

Werk

Titel: Beiträge zur Morphologie des nördlichen Appennin

Untertitel: hierzu eine Tafel 5 und 6

Autor: Braun, Gustav

Ort: Berlin

Jahr: 1907

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657_1907 | LOG_0176

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

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 auszuüben 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 Frühjahr 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 beredte Sprache. Dem bedrohlichen Frühjahr folgt der Sommer, dann harrt mühsame Feldarbeit in den schwierigen Tönen im günstigsten Fall 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 Kampf gegen diese enorme Schädigung des Nationalvermögens ermutigen könnte: sie fehlt. Der Staat versagt, und in Stumpfheit erliegen die einzelnen dem ungleichen Kampf.

Es wird gewifs niemals möglich sein, Ereignisse, wie den Bergsturz von Goldau oder den am Arlberg, abzuwehren; aber aufmerksame Beobachtung kann selbst in solchem Fall eine Voraussage abgeben und so den Schaden wenigstens zum Teil abwenden. Ähnlich ist es im Nord-Appennin; doch liefse 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 Teil 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 Schlufs 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 lebenswürdiger 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 subaëren 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 Scherbentonlagen 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. Göttinger-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 daß, da heute nur ganz wenige Reste vorhanden sind, von italienischen Autoren behauptet wurde (z. B. Pantanelli 22), diese Teile hätten als Inseln dem Pliocän-Meer entragt. Ich kann mich dieser Auffassung nicht anschließen und bin überzeugt, daß genauere Untersuchung, die allerdings aus äußeren Gründen hier sehr schwierig ist, noch mehr und sicherere solcher Reste auffinden lassen wird. Außerdem sind die Höhenverhältnisse der pliocänen Sedimente im Süden der „Insel“ derartig, daß auch aus ihnen ein Hochstand des Meeres gefordert werden muß, 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 geringem Gefäll als in den weicheren Partien des Pliocän (z. B. Torr. Olivetta 70‰, dann plötzlich nur noch 20‰): sie entwickelten sich eben auf einer gleichmäßigen Decke von Pliocän, und erst die Erosion schälte wieder die älteren Partien als Inseln auf der geologischen Karte heraus.

Diese Darlegungen ergeben, daß ein immerhin noch mit Höhenegensätzen ausgestattetes Land unter das Pliocänmeer sank und heute unter dessen Sedimenten zum größten 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 doch die weitreichenden Folgerungen dieser Anschauung zu ziehen, zu denen der Morpholog geführt wird und ohne die das heutige Relief des Gebirges unverständlich 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, daß das von den Flüssen fortgeführte Material zunächst einmal feinkörnig sein wird, daß weiter die gelösten Stoffe solche sind, die am leichtesten der Verwitterung unterliegen, und daß 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 Kalziums, 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 Gebirgsländern, 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 ausschließlich 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 größeren 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 : 50 000). 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 schiefrig-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.

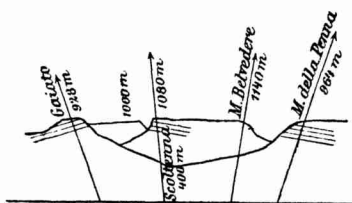
Bei km 45 erreicht die Via Giardini die Hochfläche von Pavullo, deren tiefsten Punkt der Ort Pavullo selbst, die Hauptstadt der Landschaft Frignano, mit 700 m Meereshöhe bildet. Die Gesteinsbeschaffenheit der Umgebung ist weit mannigfaltiger als bei Monfestino: Kalke, Sandsteine von sehr wechselndem Korn, Konglomerate sind entwickelt. Stellenweise sind die Sandsteine stark fossilführend, sodaß 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 $30-40^{\circ}$ in etwa nord-östlicher Richtung einfallen. Wiederum ist zu konstatieren, daß 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 Scherbentonien 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 mäßigen 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 läßt.

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 Abtragungsfäche 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

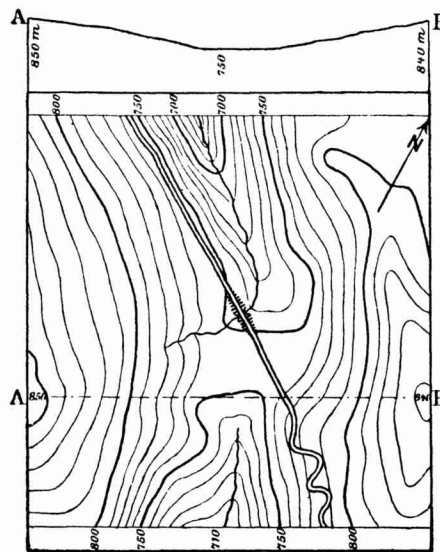


Abbild. 46.

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 Käme 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 daß 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 Käme 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 naturgemäß 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-Appennin: | | Fastebene: | Differenz: | |
|----------------|------|------------|------------|------------------------|
| M. Piella | 1199 | Capugnano | 591 | 600 Blatt 97. San |
| M. Cervarola | 1623 | Sestola | 1020 | 600 Marcello Pistoiese |
| M. Cavriale | 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, Schutführung, 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, sodaß 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 außer dieser Anpassung auch noch die Escarpements und Rücken ebene, aus dem ersten Zyklus stammende Formen auf, so „kann kaum bezweifelt werden, daß 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 großer 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, daß die in festeren Gesteinen verlaufenden Flüsse der Romagna, wie erwähnt, ausnahmslos gut entwickelte Mäander aufweisen. Es kommt dazu, daß 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 Flufsnetz 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).

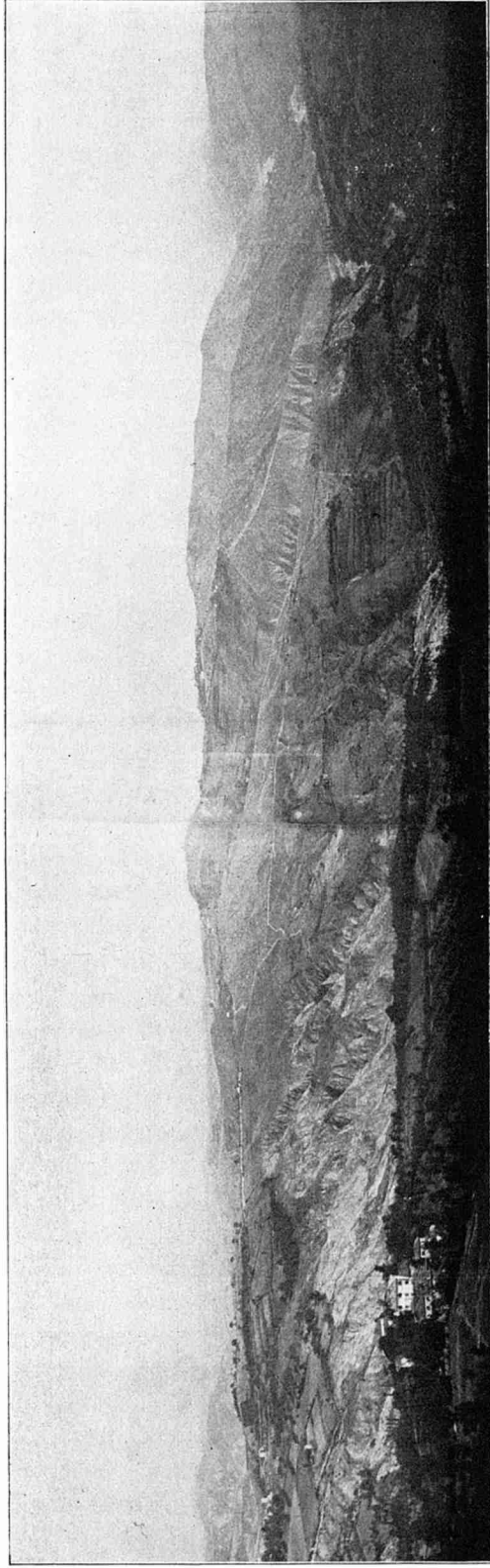
Die nach der oben skizzierten Ableitung als wahrscheinlich zu folgernde konsequente Entwässerung ist im Nord-Appennin deutlich ausgeprägt; nicht so die subsequente. Es beruht das auf den Lagerungs- und Gesteinsbedingungen des Appennin, die nicht dem Davisschen Schema (336) entsprechen. Trotzdem sich 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

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

Via Giardini ↘

Torrente Tiepido ↘



Stella ↑

Abbild. 48. Blick von km 33 der Via Giardini (bei Monfescino) nach Norden.
Eingreifen der Erosion in erhaltene Teile der postmiocänen Festebene.

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 Flufläufe 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 Strafe 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 Zufüsse 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 ‰ 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 : 5‰), 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 lössartigen Erde mit Kalkkonkretionen.

Die oberste Stufe liegt 140 m über dem Flufs, 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 87 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 Flufs, ausgebildet. Die Hauptterrasse liegt an ihrem oberen Ende 105, am unteren 80 m über dem Flufs, 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 Flufs, 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 südalpiner 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 Siedlungen herrscht die Form geschlossener, stadtähnlicher Wohnplätze vor, die oft auf einem Denudationsrest 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 gebührender Weise mit dem Studium der Gleitbewegungen begonnen. E. Reyer (366) erkannte ihre Bedeutung für die Modellierung des mittleren Toskana, wenn er auch über das Ziel hinausschoß, 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 großen angewandten Theorien folgte eine Unmenge von Detailarbeiten, die meist unbeachtet blieben, aber doch wertvolles Material anhäuften. Mit größerem Erfolg wies nur wiederholt Theobald Fischer (z. B. 370) auf die Wichtigkeit und allgemeine Verbreitung gleitender Bodenbewegungen in Italien hin, ohne daß 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, daß 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 Abrisfmöglichkeiten.

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 Häision, 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 Gewichtsvermehrung 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, Böschunganschnitt 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 unübersehbar, 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 Atmosphären 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, ceroido 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 serpentinoso 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 wechsellvoll. 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 : 100000). 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 graugrün. Auf trockenen Abhängen ist die Vegetation auf den Scherbentonen eine äußerst dürrtige: 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.

(Schluß folgt.)
