mitgeteilten Beispiele erklären einiges, sind aber auch nicht in jedem Fall strikt zu beweisen. Tatsache ist die grofse Unausgeglichenheit des Ganzen, bedingt durch die veränderten Bedingungen des jetzt erreichten Niveaus gegenüber denen am Schlufs des ersten Zyklus. Verständlich aber wird das Bild nur unter dem Gesichtspunkt einer Entwicklung, die von der postmiocänen Fastebene als Basis ausgeht. Fast unverändert übernommen sind die konsequenten Hauptflüsse, im Wege der Umbildung begriffen sind die Nachfolgeflüsse; begünstigt sind einzelne durch ererbte Eigenschaften, die meisten gehemmt durch geringe Wasserführung, alle aber unterliegen dem Einfluß der Bodenbewegungen, die den Tongesteinen eigen sind.

Beschaffenheit der Rumpffläche.

Die geringe Entwicklung der Mäander der heutigen Flüsse führte bereits zu dem Schlufs, dafs die Mäanderbildung auf der Rumpffläche noch nicht eine ganz vollkommene gewesen sei. Wir besitzen an einigen Stellen des heutigen Reliefs Gelegenheit, uns genauer über den Zustand der Fläche im einzelnen zu informieren.

Folgender Gedankengang, der später näher zu begründen sein wird, leitet darauf hin: in der Formgebung des Appennin spielen Bodenbewegungen eine grofse Rolle. Sie begannen ihre Tätigkeit, als das Gebirge aus dem Meere auftauchte; eine wichtige Äußerung derselben ist die Entfernung von Deckgesteinen von den Höhen. In dieser Tätigkeit können gröfsere Bewegungen wie Rutsche und Stürze nur aufhören,

wenn die Decke entfernt ist, oder wenn die Erosion wegfällt, die immer wieder neue Bewegungen erzeugt. In diesem Stadium bildet sich ein einheitliches Gefäll zwischen Deckgestein und dem rutschenden Boden, der nur noch dem „Gekriech“ unterliegt (337), aus, das immer fehlt, sobald die heutige aktive Erosion mit ihren Bewegungen das Terrain ergriffen hat.

An vielen Stellen des Appennin sind nun Reste solcher Deckgesteine erhalten, die von den heutigen Bodenbewegungen nicht erreicht werden und nur geringfügiger Abtragung und Abspülung unterliegen (Abbild. 48). Sie bieten daher mit ihrer Umgebung ein annähernd getreues Bild der Beschaffenheit, die der Rumpffläche eigen war, und ergänzen so dasjenige, das uns die Betrachtung der Hochfläche von Pavullo und anderer Stellen gewährt. All dies zusammengenommen ergibt für die Rumpffläche einen Zustand, der in der Tat noch lange nicht an allen Stellen das Ideal einer Peneplaine erreicht hatte, der aber sehr weitgehend greisenhafte Züge aufweist. Der Zyklus nahte sich seinem Ende.

Alle die vorausgehenden Darlegungen haben den Beweis erbracht, daß tatsächlich im nördlichen Appennin eine Fastebene von postmiocänem Alter vorhanden ist. Erst ihr Nachweis erklärt das heutige Relief und das Gewässernetz befriedigend. Der Vorgang, der aus der Rumpffläche das Gebirge schuf, das uns heute vorliegt, ist eine Hebung, die aus allgemeineren Gründen zu folgern ist, die aber auch direkt durch die Terrassen der Täler sichtbar gemacht wird.

Talterrassen als Stadien der Hebung.

An der Mündung des Secchia-Tales in die Ebene (Tavoletta Sassuolo 86 I. SO 1 : 25 000) sind folgende Terrassenstufen entwickelt: am tiefsten liegt die Terrasse von Castellarano—S. Michele, 35 m über dem heutigen Bett; sie senkt sich talauswärts mit demselben Gefäll, das der heutige Fluß hat. Bei Castellarano zeigt ein Profil einen graugelben Sandstein mit Konglomeratschnüren von miocänem Alter, der mit 15° nach Norden einfällt. Ihm lagern 2 m Schotter auf, über denen Ackererde die Terrassenfläche bildet. Weiter abwärts wird der miocäne Sandstein durch die grauen Tone des Piacenziano ersetzt, die leicht nach Norden einfallen und in derselben Weise von Schottern überlagert werden.

Nächst höher liegt eine Stufe, die ich „Hauptterrasse“ nennen möchte, da sie hier und in den anderen Tälern am stärksten entwickelt ist. Ihr Südende liegt rund 100 m über der Secchia, ihr Nordende nur 50 m, sie hat also ein stärkeres Gefälle als der Fluß (17 : 5⁰/₀₀), und

dieser Befund weist unzweideutig auf eine Schrägstellung des ganzen Gebirges hin, da lokale Aufbiegungen sonst gänzlich fehlen. Das Profil der Hauptterrasse zeigt pliocäne Tonmergel, darüber 2—4 m Schotter und 2 m einer löfartigen Erde mit Kalkkonkretionen.

Die oberste Stufe liegt 140 m über dem Fluß, nur geringe Reste sind erhalten. Das Profil ist im wesentlichen gleich, nur tritt an die Stelle des pliocänen Tones der Sandstein des Astiano.

Ganz ähnlich ist der Befund im Reno-Tal (Tavolette Casalecchio 7 II. NO und Praduro e Sasso 87 II. SO 1 : 25 000). Bei Sasso liegt die unterste Terrasse, auf der der Ort selbst steht, 30 m über dem Reno und hat ein Gefäll von 4‰ , das dem des jetzigen Flußbettes entspricht. Stellenweise ist eine noch jüngere, 10 m über dem Fluß, ausgebildet. Die Hauptterrasse liegt an ihrem oberen Ende 105, am unteren 80 m über dem Fluß, ihr Gefäll beträgt 10‰ , also erheblich mehr als das des Reno. Das Profil zeigt Miocän und Pliocän einheitlich abgeschnitten und eine Schotterlage von 2—3 m. Die oberste Stufe ist auch hier nur in geringeren Resten erhalten, sie liegt 150 m über dem Fluß, der Rücken des Fels von Sasso gehört ihr an.

Das Nämliche ergeben die anderen von mir untersuchten Flußtäler. Die vorhandenen Terrassen sind sämtlich Erosions-, nicht Akkumulations-Terrassen; in jedem einzelnen Stadium sind nur geringe Schottermengen abgelagert worden, bevor die erneute Tiefenerosion begann. Es läßt sich also im Appennin eine Hebung nachweisen, die vom oberen Pliocän bis an die Schwelle der Gegenwart gedauert hat. Sie wird bewiesen durch den Übergang des tonigen Piacenziano in das sandige Astiano und in das kontinental-littorale Villafranchiano, dem einzelne Schotternester und Verwitterungstaschen in den Gipsen angehören, wie solche Capellini (273) beschrieben. In die Folgezeit, Diluvium bis Alluvium, fällt die Ausbildung der Terrassen, deren jede einem Stocken in der Hebung entspricht. Dafs ein Teil der früher konstatierten Schrägstellung erst in dieser Zeit eingetreten ist, beweist das vermehrte Gefäll der Hauptterrasse. Die von Mortillet 1864 (285) versuchte Parallelisierung der Terrassen mit den südalpinen ist heute nicht mehr haltbar; eine neue zu geben, ist mir nicht möglich.

Der nördliche Appennin.

Die bisher gültige Anschauung des Appennin als eines Faltengebirges, dessen eine Seite eingebrochen ist, vernachlässigt ein wichtiges Stadium in der Geschichte des Gebirges, das uns erst den heutigen Zustand verständlich macht. Nach meinen Untersuchungen kann der Appennin kaum mehr als Typus der obigen Art gelten, er tritt in eine

andere Reihe zurück, der von nächstverwandten der Schweizer Jura (334) und das Karpaten-Vorland (362) angehören. Krafs ausgedrückt: der nördliche Appennin gleicht nicht einem einseitigen Faltengebirge, sondern etwa dem Erzgebirge.

Der Nordabhang des etruskischen Appennin wäre nach meiner Ansicht am besten in folgender Weise zu gliedern:

1. Der Sub-Appennin von der Ebene bis zur Südgrenze der pliocänen Sedimente. Es ist ein dem Reifestadium sich näherndes Hügelland, aus der ehemaligen Küstenebene herausgeschnitten. Die Täler sind noch jung und haben sich noch nicht vollkommen angepaßt; aber es haben sich keine Riedel mehr zwischen ihnen erhalten, die Entwässerung reicht überall hin. Züge härterer Gesteine sind als Escarpements herauspräpariert. Für Verkehr und Ansiedlungen größeren Stils bieten nur die Stammtäler genügend Raum, außerhalb ist das Pliocän-Land Sitz zahlreicher Einzelsiedlungen. Sein fruchtbarer Boden bedingt dichten Anbau, die Nähe der großen Städte der Ebene macht sich in der Menge der Landhäuser und Weinplantagen bemerkbar.

2. Der Haupt-Appennin, vom Sub-Appennin im Norden bis zum Hoch-Appennin im Süden. Es ist die gehobene und zerschnittene Fastebene, die Täler jung, große Plateaustücke mit unvollkommener Entwässerung zwischen ihnen erhalten; erstere an die Tongesteine geknüpft, letztere den wasserdurchlässigen Deckgesteinen entsprechend. Beim Übergang vom Sub-Appennin in diese Zone verläßt der Verkehr die Täler und folgt möglichst den erhaltenen Teilen der Fastebene; eine Ausnahme bildet das Reno-Tal. Bei den Siedelungen herrscht die Form geschlossener, stadähnlicher Wohnplätze vor, die oft auf einem Denuationsrest liegen (z. B. Gajato); nur neue Orte steigen zu den Strafsen hinab oder hinauf (z. B. Lama di Mocogno). Weinbau tritt zurück, Feldwirtschaft, Viehzucht an seine Stelle; ausgedehnte Kastanien- und Eichenwälder überziehen vielfach die Riedel.

3. Der Hoch-Appennin, die Kammzone, das am höchsten aufgefaltete und der Einebnung entgangene Stück, mit der Nordgrenze des eocänen Macigno im allgemeinen beginnend. Tief eingeschnittene, junge Täler, durch die Eiszeit modifizierte Hochgebirgs-Formen sind charakteristisch. Der Verkehr muß der letzteren wegen die Höhen verlassen und sich wieder in die Täler senken, um von neuem zur Pafshöhe anzusteigen (z. B. Via Giardini). Wichtigere Siedlungen liegen in den Tälern, ältere auf schwer zugänglichen Höhen. Weinbau und Ackerwirtschaft hören auf; Ausnutzung der Wälder durch Köhlerei und namentlich Schafzucht auf den Hochweiden ersetzen sie.

Die morphologisch begründete Dreiteilung in Zonen läßt sich so-

mit auch in ihrem Einfluss auf den Menschen nachweisen; wie das fließende Wasser ihren Gesetzen folgt, so auch der Verkehr. Mit dieser Einteilung ist das Gerippe gegeben, an das sich weitere Untersuchungen angliedern lassen, die diese Beziehungen im einzelnen aufzudecken haben. Durch sie kommt die Quergliederung zu ihrem Recht, die morphologisch nicht vorhanden ist, die aber für den Menschen besteht. Damit tritt die Geomorphologie zurück, welche die Grundlinien vorgezeichnet hat, und an ihre Stelle treten als sichtendes Prinzip die Forderungen der Landeskunde.

II. Mechanismus und Bedeutung der Bodenbewegungen¹⁾.

Die große Menge der an der Erdoberfläche sich vollziehenden Massenbewegungen hat Penck (311) in die drei Gruppen: Bewegung loser Massen, Bergstürze, Abspülung geteilt. Das Vorwalten der einen oder anderen Erscheinung in einem bestimmten Gebiet ist eine Funktion der Bodenbeschaffenheit und des Klimas. Von vornherein ist anzunehmen, und es geschah mit einem gewissen Recht bisher allgemein, daß die Bewegung loser Massen und die Abspülung regional wirkende Vorgänge sind, während Bergstürze mehr lokal und gelegentlich auftreten, dann aber meist große Formveränderungen schaffen. Man dachte an die Katastrophen, wie bei Elm (136. 137) und an anderen Orten, und vergaß, daß es bei bestimmter Gesteinsbeschaffenheit und entsprechendem Klima in allen Gebirgen Teile gibt, in denen ganze Abhänge selbst bei geringer Neigung in beständiger, langsamer Abwärtsbewegung begriffen sind, die von Zeit zu Zeit einem schnelleren Wechsel Platz macht. Die Zahl der Literatur-Angaben über solche Vorkommnisse ist sehr groß, sie verstecken sich aber zum großen Teil in den Veröffentlichungen der Gebirgsvereine. Die Wissenschaft erledigte die Behandlung der Bergstürze und hierher gehöriger Bodenbewegungen meist an der Hand von Heims Schema (40), das bei der Großartigkeit der Schweizer Vorkommnisse die geringeren Erscheinungen wohl beschrieb und sehr treffend klassifizierte, aber doch nicht genügend auf ihre regionale Verbreitung hinwies.

Von den Gliedern Europas ist Italien dasjenige, an dessen Aufbau Tongesteine die bedeutendste Rolle spielen, das daher vor allen

¹⁾ Ich erkenne die Berechtigung von Götzingers Bedenken (337, S. 50 Anm. 5) gegen diese Bezeichnung an. Wir haben aber keine bessere; ich gebrauche sie im allgemeinsten Sinn für die ganze Skala vom Gekriech bis zum Bergsturz.

berufen ist, bei entsprechendem Klima Rutschungserscheinungen in weitester Verbreitung zu zeigen. Das ist in der Tat der Fall, und hier wurde auch zuerst in gebührendem Mafse mit dem Studium der Gleitbewegungen begonnen. E. Reyer (366) erkannte ihre Bedeutung für die Modellierung des mittleren Toskana, wenn er auch über das Ziel hinausschofs, indem er an eine langsam gleitende Bewegung der pliocänen Sedimente auf dem Raum von mehreren Quadratkilometern glaubte. Noch ungeheuerlicher mutet uns die Anschauung von L. Bombicci an, der den ganzen nördlichen Appennin entstanden glaubte durch eine nach Süden gerichtete Gleitbewegung der ganzen Masse auf den Argille scagliose, die einen Betrag von etwa 3 km erreichte (195. 208 u. a.). Diesen im grofsen angewandten Theorien folgte eine Unmenge von Detailarbeiten, die meist unbeachtet blieben, aber doch wertvolles Material anhäufte. Mit gröfserem Erfolg wies nur wiederholt Theobald Fischer (z. B. 370) auf die Wichtigkeit und allgemeine Verbreitung gleitender Bodenbewegungen in Italien hin, ohne dafs doch die Erscheinungen einer eingehenderen Untersuchung auch in anderen Gebieten unterzogen worden wären, sie erschienen nach wie vor von zu geringer allgemeiner Bedeutung. Erst in den letzten Jahren beschäftigte sich R. Almagià im Auftrage der Italienischen Geographischen Gesellschaft mit einer systematischen Statistik der Frane (vgl. 344).

Es kam noch hinzu, dafs auch die Theorie der Bodenbewegungen scheinbar nichts Neues mehr bieten konnte. Al. Collin (38) und G. Bischof (36) hatten experimentell die Bedingungen für den Eintritt von Gleitbewegungen geprüft, E. Reyer (35) und V. C. Pollack (37) hatten die beobachteten Erscheinungen in befriedigender Weise aus ihren Faktoren erklärt und Heim (40) hatte eine glückliche Klassifikation gefunden. Blanckenhorn betrachtete die Bodenbewegungen als Erzeuger pseudoglazialer Erscheinungen (339), und A. Penck (311) gab und erläuterte Formeln für die verschiedenen Abrifsmöglichkeiten.

Die Theorie der Bodenbewegungen beruht auf zwei Fundamentalsätzen, denen man folgende Fassung geben kann: das Gleichgewicht eines Gehänges wird gestört, wenn eine erhebliche Durchtränkung oder eine Verletzung der Böschung eintritt, und es ist zweitens schon ein geringes Übergewicht im stande, den Zusammenhang zu lösen, wenn es nur lange genug wirkt. Während der letzte dieser Sätze die Form des Eingreifens der im ersten genannten Faktoren regelt, hängt alles weitere von den Eigenschaften des Gesteins ab, das, den obigen Einflüssen unterworfen, je nachdem abbricht und abstürzt, gleitet oder strömt, oder sich indifferent verhält. Von den Grundeigenschaften des Gesteins ist die HäSION, wie Reyer (35) sich ausdrückt, die wichtigste;

sie kann bei Durchtränkung abnehmen, sie kann aber auch infolge Verkittung zunehmen, und dann verkehrt der zweite Satz sich in sein Gegenteil: je später der Zusammenhang gelöst werden wird, desto schwerer gelingt es. Die HäSION eines Gesteins ist unter normalen Verhältnissen am geringsten längs gewisser Flächen, von denen Pollack (37) Schichtflächen, Absonderungsflächen und Bruchflächen (alte Gleitflächen zum Teil) unterscheidet.

Demnach tritt eine Bodenbewegung ein, wenn an einem Abhang ein Gestein einer dieser Flächengattungen in solcher Lage zeigt, daß bei Durchtränkung oder Untergrabung die Gewichtszunahme eine so große ist, daß sie, wenn auch erst nach längerer Zeit, die HäSION aufheben kann. Bei gleichfallendem Gehänge und Klüftung beträgt der kritische Winkel 27° (Penck a. a. O.).

Die mit Hilfe der genannten Faktoren eingreifende Macht der Schwerkraft ist aber so groß, daß sie imstande ist, selbst erst Flächenarten aus der letzten genannten Gattung zu schaffen. Es ist aber klar ersichtlich aus dieser Darlegung, daß hier die Gewichtszunahme bzw. Reibungsverminderung infolge Durchtränkung *ceteris paribus* weit größer sein muß, als im ersten Fall, um eine Bewegung zustande zu bringen, und es folgt zweitens, daß bei gleicher Durchtränkung das Ausmaß der Bewegung ein geringeres sein wird, als im ersten Fall.

Da diese Ableitung auch auf die Verhältnisse loser Massen anwendbar ist, so läßt sich ohne Mühe aus ihr die ganze Skala der Erscheinungen entwickeln, wie sie von den Abbrüchen und Sturzerscheinungen herüberleitet zu den Gleitbewegungen, um im Gekrieche langsam auszuklingen.

Ein Beispiel: es liege ein homogenes Tongestein vom Charakter der pliocänen Appennin-Tone vor; es werde durch Erosion angeschnitten, die Durchtränkung sei sehr stark: so folgt nach obiger Ableitung mit Notwendigkeit das Auftreten von Schlammströmen, da die starke HäSION anderes nicht zuläßt. Hat das Tongestein den Charakter von Scherentonen, d. h. ist stark von Harnischen durchsetzt, so werden eben diese schon bei geringerer Durchtränkung Gleitbewegungen einleiten, die zu einem Bergsturz führen würden, wenn die Harnischflächen alle in derselben Ebene lägen.

Die hier entwickelte Anschauung geht von der Annahme aus, daß eine Bewegung eintritt, wenn nach obiger Entwicklung die Vorbedingungen dafür da sind. Diese Annahme kann aber in der Form auslösender Kräfte mit in den Kreis der Untersuchung einbezogen werden. Solche auslösenden Kräfte oder Impulse sind dann diejenigen, die an einer Stelle oder zu einer bestimmten Zeit die vorbereitete Bewegung

in Gang bringen bzw. im Gang erhalten. Örtlich bedingte Impuls-Erscheinungen sind z. B. Durchtränkung durch eine Quelle, Böschungsanschnitt durch Erosion; zeitlich bedingte: eine Periode ungewöhnlicher Niederschläge, ein Erdbeben. Mit der Einführung dieser Impulse kann man die Bewegungsarten, meines Erachtens, schärfer fassen, als es nach der bisherigen Klassifikation möglich ist. Ein vollständig nach den drei Gruppen: Gesteinsbeschaffenheit und Lagerung — Klima — Impuls durchgeführtes Schema ist zur Zeit noch nicht möglich, da unsere Kenntnis der Mechanik der Bewegungen einstweilen nur gering ist und da wir die morphologischen Folgen eben erst zu übersehen anfangen.

In drei Richtungen bewegen sich die neueren Untersuchungen: 1. Die Berücksichtigung des Einflusses der Lagerung führt zum Studium der Rolle, welche Rutsche in weicherem Gestein bei der Entfernung anders gearteter Decken spielen. 2. Die Vorgänge der Talvertiefung in weichem Gestein rufen Rutschbewegungen hervor, die auf die Ausgestaltung des Gewässernetzes von Einfluß sind. Hier ist der Impuls besonders zu berücksichtigen. 3. Unter geeigneten Bedingungen wandert der Gehängeschutt der Abtragungsböschungen unter einer Vegetationsdecke talwärts. Wie Götzinger (337) nachwies, schafft dieses „Gekriech“ und mit ihm verknüpfte kleine Rutschungen die Rückenformen der Mittelgebirge.

Die Bodenbewegungen im Appennin.

Fast im ganzen Halbinselland Italien treffen die Bedingungen zusammen, welche Bodenbewegungen erheblicher Art erzeugen. Tongesteine treten in weiter Verbreitung in den verschiedensten Formationen auf, das Klima ist im Sommer trocken, im Winter feucht; bis in die Gegenwart dauernde Hebungen des Landes und der Vulkanismus bieten durch ständige Wiederbelebung der Erosion und durch Erdbeben immer von neuem kräftige Impulse. So spielen in der italienischen Literatur und der ausländischen über Italien die Bodenbewegungen seit langem eine große Rolle. Seit von Hoff (39) werden immer wieder die Erscheinungen bei Modena angeführt, bis Theobald Fischer (371, S. 304) und E. Reyer (366) mehr und eingehendere Darlegungen brachten. Auf ihnen fussen im wesentlichen alle Angaben in der deutschen Literatur (z. B. 24. 233) bis in die neueste Zeit. In Italien selbst ist die Zahl der einschlägigen Veröffentlichungen sehr groß und unüberschaubar, wenn man das ganze Land in Betracht zieht. Drei Lokalitäten lassen sich als Hauptsitze dieser „Landplagen von Italien“ nennen, das ist einmal der nördliche Appennin, das toskanische Vorland und der

südliche Appennin nebst Sizilien. Da meine Studien vor allem den nördlichen Appennin betreffen, so bezieht sich die folgende Übersicht ausschliesslich auf diesen Teil.

Die gesamten allgemeinen Schriften über den Appennin berücksichtigen die Rutschungserscheinungen meist in der herkömmlichen Weise, dafs nach Erwähnung der Allgemeinheit des Vorganges einige wenige Beispiele angeführt werden (z. B. 19. 245). Gute Darstellungen mit Erwähnung und Lokalisierung zahlreicher Einzelfälle verdanken wir für den modenesischen Appennin D. Pantanelli (1) und V. Santi (4), für die Provinz Bologna namentlich L. Bombicci (195), und für die Gegend von Parma und Reggio G. Uzielli (121). Diesen gröfseren Arbeiten reiht sich eine Fülle kleinerer an, die Einzelfälle beschreiben, teils populär in Zeitungen und belletristischen Zeitschriften (ich nenne von wertvolleren die Arbeit von F. S. Pullé 23), teils in wissenschaftlichen Monographien, wie die Schriften von E. Niccoli (13. 14. 47. 48) und G. Uzielli (45. 46).

Eine Prüfung dieses gesamten Materials, soweit es zugänglich ist, ergibt, dafs es für eine eingehende Betrachtung vom geomorphologischen Standpunkt aus nur wenig bietet. Klar geht die weite Verbreitung der Rutschungsbewegungen hervor, schon weniger deutlich das Verhältnis zu den einzelnen Gesteinsarten. Mangelhaft in den meisten Fällen ist die Untersuchung der Ursachen, und die Folgerungen bezüglich der Ausgestaltung des Gewässernetzes und der Schaffung von Bergformen sind kaum je in den Kreis der Untersuchung einbezogen. Über den Mechanismus der Bewegung im einzelnen, sowie über das Mafs des Fortschrittes fehlen Angaben und Zahlen vollständig.

Die Bodenbewegungen, seien es gleitende oder stürzende oder Sackungen, werden in der italienischen Literatur mit dem Wort „*frana*“ Plural „*frane*“ bezeichnet. Das Zeitwort *franare* ist ein altes lateinisches Wort und entspricht im Sinn etwa *rovinare*, d. h. zerstören. Demnach bezeichnet Frana einen „zerstörenden“ oder genauer „in Trümmer legenden“ Vorgang und wird in dieser Allgemeinheit auch angewandt, obgleich unter *terreno franato* z. B. eigentlich nur das rutschende Gebiet in der Region der Scherbentone bezeichnet wird. Jedenfalls herrscht in dieser Beziehung grofse Verwirrung. Ich beschränke den Gebrauch des Wortes „Frana“ und „franiert“ auf Gleitvorgänge im Bereich der Scherbentone, deren genauere Definition sich später ergeben wird.

Die Betrachtung der Bodenbewegungen des nördlichen Appennin an der Hand der Literatur zeigt, dafs solche überall und in allen Formationen auftreten. Sehr bald ergab sich mir aber eine zwanglose

Einteilung; und so sind im nördlichen Appennin folgende Gruppen von Bodenbewegungen scharf zu scheiden:

1. Die Gleiterscheinungen der Scherbenton-Regionen.
2. Die Schlammströme der rasch zurückweichenden Wände der pliocänen Erosionskessel.
3. Die auf der Einlagerung toniger Schichten zwischen härtere beruhenden Stürze und Schlipfe, die immer einen Einzelfall bilden, während die anderen Arten auf kleinem Raum in großer Zahl auftreten. Sie sind auf die sandig-kalkige Ausbildung von Eocän, Oligocän und Miocän beschränkt.

Man könnte dann weiter teilen in Bewegungen, die je nach dem Impuls unmittelbar von der Tiefen- oder Seitenerosion bedingt sind, oder solche, die nur eine Begleiterscheinung des allgemeinen Abtragungsvorganges sind, wo der Impuls nur eine Durchfeuchtung ist. Nach diesem Gesichtspunkt fällt Gruppe 2 ganz, 3 zum größten Teil unter die erste Rubrik, während in den Scherbenton-Regionen beide Formen auftreten. Immerhin überwiegen bei dem Charakter des Appennin als eines jungen Gebirges die an die Erosion geknüpften Vorgänge und ihnen schließt sich daher meine Darstellung an¹⁾.

Die Scherbentone.

In dem Aufbau des Appennin spielt ein Gestein eine große Rolle, das unter dem Namen *Argille scagliose* in der geologischen Literatur bekannt ist, dessen Natur und Altersbestimmung indessen noch immer strittig sind, trotzdem die erfahrensten Geologen Italiens zu wiederholten Malen ihre Kräfte an die Lösung des Problems gesetzt haben. Die Scherben- oder Schuppentone sind tonige Gesteine von sehr wechselnder Farbe, die unter dem Einfluß der Atmosphärien in zahlreiche Partikel zerfallen, bei weiterer Durchtränkung schlammig werden. Sie treten immer mit Eruptivgesteinen (Serpentinen, Diabasen u. s. w.) verbunden auf, ihre Lagerung ist in den meisten Fällen chaotisch verworren, größere oder kleinere Blöcke und Bänke kalkiger Ausbildung sind eingeschaltet.

Der Name „*Argille scagliose*“ wird zuerst von dem berühmten Schilderer Toskanas Targioni-Tozzetti 1768 (5) gebraucht. Seine Einführung in die wissenschaftliche Literatur geschah 1840 durch P. Bianconi (308). Er schreibt, es wären Gesteine, bei denen „*una*

¹⁾ Göttinger (337) hat geteilt in Bewegungen auf Erosions- und auf Abtragungsböschungen, dasselbe im Prinzip habe ich oben ausgesprochen. Bei der Reife des Wiener Waldes empfahl sich dort dieser Gesichtspunkt durchaus als leitender.

superficie levigatissima, dolce, ontuoso al tatto lucente, ceroide e metalloide, si presenta andando a seconda delle scaglie, di cui è costantemente composta questa sorte di argille È questo carattere talmente proprio di queste argille che credemmo doverle chiamare provvisoriamente argille scagliose (241). Und ihre Haupteigenschaft beschreibt er an anderer Stelle in folgender Weise: „Sie zerfallen bis ins unendliche in ganz kleine Schuppen mit gekrümmter Oberfläche, die wie poliert glänzt und sich fettig und seifig anfühlt. Die Farbe wechselt vom Bleigrauen zum Gelblichen, kann grün, braun und rosa sein“ (3).

Die Entstehungsgeschichte der so charakterisierten Gesteine rief bald lebhaftere Diskussionen hervor, an denen die meisten Geologen, die das Gebiet kennen lernten, sich beteiligten, ohne dafs eine Einigung erzielt wurde. Eine grofse Schule erklärte die ganze Ablagerung für ein Produkt der Salsen, deren Eruptionsmaterial am Meeresgrund diese Form erhalten hätte (189. 156). Andere betrachteten sie als Sedimente, die einer ausgedehnten Regional-Metamorphose unterlegen hätten (Bombicci 195). Allen diesen mehr oder weniger phantastischen Theorien machte C. de Stefani 1878 ein Ende, indem er durchschlagend nachwies, dafs die Schuppentone weiter nichts als ein Tiefsee-Sediment sind (190). Ihm schlossen sich bald die besten Kenner der Frage an (16. 191), da schon 1873 G. Capellini einen überzeugenden Grund für die Ursache der eigentümlichen Strukturverhältnisse gefunden hatte (282): *i movimenti meccanici che precedettero la formazione delle rocce serpentinosi e filoni metalliferi, non solo aprirono gli spacchi ove esse dovevano costituirsi, ma tormentando in tutti i sensi le argille ed il calcare con esse intercalato in strati ed in amigdale, ridussero il calcare in frammenti di mole svariata ed alle argille impartirono quella fogliettatura senza direzione determinata, per la quale si dividono in piccole scaglie, sicchè ne derivò l' epiteto di scagliose dato ad esse dai geologi bolognesi*“. Nach dieser Anschauung also sind es die mechanischen Vorgänge gewesen, welche die Eruption der Serpentine begleiteten, die alle Gesteine derart quetschten, dafs eine Art Blätterung entstand, die sich aber in verschiedenen Richtungen durchkreuzte, daher das Gestein in eine Menge von Schuppen auflöste.

Die chemische Zusammensetzung der Schuppentone ist außerordentlich wechselvoll. Bezeichnend nennt sie G. Manzoni (17) die „*olla potrida*“ der lokalen Mineralogie. Die Analysen zeigen grofsen Reichtum an Kieselsäure, Armut an Kalkkarbonat; neuere sind mir nicht bekannt geworden, eine ältere sei hier angeführt (309):

Das Gestein stammt aus der Umgegend von San Paolo bei Reggio in der Emilia.

Kieselsäure-Anhydrit	51,05	Aluminium-Oxyd	16,09
Phosphorsäure- „	0,32	Eisen- „	10,19
Schwefelsäure- „	Spuren	Mangan- „	0,42
Chlor	0,07	Kalcium- „	6,12
		Magnesium- „	3,02
		Alkali- „	0,51

Glühverlust 13,44.

Dichte bei 25° C = 2,403.

Issel (310) charakterisiert das Gestein als ein Aluminium-Silikat des Tones, verbunden mit einem Magnesia-Silikat und Metall-Oxyden. Als accessorische Gemengteile treten Petroleum, Soda-Chlorür und Schwerspat häufig neben anderen hinzu. Von größter Wichtigkeit ist das Vermögen der Scherbentone, bei Zutritt von Luft und Feuchtigkeit ihr Volumen zu vergrößern.

Am meisten umstritten ist die Altersbestimmung der Argille scagliose, die der verworrenen Lagerung und des Fossil mangels wegen so enorme Schwierigkeiten bietet. Erschwerend kommt dazu, daß ganz typische Vorkommnisse augenscheinlich verschiedenen Horizonten angehören, sodaß „Argille scagliose“ streng genommen eine lithologische, keine historisch geologische Bezeichnung ist, wie Uzielli schon seit langem betont (191). Trotzdem wird der Name immer wieder für eine bestimmte Formation gebraucht und erscheint so auch auf den geologischen Karten (z. B. Carta Geol. della Provincia di Bologna del Prof. G. Capellini. Pubbl. per il 2° Congr. Geol. Internat. in Bologna 1881. 1 : 100 000). Dies Verfahren ist der strittigen Stellung der Gesteine wegen nicht einwandfrei, und ich werde daher den Begriff „Argille scagliose“ nur petrographisch gebrauchen, ohne mich auf eine Altersbestimmung festzulegen.

Nach den herrschenden Anschauungen sind die Scherbentone in ihrer Mehrheit entweder zur Kreide oder zum Eocän zu stellen. Vertreter der ersteren Ansicht sind G. Capellini (346) und F. Sacco (245). Sie stützen sich wesentlich auf Fossilfunde, deren unzweifelhaft cretaceisches Alter feststeht. Aber die Gegner, unter ihnen namentlich D. Pantanelli (1) und G. Trabucco (3) behaupten, diese Fossilien seien nicht an primärer Lagerstätte gefunden, bei den gewöhnlichen Lagerungsverhältnissen der Scherbentone sei es kaum zu entscheiden, ob die Fossilien führenden Blöcke nicht verschleppt gewesen seien. Trabucco, dessen sorgfältige Arbeit (3) die gesamte Geschichte des Problems mit Quellenbelägen wiedergibt, stellt die Hauptzone der Argille scagliose zum oberen Untereocän, wo sie dem Macigno konkordant anlagern.

Für meinen Gegenstand ist das Alter der Gesteine ohne Belang ich bezeichne mit dem Namen Argille scagliose = Schuppentone oder Scherbentone einen Komplex toniger Gesteine mit eingelagerten Kalkbänken, die, wenn sie mit Luft und Feuchtigkeit in Berührung kommen, ihr Volumen ändern, an der Oberfläche in kleine Stücke zerfallen zwischen denen regellos die Trümmer der Kalke liegen, und bei weiterer Durchtränkung in einen schlammartigen Zustand übergehen. Wieder getrocknet, werden sie steinhart und erreichen Böschungswinkel von 90°. Die Lagerung ist chaotisch, die Farbe meist grau-grün. Auf trockenen Abhängen ist die Vegetation auf den Scherbentonen eine äußerst dürftige: Disteln, Brombeeren neben knochenharten Gräsern. An ebenen Stellen, bei genügender Durchfeuchtung, unterscheidet sich der Tonboden dieser Gesteine in keiner Weise von anderen Böden, die neben ihm auftreten; er ist fruchtbar und gut zu bearbeiten.

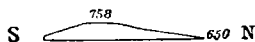
Mechanismus der Bodenbewegungen in den Scherbenton-Regionen¹⁾.

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 Festebene 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 Götzinger (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 Scherbentonem steckt eine ganz außerordentlich große Menge von Serpentinem, 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 Zerreißen 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. Toula in 345, S. 570, auch Lehrb. d. Geol. 2. Aufl. Wien 1906, S. 90.

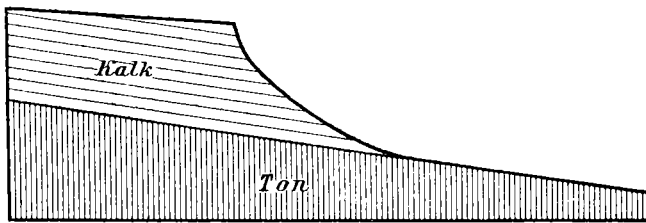
Partien an dem erwähnten Wege zwischen dem Passo della Radicosa und dem Sattel von Piancaldoli, wo auf dem nach der Diaterna zu gelegenen Abhang in den letzten Jahren verschiedene Erdschlipfe abgegangen sind. Als förderndes Moment kommt hier der Strafsenbau in Betracht, durch den die Böschungsverhältnisse 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 Abtragungsf lächen 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 Tiefen-Erosion ein, so kann ein Ausgleich erfolgen und das erreichte Profil sieht dann, wie folgt, aus (Abbild. 50):



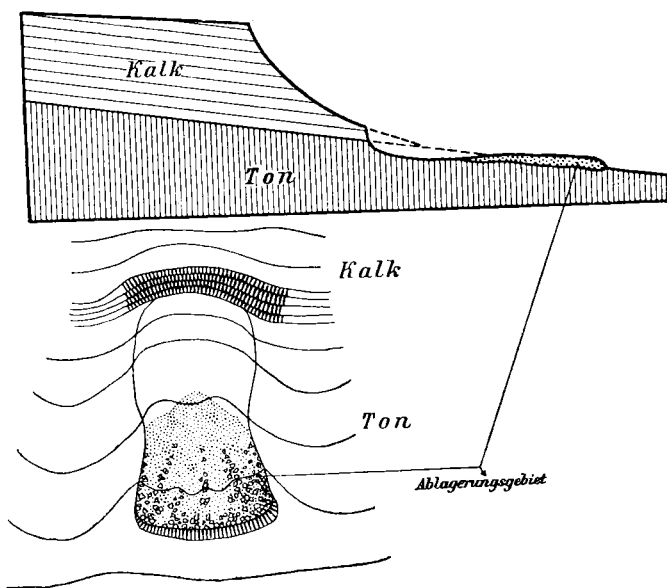
Abbild. 50.

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 Atmosphärrillen preisgegeben, in denen stürzende Teile des Deckgesteins stets von neuem Wunden reißen. Im Abrifsgebiet 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 Abrifsgebiet sich durch ständig wiederholte kleine Schlipfe stärker erweitern als das anderer Frane. Infolgedessen zieht sie deren Abrifsgebiet 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 Firmulde, 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 Kompafs und Bandmafs aufgenommen. Bei der Konstruktion ergab sich dann allerdings, dafs ein Teil der Kompafs-
Peilungen unbrauchbar war; die Genauigkeit ist indessen doch so grofs, dafs 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 dafs 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 läfst 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, dafs 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 mufs. 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, dafs das abrutschende Material sich staut und liegen bleibt. Die Folge ist Herstellung eines gleichmäfsigen 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 Götzingen (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 Fufspunkt 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 Messtischblättern 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 (208) selbst für so große Fälle wie den von Elm klar hervorgeht. Ganz ähnlich die von mir unter einer Gruppe zusammengefaßten großen 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,

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 abstehen, 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 Stofsseite 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, schließlic 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 Mafß 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 mittelmiocänem 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 zugeschräfft.

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.

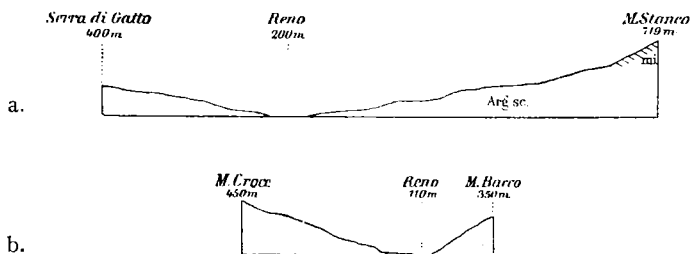
Wie die kleineren sich stark vertiefenden Täler in den Scherbenton-Regionen aussehen, ist bei Gelegenheit des Mechanismus der Frane schon erwähnt: an allen der Erosion ausgesetzten Böschungen entstehen steile Rippen mit tiefen Nischen, alles in kleinem Maßstab. Ein durch ein solches Tälchen gelegtes Querprofil ist V-förmig, wenn es die Rippen trifft, dagegen \checkmark 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 Göttinger (337, S. 10) Tobel genannten Talteil.

Sowie die Tiefenerosion stillsteht und Seitenerosion beginnt, erhält das Gehänge Zeit, sich abzufachen. 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 Straße 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 spiegelt. 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 Götzinger (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 Flyshtypus, 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 Scherbetone 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. Uzielli (45) anschließen

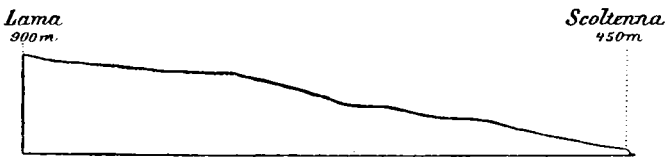
sowie namentlich die Statistik, die Almagià (385) gegeben hat: an der StraÙe von Modena nach dem Pafs Foce delle Radici sind es auf 20 km allein ein Dutzend Orte, die in Mitleidenschaft gezogen werden. Wenn es auch, nach den knappen Angaben, meist nicht mit Sicherheit festzustellen ist, ob nicht auch Bodenbewegungen anderer Art beteiligt sind, so ist doch mit groÙser Wahrscheinlichkeit darauf zu schlieÙen, daÙ es sich bei ihnen um Rutscherscheinungen von geringem AusmaÙ handelt, deren Ursache das Vorhandensein wasserundurchlässiger zwischen wasserdurchlässigen Schichten ist. Den Impuls jedes einzelnen Falles festzustellen, muÙ 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 gröÙter 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 zahlenmäÙige 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 KäÙme 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, daÙ 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 grosser 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 katastrophentartige Heftigkeit der Erscheinung beruht sicherlich auf der grossen Erosionskraft der Scoltenna, die, aus dem Hoch-Appennin gespeist,

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 (✓-förmig) ist.

In beschleunigter Abtragung beruht die Hauptbedeutung der Einzelfälle. Ähnlich wie der Fall von Lama Mocogno den wasser-scheidenden 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 Wasserrifs 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 (Tavoletta 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 rückerarbeitenden 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 aufsen der Tobel an, der Abzugskanal für die Gewässer und Schlammströme. In dem von mir untersuchten Kessel von La Fossetta passiert man, von aufsen 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 $45-50^{\circ}$ 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 ($45-51^{\circ}$) 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 Gewichtszunahme 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 Göttinger (337, S. 161) aus dem istrischen Flysch anführt. Göttinger 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 Toula, (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 Hügelzug, dessen Südseite nicht steril und zerrissen wäre nur wenig neues Land als Ersatz schafft das Aufhalten der Schlammströme durch Staudämme (Colmata).

Schlufswort.

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 Faltenürtels, 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 Schluß noch einmal systematisch geordnet. Nicht alle Nummern sind im Text zitiert. Abkürzungen finden sich am Schluß.

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 Forli. Forli 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 cosidetti 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 aufserdeutschen 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 Lagàro 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 idrogene 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. Machaček: 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. Götzinger: 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. Toula: 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.

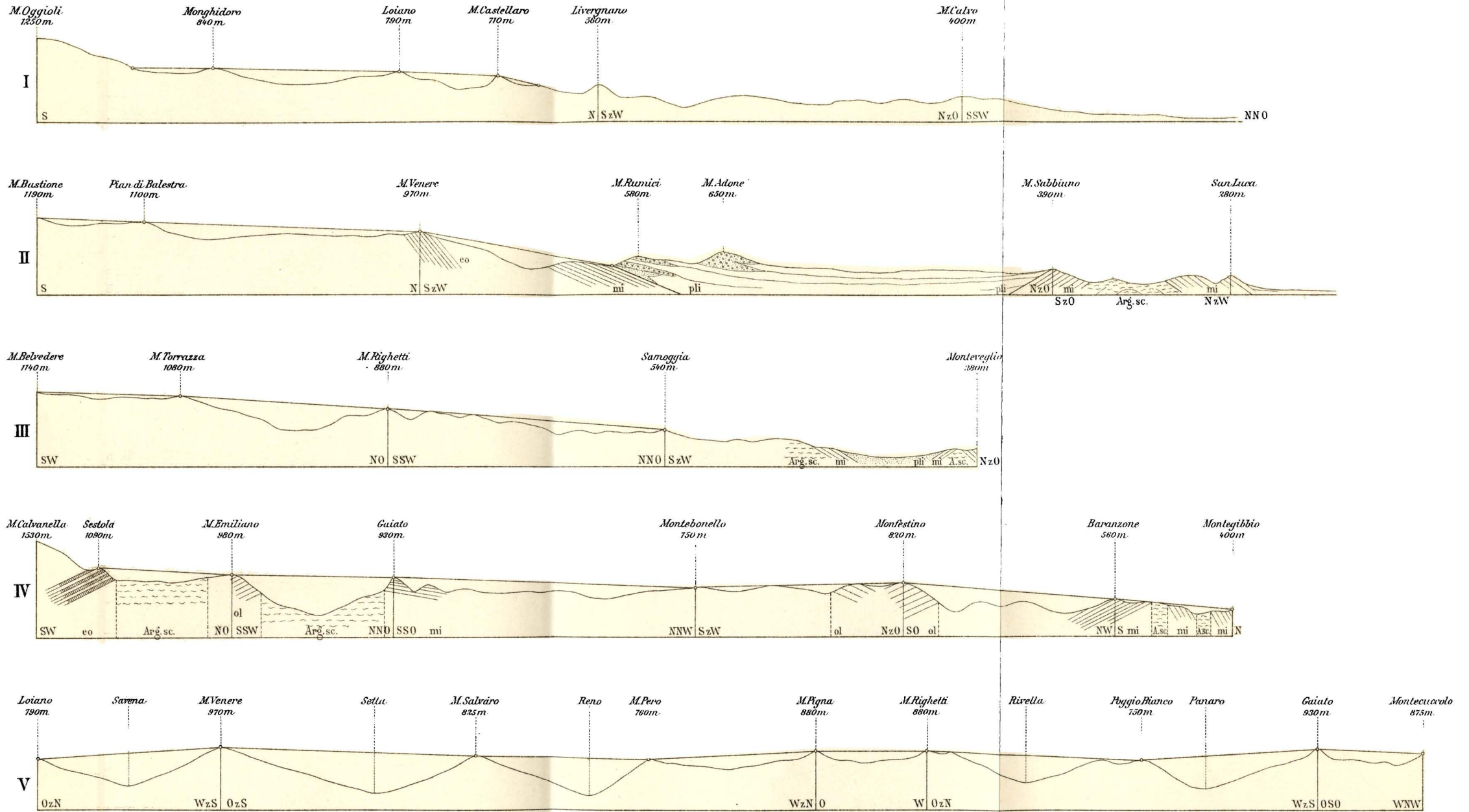
Die Abbildungen entstammen sämtlich eigenen Aufnahmen. An allen irgend wichtigen Stellen ist der Fufspunkt des Apparats durch Kompafs-Peilungen eingemessen worden, ebenso ist die Lage seiner horizontalen Mittelachse bestimmt. Wenn nicht besonders bemerkt, stand der Apparat horizontal, was mit einer genauen Dosenlibelle jedesmal festgestellt wurde; im anderen Fall ist der Neigungswinkel bestimmt. Ich benutzte eine Hesekielsche Spiegelreflex-Kamera mit einem Goerzschen 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 Kompafs und Bandmafs aufgenommen. Das Profil d—n beruht auf einem primitiven Nivellement mit Hilfe des Richthofenschen Horizontglases. Es war wertvoll, dafs von mir gesetzte Marken und Steinmänner mehrere Wochen unberührt stehen blieben, so dafs nach einer ersten Konstruktion notwendig gewordene Nachmessungen ohne weiteres an die Festpunkte der ersten Aufnahme angeschlossen werden konnten.

Morphologische Profile durch den Appennin von Bologna und Modena.

Länge 1 : 150000 1 mm = 150 m Höhe 1 : 75000 1 mm = 75 m



I-IV Querprofile V Längsprofil

Durchschnitte durch die ideale Fläche der Fastebene

Terrainskizze der Frana von Vergato

nach eigenen Aufnahmen gez. von G. Braun.

Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin, 1907.

Tafel 6.

