

In beiden Ausbildungsformen ist eine Beziehung der Phosphat- zur Karbonatsubstanz zu erkennen. Auch im Glaukonitsandstein ist Kalzit das Bindemittel der Körner und liegen in der das kalkige Bindemittel gewissermaßen ersetzenden Phosphatsubstanz der Knollen in wechselnder Menge Quarz- und Glaukonitkörnchen eingebettet.

Der Phosphorsäuregehalt, an Durchschnittsproben aus Handstücken der Phosphoritflöze bestimmt, schwankt zwischen 10 und 18%.

Im Jahre 1867 wurde von Gumbel¹⁾ das Vorkommen von Phosphorit in den Glaukonitsandsteinen des Allgäu festgestellt und von ihm die Vermutung ausgesprochen, daß auch der „Galtgrünsand“ in Vorarlberg und namentlich in der Schweiz Phosphorsäure führen. Von der Schweiz liegen Mitteilungen über Phosphorite im gleichen Horizont von Heim²⁾, Tobler³⁾ und Trunninger⁴⁾ vor. Es wurde in der Schweiz während des Krieges eine technische Nutzbarmachung versucht, infolge des niederen Gehalts und der geringen Schichtmächtigkeit wieder aufgelassen.

Die im vorstehenden gemachte Feststellung von Phosphorit in Vorarlberg ergänzt das Bild der Verbreitung von Phosphoriten im Schichthorizont des Gault der Kreideformation, wie sie in diesem Horizont in großer Flächenausdehnung aus vielen Teilen Europas, besonders Westeuropas, ebenso aus den an das Vorarlberger Fundgebiet angrenzenden Teilen der Ostschweiz und des Allgäus bekannt sind.

Literaturnotizen.

Artur Winkler. Über den Bau der östlichen Südalpen. Mitteilungen der geologischen Gesellschaft in Wien. XVI. Bd. 1923, S. 1—272. Mit 4 Tafeln und 27 Textfiguren.

Die Arbeit ist eine eingehende tektonische Synthese der östlichen Südalpen, die auf die hauptsächlich von F. Teller und F. Kossmat aufgenommenen geologischen Karten sowie langjährige eigene Aufnahmen des Verfassers im Isonzogeblirte und zahlreiche Studienreisen in die anderen Teile der Südalpen begründet ist.

Unter „östlichen Südalpen“ ist der östlich der Piave und der Senkung des Lago S. Croce gelegene Teil der Südalpen verstanden; doch werden hier nur Julische Alpen, Steiner Alpen, Savefalten und Hochkarst eingehender behandelt, der kleinere Nordteil des Gebietes, Karawanken und Tonalitzone, bleiben einer späteren Arbeit vorbehalten. Auch die Karnischen Alpen und Karnischen Voralpen werden nicht näher betrachtet.

In einem einleitenden Kapitel werden die bisherigen synthetischen Arbeiten, und zwar insbesondere diejenigen von Kossmat, Limanowski und Kober besprochen und die beiden letzteren einer eingehenden Kritik unterzogen, bei der es sich zeigt, daß diese mit zahlreichen gesicherten Beobachtungen in Widerspruch stehen.

Am genauesten ist der Bau der julischen Alpen behandelt, die Winkler auch am besten aus eigener Anschauung kennt. Er unterscheidet hier drei große tektonische Einheiten, 1. die julische Außenzone im Süden, darüber, 2. die zentralen Julischen Alpen, welche 3. die Zlaina-Studor-Deckscholle tragen. Daß die genannten Einheiten durch Überschiebungen begrenzt sind, war bereits Kossmat bekannt, doch zeigt es sich, daß die von Kossmat angenommenen Schubweiten nicht ausreichen; denn es bestehen einerseits beträchtliche Faziesverschiedenheiten zwischen den ein-

1) Gumbel, Weitere Mitt. ü. d. Vork. v. P₂O₅ i. d. Schichtgest. Bayerns. Sitzber. k. Akad. Wiss. München. 1867. II, 147.

2) Heim A., Geologie der Schweiz, Bd. II, S. 312.

3) Tobler Aug., N. Jahrb. f. Geol. 1899.

4) Trunninger E., Vorkommen natürlicher Phosphorite, Landwirtsch. Jahrb. d. Schweiz 1919.

zelenen Zonen, die durch die Nebeneinanderstellung der stratigraphischen Profile dieser Einheiten veranschaulicht werden, während innerhalb der Einheiten die Schichtfolge durch lange Strecken ziemlich konstant bleibt, andererseits müssen die jungen Schichten von Flitsch und Vrsnik im Gegensatze zu Kossmats Auffassung als Fenster unter den „Zentralen Julischen Alpen“ aufgefaßt werden, was einen gegen Süden gerichteten Vorschub dieser Zone von mindestens 10 bis 15 km beweist. An der Basis der Decke der „Zentralen Julischen Alpen“ liegt die aus Juragesteinen aufgebaute Basalschuppe. Die Julische Außenzone ist durch paläozoische Grauwacken und in ihrem östlichen Teile auch durch eine eigenartige Triasentwicklung (Pseudogaitaler Schiefer) charakterisiert. Die nachweisbar auf vier Fünftel ihres Umfanges von Überschiebungen begrenzte Zlatna-Stador-Scholle wird — gleichfalls im Gegensatze zu Kossmat — als eine von NO eingeschobene Deckscholle gedeutet.

Die einzelnen Bewegungsvorgänge werden in folgender Weise zeitlich eingeordnet: Die ersten Bewegungen beginnen im Jura, was die diskordante Auflagerung des Oberjura beweist; die Flyschfazies im Neokom deutet auf Fortdauer der Gebirgsbildung während der Unterkreide hin. Vorseonone Bewegungen sind besonders im Nordteil der östlichen Südalpen verbreitet, aber auch während des Senons kommen die Bewegungen nicht zur Ruhe, was sich durch zahlreiche kleine Diskordanzen und wiederholte Einschaltung von Breccienbänken in Senon zu erkennen gibt. Die Hauptfaltungsphase erfolgt unmittelbar vor, die Hauptüberschiebungsphase nach dem Mitteleozän. Die Überschiebungen dieser Phase sind jedoch nicht durch Weiterbildung der voreozänen Falten entstanden, sondern die Schubbewegungen erfolgten an Scherflächen, die ganz unabhängig vom Faltenbau das Gebirge durchsetzen. Winkler bezeichnet diesen eigentümlichen, für die ganzen östlichen Südalpen charakteristischen Überschiebungstypus als den „zerrissenen Faltenschub“. Noch jünger (nach-oligozän und miozän) sind mehr oder minder steil stehende Störungen, zu denen die nordwest-südöstlich streichende Vrata- und Slatenikstörung, die nordost-südwestlich streichende Moistrokalinie und die ostwestlich streichende Stolbürschiebung gehören.

Ich möchte zu dieser Phasenfolge bemerken, daß eine sehr gute Übereinstimmung mit derjenigen der Nordalpen besteht; auch der „zerrissene Faltenschub“ scheint hier nicht ganz zu fehlen (z. B. Ampferers Kaisergebirgsdecke), ist aber zweifellos viel seltener. Nur ist in den Nordalpen die mittelmiozäne und vorseonone Phase etwas schärfer hervorgehoben, während Bewegungen innerhalb des Senons hier nicht so gut erkennbar sind.

Die Julischen Alpen haben im Meridian des Isonzo durch die Faltungen und Überschiebungen eine Verschmälerung auf $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ erfahren, was auffallend mit dem von mir für die Kalkalpen des Salzkammergutes errechneten Zusammenschub übereinstimmt.

Die Steiner Alpen sind nicht die unmittelbare tektonische Fortsetzung der Julischen Alpen, sondern eine in derselben Geosynklinale wie diese gebildete, gegen SW geschobene Scholle.

Eine sehr eingehende Darstellung erfahren der Hochkarst (Ternowaner und Birnbaumer Wald, Adelsberger Karst) und die Savefalten. Von der Außenzone der Julischen und Steiner Alpen, deren südliche Vorlage sie bilden, sind diese Gebirgsstücke durch die Karfreit-Kirchheimer Überschiebung und deren östliche Fortsetzung getrennt. Westlich von Kirchheim ist an dieser Linie die Julische Außenzone gegen S auf die südliche Vorlage, östlich dieses Ortes umgekehrt die Vorlage (Savefalten) gegen N auf die Außenzone der Julischen und Steiner Alpen aufgeschoben. Zur Annahme dieser sonderbaren, durch den Wechsel der Bewegungsrichtung im Streichen charakterisierten und dadurch wohl einzig dastehenden Störungslinie sah sich der Verfasser durch den Umstand genötigt, daß im W Karbon, Perm und normale Trias unter der Pseudogaitaler Trias verschwindet, während im O die letztere umgekehrt in Fenstern (südlich der Trojanaantiklinale) unter der Normalentwicklung der Savefalten hervortritt; erklärt wird die Erscheinung dadurch, daß vor Eintritt der Überschiebung im W das nördliche, im O das südliche Gebiet höher emporgab.

Der Ternowaner Wald wird trotz der heute dinarisch streichenden Schichtzüge nicht den Dinariden, sondern den Südalpen zugerechnet und als westliche Fortsetzung der ganz übereinstimmend gebauten Savefalten aufgefaßt; unter dieser Ternowaner-Savefalten-Decke treten die Triasgesteine des Blegas und der Pölland-Oberlaibacher Faltenzüge als Fenster hervor. Auch hier handelt es sich um einen „zerrissenen

Faltenschub⁴⁾, die Faltenzüge von Pölland-Oberlaibach sind die im Nordosten zurückgebliebenen Stümpfe derjenigen Falten, deren Oberteile als Ternowaner Decke gegen Südwesten gewandt sind. Die Ursache der Ternowaner Überschiebung ist eine durch die Einwirkung der später einsetzenden, gegen Südwest gerichteten dinarischen Druckrichtung auf die ostwestlich streichenden südalpinen Faltenzüge bedingte Knickung; durch diese Knickung wird die Ternowaner Scholle um einen westlich von Görz gelegenen Punkt derart gedreht, das die ursprünglich südalpin streichenden Faltenzüge sekundär ein dinarisches Streichen erlangt haben. Die in ihren Wirkungen äußerst komplizierten, mit der Knickung zusammenhängenden Vorgänge werden durch drei Figuren, welche den gleichen Horizontalschnitt vor Eintritt der Hauptfaltung (in der Oberkreide) Fig. 13, nach erfolgter Hauptfaltung aber vor Eintritt der Hauptüberschiebungen (Fig. 14) und nach erfolgten Hauptüberschiebungen (Fig. 15) darstellen, in sehr gelungener Weise veranschaulicht.

Ähnliche Knickungsüberschiebungen, aber von wesentlich geringerer Schubweite, machen sich auch in den Julischen Alpen bei Tolmein und Karfreit geltend, hier durch die Figuren 9a und 9b veranschaulicht.⁵⁾

Der Birnbaumer Wald und der Adelsberg-Schneeberger Karst sind schon von Anfang an den Dinariden angehörige Gebirgsteile. Zuerst (zwischen Mitteleozän und Oberoligozän) sind die inneren Überschiebungen (Ternowaner Wald auf Birnbaumer Wald, Birnbaumer Wald auf Adelsberger Karst) erfolgt, später (im Miozän) erst die äußere Überschiebung sämtlicher Hochkarstschollen auf die Flyschmulde des Wippachtales.

Nur ganz kurz wird die jungtertiäre Geschichte des Gebietes gestreift. Da in Westfrank noch jungmiozäne Schichten an der Faltung beteiligt sind, sind hier die letzten Bewegungen frühestens im Altplozän erfolgt. Ferner vollzog sich im Pliozän eine Hebung der Julischen Alpen und des Hochkarstes, bei der die altplozäne Landoberfläche noch verstellt wurde. Die letzten Hebungen und Senkungen scheinen isostatische Ausgleichsbewegungen zu sein.

Zusammenfassend muß festgestellt werden, daß die Winkler'sche Synthese der östlichen Südalpen nur insofern als eine Weiterbildung derjenigen Kossmats erscheint, als in beiden Fällen Schubbewegungen angenommen werden, welche mit dem alpin-dinarischen Knickungsbogen im Zusammenhang stehen. Während aber Kossmat sämtliche Erscheinungen durch einen zentripetal gegen die Mitte des Bogens gerichteten Schub erklärt, bildet sich bei Winkler zunächst das rein ostwestlich streichende Faltengebirge der Südalpen; erst später setzt der gegen Südwest gerichtete dinarische Schub ein, der in dem früher ungefalteten südlichen Vorland nordwest-südöstlich streichende Faltenzüge und Überschiebungslinien erzeugt, die aber bereits südalpin gefalteten Gebiete (Julische und Steiner Alpen, Ternowaner Wald und Savefalten) nachträglich in dinarischem Sinne unprägt, und zwar derart, daß sich die südwestlich gerichtete Kraft hier in zwei Komponenten zerlegt, von denen die südlich gerichtete eine Weiterbildung der südalpinen Überschiebungen die westlich gerichtete die Knickungserscheinungen bewirkt. Durch diese Interferenz von südalpiner und dinarischen Bewegungen wird also das komplizierte Bewegungsbild in der Grenzregion erzeugt.

Daher entspricht es nicht den Tatsachen, wenn man mit E. Sueß den Namen Dinariden auf die ganzen Südalpen ausdehnt. Südalpen und Dinariden waren schon im geosynklinalen Stadium scharf voneinander getrennte Räume, die südalpine Fazies ist echt alpin und bathyaler als diejenige der Dinariden. Die Südalpen sind ein älteres Gebirge als die Dinariden — und gleichzeitig ein Gebirge von viel stärkerer Faltungsintensität; es kann daher keinen Südalpen und Dinariden verbindenden Deckenbau geben. Nur die unmittelbar an der Küste der Adria gelegene Zone des Triestiner Karstes zeigt ein allmähliches Einlenken aus der südalpiner in die dinarische Richtung, was damit zusammenhängt, daß es sich hier um einen erst im Jungtertiär angegliederten Faltenzug handelt.

Da ich das in der Winkler'schen Arbeit dargestellte Gebiet nicht aus eigener Anschauung kenne und auch die ältere Literatur mir nur teilweise bekannt ist, ist es mir natürlich nicht möglich, ein durch eigene Studien gewonnenes Urteil über die Verlässlichkeit der Beobachtungsgrundlagen abzugeben. Da es sich aber um ein im allgemeinen sehr gut aufgeschlossenes Gebiet und um von ausgezeichneten Aufnahmegeologen aufgenommene Karten handelt, ist man wohl berechtigt, das Beobachtungs-

4) Leider wurden diese beiden Figuren nicht in derselben Orientierung gedruckt.

material als sehr verlässlich zu bezeichnen. Die Zusammenfassung sämtlicher tektonischer Erscheinungen nach allgemeinen Gesichtspunkten aber scheint mit dem Verfasser in hervorragender Weise gelungen zu sein. Es muß als ein besonderer Vorzug der Winkler'schen Arbeit bezeichnet werden, daß der Verfasser sich ehrlich bemüht, jede schematische Übertragung der an einer Stelle gewonnenen Anschauung auf weiter entfernte Gebirgsteile zu vermeiden und jede Beobachtung in das Bewegungsbild des ganzen Gebirges harmonisch einzufügen. Es gibt kein nebensächliches Detail, kein störendes Beiwerk, jeder auch der kleinsten Beobachtung kommt ein Wert für die Synthese des Ganzen zu. In diesem Sinne erinnert die Arbeit an Hahn's „Grundzüge des Baues der nördlichen Kalkalpen zwischen Inn und Enns“. Das Gesamtbild wird dadurch allerdings kein so durchsichtiges wie bei manchen anderen tektonischen Synthesen, aber es scheint mir der unendlichen Mannigfaltigkeit der Natur besser zu entsprechen.

Die gleichmäßige Berücksichtigung aller Beobachtungen und deren erschöpfende gedankliche Durcharbeitung bedingen auch den großen Umfang der Arbeit, deren Lektüre aber durch eine übersichtliche Gliederung sehr erleichtert ist.

E. Spengler.

Walther Penck. Die morphologische Analyse. Ein Kapitel der physikalischen Geologie. Mit 1 Bildnis, 12 Tafeln und 21 Abbildungen im Text. 1924. Verlag von J. Engelhorn's Nachf. in Stuttgart.

Niemand hat die morphologische Forschung derartig belebt wie W. M. Davis und sie dabei gleichzeitig von der geologischen Untersuchung so weitgehend unabhängig gemacht.

In dem hier vorliegenden nachgelassenen Werke Walther Penck's wird nun der Versuch unternommen, die Morphologie geologischen Endzielen dienstbar zu machen und sie so gleichsam wieder der Geologie zu gewinnen.

Als morphologische Analyse wird von ihm das Verfahren bezeichnet, aus den äußeren Vorgängen und dem morphologischen Tatsachenmaterial den Ablauf und die Entwicklung der Krustenbewegungen zu erschließen.

Aufgaben und Ziele der morphologischen Analyse sind daher physikalisch-geologische.

Während Davis zwar nicht nach seinem sehr allgemeinen Programm, wohl aber bei der Verwirklichung desselben in den Einzeldarstellungen das Spiel der inneren Kräfte immer von dem der äußeren zeitlich getrennt hält und so als ein Nacheinander der Wirkungen beschreibt, betrachtet Penck das Wirken der inneren und äußeren Kräfte in ihrem zeitlichen Nebeneinander. Es ist dies gegenüber der Darstellung von Davis gewiß eine den Naturvorgängen vielfach geduldiger folgende und achtsamere Methode, mit der sich gleichzeitig auch Otto Lehmann in seiner Arbeit „Beiträge zur gesetzmäßigen Erfassung des Formenablaufs bei ständig bewegter Erde und fließendem Wasser — Wien — 1922 — Mitt. Geogr. Ges.“ grundsätzlich und gründlich beschäftigt hat.

Nun ist allerdings zu bedenken, daß die Ableitung der Landformen im Sinne von Davis aus jeweils rasch errichteten tektonischen Bauten und dagegen lang dauernden Abtragungen vielen Fällen in der Natur wirklich entsprechen dürfte und bei unauffällbaren Verhältnissen als einfachste Lösung bestehen bleibt.

Außerdem wird es sich erst aus einer längeren Erfahrung ergeben können, in welchem Umfang und mit welcher Verlässlichkeit es überhaupt möglich ist, aus gegebenen derzeitigen Formen das Spiel der hier verborgenen Bewegungen auch abzulesen.

Soviel ist wohl von vornherein sicher, daß nur größere und länger festgehaltene Krusteneinstellungen abbildungsfähig sind, und auch die nur unter günstigen Bedingungen.

Will man nicht nur Gleichzeitigkeit, sondern auch Veränderlichkeit im Ablauf der inneren und äußeren Formgestaltung verfolgen, so ist dies nur möglich, wenn man die gegenseitigen Wirkungen bis in kleine Zeitstrecken herab betrachtet.

In Anlehnung an die Mathematik bezeichnet W. Penck dies als das differentielle Verfahren.

Zu demselben Endzweck hat der Verfasser dieser Besprechung die Darstellung in Raum-Zeitgittern in die Morphologie eingeführt.