

Zeitschrift: Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft von Bern
Herausgeber: Geographische Gesellschaft Bern
Band: 35 (1942-1943)

Artikel: Orographische und morphologische Untersuchungen in den östlichen Pyrenäen. 1. Teil
Autor: Nussbaum, Fritz
Kapitel: A: Einführung
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-322947>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 26.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

A. Einführung.

I. Probleme der Gebirgsmorphologie.

1. Hochgebirge und Mittelgebirge.

Bekanntlich sind die Hochgebirge durch eine überwältigende Mannigfaltigkeit von Voll- und Hochformen gekennzeichnet: Haupt- und Nebenkämme wechseln mit ihren felsigen, bald steilen, zugespitzten, turmartigen, bald breiteren, flacher geböschten Gipfeln und Vorsprüngen mit Eintiefungen, Tälern, Gräben und Schluchten von ebenso grossen Verschiedenheiten ab; steile Erosionstrichter, flachere Nischen und gestufte Kare und Kessel gliedern die höheren Kammregionen, während die unteren Berg- hänge von schmalen, tiefen Gräben, Talfurchen oder Schluchten zerschnitten sind. In die breiteren Gebirgsmassen sind meist weitverzweigte Talsysteme mit Haupt- und Nebentälern eingesenkt, die von unzähligen kleineren und grösseren Wasser- adern durchzogen werden.

Alle diese Formen sind das Ergebnis sowohl von endogenen, aufbauenden Kräften wie von aussenbürtigen, abtragenden Vor- gängen. *Ed. Suess* erkannte den Zusammenhang zwischen den kettenförmigen Hochgebirgen der Erde mit den in der Tertiärzeit erfolgten Faltungsvorgängen jener Zonen (Lit. 1). Es handelt sich demnach um geologisch junge Gebirge, die erst seit relativ kurzer Zeit den abtragenden Kräften, der Verwitterung, Denudation und Erosion, ausgesetzt worden sind.

Im Gegensatz dazu stehen die ebenfalls weit verbreiteten, durchwegs sanfter geformten Mittelgebirge, die mehrheit- lich, wie uns die Geologie lehrt, ursprünglich auch durch Fal- tung entstanden waren, welche jedoch bereits im Paläozoikum erfolgte; seit jener unendlich weit zurückliegenden Zeit haben aber diese ehemals hochaufragenden Gebirge eine ausserordent- lich starke Abtragung erfahren, so dass von ihnen nur noch Rümpfe, ja meist nur sehr flache Erhebungen übrig geblieben sind und man daher von Rumpfflächen sprechen darf. Erst durch erneute Hebung solcher Rumpfflächen, die uns auch oft als wellige Ebenen, als «Fastebenen», entgentreten, sind, wie *W. M. Davis, Alb. Penck, Alfr. Philippson, F. Machatschek* u. a.

dargetan haben, die heutigen Mittelgebirge als sog. Rumpfgebirge entstanden (Lit. 2—5).

So stehen sich auch auf dem Boden Europas alte Rumpfgebirge, wie z. B. die Mittelgebirge Deutschlands und Englands, und junge Faltengebirge, wie die Alpen, die Pyrenäen, der Apennin u. a., in ihren Höhenverhältnissen und ihrem Formenbild einander recht augenfällig gegenüber.

Bei den tertiären Faltengebirgen lässt sich im allgemeinen eine gute Uebereinstimmung zwischen Struktur, petrographischer Beschaffenheit und den Oberflächenformen nachweisen, wenngleich auch hier die abtragenden Kräfte sehr wirksam gewesen sind und bereits gewaltige Gesteinsmassen, namentlich der hochaufragenden Faltenteile, entfernt haben. Wohl das beste Beispiel eines Gebirges, bei dem Struktur und Oberflächenformen relativ gut entsprechen, bietet der schweizerische Kettenjura. Hier stellen die Gewölbe in der grossen Mehrzahl noch die aufragenden Ketten dar, während die Mulden fast überall mit den breiten Längstälern zusammenfallen.

Etwas anders verhält es sich in den Alpen, die geologisch nicht älter sind als der Jura, die aber durch den Faltungsvorgang eine sehr intensive Ueberlagerung des autochthonen Faltungsgebirges durch mehrfache Deckenüberschiebungen erfahren haben. Dadurch sind Gebirgsmassen von gewaltiger Höhe entstanden, die nun eine sehr viel stärkere Abtragung erfahren haben als in gleicher Zeit der viel niedrigere Jura (Lit. 6). Denn mit zunehmender Höhe verändert sich auch die Art der abtragenden Kräfte; so macht sich in grossen Höhen in steigendem Masse die Wirkung der mechanischen Verwitterung, unterstützt vom Spaltenfrost, geltend.

2. Gipfelflur und Rumpffläche.

Die grosse Wirkung der abtragenden Kräfte kommt in sehr vielen Gebirgen in einer gewissen Konstanz der Gipfelhöhen zum Ausdruck, die von *A. Penck* als Gipfelflur bezeichnet worden ist (Lit. 3). Diese Erscheinung ist schon vor mehreren Jahrzehnten von nordeuropäischen und deutschen Mittelgebirgen festgestellt worden. Hierauf wurde sie auch von verschiedenen Hochgebirgen nachgewiesen, so durch österreichische Geographen in den Ostalpen, *Albert Heim* von den Schweizer Alpen, von *E. de Martonne* in den Karpathen, von *G. Dyhrenfurth* im Himalayagebirge (Lit. 7—10). Sie kommt auch in den Pyrenäen vor.

Ueber die Entstehung der Gipfelflur gehen die Meinungen der Forscher noch auseinander. Während *A. Penck*, *Hettner* (Lit. 11) und *A. Heim* diese als das obere Denudationsniveau

betrachten, das einem durch die Flusstäler markierten unteren Denudationsniveau entspreche, wobei Gesteinsart des Gebirges und Flussschichte von Bedeutung seien, haben andere Forscher darauf hingewiesen, dass die Gipfelflur sich besonders in jenen Gebirgen einstelle, die wir als Rumpfgebirge kennen, die also vor der heutigen Erhebung eine frühere Abtragung durchgemacht haben. Die jugendliche Abtragung, die uns in schmalen Flusstälern entgegentritt, habe von der ehemaligen Rumpffläche noch Reste übriggelassen, die wir in abgeflachten Gipfeln und breiten Rücken zu erkennen vermögen. Dies sei namentlich in den nordeuropäischen Rumpfgebirgen sowie in den Mittelgebirgen Deutschlands der Fall. Nach *W. M. Davis* brauche aber ein altes Gebirge nicht völlig bis zur Fastebene (Peneplain) abgetragen zu werden, sondern aus härteren Gesteinen bestehende Gipfel können noch heute über gehobene und jugendlich zertalte Rumpfflächen emporragen, wofür die Gebirge in den nördlichen Appalachen gute Beispiele aufweisen. Derart beschaffene und vereinzelt aufragende Berge bezeichnet *Davis* als *Monadnocks*, wofür *Spethmann* den treffenden deutschlautenden Ausdruck «Härtlinge» vorgeschlagen hat.

Mit dieser Auffassung geht auch *Arnold Heim* einig, der im Minya Gongkar ein besonders grossartiges Beispiel eines «Härtlings» sieht, welcher um fast 3000 m über die Rumpffläche der ihn umgebenden Gebirge aufragt (Lit. 12).

Nach *A. Philippon* und *A. Hettner* können aber auch einzelne Aufragungen in den Wasserscheiden als «Inselberge» stehen bleiben; sie bezeugen offenbar die durch festländische Vorgänge hervorgegangene Entstehung von Rumpfflächen.

Gehobene und wieder zerschnittene Rumpfflächen sind von *J. Cvijic* aus Jugoslawien, von *Em. de Martonne* aus den Karpathen und von Schülern *Brückners* auch aus den Ostalpen, also von tertiären Falten- und Ueberschiebungsgebirgen, nachgewiesen worden (Lit. 13, 9, 14).

Von verschiedenen französischen Autoren ist darauf hingewiesen worden, dass auch die Pyrenäen eine sehr weitgehende Abtragung erfahren haben. Es darf daher angenommen werden, dass sich dort auch in verschiedenen Gebirgsgruppen die Erscheinung der Gipfelflur nachweisen lässt. Ueberdies kommen namentlich in den östlichen Pyrenäen Verflachungen vor, die an ein altes Relief erinnern und die zu den charakteristischen morphologischen und orographischen Merkmalen jener Gebiete gehören. Wir werden uns mit ihnen noch weiter zu befassen haben; denn über das Alter ihrer Entstehung gehen die Ansichten der Autoren noch auseinander. Und doch ist gerade diese Altersbestimmung für die spezielle morphologische Untersuchung der in jene Flächen eingeschnittenen Talformen von wesentlicher Bedeutung.

3. Talbildung und Eiszeit.

Wie wir noch vernehmen werden, lassen sich in den Pyrenäen wie in den meisten andern Gebirgen mehrere Phasen der Talbildung erkennen. Dass hierbei das fliessende Wasser, die Bildung der Täler durch die Flüsse, eine besonders wichtige Rolle gespielt hat, liegt auf der Hand. Wie in den Alpen war auch hier das Flussnetz der verschiedenen Flussgebiete bereits weitgehend entwickelt, als die Eiszeit begann und sich in vielen Tälern der Pyrenäen mächtige Gletscher bewegten, die in Moränen, Findlingen, Gletscherschliffen und Rundbuckeln unzweifelhafte Spuren ihrer früheren Ausdehnung hinterlassen haben.

Schon bei einer flüchtigen Wanderung durch einige grössere Pyrenäentäler vermag der Beobachter überdies an vielen Orten Trogformen, Talstufen, Hängetäler, Kare, in Fels eingetiefte Seebecken und Felsriegel zu erkennen.

Alle diese Formen sind uns aus den Alpen, aus Skandinavien und Nordamerika wohl bekannt und vielfach beschrieben und gedeutet worden; eine grosse Zahl von Forschern hat ihre Bildung einer namhaften Gletschererosion zugeschrieben. Es sei in dieser Hinsicht an die Untersuchungen von *Ed. Richter*, *Alb. Penck*, *Ed. Brückner*, *W. M. Davis*, *J. Früh*, *A. C. Ramsay*, *E. de Martonne*, *A. Helland* und andere erinnert (vergl. die betr. Lit. 15 bis 21).

Als Gegner einer bedeutenden Gletschererosion sind schon vor Jahrzehnten *Alb. Heim* und seine Schüler aufgetreten. In jüngerer Zeit haben auch verschiedene ausländische Geologen und Geographen, wie *J. Sölch*, *O. Ampferer*, *L. Distel*, *A. Delebecque*, *L. Gaurier*, gegen die Auffassung einer namhaften bodengestaltenden Wirkung der eiszeitlichen Gletscher Stellung genommen (Lit. 22—24). Nach diesen Autoren wird den Gletschern nur die Fähigkeit, die vorhandenen Flusstäler leicht auszuweiten und kantige Vorsprünge abzurunden, zugeschrieben.

Angesichts der von so wichtiger Seite erhobenen Einwände gegen die Gletschererosion ist es am Platze, den morphologischen Formen der Gletschergebiete erneute Aufmerksamkeit zu schenken und sie auf ihre verschiedenen Entstehungsmöglichkeiten zu untersuchen. Als ein brauchbarer methodischer Weg dieser Untersuchungen gilt, wie bereits *O. Peschel* (Lit. 25), *W. M. Davis*, *A. Penck* und *J. Früh* betont haben, die vergleichende Betrachtung von Landformen, die durch verschiedene Abtragungsvorgänge entstanden sind. Besonders aufschlussreich dürfte es demnach sein, unvergletscherte, nur durch fluviale Abtragungsvorgänge geschaffene Landschaften mit solchen Gebieten zu vergleichen, die in der Diluvialzeit eine bedeutende Vereisung

erfahren haben und daher ein mehr oder weniger gut entwickeltes glaziales Gepräge aufweisen.

In dieser Hinsicht eignen sich die Pyrenäen ganz besonders gut zu vergleichender morphologischer Betrachtung. Denn hier liegen rein fluviale Erosionslandschaften und ehemalige, ja noch heute vergletscherte Gebiete nahe beisammen. Dabei machen sich zufolge der weiten Verbreitung kristalliner Gesteine und metamorpher, meist schieferiger Sedimente in der Regel Gesteinsunterschiede nur wenig geltend, was hinsichtlich der Ergebnisse morphologischer Untersuchungen von besonderer Bedeutung sein dürfte.

Literaturnachweise.

1. *Ed. Suess*, Das Antlitz der Erde, Leipzig 1883.
2. *W. M. Davis*, The Geographical Cycle. Geogr. Journal, London 1899. — The systematic description of Landforms. Ebendort. 1909.
3. *Alb. Penck*, Morphologie der Erdoberfläche. Bd. II. 161. Stuttgart 1894.
4. *Alfr. Philippson*, Grundzüge der Allgemeinen Geographie. Bd. II. Leipzig 1924.
5. *Fr. Machatscheck*, Geomorphologie. Teubner, Leipzig 1919.
6. *Alb. Heim*, Geologie der Schweiz, Leipzig 1919.
7. *Alb. Heim*, Die Gipfelflur der Alpen. Neu'bl. Nat. Ges. Zürich, 1927.
8. *Alb. Penck*, Die Gipfelflur der Alpen Sitzber. d. preuss. Akad. der Wiss. 1919.
9. *Em. de Martonne*, Recherches sur l'évolution morphologique des Alpes de Transylvanie. Rev. g. ann. Paris 1, 1906.
10. *G. Dyhrenfurth*, Baltoro. Basel 1939 (p. 62).
11. *Alf. Hettner*, Die Oberflächenformen des Festlandes. Geogr. Schrift. Leipzig 1928.
12. *Arnold Heim*, Minya Gongkar. Forschungsreise ins Hochgebirge von Chinesisch Tibet. Bern 1933.
13. *J. Cvijic*, Bildung und Dislozierung der Dinarischen Rumpffläche. Peterm. Mitt. 1909.
14. *Ed. Brückner*, Alte Züge im Landschaftsbild der Ostalpen. Z. Ges. für Erdk. Berlin, 1923.
15. *Ed. Richter*, Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen. Peterm. Mitt. Erg'heft. Nr. 127, 1901.
16. *A. Penck* u. *Ed. Brückner*, Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig 1901—1909.
17. *J. Früh*, Ueber Form und Grösse der glazialen Erosion. Verh. Schweiz. Nat. Ges. 1906.
18. *W. M. Davis*, Glacial Erosion in France, Switzerland and Norway. Proc. Boston Soc. Nat. Hist. 29, 1900.
19. *A. C. Ramsay*, On the glacial Origin of certain Lakes. Quart.-Journ. Geol. Soc. London, 1869.
20. *Em. de Martonne*, L'érosion glaciaire et la formation des vallées alpines. Ann. de Géogr. 1910.
21. *A. Helland*, Die glaziale Bildung der Fjorde und Alpanseen in Norwegen. Poggend. Ann. Bd. 66.
22. *J. Sölch*, Fluss- und Eiswerk in den Alpen zwischen Ötztal und St. Gotthard. Pet. Mitt. Erg'h. 219, Gotha 1935.
23. *O. Ampferer*, Ueber die Entstehung der Hochgebirgsformen in den Ostalpen. Z. D. u. Oesterr. Alpenvereins 1915, Wien.
24. *L. Distel*, Die Formen alpiner Hochtäler insbesondere im Gebiet der Hohen Tauern, und ihre Beziehungen zur Eiszeit. München 1912.
25. *O. Peschel*, Neue Probleme der Vergleichenden Erdkunde. Leipzig 1878.

II. Ueber die geographische Forschung in den Pyrenäen.

1. Literatur.

Die Tatsache, dass die Pyrenäen ein ausgesprochenes Grenzgebirge zwischen zwei kulturell etwas verschiedenartigen Staaten sind, macht es verständlich, dass die geographische Forschung von zwei verschiedenen Seiten her, zu verschiedenen Zeiten und wohl auch unter verschiedenartigen Gesichtspunkten erfolgte. Diese Umstände treten unter anderem auch in der geographischen Literatur und im Kartenwesen deutlich hervor. Ueber die französischen Pyrenäen besteht nämlich ein recht umfangreiches geographisches Schrifttum, beruhend auf einer seit mehr als hundert Jahren bestehenden und immer eingehenderen topographischen, geologischen und anthropogeographischen Erkundung und Erforschung, während die spanische Abdachung sowohl in der geographischen Literatur wie auch in der Kartographie in weit- aus geringerem Masse vertreten ist. Dieser Umstand, der im Verlaufe unserer Darstellung bei verschiedenen Gelegenheiten noch besondere Erwähnung finden wird, wirkt sich nachtheilig bei der geographischen, speziell der morphologischen Erforschung der spanischen Pyrenäen aus, wo erst in jüngster Zeit bemerkenswerte Versuche literarischer und kartographischer Darstellung gemacht worden sind.

Die systematische Erforschung der Pyrenäen setzte bereits zu einer Zeit ein, als *H. B. de Saussure* seine Reisen durch die Alpen ausführte, und zwar war es der ihm in vieler Hinsicht geistig verwandte Baron *Ramond de Carbonnières*, der als echter Wissenschaftler mit grosser Hingabe und Begeisterung an die naturwissenschaftliche Erforschung der Pyrenäen heranging und eine grosse Anzahl wertvoller Beobachtungen sammelte. Gelehrte und Bergsteiger, wie *Ch. Packe*, *Graf H. Russell*, *E. Frossard*, *F. de Cardaillac*, *J. Grenier* etc., die sich ebenfalls mit der Erforschung der Pyrenäen beschäftigten, gründeten im Jahre 1865 die *Société Ramond*, die von da an eine recht erspriessliche Tätigkeit entwickelte und in einem nach ihr benannten jährlichen Bulletin die Ergebnisse der einschlägigen Forschungen und Besteigungen veröffentlichte. Zu jener Zeit hatten auch die topographischen Beobachtungen und Messungen französischer Offiziere begonnen, die zur Erstellung der Generalstabskarte von Frankreich im Maßstab 1:80 000 führten, wobei manche wertvolle topographische Beschreibung abgefasst wurde.

Der französische Alpenklub (C. A. F.) hat sich durch Herausgabe von Kartenwerken und topographischen Berichten über die Pyrenäen verdient gemacht.

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts erschien sodann das «*Bulletin de la Société d'Histoire naturelle de Toulouse*», das eine Reihe wertvoller naturwissenschaftlicher Beobachtungen und Abhandlungen über die französischen Pyrenäen brachte, und in neuester Zeit hat sich die von *D. Faucher* begründete Zeitschrift «*Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*» weitgehend mit geographischen Erscheinungen der französischen Pyrenäen und ihres Vorlandes befasst. Dass andere führende Fachschriften, wie z. B. die «*Annales de Géographie*», «*La Géographie*» etc. gelegentlich auch Abhandlungen über Stoffgebiete der Pyrenäen publizierten, sei hier beiläufig erwähnt; auf spezielle Arbeiten werden wir später noch eintreten.

Nur in wenigen Werken werden die Pyrenäen als gesamtes Gebirge behandelt. Gegenüber dem Werk von *Dralet* vom Jahre 1813, erscheinen die Darstellungen in der «*Grande Ecyclopédie*» und in *Reclus* «*Géographie Universelle*» verhältnismässig summarisch.

C. d'Almeida hat 1893 in seiner Dissertation mehr eine literarhistorische Darstellung über die Erschliessung der Pyrenäen geboten, während sich *Franz Schrader*, der verdiente Kartograph der Pyrenäen, und *M. Sorre* eingehender über die physikalische Geographie des Gebirges geäussert haben; neben einem allgemeinen geographischen Ueberblick hat überdies *M. Sorre* eine wenn auch knapp gefasste Charakteristik der einzelnen natürlichen Hauptgebiete der französischen Pyrenäen gegeben. Schliesslich sei noch die ebenfalls knapp gehaltene, aber mit guten Abbildungen versehene Gesamtdarstellung der Pyrenäen von *Erwin Scheu* in *F. Klutes* Handbuch der geographischen Wissenschaft erwähnt.

Der morphologischen Erforschung der Pyrenäen gingen die Untersuchungen über Ablagerungen der eiszeitlichen Gletscher voraus, und diese Untersuchungen haben insbesondere das Studium der zahlreichen Bergseen, Zirken, Rundbuckel und Talstufen und dasjenige der Talbildung in den Pyrenäen angeregt.

Jean de Charpentier, der sich bereits um die geognostische Erforschung der Pyrenäen Verdienste erworben hatte, war der erste, der das erratische Phänomen in jenen Tälern erkannte und, gestützt auf das Vorkommen von zerstreuten Granitfindlingen in den nördlichen Kalkzonen, eine grosse Ausdehnung der diluvialen Gletscher in den Haupttälern der französischen Pyrenäen annahm (Lit. 7). Seine Lehre von der ehemaligen Vergletscherung jenes Gebirges wurde durch die lokalen Untersuchungen von *Durocher*, *Charles Martins*, *Colomb*, *Leymerie*, *Baysselance* u. a. bestätigt, und 1883 vermochte *Albr. Penck* eine zusammenfassende Darstellung, die sich teilweise auf eigene Beobachtungen stützte, von der «Eiszeit in den Pyrenäen» zu geben (Lit. 8—11).

Seither hat die Eiszeitforschung in diesem Gebirge weitere Fortschritte gemacht, worüber der Verfasser bereits in seiner Abhandlung über die diluviale Vergletscherung in den östlichen Pyrenäen und in seiner Arbeit über die «Seen der Pyrenäen» berichtete (Lit. 12, 13).

Weiterhin sind den in grösseren Pyrenäentälern vorkommenden Terrassen, die sich meist bis weit ins Vorland des Gebirges hinaus fortsetzen, von den Forschern grössere Aufmerksamkeit geschenkt worden. Einige dieser Autoren glauben, solche Terrassen mit einer Mehrzahl von Eiszeiten in Verbindung setzen zu dürfen, wie z. B. *H. Obermaier* (Lit. 17). Ueberblicken wir die zurzeit vorliegende Literatur, so lässt sich als einigermaßen gesichertes Ergebnis etwa Folgendes festhalten:

In den grossen Tälern der französischen Pyrenäen kommen drei bis vier verschieden hohe Aufschüttungsterrassen diluvialen Alters vor, von denen eine der tieferen und jüngeren als Niederterrasse, eine der höheren als Hochterrasse bezeichnet worden sind. Solche in den Tälern der Ariège und der Garonne wurden von den meisten Forschern mit Moränen der beiden letzten Eiszeiten in Verbindung gebracht (*Mengaud, L. Carez, Chaput, Denizot, D. Faucher, Obermaier, R. Pic, L. Goron*).

Ähnliches dürfte auch für die in der Umgebung von Lourdes, sowie im Tal von Ossau auftretenden Schotterterrassen gelten. Die an der grossen, an Granitblöcken reichen Endmoräne unterhalb Arudy beginnende Niederterrasse füllt ein altes Tal aus, das nach *Penck* vor der letzten Eiszeit existiert hat. Die höhere Terrasse, die bei der Station Buzy an Altmoränen einsetzt, und in deren Nähe fluvioglazialen Charakter aufweist (gekritzte Gesteine) darf als Hochterrasse bezeichnet werden. Sie lässt sich bis zum Dorf Escou verfolgen, wo sie mit einem Erosionsrand endet.

Mit der Niederterrasse des Ossautales steht offenbar die von *L. Carez* beschriebene, 25 m mächtige Schotterterrasse des Aspetales in engem Zusammenhang. Bei Oloron-Ste-Marie, wo sich die beiden Täler vereinigen, weisen beide Terrassen das gleiche Meeresniveau von 230 m auf, und sie lassen sich flussabwärts auf beiden Ufern gegen 40 km weit bis unterhalb Sauveterre verfolgen, bis dorthin überall von einem 12—15 m tieferen Erosionsniveau begleitet.

Flussaufwärts reicht die Terrasse von Ste-Marie bis nach Sarrance, wo sie aus grobem und schlecht geschichtetem erraticem Material besteht. Diese Bildung stellt offenbar den Uebergangskegel von Moräne zu Schotter des letzteiszeitlichen Aspegletschers dar.

Wie im Tal von Ossau, so wird auch im Aspetal die Niederterrasse von einer älteren, 20—30 m höheren Terrasse überragt, die bei Eysus, Arros, Gurmençon und Mounour aufgeschlossen

ist und stark verlehnten, groben Schotter aufweist. Ihr entspricht an Höhe die aus löcheriger Nagelfluh bestehende Terrasse im Seitental von Issor. Allerdings vermag man den Zusammenhang der älteren Terrasse mit Altmoräne nicht nachzuweisen, weil Endmoränen im Aspetal überhaupt fehlen, ein Umstand, der sich wohl auf die starke Brüchigkeit des Erratikums dieses Tales zurückführen lässt, in welchem widerstandsfähige, zu Blockbildung geeignete Granite, wie sie noch im Tal von Ossau vorkommen, nicht anstehen. Immerhin trifft man in den genannten diluvialen Schottern Ophit- und Kalkblöcke bis zu 1 m Länge häufig an, aber meist mit Spuren von Abrollung durch den Fluss.

Aus Analogie mit den beiden Schotterbildungen des benachbarten Ossautales darf man auch für das Aspetal eine zweifache Vergletscherung annehmen, um so mehr, als sich in der Umgebung von Bedous und bei Lescun gut entwickelte Moränenablagerungen vorfinden.

Die beiden von *R. Pic* näher beschriebenen Schotterterrassen im Tale der Neste d'Aure stehen mit der Nieder- und der Hochterrasse des Garonnetales in ähnlichem Verhältnis wie die oben skizzierten Terrassen des Ossau- und des Aspetales.

Nachdem schon im Jahre 1823 *Jean de Charpentier* das reichliche Vorkommen von Seen in den hochgelegenen Talzirken der Pyrenäen hervorgehoben hatte, äusserte sich *Durocher* 1844 über die Entstehung jener Kesseltäler und der in ihnen liegenden Seen, indem er dieselben den Wirkungen vulkanischer Kräfte zuschrieb.

1866 veröffentlichte *Em. Frossard* eine Abhandlung über die Lage und Grösse zahlreicher Seen der Pyrenäen.

1867 stellten *F. Zirkel* und *Elisée Reclus* den stufenförmigen Aufbau zahlreicher Pyrenäentäler fest, und sie zeigten an Beispielen das Vorkommen von verschiedenen aufeinanderfolgenden Talstufen (Lit. 25, 26).

Im gleichen Jahre gab *Ch. Packe* eine eingehende Beschreibung der Lage und Grösse verschiedener Seen, namentlich im Gebirge von Luchon; seine Darstellung ist noch heute lesenswert.

1871 schrieb *Ch. Martins* über die Ursache des Fehlens grosser Seen am Fusse der Pyrenäen.

In den Jahren 1873 und 1874 verfasste *Dr. Jeanbernat* damals viel beachtete geographische Studien über die in den Pyrenäen vorkommenden Seen, deren Zahl er auf 569 schätzte; weitaus die meisten kämen in der Höhe von über 1500 m vor.

Die einen dieser Seen seien durch Moränen alter Gletscher oder durch Bergsturzmassen gestaut, andere infolge von Einstürzen entstanden (Lit. 28).

Eine ähnliche Auffassung finden wir 1878 auch bei *Mallada* in seiner geograph-geologischen Beschreibung der Provinz Huesca.

In der grundlegenden Arbeit von *A. Penck* über die Eiszeit in den Pyrenäen gab der Verfasser auch reichhaltiges Material über das Vorkommen der Pyrenäenseen in verschiedenen Talstufen und Zirken, in bestimmten Höhenlagen und Gesteinszonen bekannt; sie sollen namentlich in den aus Granit aufgebauten Gebirgen in grosser Anzahl auftreten. Die Entstehung der in Felsbecken liegenden Seen führt *A. Penck* auf Gletschererosion zurück.

Höhenangaben mehrerer Seen finden sich in mehreren Jahrbüchern des französischen Alpenklubs (1882—1887); unter den Mitgliedern, die damals Messungen ausführten, befanden sich *E. Belloc*, *L. Carez*, *Fr. Schrader*, *C. Packe*, *Wallon*, *Garrigou*, *Mallada*, alles Männer, die sich um die wissenschaftliche Erforschung der Pyrenäen verdient gemacht haben.

In den Jahren 1892—1896 wurden nun in den französischen Pyrenäen auf wissenschaftlichen Methoden beruhende Untersuchungen über Tiefe, Fläche, Temperatur, Fauna und Flora der grösseren Seen durch *Emil Belloc* und *A. Delebeque* vorgenommen, über deren Ergebnis ausführliche Berichte vorliegen (Lit. 29, 30). Den Arbeiten dieser Forscher kommt grosse wissenschaftliche Bedeutung zu; denn erst durch sie hat man ein genaueres Bild von den topographischen, geologischen und limnologischen Verhältnissen der gegen 25 untersuchten Seen erhalten. Verdienstvoll sind ferner die Arbeiten des Abbé *L. Gaurier* über die Seen der französischen Pyrenäen (Lit. 31).

In der Frage der glazialen Entstehung der Pyrenäenseen verhielten sich *Delebecque*, *Belloc* und *L. Gaurier* durchaus ablehnend. Dagegen haben andere Forscher die Bildung dieser Seen, die grösstenteils in Felsbecken liegen, in Beziehung zu den Gletschern der Eiszeit gebracht, sei es, dass es sich um Moränenseen oder um in Fels ausgeschliffene Becken handelt, so *M. Mengaud* (1910), *M. Sorre* (1922), *M. Roubault* (1930), *D. Faucher* (1933). Von diesen Autoren ist allerdings der Vorgang der Eintiefung durch Gletschererosion nicht näher erörtert worden. Dagegen ist der Verfasser auf diese Frage eingetreten und hat in seiner Arbeit über die «Seen der Pyrenäen» versucht, den Prozess der Seebildung auf die ungleiche Mächtigkeit der Gletscher und auf Ungleichheiten der Gesteinsbeschaffenheit des Untergrundes und der Talgestaltung zurückzuführen (Lit. 13).

In dieser Arbeit wird eine Zusammenfassung der Ergebnisse 10jähriger Studien und Forschungen über die Geographie und Morphologie der Pyrenäenseen gegeben. An Hand von Kartenstudien und vielfacher Wanderungen in den Pyrenäen konnte der Verfasser ihre Gesamtzahl auf 1070 feststellen. Es handelt sich hierbei grösstenteils um kleinere Gebirgsseen, von denen die grössten 2,5 km lang und zirka 100 m tief sind.

Diese Seen sind nun vom Verfasser nach ihrer Lage zu Flussgebieten, Gebirgsgruppen, Höhenstufen und Gesteinszonen untersucht worden, woraus sich Schlüsse auf ihre Entstehung ergaben. Die meisten tiefen Seen liegen in Felsbecken, die von den Gletschern der Eiszeit ausgeschliffen worden sind; viele durch Moränen gestaute, meist nur wenig tiefe Seen zeigen ebenfalls Beziehungen zur Eiszeit. Gegen 950 dieser Seen sind als Karseen anzusehen. Eine grössere Anzahl solcher Seen sind als Wasserreservoirs in den Dienst zur Erzeugung von elektrischer Kraft herangezogen worden.

Weniger zahlreich als über die Bergseen der Pyrenäen sind Arbeiten über die Talbildung im allgemeinen, sowie über ältere Züge der Abtragung im Landschaftsbild der Pyrenäen. Jedoch liegen auch hier einige aus neuerer Zeit stammende bemerkenswerte Untersuchungen vor.

Wir erwähnen in erster Linie *R. Blanchard*, «La morphologie des Pyrénées françaises»; dieser Verfasser macht auf den Gegensatz von älteren, senilen Abtragungsformen und den in sie eingeschnittenen, jugendlichen Flusstälern, ferner auf typische glaziale Talformen, wie Trogtäler, Hängetäler und Kare, aufmerksam (Lit. 33).

Ebenso beschäftigte sich der Verfasser seit 1923 hauptsächlich mit glazialgeologischen und morphologischen Erscheinungen der östlichen Pyrenäen und veröffentlichte ausser den bereits genannten Arbeiten noch einige kürzer gehaltene Abhandlungen in den Jahren 1930, 1931 und 1934, als Ergebnis von Beobachtungen, die sich teils auf den Gegensatz von glazialen und fluviatilen Abtragungsformen, teils auf ältere, senile, durch subaërische Abtragung entstandene Bergformen und schliesslich teils auf die Talbildung im allgemeinen in den genannten Gebieten bezogen (Lit. 12 bis 16).

Hinsichtlich der Talbildung in den östlichen Pyrenäen gelangte der Verfasser zu den folgenden allgemeinen Ergebnissen:

In diesem Gebiet ist der Gegensatz der Formen ehemals vergletschter und unvergletschter Täler sehr deutlich ausgesprochen. Die meisten echten Flusstäler machen den Eindruck der Jugendlichkeit; sie sind sehr tief und eng in den Gebirgskörper eingeschnitten und werden von steilen Hängen begleitet; nicht selten nehmen sie schluchtartigen Charakter an, oder sie besitzen eine schmale V-Form im Profil. Dies gilt namentlich für die unteren Teile der Täler, wo die Hänge fast überall bis zu 150 m Höhe eine grosse Steilheit aufweisen. Nach der Höhe zu stellen sich Geländeknicke oder sogar Terrassen ein, und die Abhänge sind sanfter geböscht. Ueberblickt man die Gestaltung solcher Täler, so erhält man die Ueberzeugung, dass ihre Eintiefung in drei bis vier Hauptperioden erfolgt ist: Das älteste Tal

besass die sanftesten Böschungen: diese führen namentlich in den Tälern der Tet, des Aude und der Ariège zu breiten Rücken subaërischer Abtragung hinauf, deren Entstehung in die mittlere Tertiärzeit (Mittelmiocän) anzunehmen ist. Dieser Zeit gehört auch die Bildung des breiten Beckens der Cerdagne an, dessen Sohle mit obermiocänen und pliocänen Ablagerungen bedeckt ist. Im Mündungsgebiet des Tech, der Tet und des Agly bis 150 m über dem Meeresspiegel vorkommendes marines Pliocän (nach *O. Mengel*) beweist allgemein junge Hebung des Gebietes; dieselbe hatte eine beträchtliche Eintiefung der Flüsse im Unter- und Mittellauf zur Folge.

Im Oberlauf zahlreicher Flüsse der östlichen Pyrenäen finden wir Stufenbau sowohl der Haupttäler wie auch der Nebentäler; dazu Trogform, Kare und Wechsel von Stufenriegeln mit Becken. Die Riegel tragen Gletscherschliffe, und die Trogform lässt sich bis zu den Endmoränen eiszeitlicher lokaler Gletscher verfolgen.

Der Gegensatz der Formen zwischen vergletscherten und unvergletscherten Tälern, der bei den oben genannten Flüssen im Unterschied zwischen Oberlauf und Mittel- und Unterlauf zum Ausdruck kommt, lässt uns annehmen, dass die infolge der jungtertiären Hebung des Gebirges eingesetzte Talvertiefung das Oberlaufgebiet noch nicht erreicht hatte, als die Vereisung begann. Die diluvialen Gletscher legten sich in die älteren Talformen und gestalteten sie entsprechend ihrer Ausdehnung um, während gleichzeitig die Flüsse im Mittellauf an der Tiefenerosion energisch tätig waren.

Fast gleichzeitig wie der Verfasser waren in den Ostpyrenäen geologisch und morphologisch auch die drei von Holland kommenden Herren *Roggeveen*, *Boissevain* und *Pannekoek*, tätig, und ihre schönen und einlässlichen Arbeiten dürfen als wertvolle Beiträge zur Geologie und Morphologie der Ostpyrenäen betrachtet werden (Lit. 34, 35).

Das gleiche gilt von den mehrheitlich im spanischen Gebiet der östlichen Pyrenäen ausgeführten Untersuchungen von *M. Chevalier*, *W. Panzer*, *L. Garcia-Sainz* und *Pierre Birot* (Lit. 36—39).

Sodann liegen ausser den bereits genannten Arbeiten von Mengaud und Faucher noch morphologische Arbeiten aus dem Gebiet der Ariège von *Canal* und *Goron* vor, mit denen wir uns noch zu beschäftigen haben werden (Lit. 40).

Schliesslich kommt *Fr. Machatschek* in seinem neuesten grossen Werk «Das Relief der Erde» auf die Morphologie der östlichen Pyrenäen zu sprechen, und indem er auf die von den oben genannten Autoren verfassten neueren Arbeiten hinweist, fügt er bei, dass sich trotzdem noch kein übereinstimmendes Bild

in der morphologischen Entwicklung dieses Gebietes ergebe (Lit. 41).

Diese Bemerkung sowie neuere Begehungen des Verfassers rechtfertigen die Abfassung der vorliegenden Arbeit, in der versucht wird, die Ergebnisse der neueren Literatur und eigener Beobachtungen übersichtlich darzustellen.

Literaturnachweise.

1. *M. Dralet*, Description des Pyrénées, 2 vol. Paris 1813.
2. *Camena d'Almeida*, Les Pyrénées, développement de la connaissance géographique de la chaîne. Diss. A. Colin. Paris 1893.
3. *Camena d'Almeida*, La France, Ed. A. Colin, Paris 1906 (die Pyrenäen sind hier auf 10 Seiten behandelt).
4. *Franz Schrader*, Aperçu sommaire de l'Orographie des Pyrénées. Ann. Cl. Alp. Fr. 1885.
5. *Fr. Schrader*, Aperçu géographique et historique des Pyrénées. Les Guides bleus. (24 p.). Libr. Hachette, Paris 1933.
6. *M. Sorre*, Les Pyrénées. (216 p.). Edit. Collection A. Colin, Paris, 1922.
7. *J. de Charpentier*, Essai sur les glaciers. Lausanne 1841. p. 210.
8. *Durocher*, Sur les traces de phénomènes diluviens dans les Pyrénées. C. R. Acad. Sc. 1841.
9. *Baysselance*, L'ancien glacier de la vallée d'Ossau. Bull. Soc. Ramond 1875.
10. *Ch. Martins* et *Colomb*, Essai sur l'ancien glacier de la vallée d'Argelès. Bull. Soc. géol. II^e série, t. 25.
11. *A. Penck*, Die Eiszeit in den Pyrenäen. Mitt. Ver. für Erdk. Leipzig 1883. p. 163—231.
12. *F. Nussbaum*, Die diluviale Vergletscherung der östlichen Pyrenäen. G. Zeitsch. 1928.
13. *F. Nussbaum*, Die Seen der Pyrenäen, Mitt. Nat. Ges. Bern 1934.
14. *F. Nussbaum*, Morphologische Studien in den östlichen Pyrenäen. Zeitsch. Ges. für Erdk. Berlin 1930.
15. *F. Nussbaum*, Sur des surfaces d'aplanissement d'âge tertiaire dans les Pyrénées Orientales. C. R. Congr. Int. Géogr. Paris 1931.
16. *F. Nussbaum*, Ueber Talbildung in den östlichen Pyrenäen. Jahresb. Geogr. Ges. Bern 1934.
17. *H. Obermaier*, Beiträge zur Kenntnis des Quartärs in den Pyrenäen. Arch. für Anthrop. Bd. 4. N. F. 1906.
18. *L. Mengaud*, Contribution à l'étude du Glaciaire et du Terrasses de l'Ariège et du Salat. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse 1910.
19. *E. Chaput*, Recherches sur l'Evolution des Terrasses de l'Aquitaine. Ebendort, 1927.
20. *G. Denixot*, Note sur la morphologie, sur l'évolution et sur l'âge des terrasses toulousaines. Ebendort, 1928.
21. *D. Faucher*, Le Glacier de l'Ariège dans la basse vallée montagnarde. Mém. Géogr. Grenoble 1932.
— L'Originalité physique des Pyrénées de l'Ariège. Rev. des Pyr. t. VIII 1937.
22. *L. Carex*, Géologie des Pyrénées. 6 vol. Paris 1909.
23. *R. Pic*, Les Terrasses de la Neste-Garonne. Rev. Géogr. des Pyr. et du S. O. t. IV. 1933.
24. *E. Frossard*, Les Lacs des Pyrénées, Bull. Soc. Ramond, 1866.
25. *F. Zirkel*, Physiographische Skizzen aus den Pyrenäen. Das Ausland 1867.
26. *Elisée Reclus*, La Terre, VII. p. 539. 1867.
27. *Ch. Packe*, A Guide to the Pyrenees, London, 1867.

28. *Jeanbernat*, Etude monographique sur les lacs des Pyrénées. Bull. Soc. Sc. phys. et nat. Toulouse, 1873.
29. *E. Belloc*, Etude sur l'origine, la formation et le comblement des Lacs dans les Pyrénées. Assoc. franç. pour l'avanc. d. sc. 1892.
30. *A. Delebecque*, Sur quelques lacs des Alpes, de l'Aubrac et des Pyrénées. C. R. Acad. Sc. 1895.
31. *L. Gaurier*, Travaux de Glaciologie et d'Hydrologie aux Pyrénées, 1896—1926. Bull. Sect. scient. C. A. Fr. 1925.
32. *D. Faucher*, Les lacs des Pyrénées françaises et la morphologie glaciaire pyrénéenne. Rev. Géogr. des Pyrénées. t. IV. 1933.
33. *R. Blanchard*, La morphologie des Pyrénées françaises. Annales de Géogr. 1914. t. 23. p. 303—324.
34. *H. Boisservain*, Etude géologique et géomorphologique de la Haute-Sègre. Bull. Soc. d'Hist. Nat. Toulouse, 1834.
35. *A. J. Pannekoek*, Die jungtertiäre morphologisch-tekton. Entwicklungsgeschichte der östlichen Pyrenäen. Géologie des Pays Catalans, 1937.
36. *M. Chevalier*, Notes sur les terrains néogènes de la Cerdagne. Bull. Inst. cat. Hist. Nat. 1925.
37. *L. Garcia-Sainx*, Los vestigios de Epoca glaciär en el val de Flamisell. Publ. Soc. Geogr. Nac. Madrid, 1933.
38. *W. Panzer*, Talentwicklung und Eiszeitklima im nordöstlichen Spanien. Abh. Senckenberg. Nat. Ges. Frankfurt, 1926.
— Die eiszeitlichen Endmoränen von Puigcerda. Z. f. Gletscherk. 1932.
39. *Pierre Birot*, Recherches sur la Morphologie des Pyrénées Orientales franco-espagnoles. Paris 1937.
40. *L. Goron*, Les Unités topographiques du Pays ariégeois, le rôle des cycles d'érosion tertiaires etc. Rev. Géog. des Pyr. VIII 1937.
41. *Fr. Machatschek*, Das Relief der Erde, Bd. I. Verlag Bornträger, Berlin, 1938.

2. Zur Kartographie der Pyrenäen.

Das Kärtchen Fig. 1 veranschaulicht uns in erster Linie die Tatsache, dass bis zur Grenze der beiden grossen Staaten Frankreich und Spanien ganz verschiedenartige Kartenaufnahmen vorliegen, so auf der Nordseite die Carte de l'Etat Major de France 1:80 000, die als Schraffenkarte ungefähr unserer Dufour-Karte entspricht, aber in vielen Einzelheiten der Terrainwiedergabe doch recht ungenau ist; ihr steht auf der Südseite die Mapa itinerar de España im Maßstab 1:200 000 gegenüber, auf der wohl Flüsse, Wege und Ortschaften angegeben, aber kein Gelände, kein Relief eingezeichnet ist.

Für das französische Gebiet ist später auch eine Kurvenkarte in 1:200 000 geschaffen worden, die einen sehr guten Ueberblick über die Orographie der nördlichen Abdachung bietet. Aus der Darstellung von *H. Beraldi* («Cent ans aux Pyrénées»), dürfte hervorgehen, welcher Anstrengungen es bedurfte, um die genannten Karten zu schaffen. Unter den ersten französischen Topographen haben sich insbesondere *Coraboëuf*, *Testu*, *Peytier* und *Hossard* verdient gemacht. Ihnen folgten mit bemerkenswerten Arbeiten, namentlich auf der spanischen Seite, *M. Wallon*, *Fr. Schrader*,

Prudent und *Saint-Saud*. Als wesentliches Ergebnis jener Epoche verdient die Karte von *Fr. Schrader* in 1:100 000, «*Carte des Pyrénées Centrales*», erwähnt zu werden.

Die Erstellung präziser, auf genaueren Nivellements beruhender Isohypsenkarten grösseren Maßstabes war dem 20. Jahrhundert vorbehalten. Auch hierbei ist *Fr. Schrader* mit seiner prächtigen Karte von Gavarnie vorangegangen; sodann erschienen die *Carte du Vignemale* von *Alph. Meillon* und die von Andorra, aufgenommen von Chevalier. Die Ausnützung der Wasserkräfte in den an Bergseen reichen Massiven veranlasste die Schaffung der Karte von Tabescan und die in besonders grossem Maßstab aufgenommene und sehr genaue Karte des Schweizer Topographen *Aegerter* der «Lagos de Capdella».

In jüngster Zeit ist durch die staatlichen Organe von Spanien die Herausgabe von Kurvenkarten im Maßstab 1:100 000 und 1:20 000 begonnen worden, und bereits sind mehrere Blätter der Umgebung von Ribas-Seo de Urgel erschienen. Leider konnte der Verfasser sie für seine Aufnahmen nur zum kleinsten Teile verwenden.

a) Allgemeine Karten.

1. Carte de l'Etat Major de France, 1:80 000, feuilles 227—232, 238—244, 250—257. H. Barrère, édit. Paris.

2. Carte de France à 1:200 000. Feuilles 70 Tarbes, 71 Toulouse, 70 Luz, 77 Foix, 78 Perpignan. Dressé, gravé et publié au Service Géographique de l'Armée, Paris.

3. Carte touristique de France 1:400 000, Feuille XIV Toulouse. H. Barrère, Paris, 1913.

(Auf dieser in Schummerung gehaltenen Karte ist das Pyrenäengebirge zwischen Perpignan und Pau einheitlich dargestellt; die Karte reicht im Süden bis Poble de Segur — Figueras.)

Mapa militar itinera de España. Publicado por el Deposito de la Guerra en 1916. Hojas 7, 8, 9, 17, 18, 19, 27, 28, 29. Escala de 1:200 000.

4. Mapa de España. Escala de 1:500 000. Hoja 2, 3. (In Schummerung und Isohypsen mit 200 m Equidistanz.)

b) Spezialkarten.

1. Les Pyrénées Centrales, par F. Schrader, 6 feuilles. Club Alpin français. 1:100 000.

2. Lagos de Capdella. Maßstab 1:10 000, Equidistanz der Isohypsen 10 m. Aufgenommen von L. Aegerter, Energia Electrica de Cataluña, Barcelona, 1923.

3. Les Vallées d'Andorre. Carte levée et dessinée par Marcel Chevalier. Echelle 1:50 000. Chambéry 1925.

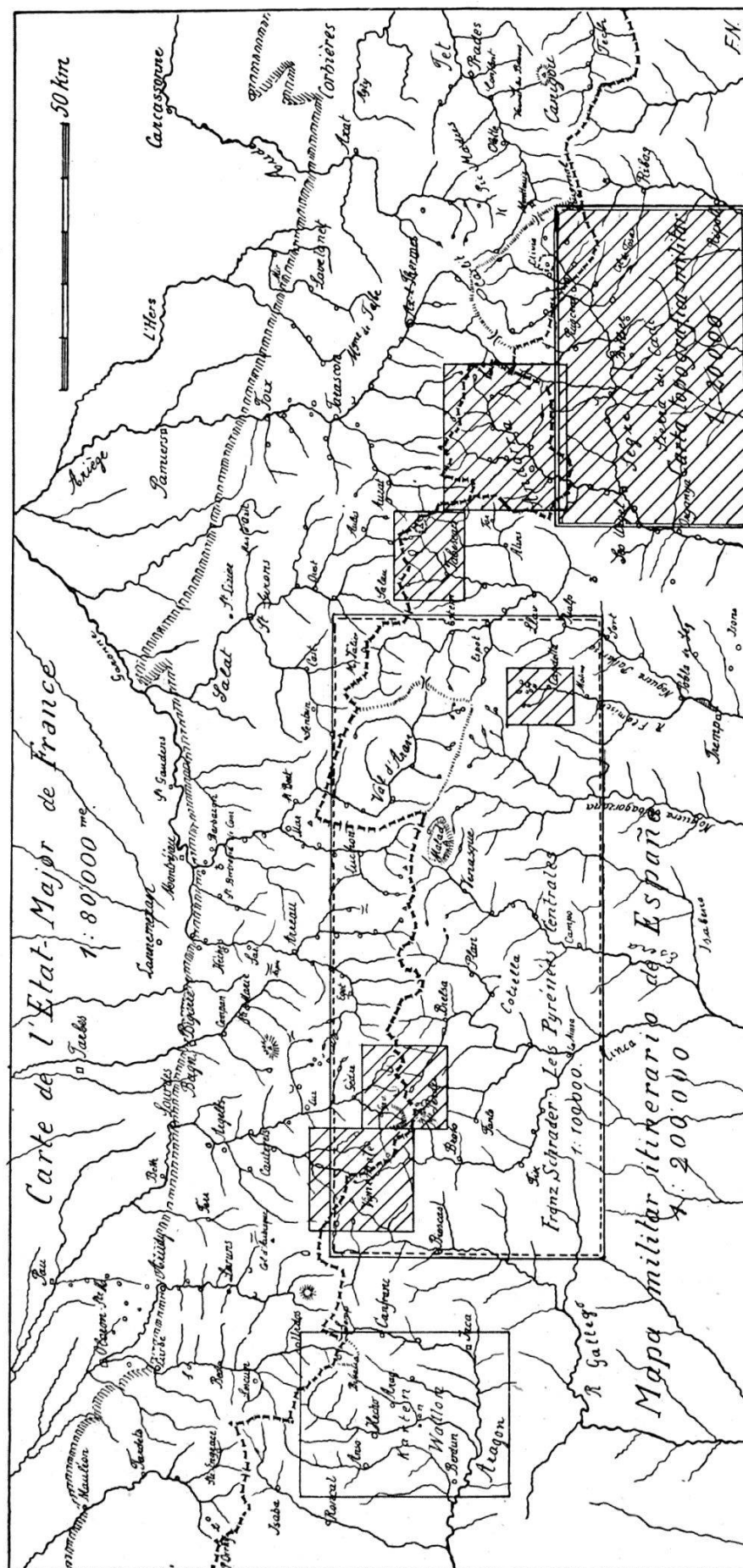


Abbildung 1. Uebersichtskarte der kartographischen Darstellung der Pyrenäen in der Gegenwart.

Die Hauptkarten in den Maßstäben 1:80 000 und 1:200 000 reichen bis zur polit. Grenze. Durch schräge Schraffur sind die neueren, grossmasstäbigen Isohypsenkarten angegeben.

4. Tabescan. Echelle 1: 20 000. Levée et dessinée par la Société Française de Stéréotopographie, Paris. Auf Veranlassung der Energia Electrica de Cataluña S. A., Barcelona.

III. Topographischer Ueberblick über die östlichen Pyrenäen.

Ein Blick auf die Europakarte zeigt uns, dass die Pyrenäen bedeutend kürzer und schmaler sind als das in mächtigem Bogen verlaufende, 1200 km lange Alpengebirge. Sie erstrecken sich bei einer Länge von 430 km vom Cap Cerbère im O bis zu der in 567 m Meereshöhe liegenden Einsattelung des Col de Azpiroz, über welchen die Strasse St. Sebastian—Pamplona führt. Hier beginnt das System des Kantabrisch-Asturischen Gebirges, das zwar die westliche Fortsetzung der Pyrenäen bildet, aber eine von diesen abweichende geologische Struktur besitzt.

Von älteren Autoren sind die Pyrenäen wegen ihrer angeblichen Regelmässigkeit in der Anordnung von Haupt- und Nebenketten etwa mit dem Bilde eines Farnkrautes verglichen worden, in der Meinung, dass sich von einem Hauptkamme zahlreiche Seitenkämme fest senkrecht und in regelmässigen Abständen abzweigen. Nach *A. Penck* stellen die Pyrenäen «orographisch ein ausgezeichnetes Kettengebirge dar, mit einer Kammlinie, die als Muster gelten könnte» (Lit. 1). *M. Sorre* weist jedoch auf den Mangel an Symmetrie in der Lage des Hauptkammes hin und führt aus, dass die nördlichen Seitenkämme bedeutend kürzer sind und steiler abfallen als die der spanischen Abdachung (Lit. 2). Eine solche Asymmetrie der Talordnung ist nach *Krümmel* und *Supan* auch bei andern Gebirgen beobachtet und auf die infolge reichlicher Niederschläge an Regenseiten stärker wirkende Talbildung zurückgeführt worden; bei den Pyrenäen aber müsse eine Ausnahme von dieser Regel vorliegen, da ihre längere südliche Abdachung durch Trockenheit ausgezeichnet sei (Lit. 3). *Fr. Schrader* hat sodann auf das Vorkommen von niedrigen randlichen Längsketten auf beiden Seiten des Gebirges, sowie auf das Auftreten von Massiven im Bereiche des Hauptkammes aufmerksam gemacht; beides Erscheinungen, welche das orographische Bild der Pyrenäen reichhaltiger und abwechslungsreicher gestalten und, wie vom gleichen Autor in Verbindung mit *E. de Margerie* gezeigt wurde, durch den geologischen Bau des ganzen Gebirges bedingt sind (Lit. 4, 5).

Gebirge mit einer ausgesprochenen Hauptkette und zahlreichen, von dieser ausgehenden Nebenketten, die durch entsprechend verlaufende tiefe Quertäler von einander getrennt sind, während Längstäler zurücktreten, sind von *A. Supan* als Kammgebirge bezeichnet worden. Mit dem gleichen Autor

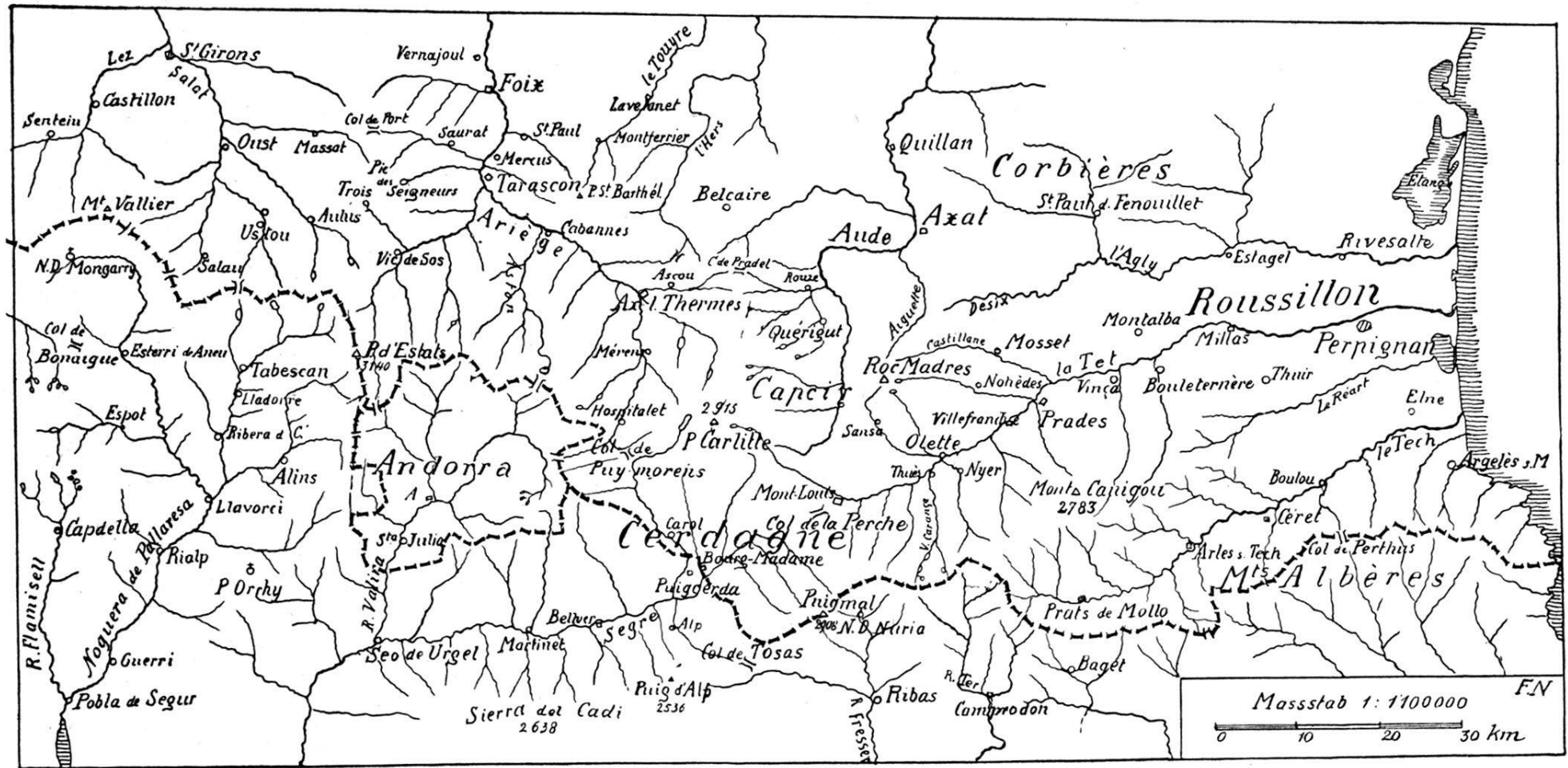


Abbildung 2. Topographische Uebersichtskarte der östlichen Pyrenäen.

Der nördliche Gebirgsfuss verläuft ungefähr vom Etang de Leucate westwärts über Quillan — Lavelanet — Vernajoul und St Giron.

verstehen wir aber unter *Kettengebirgen* solche Gebirge, die vorwiegend aus einer Aneinanderreihung mehr oder weniger parallelen Ketten oder Kämmen bestehen und zwischen denen sich durch die Struktur bedingte Längstäler vorfinden, also orographische Merkmale, wie wir sie in ganz besonders schöner Entwicklung etwa in unserem Jura, sowie im Appalacheengebirge vorfinden. An einer andern Stelle seiner «*Grundzüge der physischen Erdkunde*» (S. 623) bemerkt *A. Supan*, dass die Pyrenäen an der Nordseite fast nur Quertäler hätten, am Südabhange aber eine bedeutende Längs- und Quergliederung. Wenn auch diese Charakteristik nicht ganz zutreffend ist, so darf man doch die Pyrenäen zur Hauptsache als ein Kammgebirge mit unsymmetrischer Anordnung der Haupt- und Nebenkämme ansehen. Insbesondere trifft diese Auffassung für die zentralen und westlichen Pyrenäen zu, während allerdings die Ostpyrenäen durch ein rutenförmiges Auseinandergehen der Ketten (*Virgation*) und eine mehr oder weniger deutliche Anordnung von Längsketten und Längstälern gekennzeichnet sind (vergl. Abbild. 2).

So treten uns in den Ostpyrenäen drei 2300—2900 m hohe Hauptgebirgszüge entgegen, die Albères, die Canigou-Puigmal-Kette und das Roc-Madres-Massiv, die alle durch zahlreiche kürzere Seitenketten nach S und N stark gegliedert sind. Die zirka 60 km lange kristalline Kette der Albères, die mit der Sierra de Rosas beim Cap Creus am Mittelmeer beginnt und über die im O der vielbegangene Col de Perthus führt, verschmilzt im Quellgebiet des Tech mit der Mont-Canigoukette, die im P. Puigmal die Höhe von 2908 m erreicht. Diese Kette senkt sich westwärts bis zu dem 1800 m hohen Col de Tosas und setzt sich sodann in gleicher Richtung über die 2500 m hohe Tosa de Alp zu dem isoklinalen Längskamm der Sierra del Cadi (2660 m) fort, der an einem schmalen Quertal des Segre endet.

Nördlich von dieser vom Mt. Canigou bis zur Sierra del Cadi insgesamt 90 km langen Kette verläuft einer der auffälligsten Längstälzüge der Pyrenäen; er wird im östlichen Abschnitt durch den Unter- und Mittellauf des Tet-Tales gebildet und führt dann über den 1577 m hohen Col de la Perche nach dem den westlichen Abschnitt ausmachenden verhältnismässig breiten Längstal des Segre hinüber. Hier dehnt sich das eigenartige, in 1100—1300 m Höhe gelegene Becken der Cerdagne aus, das im W durch Talengen bei Martinet abgeschlossen wird. Auf diese folgen noch die Becken von Seo de Urgel, die der Segre durchfließt, um sich dann südwärts zu wenden und durch eine Flucht von Talengen ein langes Quertal zu durchströmen.

Vom genannten Col de la Perche führt eine flache Einsattelung nordwärts nach dem in 1400—1500 m Höhe gelegenen Becken des Capcir hinüber, das vom Aude-Fluss durchströmt wird. An dieses

Becken reicht das 2470 m hohe Roc Madres-Massiv heran, das sich nördlich des Tet-Tales erhebt und dem im NO das ausgesprochen kettenförmige Mittelgebirge der Corbières vorgelagert ist. Die Grenze zwischen beiden Gebirgen wird durch eine grossenteils tektonisch bedingte Längstalung des Agly-Flusses gebildet, der mit der Tet und dem Tech in die fruchtbare Tiefebene des Roussillon, eine typische Küstenebene einmündet, die teilweise aus den Alluvionen der genannten Flüsse besteht.

Ueber die Abgrenzung zwischen Ost- und Zentralpyrenäen herrscht unter den Geographen nicht Uebereinstimmung. Nach *Albr. Penck* verläuft die betreffende Grenzlinie vom Tal des Segre über den Col de la Perche nach dem Capcir und dem Aude hinüber, während von andern Autoren der Col de Puymorens als Grenze angenommen wird. Dieser Pass liegt westlich vom 2910 m hohen Carlitte-Massiv, dem Quellgebiet der Tet, und er verbindet die Täler der Ariège und des Rio Carol, eines Nebenflusses des Segre, miteinander.

Westlich vom Col de Puymorens erstreckt sich die östliche Hälfte der hier im Pic d'Estats 3140 m hoch aufragende Hauptkette der Zentral-Pyrenäen zirka 90 km weit bis zum Col de Bonaigue, über den die Hauptwasserscheide zwischen Garonne- und Ebrogebiet führt. An diesem Hauptkamm entspringen zahlreiche Flüsse, die sich teils nordwärts der Garonne zuwenden wie die Ariège mit ihren Zuflüssen, der Salat und die Lez, teils der südlichen Abdachung folgen wie der Valira aus Andorra und die drei Quellflüsse der Noguera de Pallaresa, die sich in den Segre ergiessen. Zu ihnen gesellt sich der Rio Flamisell, der das südlich vom Col de Bonaigue aufragende Granit-Massiv der Sierra de los Encantados entwässert.

Westlich des Col de Bonaigue folgt nun die imposantere und bis 3400 m hohe Westhälfte des Hauptkammes der Zentralpyrenäen, die durch eine Reihe von Granitstöcken gebildet wird, zwischen die sich metamorphe Schieferzonen einschalten. Ganz allgemein hat das gesamte Gebirge eine sehr bedeutende Abtragung erfahren. Bei näherer Betrachtung lassen sich jedoch noch sehr viele Beziehungen zwischen dem geologischen Aufbau und den orographischen Erscheinungen feststellen.

Diese Verhältnisse sollen im folgenden für die östlichen Pyrenäen angedeutet werden.

Literatur.

1. *A. Penck*, Einteilung und mittlere Kammhöhe der Pyrenäen. Jahresb. der Geograph. Ges. München 1885. H. 10.
2. *M. Sorre*, Les Pyrénées, Coll. Arm. Colin, Paris 1922.
3. *Al. Supan*, Grundzüge der physischen Erdkunde. Leipzig, 3. Aufl., 1903 (p. 625).
4. *Fr. Schrader*, Aperçu sommaire de l'Orographie des Pyrénées. Ann. C. A. Fr. 1885.
5. *Emm. de Margerie et Fr. Schrader*, Aperçu de la structure géologique des Pyrénées. Ann. C. A. Fr. 1891.

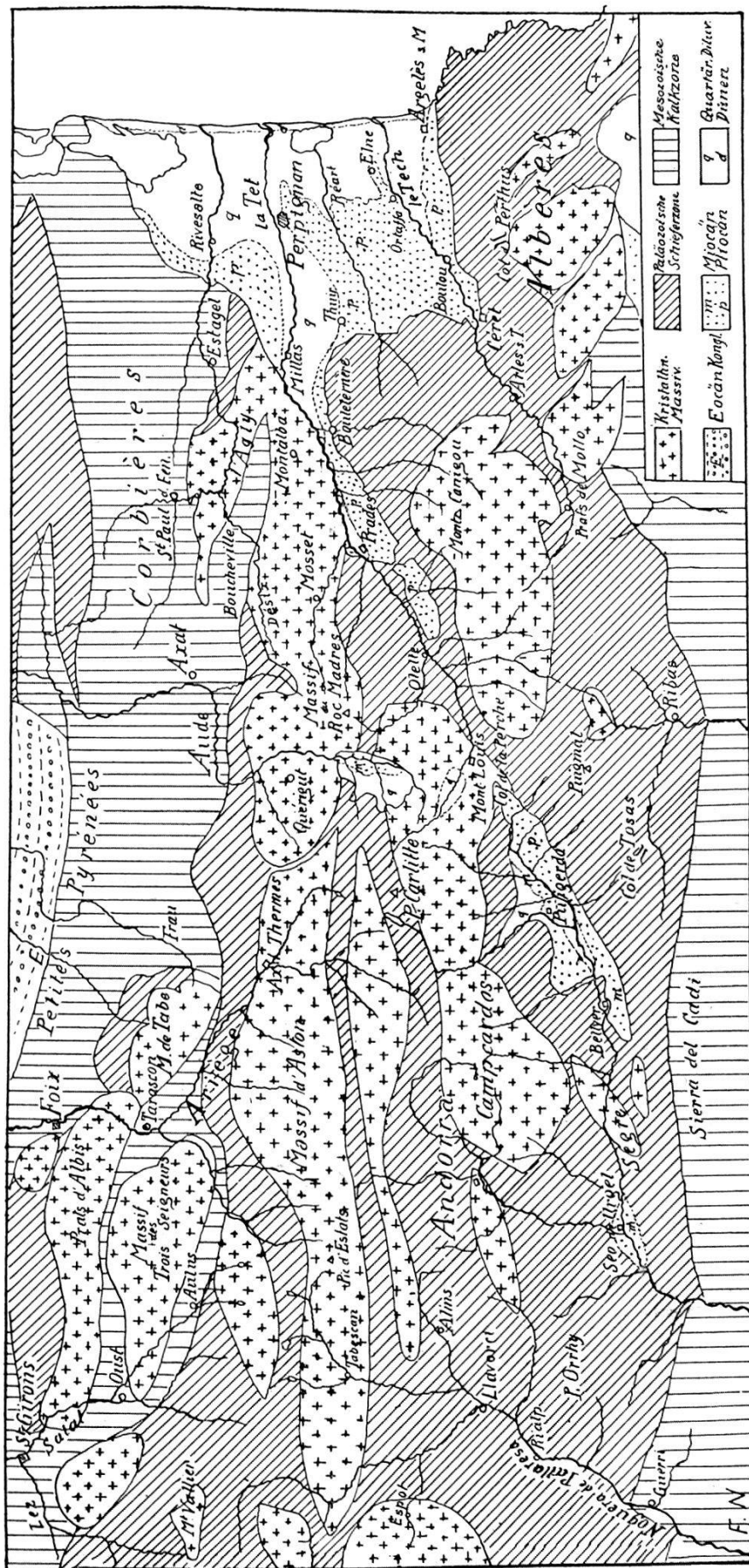


Abbildung 3. Geologische Uebersichtskarte der östlichen Pyrenäen.

(Nach den Aufnahmen von O. Mengel, L. Bertrand, E. de Margerie, J. Roussel, L. Mengaud u. a.)

IV. Ueber den geologischen Bau der östlichen Pyrenäen.

In Hinsicht auf den geologischen Aufbau weisen die Pyrenäen mit den Alpen insofern eine gewisse Aehnlichkeit auf, als sich bei beiden Gebirgen in der Längsausdehnung drei Hauptzonen erkennen lassen, und zwar eine nördliche und eine südliche Kalkzone und eine grossenteils aus kristallinen Gesteinen aufgebaute zentrale Gebirgszone. Diese Zentralzone setzt sich abwechselnd fast ausschliesslich aus granitischen Gebirgsstöcken, aus kristallinen schiefrigen Gesteinen, sowie aus paläozoischen, meist metamorphen Schiefern, Kalken und Quarziten zusammen, während die randlichen Sedimentzonen aus mesozoischen und alttertiären Schiefern, Kalken, Mergeln, Sandsteinen und Konglomeraten aufgebaut sind.

Gute Uebersichten über die oben angedeutete Anordnung der geologischen Längszonen bieten uns die geologische Karte der Pyrenäen von *E. de Margerie* und *F. Schrader*, zu der die Genannten einen zusammenfassenden Begleittext verfasst haben (Lit. 1), sowie die internationale geologische Karte von Europa, im Maßstab 1:1 500 000.

Für die östlichen Pyrenäen leisten uns treffliche Dienste die «*Carte géologique provisoire de la partie orientale des Pyrénées*» von *Léon Bertrand*, sowie die Blätter Céret, Prades, Hospitalet, Quillan, Foix der geologischen Karte von Frankreich (im Maßstab 1:80 000). *L. Carez* verdankt man eine mehrere Bände umfassende Gesamtdarstellung der Geologie der Pyrenäen (Lit. 3).

Nach diesen geologischen Darstellungen finden sich granitische Massive zunächst in den der Hauptaxe der Pyrenäen zugerechneten Gebirgsgruppen; es sind dies in den östlichen Pyrenäen die Albères, das Canigou-Gebirge, das Roc-Madres-Massiv, das Carlitte-Massiv, das westlich vom Col de Puymorens aufragende Aston-Massiv, das die Grenze zwischen Frankreich und der Bauernrepublik Andorra bildet, ferner das südlich davon gelegene Campcardos-Massiv. In der westlichen Fortsetzung der Hauptaxe herrschen bis zum Quertal der Garonne schieferige Gesteinsarten vor, die von kleineren Granitstöcken wie Mont Valier und Roca Blanca durchsetzt sind (vergl. Karte der Gesteinszonen, Abbild. 3).

Die genannte zentrale Hauptzone der Pyrenäen, die sich sowohl aus kristallinen als auch aus paläozoischen, meist metamorphisierten Gesteinen zusammensetzt, hat während der Karbonzeit eine sehr starke Faltung und hierauf eine weitgehende Abtragung erfahren; sie gehört somit der hercynisch-variskischen Faltungszone West- und Mitteleuropas an, und wie andere Rumpfgebirge dieses Gebietes erlitten die damaligen Pyrenäen nach ihrer Abtragung am Ende der Karbonzeit, wie *A. Bresson* aus-

geführt hat (Lit. 4), eine bedeutende Senkung unter den Meerespiegel (Geosynklinale der Thetis). Dieser langandauernde Vorgang führte zu einer sehr umfangreichen Sedimentation, wobei naturgemäss die damals entstandenen Schichten des Perm, der Trias, der Jura- und der Kreideformation diskordant auf die Abtragungsflächen der paläozoischen, steilgestellten Gesteinsbänke und des kristallinen Sockels zu liegen kamen (vergl. Abb. 4, Profile 3 und 4).

Zu den Eigentümlichkeiten des geologischen Baues der Pyrenäen gehört die Tatsache, dass sich nördlich der genannten zentralen Hauptaxe noch mehrere kleinere kristalline Massiv erheben, welche aus einem paläozoischen Schiefermantel und einem Kern aus Granit oder Gneis bestehen und der gesamten Gebirgslandschaft ein besonderes Gepräge verleihen. Solche Massiv kommen in verschiedener Ausdehnung und Höhenentwicklung vor; während sie in den westlichen Pyrenäen meist nur von bescheidener Entwicklung geblieben sind und inmitten der Kalkketten kaum hervortreten, gibt es in der östlichen Hälfte des Gebirges drei kristalline Massiv, die mit ihren Höhen von 1700—2350 m orographisch recht bedeutende Erhebungen darstellen und klimatisch und hydrographisch eigene Gebirgsgruppen bilden. Es sind dies das Massiv de Tabe mit dem 2349 m hohen Pic de St-Barthélemy, das Massiv des Trois Seigneurs und das Massiv von Prats d'Albis, die von L. Bertrand und M. Casteras geologisch beschrieben worden sind (Lit. 12 und 19).

Diese Massiv sind von Kalkzonen umgeben, die meist aus mesozoischen, sehr stark gefalteten Sedimenten aufgebaut sind. Ein typisches Faltengebirge stellen auch die Corbières dar, die von J. Roussel und E. de Margerie untersucht worden sind (Lit. 5, 6). In ihrer westlichen Fortsetzung liegen die niedrigen Längsketten der «Petites Pyrénées», die, nach den Beobachtungen von Leymerie, Pouech, Hébert, Lacvivier und Mengaud, vorwiegend aus regelmässig gefalteten Kalken, Schiefern, Sandsteinen und Konglomeraten der Kreideformation und des Eocäns bestehen (Lit. 7—11). Am äussersten Nordrand der Pyrenäen sind von den genannten französischen Geologen Miocänbildungen nachgewiesen worden, die auffallend reich an Geröll- und Blockablagerungen sind und wagrecht, diskordant auf gefalteten Eocänschichten liegen (vergl. Lit. 8). Damit ist der sichere Nachweis erbracht, dass die Pyrenäen älter als die Alpen und bereits vor dem Miocän gefaltet worden sind.

Eine Merkwürdigkeit der nördlichen Kalkzone der Pyrenäen bildet das Auftreten eines dunkelgrünen Eruptivgesteins, Ophit genannt. Er ist namentlich in den westlichen Pyrenäen sehr verbreitet (siehe Abbild. 4, Profile 3 und 4), tritt aber auch im Talgebiet der Lez auf. In neuerer Zeit ist von einer kleinen Anzahl

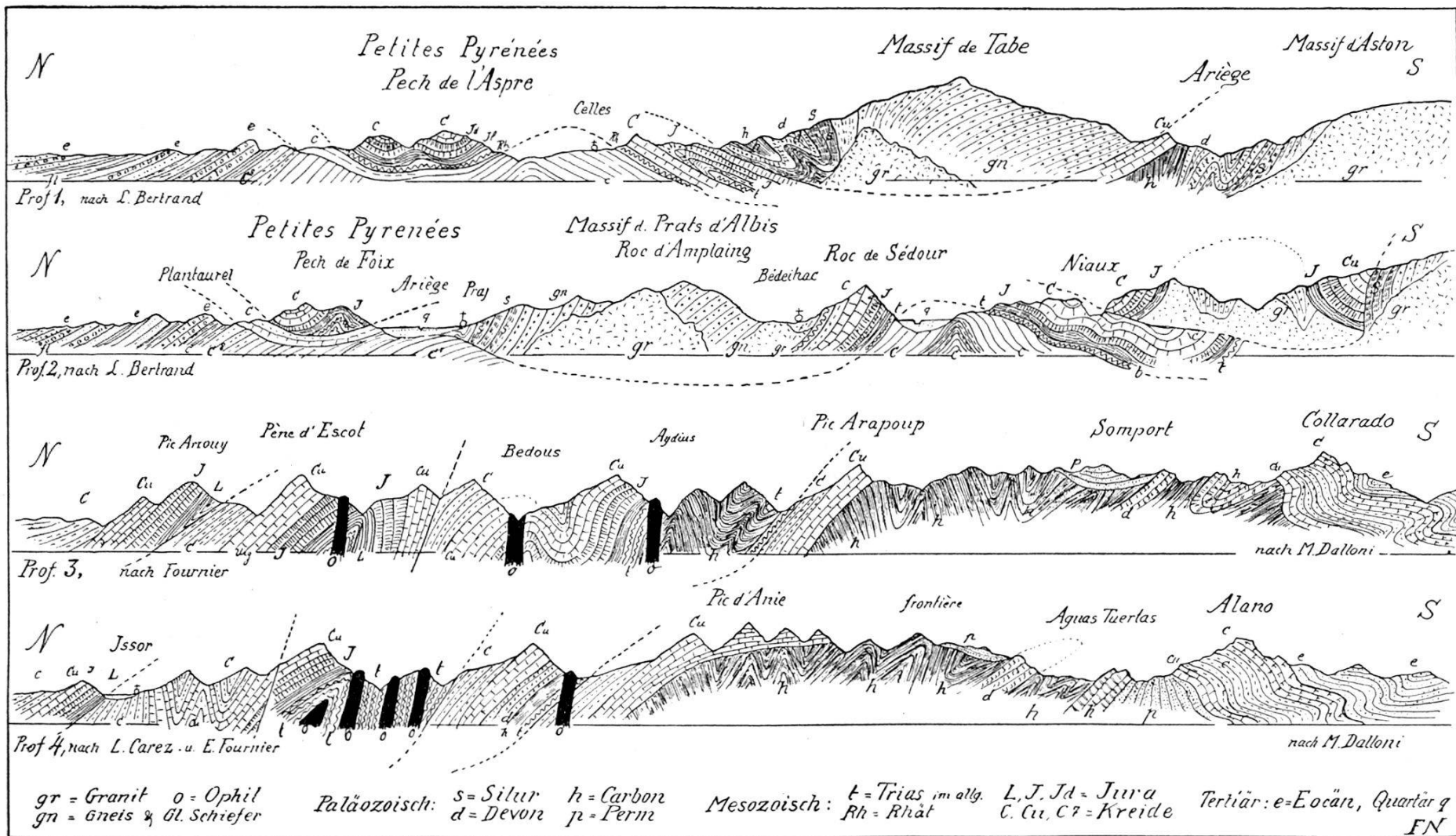


Abbildung 4. Geologische Profile durch die Pyrenäen.

(Prof. 1 u. 2 durch die östl. Pyrenäen, nach L. Bertrand, Prof. 3 u. 4 durch die westl. Pyrenäen nach L. Carez, E. Fournier u. M. Dalloni)

von Geologen die Auffassung vertreten worden, dass in den Pyrenäen wie in den Alpen auch der Deckenbau vorhanden sei. So möchte insbesondere *Léon Bertrand* die der Hauptaxe nördlich vorgelagerten kleineren Granitmassive im Gebiet der Ariège als wurzellose Ueberschiebungsmassen betrachten (Lit. 12). Ebenso nimmt *L. Carez* Ueberschiebungen im Gebiet des Aude an (Lit. 13).

In ähnlicher Weise wie auf der Nordseite weist auch die südliche Kalkzone der östlichen Pyrenäen eine starke Faltung auf; über ihre näheren stratigraphischen und tektonischen Verhältnisse liegen zahlreiche Beobachtungen französischer, spanischer und anderer Forscher vor (Lit. 14). Am Aufbau dieser Ketten sind zur Hauptsache Kalke, Schiefer und Mergel der Kreideformation, sowie Bildungen des Eocäns beteiligt. In untergeordnetem Grade finden sich auch Sedimente der Trias und der Juraformation vor. Zu den markanten Erhebungen dieser Zone gehören der isoklinial gebaute Kamm der Sierra del Cadi, der vor kurzem von *H. Boissevain* eingehend studiert wurde, ferner die Sierra del Port del Comte, das Cap de Vert, die Rocas d'Empalona und de Paguera, in denen Faltung und Schollenbildung vorkommen. Bemerkenswert sind hierbei mächtige Konglomeratbildungen über marinen, Nummuliten führenden Schichten; sie wurden früher von den meisten Geologen noch dem Eocän zugerechnet, während sie *F. Dollfus* und *P. Birot* für oligocän halten möchten (Lit. 16, 17). Auf alle Fälle beweisen sie, dass die Hauptfaltung dieser Zone gegen das Ende des Eocäns oder zu Beginn des Oligocäns erfolgte und dass um jene Zeit die entstandenen Gebirge eine sehr starke Abtragung erfuhren. Es ist somit bezeichnend, dass somit in beiden Randzonen der Pyrenäen mächtige tertiäre Konglomeratbildungen auftreten, dass aber solche von eocänem oder oligocänem Alter im Innern des Gebirges fehlen. Diese Tatsache dürfte von einiger Bedeutung sein angesichts des Auftretens von Abtragungsflächen, wie sie sich sowohl in der Zentralzone wie auch in den mesozoischen Faltungszonen der Pyrenäen vorfinden.

Literatur.

1. *E. de Margerie* et *Fr. Schrader*, Aperçu de la structure géologique des Pyrénées. 1891.
2. *L. Bertrand*, Carte géologique provisoire de la partie orientale des Pyrénées. Echelle 1:320 000, Bull. Serv. Cart. géol. N° 118, t. 17, 1907.
3. *L. Carez*, Géologie des Pyrénées françaises. Paris. Vol. V.
4. *A. Bresson*, Sur l'âge et les relations stratigraph. de quelques calcaires paléoz des envir. de Pierrefitte et d'Argelès. Bull. Soc. Géol. Fr. 1898.
5. *J. Roussel*, Crétacé des Petites Pyrénées et Corbières. Ebendort, 1887.

6. *E. de Margerie*, Note sur la structure des Corbières. Bull. d. serv. de la Carte géol. de France N° 17.
7. *Leymerie*, Compte rendu des Excursions de la Soc. géol. à St-Gaudens. Bull. Soc. géol. Fr., 1862.
8. *Abbé Pouech*, Note concernant les poudingues tertiaires dits Palassou, dans le dép. de l'Ariège. Ebendort, 1870.
9. *Hébert*, Groupe nummulitique du Midi de la France. Ebendort, 1882.
10. *de Lacvivier*, Compte rendu de l'Excursion de Benaix et de Villeneuve-d'Olmes. Ebendort, 1882.
11. *L. Mengaud*, Notice géologique sur les Pyrénées Ariégeoises et Luchonnaises. Toulouse, 1910.
12. *L. Bertrand*, Tectonique de la feuille de Foix. Bull. Serv. Cart. géol. Fr. N° 134
13. *L. Carex*, Note sur l'existence des phénomènes de recouvrement dans les Pyrénées de l'Aude. Ebendort, N° 3.
14. *Compte Rendu* de la Réunion de la Société géologique de France à Barcelone, Sept. 1898. Bull. Soc. Géol. Fr. 3 Ser. t. 26, 1898. Mit Arbeiten von *J. Almera*, *L. Vidal*, *Ch. Déperet*, *L. Carex*, *F. Dollfus*, *O. Mengel* u. a., über die Geologie der katalon. Pyrenäen.
15. *H. Boisserain*, Etude géologique et géomorphologique d'une partie de la Vallée de la haute Sègre. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 1934.
16. *G. F. Dollfus*, Relation entre la Géologie et de l'Hydrographie en Catalogne. Bull. Soc. géol. Fr. 1898.
17. *P. Birot*, Recherches sur la Morphologie des Pyrénées Orientales. Paris, 1937.
18. *J. Roussel*, Etude stratigraphique des Massifs montagneux du Canigou et de l'Albère. Bull. Serv. Carte géol. Fr. N° 52 t. 8, 1896.
19. *M. Casteras*, Recherches sur la structure du versant Nord des Pyrénées Centrales et Orientales. Bull. Serv. Cart. Géol. France, No. 189, t. 37, 1933.