

gefunden. Die Oberfläche des Polisit-Plateaus ist verkarstet, seine bis 2000 m reichenden Höhen tragen auch Glazialspuren. — Als Liegendes der Serpentine taucht im Skumbital bei Babia ein sehr mächtiger Komplex von roten Konglomeraten, Sandsteinen und Schiefen auf; ihr äußerer Habitus erinnert ganz an die alpine Permo-Trias; sie erreichen bei Kjuk's zu beiden Seiten des Skumbi eine große Verbreitung. — Das N—S verlaufende obere Skumbital ist in die Längsachse eines schmalen Neogen-Beckens eingesenkt, dessen Schichtenausbildung jener von Nieder-Albanien im wesentlichen zu entsprechen und mit dem Pontikum abzuschließen scheint; es finden sich hier die nämlichen Braunkohlenflöze und -Schmitzen wie in der Gegend von Tirana und am Kraba-Paß.

Die tektonischen Verhältnisse des zentralen, aus älteren Gesteinen aufgebauten Teiles Mittel-Albaniens sind sehr kompliziert. Erst die durch die Bearbeitung des gesammelten Materiales zu erhoffende Aufhellung einiger wichtiger stratigraphischer Fragen wird auch in die Tektonik einen klareren Einblick verschaffen. Wohl wird sich die Entwirrung des Gebirgsbaues nur mit Hilfe der Annahme mehrerer tektonischer Einheiten ermöglichen lassen. So steht vor allem die verhältnismäßig ruhig und meist flach lagernde Kreide des Polisit-Plateaus in scharfem Gegensatz zu den gefalteten Ketten des westlichen Vorlandes. Der Serpentin mit seiner Kreidedecke entspricht offenbar ganz Nopcsa's „*Merdita*“. Die unendlich gequälten Gesteine der Kalkhornstein- und Schieferhornstein-Gruppe dürften mit den ebenfalls alle Anzeichen hoher tektonischer Beanspruchung zeigenden Serpentinesteinen eine Einheit bilden. Eine auffällige Erscheinung ist ferner das scharfe weite Vorspringen der Serpentinzone südlich des Skumbi und der ihren Westrand begleitende Kranz von metamorphosierten Kalkketzen. Zum Schlusse sei kurz erwähnt, daß die allerjüngste, im älteren Gebirge hauptsächlich durch Einbrüche und ihre Begleiterscheinungen charakterisierte orogenetische Phase die Anlage des schon bestehenden verwickelten Gebirgsbaues vielfach verwischt hat, so daß hierdurch deren Rekonstruktion erschwert wird.

**O. Ampferer.** Ueber die Bedeutung von Kerben für den Verlauf tektonischer Gestaltungen.

Stellt man sich eine Uebersicht der wichtigsten Formen der einer geologischen Betrachtung zugänglichen Ablagerungskörper zusammen, so erkennt man, daß der weitaus überwiegende Teil aus platten oder linsenförmigen Körpern besteht, bei denen die vertikale Dimension gegenüber der horizontalen verschwindend klein bleibt.

Es hat dies seine Begründung einerseits in dem Vorherrschen von außerordentlich flachen Gußformen, welche die kalt oder warm bereiteten Schichtgüsse aufnehmen, andererseits in der leichten Beweglichkeit dieser Massen, die eben eine so flache Ausbreitung gestatten.

Gesteinskörper mit größerer vertikaler als horizontaler Dimension sind demgegenüber selten und entweder Gußstücke in enge Formen oder schwerflüssige oder organogene Massen.

Flache Erstreckungen beherrschen somit im allgemeinen die geologischen Ablagerungen.

Damit ist die Häufigkeit des gegenseitigen Uebergreifens und Ueberdeckens der Schichten ebenso gegeben wie die Regel, daß das Spiel des Gesteinwechsels in der vertikalen Richtung am allerlebendigsten sich vollzieht.

Die Mannigfaltigkeit des geologischen Aufbaues der Erdrinde prägt sich schärfer in dem Uebereinander als dem Nebeneinander aus, was durchaus keine Selbstverständlichkeit bedeutet.

In diese übereinander geschichteten Gesteinsmassen machen nun Erosion und Tektonik (beide in weitem Sinne verstanden) ihre Einschnitte.

Die meisten dieser Kerben sind wohl spitzwinkelig und schmal, doch gibt es auch genug stumpfwinkelige und breite darunter.

Die Einschnitte des fließenden Wassers gehören vorwiegend zu der ersten Gruppe, können aber auch im Laufe der Zeit zur zweiten übergehen. Es ist dies z. B. dann der Fall, wenn sich bei der allmählichen Abtragung eines Gebirgszuges die Taleinschnitte endlich zu einer flachwelligen Rumpffläche zusammenschließen.

Die Trichter von Explosionen, Grabenbrüche, Faltungen . . . bilden meist Formen der ersten Gruppe, die durch weiteres Wachstum vertieft, durch die Mitwirkung der Erosion sowohl verschärft als auch verstumpft werden können. Uebersaus flache Einschnitte werden unter der regionalen Wirkung von Brandung oder Wind geschaffen.

Die Bedeutung der Kerben ist in erster Linie durch ihr Größenverhältnis gegenüber den Dimensionen der stratigraphischen und tektonischen Einheiten bestimmt.

Der größte Teil unserer Kenntnisse vom Aufbau der Erdrinde stammt ja schließlich von diesen Einkerbungen her, welche uns die tieferen Schichten zugänglich gemacht haben.

Die Taleinschnitte erreichen Beträge von 2000–3000 *m* selten auch noch darüber.

Die Einschnitte, welche durch große Abtragungsflächen erzielt werden können, gehen bei weitem darüber hinaus.

Die durchschnittliche Schichtmächtigkeit bleibt wesentlich unter den Ausmaßen der Taleinschnitte.

Die Mächtigkeit der gewöhnlichen Ueberschiebungsdecken der Faltengebirge schwankt ebenfalls um 2000–3000 *m* herum.

Auch die Mächtigkeit von Schichtzonen, die streng nach demselben Bauplan gefaltet sind, ist kaum beträchtlich größer.

Weit größer ist dagegen der Tiefgang von Faltengebirgszonen oder von Magmabewegungen. Auch die schärfsten Einkerbungen, die wir kennen, reichen bei weitem nicht tief genug, um den Unterbau eines Faltengebirges oder einer Eruptivzone aus Licht zu bringen.

Trotz dieser Einschränkungen fallen die meisten tektonischen Bewegungseinheiten noch in den Größenbereich der tatsächlich vorhandenen Einkerbungen und müssen daher beim Vollzug tektonischer Bewegungen unabweislich eine Rolle spielen, mit der ich mich in der folgenden Untersuchung näher zu beschäftigen gedenke.

Zunächst ist zu überlegen, daß die Wirkung einer Kerbe bei sonst gleichen Umständen auf geschichtetes oder ungeschichtetes Material von prinzipieller Verschiedenheit ist. Dies muß in jedem Falle besonders beachtet werden, wenn man auch allgemein behaupten kann, daß die Kerbwirkung für geschichtetes Material eine stärkere und weiterausgreifende sein wird.

Auch die Einflüsse von mehr oder weniger tiefen, von mehr oder weniger breiten Kerben bleibt fallweise zu untersuchen. Von vornherein kann man aber feststellen, daß es für geologische Betrachtungen, sowohl was die Tiefe als auch die Breite der Kerben anlangt, eine Grenze der Unwirksamkeit derselben geben wird. Dieselbe ist heute weder nach den Erfahrungen in der Natur, noch auch im Experiment für die hier in Betracht kommenden Materialien irgendwie abgegrenzt worden.

Wir wissen also weder, wie tief eine Kerbe in bestimmtem Material sein muß, um bei tektonischen Umformungen praktisch wirksam zu werden, noch auch bei welcher Breite ein spürbarer Einfluß verschwindet.

Des weiteren besteht auch sicherlich eine heute noch ganz ungeklärte Abhängigkeit der Wirksamkeit von der vertikalen Form und dem horizontalen Verlauf der Kerben.

Hier wären ebenfalls experimentelle Untersuchungen in größerem Ausmaße nötig.

Soviel kann man etwa sagen, daß die Verschiedenheiten der vertikalen Ausschnittsformen der Kerben geringere als jene des horizontalen Verlaufes sind. Dies letztere ist ein Umstand, der z. B. für die gewöhnliche technologische Untersuchung von Kerbenwirkungen so gut wie keine Bedeutung hat, während er umgekehrt bei einer geologischen Prüfung nicht außer acht gelassen werden kann. Um in der Fülle der hier vorliegenden Probleme, deren experimentelle Lösung ich seit Jahren leider vergebens angestrebt habe, wenigstens zu einer ersten Uebersicht zu kommen, will ich im folgenden versuchen, die Kerbenwirkung rein geometrisch an einigen der wichtigsten Formen tektonischer Gestaltung vorzuführen.

Ich beginne die Ueberlegung mit Kerben, die bereits vor Beginn der Tektonik in Systeme von ziemlich gleichartigen Schichten eingeschnitten worden sind.

Wird eine mit einer entsprechend tiefen Kerbe versehene horizontale Schichtenplatte (genauer ein Kugelschalenstück) zu einem Sattel verbogen, so äußert sich der Einfluß der Kerbe zunächst darin, daß der First der Aufwölbung in die Kerbe verlegt wird.

Wäre also z. B., wie Fig. 1 angibt, ohne Kerbe eine symmetrische Aufwölbung entstanden, so wird durch die einseitige Lage der Kerbe auch die Aufwölbung eine einseitige Ausbildung erfahren. Die Kerbe zieht gleichsam den Scheitel der entstehenden Wölbung an sich, weil dadurch die Abbiegung der Platte ungemein erleichtert wird.

Diese Erkenntnis ist für die Materialbearbeitung wohl eine uralte.

Eine kleine Kerbe genügt, um die Stelle für die Knickung eines langen Stabes im voraus zu bestimmen. Noch krasser kommt

diese Vorausbestimmung bei der Knickung einer Glasplatte längs der feinen Diamantkerbe zum Ausdruck.

Hier haben wir übrigens neben der Vorausbestimmung der Knickung im Querschnitt auch schon jene im Längsschnitt gegeben, die in der Tektonik naturgemäß ganz besondere Bedeutung gewinnt.

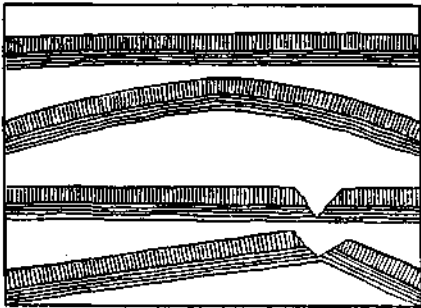


Fig. 1.

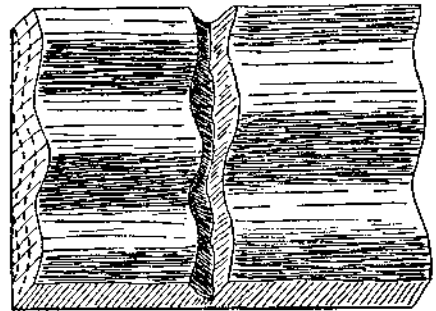


Fig. 2.

Es ist nicht nur möglich, daß z. B. eine geradlinige Aufwölbung durch die Vorzeichnung einer krumm verlaufenden Einkerbung eine Anpassung an diese Richtung erhält, sondern es können mehrere Aufwölbungen in eine einzige zusammengeleitet oder umgekehrt parallele Aufwölbungen auseinandergelenkt werden.

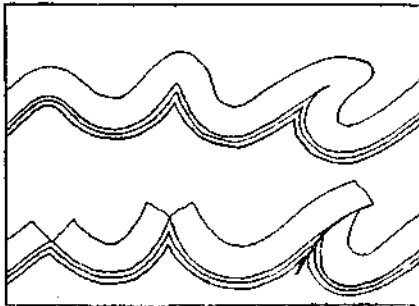


Fig. 3.

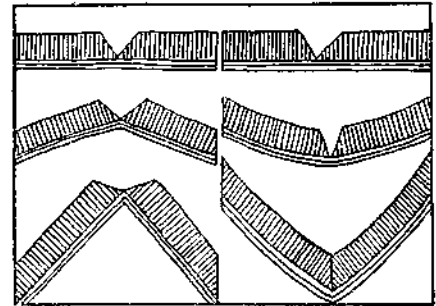


Fig. 4.

Fällt die Richtung der Kerbe mit der Schubrichtung zusammen, so ist es nicht ausgeschlossen, daß zu beiden Seiten derselben ein etwas verschiedener Faltenbau zur Ausführung gelangt (Fig. 2).

Es wird sich bei einer solchen Lenkung des Faltungsplanes durch vorgezeichnete Kerben natürlich meistens nicht ein vollkommenes Anschmiegen der Tektonik an solche Lenklinien, sondern wohl nur mehr um eine fallweise Ablenkung oder Verzerrung der tektonischen Linien durch günstig liegende Kerben handeln.

Zu bedenken ist hier auch, daß im allgemeinen die tektonischen Linien einen viel steiferen, geraderen Verlauf besitzen als z. B. die Erosionslinien von Flußläufen, die nicht selten die Lebhaftigkeit von Schlangenumwindungen nachahmen.

Solche geschlängelte Kerbenlinien sind höchstens stückweise als Vorzeichnung für tektonische Linien verwendbar.

Neben dieser ablenkenden, gleichsam anziehenden Einwirkung von Kerbenlinien auf die Detailanlage des Faltungsbildes kommt die Verschärfung der Bugstellen sehr in Betracht, die häufig zu Knickungen und bei weiterem Schube endlich zu Zerreißen führt (Fig. 3).

So dürften die Ansatzlinien für manche Ueberschiebung durch Kerbenlinien vorgezeichnet worden sein.

Durch die Aufbiegung zu einem Sattel wird eine Kerbe verbreitert, sie wird klaffender. Durch die Einbiegung zu einer Mulde wird sie enger, endlich geschlossen und verliert damit ihre Wirksamkeit.

Darin liegt auch eine Begründung dafür, daß im allgemeinen die Kerben für die Bildung eines Sattels eine größere Bedeutung besitzen als für die einer Mulde, weil sie im ersten Fall immer tiefer und breiter werden, im zweiten Fall aber immer enger und seichter und endlich sogar geschlossen werden (Fig. 4).

Dazu kommt noch, daß die Bewegung, welche einen Schichtensattel aufwirft, eine nach oben ansteigende ist, also zur Erdoberfläche leitet, während für die Bildung einer Mulde gerade eine umgekehrte, also senkende Richtung hervortritt. Für die erstere wird daher die Beschaffenheit der oberen Schichten mehr Bedeutung besitzen, für die letztere dagegen jene der tieferen Zonen.

Die häufige Erscheinung, daß geologische Sättel von Talfurchen entzweigesehritten werden, verdient auch von diesem Standpunkt aus eine Beachtung.

Es ist nicht ausgeschlossen, daß da in einzelnen Fällen gleichsam eine Art von Anziehung der erleichterten Sattelbildung durch schon vorhandene Kerben vorliegt,

Im allgemeinen kann man also wohl sagen, daß die Sattelbildung durch Kerben beträchtlich leichter zu beeinflussen ist als die Muldenbildung und deshalb einer gegebenen Kerbenvorzeichnung in erster Linie auch die Sattelbildung folgen dürfte.

Wir haben bisher die Wirksamkeit einer isolierten Kerbe auf eine der Faltung unterworfenen Schichtenplatte in Umrissen verfolgt.

Wir gehen nun weiter und betrachten die Wirkung einer Mehrheit von Kerben auf derselben Platte. Rücken parallele Kerben von derselben Tiefe sehr eng aneinander, so dürften sie ähnlich wie eine entsprechend breitere Kerbe wirksam werden.

Besitzen nahegerückte Kerben verschiedene Tiefe, so dürfte die Wirkung der tieferen Kerben überwiegen.

Rücken die Kerben auseinander, so sind eine Reihe von Erscheinungen beachtenswert.

Nehmen wir zuerst an, die Kerben wären in gleicher Art und gleicher Distanz parallel über unsere Platte gezogen.

Wird nun diese so geriefte Platte parallel mit den Kerblinien gefaltet, so können bei entsprechender Distanz in alle Kerben Faltscheitel verlegt werden oder es können die Kerben abwechselnd zu Mulden und Sätteln verwendet werden (Fig. 5).

Nur diese beiden Möglichkeiten gestatten eine restlose Anpassung der Faltung an die Vorzeichnung. Die Möglichkeiten der Nichtanpassung fasse ich hier nicht näher ins Auge.

Für die Ausführbarkeit des Bauplanes wird damit, wenn Distanz und Art der Kerben gegeben ist, eine ganz bestimmte Schichtmächtigkeit für die Baubeteiligung festgesetzt.

Es besteht da eine Aehnlichkeit mit den Schwingungen einer Saite von bestimmter Dicke und Länge und der Lage ihrer Schwingungsbäuche und Knotenpunkte.

Der Faltungsplan kann sich bei gegebener Vorzeichnung der Kerblinien nur durch mehr minder tiefgreifende Schichtbeteiligung eine Anpassung verschaffen.

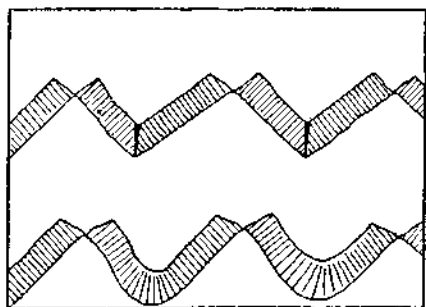


Fig. 5.

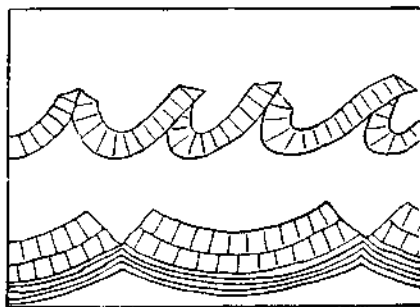


Fig. 6.

Sind die Distanzen zwischen den Kerben nicht gleich, so tritt für eine tektonische Anpassung eine neue Schwierigkeit hinzu.

Die Faltung zwischen den nächstehenden Kerben muß in engeren Biegungen ausgebaut werden, als zwischen den entfernteren, insofern natürlich, als sie überhaupt der Kerbenzeichnung folgt.

Werden nun diese Biegungen schärfer angespannt, so kann zwischen engeren Kerben nur eine dünnere Schichtfolge in die Faltung eintreten als zwischen den entfernteren (Fig. 6).

Geringere Schwierigkeit bereitet der Faltungsanpassung der Umstand verschiedener Tiefen der benachbarten Kerben.

Weit unübersichtlicher werden die Verhältnisse, wenn die Schubrichtung nicht senkrecht, sondern schräg zu der Kerbung des Schichtsystems wirkt.

Ist der Winkel zwischen der Kerbenrichtung und den Faltungsachsen gering, so kann sich der tektonische Bau der Kerbung anschmiegen.

Ist dieser Winkel aber groß, so wird es zu komplizierten Heraushebungen und Zerreißen kommen, die sich einer schematischen Darstellung entziehen.

Erfolgt der Schub in der Richtung des Kerbenstriches, so ist keine andere Wirkung zu gewärtigen, als daß bei entsprechender Tiefe der Kerben die dazwischen isolierten Schichtenstreifen bis zu einem gewissen Maße ihrem eigenen Bauplan folgen und unter Umständen im Streichen ein Wechsel der tektonischen Struktur zur Ausbildung kommt, wie er in Fig. 2 für den einfachsten Fall bereits verzeichnet wurde.

Machen wir die Annahme, daß statt paralleler etwa divergierende Kerben vorhanden sind, so haben wir kein einheitliches Bild der Anpassung mehr zu erwarten.

Es werden sowohl Strecken der Anpassung als auch solche der Nichtanpassung und dazwischenliegende Stadien vorhanden sein.

Tritt aber neben einer vorherrschenden Kerbenrichtung noch eine Querrichtung von ähnlichem Range auf, haben wir also ein Kerbengitter vor uns, so sind die Gelegenheiten zu einer gegen-

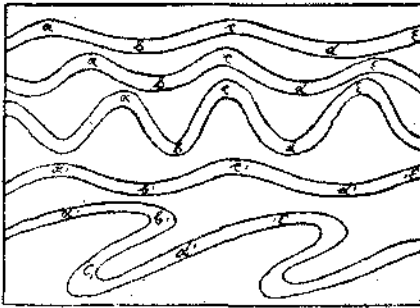


Fig. 7.

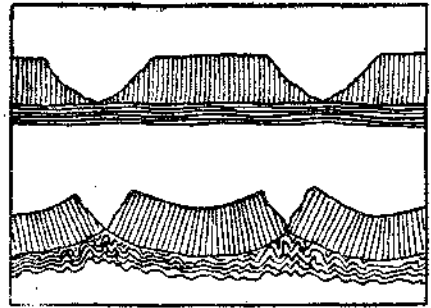


Fig. 8.

seitigen Einflußnahme vermehrt, zugleich aber auch in ihrer jeweiligen Erstreckung vermindert. Auch hier können sich recht komplizierte tektonische Bewegungsbilder ergeben, die sich nur unter Berücksichtigung der vorhergegangenen Kerbenstruktur auflösen lassen.

Eine interessante Beziehung stellt sich auch zwischen vorheriger Kerbenstruktur und nachfolgender Tektonik heraus, wenn man das Wachstum der einzelnen Mulden und Sättel berücksichtigt.

Man kann ganz allgemein bei einer geometrischen Betrachtung der Faltung eine Faltbildung mit fixen Gelenken von einer mit rollenden Gelenken unterscheiden.

Bei der ersteren Art bleiben die zu Anfang entworfenen Höchst- und Tiefstzonen bis zum Schlusse des ganzen Vorganges bestehen. Bei der zweiten Sorte wechseln diese Zonen ihre Stellung und es ist möglich, daß eine Tiefstzone zu einer Höchstzone wird oder sogar mehrmals die Rollen umtauscht (Fig. 7).

Durch die Vorzeichnung der Kerbeneinschnitte wird nun die Faltung mit fixen Gelenken noch schärfer zum Ausdruck gebracht.

Dagegen wird eine Faltung mit rollenden Gelenken unbedingt erschwert, wenn nicht überhaupt unmöglich gemacht, da sie ja auf

ihrem Wege fort Kerben zu überspringen hätte, was ohne Zerreißen und Abtrennungen nicht auszuführen ist.

Man kommt so zu der Einsicht, daß durch eine bestimmte Kerbenverteilung nicht nur der Ansatz der Faltung, sondern auch die ganze Ausführung beeinflusst werden kann.

Haben wir eine Schichtenplatte mit mehreren Kerbenlinien oder einem Kerbengitter vor uns, so erhebt sich auch die Frage, ob nicht die von Kerben zerschnittenen oberen Teile des Schichtsystems bei tektonischen Umformungen sich wesentlich anders verhalten als die tieferen noch unverritzten Schichtlagen.

Wenn die Kerben entsprechend tief greifen und auch nicht allzuweit voneinander abstehen, so kommt den durch sie herausgeschnittenen Streifen oder Klötzen sicherlich ein ziemliches Maß von tektonischer Selbständigkeit zu.

Solche freigesagte Platten oder Klötze werden das Bestreben haben, sich soweit als möglich einer seitlichen Zusammenpressung zu entziehen. Sind die Kerben nur sehr schmale Einschnitte, so ist das Maß eines solchen Ausweichens verhältnismäßig rasch erschöpft. Stellen die Kerben aber breite Einschnitte vor, so kann das seitliche Ausweichen beträchtliche Dimensionen annehmen und dann zwischen der Tektonik der zersägten und der unzersägten Schichten ein großer Unterschied sich herausbilden. Verstärkt wird diese Erscheinung, wenn z. B. die oberen zersägten Schichten aus mächtigen wenig oder gar nicht geschichteten Massen bestehen, im Untergrund aber dünner geschichtete Lagen vorherrschen. In diesem Falle kann es soweit kommen, daß mächtige wenig gefaltete Platten gleichsam auf einem stark gefalteten Untergrunde zu schwimmen scheinen (Fig 8).

Eine besondere Bedeutung gewinnt diese Erscheinung, wenn z. B. die vorhandenen Kerben bei der Faltung nicht mehr leer stehen, sondern mit jüngeren, aber doch leichter beweglichen Sedimenten erfüllt sind.

Wären die Kerben mit gleich widerstandsfähigem Material, wie die Umgebung ausgefüllt, so hätte es keinen Sinn mehr hier noch weiter von Kerbenwirkung zu sprechen.

Wir behandeln also nur den Fall, daß die Kerben mit einem leichter beweglichen Material ganz oder zum Teil wieder ausgefüllt wurden.

Wenn solche „plombierte“ Kerben zu Sätteln verarbeitet werden, so ändert sich durch den weicheren Einsatz das Bewegungsbild wohl nur in der Weise, daß der Eintritt von Zerreißen an den Kerbenrändern erleichtert wird. In der Natur scheint dieser Fall indessen selten zu sein.

Wohl aber begegnen wir jenem gesteigerten Stadium sehr häufig, in welchem der Sattel an der Kerbe zerrissen wurde und eine Ueberschiebung entstand, unter der sich dann oft weithin noch die Plombierung der Kerbe erhalten hat. Ebenfalls häufig finden wir dann plombierte Kerben zu Mulden verfaltet.

Da es sich hier um tektonische Erscheinungen handelt, die eine unmittelbare praktische Anwendbarkeit besitzen, so will ich dieselben etwas genauer besprechen.



Legt man zunächst die Annahme unter, eine Kerbe wäre bis zu ihrem Rande wieder mit Sedimenten ausgefüllt worden, so gibt Fig. 9 eine Vorstellung, in welche Lage diese Plombierung durch einfachen Muldenbug gelangt.

Vergleichen wir diese Form etwa mit den in den Alpen reichlich vorhandenen kretazischen und tertiären Einfaltungen, so sehen wir, daß diese anders sind.

In unserem Schema fügen sich die alten und die jungen Schichten-teile gleichsinnig in den Bauplan ein, während wir bei einer Revision der gewöhnlichen Einfaltungsformen zu dem Urteil gelangen, daß die jüngeren Schichten eine wesentlich steilere Lage als die angrenzenden alten einzunehmen pflegen.

Man kann diese Regel auch nicht etwa mit der Ausflucht umgehen, daß die älteren Schichten schon vor der Einlagerung der jüngeren zu einer Mulde verbogen waren, denn dann müßten diese alten Schichten, wie Fig. 10 angibt, sogar noch steiler als die jungen einfallen.

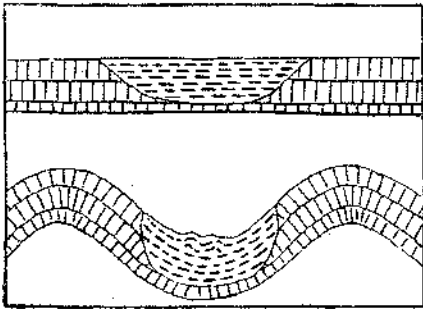


Fig. 9.

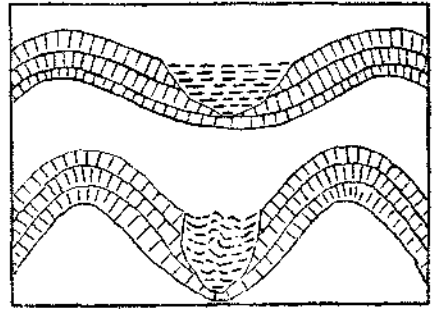


Fig. 10.

Der Vorgang der Einfaltung von solchen Kerben scheint vielfach ein wesentlich anderer zu sein.

Wir haben es mit einer Einfaltung zu tun, die durch gleichzeitige Heraushebung der seitlichen Gebirgstafeln in ihrer Wirkung sehr gesteigert erscheint.

Es kommen dabei etwa Formen zustande, wie sie in Fig. 11 schematisch angeführt sind.

Als bezeichnende Merkmale treten hervor die oft unverhältnismäßig große Tiefe solcher Mulden, die Steilheit der Ueberkippung der Ränder und die meist wesentlich geringere Neigung der angrenzenden älteren Schichtmassen.

Die seitlichen Heraushebungen können an einfachen Schubflächen stattfinden, welche häufig nicht genau der Anlagerungsgrenze der jungen Schichten folgen, sondern teilweise in den Körper der Plombierung hineinverlegt sein können.

Noch häufiger dürfte aber die Heraushebung nicht einheitlich, sondern mit einem System von ruck-

weisen Verschiebungen erfolgt sein, was wahrscheinlich meist auch einem zeitlichen Nacheinander von Schüben entsprechen dürfte.

Bei der genaueren Untersuchung der Kohlenvorräte in den alpinen Kreide- und Tertiärbuchten werden Ueberlegungen dieser Art unbedingt zur Beachtung kommen müssen.

Weit seltener dürften der geologischen Erfahrung Fälle begegnen, wo die Plombierung von Kerben mit festerem Material als jenem der Umgebung ausgeführt wurde.

Solche Fälle sind dagegen bei der Verheilung von Rissen und Spalten in gestreckten, verbogenen oder gedrehten Gesteinskörpern sowie bei der Füllung von Hohlräumen durch feuerflüssiges Material häufig zu beobachten.

Eine Plombierung mit festerem Material als jenem der Umgebung macht die Kerbe unanachgiebiger und damit selbständiger.

Während sonst die Umgebung die Form der Kerbe bei der Tektonik beherrscht, kann hier bei entsprechenden Dimensionen eine Umkehrung eintreten. Die starre Kerbenfüllung wird den auferlegten Umformungen weniger gehorchen und daher die fehlenden Anpassungsbeträge auf die weichere Umgebung verschieben.

In unserer bisherigen Uebersicht haben wir die Wirkungsweise von bereits vorhandenen Kerben auf eine nachfolgende Tektonik untersucht.

Verläuft die Entstehung von Kerben gleichzeitig mit der tektonischen Umformung, so kommen in erster Linie die gegenseitigen Wachstumsgeschwindigkeiten in Betracht.

Vollziehen sich die tektonischen Bewegungen wesentlich schneller als die Einschneidung der Kerben, so ist kein besonderer Einfluß der letzteren zu erwarten. Bedenkt man dazu, daß hier ohnedies der ganze vorbestimmende Einfluß der fertigen Kerbenzeichnung auf die Anlage des Falungsplanes wegbleibt, so schrumpft die Bedeutung solcher Kerben arg zusammen.

Vollziehen sich die tektonischen Umformungen indessen mit einer Langsamkeit, die ein Schritthalten der Kerbenbildung ermöglicht, so ist in bestimmten Fällen ein Eingreifen der Kerbenwirkung vorzusehen.

Es wird sich dabei darum handeln, ob die entstehenden Kerben die wachsende Tektonik an einer mehr oder weniger empfindlichen Stelle treffen.

Als solche empfindliche Stellen werden sich wieder in erster Linie die aufsteigenden Sattelzonen entpuppen, wobei hier wegen der aufwärtsgerichteten Gesamtbewegung die Kräfte der Erosion schon an und für sich eine Steigerung erfahren.

Wesentliche neue Standpunkte ergeben sich indessen aus diesem Verhältnis der Gleichzeitigkeit von Kerbenbildung und Tektonik nicht.

Es sind im allgemeinen nur Verlangsamungen und Einschränkungen, die uns da gegenüber den früher besprochenen Erscheinungen begegnen.

Alle in dieser kurzen Uebersicht betrachteten Arten von Kerbenwirkung haben ein im wesentlichen gleichartiges Schichtenmaterial zur Voraussetzung gehabt.

Wie gestalten sich aber nun diese Verhältnisse bei der Annahme von ungleichmäßigem Schichtenmaterial?

Unter solchen Ungleichmäßigkeiten habe ich hier nicht die Unterschiede von gröberer oder feinerer Schichtung, von biegsameren oder starrereren Gesteinen, sondern Unterschiede tieferer Bedeutung im Auge, wie sie etwa durch die Einschaltung von Salzlagern oder von Flüssigkeiten führenden Schichten hervorgerufen werden.

Machen wir also die Annahme, daß sich unter Schichten von normaler Beschaffenheit Schichten befinden, die sowohl durch ein geringeres spezifisches Gewicht als auch durch beträchtlich höhere Beweglichkeit ausgezeichnet sind.

Wird in die Decke eines solchen Systems eine entsprechend tiefe und breite Kerbe eingeschnitten, so wird dadurch automatisch eine Störung im Gleichgewicht herbeigeführt, die ein Aufwärtsstreben der leichteren und leicht beweglichen Zwischenschichten auslöst (Fig. 12).

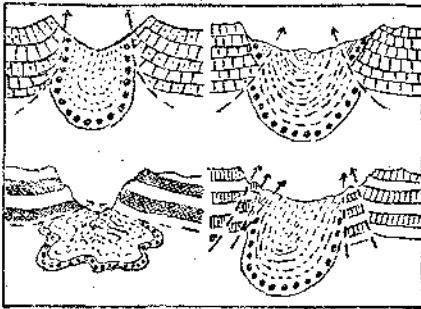


Fig. 11.

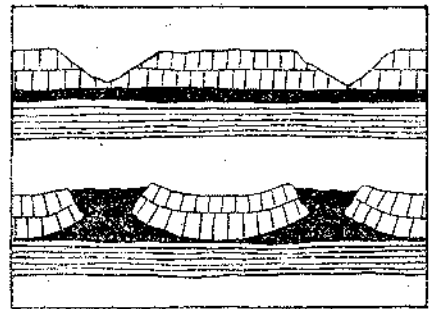


Fig. 12.

Es ist dazu keineswegs erforderlich, daß die Kerbe bis zu der leicht beweglichen Zwischenschichte hinunterdringt. Die Druckentlastung kann auch vorher schon Beträge erreichen, die genügen, um den hemmenden Deckel zu sprengen und mitzuheben.

Ist eine solche Aufwärtsbewegung einmal im Zuge, so ist ihre Fortdauer und Beendigung von der Größe der leicht beweglichen Schichte, weiter der Reibung, der Spezialtektonik abhängig.

Spielen diese letzteren Faktoren eine geringe Rolle und handelt es sich bei der angenommenen Zwischenschichte nur um ein Lager von beschränkter Ausdehnung, so kann dasselbe völlig ausgequetscht und in den Kerbenraum hinaufgepreßt werden (Fig. 13).

Wir haben da eine besondere Lagerungsform, eine Einschaltung von älterem Material in jüngerer vor uns, die mit Ueberschiebung nichts zu tun hat.

Unter anderem ist damit auf einem neuen Wege auch eine Bestätigung der Lachmann'schen Ekzematheorie gegeben.

Wenn das Material der betrachteten Zwischenschichte spezifisch beträchtlich leichter als jenes der Deckschichten ist, so kann es sogar zu einer Emporpressung über das Niveau der Deckschichten

kommen. In der Natur wird sich dieser Fall nicht unmittelbar anschaulich zeigen, weil diese leichteren Massen zumeist auch leicht zerstörbar sind und daher die Abtragung in den Kerben leicht imstande ist, die von unten zugeschobenen Massen wegzuführen.

Anders liegen aber die Verhältnisse, wenn wir es nicht mit einer natürlichen, sondern mit einer rasch entstehenden künstlichen Kerbe, zum Beispiel mit einem Bohrloch zu tun haben.

Es ist interessant, die hier möglichen Erscheinungen von unserem Standpunkt aus zu besehen, um so mehr, als denselben oft nicht richtige Deutungen unterschoben werden.

Der verschwindend kleine Durchmesser einer künstlichen Stichkerbe schließt eine Beteiligung von trag beweglichen Materialien an einer Förderung von vornherein aus.

Es kommen also nur Zwischenschichten in Betracht, die mit Gasen oder Flüssigkeiten imprägniert sind.

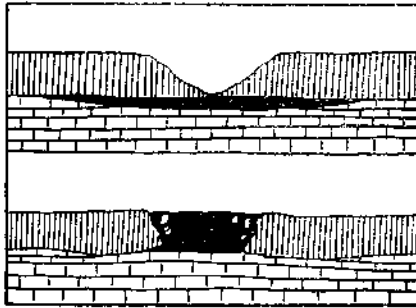


Fig. 18.

Mit den Ausströmungsbedingungen von entlasteten Gasen will ich mich hier vorläufig nicht beschäftigen, sondern nur die Flüssigkeiten in Erwägung ziehen. Da ist sofort eine wichtige Unterscheidung zu machen.

Die Zwischenschicht wird im allgemeinen nicht allein aus Flüssigkeit, sondern auch aus einer Gesteinsmasse bestehen, deren Hohlräume von der Flüssigkeit bewohnt werden.

Ich nenne eine solche Gesteinsmasse eine „Schwamm-schicht“. Es ist nun zu unterscheiden, ob diese Schwamm-schicht ohne Flüssigkeitsfüllung imstande ist, den auf ihr lastenden Druck der Hangendschichten zu tragen oder nicht.

Im ersten Fall tritt auch bei einer Entlastung kein Aufströmen von Flüssigkeit ein, wohl aber im zweiten Falle.

Hier sind nun von langsamer Nachgiebigkeit der Schwamm-schicht bis zur gänzlichen Widerstandsunfähigkeit (z. B. bei Gemischen Wasser-Sand, Oel-Sand) alle Zwischenstadien denkbar.

Durchstößt nun ein Bohrloch die hangenden Deckschichten, so wird die Flüssigkeit entsprechend der Nachgiebigkeit ihrer Schwamm-schicht mit einem Druck austreten, der zwischen 0 und dem vollen Betrag des darüber lastenden Gesteinsdruckes schwanken kann.

Nehmen wir zur Vereinfachung das spezifische Gewicht der Flüssigkeit zu 1, jenes der Deck- und zugleich Druckschichte zu 3 an, so können wir auch sagen, daß unter den günstigsten Bedingungen der erbohrte Wasser- oder Ölstrahl ungefähr bis zur dreifachen Höhe der Deckschichte emporsteigen kann. Hier ist in gewissen Grenzen ein Vergleich mit der Wirkung einer riesigen hydraulischen Presse zulässig. Fig. 14 legt in schematischer Vereinfachung eine geologische Anwendung dieses Prinzips für unsere Fälle vor.

Die über der mit Flüssigkeit gefüllten Schwammschicht lastende Deckschichte *A* stellt den einen Kolben, die Bohrröhre *B* den anderen Kolben dieser hydraulischen Presse dar. Da zwischen den Querschnitten dieser Kolben ein ungeheurer Größenunterschied besteht, so vermag eine minimale Senkung des Preßkolbens *A* eine große Menge Flüssigkeit bis zur dreifachen Höhe der Deckschichte zu heben (ohne Reibung . . .!).

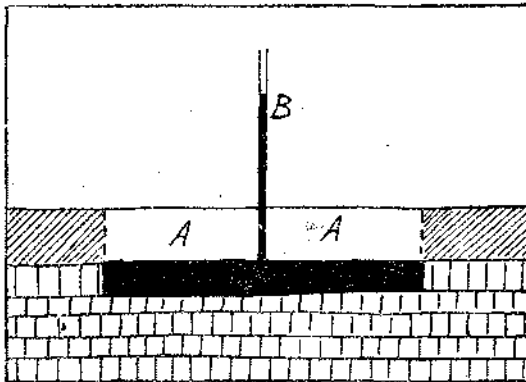


Fig. 14.

Wäre man imstande, ein genügend starkes Druckrohr herzustellen und vollkommen dicht in dem Preßkolben *A* zu befestigen, so könnte man mit bescheidenen Druckkräften das Experiment umkehren und durch Einpressen von Flüssigkeit die Gesteinsdecke *A* langsam heben.

Wenn diese idealen Verhältnisse auch in der Natur niemals erfüllt sind, so treten doch sicherlich Annäherungen derselben auf und zeigen uns die großen Unterschiede und die Bedeutung einer solchen Mechanik gegenüber jener der artesischen Brunnen.

Das Auftreten von gespannten Flüssigkeiten ist also nicht allein nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren oder dem zufällig mitwirksamen Gasdruck zu beurteilen.

Es gibt viele Fälle, wo auch die hier beleuchtete Mechanik zu berücksichtigen ist.

Ich möchte bei dieser Gelegenheit auch darauf hinweisen, daß man durch eine sorgfältige graphische Registrierung der Druckschwankungen oder aus den

Bohrlöchern austretenden Flüssigkeiten wahrscheinlich eine Menge von Aufschlüssen über die Beschaffenheit und Ausdehnung der erbohrten unterirdischen Lager erhalten kann.

Man würde dabei Druckkurven bekommen, die man einmal für sich und dann zusammen mit den gleichzeitigen Kurven der benachbarten Bohrlöcher genauer studieren könnte, ähnlich wie es heute mit den Erdbendiagrammen bereits allgemein geschieht.

Während die letzten Ueberlegungen zunächst nur für ungefaltete Schichtsysteme gelten, können in einem gefalteten System Druckspannungen innerhalb von eingeschlossenen Schwammschichten auftreten, die zu noch höheren Beträgen hinüberleiten. Wird z. B. eine solche allseitig abgedichtete Schwammschichte zu einer Mulde oder einem Sattel verbogen und dauert die seitliche Zusammenpressung zur Zeit ihrer Anbohrung noch fort, so kann bei entsprechender Nachgiebigkeit der Schwammschichte die erbohrte Flüssigkeit unter höherem Drucke liegen, als die Decküberlastung allein zu erzeugen vermöchte.

Wird ein Schichtsystem mit beweglichen Zwischenlagen tektonischen Umformungen untertan, so kommt die Bedeutung der Kerbenwirkung noch gesteigert zum Ausbruch, da ja ein solches System an und für sich eine höhere Empfindlichkeit für alle Gleichgewichtsstörungen und eine raschere Anpassungsfähigkeit an neue Lebensbedingungen besitzt.

Ich übergehe hier eine neuerliche Durchbesprechung der vielen Möglichkeiten, die sich durch eine sinngemäße Erweiterung der für ein gleichmäßiges Schichtsystem gewonnenen Einblicke erledigen lassen. Während für ein gleichmäßiges System die nachtektonischen Einkerbungen zu keinen anderen Bewegungen als Gehängerutschungen, Bergstürzen . . . Anlaß geben, können für ein System mit beweglichen Zwischenlagen auch da noch lang andauernde Bewegungen ausgelöst werden.

Insbesondere dürften hier die flachen Kerbenschnitte von großen Abtragungsflächen eine besondere Aufmerksamkeit erheischen.

Stellen wir uns z. B. vor, ein solches System mit beweglichen Zwischenlagen sei in Faltschichten gelegt worden, die dann im Laufe der Zeit von einer Abtragungsfläche quer abgeschnitten wurden.

Nehmen wir der Uebersichtlichkeit halber den einfachen Fall von gleichmäßigen Faltschichten, die bis zu einer gewissen Tiefe von einer Rumpffläche abgeschnitten wurden, so ergeben sich je nach der Lage der beweglichen Zwischenschichte eine Menge von neuen Bewegungsanreizen (Fig. 15).

Wird die Zwischenschichte z. B. in den Sattelzonen selbst geschnitten, so werden hier unmittelbar Auspressungen eingeleitet werden, denen in den benachbarten Muldenzonen Einsenkungen entsprechen. Zu solchen Aufpressungen in den Sattelzonen wird es aber auch schon kommen, wenn zwar die bewegliche Schichte selbst nicht angeschnitten ist, aber die ausgelösten Druckspannungen genügen, die trennende Deckschichte zu sprengen und zu heben.

Dieses Bewegungsspiel, hebed in den Sattelzonen, senkend in den Muldenzonen, wird erst erlöschen, wenn die Vorräte an leicht beweglichem Material soweit ausgepreßt sind, als es die Lage der Rumpffläche und die Tektonik gestatten.

Wir haben, auf praktische Verhältnisse übertragen, wieder die typischen Formen der Anhäufung und Förderung von Salzen, Oelen und Wasser entlang von Sattelzonen vor uns, wie wir sie für den Fall ebener Schichtenlagerung bereits besprochen haben.

Durch die Faltenlegung sind aber die Bezugsbereiche solcher Aufpressungen insofern eingeschränkt, als im allgemeinen für eine Sattelzone nur Material aus den beiden Nachbarmulden zur Verfügung steht.

Das ist ein wesentlicher Unterschied gegenüber den Bedingungen ebener Schichtenordnung.

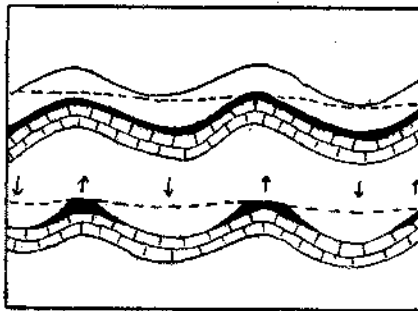


Fig. 15.

Andererseits aber hebt die Tektonik durch die Faltung selbst die für uns wichtigen Schätze wenigstens streifenweise an die Oberfläche der Erde. Jede Faltung, die nicht unter zu schwerer Belastung vollzogen wird, hat die Eigentümlichkeit, daß ihre Sattelzonen etwa wie Pumpen, ihre Muldenzonen dagegen wie Pressen in vertikaler Richtung wirken. Sind leicht bewegliche Materialien da, so werden diese automatisch der Ansaugung der Sattelzonen folgen und sich dort anzureichern streben. So unterstützen sich die Wirkungen der Tektonik und der Kerben gleichsinnig.

Am Schlusse dieser Untersuchung möchte ich noch einige Bemerkungen hinzufügen über die Bedeutung der Kerben für die Gebirgsbildung.

Ueberblicken wir von einem hohen Berggipfel oder noch besser von einem Flugzeug aus ein Gebirge wie die Alpen, so werden die Augen staunend die vieltausendfältige Tal- und Bergzerschnitzelung und zugleich den einfachen flachgewölbten Riesenleib des Gebirges gewahr. Halten wir im Geiste diesen ungeheuren feingipfeligen Formenreichtum fest und vergleichen wir damit jene allerdings arg verwischten Züge des Reliefs aus der Bildungszeit unseres Gebirges, wie sie sich etwa unter dem Schutze der Ueberschiebungsdecken

streckenweise erhalten haben, so kommen wir zu der Einsicht, daß niemals ein Schichtsystem mit derartig reichem Relief zur Gebirgsbildung verwendet worden ist.

Wenn ein Gebiet, wie die heutigen Alpen, in neue Falten geworfen oder an neuen Schubflächen übereinandergeschuppt würde, so hätten wir ein derartig buntes Haufwerk unpassender Baustücke und Schichttrümmer neben- und übereinander zu gewärtigen, wie es in keinem irdischen Gebirge jemals noch entdeckt worden ist.

Das heißt mit anderen Worten zur Gebirgsbildung sind nur eben dem Wasser entstiegene oder mit stumpfem Relief versehene Schichtserien verwendet worden.

Treffen wir aber in ein und demselben Gebirge die Anzeichen von mehreren Faltungsphasen, so bleibt nur anzunehmen, daß zwischen je zwei Faltungen das Gebirgsrelief immer stark eingeebnet wurde oder daß die älteren Faltungen zu keiner lebhaften Reliefbildung Anlaß gaben.

Wien, Ende April 1919.

### Literaturnotiz.

**K. A. v. Zittel.** Grundzüge der Paläontologie (Paläozoologie). II. Abteil.: *Vertebrata*. 3. Aufl., neu bearb. von F. Broili und M. Schlosser 1918. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin.

Dieses nunmehr schon seit einer langen Reihe von Jahren bewährte vorzügliche Lehrbuch hat in der neuen Auflage abermals eine beträchtliche Vermehrung und Verbesserung erfahren, ohne daß dadurch die ursprüngliche Anordnung des Stoffes bedeutend geändert wurde.

Obwohl der Umfang des Buches nur unwesentlich zugenommen hat, wurde eine um etwa ein Sechstel größere Anzahl von Gattungen aufgenommen und auch die Zahl der Abbildungen und Literaturzitate nicht unerheblich vermehrt.

Die bedeutendsten Änderungen hat der Abschnitt über die Fische erfahren, dessen Bearbeitung nach dem Tode E. Koken's nunmehr M. Schlosser übernommen hatte. Unter diesen Neuerungen sind hervorzuheben: Die Cyclostomen wurden, der modernen Systematik entsprechend, gänzlich von den Fischen getrennt, in dem allgemein anatomischen Abschnitte über die Fische werden auch die Theorien über die Entstehung der Flossen erörtert, die Systematik der Teleostier wurde gänzlich geändert und vor allem dem Abschnitt über die Fische ein 11 Seiten umfassendes Kapitel über deren zeitliche und räumliche Verbreitung angefügt.

Von den beiden ebenso wie in der 2. Auflage von F. Broili bearbeiteten Abschnitten über die Amphibien und Reptilien sind in ersterem außer der Aufnahme einer größeren Anzahl von Gattungen keine wesentlichen Neuerungen zu bemerken, in letzterem wurden nur in der altertümlichen Gruppe der Theromorphen bedeutendere Änderungen in der Systematik durchgeführt und in analoger Weise wie bei den Fischen ein Kapitel über die geologische Verbreitung und Stammesgeschichte der Reptilien abgeschlossen.

Die von M. Schlosser bearbeitete Klasse der Vögel ist fast unverändert geblieben, der gleichfalls von M. Schlosser neubearbeitete Abschnitt über die Säugetiere hat hauptsächlich bei der Ordnung der *Cetacea* und der Unterordnung der *Lemnoidea* eine wesentliche Änderung erfahren, indem bei ersterer die Abo'sche Systematik, bei letzterer diejenige Gregory's angenommen wurde. Die Familie der *Hominidae* wurde hauptsächlich durch die Aufnahme der neuentdeckten Gattung *Eoanthropus*, der Rückblick auf die geologische Entwicklung der Säugetiere durch die genauere Behandlung der Siwalikfauna vermehrt.

Die Verbesserungen, welche der 3. Auflage der „Grundzüge“ hiermit zugekommen sind, werden sicherlich allgemein freudig begrüßt werden, zumal, da durch dieselben das phylogenetische Moment eine größere Berücksichtigung erfahren hat.

(E. Spengler.)