

Werk

Titel: Geomorphologische Studien aus Catalonien

Autor: Rühl, Alfred

Ort: Berlin

Jahr: 1909

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657_1909 | LOG_0088

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Vorträge und Abhandlungen.

Geomorphologische Studien aus Catalonien.*

Von Dr. Alfred Rühl in Marburg.

Es ist eine merkwürdige Tatsache, daß Catalonien, der fortgeschrittenste, und, man möchte sagen, am meisten europäische Teil des spanischen Königreiches, für die wissenschaftliche Geographie noch heute fast unerschlossen ist. Zwar haben gerade in den letzten Jahren tüchtige spanische Geologen die geologische Kenntnis des Landes bedeutend gefördert; aber ihr Ziel war doch in erster Linie stratigraphischer Natur, so daß auch jetzt noch über den tektonischen Aufbau der Gebirgszüge und die Entwicklung der Flußsysteme Cataloniens, vor allem aber auch über die Stellung, welche die catalonischen Gebirge in dem europäischen Gebirgssystem einnehmen, recht große Unklarheit herrscht.

Eine Untersuchung der großen bodenplastischen Züge Cataloniens erschien daher eine verlockende Aufgabe. Einer Anregung des Herrn Professor Theobald Fischer in Marburg folgend, hat der Verfasser zwei Reisen nach Catalonien unternommen, die ihn durch die drei Provinzen Gerona, Barcelona und Tarragona geführt haben, und deren Ergebnisse in der vorliegenden Arbeit niedergelegt sind. Die erste Reise fiel in die Monate September bis November 1907, die zweite wurde im August und September 1908 ausgeführt. Die erste Bereisung war vom Wetter außergewöhnlich wenig begünstigt; andauernde Regengüsse und damit zusammenhängende Überschwemmungen, die hinsichtlich ihrer Größe und Ausdehnung nach dem Urteil von Kennern der Verhältnisse im ganzen verflossenen Jahrhundert dort kaum ihresgleichen hatten, machten ein Arbeiten im Felde wochenlang zur Unmöglichkeit.

Geomorphologische Studien haben in Spanien insofern mit besonderen Schwierigkeiten zu kämpfen, als die Grundlage zu solchen

*) Vortrag, gehalten in der Fach-Sitzung vom 18. Januar 1909.

Untersuchungen in Gestalt von guten topographischen und geologischen Karten noch im höchsten Grade mangelhaft ist; denn die ausgezeichnete neue Mapa Topográfico de España ist über die nächste Umgebung von Madrid noch kaum hinausgekommen¹⁾. Insonderheit fehlt es gänzlich an hypsometrischen Karten: diejenige von Botella ist wegen ihres allzu kleinen Maßstabes (1:2000000) natürlich für derartige Zwecke unbrauchbar²⁾³⁾.

Unter den Karten, welche die sämtlichen catalonischen Provinzen umfassen, ist an erster Stelle die Coellosche Karte zu nennen. Die hier in Betracht kommenden Blätter sind in den Jahren 1851—1862 erschienen, und wenn sie auch für ihre Zeit eine Leistung allerersten Ranges waren, so sind sie eben doch heute bereits in vielen Punkten veraltet. Bodenplastische Anschauung vermittelt sie überhaupt nur in geringem Maße, so daß man von Gegenden, die man nicht aus eigener Anschauung kennen gelernt hat, nur eine sehr mangelhafte Vorstellung erhält; auch ist die Zahl der Höhenangaben recht gering. Da die Coellosche Karte aber die einzige Karte größeren Maßstabes ist, die das ganze Gebiet umfaßt, so kann sie naturgemäß, so lange nichts Besseres an ihre Stelle getreten ist, nicht entbehrt werden.

Weit besser treten die großen landschaftlichen Züge auf dem Blatte 14 der Carte de France im Maßstabe von 1:500000 hervor. Sie beruht zwar im wesentlichen auf der Coelloschen Karte, aber es ist bei ihrer Herstellung auch viel noch nicht veröffentlichtes Material verwertet worden. Das Blatt umfaßt ganz Catalonien bis zum Ebro-Delta.

Endlich ist noch eine dritte Übersichtskarte zu nennen, die von Brossa im Jahre 1907 herausgegeben worden ist. Sie gibt Catalonien und die Ost-Pyrenäen im Maßstabe von 1:360000 wieder. Das

¹⁾ Tapia schreibt im Jahre 1840 in seiner „Civilización Española“: „No hay puntuales cartas geográficas del reino y de sus provincias, ni quien las sepa grabar, ni tenemos otras que las imperfectas que vienen de Francia y Holanda“. Sehr viel besser ist es auch heute noch nicht geworden.

²⁾ Coello, Mapa Hipsométrico de España y Portugal por . . Botella y Hornos. Bol. de la Soc. Geogr. de Madrid, 1891, Bd. 31, S. 17—21.

³⁾ Über die Kartographie Cataloniens vergl.: Stavenhagen, Skizze der Entwicklung und des Standes des Kartenwesens im außerdeutschen Europa. Pet. M. Erg.-H. 148, 1904. Saint-Saud, Contribution à la carte des Pyrénées espagnoles. Rev. des Pyrénées et de la France méridionale, Toulouse, 1892, Bd. 4, S. 376—408, 536—560. État de la cartographie dans le Nord d'Espagne en 1895. Congr. national des Soc. franç. de géogr., Bordeaux, 1896. Auch Bull. de Géogr. hist. et descr., Paris 1896, S. 78—86. Prudent, La Cartographie de l'Espagne. Ann. de Géogr., Paris, 1904, Bd. 13, S. 401—419.

Terrain ist zwar in Höhenschichten dargestellt, aber deren Abstand ist entsprechend dem Maßstabe so groß gewählt, und die Genauigkeit der Karte läßt so viel zu wünschen übrig, daß man sie nur in den seltensten Fällen verwenden können. Dagegen ist sie ebenso wie auch die genannte französische Karte wegen der Eintragung der neuesten Wege von großem praktischem Nutzen, da die Coellosche Karte in diesem Punkte selbstverständlich am meisten veraltet ist.

Daneben existieren noch kartographische Darstellungen einzelner Provinzen. Die beiden älteren Karten von San Martí (1830), die im Maßstabe von 1 : 300 000 die Provinz Barcelona umfaßt, und die der Provinz Tarragona von Cruviller und Ruíz y Ruíz (1847) sind mir trotz vielfacher Bemühungen nicht zu Gesicht gekommen: ist es doch heutzutage schon mit Schwierigkeiten verknüpft, ein Blatt der Coelloschen Karte zu erhalten.

Maureta und Thós y Codina haben ihrer geologischen Beschreibung der Provinz Barcelona (90) eine Höhenschichten-Karte im Maßstabe von 1 : 400 000 mit Isohypsen von 100 zu 100 m beigegeben; ihre Zuverlässigkeit ist aber sehr gering. Um nur ein Beispiel für viele anzuführen: dort, wo das Küstengebirge in der Sierra del Montnegre sich mit 600—800 m zu seiner größten Höhe erhebt, verzeichnet diese Karte ein niedriges Hügelland von 100–200 m Erhebung.

Für ein ganz beschränktes Gebiet der Provinz Barcelona besitzen wir jedoch seit einigen Jahren eine Karte, die selbst sehr hohen Ansprüchen genügen dürfte. Es ist dies die Mapa Topográfico y Geológico de la Provincia de Barcelona im Maßstabe von 1 : 40 000, die den oben genannten Brossa und den unermüdlichen, um die geologische Durchforschung Cataloniens hochverdienten Presbyter Jaime Almera zu Verfassern hat. Diese Karte, deren erstes Blatt 1902 erschienen ist, wird eine stattliche Anzahl von Blättern umfassen; bei den großen Vorarbeiten aber, die für die Herstellung nötig sind, wird noch viel Zeit vergehen, bis sie vollendet vorliegt. Es sind bis heute erst drei Blätter vorhanden; das auf ihnen dargestellte Gebiet wird im Osten durch die Mündung des Besós, im Westen durch die Provinzgrenze und im Norden durch den Nordabhang des Küstengebirges begrenzt. Bei der auch äußerlich höchst ansprechenden und geschmackvoll ausgeführten Karte sind die Höhenkurven in Abständen von 5 zu 5 m eingetragen; da sie jedoch nicht auf Messungen beruhen, so können sie nur den Wert einer Art von Schraffierung beanspruchen. Eine ähnliche Karte, ebenfalls von Almera und Brossa herausgegeben, existiert nur noch für einen Teil der Plana de Vich (1 : 30 000).

Bieten diese letzten beiden Karten, wenn auch nur für ein

recht eng umgrenztes Gebiet, eine zuverlässige und exakte geologische Grundlage, so kann man dies leider von der offiziellen Mapa Geológico de España, der einzigen, die für die übrigen Teile Cataloniens zur Verfügung steht, nicht sagen. Sie beruht in der Hauptsache auf den den geologischen Provinzbeschreibungen beigelegten Karten. Eine Gebirgsdarstellung fehlt gänzlich, und ganz abgesehen davon, daß ihr Maßstab von 1 : 400 000 ein allzu kleiner ist, ist sie vielfach, besonders in der Topographie, höchst ungenau. Wenn sie auch gegenüber den in den Boletins veröffentlichten Karten einige Fortschritte aufweist, so ist sie doch in mancher Beziehung schon seit längerer Zeit überholt. So verzeichnet das Blatt 23 dieser Karte einen breiten, etwa 150 km langen Streifen cretaceischer Bildungen, der den mittleren Teil der Provinz Barcelona in nordost-südwestlicher Richtung durchzieht, während man bereits seit geraumer Zeit weiß, daß man es hier mit tertiären Ablagerungen zu tun hat.

Dagegen hat die kleine geologische Übersichtskarte, die dem großen im Erscheinen begriffenen Werke von Carreras y Candi beigegeben ist, einige neuere Angaben bereits verwertet (50).

Außer diesen beiden genannten Karten sind nur noch solche kleinerer Gebiete vorhanden, die aber einen mehr skizzenhaften Charakter tragen; unter ihnen ist an dieser Stelle höchstens die das Vallés darstellende und die Ergebnisse neuerer Forschungen berücksichtigende Karte zu nennen, die Font y Sagué in seinem das Vallés behandelnden Büchelchen veröffentlicht hat (66).

Wie oben angedeutet wurde, ist die spanische Literatur über die Geographie Cataloniens im höchsten Maße minderwertig, und die Klage eines spanischen Gelehrten aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts, daß es genüge, Spanier zu sein, um in der wissenschaftlichen Welt unbeachtet zu bleiben¹⁾, ist auch jetzt noch vielfach nicht unverdient. Die die Geographie des Königreiches behandelnden Werke spanischer Autoren enthalten so viele falsche Angaben und verraten derart veraltete Anschauungen, daß es sich nicht verlohnt, näher auf sie einzugehen. Erst in der allerletzten Zeit scheint es in Catalonien etwas besser werden zu wollen, und zwar hauptsächlich unter dem Einfluß des rührigen Exkursionsklubs von Barcelona, dessen Veröffentlichungen bereits eine stattliche Reihe von Bänden umfassen und manchen wertvollen Beitrag zur Landeskunde enthalten.¹ Auf die Veranlassung dieses Exkursionsklubs ist auch das Erscheinen eines umfangreichen,

¹⁾ Olazabal, Suelo, clima, cultivo agrario y forestal de la Provincia de Vizcaya. Mem. R. Ac. de Cienc. de Madrid, 1856, Bd. 4, II, S. 211.

die geographischen Verhältnisse ganz Cataloniens darstellenden Werkes zurückzuführen, zu dessen Herausgabe sich unter der Leitung von Francesch Carreras y Candi eine Reihe von Naturforschern vereinigt hat; es ist jedoch bis heute noch nicht abgeschlossen (50). Wir haben es mit einer ziemlich ausführlichen Landeskunde zu tun; eine eigentliche Geomorphologie vermisst man allerdings auch hier, wenn auch Ansätze dazu vorhanden sind. Etwas mehr bietet in dieser Hinsicht der die Tektonik und das Flußnetz Cataloniens behandelnde Aufsatz Vidals (121), der jedoch an allzu großer Knappheit und an dem Fehlen von Belegen leidet.

So ist denn bis auf den heutigen Tag das beste, was wir über die Morphologie Cataloniens besitzen, der kleine Abschnitt, den Theobald Fischer in seiner Landeskunde der Iberischen Halbinsel Catalonien gewidmet hat (61). Hier werden unsere geringen Kenntnisse mit sicherem Blick zu einem Gesamtbild vereinigt, und die auf Grund des überaus spröden Materials aufgestellten Hypothesen dürften im wesentlichen den Tatsachen entsprechen.

Bedeutend besser steht es um die Erforschung der geologischen Zusammensetzung Cataloniens. Die geologischen Beschreibungen der einzelnen Provinzen liegen schon seit längerer Zeit vor. Gerona hat Vidal (118), Barcelona Maureta und Thós y Codina (90), Tarragona Mallada zum Verfasser (83). Aber wie alle von der spanischen geologischen Landesanstalt herausgegebenen Provinzbeschreibungen richten auch diese ihr Augenmerk fast ausschließlich auf die stratigraphischen Verhältnisse, tektonische und überhaupt allgemeinere Fragen werden in ihnen meist behandelt. Auch erschwert der Umstand, worauf auch Fischer nicht hinweist (61, S. 541), daß die Darstellungen an den Provinzgrenzen Halt machen, Vergleiche und die Aufstellung eines zusammenfassenden Bildes ganz außerordentlich. Einen rein stratigraphischen Charakter tragen auch Malladas Erläuterungen zur geologischen Karte Spaniens, die bereits bis zum Tertiär gediehen sind (84). Beide Publikationen bilden aber, besonders wegen der Profile, die sie bieten, ein unentbehrliches Hilfsmittel.

Daß seit dem Erscheinen dieser Werke die geologische Erforschung Cataloniens eifrig gefördert worden ist, wird wohl am besten dadurch bezeugt, daß die französische geologische Gesellschaft im Jahre 1898 in Barcelona eine ihrer außerordentlichen Sitzungen abhielt. Es fand eine ganze Reihe von Ausflügen statt, auf denen ein großer Teil des catalonischen Landes besucht wurde, und die mit vielen Profilen ausgestatteten Berichte über diese Exkursionen sind eine sehr wertvolle Bereicherung der Literatur, zumal sie auch verschiedentlich Be-

merkungen über den tektonischen Aufbau enthalten. Diese Fortschritte spiegelt auch deutlich die kleine, vor kurzem erschienene „Allgemeine Geologie“ aus der Feder Font y Sagués wieder, die sowohl in der Dynamik, wie im stratigraphischen Teil stets Bezug auf die Verhältnisse Cataloniens nimmt und seine Beispiele aus diesem Lande wählt (67).

Das am Schlusse dieser Arbeit gegebene Verzeichnis der Literatur, die für geomorphologische Untersuchungen in Catalonien in Betracht kommt, dürfte wohl ziemlich vollständig sein. Seine Zusammenstellung war mit vielen Schwierigkeiten verbunden, da spanische wissenschaftliche Literatur aus erklärlichen Gründen nur selten die Pyrenäen überschreitet¹⁾. Es sind allerdings von Arbeiten ausschliesslich stratigraphischer Natur nur diejenigen aufgenommen worden, die wichtigere geologische Profile enthalten; ebenso sind minderwertige Veröffentlichungen und solche, die einen mehr touristischen Charakter tragen, ausgeschieden worden.

Wenn ich nun die vorliegende Arbeit abschliesse, so gedenke ich mit dem Gefühl besonderen Dankes der vielseitigen Förderung, die ich stets durch ihren geistigen Inspirator und den ersten Kenner Spaniens, Herrn Geheimrat Professor Fischer-Marburg erfuhr. Für mannigfache Aufklärungen und Ratschläge bin ich auch den Herren Almera und Vidal in Barcelona zu Dank verpflichtet, Herrn Almera vor allem für die Liebenswürdigkeit, mir die für meine Zwecke unentbehrlichen Bestände der Bibliothek der Akademie der Wissenschaften in liberalster Weise zur Verfügung zu stellen. Gern und dankbar erinnere ich mich auch der vielfachen Anregungen, die gemeinsame Spaziergänge mit den Herren Professoren Oestreich-Utrecht und Davis-Cambridge mir boten. Die erste Reise wurde im Auftrage und zum Teil auf Kosten der Ferdinand von Richthofen-Stiftung, die zweite mit Unterstützung des Königl. Preussischen Kultusministeriums ausgeführt, wofür ich auch an dieser Stelle meinen ergebensten Dank aussprechen möchte.

Orographischer Überblick.

Die Gebirge Cataloniens sind orographisch so eng mit den Pyrenäen verwachsen, daß sie sich nicht von ihnen trennen lassen. Man hat aus diesem Grunde vielfach auch auf einen inneren Zusammenhang geschlossen und sie als Vorberge der Pyrenäen aufgefaßt; wir

¹⁾ So sind z. B. die Veröffentlichungen der Akademie der Wissenschaften in Barcelona, die viele gute Aufsätze über alle Wissenszweige bringen, meines Wissens bei uns nur an zwei Stellen zu finden: in der Bibliothek der Leopoldinisch-Carolinischen Akademie zu Halle und der der Freiburger Naturforschenden Gesellschaft.

werden jedoch später sehen, daß die eigentlichen catalonischen Gebirge nichts mit den Pyrenäen zu tun haben, sondern im Gegenteil ein Gebilde darstellen, das ihnen fremdartig gegenübersteht. Nur im Norden der Provinzen Gerona und Barcelona haben die Pyrenäen das catalonische Bergland so stark beeinflusst, daß beide Gebirgszüge völlig miteinander verschmolzen sind.

Die orographische Gliederung Cataloniens ist äußerst einfach. Mit Fischer (61, S. 620) können wir fünf Zonen, die mit der Küste und untereinander ziemlich parallel angeordnet sind, unterscheiden. Auf einen schmalen Küstenstreifen, der auf weite Strecken hin oft gänzlich fehlt, folgt ein mächtig hohes Küstengebirge, das etwa am Kap Negre beginnt und an der Westgrenze der Provinz Barcelona sein Ende findet. Diesem schließt sich nach dem Innern zu ein breiter Talzug mit ungefähr derselben Erstreckung an, im Norden mit dem Ampurdan verschmolzen, im Westen mit dem Campo de Tarragona sich vereinigend. Hinter ihm erhebt sich eine zweite Gruppe von Gebirgszügen, die sich von den Pyrenäen zunächst in südlicher Richtung bis zu dem Gebirgsstock des Montseny, von dort wieder in zur Küste parallelem Verlaufe bis zum Ebro und über ihn hinaus hinzieht. Nördlich von diesen inneren Ketten dehnen sich die weiten Hochflächen aus, die sich gegen Westen mit dem Ebro-Becken vereinigen.

Das innercatalonische Längstal.

Den großen Talzug, der sich in einer Länge von etwa 150 km und einer durchschnittlichen Breite von 12—15 km zwischen dem Küstengebirge und dem inneren Gebirgszuge ausdehnt, hat Fischer das innercatalonische Längstal genannt; wir müssen zuerst dieses betrachten, da mit seiner Entstehung der Aufbau ganz Cataloniens aufs innigste verknüpft ist. Einen einheimischen Namen für den Talzug in seiner Gesamtheit gibt es nicht, der östliche Teil bis zum Llobregat heißt Vallés, der westliche Panadés¹⁾. Auf den topographischen Karten tritt das Tal nicht sehr deutlich hervor, vielleicht noch am besten in der Vogelschen Karte von Spanien in Stieler's Handatlas. In nordost-südwestlicher Richtung dehnt es sich von Gerona, wo sich eine Grenze gegen die Ebene des Ampurdan kaum ziehen läßt, bis zum Meere hin aus, indem es mit dem Campo de Tarragona zu einer weiten Küsten-

¹⁾ Das Vallés ist von Font monographisch bearbeitet worden (66). Er bietet zwar viel brauchbares Material, geht aber in dem geologisch-morphologischen Teil rein chronologisch vor und behandelt nur die geologische Geschichte des Vallés fast ganz ohne Berücksichtigung der Tektonik. Das Buch enthält auch eine kleine geologische Kartenskizze, auf die bereits hingewiesen wurde.

ebene verwächst. Im ganzen bildet es eine schiefe Ebene, die von Nordwesten nach Südosten geneigt ist; während dort Höhen von 300—350 m vorwalten, senkt es sich gegen Süden auf 150—200 m.

Der ganze Talzug ist von jüngeren Ablagerungen erfüllt. Auf der offiziellen geologischen Karte sind im Vallés fast ausschließlich quartäre Bildungen angegeben, im Panadés daneben noch miocäne. Nach Almera (16, S. 791) und Font (66, Karte) wird jedoch die Oberfläche in der Hauptsache von jungtertiären, und zwar vorwiegend pontischen Tonen, Sanden, Konglomeraten und Kalken gebildet.

Zur Erklärung einer derartigen, nach Länge und Breite sehr ausgedehnten Hohlform stehen uns zwei Möglichkeiten zu Gebote: wir können es in einem solchen Falle mit einem Versenkungsfelde oder mit einem auf rein erosivem Wege entstandenen Gebilde zu tun haben. Diese Frage ist in letzter Zeit verschiedentlich erörtert worden, besonders von amerikanischer Seite im Hinblick auf die großen Senken der Basin Ranges. Spurr¹⁾ will diese Senken allein durch die Erosion geschaffen sein lassen. Seiner Meinung nach darf man überhaupt diese Formen nicht auf Brüche zurückführen, so lange ein stratigraphischer Nachweis der Brüche noch nicht gegeben ist; durch geomorphologische Betrachtungen allein könne auf eine Versenkung niemals geschlossen werden. Davis²⁾ hat dagegen eine Reihe von Einwendungen geltend gemacht und gezeigt, daß dort vieles eine tektonische Bildungsweise sehr wahrscheinlich macht. Er führt aus, daß der Gebirgsfuß, wenn Brüche vorliegen, durch eine gerade Linie, die keine Rücksicht auf die Struktur nimmt, abgeschnitten sein muß, was bei ungestörtem Verlaufe der Erosion nicht der Fall sein kann. Durch Brüche wird ein Steilabbruch hervorgerufen, der allerdings im Laufe der Zeit stark verwischt erscheinen wird. Auch wird die Erosion bestrebt sein, das Gebirge in einzelne isolierte Berge aufzulösen, die durch breite Täler von einander geschieden sind, während bei Brüchen das Gebirge im ganzen zusammenhängend bleibt, wenn es auch von scharf eingeschnittenen Tälern unter Umständen durchbrochen sein kann. Ähnliche Anschauungen über dieses Gebiet haben Keyes³⁾ und Le Conte⁴⁾ ausgesprochen,

¹⁾ Origin and Structure of the Basin Ranges. B. Geol. Soc. of America, Rochester, 1901, Bd. 12, S. 217—270.

²⁾ Physiographic Evidence of Faulting. Science, New York, 1901, N. S. Bd. 14, S. 458—459.

³⁾ Structures of Basin Ranges. The Journ. of Geol., Chicago, 1905, Bd. 13, S. 63—70.

⁴⁾ On the Origin of Normal Faults and of the Structure of the Basin Region. Amer. Journ. of Sc., New Haven, 1889, 3. Ser. Bd. 38, S. 257—263.

Willis¹⁾ hat analoge Argumente in Shantung, Oestreich²⁾ zur Erklärung des Dschilem-Beckens in Kashmir verwertet.

Über die Natur des großen Längstales in Catalonien herrscht bei den zwei spanischen Autoren, die sich hierüber näher geäußert haben, Vidal und Almera, keine völlige Klarheit. Vidal (121) läßt ganz Catalonien einer großen miocänen Faltung unterworfen sein, nimmt also wohl an, wenn er es auch nicht deutlich ausspricht, daß hier eine einfache Synklinale vorliegt. Almera dagegen hat stratigraphisch im Süden des Panadés eine große Bruchlinie nachgewiesen und eine ebensolche im Norden, wenn auch nur als hypothetisch, in seine Karte eingetragen; das hindert ihn aber nicht, gelegentlich auch von einer Synklinale zu sprechen (29). Über die Bildung des Vallés hat er sich überhaupt nicht geäußert. Fischer (61, 618) faßt im Gegensatz dazu das Tal in seiner Gesamtheit als einen Grabenbruch auf, und bei einer sorgfältigen Prüfung der hier in Frage kommenden Erscheinungen wird sich zeigen, daß diese Anschauung, die nur auf Grund des Literatur-Studiums gewonnen wurde, das Richtige trifft.

Almera hat, wie gesagt, im südlichen Teile des Panadés eine Bruchlinie aufgefunden, die sich vom Llobregat-Durchbruch bei Martorell nach Westen bis über Villafranca hinaus verfolgen läßt. Auch in der Geländeform dokumentiert sich hier noch deutlich die Wirkung eines Bruches, da das Küstengebirge in einem Steilabfall an die Ebene des Panadés angrenzt; die Gebirgssporne sind vorne glatt abgeschnitten, so daß die von Davis³⁾ beschriebenen „Facetted Spurs“ entstanden sind. An den übrigen Rändern des Tales ist dies nicht mehr mit der gleichen Deutlichkeit erkennbar, die denudierenden Kräfte haben den Steinbruch meist schon stark verwaschen; am Nordabhang des Küstengebirges ist seine Erhaltung durch die fast horizontale Lagerung harter Schichten begünstigt worden. Aber überall ist die Grenze zwischen Tal und Gebirge eine mehr oder minder gerade Linie, wenn auch die Oberfläche der Gebirgsregion manchmal ganz allmählich in die Ebene übergeht. Die Sporne schneiden alle längs einer Geraden ab, sie setzen sich nicht verschieden weit in die Ebene fort oder tauchen aus dieser wieder auf.

Weiterhin treten im catalonischen Längstale auch alle jene Erscheinungen auf, die man als Begleit-Phänomene großer Bruchlinien zu

¹⁾ Research in China. Washington 1907, Bd. 1, Teil 1, S. 82.

²⁾ Betrachtungen über die Hochgebirgsnatur des Himalaya. Verh. 16. Deutsch. Geogr.-Tages zu Nürnberg, 1907, S. 47.

³⁾ The Wasatch, Canyon and House Range. Bull. of the Mus. of Comp. Zool., Cambridge, 1905, Bd. 49, S. 15–57, Taf. 1.

betrachten gewohnt ist: jungvulkanische Gesteine und heiße Quellen. In dieser Beziehung treffen wir ähnliche Verhältnisse z. B. am Südrand des Erzgebirges, im Mittelrheinischen Graben oder an der Fossa Magna in Japan. Im Osten des Tales liegt das seit langer Zeit berühmte große Vulkangebiet von Olot, das wohl von Mc Clure (91) entdeckt worden ist, und von dem bereits Lyell¹⁾ eine ausführliche Darstellung gegeben hat. Von spanischer Seite ist es verschiedentlich bearbeitet worden, besonders hatte sich Texidor y Cos (105–107) seiner Erforschung gewidmet. Neben den neueren kürzeren Berichten von Sapper (102) und Washington (124) entheben uns vor allem die ausgezeichneten und sorgfältigen Untersuchungen einer eigens zu diesem Zwecke eingesetzten Kommission ausführlicher Erörterungen, denn es kann nunmehr das Vulkangebiet von Olot als eines der am besten bekannten der Erde gelten (45, 46). Von Olot und Castellfullit zieht sich eine Vulkanreihe in südöstlicher Richtung bis fast gegen das Meer hin, aber auch noch im Süden der Provinz Gerona sind jungvulkanische Bildungen vorhanden; bei Hostalrich am Tordera treffen wir das südlichste größere Vorkommen. Es sind Basalte, die in zwei Formen, als Kraternvulkane von ausgezeichnet regelmäßiger Gestalt und als Decken auftreten. Das Alter der Vulkane ist als diluvial bestimmt worden; heute sind sie erloschen, und nur noch Thermal-Quellen zeugen von der einstigen vulkanischen Tätigkeit. Thermalquellen sind aber nicht auf vulkanische Gegenden beschränkt, bei vielen läßt sich ein Zusammenhang mit Verwerfungsspalten nachweisen, wie bei den Quellen, die auf der Thermenlinie in Nieder-Österreich entspringen. So auch hier. Heiße Quellen, vor allem Säuerlinge und Schwefelquellen, kommen nicht nur in der Provinz Gerona am Nordende des Vallés vor; sie durchziehen vielmehr den ganzen Talzug, so daß Fischer auch hier von einer echten Thermenlinie sprechen konnte (61, S. 542). Die wichtigsten sind auf der spanischen geologischen Karte angegeben; ein ausführliches Verzeichnis, das über 100 Quellen umfaßt, hat Vidal zusammengestellt (50, S. 231 ff.). Am dichtesten drängen sie sich am Nordrand des Tales, die Provinz Gerona ist eine der an Mineralquellen reichsten Provinzen Spaniens; aber auch dem Süden und sogar der Küste fehlen sie nicht. Vielfach werden sie als Heilquellen benutzt, und manche, wie die berühmten Schwefelbäder von La Puda am Llobregat, die eisenhaltigen Thermen von Caldas de Mombuy oder La Garriga, die Salzquellen von Caldas de Malavella (65; 117) üben

¹⁾ A Manual of Elementary Geology. London 1851, 3. ed., S. 408.

seit längerer Zeit eine weit über die Grenzen Spaniens hinausreichende Anziehungskraft aus.

Dafs die grofsen tektonischen Bewegungen auch heute noch nicht ihren Abschluß gefunden haben, wird durch die vielen Erdbeben angezeigt, von denen Catalonien heimgesucht wird¹⁾. Wie überhaupt die Iberische Halbinsel wegen der zahllosen sie durchsetzenden Bruchspalten ein an Erdbeben reiches Land ist, so reich, dafs Buckle diese Tatsache zur Erklärung des Aberglaubens der spanischen Bevölkerung mit heranziehen konnte²⁾, so ist Catalonien nächst dem Süden die am meisten durch Beben gefährdete Landschaft der Halbinsel, wie ein Blick auf die von Montessus de Ballore (93) entworfene Karte zeigt. Dafs Erdbeben hier zu den nicht selten vorkommenden Erscheinungen gehören, spricht sich auch darin aus, dafs man vor kurzem in Tortosa eine Erdbebenstation errichtet hat, die von Jesuiten geleitet wird (52, 70).

Noch ein letzter Umstand schliefslich weist darauf hin, dafs an der Stelle des heutigen catalonischen Längstales einst ein höheres Gebirge sich erhob: es sind das die berühmten Konglomerate des Montserrat, die weiter unten noch etwas genauer betrachtet werden. Während man früher der Meinung war, dafs diese gewaltigen, über 1000 m mächtigen Konglomerat-Massen von den Pyrenäen hergekommen seien, kann man es jetzt als sicher festgestellt betrachten, dafs sie aus dem Süden stammen, von einem Gebirge, von dem heute nur noch kleine Reste in den catalonischen Gebirgen erhalten sind (Almera 16, S. 707). Die Auffindung einiger Fetzen von Konglomeraten, die nach Zusammensetzung und Alter mit denen des Montserrat völlig identisch sind, z. B. im Vallés bei Rubi und San Cugat, im Panadés bei Gelida zeigen ebenfalls einen früheren Zusammenhang des Tales und der Gebirge an, der später durch Senkung und Hebung unterbrochen wurde. Über den morphologischen Charakter des Landes vor dem Einsetzen der Verwerfungen können wir aus einer Betrachtung des Längstales nichts erfahren, es wird sich aber einiges aus den Erörterungen über die es umrahmenden Gebirgszüge ergeben.

Das Alter dieser gewaltigen Bodenbewegungen läfst sich mit ziemlicher Genauigkeit bestimmen. Vor der Bildung der Montserrat-Konglomerate können sie nicht stattgefunden haben, und da die Ab-

¹⁾ Ein Verzeichnis der hier seit dem 14. Jahrhundert beobachteten Erdbeben hat Cazorro für die Provinz Gerona gegeben (51). S. auch die Arbeit von Font (64).

²⁾ History of the Civilisation in England. London 1861. Bd. 2., S. 4.

lagerungen des Aquitanien, die zwischen Gelida und San Sadurni auf der Kreide lagern, noch von den Brüchen betroffen worden sind, so müssen die Verwerfungen jünger als diese sein. Da aber andererseits zur Zeit des Burdigalien das Meer bereits von dem Panadés Besitz ergriffen hatte, können die tektonischen Ereignisse nur zwischen Aquitanien und Burdigalien eingetreten sein, also an der Grenze des Oligocäns und des Miocäns (Dollfus 59, S. 881). Es ist nun sehr auffallend, daß sich bei diesem hohen Alter der Brüche die allgemeine Form des ganzen von ihnen betroffenen Gebietes noch so ausgezeichnet erhalten hat. Man müßte meinen, daß die Ungleichheiten des Reliefs längst verwischt sein müßten: wir finden jedoch noch jetzt dort, wo in jener Zeit das Land einbrach, ein Senkungsfeld, dort, wo damals Gebirge, sei es nun als Horste oder als gehobene Schollen, stehen blieben, Gebirgsland. Wir werden sehen, daß diese merkwürdige Tatsache darin ihre Erklärung findet, daß längs der Störungslinien auch späterhin Bewegungen in vertikalem Sinne erfolgten, welche eine gleichmäßige Einebnung des Ganzen immer von neuem verhinderten.

Das große Senkungsfeld hat nach seiner ersten Entstehung eine sehr wechselvolle Geschichte gehabt: es ist ganz von ziemlich mächtigen Ablagerungen der verschiedensten Art ausgefüllt worden. Bald flutete in ihm in miocäner Zeit das Meer, bald war der Zugang zum Meere versperrt, und es bildeten sich große Seen; andererseits haben die von den Steilabbrüchen herabkommenden Flüsse große Mengen Schutt in ihm gelagert. Die heutige Oberfläche stellt nicht eine Ebene dar, vielleicht mit einzelnen sanft gerundeten Hügelgruppen; eine jugendliche, postpliocäne oder postdiluviale Hebung ist die Ursache, daß die Landschaft einen ungemein zerrissenen Charakter trägt. Jedes auch noch so geringfügige Gewässer hat sich ein schluchtenreiches Tal mit steilen Hängen hineingegraben, nur gegen den Rand des Küstengebirges hin fließen sie im allgemeinen Niveau der Ebene. Die zwischen zwei Wasseradern stehen gebliebenen Reste der ursprünglichen Form heben sich so markant aus der Umgebung hervor, daß man sie vielfach mit dem Namen „Sierras“ hat belegen können. *Mutatis mutandis* ist der allgemeine Charakter dem der chinesischen Lössländer ähnlich. Dem Verkehr sind naturgemäß dadurch oft große Schwierigkeiten in den Weg gelegt, selbst im Vallés kann die Eisenbahn über kleine Bäche häufig nur mit Hilfe großer Brücken hinwegkommen. Das harte, tonig-sandige Material, aus dem das Tal aufgebaut ist, begünstigt die Erhaltung der Steilwände in hohem Maße, und so kommt es, daß wir

an den Abhängen überall, im Vallés sowohl wie im Panadés, ausgezeichnete Erdpyramiden entwickelt sehen¹⁾).

Das Küstengebirge.

Das Gebirgsland, welches das innercatalonische Längstal vom Meere trennt, zerfällt orographisch in vier Züge von verschiedener Größe, die voneinander durch die mehr oder weniger breiten Mündungsstrecken des Tordera, Besós und Llobregat getrennt sind. In morphologischer Hinsicht lassen sich jedoch nur zwei Teile in diesem Küstengebirge unterscheiden, von denen der eine alle Gebirgszüge vom Ampurdan im Nordosten bis zum Llobregat im Südwesten umfaßt, während zu dem andern nur das verhältnismäßig kleine Gebiet gehört, das sich vom Llobregat südwestwärts bis zum Meere erstreckt. Im Osten des Llobregat haben wir eine alte Rumpffläche und umfangreiche Granitstöcke vor uns, während im Westen die transgredierenden Schichten noch zum größten Teil erhalten sind und der Landschaft einen gänzlich abweichenden Charakter aufdrücken.

Die heutige Gestalt des ganzen Küstengebirges ist durch einen großen Längsbruch bedingt, dessen Richtung mit der der Verwerfungen des inneren Talzuges völlig parallel läuft (29). Die Küste hat dadurch vom Cap Negre bis etwa zum Cap de Grils einen geradlinigen Verlauf erhalten, der nur sehr wenig von einigen flachgekrümmten, durch die Brandungswelle geschaffenen Buchten und den vorgeschobenen Deltas des Tordera und Besós-Llobregat gestört ist. Das Alter dieses Bruches, an dem im Süden ein großer Teil Cataloniens in die Tiefe sank, ist nicht genau festzustellen; wir werden aber wohl nicht fehl gehen, wenn wir ihn als gleichaltrig mit den Brüchen des Längstales ansehen, wenn vielleicht auch vor dem Tertiär hier Absenkungen vorgekommen sein

¹⁾ Das Vallés kann man geradezu als ein hervorragend günstiges Feld zu Studien über die Entstehung der Erdpyramiden bezeichnen. Es ist bekanntlich das Verdienst Siegmund Günthers, dem abgemachten Gegenstand der Erdpyramidenbildung, dessen Lehrmeinung absolut festzustehen schien, eine Reihe ganz neuer Seiten abgewonnen zu haben. Sämtliche Stadien kann man nun hier in vorzüglicher Weise beobachten, besonders in den Schluchten zwischen Viladecaballs und Olesa im westlichen Vallés. Die oft haarscharfen Sporne, aus denen die einzelnen Pyramiden hervorgehen, haben häufig nicht einen einfachen, geradlinigen Grundriss, sondern weisen an den Seiten noch ebenso scharf geschnittene kleinere Seitensporne auf, so daß der Grundriss vielfach eine fiederförmige Gestalt annimmt. Es gelang mir leider nicht, diese interessanten Bildungen zu photographieren; denn die Erdpyramiden lassen sich ähnlich wie die Dünen, bei denen Cornish kürzlich darauf hinwies (Geogr. Journ. 1908, Bd. 31, S. 402), nur zu ganz bestimmten Tageszeiten wirklich gut aufnehmen.

mögen (29). Dafs jugendliche Einbrüche stattgefunden haben, zeigt auch der an diesem Teile der catalonischen Küste ungewöhnlich unruhige Lauf der Isobathen¹⁾; das Meer fällt bereits in ganz geringer Entfernung von der Küste zu sehr bedeutenden Tiefen ab, in 40 km Abstand weist es schon Tiefen von 1200—1400 m auf. Auf das Vorkommen von heißen Quellen an der Küste wurde bereits oben hingewiesen.

Almera vertritt nun noch heute die Anschauung, der er in einer seiner ersten Arbeiten Ausdruck gab, dafs das grofse catalonische Festland in eocäner und oligocäner Zeit bis zu den Balearen gereicht habe. Ablagerungen des eocänen Meeres sind nur im Norden der innercatalonischen Gebirgskette und auf den Balearen bekannt, dazwischen ist nie eine Spur von ihnen entdeckt worden, so dafs also in dieser Periode Catalonien mit den Balearen zusammen eine Insel bildete (5, S. 32). Diese Vermutung hat vor kurzem eine sehr bemerkenswerte Stütze durch Vidal²⁾ erhalten, dem es gelang, auf Mallorca ein oligocänes Säugetier, das *Anthracotherium magnum*, aufzufinden.

Das Küstengebirge im Osten des Llobregat.

Orographisch kann man in diesem Teile des Küstengebirges drei Gebirgszüge voneinander trennen, einen kleineren westlichen, das Tibidabo-Massiv, wie man es nach seinem höchsten Punkte, dem Tibidabo (522 m), nennen könnte, einen mittleren vom Besós bis zum Tordera reichenden, und endlich einen östlichen, der im Senkungskessel des Ampurdan untertaucht. Die allgemeinen Höhenverhältnisse sind, absolut genommen, nur unbedeutend; die höchsten Erhebungen weist der mittlere Gebirgszug auf, der in der Sierra de Montnegre 793 m erreicht. Bedenkt man aber, dafs dieses schmale Küstengebirge direkt vom Meeresspiegel aus ansteigt, so gewinnen diese Höhen doch an Bedeutung.

Mit Ausnahme des Tibidabo-Massivs setzt sich das ganze Gebirgsland aus stark zersetztem Granit zusammen, nur wenige und meist schmale paläozoische Bänder treten auf. Daneben kommen noch Eruptivgesteine, besonders Porphyre, vor, die aber auch nie gröfsere Ausdehnung erreichen (Adan de Yarza 2; 3. Almera 10; 11). Das Gebirge bietet kein besonderes Interesse: die Formen sind die bekannten des Granitgebirges, sanft gerundete Kuppen mit relativ hoch liegenden Pässen.

¹⁾ Sie treten am besten auf der Carte de France hervor.

²⁾ Note sur l'Oligocène de Majorque. Bull. Soc. Géol. de France, 1905, 4. sér. Bd. 5, S. 651—654.

Eingehender muß jedoch das Tibidabo-Massiv betrachtet werden, weil es verhältnismäßig recht gut erforscht ist, und weil uns andererseits sein Studium Aufschluß zu geben vermag über das Problem der Stellung der catalonischen Gebirgswelt. Wir müssen deswegen hier auch etwas näher auf die geologische Geschichte des Gebirges eingehen.

Im Tibidabo-Massiv nimmt der Granit nur eine eng umgrenzte und unzusammenhängende Zone im Osten ein; der Norden und Westen wird ausschließlich von paläozoischen Gesteinen, unter denen die Schiefer vorwalten, gebildet, die unter den Ablagerungen des Vallés und den Alluvionen des Llobregat verschwinden. Die einzelnen paläozoischen Formationen treten bandförmig auf, und zwar so, daß sie im allgemeinen nach Norden zu immer jünger werden. Die ältesten Schichten, die durch Fossilien sichergestellt sind, sind Schiefer des oberen Kambrium (36, S. 868)¹⁾. Die paläozoische Schichtfolge ist dann bis zum Karbon fast vollständig vertreten, wenn auch devonische (33) und karbonische Sedimente nur in geringer Verbreitung vorkommen und silurische Schiefer den Hauptbestandteil des Gebirges bilden. Wenn einzelne Stufen, z. B. im Devon, zu fehlen scheinen, so erklärt sich dies leicht aus den außerordentlich verwickelten tektonischen Bewegungen, die hier stattgefunden haben. Das eine jedoch scheint festzustehen, daß keine Bildungen vorhanden sind, die jünger sind als das untere Karbon (Tournaisien).

Das Paläozoikum hat sehr starke Faltungen erlitten, die von Faltungsüberschiebungen begleitet waren, so daß anomale Kontakte sehr häufig sind. Der tektonische Aufbau ist, wie gesagt, ungemein kompliziert. Die silurischen Schiefer im Norden sind in deutliche Falten gelegt, die N 60° O streichen, also in der Richtung des ganzen Gebirges. Gegen Westen schwenken die Falten etwas um, und bei Papiol kann man eine Synklinale beobachten, die Nordwest-Südost gerichtet ist, und die auch einen Überblick über fast alle Glieder des Paläozoikums gewährt. Die Tektonik ist nun dadurch so verwickelt geworden, daß, abgesehen von den Brüchen, die das Gebirge durchsetzen, mehrere Überfaltungsdecken vorhanden sind, die Almera und Bergeron studiert haben (25; 37). Am nordwestlichen Abhang des Tibidabo sind bei Papiol und bei San Bartomeu zwei solcher Decken zu konstatieren, die allerdings wegen der starken Zerstörung durch die spätere Erosion nur durch die allersorgfältigste stratigraphische

¹⁾ Die Schichtfolge findet man angegeben bei Almera und Bergeron (25, S. 706).

Untersuchung festgestellt werden konnten. Das Fallen ist nach Südwesten gerichtet gegen den Llobregat hin, und ähnlich liegen die Verhältnisse im Osten bei Moncada; nur ist hier noch eine dritte Decke ausgebildet, deren Fehlen im Westen Almera und Bergeron der zerstörenden Wirkung der Denudation zuschreiben. Im Süden, bei Vallcarca, sind ebenfalls zwei Decken vorhanden, nur sind sie durch einen Bruch um 200 m gesenkt worden (25, S. 719). Die genannten Autoren sind der Meinung, daß alle diese Decken einst zusammengehörten.

Was das Alter der gebirgsbildenden Vorgänge angeht, so läßt sich wegen der großen Gestörtheit der Schichten nicht angeben, ob während des Paläozoikums Bewegungen stattgefunden haben. Die Lagerungsverhältnisse der Trias, die im Westen alle älteren Formationen gleichmäßig und diskordant überlagert, erlauben aber den sicheren Schluß, daß alle faltenden Bewegungen aus vortriassischer Zeit stammen. Das gilt ebenfalls von den Decken, da an ihrem Aufbau alle Formationen bis zu dem unteren Karbon beteiligt sind. Auch das Alter des Granits ist auf diese Weise bestimmbar: an den Stellen, wo die Schiefer metamorphisiert sind, gehören sie zu den Decken; der Granit ist demnach jünger als diese, in gleicher Weise nach dem unteren Karbon entstanden und mit der Faltung verknüpft, wie es für viele Gebiete, wie die Cevennen (25, S. 721), die Pyrenäen¹⁾, das Riesengebirge²⁾, die Bretagne charakteristisch ist.

Das Tibidabo-Massiv zeigt nun aber nicht einen speziellen Aufbau; es ist vielmehr nur ein Teil eines größeren Gebirgszuges, das sich bis gegen Gerona hin erstreckt, und in dem dieselben Erscheinungen auftreten. Es existierte also hier in der Zeit zwischen dem unteren Karbon und der Trias ein mächtiges, zusammenhängendes Kettengebirge von alpinem Typus. Man wird es als sehr wahrscheinlich bezeichnen können, daß die Auffaltung im oberen Karbon vor sich gegangen ist, daß also das catalonische Gebirge zu dem hercynischen Gebirgssystem Europas gehört. Diese Ansicht erfährt eine Stütze durch Bergerons Studien in den Cevennen¹⁾ (36), die eine große Ähnlichkeit beider Gebirge in stratigraphischer und tektonischer Hinsicht ergeben haben.

¹⁾ Roussel, Étude stratigraphique des Pyrénées. Bull. du Service de la Carte Géol. de la France, 1894, No. 35, S. 265.

²⁾ Frech, Über die Gebirgsbildung im paläozoischen Zeitalter. Geogr. Zeitschr., 1899, Bd. 5, S. 563–579.

³⁾ Étude des terrains paléozoïques et de la tectonique de la Montagne Noire. Bull. Soc. Géol. de France, 1899, 3. sér. Bd. 27, S. 617–678. Note sur les nappes de recouvrement du versant méridionale de la Montagne Noire et des Cévennes aux environs du Vigan. Ebenda, 1904, 4. sér., Bd. 4, S. 180–194.

Beide haben zu derselben Zeit eine intensive Faltung erfahren, die Richtung der Faltenzüge ist dieselbe, die Decken kamen aus derselben Richtung, selbst der Gesteinscharakter ist in beiden Gebirgen ein völlig gleicher.

Es handelt sich nun nur noch darum, die Brücke zwischen den Cevennen und dem catalonischen Gebirgsland zu schlagen. Für diese Frage sind die mit außerordentlicher Exaktheit ausgeführten stratigraphischen Untersuchungen Roussels in den Pyrenäen von der größten Bedeutung¹⁾. Nach Roussel stellen die östlichen Pyrenäen den ältesten Teil dieses ganzen Gebirges dar. Die Längsfalten sind jugendlichen Datums, die hier auftretenden Quersalten, die in der Richtung der Cevennen und des Catalonischen Massivs streichen, stammen dagegen aus oberkarboner Zeit. Auf diese Weise ist es möglich, eine ununterbrochene Verbindung zwischen den Gebirgen herzustellen, und es wird klar, daß Catalonien die südliche Fortsetzung des armorikanischen Astes des paläozoischen Alpensystems bildet. Daraus ergibt sich aber auch die ursprüngliche Zugehörigkeit Cataloniens zur iberischen Meseta, eine Anschauung, die bereits seit langem von Fischer vertreten wird (63, S. 281); auch Suess hat die Ähnlichkeit der Meseta mit dem französischen Zentral-Plateau betont²⁾.

In der der Emporfaltung folgenden Periode, dem Perm, wurde das Gebirge wieder abgetragen, und es entstand eine Rumpffläche, die später von mesozoischen Bildungen bedeckt, dann gehoben und schließlich von ihnen durch die Denudation wieder befreit wurde. Über die Art der Bildung dieses Rumpfes soll jedoch erst bei Betrachtung des sich im Westen anschließenden Gebirgsstückes gehandelt werden. Im Tibidabo-Massiv hat sich jetzt eine sehr einfache, symmetrisch gestaltete Wasserscheide ausgebildet, von der unter rechtem Winkel kleine Tälchen nach Süden und Norden ausstrahlen, die natürlich keine Rücksicht auf die innere Struktur des Gebirges nehmen, sondern als reine Skulpturtäler wahllos alle Formationen durchschneiden.

Das Küstengebirge im Westen des Llobregat: das Gebirge von Begas.

An das Tibidabo-Massiv schließt sich westwärts eine Gebirgsmasse von dreieckiger Gestalt an, begrenzt durch den Llobregat, das

¹⁾ Étude stratigraphique des Pyrénées. Bull. du Service de la Carte Géol. de la France, 1894, No. 35. Étude stratigraphique des massifs montagneux du Canigou et de l'Albère. Ebenda, 1896, S. 279–302. Tableau stratigraphique des Pyrénées. Ebenda, 1904, No. 97.

²⁾ Das Antlitz der Erde. 1883, Bd. 1, S. 298.

Meer und das innere Längstal. Wie es durch das breite Tal des Llobregat von jenem getrennt ist, so sind auch seine Formen völlig verschiedene, obgleich beide Züge zunächst eine völlig gleiche Entwicklung durchgemacht haben; der Llobregat bildet daher auch eine morphologische Scheide. Das Rumpfgebirge des Tibidabo findet zwar noch in diesem Gebirge seine Fortsetzung; aber hier sind noch die Gesteinsmassen erhalten geblieben, die einst auch jenes überdeckten.

Das gefaltete Paläozoikum tritt nur am Ostrande des Gebirges auf, und zwar im Nordosten am Durchbruch des Llobregat und in viel bedeutenderer Ausdehnung im Südosten. Hier zeigt Almeras Karte deutlich das schon im Tibidabo-Massiv zu beobachtende Umschwenken des Faltensystems in die Nordwest-Südost-Richtung. Das Paläozoikum wird überlagert durch ein schmales Band triassischer Ablagerungen und diese wieder im Westen von cretaceischen Schichten. Die Trias ist in allen drei Abteilungen vertreten; die untere besteht hauptsächlich aus groben Quarzkonglomeraten, die mittlere, weniger mächtige, aus etwas tonigen Kalken, die obere ebenfalls aus Kalken. Im äußersten Osten herrscht, wenn auch nur in kleineren Partien, völlig horizontale Lagerung, so daß einige Berggruppen direkt den Namen Meseta führen, wie z. B. die große Meseta de Montmany im Süden von Martorell. Weiter nach Westen zu nehmen die Schichten im ganzen eine nach Südwest geneigte Lagerung an, die Neigung ist jedoch meist nur äußerst gering. Auf die Trias legen sich dann in gleichfalls nur mäßiger Neigung die cretaceischen Kalke (Almera, 13), die das Gebirge bis zu dem Punkt, wo es die Meeresküste schneidet, zusammensetzen. An der Küste ist bei Vilanova noch ein kleines miocänes Becken eingesenkt, das von quartären Ablagerungen zum Teil bedeckt ist.

Das ganze Gebirge ist in seiner heutigen Form durch Brüche bestimmt. Im Norden liegt der große Noya-Bruch, am Meere zieht jene große Bruchlinie, längs der ein großer Teil des catalonischen Gebirges in die Tiefe gesunken ist. Almera nimmt an, um den Durchbruch des Llobregat zu erklären, daß auch im Osten ein Bruch vorhanden ist; wir werden aber sehen, daß wir einer derartigen tektonischen Bewegung nicht bedürfen, um die Entwicklung dieses Tales zu verstehen. Der Steilabhang im Osten ist vielmehr ausschließlich auf die Wirkung der Erosion auf die flach gelagerten triassischen Schichten zurückzuführen. Im Innern des Gebirges sind kleinere Brüche in großer Zahl nachgewiesen worden, die meist der Nordost-Südwest-Richtung, also der Richtung der großen Verwerfungslinien folgen. Diese Brüche haben bewirkt, daß auch dort, wo die Trias horizontal liegt, kleinere

Schollen eine Neigung erhalten haben, wie z. B. in der Nähe von Vallirana. Durch sie ist das Landschaftsbild auch heute noch beeinflusst, indem die Gehänge der Täler deutlich asymmetrisch gestaltet sind. Die Almerasche Karte verzeichnet im Süden unbedeutende Faltungen; da aber ihre Streichrichtung mit der der großen Brüche übereinstimmt, so sind sie wohl nur als lokale Folgeerscheinungen der Brüche aufzufassen, denn von einer eigentlichen Faltung ist in dem ganzen Gebiet sonst nichts zu bemerken.

Das Gebirge von Begas stellt sich nur als die westliche Verlängerung des Tibidabo-Massivs dar; daß die hier auftretenden mesozoischen Deckgesteine sich früher viel weiter nach Osten hin ausgedehnt haben, wird durch vereinzelte Trias-Vorkommnisse bei Mongat und Vallcarca bezeugt (Almera 21). Wir sahen auch, daß eine alte Rumpffläche vorliegt, und wie die paläozoischen Schichten oben durch eine einheitliche Fläche glatt abgeschnitten sind trotz des äußerst komplizierten inneren Baues, kann man hier verschiedentlich, z. B. bei Bruguès, sehr schön sehen. Hier ist auch die Möglichkeit gegeben, die Entstehung des Rumpfes zu studieren. Denkt man an eine marine Abrasion, so kann man nur das triassische Meer, das allerdings ganz Catalonien überflutete, verantwortlich machen. Der Buntsandstein, der in germanischer Ausbildung entwickelt ist, beginnt mit feinkörnigen roten Sandsteinen, also nicht mit groben Konglomeraten, wie sie marinen Abrasionsflächen auflagern müssen. Abgesehen davon, daß sich die Überzeugung immer mehr Bahn bricht, daß diese triassische Facies eine teils äolische, teils fluviatile Bildung darstellt, fehlen Ablagerungen zwischen dem oberen Karbon und der Trias gänzlich; während dieser Zeit stand das Land ausschließlich unter dem Einfluß der Flußerosion und der Verwitterung und machte eine ganz ähnliche Entwicklung durch, wie das französische Zentral-Plateau, mit dem es ja auch zu einer tektonischen Einheit verbunden war. Wie nun Lapparent das Zentral-Plateau als eine subaerisch gebildete Rumpffläche erwiesen hat¹⁾, so muß in derselben Weise die Entstehung des catalonischen paläozoischen Rumpfes gedacht werden.

Die heutige Oberfläche, aufgebaut aus den triassischen und cretaceischen Gesteinen, ist im wesentlichen bestimmt durch eine zweite Rumpffläche, die früher eine größere Ausdehnung besaß und weiter nach Osten reichte. Ihre jetzige Höhenlage verdankt sie einer späteren Hebung. Die Höhenverhältnisse sind in dem ganzen Gebirge fast

¹⁾ La Question des Pénclaines envisagées à la lumière des faits géologiques. Verh. d. 7. Intern. Geogr.-Kongr., Berlin 1901, II, S. 214.

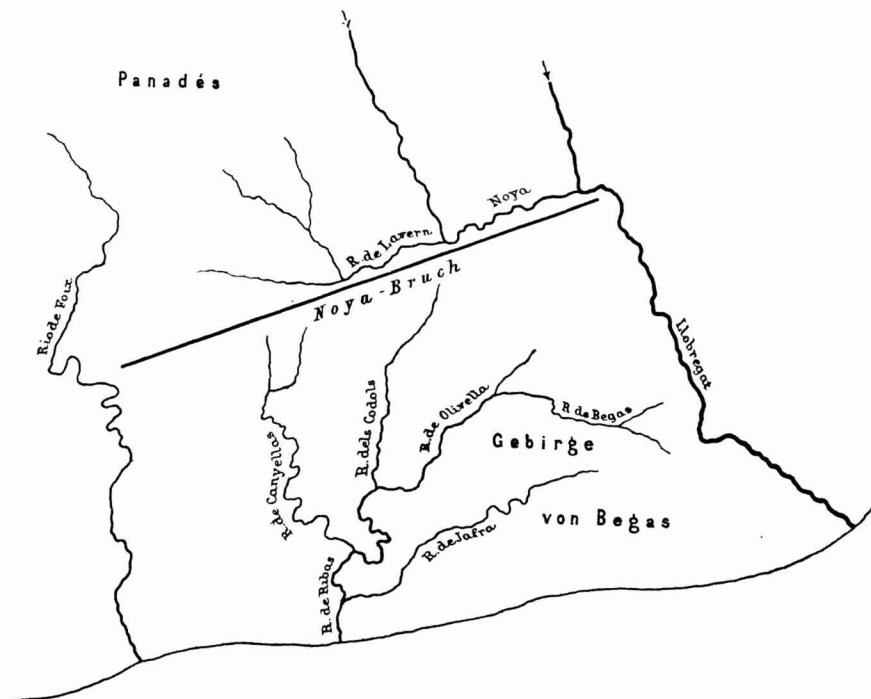
überall die gleichen, sie schwanken nur um ganz geringfügige Beträge; betrachtet man das Gebirge aus der Höhe, etwa vom Montserrat oder von den Bergen über Martorell aus, so sieht man eine ebene Fläche, über die nur wenige Gipfel, wie die Morella, um ein geringes hinausragen. Die Rumpffläche ist zwar schon sehr stark zertalt, aber es sind doch noch genügende Reste vorhanden: alle Erhebungen zwischen zwei Wasserläufen tragen oben eine Ebenheit, und es ist sehr bezeichnend, daß sie stets mit Namen Pla (catalonisch = Ebene) belegt werden. Man könnte denken, daß diese Ebenheiten allein durch die geringe Neigung der Schichten hervorgerufen sein könnten; aber die Neigung ist doch zu stark, als daß durch einfache Abtragung auf der Urschichtfläche alle Formationen von der nämlichen Fläche in gleicher Weise durchschnitten sein könnten; auch weisen jene durch Brüche schief gestellten Schollen gleichfalls diese ebenen Flächen auf. Daneben sprechen noch andere Gründe für eine zum mindesten hochgradige Erniedrigung der ursprünglich höheren Gebirge. Die letzte Meeresbedeckung fand während der unteren Kreidezeit statt, die Meeresküste lag im Eocän dort, wo jetzt das innere Gebirge nach Norden abfällt. Seit jener Periode war demnach ein Festland vorhanden, das während langer Zeit der Denudation ausgesetzt war. Die Denudations-Produkte finden wir in den mächtigen Konglomeraten, die das innere Gebirge bedecken. Die groben Schotter können natürlich nicht von einer Rumpffläche herrühren; sie stellen die Abtragungs-Produkte aus einer Zeit dar, wo das Gebirge noch höher hinaufragte. Die Sedimente, die die Rumpffläche lieferte, liegen weiter im Norden in den später zu betrachtenden oligocänen Becken. Auch die Flußläufe weisen darauf hin, daß das Land in einem früheren Zyklus ein überreifes, wenn nicht schon altes Stadium erlangt hatte. Denn die kleinen Gewässer, die dem Meere zustreben, fließen sämtlich in tief eingesenkten, zum Teil sehr schön ausgebildeten Mäandern: es sind durch eine Hebung wiederbelebte Flüsse, die in einem älteren Zyklus bereits ein sehr fortgeschrittenes Stadium inne hatten²⁾.

Nur wenn wir die frühere Existenz einer solchen Rumpffläche annehmen, wird auch die äußerst merkwürdige Anordnung der heutigen Flußläufe verständlich. Das Entwässerungssystem ist folgendermaßen gestaltet (Abbild. 27):

Drei ungemein wasserarme Flüschen durchziehen das Gebirge in nordsüdlicher Richtung. Der relativ bedeutendste ist der westliche,

²⁾ Davis, *Physical Geography*, 1898, S. 253. *Incised Meandering Valleys*. *Bull. Geogr. Soc. of Philadelphia*, 1906, Bd. 4, No. 4.

der Rio de Foix, die zwei östlichen, die Riera dels Codols und die Riera de Canyellas, vereinigen sich kurz vor ihrer Mündung miteinander. Der Rio de Foix entspringt an den Steilhängen des das Panadés im Norden begrenzenden Gebirges, während die beiden östlichen Flüsse im Panadés selbst ihren Ursprung haben. Alle drei Flüsse sind nun Durchbruchflüsse. Nach ganz kurzem Laufe — selbst beim Rio de Foix sind es nur etwa 15 km — durchbrechen diese unbedeutenden Gerinnsel das ganze Küstengebirge, um dann das Meer



Abbild. 27. Skizze der Hauptentwässerungslinien im Gebirge von Begas.

Mafsstab 1 : 500 000.

zu erreichen, ein Vorgang, der auf den ersten Blick schwer verständlich erscheint. Das Phänomen läßt sich aber in einfacher Weise lösen, wenn wir annehmen, daß das vor der Versenkung des inneren Tales bereits bedeutend abgetragene Küstengebirge nachher völlig in das Stadium einer Rumpffläche übergeführt wurde, auf der die von Norden kommenden Wasserläufe serpentinisierten. Erst in späterer Zeit erfuhr das Land eine Hebung, welche die Flüsse zwang, ihr einmal eingeschlagenes Bett beizubehalten, aber immer mehr zu vertiefen, und in dieser Weise die Bildung der eingesenkten Mäander bewirkte.

Eine starke Beeinflussung erfuhr dann noch das Gewässernetz durch den großen Flußlauf des Llobregat. Indem sich dieser immer mehr einschnitt, erreichte er ein viel tiefer gelegenes Niveau als die kleinen Flüschen des Panadés. Längs der Bruchstufe bildete sich ein Sammelfluß aus, der Unterlauf der heutigen Noya. Dadurch, daß die Noya vermöge ihres starken Gefälles rasch nach rückwärts schneiden konnte, gelangte sie schließlich bis zur Riera dels Codols und beraubte sie ihres Oberlaufes. Bei weiterem Rückschreiten zog sie dann die Riera de Canyellas an sich, und auch diese wurde enthauptet. Nur der Rio de Foix blieb unversehrt, aber auch ihm wird in der Zukunft ein gleiches Schicksal beschieden sein. Die beiden beraubten Flüsse erfuhren natürlich eine bedeutende Verringerung ihrer Wassermenge, und so erklärt sich auch die unmittelbar auffallende Erscheinung, daß die große Breite der Täler heute in gar keinem Verhältnis steht zu den winzigen Wasseradern, die an ihrem Grunde hinschleichen. Die Riera de Canyellas z. B. ist eigentlich schon zu einem Trockental geworden, nur zur Zeit sehr heftiger Regengüsse sammelt sich in dem breiten Tale ein wenig Wasser.

Auch der östliche Teil des Gebirges von Begas bietet in hydrographischer Hinsicht einiges Interesse. Dadurch, daß die mesozoische Bedeckung der paläozoischen Rumpffläche immer weiter nach Westen zurückgeschritten ist, hat sich an der westlichen Talseite des Llobregat eine hohe Landstufe herausgebildet. Über dem meist nur wenig über 200 m hohen Rumpf erhebt sich eine bis 450 m hinaufreichende, aus Schichten der unteren Trias zusammengesetzte Stufe, die in steilem und oftmals senkrechtem Abfall zu jenem abstürzt. Begünstigt durch das starke Gefälle, haben die kleinen Flüsse, die dem Llobregat von dieser Landstufe her zufließen, sich meist schon weit nach rückwärts eingeschnitten. Einige, wie die gegenüber von Molins de Rey mündende Riera de Cervello, haben bereits die erste Stufe überschritten und auf diese Weise einige kleinere, ursprünglich konsequent nach Westen fließende Wasseradern angezapft; andere, wie die Riera de Torellas und die Riera de l'Aigua bei Begas, werden in nicht zu ferner Zeit die Riera de Begas an sich reißen. Die Verhältnisse liegen hier genau so, wie sie Darton¹⁾ aus den Catskills beschrieben hat, wo durch den Katers Kill der Schoharie seines Oberlaufes beraubt worden ist.

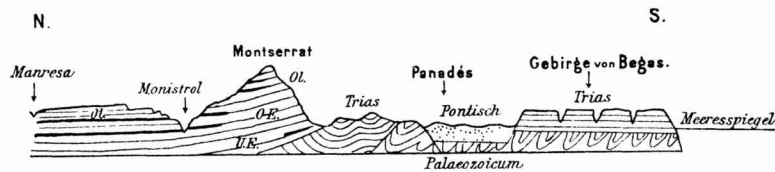
Die Nebenflüsse, welche die Riera de Ribas von Osten empfängt, die Riera de Jafra und die Riera de Oleseta, sind einfache Abdachungs-

¹⁾ Examples of stream-robbing in the Catskill Mountains. Bull. of the Geol. Soc. of America, 1896, Bd. 7, S. 505—507.

flüsse, die der nach Westen gerichteten Neigung der Schichten folgen. Die Riera de Begas, ein Nebenfluß der Riera de Oleseta, stellt sich aber doch trotz ihrer Kleinheit als ein echter Durchbruchfluß dar. Sie hat ihren Ursprung auf dem östlichen, etwa 400 m hohen triassischen Steilabhang. Nach kurzem Laufe durch das etwa 350 m hohe Becken von Begas durchbricht sie, bevor sie sich mit der Riera de Oleseta vereinigt, die bis 480 m hinaufgehende Kreidestufe. In den weicherer Schichten der oberen Trias, die das Becken von Begas zusammensetzen, konnte der Fluß schneller niedergehen als in den Kreidekalken, und es ist ein epigenetisches Durchbruchstal zu stande gekommen; die Riera de Begas hat hier eine dem englischen Weald ähnliche Landschaft, wenn auch in viel kleinerem Maßstabe, geschaffen.

Die innere Gebirgskette.

Das den großen catalonischen Graben im Norden abschließende Gebirge ist mit den Pyrenäen an seinem nördlichen Ende aufs engste



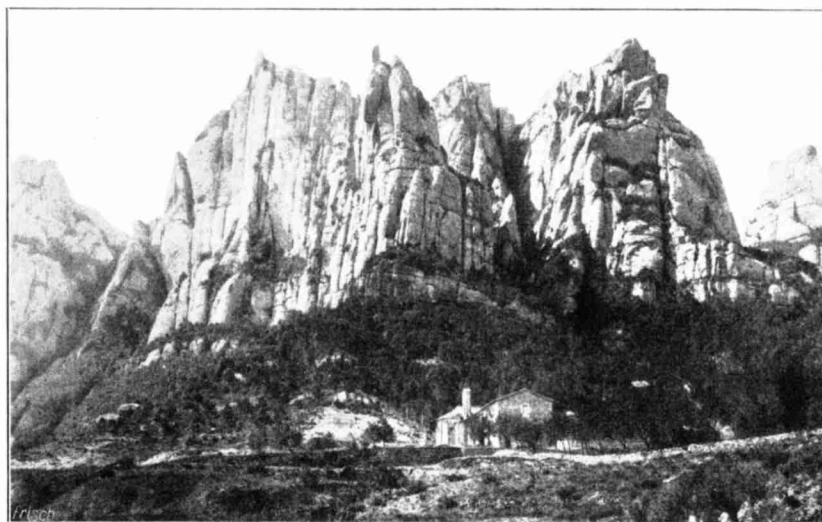
E. Unteres Eocän. O.E. Oberes Eocän. Ol. Oligocän. — Marine Einschaltungen des Eocäns.

Abbild. 28. Profilskizze durch den Süden der Provinz Barcelona nach Almera, Dollfus und eigenen Beobachtungen.

Maßstab 1 : 600 000.

verwachsen. Wir werden diese Teile ganz von der Betrachtung ausschließen und nur jene Züge zur Darstellung bringen, die von der gewaltigen Gebirgsmasse des Montseny aus dem Vallés und Panadés parallel läuft und sich im Südwesten mit den Gebirgen der Provinz Tarragona vereinigt. Die Gebirge werden durch den breiten Campo de Tarragona in zwei, auch morphologisch verschiedene Teile zerlegt; der westliche soll erst später behandelt werden.

Obwohl im wesentlichen an dem Aufbau des inneren Gebirgszuges dieselben geologischen Formationen beteiligt sind wie im Küstengebirge, weist jenes doch eine von diesem recht abweichende äußere Form auf, die durch die gänzlich verschiedene innere Struktur bedingt ist (Abbild. 28). Das Gebirge ist in den großen Durchbruchstätern des Besós und Llobregat gut aufgeschlossen, einen besonders klaren Einblick in die Struktur vermitteln die Eisenbahneinschnitte auf den Strecken Granollers—Vich, Tarrasa—Manresa, Piera—Igualada. Wo



Abbild. 29. Partie vom Gipfel des Montserrat.



➤ Elobregat

Abbild. 30. Blick vom Montserrat auf die tertiären Hochflächen.
Zu Füßen Monistrol.

man nun auch ein Profil betrachten mag, in der Hauptsache zeigt sich stets dasselbe Bild: die einzelnen Formationen treten in schmalen, zu dem Gebirgsverlaufe parallelen Bändern auf. Beim Verlassen des Grabens trifft man meist zunächst auf einen stark gefalteten, nur wenige Kilometer breiten paläozoischen Streifen, auch hier wie im Tibidabo-Massiv vor allem aus silurischen Schiefern bestehend. Seit einiger Zeit kennt man auch kambrische Schichten aus dem Montseny-Massiv und kleine Fetzen devonischer Ablagerungen nördlich von Sabadell (s. die Karte bei Font y Sagué 66); mit der Zeit werden wohl noch mehr derartige Fundpunkte bekannt werden, denn die geologische Durchforschung dieses Gebietes steht noch in den Anfängen. Im Osten, etwa von Caldas de Mombuy ab, schiebt sich zwischen die jungen Bildungen des Vallés und das Paläozoikum eine, zuerst schmale, granitische Zone ein, die ostwärts immer mehr an Breite zunimmt, um endlich den wesentlichsten Bestandteil des Montseny zu bilden und sich mit dem Granit des Küstengebirges zu verbinden. Nur in einem kleinen Teile des Panadés fehlt der paläozoische Streifen. Dem Paläozoikum ruht in diskordanter Lagerung ein triassisches Band auf, das sich mit ganz geringfügigen Unterbrechungen vom Pico de Matagalls bis zum Durchbruch des Francolí verfolgen läßt; am Vallés ist es nur einige Kilometer breit, am Panadés schwillt es plötzlich zu einer Breite von 10–15 km an. Alle drei Stufen der Trias sind vertreten, und auch die petrographische Ausbildung ist die nämliche wie im Küstengebirge. Die Profile von Maureta und Thós (90, S. 268, 307) geben nun das tektonische Verhältnis der Trias zum Paläozoikum in der Weise wieder, daß die Trias, wenn auch oft unter einem Winkel von 15–35° nach Nordwesten geneigt, doch ungefaltet dem Paläozoikum auflagert. Daß diese Darstellung den Tatsachen nicht entspricht, davon kann man sich besonders gut auf einer Wanderung von Tarrasa nach Monistrol überzeugen. Die Trias ist hier in deutliche und zum Teil starke Falten gelegt; aber auch andere Aufschlüsse zeigen dasselbe Verhalten: im Panadés z. B. lassen sich in der Trias drei, hier allerdings viel weniger stark zusammengeprefste Antiklinalen und eine Synklinale beobachten¹⁾.

Im Norden der Trias verzeichnet die geologische Karte eine ebenfalls nur schmale, aber in ununterbrochenem Zuge vom Ter bis

¹⁾ Ob das Jura-Meer hier vorhanden gewesen ist, ist noch sehr zweifelhaft. Ein von Almera entdecktes Vorkommen von Kalken des oberen Jura bei San Quintin de Mediona macht es aber wahrscheinlich, ebenso wie die ziemlich große Verbreitung, die jurassische Ablagerungen in der Provinz Tarragona besitzen.

zum Francoli sich hinziehende Zone von cretaceischen Gesteinen, die nach den Profilen in fast völliger Konkordanz der Trias auflagern. Um diese Bildungen ist viel gestritten worden; nach Almera kann es aber keinem Zweifel unterliegen, daß man es nicht mit cretaceischen, sondern vielmehr mit untereocänen Schichten zu tun hat (29). Mit diesen eocänen Ablagerungen sind wir bereits in das Gebiet der Hochflächen des Innern gelangt; da sie sich aber nicht von dem Gebirge trennen lassen und dessen Entwicklung ohne sie nicht zu verstehen ist, müssen sie bereits hier besprochen werden. Mit dem Yprésien brach das eocäne Meer in die zentrale Depression im Norden Cataloniens ein und bedeckte das ganze Gebiet zwischen den Pyrenäen und dem inneren catalonischen Gebirge (Almera 16, S. 700). Das Eocän liegt nun jetzt vielfach mit einer ganz geringen, oft kaum merklichen Diskordanz auf den Triasschichten, in der Nordostecke des Panadés und im Norden der Provinz Gerona sogar direkt auf dem Paläozoikum. Gegen Westen zu wird der eocäne Streifen immer schmaler, bis er schließlic am Durchbruch des Francoli ganz unter jüngeren Ablagerungen verschwindet. Die Schichten fallen stets von dem Gebirge weg. Der Einfallswinkel beträgt in der Nähe der Trias oft bis zu 10 Grad; er wird aber um so geringer, je mehr man sich von dem Gebirge entfernt, bis endlich nach einigen Kilometern schwebende Lagerung eintritt.

Die Schichtfolge läßt sich ausgezeichnet auf dem Wege nach dem Montserrat studieren. An der Basis des Eocäns sind fluviolakustre, rotgefärbte tonige Sandsteine und Konglomerate in bedeutender Mächtigkeit entwickelt; es sind das die Schichten, die früher als cretaceisch angesprochen wurden. Kurz vor Monistrol folgt dann die erste, bereits fast ganz horizontal liegende Einschaltung des marinen Eocäns, die hier auskeilt und je weiter man nach Norden gelangt, um so mehr an Mächtigkeit gewinnt; es lassen sich in diesen Schichtkomplexen häufig Taschen fluviatiler Ablagerungen beobachten. Steigt man nun den Montserrat hinauf, so trifft man noch zwei weitere derartige Einschaltungen, deren höchste im Niveau von etwa 700 m gelegen ist. Von dieser Höhe aufwärts bestehen die Schichten dann bis zum Gipfel des Montserrat (1238 m) ausschließlich aus horizontalen Konglomeratbänken fluviatilen Ursprungs (Abbild. 29). Diese oberen Bildungen sind noch an einigen anderen Stellen, in der Sierra del Montsant und in der Sierra de la Llena erhalten geblieben, eine ähnliche Mächtigkeit wie auf dem Montserrat erreichen sie aber nur auf der Höhe der östlich von diesem gelegenen Gebirgsmasse von San Llorens del Munt (1115 m). Almera meint, daß sie einst in einer zusammenhängenden Decke ausgebreitet gewesen wären, die erst später durch

die Erosion in einzelne Lappen aufgelöst sei. Eine solche Annahme ist aber unnötig, da wir es ja mit fluviatilen Konglomeraten zu tun haben, die ihrer Natur nach an einzelnen, voneinander getrennten Orten zur Ablagerung gelangt sein können.

Über das Alter dieser berühmten Konglomerate des Montserrat, die den ganzen oberen Teil der Bergkolosses zusammensetzen, ist seit langer Zeit viel hin und her gestritten worden. Meist hat man sie für obereocän gehalten (Maureta und Thós 90, S. 306), nach den neueren Forschungen von Almera (16, S. 710) und Depéret (55, S. 718) liegen jedoch in ihnen oligocäne, und zwar wahrscheinlich unteroligocäne und mitteloligocäne Schichten vor.

In gegen das Eocän konkordanter Lagerungsform treten dann im Norden sehr mächtige Sandsteine, Kalke, Mergel und Tone von gelblicher oder rötlicher Farbe auf, welche die östliche Fortsetzung der großen, zwei Fünftel von ganz Spanien bedeckenden tertiären Ausfüllung darstellen (Abbild. 30). Diese Schichten sind in ihrem äußeren Habitus den kontinental-triassischen dermaßen ähnlich, daß sie sich von ihnen kaum unterscheiden lassen, worauf auch Philippi kürzlich hingewiesen hat¹⁾. Auch darin gleichen sie der Trias, daß die liegenden Schichten aus größeren Konglomeraten, die hangenden vorwiegend aus Tonen, die Steinsalz und Gips führen, gebildet werden. Wie das Eocän sind auch diese Bildungen am Rande aufgebogen und gehen erst allmählich in die schwebende Lagerung über. Die Feststellung des Alters hat auch bei ihnen wegen des Mangels an Fossilien viel Schwierigkeiten gemacht. Sie galten im allgemeinen als Miocän, eine Bestimmung, die noch auf de Verneuil zurückgeht und aus einer Zeit stammt, wo man das Oligocän noch nicht als eine besondere Stufe des Tertiärs ausgeschieden hatte. Wenn auch kleine Teile als Proeocän oder lakustres Eocän gedeutet wurden, in der Hauptsache wurde die Formation bis in die allerjüngste Zeit stets als lakustres Miocän bezeichnet, und unter diesem Namen erscheint sie auch auf allen geologischen Karten; oligocäne Bildungen glaubte man in Spanien nur in ganz beschränktem Maße annehmen zu dürfen. Depéret und Vidal haben nun jedoch vor einigen Jahren auf Grund längerer Studien im Ebro- und Segre-Becken durch Fossilfunde dargetan, daß alle diese so mächtigen und so weite Flächenräume überziehenden Ablagerungen als oligocän, und zwar als unteroligocän betrachtet werden müssen; die jüngste vorhandene Stufe wird durch das Stampien repräsentiert (59, 124).

¹⁾ Über die Bildungsweise der buntgefärbten klastischen Gesteine der kontinentalen Trias. Centralbl. f. Min., 1901, S. 463–469.

Auf welche Weise hat nun die innercatalonische Gebirgskette ihre von dem Küstengebirge völlig abweichende Struktur erhalten? Auch hier zog einst jenes große oberkarbonische Kettengebirge, das in der Folgezeit zu einer Rumpffläche abgetragen wurde, auch hier lagerten sich darüber die Schichten der triassischen Formation ab. Aber die Struktur der Trias ist eine andere; sie hat nicht mehr wie im Küstengebirge ihre ursprüngliche Lagerung fast bewahrt, sondern sie ist einer Faltung unterworfen worden. Man könnte vielleicht zunächst der Meinung sein, daß es sich um untergeordnete Faltungen handelt, die als Folgeerscheinungen der großen Verwerfungen eintraten. Derartige Stauungen an Bruchlinien, vor allem längs Staffelbrüchen, sind ja aus vielen Schollenländern bekannt¹⁾, und Calderón y Arana hat z. B. die Faltungen am Ostrande der Meseta auf diese Ursache zurückgeführt (43, S. 164). Ein derartiger Zusammenhang ist aber hier ausgeschlossen. Denn abgesehen davon, daß die Störung der Schichten häufig eine sehr beträchtliche ist, viel zu stark, um als einfache Stauungserscheinung gelten zu können²⁾, ist in den Gebirgen der Provinz Tarragona die Faltung der Schichten ganz allgemein. Wir sind daher zu der Annahme gezwungen, daß hier eine echte Faltenbildung vorliegt. Da nun in diesem Gebirge das Tertiär in ungefalteter, nur leicht aufgebogener Strukturform über der gefalteten Trias lagert, und da in den das Ebro-Becken vom Meere scheidenden Gebirgen die untere Kreide noch mitgefaltet ist, werden wir wohl nicht fehl gehen, wenn wir auch hier die Faltungsepoche in die Zeit der oberen Kreide verlegen. Obercretaceische Bildungen sind bis jetzt aus Catalonien nicht bekannt geworden, es war also während dieser Periode wahrscheinlich schon aus dem Meere emporgetaucht. Es war dies das große Festland, das in der Tertiärzeit durch Brüche zerbrochen wurde und zum Teil in dem Mittelländischen Meer verschwand. Im Norden des Festlandes brandete dann das eocäne Meer.

Während der langen Festlands-Periode wurde Catalonien einer sehr bedeutenden Abtragung unterworfen, deren Produkte wir in den eocänen und oligocänen, die inneren Hochflächen erfüllenden Konglomeraten und Sandsteinen vor uns haben. Die Bestandteile, aus denen diese klastischen Gesteine zusammengesetzt sind, Granite, Porphyre,

¹⁾ Man vergl. z. B. die Profile von v. Richthofen aus Shansi (China Bd. 2, S. 442) oder die von Diener aus dem Libanon (Libanon, S. 71).

²⁾ Es gilt dies besonders von der Gegend in der Nähe des Montserrat. Die Profile, die Almera entworfen hat (16, S. 696 ff.) sind allerdings gänzlich irreführend, weil sie im Streichen der Schichten aufgenommen worden sind. Auf einem Profil lagert gefaltete Trias auf fast horizontalem Eocän!

Quarzite, paläozoische Schiefer, Sandsteine und Kalke der Trias kommen im Küstengebirge anstehend vor, sie haben sich also auf dessen Kosten gebildet. Die Entwässerungslinien mußten, da sich die damalige Meeresküste genau festlegen läßt, einen von Südost nach Nordwest gerichteten Verlauf haben, also der heutigen Richtung der Flußläufe gerade entgegengesetzt sein (59). Nur durch die Annahme, daß ein Festland von beträchtlicher Ausdehnung bestand, das einen weit größeren Flächenraum einnahm als das heutige Catalonien, und daß hier Gebirge ursprünglich bis zu bedeutender Höhe aufragten, läßt sich die Entstehung der mächtigen, sich vom Montseny bis zum Ebro hin ausbreitenden Konglomeratmassen erklären. Wie überhaupt grobe Konglomerate von einer viele hundert Meter betragenden Mächtigkeit zu stande kommen können, wie sie in Catalonien oder in den Transylvanischen Alpen auftreten, wo z. B. am Bucecs die Mächtigkeit über 2000 m erreicht, ist eine wohl noch nicht völlig gelöste Frage. Man muß zu der Hypothese seine Zuflucht nehmen, daß eine Senkung des Bodens mit der Ablagerung der Schichten parallel ging. An sich darf uns die große Mächtigkeit nicht wundernehmen, wissen wir doch, daß die Schotter der indischen Tiefebene bis zu einer Tiefe von fast 500 m hinabgehen¹⁾).

Während über den fluviatil-äolischen Ursprung der eocänen und unteroligocänen groben Konglomerate keine Meinungsverschiedenheit herrscht, ist die Entstehung der ihnen auflagernden feineren Ablagerungen des früher für Miocän gehaltenen Oligocäns noch umstritten. Die spanischen Geologen haben diese ausgedehnten Schichtkomplexe, die in fast absoluter Gleichartigkeit der Ausbildung den Norden Cataloniens wie das Ebro-Becken und die Hochflächen des inneren Spaniens überziehen, stets einfach als lakuster bezeichnet und halten an dieser Anschauung auch heute noch fest. Penck hat jedoch unter Würdigung aller in Betracht kommenden Umstände wohl unwiderleglich erwiesen, daß diese Schichten die Kennzeichen einer Entstehung auf dem festen Lande, hauptsächlich unter der Mitwirkung von Flüssen, an sich tragen; nur für die obersten Kalkdecken läßt er einen lakustren Ursprung gelten (97). Die Steinsalz- und Gipsansammlungen, die sich überall, auch in Catalonien finden — es seien nur die großen Steinsalzlager von Cardona (Martel 87) und die Gipse von Vilovi genannt — und die man sich als in großen Lagunen gebildet dachte, sind nach Penck in kontinentalen Binnengebieten zur Ablagerung gekommen. Die Unter-

¹⁾ Oldham, The Deep Boring at Lucknow. Records of the Geol. Survey of India, 1890, Bd. 23, S. 261—266.

scheidung zwischen limnischen und fluviatilen Bildungen ist ja meist sehr schwierig, da beide unter ähnlichen Bedingungen entstehen können: beide sind geschichtet, beide enthalten feineres und gröberes Material, beide können Rippelmarken, Kreuzschichtung, Trockenrisse und ähnliches zeigen, wenn auch im allgemeinen Flusablagerungen wohl durch eine gröfsere Unregelmäfsigkeit und Abwechselung ausgezeichnet sein werden. Es macht sich seit einiger Zeit aber eine Reaktion gegen die früher unumschränkt herrschende Meinung geltend, derartige Schichten immer als lakuster zu betrachten. So werden im westlichen Nord-Amerika die mächtigen und ausgedehnten oligocänen und miocänen Tone und Sandsteine der Great Plains jetzt als auf äolischem Wege entstanden gedacht¹⁾. Die Argumente, welche Penck und die genannten amerikanischen Autoren anführen, und für die ich auf die Originalarbeiten verweisen mufs, haben natürlich auch für Catalonien Geltung. Allerdings spricht hier vielleicht auf den ersten Blick die randliche Aufbiegung der eocänen und oligocänen Sedimente für eine lakustre Entstehungsweise, da ja am Rande von Seen die Schotter, Tone und Sande vielfach unter einem steilen Winkel geneigt sind. Aber abgesehen davon, dafs eine echte Deltastruktur in diesem ganzen Gebiet noch nicht entdeckt worden ist, nimmt ja auch das marine Eocän an der Aufbiegung Teil. Wir werden sehen, dafs die randliche Aufbiegung auf eine ganz andere Ursache zurückzuführen ist.

Eine bedeutende und tiefgreifende Abtragung war zum Beginn der Tertiärzeit ein allgemeines Phänomen. Die Pyrenäen waren am Ende des Eocäns zum ersten Male aufgefaltet worden²⁾, das eocäne Meer zog sich zurück, und das Gebirge fiel den zerstörenden Kräften anheim. Auch in Catalonien ragte seit der oberen Kreidezeit ein hohes Gebirge auf, dessen Erosionsprodukte sich an seinem nördlichen Rande in der Form grober Konglomerate, den unteren Montserrat-Konglomeraten, niederschlugen. Ihnen entsprechen am Südabhang der Pyrenäen die „Poudingues de Palassou“. Nachdem das Gebirge schon eine beträchtliche Erniedrigung erfahren hatte, wurde es in der Folgezeit immer weiter abgetragen und schliefslich gegen Ende des Oligocäns

¹⁾ Mathew, Is the White River Tertiary an Eolian Formation? Amer. Natur., 1899, Bd. 33, S. 403–408. — Davis, The Freshwater Tertiary Formation of the Rocky Mountain Region. Proc. Amer. Acad. of Arts and Sc., 1900, Bd. 35, S. 343–373. — Hatcher, Origin of the Oligocene and Miocene Deposits of the Great Plains. Proc. Amer. Philos. Soc., 1902, Bd. 41, S. 113–131.

²⁾ Douvillé, Les mouvements pyrénéens. Bull. Soc. Géol. de France, 1906, 4. sér. Bd. 6. S. 50.

in einen der Rumpffläche nahen Zustand gebracht; es ist das dieselbe Rumpffläche, die wir bereits im Gebirge von Begas kennen gelernt haben. Während dieser letzten Abtragungsperiode konnte das Gebirge naturgemäfs kein gröberes, sondern nur noch feineres Material liefern: das nördliche Becken wurde mit oligocänen Sandsteinen und Tonen angefüllt.

Das für die weitere Entwicklung des inneren Gebirgszuges wichtigste Ereignis sind die grofsen Längsbrüche, an denen das innercatalonische Tal und ein Teil des Küstengebirges zur Tiefe sanken. Es entsteht nun die Frage nach dem Sinne dieser vertikalen Bewegungen, ob wir es bei ihnen nur mit Senkungen oder auch mit Hebungen zu tun haben. Nur für das Längstal können wir mit Bestimmtheit eine Senkung, und zwar unter den Meeresspiegel nachweisen, weil wir in ihm die Ablagerungen des miocänen Meeres vorfinden. Schwieriger ist die Entscheidung, ob das Küstengebirge und das innere Gebirge als Horste stehen geblieben sind, oder ob sie durch eine Hebung in ihre heutige Höhenlage gelangt sind. Die Frage, ob längs Bruchlinien Hebungen vorkommen, die wir uns durch den Seitendruck entstehend denken können, den eine sinkende Scholle unbedingt ausüben mufs, ist von amerikanischen Forschern, besonders von Dutton auf Grund von Beobachtungen im nordamerikanischen Westen stets bejaht worden¹⁾, und selbst Suefs mufs zugeben, dafs die Vorstellungen, die sich auf dem enger begrenzten Gebiet des mittleren Europa gebildet haben, zum guten Teil nicht auf die weiten Regionen anderer Weltteile übertragbar sind, wo horizontal geschichtete Platten von grofsen Störungslinien durchschnitten sind²⁾. Auch Frech hat für die Karnischen Alpen und die Karawanken die Meinung vertreten, dafs sie, obwohl Brüche bei ihrer Entstehung die Hauptrolle spielen, nicht als Horste, sondern als Emporwölbungen aufzufassen sind³⁾. Die Struktur der einzelnen Brüche vermag keinen Aufschluß über die Art der Bewegung zu geben, da Schleppungen bei Senkungen wie bei Hebungen in derselben Weise erfolgen können.

Betrachten wir das innere Gebirge Cataloniens als einen Horst, so müssen wir annehmen, dafs der Meeresspiegel einstmals in einer Höhe von mindestens 600—700 m gelegen hat. Denn die höchsten marinen Konglomerate des Eocäns steigen bis zu dieser Höhe hinauf;

¹⁾ Mount Taylor and the Zuñi Distrikt. Ann. Rep. U. S. Geol. Surv., 1884/85, Bd. 6, S. 197 ff.

²⁾ Das Antlitz der Erde. Bd. 1, S. 169.

³⁾ Die Karnischen Alpen. Abh. d. Naturf. Ges. zu Halle, 1894, Bd. 18, S. 486.

aufserdem liegt eine Rumpffläche vor, die nur in geringer Meereshöhe zur Ausbildung kommen konnte. Da eine spätere Faltung, die das Land emporzuheben vermochte, nicht nachweisbar ist, so müssen der Meeresspiegel und alle Kontinente sich seit jener Zeit um wenigstens 600—700 m gesenkt haben, eine Hypothese, die doch allzu gewagt erscheinen dürfte¹⁾. Wir sind demnach der Meinung, daß das innere Gebirge wie auch das Küstengebirge ihre jetzige Höhe einer echten Hebung verdanken.

Die einzelnen Teile wurden allerdings nicht in gleicher Weise emporgehoben, so daß man vielleicht besser von einer Emporzerrung reden könnte. Einerseits war die Intensität der Hebung im inneren Gebirge eine weit stärkere als im Küstengebirge, am größten wohl in der Gegend des Montseny, wo die paläozoische Rumpffläche zur höchsten Erhebung von Catalonien (1700 m) emporgepreßt wurde. Andererseits wurde der innere Gebirgszug schief gestellt und erscheint so in keilförmiger Gestalt, eine Erscheinung, die in Bruchgebieten sehr häufig zu beobachten ist²⁾. Diese Schrägstellung war es, welche die randliche Aufbiegung der eocänen und oligocänen Schichten hervorrief³⁾. Die Hebung erfolgte wahrscheinlich sehr langsam und erreichte ihren Höhepunkt erst gegen Ende des Miocäns oder Beginn des Pliocäns, zur Zeit des Pontien. Darauf deutet der Umstand hin, daß im Vallés und Panadés das Pontien hauptsächlich aus Konglomeraten und Sanden besteht, die auf fluviatilen Wege sich bildeten und die sehr bedeutende Mächtigkeit von 250 m besitzen.

Die durch die tektonischen Bewegungen geschaffene Struktur haben die denudierenden Kräfte bisher nur wenig zu ändern vermocht. Der Bruchrand ist allerdings viel stärker verwischt, als im Gebirge von Begas, wo seine Erhaltung durch die flache Lagerung der Schichten begünstigt wurde. Die paläozoischen Schiefer, die der Erosion nur geringen Widerstand entgegensezten, sind so bedeutend erniedrigt worden, daß sie im allgemeinen nur noch als mäßige Hügel von 250—300 m Höhe auftreten. Die Trias ist im Norden des Vallés

¹⁾ In diesem Sinne hat sich auch kürzlich Davis im Hinblick auf den Tian-Shan geäußert. (Explorations in Turkestan. 1905, S. 82. The Bearing of Physiography upon Suefs' Theories. Amer. Journ. of Sc., 1905, Bd. 169, S. 265—273.)

²⁾ v. Richthofen: Führer für Forschungsreisende. Neudruck, S. 593, 670.

³⁾ Ähnliche Formen finden wir z. B. in Colorado, wo allerdings die Aufbiegungszone viel breiter ist, Trias, Jura und Kreide an der Aufbiegung teilnehmen, und erst die eocänen Schichten völlig schwebend liegen. S. die Skizzen bei Lakes, Geology of Colorado Coal Deposits. Ann. Rep. Colorado State School of Mines, 1889, Taf. 13. Auch abgedruckt bei Suefs, La Face de la Terre, Bd. 1, Taf. 5.

bereits in einzelne Sporne aufgelöst worden, die aber noch Höhen von 500 m und darüber erreichen und als Kuppen aufragen, im Panadés ist sie noch in mehr zusammenhängendem Zuge erhalten. Sie ist von den tertiären Schichtkomplexen stets durch eine breite Hohlform getrennt, hinter der das tertiäre Hochland sich in schroffem Anstieg erhebt, kurz: die Bruchstufe ist schon in eine Landstufe verwandelt worden. Die randliche Aufbiegung ist dabei von einer gewissen morphologischen Bedeutung. Während weiter im Norden die horizontal liegenden Schichten der Abtragung kräftigen Widerstand entgegenzusetzen, haben die denudierenden Kräfte die aufgebogenen Ränder viel leichter anzugreifen vermocht, und es ist dadurch die Trias und Tertiär scheidende Vertiefung zu stande gekommen, die man am ganzen südlichen Rande des Tertiärs bis zum Ebro hin verfolgen kann (s. z. B. das Profil bei Almera 16, S. 700). Das Tertiär fällt am Vallés in fast senkrechten, etwa 200 m hohen Wänden ab, nur der Härtewechsel des Gesteins bedingt ein treppenförmiges Absetzen. Der Rand ist von einer großen Zahl, zum Teil tief in das Innere eingreifenden Schluchten zerfressen, und einzelne Pfeiler sind schon vom Hauptkörper des Gebirges abgetrennt worden. Im Hintergrund der Schluchten stürzen die von den Hochflächen kommenden unbedeutenden Wasseradern in hohen Fällen hinab. Die kleinen Flußläufe sammeln sich dann am Ausgang der Schlucht und brechen in epigenetisch gebildeten Tälern durch die triassische Zone. Manche dieser Schluchten, wie die von San Miguel del Fay und La Gallifa, erreichen eine Längenausdehnung von 1—2 km; die bedeutendste ist der große halbkreisförmige Erosionskessel von San Llorens Savall.

(Schluß folgt.)
