

Das Vindelizische Gebirge zur mittleren Keuperzeit.

Ein Beitrag zur Paläogeographie Süddeutschlands.

Von **Richard Lang** in Tübingen.

Mit einer Kartenskizze auf Taf. II.

1. Einleitung.

Im Jahre 1834 hat ALBERTI Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper zu einer Formation, der Trias, zusammengefaßt¹. Erst im Verlauf mehrerer Jahrzehnte rang sich die Erkenntnis durch, daß die Trias, wie sie in Deutschland sich findet, in wesentlichen Punkten von den gleichaltrigen in den Alpen verbreiteten Schichten abweicht. Infolge der Verschiedenheiten im geologischen Aufbau und in der Fauna wird heute die germanische als Binnenmeertrias von der alpinen oder Weltmeertrias unterschieden.

Daß zwischen alpiner und germanischer Trias einst eine trennende Fläche Landes sich hingezogen haben muß, hat erstmals GÜMBEL ausgesprochen². Er nahm an, daß da, wo heute die Bayerisch-schwäbische Hochebene sich ausbreitet, zur Triaszeit eine Urgebirgskette auftrug, der er späterhin den Namen Vindelizisches Gebirge gab, nach der gleichnamigen Provinz, die zu Römerzeiten hier sich erstreckte³.

¹ Beitrag zu einer Monographie des Bunten Sandsteins, Muschelkalks und Keupers, 1834.

² Geognostische Beschreibung des bayerischen Alpengebirges. 1861. S. 867.

³ Geognostische Beschreibung der Fränkischen Alb, 1891, S. 3. Weiteres über das Vindelizische Gebirge zur Triaszeit siehe u. a. bei Thürach, Übersicht über die Gliederung des Keupers im nördlichen Franken und Beiträge zur Kenntnis des Keupers in Süddeutschland. Geognostische Jahreshfte. Jahrg. I, II u. XIII. Eb. Fraas, Die Bildung der germanischen Trias. Diese Jahresh. 1899. Tornquist, Die carbonische Granitbarre zwischen dem ozeanischen Triasmeer und dem europäischen Triasbinnenmeer. N. Jahrb. f. Min. etc. Beil.-Bd. XX, 1905 und Alpen und Apennin auf Sardinien und Korsika. Geol. Rundschau 1910. Lang, Der mittlere Keuper im südlichen Württemberg. Diese Jahresh. 1909 und 1910. Kranz, Geologische Geschichte der weiteren Umgebung von Ulm a. D. Ebenda 1905 und Bemerkungen zur 7. Aufl. der geolog. Übersichtskarte von Württemberg etc., sowie Weitere Bemerkungen etc. Centralbl. f. Min. etc. 1908 und 1910. C. Regelmann, Gegen das Vindelizische Gebirge und Zur Tektonik der Schwäbischen Alb. Ebendort 1909 und 1910. Meine Stellungnahme zu den

Im Bayerisch-böhmischen Wald, im Ries und in den kristallinen Auswürflingen der Albvulkane findet man Granite, Gneise und anderes Urgestein von Grundgebirge, welches von dem einstigen Vindelizischen Land nicht weit entfernt lag.¹ Das Vindelizische Gebirge selbst ist nirgends erschlossen, wenn man nicht das Bayerisch-böhmische Massiv als einst zu ihm gehörig auffassen will. Spätestens mit Beginn der Ablagerung von Tertiärsedimenten im Bereich der Oberschwäbischen Hochebene und des südlichen Albrandes ist sein völliges Verschwinden anzunehmen. Ob es etwa durch die Erosion in den vorhergehenden Erdgeschichtsperioden zu einer Fastebene abgetragen wurde, bevor die heute darüber ausgebreiteten Tertiärschichten seine Spuren verwischten, ist nicht festgestellt.

Über die erste Entstehung des Vindelizischen Gebirges lassen sich nur Vermutungen aufstellen.

Die ältesten Kettengebirgsbildungen, die wir in Süddeutschland nachzuweisen vermögen, gehören der frühkarbonischen Zeit an, in der eine gewaltige Auffaltung der altpaläozoischen, archaischen und Grundgebirgsschichten in deutschen Landen sich vollzog. Überall wo kulmische und vorkulmische Gesteine heute in Süddeutschland und weit nach Norden als Zeugen der einstigen Faltungsvorgänge zutage treten, während welcher die „Deutschen Alpen“ sich aufrichteten, verlaufen die alten jetzt weit hinab abgetragenen Faltenzüge in ungefähr nordöstlicher Richtung, der Richtung des varistischen Streichens. Ja selbst die Rotliegendablagerungen wurden im allgemeinen in nordöstlich gerichteten Talungen abgesetzt¹.

Die karbonischen Alpen wurden noch in der Zeit der produktiven Steinkohlenformation und weiterhin zur Permzeit unter dem Einfluß der Atmosphäriken immer mehr eingeebnet, so daß die Erosion bis zur Rotliegendzeit in Schwaben „eine Landschaft mit flachen Hügelwellen und größeren Talzügen ausarbeitete“². Ob die Erosion so weit nach Osten reichte, daß auch der Teil der carbonischen Hochgebirgslandschaft, in dem oder an dessen Stelle zur Triaszeit das Vindelizische Gebirge sich erstreckt haben mag, der

Schriften der beiden letztgenannten Autoren ergibt sich aus der hier gegebenen Darstellung; leider verbietet mir der zur Verfügung stehende Raum ein näheres Eingehen auf dieselben.

¹ Vergl. u. a. Bräuhäuser, Beiträge zur Kenntnis des Rotliegenden an der oberen Kinzig. Diese Jahresh. 1910. Beilage No. 7.

² Ebendort, S. 32.

Erosion so weit anheimfiel, daß die Landschaft eine leichtgewellte Ebene bildete, läßt sich nicht kontrollieren.

Zwischen die Ablagerungen des Rotliegenden, bezw. des Grundgebirges und des Buntsandsteins legt man die Abrasionsebene des vordringenden Buntsandsteinmeeres. Da mir jedoch die Ablagerungen des unteren Buntsandsteins in Analogie zu den Absätzen des schwäbischen Stubensandsteins, denen sie in vieler Hinsicht gleichen, vorwiegend fluviatile Bildungen zu sein scheinen, und für den mittleren Buntsandstein die vorzugsweise äolische, jedenfalls subaerische Bildungsweise von verschiedenen Seiten vertreten wird, so müßte darnach, wie KOKEN jüngst darlegte¹, das nur für meerische Abtragung und Ausebnung gebräuchliche Wort Abrasion fallen und die subaerisch entstandene Ebene als Denudationsfläche bezeichnet werden.

Es ist hier nicht der Ort, über das Vindelizische Gebirge zur Buntsandstein- und Muschelkalkzeit zu sprechen. Ob es zu allen diesen Zeiten in voller Ausdehnung bestand, lasse ich dahingestellt.

Für die Keuperzeit jedenfalls ist die Annahme des Vindelizischen iGebirges notwendig. Im letzten Jahrgang dieser Jahreshefte habe ich dies im IV. Abschnitt meiner Abhandlung über den mittleren Keuper im südlichen Württemberg ausführlich besprochen. In diesem Abschnitt wurde eine „Entstehungsgeschichte des schwäbischen mittleren Keupers“ mit eingehender Beweisführung für die einzelnen Resultate gegeben. Ich wiederhole deshalb im folgenden nur die wichtigsten Ergebnisse meiner früheren Untersuchungen in dieser Richtung und verweise im übrigen auf die eben genannte Arbeit, deren Fortsetzung die folgenden Ausführungen bilden.

2. Hebung des Vindelizischen Gebirges zur mittleren Keuperzeit.

Für den deutschen Keuper ist nachgewiesen, daß zur Bildungszeit dieser Ablagerungen im Osten und Südosten nicht nur ein das germanische und alpine Keupermeer scheidendes Flachland, sondern zu gewissen Zeiten ein gewaltiges Gebirge sich hingezogen hat, das vorzugsweise aus Granit und Gneis bestand und dessen Verwitterungsprodukte als Gerölle, Sande und Tone, Carbonate, Sulfate und Chloride ins flachere Vorland hinab- und teilweise bis in das weiter im Westen und Norden sich ausdehnende Flachmeer hinausgeschwemmt wurden.

Die ungefähre Richtung des Verlaufs des Nordrandes des Vindelizischen Gebirges läßt sich mit ziemlicher Sicherheit

¹ Referat in N. Jahrb. f. Min. etc. 1909, II. S. 415.

rekonstruieren. Die äußersten Sandsteinablagerungen erstreckten sich zur Stubensandsteinzeit gegen Norden nur bis in die südlichen Teile des Thüringer Waldes, reichten aber gegen Nordwesten bis gegen Minden an der Weser, im Westen bis Mörchingen in Lothringen und im Süden bis Schleithem und Baden in der Schweiz. Aus der deutlich nordnordwestlich verlaufenden Haupttransportrichtung, in der die Sande zur mittleren Keuperzeit abgelagert wurden, geht hervor, daß die Hauptmasse des vom Gebirge ins Land hinausgeführten Materials aus einer Richtung, die etwa über Augsburg führt, gekommen sein muß. Daß die in Südbaden und im östlichen Schweizer Jura vorhandenen Sedimente des mittleren Keupers ziemlich landnahe Bildungen sein müssen, habe ich schon an anderer Stelle betont¹. THÜRACH hat dasselbe für die Keupergesteine aus der Umgebung von Schwandorf und Roding in der Oberpfalz nachgewiesen². Zieht man von einem wenig südlich von Baden in der Schweiz gelegenen Punkte eine Linie gegen die östlichsten Vorkommen des Keupers in der Oberpfalz, so führt diese etwa über Augsburg und verläuft ziemlich genau in varistischer Streichrichtung, ungefähr dem heutigen Albrand parallel. Es ist höchst wahrscheinlich, daß das Vindelizische Gebirge in seiner nördlichen Begrenzungslinie zur mittleren Keuperzeit entsprechend der Linie, die die gleichartigen Keuperablagerungen einhalten, und etwa senkrecht zur Haupttransportrichtung der klastischen Sedimente in nordöstlicher, varistischer, Richtung in einiger Entfernung vom südlichen Albrand sich erstreckt hat.

THÜRACH hat gezeigt, daß sich die Keupersedimente bei ihrer Ablagerung um das Vindelizische Gebirge je nach ihrer Entfernung von demselben in wechselnder fazieller Ausbildung gruppierten. Er hat deshalb die deutschen Keupersedimente in drei Zonen eingeteilt: eine randliche Zone zunächst der Küste, die das östliche Franken und die Oberpfalz umfaßt und in der fast ausschließlich Sandsteine auftreten, eine mittlere Zone, die im westlichen und nördlichen Franken und in Württemberg ausgebildet ist und reichen Wechsel zwischen Sandstein- und Mergelstufen aufweist, und eine äußere Zone, zu der die Ablagerungen der noch weiter westlich und nördlich gelegenen deutschen Keupergebiete gehören und in der Sandsteine fast gänzlich fehlen³.

¹ Beitrag zur Stratigraphie des Mittleren Keupers zwischen der Schwäbischen Alb und dem Schweizer Jura. Geol. u. pal. Abl., 1910. S. 261 ff.

² a. a. O. I. Jahrg. S. 81 und XIII. Jahrg. S. 43.

³ a. a. O. I. Jahrg. S. 82.

Diese Einteilung stimmt für den Gipskeuper und den gesamten mittleren Keuper, nicht aber für den Schilfsandstein, die Dunklen Mergel und das Rhät.

Der Schilfsandstein weicht nach seiner petrographischen Beschaffenheit und Ablagerungsweise wesentlich von den höher liegenden Keuperstufen ab, wie sich recht deutlich bei Untersuchungen ergab, die ich beim Verfolgen der Keuperablagerungen zwischen der Schwäbischen Alb und dem Schweizer Jura anstellte. Während der Schilfsandstein in der Schweiz seiner petrographischen Ausbildung, seiner Ablagerungsweise und seiner Maximalmächtigkeit nach keinerlei tiefgreifende Unterschiede gegenüber den Vorkommen in Württemberg aufweist, nehmen die höheren Keupersedimente — abgesehen vom Rhät — gegen Süden immer mehr ab, keilen z. T. aus und sind bedeutendem faziellern Wechsel unterworfen. Dies gab Veranlassung, den Schilfsandstein zusammen mit den sich ihm gleichartig verhaltenden Dunklen Mergeln von den höheren Keuperschichten abzutrennen und die Roten Mergel, den Kiesel-sandstein, die Oberen bunten Mergel, die Gruppe der Stubensandsteine und die Knollenmergel als mittleren Keuper zusammenzufassen¹.

Der Schilfsandstein ist als toniger, feinstkörniger Sandstein von ausgesprochener, meist roter oder grüner Farbe über außerordentlich weite Strecken verbreitet. Er ist bald nur schwach entwickelt, bald in bedeutender Mächtigkeit tief in die obersten Schichten des Gipskeupers eingegraben. Dieses ihm eigentümliche plötzliche An- und Abswellen der Schichten ist überall in den hier besprochenen Gegenden beobachtet. In Württemberg, Südbaden und Elsaß-Lothringen ist der Schilfsandstein völlig gleichartig ausgebildet. Oft erreicht seine Mächtigkeit kaum 1—2 m, an anderen Stellen schwillt er auf 8, 10, 20 und gar über 30 m an. Auch die petrographische Ausbildung des Sandsteins ist in diesen Gegenden eine einheitliche. So beschreibt LEVALLOIS den grès keupérien moyen von Vic, nahe der heutigen deutsch-französischen Grenze, als „grès argileux, à grains fins, rouge et gris“², eine Bezeichnung, die auf die im mittleren Württemberg vorkommenden Sandsteine genau zutrifft. Gegen Westen und Nordwesten läßt er sich im Département Meurthe et Moselle und bis nach Echternach in Luxemburg und

¹ Geol. u. pal. Abh. 1910. S. 262.

² Remarques sur les relations de Parallelisme etc. Bull. de la soc. géol. de France 1867. S. 743.

nach Belgien verfolgen. Dagegen konnte er am Nordrand der Eifel nicht nachgewiesen werden. Unterschiede in der Ausbildung des Schilfsandsteins in Württemberg, Südbaden und Elsaß-Lothringen sind höchstens darin zu finden, daß er in Württemberg und Südbaden kaum irgendwo völlig fehlt, während dies in den westlich gelegenen Gebieten an vielen Orten der Fall ist. In Franken ist die Ausbildung des Schilfsandsteins im allgemeinen der eben beschriebenen sehr ähnlich. Doch beschreibt THÜRACH¹ aus der Ansbacher Gegend eine ca. 10 m mächtige Schicht mit grobkörnigem Material und Geröllen bis zu 2 cm Größe; ähnliches gibt er von der Oberpfalz an. Auch in der Meininger Gegend kommen nach PRÖSCHOLDT² Schilfsandsteine „von ungemein wechselndem Korn“ vor. Bei Koburg tritt der Schilfsandstein durchweg als feinkörniger Sandstein mit tonigem Bindemittel auf und erreicht eine Mächtigkeit von 14 m. Nördlich des Thüringer Waldes ist er in gleicher Ausbildung in Mächtigkeiten bis zu 10 m an zahlreichen Stellen nachgewiesen, während er an anderen Stellen fehlt. Bei Thale am Harz wurden mehrere Meter Schilfsandstein beobachtet. In der Göttinger Gegend kommt neben mittel- bis feinkörnigem Sandstein nach TORNQVIST auch eine ca. 20 cm starke, gelbe, grobkörnige Sandsteinbank vor³. In Hessen scheint er zu fehlen. Bei Hameln erreicht er wieder 20, bei Vlotho 30 m Mächtigkeit, an anderen Stellen geht er auf einen oder wenige Meter herab oder ist hin und wieder auch wohl ganz ausgekeilt. Die wolkige Farbenverteilung, wie sie hier vorkommt, unterscheidet die Schilfsandsteine vor etwa ähnlich ausgebildeten Sandsteinen aus dem Bereich des Stubensandsteins. Über die Korngröße der Sandsteine fehlen bei KLUTH leider genauere Angaben. Nur von einem Aufschluß zwischen Herford und Vlotho gibt er „mürber, gelber, grobkörniger Schilfsandstein“ an⁴. Noch bei Vlotho an der Weser sind die Sandsteine „im Handstück dem süddeutschen Schilfsandstein zum Verwechseln ähnlich“⁵.

Aus der außerordentlich weiten Verbreitung des Schilfsandsteins in fast völlig gleichartiger toniger Ausbildung bei feinsten Korngröße über ein Gebiet, das heute noch von Osten nach Westen

¹ a. a. O. I. Jahrg. S. 138.

² Beitrag zur Kenntnis des Keupers im Grabfeld. Jahrb. d. preuß. geol. Landesanst. 1883. S. 199—212.

³ Der Gipskeuper in der Umgebung von Göttingen. Inaug.-Diss. 1892. S. 27.

⁴ Der Gipskeuper im mittleren Wesergebiet. Inaug.-Diss. 1894. S. 16.

⁵ TORNQVIST a. a. O. 1892. S. 27.

gegen 350 km, von Süden nach Norden über 500 km umfaßt, und aus seiner eigentümlichen Ablagerungsform muß geschlossen werden, daß der Schilfsandstein, wie auch GÜMBEL, THÜRACH, EB. FRAAS und PHILIPPI annehmen, das Produkt einer gewaltigen Deltabildung darstellt¹. PHILIPPI sagt mit Recht, daß alle tonigen Sandsteine als fluviatil zu deuten seien, da der Wind überall eine Scheidung der schwereren Sandkörner vom feinen Tonstaub erstrebe². Auch erscheint es mir als unmöglich, den Schilfsandstein als Meeresbildung anzusehen, da das Meerwasser ähnlich wie der Wind die Sandteilchen vom Ton sondert, erstere in der Nähe des Strandes ablagert und nur letzteren weiter hinaus ins Meer führt. Auch die Ausbildung von Flutrinnen halte ich bei Annahme eines Meeres für unerklärbar. Das Sandmaterial dürfte aus südöstlicher Richtung vom Vindelizischen Gebirge hertransportiert worden sein, denn nur in der Ansbach—Meininger Gegend liegen gröberkörnige Lagen zwischen den Sandsteinen, die auf größere Nähe des Festlandes schließen lassen, dem der oder die Flüsse entströmten, die Sand und Ton ins flache Vorland führten. Einerseits müssen die Wasser langsamen Laufs dahingeflossen sein, da nur solche kein gröberes Material mehr transportieren, anderseits müssen die Wassermengen, die vom Vindelizischen Gebirge herabströmten, ganz gewaltige gewesen sein, da nur solche imstande sind, die unendlichen Sandmassen herbeizuführen, die heute als Werksteine verkittet, zum Abbau einladen. Es muß somit auch das Hinterland von ganz beträchtlicher Größe gewesen sein, da nur ein größerer Landkomplex Flüsse von beträchtlich ausgedehntem Unterlauf zu erzeugen vermag.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, daß weithin im Bereich des deutschen Keupers zur Schilfsandsteinzeit kein Meer existierte.

Mit dem Beginn der Dunklemergelzeit breitete sich das Meer von neuem über die vollkommen horizontale Schilfsandsteinfläche aus und setzte die geringmächtigen Dunklen Mergel ab. Daß ein Meer diese und die folgenden Mergelstufen erzeugte, habe ich schon an anderer Stelle zu beweisen versucht³.

Während der nun folgenden Bildungsperiode der Bunten Mergel und des Stubensandsteins vollzog sich in Süddeutschland ein allmähliches einseitiges Absinken des Meeresgrundes in

¹ Vergl. auch diese Jahresh. 1910. S. 33—35.

² Über die Bildungsweise der buntgefärbten klastischen Gesteine der continentalen Trias. Centralbl. f. Min. etc. 1901. S. 463—469.

³ Diese Jahresh. 1910. S. 31 f. und S. 35.

ungefähr nordnordwestlicher Richtung bis zu einer etwa vom westlichen Württemberg nach Thüringen sich erstreckenden Linie größter Austiefung des Meeresgrundes, so daß in den zunächst dieser Linie gelegenen Gebieten die bedeutendsten Sedimentabsätze erfolgten. Dieses Absinken der „Schwäbisch-fränkischen Scholle“ wird für Süddeutschland durch ein Anschwellen jeder einzelnen Stufe und Unterstufe in nördlicher und nordwestlicher Richtung dokumentiert, was z. B. in den württembergischen und südbadischen Keuperablagerungen deutlich hervortritt¹.

Abgesehen von dem einseitigen Absinken der Schwäbisch-fränkischen Scholle fanden allgemeine Hebungen und Senkungen bzw. Oszillationen des Meeres statt, die den Wechsel zwischen Sandstein- und Mergelstufen verursachten². Die Mergelstufenbildungen sind meerische, die Sandsteinbildungen vorzugsweise fluviale Ablagerungen, letztere aber in ganz anderem Sinne, als für den Schilfsandstein angegeben wurde.

Da der Meeresgrund immer mehr gegen Norden einsank, waren weitgedehnte Deltabildungen — ähnlich wie zur Schilfsandsteinzeit — unmöglich. Vielmehr macht sich eine deutliche Trennung zwischen Land- und Meeresbildungen — im Sinne THÜRACH'S — geltend, und zwar war das Meer von dem offenbar ziemlich rasch mehr oder weniger ansteigenden Land durch eine nur kurze Strandzone getrennt.

Deshalb sind die Sandsteine des mittleren Keupers im allgemeinen völlig tonfrei und von weißer bis mattgelber Farbe und nehmen an Korngröße gegen Osten sehr rasch zu, so daß sie z. B. in Württemberg den Korndurchmesser der Schilfsandsteine um ein Vielfaches überragen und im östlichen Franken und in der Oberpfalz bis kopfgroße Quarzgerölle führen. Dagegen keilen sie, wie schon oben (S. 221) gezeigt wurde, viel rascher aus als die Schilfsandsteine, deren Begrenzung gegen Süden, Westen und Norden wir überhaupt nicht zu ermessen vermögen.

Ich habe die Unterschiede in den Sandsteinablagerungen der Schilfsandsteinzeit einerseits und der mittleren Keuperzeit andererseits schon früher hervorgehoben und die Gegensätze auf das einseitige Absinken der das schwäbisch-fränkische Gebiet umfassenden Gebirgsscholle zurückgeführt³.

Durch Hervorheben dieser Tatsache ist wohl das Anschwellen

¹ Diese Jahresh. 1910. S. 52 f. und Geol. und pal. Abh. 1910. S. 261 ff.

² Diese Jahresh. 1910. S. 42.

³ Diese Jahresh. 1910. S. 54.

der Stufen gegen Norden und Westen und der rasche Übergang von subaerisch gebildeten Sedimenten zu meerischen Ablagerungen erklärt, nicht aber der Unterschied in der petrographischen Ausbildung und in der Ablagerungsweise der beiderseitigen Sandsteinablagerungen.

Gleiche Transportkraft des Wassers, das vom Vindelizischen Gebirge herabströmte, vorausgesetzt, müßten, wenigstens in den östlichsten Vorkommen, beim Stubensandstein wie beim Schilfsandstein ähnliche Korngröße und ähnliche petrographische Eigenschaften der Gesteine, besonders tonige Beimengungen zum Sand, sich zeigen. Dies ist aber nicht der Fall. Offenbar sind die Sande zur Stubensandsteinzeit von viel rascher fließenden Gewässern verfrachtet worden als das Material, das zur Schilfsandsteinzeit abgelagert wurde.

Man könnte deshalb an Perioden mit reicheren Niederschlägen in den Randgebirgen denken, durch die PHILIPPI das wiederholte Vordringen von Sandsteinstufen gegen Norden und Westen zu erklären suchte; die Mergelstufen wären danach in Zeiten geringerer Niederschläge gebildet¹. Bei gleichem Gefälle vom Gebirge gegen das Vorland konnten selbst bei wesentlich bedeutenderer Wasserzufuhr — unter der Voraussetzung, daß letzteres beidemale weithin nicht von Meer bedeckt war — zur Stubensandsteinzeit nur geringe Unterschiede in der Korngröße und in der Tonbeimischung gegenüber den Schilfsandsteinablagerungen auftreten. Denn die Ströme führen in ihrem Unterlauf stets nur feinen Sand und suspendierten Ton als klastisches Transportmaterial, nie kommt grobes Gerölle oder eine völlige Trennung von Sand und Ton — soweit äolische Ausblasungen nicht mitspielen — in ihnen vor. Also auch dadurch wird das rasche Anschwellen der Korngröße der Stubensandsteine gegen Südosten nicht erklärt.

Infolge der Tatsache, daß Schilfsandstein und Dunkle Mergel sich zu einer Zeit gebildet haben, in der einseitige Schollenbewegungen fehlten, während über die ganze Zeit der Bildung des mittleren Keupers ein einseitiges Einsinken der Schwäbisch-fränkischen Scholle ungefähr gegen Nordwesten erfolgte, bin ich zu der Auffassung gelangt, daß an den einseitigen Schollenbewegungen auch das Vindelizische Gebirge beteiligt gewesen sein muß, indem es gegen Südosten um so mehr sich erhob, je mehr der nordwestliche Teil der Scholle einsank, daß also das Vindelizische Gebirge und das ganze süddeutsche Keupergebiet einer Scholle angehörten, die ich

¹ a. a. O. S. 468.

als Südgermanische Scholle bezeichnen möchte. Wenn man eine erneute Hebung des Vindelizischen Gebirges zur mittleren Keuperzeit annimmt, so lassen sich alle Eigentümlichkeiten, die der mittlere Keuper gegenüber dem Schilfsandstein und den Dunklen Mergeln aufweist, meines Erachtens einwandfrei erklären.

Während zur Schilfsandsteinzeit das Vindelizische Gebirge auf weite Erstreckung gegen Osten jedenfalls nur sehr schwach anstieg, so daß die Wasser gröbere Sande zwar bis Franken zu transportieren vermochten, in allen andern Gebieten aber, wo heute Schilfsandstein zutage tritt, nur noch feinstkörnigen tonigen Sandstein ablagerten, setzte mit Beginn des mittleren Keupers jene einseitige Schollenbewegung ein, welche besonders die östlich Württembergs und Frankens gelegenen Teile des Vindelizischen Gebirges emporhob, indem um eine ungefähr nordöstlich verlaufende Linie als Achse in nordwestlicher Richtung, also ungefähr senkrecht zur Richtung des varistischen Streichens, die Schichten einsanken, während in südöstlicher Richtung dementsprechend die Landmassen sich höher erhoben. Aus dem Verlauf der Kieselsandstein- und Stubensandsteingrenze gegen Westen und Norden ergibt sich, daß die klastischen Verwitterungsprodukte vom Vindelizischen Gebirge hauptsächlich ungefähr gegen Nordnordwesten verfrachtet wurden, daß somit in entgegengesetzter Richtung die Hauptmasse des Gebirges sich erstreckt und etwa senkrecht zu dieser Richtung der Kamm des Gebirges sich hingezogen haben muß. Die Mächtigkeit der Ablagerungen des mittleren Keupers nimmt gegen Süden rasch ab, so daß bei Kadelburg an der badisch-schweizerischen Grenze die Gesamtmächtigkeit desselben kaum noch 15 m erreicht. Das Fehlen wesentlicher Niveauänderungen in diesem Gebiet läßt darauf schließen, daß dort die Schollenachse ungefähr durchlief. Auch muß wenig südlich von diesem Punkt die Südgrenze der Scholle in ungefähr ostwestlicher Richtung verlaufen sein, da die geringe Materialzufuhr zur mittleren Keuperzeit nach diesen Gegenden nur durch das Fehlen eines gegen Süden weiter ausgedehnten Gebirges erklärt werden kann, obwohl die beträchtliche Korngröße des klastischen Anteils der Ablagerungen auf eine hohe Transportkraft der einst dort fließenden Gewässer und somit auch auf eine relativ beträchtliche Neigung bezw. auf große Nähe des Ausläufers des Vindelizischen Gebirges schließen läßt. Östlich von diesen Gegenden hat das Gebirge — im Maximum etwa südsüdöstlich Augsburg — zu beträchtlichen Höhen sich erhoben, bezw. ein weitgedehntes Hinterland besessen, da aus dieser Richtung die

Hauptmasse der klastischen Ablagerungen stammt. Weiterhin gegen Nordosten hat das Gebirge an Höhe abgenommen, oder es fehlte an nordwestlich gerichteten Abflußlinien, weil im östlichen Thüringen viel geringere Ablagerungen klastischen Materials auftreten, als bei gleichbleibender Gebirgshöhe bzw. bei gleichstarker Zuführung von Sandmaterial zu erwarten wären.

Durch die Hebung des Vindelizischen Gebirges zur mittleren Keuperzeit stiegen die Winde höher als bisher an dem aufragenden Bergland empor, konnten sich dadurch abkühlen und wurden so veranlaßt, ihre Feuchtigkeit niederschlagen. Man kann sonach mit größeren Regenmengen rechnen, als vor der Hebung am Vindelizischen Gebirge sich ergossen. Infolge des vergrößerten Gefälles wurde zugleich die Erosion neu belebt. Die Wasser strömten in rascherem Lauf gegen Norden und Westen ab und führten die Verwitterungsprodukte des aus Urgestein bestehenden Berglandes mit stärkerer Stoßkraft ins Vorland als zur Schilfsandsteinzeit. Sand und Ton wurden von den rasch fließenden Wassern getrennt, der Sand in Bänken abgesetzt, der Ton in ruhigen Buchten der Flußläufe angehäuft oder weiter hinaus in die Flachsee getragen.

Das Einsinken der Schwäbisch-fränkischen Scholle erfolgte während der Bildungszeit der unteren Stufen des mittleren Keupers langsamer als zur Stubensandsteinzeit, wie aus der rascheren Mächtigkeitzunahme des Stubensandsteins gegen Norden gegenüber den tieferen Stufen des mittleren Keupers hervorgeht¹. Dem entsprechend erhob sich die als Vindelizisches Gebirge zu bezeichnende südöstliche Fortsetzung der Schwäbisch-fränkischen Scholle. Das besonders rasche Aufsteigen des Gebirges zur Stubensandsteinzeit muß entsprechend eine noch größere Erosionsgeschwindigkeit als zur Bildungszeit der vorhergehenden Stufen herbeigeführt haben, da die bedeutendere Erhebung größere Niederschläge und die stärkere Neigung des Geländes eine kräftigere Erosionstätigkeit der rasch dahineilenden Wasser verursacht haben mag. So erklärt sich auch am besten, daß die Sandsteine gerade zur Stubensandsteinzeit über so gewaltige Flächen, wie oben dargelegt wurde, transgredierten.

An das Ende der Stubensandsteinzeit lege ich eine längere Pause in der Zufuhr weiterer Sedimente vom Gebirge². Auch scheint die einseitige Austiefung des Meeresgrundes allmählich nachgelassen

¹ Diese Jahresh. 1910. S. 52 ff.

² Diese Jahresh. 1910. S. 51 und 53.

und endlich ganz aufgehört zu haben, so daß die Knollenmergel weithin in ziemlich gleicher Mächtigkeit sich ablagern konnten.

3. Beziehungen zwischen dem germanischen und alpinen Keuper.

Im Anschluß an die vorstehenden Ausführungen sei es mir gestattet, Vergleiche mit den dem germanischen Keuper entsprechenden Stufen in den Alpen zu ziehen. Da die stratigraphischen Parallelisierungsversuche auf paläontologischer Grundlage bisher zu eindeutigen Resultaten nicht geführt haben, so war es angezeigt, mittels petrographischer und tektonischer Vergleichsmomente eine Vergleichung der germanischen und alpinen Keuperablagerungen zu versuchen.

„Die Parallelisierung von alpiner und außeralpiner Trias ist noch immer mit mancher Unsicherheit behaftet. Wie Mojsisovics hervorgehoben hat, kennen wir bis jetzt mit Sicherheit in den Alpen nur die Äquivalente von drei Horizonten der deutschen Trias, nämlich des Röts, des unteren Muschelkalks (der *Trinodosus*-Zone) und der rhätischen Stufe“¹. Über der *Trinodosus*-Zone folgt die ladinische Stufe mit den Reiflinger Kalken bzw. den Partnachschichten bzw. dem Wettersteinkalk und -dolomit in den östlichen Nordalpen, den Buchensteiner, den Wengener und den Cassianer Schichten in Südtirol. In die Ablagerungsperiode der Buchensteiner Schichten fallen erstmals vulkanische Eruptionen in den Südalpen, die während der Wengener Zeit ihr Maximum erreichten. Während der Übergangszeit von der ladinischen zur karnischen Stufe erfolgten erneute vulkanische Ausbrüche. Die Raibler Schichten bzw. deren Äquivalente, die zur karnischen Stufe gehören, enthalten in den östlichen Nordalpen u. a. Sandsteinlager, die sich im Bündener, oberbayerischen, Berchtesgadener und Lunzer Faziesbezirk nachweisen lassen². Der norischen Stufe gehört der Dachsteinkalk bzw. Hauptdolomit an, der rhätischen Stufe der rhätische Dachsteinkalk bzw. die Kössener Schichten³.

Schon bei der Parallelisierung alpiner Triasschichten mit dem deutschen oberen Muschelkalk gehen die Ansichten auseinander.

¹ Kayser, Lehrbuch der Geologie. 3. Aufl. 1908. S. 358.

² Beiträge zur Kenntnis der alpinen Trias. II. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1898. S. 695—761.

³ Lethaea geognostica. II. Bd. 1. Teil. Die alpine Trias des Mittelmeergebietes, bearbeitet von G. v. Arthaber. 1908. S. 223—472 und Vulkanismus der alpinen Trias. S. 547 f.

Während z. B. KAYSER die Buchensteiner Schichten ziemlich tief in den Muschelkalk stellt¹, läßt BENECKE die Bildung des Hauptmuschelkalks und der Buchensteiner Schichten zeitlich zusammenfallen². Auch KOKEN vertritt diese Auffassung³ und FRECH und WYSOGORSKI ziehen die Buchensteiner Schichten stratigraphisch gleichfalls zum germanischen oberen Muschelkalk⁴, wenn auch die Auffassungen der genannten Forscher über die Parallelisierung der oberen Grenze der Buchensteiner Schichten mit einem bestimmten Horizont der germanischen Trias etwas differieren. Obgleich die Buchensteiner Schichten im petrographischen Habitus, z. B. am Schlern, dem *Nodosus*-Kalk genau gleichen, so ist doch eine Zurückhaltung in der Parallelisierung zu üben, weil wir es in diesem Falle nur mit Konvergenzerscheinungen zu tun haben, die durch weitverbreitete andersgeartete Schichten gleichen Alters der nordalpinen Trias voneinander getrennt sind.

Ungefähr mit dem Beginn der Wengener Zeit muß, wenn man Hauptmuschelkalk und Buchensteiner Schichten als ungefähr gleichaltrige Ablagerungen auffaßt, die Bildung des *Trigonodus*-Dolomits oder der Lettenkohle eingesetzt haben. Höchst merkwürdig erscheint unter dieser Voraussetzung, daß einerseits mit Ausgang der deutschen Muschelkalkzeit ein Abschluß des germanischen Meeres gegen das Weltmeer und damit eine Hebung des Vindelizischen Rückens angenommen werden muß, und daß andererseits für die Wengener Zeit in der heute in Südtirol lagernden Triasscholle ein Maximum vulkanischer Tätigkeit nachweisbar ist. Da Vulkanismus und Tektonik häufig zueinander in Beziehung stehen, so erscheint dieses Zusammentreffen vulkanischer Tätigkeit, wenn auch an einem vom Vindelizischen Gebirge fern gelegenen Orte, mit tektonischen Verschiebungen im Grenzgebiet zwischen dem germanischen und alpinen Triasmeer als nicht rein zufällig.

Einen paläontologischen Anhalt für die Berechtigung oder Nichtberechtigung der Parallelisierung Wengener Schichten = Lettenkohle gibt es nicht. „Nach alpinen Formen sucht man vergebens“, sagt ZELLER von der Lettenkohle⁵. Doch meint er weiter unten,

¹ a. a. O. 1908. S. 378.

² Lettenkohलगruppe und Lunzer Schichten. Ber. d. Naturf. Ges. 1897. S. 140.

³ Führer durch die Sammlungen des geol.-min. Inst. in Tübingen. 1905. S. 39.

⁴ Lethaea a. a. O. Tafel S. 550.

⁵ Beiträge zur Kenntnis der Lettenkohle und des Keupers in Schwaben. Inaug.-Diss. und N. Jahrb. f. Min. etc. 1907. Beil.-Bd. XXV. S. 117.

es „könnte die Lettenkohle mit den Partnachsichten bzw. den Wengener Schichten mit Pflanzen und Sandsteinen zu parallelisieren sein“¹. Wenn auch diese stratigraphische Gleichstellung meines Erachtens höchst wahrscheinlich richtig ist, so möchte ich doch darauf hinweisen, daß nach den neueren Untersuchungen Sandsteine im Bereich der Wengener Schichten in den Nordalpen fehlen². Da ZELLER diese Bemerkung ohne nähere Erläuterungen macht, so kann ich nur vermuten, daß er damit den Lunzer Sandstein oder die pflanzenführenden Sandsteine meint, welche letztere GÜMBEL aus der Gegend von Partenkirchen beschrieb³. Beide werden jetzt der Raibler Stufe zugerechnet⁴. Nur bei einem Sandsteinvorkommen am Paß Sü Som ist es zweifelhaft, ob die Schichten zum Arlbergdolomit oder zu den Raibler Schichten gehören⁵.

Während seit der Bildung der unteren alpinen Trias grobklastische Ablagerungen fehlen, finden sich zur Raibler Zeit in weiten Bezirken der Nordalpen Sandsteine ausgebildet. Auf Grund von eingehenden vergleichenden Untersuchungen über die Faziesbezirke der Trias in den Nordalpen schließt BÖSE: „Am Ende der ladinischen Zeit beginnt im Westen wiederum eine Hebung. Im ganzen westlichsten Teil der Ostalpen beginnen Sandsteinabsätze, diese Hebung nimmt nach Osten zu, so daß sich im mittleren Teile der Raibler Zeit überall Sandsteine bilden. Die Raibler Zeit ist eine Periode energischer Gebirgsbildung. Am Ende der Raibler Zeit tritt wieder eine ruhige Senkung ein, und es bilden sich die großen Kalkmassen, welche wir als Raibler Kalk, Dachsteinkalk, Hauptdolomit usw. kennen gelernt haben“⁶. BÖSE nimmt also für die Raibler Zeit ein im Westen sich aufrichtendes Gebirgsland an, von dem das alpine Meer klastisches Material bezog. Dieses Bergland dürfte nichts anderes sein als der Vindelizische Rücken, von dessen östlicher und südlicher Abdachung die Sande gegen das Weltmeer geführt wurden⁷.

¹ a. a. O. S. 119.

² v. Arthaber, a. a. O. S. 287 ff.

³ 1861. a. a. O. S. 215 ff.

⁴ v. Wöhrmann, Die Fauna der sogen. Cardita- und Raibler Schichten in den nordtiroler und bayrischen Alpen. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1889. S. 242. — v. Arthaber, a. a. O. Tafel S. 254.

⁵ Böse, a. a. O. S. 707.

⁶ Beiträge zur Kenntnis der alpinen Trias. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1898. S. 752.

⁷ Vergl. auch Benecke. Die Stellung der pflanzenführenden Schichten von Neuwelt bei Basel. Centralbl. f. Min. etc. 1906. S. 8.

Was BÖSE von den Raibler Schichten sagt, stimmt genau auch für die Bunten Mergel und den Stubensandstein. Nie wurden nach der Muschelkalkzeit vom Vindelizischen Gebirge die Sande so weit gegen Norden und Westen ins germanische Keupergebiet transportiert, als zur mittleren Keuperzeit, nie so weit gegen Osten und Süden ins alpine Meer hinausgetragen als zur Raibler Zeit. Ich glaube sonach annehmen zu können, daß die Bunten Mergel und der Stubensandstein einerseits und die Raibler Schichten anderseits gleichaltrige Ablagerungen sind.

VON WÖHRMANN¹ und später BÖSE waren der Auffassung, daß die Hebung zur Raibler Zeit ungefähr mit den Erdbewegungen der Lettenkohleperiode zusammenfällt. BÖSE schreibt u. a.: „daß in den Alpen die hauptsächlichste orogenetische Bewegung in den Anfang der Raibler Zeit fällt, in der germanischen Trias aber in den Anfang des Keupers (Lettenkohle einbegriffen), und zwar ist beide Male die Bewegung eine hebende; das würde für das Zusammenfallen der Grenzen zwischen ladinischer und Raibler Stufe und der zwischen Muschelkalk und Keuper sprechen; daß es kein zwingender Beweis ist, gebe ich gern zu, immerhin spricht der Umstand dafür, daß die ladinische Stufe etwa noch dem obersten Muschelkalk gleichzustellen ist und vielleicht auch noch dem unteren Dolomit des Keupers².“ Auch ich nehme, wie schon erwähnt, für die Lettenkohlezeit eine Hebung an, aber ich lege ihr nicht den Wert bei wie WÖHRMANN und BÖSE. Mir erscheinen die tektonischen Verschiebungen von der oberen Muschelkalkzeit bis zum Ende der Lettenkohleperiode als geringfügig gegenüber den gewaltigen Wirkungen der tektonischen Verschiebungen zur mittleren Keuperzeit. Wo wären die Äquivalente dieser 2. Hebung zur mittleren Keuperzeit zu suchen, wenn diese nicht mit der Hebung zur Raibler Zeit zusammenfällt. Keine Anzeichen deuten auf eine erneute Hebung der randlichen Gebirge des alpinen Meeres zur Hauptdolomit- bzw. Dachsteinkalkzeit hin. Es ist aber nicht anzunehmen, daß die gewaltigste Hebung des Vindelizischen Gebirges während der ganzen Triaszeit, wie sie im Bereich des germanischen Keupers nachweisbar ist, ohne die Spur einer Einwirkung auf die Ablagerungen der alpinen Trias geblieben wäre.

¹ Alpine und außeralpine Trias. N. Jahrb. f. Min. etc. 1894. S. 1—50.

² a. a. O. S. 758.

Die Lettenkohle erreicht im Maximum 50 m und bleibt meist beträchtlich darunter¹, der mittlere Keuper dagegen weist weithin Mächtigkeiten von 200—250 m auf². Schon aus diesen Zahlen läßt sich erkennen, daß bisher der Lettenkohle, die mir nur als kurze erdgeschichtliche Episode erscheint, meist eine viel größere Bedeutung beigemessen wurde, als ihr gebührt. Dies beruht vor allem darauf, daß die Lettenkohle wegen ihres relativen Reichtums an Fossilien von jeher den Geologen viel besser bekannt war als der fossilarme oder fossillere Keuper, obwohl letzterer die Lettenkohle um ein Vielfaches an Mächtigkeit und sicherlich auch an erdgeschichtlicher Dauer seiner Bildungszeit überragt. Es dürfte somit die Hebung zur Lettenkohlezeit zeitlich nicht mit der zur Raibler Zeit stattgehabten zusammenfallen, sondern in die Bildungsperiode etwa der Wengener Schichten gehören, die Hebung zur Raibler Zeit dürfte aber mit der zur mittleren Keuperzeit eingetretenen zu identifizieren sein.

Für die Parallelisierung Bunte Mergel + Stubensandstein = Raibler Schichten, die ich auf Grund tektonisch-petrographischer Vergleichsmomente vorgenommen habe, spricht ferner, daß eine Analogie zu dem oben beschriebenen mutmaßlichen Zusammenhang zwischen vulkanischer Tätigkeit und tektonischen Schollenverschiebungen auch hier zu beobachten ist, da die Raibler Zeit für Südtirol eine Periode vulkanischer Ausbrüche, für das Grenzgebiet zwischen der germanischen und der alpinen Trias, nach den beiderseitigen Ablagerungen zu schließen, eine Periode beträchtlicher Hebung war.

Auch die paläontologischen Befunde widersprechen meiner Auffassung in keiner Weise. Zwar wird heute noch allgemein, so bei KAYSER, FRECH, ZELLER, der Beginn der Raibler Schichten entweder in die Lettenkohle oder höchstens an den Anfang des Gipskeupers gelegt, KAYSER und FRECH lassen mit dem Gipskeuper sogar den Hauptdolomit beginnen. THÜRACH³ und BENECKE⁴ setzen auf Grund der von ihnen vertretenen Identität der *Myophoria raibliana* BOUÉ et DESHAYES sp. aus dem deutschen Gipskeuper mit der *M. Kefersteini* MÜNST. sp. aus den Raibler Schichten diese beiden Stufen in stratigraphische Parallele. ZELLER hat jedoch erneut dar-

¹ Zeller, a. a. O. S. 53 f.

² Vergl. die beigegebene Kartenskizze.

³ a. a. O. II. Jahrg. S. 88.

⁴ 1897. a. a. O. S. 29.

auf hingewiesen, daß die Identität der beiden Formen immer noch recht fraglich ist¹. Er ist überzeugt, daß man die früheren Versuche von SANDBERGER, NIES u. a., alpine Fossilien in der Lettenkohle und im Gipskeuper nachzuweisen, streichen müsse². WAAGEN endlich hat in eingehendster Weise dargelegt, daß seiner Überzeugung nach „von einer spezifischen Übereinstimmung der Raibler und Hüttenheimer Formen und damit einer Einwanderung derselben aus dem alpinen Ozean in das germanische Becken nicht die Rede sein“ kann³. Es sind somit die bisherigen Versuche, durch paläontologische Erfunde den Gipskeuper mit den Raibler Schichten oder einer anderen Stufe der alpinen Trias stratigraphisch zu identifizieren, als mißlungen anzusehen.

Erst über dem Schilfsandstein sind alpine Einwanderer gefunden, die, soweit sie einwandfrei bestimmbar sind, Formen aus den Raibler Schichten entsprechen, so *Avicula gansingensis* ALB., *Myophoria vestita* ALB., *Trigonodus keuperinus* BERG. sp., *Cardita Gümbelei* PICHL.⁴. Durch meine Untersuchungen über die Stellung der Gansinger Fauna im germanischen Keupergebiet ist sehr wahrscheinlich gemacht, daß die Gansinger Fauna — gleichwie die der Ochsenbachschicht — dem Stubensandstein angehört. Es würde somit der Stubensandstein auch nach den paläontologischen, nicht nur nach den petrographisch-tektonischen Befunden, mit den Raibler Schichten in Parallele gehören.

Wenn man die Bildung der Buchensteiner Schichten mit dem Ausgang der Muschelkalkzeit abschließen, die der Raibler Schichten mit der Gipskeuperzeit beginnen läßt, so müßten die Faunen der Wengener und Cassianer Schichten zusammengenommen während der Lettenkohlezeit sich weiter gebildet haben. Dies halte ich für unmöglich, da mir die Lettenkohleperiode als nur relativ kurzdauernde erdgeschichtliche Periode erscheint. Ein doppelter Faunenwechsel erfordert eine viel gewaltigere Zeitspanne. Dieser entsprechen die Ablagerungen der Lettenkohle und des mächtigen Gipskeupers zusammen viel eher.

Wollte man weiter die Annahme für richtig erachten, daß während der Gipskeuperzeit der Hauptdolomit einsetzte, so würde

¹ a. a. O. S. 94.

² a. a. O. S. 119.

³ Die Lamellibranchiaten der Pachycardientuffe der Seiser Alm, Abhandl. d. geol. Reichsanstalt. 1907. Bd. XVIII. Heft 2. S. 73.

⁴ Zeller, a. a. O. Tafel S. 106.

Gliederung des alpinen und germanischen Keupers.

Stufen	Südalpen	Nordalpen	Süddeutschland	Abteilungen
Rhätisch	Kössener Schichten und Rhätischer Dachsteinkalk		Rhät	Oberer Keuper
Norisch	Hauptdolomit und Dachsteinkalk		Knollenmergel (Hiatus)	Mittlerer Keuper
Karnisch	Raibler Schichten und ihre Äquivalente		Stubensandstein Bunte Mergel (zusammengefaßt)	
			Dunkle Mergel	
			Schilfsandstein	
Ladinisch	Cassianer Schichten	Wettersteinkalk und -dolomit, Partnachschieben, Reifinger Kalke	Gipskeuper	Unterer Keuper
	Wengener Schichten		Lettenkohle	Lettenkohle
	Buchensteiner Schichten		<i>Trigonodus</i> -Dolomit	Oberer Muschelkalk
			<i>Nodosus</i> -Kalk	

es damit unmöglich, die Fauna des mittleren Keupers und die der Raibler Schichten miteinander in direkten zeitlichen Zusammenhang zu bringen. Wo wäre dann die Raibler Fauna, die nach jener Auffassung während der Gipskeuperzeit im alpinen Triasmeer einer anderen Platz machte, während des restlichen Teiles der Gipskeuperperiode und während der Schilfsandsteinzeit geblieben, wenn sie als neu eingewandert erst in den Schichten über dem Schilfsandstein im germanischen Meer wieder in die Erscheinung tritt?

Nichts hindert also, die Parallele: Bunte Mergel + Stubensandstein = Raibler Schichten zu ziehen, im Gegenteil sprechen selbst die beiderseitigen Faunen für die Richtigkeit dieser Auffassung.

ZELLER glaubt aus dem Vorkommen bunter Mergel in den Raibler Schichten Südtirols, die den schwäbischen Vorkommen sehr ähnlich sind, annehmen zu können, daß einzelne Horizonte über dem Schilfsandstein sogar in das Gebiet der Alpen hineingreifen¹. Aus dem in Abschnitt 1 Gesagten geht hervor, daß zur Buntmergelzeit keinerlei direkte Verbindung in südöstlicher Richtung mit dem alpinen Meer bestand, daß wir es in den bunten Mergeln der Raibler Schichten einerseits, des schwäbischen mittleren Keupers andererseits nicht mit einem durchgehenden Horizont, sondern vielmehr, ähnlich wie bei den Buchensteiner Schichten und dem *Nodosus*-Kalk, nur mit einer Konvergenzerscheinung zu tun haben.

Dem Übergang von der Raibler Zeit zur Hauptdolomitzeit und dem ersten Teil dieser letzteren Periode entspricht vielleicht der Hiatus, der, wie weiter oben (S. 228) schon angegeben, auf der Grenze von der Stubensandsteinzeit zur Knollenmergelzeit anzunehmen ist. Die Fortsetzung der Bildung des Hauptdolomits würde somit in die Knollenmergelzeit fallen. Ich möchte also parallelisieren: Hauptdolomit = Hiatus + Knollenmergel.

Meine Auffassung betreffs der Parallelisierung des alpinen und germanischen Keupers habe ich in einer Tabelle auf S. 235 schematisch dargestellt.

4. Ausdehnung des Vindelizischen Gebirges zur mittleren Keuperzeit. Überschiebung der Ostalpen.

GÜMBEL dachte sich, daß das von ihm angenommene Vindelizische Gebirge sich einst über ein Gebiet erstreckte, das, vielleicht

¹ a. a. O. S. 118 ff.

vom französischen Zentralplateau ausgehend und bis zum Süden des Böhmerwaldes reichend, in Süddeutschland als voralpines¹ Gebirge an Stelle der jetzigen Bayerisch-schwäbischen Hochebene sich erhob². Darnach hätte man sich die Nordwestgrenze des ehemaligen Gebirges in Süddeutschland etwa entlang dem Oberlauf der Donau zu denken, während als Südgrenze desselben der Nordrand der Alpen anzunehmen wäre. Inwieweit diese Umgrenzung richtig ist, wird sich aus den folgenden Betrachtungen ergeben.

Der Nordwestrand des Vindelizischen Gebirges in der Ausdehnung, wie er zur mittleren Keuperzeit bestand, läßt sich nach dem heutigen Stand der Kenntnisse von der Verbreitung und der petrographischen Ausbildung der entsprechenden Keuperschichten ziemlich genau festlegen. Der Verlauf des Nordwestrandes wurde z. T. schon eingangs auf S. 221 diskutiert; hier sei noch näher darauf eingegangen.

Nicht weit südlich von den letzten Ablagerungen des mittleren Keupers in Südbaden und in der Nordschweiz muß sich einst Land hingezogen haben. Die Annahme einer Verbindung des damaligen Keuperinnenmeeres mit dem alpinen Weltmeer ist nicht gerechtfertigt, da keinerlei petrographische Anzeichen auf eine solche schließen lassen, und die fossilführende Schicht von Gansingen als lokales Vorkommen auf enge Grenzen beschränkt ist³. Es erfolgten in den genannten Gegenden zur mittleren Keuperzeit, wie schon früher aus dem stratigraphischen und petrographischen Aufbau des dortigen mittleren Keupers bewiesen wurde, nur geringe tektonische Verschiebungen, und in den einzelnen Phasen der allgemeinen Hebungen und Senkungen der Schwäbisch-fränkischen Scholle bzw. der Oszillationen des Meeres waren auch die faziellen Differenzen viel geringer als in den nördlich gelegenen Gegenden. Wenn das weiter südlich anzunehmende Festland gleich wie die eben beschriebenen Gegenden nur geringe Niveauverschiebungen zur mittleren Keuperzeit erlitt, so konnte es nicht wie die weiter östlich gelegenen Gebiete des Vindelizischen Gebirges zu beträchtlicher Höhe sich erheben, sondern mußte während der ganzen mittleren Keuperzeit ein flaches Land bleiben. Aus der Mächtigkeitsabnahme der Stufen des

¹ „Voralpin“ wurde von Gümbel und wird hier als geographischer, „präalpin“ als historischer Begriff gebraucht.

² Geologie von Bayern, II. Bd. 1894, S. 19 f.

³ Geol. und pal. Abh. 1910, S. 261.

mittleren Keupers gegen Süden muß man annehmen, daß, wenn diese Abnahme sich weiter fortsetzt, in südlicher Richtung Land sich ausbreitete. Aus dem Auskeilen mancher Stufen zwischen den in Südbaden und in der Nordschweiz auftretenden Ablagerungen des mittleren Keupers¹ kann man schließen, daß dort zu den Zeiten, für die ein Hiatus in jenen Gebieten anzunehmen ist, die zuletzt vorher abgelagerte Stufe als Festland über den Meeresspiegel sich erhob. Die geringe Mächtigkeit der dort noch vorhandenen Stufen und das starke Zurücktreten oder meist völlige Fehlen sandigen Verwitterungsmaterials in den dortigen Keupersedimenten weist darauf hin, daß vom Festland her nur geringe Mengen Gesteinsschutt gegen Nordwesten transportiert wurden. Es kann somit aus petrographischen Gründen zur mittleren Keuperzeit südlich von den eben beschriebenen Gegenden kein höheres Bergland existiert haben, so daß weder größere Flüsse sich bilden konnten, noch — wegen zu geringer Erhebung des Festlandes über das Meeresniveau — eine nennenswerte Abschwemmung klastischen Materials stattfinden konnte. Wenn trotzdem bis kopfgroße Dolomitgerölle in den den Stubensandstein vertretenden Dolomitbänken des Aargaus sich eingelagert finden, so läßt das nur den Schluß auf Landnähe und damit auf die Möglichkeit zeitweilig rasch fließenden Wassers zu, das größeres Material transportieren konnte. Die Gerölle des Stubensandsteins liegen dort zudem — bei Baden ist dies einwandfrei beobachtet — an der Basis des Stubensandsteins direkt auf Hauptsteinmergel, also nahe der Grenzlinie, in die ein Hiatus, also eine Zeit fällt, in der das Land nach Norden etwa bis an die südbadisch-schweizerische Grenze über das Meeresniveau sich erhoben hatte.

Dieses Flachland, das ich im Gegensatz zu der gewaltigen Erhebung des Vindelizischen Gebirges als Präalpines Festland bezeichnen möchte, hat sich in der Schweiz noch weit nach Südwesten erstreckt. KILIAN hat die durch dieses ehemalige Festland hervorgerufenen Faziesdifferenzen zwischen den südlich und den nördlich gelegenen Trias- und Juraablagerungen bis gegen Grenoble hin verfolgt².

Östlich etwa vom heutigen Bodensee erhob sich zur mittleren Keuperzeit das Vindelizische Gebirge zu größerer Höhe und gewaltiger Ausdehnung. Etwa südöstlich Augsburg mag es seine be-

¹ Lang, Geol. und pal. Abh. 1910.

² Tornquist, 1905, a. a. O. S. 498.

deutendste Entwicklung erreicht haben, da aus dieser Richtung, wie schon oben erwähnt wurde und aus der beigegebenen Kartenskizze ersichtlich ist, die größten Mengen des gegen Nordnordwesten geführten klastischen Materials stammen, da somit dort das Haupteinzugsgebiet der vom Gebirge herabströmenden Wasser gewesen sein muß. Ob der Transport der Sedimente durch regelmäßig fließende oder intermittierende Flüsse oder aber durch Wildwasser erfolgte, die weder zu bestimmten Zeiten auftraten, noch ein bestimmtes Bett, eine bestimmte Richtung einhielten, habe ich schon früher diskutiert¹.

Die Keuperauswürflinge aus den Vulkanembryonen der Uracher und Kirchheimer Alb deuten an, daß die Keuper-sedimente unter der Jurabedeckung dieser Gegenden fortsetzen. Schlüsse in bezug auf das Vindelizische Gebirge lassen sich meines Erachtens aus ihrer Verbreitung nicht ziehen.

Im Ries findet man mittleren Keuper in reichlicher Menge aufgeschlossen. Es muß also der Nordwestrand des Vindelizischen Gebirges zur mittleren Keuperzeit noch südlich des Rieses gelegen haben. Für sehr wichtig für das Verständnis der dortigen Keuperablagerungen halte ich die wiederholte Angabe BRANCA's, daß nur Keuperschichten vom Stubensandstein an aufwärts mit Sicherheit nachgewiesen sind, die offenbar das Grundgebirge direkt überlagern. Es ist somit anzunehmen, daß das dortige Grundgebirge während der ganzen Triaszeit — wahrscheinlich sogar inklusive der mittleren Keuperzeit, wie wir aus dem Folgenden ersehen werden — Land gebildet hat, das nur wenig über dem Meeresspiegel sich erhob. Durch die Hebung des südöstlich gelegenen Vindelizischen Gebirges wurde auch dieser alte Landzipfel in Mitleidenschaft gezogen, indem infolge der Belebung der Erosion im Gebirge Gesteinsmaterial über das vorher nackt zutage tretende Grundgebirge hinweggeführt und z. T. auch auf ihm abgesetzt wurde. Eine absolute Senkung des Riesgebietes zur mittleren Keuperzeit muß dabei nicht angenommen werden. Auch ist eine Meerestransgression für diese Keupertransgression über das Grundgebirge nicht notwendig anzunehmen. Allein durch die Hebung des südöstlich gelegenen Gebirges kann und muß diese Transgression erklärt werden, da die im Riesgebiet auftretenden Sandsteine zum mindesten vorzugsweise, wenn nicht ausschließlich, subaerische, fluviatile Absätze bilden.

¹ Diese Jahresh. 1910. IV. Abschnitt.

Weiter gegen Nordosten liegen bei Regensburg¹ und in der Oberpfalz Keuperablagerungen, die offenbar von dem in der Nähe anstehenden Grundgebirge stammen, Teile desselben direkt überlagern und allmählich gegen Süden auskeilen. THÜRACH hat die Vorkommen in der Oberpfalz eingehend beschrieben und ihre Wichtigkeit hervorgehoben². Während im nördlichen Teile der Oberpfalz Arkosen aus der Stufe des Gipskeupers das Grundgebirge überdecken, keilen diese gegen Süden aus und nur noch dem mittleren Keuper zuzurechnende Arkosen liegen von Amberg bis zur Bodenvöhrer Bucht direkt auf Grundgebirge. Weiter nach Süden keilen auch diese Ablagerungen auf dem Grundgebirge aus. Es zeigt sich also auch hier, nur noch deutlicher als im Ries, ein Transgredieren des mittleren Keupers, und auch hier ist anzunehmen, daß erst infolge der Hebung des Vindelizischen Gebirges im Südosten, und ohne daß eine absolute Senkung des Gebietes der südlichen Oberpfalz oder eine Überflutung durch das Meer angenommen werden müßte, die Transgression der Sedimente zur mittleren Keuperzeit über das Grundgebirge erfolgte.

Bisher wurde nur zwischen Meerestransgressionen und äolischen Transgressionen unterschieden. Beide Transgressionsarten äußern sich geologisch darin und sind für den Geologen nur dadurch erkennbar, daß Sedimente über weitere Gebiete abgelagert werden, als dies vorher der Fall war. Auf das Agens selbst und seine Wirksamkeit wird erst sekundär geschlossen. Nach den in den beiden letzten Abschnitten aufgeführten Tatsachen ist den zwei bisher bekannten Transgressionsarten als dritte die Transgression fluviatiler Ablagerungen beizufügen. Eine Transgression fluviatiler Sedimente über flaches Festland findet statt, wenn anschließend an das flache Festland die Hebung einer Scholle und damit ihre Aufrichtung oder Aufwölbung zu einem Gebirge stattfindet, wodurch die Erosion neu belebt wird und infolgedessen Sedimente in das flache Vorland getragen und auf ihm abgesetzt werden.

Im Nordosten der Oberpfalz erhebt sich heute der Bayrisch-böhmische Wald. Seine nördlichen Teile dürften zur mittleren Keuperzeit ähnliche Verhältnisse wie die vom mittleren Keuper heute

¹ Brunhuber, Über die geotektonischen Verhältnisse der Umgebung von Regensburg. Berichte des naturwissensch. Vereins zu Regensburg. V. Heft. 1896. S. 242.

² T. III. 1900. S. 42 f.

noch bedeckten Teile der Oberpfalz aufgewiesen haben. Daß Frankental und Fichtelgebirge früher von Keuper bedeckt waren, hat THÜRACH wahrscheinlich gemacht¹.

Aus den vorstehenden Abschnitten geht hervor, daß die südlichen Teile des Bayrisch-böhmischen Waldes als ein Teil des einstigen Vindelizischen Gebirges aufgefaßt werden müssen.

Über den weiteren Verlauf der Nordwestgrenze des Vindelizischen Gebirges gegen Nordosten fehlen alle Anhaltspunkte, da weithin durch ganz Böhmen keine Keupersedimente erhalten sind. Doch kann man aus dem raschen Auskeilen der Sandsteine des mittleren Keupers gegen Nordosten, besonders im östlichen Thüringen, darauf schließen, daß vom Vindelizischen Gebirge aus der Gegend des heutigen Bayrisch-böhmischen Waldes nur wenig Sandmaterial in nordwestlicher Richtung ins Vorland verfrachtet wurde. Es dürfte somit die Erhebung des Gebirges bzw. die Größe des Einzugsgebiets der nach Nordwesten abströmenden Wasser in nordöstlicher Richtung gegen den Bayrisch-böhmischen Wald zu wesentlich abgenommen haben.

Da sich in ganz Böhmen keine Keuperablagerungen finden, und auch die Triasvorkommen bei Bunzlau in Schlesien nicht bis zum Keuper reichen, so ist man für die Rekonstruktion des Verlaufs des einstigen Vindelizischen Gebirges auf Vermutungen angewiesen. Inwieweit die oberschlesischen Keuperablagerungen für diese Rekonstruktionsversuche noch in Betracht kommen, lasse ich dahingestellt. Besonders auf Grund des raschen Auskeilens der Sandsteine in Thüringen in östlicher Richtung möchte ich annehmen, daß das Vindelizische Gebirge nordöstlich des Bayrisch-böhmischen Waldes keine beträchtliche Ausdehnung mehr besaß. Vielleicht hat es sich noch weit als flacher Landstrich, etwa analog zu der Ausbildung des Präalpinen Festlandes, gegen Nordosten ausgedehnt.

Durch die eben gegebenen Darlegungen ist höchst wahrscheinlich gemacht, daß der Nordwestrand des Vindelizischen Gebirges zur mittleren Keuperzeit sich fast genau in gerader nordöstlicher Linie von der Nordschweiz etwa über Augsburg und durch den Bayrisch-böhmischen Wald ungefähr in der Richtung des varistischen Streichens hingezogen hat. Er ist eher zu weit nördlich als zu weit südlich angenommen.

¹ T. III. S. 51 f.

Die (scheinbare) Südgrenze des Vindelizischen Gebirges läßt sich nach der petrographischen Beschaffenheit der Keuperablagerungen in den Nordalpen wenigstens einigermaßen genau bestimmen. Nur in den Raibler Schichten sind in den Nordalpen Sandsteine beobachtet, während in der ladinischen und norischen Stufe sich nur Tone, Dolomite und Kalke ausgebildet finden¹. Daraus folgt, daß allein zur Haupthebungszeit des Vindelizischen Gebirges Sand so weit ins alpine Triasmeer verfrachtet wurde, daß es die Punkte erreichte, wo die nordalpinen Triasschichten abgelagert wurden. Nehmen wir eine Analogie zu den für den deutschen Keuper gefundenen Verhältnissen an, so müssen die nordalpinen Keuperablagerungen fast durchweg als Meeressedimente bezeichnet werden. Höchstens die zum Bündner Faziesbezirk gehörenden Raibler Schichten könnten z. T. als subaerische Bildungen zu deuten sein. Im allgemeinen ist somit jedenfalls der Strand des alpinen Keupermeeres ziemlich weit nördlich der Grenze der nordalpinen Triasablagerungen verlaufen. Der Südrand des Vindelizischen Gebirges muß sonach zur Keuperzeit noch weiter nördlich gelegen sein.

Unter der Annahme, daß die Nordalpen als Faltengebirge aufgerichtet wurden und nicht überschoben sind, schrumpft das Vindelizische Gebirge auf einen schmalen, trennenden Gebirgsrücken von unter 50 km mittlerer Breite zusammen, da die durchschnittliche Breite der Bayrisch-schwäbischen Hochebene ungefähr 75 km ist. Ein Bergland von so geringer Breitenausdehnung wäre aber, wie leicht einzusehen ist, nicht imstande gewesen, so große Flüsse bzw. Wassermengen zu erzeugen, wie das nach der Bildung besonders des Schilfsandsteins anzunehmen ist. Auch die Bildung der Sandsteine des mittleren Keupers ließe sich nur durch die höchst unwahrscheinliche Möglichkeit erklären, daß ein Strom von Südwesten oder entgegengesetzt von Osten ungefähr in der Haupterstreckungsrichtung des Gebirges floß und plötzlich in seinem Unterlauf im rechten Winkel abbog, um in vorzugsweise nordnordöstlicher Richtung seine Fluten ins germanische Keuperland zu ergießen. Selbst unter dieser Voraussetzung ist immer noch die Frage zu lösen, woher dann das Gesteinsmaterial stammt, das ins Keuperland zur mittleren Keuperzeit verfrachtet wurde, und wo das zur Erklärung dieser Tatsache notwendig anzunehmende große Gebirgssystem sich erhob. Weiter leuchtet ein, daß es kaum denkbar ist, daß ein Gebirge von nur durchschnittlich

¹ Böse, a. a. O.

ca. 50 km Breite selbst bei noch so bedeutender Erhebung infolge seiner Abtragung — und das nur nach einer, der Nordwestseite des Gebirges — derartig gewaltige Massen von Sand, Ton und kristallinischem Gestein liefern konnte, wie sie über fast ganz Süddeutschland und große Gebiete Mittel- und Norddeutschlands ausgebreitet sind. Ein Blick auf die beigegebene Kartenskizze genügt, um das krasse Mißverhältnis zwischen der angenommenen Breitenenerstreckung des Vindelizischen Gebirges und der gewaltigen Ausdehnung allein der Sandablagerungen zu erläutern, die ihr Dasein der Abtragung des Vindelizischen Gebirges zur mittleren Keuperzeit verdanken.

Schon diese kurzen Überlegungen ergeben mit größter Wahrscheinlichkeit, daß die Landbarre des Vindelizischen Gebirges viel zu klein angenommen wurde. Da die Nordwestgrenze des Gebirges im Vorausgehenden sicher ziemlich richtig angegeben ist, so ist es nur möglich anzunehmen, daß das Vindelizische Gebirge weiter nach Süden — über den Nordrand der Alpen hinaus — sich erstreckt hat, als bei den obigen Ausführungen angenommen wurde. Dann können aber die in den Nordalpen liegenden Triasschichten sich nicht mehr an der Stelle ihrer ursprünglichen Ablagerung befinden, sie müssen vielmehr zur Triaszeit weiter südlich abgesetzt worden sein. Ihr Transport an den jetzigen Ort ihres Auftretens erfolgte zur Tertiärzeit entweder infolge der Bildung liegender Falten während der Entstehung der Alpen, oder, wie neuestens aus tektonischen Gründen angenommen wird, durch Überschiebung.

Zur genaueren Festlegung der Ausdehnung des Vindelizischen Gebirges zur mittleren Keuperzeit, soweit es das etwa zwischen dem Bodensee im Westen und der Donau bei Regensburg im Osten liegende einstige Gebirgsgebiet betrifft, von dem die Hauptmengen des in das germanische Keupergebiet hinausgeführten Materials stammen, habe ich die Masse des vom Vindelizischen Gebirge in der genannten Erstreckung zur mittleren Keuperzeit nach Norden und Westen transportierten klastischen und kristallinischen Gesteinsmaterials zu berechnen versucht.

Zu diesem Zwecke war es notwendig, zuerst zu untersuchen, ob die Ablagerungen des deutschen mittleren Keupers ausschließlich vom Vindelizischen Gebirge stammen, oder ob auch von anderen zur mittleren Keuperzeit etwa aufragenden Gebirgen Sedimente ins germanische Keuperland geführt wurden. Man findet noch in Polen, in England, in den Ardennen, am Nordostrand des Zentralplateaus von Frankreich und weit nach Süden bis Spanien und Nordafrika

Absätze der Binnenmeertrias. Alle diese größeren Festlandsmassen sind aber so weit von Süd- und Mitteldeutschland entfernt, daß sie zur mittleren Keuperzeit dorthin kein Ablagerungsmaterial geliefert haben können. Das ergibt sich auch aus der Verbreitung der Sandsteine des Stubensandsteins, die alle aus südöstlicher Richtung — vom Vindelizischen Gebirge — stammen und gegen Westen, Norden und Osten zwischen tonig-mergeligen Stufen auskeilen, welche letztere Sedimente als die feineren, strandferneren Niederschläge des Keupermeeres anzusehen sind.

Anders steht es mit der Frage, ob nicht manche der deutschen Mittelgebirge zur Keuperzeit als Inseln sich über den Meeresspiegel erhoben und den zunächstliegenden Sedimenten Gesteinsmaterial beimischten.

Der Beginn des Aufsteigens des Schwarzwaldes soll sich nach THÜRACH durch eine Untiefe des Meeres schon zur Keuperzeit bemerkbar gemacht haben¹. Dies scheint mir nicht erwiesen, da ein Vergleich der neuerdings durch BROMBACH vom südwestlichen Schwarzwald veröffentlichten Profile des mittleren Keupers² mit solchen aus dem östlichen Südbaden und aus Elsaß-Lothringen gleichartige Mächtigkeiten und allmähliche Übergänge in fazieller Hinsicht ergibt. Besonders infolge des Durchstreichens des offenbar für meerische Veränderungen sehr empfindlichen Hauptsteinmergels³ halte ich das damalige Vorhandensein oder die Anfänge der Entwicklung des Schwarzwaldes für ausgeschlossen. Daß hier im Süden des germanischen Keupermeeres das Wasser allenthalben sehr seicht war, sei nicht bestritten.

Auch die den Vogesen, dem Odenwald und der Haardt zunächstliegenden Keuperschichten weisen keinerlei fazielle Besonderheiten oder abnorme Mächtigkeiten auf. All das Land, in dem sie heute aufragen, mag deshalb vom deutschen Keupermeer überflutet gewesen sein, wie auch — nach den Keuperablagerungen am Rande der Eifel und im Teutoburger Wald zu schließen — die weiten Gebiete, die jetzt das Rheinische Schiefergebirge und das Westfälische Bergland einnehmen. Daß das Fichtelgebirge und der Frankenwald noch nicht existierten, hat THÜRACH wahrscheinlich gemacht⁴. Die nach Fazies und Mächtigkeit ineinander

¹ T. III. S. 50.

² Mitteilungen der bad. geol. Landesanst.

³ Geol. u. pal. Abh.

⁴ T. III. S. 41.

übergehenden Schichtenfolgen des mittleren Keupers nördlich und südlich des Thüringer Waldes beweisen, daß dieser zur Keuperzeit noch nicht vorhanden war. Die tertiären Vulkangebirge des Vogelsberges und der Rhön kommen für die Triaszeit nicht in Betracht. Die nördlich und westlich des Thüringer Waldes gelegenen Bergländer sind wegen der in ihnen entwickelten Triasschichten einst Teile des Triasbeckens gewesen.

Vom Harz möchte es noch am ehesten unter allen deutschen Mittelgebirgen scheinen, daß er zur Triaszeit sich über das Meeresniveau erhob. Denn ausschließlich paläozoische und Grundgebirgs-gesteine bedecken heute das Gebirge. In den den Harz umgebenden Keuperpartien deutet jedoch kein Fazieswechsel, kein Auftreten von gröberklastischem Gestein eine einstige Küstennähe der Ablagerungen an. Beweisend dafür, daß der Harz zur Keuperzeit noch nicht existierte, dürfte das Vorkommen einer Keuperscholle bei Thale im Harz sein, in der Ton und Gips — neben dem überall als Sandstein auftretenden Schilfsandstein — als strandferne Bildungen sich finden¹.

Es ergibt sich somit, daß zur mittleren Keuperzeit, abgesehen vom südlichen Teile des Bayerisch-böhmischen Waldes als nordöstlichem Ausläufer des Vindelizischen Gebirges, kein deutsches Mittelgebirge über den Meerespiegel sich erhob oder durch eine Untiefe die Anlage eines solchen bezeichnet wurde, daß somit die heutige Gruppierung der deutschen Mittelgebirge zur mittleren Keuperzeit selbst in ihren Anfängen noch nicht existierte.

Somit hat allein das Vindelizische Gebirge das Sedi-mentmaterial geliefert, das zur mittleren Keuperzeit im südlichen und mittleren Deutschland abgesetzt wurde.

Bei den folgenden Berechnungen ist als Grenze der vom Vindelizischen Gebirge ins germanische Keuperbecken herabgeführten Gesteinsmassen eine Linie angenommen, die nur wenig außerhalb der Grenze der bedeutendsten Sandsteinablagerungen des mittleren Keupers verläuft. Es ist sehr wohl möglich, daß die vom Vindelizischen Gebirge stammenden Sedimente noch viel weiter reichen bzw. reichten, daß somit die Grenzlinie dieser Ablagerungen viel zu eng gezogen ist. Doch seien diese außerhalb der angenommenen Grenzlinie gelegenen Absätze des mittleren Keupers als nicht sicher

¹ Brandes, Vorl. Mitt. über ein Profil im Kohlen- und Gipskeuper bei Thale am Harz. Centralbl. f. Min. etc. 1902. S. 1 ff., und 1904. S. 373 ff.

vom Vindelizischen Gebirge stammend und deshalb als unsichere Daten von der Betrachtung ausgeschlossen.

Die ungefähren Mächtigkeiten des mittleren Keupers sind von einer Reihe von Orten in der beigegebenen Kartenskizze eingetragen. Die beträchtlichsten relativen Erhebungen bilden die Schichten des mittleren Keupers im nördlichen Franken, wo sie 250 m erreichen. Südlich bleibt die Stärke der Abteilung auf 200 und mehr Meter bis zum mittleren Neckargebiet, nordöstlich reicht die 200 m-Zone bis über Koburg hinaus, nördlich noch über den Thüringer Wald hinüber und bis gegen Göttingen hin. In weiten Gebieten außerhalb dieser Zone betragen die Gesamtmächtigkeiten der Schichten des mittleren Keupers mehr als 100 m.

Da die Strecken Nördlingen—Göttingen und Stuttgart—Erfurt eine Entfernung von je ca. 300 km aufweisen und der mittlere Keuper bei Göttingen, Erfurt und Stuttgart je 170—180 m Mächtigkeit erreicht, so glaube ich der Wirklichkeit nahe zu kommen, wenn ich für die Berechnung der Masse des vom Vindelizischen Gebirge stammenden mittleren Keupers eine quadratische Fläche von 333 km Seitenlänge und eine durchschnittliche Mächtigkeit von 200 m annehme. Dies ergibt eine Masse von ca. 20000 cbkm, die zur mittleren Keuperzeit vom Vindelizischen Gebirge ins deutsche Triasgebiet verfrachtet wurde.

Will man berechnen, wie hoch sich das Gebirge einst hob unter der Voraussetzung, daß das Gebirge in seiner Grundfläche die ganze Bayerisch-schwäbische Hochebene von seiner weiter oben schon festgelegten Nordwestgrenze bis zum Nordrand der Alpen völlig verdrängte, so ist dafür die Kenntnis des Flächeninhalts dieser Hochebene erforderlich. Man kann diese Ebene als ein Dreieck auffassen, das den Nordwestrand des Vindelizischen Gebirges etwa von Aarau in der Schweiz bis ungefähr Cham im Bayerischen Wald, also auf 400 km Entfernung, zur Grundlinie und die Entfernung Regensburg—Salzburg = 150 km zur Höhe hat. Daraus ergibt sich ein ungefährer Flächeninhalt von 30000 qkm. Dabei ist zu berücksichtigen, daß nach den im vorstehenden gemachten Angaben die Hauptmasse des Vindelizischen Gebirges auf den mittleren Teil der angenommenen Fläche beschränkt ist, daß somit die Grundlinie wohl zu groß gewählt ist. Auch die Höhe des Dreiecks erscheint als zu groß angenommen, wenn man berücksichtigt, daß, nach den nordalpinen Keuperablagerungen zu schließen, der

Strand des alpinen Keupermeeres weit nördlich von den nördlichsten dortigen Keuperabsätzen zu suchen ist.

Wenn man annimmt, daß das Vindelizische Gebirge sich ausschließlich da erhob, wo heute die Bayerisch-schwäbische Hochebene sich ausdehnt, also auf dem eben berechneten Gebiet von ca. 30 000 qkm Grundfläche, und daß die Masse des vom Gebirge zur mittleren Keuperzeit gegen Norden und Westen weggeführten Materials 20 000 cbkm beträgt, so muß sich das Gebirge in allen seinen Teilen um $\frac{20\,000}{30\,000}$ km, somit um ca. 650—700 m, gehoben haben. Dabei ist noch weiter angenommen, daß das Gebirge vor der Hebung und nach der Hebung am Ende der ihr folgenden Abtragung nicht vorhanden, d. h. dem Meeresniveau gleich war, oder daß es vor und nach der Hebung und der darauf folgenden Abtragung genau in gleicher Masse den Meeresspiegel überragte; weiter ist dabei nicht in Betracht gezogen, wieviel Gesteinsmaterial in dieser Zeit nach Südosten ins alpine Keupermeer verfrachtet wurde.

Unter der Annahme, daß das Gebirge in allen seinen Teilen in senkrechter Richtung sich hob, ist das Ausmaß der Hebung mit 650—700 m richtig angegeben. Trotz dieser Annahme müßte das aufsteigende Gebirge zu keiner Zeit ein horizontales Plateau mit steil nach allen Seiten abstürzendem Rand gebildet haben, da während der Hebung, die man sich als über geologisch lange Zeiträume erstreckend denken muß, die Erosion die Ränder des Gebirges entsprechend dem Emporsteigen abtragen konnte. Nichts spricht jedoch für die Berechtigung der Annahme eines senkrechten Emporsteigens des Vindelizischen Gebirges, da für eine derartige keilförmige Ausquetschung der Gebirgsscholle zwischen zwei Widerlagern, durch die ein senkrecht es Emporsteigen erklärt werden könnte, keinerlei stratigraphische oder tektonische Anzeichen im ganzen mitteleuropäischen Keupergebiet vorliegen.

Vielmehr sind, wie im 1. Abschnitt gezeigt wurde, die Bewegungen der Schwäbisch-fränkischen Scholle und des Vindelizischen Gebirges und die daraus sich ergebenden Verschiedenheiten im Aufbau der Keupersedimente so eng miteinander verknüpft, daß man notwendig an eine Korrespondenz zwischen der Schwäbisch-fränkischen Scholle und dem Vindelizischen Gebirge glauben, d. h. annehmen muß, daß beide Gebiete zur mittleren Keuperzeit eine tektonisch einheitliche Landschaft bildeten, welche die gewaltige Südgermanische Scholle umfaßt.

Daraus ergibt sich, daß das Vindelizische Gebirge bei seinem Wiederaufsteigen zur mittleren Keuperzeit eine einseitige Schollenbewegung ausführte. Das Gebirge stellte also entweder ein einseitig gehobenes Schollenland dar mit steilem Abbruch längs der höchsten Erhebung, oder es bog oder brach die Scholle auf der Kammhöhe ab, um sich weiterhin wieder abwärts zu senken.

In beiden Fällen läßt sich der Querschnitt des Gebirges in jeder Phase des Aufsteigens als ein Dreieck darstellen. Da für das Vindelizische Gebirge unter Annahme einer gleichstarken Hebung in allen seinen Teilen — also unter der Annahme eines rechteckigen Querschnitts des Gebirges — 650—700 m errechnet wurden, so muß bei einseitiger Schollenbewegung, d. h. bei dreieckigem Querschnitt des Gebirges, die Hebung das Doppelte, also ca. 1350 m erreicht haben.

Man kann somit das Vindelizische Gebirge als liegendes dreiseitiges Prisma auffassen, dessen liegende Fläche gleich der Grundfläche des Gebirges mit 400 km Kantenlänge und 75 km Kantenbreite (der mittleren Breite der Bayrisch-schwäbischen Hochebene) ist, und dessen beide schief liegende Seiten in ihrer gemeinsamen Kante, die den Gebirgskamm darstellt, ca. 1350 m über der liegenden Seite sich erheben. Es bleibt sich dabei gleich, ob man die Firstlinie des Vindelizischen Gebirges mehr in der Mitte des Gebirges annimmt, oder ob man sich den Gebirgskamm gegen eine Randlinie, etwa gegen den Nordrand der Alpen, verschoben denkt, solange nur die Höhe dieselbe bleibt. Denn die als Querschnitte des konstruierten Prismas sich ergebenden Dreiecke sind bei gleicher Grundlinie und Höhe inhaltsgleich, gleichviel, ob die Spitze der Dreiecke mehr nach rechts oder links vom Mittellot liegend gedacht ist.

Bei dieser Berechnungsart ist die Abdachung an den Schmalseiten außer acht gelassen, durch deren Berücksichtigung sich die Höhe etwas vergrößern würde.

Würde man die Grundfläche des Vindelizischen Gebirges nicht als Rechteck, sondern als Dreieck von gleichem Flächeninhalt betrachten, über dem eine dreiseitige Pyramide aufgesetzt gedacht ist, so würde sich dadurch — bei gleichbleibendem Volumen — die Erhebung gegenüber der Höhe des liegenden Prismas auf das $1\frac{1}{2}$ -fache, also auf ca. 2000 m erhöhen.

Um die Beziehungen zwischen der Grundfläche eines Gebirges, seiner Masse und seiner Höhe deutlich zu machen, seien die eben

errechneten Zahlen mit solchen von heute existierenden Gebirgen verglichen.

Ein Zweig der Geographie, die Orometrie, befaßt sich mit der zahlenmäßigen Berechnung und Vergleichung der durch die Gebirgserhebungen gegebenen Daten. Diese Berechnungen bieten scheinbar günstige Vergleichspunkte mit den für das Vindelizische Gebirge gefundenen Zahlen. Trotzdem hinken Vergleiche zwischen jenen geographischen und den eben berechneten geologischen Zahlen. Denn bei jenen ist die Größe der seit der Zeit des Aufsteigens der Gebirge abgetragenen Massen nicht berücksichtigt, während bei dieser geologischen Gebirgsberechnung die etwa noch erhalten gebliebenen Gebirgsreste nicht eingerechnet sind und die einstige horizontale Ausdehnung des Gebirges, sowie die Gesamtsumme aller von dem zu rekonstruierenden Gebirge abgeschwemmten Teilchen nicht sicher angegeben werden kann. Gerade die Größe der schon abgetragenen Teile ist aber bei den meisten heutigen Gebirgen eine so gewaltige im Verhältnis zu der Größe des noch erhaltenen Gebirgrestes, daß zwischen geologischen, aus den abgetragenen Massen rekonstruierten, und geographischen, aus den noch erhaltenen Massen bestehenden, Gebirgen ganz beträchtliche Fehlerquellen enthalten sind.

Ich beschränke mich deshalb bei meinen Vergleichen auf den Schwarzwald und ein die Alpen noch wesentlich überragendes, jedoch mit ihnen vergleichbares, hypothetisches Gebirge von durchschnittlich 200 km Breite und 2000 m Höhe des massiven Plateaus. Die für den Schwarzwald benutzten Zahlen habe ich einer Arbeit NEUMANN'S, Orometrie des Schwarzwalds, entnommen¹.

Für einen orometrischen Vergleich des Vindelizischen Gebirges mit dem Schwarzwald sind nur die Zahlen für das Kammvolumen und die relative Höhe des massiven Plateaus der Kämme des Schwarzwaldes geeignet. Das Kammvolumen ist die richtige Vergleichsgröße mit dem Volumen des Vindelizischen Gebirges, da die über der mittleren Sockelhöhe liegenden Gebirgsteile im Durchschnitt gerade mit der unteren Grenze des Gebirges gegen die umliegenden Gebiete zusammenfallen, da also erst von der mittleren Sockelhöhe ab aufwärts das Gebirge als solches in die Erscheinung tritt. Das Sockelvolumen kann für einen Vergleich mit dem Vindelizischen Gebirge nicht in Betracht kommen, da der Sockel die Gebirgsteile umfaßt, die durchschnittlich unter der gegen die umliegenden

¹ Geographische Abhandlungen, Wien 1886. 1. Heft 2.

Gebiete abschneidenden Gebirgsgrenze liegen. Die relative Höhe des massiven Plateaus der Kämme ist die Höhe des über der mittleren Sockelhöhe aufgesetzt gedachten Prismas, dessen Inhalt gleich dem des Kammvolumens ist.

Bei einer größten Länge des Schwarzwaldes von 175 km (Strecke Grötzingen—Basel) und einem Gesamtinhalt der Bodenfläche von 7862 qkm ergibt sich eine mittlere Breite von 45 km. (Man vergleiche die Kartenskizze.) Die relative Höhe des massiven Plateaus der Kämme ist 90,3 m. Unter Annahme eines liegenden dreiseitigen Prismas für die Darstellung des Gebirges ist die Höhe somit doppelt so groß = 180,6 m zu wählen. Entsprechend der Darstellung des Vindelizischen Gebirges als liegendes dreiseitiges Prisma von 400 km Kantenlänge, 75 km Breite der liegenden Fläche und 1350 m Höhe der oberen horizontalen Kante (Masse = 20 000 cbkm) ließen sich die Kämme des Schwarzwaldes auffassen als liegendes dreiseitiges Prisma von 175 km Kantenlänge, 45 km Breite der liegenden Fläche und 180,6 m Höhe der oberen horizontalen Kante (Masse = 699 cbkm).

Die Neigung des Vindelizischen Gebirges beträgt bei Annahme der Richtigkeit obiger Zahlen und unter der Voraussetzung, daß der Prismenquerschnitt ein gleichschenkliges Dreieck bildet, somit auf $\frac{75}{2}$ km Entfernung 1350 m, daher auf 1 km Entfernung 36 m oder 3,6 ‰; beim Schwarzwald ist die Neigung unter gleichen Voraussetzungen auf $\frac{45}{2}$ km Entfernung 180,6 m, daher auf 1 km Entfernung 8,0 m oder 0,8 ‰.

Nimmt man für den Schwarzwald die Breite des Vindelizischen Gebirges an, läßt jedoch die Neigung der schiefliegenden Prismenflächen gleich (0,8 ‰), so muß, entsprechend der Verbreiterung, auch die Höhe des so vergrößerten Schwarzwaldes wachsen. Es würde also das Verhältnis bestehen:

$$x : 180,6 = 75 : 46.$$

Die Höhe des vergrößerten Schwarzwaldes würde dann betragen:

$$x = \frac{180,6 \cdot 75}{45} = \text{ca. } 300 \text{ m.}$$

Bei Annahme einer Neigung des Schwarzwaldes = 0,8 ‰, aber einer Grundfläche gleich der des Vindelizischen Gebirges würde daher die Masse des so vergrößerten Schwarzwaldes betragen:

$$\text{ca. } 30\,000 \cdot \frac{0,300}{2} = 4500 \text{ cbkm.}$$

Die Masse des Vindelizischen Gebirges beträgt aber

$$\text{ca. } 30\,000 \cdot \frac{1,350}{2} = 20\,000 \text{ cbkm.}$$

Somit würde der Schwarzwald bei einer Grundfläche gleich der des Vindelizischen Gebirges aber bei gleichbleibender Neigung nur ca. $\frac{2}{3}$ der Masse des letzteren Gebirges enthalten. Es müßte somit die Höhe des für den Schwarzwald angenommenen liegenden dreiseitigen Prismas, um das Volumen des Vindelizischen Gebirges zu erreichen, $4\frac{1}{2}$ mal größer sein, als tatsächlich der Fall ist.

Hätte also ein Gebirge von den orographischen Formen des Schwarzwaldes in der Bayerisch-schwäbischen Hochebene einst existiert, so hätte es nur $\frac{2}{3}$ der Masse des Vindelizischen Gebirges enthalten. Das Vindelizische Gebirge mußte unter der Voraussetzung, daß es sich nur in der Bayrisch-schwäbischen Hochebene erhob, zur mittleren Keuperzeit relativ $4\frac{1}{2}$ mal höher, also außerordentlich viel beträchtlicher sich gehoben haben, als die Höhe des Schwarzwalds heute beträgt.

Berechnet man ein Gebirge von größeren Dimensionen, als selbst die Alpen aufweisen¹, nämlich von einer Höhe des — vom Meeresniveau an gerechneten — massiven Plateaus von 2000 m bei 200 km Durchschnittsbreite, so ist bei Annahme eines liegenden dreiseitigen Prismas, dessen Querschnitt ein gleichschenkeliges Dreieck bildet, die Neigung auf $\frac{200}{2}$ km Entfernung = 4000 m, auf 1 km somit = 40 m oder 4 ‰. Ein solches gewaltiges Faltengebirge würde daher die Neigung des Vindelizischen Gebirges mit errechneten 3,6 ‰ nur um geringes übertreffen.

Da im 1. Abschnitt die tektonische Einheitlichkeit der Schwäbisch-fränkischen Scholle und des Vindelizischen Gebirges nachgewiesen wurde, so daß beide Gebiete als Südgermanische Scholle zu vereinigen sind, so muß die Südgermanische Scholle — bei Annahme einer Neigung des Vindelizischen Gebirges von 3,6 ‰ — entweder einen sehr steilen Abfall gegen Nordwesten gehabt haben, oder es muß die Scholle gegen Süden stark aufgebogen gewesen sein.

Für das Maß der Neigung der Südgermanischen Scholle, wenigstens innerhalb der Ablagerungsgebiete des germanischen mittleren Keupers, lassen sich folgende Anhaltspunkte in den Schichten finden: Zwischen Kadelburg und Rottweil, also auf eine Entfernung

¹ Vergl. bei Neumann a. a. O. S. 233 die Höhen des massiven Plateaus mehrerer Gebirgsgruppen der Ostalpen.

von 65 km, schwillt der mittlere Keuper von 12 auf ca. 55 m an. Die Mächtigkeitsdifferenz beträgt somit 43 m, was auf die angegebene Entfernung einer Neigung der Scholle in nordnordöstlicher Richtung von ca. 0,067 % entspricht. Zwischen Rottweil und Stuttgart schwillt er auf ca. 175 m, also um ca. 120 m an, was bei der Entfernung von 80 km eine Schollenneigung von ca. 0,15 % ergibt. Man kann das Anschwellen des mittleren Keupers der Neigung der Schwäbisch-fränkischen Scholle gleichsetzen, da mit Ausgang der Schilfsandsteinzeit und vor Beginn der Ablagerung der tiefsten Juraschichten die Oberfläche des germanischen Keupergebiets als fast völlig ebene Fläche angenommen werden kann.

Demnach dürfte die Neigung der Südgermanischen Scholle in nordnordwestlicher Richtung, gleichartige Neigung an allen Stellen vorausgesetzt, im südlichen Württemberg höchstens das Doppelte der eben für die Strecke Rottweil—Stuttgart errechneten, also ungefähr 0,3 %, betragen haben.

Die geringere Schollenneigung zwischen Kadelburg und Rottweil läßt auf eine Schollenumbiegung schließen, zumal südlich Kadelburg die Einflüsse eines nennenswerten Einsinkens bzw. einer entsprechenden Hebung der Scholle nicht mehr beobachtet werden.

Selbst wenn man annimmt, daß das Vindelizische Gebirge zur mittleren Keuperzeit senkrecht gegen den Nordrand der Alpen abschnitt, so daß dasselbe als Prisma dargestellt einen dreiseitig-rechtwinkligen Prismenquerschnitt ergeben würde, so würde die Durchschnittsneigung 1,8 % betragen, also den 6fachen Wert gegenüber dem eben berechneten.

Da die Südgermanische Scholle im südlichen Württemberg während der mittleren Keuperzeit nur um 0,3 % gegen Nordnordwesten sich neigte, so müßte, wenn man eine Durchschnittsneigung von 1,8 % — wie im letzten Abschnitt berechnet — annehmen wollte, eine Aufbiegung der Südgermanischen Scholle gegen die am höchsten sich erhebenden Teile des Vindilizischen Gebirges erfolgt sein. Die Hebung hätte also an der Nordwestbasis des Gebirges relativ viel schwächer gewirkt als gegen den Kamm des Gebirges, so daß die Scholle kurvenförmig aufgebogen anzunehmen wäre. Unter dieser Voraussetzung hätte sich — bei gleichem Volumen und gleicher Breite — das Gebirge wesentlich höher als auf die früher berechneten 1350 m gehoben haben müssen.

Nimmt man eine durchschnittliche Gesamtneigung des Vindelizischen Gebirges zur mittleren Keuperzeit im Ausmaß von

1,8% an, so ist diese Zahl für die Erosion und die Transportkraft der vom Gebirge abströmenden Gewässer ein solch hoher Wert, daß die relativ geringe Korngröße der im mittleren Keuper abgesetzten Sande dann kaum erklärt werden kann. Selbst wenn man, unter der Voraussetzung, daß schon während des Aufsteigens des Vindelizischen Gebirges beträchtliche Teile desselben abgetragen wurden, in jeder einzelnen Phase der Hebung ein wesentlich geringeres Gefälle als das eben mit 1,8% berechnete annimmt, so ergibt sich, daß dieses Gefälle im Verhältnis zu der schon in Süddeutschland gefundenen Korngröße der Sande als viel zu bedeutend angenommen ist. Der Neckar z. B., der zwischen Rottenburg und Plochingen bis zu kopfgroße Gerölle führt, hat zwischen den beiden genannten Orten ein Gefälle von 0,177%¹, also nur etwa den zehnten Teil des für das Vindelizische Gebirge im Durchschnitt berechneten. Der Rhein, dessen Transportkraft zwischen Speyer und Köln noch recht beträchtlich ist, und der erst in Holland nur noch feinen Sand und Schlamm führt, hat von Speyer bis zu seiner Mündung ein durchschnittliches Gefälle von 0,02%. Diese beiden Beispiele dürften beweisen, daß — ein durchschnittliches Gesamtgefälle von ungefähr 1,8% im Vindelizischen Gebirge vorausgesetzt — die Korngröße der klastischen Sedimente des mittleren Keupers in Süddeutschland, also in relativ großer Nähe des Gebirges, viel beträchtlicher sein müßte, als tatsächlich der Fall ist.

Die hier angestellten orometrischen Berechnungen und Vergleiche vermögen mich nicht ganz zu befriedigen, da zu wenig Voraussetzungen als bestimmt richtig angesehen werden können. Immerhin trug die Diskussion der erhaltenen Werte dazu bei, eine Reihe von Unwahrscheinlichkeiten zu beleuchten, die sich ergeben, wenn man als Grundfläche des Vindelizischen Gebirges die Bayrisch-schwäbische Hochebene annimmt.

Die Berechnungen haben durchweg ungünstige Resultate, d. h. zu beträchtliche Höhen und Neigungswinkel im Verhältnis zur angenommenen Grundfläche des Vindelizischen Gebirges, ergeben, und zwar obwohl

- a) die Masse des vom Vindelizischen Gebirge ins germanische Keupergebiet transportierten Materials eher zu nieder als zu hoch berechnet wurde;

¹ Begleitworte zu Atlasblatt Kirchheim der geogn. Specialk. v. Württ. 1. Aufl. 1872. S. 61.

- b) die Masse der vom Vindelizischen Gebirge ins alpine Keupergebiet verfrachteten Sedimente überhaupt außer acht gelassen wurde;
- c) der Südrand des Vindelizischen Gebirges als mit dem Nordrand der Alpen zusammenfallend angenommen wurde, während er — keine Überschiebungen vorausgesetzt — wegen der Landferne der nördlichsten alpinen Keuperablagerungen ziemlich weiter nördlich verlaufend gedacht werden müßte;
- d) das Vindelizische Gebirge als mit Ende der mittleren Keuperzeit völlig, d. h. bis zum Meeresspiegel, abgetragen angenommen wurde, was wohl nur zum Teil, in seinem östlichen Teile sicher nicht der Fall war.

Es wurden also für Höhen, Neigungen und Volumina stets die Mindestwerte, für die Grundfläche der Maximalwert bei den Berechnungen benutzt.

Trotzdem ist unter solchen Voraussetzungen

- e) die Durchschnittsneigung des Vindelizischen Gebirges bei Annahme eines rechtwinkligen Dreiecks als Prismenquerschnitt ca. 1,8%, während für den vom süddeutschen mittleren Keuper bedeckten Teil der Südgermanischen Scholle nur eine Gesamtneigung von 0,3% für die ganze mittlere Keuperzeit gefunden wurde;
- f) die Erhebung des Vindelizischen Gebirges bei Annahme der Bayrisch-schwäbischen Hochebene als Grundfläche nur etwa mit den Alpen, also mit einem gewaltigen Faltengebirge, vergleichbar;
- g) die Durchschnittsneigung des Vindelizischen Gebirges viel zu groß im Verhältnis zu der relativ geringen Korngröße der in verhältnismäßig großer Gebirgsnähe in Süddeutschland abgesetzten Sandsteine.

Endlich erscheint die Annahme eines weitausgedehnten Hinterlandes als Voraussetzung

- h) für die Bildung des Schilfsandsteins, da nur umfangreiche Landmassen ein Flußsystem mit einem so gewaltigen Delta-gebiet wie dem der Schilfsandsteinzeit erzeugen können;
- i) für die Bildung des germanischen mittleren Keupers, da schon allein infolge der Landferne der Ablagerungen des alpinen Keupers der Südrand des Vindelizischen Gebirges so weit nach Norden verschoben angenommen werden müßte, daß die Landbarre nur noch ganz geringe Breitenausdehnung

gehabt und somit nicht ausgereicht hätte, die Herkunft der riesigen ins germanische Keupermeer geführten Sedimentmassen zu erklären.

Die hier zusammengestellten Untersuchungsergebnisse machen es äußerst wahrscheinlich, daß der südöstlich des Oberlaufs der Donau gelegene Teil des Vindelizischen Gebirges weder die errechnete Hebung erreicht, noch in dem angenommenen Flächenraum der Bayrisch-schwäbischen Hochebene allein sich ausgebreitet haben kann.

Man muß vielmehr annehmen, daß das Vindelizische Gebirge einst sich weit gegen Süden und Osten in das heute von den Alpen überdeckte Gebiet erstreckt hat, und daß die heute in den Nordalpen liegenden Keuperschichten zur Zeit ihrer Bildung noch weiter südlich abgesetzt wurden, als der Südrand des Vindelizischen Gebirges zu dieser Zeit sich befand. Ihre heutige Lage in den Nordalpen haben sie erst infolge einer späteren gewaltigen Verschiebung erhalten, welche die Scholle, in der sie eingebettet liegen, von Süden weit nach Norden transportierte. Diese riesige Schollenverlagerung ist, wie die Entstehungsgeschichte der Alpen lehrt, zur Tertiärzeit während der Auffaltung der Alpen infolge von Überschiebungen vor sich gegangen.

Durch diese vergleichenden Untersuchungen über die Stratigraphie und die Tektonik der mittleren Keuperzeit hat somit die für die Ostalpen aufgestellte Überschiebungstheorie eine weitere Stütze gefunden.

Unter der Voraussetzung, daß das Vindelizische Gebirge sich zur mittleren Keuperzeit weit nach Süden und Osten erstreckte, ist es nicht mehr notwendig, bei den Berechnungen mit steilen Neigungen des Gebirges und beträchtlichen Kammhöhen zu operieren. Je weiter man die Ausdehnung des Gebirges annimmt, ein desto geringeres Maß von Hebung ist erforderlich, um trotzdem die Erosion gewaltiger Gebirgsmassen zu erklären. Wie oben angegeben, kann die Neigung von 0,3%, die in einem Teil der Südgermanischen Scholle tatsächlich gefunden wurde, die beobachteten gewaltigen Erosionswirkungen zur mittleren Keuperzeit recht wohl verursacht haben.

Nimmt man also die für das südliche Württemberg gefundene Neigung der Südgermanischen Scholle von 0,3% als für die ganze Scholle geltend an, so ergibt sich bei Berechnung des Gebirges als

liegendes dreiseitiges Prisma, dessen Querschnitt ein rechtwinkliges Dreieck bildet, die Höhe gleich dem 0,003. Teil der Breite des Gebirges, die mit x bezeichnet sei. Die Länge des Gebirges sei, wie bisher, zu 400 km, das Volumen des zum germanischen Keuperland verfrachteten Materials zu 20000 cbkm angenommen. Die Masse des angenommenen Prismas ist dann:

$$20\ 000 = \frac{400 \cdot x \cdot 0,003 x}{2} \quad \text{oder} \quad x^2 = 33\ 333,3,$$

somit $x = \text{ca. } 185 \text{ km}$ und $0,003 x = \text{ca. } 550 \text{ m}$.

Nach den obigen Voraussetzungen betrug daher die Breite des Gebirges bis zur Kammhöhe ca. 185 km, die Kammhöhe ca. 550 m.

Da eine größere Gesamtneigung des Vindelizischen Gebirges als 0,3 % wahrscheinlich gröbere Korngrößen der Sande in verhältnismäßiger Küstennähe erzeugt hätte, als tatsächlich in Süddeutschland gefunden werden, so dürfte die angegebene Neigung der einstigen Wirklichkeit nahekommen. Es dürfte dann auch die eben berechnete Breite und Höhe des Vindelizischen Gebirges zur mittleren Keuperzeit keine beträchtlichen Fehler in sich schließen.

Es hat sich somit die Durchschnittsgrenze des Einzugsgebiets der zum germanischen Keupermeer hinführenden Gewässer vielleicht 185 km südsüdöstlich der Nordwestgrenze des Vindelizischen Gebirges hingezogen, also noch ca. 100 km über den heutigen Nordrand der Alpen hinausgereicht. Die Kammhöhe hätte also ungefähr da sich erstreckt, wo heute Sterzing und Franzensfeste an der Brennerbahn liegen.

Nimmt man für den nach Süden gerichteten Abfall des Vindelizischen Gebirges selbst nur eine geringe Ausdehnung, etwa 20 km, an, so dürfte der Südrand des Gebirges bzw. die Küste des alpinen Keupermeeres frühestens bei ca. 120 km südlich des heutigen Alpennordrandes erreicht worden sein.

Die heute in den Nordalpen liegenden nördlichsten Triaschichten, die im allgemeinen keine sehr küstennahen Ablagerungen sind, mögen sich somit vielleicht 130—150 km südlich des Alpennordrandes abgesetzt haben.

Sollten die hier angenommenen Zahlen zu hoch gegriffen sein, so halte ich es für denkbar und mit den oben festgestellten Möglichkeiten noch vereinbar, daß diese Werte um ein Drittel gekürzt werden. Eine stärkere Kürzung der Werte halte ich für unbedingt fehlerhaft.

Man muß somit mit einem Mindestmaß der Überschiebungen zur Zeit der Auffaltung der Alpen im Betrage von

80—100 km, wahrscheinlich aber mit noch wesentlich höheren Ziffern rechnen.

Kurze Zusammenfassung der Resultate.

1. Die Bildung der grobkörnigen Sandsteine des mittleren Keupers im Vergleich mit den feinkörnigen, tonigen des Schilfsandsteins ist nur durch die Annahme einer Hebung des Vindelizischen Gebirges zur mittleren Keuperzeit erklärbar.

2. Den Bunten Mergeln und dem Stubensandstein des germanischen Keupers entsprechen stratigraphisch die Raibler Schichten des alpinen Keupers, da beide Schichtglieder in ihren dem Festland relativ nahe gelegenen Ablagerungen die Merkmale einer gewaltigen Hebung desselben aufweisen, da in die gleiche Zeit wahrscheinlich mit den tektonischen Verschiebungen im Zusammenhang stehende Eruptionen im Bereich der alpinen Trias fallen, und da in den Bunten Mergeln und im Stubensandstein eine Fauna auftritt, welche größtenteils mit Formen aus den Raibler Schichten übereinstimmt.

3. Da die Buchensteiner Schichten etwa dem Hauptmuschelkalk stratigraphisch gleichzusetzen sein dürften, so würden die Bildungen der Wengener Schichten und die der Lettenkohle ungefähr gleichaltrig sein. Auf diese Parallelisierung weist auch hin, daß mit Ausgang der Muschelkalkzeit oder mit Beginn der Lettenkohlezeit ein Abschluß der germanischen Ablagerungen von den alpinen, also eine Hebung der randlichen Gebirge eintrat, und daß in den Wengener Schichten Magmenergüsse erfolgten, Erscheinungen, die wohl — wie zur Raibler Zeit — nicht ohne inneren Zusammenhang sein dürften. Es wäre danach ungefähr zu identifizieren: Lettenkohle + Gipskeuper = Wengener + Casianer Schichten.

4. Aus dem unter 2. Gesagten läßt sich schließen, daß der Hauptdolomit stratigraphisch einem über dem Stubensandstein anzunehmenden Hiatus und den Knollenmergeln entspricht.

5. Der Nordwestrand des Vindelizischen Gebirges

erstreckt sich von einem südwestlich bis über den Genfer See hinausreichenden Ausläufer, dem flachen Präalpinen Festland, etwa in nordöstlicher Richtung über den Bodensee, gegen Augsburg und Regensburg und bis über den Bayrisch-böhmischen Wald hinaus.

6. Im Ries und in der Oberpfalz läßt sich für den mittleren Keuper eine Transgression fluviatiler Ablagerungen nachweisen als Folge der zur mittleren Keuperzeit stattgefundenen Hebung des nahegelegenen Vindelizischen Gebirges.

7. Die Hauptmasse des Vindelizischen Gebirges erhob sich etwa südöstlich von Augsburg, da aus dieser Richtung die Hauptmenge des nach Norden und Westen geführten klastischen Materials stammt.

8. Die zur mittleren Keuperzeit vom Vindelizischen Gebirge nach dem germanischen Keupergebiet transportierte Gesteinsmasse beträgt mindestens 20000 cbkm.

9. Bei dieser Berechnung ist vorausgesetzt, daß, abgesehen vom Vindelizischen Gebirge, in Deutschland kein Festland zwischen den Keuperablagerungen sich erhob. Der Beweis dafür wurde erbracht: Zur mittleren Keuperzeit existierte kein deutsches Mittelgebirge mit alleiniger Ausnahme des südlichen Teiles des Bayrisch-böhmischen Waldes.

10. Durch zahlreiche orometrische Berechnungs- und Vergleichungsversuche ließ sich feststellen, daß die unter 8. genannte Masse zu groß ist, als daß danach das Vindelizische Gebirge in der Bayrisch-schwäbischen Hochebene rekonstruiert werden könnte. Es muß sich einst weit nach Süden und Osten ausgedehnt haben über Gebiete, auf denen sich heute die Alpen erheben.

11. Es sind also die in den Nordalpen liegenden Triässhichten nicht autochthon, sondern von Süden oder Südosten her überschoben.

12. Das Ausmaß der Überschiebung der nördlichen Kalkzone in den Ostalpen muß mindestens 80—100 km, und wird wahrscheinlich ganz beträchtlich mehr betragen haben.

Bemerkung zu der beigegebenen Kartenskizze.

Die in der Kartenskizze eingetragenen stratigraphischen und petrographischen Daten habe ich — außer den in der vorstehenden Abhandlung genannten Schriften von BRANDES, KLUTH, LANG, PRÖSCHOLDT, THÜRACH, TORNQUIST — folgenden Arbeiten entnommen:

- BACH, Profil bei Löwenstein, Begleitworte zur geognostischen Specialkarte von Württemberg, Atlasblatt Löwenstein. 1874. S. 17 f.
- BROMBACH, Beitrag zur Kenntnis der Trias am südwestlichen Schwarzwald. Inaug.-Diss. Mitt. d. bad. geol. Landesanst. 1903. S. 429—484.
- GREBE, Über das Ober-Rotliegende, die Trias, das Tertiär und Diluvium in der Trier'schen Gegend. Jahrb. d. preuß. geol. Landesanstalt und Bergakademie. 1881. S. 455—481.
- LORETZ, Übersicht der Schichtenfolge im Keuper bei Koburg. Ebendort 1895. S. 139—181.
- NAUMANN, Beitrag zur Gliederung des Mittleren Keupers im nördlichen Thüringen. Ebendort 1907. S. 549—580.
- STEUER, Der Keupergraben von Balbronn. Inaug.-Diss. 1896. Mitt. d. geol. Landesanst. von Elsaß-Lothringen. 1898. S. 195—275.
- STILLE, Über Steinkohlen im Mittleren Keuper am Teutoburger Walde bei Neuenheerse. Jahrb. d. preuß. geol. Landesanstalt und Bergakademie. 1900. S. 58—63.
- VAN WERVEKE, Erläuterungen zu Blatt Saarbrücken der geol. Übersichtskarte von Elsaß-Lothringen. 1906.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [67](#)

Autor(en)/Author(s): Lang Richard

Artikel/Article: [Das Vindelizische Gebirge zur mittleren Keuperzeit. 218-259](#)