Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 43 (1950)
Heft: 2

Artikel: Zur Geologie des Bologneser Apennins zwischen Reno- und Idice-Tal
Autor: Wiedenmayer, Carl
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-161307

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Zur Geologie des Bologneser Apennins zwischen Reno- und Idice-Tal

zusammengestellt von **Carl Wiedenmayer** (Fornovo–Taro/Frauenfeld)

Mit 4 Textfiguren und 3 Tafeln (VI—VIII)

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung 116

II. Stratigraphie 117

A. Beschreibung der Formationen 117
1. Argille Scagliose 117
2. Obere Kreide 119
3. Loiano-Molasse 121
4. Banchi Rossi 122
5. „Tongriano" 123
6. Anconella-Molasse 123
7. Langhiano 124
8. Helvétien 124
9. Tortonien 125
10. Messiniano 125
11. Plaisancien 126
12. „Astiano" 127

B. Allgemeine Bemerkungen zum Tertiärprofil von Bologna 128

C. Vergleich mit benachbarten Sedimentationsräumen 129
1. Tertiär des Romagna-Apennins 129
2. Tertiär des Po-Beckens nördlich von Bologna 130
3. Das Toskanische Tertiärprofil 130

III. Tektonik 131

A. Die Pianoro-Senke 132
1. Gestalt der Senke 132
2. Entwicklung der Senke 132

B. Die Paderno-Struktur 134
1. Allgemeine Bemerkungen 134
2. Geologische Beobachtungen 134
3. Die Schwere-Anomalie von Paderno 137
4. Versuchsbohrungen bei Paderno 138
5. Tektonische Deutungsversuche 139

IV. Zusammenfassung 142

Sommario 142

Literatur 143

Verzeichnis der Textfiguren

Fig. 1. Stratigraphisches Sammelprofil des Bologneser Apennins zwischen dem Reno- und Idice-Tal 118
Fig. 2. Stratigraphische Profile des Bologneser Apennins 120
Fig. 3. Schematisches Profil durch die Paderno-Struktur südlich von Bologna, 1:50000 .. 135
Fig. 4. Verschiedene Deutungen für die Entstehung eines Ton-Diapirs 141

Verzeichnis der Tafeln

Taf. VI. Geologische Karte des Bologneser Apennins zwischen Reno- und Idice-Tal 1:50000.
Taf. VII. Schwerekarte des Bologneser Apennins 1:75000.
Taf. VIII. Schematisches Profil durch den Bologneser Apennin 1:50000.

I. Einleitung

Im Auftrag der *Società Petrolifera Italiana*, einer Tochtergesellschaft der *Standard Oil Co. of New Jersey*, hat der Schreibende mit einem Stab von geübten Geologen, Paläontologen und Geophysikern die Exploration des hier behandelten Gebietes übernommen und geleitet. Der Standard Oil Co. (N. J.) gebührt unser Dank für die Erlaubnis der Publikation dieser Forschungsresultate. Die Beschreibung schliesst nicht das ganze von unserer Gruppe untersuchte Gebiet ein, wohl aber den Teil des Bologneser Apennins, welcher für die Stratigraphie der Nordseite des Toskanisch-Emilianischen Apennins besonders charakteristisch ist.

Es existieren wenig zusammenhängende Beschreibungen des Nord-Apennins. Dies mag zurückzuführen sein auf eine uneinheitliche und deshalb unübersichtliche Stratigraphie. Als besonders schwierig erweist sich aber auch die tektonische Analyse dieses nördlichsten Teiles des Apennins.

In den Nachkriegsjahren hat sich unsere Kenntnis über die Geologie des Gebietes als Folge weiterer regionaler Untersuchungen noch mehr vertieft. Leider haben sich die Mitarbeiter vollkommen zerstreut. Die Arbeit, welche zu unserer Beschreibung geführt hat, ist in der Hauptsache folgenden Herren zu verdanken:

Max L. Passante, aus Rom, jetzt in den USA.
Rudolf Toth, aus Wien, gestorben in einem russischen Kriegsgefangenenlager
Victor Petters, aus Wien, jetzt in Columbien
Tino Lipparini, jetzt in Rom, beim „Servizio Geologico"
Victor Scheffer, aus Budapest, jetzt wieder in Ungarn.

Die geologische Erkenntnis ist auf Grund der geologischen und gravimetrischen Aufnahmen, der mikropaläontologischen Studien und einiger Versuchsbohrungen der Società Petrolifera Italiana genügend fundiert, um ein zusammenhängendes, immerhin etwas skizzenhaftes Bild vermitteln zu können. Die Feldarbeit wurde in den letzten Monaten des Jahres 1939 von M. Passante begonnen. Er hatte früher die subapenninische Zone weiter westlich untersucht. Die wesentlichsten Arbeiten wurden im Jahre 1940 durchgeführt, wobei R. Toth den südlichen und östlichen Teil untersuchte. T. Lipparini hat teilweise allein, teilweise mit Toth und Passante zusammen die Aufnahmen erweitert. Die saubere Einteilung der Formationen gelang hauptsächlich auf Grund der sorgfältigen mikropaläontologischen Untersuchungen von V. Petters.

Als Basis für die geologische Aufnahme dienten die folgenden topographischen Blätter im Masstab von 1:25000 des Istituto Geografico Militare.

Casalecchio di Reno	Fo. 87. II. NO.
Bologna	Fo. 87. II. NE.
Sasso Marconi	Fo. 87. II. SO.
Pianoro	Fo. 87. II. SE.
Loiano	Fo. 98. I. NO.
Monterenzio	Fo. 98. I. NE.

Die gravimetrischen Messungen der Società Petrolifera Italiana, welche das ganze Gebiet des Bologneser Apennin umfassen, wurden unter der Leitung von Ing. V. SCHEFFER im Juli bis Dezember 1939 ausgeführt. Diese Untersuchungen erstreckten sich auch über angrenzende Gebiete, weit über das dargestellte Kartenbild. Die vermessenen Gravimeterstationen liegen auf Höhen von 20 bis 900 m über Meeresniveau. Am dichtesten ist das Vermessungsnetz im Bereich der Paderno-Anomalie.

Das beschriebene Gebiet ist leicht erreichbar, die Aufschlüsse sind im allgemeinen sehr gut. Fast alle Formationen sind arm an Makrofossilien, während die Mikrofossilien, wenigstens in einzelnen Stufen, Faunengruppen liefern, welche für die relative Altersbestimmung gut zu gebrauchen sind.

II. Stratigraphie

A. Beschreibung der Formationen

(vgl. Fig. 1)

1. Argille Scagliose

Diese Formation ist besonders charakteristisch für den Nord-Apennin. Die auf der ganzen Front wie auch im Bologneser Gebiet vorkommenden Argille Scagliose sind nicht an Ort und Stelle abgelagert worden, sondern wurden von Süden her durch eine tektonische Gleitbewegung bis an den Rand des Apennins verfrachtet. Sie gehören zu der „Ligurischen Serie". Mit dieser Bezeichnung wird auf deren fremde Herkunft aus einem nicht klar zu umschreibenden Ligurischen Sedimentationsraum hingewiesen.

Zur Hauptsache bestehen die Argille Scagliose aus einem tonigen Material. Diese Tone haben einen sehr hohen Gehalt an Salzen, eine Eigenschaft, die zum Teil für deren Fliessbewegung verantwortlich gemacht werden kann. Im Frühling, wenn die Formation austrocknet, sind Salzausblühungen überall an frischen Aufschlüssen zu beobachten. Es sei auch auf die starke Quellfähigkeit hingewiesen, welche offenbar auf den Gehalt von bentonitischen Tonmineralien zurückzuführen ist. Eine chemisch-petrographische Untersuchung der Argille Scagliose wäre eine dankbare Aufgabe.

Der eigenartige Charakter der Argille Scagliose ergibt eine Erklärung für deren Transport über weitere Strecken, deren Diapirbewegungen und der internen Fliess-Struktur. Diese Formation erleichterte auch die passive Verfrachtung grösserer Massen der ligurischen Ober-Kreide und posttektonischer jüngerer Sedimente, indem sie als Gleithorizont dient.

Die Argille Scagliose, d. h. das reine Tonmaterial, enthalten sozusagen keine Mikrofauna. Die Altersbestimmung ist deshalb schwierig. Im südlichen Teil des Bologna-Apennins (ausserhalb der Karte, Tafel VI) ist diese Formation gekennzeichnet durch das Vorkommen von Ophiolithen, dergestalt, dass die Ophiolithe sozusagen als Charakteristikum dieser Formation aufgefasst werden („Ophiolithformation"). Verbunden mit diesen Ophiolithen hat man auch Calpionellenkalke gefunden, so dass das Alter der Argille Scagliose vielleicht bis in den Oberen Jura

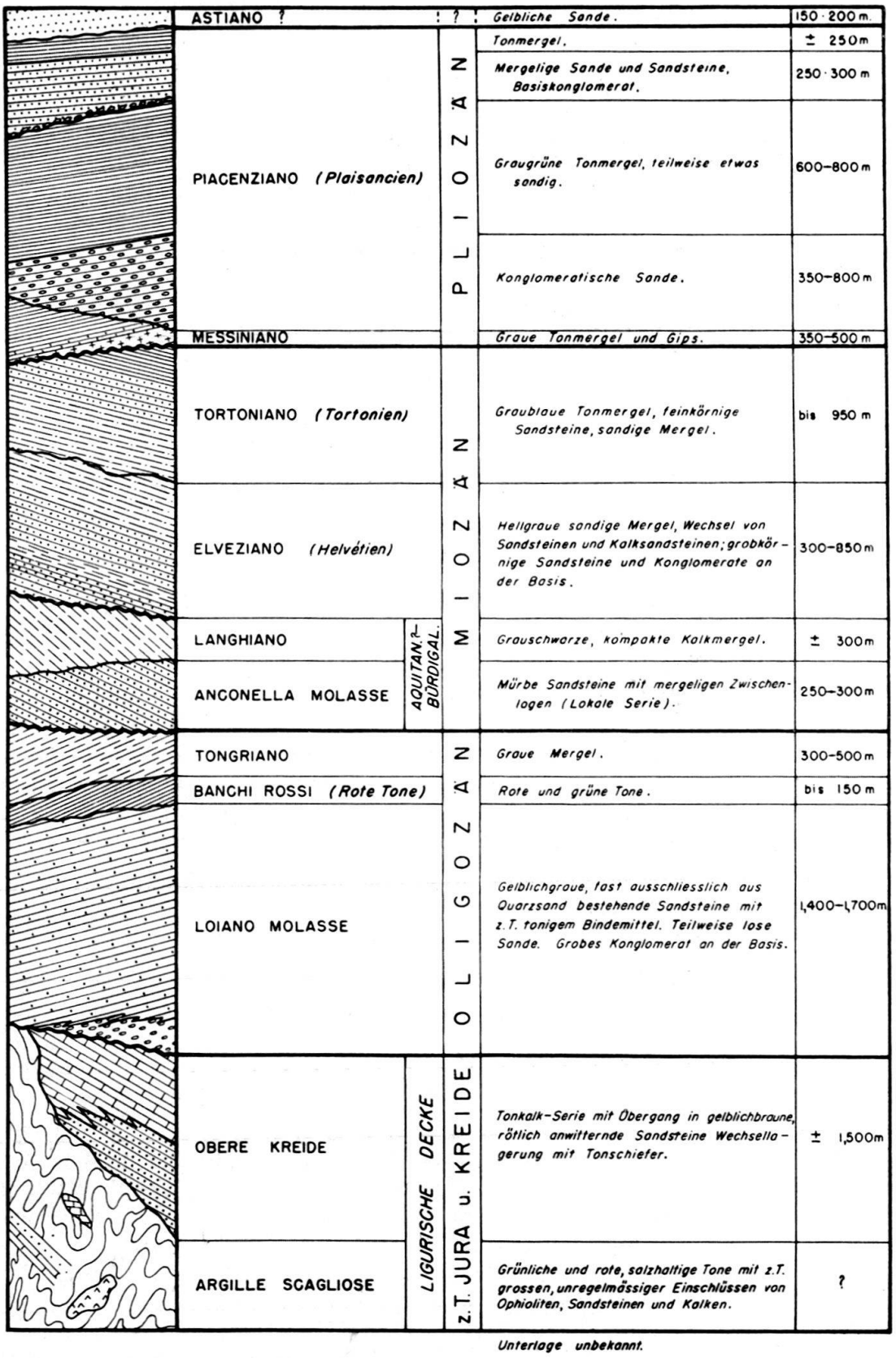


Fig. 1. Stratigraphisches Sammelprofil des Bologneser Apennins zwischen dem Reno- und Idice-Tal.

reicht. Zum grössten Teil dürfte diese Formation aber in die Untere und Mittlere Kreide zu stellen sein. Dieses Alter ergibt sich aus einigen seltenen Fossilfunden in den mitgeführten Kalken, sowie aus einigen seltenen Globotruncanen.

Die Argille Scagliose sind in veränderlichem Masse gefüllt von eckigem Blockschutt von feinem und grobem Material, welcher vorwiegend aus Kalken, Mergelkalken besteht, ferner aus Sandsteinen und sandigen Mergeln. Die Kalkbrocken und Blöcke sind z. T. mechanisch stark beansprucht, zerbogen, ausgewalzt, zerspratzt, sekundär durch Kalzit wieder verkittet, mit Kratzspuren gezeichnet.

Dieser Blockschutt hat eine sehr heterogene Herkunft. Zum Teil stammen die Mergelkalke aus einzelnen Zwischenlagen in den Tonen selbst, oder, besonders die Sandsteine und die z. T. sandigen Kalke, aus eingeschlucktem Material vom Hangenden der Argille Scagliose (Obere Kreide), oder als Schürflinge verfrachtet aus dem Liegenden der Argille Scagliose-Gleitbahn. Diese letzteren bestehen aus Kalken, z. T. globigerinenführend, welche lithologisch dem Eocaen (wahrscheinlich Mittlerem und Unterem) entsprechen. Diese Eocaen-Kalke könnten ein Hinweis sein auf die eocaene Unterlage dieser Gleitmasse. Eine solche Auffassung wird bestätigt durch gewisse Beobachtungen in der Provinz Parma, wo eine eocaene Masse grossen Ausmasses als Halbfenster aus der Ligurischen Serie heraussticht.

Die primäre Mächtigkeit der Argille Scagliose kann infolge der starken Durchbewegung nicht bestimmt werden. Im Randgebiet des Bologneser Apennins handelt es sich wahrscheinlich um eine randliche Aufhäufung dieser „Fliessdecke".

Die Argille Scagliose bilden in mancher Hinsicht eine eigenartige Formation. Im Aussehen wären sie manchmal mit einer tonigen Grundmoräne zu vergleichen oder mit dem tonig brecciösen Material, das man als Auswurf aus grossen Schlammvulkanen kennt. Eigentümlicherweise enthalten die Argille Scagliose oft Gas- und seltener Erdölspuren. Südwestlich von Bologna, im Samoggia-Tal, sind auch Ozokerit-Spuren bekannt geworden. Es handelt sich aber in jedem Falle um eingewanderte Kohlenwasserstoffe.

Tiefe Bohrungen in den Argille Scagliose am nördlichen Apenninen-Rand haben gewöhnlich grosse Schwierigkeiten zu überwinden, welche bedingt sind durch Nachfall des Gesteins und besonders durch das Schwellen der Argille Scagliose. In diesem Zusammenhang mag auch auf die ganz besonderen Schwierigkeiten hingewiesen werden, die sich beim Bau des Direttissima-Tunnels, der Eisenbahnlinie Bologna–Prato–Florenz, ergaben. Der Vortrieb war durch das Schwellen der Argille Scagliose und durch Austritte von Erdgas sehr stark behindert.

2. Obere Kreide.

Eine mächtige, sehr monotone Gesteinsfolge, welche der Oberen Kreide zugeteilt wird, ist im südlichen Bologneser Apennin weit verbreitet. Sie besteht aus gut geschichteten Tonmergelkalken von hellgelben und graublauen Farben mit Zwischenlagen von dunkleren grauen Schiefermergeln. Diese Serie ist besonders charakteristisch im Gebiet des Monte Venere, südlich Monzuno, zwischen dem Setta- und Savena-Tal. An der Basis dieser kalkigen Serie beobachtet man ziemlich feinkörnige Sandsteine, welche die kalkigen Sedimente gegen Süden in fortschreitendem Masse ersetzen. Die Monte-Venere-Serie geht südlich unseres Kartengebietes in die Monghidoro-Serie über. Harte und zum Teil mürbe Sandsteine, gelblich-braun und rötlich anwitternd, erscheinen in Wechsellagerung mit meist dunkelgrauen Schiefermergeln.

Die Mächtigkeit dieser Ober-Kreide-Serie erreicht etwa 1500 m.

Die Kalke, Sandsteine und Schiefermergel haben in unserem Gebiet weder eine Makro- noch Mikrofauna geliefert. Ältere Autoren beschreiben allerdings das

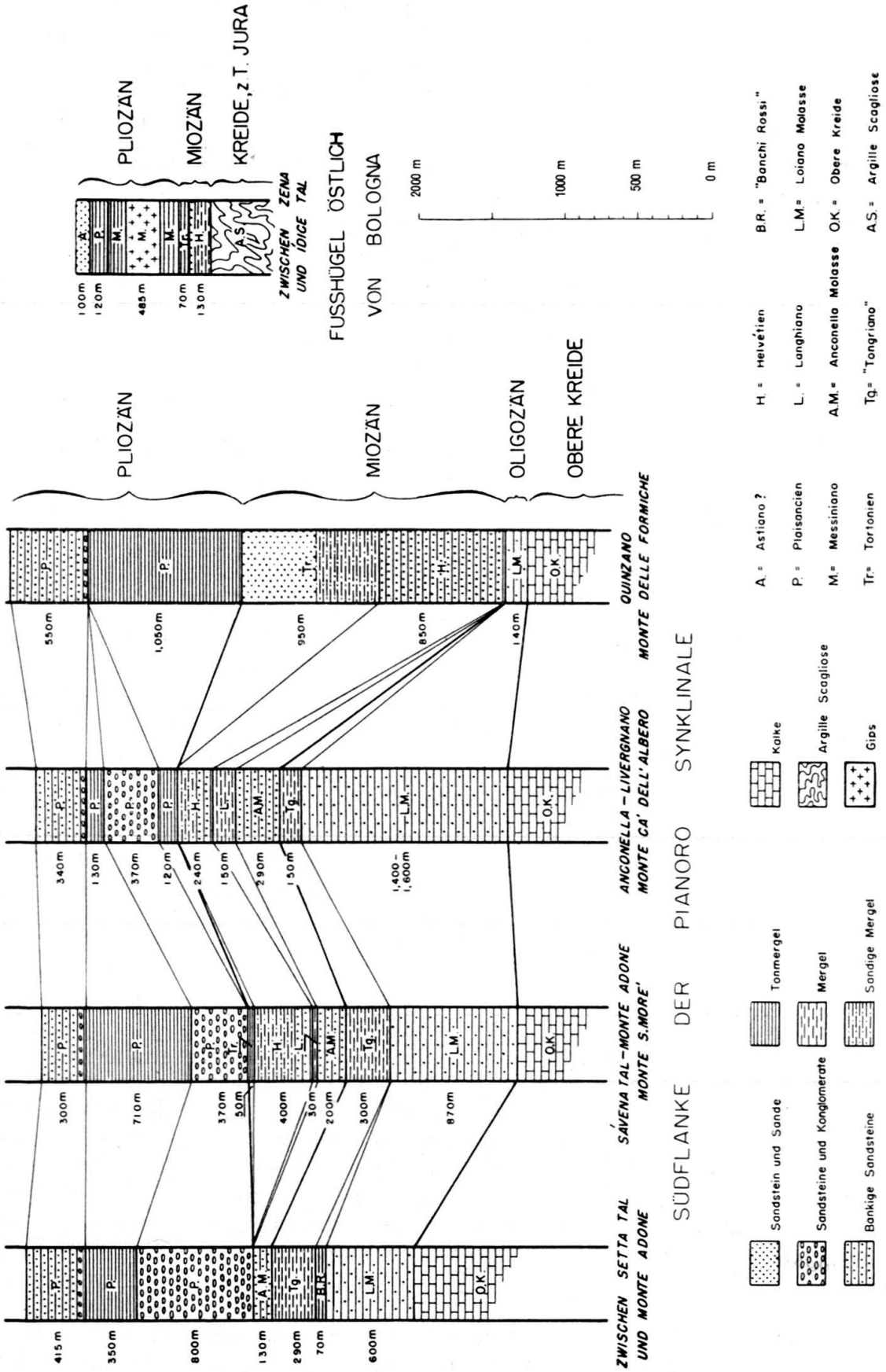


Fig. 2. Stratigraphische Profile des Bologneser Apennins.

Vorkommen von *Inoceramus* in dieser Kreideserie. Unsere Geologen haben solche Fossilien (wahrscheinlich *Inoceramus crispi*, MANT.) nur in einer entsprechenden Kalkschieferserie im Monfestino-Plateau des Modeneser Apennins festgestellt. Die Montevenere-Kalke werden deshalb gewöhnlich ins Senonien gestellt.

An der Basis äquivalenter, ebenfalls *Inoceramus* führender Kalke tritt im Parma-Apennin (Monte Cassio) ein eigenartiges, polygenes Konglomerat auf. Dessen Komponenten bestehen aus Gesteinen, die vielleicht von der korsischen Masse her stammen. Dieses Basal-Konglomerat deutet auf eine Transgression der Ober-Kreide.

Diese Ober-Kreide gehört zusammen mit den Argille Scagliose in die Ligurische Serie. Im Gegensatz zu den äusserst stark gestörten Argille Scagliose ist die kalkige und sandige Masse viel weniger gestört, und sie breitet sich wie ein schief gestelltes Plateau über den bewegten Argille Scagliose aus. Die Ober-Kreide ist passiv auf dem Rücken der Argille Scagliose verfrachtet worden. Randliche und interne Störungen, vielleicht auch Überkippungen im Süden sind als Stauchbewegungen zu betrachten.

Nirgends im Nord-Apennin scheinen die Ophiolithe die Ober-Kreide erreicht zu haben.

3. Loiano-Molasse

Diese Schichtserie tritt fast ausschliesslich im Bologneser Apennin auf. Deren Vorkommen ist normal und zwischen der Umgebung von Loiano bis zum Setta-Tal verhältnismässig wenig gestört. Weiter westlich und südwestlich ist eine sonderbare Block-Tektonik zu beobachten. Es ist sehr auffallend, dass die so mächtige und charakteristische Formation eine derart lokale Entwicklung zeigt.

Im Modeneser Apennin hat diese Formation südlich von Pavullo eine beschränkte Verbreitung. In den nördlichen Randgebieten ergibt sich aus dem Studium der gravimetrischen Karte die Annahme, dass dieser Formation vielleicht unter einer sekundären Argille-Scagliose-Überfliessung eine bedeutendere Ausdehnung zukommt.

Auf alle Fälle ist die gesicherte Einreihung der Loiano-Masse in das stratigraphische Profil des Bologneser Apennins von regionaler Bedeutung.

Die Loiano-Molasse ist eine vorwiegend sandige Sedimentgruppe, die nach oben und unten scharf abgegrenzt ist. Hauptbestandteile sind meist lose, molasseartige Sande, in welchen grob- bis mittelkörniger Quarz vorherrscht. Glimmer fehlt. Das Bindemittel ist tonig und in gewissen Lagen sind Tonmergel-Zwischenlagen mit guter Schichtung zu beobachten. Die Sandsteine sind zum Teil wenig geschichtet, zum Teil grobbankig. Vorherrschende Farben sind hell graugelb, oder hellgrau bis grünlich in den tonigen Zwischenlagen.

Die Basis dieser Serie ist bei Loiano und Monzuno durch ein grobes, etwa 500 m mächtiges Basalkonglomerat gekennzeichnet. Ausnahmsweise kommt hier auch ein etwas kalkiges Bindemittel in den Sandsteinen vor, welches zur Bildung grosser Knauer führte. Die Komponenten des Konglomerates sind oft über kopfgross, seltener mit Durchmessern bis zu einem Meter. Die Sortierung ist sehr ungleich. Zwischen den Konglomeratbänken setzen gelegentlich wieder Sandsteine ein. Die Gerölle stammen zum grossen Teil von der Unterlage, d. h. der Ligurischen Serie. Es finden sich aber ausser Kreidekalken und Sandsteinen auch Granit, Gneis und andere Tiefengesteine, deren Herkunft unbekannt ist. Im allgemeinen ist die Sedimentation einer vorwiegend sandigen Serie wie der Loiano-Masse als erste posttektonische Ablagerung auf die ortsfremden Ligurischen Gesteine etwas schwer zu erklären. Es ist nicht zu erkennen, wie die Kalke und die mehr feinkörnigen Sande

oder Sandsteine der Ober-Kreide diese mächtige Ablagerung hätten speisen können. Nicht von der Hand zu weisen ist eine Sedimentschüttung von Norden oder Nordosten. Genauere sedimentpetrographische Untersuchungen wären sehr erwünscht.

Die grösste gemessene Mächtigkeit der Loiano-Molasse beträgt ungefähr 1700 m. Es ist nicht ausgeschlossen, dass nordwärts noch grössere Mächtigkeiten vorhanden sind.

Der Fossilinhalt der Loiano-Molasse ist äusserst spärlich. Einzelne Fossiltrümmer finden sich zwischen dem grobklastischen Material der Basisschichten. Grosse, offenbar aufgearbeitete *Nummuliten*, unter denen *Nummulites gizehensis* bestimmt wurde, stammen sehr wahrscheinlich von einer erodierten mittel-eocaenen Oberfläche. In höheren Lagen, etwa 500–700 m über der Basis, wurden seltene Vorkommen von kleineren, offenbar zu der Serie gehörenden *Nummuliten* und *Lepidocyclinen* gefunden und von T. Lipparini bestimmt als:

Lepidocyclina (*Nephrolepidina*) *Tournoueri*, Lemoine et R. Douvillié
Lepidocyclina (*Nephrolepidina*) *Marginata*, Michelotti
Lepidocyclina (*Nephrolepidina*) *Morgani*, Lemoine et Douvillié
Nummulites incrassatus, de la Harpe
Nummulites intermedius, d'Archiac

Auf Grund dieser etwas spärlichen Fauna ist die Loiano-Molasse ins unterste Oligocaen, Lattorfien (Sannoisien), gestellt worden.

Diese Erkenntnis führt zum Schluss, dass die grösste Bewegung der „Ligurischen Fliessdecke" im Nord-Apennin in die Zeit zwischen das Mittel-Eocaen und das Unter-Oligocaen zu stellen ist. Diese Bewegung würde somit in die Pyrenäische Phase gehören.

4. Banchi Rossi

Diese Sedimentgruppe ist nicht sehr mächtig und stellt eine leicht auszuscheidende Einheit dar. Im Gegensatz zur Loiano-Molasse sind diese Schichten über den ganzen Nord-Apennin verbreitet, obwohl es sich in den meisten Fällen um örtlich beschränkte Vorkommen handelt. Früher wurden diese Banchi Rossi gewöhnlich zu den Argille Scagliose gerechnet, aber ihre reiche, leicht erkennbare Mikrofauna unterscheidet sie von den einzelnen roten Einlagerungen in den Argille Scagliose, die keine Foraminiferen enthalten.

Die Banchi Rossi bestehen fast ausschliesslich aus reinen, wenig geschichteten, bunten Tonen. Rote und grüne Farben sind vorherrschend. Die charakteristische Foraminiferenfauna deutet auf eine weit verbreitete, transgressive, marine Ablagerung hin. Wo die Loiano-Molasse fehlt, überlagern diese Tone gewöhnlich die Argille Scagliose.

Der Charakter und die Verbreitung dieser Sedimente ist derart verschieden von der Loiano-Molasse, dass die Annahme eines Unterbruchs der Sedimentation zwischen diesen beiden Formationen auf der Hand liegt. Dieser Unterbruch und die transgressive Lagerung der bunten Tone machen eine orogenetische Bewegung, möglicherweise eine regionale Senkung des Vorlandes während der Zwischenzeit sehr wahrscheinlich.

Selli (1943–44) glaubt anhand der Bestimmung einer Mikrofauna aus einem isolierten Vorkommen von Banchi Rossi beim Passo della Abbadessa (östlich des Idice-Flusses), südöstlich von Bologna, auf ein eocaenes Alter schliessen zu müssen. Diese Auffassung ist von Petters und Gandolfi (1948) korrigiert worden.

Tatsächlich sind die Banchi Rossi in unserem Bologna-Profil vom liegenden Unter-Oligocaen durch eine ausgesprochene Diskordanz getrennt, während im Han-

genden der Schichtverband mit dem „Tongriano" nahezu normal ist und auch der Verwandtschaftsgrad der Mikrofauna mit der stratigraphisch höheren Serie bedeutend näherliegt.

Die Banchi Rossi dürften in das Mittlere Oligocaen zu stellen sein.

Für die Banchi Rossi des Bologneser Apennins ist eine maximale Mächtigkeit von etwa 200 m angenommen worden.

5. „Tongriano"

Es ist vorauszuschicken, dass dieser Formationsname in Italien allgemeine Anwendung gefunden hat. Er bezieht sich mehr auf einen lithologischen Begriff als auf eine Stufenbezeichnung. In der europäischen Stratigraphie wird der Begriff des „Tongrien" nicht mehr allgemein angewandt. In Italien fehlen aber noch die Grundlagen, um einen Ersatz für dieses nachgerade traditionelle „Tongriano" einzuführen.

Das Tongriano ist ähnlich wie die Banchi Rossi eine weit verbreitete Formation des Nord-Apennins, obwohl beide Schichtstufen meist in unzusammenhängenden Komplexen vorkommen. Im Bologneser Apennin ist seine Beziehung zum Liegenden und zu den überlagernden Formationen gut ersichtlich, mit Ausnahme jener Vorkommen, die in die unruhige Tektonik der Argille Scagliose miteinbezogen sind.

Das Tongriano unseres Gebietes hat einen lokalen Faziescharakter. Während im Nord-Apennin Sandsteine, sogar Konglomerate vorherrschend sind und mergelige Zwischenlagen oft einen kleineren Teil der Schichten bilden, ist das Tongriano zwischen dem Reno- und Idice-Tal ausschliesslich durch aschgraue Mergel vertreten. Es tritt deshalb auch topographisch wenig hervor.

Östlich des Idice werden die Schichten wieder sandiger, d. h. es erfolgt ein Übergang in feinsandige Mergel, unreine graue Sande und einzelne Lagen von Sandsteinen. Im Gebiet der Paderno-Struktur erscheint das Tongriano in kleineren Fetzen und in halbverschluckten und verschuppten Synklinalen auf den Argille Scagliose. Sandsteine und Sande sind hier wieder die gewöhnliche Erscheinung.

Die Tongrianomergel enthalten eine gute Mikrofauna, welche eine gewisse Affinität zu jener der Banchi Rossi aufweist. Beide Einheiten sind voneinander ordentlich scharf getrennt. Sie sind auf alle Fälle das Produkt verschiedener Sedimentationsbedingungen. Der Ablagerung des Tongriano muss eine Hebung vorausgegangen sein, welche Anlass gab zu ausreichender Erosion. Die Sandsteine enthalten auch viel Material der Ligurischen Serie mit reichlichen Serpentin-(Ophiolith-)Körnern oder -Geröllen.

Das Tongriano zusammen mit den Banchi Rossi gehört wahrscheinlich dem Mittel-Oligocaen an.

Die grösste Mächtigkeit des Tongriano kann im beschriebenen Gebiet auf 500 m geschätzt werden.

6. Anconella-Molasse

Diese Ablagerungen sind von sehr beschränkter Ausdehnung und sozusagen nur in dem hier beschriebenen Apennin bekannt. Wahrscheinlich handelt es sich um eine Fazies des Unteren Langhiano.

Die Schichtserie besteht aus mächtigen Bänken von mürbem, z. T. wenig zementiertem Sandstein, welcher sehr homogen, mittelkörnig und gut sortiert ist. Die Farbe ist hellgelb bis hellgrau. Nur eine dürftige Foraminiferenfauna wurde in tonigen Zwischenlagen gefunden. Es sind darin keine für das Alter diagnostische Fossilien gefunden worden. Im Gegensatz zur Loiano-Molasse enthalten die Sand-

steine etwas Glimmer und ein kalkiges Bindemittel. Neben mergeligen Einschaltungen können auch einige härtere Sandsteinschichten beobachtet werden.

Das Vorkommen der Anconella-Molasse kann mit der Verbreitung der Loiano-Molasse im Bologneser Apennin in Zusammenhang gebracht werden. Sie hat sich aus der Abtragung der letzteren entwickelt.

Mit der Ablagerung der Anconella-Molasse setzt eine neue Sedimentationsphase ein. Dieser muss eine bedeutende orogenetische Bewegung vorausgegangen sein. Tatsächlich existiert zwischen dem Langhiano und dem Mittel-Oligocaen allgemein eine ausgesprochene Winkeldiskordanz und wahrscheinlich auch ein Hiatus in der Sedimentation. Dies ergibt sich daraus, dass im Emilianischen Apennin, zwischen Bologna und Piacenza, keine Formation ausgeschieden worden ist, welche dem Stampien entsprechen würde. Mangels guter Leitfossilien ist allerdings die Altersbestimmung der ober-oligocaenen Sedimente hier sehr schwierig.

Bei der oben erwähnten Winkeldiskordanz bleibt es unmöglich, genau nachzuweisen, welche Stufen des Oligocaens und Miocaens fehlen. Es ist auch schwer zu bestimmen, ob und bis zu welchem Grade es sich um einen Unterbruch in der Sedimentation handelt, oder ob das Fehlen auf eine Abtragung des Liegenden zurückzuführen ist.

Für die Anconella-Molasse ist (in der Nähe von Anconella) eine Mächtigkeit von 250–350 m berechnet worden.

7. Langhiano

Das Langhiano im engeren Sinn ist eine im ganzen Nord-Apennin verbreitete und leicht erkennbare Formation, welche offenbar einer Phase der marinen Sedimentation in tieferem Wasser entspricht. Damit kann man auf eine vorausgehende, bedeutende Senkung des Apenninen-Vorlandes schliessen.

Die Kennzeichen des Langhiano im Nord-Apennin sind konstant. Es handelt sich um graue, hell anwitternde, z. T. etwas splitterige homogene, kalkige Mergel, oft ohne klare Schichtung. Klüftungen zeigen manchmal eine dunkle Manganhaut.

Die Foraminiferenfauna ist reichlich entwickelt, genügt aber nicht für eine exakte Altersbestimmung dieser Formation, so dass die Frage offen bleibt, ob dieses Langhiano dem Burdigalien oder dem Aquitanien entspricht. Ihre Stellung im Schichtverband spricht eher für eine miocaene Zugehörigkeit (Burdigalien).

In dem beschriebenen Gebiet ist die Mächtigkeit des mergeligen Langhiano sehr reduziert, offenbar auf Kosten der ungewöhnlichen Entwicklung der Anconella-Molasse-Sande. Westwärts kann man aber eine Zunahme der Mächtigkeit feststellen und deren Maximum kann mit etwa 300 m angegeben werden.

In einem Aufschluss (bei Monte Castellari) nördlich Anconella lässt sich eine klare Winkeldiskordanz zwischen der liegenden Molasse und den Mergelschichten beobachten. Anderswo sind die Kontakte nicht gut aufgeschlossen. Viel klarer festzustellen ist eine starke winklige Transgression im Dach des Langhiano.

Die geringe Mächtigkeit des Langhiano im hier behandelten Gebiet, das Auftreten einer lokalen Diskordanz und schliesslich die Entwicklung der Anconella-Molasse selbst weisen darauf hin, dass das Langhiano in dieser Gegend in einem Sedimentationsraum zur Ablagerung gelangte, der sich in Hebung befand.

8. Helvétien

Diese Formation ist im Emilianischen Apennin weit verbreitet und erstreckt sich gelegentlich zusammenhängend über grössere Gebiete. Für den Verband mit anderen Formationen sind die Verhältnisse im Bologneser Apennin sehr instruktiv.

Mit der Ablagerung des Helvétien setzt wiederum eine neue Sedimentationsphase mit weiträumiger Transgression ein.

Das Helvétien ist das Produkt einer Sedimentation in einem wenig tiefen Meer. Fazielle Wechsel sind deshalb häufig, auch sind Veränderungen im vertikalen Sinn eine charakteristische Erscheinung.

Ganz lokal, im Idice-Tal, südlich Bisano, setzt das Helvétien ein mit molasseartigen Sanden, welche weniger gut sortiert sind als die Anconella-Molasse. Offenbar handelt es sich auch hier um die Wiederablagerung von Loiano-Molasse-Material. Einige spärliche Mergelzwischenlagen enthalten schon eine Helvétien-Mikrofauna, so dass diese lokale „Bisano-Molasse" ohne weiteres in diese Stufe eingereiht werden kann.

Die Schichtfolge des Helvétien ist in aufsteigendem Sinn gewöhnlich die folgende: Wenig schiefrige Mergel, Kalksandsteinschichten mit mergeligen Zwischenlagen, sandige Mergel. Hellgraue Farben herrschen in der ganzen Serie vor, nur in einzelnen Lagen stellen sich glauconitführende Schichten ein, welche der Serie eine grüne und z. T. gelblich-braune Farbe geben.

Das Helvétien ist als Stufe genügend bekannt und deren Alter ist durch eine bekannte Makrofauna schon früh festgestellt worden. Im Bologneser Apennin erwies sich die Gegend bei Bisano, im Idice-Tal, als fossilreich.

Die transgressive Ablagerung des Helvétien bringt es mit sich, dass die unteren Lagen nicht immer vorhanden sind. Die Formation scheint eine etwas ungleich erodierte Unterlage zu bedecken. Daher ist auch die Mächtigkeit ziemlich variabel.

Eine reichliche Ablagerung ist zwischen der Futastrasse und dem Idice-Tal zu erkennen; hier erreicht das Helvétien über 800 m Dicke. Eine maximale Mächtigkeit ergibt sich für das Gebiet des Renotales, besonders westlich von Marzabotto. Im Gegensatz dazu ist die Sedimentation im Gebiet der Paderno-Struktur – wie zu erwarten – am spärlichsten gewesen.

9. Tortonien

Diese Stufe ist im Gebiete des Emilianischen Apennins viel weniger verbreitet als das Helvétien. Sie findet sich hauptsächlich in der nördlichen Randzone des Apennins, und das Vorkommen auf der Südseite der Pianoro-Senke ist eines der südlichsten Vorkommen.

Das Tortonien ist meist durch graublaue tonige Mergel vertreten. Gute, aber räumlich begrenzte Aufschlüsse finden sich im Savena-Tal und östlich von Monterumici. An der Basis finden sich graue, sehr foraminiferenreiche Tonmergel. Diese wechseln nach oben in bläuliche Mergel, welche *Hydrobia* enthalten, und zeigen schon den Übergang an in eine lagunäre Fazies.

Zwischen dem Zena- und Idicefluss ändert sich das Tortonien, indem sich mehr sandige Sedimente einstellen. Die basalen Mergel sind stark reduziert. Es folgt darauf eine Wechsellagerung von grauen, unreinen Sandsteinen mit sandigen Mergeln.

Bei Castelnuovo di Bisano erreicht das Tortonien die Mächtigkeit von 700 bis 950 m. Im Bereich der Paderno-Struktur ist das Tortonien reduziert und erreicht maximal 140 m.

Diese Formation ist vom Helvétien im Liegenden durch eine schwache Diskordanz getrennt. Nach oben ist sie abgeschnitten durch die regionale Transgression des Messiniano, beziehungsweise des Plaisancien.

10. Messiniano

Diese Schichtserie findet sich meistens beschränkt auf dem Rand des Nord-Apennins gegen die Poebene. Die Streichrichtung des gefalteten Messiniano erweckt

den Eindruck, dass sie der allgemeinen Streichrichtung des Apennins entspreche. Im Bologneser Apennin ist das Messiniano von Nordosten her auch in die Pianoro-Senke vorgedrungen, ist aber nur noch in deren östlichem Teil, hauptsächlich östlich des Idice-Tales, erhalten geblieben oder aufgeschlossen.

Das Messiniano wurde abgelagert, nachdem sich das Pobecken schon zur Hauptsache in die gegenwärtige Lage verlegt hatte. Die scharfe Winkeldiskordanz an der Basis dieser Formation kommt besonders südlich von Bologna klar zum Ausdruck, und auch die stufenmässige Transgression der einzelnen Pliocaengruppen ist leicht zu erkennen.

Südlich von Bologna setzt das Messiniano mit grauen, mehr oder weniger sandigen Tonmergeln ein. Eingeschaltet finden sich mächtige, linsig verteilte Körper von Gips in grobkristallinem Aggregat. Gelegentlich lassen sich Lagen von grauen bis gelblich-weissen Tonen erkennen. Die Foraminiferenfauna ist ziemlich reichhaltig.

In der Pianoro-Senke, östlich des Idice-Tales, ist das Messiniano mehr durch unreine Sande und Sandsteine mit Tonmergelzwischenlagen vertreten.

Westlich und südlich der Pianoro-Senke setzt das Messiniano aus und ist wahrscheinlich nicht mehr abgelagert worden.

Auf Grund der Foraminiferen kann dem Messiniano keine bestimmte Altersstufe zugeschrieben werden. Da es nach unten durch eine regional verbreitete Diskordanz von den eigentlichen miocaenen Formationen getrennt ist, nehmen wir im Allgemeinen für diese Serie unter-pliocaenes Alter an. In Wirklichkeit leitet dieselbe einen neuen Sedimentationszyklus ein. Weiter im Osten bei Cesena ist aber die Transgression nicht mehr scharf, und das sogenannte „Messiniano" dürfte hier auch das Sarmat mit einschliessen, während diese letztere Stufe im Bologneser Gebiet wahrscheinlich fehlt.

Für eine bessere Definierung des Unter-Pliocaens sollte vorerst noch eine exaktere Basis geschaffen werden.

Im Gebiet von Bologna erreicht das Messiniano eine Mächtigkeit von 350 bis 500 m. Die Mächtigkeit unterliegt grösseren Schwankungen. Dies ist teilweise bedingt durch die Ablagerung auf eine bucklige Unterlage, zum grösseren Teil aber durch die Transgression des Plaisancien nach vorhergegangener Erosion.

11. Plaisancien

Diese Stufe ist am Rand des Nord-Apennins beinahe überall als eine einheitliche, leicht erkennbare Tonmergelserie bekannt. Im Apenninischen Raum südlich von Bologna kann diese Stufe leicht in 3 Unterabteilungen aufgeteilt werden.

Im südöstlichen Teil der Pianoro-Senke ist das Plaisancien mit einer klaren Winkeldiskordanz auf die Tortonienmergel und z. T. auf das Helvétien abgelagert. Das Messiniano setzt hier aus, mit Ausnahme der lokalen Entwicklung im Idice-Tal. Dieses unterste Pliocaen ist als eine Folge von Tonmergeln entwickelt, leicht sandig und von grauer Farbe. Es wurde vom Liegenden hauptsächlich durch die klar erkennbare Änderung der Mikrofossilfauna getrennt.

Nach oben schalten sich Konglomeratbänke ein, doch ist der Schichtverband nicht klar zu erkennen. Man könnte manchmal geneigt sein, diese untersten Mergelbänke als randliche Vertretung der vorwiegend konglomeratischen Ablagerungen aufzufassen, welche östlich und nördlich von Monterumici eine weite Verbreitung aufweisen. In einer Helvétien-Synklinale, welche vom Setta-Tal gegen Marzobotto streicht, erscheinen wieder die untersten Plaisancienmergel. Ihre Stellung ist hier allerdings ungewiss, und es ist nicht ausgeschlossen, dass es sich um einen Mergel-

komplex handelt, der über die Monterumici-Konglomerate zu liegen kommt. Der Schichtverband ist auch hier nicht besonders klar zu erkennen.

Der markanteste Teil der unteren Plaisancien-Serie besteht aus einem strandnahen, vielleicht kontinentalen Konglomerat, das auch Pflanzenreste geliefert hat. Die Gerölle werden bis faustgross, bestehen zum grössten Teil aus Kalken und sind z. T. in einer gelblichen, sandigen Grundmasse eingebettet. Dieses Konglomerat ist im allgemeinen gut verkittet und bildet verschiedene markante Höhenzüge und scharfe Bergrücken. Meist lässt sich nur geringe Schichtung beobachten. Aufwärts verändert sich diese Serie in kiesige, gelbliche Sandsteine und Sande mit guter Schichtung.

Durchschnittliche Mächtigkeiten variieren von 350–800 m.

Eine mittlere Serie besteht vorwiegend aus unreinen, tonigen Sanden mit Übergang in sandige Mergel. Diese Schichten stellen die Hauptmasse der Plaisancien-Sedimentation in der Pianoro-Senke dar, mit einer Mächtigkeit von etwa 800 Metern. Die Serie ist ziemlich regelmässig geschichtet.

Die oberste Plaisancien-Serie liegt transgressiv über dem mittleren Teil und besteht aus gelblich-grauen, küstennahen Sanden. Die Basis weist Konglomerate auf. Die Geröllschüttung wird aufwärts spärlicher, und reine Sande charakterisieren den oberen Teil. Die Konglomerate der Basis bestehen aus Kalk- und Sandsteingeröllen, maximal von Faustgrösse. Sie sind womöglich noch besser verkittet als die unteren Konglomerate des basalen Plaisancien; auch die Schichtung ist deutlicher ausgebildet.

Die oberen Sande sind hell-gelblich gefärbt mit dunkleren Oxydationsfarben. Sie weisen mittlere Korngrösse auf. Eingeschaltet finden sich einige dünne Mergeltone, welche an das typische Plaisancien des Apenninrandes erinnern. Für das sandige Ober-Plaisancien charakteristisch sind die scharfen und bizarren Erosionsformen zwischen dem Savena- und Reno-Tal. Die Mächtigkeit dieser Serie misst 600–800 m.

Zu erwähnen bleibt noch, dass das Ober-Plaisancien der Pianoro-Synklinale, d. h. die konglomeratischen und sandigen Schichten eine reiche Makrofossilfauna führen.

Auf dem Nordschenkel der Paderno-Struktur erscheint das Plaisancien in mergeliger toniger Form, wie es für den Südrand der Po-Senke charakteristisch ist. Bezüglich des Alters herrscht die Auffassung vor, dass es sich hierbei um oberstes Plaisancien handelt. Es ist beschränkt auf die Nordseite der Paderno-Struktur. Die maximale Mächtigkeit kann mit 200–250 m angegeben werden.

12. „Astiano"

Vieles ist am Südrande der Po-Senke zu Unrecht als „Astiano" bezeichnet worden. Diese Feststellung lässt sich aus den Ergebnissen der zahlreichen, in den letzten Jahren abgeteuften Gasbohrungen ableiten, durch die ein bedeutender Fortschritt in der Stratigraphie des marinen Quartärs und des Ober-Pliocaens der Po-Senke erzielt worden ist. Weitere Studien sind indessen immer noch zu erwarten. Es besteht aber jetzt schon berechtigter Grund zu der Annahme, dass die gelben Sande der Bologneser Gegend, welche das Plaisancien überlagern, nicht mehr ins Tertiär zu stellen sind.

Die Aufschlüsse sind in unserem Gebiet meist ungenügend, und die Stellung des sogenannten „Astiano" kann hier nicht besonders erörtert werden. Es mag bemerkt sein, dass dieses „Astiano" offenbar auf das Plaisancien transgrediert. Es zeigt bei Bologna ein deutliches Einfallen, welches gelegentlich in Baugruben oder andern künstlichen Aufschlüssen gemessen werden kann, sofern diese Formation genügend

Schichtung aufweist. Es handelt sich aber meist um gelbe und bräunlich-gelbe, vorwiegend lose und wenig geschichtete Sande.

Eine reiche, marine Molluskenfauna ist in dieser Schichtfolge von VON RUGGIERI (1941) bei Imola, am Ausgang des Santerno-Tales, 34 km ESE von Bologna, beschrieben worden. Auf Grund seiner paläontologischen Befunde wird diese Serie ins Siciliano gestellt, d. h. den obern Teil des marinen Quartärs der Po-Ebene.

B. Allgemeine Bemerkungen zum Tertiärprofil von Bologna

Die Stratigraphie der Gegend südlich von Bologna, in der Emilia-Region, zeichnet sich durch dreierlei sehr eindrückliche Eigenschaften aus: Die grosse Gesamtmächtigkeit der Sedimente mit vorwiegendem Anteil von grob- und feinklastischen Elementen, die unruhige Aufeinanderfolge der Formationen und Formationseinheiten, d. h. die vielfach wiederholte Bewegung des Sedimentationsraumes; das Fehlen eines an der Oberfläche aufgeschlossenen zusammenhängenden Eocaenprofiles, nicht nur in der Gegend von Bologna, sondern im gesamten Bereich des Emilia-Apennins, mit Ausnahme einzelner tektonisch noch nicht genau erfasster Fenster (Bobbio, S. von Piacenza) und Halbfenster (Monte Sporno, S. von Parma).

Die Mächtigkeit der gesamten beschriebenen Serien vom Unter-Oligocaen bis ins schwach gefaltete marine Unter-Quartär beträgt etwa 8600 m. Man ist versucht einzuwenden, dass die kumulative Mächtigkeit nicht der an irgendeiner Stelle im Gebiet von Bologna tatsächlich vorhandenen Gesamtmächtigkeit entspricht, dass vielmehr eine schindelmässige Ablagerung der Sedimente stattgefunden hat. Die Achse der Sedimentationströge hätte sich mit fortschreitender Bewegung im Laufe der Zeit von Süden nach Norden verlagert.

Diese Auffassung hat sicherlich eine Berechtigung. Beim Betrachten der Schwerekarte (hauptsächlich von ganz Nord-Italien) bemerkt man aber, dass die Gegend südlich des Paderno-Aufbruches, d. h. die Pianoro-Senke, offenbar einen Teil der Po-Senke darstellt. Seismische Reflektionsmessungen nördlich und östlich von Bologna ergaben aber Sedimentmächtigkeiten über dem Kalksockel (Eocaen, Paleocaen und Ober-Kreide) des Pobeckens, welche mindestens 8000 m erreichen. Es ist darum nicht ausgeschlossen, dass auch in der Pianoro-Senke mit solchen Mächtigkeiten gerechnet werden muss.

Westlich des Reno-Tales scheint wenigstens oberflächlich das Oligocaen zu fehlen. Die Banchi Rossi und das Tongriano erscheinen hauptsächlich in mehr oder weniger verklemmten Synklinalen, welche den Eindruck erwecken, dass diese Formationen mit der später weiter vordringenden Ligurischen Decke mitverfrachtet worden sind. Über ausgedehnte Gebiete sieht man, besonders im nördlichen Teil des Emilianischen Apennins, das Miocaen über das Liguricum transgredieren. Trotzdem setzt sich das Schweredefizit in noch ausgeprägterem Masse westwärts von Pianoro fort.

Es liegt beinahe auf der Hand, dass die älteren Sedimente der Posenke hier unter der Argille sich weiterentwickeln, wie dies P. DORE (1941–42) vermutet hat. Im Parma-Apennin gehen die Beobachtungen so weit, dass man sogar eine sekundäre Eindeckung auch des Helvétien nachweisen kann. Zwangsläufig kommt man dadurch zu einer Stockwerktektonik, wobei einzelne Formationen durch sandwichartige Einschaltungen von Fliessmassen getrennt sind. Dies erschwert die stratigraphische Erkenntnis in ganz bedeutendem Masse.

Es scheint uns, dass die Verhältnisse im Bologneser Apennin als Grundlage eines gesamtstratigraphischen Bildes des Nord-Apennins betrachtet werden kön-

nen; allerdings fehlt hier die Möglichkeit, auch die genaue Sequenz des Eocaens abzuleiten.

Es liegt auf der Hand, dass die Stratigraphie des Nord-Apennins grundlegend verschieden ist von derjenigen der südlichen Alpen. Es ist diejenige eines unruhigen Vor-Tiefs und könnte am besten mit dem schweizerisch-bayrischen Molassetrog verglichen werden. Indessen reicht das bisherige Beobachtungsmaterial noch nicht aus, um sich über die Sedimentationsbedingungen im Emilianischen Apennin ein genügend klares Bild machen zu können. Ungeklärt ist in vielen Fällen die Herkunft der Sedimente, die Schüttungsrichtung, die Gestalt und Ausdehnung der Sedimentationsräume, oder mit andern Worten die Paläogeographie der Meere. Derartige Beziehungen scheinen einem vielfachen Wechsel unterworfen gewesen zu sein. Auf alle Fälle möchten wir vor oberflächlichen Rückschlüssen warnen, da noch allzu viele Bausteine fehlen, um ein solides Gesamtbild aufzubauen. Insbesondere sei auf die Wünschbarkeit von sedimentpetrographischen Untersuchungen der Sande und von Analysen der Konglomerate aufmerksam gemacht. Solche Studien könnten noch unerwartete Ergebnisse zutage fördern.

C. Vergleich mit benachbarten Sedimentationsräumen

Es wird für lange Zeit noch sehr schwierig sein, das Tertiärprofil von Bologna mit solchen von relativ nahe benachbarten Gebieten in einen klaren Einklang zu bringen.

1. Tertiär des Romagna-Apennins

Etwa 30 km südöstlich von Bologna, im Santerno-Tal und von hier ostwärts, ist die Tertiärstratigraphie, besonders was das Miocaen anbelangt, nur noch schwer mit demjenigen von Bologna zu vergleichen. Lithologische Merkmale und Mächtigkeiten haben sich gründlich geändert. Es ist dies das Gebiet des Romagna-Apennins.

Die Sedimentationsfazies ist derart verschieden, dass man auf eine trennende Schwelle oder irgend eine tektonisch bedingte Scheidung schliessen muss. In der Tat weisen gewisse Anzeichen, besonders in der gravimetrischen Aufnahme, auf eine tiefliegende Störungslinie, welche wir als „Sillaro-Pietramala-Linie" bezeichnen möchten. Sie zieht von NNW gegen SSW quer durch den nördlichen Apennin und könnte am ehesten einer Bruchstufe des Untergrundes entsprechen. Westlich davon scheint eine Schwelle im Untergrund wenigstens zeitweise bestanden zu haben. Diese könnte „Monterenzio-Schwelle" benannt werden. Mangels entsprechender Aufschlüsse an der Oberfläche werden diese Bezeichnungen als relativ vage Begriffe angenommen werden müssen, solange man sich nicht auf bessere und genauere Forschungsmethoden stützen kann.

Oberflächlich ist das Gebiet vom unteren Sillaro-Tal bis nach Pietramala, beim Futapass, gekennzeichnet durch ein breites Aufquellen mächtiger Argille Scagliose-Massen,welche natürlich jegliche tiefere Tektonik verdecken.

Im Tertiärprofil des Romagna-Apennins gehen die Miocaen-Formationen meist ohne scharfe Trennung ineinander über, d. h. Tortonien, Helvétien und Langhiano sind nicht mehr durch Transgressionen und Diskordanzen getrennt. Die gesamten Serien bestehen aus einer Wechsellagerung von schiefrigen Mergeln und Sandsteinen, alles gut geschichtet. Das Mengenverhältnis von Mergel zu Sandsteinen wechselt nicht nur im vertikalen stratigraphischen Sinn, sondern auch von Tal zu Tal. Leithorizonte, bzw. charakteristische Faunenzonen konnten bis jetzt nicht ausgeschieden werden, wenigstens nicht solche, die über weitere Distanzen beständig wären.

Sicheres Oligocaen, welches dem Tongriano oder älteren Formationen entsprechen würde, erscheint im angrenzenden Romagna-Apennin nirgends an der Oberfläche.

Die Mächtigkeit des Helvétien-Langhiano überschreitet offenbar 2000 Meter.

Somit kann festgestellt werden, dass eine genaue stratigraphische Korrelation zwischen dem Bologneser und Romagna-Apennin nicht möglich ist.

2. Tertiär des Po-Beckens nördlich von Bologna

Die Stratigraphie dieses Sedimentationsraumes, der nördlich des Paderno-Aufbruches einsetzt, ist bis jetzt ein unbeschriebenes Blatt. Dieses Gebiet ist von einer mächtigen Quartärdecke bedeckt, welche vielleicht 1000 m erreichen kann. Nur tiefe Explorationsbohrungen könnten hier Licht in die Verhältnisse bringen.

Nördlich des tiefen Troges von Bologna, auf der Ferrara-Schwelle, haben einige tiefe Versuchsbohrungen auf eine starke Verdünnung des Tertiärprofiles hingewiesen. Die Bohrdaten sind aber noch nicht allgemein zugänglich, und weitere Bohrungen müssten noch besser dokumentiertes Material beibringen und eine genauere Verarbeitung erlauben.

3. Das Toskanische Tertiärprofil

Es ist vorauszuschicken, dass unsere Aufnahmen auf bedeutende Überschiebungen hinweisen, die sowohl den Romagna-Apennin als auch den Bologneser Apennin von der Toskana trennen. Damit ist schon darauf hingedeutet, dass eine direkte Korrelation der Tertiärprofile schwer zu erreichen ist. Wir müssen uns mit einigen wenigen Beobachtungen begnügen, um so mehr als die Società Petrolifera Italiana sich der Sedimentärbecken der Toskana wenig angenommen hat.

Der Umweg führt uns durch den südlichen Romagna-Apennin über den Muraglione-Pass (65 km SE von Bologna) ins Gebiet von San Godenzo und Dicomano und die Mugello-Talschaft (Sieve-Fluss).

Es mag vorausgeschickt sein, dass im Tertiärprofil der Toskana paleogene Stufen vorherrschen und dass monotone Sandsteinserien mit Schiefermergelzwischenlagen das Profil beherrschen. Fossilien, aus denen sich das Alter ableiten liesse, sind selten. Die Toskanischen Sandsteinmassen wurden deshalb mit dem Sammelnamen „Macigno" bezeichnet. Es ist dies mehr ein lithologischer Begriff als ein Altersbegriff. Der Hauptteil des Macigno wurde bis vor kurzem meistenteils dem Eocaen zugesprochen. Jetzt wird er hauptsächlich dem Oligocaen zugeteilt, und die Geologenschule der Universität Florenz, mit Merla an der Spitze und den bekannten Apenninengeologen Migliorini, Signorini und Azzaroli, bemüht sich eifrig, die Stratigraphie der Toskana durch genauere Altersbestimmungen vom hergebrachten Staub zu befreien.

Irrtümlicherweise wurden gelegentlich Sandsteinserien der Ligurischen Ober-Kreide als „Macigno" bezeichnet (Monte Belvedere, W. von Porretta Terme, Sandsteinserie am N.-Portal des Direttissimo-Tunnels, M. Bastione, N. des Futta-Passes etc.). Die Bezeichnung Macigno ist ebenso verwirrend wie der Name Flysch in den Alpen, wenn er als Altersbezeichnung benutzt wurde.

Bei der Annahme, dem „Macigno" komme allgemein eocaenes Alter zu, ging man davon aus, dass er die Unterlage des Bologneser und Modeneser Apennins bilde, und benannte diese Unterlage kurzerhand als Toskanische Serie. Irrtümlicherweise wurden aber auch miocaene Sandsteinserien zum Macigno gerechnet.

Die wirklichen Verhältnisse zeigen sich am Muraglione-Pass, zwischen den Montone- und Sieve-Flussgebieten in relativ klarer Form. Von der Passhöhe des Muraglione bis nach S. Godenzo im Süden erkennt man eine mindestens 500 m

mächtige Serie von Schiefermergeln mit Sandsteinbänken in wenig gestörter Lagerung. Klein-Foraminiferen sind reichlich vorhanden; sie sind nicht sehr diagnostisch für die Altersdatierung, stimmen aber im allgemeinen mit der Langhianofauna des Bologneser Apennins überein.

Folgt man bei San Godenzo dem Tal, welches nach Serignana führt, lässt sich eine sehr starke, steil gestellte Aufschiebung feststellen. Die Sandsteine und Mergelserien südlich davon haben einen von der Langhiano-Serie des Muraglione verschiedenen Charakter. Leitend für die südliche Serie sind die bunten, meist rötlichen Tonschiefer von Sambavello. Diese enthalten eine Mikrofauna, welche identisch ist mit derjenigen der Banchi Rossi des Bologneser Apennins.

Auf Grund dieses Befundes lassen sich die Sandsteingruppen, besonders im nördlichen Mugello, in 2 Gruppen gliedern. Die untere Gruppe entspricht der Stellung nach der Loiano-Molasse des Bologneser Apennins. Eine mächtigere Obere Gruppe, diejenige des Monte Falterona mit dem Quellgebiet des Arno-Flusses, entspricht, wenigstens zu einem gewissen Teil, dem Tongriano des Emilia-Apennins. Vielleicht umschliesst diese Sandsteinserie auch das Stampien.

Die bunten Mergelschiefer von Sambavello weisen Zwischenschichten auf von etwas grobkörnigerem Sandstein von wechselnder Mächtigkeit. Dieselben haben teilweise eine gewisse lithologische Ähnlichkeit mit der Loiano-Molasse. Es sei darum darauf hingewiesen, dass die Sambavelloschiefer nicht im engen Sinne des Wortes als Leithorizont aufzufassen sind, aber wenigstens als leitende Formation. Nach SIGNORINI sind diese Schiefer westwärts in verschiedene tektonische Schuppen aufgeteilt.

Eine auffallende Erscheinung ist das Auftreten von typischen Langhiano-Mergeln bei Vicchio im Muggello. Diese Mergel entsprechen sowohl in ihrem Aussehen als auch in ihrer Mikrofauna ganz dem mergeligen Langhiano des Emilianischen Apennins. Dies bestätigt wiederum die regionale Transgression dieser Schichtserie in einer Zeit, als die topographische Konfiguration des Apennin eine schwache und uneinheitliche Prägung hatte.

Es wäre hier noch zu erwähnen, dass BRUEREN (1941) mit seiner Beschreibung der Geologie eines Teiles des Etruskischen Apennins zwischen Florenz und Bologna versucht hat, eine Brücke zu schlagen zwischen der Toskana und dem Bologneser Apennin. Der Mangel an zuverlässigem, diagnostischem Fossilmaterial hat es nicht erlaubt, zu einer sicher fundierten Stratigraphie zu gelangen. Demzufolge hat auch die tektonische Interpretation etwas bizarre Bilder gezeitigt. Es ist dies wahrscheinlich eines der kompliziertesten Gebiete im Tosko-Emilianischen Gebirgssystem, und die Erfassung dieser Geologie verlangt die Vereinigung vieler Kräfte.

III. Tektonik

Der hier dargestellte Teil des Bologneser Apennins ist eine in tektonischer Hinsicht verhältnismässig leicht verständliche Zone des Emilia-Apennins. Die Zusammenhänge erscheinen im allgemeinen klar, und das Gebiet dürfte sich als Ausgangspunkt für weitere geologische Untersuchungen im Nord-Apennin eignen, schon wegen der ausgezeichneten Zugänglichkeit.

Wir beschränken uns im Folgenden auf die Beschreibung der wichtigsten tektonischen Einheiten und Erscheinungen des Gebietes. Damit werden aber doch schon bedeutende Probleme der Apennintektonik aufgerollt. Wir fühlen uns indessen nicht berufen, die Herkunft und den Bewegungsmechanismus der Ligurischen Serie mehr als nur andeutungsweise zu behandeln.

Die beiden Hauptelemente des Gebietes sind die Pianoro-Senke und die Paderno-Struktur (vgl. Tafel VI und VIII).

A. Die Pianoro-Senke

1. Gestalt der Senke

Die Pianoro-Senke stellt sich an der Oberfläche als eine flache, ausgedehnte, unsymmetrische Synklinale dar mit einem schwachen Axialgefälle nach Westen. Der Axialverlauf ist etwas verbogen.

Diese Synklinale setzt etwas östlich der „Idice-Linie" ein und verliert sich gewissermassen in einem weniger gefalteten Gelände etwa 7 km westlich des Reno-Flusses.

Gegen Osten ist die Pianoro-Synklinale mehr oder weniger genau begrenzt worden durch eine verdeckte Bruchstufe, welche ungefähr dem Laufe des Idice-Tales folgt. Es ist nicht leicht, dieses Bruchsystem in der Kartierung zu erfassen. Wir werden später darauf zurückkommen.

Nach Norden zu ist die Synklinale begrenzt durch eine tektonische Linie, welche als Diapirkontakt identifiziert werden kann.

Im Setta-Tal verläuft gegen Südwesten dem Tale folgend ebenfalls eine Bruchzone, welche wahrscheinlich in der Hauptsache die Miocaen- und Oligocaen-Serien erfasst.

Diese Verhältnisse bedingen bedeutende Schwierigkeiten für die Interpretation und erschweren den Versuch, eine tektonische Entwicklungsgeschichte der Pianoro-Senke zu geben. Am einfachsten liegen die Verhältnisse für die jüngsten Formationen, d. h. für das Pliocaen. Für die tieferen Stufen ist die tektonische Interpretation der Lagerungsverhältnisse sehr unsicher. Es ist anzunehmen, dass die älteren Formationen stärker durchbewegt sind, als dies auf unserem schematischen Profil dargestellt ist.

Für die Erfassung der Pianoro-Senke ist das gravimetrische Bild von grösster Wichtigkeit. Die Achse des Schwereminimums von Pianoro verläuft nördlich dieser Ortschaft und dürfte zusammenfallen mit der Linie grösster Sedimentmächtigkeit in der Pianoro-Senke. Es ist anzunehmen, dass sich die Synklinalachse mit fortschreitender Sedimentation verlagert hat.

Die zusammengesetzte Sedimentmächtigkeit in der Pianoro-Senke lässt sich nicht genau erfassen. Ein theoretisches Maximum der Schichtserie beträgt etwa 7500 m, bei der Annahme von mehr oder weniger ununterbrochener Ablagerung im Zentrum der Senke.

2. Entwicklung der Senke

Über die Entwicklungsgeschichte dieses gesamten Sedimentationsraumes können wir uns noch kein klares Bild machen. Die Meeresverbindungen vom Oligocaen bis zum Oberen Miocaen sind im allgemeinen unbekannt.

Es ist anzunehmen, dass sich der Nord-Apennin nach den ersten grossen Bewegungen am Ende des Eocaens oder während des Oberen Eocaens mehr in schwachen Aufwölbungen mit unbekannten Streichrichtungen heraushob, vielleicht auch in Form vorläufiger Cordillerenzüge.

Die Bewegung der Ligurischen Massen wurde verursacht durch diese frühe Orogenese. Wir nehmen an, dass diese Vorgänge bedingt wurden durch das starke Absinken eines ausgedehnten Gebietes, welches heute dem Emilianischen Teil des Nord-Apennins entspricht. Das Abgleiten der Massen auf wenig geneigter Unter-

lage hat sich nach unserer Auffassung zum grossen Teil unter Wasser vollzogen. Im Norden unseres Gebietes wurde die Ligurische Masse wahrscheinlich an einer Aufwölbung des eocaenen Unterbaus gestaut.

Damit ergibt sich, dass die Unterlage für die nachfolgende Sedimentation der verschiedenen Oligocaenstufen im gesamten Raum des heutigen Nord-Apennins sehr unregelmässig war. Die Annahme erscheint naheliegend, dass sich während der ganzen Oligocaenzeit viele kleinere und grössere Meeresbecken eines Archipels in unregelmässiger Verteilung ausbreiteten.

Die Ablagerungsverhältnisse haben sich im Laufe der Zeit mehrmals geändert, wie dies in der Stratigraphie unseres Gebietes ziemlich gut dokumentiert ist. Die auffallende Verschiedenartigkeit in der Zusammensetzung der aufeinanderfolgenden Oligocaensedimente deutet auch auf eine sehr verschiedene Herkunft der Schüttung. Rasche lokale Änderungen charakterisieren besonders das „Tongriano" der Emilia, d. h. jene Schichtserien, welche am ehesten dem Mittel-Oligocaen entsprechen.

Die unruhige Zeit des Oligocaens, welche durch verschiedene Hebungen und Senkungen – sowohl regionaler als auch lokaler Art – gekennzeichnet ist, kann nur auf der Südflanke der Pianora-Senke durch stratigraphische Beobachtungen belegt werden.

Die weitverbreitete Transgression des Langhiano muss sich ursprünglich auch im Bologneser Apennin weit über die Senke von Pianoro hinaus ausgebreitet haben, doch dürfte sich diese Senke schon während dieser Zeit derart entwickelt haben, dass hier vielleicht maximale Mächtigkeiten an Sedimenten abgelagert wurden. Diese wurden auch erhalten, während am Rand der Senke, durch nachfolgende Erhebung und Erosion viel vom Langhiano wieder abgetragen wurde.

Auf diese Hebung und allgemeine Erosion folgte wiederum eine sehr ausgebreitete Transgression des Helvétien-Meeres. Tiefer gelegene Teile, oder solche, die als Senkungsgebiet vorgezeichnet waren, erhielten wiederum eine mächtigere und ununterbrochene Sedimentserie. Dies trifft offenbar auch für die Pianoro-Senke zu.

Die Tortonien-Ablagerung entspricht einem abermaligen Vordringen des obermiocaenen Meeres, welches sich in der Pianoro-Senke weit nach Süden vorschob, während anderswo im Nord-Apennin diese Stufe schon auf die randlichen Hügelzonen beschränkt ist. Wahrscheinlich hatte sich der Sedimentationstrog während dieser Stufe schon merklich verlagert.

Eine klarere Einsicht in die Entwicklung der Pianoro-Senke ist mit dem Einsetzen der Pliocaen-Sedimentation, d. h. dem Messiniano und den folgenden Formationen, zu gewinnen. Der Ablagerung des Messiniano ging eine allgemeine orogenetische Hebung voraus. Diese war für die jetzige Form des Apennins massgebend; die Messiniano-Sedimente blieben im allgemeinen auf die nördlichen randlichen Teile beschränkt.

Die Pianoro-Senke scheint von diesen Ablagerungen in seichten und lagunären Gewässern wenig Material erhalten zu haben. Das Vordringen des Meeres ist durch eine Transgression von Nordosten gekennzeichnet. Die Bruchstufe im Idice-Tal hat wahrscheinlich das Vordringen des Meeres um diese Zeit stark behindert.

Während des Plaisancien, einer Zeit, welche gekennzeichnet ist durch allgemeine Transgression nach umfassender Senkung im ganzen nördlichen Teil des Apennins, wurde die Pianoro-Senke in bedeutendem Ausmass wieder aktiviert. Im Gegensatz zum Plaisancien der Po-Senke ist diese Stufe im Pianoro-Trog in einem innerapenninischen Becken abgelagert worden. Hier war die Sedimentation jedenfalls recht kräftig und zeigt eine Faziesentwicklung, die durch das Auftreten

von sandigen und konglomeratischen Sedimenten stark vom Plaisancien des Apenninfusses abweicht.

Beachtenswert sind die Diskordanzen, welche innerhalb dieser Stufe gut zu erfassen sind. Daraus ergibt sich, dass auch während dieser Pliocaenablagerung orogenetische Bewegungen stattfanden. Für die unteren Abteilungen des Plaisancien lässt sich eine Schüttung nachweisen, welche von Osten nach Westen übergreift. Dies bezeugt, dass die Pianoro-Senke um diese Zeit ein axiales Einfallen nach Osten aufwies. Die reaktivierten Brüche im Idice-Tal zeigen auf einen Abbruch nach Westen hin, also eine Bewegung im umgekehrten Sinn, als dies für die Messiniano-Zeit angenommen werden musste.

Mit fortschreitender Erhebung der „Terenzio-Schwelle" im Osten dieser Bruchstufe wurde der Pianoro-Senke die Verbindung nach dem östlichen Po-Becken versperrt. Tatsächlich haben die jüngeren, mehr marinen Ablagerungen des Plaisancien eine Verbindung nach Westen erhalten, indem das Axialfallen der Senke diesmal nach Westen gerichtet war.

Das jüngste Plaisancien, wie es nördlich der Paderno-Struktur und besonders im Gebiet des Lavino-Tales (westlich unseres Gebietes) vorkommt, hat die Pianoro-Senke nicht mehr erreicht.

Wir nehmen an, dass die reichliche Ablagerung des zum grossen Teil klastischen Plaisancien der Pianoro-Senke in starkem Masse das Schwerebild beeinflusst.

B. Die Paderno-Struktur

1. Allgemeine Bemerkungen

Die Paderno-Struktur – für die wir hier mit Absicht diesen neutralen Namen verwenden – hat seit langem wegen ihrer besonderen Lage am Apennin-Fuss das Interesse der Geologen beansprucht. Es handelt sich im allgemeinen um einen langgezogenen Aufbruch von grösserem Ausmass, und die topographische Form vermittelt kaum den Eindruck von der tektonischen Wichtigkeit dieser Erscheinung. Deshalb gelangte man auch auf Grund der an der Oberfläche beobachteten Eigenschaften und sonderbaren Formen zu keiner gründlichen Analyse.

Erst die gravimetrische Untersuchung und eine Versuchsbohrung, die bei Paderno angesetzt worden war, haben es mit sich gebracht, dass vielerlei Deutungen versucht wurden und dass man sich mit dieser Struktur gründlicher befasst hat.

Als Leitmotiv gilt das mächtige Aufquellen der plastischen und chaotischen Argille-Scagliose-Masse, welche zum grossen Teil den Kern dieses Aufbruches bildet.

Noch sind unsere Deutungsversuche mit vielen theoretischen Ansichten umgeben. Wir dürften aber nicht fehlgehen, wenn wir den Paderno-Aufbruch mit einer Diapir-Struktur vergleichen. Nun sind aber die meisten Diapire erst durch ausgiebiges Abbohren, wie dies in Rumänien der Fall ist, bekanntgeworden. Solcherlei Untersuchungen werden aber an der Paderno-Struktur noch lange auf sich warten lassen.

Die ungewöhnlich starke positive Schwereanomalie (vgl. Tafel VII), durch welche sich die Paderno-Struktur auszeichnet, verlangt an sich schon nach einem Erklärungsversuch. Unsere Arbeit dürfte wenigstens so weit reichen, einige neue Gesichtspunkte in eine seltsame Tektonik zu bringen.

2. Geologische Beobachtungen

Die Paderno-Struktur ist ein antiklinales Element, in dem Sinn, als die Flanken der langgezogenen Aufwölbung von jüngeren Formationen gebildet werden, welche in bezug auf den älteren Kern auswärts einfallen. Die Mächtigkeit der

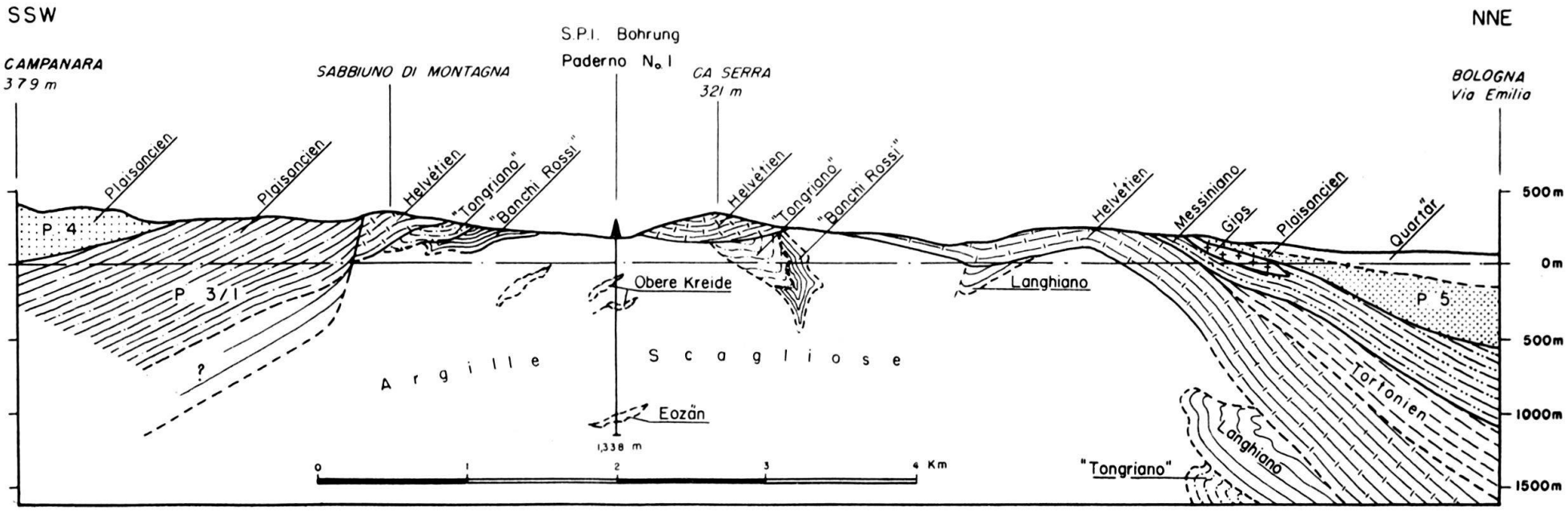


Fig. 3. Schematisches Profil durch die Paderno-Struktur südlich von Bologna. 1:50 000.

meisten Formationen nimmt in der Fallrichtung der Flanken wahrscheinlich stark zu. Man kann deshalb annehmen, dass diese Struktur im Laufe verschiedener aufeinanderfolgender Epochen fortschreitend „gewachsen" ist.

Die Struktur ist asymmetrisch, mit im allgemeinen normaler Flankenentwicklung gegen Norden, aber mit verkürzter Flanke im Süden, bedingt durch Bruchbildung. In axialem Sinn beobachtet man ein buckliges Auf-und-Ab mit maximaler Ausbreitung des Scheitels bei Paderno.

Im Westen, längs des Reno-Flusses, scheint die Struktur abzubrechen. Dieselbe ist aber unter der noch erhaltenen miocaenen Bedeckung verborgen und setzt sich – wie dies durch die Schweremessungen bewiesen wird – in tauchender Weise nach Westen fort.

Längs der Scheitelzone der Paderno-Struktur können zahlreiche Einzelbeobachtungen gemacht werden. Wichtig für die Entwicklung der Diapirstruktur sind die mannigfaltigen Wechselbeziehungen zwischen den verschiedenen Formationen. Alles Jüngere kann auf alles Ältere von verschiedenen Stufen übergreifen. Dies erscheint manchmal regellos wie z. B. nördlich von Paderno. Es beweist eine unordentliche, d. h. von Ort zu Ort veränderliche Fliessbewegung in den einzelnen Teilen des Diapirs mit dazwischenliegenden Perioden von Abtragung. An andern Orten, wo die Argille-Scagliose-Bewegung schon durch jüngere Sedimentbedeckung abgeschirmt ist, kann man Aufschlüsse kartieren, die auf normale progressive Transgression hinweisen, wie z. B. die Linie südlich von Bologna (Bagni di Mario) bis gegen Restignano im Savena-Tal.

Wir haben versucht, aus den mannigfachen Aufschlüssen eine Entwicklungsgeschichte des Paderno-Aufbruches abzuleiten.

Wichtig ist zunächst die Beobachtung, dass nirgends im Bereich der Paderno-Struktur irgendwelche Reste der Loiano-Molasse oder dieser entsprechende Formationen gefunden wurden. Entweder ist also keine Loiano-Molasse auf jener Argille Scagliose abgelagert worden, welche sich später aufwärts bewegt hat, oder die unteroligocaenen Sedimente sind vollständig wieder abgetragen worden, bevor die Bewegung einsetzte, oder die abgesenkte und auskeilende Loiano-Molasse ist durch rückwärts fliessende Argille-Scagliose-Massen isoliert worden, so dass sie nicht mehr in spätere Bewegungen miteinbezogen werden konnte.

Die ältesten „posttektonischen" Sedimente, d. h. jene, die ursprünglich normal auf der nördlichsten randlichen Ausbreitung der Ligurischen Serie abgelagert wurden, sind die Banchi Rossi und das „Tongriano". Allem Anschein nach bilden diese zwei Serien westlich des Reno-Tales, soweit dies unter der Helvétien-Bedeckung zu erkennen ist, noch weit verbreitete Einheiten. Im Gebiet des Paderno-Diapirs sind diese Formationen nur noch auf Relikte beschränkt. Diese Vorkommen sind durch die späteren Bewegungen maximal beansprucht worden. Sie erscheinen als eingeschluckte oder eingewalzte Mulden, oder als Keile, die mit Argille-Scagliose-Paketen verschuppt sind.

Es kann nicht nachgewiesen werden, ob es sich um die Reste einer einst zusammenhängenden Sedimentdecke handelt, oder ob mit dem Aufstoss der Argille Scagliose-Massen, d. h. während der frühen Diapirbewegung auf einer breiten Schwelle, nur einzelne Mulden die entsprechenden Sedimente aufgenommen haben.

Das Vorkommen von Langhiano ist im Bereich der Paderno-Struktur sehr spärlich. Wir neigen zur Annahme, dass auf der schon existierenden Schwelle wenig Langhiano abgelagert wurde, obwohl es sich um eine regional transgressive Serie handelt. Im allgemeinen nimmt die Entwicklung des Langhiano östlich des Idice-Tales zu, so dass sich also die Paderno-Struktur im westlichen Teil ursprünglich mehr heraushob.

Immerhin ist auch eine starke Denudation der Langhiano-Sedimente am Anfang der Helvétien-Periode anzunehmen.

Das Helvétien ist im Bereich des ganzen Bologneser Apennins und in den benachbarten westlichen Provinzen eine ausgesprochene und weit verbreitete Transgressionsformation, welche nach starker, vorhergehender Einebnung abgelagert wurde. Die Annahme liegt nahe, dass wenigstens zeitweise das Helvétien-Meer die gesamte Paderno-Struktur überflutete. Einzelne Helvétien-Aufschlüsse im Bereich der Paderno-Aufwölbung zeichnen sich durch eine küstennahe Fazies aus, so dass auch der Diapiraufstoss sich schon in den Sedimentationsverhältnissen bemerkbar machte.

Nach der Helvétien-Ablagerung setzte wiederum eine etwas bescheidenere Denudationsperiode ein. Die folgende Tortontransgression war örtlich schon mehr beschränkt, hat aber wahrscheinlich wieder die meisten Teile der Paderno-Struktur zugedeckt. An manchen Stellen hat vielleicht der Diapir-Auftrieb Schritt gehalten mit der Sedimentation auf den Flanken.

Während der Messiniano-Zeit, welche hier durch Ablagerungen in flachen, lagunären Gewässern gekennzeichnet ist, hat die Diapir-Bewegung die Oberhand behalten. Obwohl starke orogenetische Bewegungen der Messiniano-Sedimentation vorausgingen, hat offenbar eine starke Erosionstätigkeit erst später eingesetzt. Diese Zeit mag einer relativ trockenen Periode entsprechen.

Starke Erhebungen im Bereich der Paderno-Struktur haben sich gleichzeitig mit fortschreitender Sedimentation und Einsenkung, besonders auf der Südflanke, während der ganzen Plaisancienzeit vollzogen. Offenbar hat während dieser Pliocaenzeit eine Überflutung des Paderno-Aufbruches nicht mehr stattgefunden. Südlich von Bologna kann beobachtet werden, wie das Obere Plaisancien das Messiniano und z. T. das Helvétien in einer klaren Winkeldiskordanz abschneidet.

Die Diapir-Apophyse im Idice-Tal, welche sich bis zum Zena-Tal erstreckt, und die Diapir-Extrusionen westlich des Reno-Tales haben sich sehr wahrscheinlich während der Plaisancienzeit entwickelt.

Der Diapirauftrieb hat während der Quartärzeit noch weitergewirkt.

3. Die Schwere-Anomalie von Paderno (vgl. Tafel VII)

Diese positive Schwere-Anomalie, welche als eine der kräftigsten lokalen Störungen im ganzen Pobecken aufzufassen ist, erstreckt sich über eine Distanz von ungefähr 30 Kilometern, d. h. von etwa 6 km westlich von Casalecchio bis zum Sillaro-Tal etwa 23 km SE von Bologna.

Die Schwere-Anomalie erreicht ihr Maximum bei der kleinen Ortschaft Paderno, etwa 5 km SSW von Bologna. Aus dem Studium der Residualwerte ergibt sich eine Anomalie von 12 Milligal. Dieser relativ hohe Wert der Schwere-Anomalie von Paderno verleiht der geologischen Struktur eine Bedeutung, die man ihr lediglich auf Grund der Oberflächen-Geologie kaum zumessen würde. Mit dieser Feststellung erschwert sich aber auch die Aufgabe, für die Paderno-Struktur eine allgemein annehmbare Interpretation zu finden. Immerhin ist die Problemstellung genauer umrissen. Bis zu einem gewissen Teil kann diese Schwere-Anomalie erklärt werden aus dem Dichteunterschied zwischen dem die Struktur flankierenden Pliocaen und den Argille Scagliose des Kerns. Diese letzteren, besonders da sie Träger sind von Schürflingen und von Blockschutt aus dichterem Gestein, können wohl höhere Dichtewerte verzeichnen. Der Dichteunterschied genügt aber noch nicht, um eine positive Schwere-Anomalie vom Ausmass der Paderno-Anomalie zu erklären, um so mehr als auch anderswo im Nord-Apennin starke Argille-Scagliose-Anhäu-

fungen keine derartigen Anomalien bedingt haben. Es bleibt immer noch ein Dichteunterschied von 0.2 bis 0.3 übrig, welcher eine besondere Annahme verlangt.

Vorläufig ist unsere Erklärung theoretischer Natur, denn die Tiefbohrung von Paderno hat keine klaren Anhaltspunkte geliefert. Immerhin dürfte die Auffassung naheliegend sein, dass die Paderno-Anomalie hervorgerufen wird durch ein stark ausgeprägtes Struktur-Element, welches aus dichterem Gestein des Sockels, d. h. der Unterlage unter der Ligurischen Serie gebildet ist. Diese Unterlage besteht wahrscheinlich aus einem dichten Kalk des Eocaens.

Die Form dieses tiefen Strukturelementes ist nicht bekannt. Sie kann entweder einer scharfen Falte oder einer Bruchstufe des Sockels entsprechen.

Wir nehmen an, dass für einen Diapirauftrieb im Ausmass der Paderno-Struktur eine langgestreckte und scharf sich heraushebende, stauende Masse angenommen werden muss. Damit wird zugegeben, dass es sich bei der Paderno-Anomalie oder der Paderno-Struktur um einen Spezialfall handelt, der wahrscheinlich nicht häufig anzutreffen ist.

Es ist uns als Parallelfall zu Paderno nur eine positive Schwere-Anomalie bekannt, welche auch in der Grössenordnung nicht sehr abweicht. Es ist dies die Monte dell'Evangelo- oder Spallanzani-Anomalie in den randlichen Hügeln des Reggio-Emilia-Apennins bei Scandiano. Auch hier handelt es sich um ein starkes randliches Aufquellen der Argille Scagliose über einer voraussichtlich dichteren Masse des Untergrundes. Die Daipir-Erscheinungen sind ebenfalls vorhanden, aber weniger leicht zu erfassen als in der Paderno-Struktur.

4. Versuchsbohrungen bei Paderno (vgl. Tafel VI)

Für den Fortschritt der Exploration der Paderno-Struktur sind die in der Nähe des Scheitels angesetzten Versuchsbohrungen der Società Petrolifera Italiana von bedeutendem Wert. Durch die tiefe Bohrung Paderno Nr. 1 war beabsichtigt, den Kern der Paderno-Struktur zu erforschen. Dies ist indessen wegen allzugrossen Schwierigkeiten während des Bohrprozesses nicht gelungen. Die kleineren Kernbohrungen Rastignano Nr. 1 und Rastignano Nr. 2 wurden hauptsächlich gebohrt, um allgemeine Daten über die Zusammensetzung der Argille Scagliose zu erhalten. Sie wurden auf je 300 m abgeteuft im März, beziehungsweise Oktober 1940.

Die Versuchsbohrung Paderno Nr. 1 wurde mit einer Rotary-Garnitur vom 19. April 1941 bis zum 12. April 1942 gebohrt. Die erreichte Tiefe war 1338 Meter, und es gelang nicht, die Argille Scagliose zu durchteufen (siehe Fig. 3). Die durchfahrene Schichtserie ist die folgende:

0—210.00 m	Bunte „Argille Scagliose", z. T. plastisch blättrig-schiefrig, z.T. sandig, mit graugrünen, dichten Mergelblöcken; dünne, hellgraue Mergelkalkplatten und glimmerige Sandsteine, sowie viele kleinere kalzitdurchzogene Kalke.
210.00—249.00 m	„Argille Scagliose" mit unregelmässigen Einschlüssen von Kalken und Sandsteinen.
249.00—257.00 m	Hellgraue, dichte, feinkörnige, z. T. geschichtete Glimmersandsteine.
257.00—266.00 m	Stark sandige, z. T. geschichtete „Argille Scagliose".
266.00—283.30 m	Mittel- bis feinkörnige Sandsteine mit grobblättrigem Muskovit; Einschlüsse von Mergelknollen mit Rutschharnischen.
283.30—285.00 m	Bunte „Argille Scagliose".
285.00—295.30 m	Weissgrauer Mergelkalk, dicht, mit grünen Mergelzwischenlagen.
295.30—316.30 m	Bunte „Argille Scagliose" mit Mergelkalkblöcken.

316.30—327.00 m	Weissgrauer Mergelkalk mit grünen Mergelzwischenlagen.
327.00—377.50 m	Bunte „Argille Scagliose", dunkelgrüne, feinkörnige, dichte Sandsteine und unregelmässige Einschlüsse von Mergelkalkblöcken.
377.50—383.90 m	Mergelkalke.
383.90—462.00 m	Bunte „Argille Scagliose", z. T. blättrig mit Einschlüssen von grossen und kleinen Schieferblöcken und leicht gerundeten Kalkblöcken.
462.00—485.00 m	Weissgrauer, stark gestörter Mergelkalk mit Kalzitadern.
485.00—551.10 m	Harte, dichte „Argille Scagliose" mit reichlichen unregelmässigen Einschlüssen von Kalken mit Kalzitadern.
551.10—569.00 m	Weissgrauer Mergelkalk mit dichten grünen Mergeln.
569.00—813.50 m	Blättrig-schiefrige, stark gestörte und schwellende „Argille Scagliose". Zahlreiche, leicht gerundete Blöcke von überwiegend Kalken, sowie Sandsteine. Zahlreiche Einschlüsse von ophiolithischen Gesteinen.
813.50—1177.60 m	Stark gestörte, bunte, z. T. mergelige, z. T. grobschiefrige „Argille Scagliose" mit unregelmässigen, meist kalkigen Einschlüssen.
1177.60—1185.90 m	Dünnschichtige, dichte Mergel mit Pyrit, sowie Mergelkalke mit Kalzitadern.
1185.90—1216.00 m	Stark mergelige und grobschiefrige „Argille Scagliose" mit wenigen Einschlüssen von Kalkbrocken.
1216.00—1229.00 m	Grüne Mergel, gegen unten in Mergelkalk übergehend.
1229.00—1338.00 m	„Argille Scagliose" mit wenigen, unregelmässig eingeschlossenen Kalkblöcken.

Der Umstand, welcher schliesslich einen weiteren Bohrfortschritt verunmöglichte, obwohl mit grosser Sorgfalt stets ein geeigneter Bohrschlamm verwendet wurde, war der fortwährende Nachfall der Argille Scagliose. Dieselben wiesen eine derart starke Quellfähigkeit auf, dass bei jedem Wechsel des Bohrmeissels das Loch sich jeweils wieder auffüllte. Der Bohrfortschritt betrug im Oktober 1941 nur noch 53 Meter, dann war bis zum Januar 1942 kein Fortschritt mehr zu verzeichnen. Mit grosser Mühe wurde die letzte Rohrkolonne bei 1243 m zementiert. Im Februar 1942 betrug der Bohrfortschritt 21.80 m, im März 29.70 m, im April 17.40 m. Die Bohrung wurde aufgegeben, da ein weiteres Vordringen in die aufquellenden Argille Scagliose wenig Erfolg versprechen konnte.

5. Tektonische Deutungsversuche

Eine ziemlich genaue oberflächen-geologische Bearbeitung der Paderno-Struktur, verbunden mit einer ausführlichen gravimetrischen Studie, und endlich die Bohrungen im Scheitel der Paderno-Struktur ergaben noch nicht genug Anhaltspunkte, um die Natur dieser Aufwölbung klar zu erkennen. Die unsicheren Verhältnisse auf den Flanken haben es nicht erlaubt, hier mit einem Bohrprogramm weiterzufahren.

Wenn wir für eine diapirische Aufquellung der Argille-Scagliose-Massen in der Paderno-Struktur eintreten, so müssen wir uns bewusst sein, dass diese Annahme vorläufig nicht bewiesen ist. Auf Grund dieser Annahme können wir aber die vorher besprochenen Eigenarten dieser Geologie einleuchtend zusammenfassen.

Die vertikale Aufwärtsbewegung der Tonmassen scheint festzustehen, und entsprechend der oben erwähnten Annahme bezeichnen wir die Paderno-Struktur als „Ton-Diapir". Für die Erklärung dieser Annahme beziehen wir uns

a) auf eine stauende Masse im Untergrund, bestehend aus hartem, wenig mobilem Gestein;
b) auf eine gleitende, tektonisch sehr unstabile, plastische Masse, welche auf- und angelagert ist;
c) auf deren Auftrieb, welcher bedingt ist durch das innere Gefüge, Tonmineralien, Salzgehalt, Elektrolytaustausch;
d) auf die Setzung der jüngeren Sedimente auf beiden Seiten des Diapirs mit progressiv zunehmendem hohem Gebirgsdruck.

Es bestand nicht die Möglichkeit, die gesamte Literatur nachzuschlagen, welche sich mit derartigen Diapirstrukturen befasst. Aber es erscheint nicht sehr wahrscheinlich, dass ähnliche Strukturen ausgiebig und mit entsprechender Dokumentierung beschrieben worden sind. Alle tektonischen Erscheinungen, in welchen Fliessbewegungen toniger Gesteine eine ausschlaggebende Rolle spielen, gehören immer noch zum grossen Teil in den Bereich der Spekulation.

Ein aussichtsreiches Feld für das Studium der Diapirstrukturen, welche mit der Paderno-Struktur eine gewisse Verwandtschaft haben, befindet sich wahrscheinlich in den Vor-Pyrenäen, besonders im Gebiet zwischen Biarritz, Dax und Pau. Da dieses Gebiet durch rege geophysikalische Untersuchungen und durch Bohrungen fortwährend besser bekannt wird, dürften sich auch hier neue Gesichtspunkte eröffnen. Es bestehen hier Übergänge zwischen runden und elliptischen „Salzstöcken" und Diapir-Antiklinalen. Der Auftrieb entwickelt sich in den Anhydrit führenden Keupermergeln mit Ophiteinschlüssen. Die Hauptmasse der Sedimente scheint auch hier aus Tonmergeln zu bestehen. Der Anteil der Salzeinschlüsse ist nicht genügend bekannt.

Damit kommen wir auf die Paderno-Struktur zurück, für die wir hier unsere eigenen Interpretationen wenigstens versuchsweise zusammengestellt haben. Der vertikale Auftrieb dieses Diapirs ist, wie gesagt, auf verschiedene Ursachen zurückzuführen. Wahrscheinlich handelt es sich um eine Verkettung mannigfacher Ursachen, ohne bestimmen zu können, welcher der Hauptanteil zukommt.

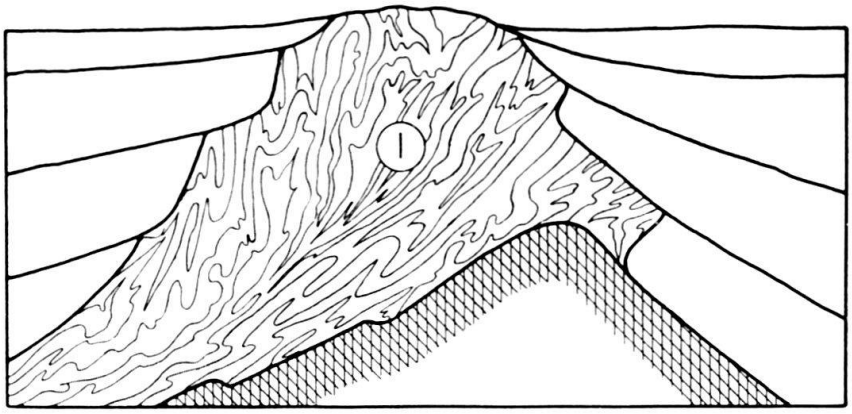
Von ganz besonderer Bedeutung ist sicher die Zusammensetzung der Argille-Scagliose-Grundmasse. Der Nachweis quellfähiger Tonmineralien ist zwar nicht erbracht, weil die Argille Scagliose nach unserem Wissen nicht petrographisch untersucht worden sind. Es handelt sich aber bei dieser Formation um Sedimente, die während einer Zeit entstanden sind, als im Mittelmeerraum die vulkanische Tätigkeit sehr weit verbreitet war. Es liegt deshalb auf der Hand, das Vorhandensein montmorillonitartiger Mineralien anzunehmen, die wahrscheinlich für den Aufbau dieser Formation sehr wichtig sind.

Die Setzung der Sedimente beiderseits der Paderno-Struktur hat bewirkt, dass durch den Austritt von Feuchtigkeit der Argille-Scagliose-Diapirkontakt fortwährend genug Schmiermittel erhielt.

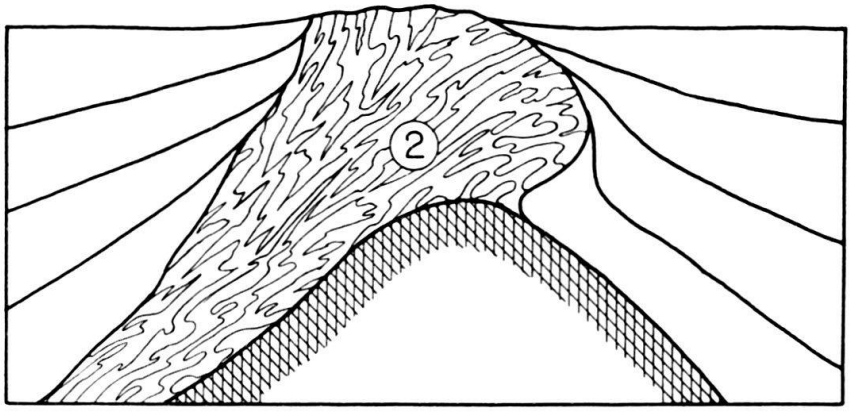
Der Salzgehalt der Argille Scagliose selber erhöhte offenbar noch die Tendenz zur Bildung von Fliess-Strukturen in dieser quellenden Masse. Sie hat keine eigene Festigkeit, und ein verhältnismässig geringer seitlicher Druck konnte langandauernde Bewegungen hervorrufen.

Es wäre eine dankbare Aufgabe, die thixotrophen Eigenschaften der Argille Scagliose zu erforschen.

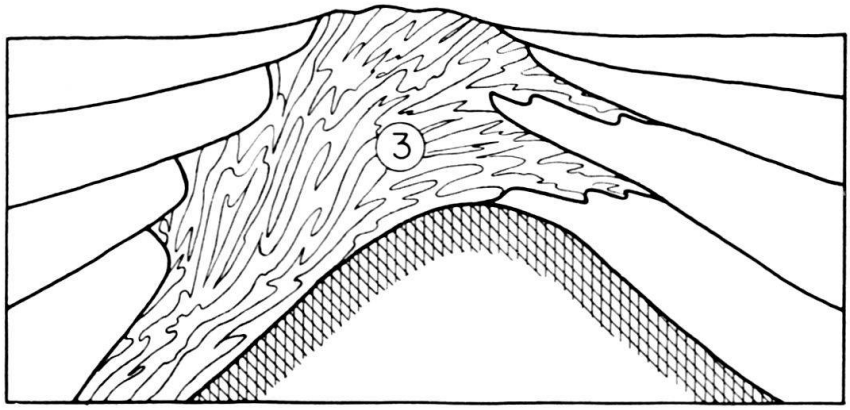
Feststehend ist, dass das Wachsen des Diapirs eine längere Zeit beansprucht hat, die vom Oligocaen bis ins Quartär reichte. Wir neigen zu der Ansicht, dass die Bewegung weder zeitlich noch räumlich sich gleichmässig fortgesetzt hat. Es müs-



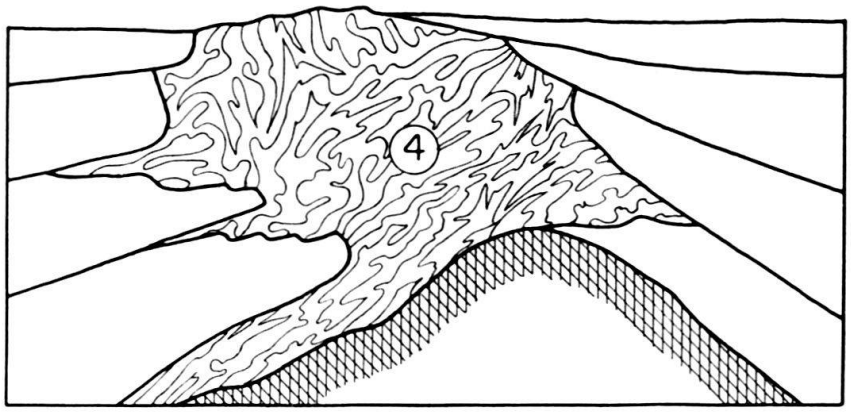
Ton-Diapir, bedingt durch Stauung einer fliessenden Tonmasse; periodischer Auftrieb akzentuiert in Perioden rascher und reichlicher Sedimentation auf den Flanken, verlangsamt oder fehlend in Perioden von Erosion und nachfolgender Transgression.



Diapir mit ununterbrochenem Auftrieb; fortschreitendes Auskeilen und immer grössere Steilstellung oder teilweise Überkippung der Sedimente auf den Flanken. Ununterbrochene Sedimentation.



Ton-Diapir mit periodischem Auftrieb und einseitigem Überfliessen mit folgender Einebnung und erneuter Transgression. Maximale Tonbewegung jeweils am Ende einer reichlichen Sedimentationsphase.



Ton-Diapir mit stark asymmetrischem Auftrieb, bewirkt durch fortschreitendes Gleiten jener Formationseinheiten, welche auf der plastischen Unterlage abgelagert worden sind. Diese Gleittektonik bedingt eine Verlagerung der Senke und des Diapir-Scheitels. Auftrieb erschöpft sich mit dem Aufhören der Gleitbewegung.

Fig. 4. Verschiedene Deutungen für die Entstehung eines Ton-Diapirs.

sen längere Perioden des Stillstands mit solchen von maximaler Bewegung abgewechselt haben. Eine unregelmässige und asymmetrische Anordnung der Fliessmassen ist ebenfalls naheliegend. Die verschiedenen Möglichkeiten sind in Fig. 4 skizzenhaft dargestellt.

Aus diesen Erklärungen geht zur Genüge hervor, dass eine Exploration einer derartigen Struktur durch Bohrungen eine unsichere und ungewöhnliche Aufgabe darstellt. Es mag hier wiederholt werden, dass die Herkunft der Argille Scagliose sehr enigmatisch ist; deren chemisch-petrographische Zusammenstellung verlangt nach weiteren Studien; auch die Natur der stauenden Masse im Untergrund der Paderno-Struktur konnte nicht ergründet werden.

IV. Zusammenfassung

Die Untersuchung des Bologneser Apennins hat ergeben, dass die Sedimentmächtigkeit im subapenninischen Gebiet viel grösser ist, als allgemein angenommen wurde.

Es ist der genauen, stratigraphischen Kartierung zu verdanken, dass die Aufeinanderfolge der verschiedenen Formationen klar erkannt wurde. Wenigstens seit der Zeit des Ober-Eocaens ist eine aussergewöhnliche tektonische Unruhe dieses Gebirgssystems anzunehmen. Dies geht aus dem Nachweis zum Teil weitverbreiteter, zum Teil lokaler Diskordanzen hervor.

Die erste und bedeutendste Verfrachtung der Ligurischen Serie – mit der als Schmiermittel wirkenden Masse der Argille Scagliose – hat sich in der Zeit zwischen Mittel-Eocaen und Unter-Oligocaen abgespielt (Pyrenäische Phase).

Es wurde versucht, den eigenartigen Charakter der Paderno-Struktur zu erklären. Dabei wird angenommen, dass es sich in der Hauptsache um einen Tondiapir handelt, dessen Auftrieb sich mit gewissen Unterbrechungen durch die Oligocaen-Miocaen-Pliocaenzeit und das älteste Quartär vollzogen hat. Als Erklärung wird eine stauende Masse im Eocaensockel vorausgesetzt.

Sommario

Le ricerche nell'Appennino Bolognese hanno rivelato che lo spessore dei sedimenti nella zona subappenninica è molto più considerevole di quanto si era in gene rale supposto.

Grazie al preciso rilevamento stratigrafico fu possibile riconoscere la successione delle differenti formazioni. Si deve inoltre ammettere che a partire dall'Eocene Superiore un periodo di attività tettonica fuori del comune ha interessato il sistema montuoso in oggetto. Questa conclusione scaturisce dall'evidenza di discordanze in parte largamente estese in parte locali.

Il primo e più considerevole carreggiamento della Serie Liguride, con la massa delle Argille Scagliose in funzione lubrificante, si è svolto nel periodo compreso tra Eocene Medio ed Oligocene Inferiore (fase pireneica).

Si cercò di chiarire inoltre il carattere particolare della struttura di Paderno. A questo riguardo si suppone che si tratti fondamentalmente di un diapiro argilloso, la cui spinta verso l'alto si è effettuata, con certe interruzioni, attraverso l'Oligocene, Miocene, Pliocene e Quaternario più antico.

A spiegazione del fenomeno si ammette che una massa dello zoccolo eocenico abbia arginato le Argille Scagliose, causando uno stipamento delle medesime.

Literatur

ACKERMANN, E. (1948): *Thixotropie und Fliesseigenschaften feinkörniger Böden.* Geol. Rdsch. *36*, pp. 10–28.

ANELLI, M. (1923): *Sul comportamento tettonico delle argille scagliose nell'Appennino emiliano.* Rend. R. Accad. Lincei, Cl. Sci. fis. mat. nat., *32*, Sez. 5, pp. 416–419.

— (1935): *Appunti paleontologici a proposito delle così dette «Argille scagliose».* Riv. ital.Paleont.

— (1938a): *Sulla presenza di aptichi nelle così dette «Argille scagliose» dell'Appennino emiliano.* Riv. ital. Paleont.

— (1938b): *Calcari a calpionelle, diaspri e rocce ofiolitiche nell'Appennino settentrionale.* Atti Soc. Nat. Mat. Modena, *69*, pp. 1–13.

ATHY, L. F. (1930): *Density, Porosity and Compaction of Sedimentary Rocks.* Bull. amer. Ass. Petr. Geol., *14*, No. 1, Jan. 1930, pp. 1–24.

— (1934): *Compaction and its Effect on Local Structure.* "Problems of Petroleum Geology", pp. 811–823. The amer. Ass. Petr. Geol. Tulsa, Okl., Thos. Murby & Co., London.

AZZAROLI, A. (1945): *Sulle faune a macroforaminiferi dei dintorni di Firenze.* Boll. Soc. Geol. ital., *64*, p. 32, Roma. (Erschienen 1947.)

BALK, R. (1949): *Structure of Grand Saline Salt Dome, Van Zandt County, Texas.* Bull. amer. Ass. Petr. Geol., *33*, Nov. 1949, pp. 1791–1829 (Bibliographie über Diapir-Strukturen).

BEHRMANN, R. B. (1936): *Die Faltenbögen des Apennins und ihre paleogeographische Entwicklung.* Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-physik. Kl., 3. Folge, H. 15, Berlin.

— (1940): *Geologie und Erschliessung der Erdölvorkommen Italiens.* Öl u. Kohle *36*, pp. 522–537.

BOMBICCI, L. (1882 a): *Il sollevamento dell'Appennino bolognese per diretta azione della gravità e delle pressioni laterali, con appendice sulle origini e sui reiterati trabocchi delle argille scagliose.* Mem. Accad. Sci. Ist. Bologna, Ser. IV, *3*, p. 641.

— (1882 b): *Montagne e vallate del territorio di Bologna. Dall'Appennino bolognese.* Descr. Itinerari «C.A.I.» Sez. Bologna.

BONARELLI, G. (1931): *Particolari di struttura nel Pre-Appennino bolognese.* Boll. Soc. Geol. ital., *50*.

BOSWELL, P. G. H. (1948): *The Thixotropy of certain Sedimentary Rocks.* Sci. Progr. *36*, No. 143, London.

BRUEREN, J. W. R. (1941): *De Geologie van een deel der etruskische Apennijnen tusschen Firenze en Bologna.* Van Gorcum & Co., Assen, Nederl.

DAL PIAZ, G. B. (1942): *L'influenza della gravità nei fenomeni orogenetici.* Atti R. Accad. Sci., Torino, Cl. Sci. fis. mat. nat., *77* (1941–1942), T. 1, pag. 445, Torino.

DORE, P. (1941–42): *L'anomalia regionale della gravità nell'Appennino e nel avampaese appenninico bolognese.* Mem. R. Accad. Sci. Ist. di Bologna, Ser. 9, *9*.

EARDLEY, A. J. (1946): *Petroleum Geology of Aquitaine Basin, France.* Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol., *30*, No. 9, Sept. 1946, pp. 1517–1545.

FLANDRIN, J. (1948): *Contribution à l'étude stratigraphique du nummulitique algérien.* Bull. Serv. Carte géol. de l'Algérie, 2e Sér. stratigrafique, No 18, Alger, 340 p.

FORNASINI, C. (1883): *Nota preliminare sui foraminiferi della marna pliocenica del Ponticello di Savena nel Bolognese.* Boll. Soc. Geol. ital., 11.

GANDOLFI, R.: siehe PETTERS, V.

GORTANI, M. (1927): *Note geologiche sui colli bolognesi.* Rend. R. Accad. Sci. Bologna, Ser. 1 e Ser. II.

— (1928): *Ipotesi e teorie geotettoniche.* G. Geol., Ann. R. Museo Geol. Bologna, *3*, pp. 1–133.

HEDBERG, H. D. (1926): *Effect of Gravitational Compaction on Structure of Sedimentary Rocks.* Bull. amer. Ass. Petrol. Geol. *10*, No. 11 a, Nov. 1926, pp. 1035–1072.

HEIM, ARN. (1942): *Lebende Diapire in den südöstlichen Molukken.* Ecl. geol. Helv., *35*, Nr. 2, pp. 225–233.

KOBER, L. (1927): *Beiträge zur Geologie des Nordapennins und der angrenzenden Alpen.* Ber. Akad. Wiss., Wien.

KREJCI-GRAF, K. (1929): *Die rumänischen Erdöllagerstätten.* Schriften aus dem Gebiet der Brennstoff-Geologie, Hg. von Dr. O. Stutzer, 1. H., Ferd. Enke, Stuttgart.

LEHNER, E. (1946): *Age of the Saline Series in the Punjab Salt Range. Some tectonic aspects of the problem.* Proc. nat. Acad. Sci. India, *16*, Parts 2–4, pp. 74–83.

LIPPARINI, T. (1932): *Fauna a foraminiferi dello «Schlier» bolognese.* Boll. Soc. geol. ital., *51*, pag. 237, Roma.

— (1933): *Molluschi nuovi, o non noti, nello «Schlier» (elveziano) bolognese.* Boll. Soc. Geol. ital., *52*.

— (1935–36): *Nummuliti da Reggio Emilia.* Atti R. Accad. Sci. Torino, Cl. Sci. fis. mat. nat., *71*, Tomo I, Torino.

— (1936): *Calcare a nummuliti e alveoline del luteziano negli argillo-scisti dell'Appennino bolognese.* Boll. Soc. Geol. ital., *55*, p. 357–374.

— (1944): *Studi stratigrafici e tettonici dell'Appennino settentrionale.* Boll. R. Uff. Geol. Ital., *69*.

— (1945): *Microfauna turoniana a globotruncana delle argille scagliose di Savigno (Bologna).* Boll. Soc. Geol. ital., *64*, p. 20.

MADDALENA, L. (1929): *Risultati geologici dell'attraversamento dell'Appennino tosco-bolognese colla grande galleria della direttissima Bologna–Firenze.* Rend. Accad. Lincei.

— (1930): *Studi geologici inerenti alla costruzione della grande galleria attraverso l'Appennino tosco-bolognese per la linea direttissima Bologna–Firenze.* C. R. int. geol. Congr. 15, pp. 495 a 503, Pretoria.

MANZONI, A. (1878): *Gli echinodermi fossili dello Schlier delle colline di Bologna.* Denkschr. Akad. Wiss. Wien, *39*, pp. 149–164, 4 pl.

— (1880): *Gli echinodermi fossili della molassa serpentinosa.* Denkschr. Akad. Wiss., Wien, *42*, pp. 185–190, 3 pl.

MARCHESINI, E. (1940): *Osservazione geologica dall'Aereo (aspetti legati alla natura degli affioramenti nel basso Appennino bolognese).* Riv. Univ., N. 12, Dic. 1940.

MERLA, G. (1948): *Le argille scagliose della zona di Firenze e la tettonica del Macigno da S. Donato in collina a Monte Scalari.* Boll. Soc. geol. ital., *67*, pp. 3–28.

MIGLIORINI, C. (1948): *I cunei composti nell'Orogenesi.* Boll. Soc. geol. ital., *67*, pp. 30–142.

PETTERS, V. & GANDOLFI, R. (1948): *Contributo alla conoscenza dei foraminiferi oligocenici nel versante nord dell'Appennino settentrionale.* Riv. ital. Paleont. e Stratigr., *54*, Fasc. 3, Milano.

REEVES, F. (1946): *Origin and Mechanics of the Thrust Faults Adjacent to the Bearpaw Mountains, Montana.* Bull. geol. Soc. Amer., *57*, pp. 1033–1047.

RUGGIERI, G. (1941): *Il Calabriano e il Siciliano nella Valle del Santerno.* G. Geol., Ser. 2, *15*, Bologna.

SACCO, F. (1935): *Note illustrative della carta geologica d'Italia, fogli di Bologna e Vergato.* Roma, Ist. Poligr. dello Stato, Libreria.

SANGIORGI, D. (1896): *Il tortoniano dell'alta valle dell'Idice.* Riv. ital. Paleont.

SCHEFFER, V. (1942): *Sull'impiego dei gravimetri in zone montagnose.* Riv. ital. Petrolio, Aprile 1942.

SELLI, R. (1943–44): *Una microfauna eocenica inclusa nelle argille scagliose del Passo dell'Abbadessa (Ozzano, Bologna).* G. Geol. Ann. Mus. Geol. Bologna, Ser. 2, *17*, Bologna.

SIGNORINI, R. (1941): *La serie stratigrafica cenozoica tra Pianoro, Loiano e Vado nel bolognese.* Rend. R. Accad. Ital., Sci. Fis. (VII), III, Roma.

STAUB, R. (1949): *Betrachtungen über den Bau der Südalpen.* Ecl. geol. Helv. *42*, Nr. 2, pp. 215–408.

TEICHMÜLLER, R. (1932): *Der Apenninflysch und seine Probleme.* Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, math.-phys. Kl., Fachgruppe IV (Geologie), n. 28. pp. 418–448.

— (1935): *Der Deckenbau des Nordapennins zwischen Modena und Massa Carrara.* Abh. Ges. Wiss. Göttingen, math.-phys. Kl., III. Folge, H. 13, pp. 1–61.

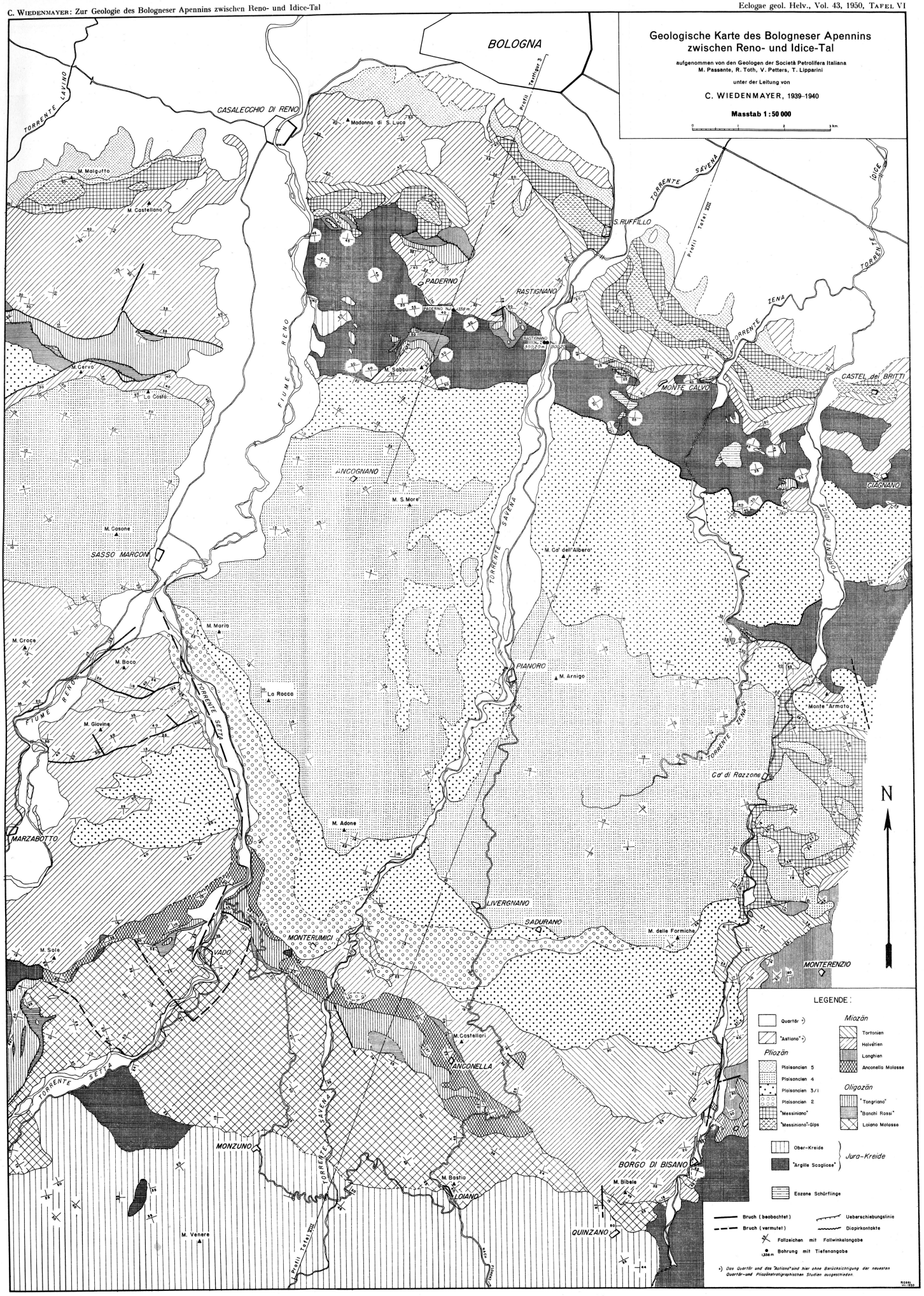
TERCIER, J. (1947): *Le Flysch dans la sedimentation alpine.* Ecl. geol. Helv., *40*, N. 2, pp. 163–198.

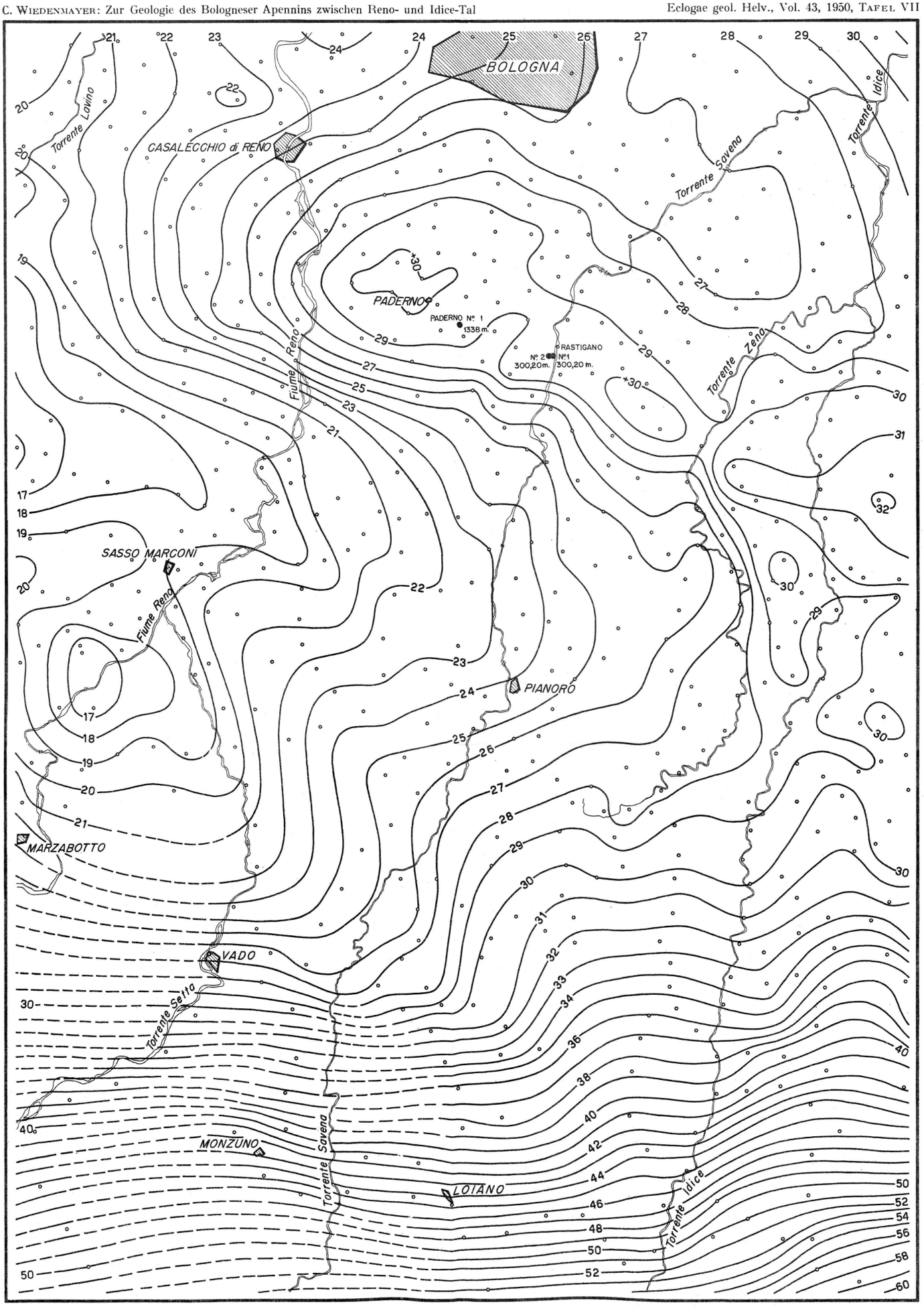
UFFICIO GEOLOGICO D'ITALIA (1929–31): *Carta Geologica d'Italia*, Scala 1:100000, Foglio 87, Bologna. Aufnahme F. SACCO, 1892, revidiert 1923.

— (1932–33): Foglio 98, *Vergato.* Aufnahme F. SACCO, 1892, revidiert 1923.

VIENNOT, P. (1927): *Pyrénées Occidentales Françaises.* Bull. Serv. Carte géol. France, N. 127, N. 163, *30*.

VONDERSCHMITT, L. (1940): *Bericht über die Exkursion der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft in den Süd-Tessin.* Ecl. geol. Helv. *33*, Nr. 2, pp. 205–219.


Geologische Karte des Bologneser Apennins zwischen Reno- und Idice-Tal
aufgenommen von den Geologen der Società Petrolifera Italiana
M. Passante, R. Toth, V. Petters, T. Lipparini
unter der Leitung von
C. WIEDENMAYER, 1939–1940
Masstab 1:50 000
0 1 2 3 km
BOLOGNA
CASALECCHIO DI RENO
TORRENTE LAVINO
Profil Taf. VIII
Madonna di S. Luca
M. Malgutto
M. Castellano
TORRENTE SAVENA
S. RUFFILLO
IDICE
TORRENTE
Profil Taf. VIII
PADERNO
RASTIGNANO
TORRENTE ZENA
FIUME RENO
M. Cervo
La Costa
M. Sabbuino
MONTE CALVO
CASTEL dei BRITTI
LINCOGNANO
M. S. Moré
CIAGNANO
M. Gasone
SASSO MARCONI
M. Ca' dell'Albero
TORRENTE SAVENA
TORRENTE IDICE
M. Mario
M. Croce
M. Baco
PIANORO
M. Arnigo
La Rocca
FIUME RENO
TORRENTE SETTA
M. Giovino
Monte "Armato"
TORRENTE ZENA
Ca' di Razzone
N
MARZABOTTO
M. Adone
LIVERGNANO
SADURANO
M. delle Formiche
M. Sole
MONTERUMICI
VADO
MONTERENZIO
M. Castellari
ANCONELLA
TORRENTE SETTA
MONZUNO
TORRENTE SAVENA
BORGO DI BISANO
M. Bastia
M. Bibele
LOIANO
QUINZANO
M. Venere
Profil Taf. VIII
LEGENDE:
Quartär *)
"Astiano" *)
Pliozän
Pliocaenien 5
Pliocaenien 4
Pliocaenien 3/1
Pliocaenien 2
"Messiniano"
"Messiniano"-Gips
Miozän
Tortonien
Helvétien
Langhien
Anconella Molasse
Oligozän
"Tongriano"
"Banchi Rossi"
Loiano Molasse
Ober-Kreide
"Argille Scagliose"
Jura-Kreide
Eozane Schürflinge
Bruch (beobachtet)
Bruch (vermutet)
Ueberschiebungslinie
Diapirkontakte
Faltzeichen mit Fallwinkelangabe
Bohrung mit Tiefenangabe
1,338 m
*) Das Quartär und das "Astiano" sind hier ohne Berücksichtigung der neuesten Quartär- und Pliozänstratigraphischen Studien ausgeschieden.



Schwerekarte des Bologneser Apennins

42 / 44 Linien gleicher Bouger'scher Schwereanomalien mit Werten in Milligal

o Mess-Stationen

N°2 ● Versuchsbohrung mit Tiefenangabe 300,20m

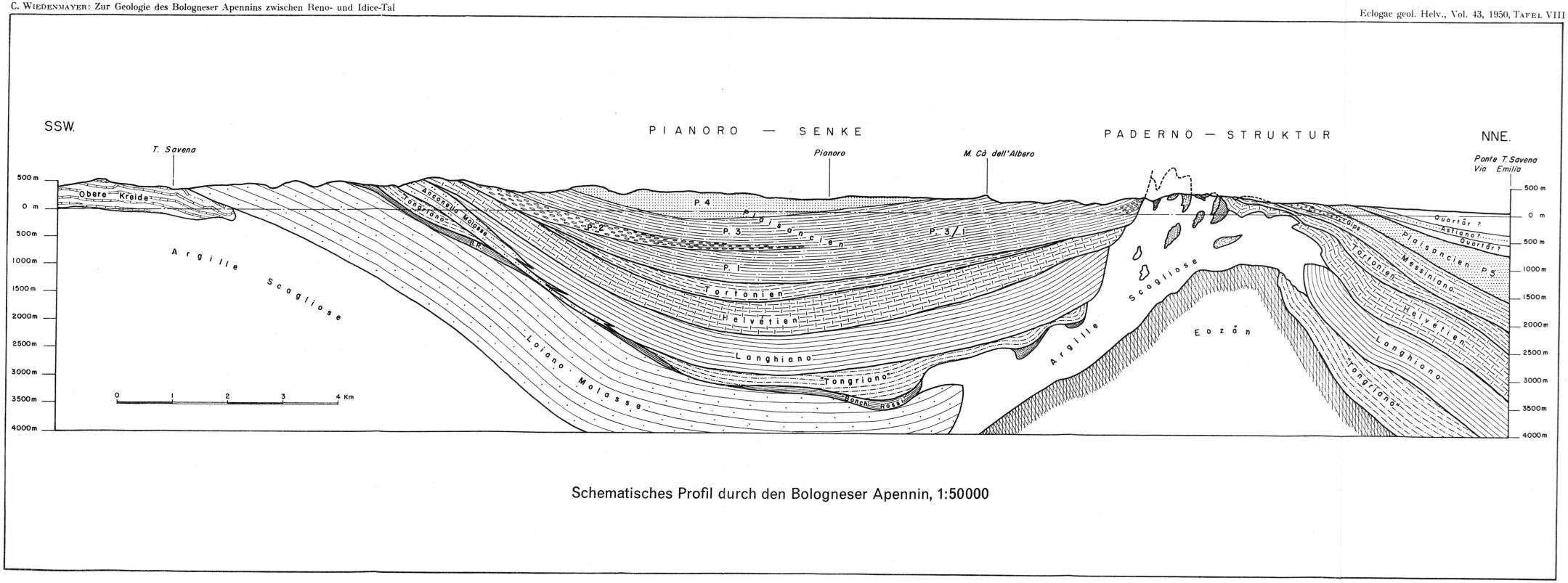
Masstab 1 : 75 000

0 0,5 1 2 3 4 Km.

Messungen ausgeführt mit Humble-Truman- und Humble-Boucher-Gravimeter

Gravimetrische Werte bezogen auf die Basis-Station der „Società Petrolifera Italiana" in der Nähe von Parma mit Wert = 0. (Absoluter Wert dieser Station bezogen auf die Pendelstation Padua = −149,4 Milligal.)

Eclogae geol. Helv., Vol. 43, 1950, TAFEL VIII



Schematisches Profil durch den Bologneser Apennin, 1:50000