

Die Entstehung und Geschichte des Adriatischen Meeres.

Von

Dr. Alfred Grund.

Das Folgende sind vorläufige zusammenfassende Mitteilungen über die Ergebnisse von Forschungen, die sich mit der jungtertiären und quartären Geschichte des dinarischen Gebirges beschäftigen. Diese Forschungen ergaben als Folge auch Gesichtspunkte für die Entstehungsgeschichte der Adria, die ich im folgenden vorführen möchte.

Durch Penck und Brückner ist die quartäre Geschichte der Alpen bis in ihre äußersten Konsequenzen durchforscht worden, so daß sie wohl gegenwärtig das Gebiet sind, dessen glaziale und postglaziale Entwicklung am genauesten bekannt ist. Annähernd ebenso gut ist die postglaziale Geschichte des europäischen Nordens bekannt.

Ist es in dem ersteren Gebiete die verwickelte Folge von Eiszeiten, Interglazialzeiten und Rückzugsstadien, so sind es im Norden die postglazialen Strandveränderungen, welche von starken Veränderungen der Erdoberfläche in der jüngsten Phase der Erdgeschichte zeugen.

Im Vergleiche zu dieser verwickelten Geschichte Mittel- und Nordeuropas erscheint die quartäre Geschichte Südeuropas monoton, wenn wir die über dieses Gebiet herrschenden Anschauungen mit den Ergebnissen in Mittel- und Nordeuropa vergleichen. Speziell für das Adriatische Meer treffen wir die von Stache 1864¹⁾ aufgestellte und von Neumayr, Sueß und Mojsisovics²⁾ weiter ausgebaute Theorie von dem nordadriatischen Festlande, das bis ins Quartär bestanden und den Raum der

¹⁾ Stache, Geolog. Landschaftsbild d. istrischen Küstenlandes III. Österr. Revue, Bd. 6, S. 174.

²⁾ Neumayr, Über d. geolog. Bau d. Insel Kos. Denkschr. d. Wiener Akad. 40, S. 263, u. Verhandl. d. geolog. Reichsanst. 1882, S. 161; Mojsisovics, Dolomitriffe Südtirols, S. 531; Sueß, Entstehung der Alpen, S. 92, u. Antlitz der Erde I, S. 346, III, S. 420; Stache, Verhandl. d. geolog. Reichsanst. 1876, S. 127, 1888, S. 52 u. 233, u. Die liburnische Stufe. Abhandl. d. geolog. Reichsanst. XIII, S. 67—84.

nördlichen Adria eingenommen haben soll und das erst im Quartär eingebrochen und vom Meere bedeckt worden sein soll.

Diese Auffassung, die allgemeine Verbreitung erlangt hat, ist nur von italienischer Seite zu wiederholten Malen bezweifelt worden und besonders Tellini¹⁾ hat gelegentlich seiner Erforschung der Tremiti Inseln ganz gewichtige Beweise gegen die Festlandshypothese beibringen können. Er erklärt keine tektonischen Beweise für den Einbruch gefunden zu haben, nur Anzeichen von Senkung seien zu erkennen. Er leugnet den Bestand eines quartären Festlandes, da sich durch den Nachweis marinen pelagischen Pliozäns auf den Tremiti Inseln eine Meeresbedeckung der nördlichen Adria bereits im Pliozän ergibt. Durch diesen Nachweis ist die pliozäne Strandlinie durchbrochen, die Stache von Stagno über Lagosta und Pelagosa zu den Tremiti Inseln gezogen hatte; denn das Pliozän der Tremiti Inseln ist keine Strandbildung, sondern pelagischen Charakters.

Die Hauptargumente der Festlandshypothese sind folgende. Auf den istrischen und dalmatinischen Inseln sind an zahlreichen Punkten Knochenbreccien quartärer Säugetiere gefunden worden, und zwar auf kleinen Scoglien, die heute keinem größeren Tiere hinreichenden Lebensraum bieten. Besonders das kleine Felsenriff Silo bei Canidole und die kleinen Inseln Goika und Borovac wurden als Beweise dafür angeführt, daß sie einst größer und mit dem Festlande verbunden gewesen sein müssen, damit die großen Massen von Säugetieren dahin gelangen und leben könnten. Auch, daß der Schakal noch heute auf einzelnen dalmatinischen Inseln vorkommt, wurde als Beweis eines Landzusammenhanges angeführt.

Ferner fanden sich auf den Inseln Unie, Sansego und Canidole und auf der Südspitze Istriens Sandablagerungen, die Stache zum Teil als Ästuarablagerungen von Flüssen, zum Teil für Küstendünen erklärte. Die Po-Ebene sollte sich einmal bis dahin erstreckt und nur diese Sande auf den beim Einbruch stehen gebliebenen Inseln sich erhalten haben.

Ferner behauptete Neumayr, daß die noch heute lebende Landschneckenfauna des Monte Gargano dalmatinischen Charakter besitze und sich von der des Apennin unterscheide. Diese Behauptung ist bereits von Tellini²⁾ bezweifelt worden. Er behauptet, die von ihm gesammelten Landschnecken des Monte Gargano seien laut Zeugnis des Zoologen Pollonera in keiner Weise von denen der Nordostseite des Apennin verschieden gewesen.

Ein letztes gewichtiges Argument war das Fehlen mariner Ablagerungen des Miozäns und Pliozäns an der Ostseite der Adria, während

¹⁾ Bolletino del comitato geolog. d'Italia 1890, S. 442, u. ff. Tellini, Osservazioni geologiche sulle Isole Tremiti e sull' Isola Pianosa nell' Adriatico.

²⁾ Ebenda S. 493.

diese an ihrer Westküste in reicher Entfaltung entwickelt sind und zum Teil bis zu stattlichen Höhen am Aufbau des Apennins teilnehmen. Die Festlandshypothese hatte ferner an der Ostküste Italiens Anhaltspunkte in dem Auftreten von Kalkmassen, welche, dem Außenbogen des Apennins vorgelagert, als Fremdkörper am Rumpfe Italiens hängen, das ist der Monte Conero bei Ancona, der Monte Gargano und die apulische Tafel. Sie galten als stehen gebliebene Reste des alten niedergebrosenen adriatischen Festlandes.

Dazu kam ferner, daß die heutigen Küstenumrisse tatsächlich in ihren großen Zügen durch Brüche geschaffen wurden. Die Faltenzüge Istriens brechen sowohl an der West- als an der Ostküste, die Falten Mitteldalmatiens brechen zwischen Sebenico und Spalato am offenen Meere ab. Tellini hat gleichwohl die Existenz des nordadriatischen Festlandes im Pliozän bestritten und höchstens für das Miozän eine Landverbindung zwischen dem Monte Gargano und Dalmatien zugelassen. Dadurch wäre die Quartärzeit noch mehr zu einer ereignislosen Phase herabgesunken.

Ein Moment hat diese Ansichten von der Ereignisarmut und Monotonie der Quartärzeit im adriatischen Becken und dinarischen Gebirge begünstigt, das ist die außerordentliche Armut des dinarischen Gebirges an jüngeren Ablagerungen.

Was jünger ist als die Aquitanzeit, hat verschwindend geringen Anteil am Aufbaue des Gebirges. Besonders in ihrem genauen Alter sicher feststellbare Ablagerungen sind selten. Kontinentales Mittel- und Obermiozän ist noch gar nicht gefunden, kontinentales Pliozän ist durch einige Säugetierfunde in der Terra rossa nachgewiesen.

Die glazialen Quartärbildungen sind so abgelegen, daß sie den ersten Erforschern entgingen und Mojsisovics behaupten konnte,¹⁾ die Balkanhalbinsel habe zur Eiszeit keine Gletscher getragen. Diese Behauptung war schon zur gleichen Zeit durch Bittner²⁾ widerlegt durch den Fund fluvioglazialer Schotter im Narentatale bei Jablanica. Seither haben die Forschungen von Cvijić, Penck und mir dargetan,³⁾ daß auch das dinarische Gebirge eine, wenn auch im Vergleiche zu den Alpen geringe, quartäre Vergletscherung besessen hat. Ferner konnte ich

¹⁾ Grundlinien der Geologie von Bosnien-Herzegowina. Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1880, S. 46.

²⁾ Ebenda, S. 261.

³⁾ Cvijić, Morphol. u. glaziale Studien aus Bosnien, der Herzegowina u. Montenegro. Abhandl. d. k. k. Geograph. Gesellschaft. II. 1900, Nr. 6, Neue Ergebnisse über die Eiszeit auf der Balkanhalbinsel. Mitteil. d. k. k. Geograph. Gesellsch. 1904; Penck, Die Eiszeit auf der Balkanhalbinsel. Globus, 78. Bd.; Grund, Neue Eiszeitspuren aus Bosnien u. d. Herzegowina. Globus 1902; Eiszeitforschungen in Bosnien u. d. Herzegowina. Verhandl. d. Gesellsch. Deutsch. Naturf. u. Ärzte, 74. Versamml. Karlsbad 1902.

in Bosnien¹⁾ und Krebs²⁾ in Istrien zeigen, daß auch die seit der oligozänen Hauptfaltung so ablagerungsarme Jungtertiär- und Quartärzeit keineswegs ereignislos monoton ist, sondern daß sich aus der Betrachtung der Morphologie des Gebirges eine komplizierte Entwicklungsgeschichte in mehreren Phasen ergibt.

Jedes der größeren Täler des dinarischen Gebirges ist von großen höher gelegenen Verebnungsflächen begleitet, die Cetina ebenso wie die Crmanja, die Kerka ebenso wie die Narenta, ganz Istrien ist nach Krebs eine einzige Peneplaine.

Diese Zeit großer Abtragung und Einebnung des Gebirges ist jünger wie das Aquitan und älter als das Pliozän, denn die pliozänen Säugetierreste von Pola liegen auf der istrischen Peneplaine, diese war damals bereits fertig.

Krebs und ich haben daher die Entstehung dieser Verebnungsflächen ins Miozän verlegt. Diese Verebnungsflächen sind nun nicht ungestört geblieben. Krebs hat gezeigt, daß Istrien eine Verbiegung erfuhr, ich konnte in der Herzegowina an der Narenta-Verebnungsfläche nachweisen, daß die Verebnungsfläche in Staffelbrüchen mit Aufschiebungerscheinungen gegen die Adria absinkt und eine gegen diese gerichtete Schrägstellung erfuhr. Gleichzeitig damit und auch später noch brachen Senkungsfelder im Gebirge ein, es entstanden die Karstpoljen. Diese jugendlichen posthumer Störungen sind älter wie das Quartär. Alle Quartärablagerungen sind ungestört und nicht von den Brüchen betroffen, sie liegen teils in den Senkungsfeldern, teils in Erosionstälern, welche die alten Verebnungsflächen und die Staffelbruchstufen durchschneiden. Der Vorgang der Störungen und die darauf folgende Epoche der Erosion der Flußtäler ist somit jünger als das Miozän und älter als das Quartär, wir haben sie daher in das Pliozän zu verlegen. Die Phase der jugendlichen posthumer Störungen ist wahrscheinlich gleichaltrig mit der letzten Faltung der bosnischen Flyschzone, welche noch die obermiozänen Schichten der Kongerienstufe gestört hat,³⁾ sie dürfte daher an die Wende von Miozän und Pliozän zu verlegen sein. Auch auf den Tremiti Inseln zeigen die Profile Tellinis, daß daselbst das Miozän noch aufgerichtet ist, während das Pliozän nahezu horizontal liegt. Die Erosion der Flußtäler, die, wie sich sowohl in Istrien als in der Herzegowina zeigen ließ, zuerst in mehreren seichten Staffeln erfolgte, später aber kañonartig rasch in die Tiefe einschnitt, ist in die Pliozän-

¹⁾ Grund, Die Karsthydrographie. Geogr. Abhandl. VII, 3, S. 171—200.

²⁾ Krebs, Verbogene Verebnungsflächen in Istrien. Geograph. Jahresbericht aus Österreich IV.

³⁾ Katzer, Geolog. Führer durch Bosnien u. d. Herzegowina, S. 49—50, stellt die Faltung an das Ende der Tertiärzeit, da er noch, an der Anschauung festhält, die Kongerientschichten gehörten ins Pliozän.

zeit zu verlegen. Ich bin bei dieser Entwicklungsgeschichte des dinarischen Gebirges so lange verweilt, denn sie soll für die Darstellung der Entstehungsgeschichte der Adria das feste Gerüst bieten.

Zu diesem Behufe haben wir, um die Geschichte der Adria festzustellen, von jenen Ablagerungen auszugehen, deren Alter sicher zu bestimmen ist.

Das sind die fluvioglazialen Schotter des Narentatales. Sie entstammen der außerordentlich intensiven Vergletscherung des herzegowinischen Hochgebirges, besonders der Cvrstnica. Ich kann hier auf Einzelheiten nicht eingehen, sondern muß mich darauf beschränken zu sagen, daß es mir im herzegowinischen Hochgebirge gelungen ist, Ablagerungen der letzten zwei Eiszeiten, der Riß- und Würmeiszeit, und zweier postglazialer Stadien, des Bühl- und Gschnitzstadiums, nachzuweisen. Die Schotterterrassen der zwei postglazialen Stadien sind zumeist ersetzt durch zwei Erosionsterrassen, die aus der Würmterrasse herausgeschnitten sind.

Wenn man nun die Schotterterrassen der Narenta unterhalb Mostar abwärts verfolgt, so verlieren sie rasch an Höhe, bei Mostar ist die Würmterrasse 20 m hoch, beim Südausgange des Mostarskopoljes ist sie nur mehr 6—8 m hoch. Diese Abnahme der Höhe ist nicht eine Folge dessen, daß die Mächtigkeit der Schotterausfüllung des Tales abnimmt, sondern die rezente Flußkurve der Narenta ist hier nicht so tief in die Schotter eingesenkt wie oberhalb Mostar. Während dort die Narenta überall bis zur Basis der Würmschotter eingeschnitten ist, fließt sie unterhalb Mostar nur in ihren Schottern.

Unterhalb Mostar tritt nun im Mostarskopolje und im Narentatale Löß auf. Er ist spätpostglazialen Alters, denn er liegt nicht nur auf der Würmterrasse, sondern auch auf den zwei postglazialen Erosionsstufen, die wahrscheinlich dem Bühl- und Gschnitzstadium entsprechen. Dieses Ergebnis meiner Beobachtung stimmt mit dem Nachweise postglazialen Lößes bei Turin¹⁾ überein. Es dürfte auch für den Löß Dalmatiens gelten. Es hat also noch in postglazialer Zeit eine Phase der Temperatursteigerung gegeben, in welcher im Mittelmeergebiete Verstepung eintrat. Tatsächlich ist auch am Col de Lautaret von Kilian und Penck nachgewiesen,²⁾ daß in der Gschnitz-Dauninterstadialzeit ein Klima geherrscht haben muß, das mindestens ebenso warm war wie heute. Diese Interstadialzeit dürfte, worauf mich Prof. Brückner aufmerksam machte, der nordischen Litorina- oder Tapesepoche entsprechen, wo das Klima Nordeuropas um 2^o wärmer war als heute.

Die fluvioglazialen Schotter und der postglaziale Löß verschwinden nun unterhalb Zitomislic, d. h. sie tauchen unter den Talboden unter

¹⁾ Penck u. Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, S. 759.

²⁾ Ebenda, S. 732--733.

und an ihre Stelle treten lockere feinschotterige und weiterhin feinsandige Ablagerungen; es sind die rezenten Deltaschichten der Narenta. Während bei Zitomislje die älteren Flußkurven der Würmeiszeit und ihrer zwei postglazialen Stadien über der rezenten Flußkurve liegen, sind sie im Delta der Narenta unter diese untergetaucht. Sie sinken unter den Meeresspiegel. Eine Bohrung in Metkovic hat in 16 *m* Tiefe (13 *m* unter dem Meeresspiegel) den groben Quartärschotter erreicht.¹⁾

Es liegt also eine jugendliche rezente Senkung vor, welche nicht nur den fluvioglazialen Schotter, sondern auch den postglazialen Löß unter den Meeresspiegel versenkt hat. Das rezente Delta der Narenta ist somit jünger als die Gschnitz-Dauninterstadialzeit. Es fällt mit steiler Stirn gegen den Boden des Narentakanals ab, der in 27 *m* Tiefe beginnt.

Zieht man nun hier die Isobathen (Skizze I), so ergeben diese einen flachen Schuttkegel mit einer darin eingesenkten Talrinne, die unter dem Narentadelta hervorkommt.

Dieser Schuttkegel liegt in der Fortsetzung der Gefällskurve der versenkten fluvioglazialen Schotter, er ist die submarine Fortsetzung derselben, die darin eingesenkte Talrinne ist die postglaziale Erosionsrinne. Das flache Gefälle des submarinen Schuttkegels beweist, daß er auf trockenem Lande zur Ablagerung kam. Der Narentakanal muß daher im Quartär trocken gelegen sein.

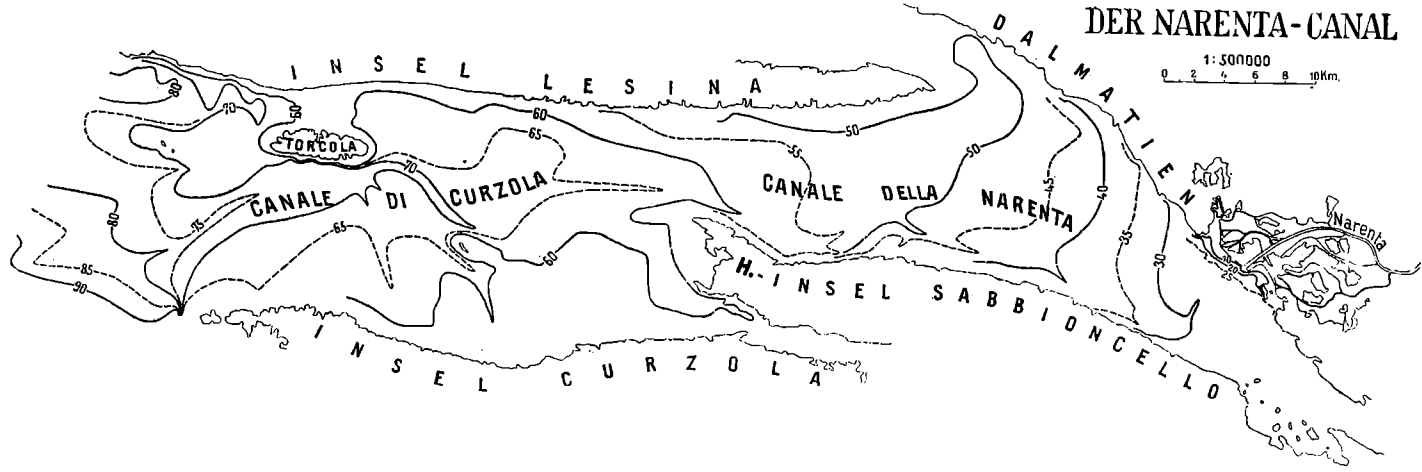
Verfolgt man nun den Boden des Narentakanals nach Westen, so zieht sich der Schuttkegel immer mehr auf die Talrinne zurück, die sich erst unter 80 *m* Tiefe am Abfalle gegen das nördliche Tiefseebecken der Adria verliert.

Bis über die Tiefe von 80 *m* hinaus ist somit eine konstant sich senkende Flußkurve vorhanden, die am Übergang in den Narentakanal keine Störung aufweist. Wäre nun der Einbruch des Narentakanals quartär, so müßte hier eine Unterbrechung nachweisbar sein. Das Quartär müßte hier am Narentatalausgang hoch über dem Boden des Narentakanals abbrechen. Es ergibt sich vielmehr, daß der Narentakanal in der heutigen Form mindestens bereits zur Würmeiszeit bestand, nur lag er trocken, er war noch nicht vom Meere überflutet.

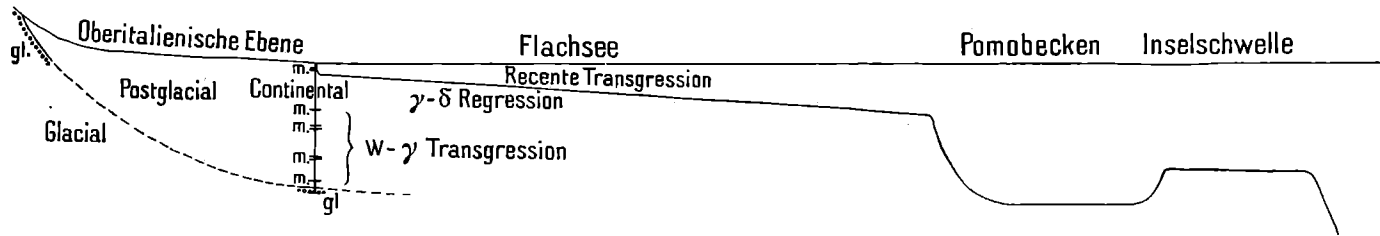
Dies bringt in die Erklärung der Säugetierbreccien auf den Inseln ein neues Licht. Wenn der Meeresspiegel um 90 *m* tiefer liegt, sind alle dalmatinischen Inseln, selbst Lissa, Bestandteile des Festlandes. Tatsächlich hat man die Beweiskraft der Säugetierbreccien für den quartären Einbruch überschätzt, sie beweisen nur Festlandszustände in der Umgebung, aber doch keineswegs einen tektonischen Einbruch.

¹⁾ Nach Mitteilung von H. Ingenieur Ausübl (Makarska).

Skizze I.



Skizze II.



Schematisches Profil durch das Adriatische Meer.

Solche Festlandszustände kommen nun auch dadurch zu stande, wenn das ganze Land samt den vorliegenden Inseln 90 *m* höher liegt. Die Säugetierbreccien enthalten vorwiegend Cerviden und Equiden. Der erstere Umstand würde dafür sprechen, daß sie postglazialen Alters sind, aber der Fund von *Rhinoceros Merckii* beweist,¹⁾ daß sie zum Teil auch der Waldphase der Riß-Würminterglazialzeit angehören. Wir können daher das Trockenliegen des Narentakanals bis in die letzte Interglazialzeit zurückverfolgen. Für die frühere Zeit fehlen uns derzeit noch Beweise, pliozäne Landsäugetiere sind, soweit mir bekannt ist, bisher nur bei Pola gefunden worden, nicht auf den Inseln. Wenn nun der Meeresspiegel noch in postglazialer Zeit 90 *m* tiefer stand als heute, so erklärt sich auch das Auftreten von Löß in Dalmatien²⁾ und auf den Inseln, dessen Fuß gegenwärtig vom Meere der Inselkanäle benagt wird. Er wurde an die Gehänge der trockenliegenden Inselkanäle angeweht. Seine steilen Abfälle gegen das Meer sind durch Untergrabung seitens der Brandung hervorgerufen.

Es besteht somit an der Narentamündung folgender Zyklus: eine hohe Lage des Landes nachweisbar von der Riß-Würminterglazialzeit bis zur Gschnitz-Dauninterstadialzeit, sodann eine Senkung um 90 *m*, welche die rezente Transgression der dalmatinischen Inselkanäle nach sich zog und die rezente Deltaaufschüttung der Narenta bewirkte.

Dies ermöglicht es, die Geschichte der anderen Täler der dinarischen Küste festzustellen, denen fluvioglaziale Ablagerungen fehlen. Die Deltas des Quieto, der Arsa, der Crmanja und Cetina sind alle erst seit dem Daunstadium abgelagert worden. Alle dalmatinischen Täler lassen sich submarin in den Inselkanälen bis 80 und 90 *m* Tiefe bis an den Rand der adriatischen Tiefsee als versenkte Flußrinnen verfolgen. Nur die istrischen Täler, der Quieto, der Lemekanal und die Arsa setzen sich nicht submarin fort. Wenn wir von diesen vorläufig absehen, so haben wir in Dalmatien versenkte Erosionsrinnen, die fluvioglazialer Einlagerungen entbehren. Nun sagte ich eingehends, daß der fluvioglazialen Akkumulation die Erosionsphase der Pliozänzeit voranging, welche die heutigen Flußtäler des dinarischen Gebirges schuf. Wenn diese untergetauchten Talrinnen die Fortsetzung dieser Täler sind und nicht etwa erst während der Trockenlegung während des Quartärs eingeschnitten wurden, so könnte man mit einiger Wahrscheinlichkeit sagen, daß diese submarinen Talrinnen gleichfalls der pliozänen Erosionsphase angehören, daß auch zur Pliozänzeit das Meer sich innerhalb des Raumes der 90 *m* Isobathe hielt. Die Art und Weise, wie im Narentakanal sich der quartäre

¹⁾ Woldrich, *Jahrb. d. geolog. Reichsanst.* 1882.

²⁾ Siehe bes. die zahlreichen Beobachtungen von Schubert in den *Verhandl. d. geolog. Reichsanst.* seit 1900.

Schuttkegel der Narenta in die Talrinne zurückzieht, spricht für ein höheres Alter derselben. Auch laufen alle dalmatinischen Täler gleichsohlig in den Boden der Inselkanäle aus; der Boden der Inselkanäle bildete die Erosionsbasis der Flußtäler. Die Inselkanäle bestanden daher wahrscheinlich bereits zur Zeit der Erosionsphase der dinarischen Flußtäler.

Man muß somit in der Geschichte der Adria zweierlei unterscheiden, einerseits die Entstehung des adriatischen Beckens, andererseits die Entstehung des Adriatischen Meeres. Das Adriatische Meer in seinen heutigen Umrissen ist eine junge Erscheinung, es ist erst seit dem Daunstadium entstanden, aber nicht durch Einbruch, sondern durch eine Transgression des Meeres, welches in das sich senkende dinarische Gebirge eindrang. Der Einbruch des Meeresbeckens mit den Inselkanälen ist dagegen älter, wahrscheinlich älter als das Pliozän.

Nun zeigte ich, daß an der Wende von Miozän und Pliozän die posthumer Störungen eintreten, welche das dinarische Gebirge in Staffelbrüchen gegen das Adriabecken absinken ließen und daß zu dieser Zeit die Poljen einbrechen. Mit großer Wahrscheinlichkeit dürfen wir auch den Einbruch des Adriabeckens und seiner Kanäle in diese Zeit posthumer Störungen verlegen. Vor dieser Zeit kann das hypothetische nordadriatische Festland bestanden haben. Diesem entwickelten Zyklus widerspricht keine der bisher gemachten Beobachtungen.

Es ist nun noch das Fehlen der submarinen Fortsetzung der istrischen Täler zu erklären. Betrachtet man die Tiefenverhältnisse der nördlichen Adria, so ist hier dreierlei zu unterscheiden. Den Sockel der dalmatinischen Inseln bildend, zieht sich eine submarine Schwelle von Lagosta über Pelagosa zu den Tremiti Inseln und zum Monte Gargano hinüber, sie trennt das südadriatische Tiefseebecken von dem nordadriatischen Tiefseebecken, das ich als das Pomobecken bezeichnen will; es ist 243 *m* tief. Diese Inselbrücke sinkt an ihrer tiefsten Stelle, zwischen Pelagosa und Cazza, bis auf 181 *m* Tiefe herab. Die nördliche Adria ist dagegen eine Flachsee, die aus dem Golf von Triest, von 21 *m* Tiefe, nach Süden ganz allmählich bis 90 *m* Tiefe sinkt und erst hier in steilerem Abfalle zum Pomobecken abfällt. Sie macht ganz den Eindruck einer untergetauchten Akkumulationsebene. Dieser Eindruck verstärkt sich noch, wenn man die Tiefenverhältnisse zwischen den istrischen Inseln vergleicht. Der Quarnero, der sich gegen die offene See öffnet, hat einen flachen Boden, der von der Flachsee ausgehend, sich gegen den Golf von Fiume senkt. Ein Ast der Akkumulationsebene hat sich hier anscheinend in den Quarnero hineingebaut. Der Quarnero dagegen und der Canale della Morlaka und Montagna haben Tiefen, die beträcht-

lich unter die der benachbarten Flachsee hinabgehen. Anscheinend hat die Inselreihe Unie, Lussin, Premuda, Melada, Lunga und Incornata eine Barre gebildet, welche die Akkumulationsebene verhinderte, in den Raum hinter den Inseln einzudringen. So entgingen diese toten Winkel der Akkumulation. Diese Aufschüttungsebene erklärt das Fehlen submariner Talrinnen vor der Mündung der istrischen Flußtäler, weil diese unter der Ebene vergraben liegen. Die Aufschüttungsebene wäre sonach jünger als der Pliozän. Wenn man nun hier ebenso wie in Dalmatien den Meeresspiegel bis zur Gschnitz-Dauninterstadialzeit um 90 m tiefer annimmt, so liegt die ganze Ebene trocken. Wir haben dann ein Mittel, die eigenartigen Flugsandablagerungen von Unie und Sansego und der Südspitze Istriens zu erklären. Es sind äolische Ablagerungen, die dem Löß Dalmatiens entsprechen und die aus der trocken liegenden Akkumulationsebene während der Gschnitz-Dauninterstadialzeit auf die Umrandung der Ebene emporgeweht wurden.

Auch hier muß man nicht zur Erklärung durch einen quartären Einbruch greifen. Die nordadriatische Flachsee wäre somit als eine untergetauchte postglaziale Po-Ebene zu betrachten, die sich vorschob und das Meer bis zur heutigen 90 m Isobathe zurückgedrängt hat (vgl. Skizze II, S. 7).

Daß diese Auffassung der Flachsee als einer untergetauchten Aufschüttungsebene, welche durch die rezente Transgression unter den Meeresspiegel kam, zutreffend ist, lehren alle Bohrprofile, die in der friaulischen und venetianischen Ebene niedergetrieben wurden. Keines derselben hat eine Spur des ehemaligen nordadriatischen Festlandes gefunden, welche zu sagen erlaubte, daß die nordadriatische Flachsee eine höher stehen gebliebene Scholle dieses Festlandes sei. Keines dieser Bohrlöcher hat überhaupt das Quartär durchsunken. Die Bohrprofile lehren, daß der größte Teil der friaulisch-venetianischen Ebene postglazialen Alters ist. Die Brunnenbohrungn längs der Eisenbahn Treviso-Belluno¹⁾ haben ebenso wie im Narentatale ergeben, daß der fluvioglaziale Schotter des Piavegletschers unter die heutige Ebene untertaucht. Die groben Würmschotter des Piavegletschers liegen bei Montebelluno auf einem älteren Quartärkonglomerat und werden von feinerem rezenten Alluvium überlagert.²⁾ Bei der Eisenbahnstation Trevignano-Signorezza liegt der Würmschotter bereits 30 m tief, der 45 m tiefe Brunnen des nächsten Wächterhauses hat ihn noch erreicht, alle weiteren Bohrungen haben ihn

¹⁾ Mariani, Sopra alcuni pozzi della pianura Trevigiana. Atti della Società Italiana di scienze naturali e del museo civico di storia naturale in Milano, Vol. XXXVI, anno 1896. S. 33, u. ff.

²⁾ Mariani deutet die Bohrungen abweichend von meiner Auffassung.

nicht mehr angetroffen, auch keine der vielen Bohrungen in Venedig, die bis 172·5 *m* Maximaltiefe hinabreichen. Diese letzteren haben sich nur in sandigem und schlammigem postglazialen Alluvium bewegt. Aber eine 216·5 *m*¹⁾ tiefe Bohrung in Grado hat in 211 *m* Tiefe endlich einen groben Schotter erreicht; es ist der fluvioglaziale Schotter des Isonzo. Die ganze darüber liegende 211 *m* mächtige Schichtfolge von Sand und Schlamm ist dadurch als postglazial erwiesen. Die Bohrung in Grado hat nun in dieser postglazialen Schichtfolge in 79·7 *m*, 159·65 *m*, 163·3 *m* und 202 *m* Tiefe marine Fossilien gefördert, ferner auch in 7·8 und 11·5 *m* Tiefe, hier wechsellagernd mit menschlichen Artefakten, die bis 9 *m* unter den Meeresspiegel hinabreichen. In der Schicht von 11·5 *m* bis 79·7 *m* fanden sich dagegen Anzeichen kontinentaler Ablagerung in Gestalt von Lignit- und Torflagen. Eine Bohrung in Venedig, die Tellini²⁾ mitteilt, ergab bis zur Tiefe von 85 *m* unter dem Meere nur fluviale und palustre Ablagerungen. In 105·3 *m* fanden sich marine und Süßwasserkonchylien gemischt, in 119 *m* marine Fossilien. Die Nachrichten über die älteren Bohrungen in Venedig bei Tylor³⁾ sind leider sehr vage gehalten, aber auch aus ihnen ersieht man, daß man in den obersten Lagen marine Reste fand, darunter fanden sich kontinentale Ablagerungen, besonders zahlreiche Lignite. Nach den Bohrprofilen von Degoussé und Laurent, die Tylor mitteilt,⁴⁾ liegen die Lignite in Tiefen von 15 bis 87 *m*, ein einziges Lignitlager fand sich noch in 127 *m* Tiefe, in den tieferen Lagen sollen dann wieder marine und kontinentale Schichten gewechselt haben. Die landeinwärts gelegenen Bohrungen, eine 111 *m* tiefe in Legnago,⁵⁾ die 95 *m* unter den Meeresspiegel hinabging, und eine 84 *m* tiefe bei Modena,⁶⁾ die 50 *m* unter den Meeresspiegel hinabging, haben nur kontinentale Schichten ergeben. Alle diese Bohrungen zeigen übereinstimmend gerade in der Tiefe von 20 bis 80 *m* nur kontinentale Ablagerungen, und zwar gerade in der Tiefe, in der die nordadriatische Flachsee liegt; die Wahrscheinlichkeit ist sehr groß, daß sich diese Landablagerungen im Boden der adriatischen Flachsee fortsetzen. Die Bohrungen zeigen ferner, daß nach der Würmeiszeit eine postglaziale Trans-

¹⁾ Ich verdanke das Bohrprofil dem † Prof. Eduard Richter (Graz). Siehe auch Papež, Die Wasser- u. Bodenverhältnisse von Grado u. des benachbarten Küstengebietes.

²⁾ Bolletino del comitato geologico d'Italia 1890. S. 491.

³⁾ Tylor, On the formation of Deltas . . . Geological Magazine 1872. IX. S. 485 u. ff.

⁴⁾ Ebenda, S. 498—500, u. Plate XI.

⁵⁾ Nicolis, Nuova contribuzione alla conoscenza della costituzione della bassa pianura Veronese. Bolletino della Società geologica Italiana IX.

⁶⁾ Mazzetti, Per lo scavo di un nuovo pozzo in Modena. Atti della società del naturalisti in Modena. Ser. III, Vol. XI, anno 26 S. 64.

gression eintrat, die über den fluvioglazialen Schotter übergriff und die in der Gschnitz-Dauninterstadialzeit von einer Regression des Strandes abgelöst wurde, worauf seither die rezente Transgression eintrat. Beide Transgressionen haben sich anscheinend nicht weit über die heutige Strandlinie in die oberitalienische Ebene hinein erstreckt, wie die Bohrungen in Legnago und Modena beweisen. Die tiefe Lage der fluvioglazialen Schotter bei Grado, die tiefer liegen als der tiefste Punkt der Inselfschwelle von Pelagosa, ist nur durch Senkung des Meeresbodens zu erklären. Wo der glaziale Strand gelegen war, läßt sich hier nicht mehr feststellen, jedenfalls lag er, nach dem Korn der Schotter zu urteilen, seewärts, also im adriatischen Becken, das somit auch aus diesem Grunde im Quartär bestanden haben muß.

Die postglaziale Senkung wurde in der Gschnitz-Dauninterstadialzeit von einem Stillstand der Senkung oder von einer Hebung unterbrochen, welche es der Po-Ebene ermöglichte, sich so weit ins Meer hinauszubauen. So hat die Nordküste der Adria eine noch verwickeltere quartäre Geschichte als die dalmatinische Küste. Hier ist jedenfalls ein Gebiet stärkster Senkung.

Es ist nun noch das Fehlen der marinen Miozän- und Pliozänablagerungen an der adriatischen Ostküste zu erklären. Das Fehlen miozäner Ablagerungen ist wahrscheinlich in der bisherigen Weise durch den Einbruch des adriatischen Festlandes zu erklären. Für das Fehlen pliozäner Strandbildungen haben wir die Art und Weise ihres Auftretens zu beachten. Am Nordostrand des Apennins sind die pliozänen Ablagerungen bis zu Höhen von 300 bis 600 *m* gehoben, am Südfuße der lombardischen Alpen bis 500 *m*, aber beim Gardasee ist ihr östlichstes Vorkommen, dann verschwinden sie gegen Osten. Auch am Monte Gargano liegt das Pliozän nur mehr in 140 *m*¹⁾ Höhe und über den Tremiti Inseln schätzt Tellini den Meeresspiegel im Unterpliozän in rund 90 *m*.²⁾ Auf Pelagosa liegt das pliozäne Strandkonglomerat in 60 *m* Höhe. So sieht man die Strandablagerungen gegen Ost und Nordost gegen ein Gebiet stärkster Senkung im Bereich der nördlichen Adria einschließen. Dies bestärkt mich in meiner Vermutung, daß der pliozäne Meeresstrand in Dalmatien im Bereich der 90 *m* Isobathe zu suchen ist. In welcher Tiefe er in der nördlichen Adria versenkt liegt, wissen wir nicht. Er ist durch Senkung tief unter den Meeresspiegel gekommen. Die pliozäne Niveaufläche ist schräg gestellt gegen Nordosten. Durch diese Senkung des Landes blieb in Dalmatien die Strandlinie im Pliozän und Quartär bis in postglaziale Zeit bei der 90 *m* Isobathe stabil, da sie gleichen Schritt hielt mit der postpliozänen Senkung des Meeresspiegels.

¹⁾ Tellini, Bolletino del comitato geologico d' Italia 1890, S. 499—501.

²⁾ Ebenda, S. 502.

An der apenninischen Gegenküste stieg dagegen das Pliozän durch Hebung hoch empor und der Strand verschob sich verstärkt durch postpliozäne Senkung des Meeresspiegels meerwärts. So kehrten sich seit dem Miozän die Verhältnisse um. Im Miozän und auch noch im Pliozän war der Apennin ein niedriger Archipel von Inseln, das dinarische Gebirge ein geschlossenes Festland. Seither ist der Apennin emporgestiegen, das dinarische Gebirge abgesunken. Beide haben die Rollen gewechselt. Das dinarische Gebirge löst sich in einen Archipel auf.

Ich sagte früher gelegentlich der tiefen Lage der fluvioglazialen Schotter von Grado, daß im Nordende der Adria das Gebiet der stärksten Senkung liege.

Dies bestätigt auch die Tatsache, daß vom Skutarisee¹⁾ ab gegen Süden das marine Pliozän auch an der adriatischen Ostküste über den Meeresspiegel auftaucht. Auch hier senkt sich die Niveaufläche gegen Nordwesten. So verweist alles darauf, daß im Nordende der Adria das Zentrum der seit dem Beginne des Pliozäns eintretenden Senkungserscheinungen zu suchen ist. Die Höhenverhältnisse des dinarischen Gebirges bestätigen dies. Bis zum Bosnischen Erzgebirge erreicht kein Gipfel des dinarischen Gebirges 2000 m. Die Ursache dieser stärksten Senkung haben wir vermutlich an der Grenze von Alpen und dinarischem Gebirge zu suchen. Das dinarische Gebirge schiebt sich hier unter die Alpen, wird von ihnen überwältigt und nach abwärts gedrückt. Es wurde schrägestellt. Während sich nun bis ins Quartär Apennin und dinarisches Gebirge gegensätzlich zu einander verhalten und eine Schrägstellung des pliozänen Niveaus eintritt, verhalten sich beide Küsten in ihrer jüngsten Quartärgeschichte gleich. Die adriatische Westküste zeigt dieselben rezenten Senkungserscheinungen wie die Ostküste. Allerdings ist der Betrag dieser rezenten Senkung an der apenninischen Küste noch nicht bestimmt. Und bevor dieses nicht geschehen ist, kann man kein Urteil darüber gewinnen, wie die quartären Strandveränderungen der Adria zu erklären sind. Sie können tektonisch sein. Dafür spräche, daß die Westseite Italiens gehobene Quartärablagerungen besitzt. Das Gebiet der Senkung hätte sich in diesem Falle einfach gegen Westen verschoben und auch die Ostseite des Apennins ergriffen. Es können jedoch auch Oszillationen des Meeresspiegels sein, die durch die Anhäufung von Wasser in fester Form in den Vergletscherungen bewirkt wurden. In diesem Falle müßten den Eiszeiten und Rückzugsstadien ein tiefer Stand, den Interglazial- und Interstadialzeiten ein hoher Stand des Meeres entsprechen. Gegen eine solche Erklärung spricht die Tatsache, daß man in der Gschnitz-Dauninterstadialzeit eher ein Zurückweichen der Strandlinie erkennen kann.

¹⁾ Vettors, Geologie des nördlichen Albaniens. Denkschr. d. Wiener Akademie, 80. Bd., S. 4—7.

Eine letzte Möglichkeit wäre noch, daß die tektonischen Vorgänge mit den glazialen und postglazialen Geoidschwankungen interferieren. Es ist auffällig, daß der Stillstand in der Senkung, der einer durch tektonische Senkung ausgeglichenen geoidalen Aufwölbung entsprechen kann, welcher in der Adria in der Gschnitz-Dauninterstadialzeit eintritt, die gegensätzliche Bewegung zur Senkung der nordischen Litorinazeit darstellt. Nach dieser Hebungsphase tritt im Adriatischen Meere rezente Senkung ein, während im Norden die Senkung der Litorinazeit von rezenter Hebung abgelöst wird. An der Ostküste Italiens könnte die rezente Senkung das Ergebnis der geoidalen Senkung sein, die hier über die tektonische Hebung überwiegt, an der dalmatinischen Küste würden beide Prozesse gleichsinnig wirken.

Die versenkten Täler der adriatischen Ostküste sind nämlich nur ein Glied in einem Kreise versenkter Flußtäler, der von der Riasküste Galiciens, über die versenkten Flußtäler der Gascogne und der Riviera zu den Limanen Südrußlands, das Gebiet der postglazialen Hebung im Zentrum der Vereisung umgibt. Ähnlich entspricht an der Ostküste Nordamerikas den postglazialen Hebungen am St. Lorenz im Süden das Gebiet der ertrunkenen Flußtäler. Bevor aber die quartäre Geschichte aller dieser Täler nicht genau aufgeheilt ist, können diese zuletzt geäußerten Ansichten nur den Wert von Vermutungen beanspruchen.
