

Was lehrt uns das Pliozän von Agrigento über mesozoische Sedimente?

Nebst einer antiquarischen Studie.

Von W. DEECKE in Freiburg i. Br.

(Mit 1 Textabbildung)

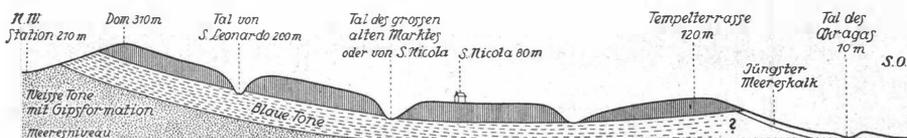
Bei einer Frühlingsfahrt 1931 nach und durch Sizilien hielt ich mich einige Tage in Girgenti, heute Agrigento genannt, auf. Es bot sich dort Gelegenheit, in trefflichen neuen Aufschlüssen die jungtertiären Sedimente etwas zu studieren und einen Vergleich mit viel älteren, faziell ähnlichen mesozoischen Gesteinen Mitteleuropas vorzunehmen. Darüber möge kurz berichtet werden.

Der geologische Bau der Gegend von Agrigento ist einfach und klar. Nördlich der Stadt, schon dicht bei der Eisenbahnstation am Fuße des Stadthügels, zeigen sich die Gips führenden Lagen des Obermiozäns mit ihren Schwefelgruben (Solfare), von denen nur wenige heute noch den Betrieb lohnen. Auf dem schwefelhaltigen Komplex ruht eine bis 150 m dicke Lage eines weißen Foraminiferen-Mergels, der den Wiedereinbruch des Meeres und zugleich den Beginn des Pliozäns im gesamten südlichen Sizilien bezeichnet. In diesen weichen Massen verläuft das Tal des Solano nördlich von dem Bergkamm Girgentis. Sie schmiegen sich nach BALDACCI¹⁾ stets eng an die Aufpressungen und Falten der liegenden Gipsformation an, so daß daraus auf eine dem Mittelpliozän vorangehende tektonische Phase geschlossen wird. Obwohl diese Schichten eine im ganzen steile Neigung 40—50° haben sollen, treten sie weiter südlich am Meeresufer bei Porto Empedocle wieder hervor, so daß sie beiderseits das mittlere und obere Pliozän des Girgentiner Stadtgebietes umfassen. Es legt dies alleine schon die Existenz einer breiten flachen Falte mit W—Olichem Streichen nahe. — Das übrige Pliozän besteht unten aus einer Lage blauer, nicht sehr fossilreicher Tone und oben aus einem gelbbraunen, tuffartigen, muschelreichen Strandkalk, der leicht mit einem gerade so aussehenden jüngeren, d. h. quartären Gebilde verwechselt werden kann. Die blauen Tone und der feste Muschelkalkstein bilden den langen, W—O streichenden Kamm, auf dem die heutige Stadt und die Rupe Atenea liegen. Der Grat zieht sich von Siculiana bis zur Naro-Mündung, so daß die Hügel je jenseits der Fiume Drago und Fiume Belice zu dem System gehören und nur durch diese beiden tief eingeschnittenen Bäche davon abgegliedert sind. Darauf beruht die für die griechischen und römischen Zeiten außerordentlich feste Lage der alten Stadt, welche auch

¹⁾ BALDACCI, L.: *Descrizione geol. dell'Isola di Sicilia. Memor. descrittive della carta geol. d'Italia 1886, S. 110—118, 248—249.*

von Karthagern und Römern nur durch Verrat und Mutlosigkeit der Bewohner nach monatelanger Belagerung erobert wurde.

Der härtere Muschelkalkstein krönt über dem sanfteren, durch die weißen Mergel und blauen Tone gebildeten Hang als steile Wand den Stadthügel gegen Nord, gerade so wie bei uns der Hauptmuschelkalk die Anhydritgruppe und den Wellenkalk oder der *Murchisonae*-Sandstein die unterteufenden *Opalinus*- und Liasschichten. Diese harte Platte ist vom Kamm mit etwa 20° südwärts geneigt, nimmt in der Mitte des alten Stadtgebietes bei der Kirche S. Nicola flachere Neigung (10°) an und wird fast eben oder sogar leicht nördlich fallend bei der Reihe der Tempel am Südrande von Akragas. Die Zahlen geben dies klar wieder: Die Eisenbahnstation liegt auf 203 m; der 1000 m südlichere Kamm hat beim Dom 326 m, auf der Spitze der Rupe Atenea 351 m, 1500 m vom Grat nach Süden bei S. Nicola hat man ca. 150 m und abermals 750 m weiter bei den Tempeln der Juno und Concordia 120 m. Längs der Stadtmauer bricht die



Querschnitt durch das Stadtgebiet von Agrigento vom Bahnhof zum Meere.
Die Gipsformation und weißen Mergel im Liegenden sind nicht getrennt.

Gesteinsplatte steil um 30—35 m ab, und es beginnt die von quartärem Muschelkalkstein bedeckte Strandebene. Das Gebiet der alten Stadt ist also eine unsymmetrische, breite Mulde mit steilerem Nord- und flachem Südschenkel. Dieser schwache, mit einem stärkeren Aufsteigen des landeinwärts gelegenen Streifens verbundene Zusammenschub hat frühestens im Mittelpliozän, wahrscheinlich nach Ablagerung der blauen Tone, begonnen und sich bis zum Quartär fortgesetzt. In der wechselnden Neigung der Muschellagen, die an mehreren Stellen längs des Reitweges Stadt—S. Nicola hervortritt, erkennt man, daß diese Hebung ruckweise geschah, und daran, daß die jüngsten Strandkalke bis 70 und 80 m emporreichen, daß die Bewegungen bis in die jüngste geologische Zeit weitergingen. Man hat den antiken Hafen östlich vom heutigen Porto Empedocle an der Mündung der beiden Bäche (Fiume di S. Leone) gesucht, und es ist gar nicht unmöglich, daß dort seit 2000 Jahren erhebliche Umgestaltung der Uferlinie und ein vollständiges Verschwinden einer für griechische Schiffe geeigneten Landestelle vor sich gingen. Im Oberpliozän mag der gerade Steilrand längs der Tempelreihe und südlich vom unteren Fiume Drago (Hypsas) das Meeresufer gewesen sein und dadurch die Anlage seiner Gestaltung empfangen haben. Die Gewinnung von Steinen für Tempel und Stadtmauern und das Bedürfnis zu stärkerer Befestigung haben durch künstliche Abgrabungen diesen Erosionsrand verschärft.

Soweit ich sehen konnte, ist die Mächtigkeit der festen Muschelkalksteinplatte 25—30 m, während sie im Westen der Insel (Selinus) bis auf 100 m ansteigen soll. Unter ihr liegt der blaue Ton. Das ist nun von größter Bedeutung für die alte Stadt gewesen. Er hält nämlich das in den

Kalktuff eindringende und versinkende Niederschlagswasser und erzeugt damit auf sich einen Wasserpegel, der auch bei Belagerungen den Bewohnern das unentbehrliche Naß zu spenden vermochte. Diese geologisch-antiquarische Frage möchte ich zunächst etwas ausführlicher behandeln.

Ich sagte eben, daß das Stadtgebiet eine asymmetrische Mulde darstellt; dann haben wir eine O—W gerichtete Muldentiefe in der Gegend der schon erwähnten Kirche S. Nicola ungefähr in der Mitte zwischen der Tempelreihe im Süden und der Rupe Atenea im Norden. Dort kommen tatsächlich in tieferen Anrissen die blauen Mergel zum Vorschein, dort entspringen Quellen und Bäche, welche die hangende Platte tief zerfurchten, und vor allem dort der Fonte dei Greci. (Sorgiva Bonamurone), aus der nach BAEDCKER noch heute Trinkwasser für die Stadt gewonnen wird. Dieser und andere jetzt vielleicht verfallene Brunnen müssen die Stadt genügend versorgt haben, da sie sich bei den Belagerungen durch die Karthager und Römer kaum monatelang hätte halten können. Man bedenke, daß es in dieser Gegend von Mai bis Oktober oft gar nicht regnet. Auch in der modernen Stadt sieht man überall Vorrichtungen, um das herbstliche und winterliche Regenwasser von den Dächern aufzufangen und in Zisternen zu leiten. Wie es im Appennin der Basilicata üblich ist, sammelten sich an wirklichen Quellbrunnen die die Wasser holenden Frauen und die Tonnen oder große Krüge tragenden Esel und Maultiere. Das war bei der obengenannten Fontana dei Greci nach Schilderung von J. SCHUBRING noch 1870 der Fall, desgleichen an einer zweiten Stelle direkt unterhalb der Stadt, bis eine moderne Wasserleitung geschaffen war. Obwohl es im Sommer kaum regnet, sind die jährlichen Niederschläge keineswegs gering, z. B. in Sciacca 565 mm. Zwar läuft bei der Heftigkeit der Güsse und der Steilheit der Hänge sehr viel sofort ab, aber es bleibt doch eine erhebliche Menge in der porösen Decke. Man kann eine summarische Rechnung vornehmen. Der antike Stadtbezirk mißt rund 4 qkm, also 4 Millionen Quadratmeter. Auf diese fällt im Jahre $\frac{1}{2}$ cbm Regen, also auf das ganze Areal 2 Millionen Kubikmeter. Nimmt man an, daß nur $\frac{1}{3}$ einsickert, so vermögen die Quellen nur rund 600 000 cbm zu liefern. Zur Zeit der höchsten Blüte hatte Akragas 20 000 wehrfähige Männer; daraus hat man mit Frauen, Kindern und Sklaven auf 200 000 Einwohner geschlossen, also auf den Kopf 3 cbm = 3000 l, auf den Tag 8 l. Das ist herzlich wenig, weil dabei das gesamte Vieh und die Wasser verbrauchenden Betriebe nicht berücksichtigt worden sind. Daher versteht man, daß SCHUBRING²⁾ in seiner Topographie des alten Akragas zahlreiche Reste von Wasserleitungen einzeichnet, die wahrscheinlich, da sie vielfach mit den Bachrinnen zusammenfallen, deren Ablauf sammelten, und ihn bestimmten größeren Reservoirs zuführten, bis schließlich beim Castor- und Pollux-Tempel an dem natürlichen Auslauf aller dieser Niederschläge das Ganze in einem durch Steinbrucharbeit erweiterten Talstück gestaut wurde. Das ist die sogenannte Piscina, der Fischteich, von dem die alten Schriftsteller berichten und den sie gleichsam als einen großen Luxus betrachteten, wie es deshalb auch die neueren Historiker

²⁾ SCHUBRING, J.: Historische Topographie von Akragas. Leipzig 1870. S. 28—38.

HOLM, A.: Geschichte Siziliens im Altertum. Bd. 1, 1870, S. 138 und 395; Bd. 2, 1874, S. 87—93, S. 425—426.

tun. Diese Piscina lag innerhalb der Mauern und war unzweifelhaft ein sehr wichtiges Reservoir, aus dessen Inhalt u. a. vor allem das Vieh getränkt werden konnte. Daß man Fische darin hielt, läßt sich ebenfalls begreifen, weil diese Tiere das Wasser von allen möglichen schädlichen Stoffen und anderen Lebewesen säubern; im Schwarzwald sieht man in vielen Brunnenstuben der Bauernhöfe Forellen, die dort hingestellt wurden, um das Wasser reinzuhalten von allem möglichen kleinen Viehzeug und durch ihr Leben die Güte des Wassers anzuzeigen. Diese Piscina faßte viele tausend Kubikmeter, da sie ca. 20 m tief, über 120 m breit und 360 m lang ist.

Es wird berichtet, daß nach der Niederlage der Karthager bei Himera durch den Tyrannen Gelon von Syrakus die Agrigentiner so zahlreiche Gefangene machten, daß sie durch diese Sklaven viele unterirdische Gänge und die Dämme eben jener Piscina bauen lassen konnten. Die unterirdischen Gänge durchziehen von Süden nach Norden das gesamte Stadtplateau und münden fast alle in jenen Teich. SCHUBRING hat sie besucht, möglichst auf seiner Karte verzeichnet und hält sie mit Recht für Wasserleitungen, während andere darin Kloaken sehen. Auch die Fontana dei Greci ist das Ende eines solchen längeren, gegen die Rupe Atenea bergwärts führenden Wasserstollens, von dem aus seitlich zahlreiche Querschläge abgehen. Dieser Kanal liegt an der Grenze von blauem Ton und Tuffkalk, ist im Bereiche des weichen Tons voll mit Quadern ausgesetzt, im Kalk nur ausgebrochen. Viele Stollen unter der heutigen Stadt sind ebenfalls mit Ton erfüllt. Man sieht, daß gerade die Grenze beider Gesteine, d. h. der Grundwasserpegel sorgfältig und genau aufgesucht worden ist, um jeden Tropfen des Wassers aufzufangen. Unterirdische Steinbrüche sind diese Gänge nicht, obwohl das bei ihrer Anlage geförderte Material zum Hausbau benutzt sein mag. Wenn es sich nur um die Steine gehandelt hätte, wären solche oberirdisch viel bequemer zu gewinnen gewesen. Daß hier schon im vierten Jahrhundert v. Chr. so umfangreiche unterirdische Arbeiten zur Wassergewinnung geleistet worden sind, kann uns ebenfalls nicht wundernehmen, da ja schon viel früher in Griechenland und durch POLYKRATES in Samos dergleichen geschaffen wurde. Auch Syrakus ist gleichzeitig oder nur wenig später von solchen Leitungen unter Tag durchzogen worden. —

So erhält von geologisch-morphologischem Standpunkte aus gesehen manche aus dem Altertum überlieferte Notiz eine ganz neue Bedeutung und eine berechtigte Begründung.

Nun gelangen wir zu den faziellen Resultaten. Die weißen, bis 150 m dicken Foraminiferen-Mergel sind heute noch weich und leicht zerstörbar. Sie erinnern an die Schreibkreide und außer durch die zahllosen Protozoen auch darin, daß als Hauptfossilien Austern und einige Brachiopoden angegeben werden (*Terebratula calabra* SEG., *Rhynchonella bipartita* BOR.). Es ist also zweifellos eine der Kreide ähnliche Gesteinsbildung; ähnlich ferner dem Plänermergel und dem alpinen oberkretazischen Seewerkalk. In diesen Gesteinen wimmelt es von Globigerinen, Orbulinen, Rotaliden, Textularien und Lageniden, die durch einen feinen Kalkschlamm zusammengehalten werden. Schon nach Abschlämmen der Schreibkreide bemerkt man unter dem Polarisationsmikroskop, daß

dieser feine Schlick zum Teil deutlich kristallinisch geworden ist; beim Plänerkalk hat der diagenetische Prozeß zu stärkerer Verkittung geführt, und beim Seewerkalk hat der Druck und der sonstige Einfluß der alpinen Faltung zur Entstehung eines festen, semikristallinen Kalksteins unter Ausscheidung der durch Bitumen dunkel gefärbten Schlieren und Flammen geführt. Ursprünglich war sicher zwischen diesen heute so ganz verschieden aussehenden Gesteinen kein großer Unterschied, und man darf daher eine Bildungsweise unter ähnlichen Bedingungen annehmen, und zwar um so mehr, als lokal diese sizilianischen Sedimente die Neigung haben, in einen hellen Kalkstein überzugehen. Kleine Konkretionen von Pyrit stellen sich ein und erinnern an die dem Pläner und der Schreibkreide eingestreuten Schwefelkiesknollen. Die Bildungsweise der pliozänen Foraminiferen-Mergel (sogen. Trubi) haben wir uns folgendermaßen zu denken. Sie deuten ein Übergreifen des Meeres über das Salzpfannen-, also wohl Strandlagunen-Gebiet des Obermiozäns an, d. h. einen Beginn positiver Bodenbewegungen. Dieselbe hat sich zweifellos langsam vollzogen, und die Küstenströmungen haben bedeutende Mengen von Foraminiferensand nebst dessen Zerreibungsschlamm in stille Buchten und Senken hineingeschwemmt. Die See wird immer flach geblieben sein, jedenfalls niemals große Tiefe erreicht haben, obwohl schließlich die Absenkung eine Mächtigkeit dieser Schichten von 150 m gestattete. Solche Foraminiferensande kennen wir ja rezent von der Adriatischen Küste bei Rimini, von den Nikobaren im Indischen und von den Samoa-Inseln im Stillen Ozean. Je weiter landeinwärts in Sizilien (Caltanissetta), um so unreiner werden die Massen durch Einschwemmungen, selbst größerer Trümmer aus dem Eozänflysch, der das Nordufer der damals vorrückenden See bildete. Dies pliozäne Meer war noch warm und daher reich an kalkschaligen Protozoen, von denen die sessilen Tiere wie Austern, Brachiopoden und Balaniden lebten.

Wir haben in der oberen Kreide Mitteleuropas denselben Vorgang einer langsamen, lange andauernden Senkung, sowohl innerhalb der baltischen Geosynklinale, als auch im alpinen Gebiet. Damals kann ebenfalls das Meer jeweils nicht sehr tief gewesen sein, obwohl die Mächtigkeit der oberen Kreide mehrere hundert Meter erreicht. Warm war es auf jeden Fall, jedoch nicht sehr warm, weil die Hippuriten in Norddeutschland nicht heimisch wurden. Das ursprüngliche Sediment war auch ein Foraminiferensand, der beiderseits der mitteleuropäischen Oberkreide-Insel durch Strömungen verfrachtet und zuletzt auf dem mit Bryozoen und anderen sesshaften Tieren bedeckten Boden zur Ablagerung kam. Man hat immer wieder in der Schreibkreide etwas ganz Besonderes gesehen, hat sie als ein sogen. Leitgestein ihrer Epoche erklärt. Ich halte das nicht für richtig, weil die tertiären hellen Foraminiferen-Mergel kaum von ihr abweichen. Das Wesentliche liegt vielmehr darin, daß die von Nordfrankreich und Südingland bis Polen sich erstreckende weite flache Mulde bisher niemals einem kräftigen Zusammenschub ausgesetzt worden ist und deshalb nur eine geringe Diagenese ihrer Sedimente erfuhr. Das gilt nicht nur für die Kreide, sondern auch für die eogenen Sande, Tone, Konglomerate und Kohlen dieses Zuges. Der Seewerkalk würde zur Schreibkreide etwa stehen wie die Glarner Fischschiefer zum *Meletta* und *Amphisyle* führenden Septarienton Norddeutschlands und Belgiens.

Von den blauen Tonen reden wir später und betrachten zunächst den muschelreichen Kalktuff. Durch zahlreiche Anbrüche, alte und neue Steingruben und Abgrabungen längs der Wege und durch Fundamentierungen von Häusern in einem werdenden Stadtteil lassen sich ausgedehnte Einblicke in die Beschaffenheit, Lagerung und Entstehungsart dieses Gesteins tun. Es ist das Material, aus dem die griechischen Kolonisten ihre Stadtmauern und Tempel errichteten und das, leicht zu bearbeiten, ihnen überall in ihrem Stadtbereich ober- wie unterirdisch zu Gebote stand. Seine Farbe ist gelbbraun im frischen bergfeuchten Zustande und bleicht an der Luft etwas aus; es ist im Lager weich und mit Hacke oder Beil zu zerlegen, wird später hart und tragfähig; durch viele Hohlräume erscheint es tuffartig und ist wasserdurchlässig. Schichtung ist in der Regel deutlich, und zwar durch zahllose eingeschaltete Muscheln (*Ostrea*, *Pecten*), jedoch vielfach unregelmäßig als Kreuzschichtung entwickelt oder durch Bryozoen, Serpeln und Vermetiden-Knollen gestört. Fast alle Fossilien sind zerbrochen und gerollt, die Schnecken, viele Muscheln (Pano-paeen, Veneriden, Pectunculiden) nur als Steinkerne erhalten, da die Schalen seit der Hebung der Platte durch Auslaugung zerstört wurden. Es ist gar kein Zweifel, daß diese Kalkmassen durchweg dem flachen Strandgebiet des pliozänen Meeres entstammen (BALDACCI hält sie für oberpliozän), und daß diese Bildungsweise während der ganzen Zeit ihrer Ablagerung bestehen blieb, obwohl an anderen Punkten der Insel die Mächtigkeit bis zu 100 m anwächst. Es macht aber den Eindruck, als wenn die nördlicheren Teile schon gehoben seien, während im südlicheren Streifen der Absatz der Tuffe weiter ging. Das Fallen der Bänke differiert an manchen Stellen ganz erheblich. Die Mächtigkeit steigt also von Norden nach Süden und beweist in ihrer Gesamtheit keineswegs ein etwa 100 m tiefes Meer. Wir haben gegenwärtig entsprechende Vorgänge an der sizilianischen Nordküste bei Palermo, wo ganz junge Strandterrassen mit durchweg rezenten Muschelarten bis 19 m über dem Meere liegen, in welchem sich aus Kalksand und toten Schnecken ein ganz gleiches Sediment entwickelt. Auch bei Girgenti ist der jüngere (quartäre) Strandtuff schwer von dem pliozänen zu trennen.

Ich habe dies Gestein etwas ausführlicher geschildert, weil ich damit den nun folgenden Vergleich, der mir dort sofort einfiel, begründen möchte. Dieser marine Strandtuff gleicht in sehr vielen Eigentümlichkeiten dem Hauptoolith des süddeutschen Doggers, den Oolithkalken des norddeutschen oder nordschweizerischen Malms und manchen Erscheinungsformen des Urgons. Denkt man sich aus dem Hauptoolith die das Ganze durchziehenden feinen und groben Kalzitadern und -kristalle weg, bleibt ein gerade so rauher und poröser Tuffkalk übrig. Gleich sind ferner die häufige Kreuzschichtung, die z. B. prachtvoll in den oberen Teilen des Hauptooliths im Berner und Basler Jura vorkommt, gelegentlich verschiedenes Fallen im Liegenden und Hangenden der Komplexe und der Wechsel in der Mächtigkeit nach bestimmten Richtungen. Wie dieser pliozäne litorale Tuffkalk gegen Norden abnimmt und gegen Westen auf 100 m steigt, so der Hauptoolith vom Unterelsaß und Mittelbaden mit 30 m nach Süden bei Freiburg auf 40—50 m und im Schweizer Falten- und französischen Tafeljura auf 100 bis 120 m. Dem Innern Siziliens entspricht das Gebiet vom Pfälzer Hardt—Odenwald und das Rheinische Schiefer-

gebirge. Ansätze zu einer Oolithstruktur sah ich auch bei Girgenti, aber, da sich rezente Oolithe nur bei Suez, auf den Bahamas bilden, dürfte das pliozäne Mittelmeer nicht mehr genug Wärme für diese Art Sediment besessen zu haben. — Dagegen läßt sich eine Parallelisierung der Faunen bis in die Einzelheiten hinein durchführen. Im Hauptoolith zeigen sich zahlreiche Einlagerungen von großen und kleinen Austern, von Pectiniden und Limen; oft besteht das Gestein aus einem Muschelgrus dieser Mono- und Heteromyarier, der vielfach lose verbacken ist. Es zeigen sich Streifen mit Serpuliden (*Serp. socialis*), die am Aufbau keinen geringen Anteil haben; Vermetiden fehlen in der Juraformation noch. Bohrende Mytiliden (*Lithodomus*) sind reichlich vertreten, wie später die Pholaden; Bryozoen erscheinen einzeln oder als Knollen oder Rasen, wie der Kalktuff voll davon steckt. Die Mumienschichten des Rogensteins sind Analoga zu den Bryozoen und vor allem zu den Lithothamnienknollen, von denen einzelne Bänke wimmeln. Alle aus Aragonit hauptsächlich aufgebauten Molluskenschalen sind auch im Oolith meistens verschwunden und nur die Austern, Pecten, Limen, Gervillien und Mytiliden vollständiger erhalten. An Stelle der Montlivaultien und Thecosmilien haben wir im Pliozän die *Ceratotrochus* und verwandte Einzelkorallen, ebenso statt der Lagen mit Echinobrissiden (ganz und zertrümmert) die Spatangiden und *Echinocorys*-Gehäuse. Dieser obere Dogger führt lokal große Schnecken, wie *Bourguetia saemanni-striata* und *Purpuroidea* mit dicken Knoten, lange Nerineen (*N. basiliensis*), wofür im Pliozän *Purpura*, *Murex* und *Tritonium* eintreten, in der Regel wie die Bourgetien als Steinkerne. Die kleinen Gastropoden (*Cerithium*) sind den *Eburnea* und *Nassa*-Formen analog, wie die Pleurotomarien den reichlich vorhandenen *Turbo*-Individuen. Die Gruppe der Phodadomyen, Homomyen und Pleuromyen sind den jüngeren Tellinen, Mactriden, Myiden und Panopäen äquivalent, die geradeso als Steinkerne erhalten zu sein pflegen. Kurzum, die gesamte Fauna besitzt in beiden so verschieden alten Schichtserien durchaus den völlig gleichen Charakter, wenn man die verschiedenen Gruppen vikariieren läßt. Da nun der sizilianische Kalktuff zweifellos ein Strandsediment längs einer sich hebenden Küste nach einer vorausgehenden Senkung ist, müssen wir dem Hauptoolith dieselbe Entstehungsweise zuschreiben. Man hat dies wohl immer schon getan; nur einen so strikten Nachweis durch den Vergleich mit ganz jungen Schichten hat bisher noch niemand gebracht.

Als bis zu gewissem Grade dem Hauptoolith gleichartige Gebilde sehe ich den Korallenoolith Norddeutschlands, den Coralline Oolite Englands und den St. Verena-Oolith des Schweizer Juras an, welche alle am Rande sich hebender Gebiete entstanden und in ihrer Fauna und ihrem Habitus große Übereinstimmung zeigen. Man darf sogar dazu die an Tonbeimengung ärmeren muschelreichen Vorkommen des Pterocerien rechnen, wobei als Typus der berühmte Fritzwener Kalk von Fritzwor bei Cammin und Tripsow in Pommern gelten mag. Natürlich kann auch bei einer positiven Verschiebung eine Zeitlang, ehe das Meer zu tief wird, diese Fazies sich einstellen, weshalb ich in den oolithischen oder krümelig suboolithischen Kalken des Hauterivien bei Neuchâtel solche Absätze vermute. Oder es mag während einer Stillstandsphase der Senkung lokal solch kalkreicher Muschelgrus angehäuft werden. Dabei denke ich an die fossilreichen pseudoolithischen Bänke des Hauptmuschelkalkes, wofür im

Oolith des oberen Trochitenkalk bei Marbach, N. von Donaueschingen, ein Beleg gefunden werden kann. Eine mächtigere Serie solcher Art ist wenigstens stellen- und teilweise das Urgon, wo es sich nämlich aus unendlichen Bryozoen, Serpeln, Kalkalgen, Austern, Pectiniden und großen Schnecken aufbaut. In den alpinen Faltungsgebieten wurde es freilich tiefgründig diagenetisch verändert, bewahrte jedoch bei Orgon selbst noch manche Züge, die es jenem sizilianischen Kalktuff nahe bringen. Sehr gut paßt hierhin endlich die Tuffkreide von Maastricht, die noch locker und sehr porös und eine Anhäufung von Bryozoen, Serpeln und Mollusken ist, unter denen Austern und Pectiniden vorwalten. Der Steinbruchbetrieb und die Verwendung des Materials sind fast dieselben wie bei Girgenti, sogar darin, daß ausgedehnte unterirdische Gänge und Kammern angelegt wurden.

Der pliozäne Tuffkalk ist bestimmt die Ablagerung einer normalen, einer dem heutigen Mittelmeer nahe verwandten See. Denken wir uns aber nun ein eindampfendes, abgeschlossenes Becken, dann erhalten wir Dolomit oder kristallinen Kalk und gewinnen damit den Anschluß an den Zechsteindolomit, an manche Muschellagen des Trigonodus-Dolomites und an den Grenzdolomit unter dem Gipskeuper. In einem umgekehrt ausgesüßten, daher kalkarmen Binnenmeere, wie es die pontische See Osteuropas war, wo die Dünnschaligkeit der Cardien und anderer Schalentiere den Mangel an Kalk dartut, gibt es nur lockere Muschelhaufen (Congerienschichten der Pontusumrandung). Man sieht, daß der Gesamthabitus wertvolle Fingerzeige auf die speziellen Bildungsbedingungen solcher Ablagerungen darbietet. Deshalb tragen auch diese oberpliozänen und quartären Schichten Süditaliens, Griechenlands, Kleinasiens und Spaniens einen so einheitlichen Charakter.

Wir wenden uns nun den oben übergangenen Blauen Tonen (Argille azzurre) zu. Sie sind das Liegende des Tuffkalkes und tragen einen ganz anderen Habitus und sind auch im festländischen Italien (Latium, Calabrien) weit verbreitet. Es ist ein feines, sandiges, dunkelblaugraues Material mit vielen zarten Glimmerschüppchen und mit einer ebenfalls recht bezeichnenden, aber vom Hangenden stark abweichenden Fauna. Dem weichen, nachgiebigen Meeresboden gemäß haben wir es vorzugsweise mit kleinen Arten zu tun (*Nassa*, kleine *Buccinum*, *Dentalium*, *Chenopus* mit der verbreiterten Mündung, kleine *Natica*-Formen, *Venus multilamella*, deren rauhe Schalen im Schlamm fester sitzen, Corbuliden und Nuculiden). Wer denkt dabei nicht sofort an die Tafeln mit den Fossilien des Ornatentons in QUENSTEDT's Jura oder an die Tiergesellschaft in den Renggeritonen des Berner Juras oder an die Schiefertone des schwäbischen Lias β und δ ? Diese Schichten sind sicher fazielle Äquivalente der pliozänen Argille azzurre. Nur muß ermittelt werden, wie diese dunklen weichen Massen entstanden. Sie sind deutlich getrennt und ganz verschieden von den hellen Foraminiferen-Mergeln im Liegenden und dem festen, an großen Tiergehäusen reichen Kalktuff im Hangenden. Nach oben und unten ist die Grenze scharf, so daß gewissermaßen plötzlich eine gründliche Änderung des Meeresbodens eingetreten sein muß, und zwar auf weite Flächen hin, weil bis Mittelitalien die blauen Mergel sich erstrecken. Es muß das Meer tiefer gewesen sein und die Küste überall ferner, weil es an grobem eingeschwemmten Ma-

teriale fehlt. Das nehmen auch die italienischen Geologen durchweg an; nur darf man nicht an ganz große Tiefen denken. Schon der neapolitanische Meerbusen, der innerhalb Capris 200—250 m mißt, ist nach den Resultaten der Dredgefahrten, die von der Zoologischen Station gewonnen und von J. WALTHER bekanntgegeben wurden, durchweg mit einem zähen dunkelgrauen Schlamme bedeckt, über welchen die an Tier- und Pflanzenleben reichen Untiefen (Secchen) aufragen. Immerhin würde eine Hebung nur aus solcher Tiefe bis zum Flachgebiet eines Strandkalkes eine bedeutende Verschiebung anzeigen. Die Änderung gegen die weißen Foraminiferen-Mergel geschah ziemlich plötzlich, so daß man zunächst an eine schärfer einsetzende Absenkung des Bodens denken darf, aber bald darauf an eine gleichzeitig beginnende Hebung der zentralen Gipsregion. Denn davon, daß die blauen Tone dem Obermiozän ebenso in allen Bewegungen sich anschmiegen wie die Foraminiferen-Mergel, ist keine Rede. Zwischen dem Unter- und Mittelpliozän liegt eine tektonisch aktive Zeit, als deren Ergebnis eben das ganz neue Gestein auftritt. Am Ende dieser Tonablagerung muß sehr rasch eine Verflachung Platz gegriffen haben, da der recht unvermittelt einsetzende Tuffkalk nur am Strande sich gebildet haben kann. Die Bodenunruhe prägt sich bekanntlich in dem mittel- und unteritalienischen Vulkanismus aus, der in Latium, Campanien und wohl auch in Sizilien mit dem oberen Pliozän sich kräftig regt, wobei auf die ausgedehnten, das Pliozän überlagernden Basaltdecken zwischen Syrakus und Catania (bei Vizzini und Lentini) hingewiesen sei. Bei Licodia Euboea im SO der Insel ist Basalttuff an Stelle der blauen Tone die Decke der Foraminiferen-Mergel und das Liegende des marinen Tuffkalkes. An anderen Stellen ist eine ausgesprochene Diskordanz innerhalb des Mittelpliozäns nachweisbar (Caltagirone). Es ist also gar keine Frage, daß die so ganz verschiedenartige petrographische Beschaffenheit der Schichten in diesem Falle ein deutlicher Ausdruck tektonischer Vorgänge ist, die schließlich sehr bedeutende Wirkungen gehabt haben, weil der Tuffkalk an manchen Stellen heute 500—600 m über dem Meere liegt (Mte. Zabarino, Caltagirone u. a. a. O.).

Beachtenswert ist, daß längs der unteritalienischen Westküste bis nahe nach Reggio das Pliozän fehlt, das Gebirge also wohl in dieser Zeit hochrückte und recht bedeutende Höhen (1200 m) erreichte. Vom Golfo di Policastro an wanderte die Hebung südwärts und erreichte schließlich den Südrand Siziliens, dessen alt-oberpliozäne Uferablagerungen, wie eben angegeben, sogar noch 500 m über Niveau verschoben wurden. Mit diesen kalabrischen Hebungen hat sich ja vor kurzem W. SALOMON³⁾ beschäftigt. Mir aber scheint, daß dabei ein leichter, großwelliger Faltenwurf, wenigstens lokal mit entstand.

Wenden wir das, was wir hier an den recht jungen Bildungen konstatierten, auf die Juraformation oder Kreide Mitteleuropas an, so ergibt sich daraus, daß auch bei uns in jenen Perioden der Boden außerordentlich labil gewesen sein muß. Die Rolle, welche für das südsizilische Pliozän das Innere und der Nordrand der Insel spielte, hatten in Jura und Kreide Mitteleuropas die isolierten varistischen Massive übernommen.

³⁾ SALOMON, W.: Magmatische Hebungen. Sitz. Heidelberger Akad. Wiss. Math. Naturw. Kl. 1925, 11 Abh.

Dies zeigt sich sehr deutlich bei der Oolithfazies des mittleren und oberen Doggers und bei der Korallenbildung im Malm, worauf ich schon früher in Aufsätzen^{3a)} und in der „Geologie von Baden“ (S. 368) hinwies. Es sei kurz Einiges unter den neuen Gesichtspunkten hier wiederholt, weil dabei immerhin auf einige Unterschiede aufmerksam zu machen ist.

Die Senkung zur Rhätzeit brachte uns das Liasmeer, das mit seinen durch Strömungen zugeführten, bedeutenden Tonmassen überall in den mitteleuropäischen Archipelagus eindrang, bis zum Ende der Opalinusphase annähernd gleichmäßigen Charakter besaß und eine langsame positive Bewegung beweist. Die eisenschüssigen Sandbildungen der Murchisonaezone am Westrande der Ardennen bis zum Südrande des Odenwalds und am Westrande der Böhmer Masse zeigen die Umkehr an und nach einigen Schwankungen entwickelt sich der von der Normandie über Lothringen, Vogesen, Oberbaden bis in den Schweizer Jura reichende, Flachwasser bezeichnende Oolithabsatz, der sich an die alten Kerne Belgiens, des Rheinischen Schiefergebirges, von Vogesen, Schwarzwald und Morvan unmittelbar anschließt. Das Schiefergebirge, der Odenwald und einige Teile des Schwarzwaldes kamen damals über Wasser, trotzdem im großen und ganzen die Absenkung weiterging und im Juragebirge 100 m Hauptoolith möglich machte. Es ist die letzte Phase, die den sizilianischen Tuffkalk hob, nicht eingetreten. Dennoch deuten die im oberen Hauptoolith massenhaft vorhandenen Kalkalgen (Mumien) und lokal kräftig entwickelten Korallen an, daß das Meer zeitweilig ganz geringe Tiefe besaß. Der innere Auftrieb läßt nach, so daß mit den Ornaten-, den Renggeri- und den mächtigen Woëvretönen die Fazies des Lias und der Argille azzurre wiederkehrt, freilich nur für kurze Zeit. Denn sie ist keineswegs allgemein verbreitet, und bald erscheinen das Diceration und Rauracien längs der schon weiter emporgestiegenen Vogesen von Lothringen bis Basel, d. h. Sedimente, die dem Hauptoolith recht nahe stehen. Im mittleren Malm kommt der Schwarzwald und wahrscheinlich das vindelizische Massiv hoch, so daß sich die Riffkalke bis zur böhmischen Masse entwickelten. Darauf hob sich der ganze zentraleuropäische Block und mag mehrere hundert Meter über Wasser gelangt sein.

Einer der erwähnten Unterschiede liegt in der immer neu einsetzenden Senkung während der Jurazeit, also einer epirogenetischen geosynkinalen Phase, ein anderer darin, daß die innere Spannung, wohl wegen dieser stets neu einsetzenden positiven Bewegung, es nicht zur Förderung von Magma brachte. Übrigens ist darauf hinzuweisen: Südlich von Sizilien ging trotz des Aufsteigens der Insel die altpliozäne Senkung weiter und schuf die afrikanische Straße. Das Gebiet zwischen Sizilien und der Malteser Gruppe mag den im obersten Dogger und Callovien wieder höher vom Meere bedeckten Flächen des Hauptooliths entsprechen, wo die Sedimentation weiterging, so daß die bedeutende Dicke herauskam. Sogar die Entfernungen stimmen ungefähr, da jene Inseln 90 km südlich vom sizilischen Ufer liegen und 90 km südlich von Freiburg die größte Mächtigkeit des Doggerooliths erreicht wird. Ich führe dies deswegen an, weil man gar zu leicht übertriebene Vorstellungen von Entfernungen und Besonderheiten der einheimischen, gut gekannten Ver-

^{3a)} Z. B. diese Zeitschr. Bd. 73, 1921, Monatsber. S. 27.

hältnisse hegt. Der Tuffkalk reicht am Südufer Siziliens von Cap Passaro bis Marsala, also 250 km; das ist so weit wie der Hauptoolith von Metz bis Solothurn. Die Breite von 60 km (Calacisbetta—Terranova) ist allerdings wesentlich geringer als die des NW—SO sich erstreckenden Hauptoolithstreifens.

Ein dritter Unterschied besteht in dem Fehlen oder den nur ganz gering entwickelten eisenschüssigen Einlagerungen, wie sie die Minetten, Eisensandsteine und die Eisenooolithe des unteren und oberen Doggers Mitteleuropas darstellen. Es gab eben auf der Halbinsel Italien zu wenig kristalline Kerne, und die kalabrischen kleinen Massive mögen vor dem Pliozän verdeckt gewesen sein, so daß sie, vor langdauernder Verwitterung geschützt, keine Eisenverbindungen abzugeben vermochten. Infolgedessen stellen sich oberpliozäne Sande und Konglomerate gleichfalls nur in der Nähe der kristallinen Höhen ein (peloritantisches Gebirge bei Messina).

Diese Beobachtung führt uns in einer anderen Gegend und Zeit noch einen Schritt weiter, nämlich in dem Miozän des helvetisch-bayerischen Beckens. Bestimmt sind die sogen. Muschelsandsteine der dortigen Molasse etwas dem Tuffkalk Girgenti's ganz Verwandtes. Die vielen aufeinander gepackten Muschel- und Schneckenschalen mit Bryozoen, Seeigeln und Einzelkorallen sind fest verbacken, wobei wieder alle Aragonit-Gehäuse aufgelöst und nur in Steinkernform erhalten sind. Aber überall ist bald grober, bald feiner Sand reichlich beigemengt, weil die aufsteigenden Alpen eine wahre Schuttflut in die vorgelagerte, lange Tiefe ergossen und deren Einmündung durch Aufhöhung des Bodens ausglich. Es kam daher nur zu Andeutungen der reinen Tuffkalkfazies z. B. in den Austernlagen und der Turritellenplatte am Südrande der sich hebenden Schwäbischen Malmtafel.

Je weiter gegen Norden in Europa, um so seltener wird diese Strandfazies, weil teils die reichliche Zufuhr von Kalk, teils die für Strandtuffbildung erforderliche Wärme fehlen. Sind beide nicht vorhanden, bleibt es bei der losen Anhäufung von Muscheln, wie in den norwegischen Muschelbänken (Uddevalla) auf den gehobenen Strandterrassen; sonst erscheint, wie im südlichen England und in Belgien, die Crag-Ablagerung, weil dort wenigstens verkittender Kalk zur Verfügung stand. Die Kreide- und Juraschichten des südlichen und mittleren Englands lieferten solchen in das pliozäne Meer nebst dem damals viel weiter nördlich mündenden Rhein-Maas-System. Auch wird das Klima wärmer gewesen sein als in der Postglazialzeit.

Diese Untersuchungen und Betrachtungen ließen sich leicht über andere Teile Europas und andere Schichtkomplexe ausdehnen. Sie würden beweisen, daß an dem plötzlichen Gesteinswechsel tektonische Vorgänge einen erheblichen Anteil haben. Sind, wie ich früher auseinandersetzte, Strömungen dabei auch tätig gewesen und daher durchaus als Ursachen zu beachten, mögen diese doch gerade durch Änderungen in der Form der Küsten und Tiefe der See den Grund für einen anderen Verlauf gefunden haben. Unter Berücksichtigung dieses gesamten Verhältnisses wurde von mir früher gesagt, daß die varistischen Massen der Oberrheingebiete seit dem Karbon dauernd in Unruhe blieben, was wir nun getrost auf alle Teile des Varistikums ausdehnen dürften. Wenn man darauf Wert legt, kann man dies alles als epiroge-

netische Prozesse bezeichnen. Kommt es dabei an der einen oder anderen Stelle zu Pressungen und daher zu einem Faltenwurf, so ist dies meiner Ansicht nach nur eine oft lokale Begleiterscheinung, die keineswegs als ein besonderes Ereignis hervorgehoben werden muß und nicht gar etwa durch eigenen Namen einen Zeitabschnitt bezeichnen darf, weil die damit gleichzeitigen, oft viel ausgedehnteren, langsamen Verschiebungen in Höhe und Tiefe vernachlässigt oder als eine Nebensache hingestellt werden. In Wirklichkeit sind sie die wichtigeren, da sie in erster Linie Sedimentbildung und den Entwicklungsgang der Organismen bestimmen, gegen welche die meisten sogen. orogenetischen Phasen in den Hintergrund treten.

[Urschrift eingegangen am 16. September 1931.]