

PALÄOMORPHOLOGIE UND EOZÄNE VERKARSTUNG DER GAVROVO - TRIPOLIS - ZONE AUF DEM PELOPONNES (GRIECHENLAND) *

mit 12 Abbildungen im Text

V O N

DIETER RICHTER, Frankfurt-Aachen und ILIAS MARIOLAKOS, Athen **

Zusammenfassung. Im Bereich der Gavrovo-Tripolis-Zone auf dem Peloponnes trat an der Wende Lutet/Priabon eine weitgehende Regression des Eozän-Meeres ein, welche die Sedimentation des Tripolitsa-Kalkes (Trias-Lutet) beendete. Sie erfolgte im Zusammenhang mit einer allgemeinen Hebung dieses Gebietes, die von einer kräftigen germanotypen Bruchtektonik begleitet wurde. Die dadurch gebildete Landoberfläche unterlag chemischer Abtragung und intensiver Varkarstung. Anschliessend setzte eine langsame Absenkung des vorher gehobenen Bereiches ein. Das Flysch-Meer transgredierte über das entstandene Karst-Relief, das allmählich von den Flysch-Schichten begraben wurde. Erst nach der Haupttektogenese im Miozän sowie der anschliessenden neogen-quartären Hebung und Abtragung ist die fossile Karstlandschaft teilweise wieder freigelegt worden.

Περίληψις. Εἰς τὴν περιοχὴν τῆς Κεντρικῆς Πελοποννήσου τὴν καταλαμβανομένην ὑπὸ τῶν ἰζημάτων τῆς ζώνης Γαβρόβου - Τριπόλεως, ἔλαβεν χώρα μεγάλης ἐκτάσεως ἀπόσυρσις τῆς Ἡωκαινικῆς θαλάσσης εἰς τὰ ὄρια Λουτησίου - Πριαμπονίου, ἣτις εἶχεν ὡς ἀποτέλεσμα τὴν διακοπὴν τῆς ἰζηματογενέσεως τῆς σειρᾶς τῶν Ἀσβεστολίθων τῆς Τριπόλεως (Τριαδικὸν - Λουτήσιον).

Ἡ ἐν λόγῳ ἀπόσυρσις πρέπει νὰ ἀποδοθῆ εἰς μίαν γενικὴν ἀνύψωσιν τῆς περιοχῆς ἢ ὁποία συνωδεύετο καὶ ὑπὸ ἰσχυρᾶς ρηγματογόνου τεκτονικῆς Γερμανικοῦ τύπου. Αἱ δι' αὐτοῦ τοῦ τρόπου δημιουργηθεῖσαι ἐπιφάνειαι ξηρᾶς ὑπέστησαν τὴν ἐπίδρασιν τῆς χημικῆς ἀποσαθρώσεως ἣτις ὠδήγησεν εἰς ἔντονον καρστικοποίησιν. Ἀκολούθως ἤρχισε βαθεῖα βύθισις τῆς προηγουμένως ἀναδυθείσης περιοχῆς. Ἡ θάλασσα τοῦ φλύσχου κατέκλυσε τὴν πρότερον σχηματισθεῖσαν καρστικὴν ἐπιφάνειαν ἢ ὁποία ἐκαλύφθη βαθμιαίως ὑπὸ τῶν ἰζημάτων τοῦ φλύσχου.

* DIETER RICHTER καὶ ΗΛΙΑ Δ. ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΥ. — Παλαιομορφολογία καὶ ἠωκαινικὴ καρστικοποίησις τῆς ζώνης Γαβρόβου - Τριπόλεως εἰς τὴν Πελοπόννησον.

** Anschriften der Autoren: Prof. Dr. DIETER RICHTER, Geologisch-Paläontologisches Institut der Universität Frankfurt a. M., Senckenberganlage 32, und Laboratorium für Technische Gesteinskunde und Ingenieurgeologie der Fachhochschule Aachen, 51 Aachen, Bayernallee 9, sowie

Dr. ILIAS MARIOLAKOS, Department of Geology and Palaeontology, University of Athens, 46 Akadimias Street, Athens.

Ἡ ἐν μέρει ἀποκάλυψις τοῦ ἀπολιθωμένου ἠωκαινικοῦ καρστικοῦ τοπίου ἔλαβε χώραν τὸ πρῶτον μετὰ τὴν κυρίαν φάσιν τῆς τεκτογένεως τοῦ Μειοκαίνου καὶ τὴν ἀκολουθοῦσαν ἀνύψωσιν τοῦ Νεογενοῦς καὶ Τεταρτογενοῦς καὶ βεβαίως μετὰ τὴν ἀποκομιδὴν τῶν ὑπερκειμένων στρωμάτων.

Summary. An important regression of the Eocene sea at the transition Lutetian / Priabonian terminated the Tripolitsa limestone deposition in the Gavrovo-Tripolis zone of the Peloponnesus. This general uplift tendency went together with strong faulting. Thus peneplains with karst phenomena developed in many areas due to an intensive chemical weathering process. Subsequently the Gavrovo-Tripolis zone subsided and the flysch sea overflowed transgressively the karst shaped surface, that was buried slowly under the flysch deposits. After the main tectogenesis in the Miocene and the subsequent Neogene-Quaternary uplift and denudation the fossil karst landscape on top of the Tripolitsa limestone has been partly layed open.

Résumé. Une regression importante de la mer de l'Eocène dans la transition du Lutétien au Priabonien a terminé la déposition des calcaires de Tripolitsa de la zone de Gavrovo-Tripolitsa dans le Péloponnèse. Cette tendance générale de soulèvement s'accompagnait de fortes formations des failles. De cette façon, des pénéplaines avec des phénomènes karstiques se développaient dans de nombreuses régions à cause d'un intensif processus chimique de désagregation. Par conséquent, la zone de Gavrovo-Tripolis connaissait une subsidence et la mer du flysch débordait transgressivement sur la surface de forme karstique qui s'enterra lentement sous les dépôts de flysch. Le paysage fossile karstique des calcaires de Tripolitsa ne se libéra partiellement qu'avant la tectogenèse principale du Miocène et le soulèvement subséquent du Néogène-Quaternaire et la dénudation de ce paysage en question.

A. EINLEITUNG

Die Zentralzone des Peloponnes, die Gavrovo-Tripolis-Zone (Tripolitazone n. C. RENZ, 1955, zone de Gavrovo-Tripolitsa n. J. DERCOURT, 1964), bildet einen weiten zusammenhängenden Bereich, der jedoch an vielen Stellen von Serien der Olonos-Pindos-Schubmasse tektonisch überdeckt wird. Das Hauptgestein dieser Zone ist der von A. PHILIPPSON (1890, 1892) so benannte «Tripolitza-Kalk», der eine geschlossene, lithologisch wenig gegliederte karbonatische Flachwasser-Abfolge darstellt. Der Tripolitsa-Kalk ruht diskordant auf dem metamorphen Grundgebirge des zentralpeloponnesischen System und erreicht bei vollständiger Entwicklung bis 1500 m Mächtigkeit. Fossilbelegt vertritt er chronologisch den Zeitraum Ober-Trias bis (einschliesslich) Lutet (J. DERCOURT, 1964, S. 56 ff); nach

1. Benannt nach Tripolitza (Tripolitsa) heute Tripolis, der wichtigsten Stadt im Zentralpeloponnes.

I. PARASKEVAIDIS (1954) ist an einigen Stellen sogar Mittel-Trias in seinen basalen Schichten nachgewiesen worden. Gelegentlich wird der Tripolitsa-Kalk von lagunär-terrestrischen Bildungen unterlagert, deren Untertrias-bzw. sogar Perm-Alter vermutet werden kann (J. DERCOURT, 1964, S. 32 f.; M. M. BLUMENTHAL, 1933, S. 489 ff.). Der Kalkstein war wegen seiner Mächtigkeit und Dickbankigkeit nur wenig faltbar; meist herrscht eine relativ flache Lagerung vor.

Überlagert wird der Tripolitsa-Kalk von einer Flysch-Serie, deren Mächtigkeit — von Ausnahmen abgesehen — einige Hundertmeter kaum überschreitet. Die Schichten des Flysches zeigen infolge des Basalschutzes durch die relativ starre Kalkstein-Platte überwiegend ziemlich flache Lagerungsverhältnisse; nur gelegentlich tritt stärkere Faltung auf. Eine eingehende mikropaläontologische Untersuchung des Flysches steht noch aus. Nach DERCOURT (1964, S. 250) soll er im Unter-Priabon beginnen. Es ist bisher nicht bekannt, welche Zeitspanne der Flysch vertritt; aus Analogiegründen mit dem ionischen Flysch, dessen östliche Sonderfazies er darstellt, wird der Tripolitsa-Flysch wahrscheinlich noch in das Unter-Miozän hinaufreichen.

Von besonderer Bedeutung ist die Grenze zwischen Tripolitsa-Kalk und Flysch. Schon PHILIPPSON (1959, S. 201) stellte fest, dass diese «...meist unregelmässig hin und her gebogen, also nicht parallel den Schichten des Kalkes» verläuft. «An die gebuchtete Grenzfläche schmiegen sich die Schichten des Flysch-Schiefers an. Zuweilen ragen steile Klippen des unterliegenden Kalkes noch aus dem Flysch hervor». Während PHILIPPSON zunächst zwischen Tripolitsa-Kalk und Flysch eine grössere Schichtlücke annahm (1892, S. 83 u. 400), schreibt er später: «Die Unregelmässigkeiten der Grenze sind wohl nicht durch eine grössere Lücke der Ablagerung, sondern durch spätere tektonische Schubwirkung auf die beiden sehr verschieden widerständigen Gesteine zu erklären (PHILIPPSON, 1959, S. 20). Nach BLUMENTHAL (1933, S. 477) soll zwischen Kalk und Flysch sogar eine durchlaufende Sedimentationsreihe bestehen. C. RENZ (1955, S. 287) vermerkt: «Die dem Kalkkomplex der Tripolitsa kalke als oberstes Glied angehörigen Nummulitenkalke des Lutétiens werden bei allgemeiner Konkordanz durch den Tripolitsaflysch überlagert». Nach seiner Auffassung handelt es sich um eine «ebenflächige» Überlagerung, «die als normale Ablösung der beiderseitigen Gesteinstypen von einander zu betrachten ist...» (S. 287). «In horizontaler Richtung kann» ein «Austausch der beiderseitigen Gesteinstypen erfolgen» (S. 288). «Teils macht sich beim Übergang im Grenzstrich auch eine Verzahnung bemerkbar, teils bildet der schwarze Nummulitenkalk des Lutétiens aber noch linsenartige Einlagerungen...», die «auch zu grösseren Kalkanschwellungen anwachsen» können.

Nach DER COURT (1964, S. 233) ist bei Mavrovouni rd. 10 km westlich Argos die «passage» vom Kalk zum Flysch «brusque». «Le arrivée des pélites et des grains de quartz du Flysch arrête brutalement la



Abb. 1. Lage-skizze der untersuchten Aufschlussbereiche.

sedimentation des calcaires...». Bei Dhervenakia (zwischen Argos und Korinth) meldet DER COURT (S. 237) «un faciès de couche de passage au Flysch de Flysch franc».

Neue Untersuchungen von D. RICHTER & I. MARIOLAKOS (1973

b u. c) im Raum nördlich Argos und im Gebiet von Leontarion haben nun gezeigt, dass an diesen Stellen keineswegs ein normaler Übergang vom Tripolitsa-Kalk zum Flysch vorliegt, sondern dass die Grenze zwischen beiden Serien im Sinne von PHILIPPSON (1892, S. 20) «im einzelnen eigentümlich verwickelt» ist. Die Verfasser haben inzwischen nahezu alle aufgeschlossenen Kontakte vom Kalk zum Flysch in der Gavrovo-Tripolis-Zone auf dem Peloponnes untersucht, so dass nicht nur die PHILIPPSON'schen Beobachtungen bestätigt werden können, sondern sich darüber hinaus ganz neue, fundierte Aspekte für die morpho-tektogenetische Entwicklung der Gavrovo-Tripolis-Zone ergeben². Einige der wichtigsten Beobachtungen werden im folgenden aufgeführt. Die Lage der untersuchten Aufschlussbereiche ist der Abbildung 1 zu entnehmen.

B. BESCHREIBUNG DER WICHTIGSTEN AUFSCHLUSSBEREICHE

1. Bereich bei Papoutseika

Ca. 400 m südlich der Ortschaft Papoutseika (zwischen Korinth und Argos, ca. 2,5 km südlich des Bahnhofes Dhervenakia) ist am Talhang östlich der Nationalstrasse die Grenze zwischen Tripolitsa-Kalk und Flysch auf etwa 120 m Länge gut erschlossen (vgl. Abb. 1). Die Oberfläche des dunklen massigen Kalkes zeigt ein kräftiges Relief; auf kurze Entfernung folgen hintereinander Aufragungen und Vertiefungen bis zu mehreren Metern Höhenunterschied, über welche die basalen Schichten des Flysches unter Auffüllung der Negativformen diskordant hinweggreifen (vgl. Abb. 2).

Unmittelbar unter der Sohle des Flysches erscheint eine auffallende rotbräunliche limonitische und silifizierte Zone. Ihre Mächtigkeit schwankt zwischen 0 und 1 m; sie ist unregelmässig ausgebildet und greift taschenförmig in den Kalk ein.

Die tiefsten Flysch-Schichten bilden eine ca. 3-4 m mächtige Serie gutgeschichteter, gelblich verwitternder Mergelkalke. Ihre untersten 5-10 cm führen in den Vertiefungen des Tripolitsa-Kalkes einzelne aufgearbeitete, 2-10 mm grosse Kalkbröckchen sowie unbestimmbare Fossiltrümmer. Die Lagerung der Flysch-Schichten bleibt entlang der Grenze zum Kalk sehr gleichförmig; Störungen gegen den Kalk oder innerhalb des Flysches treten nicht auf.

Die vorliegenden Oberflächenformen des

2. D. RICHTER dankt der D.F.G. für die Gewährung einer Reisebeihilfe.

Kalkes lassen sich nur durch eine intensive Verkarstung vor Beginn der Flysch-Sedimentation erklären. Derartige Lösungsvorgänge können



Abb. 2. Ausfüllung einer Karstvertiefung im Tripolitsa-Kalk (K) durch Flysch-Mergel (F) am östlichen Talhang 400 m südlich Papoutseika.

ten aber ohne eine ausgedehnte Landwerdung nicht eintreten.

2. Bereich von Profitis Ilias südlich Tripolis

Während bei Papoutseika der Kontakt Kalk/Flysch—bedingt durch das relativ steile Einfallen der Schichten auf dem SE-Flügel einer grossen Aufwölbung—mehr oder weniger nur im Profil erscheint, tritt südlich Tripolis (vgl. Abb. 1) die ehemalige Oberfläche des Kalkes durch weitgehende Abtragung des Flysches zutage. Diese Entblössung des Tripolitsa-Kalkes steht im Zusammenhang mit der sich nach Norden durch Achsenanstieg stark heraushebenden Antiklinale des Mainalon-Gebirges, das westlich Tripolis bereits eine hohe Aufragung bildet (vgl. photogeologische Karte 1:50000, Bl. Tripolis und Bl. Kollinai). Sehr gut lässt sich die Oberfläche des Kalkes am südlichen Hang des Kapellenberges «Profitis



Abb. 3. Ausfüllung einer Karstvertiefung im Tripolitsa-Kalk (K) durch Flysch-Mergel (F) südlich des Kapellenberges «Profitis Ilias» bei Tripolis.



Abb. 4. Basalkonglomerat des Flysches über dem Tripolitsa-Kalk 50 m südlich des Kapellenberges «Profitis Ilias» bei Tripolis.

Ilias»³ ca. 300 m südlich der Nationalstrasse Tripolis—Megalopolis auf Bl. Kollinai untersuchen. Diese ist wieder reliefiert und zeigt einzelne Aufragungen, die sich ca. 1 - 2,50 m über die wannenförmigen Vertiefungen erheben (vgl. Abb. 3). In letzteren sind Reste der untersten Schichten des Flysches erhalten geblieben. Ihre Basis besteht meist aus einem Konglomerat unterschiedlicher Mächtigkeit, das jedoch



Abb. 5. Verkarstete Oberfläche des Tripolitsa-Kalkes mit Resten von Flysch-Kalkmergel in Karren und kleinen Vertiefungen 100 m südlich des Kapellenberges «Profitis Ilias» bei Tripolis.

30 - 35 cm kaum überschreitet. In sandig-mergeliger Matrix mit gelblicher Verwitterungsfarbe erscheinen millimeter- bis kopfgrosse kantengerundete, gelegentlich auch eckige Komponenten aus schwärzlichem Tripolitsa-Kalk (vgl. Abb. 4). An anderen Stellen, insbesondere auf den Erhebungen liegen gelblich verwitternde, karbonatische Mergel der Oberfläche des Kalkes unmittelbar auf, allerdings ist ihre 1 - 2 cm dicke Sohle meist feinkrystallin entwickelt.

3. Man erreicht den Kapellenberg leicht über den Fahrweg, der von der Nationalstrasse nach Südosten abbiegt.

Im Gegensatz zum Bereich von Papoutseika zeigt hier die Oberfläche des Kalkes ein zusätzliches Feinrelief von unzähligen Schratten und Karren (vgl. Abb. 5), die ebenfalls vor Beginn der Flysch-Sedimentation entstanden sein müssen, weil in nahezu jeder kleinen Negativform noch vorwiegend brekziöse Kalkmergel der Flysch-Basis mit ursprünglichem Ablagerungsgefüge zu finden sind. Insgesamt erlitt also auch hier der Tripolitsa-



Abb. 6. Grössere mit Flysch (F) erfüllte Doline im Tripolitsa-Kalk (K) ca. 200 m südlich des Kapellenberges «Profitis Ilias» bei Tripolis.

Kalk eine intensive chemische Verwitterung vor der erneuten Transgression des Meeres.

Nach Süden zu schliessen sich die Erosionsreste des Flysches wegen des südlichen Abtauchens der Mainalon-Antiklinale zu einer mehrere Meter dicken Bedeckung zusammen. Aus dieser erhebt sich ca. 200 m südlich des Kapellenberges noch einmal Tripolitsa-Kalk, der den Rahmen einer deutlichen, schüsselförmigen, mit Flysch erfüllten Depression bildet, die nichts anderes als eine fossile Doline darstellt (vgl. Abb. 6).

3. Bereich von Valtetsion

Das vorstehend beschriebene, durch Abtragung des Flysches wieder freigelegte Paläorelief lässt sich dann westlich des Kapellenberges «Profitis Ilias» bei der Fahrt auf der Nationalstrasse in Richtung Megalopolis rechts oberhalb der Strasse auf längere Erstreckung gut beobachten. Folgt man nach wenigen Kilometern dem in Richtung Valtetsion abzweigendem Fahrweg, so durchquert man ein flaches Gewölbe



Abb. 7. Mit karbonatischen Flysch-Mergel (F) erfülltes System von Kleinhöhlen im Tripolitsa-Kalk (K) unterhalb Valtetsion.

des Tripolitsa-Kalkes, das von dem zum Becken von Tripolis hin entwässernden Bach tief eingeschnitten wurde. Kurz unterhalb Valtetsion erscheint auf der Westflanke des Gewölbes (100 m vor der scharfen Linkskurve) der Flysch. Im Grenzbereich Kalk/Flysch sind besonders bedeutende Karstphänomene erschlossen.

An der rechten (nördlichen) Strassenseite erkennt man im mit 35° nach SW einfallenden Tripolitsa-Kalk, ca. 8-10 m unter dem Dach der nummuliten-führenden Kalkabfolge, eine Reihe unregelmässig geformter Kavernen und Höhlen, die fast alle mit gelblich verwittertem Kalkmergel des Flysches erfüllt sind (vgl. Abb. 7). Die dem Höhlenboden aufla-

gernden Flysch-Schichten führen oft kleinere und grössere polygonale Kalk-Gerölle, die vermutlich Lösungsreste des umgebenden Kalkes darstellen. Da das Flysch-Meer in den Kavernen kaum eine zur Umlagerung benötigte stärkere Wasserbewegung erzeugen konnte, dürften die Verwitterungsreste sehr wahrscheinlich mehr oder minder in situ verblieben sein. Besonders auffallend ist die im Abb. 8 gezeigte, vollständig mit karbonatischem Flysch-Mergel erfüllte Kleinhöhle. Alle diese Be-



Abb. 8. Mit Kalkmergel des Flysches (F) erfüllte Kaverne im Tripolitsa-Kalk (K) bei Valtetsion.

funde beweisen eine tiefgründige Verkarstung, die zu einem weitverzweigten System von Schloten und Kleinhöhlen sowie Schächten (O. LEHMANN, 1932) führte, welche später von den basalen Flysch-Kalkmergeln erfüllt wurden.

Auf der südlichen Talseite wird der Beginn des Tales von einer grossen, mit noch etwas Flysch gefüllten Doline gebildet. Man muss daher das vorstehend beschriebene Karsthöhlen-System als seitliche Fortsetzung dieser Doline ansehen.

Folgt man dem Fahrweg ca. 10 m nach Westen, so erreicht man

die Kalk / Flysch-Grenze, die sehr unregelmässig verläuft. Der Flysch beginnt mit ca. 1 - 1,50 m mächtigen, gelblich anwitternden Kalkmergeln, die diejenigen innerhalb des Höhlensystems lithologisch entsprechen. Es folgen siltreiche Tonmergel mit Sandsiltstein-Bänkchen, ein Gesteinstyp, der die echte Flysch-Fazies einleitet.

Etwas bergauf bildet der Fahrweg eine scharfe Linkskurve. Von hier vertieft sich nach rechts ein Tälchen, in dem nach 35 m wieder die



Abb. 9. Karstoberfläche des Tripolitsa-Kalkes (K) mit auflagerndem Flysch-Kalkmergel (F). In diesem «schwimmen» zwei kleinere Olisthothrymmata (O).

Grenze Flysch / Kalk gut erschlossen ist. Auch hier liegt eine deutlich unregelmässige Oberfläche mit einem ausgesprochenen Karstkleinrelief vor (vgl. Abb. 9). Die basalen Kalkmergel des Flysches führen gelegentlich dünne linsenartige Einschaltungen von feinkreuzigem Kalk (Lithoklastit), der wahrscheinlich als umlagertes Aufarbeitungsprodukt des Tripolitsa-Kalkes anzusehen ist. Die Kalkmergel überschreiten in diesem Bereich kaum 1,50 m Mächtigkeit, dann folgt bereits die erste karbonatische Sandsiltstein-Bank der normalen Flysch-Fazies. Ihr Abstand von den Aufragungen der verkarsteten Oberfläche des Kalkes beträgt oft nur wenige Dezimeter. Das Relief des Tripolitsa-Kalkes «ertrank»

demnach ganz allmählich im Flysch-Meer und wurde bei ruhiger Sedimentation unter den Flysch-Ablagerungen begraben.

Etwa 1 m über der Flysch-Basis «schwimmen» zwei etwa schuhkarton-grosse Blöcke von nummuliten-führenden Tripolitsa-Kalk isoliert in den karbonatischen Tonmergeln. Sie sind wahrscheinlich als Olisthothrymmata (vgl. S. 221) von einer nahegelegenen, relativ hohen Auftragung des Paläoreliefs gravitativ abgerutscht und in die bereits mit Flysch-Schichten erfüllte Senke im vorliegenden Aufschlussgebiet geglitten.

Der Fussweg hinab in das Tälchen erschliesst beim Überqueren des Baches eine olisthostrom-artige Einlagerung mit siltig-mergeliger Grundmasse. Sie wird ca. 3 m mächtig und führt 0,5 cm bis 0,5 m grosse, unregelmässig geformte, eckige bis kantengerundete Olistholithen aus meist nummuliten-reichem Tripolitsa-Kalk. Weiterhin erkennt man mehrere subaquatische Rutschfalten, die anzeigen, dass der vorliegende Gesteinskörper eine vermittelnde Stellung zwischen einer untermeerischen Rutschung und einem Schlammstrom, d.h. rein olisthostromatischer Massenverlagerung einnimmt (D. RICHTER, 1973). Somit kann die vorliegende Lokalität nicht allzuweit von der Abrutschstelle entfernt gewesen sein. Man darf daraus schliessen, dass zur Bildungszeit des Schlammstromes noch ein kräftiges submarines Relief mit aufragenden Erhebungen herrschte, von deren Flanken Kalkschutt in die tiefer gelegenen Bereiche abrutschen konnte.

Am Hang nördlich des Weges ist ca. 15 m östlich der vorstehend beschriebenen Lokalität — stratigraphisch ca. 10 m höher — eine zweite, ca. 1,80 m dicke olisthostrom-artige Schicht erschlossen.

Folgt man dem Fahrweg weiter in Richtung Valtetsion, so eröffnet sich etwas unterhalb des Dorfes in nordöstlicher Richtung ein hervorragender Ausblick auf dem Verlauf der Kalk/Flysch-Grenze. An dieser ist jenseits des vorstehend beschriebenen Tälchens ein starkes Relief mit Höhenunterschieden bis zu 10 m zu erkennen. (vgl. Abb. 10).

Alle Befunde zeigen, dass die unregelmässig gestaltete Oberfläche des Tripolitsa-Kalkes im Gebiet östlich von Valtetsion nicht in der jüngsten Erdgeschichte entstanden ist, sondern, ganz im Gegenteil, eine in Bezug auf den Flysch prädepositionale Abtragungsfläche mit mannigfal-

tigen Karsterscheinungen wie Schlotten, Dolinen und Katavothren darstellt. Die Karstlandschaft «ertrank» im Flysch-Meer, versank unter dessen Sedimenten und ist erst später, in der bis heute reichenden Abtragsperiode stellenweise wie-



Abb. 10. Blick von Valtetsion auf den Verlauf der Tripolitsa-Kalk / Flysch-Grenze. Das Karstrelief tritt deutlich hervor.

der freigelegt worden. Es stellt sich die Frage, ob nicht auch die Eintiefung des heute zum Becken von Tripolis entwässernden Tales (vgl. S. 215) schon weitgehend vor der Flysch-Zeit erfolgte.

4. Bereich zwischen Dorisas und Manari

Das Becken von Tripolis wird von demjenigen von Kato Assea durch einen ca. 3 km breiten Horst von Tripolitsa-Kalk getrennt. Überschreitet man diesen Höhenzug auf der Nationalstrasse Tripolis—Megalopolis, so erscheint kurz hinter der Abzweigung nach Dorisas an der westlichen Strassenseite ein grosser Steinbruch im Tripolitsa-Kalk, der hier mit ca. 35°

nach SW einfällt. Am westlichen Ende des Bruches liegt eine mit Flysch erfüllte Vertiefung von ca. 5 m Breite und 2 m Tiefe. Vom oberen Rand des Bruches ist zu erkennen, dass die nördliche Flanke der besagten Vertiefung von einer Störungsfläche ($130^{\circ}/65^{\circ}$ SW) gebildet wird, an welcher der Kalk 2 - 3 m über den Flysch aufragt (vgl. Abb. 11). Die basalen karbonatischen Flysch-Mergel legen sich tektonisch unbeein-



Abb. 11. Prädepositionale Abschiebung im Tripolitsa-Kalk (K) am Westrand des Steinbruches bei Dorisas. Der Flysch (F) stösst mit sedimentärem Kontakt gegen die Störungsfläche, auf der ein Harnisch (Pfeil) entwickelt ist.

flusst gegen die Störungsfläche. Dieser Befund beweist, dass sich hier die Bruchtektonik vor der Flysch-Sedimentation vollzogen hat, ein Phänomen, das inzwischen auch aus anderen Bereichen der Gavrovo-Tripolitsa-Zone bekannt geworden ist (D. RICHTER & I. MARIOLAKOS, 1973 a.u.c.). Die fossile Reliefbildung war somit nicht nur das Ergebnis von chemischer Verwitterung und Abtragung, sondern geht vielmehr auf deren Kombination mit einer Bruchtektonik zurück.

Vom Fahrweg nach Dorisas erkennt man rechts den unter den Flysch abtauchenden Tripolitsa-Kalk. Die buchtig verlaufende Grenze

weist wieder auf ein stärkeres Relief hin. An der Strasse von Dorisas nach Ano Assea erscheint an der rechten Böschung über dem Tripolitsa-Kalk ein ca. 1,50 m mächtiges Basalkonglomerat des Flysches. In mergeliger Grundmasse treten kantengerundete, faust- bis kopfgrosse Gerölle aus Tripolitsa-Kalk auf.

Bei der Weiterfahrt erscheinen rechts und links der Strasse im Flysch isolierte, bis mehrere 100 Kubikmeter grosse Vorkommen von Tripolitsa-Kalk. Sie stellen Olisthothrymmata dar und wurden als solche von D. RICHTER & I. MARIOLAKOS (1973a) erstmals erkannt. Auf diesen Kalkstein-Vorkommen findet man hin und wieder noch Flysch-Rest, die diskordant der immer schrattig-karrigen, unregelmässig verwitterten Oberfläche aufliegen. Verschiedentlich beginnt der Flysch mit einer bis 50 cm mächtigen Basalbrekzie oder einem Basalkonglomerat, das 1-30 cm grosse Kalkkomponenten in sandig-mergeliger Grundmasse führt. An anderen Stellen liegen die basalen karbonatischen Mergel des Flysches (vgl. S. 210) unmittelbar dem Kalk auf.

Die seitlichen Kontakte der Olisthothrymmata stellen verschiedentlich Störungsflächen dar, die nicht selten mit Harnischströmungen und Mylonitresten besetzt sind, wie man z.B. an der grossen isolierten Kalkmasse westlich Dorisas beobachten kann. Da der Flysch flach und ungestört gegen diese Störungen grenzt, handelt es sich ebenfalls um prädepositionale tektonische Bruchflächen.

Die Olisthothrymmata zwischen Dorisas und Ano Assea entstammen dem Tripolitsakalk-Gebirgszug nördlich Assea, der horstartig vor oder zu Beginn der Flysch-Sedimentation gehoben wurde, wobei sich an dessen Rändern entlang von Störungsflächen kleinere und grössere Kalkstein-Schollen lösten und in das Flysch-Becken rutschten. Dort wurden sie von den Flysch-Schichten allmählich begraben. Ob ihre verkarstete Oberfläche vor der Störungstektonik oder durch ein längeres Aufragen über dem Meeresspiegel entstanden ist, war bisher nicht zu klären. Insgesamt beweist die Bildung der Olisthothrymmata, dass etwa zur gleichen Zeit wie die Abtragung und Verkarstung oder unmittelbar im Anschluss daran im Gebiet von Assea eine stärkere Bruchtektonik erfolgte.

Etwas 3 km nördlich Arachmites erscheinen an der westlichen Strassenböschung im autochthonen Tripolitsa-Kalk unmittelbar unter seiner Oberfläche 2-3 m grosse Karsthöhlen, die mit Flysch-Mergel erfüllt sind.

Kurz nach Kato Assea treten rechts und links der Strasse in Richtung Ano Assea, abermals mehrere Olisthothrymmata auf.

Im Trockental von Manari⁴ ist ca. 1,6 km nordöstlich des Ortes die Grenze Tripolitsa-Kalk/Flysch erschlossen. Die obersten 20 cm des Kalkes sind leicht flaserig und brekziös entwickelt. Die mittelgraue mergelige Kalkmatrix führt bis 2 cm grosse eckige Komponenten von schwarzem Kalk. Darüber folgen dunkelgraue Mergelkalke von etwa 1 m Mächtigkeit, die ganz allmählich in gelblich verwitternde Kalkmergel übergehen.

Hier vollzieht sich also ein kontinuierlicher Übergang vom Kalk zum Flysch ohne scharfen lithologischen Schnitt, wenn auch die brekziösen Einschaltungen von Aufarbeitungs vorgängen in unmittelbarer Nähe zeugen. Man kann daraus schliessen, dass im vorliegenden Bereich keine Sedimentationsunterbrechung, d. h. keine Hebung eintrat, sondern dass hier eine ständige Meeresbedeckung vorlag. Der besagte Aufschluss liegt im Ostteil des Beckens von Assea. Dieser Senkungsbereich erfuhr vermutlich — ähnlich wie auch das Becken von Megalopolis (D. RICHTER & I. MARIOLAKOS, 1973c) — schon früh, d. h. im Eozän seine erste Anlage, so dass hier das Meer der Tripolitsakalk-Zeit ohne Hiatus in das Flysch-Meer überging.

Steigt man von dieser Lokalität über die Kapelle Ag. Trias zum Pass auf, und schwenkt dann nach Nordwesten, so erreicht man nach etwa 500 m abermals den Kontakt Kalk/Flysch. Dort ist die Oberfläche des Kalkes wieder deutlich verkarstet. Von einer stärkeren Erhebung des Paläoreliefs geht eine ca. 15 m mächtige Brekzie aus, die sich im Flysch etwa 300 m weit nach ENE verfolgen lässt, wobei ihre Mächtigkeit ständig abnimmt. Die Grundmasse besteht aus gelblichem sandigen Mergel, der stecknadel- bis kopfgrosse, eckige bis kantengerundete Gerölle aus schwärzlichem Tripolitsa-Kalk führt. Alle Befunde lassen sich nur so deuten, dass der Kalkschutt an der besagten Aufragung im Flysch-Meer submarin abrutschte und eine Art «Überguss-Schichtung» bildete. Ob das hier vorliegende starke Relief durch Störungen bedingt war, lässt sich mangels geeigneter Aufschlüsse nicht entscheiden.

Nach Abstieg in westlicher Richtung zum Bahneinschnitt lassen sich an dessen östlicher Böschung ähnlich brekziöse Einlagerungen im tiefsten Flysch beobachten.

4. Der Ort liegt ca. 7 km südöstlich des vorstehend angeführten Steinbruches (vgl. S. 219).

5. Bereich bei Langadhia

Etwa 2 km südöstlich Langadhia erhebt sich aus dem mehr oder minder flach lagerndem Flysch eine grössere Masse von Tripolitsa-Kalk, welche den aufragenden Gebirgszug südlich der kurvenreichen Strasse nach Vitina bildet. Im massigen Kalkstein ist eine Schichtung mit Sicherheit nicht festzustellen. Die Einregelung der z. T. massenhaft auftretenden Nummuliten deutet auf ein Einfallen von 30° nach NE. Dementsprechend taucht der Kalk nach Nordosten in das



Abb. 12. Starkes Relief des Tripolitsa-Kalkes östlich Langadhia. Der Pfeil deutet auf die von der Kuppe in der Bildmitte nach rechts (SE) ausgehende olisthostromatische Bank.

Tal ab. In diesem erblickt man eine auffallende Kalksteinkuppe, über der 10 - 12 m mächtige, gelblich angewitterte Kalkmergel des Flysches folgen (vgl. Abb. 12).

Bei näherem Studium erkennt man auf der Südseite der Aufragung eine prädepositionale, steil südfallende Störung, gegen die eine den Flysch-Mergeln eingelagerte, ca. 80 cm dicke Bank stösst, die aus Tripolitsakalk-Geröllen und Fetzen bzw. Schlieren von Kalkmergel besteht. Komponentengrösse und Bankmächtigkeit nehmen nach Südosten rasch ab. Auf der NW-Seite der Aufragung findet man dagegen im Flysch eine submarine Halde von grobem Kalkmaterial. Im vorliegenden Bereich haben also auch kleindimensionale Abrutsch- und Gleitvorgänge mit teils olisthostromatischem, teils Übergusschichtungsartigem Charakter stattgefunden.

Die Oberfläche des oben erwähnten Bergzuges aus Tripolitsa-Kalk südlich der Strasse zeigt ebenfalls ein deutliches Relief mit Karstformen. In Senken und Dolinen sind hier und dort noch die

basalen karbonatischen Flysch-Mergel erhalten geblieben. Weiterhin tritt eine Reihe von ausgeprägten Störungsflächen auf, denen sich der Flysch tektonisch unbeeinflusst anlagert. Auch hier wurde das Relief der Kalk-Oberfläche nicht nur von der eozänen Abtragung bzw. Verkarstung, sondern weitgehend auch von einer prädepositionalen Bruchtektonik geprägt.

6. Bereich östlich Kalamata

Auf der neuen Strasse Kalamata—Sparti (Sparta) erreicht man etwa 5 km nordöstlich Kalamata in einer Rechtskurve die Grenze Tripolitsa-Kalk/Flysch, die allerdings stark von Schutt überrollt ist. Der Kalkstein fällt mit ca. 20-30° nach Süden ein.

Steigt man von dieser Kurve den nach Westen abtauchenden Berg- rücken aus Kalkstein herunter, so steht man bereits nach 70-100 m von der Strasse entfernt auf einer ausgeprägten Karstober- fläche. Die Höhenunterschiede ihres Reliefs betragen 10 m und mehr. In den Vertiefungen und Karren sind Reste von Flysch erhalten geblie- ben. Seine basalen Schichten bestehen hier allerdings nicht aus Kalk- mergeln, wie sie in fast allen vorstehend beschriebenen Aufschlussbe- reichen vorkommen, sondern aus Tonmergeln mit eingeschalteten Sandsiltstein-Bänken. Über dem Boden der Karren und Schlotten ist an der Flysch-Basis meist ein rötlich-gelber Lehm zu finden, in dem einzelne, bis faustgrosse Kalk-Komponenten eingelagert sind. Vermutlich handelt es sich um nur wenig oder kaum umgelagerte Reste des ehema- ligen Verwitterungsresidual-Lehms, der mangels stärkerer Wasserbewe- gung vom späteren Flysch-Meer kaum beeinflusst worden ist.

C. FOLGERUNGEN

Die vorstehend dargelegten Befunde, die sich durch viele andere, so z. B. bei Lyrkeia nordwestlich Argos (D. RICHTER & I. MARIOLAKOS, 1973 b) oder bei Leontarion südlich Megalopolis (D. RICHTER & I. MA- RIOLAKOS, 1973 c) beliebig erweitern lassen, beweisen, dass an der Wende Lutet/Priabon eine weitgehende Regres- sion des Eozän-Meeres im Bereich der Gavrovo- Tripolis-Zone auf dem Peloponnes erfolgte. Diese wurde sehr wahrscheinlich durch eine allgemeine Hebung dieser Zone verursacht. Fast gleichzeitig setzte eine kräftige germa-

notype Tektonik ein, wie sie insbesondere im Gebiet bei Leontarion sowie im Raume von Dorisas, Ano und Kato Assea nachzuweisen ist (D. RICHTER & I. MARIOLAKOS, 1973 a u.c). Die tektonische Aktivität führte zu einzelnen Gräben und hochaufragenden Horsten, wie sie z. B. das Mainalon-Gebirge und der aus Tripolitsa-Kalk bestehende Bergücken westlich Ano Assea darstellen. In einigen tiefliegenden Grabenbereichen verblieb hingegen das Meer, so dass dort Übergangsschichten zwischen der karbonatischen Ablagerung des Tripolitsa-Kalkes und der pelitischen Sedimentation des Flysches vermitteln, wie es beispielsweise der Aufschluss bei Manari (vgl. S. 222) zeigt. Vermutlich gehören die heutigen Senkungsfelder wie das Becken von Tripolis⁵ oder dasjenige von Megalopolis, zu solchen tiefen Einbruchsstrukturen, aus den sich das Eozän-Meer nicht zurückzog. In andere, höher gelegene Grabenbereichen am Rande der Grossbecken drang das Meer nach kurzer Regressionszeit wieder ein und führte zu einer im Vergleich mit den Hochshollen früher einsetzenden Flysch-Sedimentation.

Neben den zahlreichen prädepositionalen Störungen sind vor allem die vielen Olisthothrymata in der Gavrovo-Tripolis-Zone ein auffälliger Beweis für die eozäne Bruchschollen-Tektonik. Sie stellen kleinere und grössere Schollen und Felsmassen dar, die sich von den Rändern der Horste entlang vorher entstandener Störungsflächen ablösten und in das Flysch-Meer der Grabenzonen hineinrutschten. Man findet sie daher überwiegend in nahezu perlschnur-artiger Anordnung am Rande der die Grossbecken begrenzenden Kalkstein-Gebirge. Ein Teil der Randstörungen der heutigen neogen-quartären Becken dürfte somit seine erste Anlage bereits im Eozän erfahren haben.

Infolge der, wenn auch durch die Bruchtekttonik unterschiedlichen Hebung erlitten weite Bereiche des Tripolitsa-Kalkes eine intensive Abtragung und Verkarstung. Der Oberfläche des Kalksteins wurde ein kräftiges Relief auf-

5. Im Becken von Tripolis wurde an sehr vielen Stellen unter jüngerer Bedeckung noch Flysch erbohrt.

geprägt, wie die vorstehend dargelegten Beispiele zeigen. Es ist nicht ausgeschlossen, dass die erste Anlage der heutigen Täler schon damals erfolgte. Im allgemeinen trat jedoch keine mechanische Abtragung des Kalkes, sondern eine chemische Auflösung ein, welche durch hydrographische Erscheinungen, wie beispielsweise das tiefreichende Kleinhöhlen-System bei Valtetsion und anderen Stellen sowie durch die charakteristischen Karstformen auf seiner Oberfläche, bewiesen wird.

Durch die anschliessende langsame Absenkung der Gavrovo-Tripolis-Zone im Bereich des Peloponnes, die jetzt dem Flysch-Trog der Ionischen Zone angegliedert wurde, versank das entstandene Relief allmählich im Meer und wurde unter den klastischen Ablagerungen begraben. Die lebensbehindernde pelitischpsammitische Flysch-Sedimentation liess eine Besiedelung der Kalkoberfläche mit sessilen Organismen nicht zu.

Während des langsamen Übergreifens des Flysch-Meeres über den absinkenden Kalk herrschten allgemein ruhige Wasserverhältnisse, die durch keine Strömungen gestört wurden. Daher folgen auf den Tripolitsa-Kalk meist mehrere Meter mächtige, karbonatische Basalmergel des Flysches, die dem Kalk wegen seines Reliefs diskordant auflagern. Ob der hohe Karbonatgehalt dieser Pelite geochemisch auf eine submarine Lösung des Kalksteins zurückgeht oder reichlich $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ -führenden Karstwässern entstammt, die von den noch nicht überfluteten, höher aufragenden Gebieten in das Meer gelangten, lässt sich nicht entscheiden.

Nach Abschluss der Flysch-Sedimentation trat im tieferen Miozän, wahrscheinlich im Helvet, die Haupttektogenese der Gavrovo-Tripolis-Zone (zusammen mit der ionischen Zone) ein. Sie führte infolge der lithologischen Gegebenheiten des Tripolitsa-Kalkes (vgl. S. 207) und bedingt durch den Basalschutz des variszisch konsolidierten, metamorphen Grundgebirges (basement) unter dem Kalk nur zu dom- und beulartigen Aufwölbungen⁶; zu stärkerer Faltung — wenn man von gelegentlichen Kleinfalten im Flysch absieht — ist es nicht gekommen. Anschliessend setzte eine neogen-quartäre Bruchtektonik ein, die teilweise den vor der Flysch-Sedimentation entstandenen Störungslinien folgte. Durch diese tektonischen Vorgänge und die junge

6. Nur westlich Sparta, wo das variszische Grundgebirge homoaxial überprägt wurde, erfolgte eine stärkere Aufkipfung des Tripolitsa-Kalkes.

Hebung des Peloponnes wurde der Flysch über den Hochgebieten abgetragen und die eozäne Karstoberfläche teilweise wieder freigelegt.

Die sich anschliessende, bis heute reichende Verkarstungsperiode hat sowohl die ausgegrabenen alten Karstformen überarbeitet als auch zur Verkarstung der während der Haupttektonogenese überschobenen Olonos-Pindos-Kalkserien geführt. Ob diese neue Verkarstung kontinuierlich oder in Phasen gegliedert abgelaufen ist, lässt sich nicht entscheiden; die Beantwortung dieser Frage müsste Ziel einer karstmorphologischen Untersuchung sein.

Zusammenfassend ergibt sich, dass eine sehr umfangreiche, vielleicht sogar die bedeutendste Verkarstung der Gavrovo-Tripolis-Zone schon vor Ablagerung des Tripolitsa-Flysches im Eozän erfolgt ist.

Solche fossilen, später von jüngeren Ablagerungen bedeckten und danach durch die Abtragung wieder freigelegten Karstformen sind beispielsweise auch aus anderen Gebieten der Erde bekannt geworden. So gibt es im Vercors-Massiv in Südfrankreich eine prä-glaziale Karstoberfläche und am St. Pietersberg bei Maastricht (Niederlande) konnte eine prä-oligozäne Verkarstung der höchsten Maastricht-Kreide festgestellt werden (D. RICHTER, 1967, S. 293). Ein schönes Beispiel fossiler Karstphänomene bietet auch der Untergrund der Bauxit-Vorkommen in Griechenland.

D. L I T E R A T U R

- BLUMENTHAL, M. M. 1933.— Zur Kenntnis des Querprofils des zentralen und nördlichen Peloponnes.— *N. Jb. Miner., etc.*, **70**, S. 449-514, Stuttgart.
- DERCOURT, J. 1964.— Contribution a l'étude géologique d'un secteur du Péloponnèse septentrional.— *Ann. Géol. d. Pays Hellén.*, **15**, 418 S., Athen.
- LEHMANN, O. 1932.— Die Hydrographie des Karstes. Wien.
- PARASKEVAIDIS, I. 1954.— Bemerkungen über die Stratigraphie Griechenlands.— *Ecl. Geol. Helv.*, **47**, S. 113-117, Basel.
- PARASKEVOPOULOS, G. 1964.— Die alpine Dislokationsmetamorphose im zentralpeloponesisch-kretischen metamorphen System.— *N. Jb. Geol. Paläont.* **101**, 2, S. 195-209, Stuttgart.
- PHILIPPSON, A. 1890.— Über die Altersfolge der Sedimentformationen in Griechenland.— *Z. dt. geol. Ges.*, **42**, S. 150-154, Berlin.
- 1892.— Der Peloponnes.— 642 S., Berlin.
- Die Griechischen Landschaften. Eine Landeskunde. (Nach dem Tode des Verfassers herausgegeben von E. KIRSTEN)—4 Bd., Frankfurt a.M., 1950, 51, 52, 56, 59.

- RENZ, C. 1955.— Die vorneogene Stratigraphie der normalsedimentären Formationen Griechenlands.— *Inst. Geol. Subsurf. Research*, 637 S., Athen.
- RICHTER, D. 1967.— Der St. Pietersberg bei Maastricht—die Typlokalität der Maastricht—Stufe und der bedeutendste Oberkreide—Aufschluss in den Niederlanden.— *Der Aufschluss*, H. 10 S. 284 - 295, Heidelberg.
- Olisthostrom, Olistholith, Olisthorrhymma und Olisthoplaka als Merkmale von Gleitungs — und Resedimentations — vorgängen infolge synsedimentärer tektonogenetischer Bewegungen in Geosynklinalbereichen.— *Z. dt. geol. Ges.* (im. Druck).
- RICHTER, D. & MARIOLAKOS, I. 1973.— Olisthorrhymma, ein bisher nicht bekanntes tektosedimentologisches Phänomen in Flysch-Ablagerungen. Erläutert an Beispielen aus der Gavrovo-Tripolis-Zone in Griechenland.— *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 142, 2, S. 165 - 190, Stuttgart a.
- Die Beziehungen zwischen Tripolitsa-Kalk und Flysch in der Gavrovo-Tripolis-Zone bei Argos (Peloponnes).— *Ann. Géol. d. Pays Hellén.* (im Druck) b.
- Die Bedeutung der eozänen Bruchtektonik bei Leontarion (Zentralpeloponnes) für die Bildung des Beckens von Megalopolis. *Prakt. Akad. Athen* (im Druck) c.