

**Tektonische Studien in der Catena metallifera
Toscanas**

von

Norbert Tilmann

(Mit 5 Textfiguren)

Sonderdruck aus der
Steinmann-Festschrift

Sonderband der
Geologischen Rundschau Bd. XVIIa
Zeitschrift für allgemeine Geologie

Berlin

Verlag von Gebrüder Borntraeger
W 35 Schöneberger Ufer 12a

1926

GEOLOGISCHE RUNDSCHAU

ZEITSCHRIFT FÜR ALLGEMEINE GEOLOGIE

HERAUSGEGEBEN VON DER

**GEOLOGISCHEN
VEREINIGUNG**

UNTER DER SCHRIFTFÜHRUNG VON

O. WILCKENS

(BONN; HAUPTSCHRIFTFÜHRER)

G. STEINMANN

(BONN)

H. CLOOS

(BONN)

ERSCHEINT JÄHRLICH IN 6 HEFTEN VON
DURCHSCHNITTLICH JE 5 BOGEN UMFANG

Die Mitglieder der Geologischen Vereinigung erhalten die Geologische Rundschau unentgeltlich und postfrei.

Die Anmeldung zur Mitgliedschaft erfolgt an den Kassensführer. Das Eintrittsgeld beträgt 3 Mk., der Jahresbeitrag 10 Mk.

Die Bände XIII, XIV, XV und XVI stehen Mitgliedern, die dieselben noch nicht besitzen, also im besondern den neu eintretenden Mitgliedern, für je 10 Goldmark zuzügl. Porto zur Verfügung.

Für Nichtmitglieder kostet der

Band XIII—XV je 20 Mk.

Band XVI 25 Mk.

Tektonische Studien in der Catena metallifera Toscanas.

Von Norbert Tilmann.

(Mit 5 Textfiguren.)

Zwei Jahrzehnte sind vergangen, seitdem G. STEINMANN¹⁾ zum ersten Male in einem bedeutungsvollen Aufsatz die Grundzüge des Deckenbaus des Apennins aufzeigte. Über dem Kalkapennin, dessen bis ins Eozän reichende Schichtfolge die Züge der Sedimentserie der Kalkalpen des Seengebirges trägt, ist von Westen her der Schieferapennin, eine Serie von fossilarmen Schiefnern, Kalken und Radiolariten überschoben, in denen als charakteristische Einlagerungen massenhaft verschiedenartige grüne Eruptivgesteine eingeschaltet sind. Diese liegen als große Linsen ohne Wurzel in dem einförmigen Gestein des Schieferapennins. Nirgends sieht man die Eruptiva durch die Schichten des Kalkapennins hindurchsetzen. Daraus zog STEINMANN den Schluß, daß die Gesteine des Schieferapennins mit den ihnen eingelagerten Eruptiven wurzellos sind und als große Deckmasse auf den Gesteinen des Kalkapennins schwimmen.

Auch in anderen Teilen des Apennins bis hinunter nach Sizilien sind Beobachtungen gemacht worden, die gleichfalls die Anzeichen großer Verfrachtungen erkennen lassen. LUGEON und ARGAND²⁾ und später ARBENZ³⁾ beschreiben solche Erscheinungen aus Sizilien. LIMANOWSKI⁴⁾ berichtete von Deckfalten südlich des peloritischen Massivs bei Taormina und an der Ostküste Calabriens. Ich selbst⁵⁾ habe die kleinen Vorkommen von Ophiolithen in der südlichen Basilicata als letzte Reste der Decke des Schieferapennins im südlichen Apennin angesprochen. ROVERETO⁶⁾ und ARLT⁷⁾ meldeten Über-

¹⁾ G. STEINMANN, Alpen und Apennin. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 59, Monatsber. 8/9, 1907.

²⁾ M. LUGEON et E. ARGAND, Sur de grandes phénomènes de charriage en Sicile. Sur la grande nappe de recouvrement en Sicile. La racine de la nappe sicilienne et l'arc de charriage de la Calabre. Comptes Rendus des séances de l'Académie des Sciences Paris t. CXLII, 1906.

³⁾ P. ARBENZ, Zur Tektonik Siziliens. Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. Zürich 53, 1908.

⁴⁾ M. LIMANOWSKI, Sur la tectonique des Monts Péloritains dans les environs de Taormina (Sicile). Bull. Labor. géol. Univ. Lausanne Nr. 13, 1909.

⁵⁾ N. TILMANN, Zur Tektonik des Südapennins. Geol. Rundsch. 3, 1912.

⁶⁾ G. ROVERETO, L'Isola di Capri. Atti. Soc. ligust. Sc. nat. e geogr. 18, 1907.

⁷⁾ H. ARLT, Zur Tektonik der Insel Capri. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 65, Monatsber. 3, 1913.

schiebungen von Capri, LOTTI¹⁾ aus der Gegend von Spoleto, und schon vor mehreren Jahrzehnten hat der gleiche Autor²⁾ vom Monte Pisano eine größere Überschiebung beschrieben, die 5 km Schubweite erreicht. Aus dem Toscanischen Archipel, der die Trümmer der Verbindung der Apennindecke mit ihrem Ursprungsland Corsika enthält, berichtete TERMIER³⁾ über mehrere Decken von der Insel Elba.

Von den italienischen Fachgenossen ist jedoch fast einmütig das Vorhandensein eines Deckenbaues im Apennin geleugnet worden. Sie blieben auch in dieser ablehnenden Auffassung, nachdem STEINMANN⁴⁾ in Gesteinen des Schieferapennins leitende Foraminiferen der Jura-Kreidegrenze an vielen Punkten auffand und dadurch den Nachweis erbrachte, daß der Schichtkomplex des Schieferapennins, der über dem Eozän des Kalkapennins liegt und von den Italienern fast einhellig als Obereozän und als normale Auflagerung auf Nummulitenkalk und Macignosandstein des Kalkapennins angesehen wurde, nicht nur Alttertiär, sondern auch Jura- und Kreideschichten einschließt.

Die Decke des Schieferapennins, die in Ligurien noch ganz zusammenhängend ist, wird in Toscana von Spezia abwärts nach Süden von großen und kleinen Kuppeln des Kalkapennins unterbrochen, die aus der Hülle des Schieferapennins sich herauswölben. Gegen Umbrien hin wird der Zusammenhang des Schieferapennins oberflächlich mehr und mehr gelockert, schließlich bilden die Gesteine des Schieferapennins mit ihren Ophiolithen nur noch größere und kleinere Inseln auf der Unterlage des Kalkapennins, der weiter südlich allein das Gebirge zusammensetzt. STEINMANN hatte sich zu der Frage, ob der Kalkapennin im wesentlichen autochthon sei oder selbst auch größere Deckenüberschiebungen enthält, nicht näher geäußert. Später aber hat LENCEWICZ⁵⁾ auch im Kalkapennin Toscanas, der Catena metallifera, zwei Decken unterschieden. Er gründete diese Auffassung für die Apuaner Alpen auf eine Mitteilung von ARGAND, daß auf der Ostseite der Apuaner Alpen inmitten der bekannten Triasserie dieses Gebirges typische Tertiärgesteine auftreten, die auch den Italienern schon früher bekannt waren und von ihnen wegen der Ähnlichkeit mit dem tertiären Macigno als Pseudomacigno bezeichnet wurden. Außerdem beobachtete er, daß auch an anderen Stellen,

¹⁾ B. LOTTI, Di un caso di ricuoprimento presso Spoleto (Umbria). Boll. R. Com. géol. Ital., 1905.

²⁾ B. LOTTI, Un problema stratigrafico nel Monte Pisano. Boll. R. Com. géol. Ital., 1888.

³⁾ P. TERMIER, Sur la tectonique de l'île d'Elbe. Bull. Soc. géol. France, 4. ser., vol. X, 1910.

⁴⁾ G. STEINMANN, Über Tiefenabsätze des Oberjura im Apennin. Geol. Rundsch. 4, 1913.

⁵⁾ ST. LENCEWICZ, Profile geologiczne przez Apennin Toskański. C. R. Soc. sc. Vars, 1917.

z. B. bei Lerici, der Macigno von Mesozoikum überlagert wird und daher auch hier mit Überschiebungen zu rechnen ist. Danach glaubt er im Kalkapennin Toscanas zwei Decken unterscheiden zu können; die obere vergleicht er mit der sizilianischen Decke LUGEONS und ARGANDS, während die untere der von LIMANOWSKI aufgestellten calabrischen Decke entsprechen soll. Über beiden liegt die Decke des Schieferapennins, und in der großen Kuppel der Apuaner Alpen sieht man im Kern die aus einer verarmten Schichtfolge von Paläozoikum, Trias und Tertiär bestehende untere Kalkapennindecke von der höheren überlagert, die das reich entwickelte Mesozoikum der Catena metallifera aufweist und ihrerseits von der Schubmasse des Schieferapennins überdeckt wird.

Wir brauchen uns hier nicht mehr mit der Frage zu beschäftigen, ob der Schieferapennin eine Decke ist; das ist trotz des vielfachen Widerspruchs durch den von STEINMANN geführten paläontologischen Nachweis durchaus gesichert; wir wollen vielmehr im folgenden die Frage untersuchen, ob der Kalkapennin in Toscana, die Catena metallifera, eine einfache Schichtfolge besitzt und gegenüber dem Schieferapennin als autochthon anzusehen ist oder ob ein Deckenbau vorhanden ist und die von LENCEWICZ gegebene Gliederung zutrifft.

Tektonische Untersuchungen sollen sich auf einer gesicherten stratigraphischen Grundlage bewegen, aber gerade in dieser Hinsicht betreten wir in der Catena metallifera stark schwankenden Boden. Trotzdem das ganze Gebiet Toscanas einschließlich der Apuaner Alpen durch die von LOTTI, ZACCAGNA und anderen durchgeführten Übersichtsaufnahmen¹⁾ bekannt ist und uns für das ganze Gebiet geologische Karten in 1 : 100 000, für einzelne Teile wie die Apuaner Alpen und den Monte Pisano sogar genaue Aufnahmen in 1 : 50 000 und 1 : 25 000 vorliegen, ist für die Stratigraphie dieses Gebietes noch lange nicht völlige Einstimmigkeit erzielt. Das gilt ja besonders von den Gesteinen der Decke des Schieferapennins, den „Liguriden“²⁾, die auf den italienischen Karten zum Obereozän gerechnet werden; aber auch in der Beurteilung der Schichtfolge der Catena metallifera selbst den „Toscaniden“ — stoßen auch heute noch die Gegensätze recht schroff aufeinander. Das scheint zwar zunächst bei dem außerordentlich scharf geprägten petrographischen Habitus einzelner Horizonte der mannigfaltigen Schichtfolge verwunderlich; aber die meisten Schichten enthalten nur wenige Fossilien oder sind gänzlich frei von

¹⁾ Eine allgemeine Übersicht gibt B. LOTTI, *Geologia della Toscana*. Mem. desc. Cart. geol. Ital. XIII, 1910. Für die Apuaner Alpen D. ZACCAGNA: *Note illustrative della carta geologica delle Alpi Apuane*, Roma 1920.

²⁾ Über „Liguriden“ und „Toscaniden“ vgl. G. STEINMANN, „Gibt es fossile Tiefseeablagerungen von erdgeschichtlicher Bedeutung?“ *Geol. Rundsch.* XVI, 1925, S. 447.

makroskopischen Versteinerungen, so daß eine paläontologisch-stratigraphische Altersbestimmung im Felde häufig auf Schwierigkeiten stößt oder nicht möglich ist. Reichere Fossilfunde enthalten eigentlich nur die Schichten der obersten Trias (Rhät) sowie die verschiedenen Stufen des Lias und der eoäne Nummulitenkalk. Eine Bestimmung nach dem petrographischen Charakter scheidet aber auch bei den Sedimenten, die in einer sich des öfteren wiederholenden faziellen Ausbildung, etwa als rote Schiefer, entwickelt sind. Dazu tritt erschwerend der Umstand, daß die Schichtfolge an vielen Stellen nicht mehr vollständig und in ihrer ursprünglichen, normalen Beschaffenheit vorliegt; durch die späteren Gebirgsbewegungen sind häufig große Teile der Schichten reduziert oder ganz ausgequetscht oder sind in erheblichem Maße umgewandelt und haben z. T. den Charakter kristalliner Schiefer angenommen. Ist schon in der unveränderten Schichtfolge ein Fossilfund ein glückliches Ereignis, so ist in den z. T. sehr stark umgewandelten metamorphen Gesteinen ein solcher noch weniger zu erwarten. Es ist daher verständlich, daß gerade die stratigraphische Stellung der metamorphen Gesteine auch heute noch besonders stark umstritten ist.

Die Schichtfolge der Toscaniden zeigt nach der geologischen Karte 1 : 100000 folgende Zusammensetzung:

Eozän: Sandsteine (Macigno), Nummulitenkalk mit Einschaltungen roter Schiefer.

Obere Kreide: Rote und grünliche Schiefer und Kalke (Scaglia).

Untere Kreide: Weiße oder hellgraue sehr feinkörnige Kalke, z. T. mit Kieselknollen (Majolica, Biancone).

Tithon: Grüne und rote Aptychenschichten, Radiolarite, dunkelgraue Kieselkalke und „Calcare picchietato“.

Lias: Mergelige Kalke und gelbgrünliche Schiefer mit *Posidonomya Bronni*, hellgraue Kieselkalke, rote Ammonitenkalke, weiße massige Kalke.

Trias: Dunkelgraue Kalke, Dolomite und Rauhwacken (*Calcare cavernoso* [Rhät]).

Perm: Schiefer, Quarzite und Konglomerate (*Verrucano*).

Karbon: Bituminöse Schiefer mit mariner Fauna, am M. Jano mit reicher Flora (vielleicht tiefstes Perm).

Silur: Schiefer mit *Cardiola*.

Vorsilur: Gneise, Glimmerschiefer, Phyllite und Marmore.

In diese im allgemeinen für die Catena metallifera Toscanas gültige Schichtfolge paßt nun gar nicht die außerordentlich reich gegliederte Trias, die im Kern der Apuaner Alpen, in einzelnen

Schichtgliedern auch im Monte Pisano, in der Montagnola Senese und am Monte Argentario auftritt. In den Apuaner Alpen, wo diese abweichende Triasfolge am reichsten entwickelt ist, haben wir über der paläozoischen Unterlage, die wahrscheinlich bis zum Perm reicht:

1. Gut gebankte Kalke und Dolomite („Grezzoni“),
2. den Horizont der verschiedenartigen Marmore,
3. eine außerordentlich mannigfaltige Serie von plattigen Kalken, Marmoren, Schiefern, Kieselschiefern, Konglomeraten und anderen Gesteinen („Scisti sopra i marmi“),
4. Dolomite und Rauhdecken, darüber Schiefer und Kalke mit Rhätafauna und dickbankige Kalke und Dolomite, eine Serie, die in den Toscaniden in der Regel allein die Trias repräsentiert.

Diese außerordentlich reich entwickelte, sehr mächtige Schichtfolge steht daher der verkümmerten Entwicklung der Trias im übrigen Toscana scharf gegenüber.

Den Untersuchungen von A. FUCINI¹⁾ war es vorbehalten, hier Aufklärung zu schaffen. Er wies nach, daß in den bisher zur Trias gerechneten Marmoren sowohl in den Apuaner Alpen wie in der Montagnola Senese sich Liasammoniten finden und daß die darüber folgenden Schiefer über den Marmoren der Schichtfolge des oberen Jura in den übrigen Kuppeln der Catena metallifera außerordentlich ähnlich werden. Scheidet man diese Schichtgruppe aus dem Triasprofil der Apuaner Alpen aus, so wird der Gegensatz, der bisher zwischen der Entwicklung der Trias in den Apuaner Alpen und der übrigen Catena metallifera bestand, wenigstens in den Grundzügen beseitigt; die Trias umfaßt nach dieser Auffassung auch in den Apuaner Alpen im wesentlichen nur die Dolomite und Kalke der obersten Trias *und der Grezzoni*

Leider aber hat FUCINI dadurch eine große Verwirrung in die Literatur hineingetragen, daß er die Kalke, Dolomite und Rauhdecken (Calcare cavernoso), die bisher unbestritten als Trias angesprochen worden waren, sowie Teile des bisher stets für Perm gehaltenen Verrucano für jünger erklärte und sie über den Jura an die Basis der unteren Kreide stellte. Er wurde dazu geführt durch die Beobachtung, daß diese Gesteine in manchen nach seiner Auffassung durchaus einheitlichen, ungestörten Profilen über sicherem Lias und höherem Jura folgen, selbst aber von den Kieselkalken der unteren Kreide (Majolica) überlagert werden. Den paläontologischen Nachweis seiner Deutung aber glaubte er erbracht zu haben, als er in bisher als Perm angesehenen Schiefern des Monte Pisano eine reiche Molluskenfauna

¹⁾ A. FUCINI, Studi geologici sul Monte Pisano. Atti. Ac. Gioen. Sc. nat. Ser. V, Vol. XIV, Catania 1924/25. Dort auch ältere Literatur.

fund und daraus eine große Anzahl von Formen bestimmte, die im norddeutschen Wealden auftreten. So schien der geologische Befund mit der paläontologischen Bestimmung der Fauna aufs beste übereinzustimmen. FUCINI erklärte daher diese Schichten zwischen oberem Jura und unterer Kreide für Wealden. Dieser Wealden liegt auf sehr wechselnder Unterlage, bisweilen auf Verrucano, an anderen Stellen auf Triaskalk oder auf verschiedenen Jurastufen. FUCINI wurde daher zu dem Schluß gedrängt, daß vor Ablagerung des Wealden eine Gebirgsbildung mit nachfolgender Abtragung eingetreten sei und der Wealden selbst eine Transgressionsbildung darstelle. Neben verrucanoähnlichen Gesteinen und *Calcare cavernoso* nehmen nach FUCINI auch noch andere Gesteinstypen an der Zusammensetzung des Wealden teil, nämlich Quarzite und Sandsteine, die früher gleichfalls zum Verrucano gestellt wurden, dunkelgraue Kalke mit Kieselknauern sowie Kieselschiefer, die von den Radiolariten des oberen Jura oder entkalkten kieseligen Schiefen des oberen Lias, besonders in verwittertem Zustand, kaum zu unterscheiden sind. So kommt FUCINI für die untere Kreide zu folgender Gliederung:

- Hangendes: Kieselkalke und Kieselschiefer der unteren Kreide
 Ob. Wealden: Dolomitischer Kalk und *Calcare cavernoso*
 Mittl. Wealden: Kieselschiefer und Quarzite
 Unt. Wealden: Schiefer, Sandstein und Konglomerate.

Ist die Auffassung FUCINIS richtig, so kann der petrographische Charakter der Schichten überhaupt nicht mehr zur Altersbestimmung benutzt werden. Denn dann liegen die bisher als Verrucano angesprochenen Quarzkonglomerate auch in der unteren Kreide; typische Radiolarite, die bisher im ganzen Gebiet nur aus dem oberen Jura bekannt sind, wiederholen sich in der unteren Kreide und im mittleren Wealden; Kalke, Dolomite und Rauhacken, der *Calcare cavernoso*, erscheinen in gleicher Ausbildung sowohl in der Trias wie im oberen Wealden.

Die ganze Gliederung FUCINIS steht und fällt mit der Bestimmung der von ihm gefundenen Fauna. Einige Molluskenformen waren auch schon früher bekannt und wurden bisher dem Perm zugerechnet. Leider ist die von FUCINI aufgefundene Fauna derartig mangelhaft erhalten, daß m. E. eine exakte Bestimmung nicht möglich ist und man sie vielleicht mit demselben Recht, mit dem FUCINI sie als Wealden beschreibt, in die untere Trias versetzen könnte.

Aber auch wenn die paläontologische Beweisführung nicht so stichfest ist, wie FUCINI glaubt, so bleibt doch weiterhin seine Behauptung zu widerlegen, daß die von ihm als Wealden betrachteten Schichten sich in ungestörten Profilen zwischen den obersten Jura und die untere Kreide einschalten. Es muß also der Nachweis geführt werden, daß die Schichtfolge, die FUCINI als normal nahm, in

Wirklichkeit stark gestört ist und die gleichen Horizonte in dem anscheinend einheitlichen Profil infolge isoklinaler Schuppung mehrmals erscheinen. Dann findet das wiederholte Erscheinen petrographisch sich völlig gleicher Schichten eine befriedigende Erklärung, ohne daß es nötig wäre, die bisher als gültig angesehene Schichtfolge in einer Weise zu revolutionieren, wie FUCINI dies tut.

Wenn wir nach diesen Vorbemerkungen mit der nötigen Vorsicht an die Untersuchung des Aufbaues der Catena metallifera herantreten, so scheint kein Gebiet für eine Prüfung dieser Frage geeigneter als die Gebirge von Spezia, der Apuaner Alpen und des Monte Pisano; denn nirgends ist in der ganzen Catena metallifera die ganze Schichtfolge besser und reichhaltiger aufgeschlossen, als in diesen Gebieten. Außerdem können wir uns bei unseren Untersuchungen auf eine größere Zahl von Übersichts- und Spezialkarten stützen, die uns über den heutigen Stand der geologischen Kenntnis dieser Gebirgsstöcke am besten unterrichten¹⁾.

1. Monte Pisano.

Der Aufbau dieses Gebirgsstockes ist für die hier gestellte Frage von besonderem Interesse, da schon 1888 LOTTI²⁾ hier die einzige größere Überschiebung in der Catena metallifera beschrieben hat. Außerdem liegt hier der Ausgangspunkt der Forschungen von A. FUCINI, die ihn zu den neuen, die Stratigraphie der ganzen Catena metallifera umwälzenden Anschauungen über die mesozoische Schichtfolge der Toscaniden gelangen ließ³⁾.

Während die größere, östliche Hälfte des Gebirgsmassivs des Monte Pisano aus einer regelmäßigen, einförmigem Kuppel von Verrucano besteht, bietet der dem Serchiotal zugewandte Teil eine außerordentlich reiche Schichtfolge, die sich anscheinend ganz regelmäßig über das ältere Gestein des Ostteils hinüberlegt und mit gleichförmigem Westfallen die Schichten von der Trias bis zum Eozän umfaßt. In dieser Schichtserie erscheint über den sicher der Trias und dem Jura angehörenden Gesteinen und unter den zur unteren Kreide gehörigen Kieselkalken der Majolica und oberjurassischen Radiolariten eine Schichtgruppe, die in den normalen Oberjuraprofilen der Catena

¹⁾ Carta geologica del Regno d'Italia 1:100 000 Blatt Pisa (104), Lucca (105). — Carta geologica delle Alpi Apuane 1:50 000, 4 Blätter nebst Profiltafeln 1892; dieselbe Karte 1:25 000, 11 Blätter 1920. — G. CAPELLINI; Note esplicative della Carta geologica dei dintorni del Golfo di Spezia e Val di Magra inferiore (mit Karte 1:50 000), 1902. — A. FUCINI; Studi geologici sul Monte Pisano. At. Ac. Gioenia Sc. nat. Ser. V. Vol. 14. Catania 1924/25.

²⁾ B. LOTTI; Un problema stratigrafico nel Monte Pisano. Boll. R. Com. geol. Ital. 1888, siehe auch B. LOTTI; Geologia della Toscana 1910, S. 377—81.

³⁾ A. FUCINI, Studi geologici sul Monte Pisano. Atti Ac. Gioen. sc. nat. Catania 1924/25.

metallifera fehlt. Nach LOTTI wird sie gebildet aus bunten grünlichen und roten Kalkschiefern, glimmerigen, zum Teil feldspatführenden, weichen Sandsteinen, groben Quarzkonglomeraten und glimmerig sandigen Schiefern, dolomitischen Kalken und Rauhwacken. Ihrer tektonischen Stellung nach müßte diese ganze bunte Gesteinsserie dem höheren Jura entsprechen. In der Tat haben ältere Autoren diese Serie als ein normales Glied der ganzen gleichmäßig nach W fallenden Schichtfolge angesprochen. Erst LOTTI hat darauf hingewiesen, daß diese Schichten die größte Ähnlichkeit mit der oberen Trias und dem Perm der Apuaner Alpen aufweisen; er zog daraus den Schluß, daß hier im Westteil des Monte Pisano der Anschein einer ungestörten regelmäßigen Schichtfolge trägt, und in Wirklichkeit eine höhere Schuppe, die Verrucano, Trias, Tithon und jüngere Schichten umfaßt, auf Lias- und Juraschichten einer tieferen Einheit aufgeschoben ist. Diese Überschiebung steigt aus dem Serchiotal steil nach Osten an und überdeckt dann fast horizontal liegend den Jura der Unterlage (Fig. 1).

In neuerer Zeit hat FUCINI¹⁾ diese Deutung LOTTIS angefochten auf Grund der von ihm als Wealden bestimmten, in Wirklichkeit aber ihrem Alter nach recht zweifelhaften Fauna. Er hielt die bunt zusammengesetzte Schichtfolge für normal auf älterem Jura liegendes Tithon und Wealden, die ihrerseits von den Kieselschiefern und Kieselkalken der unteren Kreide überlagert werden (Fig. 2). Damit wird natürlich die Annahme einer Überschiebung überflüssig, und so bleibt heute auch die einzige bisher von den italienischen Forschern angenommene größere Überschiebung der Catena metallifera nicht unangefochten.

Schon in früheren Jahren hatte ich Gelegenheit, unter der liebenswürdigen Führung von FUCINI selbst das für seine Auffassung sprechende Profil bei Bagni di San Giuliano kennen zu lernen. Dort liegt auf verschiedenen Gesteinen des Lias und des höheren Jura in anscheinend transgredierender Lagerung in größeren und kleineren Fetzen, deren Zusammenhang durch die Erosion zerstört ist, dolomitischer Kalk und Rauhwacke. Ich habe schon damals FUCINI gegenüber die Auffassung vertreten, daß es sich hier nicht um eine Transgression jüngerer Gesteine handele, sondern daß die Kalke und Rauhwacken, von gewissen jungen Gehängebreccien einzelner Stellen abgesehen, typische Trias darstellten und daher auf den Jura überschoben sein müßten, wie es auch die Meinung von LOTTI war. In den letzten Jahren hatte ich wiederholt Gelegenheit, im Westteil des Monte Pisano diese Frage nachzuprüfen²⁾ und auch diese Unter-

¹⁾ A. FUCINI, Studi geologici sul Monte Pisano. Atti. Ac. Catania 1924/25. Dort auch frühere Literatur.

²⁾ An dieser Stelle möchte ich der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, die mir durch einen Reisezuschuß die Untersuchungen im letzten Frühjahr ermöglichte, meinen verbindlichsten Dank zum Ausdruck bringen.

suchungen haben mich von der Richtigkeit der von FUCINI vertretenen neuen Deutung nicht zu überzeugen vermocht. Es stellte sich aber auch heraus, daß das von LOTTI gegebene Profil die wahren Verhältnisse nur teilweise richtig wiedergibt und der Aufbau besonders

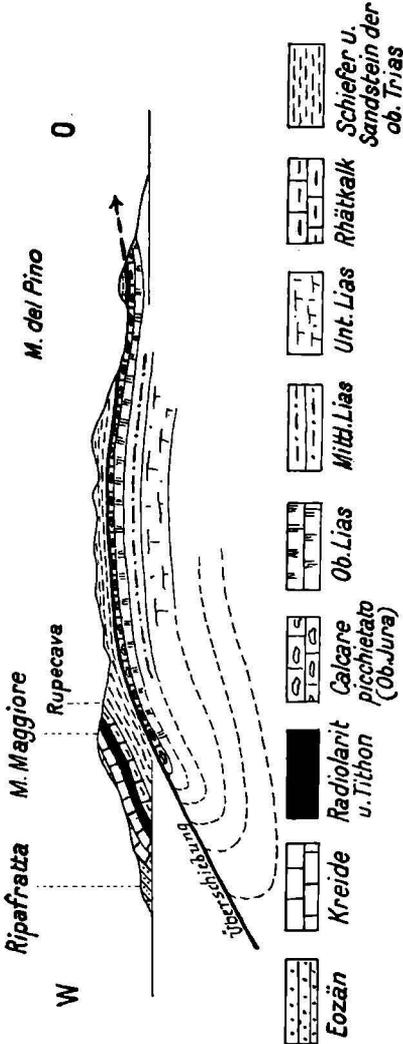


Fig. 1. Profil durch den Nordwestteil des Monte Pisano. ca. 1 : 60 000. (Nach LOTTI.)

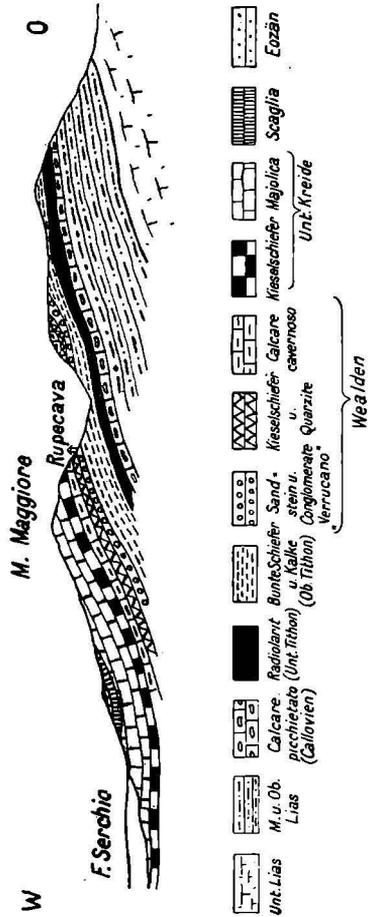


Fig. 2. Profil durch den Nordwestteil des Monte Pisano. ca. 1 : 37 500. (Nach FUCINI.)

in den Einzelzügen alle Anzeichen recht heftiger tektonischer Durchbewegung aufweist. Die hier gewonnenen Ergebnisse werden für das tektonische Gesamtbild der Catena metallifera von erheblicher Bedeutung.

Das Auftreten der in anderen Bezirken der Catena metallifera nicht beobachteten Schichtenfolge zwischen unterer Kreide und oberem

Jura läßt sich von Bagni di San Giuliano nach Norden auf der ganzen Westseite des Monte Pisano verfolgen. Überall erscheinen hier die fraglichen Gesteine über sicherem Lias und höheren Juraschichten; im einzelnen jedoch ist die Schichtfolge in diesem Komplex wie auch in den darüber liegenden Kreide- und Tertiärschichten durchaus nicht so regelmäßig, wie man es nach den Darstellungen von LOTTI und FUCINI erwarten sollte. Die Schichtfolge zeigt vielmehr in nahe beieinander gelegenen Profilen häufig ganz erhebliche Änderungen und große Unregelmäßigkeit, so daß kaum ein Profil dem anderen völlig gleicht.

Die Verbreitung der über dem Jura folgenden in ihrer Stellung stark umstrittenen Schichten ist auf den Höhen über Bagni di San Giuliano bis zum Monte Pervia und dem Tale von Molina nur sehr lückenhaft. Erst nördlich des Molinatales bis zum Castel Passerino gewinnen sie größeren Zusammenhang; in besonders reichem Wechsel bilden sie den Ostabfall des Monte Maggiore in der Umgebung des Klosters Rupecava. Am Westabhang des Gebirgsstockes zwischen Bagni di San Giuliano und Ripafratta besitzt die ganze Schichtgruppe samt den liegenden und hangenden Schichten stärkeres Westfallen, während sie von Rupecava ab gegen Osten fast horizontal den Jura der Unterlage überdeckt.

Wenn wir die verschiedenen Gesteinstypen der an manchen Stellen dem Radiolarit des Oberjura anscheinend gleichmäßig eingeschalteten Schichtgruppe betrachten, so stoßen wir zunächst auf eine Serie von roten und grünen Kalkschiefern, in denen an einzelnen Stellen auch Linsen eines weißlich bis grünlichen dichten Kalks auftreten. Sie zeigen meist eine wechselnd starke Metamorphose; die Schiefer sind stark gepreßt, ausgewalzt und die hellen häufig schwach grünlich gefärbten dichten Kalke in serizitführende Kalkmarmore umgewandelt. LOTTI stellt diese Schichten zur oberen Trias, da sie unter einem von ihm als Rhät angesprochenen Kalk liegen, und verglich sie mit den über den Marmoren folgenden Schiefer der Apuaner Alpen. Da die Schiefer überall auf oberem Jura liegen, kann es sich nicht um eine normale Schichtfolge handeln; die bunten Kalkschiefer müssen vielmehr auf den Jura aufgeschoben sein.

FUCINI dagegen weist ganz mit Recht darauf hin, daß diese Gesteine in jeder Hinsicht den Kalkschiefern des Tithons ähneln, die in der mediterranen Schichtfolge des Mesozoikum als Aptychenschiefer weit verbreitet sind, und hält sie für die normale Überlagerung der Lias- und Juragesteine, die ihre Unterlage bilden. In der Tat ist die Ähnlichkeit mit oberjurassischen Aptychenschiefer nicht zu verkennen.

Außerdem liegen die bunten Kalkschiefer ganz regelmäßig über den oberjurassischen Radiolariten. Dieses ist auf dem Wege von Casa la Croce zum Monte Pervia einwandfrei zu beobachten.

Gegen einen ungestörten und ursprünglichen Verband spricht allerdings zunächst der Umstand, daß die Kalkschiefer, wie schon erwähnt, häufig stark gepreßt sind, die ihnen eingelagerten Kalke zu Linsen und zu dünnen Streifen ausgezogen sind und deutliche Metamorphose zeigen. Diese Veränderungen scheinen zunächst darauf hinzudeuten, daß die Schiefer im Gegensatz zu ihrer Unterlage tektonisch stark beansprucht sind, und würden eine kräftige Stütze für die Annahme sein, daß sie über ihre Unterlage überschoben sind. Die Metamorphose ist aber nicht auf diese Schichten beschränkt, sondern stellt sich auch in den liegenden Schichten ein; besonders die reinen Kalke des Lias sind auf erhebliche Strecken hin in weiße Marmore umgewandelt, die bei Bagni di San Giuliano und am Nordfuß des M. Orma gebrochen werden. Auch in diesen Schichten beobachtet man, daß die Metamorphose nicht die ganze Schichtmächtigkeit gleichmäßig umformt, sondern sich von Ort zu Ort mit wechselnder Stärke einstellt.

Noch ein anderes Merkmal aber ist der Unterlage und der angeblich überschobenen Gesteinsserie gemeinsam. Daß diese letztere mancherorts eine große Mächtigkeit erreicht, während sie an anderen Stellen stark reduziert oder völlig ausgedünnt sein kann, ist an sich bei einer durch Überschiebung stark tektonisch beanspruchten Schichtgruppe nichts Auffälliges. Aber schon LOTTI schildert anschaulich den außerordentlich raschen Wechsel in der Mächtigkeit, der sich auch in den liegenden Schichten einstellt. Während der weiße Riffkalk des unteren Lias bei San Giuliano einige hundert Meter mächtig wird, ist er schon in einer Entfernung von einem Kilometer auf einige Meter reduziert, um schließlich vollständig auszubleiben, so daß der mittlere Lias direkt auf der Trias liegt. Dieses linsenförmige Auf- und Abswellen kann man aber auch in allen anderen Schichten beobachten. Da aber die angeblich überschobenen bunten Kalkschiefern wie auch ihre Unterlage diese Begleiterscheinungen tektonischer Bewegung zeigen, so kann man daraus nur den Schluß ziehen, daß beide Komplexe gleichmäßig eine tektonische Beanspruchung durchgemacht haben.

Wir haben also keinen Grund, der gegen einen normalen Zusammenhang der Kalkschiefer mit ihrer Unterlage spricht, und müssen sie daher als normal auf den Radiolarit folgende Schiefer und Kalke des oberen Jura, als Aptychenschiefer, betrachten.

Allerdings ist damit nicht gesagt, daß nur der obere Jura in diesen bunten Schiefen vertreten sein kann. Neben den bunten Kalkschiefern mit dünnen Zwischenlagen marmorisierten Kalkes finden sich auch einförmig rote kalkige Schiefer, die eher an die roten Schiefer der oberen Kreide, die Scaglia, erinnern. In einem Schriff eines solchen roten Kalkschiefers fanden sich zahlreiche Durchschnitte großer Globigerinen, wie sie erst in der oberen Kreide häufig sind.

Es ist daher wahrscheinlich, daß in den bunten Schiefen auch noch petrographisch ähnliche jüngere Schichten stecken, doch war eine Trennung bisher nicht möglich. Auffällig ist dabei nur das völlige Fehlen der Kieselkalke der unteren Kreide (Majolica), die man auch in kleinen Resten kaum übersehen kann. Sollte sich die Beteiligung der Scaglia an der Zusammensetzung der bunten Schiefer als verbreiteter erweisen, als es nach einem einzelnen Fund bisher zu übersehen ist, so kann man nur zu der Annahme kommen, daß die Majolica, ähnlich wie es oben vom unteren Lias geschildert wurde, auf größere Strecken völlig ausgequetscht ist.

Nach oben folgen über den bunten Kalkschiefern an vielen Stellen bräunlich und grau gefärbte, glimmerige, zum Teil Feldspat führende, weiche, mürbe Sandsteine, die, von ihrem Feldspatgehalt abgesehen, in auffälligem Maße an die jungen Sandsteine des tertiären Macigno erinnern. Diese Sandsteine sind es, die wegen ihrer Ähnlichkeit mit dem eozänen Macigno von früheren Autoren als „Pseudomacigno“ bezeichnet werden. In der Tat lassen sich nur geringe Unterschiede gegen den tertiären Macigno finden. Es ist hauptsächlich der Gehalt an Feldspat, der gelegentlich das Gestein zu einer wahren Arkose macht und eine Zuteilung zum Tertiär-Macigno bedenklich erscheinen läßt; denn der Macigno, der in sicherem Alttertiär der näheren Umgebung auftritt, führt Feldspat nur in untergeordneter Menge und ist eigentlich ein gleichmäßig gelblich verwitterter glimmerführender Sandstein. An einigen Punkten aber ist das Gestein makroskopisch fast feldspatfrei, ein weicher, gelblicher Sandstein und in keiner Weise vom tertiären Macigno zu unterscheiden. Von LOTTI werden diese Sandsteine zur oberen Trias gerechnet, obgleich er selbst zugestehen muß, daß der einzige wesentliche Unterschied gegenüber dem eozänen Macigno darin liegt, daß der Pseudomacigno meist stark geschiefert ist¹⁾. FUCINI²⁾ rechnet sie der unteren Abteilung des Wealden zu. FOSSA-MANCINI³⁾ dagegen glaubt sicheren Macigno vor sich zu haben.

Folgen wir der Auffassung FOSSA-MANCINI'S, so steht nichts der Annahme im Wege, daß der Sandstein den Komplex der bunten Kalkschiefer normal überlagert, in denen wahrscheinlich auch obere Kreide vertreten ist.

Obgleich die petrographische Ähnlichkeit mit dem Macigno ganz außerordentlich groß ist, so muß man doch feststellen, daß ganz ähnliche Sandsteine in den Apuaner Alpen und am Ostabfall der Berge von Lerici derart eng mit Verrucanogesteinen verbunden sind, daß dort an einem permischen oder untertriadischen Alter der Sandsteine kaum gezweifelt werden kann.

¹⁾ B. LOTTI, *Geologia della Toscana* 1910, S. 29.

²⁾ A. FUCINI, *Studi geologici sul Monte Pisano* 1924/25, S. 48 u. f.

³⁾ FOSSA-MANCINI, *Brevi osservazioni su di un macigno di Gonalina*. *Boll. Soc. geol. ital.* 38.

Hat aber der Pseudomacigno des Monte Pisano ein solch hohes Alter, so muß man ihn zu den bunten Sandsteinen und Konglomeraten stellen, die am Ostfuß des Monte Maggiore bei Rupecava in geringer Mächtigkeit über ihm folgen. Die Konglomerate führen vornehmlich Gerölle von Quarz; sie sind oft sehr grobkörnig und sind in allem den Konglomeraten des Verrucano so ähnlich, daß ein Zweifel an ihrem Alter eigentlich nicht aufkommen kann. Dazu sind bunte serizitführende Sandsteine, die in engster Verbindung mit den Konglomeraten auftreten, nur aus dem Verrucano oder den häufig nicht scharf von diesem zu trennenden Sandsteinen der unteren Trias bekannt. Alle Autoren, die sich früher mit diesen Gesteinen von Rupecava beschäftigten, haben sie daher ohne weiteres Bedenken zum Verrucano oder zur Trias gestellt. Für LOTTI ergibt sich allerdings die Schwierigkeit, daß diese Konglomerate über den von ihm zur oberen Trias gestellten bunten Kalkschiefern folgen. Er muß also diese verrucanoähnlichen Gesteine gleichfalls in die obere Trias versetzen und verweist auf ähnliche Gesteine, die in der oberen Trias der Apuaner Alpen und am Monte Argentario vorkommen¹⁾. Wir werden aber später sehen, daß auch in den Apuaner Alpen diese angeblich obertriadischen Schichten in Wahrheit permisches Alter besitzen und unter einer normal entwickelten Trias liegen. FUCINI rechnet diese Konglomerate, bunten Sandsteine und Schiefer zum unteren Wealden und vereinigt sie mit den oben besprochenen Gesteinen des Pseudomacigno. Wäre diese Altersbestimmung richtig, so sollte man erwarten, daß in diesen Konglomeraten doch in beträchtlicher Menge die Aufarbeitungsprodukte des Untergrundes, nämlich Kalksteine der Trias, des Lias und der Gesteine des oberen Jura vorhanden wären; aber in keinem Handstück, das ich an den Abhängen unterhalb Rupecava sammelte, ist auch nur eine Spur solcher mesozoischen Kalke zu finden.

Wir kommen daher zu dem Schluß, daß diese wenig mächtigen, aber doch so auffälligen Konglomerate und Schiefer Verrucano und vielleicht auch unterste Trias umfassen. Dann müssen aber diese Gesteine über die oben geschilderten bunten Kalkschiefer des oberen Jura überschoben sein; es ist also in der Schichtfolge des westlichen Monte Pisano eine Überschiebung vorhanden; nur liegt sie nicht an der Basis der bunten Kalkschiefer, sondern die höhere Schuppe beginnt erst mit den Sandsteinen und Konglomeraten. Nach dieser Deutung brauchen wir die Verrucanogesteine nicht in die Trias zu versetzen, wie LOTTI es tut.

Je nachdem man den Pseudomacigno als Tertiär betrachtet oder mit den darüber folgenden Konglomeraten des Verrucano und den bunten Sandsteinen der unteren Trias verbindet, wäre die Über-

¹⁾ B. LOTTI, *Geologia della Toscana* 1910, S. 23.

schiebung über oder unter den Pseudomacigno zu legen. Das ist aber von nebensächlicher Bedeutung gegenüber der wichtigen Tatsache, daß das anscheinend einheitliche Profil des Westabhanges des Monte Pisano durch eine Überschiebung in zwei Schuppen zerlegt wird.

Ich persönlich möchte es als wahrscheinlich betrachten, daß dieser Pseudomacigno an einigen Punkten tatsächlich Eozän ist, während der große Feldspatgehalt an anderen Stellen es nahe legt, diese arkosenartigen Gesteine an die Basis der Trias oder ins Perm zu stellen.

Diese Basisgesteine der überschobenen Scholle sind nicht überall erhalten, sondern meistens sind es Kalksteine und Dolomite nebst Rauhacken, die die bunten Juraschiefer der unteren Serie überlagern. Diese Gesteine enthalten ebenfalls von kleinen *Calcinema*-ähnlichen Gebilden abgesehen¹⁾ keinerlei Fossilien. Ihrem äußeren Ansehen nach kann es kaum zweifelhaft sein, daß LOTTI recht hat, wenn er diese Gesteine den Kalken und Dolomiten gleichsetzt, die in der Catena metallifera sonst die Trias bilden; diese Altersstellung wird um so sicherer, als wenigstens an einigen Punkten unter dem Kalkhorizont die bunten Sandsteine, Schiefer und Konglomerate folgen, die untere Trias und Perm umschließen.

Diese Dolomite und Kalke gehören aber nach FUCINI dem oberen Wealden an; denn auch sie transgredieren seiner Meinung nach auf älteren mesozoischen Schichten. Zu dieser Bestimmung mußte es notgedrungen kommen, wenn er die ganze Schichtfolge für einheitlich und ungestört hält. Sie lassen sich nach LOTTI²⁾ von der Nordseite des Monte Pisano bei Castel Passerino über den Monte Maggiore nach dem Serchiotal bei Molina in ununterbrochenem Zuge verfolgen und erscheinen auch weiter südlich auf den Höhen zwischen Molina und Bagni di San Giuliano in isolierten größeren und kleineren Fetzen. Es sind aber durchaus nicht immer Rauhacken, Dolomite und Kalke der typischen Trias der Catena metallifera, die diesen Gesteinszug aufbauen, vielmehr finden sich darin am Castel Passerino dunkelgraue Kalke mit schwarzen Kieselknollen, die der Trias des ganzen Gebietes völlig fremd sind. Auch FUCINI ist schon auf diese Verschiedenheit aufmerksam geworden, aber auch er faßt diese Gesteine unbedenklich mit den Dolomiten und Rauhacken zu einem Ganzen zusammen.

Kieselkalke von gleichem Habitus aber finden sich in den benachbarten Monti d'Oltre Serchio im Profil von Padule über den Schiefern des oberen Lias und unter dem Radiolarit des oberen Jura; auch an der äußersten Nordwestecke des Monte Pisano erscheint

¹⁾ P. ALOISI, Su di alcuni rocce di Ripafratta. Mem. Soc. tosc. XX. 1904, S. 10. — B. LOTTI, Geologia della Toscana 1910, S. 28.

²⁾ Carta geologica del Regno d'Italia, Bl. Pisa (No. 104).

westlich Cerasomma an zwei Stellen in geringer Ausdehnung unter dem Radiolarit dasselbe Gestein wieder. Es kann also kein Zweifel bestehen, daß hier mittlerer Jura vorliegt. Beim Kloster Rupecava findet man in dem Kalkzug helle, dichte Kalke, die jedenfalls mit den Dolomiten und Rauhacken der Trias nichts zu tun haben, sondern vielmehr an dichte Liaskalke erinnern. Es ist daher wohl sicher, daß in dem von LOTTI als obere Trias und von FUCINI als oberer Wealden kartierten Kalkzug verschiedenartige Gesteine zusammengeworfen sind und darin neben echter Trias auch Jurakalke enthalten sind.

Die über diesem Kalkzug am Monte Maggiore folgenden Kiesel-schiefer, die FUCINI in die Hauterive-Stufe versetzt, sind so wenig von den Kieselschiefern des oberen Jura verschieden, daß ich sie ohne Bedenken mit diesen vereinige.

Die Prüfung der verschiedenen Gesteine, die dem nach FUCINI einheitlichen Profil über den oberjurassischen Radiolariten eingeschaltet sind, führt also zu folgendem Resultat:

Hangendes: Kieselkalke der Majolica (untere Kreide),
Radiolarite und Kieselschiefer (oberer Jura),
Kieselkalke (mittlerer Jura),
Dichte Kalke (? Lias),
Dolomite, plattige Kalke, Rauhacken (Trias),
Bunte Sandsteine und Konglomerate (untere Trias
und Verrucano).

Überschiebung ————— Überschiebung
glimmerhaltige Sandsteine (Macigno),
rote Mergelschiefer (Scaglia),
bunte Kalkschiefer mit dichten hell-
grünen Kalken (Tithon),
Radiolarite (oberer Jura).

Diese ganze Schichtfolge liegt nun keineswegs in der Regelmäßigkeit und Vollständigkeit vor, wie das die Profile von LOTTI oder FUCINI zeigen. Schon in der Unterlage dieser eigenartigen Schichtfolge ist die Mächtigkeit der einzelnen Stufen ganz außerordentlich großen Schwankungen unterworfen, so daß einzelne Schichtglieder völlig verschwinden. Diese unregelmäßige Entwicklung verstärkt sich mehr und mehr, je näher wir der Grenze zwischen oberer und unterer Schuppe kommen. Ganz besonders groß ist sie jedoch an der Basis der oberen Schuppe nahe der Überschiebung. Die Gesteine des Verrucano und der unteren Trias bilden nur kleine Linsen von geringer Erstreckung unter dem Triaskalk; meist lagert dieser direkt unter völligem Ausfall älterer Schichten auf verschiedenen Schichten der tieferen Schuppe; aber auch der Triaskalk scheint an einzelnen Stellen völlig oder bis auf unbedeutende Reste unterdrückt. Am Castel Passerino bildet der Kieselkalk des

mittleren Jura die Basis der höheren Schuppe, und das völlige Fehlen der Trias selbst hat hier dazu beigetragen, den Kieselkalk als Äquivalent der Dolomite und Rauwacken der Trias anzusprechen. Dieser rasche Mächtigkeitswechsel setzt sich auch in die höheren Schichten der oberen Schuppe fort; so liegt am Monte Maggiore der Radiolarit direkt unter Ausfall aller älteren Juraschichten unmittelbar auf der Trias. Der mächtige Kieselkalk (Majolica) der unteren Kreide, der den Gipfel des Monte Maggiore bildet, ist gleich nördlich des Berges auf wenige Meter reduziert, um erst bei Cerasomma wieder zu größerer Mächtigkeit anzuschwellen, und ganz ähnlich ergeht es dem Nummulitenkalk des Eozäns, der in den Hügeln von Ripafratta bald auf 30 und 40 Meter anschwillt, um in geringer Entfernung fast völlig zu fehlen.

Daß es sich hier bei dieser allgemein verbreiteten Erscheinung nicht um primäre Unterschiede der Mächtigkeit der Sedimentation handeln kann, geht schon daraus hervor, daß Gesteine, die unter verschiedensten Sedimentationsbedingungen entstanden sind, gleichmäßig von diesem Wechsel betroffen werden. Nicht nur litorale Sedimente wie Sandsteine und Konglomerate, bei denen ein Wechsel in der Mächtigkeit an sich nicht auffällig sein würde, sondern in gleichem Maße auch typische Tiefseeablagerungen zeigen diese in der Catena metallifera weit verbreitete Erscheinung. So springt im Profil der Monti d'Oltre Serchio bei Padule die Mächtigkeit der Majolica, die, wie STEINMANN¹⁾ noch kürzlich zeigte, ein rein abyssischer Absatz ist, von 150 m Mächtigkeit auf einer Strecke von etwa 400 m auf 5 bis 10 m, um ebenso rasch im Streichen die normale Mächtigkeit wieder zu erreichen. Hier ist es ganz klar, daß es sich nicht um primäre Sedimentationsverschiedenheiten handelt, sondern daß es nur tektonische Einflüsse sein müssen, die diesen so plötzlichen Wechsel bedingen.

All dieses vollzieht sich in einem anscheinend recht einfachen Bau. Die Schichtfolge bei Padule in den Monti d'Oltre Serchio bildet den Westschenkel eines einfachen Sattels. Auch im Monte Pisano lassen sich die großen Schwankungen der Schichtmächtigkeiten, die deutliche Auswalzung auch der einzelnen Schichten, die Metamorphose der Gesteine und auch die Überschiebung selbst nur schlecht als Folge der einfachen großzügigen Aufwölbung des ganzen Gebirgsstockes deuten. Diese Erscheinungen weisen auf viel stärkere tektonische Beanspruchung hin und erklären sich besser als Begleiter heftiger tangentialer Zusammenpressung, die ihren markanten Ausdruck in der schon von LOTTI erkannten Überschiebung findet. Diese Überschiebungsfläche selbst zeigt aber das gleiche Maß der Wölbung, wie das ganze Schichtsystem auf der Westseite des Domes des Monte Pisano; wie dieses fällt sie am Rande des Gewölbes nach außen ab,

¹⁾ G. STEINMANN, Gibt es Tiefseeablagerungen von erdgeschichtlicher Bedeutung? Geol. Rundsch. 17. 1925.

um gegen den zentralen Teil in schwebende Lagerung überzugehen. Die Überschiebung war also schon vorhanden, als die Aufwölbung der Kuppel einsetzte. Sie ist also nicht, wie LOTTI¹⁾ glaubt, eine lokale Übertreibung des Kuppel- und Faltenbaues, der als jüngste Faltungsphase sich heute noch so beherrschend auch im Landschaftsbilde ausprägt, sondern gehört einer älteren Gebirgsphase an.

Aber noch eine weitere tektonische Erscheinung verdient besondere Beachtung, da aus ihr gewisse Schlüsse auf die Intensität der Bewegungen gezogen werden können. Nach dem Profil von LOTTI (Fig. 1) liegen infolge einer Faltenüberschiebung zwei mesozoische Serien aufeinander, wobei der Mittelschenkel vollständig unterdrückt

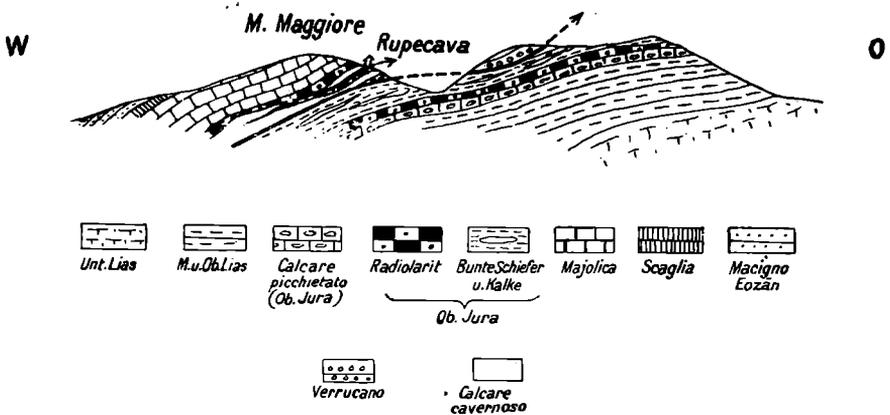


Fig. 3. Profil durch den Nordwestteil des Monte Pisano. ca. 1:37500.
(Das Profil Fig. 2 nach eigenen Aufnahmen.)

ist. Nun finden wir aber die Radiolarite auch an Stellen in der Schichtfolge der oberen Schuppe, wo man sie nicht erwarten sollte. Ein Profil am Nordostfuß des Monte Maggiore unterhalb Rupescava zeigt uns z. B. folgendes Profil:

1. Majolica	Untere Kreide
2. Radiolarit	Oberer Jura
3. Dolomit und Kalk	Trias
4. Bunter Sandstein	Untere Trias
5. Quarzkonglomerate (Verrucano)	Perm
6. Radiolarit	Oberer Jura
7. Dolomit	Trias
8. Verrucano	Perm
9. Radiolarit	Oberer Jura
10. Pseudomacigno	Eozän
11. Bunte Kalkschiefer	} Oberer Jura
12. Radiolarit	

¹⁾ B. LOTTI, Geologia della Toscana 1910, S. 387.

FUCINI hat dieses eigenartige Auftreten der Radiolarite wohl beobachtet, aber da er jegliche tektonische Störung leugnet und die Schichtfolge für eine einheitliche Serie hält, so ergibt sich für ihn die auffällige Tatsache, daß Radiolarite und Kieselschiefer nicht nur im oberen Jura, sondern in völlig gleicher Ausbildung auch im Wealden und in der unteren Kreide erscheinen, und etwas Ähnliches würde für den *Calcare cavernoso*, den *Verrucano* oder den *Macigno* gelten.

Viel einfacher lassen sich diese Profile deuten, wenn man diese Wiederholungen petrographisch durchaus übereinstimmender Gesteine auf tektonische Ursachen zurückführt. Denn dort, wo wir in den Aufbrüchen der *Catena metallifera* ungestörte Profile beobachten können, fehlen derartige Wiederholungen in der Schichtenfolge; die Schichten sind vielmehr fast durchweg nach ihrem petrographischen Habitus auch ohne Fossilfunde rasch und genau in ihrer stratigraphischen Stellung festzulegen. Das oben wiedergegebene Profil läßt sich vielmehr am einfachsten als ein Schuppenbau deuten, in dem die gleiche Schichtfolge — durch tektonische Ausquetschung allerdings meist nur lückenhaft — mehrmals aufeinander folgt (Fig. 3).

Das oben angeführte Profil erinnert lebhaft an ganz ähnliche Erscheinungen in den deutschen Mittelgebirgen; auch dort hat die Deutung einer anscheinend einheitlichen Schichtfolge, die sich später als eine Zone stärkster Verschuppung erwies, oft zu allergrößten Irrtümern geführt.

Die Verschuppung ist in dieser Zone so intensiv und die Schichtfolge in den einzelnen Schuppen von Ort zu Ort so stark wechselnd, daß sie selbst auf einer Spezialkarte in großem Maßstabe nur in ungenügender Weise dargestellt werden kann. Sehr charakteristisch sind solche Schuppenprofile im Monte Maggiore in der Umgebung von Rupecava zu beobachten (Fig. 4). Wir finden dort Profile, bei denen in mehrfachem Wechsel Triaskalk und Radiolarit auftreten, wobei der Triaskalk häufig nur noch in einzelnen linsenartigen Körpern im Radiolarit schwimmt. Man würde diese Linsen unweigerlich als normale Kalkeinlagerungen deuten, wenn man sie nicht im Streichen weiter verfolgen könnte und dabei beobachtet, wie diese Linsen allmählich in normale Triaskalkzüge übergehen, wobei sich dann häufig die ursprünglich zwischen Radiolarit und der Trias liegenden Schichten in etwas reicherer Vollständigkeit einstellen. Bei Annahme eines Schuppenbaues aber verliert die Schichtfolge des Monte Pisano ihren aberranten Charakter; alle auftretenden Schichten lassen sich völlig der normalen Schichtfolge der *Catena metallifera* einordnen.

Bei der Stärke dieser Verschuppung ist es nicht weiter verwunderlich, wenn die von ihr betroffenen Schichten starke dynamische Beeinflussung zeigen, die sich allerdings je nach Beschaffenheit der Schichten mehr oder minder auffällig ausprägt. Diese Metamorphose

gibt uns auch einen Anhalt dafür, daß die Überschiebung ursprünglich weit ausgedehnter war, als sie heute erhalten ist; denn weithin sind die bunten Kalkschiefer des oberen Jura und die Liaskalke auch dort noch gepreßt und metamorph, wo von der darüber geschobenen höheren Schuppe heute nichts mehr erhalten ist.

Die Beobachtungen im Westteil des Monte Pisano zeigen, daß hier nicht nur eine einfache Faltenüberschiebung vorliegt, wie LOTTI

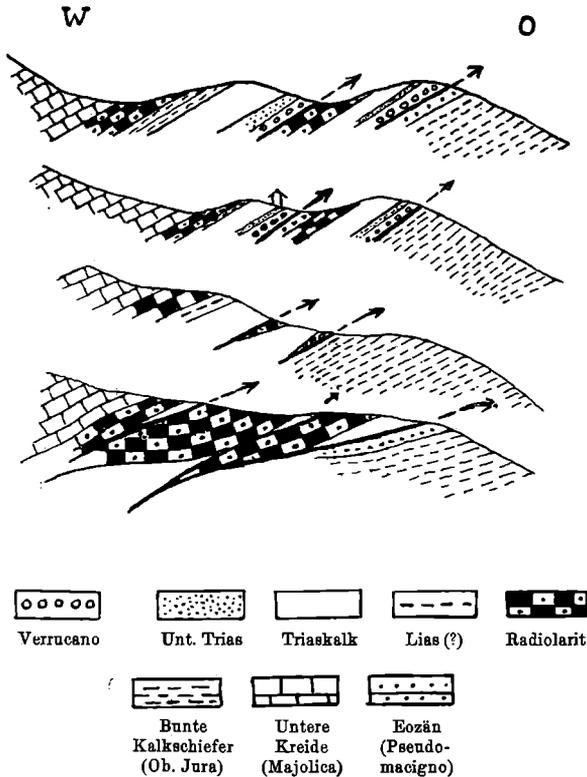


Fig. 4. Profilskizze durch die Schuppenzone am Ostabhang des Monte Maggiore. ca. 1 : 10 000.

annimmt, und noch weniger überhaupt eine einheitliche normale Schichtfolge, sondern ein wahrer Schuppenbau, der im einzelnen von starken Verquetschungen, Detailschuppung und Metamorphose begleitet ist. Die Intensität dieser Erscheinungen spricht dafür, daß diese Tektonik nicht ein lokales Phänomen ist, das an eine vereinzelt Überschiebung gebunden ist. Es liegt vielmehr die Annahme nahe, daß hier ein viel großzügigerer, regionaler Zusammenschub seinen Ausdruck findet. Schon LOTTI¹⁾ hat ja eine weitere Überschiebung

¹⁾ B. LOTTI, Geologia della Toscana 1910. S. 381.

bei S. Maria del Giudice erwähnt, und auch nördlich Ripafratta ist auf das Eozän des Monte Maggiore eine neue Schuppe aufgeschoben. Die Detailverschuppung in der Nähe der Überschiebung bei Rupecara ist also nur ein verkleinertes Abbild eines regionalen Schuppenbaus. Über das Ausmaß des tangentialen Zusammenschubs können wir allerdings uns hier kein sicheres Bild machen. Zwar können wir nach der Verbreitung der Metamorphose in der tieferen Serie schließen, daß es sich immerhin bei der Hauptschubfläche um eine Überschiebung von mehreren Klm. Ausmaß handelt, aber die wahre Größe des Zusammenschubs können wir hier deshalb nicht erkennen, weil nach der in einer späteren Phase erfolgten Aufwölbung der Kuppel des Monte Pisano die Abtragung schon tief eingegriffen und die höheren Schuppen weitgehend vernichtet hat.

2. Die Apuaner Alpen.

Die Großkuppel der Apuaner Alpen, die sich zwischen dem Tale der Magra und dem Serchiotal aufwölbt, zeigt eine außerordentlich vollständige Schichtfolge, die von paläozoischen, vielleicht auch noch älteren Gesteinen im zentralen Teil der Aufwölbung bis hinauf ins Tertiär reicht, das die ganze Kuppel rings umgiebt; nur an der Westseite tritt auf eine kurze Strecke der Kern der großen Aufwölbung an den Rand des Gebirgsstockes heran. Nach den vorzüglichen Aufnahmen von ZACCAGNA und LOTTI zeigt es sich, daß diese Antiklinale im einzelnen in mehrere eng zusammengeschobene Spezialfalten zerlegt ist. Im Kern erscheinen Gesteine vom Charakter der Gneise, Glimmerschiefer und Phyllite, in denen einzelne Linsen von Kalk und Kalkschiefern mit spärlichen paläozoischen Versteinerungen gefunden wurden, und darüber konglomeratische Gesteine, die gleichfalls stark gepreßt und metamorph sind. Diese ganze Serie wird auf der Karte als Perm bezeichnet, doch kann es keinem Zweifel unterliegen, daß hier nicht nur paläozoische Schichten, sondern auch wahrscheinlich noch ältere Gesteine, wirkliche Gneise, eingeschlossen sind. Über diesen tieferen Schichten erscheint dann jene reich gegliederte der Trias zugerechnete Serie (vgl. S. 635), die, wie ich schon früher erwähnte, gegenüber der sonst recht einförmigen Triasentwicklung in der Catena metallifera eine auffällige Ausnahme bildet. Sichere Triasversteinerungen fanden sich in ihr bisher allerdings nur in der unteren Abteilung, den Kalken und Dolomiten der „Grezzoni“ und in den obersten Schichten, die eine Fauna des Rhät lieferten. Bei der meist starken Metamorphose, die die zwischen diesen beiden Schichtgruppen liegenden mittleren Teile, die Marmoré und die mannigfaltigen Schiefer über den Marmoren zeigen, ist das Fehlen von Versteinerungen nicht weiter merkwürdig; man trug daher bei der anscheinend regelmäßigen Aufeinanderfolge der verschiedenen

Schichtgruppen kein Bedenken, die über den dem Muschelkalk gleichgesetzten Grezzoni folgenden Marmore als umgewandelte Riffkalke der ladinischen Stufe anzusehen, während die darüber folgende bunt zusammengewürfelte Schieferserie der in den Alpen ja ebenfalls faziell besonders reich entwickelten karnischen Stufe gleichgesetzt wurde.

Auf die Trias legten sich dann in regelmäßiger, hier und da allerdings durch Ausquetschungen reduzierten Folge unveränderte Gesteine des Lias, des Jura, der unteren und oberen Kreide und des Eozäns, so daß in diesem großartigen Kuppelbau die ganze Serie der Gesteine von den ältesten bis zu den jüngsten in regelmäßiger Folge aufeinander zu liegen scheint.

Über dieser toscaniden Serie der Apuaner Alpen liegen aber noch die die ophiolithischen Eruptiva einschließenden Schiefer. Da diese nachgewiesenermaßen wenigstens bis in den Jura hinabreichen, andererseits aber rings um die Apuaner Alpen herum das Eozän überlagern, so wird es klar, daß die ganze Gesteinsfolge der Apuaner Alpen ein großes Fenster ist, das aus der Decke des Schieferapennins in mächtiger Kuppel an die Oberfläche tritt.

Herrscht aber auch in diesen aus der Decke der Liguriden hervorschauenden Serie der Toscaniden ein Deckenbau? Wenn überhaupt an einer Stelle der ganzen Catena metalifera, so müßte sich hier, wo in den steilen Falten des Gebirgsinneren die ganze toscanide Serie so tiefgründig aufgeschlossen ist, ein solcher nachweisen lassen. In der Tat hat ja LENCEWICZ hier zwei Serien oder Decken unterschieden, indem er die dem oberen Teil der Schieferserie über den Marmoren eingeschalteten, dem Macigno ähnlich sehenden Sandsteine für Tertiär erklärte und so eine untere (calabrische) Decke mit Paläozoikum, Trias und Eozän von der höheren (sizilianischen) Decke mit reich entwickeltem Mesozoikum abtrennte. Das Auftreten von Eozän in der Trias war aber schon früher bekannt. Schon auf der älteren Karte der Apuaner Alpen sind von ZACCAGNA in der Trias Linsen von Nummulitenkalk angegeben; doch deutete ZACCAGNA¹⁾ diese Linsen als Reste von Einfaltungen jüngerer Schichten in die Trias in dem eng zusammengepreßten Faltenbündel des ganzen Gebirgsstockes und hielt daran fest, daß abgesehen von diesen lokalen synklinalen Einspitzungen die ganze mächtige Schichtfolge vom Paläozoikum des Kerns bis zu den jungen Schichten am Außenrande einheitlich sei.

Ebenso wie im Monte Pisano haben sich aber auch hier in neuerer Zeit unter den italienischen Fachgenossen heftige Meinungsverschiedenheiten geltend gemacht, wie die einzelnen Teile der Schichtfolge der Apuaner Alpen in ihrer stratigraphischen Stellung zu deuten sind. Der oben geschilderten Auffassung, daß hier eine mächtige, reich-

¹⁾ D. ZACCAGNA, Note illustr. carta geol. Alpi Apuane 1920, S. 87—88.

gegliederte Trias auftritt, wird neuerdings von FUCINI¹⁾ aufs schärfste widersprochen. Auf einen aus den Marmoren stammenden Ammoniten, der sich als ident mit einem Ammoniten des Liaskalkes der Catena metallifera erwies, gründete FUCINI²⁾ seine Behauptung, daß die vielgestaltigen Marmore der Apuaner Alpen nicht der Trias angehörten, sondern umgewandelte Kalke des unteren Lias darstellen. Natürlich mußte er dann auch den darüber lagernden Schichten ein erheblich jüngeres Alter zuschreiben, als es ihnen bisher gegeben worden war. In der Tat konnte er zeigen, daß petrographisch zwischen den verschiedenartigen Gesteinen der bisher der karnischen Stufe der Trias zugeteilten Schieferserie über den Marmoren und den verschiedenen Kalken, Kalkschiefern und Radiolariten des oberen Jura der Catena metallifera ein wesentlicher Unterschied nicht zu finden ist. Da auch er an der Einheitlichkeit der ganzen Schichtfolge nicht zweifelte, gab er auch den darüber lagernden bisher als oberste Trias angesprochenen Kalken und Dolomiten ein erheblich jüngeres Alter; er vergleicht sie mit den Kalken, die er auch im Monte Pisano über den Tithonschiefern auffand und dort als obere Wealdenschichten deutete. Darüber folgen dann die Majolica, die bunten Kalkschiefer der oberen Kreide und das Eozän, so daß auch er eine vom ältesten bis ins jüngste durchlaufende Schichtserie, aber von ganz anderer stratigraphischer Stellung, erhält. Dabei glaubte er auch hier eine Transgression seiner Wealdenschichten feststellen zu können, und in der Tat lagern diese nicht metamorphen Schichten auf verschiedenen Gesteinen der tieferen Schichtserie, die fast durchweg mehr oder weniger stark gefaltet, gestreckt und verändert sind. So schien ihm auch hier aufs deutlichste eine präcretazische Gebirgsbildung vorhanden zu sein, für die er im Monte Pisano und auch an anderen Stellen der Catena metallifera Beweise gefunden zu haben glaubte.

Er begeht aber auch hier den gleichen Fehler, der ihm bei der Bewertung der Schichtfolge im Monte Pisano unterlaufen ist. Die Rhätfossilien, die ZACCAGNA³⁾ von Ponte Storto anführt, beweisen einwandfrei, daß FUCINI sich in der stratigraphischen Deutung des oberen Teils der Schichtfolge geirrt hat.

Andererseits bleibt aber bei Annahme der Einheitlichkeit der Schichtfolge nach der Bestimmung des aus dem Marmor stammenden Ammoniten und bei der petrographischen Übereinstimmung einzelner Teile der Schiefer über den Marmoren mit höheren Jurahorizonten die Tatsache unerklärt, daß über diesen Juraschichten Kalke und Mergel folgen, die nach ihren Versteinerungen der obersten Trias

¹⁾ A. FUCINI, Considerazioni sull' età e sulla posizione degli scisti superiori ai marmi nelle Alpe Apuane. Proc. verb. Soc. Tosc. Sc. nat. XXXII, 1928.

²⁾ A. FUCINI, Studi geologici sul Monte Pisano 1924/25. S. 26 und 170.

³⁾ D. ZACCAGNA, Note illustrative della Carta geologica delle Alpi Apuane 1920. S. 64.

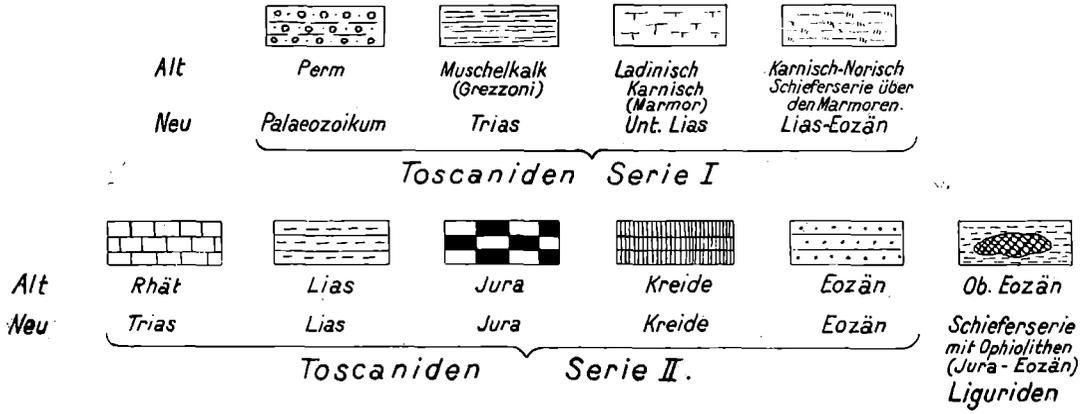
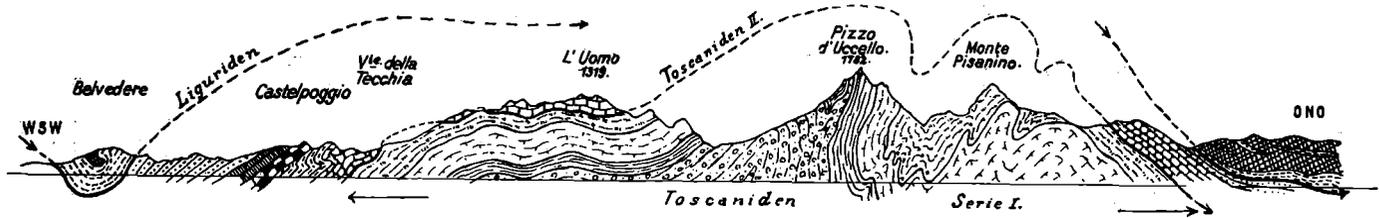


Fig. 5. Profil durch die Apuaner Alpen. 1 : 100 000. (Nach ZACCAGNA, Sezioni geologiche attraverso le Alpe Apuane, Prof. Nr. 4.)
 Alte Deutung nach ZACCAGNA, neue Deutung nach TILMANN.

Die Decke II der Toscaniden beginnt in diesem Profil erst mit der Trias; es fehlt hier der höhere Teil der „Scisti sopra i marmi“, der sonst die Basis der Decke II bildet.

angehören. Diese Frage findet aber ihre Lösung nur dadurch, daß man die Vorstellung einer einheitlichen Schichtfolge fallen läßt und annimmt, daß die Rhätfossilien führenden Gesteine auf den Jura überschoben sind. Damit fällt aber auch der Gegensatz, in dem bisher die reich gegliederte Trias der Apuaner Alpen zu der einformigen Entwicklung der Trias als *Calcare cavernoso* in der Catena metallifera stand. In der Trias verbleiben nur die Kalke und Dolomite der Grezzoni und die ähnlichen Gesteine des bisherigen Rhät; die Grezzoni bilden die Trias der tieferen Serie, der *Calcare cavernoso* die Trias der höheren Schuppe. Die Grezzoni sind dann nicht auf den Muschelkalk beschränkt, was nach dem Fund eines *Turbo cf. solitarius* recht zweifelhaft war, sondern enthalten die ganze mittlere und obere Trias in gleichförmiger Ausbildung.

So kommen wir dazu, die ganze Sedimentfolge der Toscaniden in zwei Schuppen zu zerlegen, und gelangen also zu einer ähnlichen Auffassung, wie sie LENCEWICZ vertritt.

Da die Auflagerung der obersten Trias auf Jura sich aber rings um den inneren Kern der Apuaner Alpen verfolgen läßt, so handelt es sich hier nicht um eine einfache lokale Aufschuppung. Die höhere Serie liegt vielmehr ringsum über der tieferen und das Ausmaß der Überschiebung muß ein recht erhebliches sein. Die Breite, in der im Querprofil die tiefere Serie unter der höheren an die Oberfläche tritt, erreicht 16 km.

Wenn man die genaue Lage der Überschiebung festlegen will, so wird man zunächst geneigt sein, die Überschiebung an die Basis des obertriadischen Kalkes und Dolomits zu verlegen. Damit würde gut übereinstimmen, daß dieser letztere mitsamt den ihn überlagernden jüngeren Schichten keine Metamorphose zeigt, während die darunter liegenden Schichtglieder, von den Grezzoni abgesehen, eine durchweg starke Umwandlung, die besonders in den höheren Teilen von Verknüpfung und Verfaltung begleitet ist, überall deutlich erkennen lassen.

Wenn man jedoch die Schieferserie über den Marmoren im einzelnen einer näheren Prüfung unterzieht, so macht man bald die eigentümliche Entdeckung, daß in dieser metamorphen Schieferserie die Metamorphose einen außerordentlich wechselnden und sprunghaften Charakter trägt. Neben hochgradig veränderten Marmoren, die linsenförmig dem tieferen Teile der Schieferserie eingelagert sind, finden sich verschiedene Schichten, wie Plattenkalke, Radiolarite und macignoähnliche Gesteine, die abgesehen von einer Pressung und Schieferung stärkere Umwandlungen vermissen lassen. Darüber liegt aber, zwar nicht überall, jedoch oft auf größere Erstreckung in den höchsten Teilen der Schieferserie eine Gesteinsserie, die wieder eine sehr starke und zwar gleichmäßig durchgehende Metamorphose zeigt; es sind das die Schichten, in denen vielerorts die silber- und

bleihaltigen Erzgänge aufsetzen, die in tieferen Schichten der Schieferserie nicht vorhanden zu sein scheinen. Es finden sich dort Gesteine, wie man sie bisher nur in der wahrscheinlich paläozoischen Unterlage der mesozoischen Kalkserie der Südalpen kennt, nämlich wirkliche Glimmerschiefer mit mächtigen Quarzknauern, einförmige grünliche Phyllite, gneisartige Gesteine und zu oberst kalkfreie Konglomerate, die allerdings mehr oder weniger stark gepreßt und umgewandelt erscheinen. Dieser Unterschied zwischen dem unteren und oberen Teil der Schieferserie ist auch ZACCAGNA¹⁾ schon aufgefallen. Er schreibt ihn der stärkeren Metamorphose zu, die besonders auf der Westseite des Gebirges herrschen soll. Er übersieht dabei jedoch, daß auch hier unter den gleichmäßig hochgradig veränderten Gesteinen der oberen Hälfte der Schieferserie Gesteine mit geringer und sprunghafter Metamorphose folgen. Der Weg Pietrasanta—Farnocchia—Ponte Stazzemese läßt die Teilung der Schieferserie deutlich erkennen.

Ich muß daraus den Schluß ziehen, daß in diesen Schiefen sehr verschieden alte Gesteine vorhanden sind. Einerseits im unteren Teile unzweifelhaft Gesteine des oberen Jura, des Tithon und des Tertiärs, die von dem höheren Teil, der durchaus den Charakter paläozoischer Schiefergesteine trägt, überlagert werden. Es erscheint am natürlichsten, die Überschiebung an die Basis dieses höheren Teiles zu verlegen. Wir würden dann eine tiefere Serie haben, in der Gesteine vom Paläozoikum bis zum Tertiär in häufig stark metamorpher Gestalt vorliegen, während die höhere Serie mit alten Schiefergesteinen beginnt und darüber unverändertes Mesozoikum trägt, das die normale Folge des Mesozoikums der Catena metallifera zeigt.

Auch im Bereich der Apuaner Alpen finden wir die gleichen Erscheinungen, die schon im Monte Pisano auffallend hervortreten und den Gedanken an einen viel stärkeren Zusammenschub, als man ihn bisher annahm, nahe legen. Auch hier haben wir das gleiche Auf- und Abschwellen der einzelnen Horizonte. Die Marmore sind an manchen Punkten viele hundert Meter mächtig, während sie an anderen Stellen auf einen kleinen Streifen beschränkt oder ganz unterdrückt sind. Das Gleiche gilt von fast sämtlichen anderen Schichtgliedern, die am Aufbau des Gebirges teilnehmen, und hat zu der Behauptung geführt, daß innerhalb der mesozoischen Serie erhebliche primäre Lücken, Diskordanzen und Transgressionen vorlägen. An allen Punkten, wo ich diese Angaben in den Apuaner Alpen nachprüfen konnte, handelt es sich sicher um Lücken, die auf starke tektonische Auspressung zurückzuführen sind. So erklärt sich die Auflagerung von Tithon auf Triaskalk an der Straße von Massa nach Carrara, so auch das Übergreifen von Radiolarit über Lias oder Trias, eine Erscheinung, die bei einem euabyssischen Sediment wie dem

¹⁾ D. ZACCAGNA, Note illustr. carta geolog. Alpi Apuane 1920, S. 59.

Radiolarit, doch recht unwahrscheinlich ist. Dazu kommt besonders in dem höchsten Teile der tieferen Serie eine linsenartige Verschuppung, wie man sie nur bei heftigster tektonischer Durchbewegung der Gesteine wahrzunehmen pflegt. Hierfür ist besonders lehrreich das Profil, das sich an den Nordhängen des M. Brugiana zwischen Bergiola Foscalina und der Rocchetta beobachten läßt. Wiederholt treten hier die grünlichen Phyllite des oberen Teiles der Schiefer über den Marmoren zwischen plattigen serizitisierten Kalken mit dicken runden Crinoidenstielgliedern, Marmoren und Kalkschiefern jurassischer Prägung in anscheinend konkordantem Verbande auf. Die linsenförmige Verquetschung der einzelnen Schichten, besonders der Marmore und Kalke aber beweist, daß wir es hier mit einer tektonisch stark beanspruchten Serie zu tun haben und das wiederholte Auftreten der gleichen Schichten auf intensive Verschuppung zurückzuführen ist. Ebenso wie am Monte Pisano zeigt es sich, daß nicht der heute sichtbare, großzügige Kuppelbau der Apuaner Alpen den Schwerpunkt der tektonischen Bewegung darstellt, sondern daß dieser heute so in die Augen springende Zug nur einer sekundären Bewegung entstammt, die sich an Stärke mit der vorhergehenden deckenförmigen Zusammenschiebung in keiner Weise messen kann.

3. Die Berge der Halbinsel von Lerici.

Westlich des Magratalles taucht aus den Talalluvionen eine Gesteinsserie auf, die mit den höheren Teilen der Schichtfolge der Apuaner Alpen in jeder Hinsicht ident erscheint. Auf der Westseite der Halbinsel von Lerici, die den Golf von Spezia im Osten begleitet, sieht man mit westlichem Fallen die ganze Serie des Mesozoikums von der Trias bis zum Macigno aufeinander folgen. Aber auch hier zeigt die Schichtfolge jenes unruhige Auf- und Abswellen der Mächtigkeit, wie es im Monte Pisano und in den Apuaner Alpen die Regel ist.

Der höhere Teil der Schichtfolge ist am Wege von Lerici nach Telaro oder am Wege von Serra nach Monte Marcello gut aufgeschlossen. Besonders mächtig sind auch hier die bunten Schiefer, die neben Oberjura auch Scaglia einschließen, da über ihnen gleich der typische Glimmersandstein des Macigno folgt.

Die Trias und ihre Unterlage treten nach der Ostseite gegen das Magratal heraus. Die Trias selbst besteht aus einem Kalkkomplex, der an der Basis aus plattigen etwas wulstigen Kalken zusammengesetzt ist, in denen hier und da Durchschnitte von Muschelschalen bemerkbar sind, darüber folgen wenig mächtige kompakte Kalke, die stark an triadische Riffkalke erinnern, darüber gebankte Dolomite und Rhätkalke, in denen auch hier Brüche des Portoro-Marmors liegen.

Unter der Triaskalkserie erscheinen wenig mächtige Rauhwacken, darunter weiße, auch rot getüpfelte Sandsteine, die bei dem Ort Ameglia selbst von roten und violetten Schiefeln, Sandsteinen und groben Konglomeraten — typischem Verrucano — unterlagert werden. Die Trias hat also hier ganz den Charakter der Trias des westlichen Seengebirges, wo etwa im Profil von Induno bei Varese von den Werfener Schiefeln ab bis zum Rhät eine mächtige Kalk- und Dolomitmasse entwickelt ist. Bei Lerici ist die Mächtigkeit der ganzen Trias jedoch höchstens auf 200 bis 250 Mtr. zu schätzen. Die Rauhwacken an ihrer Basis entsprechen dem gleichen Gestein, das in den Südalpen über Werfener Schichten und unter der anisischen Stufe der Trias auftritt. Die Verrucanogesteine sind in ihren unteren Teilen, die man an der Straße nach Bocca di Magra längere Strecken aufgeschlossen sieht, stark gepreßt und zeigen nach dem Liegenden zunehmende Metamorphose. Unter diesen Verrucanogesteinen, in oder über denen auf den Abhängen unterhalb San Marcello auch mürbe Sandsteine mit einigen Diabasgängen auftreten, folgen bei Bocca di Magra selbst Glimmerschiefer, Phyllite, dunkle Schiefer mit einzelnen schwachen Linsen von Kalk und Marmor, eine Serie, die insgesamt den paläozoischen Gesteinen der Unterlage der Trias in den Südalpen sehr ähnlich sieht. In den Glimmerschiefeln stecken mächtige Quarzknuern und -schnüre, wie sie in wirklich mesozoischen Schichten nicht gefunden werden. An der Punta Bianca und am Kap Corvo aber kommen unter diesen Schichten noch bunte Schiefer, Kieselkalke, Marmore und Marmorbreccien heraus.

Die ganze zuletzt geschilderte Serie unter dem Triaskalk erscheint auf der geologischen Karte der Apuaner Alpen, die den Südteil der Lericihalbinsel gerade noch mit umgreift, mit der Farbe der oberen Trias eingezeichnet, der gleichen Schichten, denen in den Apuaner Alpen selbst die Serie der Schiefer über den Marmoren angehört. In der Tat enthält diese ja auch die Sandsteine mit den Diabasen, wie sie bei Bergiola Foscaldna anstehen. Sie enthalten auch die bunten, grünen und roten sandigen Schiefer, die gleichen kalkfreien gepreßten Konglomerate mit großen Quarzgeröllen und einförmige Phyllite und Glimmerschiefer. Und wie in den Apuaner Alpen, so bildet diese Serie auch hier den oberen Teil der mannigfaltigen Serie der Schiefer über den Marmoren unter dem Kalkzug der Trias. Die bunten Kalkschiefer, die in Verbindung mit mächtigerem weißem Marmor und Breccien am Kap Corvo unter den kristallinen Schiefeln auftreten, entsprechen den bunten Schiefeln und Marmoren der Apuaner Alpen, die den unteren Teil der „scisti sopra i marmi“ bilden. Während aber in den Apuaner Alpen das paläozoische Alter des höheren Teiles der Schiefer über den Marmoren nicht so sinnfällig ist, liegen sie an der Bocca di Magra und bei Ameglia einwandfrei unter den Rauhwacken, weißen und bunten Sandsteinen

und Quarzkonglomeraten, die in allen Merkmalen mit der unteren Trias und dem Perm des Seengebietes übereinstimmen. Jedenfalls bestätigen diese Aufschlüsse aufs beste die Resultate, zu denen ich in den Apuaner Alpen gekommen bin, daß die auf der geologischen Karte der oberen Trias zugerechneten Gesteine in Wirklichkeit z. T. ein paläozoisches Alter besitzen. Da diese alten Gesteine auf bunten Schiefeln und Marmoren des Kap Corvo lagern, die wie die Marmore und der tiefere Teil der Schiefer über den Marmoren der Apuaner Alpen mesozoischen Charakter aufweisen, so liegt also auch hier eine Überschiebung vor, die genau in der gleichen Position wie in den Apuaner Alpen zwei Schuppen voneinander scheidet. Es liegt daher nahe, diese Dislokationsflächen in beiden Gebirgsstöcken als ident zu betrachten. Dadurch wird das Ausmaß der Überschiebung, die ja schon in den Apuaner Alpen als recht bedeutend sich erwies, um mindestens 8 bis 10 km vergrößert, so daß also hier Überschiebungen vorliegen, die den Charakter typischer Decken tragen.

Am Westfuß der Kette von Lerici lagern bei Lerici selbst, auch weiter nördlich bei San Terenzo auf der mit den Macignosandsteinen endigenden Serie wiederum Quarzite, eigenartige Breccien und Kalksteine, die schon von CAPELLINI¹⁾ zur Trias gerechnet wurden. Sie bilden zwischen Lerici und Telaro die zahlreichen kleinen Kaps, die steil in das Meer vorspringen, an ihnen stoßen nacheinander Macigno, Scaglia, Radiolarite ab. Nahe am Kontakt macht sich eine auffällige Zerrüttung dieser Schichten bemerkbar, die besonders schön an den Radiolariten im Hohlweg des Durchschnittes der Punta Maremosso zu studieren ist. Auch nördlich von Lerici schneidet die Trias nach der Karte von CAPELLINI die jüngeren mesozoischen Schichten, die die Hänge von Serra bis Barcola bilden, in gleicher Weise ab, so daß sie bei Barcola mit den Obertriaskalken zusammenstößt, die die Höhen der Rocchetta und des Monte Branzi bilden; weiter im Norden ist es wieder ein breites Band von Macigno, das oberhalb S. Terenzo an die Trias herantritt. Die Art des Kontaktes auf der ganzen Linie von Telaro bis in die Höhe von Spezia läßt daher klar den Charakter als Überschiebung heraustreten. Da jedoch die Trias an dieser Linie die Schichtserie überschiebt, die der höheren Schuppe der Apuaner Alpen (also der Decke II bei LENCEWICZ) in allem gleichsteht, so kann es sich hier nur um eine höhere Schuppe handeln. Ob es sich bei dieser Überschiebung jedoch um eine Dislokation handelt, die der Überschiebung zwischen der unteren und oberen Serie der Apuaner Alpen vergleichbar ist, erscheint recht fraglich. Es scheint sich eher um eine Faltenüberschiebung der höheren Decke zu handeln; denn an einigen Stellen finden sich Reste

¹⁾ G. CAPELLINI, Carta geologica dei dintorni del Golfo di Spezia e Val di Magia inferiore. 2. Ed. 1881.

eines allerdings stark zerquetschten Mittelschenkels unter der Schubleite erhalten. Der Golf von Spezia selbst liegt im wesentlichen in einer Synklinale dieser Schuppe. Jenseits bei Porto Venere und in der Bergkette, die die Forts von Spezia trägt, taucht der Gegenflügel mit einer recht vollständigen mesozoischen Serie in überkippter Stellung unter die Gesteine des Schieferapennins hinunter.

Auch anderen Stellen der Catena metallifera, besonders ausgedehnt in den Bergen von Siena, finden wir ganz ähnliche Verhältnisse, wie sie vom Monte Pisano und aus den Apuaner Alpen geschildert wurden. Auch hier treten in größerer Ausdehnung Marmore auf, die auf der geologischen Karte der Trias zugerechnet werden, weil sie von dem für Rhät gehaltenen *Calcare cavernoso* bedeckt werden. Es hat sich über die Stellung dieser Schichten eine lange Auseinandersetzung zwischen FUCINI und LOTTI entsponnen. Ersterer hat mit Recht darauf hingewiesen, daß die allerdings recht spärlichen Fossilfunde doch genügen, um das Alter der Marmore festzulegen; sie gehören demnach ebenso wie in den Apuaner Alpen zum Lias. FUCINI hat aber auch hier nicht den zunächst naheliegenden Schluß gezogen, daß die darauf liegende Trias auf den Lias überschoben sei, sondern hat auch hier eine einheitliche Schichtfolge angenommen und muß daher die über dem Jura liegenden Kalke seinen Wealdengesteinen zurechnen. Es sind aber hier die tektonischen Verhältnisse genau die gleichen wie im Monte Pisano oder in den Apuaner Alpen; auch hier zerfällt die bisher als einheitlich gedeutete Schichtfolge der Catena metallifera in mehrere Schuppen.

Der Bau der Kuppeln der Catena metallifera zeigt also an vielen Punkten eine weit verwickeltere Tektonik, als man nach den bisherigen Karten und Darstellungen annehmen konnte. Die Überschiebung im Monte Pisano ist keine vereinzelt dastehende Erscheinung. Schon die Detailtektonik ließ einen starken regionalen Zusammenschub vermuten. Die tiefgreifenden Aufschlüsse in den Apuaner Alpen aber beweisen klar, daß nicht ein einfacher Schuppenbau mit geringem tangentialem Zusammenschub herrscht, sondern ein Überschiebungsbau vorliegt, den man mit vollem Recht als Deckenstruktur bezeichnen kann.

Dieser Deckenbau aber hat nichts zu tun mit dem Faltenbau, der die heute auch landschaftlich so scharf hervortretenden Aufwölbungen des Mesozoikums geschaffen hat. Der Beweis, daß die Überschiebungen vielmehr einer früheren Phase der Gebirgsbildung als der Kuppelbau entstammen, ergibt sich daraus, daß die Überschiebungen selbst deutlich in diesen Kuppelbau einbezogen sind. So liegen im Fenster der Apuaner Alpen die einzelnen Decken wie Zwiebschalen aufeinander; im Kern die tiefste, vielleicht autochthone

Serie, darüber die obere toskanide Schuppe und darüber die Decke des Schieferapennins mit ihren Ophiolithen.

Obgleich aus der Kombination der Profile der Apuaner Alpen und bei Lerici hervorgeht, daß das Ausmaß der Überschiebung der oberen Schuppe der Toskaniden eine Größe von wenigstens 30 km hat, so fragt es sich doch, ob diese Überschiebung auf die gleiche Stufe zu stellen ist mit der großen Überschiebung des Schieferapennins auf den kalkapenninen Untergrund. Diese letztere scheint aber einer ganz anderen Größenordnung anzugehören; denn sie trennt zwei Gebiete mit stark voneinander abweichenden Faziesentwicklungen. Das kann man von den Überschiebungen in der Catena metallifera selbst nicht sagen. Wohl kann man kleinere Faziesdifferenzen verfolgen, etwa die verschiedene Entwicklung der Juraschichten unter den Radiolariten in der höheren Schuppe des Monte Pisano und dem Oltre Serchio gegenüber der Entwicklung der gleichen Schichten in der tieferen Schuppe des Monte Pisano. Auch scheint in den tieferen Schuppen der Catena metallifera die Majolica weithin zu fehlen. Jedoch darf man das nicht zu hoch bewerten; denn wie früher ausgeführt, ist es durchaus möglich, daß die Kalke der Majolica vielerorts nur durch sekundäre Ausdünnung zum Verschwinden gebracht wurden und tektonische Ausquetschung stratigraphische Lücken vortäuscht.

So scheinen die Sedimente der verschiedenen tektonischen Einheiten der Toscaniden doch wohl in einem einheitlichen Meeresbecken abgelagert zu sein, das als Ganzes sich scharf von dem Sedimentationsraum der Gesteine des Schieferapennins scheidet. Der nach Ablagerung des Macigno einsetzende Zusammenschub engte die Sedimente auf ein Teil ihrer ursprünglichen Ausdehnung ein und schob sie zu Decken zusammen, die in ihrer Größe sich am besten vielleicht mit den Teildecken der nordschweizerischen Kalkalpen vergleichen lassen. Erst nach Ablagerung der nach dem Deckenschub sedimentierten Hüllschichten, die dem oberen Eozän, vielleicht auch noch dem Oligozän angehören, schuf eine zweite Phase der Gebirgsbildung den Kuppelbau, der die übereinander geschobenen Decken und ihre Hüllschichten gleichmäßig aufwölbt. Danach muß der Deckenschub selbst dem Eozän angehören, während die den Kuppelbau schaffende Phase in das Jungtertiär zu setzen ist.

Handbuch der Geologie und Bodenschätze Deutsch-

lands. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgelehrter herausgegeben von **Dr. Erich Krenkel**, a. o. Professor für Geologie und Paläontologie an der Universität Leipzig.

Bisher wurden ausgegeben:

Geologie von Württemberg nebst Hohenzollern von Prof. **Dr. Edwin Hennig**. Mit 9 Tafeln und 61 Textabbild. (VI u. 388 S.)

Gebunden 20.25

Die Braunkohlen Deutschlands von Prof. **Dr. Kurt Pietzsch**.

Mit 105 Abbildungen und 20 Tafeln. (XII u. 488 S.) 1925

Gebunden 30.—

Das wertvolle und inhaltreiche Buch, das mit einer großen Reihe guter Abbildungen, Karten und Zeichnungen ausgestattet ist, kann nur bestens empfohlen werden.

Geologie von Bayern von **Dr. Adolf Wurm**, Regierungsgeologen am Bayerischen Oberbergamt und Privatdozenten an der Technischen Hochschule in München. I. Teil: **Nordbayern, Fichtelgebirge, Frankenswald**. Mit 8 Tafeln und 109 Textabbildungen. (XIV u. 374 S.) 1925

Gebunden 28.50

Weiter folgen:

Die bayerischen Alpen von Prof. **Dr. Leuchs** in München;

Westfalen von Bergrat Prof. **Dr. Baertling** Landesgeologen Bergrat **Dr. Schmidt**, Landesgeologen **Dr. Paeckelmann** in Berlin;

Nordwestdeutsches Tiefland von Geh. Bergrat **Dr. Gagel** und Landesgeologen Bergrat **Dr. Stoller** in Berlin

Geologie der Erde. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgelehrter herausgegeben von **Dr. Erich Krenkel**, a. o. Professor für Geologie und Paläontologie an der Universität Leipzig.

Geologie Afrikas von Professor **Dr. Erich Krenkel**. Mit 22 Tafeln und 105 Textfiguren. (X u. 461 S.) 1925

Gebunden 38.—

Geologie Europas von **S. v. Bubnoff**. 1926. (VIII u. 322 S.) Mit 86 Abbildungen und 8 Tafeln. Band I

Gebunden 25.—

Grundzüge der geologischen Formations- und Gebirgskunde

von Prof. **Dr. A. Tornquist**. Mit 127 Textabbildungen. (V u. 295 S.) 1913

Gebunden 12.—

Geologie in Tabellen von Prof. **Dr. Karl André**, Direktor des Geologisch-paläontologischen Instituts an der Universität Königsberg i. Pr. Mit 9 Textfiguren. (XV u. 228 S.) 1922

Gebunden 10.50

Grundriß der angewandten Geologie unter Berücksichtigung der Kriegserfahrungen (für Geologen und Techniker) von **Dr. Julius Wilser**. Mit 61 Textabbildungen und 3 Tafeln. (VIII u. 176 S.) Gebunden 6.—

Grundfragen der vergleichenden Tektonik von Prof. Dr. H. Stille, Göttingen. 1925. 443 S. Mit 14 Textabbildungen Gebunden 24.75

Ein ungemein fruchtbarer Forschungsweg der tektonischen Geologie liegt in der vergleichenden Behandlung der Probleme unter Heranziehung recht vieler und gut erforschter Einzelfälle. Dabei muß neben dem fertigen tektonischen Gebilde insbesondere auch sein Werdegang mit allen seinen Phasen vergleichend ausgewertet werden, und das setzt die genaue zeitliche Analyse der Vorgänge voraus. So steht diese auch in den „Grundfragen der vergleichenden Tektonik“ im Vordergrund, indem versucht wird, die tektonischen Vorgänge der Vorzeit unter Zugrundelegung der weitesten Erdgebiete in ihre Einzelphasen aufzulösen. Damit wird eine sehr verbreitete Basis für die Behandlung bedeutsamer Grundfragen der Tektonik gewonnen.

Das Buch ist in erster Linie für den Fachgeologen bestimmt. Aber die Materie an sich, ihre Behandlungsart und die Ergebnisse sichern ihm die Beachtung weiter naturwissenschaftlich interessierter Kreise, die an den Problemen der Geodynamik nicht vorbeigehen wollen.

Die Schrumpfung der Erde von Prof. Dr. H. Stille, Göttingen. 1922. 37 S. Geheftet 1.50

Der Gebirgsbau Schlesiens. 1922. 107 S. Mit 24 Abbildungen, 2 Tafeln und 2 Karten Gebunden 5.70

Einführung in die tektonische Behandlung magmatischer Erscheinungen (Granittektonik) von Dr. Hans Cloos, o. Professor der Geologie an der Universität Bonn.

I. Spezieller Teil: **Das Riesengebirgsmassiv in Schlesien.** Bau, Bildung und Oberflächengestaltung. 1925. 194 S. Mit 2 Kartentafeln und 2 Profiltafeln, einem Titelbild und 75 Abbildungen im Text.

Gebunden 16.50

Das Buch bringt eine nach den tektonischen Methoden und Gesichtspunkten des Verfassers gearbeitete Monographie des Riesengebirgsmassivs in Schlesien. Es bildet zugleich die Grundlage einer systematischen Durcharbeitung der „Granittektonik“. Die ersten Abschnitte sind beschreibenden, die späteren allgemeinen Inhalts, darunter eine Untersuchung über die Morphologie des Granitgebietes in Beziehung zu seinem Bau.

Über die Bedingungen der Gebirgsbildung. Vorträge von Prof. Dr. K. Andréo, Direktor des Geologisch-paläontologischen Instituts an der Universität Königsberg i. Pr. Mit 16 Textabbildungen. (VIII u. 101 S.) 1914 Geheftet 4.80

Der Bau der Erde von Dr. L. Kober, Professor der Geologie an der Universität Wien. Mit 46 Textfiguren und 2 Tafeln. (IV u. 324 S.) 1921 Gebunden 17.25

Die Gestaltungsgeschichte der Erde von Dr. L. Kober. (Sammlung Borntraeger, Bd. 7.) Mit 60 Figuren im Text und einer Übersichtskarte. (VII u. 200 S.) 1925 Gebunden 7.50

Der Aufbau der Erde von B. Gutenberg, Privatdozenten für Geophysik an der Universität Frankfurt a. M. Mit 23 Textabbildungen. (VIII u. 168 S.) 1925 Gebunden 11.10