

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Bern
Band: - (1934)

Artikel: Die Seen der Pyrenäen
Autor: Nussbaum, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-319373>

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: 10.02.2026

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

F. Nussbaum

Die Seen der Pyrenäen

Vorwort

Die Veranlassung zu der vorliegenden Studie sind die wiederholten Wanderungen des Verfassers in den Pyrenäen, die er seit 1923 ausgeführt hat und worüber näheres im Abschnitt III der Einführung mitgeteilt wird. Dabei erfreute sich der Verfasser mannigfacher Förderung und Unterstützung. Er möchte nicht unterlassen, an dieser Stelle vorerst der Stiftung zur Förderung wissenschaftlicher Forschungen an der Hochschule Bern für gespendete Beiträge an die Reisekosten in den Jahren 1930, 1931 und 1932 seinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Herzlichen Dank schuldet der Verfasser auch Herrn ALBERT KELLER, Ingenieur in Capdella, für freundschaftliche Aufnahme und Unterstützung bei Anlass seines Aufenthaltes in den Talgebieten von Capdella und Tabescan 1929 und 1932.

Ferner dankt der Verfasser Herrn Prof. PAUL GIRARDIN von Freiburg für freundliche Ueberlassung der Schriften von E. BELLOC und ebenso Herrn Prof. Dr. H. TAEUBER, Höngg, für ähnliche Dienste. Auch ist er der Gesellschaft für Erdkunde von Berlin für gefällige Zustellung von Bildstöcken zu Dank verpflichtet.

Zum Schlusse sei noch der Leitung der Stadtbibliothek in Bern für bereitwillige Zustellung einschlägiger Literatur der beste Dank ausgesprochen.

Zollikofen bei Bern, im Mai 1933.

Der Verfasser.

Inhaltsübersicht

	Seite
A. Einführung	4
I. Historisches	4
II. Das Kartenmaterial	7
III. Itinerar der Reisen des Verfassers in den Pyrenäen	15
B. Die topographischen Verhältnisse der Pyrenäenseen	20
I. Ihre Zahl und topographische Verbreitung	20
1. Verbreitung nach Flussgebieten	20
2. Nach Gebirgsgruppen	21
3. Nach Gesteinszonen	23
4. Nach Höhenstufen	24
II. Art der Seen nach ihrer Lage	27
1. Jochseen	28
2. Karseen	29
3. Hochgelegene Talseen	43
4. Terrassenseen	47
5. Tiefgelegene Talseen	47
III. Grössenverhältnisse der Pyrenäenseen	47
1. Allgemeines	47
2. Flächen und Tiefen einer Anzahl Seen	49
C. Die Entstehung der Pyrenäenseen	51
I. Verschiedenheiten der Meinungen	51
II. Die eiszeitliche Vergletscherung der Pyrenäen und die Seebildung	55
1. Die Talgletscher der Nordabdachung	55
a) Der Aspe-Gletscher	56
b) Der Ossau-Gletscher	57
c) Der Gletscher von Argelès	59
d) Der Gletscher der Neste d'Aure	62
e) Der Garonne-Gletscher	65
f) Der Salat-Gletscher	66
g) Der Ariège-Gletscher	70
h) Die Gletscher der Aude	75
i) Der Tet-Gletscher	76
Ergebnisse hinsichtlich der Seebildung	77
2. Die grossen Talgletscher der Südabdachung	80
a) Der Aragon-Gletscher	81
b) Der Gallego-Gletscher	81
c) Der Ara-Gletscher	82
d) Der Esera-Gletscher	82
e) Der Gletscher der Noguera Ribagorzana	83
f) Die Vergletscherung im Gebiet der Noguera Pallaresa	84
g) Der Talgletscher des Valira de Andorra	92
h) Talgletscher im Einzugsgebiet des oberen Segre	94

	Seite
Ergebnisse hinsichtlich Tal- und Seebildung	97
3. Die Lokalvergletscherung der Nordabdachung	99
a) Ueberblick	99
b) Lokalvergletscherung der östlichen Pyrenäen	100
1. Prats d'Albis	101
2. Pic des 3 Seigneurs	101
3. Des Pic de St. Barthélemy	101
4. Pic Camp Ras	102
5. Pic Madrès	103
6. Mont Canigou	103
7. Pic de l'Enfer	104
4. Die Lokalvergletscherung der spanischen Pyrenäen	105
a) Sierra de Cadi	106
b) Grenzkamm von Andorra	107
c) Orry de Rubio	107
d) Ergebnisse hinsichtlich Seebildung	107
e) Die Lokalvergletscherung westlicher Gebirgsgruppen	108
III. Vorgänge der Seebildung durch Gletschererosion	110
1. Dauer der Vergletscherung	110
2. Beckenbildung in einfachen Karen	113
3. Entstehung der Seen in Stufentälern	115
4. Seebildung in Muldenkaren	118
5. Die Entstehung der Talstufen	120
D. Die Verlandung der Pyrenäenseen	124
1. Verlandungsprozesse	124
2. Verlandete Seen	126
E. Physikalische Eigenschaften der Pyrenäenseen	130
1. Wärmeverhältnisse der Seen	131
2. Farbe und Durchsichtigkeit des Seewassers	134
F. Bemerkungen zur Namengebung der Pyrenäenseen	135
G. Die wirtschaftliche Bedeutung der Pyrenäenseen	137
1. Die Fischerei	138
2. Die Ausnützung der Wasserkräfte	139
H. Tabellen	144—178
1. Tabelle: Hauptverzeichnis der Pyrenäenseen	144
2. Tabelle: Verbreitung der Pyrenäenseen nach Gebirgsgruppen etc.	170
3. Tabelle: Die Gebirgsseen der Pyrenäen nach Höhenstufen	172
4. Tabelle: Arten der Pyrenäenseen	173
5. Tabelle: Die Verbreitung der Seekare nach der Exposition	174
6. Tabelle: Uebersicht über die Grösse der Pyrenäenseen	175
7. Tabelle: Fläche, Tiefe und Lage einer Anzahl Pyrenäenseen	176
I. Literatur-Verzeichnis	179

A. Einführung

Die Pyrenäen gehören zu den Hochgebirgen, die sich durch einen auffälligen Reichtum an kleinen Seen auszeichnen; dabei handelt es sich zur Hauptsache um hochgelegene Gebirgsseen, während die in tieferen Tälern vorkommenden Seen sowohl an Zahl wie auch an Ausdehnung sehr stark zurücktreten. Die Tatsache, dass grosse Talseen, insbesondere den Gebirgsfuss begleitende Randseen bis auf die eine Ausnahme des nicht bedeutenden Lac de Lourdes, fehlen, unterscheidet die Pyrenäen von mehreren andern seereichen Hochgebirgen, z. B. von den Alpen, dem Skandinavischen Gebirge, den amerikanischen Cordilleren, den Neuseeländischen Alpen etc. Die meisten Hochgebirgsseen der Pyrenäen befinden sich in hochgelegenen Talkesseln, jenen für dieses Gebirge besonders charakteristischen Zirken, die in ähnlicher Gestaltung auch in andern Gebirgen vorkommen und die man nach einem ostalpinen Ausdruck als Kare bezeichnet; solche mit kleinen Seen geschmückte Kessel finden sich beispielsweise in typischer Form auch in den Transsylvanischen Alpen, in der Hohen Tatra, in Skandinavien, in den Rocky Mountains usw.

Zu den eigentlichen Karseen gesellen sich noch zahlreiche, in grösseren, meist trogförmigen und gestuften Hochtälern liegende Seen, ferner Jochseen und Seen auf hohen Talterrassen.

Die derart vorkommenden Gebirgsseen verdienen sowohl wegen ihrer Lage und Tiefe, ihren Wärmeverhältnissen und ihrer Fauna als auch wegen der Frage ihrer Entstehung die Aufmerksamkeit der Forscher, und in vielen Gebirgsgegenden Europas sind solche Seen genau untersucht worden. In neuester Zeit sind sie überdies Gegenstand näherer Betrachtung und Verwendung geworden als natürliche Wasserspeicher bei der Anlage elektrischer Kraftwerke; dieser Umstand wiederum hat viel zur bessern Kenntnis einiger Seen beigetragen, die sonst noch auf Jahrzehnte hinaus nicht beachtet worden wären.

I. Historisches

Dass auch viele Seen der Pyrenäen von Wissenschaftern und Technikern besucht und erforscht worden sind, dürfte aus den folgenden Ausführungen hervorgehen.

In erster Linie richtete sich die Untersuchung auf zahlreiche

Seen der französischen Pyrenäen, während über die meisten der auf spanischem Gebiet gelegenen Gebirgsseen noch sehr wenig Beobachtungen bekannt geworden sind.

Schon im Jahre 1823 hat J. DE CHARPENTIER, der Begründer der Lehre von der Eiszeit in den Alpen, das reiche Vorkommen von kleinen Seen in den hochgelegenen Talzirken der Pyrenäen hervorgehoben. Zu Unrecht hat er freilich behauptet, diese Seen seien in den spanischen Pyrenäen weniger häufig.

1844 äusserte sich DUROCHER 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 ELISEE RECLUS den stufenförmigen Aufbau zahlreicher Pyrenäentäler fest, und sie zeigten an Beispielen das Vorkommen von Seen auf verschiedenen aufeinanderfolgenden Talstufen.

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 Bergsturm Massen gestaut, andere infolge von Einstürzen entstanden.

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

1883 erschien die grundlegende Arbeit von ALBRECHT PENCK über die Eiszeit in den Pyrenäen, in der er auch reichhaltiges Material über das Vorkommen der Pyrenäenseen in verschiedenen Talstufen und Zirken, in bestimmten Höhenlagen und Gesteinszonen bekanntgab; 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. Da in dieser Frage heute noch grosse

Gegensätze der Meinungen bestehen, werden wir sie in einem späteren Abschnitt unserer Abhandlung näher erörtern.

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, DE SAINT-SAUD, 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. DELEBECQUE vorgenommen, über deren Ergebnisse ausführliche Berichte vorliegen. 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. Es wäre zu wünschen, wenn solche Untersuchungen gleichmässig auf sämtliche Seen der Pyrenäen ausgedehnt würden. Denn das offizielle Kartenmaterial ist, wie wir unten näher erörtern möchten, durchaus ungenügend, um beispielsweise die Höhenlagen aller Seen wiederzugeben. Solche sind wiederum nur von den grösseren Seen der französischen Abdachung vorhanden; und doch spielen die Höhenwerte gerade in der Frage des Ursprunges dieser Gebirgsseen eine wesentliche Rolle. Erst neueren privaten Karten konnte eine nennenswerte Anzahl von Höhenquoten der Seen der spanischen Pyrenäen entnommen werden; eine beachtenswerte Ergänzung an Höhenbestimmungen lieferte für das Gebiet der „Haute-Ariège“ Hte. Marcaillon-d'Aymérie in dem von ihm verfassten Führer über Ax-les-Thermes. Verdienstvoll sind ferner die wissenschaftlichen Arbeiten des Abbé L. GAURIER über Pyrenäenseen (Lit. 46).

In der Frage der glazialen Entstehung der Pyrenäenseen verhielten sich A. DELEBECQUE und E. BELLOC durchaus ablehnend, obwohl sie bei vielen Seen die von den Gletschern bewirkte Abschleifung der Felsschwellen mit aller Deutlichkeit feststellten; beide Forscher sind im Gegenteil der Auffassung, dass die Seen durch den Schutt der diluvialen Gletscher teilweise auf-

gefüllt worden sind. Dagegen haben andere Forscher die Bildung der Pyrenäenseen in Beziehung zu den Gletschern der Eiszeit gebracht, sei es, dass es sich um durch Moränen gestaute oder in Fels ausgeschliffene Becken handelte, so 1910 L. MENGAUD, M. SORRE (1922), M. ROUBAULT (1930), FAUCHER (1933), ohne dass der Vorgang der Eintiefung durch Gletschererosion von den genannten Autoren näher erörtert worden wäre; denn die grosse Tiefe einiger Seen erscheint noch heute manchem Beobachter, der den Gletschern die Fähigkeit zuschreibt, vorspringende Felszacken abzurunden und seichte Wannen auszuschleifen, doch so rätselhaft, dass er die glaziale Entstehung solcher Felsbecken nicht für möglich hält.

In der vorliegenden Abhandlung wird der Versuch unternommen, zu zeigen, wie sich der Vorgang der Ausschleifung nicht nur der seichten, sondern auch der tiefen Gebirgsseen der Pyrenäen erklären lässt. Der Verfasser geht dabei von dem Standpunkt aus, dass bei diesen morphologischen Vorgängen eine ganze Reihe verschiedenartiger Faktoren mitgewirkt haben mussten und dass es daher notwendig sei, alle irgendwie feststellbaren geographischen und geologischen Tatsachen über die Seen der Pyrenäen zusammenzustellen, um daraus die entsprechenden Schlüsse ziehen zu können. Als solche Tatsachen sieht er die Verbreitung, die Lage nach Höhe, nach Gesteinszonen und Talformen, ferner die Grösse und Tiefe und die Abflussverhältnisse der Pyrenäenseen an.

Bei dieser Darstellung stützt sich der Verfasser

- a) auf die vorhandene, im Verzeichnis aufgeführte Literatur,
- b) auf das aus amtlichen und privaten Quellen stammende Kartenmaterial und
- c) auf eigene, im Laufe von mehreren Jahren erworbene Beobachtungen.

II. Das Kartenmaterial

Als wesentliches Hilfsmittel unserer Darstellung sind die vorhandenen topographischen und geologischen Karten anzusehen. Leider ist dieses Material zum grössten Teil nicht von der Güte der schweizerischen Karten und sowohl nach Maßstab als auch in der Darstellungsart ausserordentlich verschieden, weshalb wir uns nicht mit einer einfachen Aufzählung begnügen können, sondern hier eine kurze Charakterisierung der einzelnen Karten voran-

gehen lassen müssen, um die Unvollständigkeit unserer Darbietung einigermassen zu begründen.

Die Ungleichartigkeit des Kartenmaterials ist naturgemäss in erster Linie durch den Umstand bedingt, dass sich unsere Untersuchung auf die beiden Abdachungen der Pyrenäen ausdehnt, welches Gebirge bekanntlich verschiedenartige Staaten voneinander trennt; in unserer Abhandlung handelt es sich hierbei um deren drei, um Frankreich, Spanien und die kleine Republik Andorra, welche letztere deswegen genannt zu werden verdient, weil sie eine eigene grossmassstäbige Karte besitzt. Im allgemeinen muss man den Mangel an guten, neueren Karten beklagen, der uns in grössern Gebieten entgegentritt. Nur für kleine Gebiete kann man sich besserer Karten erfreuen.

1. Topographische Karten

Wir haben hierbei offizielle und private Kartenwerke zu unterscheiden.

a) Offizielle Kartenwerke.

In Frankreich sind allgemein zwei Karten verbreitet:

1. Die Karte des französischen Generalstabs im Massstab 1:80 000 (Carte de l'Etat Major 1863), die das Gelände in schwarzen Schraffen wiedergibt; leider ist namentlich im Hochgebirge die Darstellung der Einzelformen (Gipfel, Kämme, Kare, Talformen) nicht immer genügend individualisiert. Dagegen enthält sie eine grössere Anzahl von Höhenzahlen der Seen. Die Liste dieser zirka 50 Seen findet sich bei A. DELEBECQUE, „Les Lacs français“ (p. 381).

2. Die „Carte de France au 1:200 000“, eine farbige Kurvenkarte mit 40 m Equidistanz. Bei diesem kleinen Massstab ist die Genauigkeit der Darstellung ebenfalls nicht sehr gross, und die Ablesung der absoluten Höhenlagen der Seen ergibt Abweichungen von teilweise bedeutenden Beträgen (± 40 m). In vielen Fällen ist auf die Wiedergabe einer Höhenzahl verzichtet worden.

3. Auf der spanischen Seite der Pyrenäen steht es im allgemeinen bedeutend ungünstiger. Für das gesamte Gebiet haben wir nur die *Mapa militar itinerario de España* im Massstab 1:20 000, die bekanntlich überhaupt keine Geländedarstellung enthält.

4. Für ein kleineres Gebiet, nämlich die Umgebung von Lo Seo de Urgel, besteht eine neuere Karte im Massstab 1:100 000 in farbiger Darstellung und Kurvenmanier; aber die Genauigkeit der Geländewiedergabe ist bei der Equidistanz von 50 m nicht viel grösser als die der französischen Kurvenkarte. Der Titel dieser Karte lautet ebenfalls: „Mapa militar de España. Formado por el Cuerpo de Estado Major del Ejército en 1920“. Diese Karte reicht bis zu der mit kleinen Seen ausgestatteten Grenzkette zwischen Andorra und Spanien hinauf.

b) Private Kartenwerke.

Dieses Material weist ebenfalls grössere Verschiedenheiten nach Massstab und Darstellung auf, ist aber meist neueren Datums und enthält mehrere sehr gute, in grösserem Massstab ausgeführte Kurvenkarten kleinerer Gebiete. Als erste Karte nennen wir:

1. FR. SCHRADER: Région du Mont-Perdu, im Massstab 1:100 000. Eine in Schraffenmanier gehaltene Karte, erschienen im Ann. du Club Alp. Français, 1877, Paris.

2. Carte des Pyrénées Centrales par FR. SCHRADER, publiée par le Club Alpin Français, avec le concours du Ministre de l'Instruction publique.“

Diese halbamtliche, im Massstab 1:100 000 hergestellte Karte ist in farbiger Reliefmanier gehalten und mit Isohypsien mit der Equidistanz von 100 m versehen; sie umfasst 6 Blätter, auf denen die Pyrenäen zwischen dem Pic Balaïtous im Westen und dem Pic de Mont Vallier (Montvallier) im Osten dargestellt sind. Es war ein guter Gedanke des französischen Alpenklubs, diese Gesamtkarte der Hochpyrenäen erstellen zu lassen, da sich letztere ehemals als ein sehr dankbares Bergsteigergebiet erwiesen haben. Leider hat der gleiche Klub in Sachen Klubhütten dort zu wenig geleistet, um dieses Gebirge besser zugänglich zu machen. Und was die namentlich in mittelhohen Regionen, durch Schluchten, an tiefen Seen entlang und über steile, hohe Felsstufen hinaufführenden Zugangswege zu den Gipfelzonen anbetrifft, so steht es in dieser Hinsicht im allgemeinen recht schlimm; man lese hierüber auch etwa die Berichte von E. BELLOC und CH. PACKE nach. Die Ausdehnung der SCHRADER'schen Karte auf das spanische Gebiet, namentlich auf die Gebirgsgruppen des Maladetta, der Sierra Montarto, der Sierra de Encantadores und der Roca Blanca, er-

weist sich auch für unsere Zwecke recht vorteilhaft, weil jene Gebirgsmassive zu den seereichsten der ganzen Pyrenäen gehören; viele dieser Seen sind mit Höhenquoten angegeben. Immerhin hat die SCHRADER'sche Karte mehr den Wert einer Uebersichtskarte, und sie weist naturgemäss als solche im einzelnen noch viele Ungenauigkeiten auf, wovon man sich etwa an Hand der Karte der Seen von Capdella, von der unten die Rede sein wird, überzeugen kann. — Eine kleine von F. SCHRADER gezeichnete Karte jener Gebiete im Guide des Pyrénées (Lit. 51) enthält über die Höhenlage der Seen keine Angaben.

3. Ferner finden sich einige von E. WALLON in verschiedenen Massstäben gezeichnete Karten der westlichen Zentralpyrenäen in den Ann. du Cl. Alp. Fr. 1877, 1879, 1880.

4. Wenig genau und zuverlässig, aber doch für den Gesamtüberblick recht nützlich erweist sich die „Nouvelle Carte au 1:100 000 des Environs de Luchon et des Pyrénées Espagnoles“, die als Exkursionskarte in Luchon-les-Bagnères erhältlich ist. Sie umfasst in der Südhälfte auch die Maladettagruppe und das Massiv des Posets; sie stellt das Gelände in brauner Schummerung, die Seen in blau und die zahlreichen und auffällig deutlich gezeichneten Bergpfade in schwarzen Linien dar.

Die nun folgenden, durchweg in grösserem Massstab erstellten Karten gestatten glücklicherweise, einen weit höheren Grad von Anforderungen an eine Karte zu stellen.

5. Carte du Mont Perdu et de la Région calcaire des Pyrénées Centrales, par FR. SCHRADER. Echelle 1:40 000. Mém. Soc. des Sc. phys. et nat. Bordeaux, 1874. Diese Karte ist in Schraffenmanier gezeichnet und gibt ein gutes Bild des dargestellten Gebietes.

6. Massif de Gavarnie et de Mont Perdu. Levé, dressé, et dessiné par F. SCHRADER. Echelle 1:20 000 L'Equidistance des courbes est de 20 m. 1914. Maison Henry Barrère, Editeur, 21, Rue du Bac, Paris.

Diese prächtige Karte des berühmten Pyrenäenforschers und -kenners ist in fünf Farben gedruckt; in Schwarz (Wege, Siedelungen, Namen), in Blau (Gewässer und Gletscher), in Hellbraun (Isohypsen), Violett (Felszeichnung) und in Grün (Wälder).

Wir haben hier das eindrucksvolle Kartenbild des aus mächtigen Kalksteinschichten aufgebauten Hochgebirges vor uns, des-

sen Gipfel die höchsten Teile gewaltiger Mauern von Riesengrösse und ungeheuren Steilwänden bilden. Solche riesenhohe, meist infolge wagrechter Schichtung terrassierte Steilwände umgeben mehr als halbkreisförmig vor allem den berühmten Cirque de Gavarnie, der lange Zeit als eine morphologische Besonderheit betrachtet wurde, der aber auch in den östlichen Gebirgstälern verwandte Formen besitzt; hohe terrassierte Steilwände fallen ferner zu dem weltverlorenen Cirque de Codatuero, zum tief eingeschnittenen Valle de Ordessa, das lebhaft an den Gran Canyon des Colorado in Nordamerika erinnert, und endlich zum Circo de Pineta, östlich des Mont Perdu, ab. Die Karte weist sodann auch Stufenmündungen zahlreicher Seitentäler, die sich mit den Haupttälern vereinigen, sowie Stufenbau im Boden der letztern auf.

7. Massiv du Vignemale. Les hautes Pyrénées au sud die Cauterets et à l'ouest de Gavarnie. Triangulation, opérations topographiques et photographiques par ALPHONSE MEILLON. Institut Cartographique de Paris, 1929. Echelle 1 : 20 000. L'équidistance des courbes est de 20 m. In der Legende findet sich auch eine „Signification de quelques termes du dialecte Bigourdan“.

Die Karte ist in drei Farben gedruckt, in Schwarz (Wege, Grenzen, Namen, Siedlungen), Blau (Gewässer und Gletscher) und Braun (Isohypsen und Felszeichnung).

Fast in der Kartenmitte erhebt sich das kühn aufragende, 3298 m hohe Massiv du Vignemale, an dessen steilen Felsflanken mehrere kleine Hängegletscher gegen Norden und Süden absteigen, während ein grösserer Gletscher, der 2 Kilometer lange Glacier d'Aussoue in breiter Nische liegt und eine Zunge mit starker Böschung bis 2580 Meter hinabsendet. Die Höhe der Schneegrenze ergibt sich hier in 3040 m. Nach Lage und Gestaltung hat der Glacier d'Aussoue gewisse Ähnlichkeit mit unserem, allerdings bedeutend längeren Griesgletscher, und auch der Kranz der das flache Firnfeld umgebenden Gipfel stimmt mit den einzelnen Erhebungen des Massiv du Vignemale überein, nur dass unser Merzenbachschien die Stelle des höchsten Gipfels, des Pique Longue Vignemale, einnimmt. Diese Gipfel des genannten Massivs sind meist steile, drei- oder vierkantige Pyramiden. Ebenso zeigen die meisten übrigen Gipfel des Kartenblattes solche Pyramidenform, wenngleich von weniger grosser Steilheit; sie verraten in dieser Form kristallines bzw. schiefriges Gestein, aus dem sie aufgebaut sind. Rings um die höheren Gipfel sind Kare und karähnliche, bald schmälere, bald breitere Nischen gelagert, von denen viele mit kleinen Seen geschmückt sind. Besonders reich an Karseen ist der höchste Talhintergrund des Gave d'Estom Soubiran; hier liegen zehn von Felsschwellen oder von Schutt ab-

gedämmte Seen in sieben verschiedenen Stufen übereinander. Das breite, vielfach gegliederte Ursprungskar, Estom Soubiran genannt, führt in 320 m hoher Stufe über einen halbkreisförmigen Talschluss zum trogförmigen Haupttal hinunter, zu dem auch andere Kare ebenfalls in hohen Stufen hinabgehen. Drei grössere Täler haben ihren Ursprung an den Flanken des Massiv du Vignemale und ziehen sich in nördlicher, östlicher und südlicher Richtung von ihm weg, das Tal des Gave de Gaube, das des Gave d'Ausoue und endlich das des Rio Ara. Diese Täler zeigen deutliche Trogform, sowie Stufenbau im Längsprofil; auch erscheinen sie in sehr bemerkenswerter Weise gegenüber ihren Seitentälern übertieft; denn letztere münden meist in bedeutenden Stufen in die Haupttäler ein.

8. *Les Vallées d'Andorre*. Carte levée et dessinée par Marc Chevalier, publiée sous le haut patronage de l'Académie des Sciences Barcelona, avec le concours du Club Alpin Catalan. Echelle 1:50 000, Editeur Dardel, Chambéry 1925. Prix 25 francs.

Es handelt sich hier ebenfalls um eine farbige, in Kurvenmanier gehaltene Karte, mit einer Equidistanz von 20 m. Das Kartenbild ist gut übersichtlich und gibt naturgemäss viel mehr Einzelheiten wieder als das unmittelbar im Süden anstossende Blatt von Seo de Urgel. Immerhin scheinen die Isohypsen vielfach etwas schematisch gezeichnet zu sein; auch fällt auf, dass bei dem gegebenen Massstab die Siedelungen meist in vereinfachten Signaturen wiedergegeben sind. Von Wert sind die zahlreichen Quoten, die die Ablesung der Höhen vieler Oertlichkeiten erleichtern, z. B. der Talstufen und Höhen der kleinen Gebirgsseen, die in gut entwickelten Karen liegen. Die Darstellung des Waldes fehlt.

9. *Tabescan*. Echelle 1:20 000, Equidistance des courbes 30 m. Levé et dessiné par la Société Française de Stéréotopographie, Paris. Auf Veranlassung der Energia Electrica de Cataluña S. A., Barcelona.

Die in drei Farben (schwarz, blau und braun) gehaltene Karte stellt das hauptsächlich aus Schiefer und Granit aufgebaute oberste Talgebiet des Rio de Lladorre, eines Zuflusses der Noguera de Pallaresa dar. Auf etwa 22 km zieht sich hier der im Pique d'Estats am höchsten aufragenden Hauptkamm ostwestwärts, wobei er 6 grössere und kleinere Seitenkämme gegen S sendet, zwischen denen mehrere, sehr typisch entwickelte Kare mit Karseen liegen. Unter diesen ist der 96 m tiefe Lac de Certescans, der in 2250 m Meereshöhe liegt, besonders bemerkenswert. Er füllt ein in Fels ausgeschliffenes Felsbecken aus, das sich nur 300 bis 400 m unter dem Hauptkamm befindet. Oestlich von ihm ist ein schönes Treppenkar entwickelt, auf dessen Stufen mehrere aufeinanderfolgende Seen vorkommen. Die Zeichnung der schwarz gehaltenen Kämme zeigt nur sehr geringe Individualisierung; dagegen scheinen die durch Isohypsen dargestellten tieferen Hänge den topographischen Verhältnissen gut zu entsprechen. Es lassen sich neben dem

schön ausgebildeten Stufenbau der Haupt- und Nebentäler auch hohe Terrassen erkennen, die, weil unabhängig vom Gestein, wohl früheren Talniveaus entsprechen dürften. Die Bezeichnung Tabescan bezieht sich auf die oberste Dorfsiedelung des Tales, die sich in 1147 m Meereshöhe an der Vereinigung des Haupttales mit einem von N kommenden, etwas kleineren Seitental befindet.

10. *Lagos de Capdella*. Massstab 1:10 000, Equidistanz der Isohypsen 10 m. 1923. *Energia Electrica de Cataluña*, Barcelona.

Diese ebenfalls in drei Farben gehaltene, sehr sorgfältig gezeichnete Karte stellt das Einzugsgebiet des Riu de Flamisell, oberhalb der Ortschaft Capdella dar. Hier befinden sich in mehreren, sehr gut entwickelten Treppenkaren gegen 20 Hochgebirgsseen, von denen die grösseren zur Gewinnung von Wasserkraft für den Betrieb des Elektrizitätswerkes in Capdella untersucht und angebohrt worden sind. Dieser Ort liegt in rund 1200 m im Talschluss des ehemals stark vergletscherten Haupttales an der Vereinigung mehrerer stufenförmig ansteigender Seitentäler. In diesen, sowie im Haupttal, wiederholen sich mehrmals bedeutende Talstufen, über denen die einzelnen Seen in typischen Felsbecken liegen.

Die Karte eignet sich vorzüglicher Weise zur Darstellung von Längs- und Querprofilen, aus denen mit aller Deutlichkeit die Trogform und Stufennatur dieser Täler zu erkennen ist. Dabei lässt sich ein älteres, offenbar präglaziales Talniveau feststellen, ferner Beträge der Uebertiefung. Zudem gibt die Karte sehr deutliche Bilder von der Gestaltung der Berggipfel, die sich durch grosse Formverschiedenheit auszeichnen. Auf der Karte sind überdies die den Hintergrund der Kare umsäumenden mächtigen Schutthalden, endlich noch lokale Endmoränen postglazialer Gletscherstadien eingezeichnet.

2. *Geologische Karten*

a) Der Nachweis der Lage der Seen zu dem Gestein des Untergrundes stützt sich, soweit nicht Beschreibungen — und diese handeln meist nur von den grösseren Seen — oder eigene Beobachtungen vorliegen, auf die Darstellung geologischer Karten. In dieser Hinsicht steht es für die französische Abdachung recht günstig, indem dieses Gebiet in der „*Carte géologie de France au 1:80 000*“, (Ueberdruck der topographischen Karte des „Etat-Major“) dargestellt ist, zu der die aufnehmenden Geologen die entsprechenden Begleitworte (*texte explicatif*) geschrieben haben. Die Arbeiten der zuständigen Forscher sind in unserem Literaturverzeichnis aufgeführt; es handelt sich hier um Namen, die in der Geologie Frankreichs viel genannt worden sind wie SAINT-SAUD (89), E. DE MARGERIE (60), LEON BER-

TRAND (12—15), L. MENGAUD (65, 66), L. CAREZ (24, 25) und O. MENGEL (67).

b) Für das gesamte Gebiet der Pyrenäen stehen nur Karten kleineren Massstabes zur Verfügung, nämlich:

1. Carte géologique provisoire de la partie orientale des Pyrénées. Echelle 1:320 000, par L. BERTRAND, 1906. Das hier dargestellte Gebiet reicht nur bis zum Quertal der Aure de Neste, und das spanische Gebiet ist ganz lückenhaft wiedergegeben.

2. Carte géologique de la France. Echelle 1:1 000 000. Paris.

Glücklicherweise reicht die geologische Farbengebung über die politische Grenze hinaus.

3. Carte géologique internationale de l'Europe. Feuille 30 B V. Echelle 1:1 500 000. Berlin.

4. Mapa geológico de España, publicado por el Instituto geológico Madrid 1919. Escala de 1:1 500 000.

5. Carte géologique des Pyrénées, dressée par EMM. DE MARGERIE et FR. SCHRADER. Echelle 1:800 000, Paris, 1891.

Es liegt auf der Hand, dass diesen fünf Karten nur der Wert von Uebersichtskarten zukommt und dass die aus ihnen gewonnenen Feststellungen bis zu einem gewissen Grade unzuverlässig oder ungenau sein müssen. Dazu kommt der Umstand, dass diese Karten in mehreren Fällen in der Darstellung bestimmter Gebiete der spanischen Pyrenäen nicht unwesentlich auseinandergehen, beispielsweise für die Sierra de los Encantados und das Massiv des Pic des Posets oder Pics Lardana. Es wäre vom Standpunkt der Wissenschaft sehr zu begrüßen, wenn in Spanien mit der Erstellung der Karte im Massstab 1:100 000 auch die geologische Einzelforschung und die Darstellung deren Ergebnisse an die Hand genommen würde.

3. Kartenskizzen

Beim Durchgehen der Literatur sind dem Verfasser auch einige Kartenskizzen von Gebirgsgruppen der Pyrenäen in die Hände gekommen, die trotz der Dürftigkeit der Geländedarstellung wegen ihres meist grösseren Massstabes eine Reihe neuer Beobachtungstatsachen hinsichtlich der Lage und Grösse mehrerer Gebirgsseen

enthalten und daher in der Anlage des Hauptverzeichnisses Verwendung gefunden haben. Es sind dies:

1. F. PRUDENT, Carte d'une partie de l'Aragon. Echelle 1:250 000. Ann. Club Franç. 1882, p. 297.
2. F. PRUDENT, Les lacs occident. du Néouvielle. Echelle 1:25 000. Ann. du Club Alp. Franç. 1901, p. 240.
3. G. CADIER, Carte du Massif de Balaitouse ou Balaitous. Ech. 1:30 000. La Montagne. Rev. mens. Club Alp. Franç. 1912.
4. L. ROUCH, Carte du Cirque du Sisca au 20 000. La Montagne. Rev. mens. Club Alp. Franç. 1916, p. 56.
5. N. CASTERET. Le problème du Trou du Toro. Ech. env. 1:50 000. Bull. Soc. d'Hist. Nat. Toulouse, 1931, p. 67.

III. Itinerar der Wanderungen des Verfassers in den Pyrenäen (1923—1932)

Seit dem Jahre 1923 habe ich die Pyrenäen achtmal während den 5—6 Wochen andauernden Sommerferien besucht und durchwandert und im Verlaufe meiner im ganzen gegen 40 Wochen ausmachenden Wanderungen ein ziemlich umfangreiches Beobachtungsmaterial auch über Lage und Ausdehnung zahlreicher Seen erworben; im folgenden sei das Itinerar meiner Pyrenäenreisen in aller Kürze wiedergegeben.

Meine Aufmerksamkeit war in erster Linie auf den glazialen Formenschatz gerichtet, zu dem vornehmlich die an kleinen Seen reichen Gebirgskessel und die gestuften Trogtäler gehören, und zwar hielt ich mich vorherrschend in den östlichen Pyrenäen auf, unter denen ich die Gebirgslandschaften östlich des Val d'Aran verstehe.

So besuchte ich im Sommer 1923 die von der Tet entwässerten Gebiete der Ostpyrenäen, das Roussillon, die Gebirgsgruppen des Mt. Canigou, des Roc Madrès und des Pic de la Vache; hier lernte ich das mit mehreren Seen ausgestattete Tal von Carança kennen. Dann gelangte ich in das obere Tettal, das ich von Mont-Louis bis zu dem an Gebirgsseen besonders reichen Massiv des Pic Carlitte hinauf verfolgte.

Im Jahre 1926 hielt ich mich im Tal der Ariège bei Foix und Tarascon auf, bestieg die Gebirgsgruppen des Pic St. Barthélemy und des Pic des 3 Seigneurs, und wanderte das Tal des Vicdessos bis St. Marc hinauf. Hierauf überquerte ich, den in frisch

gefallenem Schnee deutlich sichtbaren Spuren eines Bären folgend, im Col d'Artigues den Grenzkamm, stieg an mehreren typischen Karseen vorbei ins Tal von Tabescan hinab und folgte im Verlaufe einiger durch vielfache Beobachtungen ausgefüllter Tage der Noguera de Cardos talwärts bis Llavorci, wo sich dieser Fluss nach 25 km langem Laufe in die Noguera Pallaresa ergiesst. Sodann überstieg ich im Col San Juan del Herm das 2431 m hohe Gebirge des Orry del Rubio, gelangte hierauf in das Tal des Segre zur Stadt Seo de Urgel hinab, von wo ich die Sierra Cadi (2666 m) bestieg und mich dann nach Puigcerda und Bourg-Madame wandte, zwei wichtigen Verkehrsorten der Cerdagne.

Im folgenden Sommer besuchte ich ebenfalls zuerst das Gebiet der Ariège, überquerte dann im Port de Bouet neuerdings den an Karseen reichen Grenzkamm zwischen Frankreich und Spanien, um die an Glazialspuren noch sehr wenig untersuchte Tallandschaft der Noguera de Farrera zu besuchen. Von Alins, der grössten Ortschaft dieses Tales, wandte ich mich ostwärts, überquerte das Gebirge im Port Nègre, offenbar so benannt nach den hier vorkommenden schwarzen Schieferen, und stieg dann in die Täler der Republik Andorra hinab, wo ich mich mehrere Tage lang aufhielt. Ich verliess diesen eigenartigen kleinen Bauernstaat in südlicher Richtung, indem ich das andorranische Grenzgebirge überstieg und in das Talgebiet des Segre hinab gelangte. Von Bourg-Madame aus besuchte ich noch die Seen im Quellgebiet der Font-Vive (R. de Carol), und über Ax-les-Thermes und den Col de Pradeille führte mich der Weg nach den Gebirgsseen von Quérigut im nördlichen Teil des Carlitte-Massivs.

Im Sommer 1928 hielt ich mich ausschliesslich im Gebiet des Salat auf, das durch mehrere grössere Zuflüsse mit ihren Seitenbächen reich gegliedert ist und daher in mehrere verschiedenartige Tallandschaften zerfällt. So öffnet sich westlich der Stadt St. Giron, wo sich mehrere Seitenflüsse mit dem Hauptfluss vereinigen, die Landschaft von Castillon, deren Hauptgewässer, der Lez, zahlreiche von den höhern, südlichen Bergkämmen herströmende Bäche aufnimmt. Diese entstammen meist gut ausgebildeten Treppenkarren, die hübsche, in Felsbecken liegende Bergseen aufweisen, die ich der Reihe nach besuchte.

Die gleiche Erscheinung zeigt sich auch in den Ursprungsgebiete-

ten des Salat, insbesondere des Garbet und des Alet, welch letzterer das Tal von Ustou entwässert.

Zum Besuche des Lac de Garbet und des Lac d'Aubé hielt ich mich mehrere Tage in der Gegend von Aulus auf.

Im September des Jahres 1929 beabsichtigte ich von Ustou aus das Gebirge zu überqueren und den oberhalb Tabescan gelegenen Lac de Certescans zu besuchen, von dessen Grösse und auffälliger Tiefe mir M. BARDOU, Gastwirt in Ustou, berichtet hatte und dessen Darstellung auf den Karten mir einen Augenschein jenes Gebietes recht wünschenswert machte. Allein die vorgerückte Jahreszeit und damit der Umstand, dass die Hirten die höheren Bergweiden schon verlassen hatten, veranlassten mich, nicht direkt vom Cirque de Gagateil aus, sondern auf dem Umweg über den gut gangbaren Port de Marterat den eigenartigen See zu erreichen. Bei dieser Wanderung kam ich an dem in 2020 m Höhe gelegenen See L. del Puerto vorbei und stieg dann in das eigenartige Tal von Noarre und Cuanca hinab nach Tabescan, wo man mich in der Posada des Sr. Sarrado als alten Bekannten begrüßte. Als ich jedoch im Begriff war, nach dem Lac de Certescan aufzubrechen, begegnete mir ein Landsmann, Herr Ingenieur ALBERT KELLER, der mir riet, den Besuch des Sees dieses Jahr zu unterlassen, da es dort an Unterkunft fehle, dass solche aber bis in einem Jahr erstellt sei, weil man beabsichtige, die Wassermengen dieses Sees für elektrische Kraft auszunutzen, bezw. hierfür die nötigen Vorarbeiten in Angriff zu nehmen. Herr KELLER lud mich aber ein, ihn in Capdella, im Gebiet des Riu Flamisell, zu besuchen, wo hochgelegene Seen zum gleichen Zwecke bereits ausgenutzt worden und dabei eigenartige geologische Verhältnisse zutage getreten seien. Dieser Umstand bewog mich, die freundliche Einladung anzunehmen und einige Tage, nach Aufenthalt in Ribera de Cardos, Alins, und Rialp, die Wanderung über die Serra anzutreten und die Granitlandschaft der Gebirgseen von Capdella zu besichtigen. Leider erlaubte es mir meine Zeit nicht, damals noch länger in jener hochinteressanten Gegend zu verweilen; nach einem Besuche der oberhalb Estangento gelegenen Seen, Lagos Colomina, Mar, Frescau und Saburo, nahm ich den Weg nordwärts über den 2650 m hohen Gebirgskamm und stieg in das ebenfalls mit Seen geschmückte Talgebiet von Espot hinab (L. St. Mauricio), um von da das Tal der Noguera Pal-

laresa zu erreichen. Von Esterri de Aneu wanderte ich dem genannten Flusse aufwärts über Isil und Alos und überquerte den Grenzkamm in dem 2200 m hohen Port de Aula, um von da auf steil abwärtsführenden, beschwerlichen Pfaden das Tal des Salat und mein Stammquartier Oust zu erreichen.

Im Jahre 1930 gedachte ich meine Pyrenäenreisen abzuschliessen und zu diesem Zwecke noch die weiter westwärts gelegenen Talschaften des Gave de Pau, der Neste d'Aure und der Garonne, bezw. des Pique zu durchwandern, um zuletzt noch dem Lac de Certescan einen Besuch zu machen. Der grössere Teil dieses Programmes konnte, wie wohl mehrmals durch schlechtes Wetter behindert, leidlich durchgeführt werden: Nach einer Wanderung das Tal des Gave de Pau aufwärts bis in den grossartigen Cirque de Gavarnie durchquerte ich bei allerdings unbeständiger Witterung zunächst das Granitmassiv von Néouvielle, das durch seinen Reichtum an grössern Bergseen bekannt ist und wo ich eine Reihe sehr wertvoller geographischer Beobachtungen machen konnte; der Weg führte mich dabei von Luz über Barèges zu den weiten, seegeschmückten Muldenkaren von Escoubous hinauf, hernach über den 2500 m hohen Col d'Aubert hinüber nach den Talkesseln, in denen sich die Seen d'Aumar, d'Aubert, d'Orrédon und Cap de Long und Loustallat befinden. Dann stieg ich in das verhältnismässig enge Tal der Neste d'Aure abwärts, das sich unterhalb St. Lary zu schöner Trogform öffnet und in welchem ich nicht nur die bereits von A. PENCK beschriebenen Moränen oberhalb Arreau bemerkte, sondern auch weiter talwärts, unterhalb Sarrancolin, typische Moräne mit mächtigen Findlingen bei Rebouc und daran anschliessender hoher Schotterterrasse, die sich von Rebouc und Hèches bis Lortet hinzieht, festzustellen vermochte; damit dürfte die schon 1841 von J. DE CHARPENTIER vorgebrachte Vermutung einer grösseren Ausdehnung des Neste-gletschers bestätigt worden sein. Eine kurze Bahnfahrt brachte mich sodann in das Talgebiet der Garonne, wo ich mich mehrere Tage lang in der Umgebung von Luchon-les-Bagnères aufhielt und unter anderm auch die am Port de Venasque gelegenen vier kleinen Seen, die Boums del Port, aufsuchte.

Bei strahlend schönem Wetter und einer aussergewöhnlichen Klarheit der Luft, wie sie bei Föhn in den Alpen häufig ist und die auch hier das Gebirge in seiner ganzen Pracht erkennen liess,

reiste ich am 11. August von Luchon über Montréjean und Bousens nach St. Girons und erreichte gleichen Tags noch das gastliche Haus des Mr. BARDOU in Ustou, von wo ich mich andern Tags nach dem Cirque d'Ustou begab, um von hier aus nach dem Lac de Certescans zu gelangen. Allein das Wetter hatte, wie in den Alpen nach dem Föhn, umgeschlagen. Ich wartete zwei Tage lang vergebens in einer von Ingenieuren errichteten Baracke auf bessere Witterung. Der Nebel wollte nicht weichen, und so musste ich von meinem Vorhaben abstehen und den Rückweg antreten. Ich nahm diesen von Oust weg gegen Massat, überschritt den Col de Port, wo ich in dem niedrigen Berggelände ganz unerwartet noch auf deutliche Moränenbildungen lokaler Gletscher stiess, und begab mich dann nach Tarascon (s. Ariège), von wo ich die Rückreise antrat.

Der Umstand, dass ich 1930 den sehenswerten Lac de Certescans infolge ungünstiger Witterung nicht hatte besuchen können, sowie andere Lücken in der Reihe meiner Beobachtungen, veranlassten mich, im Sommer 1931 nochmals die Reise nach den Pyrenäen zu unternehmen. Unmittelbar vor meiner Abreise erhielt ich einen Brief von Herrn A. KELLER, in dem er mir riet, die Reise nach dem L. de Certescans wenn möglich einige Zeit hinauszuschieben, da wegen der ungünstigen Witterung die Erstellung von Unterkunftsgebäuden nicht die gewünschten Fortschritte gemacht hätten. Da sich aber wegen meiner Ferienzeit die beabsichtigte Reise nicht verschieben liess und übrigens Grund genug vorlag, anderweitige Beobachtungen zu machen, reiste ich ab und hielt mich zunächst in Foix, im Tal der Ariège auf. Von hier aus besuchte ich die randlichen Gebirge, wie Prats d'Albis, Pic de St. Barthélemy (mit seinen hübschen Karseen), Pic de Tarbézou und Roc Madrès. Hierauf durchquerte ich im Pla Guilhem die Canigoukette und begab mich ins Tal des Tech hinab, um über Perpignan die Rückreise zu vollziehen.

Den Schluss meiner Pyrenäenreisen sollten die Sommerferien 1932 bilden, die ich vorwiegend auf der spanischen Seite der Pyrenäen zubrachte. Während dieser Zeit machte ich Exkursionen in der spanischen Cerdana, also im oberen Tal des Segre, ferner nach Andorra hinauf und schliesslich noch im Gebiet der Noguera Pallaresa. Ich begab mich aus dem Tal des Segre quer über das aus gefalteten Schichten der Kreideformation aufgebaute Gebirge

zuerst nach Tresp, wo sich grossartige Stausee- und Kraftwerke befinden, die von einem Schweizer, Herrn Direktor FRIZONI, geleitet werden, in dessen Haus ich freundlich aufgenommen wurde. Dann reiste ich über Pobla de Segur das Tal des Riu Flamisell hinauf nach Capdella, wo ich mich neuerdings der Gastfreundschaft des Herrn ALBERT KELLER, Ingenieur, erfreute und mich zum Besuche des unteren Talteiles wie der Region der hochgelegenen Gebirgsseen acht Tage lang aufhielt. Hierauf verschaffte mir mein Landsmann in freundschaftlicher und höchst verdankenswerter Weise die Möglichkeit, das Gebiet des Lac de Certescans zu besuchen, das seit Jahren das Ziel meiner Wünsche gewesen war. Zum drittenmal bereiste ich daher das Tal von Tabescan, und zufolge der erhaltenen Empfehlungen konnte ich während vier Tagen in jenem hochinteressanten Gebiet ungesorgt geologischen und morphologischen Studien nachgehen.

Jene Tage, die ich bald an dem tiefblauen, inmitten einer kahlen Berglandschaft sich ausbreitenden See, bald in den benachbarten Seekaren und bald wieder in der zuvorkommenden Gesellschaft von Sr. CASTELLAR und Sr. COLOMES zubrachte, werden mir unvergesslich bleiben!

B. Die topographischen Verhältnisse

I. Zahl und Verbreitung der Pyrenäenseen

1. Nach Flussgebieten.

Ueber Zahl und Verbreitung der Seen in den Pyrenäen finden wir in der Literatur mehrfach Angaben, die jedoch nicht als erschöpfend und lückenlos angesehen werden können. Offenbar hat der Mangel an guten einheitlichen Karten eine auf das Gesamtgebiet der Pyrenäen ausgedehnte Untersuchung verhindert. Wir haben trotz dieses misslichen Umstandes den Versuch gemacht, unter sorgfältiger Nachprüfung des uns zur Verfügung stehenden Kartenmaterials eine Uebersicht über die Zahl und Verbreitung der in Frage stehenden Seen zu erhalten, und wir sind dabei zu folgenden Ergebnissen gelangt:

Die gesamte Zahl der nach Karten feststellbaren Seen der Pyrenäen beträgt 1070. Von dieser Zahl entfallen auf die nördliche Abdachung 604 und auf die südliche Abdachung 466 Seen. Ferner

verteilen sich diese Seen auf 17 verschiedene Flussgebiete, auf zehn der nördlichen und auf sieben der südlichen Abdachung, wie sie auf der nachstehenden Tabelle aufgeführt sind. Daraus geht ferner hervor, dass die den zentralen und höchsten Gebirgsketten entspringenden Flüsse im allgemeinen die an Gebirgsseen reichsten Einzugsgebiete besitzen (vergleiche hiezu Anh. Tabellen 3 und 4).

Zahl und Verbreitung der Pyrenäenseen nach Flussgebieten

I. Nördliche Abdachung		II. Südliche Abdachung	
Flussgebiet	Anzahl	Flussgebiet	Anzahl
1. Gave d'Aspe	4	1. Rio Aragon	13
2. Gave d'Ossau	40	2. Rio Gallego	58
3. Gave de Pau	150	3. Rios Ara-Cinca	38
4. Adour	32	4. Rio Esera	45
5. Neste d'Aure	40	5. Noguera Ribagorzana	75
6. Garonne	121	6. Noguera Pallaresa	128
7. Salat	31	7. Valira de Andorra — Segre	109
8. Ariège	120	Total	466
9. Aude	27	Uebertrag	604
10. Tet	39		
Total	604	Total beider Abdachungen	1070

2. Verbreitung der Seen nach Gebirgsgruppen.
(Vergleiche Tabelle 2.)

Wie wir in der Einführung bereits vernommen haben, sind die meisten Seen der Pyrenäen echte Gebirgsseen; d. h. sie kommen in Berglagen, und zwar hauptsächlich über 1500 m Meereshöhe vor, und sie finden sich teils als Jochseen, teils als Karseen, teils als Seen in gestuften Hochtälern und teils auf hohen Terrassen vor. Dabei verteilen sie sich in auffälliger Weise auf bestimmte Berggruppen; die einen von diesen Gebirgsmassiven sind bevorzugt und weisen eine grössere Anzahl Seen auf, andere aber sind durch Armut an Gebirgsseen gekennzeichnet.

Ueberblicken wir nach Tabelle 2 die verschiedenen Gebirgsgruppen, so erkennen wir deutlich, dass allgemein die höchsten

Gebirgsgruppen — abgesehen von einer Ausnahme — auch die seereichsten Gebirge darstellen.

Gebirge von weniger als 1800 m absoluter Höhe haben überhaupt keine Seen. Gebirge von 1800 m bis 2200 m Höhe, wie sie namentlich in der nördlichen Randzone der Pyrenäen auftreten, tragen im Mittel nur drei Seen, solche von 2200 bis 2600 m Höhe zirka fünf, bei den Gebirgen von 2600 bis 3000 m Höhe steigt die durchschnittliche Zahl der Seen auf 22, und bei den über 3000 Meter hohen Massiven erreicht sie 46.

Es stellt sich demnach heraus, dass die Gebirge der nördlichen Randzone im allgemeinen nur eine geringe Anzahl von Seen aufweisen, während die an Höhe bedeutenderen Gebirgsgruppen der Zentralzone und der spanischen Pyrenäen im allgemeinen ausserordentlich reich an Gebirgsseen sind.

Unter den Gebirgen der nördlichen Randzone sind es nur drei, die sich durch eine grössere Zahl von Gebirgsseen von den übrigen unterscheiden, nämlich das 2199 m hohe Massiv des „Pic des 3 Seigneurs“, auf der Wasserscheide zwischen Ariège und Salat mit acht Seen, die vom Pic Crabère überragte Gruppe mit 22 und das Massiv des Pic du Midi de Bigorre mit 15 Seen. Diese beiden seereichen Gebirge könnten ihrer Höhe und Lage nach fast ebensogut zu den Gebirgen der Zentralzone gerechnet werden.

In dieser Zone wiederum ist die Verteilung der Gebirgsseen ebenfalls sehr ungleichartig; die seenreichsten Gebirge sind die des Pic Serrère mit 94 und des Pic Carlitte in den östlichen Pyrenäen mit 80 Seen, welche beide Gebirge nahezu die gleiche Höhe von 2915 m besitzen. Es folgen dann das „Massif du Pic de Néouvielle“ mit 88 und das des Pic de Certescans mit 58 Seen. Drei Gebirge weisen etwas über 40 Seen auf; nämlich das des Pic de Balaïtous, de la Grande Fache und des Pic du Perdighero.

Ganz allgemein nimmt demnach hier der Reichtum an Seen mit der Höhe der Gebirge zu.

In den spanischen Pyrenäen machen sich einige Ausnahmen von dieser Regel geltend; aber durchschnittlich trifft sie auch in diesen Gebirgsgruppen zu, denn die über 2900 m emporragenden Gebirge sind bedeutend seereicher als die niedrigeren. Besonders gross ist die Anzahl der Gebirgsseen in der Sierra Montarto, die 119 Seen aufweist, während die 360 bis 400 m höheren Massive des Pic des Posets und des Maladetta bedeutend weniger Seen

aufweisen. Sie werden hierin auch von der 2913 m hohen Sierra de los Encantados übertroffen. In diesem Gebirge kommen die zahlreichen Seen im Einzugsgebiet des Riu Flamisell vor, die als Lagos de Capdella zufolge ihrer in grosszügiger Weise durchgeführten Ausnutzung der Wassermassen für Elektrizität in vielen Kreisen bekannt geworden sind.

Die ungleichartige Verteilung der Gebirgsseen auf die verschiedenen Gebirgsgruppen dürfte zum guten Teil durch die Verschiedenheiten der Gesteinsbeschaffenheit des Untergrundes bedingt sein, worüber im nächsten Abschnitt die Rede sein wird.

3. Die Verbreitung der Pyrenäenseen nach den Gesteinszonen.

In seiner Untersuchung über die Eiszeit in den Pyrenäen hat ALBRECHT PENCK bereits auf den Umstand hingewiesen, dass sich in der Verbreitung der Pyrenäenseen eine deutliche Abhängigkeit vom Gesteinscharakter des Untergrundes erkennen lasse. Am seereichsten seien die Bezirke, die sich aus Granit und aus alten zum Teil metamorphisierten Schiefern aufbauen, während Seen in den Kalkgebirgen stark zurücktreten (Lit. 80, p. 217).

Diese Behauptung wird durch unsere Untersuchungen in vollem Umfange bestätigt (vergl. Tabelle 2). Es ergibt sich, wie die folgende Zusammenstellung zeigt, dass ganz allgemein die Granitgebirge am seereichsten sind, dass aber auch die andern Zonen, die sich aus wasserundurchlässigen Gesteinsarten zusammensetzen sehr zahlreiche Seen aufweisen, während die Kalkgebirge arm an Seen sind.

Anzahl Seen:

Zone	Granit	Gneiss	Schiefer	Kalk	Gesamt
I. Nördliche Randzone	7	9	50	5	71
II. Zentralzone	295	155	128	22	600
III. Spanische Pyrenäen	336	6	13	7	362
Gesamtzahl	638	170	191	34	1033
	62%	16%	19%	3%	

Diese auf den ersten Blick verblüffende Ungleichartigkeit der Verbreitung der Seen nach den Gesteinszonen beruht aber nicht einzig nur auf petrographischen Verhältnissen, sondern wohl auch in der Ungleichheit des Auftretens der verschiedenen Gesteinszonen in den Pyrenäen. Unter den kristallinen Gesteinen walten eben die Granite vor, so insbesondere im Gebiet der spanischen Pyrenäen. Daher haben wir hier die grösste Anzahl Seen auf Granit. Dort aber, wo der Gneiss auch in grösserer Verbreitung auftritt, wie in den mehr östlich gelegenen Gebirgsgruppen der Zentralpyrenäen, stellen sich auch zahlreiche Seen ein.

Anderseits sind die Kalksteine nicht sehr stark verbreitet, so dass auch aus diesem Grunde die Zahl der Seen nur gering ist; ferner sind die Kalksteine wegen ihrer Durchlässigkeit hier wie in anderen Gebirgen nicht reich an Seen. Dazu kommt schliesslich noch der Umstand, dass die Hochgebirgsseen ja in ihrem Auftreten bestimmte Höhenzonen bevorzugen, dass sie, wie wir im vorigen Abschnitt gesehen haben, in den höheren Gebirgen besonders zahlreich sind; da nun aber die höchsten Gebirge — mit einer Ausnahme — aus Urgesteinen bestehen, müssen demnach auch die Gebirge dieser Gesteinszonen die grösste Anzahl Seen aufweisen.

Die Verbreitung der Gebirgsseen in den Pyrenäen ist eben nicht nur an die verschiedenen Gesteinszonen geknüpft, sondern auch an bestimmte Höhenzonen, und dieses Vorkommen ist ohne Zweifel durch klimatische Ursachen bedingt.

4. Verteilung der Seen nach Höhenstufen. (Vergl. Tabelle 3.)

Diese Verteilung weist je auf der einen oder andern Hauptabdachung sowohl nach Zahl wie nach der Anordnung der Stufen nicht unbedeutende Unterschiede auf. Wie wir bereits gesehen haben, sind die höheren Gebirgsgruppen im allgemeinen reicher an Seen als die niedrigeren. In einer bestimmten Höhenzone tritt das Maximum der Seenzahl ein, um nach der Höhe zu wieder abzunehmen. Dies ist auf der folgenden Uebersicht zu erkennen, die, wie Tabelle 3, ebenfalls aus dem Hauptverzeichnis gewonnen wurde:

Höhenstufe (m)	Nördl. Abdach.	Südl. Abdach.	Total
2800—3000	2	2	4
2700—2800	—	10	10
2600—2700	11	21	32
2500—2600	21	51	72
2400—2500	38	70	108
2300—2400	82	118	200
2200—2300	142	94	236
2100—2200	93	45	138
2000—2100	51	20	71
1900—2000	45	2	47
1800—1900	28	4	32
1700—1800	30	4	34
1600—1700	10	2	12
1500—1600	6	—	6
1400—1500	4	0	4
1300—1400	2	2	4
1200—1300	1	1	2
1100—1200			
1000—1100	1		1
Total	567	446	1013

Zunächst ist zu bemerken, dass die Zahl der 1013 hier aufgeführten Seen mit der auf Tab. 2 angegebenen Gesamtzahl von 1070 aus dem Grunde nicht übereinstimmt, weil nur von etwa 95% aller Seen Höhenzahlen festgestellt werden konnten und überdies eine kleinere Anzahl tiefliegender Talseen hier nicht berücksichtigt worden ist. Von diesen Höhenzahlen entstammen die mit Einerzahlen angegebenen teils der „Carte de l'Etat-Major de France“, teils den in grösseren Massstäben gezeichneten Karten; überdies ist eine kleine Anzahl der einschlägigen neueren Literatur entnommen. Für das französische Gebiet wurden zahlreiche Höhenwerte aus der Carte au 1:200 000 abgelesen, wobei die Höhenzahl bei der Equidistanz von 40 m oft Fehler von ± 40 m einschliessen kann. Wenn dies nun auch zu beklagen ist, so lieferte dieses Hilfsmittel immer noch einigermaßen brauchbare Werte, weil es uns ja im Grunde weniger um die absolute genaue Höhenangabe jedes Sees, als um die Ermittlung der Höhenstufe zu tun ist, in der sich die betreffenden Seen befinden. Für die spanische Abdachung bot leider die offizielle Karte gar keine

Anhaltspunkte. Ausser der FR. SCHRADER'schen Karte 1:100 000 wurden auch hier grossmassstäbige private Karten herausgezogen (siehe Abschnitt Kartenmaterial), ferner Angaben in den Jahrbüchern des Franz. Alpenklubs (Lit. 85).

Aber selbst bei Beschaffung der noch fehlenden Werte, welche ja nur durch neue Kartierungen gewonnen werden könnten, würde sich das Gesamtbild der Verteilung der Seen nach den Höhenstufen kaum wesentlich ändern. Es bliebe sehr wahrscheinlich bei der Tatsache, dass auf der französischen Abdachung die Höhenzone von 2100 bis 2400 m am seereichsten ist, während auf der Südabdachung die wichtigste Seenzone 100—150 m höher liegt. In dieser Höhenstufe befinden sich 60 % aller Gebirgsseen der spanischen Pyrenäen; in der Stufe von 2100 bis 2400 m haben wir 55 % der Seen der französischen Seite; während sich hier unterhalb 2100 m noch 31 % aller Seen befinden, kommen auf der Südseite unterhalb 2200 m nur noch 18 % vor. Diese Verhältnisse sind auch in übersichtlicher Weise auf dem Diagramm dargestellt (Fig. 1). Somit liegen die Seen auf der französischen

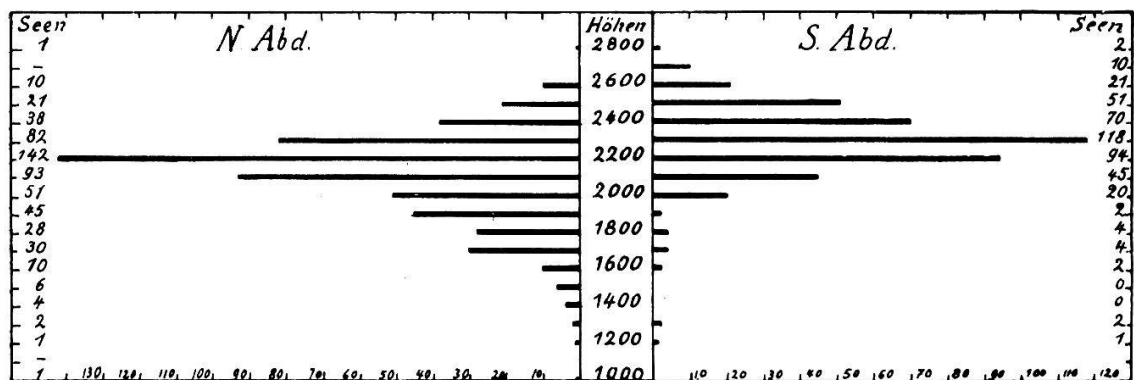


Fig. 1. Verteilung der Pyrenäenseen nach Höhenstufen.

N. Abd.: nördliche, S. Abd.: südliche Abdachung.

Abdachung nicht nur allgemein tiefer, sondern sie sind auch in den tiefern Lagen bedeutend zahlreicher als auf der Südabdachung der Pyrenäen. Diese Tatsachen dürften ohne Zweifel mit den klimatischen Verhältnissen in Beziehung stehen, unter denen die Bildung der meisten Pyrenäenseen geschah: mit der Eiszeit. Die seenbewirkenden Vorgänge reichten demnach auf der Nordseite wesentlich tiefer hinab und waren hier von stärkerem Einfluss als auf der offenbar damals wärmern und gletscherärmern Südseite.

Zum gleichen Ergebnis gelangen wir auch bei der Betrachtung der Lage der Karseen in den einzelnen Gebirgsgruppen.

II. Arten der Pyrenäenseen hinsichtlich der Lage

Die von uns festgestellten 1070 Pyrenäenseen sind hinsichtlich ihrer Lage zu den betreffenden Talformen recht verschieden. Wenn auch weitaus die grösste Anzahl von ihnen Gebirgsseen sind, die in hochgelegenen Tälern und Zirken oder auch in Einsattelungen und auf Terrassen liegen, so kommen doch auch Seen in tieferen Tälern, sogar am Rande der Pyrenäen vor. Demnach lassen sich nach der orographischen Lage die folgenden Gruppen von Pyrenäenseen unterscheiden:

1. Jochseen.
2. Karseen.
3. hochgelegene Talseen (Seen in gestuften Hochtälern).
4. Terrassenseen (auf hohen Talterrassen vorkommend).
5. tiefgelegene Talseen.

Die vierte Tabelle gibt zunächst eine Uebersicht über das zahlenmässige Vorkommen dieser Arten von Seen, auf die verschiedenen Flussgebiete verteilt.

Wir erhalten nach Tabelle 4 die folgende Zusammenstellung:

Abdachung	Karseen		Talseen		Terrassen- seen	Jochseen
	in einf. Kar.	in Tr. u. M. Kar.	Stuf. Tal	Haupttal		
Nördliche A.	186	335	52	7	9	15
Südliche A.	131	290	36	4	5	—
Gesamt	317	625	88	11	14	15

Daraus ergibt sich, dass die Zahl der Karseen weitaus am grössten, die der tiefgelegenen Talseen am kleinsten ist. Zusammen mit den in gestuften Hochtälern (Stuf. Tal der Tabelle) vorkommenden Karseen machen demnach diese Gebirgsseen 96 % aller Pyrenäenseen aus. Mit Einschluss der auf hohen Terrassen oder flachen Bergabhängen und auf Jochen auftretenden Seen stehen demnach 1059 Gebirgsseen den wenigen 11 Talseen gegenüber.

1. Jochseen.

Im Gegensatz zu den Alpen, wo von den eiszeitlichen Gletschern überschliffene Joche nicht selten sind und dort inmitten von Rundbuckeln zahlreiche Felsbecken vorkommen, die wir in den Pass-Seen des St. Gotthard, des San Bernardino, der Grimsel in besonders schöner Ausbildung vorfinden, treten in den Pyrenäen Jochseen stark zurück; ihre Zahl beträgt nur 15. Auch ist ihre Lage nicht in allen Fällen deutlich zu überschliffenen Einsattelungen gekennzeichnet; Seen dieser Art wurden vom Verfasser lediglich nach der Karte bestimmt, weil sie tatsächlich an Joche gebunden sind. Offenbar befinden sie sich in flach geneigten Nischen, wo kleine Lokalgletscher ihren Ursprung nahmen. Solcher Art sind namentlich die kleinen Bergseen in den nördlichen Gebirgsgruppen, z. B. im Gebiet des Gave de Pau der Lac de Cap de la Teste, im Gebiet der Piques die Et. de Garses und der Lac de Crouès; dagegen kommen im Einzugsgebiet der Garonne, sowohl südlich wie nördlich des Val d'Aran, typische Jochseen vor, z. B. der Lac Inferior, der mit 2340 m Höhe nur 30 m unterhalb der Passhöhe zwischen dem Valarties und dem Tal der Noguera Ribagorzana liegt, ferner der kleine See auf dem Col de Toro in 2287 m Höhe auf der Nordseite des Maladetta-Massivs. Als Jochseen haben wir auch die vier Etangs de Liat bezeichnet, die sich südlich des Hauptkammes in der Nähe des Pic Crabère auf einem plateauartigen verbreiterten Längspass befinden.

Endlich weist in den östlichen Pyrenäen auch das von verschiedenen, meist trogförmigen Tälern durchzogene und an überschliffenen Granitfelsbuckeln und Moränen reiche Plateau auf der Ostseite des Pic Carlitte mehrere gut gekennzeichnete Jochseen auf, wie beispielsweise die Lacs d'Aude und die auf der Wasserscheide zwischen Tet und Segre in Felsbecken gelegenen Lacs de Pradeille, Nou und Llong; vom erstern erwähnt A. DELEBECQUE, dass er zwei Abflüsse besitze, von denen der eine der Tet, der andere dem Segre bzw. dem R. de Mesclan d'Aygues zuströme. Das gleiche trifft übrigens auch bei dem benachbarten Lac de Dougues zu, den wir den Stufental-Seen zugerechnet haben, der aber gleichzeitig auch die sehr seltene Eigenschaft eines mitten auf der Wasserscheide gelegenen Sees besitzt; genauer

gesprochen, verläuft die Wasserscheide zweier Flussgebiete hier mitten durch den See.

Auffallenderweise fehlt auf dem benachbarten Col de Puy-morens, einem der wenigen von Gletschern überflossenen Sättel der Pyrenäen, die Seebildung; nur mächtige Rückzugsmoränen der letzten Eiszeit breiten sich auf der 2050 m hohen Einsattelung aus.

2. Die Karseen.

Diese meist kleinen Gebirgsseen befinden sich in jenen bekannten hochgelegenen Gebirgskesseln, die in vielen Fällen den Anfang eines Tales, sei es eines Haupttales oder Seitentales, bilden, in andern Fällen ganz zufällig hoch über dem Hang eines grösseren Gebirgstales auftreten und dort durch ihre eigentümliche Armsesselform auffallen; sie werden im allgemeinen als Kare bezeichnet. Der neuesten Literatur zufolge fehlen solche Hohlformen in keinem ehemals vergletscherten Gebirge.

Man vermag heute nach der orographischen Gestaltung mehrere Typen von Karen zu unterscheiden, nämlich einfache Kare, Treppenkare und Grosskare oder Muldenkare; alle drei Typen sind in den Pyrenäen vertreten, und zwar scheinen hier die Treppenkare vorzuherrschen.

Die einfachen Kare sind durch drei Merkmale gekennzeichnet: durch eine talauswärts führende hohe Stufe, durch einen flachen, oft beckenförmig vertieften Boden und durch eine im Halbkreis diesen Boden umgebende Felsumrahmung. Kare, in deren Boden sich ein See befindet, werden auch als Seekare bezeichnet. Die Karseen liegen in der grössern Mehrzahl der Fälle in echten Felsbecken; nur sehr wenige werden durch Moränen des betreffenden lokalen Kargletschers abgedämmt.

Laut unserem Hauptverzeichnis kommen in den Pyrenäen 273 einfache Seekare vor; aber möglicherweise ist ihre Zahl noch geringer, weil die meisten hier genannten Kare nach Karten bestimmt wurden, die eine ganz genaue Wiedergabe der Topographie dieser Hohlformen vermissen lassen. In mehreren Fällen wurden durch Beobachtungen Treppenkare festgestellt, wo die Karte nur einfache Kare vermuten lässt.

Die Fälle, bei denen ein Kar als sogenanntes Treppenkar in mehreren Stufen oder Treppen zum eigentlichen Tal abfällt,

sind in den Pyrenäen ausserordentlich häufig; wir haben an Zahl hier 153 Treppenkare festgestellt. Auf den genauer gezeichneten Karten sind sie daran zu erkennen, dass mehrere Seen treppenartig übereinander liegen, weil fast jede Stufe beckenförmig eingetieft ist. Das Kennzeichen der Treppenkare ist die von dem gleichen Bache entwässerte Stufenfolge. Wir haben also ein einheitliches, stufenförmiges Hochtal vor uns mit einfacher Entwässerung. Offenbar liegt der Bildung der Treppenkare eine fluviatile Talanlage zugrunde, die durch glaciale Abtragungsvorgänge umgestaltet worden ist. Die Zahl der auf Karten angegebenen Seen ist nicht identisch mit der Anzahl Stufen, aus denen die Treppenkare gebildet sind. Es sind uns Kare mit zwei und drei Treppen bekannt, wo im ganzen nur ein See vorkommt; dabei befindet sich der See bald auf der obersten, bald auf der mittleren und bald auf der unteren Stufe.

Wo mehrere Seen hintereinander folgen, ist in vielen Fällen der unterste der tiefste und grösste; das beste Beispiel dieser Art liefert uns das Tal von Caïllaouas in der Perdighero Gruppe, das von der Neste de Lauron, einem Nebenfluss der Neste d'Aure, entwässert wird. Ueber dem in 2165 m Meereshöhe gelegenen Lac de Caïllaouas, der 101 m tief ist, steigt eine 250 m hohe Stufe zu dem unteren Becken der Gourgs-Blancs (in zirka 2410 m) empor, das auf der mittleren Stufenfläche eingetieft ist; von hier aus ist nach E. BELLOC nochmals eine gegen 200 m hohe Stufe zu überwinden, bis man zum oberen Becken gelangt, das zugleich das kleinste von den dreien ist (vergl. Karte, Fig. 2).

Eine ganz ähnliche Aufeinanderfolge von Stufen mit Felsbecken bietet auch das benachbarte Tal von Oo oder Astau, das vom 3220 m hohen Pic Perdighero nordwärts hinabsteigt. Hier folgen vier auf verschiedenen Stufen gelegene Seebecken aufeinander, nämlich, von oben nach unten aufgezählt: in 2650 m der Lac du Portillon, in 1960 m der Lac du Saounzat, in 1875 m der Lac d'Espinngo und endlich unterhalb einer fast 400 m hohen Stufe der Lac d'Oo ou de Séculégo, der eine Tiefe von 67 m besitzt (vergl. das Profil Fig. 8).

Ein weiteres hübsches Beispiel eines mit drei kleinen Seen ausgestatteten Treppenkares findet sich auf der Nordseite des Pic de St. Barthélemy, wobei die eng aufeinanderfolgenden Seen durch sehr steil abfallende Stufenwände voneinander getrennt sind.

Unser Hauptverzeichnis gibt in der Bezeichnung Tr.-Kar eine sehr grosse Anzahl dieser Hochtalformen an, die in vielen Fällen von den gestuften Hochtälern kaum zu unterscheiden sind.

Auch die dritte Form von Karen, die hiavor bezeichneten Muldenkare, ist durch Stufenbau gekennzeichnet; es handelt sich hier um auffallend weit geöffnete Bergmulden mit sehr un-

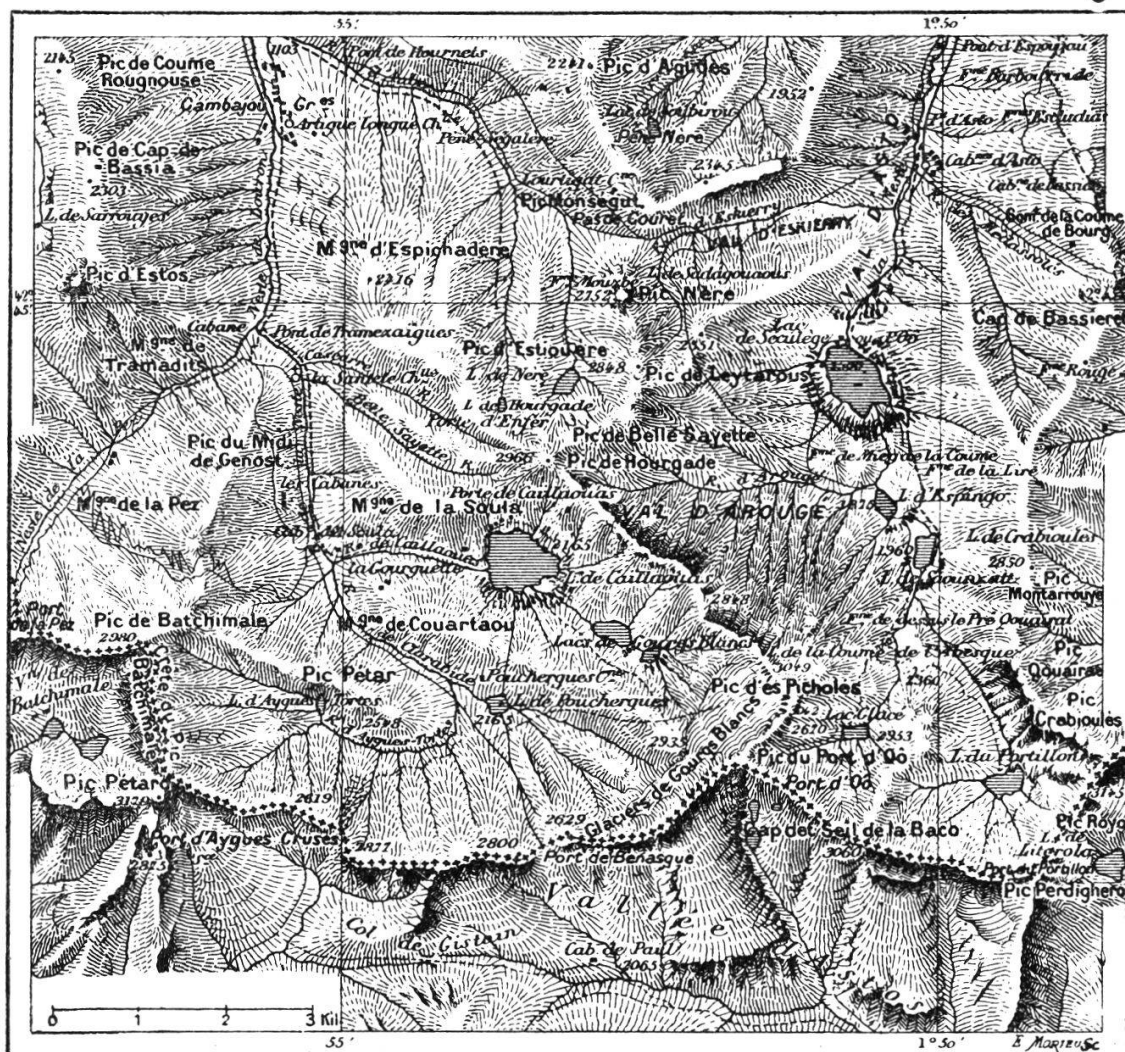


Fig. 2. Karte der Seen des Pic Perdighero-Massivs.

regelmässig beschaffener Bodenoberfläche; auf dieser wechseln nicht nur stufenförmige Abschnitte hintereinander, sondern auch nebeneinander ab, bestehend aus Felsbuckeln, Schuttwällen, Seebecken und Bachrunsen. Man hat hier den deutlichen Eindruck, dass in einer bestimmten Meereshöhe durch langandauernde glaciale Abtragungsvorgänge mehrere benachbarte Treppenkare mehr

und mehr miteinander verbunden worden seien, wobei man in erster Linie an eine starke seitliche Abtragung von trennenden Felsspornen oder Seitenkämmen denken darf, die uns heute vielfach noch als gerundete, abgeschliffene oder niedrige und mit Moräne oder Verwitterungsschutt bedeckte Buckel entgegentreten.

Eine in diesem Sinn verstandene Ausweitung von Karen ist im Gebiet der Hohen Tatra bereits von JOS. PARTSCH nachgewiesen worden (Lit. 79). Man hat für diese ebenfalls sicher präglacial angelegten Hochtalabschnitte bereits den Ausdruck Grosskare verwendet; ich würde für sie die Bezeichnung Muldenkare vorziehen.

In den Pyrenäen haben wir nach den Kartenbildern zu schliessen, 37 gut ausgeprägte Muldenkare unterscheiden können. Ein ganz eigenartiges Beispiel eines gestuften Kares, das eine Uebergangsform zu einem Muldenkar darstellt, bietet uns das Ursprungsgebiet des Ruisseau de Garet, eines Zuflusses des R. de Tourmalet, dessen Wasser sich in den Adour ergiesst; in jenem am Nordabfall des „Massif de Néouvielle“ gelegenen Ursprungstale lassen sich drei treppenförmig abfallende Tälchen unterscheiden, die sich in zirka 1800 m Meereshöhe vereinigen, und in jedem dieser Tälchen ist jede Treppe mit einem Seebecken versehen; es sind dies die 15 Lacs de Cadérolles, von denen im östlichsten der drei Tälchen acht kleine Seen mit grosser Regelmässigkeit treppenartig aufeinander folgen, welche Eigentümlichkeit bereits dem Seenforscher E. BELLOC aufgefallen ist. Wir haben, nach der Karte zu urteilen, hier die morphologische Erscheinung, dass drei sehr benachbarte Treppenkare sich innerhalb einer nordwärts abfallenden Nische befinden und diese dementsprechend den Charakter eines stark gestuften Muldenkares annimmt.

Ein ähnliches Beispiel dieser Art liefert das benachbarte Einzugsgebiet des Ruisseau de l'Oule im gleichen Gebirgsmassiv, wo wir ebenfalls drei sich verreinigende Treppenkare zu unterscheiden vermögen, auf deren verschiedenen Stufen sich die sechs Lacs de Port-Bieil befinden.

Das seereiche „Massif de Néouvielle“ bietet überhaupt eine ganze Mustersammlung von Karen verschiedener Art, wie wir



(D'après L'illustration)

uns etwa an Hand der beigegebenen Karte (Fig. 3) überzeugen können, auf welcher die Nische mit den Seen von Cadérolles rechts oben abgebildet ist, während das Muldenkar von Port-Bieil unmittelbar südlich davon anstösst.

Als einfache Kare erscheinen die Nischen mit den kleinen Seen von Maucapera und von Portal, die gegen NW hin entwässert werden; in jedem dieser drei Kare befindet sich je nur ein See.

Gute Beispiele von Treppenkaren mit mehreren hintereinanderliegenden und vom gleichen Bach entwässerten Seen weisen die Hochtäler von Bugarret im Westen und von Bastan im Osten unseres Kartenbildes auf; dazu gehört wohl auch das Tälchen von Lespade, das nordwärts vom Som de Port-Bieil absteigt und zwei Seen enthält.

Die verschiedenen übrigen breiten Hochtäler, in denen sich mehrere Seen befinden, lassen sich am besten zu den Muldenkaren zählen, weil wir hier überall mehrere neben- und übereinander angeordnete Seen antreffen, die alle in einer einheitlichen Umrahmung mit höheren gratartigen Ketten und Kämmen liegen; dazu gehören die Mulden von Aumar, du Cap de Long, der Aigue-Cluse, von Escoubous und Glaire, sowie das Einzugsgebiet des Ruisseau de Boulou.

Als Muldenkare mit breiter Grundrissform und zahlreichen Buckeln und Becken, wie sie wohl nur durch sehr langandauernde Eisbedeckung und Abtragung durch Gletscher haben geschaffen werden können, dürfen wir ferner ansehen:

a) Das breite Hochtal von Estom Soubiran im „Massif des Vignemale“, das nach der Karte von A. MEILLON gegen zehn kleine, auf verschiedene Stufen und Seitennischen verteilte Seen aufweist.

b) Das Hochtal von Aratilhé, ebenfalls im gleichen Gebirgsmassiv gelegen, mit vier Seen.

c) Das Hochtal von Sabourédo in der Sierra Montarto, das, nach der Karte von FR. SCHRADER, mit acht Seen ausgestattet ist; diese werden nordwärts von der Garona de Ruda, einem der Quellflüsse der Garonne, entwässert.

d) Ähnliches ist der Fall in dem benachbarten grossen Muldenkar, dessen Abfluss, der Rio Aiguamoch, aus nahezu 40 verschieden grossen Seen hervorgeht; diese verteilen sich auf verschiedene Höhenstufen von 1950 bis 2400 m Meereshöhe, und die



Fig. 4. Uebersichtskarte der Sierra Montarto und der Sierra de los Encantados.

Zeichnung von F. Nussbaum.

höher gelegenen von ihnen auf zwei grosse Ursprungskare. Wir haben in der ganzen Hohlform wohl das grösste Muldenkar der Pyrenäen vor uns; es kommen hier die Seen von Clotos, Colomès und Berguils vor (siehe das Kärtchen Fig. 4).

e) Das Einzugsgebiet des Rio de Rios mit dem durch seine Grösse auffallenden Etang de Rios in 2360 m Höhe, neben dem sich noch einige kleine Seen befinden; ihr Abfluss ergiesst sich ebenfalls in die Garonne.

f) Das auf der Südseite der Sierra Montarto gelegene Hochtal in dem die insgesamt etwa 12 Seen von Tramesane und de los Monges liegen.

g) Das Hochtal nördlich Capdella in der Sierra de los Encantados, in dem wir die durch Granitfelsbuckel und -stufen von einander getrennten zahlreichen Seen finden, von denen unten noch ausführlicher gesprochen werden soll.

h) Sehr gute Beispiele von seereichen Muldenkaren finden sich sodann in den Gebirgen von Andora; insbesondere nennen wir hier den Cirque des Pessons, wo nach der Karte von CHEVALIER über ein Dutzend in verschiedenen Stufen angeordnete Seen vorkommen; das breite Kar wird auf der West- und Südseite halbkreisförmig von steilen Felshängen eingefasst, die in starkem Gegensatz zu den Bergrücken stehen, zu denen sie hinaufführen. Aus der Karte erkennt man deutlich, dass das Muldenkar aus drei benachbarten Treppenkaren hervorgegangen ist, zwischen denen die trennenden Bergsporne sehr stark abgetragen worden sind.

i) Zu den Muldenkaren dürfen wir hier noch rechnen den Cirque der Coma de Ensagents und den gegen Süden geöffneten weiten Kessel mit den acht Seen von Furcat und Illa, die vom Riu Madriu entwässert werden.

Das Hochtal des Lac Lanoux im Massiv des Pic Carlitte ist eine weit geöffnete Mulde, in deren Mitte sich der 2,5 km lange Bergsee ausdehnt; von hier steigen die durch kleine Seiten- und Ursprungskare gegliederten Gehänge in ungleichartiger Steilheit zu den 600 bis 750 m höheren Kämmen und Karlingen empor.

Eine durchaus ähnliche Anordnung in der Verteilung von Seen bietet das benachbarte Hochtal mit dem Lac Naguille, das nordwärts zu der Oriège, einem Zufluss der Ariège, hin entwässert wird; auch hier lassen sich an den seitlichen und südlichen Ab-

hängen oberhalb des Sees mehrere in Stufen abfallende kleine Seekare unterscheiden.

Schliesslich treten uns in dem ebenfalls im Carlitte-Massiv gelegenen Einzugsgebiet der Oriège, gleiche Züge, wenn auch in etwas verkleinerten Massen wie beim Tal von Naguille, entgegen, indem der längliche Etang d'en Beys die Lage des grösseren Muldentalsees einnimmt, zu dem die Abflüsse mehrerer Karseen hinabfliessen.

Wie bereits angegeben wurde, machen die Karseen weitaus den grössten Teil der Pyrenäenseen aus (rund 90 %). Es ist nun von Wert, nicht nur ihre geographische Verbreitung, sondern auch ihre Höhenlage in den verschiedenen Gebirgsgruppen kennen zu lernen.

Nach der aus dem Hauptverzeichnis erstellten Tabelle 2 haben wir zunächst das Vorkommen aller Gebirgsseen nach den Gesteinszonen der verschiedenen Gebirgsmassive dargestellt; zugleich ist in der Kolonne 2 auch die mittlere Höhe der Karseen für die verschiedenen Gebirge angegeben worden, wobei wir sämtliche Seen der verschiedenen Kartypen (einfache Kare, Treppen- und Muldenkare) einbezogen haben.

Es ergibt sich in Uebereinstimmung mit der Tabelle der Höhenstufen der Gebirgsseen, dass die mittlere Höhe der Karseen in den randlichen niedrigen Gebirgen bedeutend tiefer liegt als in den höheren Gebirgen. So erhalten wir in der Richtung von Norden gegen Süden ein fast allmähliches Ansteigen der mittleren Höhenlage der Karseen von 1600 m Meereshöhe bis zu der Höhe von über 2400 m (vergl. hiezu Karte 5).

Aus der Darstellung der Karte 5 ist ersichtlich, dass in den dem Nordrand der Pyrenäen benachbarten Gebirgen M. Monné, Pic des 3 Seigneurs, Tuc d'Etang die mittlere Höhe der Karseen zwischen 1600—1800 m liegt, worauf eine nahezu geschlossene Gruppe von Gebirgen folgt mit einer mittleren Seenhöhe von 1800 bis 2000 m, wie der Pic de Cabaliros, der Pic du Midi de Bigorre, der Pic de Bacanère, Montlude, Pic Crabère und der Pic St. Barthélemy. Ebenso bleibt ganz im Westen in der Hauptkette die Seenhöhe unter 2000 m (Pic d'Anié, Pic d'Escarpu). In den hohen Gebirgsmassiven der Zentralpyrenäen aber steigt die mittlere Höhe der Karseen über 2200 m hinauf, wie ein Massif du Vignemalo, in dem des Pic de Néouvielle, Munia, Perdighero,

Roca Blanca, Estats, Serrère ferner in den Massiven des Maladetta, der Sierra Montarto und der Sierra de los Encantados. Schliesslich erhalten wir eine südliche Zone von Gebirgen, wo die Karseen im Mittel in einer Höhe von über 2400 m liegen, so im Mont Perdu, im Massif du Pic des Posets, im Pic des Pessons, der Tossa de Plana und in der Gruppe des Pic de d'Enfer (der Puigmalkette). Ein Herabsteigen der genannten Mittellage fehlt hier; die Zone mit den höchsten Mittelwerten hat keine Fortsetzung in der südlichen Randzone der Pyrenäen; das will heissen, dass in den niedrigeren Ketten und Gebirgen der südlichen Randzone keine Karseen vorkommen. So fehlen diese in der 2660 m hohen Sierra del Cadi, im 2430 m hohen Massiv des Orry, in der 2498 m hohen Sierra de Monros, im 2693 m hohen Massiv der Pta. de Lyena, in dem des 2756 m hohen P. de Ginebrell, in der 2444 m hohen Sierra de Colls, im nahezu 2500 m hohen Massiv des Turbon, in der 2300 m hohen Kette der Peña Montanesa, am 2689 m hohen Castiecho, sogar im 2910 m hohen Massiv des Cotiella, das sich zwischen Esera und dem R. Cinqueta erhebt.

Teilweise ist das Fehlen von Karseen auf das Auftreten von Kalksteinen der südlichen Randzone zurückzuführen, z. B. bei den Kette der Sa. del Cadi, der Peña Montanesa und des Castiecho.

Immerhin ist das Vorkommen von Karseen in den bedeutend niedrigeren Gebirgen der nördlichen Randzone, wo neben Urgestein sich auch Sedimente am Aufbau der Ketten beteiligen, zu auffällig, als dass dies bloss Zufall sein könnte. Wir haben ohne Zweifel in dem fast gleichmässigen Ansteigen der mittleren Höhe der Karseen von 1600 auf über 2400 m von Norden gegen Süden eine klimatisch bedingte Erscheinung zu erblicken. Karseen finden sich stets nur in gut ausgeprägten Karen; solche fehlen grösstenteils in den südlichen Randgebirgen. Kare sind aber — wie heute allgemein angenommen wird, — Bildungen der Eiszeit. Es muss demnach die eiszeitliche Vergletscherung, insbesondere auch die Lokalvergletscherung, auf der Nordseite der Pyrenäen stärker entwickelt gewesen sein als auf der Südseite.

Eine ungleichartige Verbreitung der Karseen in horizontaler und vertikaler Richtung tritt uns nicht nur bei den verschiedenen breiten Gebirgszonen der Pyrenäen entgegen, sondern sogar bei den einzelnen Gebirgsgruppen und Ketten. Es lässt sich fest-

stellen, dass bei den Gebirgen mit ausgesprochener West-Ost-Richtung die Karseen auf der Nordseite im allgemeinen tiefer liegen als auf der Südseite. So befinden sich im Massiv des Pic Crabère die Karseen auf der nördlichen Abdachung durchschnittlich in 1870 m, auf der Südseite in 2230 m, woraus sich der auffallend starke Höhenunterschied von 360 m ergibt.

Ähnliche Verhältnisse kehren aber auch in anderen Gebirgen wieder, wie die nachfolgende Zusammenstellung beweist:

Gebirge	Mittlere Höhe der Karseen		Differenz
	Auf der Nordseite	Auf der Südseite	
Pic Crabère	1870 m	2230 m	360 m
Pic de Certescans	1775 m	2230 m	465 m
Pic d'Estats	2230 m	2370 m	140 m
Pic de Serrère	2110 m	2347 m	237 m
Mittel	1996 m	2294 m	300 m

Ohne Zweifel liesse sich das Zahlenmaterial noch wesentlich vermehren, wenn man bessere Kartenunterlagen besässe. So besitzt auch das Massif du Perdighero auf der Nordseite zahlreichere und tiefer gelegene Karseen als auf der Südseite. Dass aber bei diesen hier festgestellten Höhenunterschieden sich Einflüsse klimatischer Art geltend gemacht haben, liegt auf der Hand; dafür sprechen noch die folgenden Tatsachen: In einigen Gebirgen kommen Karseen nur auf der Nord- bzw. Nordostseite vor, so z. B. in den Gruppen des Pic d'Anié, des Pic de l'Escarpuru, des Pic de la Vache an der Pena de Sabocos und am Mont Canigou. Hier haben wir unzweifelhaft an den Einfluss der Exposition zu denken.

Wir können an Hand unseres Hauptverzeichnisses feststellen, dass in der Lage der Seenkare bestimmte Himmelsrichtungen in eigentümlicher Weise bevorzugt werden. So lässt sich ermitteln, dass eine auffallend grosse Zahl von Karen eine nördliche bzw. nordöstliche Exposition besitzt, während südliche und westliche Richtungen stark zurücktreten, so dass wir unwillkürlich an klimatische Einflüsse, wie stärkere Beschattung, geringere Abschmelzung denken, die die Kargletscherbildung ohne Zweifel begünstigt haben mögen.

Nach der Tabelle 4 erhalten wir die folgende Zusammenstellung über die Verbreitung der Seenkare nach der Exposition:

Abdachung	SW	W	NW	N	NO	O	SO	S	Gesamtzahl
I. Nördliche	2	18	23	125	42	37	11	16	274
II. Südliche	10	21	19	21	12	37	22	47	189
Gesamt	12	39	42	146	54	74	33	63	463

Von den insgesamt 463 Seenkaren besitzen demnach 316 oder 69 % nördliche und östliche Exposition und 147 oder 31 % südliche und südwestliche. Dass die nördliche Exposition auf der Nordabdachung weitaus vorherrscht — ähnlich wie die südliche auf der Südabdachung — hängt in erster Linie wohl mit der allgemeinen West-Ost-Richtung der Gebirgsgruppen zusammen, wobei auf der Nordabdachung eine weit grössere Zahl von Tälern mit nördlicher als mit südlicher Richtung vorkommen müssen, und umgekehrt ist es auf der Südabdachung. Dieses Ergebnis musste so grosse Wertunterschiede liefern, weil es nicht nach Gebirgsgruppen gewonnen wurde, sondern nach den Entwässerungsgebieten; von den zehn in der Tabelle 4 angeführten Flüssen der französischen Pyrenäen entwässern die ersten acht im wesentlichen die Nordabdachung der Hauptkette. Umgekehrt nehmen die sieben Flüsse der Südabdachung ihren Ursprung im wesentlichen auf der Südseite der Hauptkette und entwässern demnach auch alle südlich gerichteten Hochtäler.

In augenfälliger Weise zeigt das Diagramm, Fig. 6, das Vorherrschen der nördlichen Exposition in der Lage der Seenkare.

Das ebenfalls stärkere Hervortreten der Südexposition gegenüber der westlichen oder südwestlichen lässt die Frage auftauchen, ob nicht in der tektonischen Anlage auch eine Begünstigung der Seebildung liegen möchte; denn vielfach streichen die steilgestellten Gesteinbänke in westöstlicher Richtung, und bei dem festgestellten Wechsel von härteren und weicheren Bänken und Schiefern ist es denkbar, dass sich eiszeitliche Beckenformen hier länger und besser erhalten haben, als in den Kare, die im Streichen der Schichten eingetieft sind, in denen die Wassererosion geringeren Widerstand gefunden haben mag. Es lassen sich zahlreiche Kare nachweisen, die eine derartige Lage besitzen und in

denen die fluviatile Erosion der Postglazialzeit die Schwelle oder den Karboden zerschnitten haben dürfte. So scheinen, nach den Blättern der Carte de l'Etat-Major zu urteilen, in den westlichen französischen Pyrenäen, namentlich in den Gebirgsgruppen des Pic de l'Escarpu, des Pic d'Arlet, des Pic de Cabaliro und des Pic de Chancbou auf der Westseite der im wesentlichen gegen Norden gerichteten Kämme zahlreiche Kare mehr oder weniger stark fluviatil zerschnitten zu sein; denn wir finden hier viele ausgeprägte fluviatile Erosionstrichter und daneben Kare ohne Seen, während auf der Ostseite Seenkare vorkommen. Die genannten Gebirge sind zur Hauptsache aus alten Schiefern aufgebaut, die durch einen lebhaften Wechsel von härteren und weicheren Schichten gekennzeichnet sind. Die starke Zerschneidung der west-

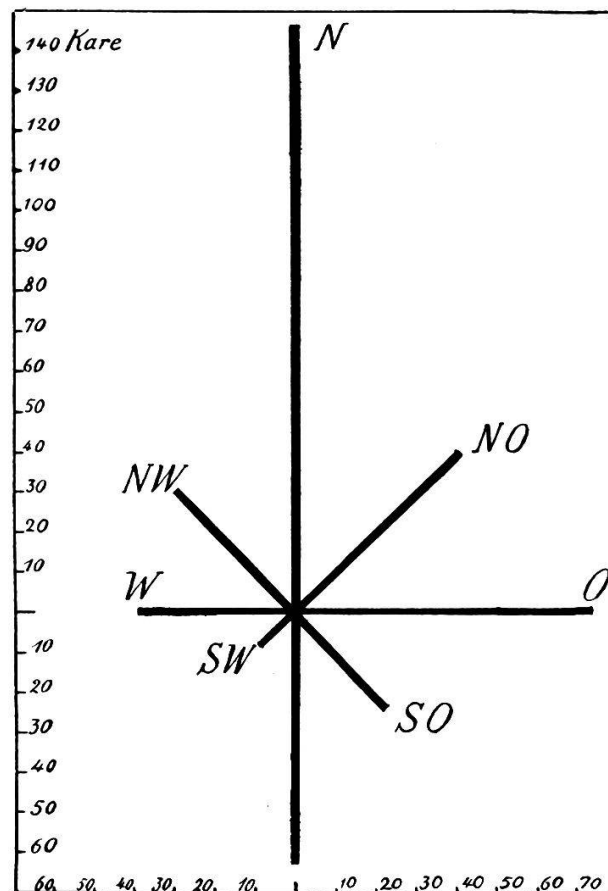


Fig. 6. Diagramm der Verbreitung der Seekare nach der Expedition.

lichen Hänge gegenüber den östlichen dürfte vielleicht mit den häufigen, von Westen her kommenden Regen in Zusammenhang gebracht werden, die als Steigregen naturgemäss auf der Westseite

der Gebirge in grösseren Mengen fallen als auf der Ostseite. Oder haben sich auf der Ostseite infolge stärkerer Beschattung kleine Kargletscher länger erhalten als auf der rascheren Abschmelzung ausgesetzten Westseite?

3. *Seen in Stufentälern.*

Aehnliche Beispiele liessen sich noch beliebig vermehren; unser Hauptverzeichnis weist noch eine grössere Anzahl von Muldenkaren auf. In vielen Fällen ist es allerdings nicht ganz leicht, zu entscheiden, ob wir ein Muldenkar, ein Treppenkar oder ein Stufental vor uns haben; unter der kurzen Bezeichnung *Stufental* verstehen wir ein in Stufen ansteigendes grösseres Hochtal; schliesslich gehören auch alle Kare zu den gestuften Hochtälern; aber wir glauben, ein Stufental von einem Treppenkar wohl am besten durch das Merkmal der grösseren Längsausdehnung unterscheiden zu sollen; die Zahl der Stufen macht es nicht aus, wie uns das Beispiel der Lacs de Cadérolles gezeigt hat, deren Stufenfolge sich auf nur 3 km Länge erstreckt. In absoluten Massen ausgedrückt, haben wir ein 3—4 km langes gestuftes Hochtal, das zuoberst mit einem echten Kar beginnt und in einer ungefähr gleichbleibenden Breite abwärts steigt, noch als Treppenkar anzusehen, wie etwa das Tal von Bastan im „Massif de Néouvielle“ oder das Tal des „Lac de Caillaouas“ u. a. m.

Wo wir es aber mit 6—7 km langen Hochtälern zu tun haben, die meist als Hängetäler mit hoher Stufe in ein Haupttal einmünden, da sprechen wir von Stufental; Beispiele dieser Art sind die Hochtäler im Gebiet der oberen Ariège wie die Täler von Bésinès, von Nabre und von Mourgouillou. Gerade das letztere dürfte als das schönste Beispiel dieser Art angesehen werden, da es in acht bis neun Stufen ansteigt, von denen fast jede ein Seebecken aufweist (vergl. Fig. 7).

Das Tal von Mourgouillou.

Es dürfte am Platze sein, hier die Beschreibung dieses typischen Stufentales folgen zu lassen, für dessen einzelne Talstufen uns Höhenwerte nach dem Guide von Ax-les-Thermes durch H. MARCAILHOU-D'AYMERIC zur Verfügung stehen (Lit. 59).

Man überschreitet bei Mérens in etwa 1060 m Meereshöhe die Ariège auf der Brücke von Couillet, um gegen Südwesten in das Bergtal von Mourgouillou hinaufzusteigen. Der steinige und holprige Weg, wie er in den Pyrenäen üblich ist, führt zunächst schattigen, von Buchen und Hasel-

sträuchern gebildeten Hägen entlang, und zwar auf der Innenseite einer mächtigen Endmoräne, die hier aus dem Seitental ins Haupttal hinaus vorgebaut ist. Bald erreicht man in gleichmässigem Anstieg ($120 \text{ }^{\circ}/_{100}$) in 1245 m Höhe den Steg von Gazeil, wo man auf die linke Talseite gelangt. Von hier ist eine erste, ausgesprochene, aus Schiefergestein aufgebaute Talstufe mit schönem Wasserfall zu überwinden, oberhalb der sich in 1400 m die Scheunen von La Ferrère befinden. Nun folgt in die Stufe der „Escalies“, über der man in 1540 m einen ebenen Talboden, genannt le Planel des Llabérolès, erreicht. Das Tal steigt wieder steiler an bis auf 1645 m Höhe, wo sich in einer Verflachung neben einer Cabane ein kleiner See oder Weiher befindet, genannt Estagnol du Mourgouillou. Eine weitere Stufe bringt uns in 1776 m Höhe zu dem etwa 500 m langen Lac du Comté, der reich an prächtigen Forellen ist. Hier münden von beiden Seiten zwei kleine Seitentäler bzw. Kare ein, von denen das rechtsseitige

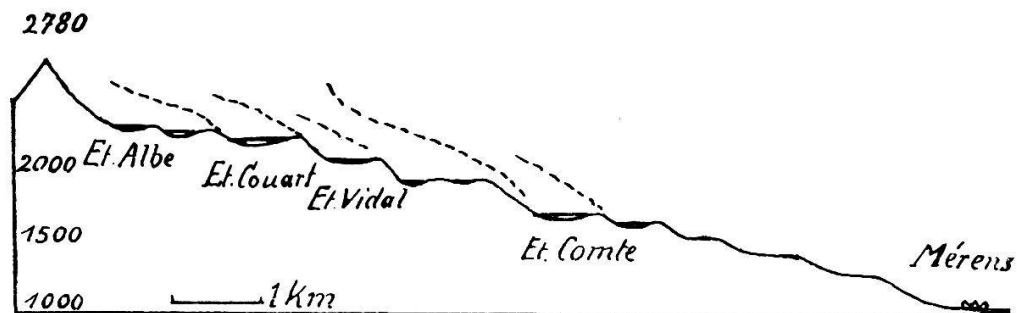


Fig. 7. Längsprofil des Tales von Mourgouillou.

in 2017 m einen kleinen See birgt. Nun verengt sich das Tal, und es weist erneut eine gut ausgesprochene Stufe auf, oberhalb der in 1935 m zwei flache Weiher (Estagnols) liegen. Ein nochmaliges Ansteigen um 150 m bringt uns in 2085 m an das untere Ende des Lac Vidal, der etwas kleiner ist als der Lac du Comté. Nach einer halben Stunde Weitermarsches, der wieder steil aufwärts führt, gelangt man in 2230 m Höhe zu dem 700 m langen, aber schmalen Lac de Couart, der ebenfalls den Fischern wegen seines Reichtums an Forellen bekannt ist; er erhält sein Wasser hauptsächlich aus zwei noch höher gelegenen Seen, den Lacs d'Albe, von denen sich der kleinere in 2285 m, der grössere in 2330 m befindet, und zwar der letztere im Boden eines typischen, im Dreiviertelkreis von felsigen Wänden eingefassten Kars, das von 400–450 m hohen Berggipfeln und Gräten überragt wird. Wie unser Längsprofil (Fig. 7) zeigt, weist demnach das Tal von Mourgouillou eine Serie von acht Talstufen auf, die sich auf eine Gesamtlänge von 7,5 bis 8 km verteilen.

Ebenso ist das gegen den R. de Font-Vive mit schöner Stufenmündung geöffnete Hochtal von Campcardos, südwestlich von Porta, ein gutes Beispiel eines Stufentales. Die Zahl dieser Talart ist in den Pyrenäen nach unserem Hauptverzeichnis ebenfalls

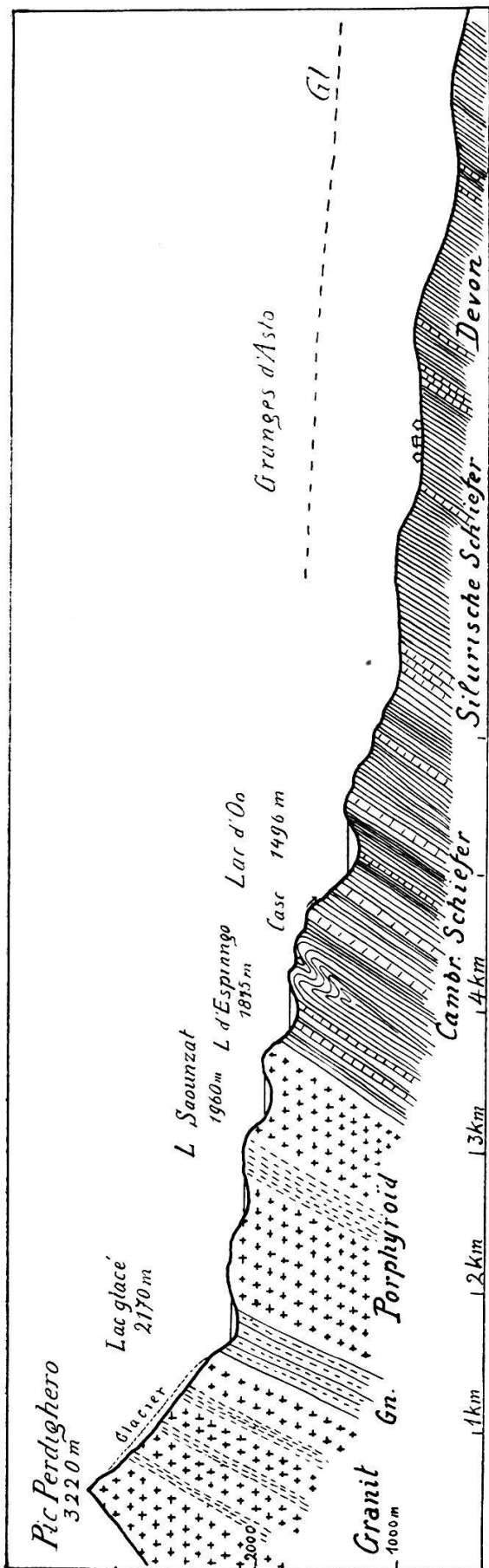


Fig. 8. Geologisches Längsprofil des Tales von Asto (nach E. Belloc).

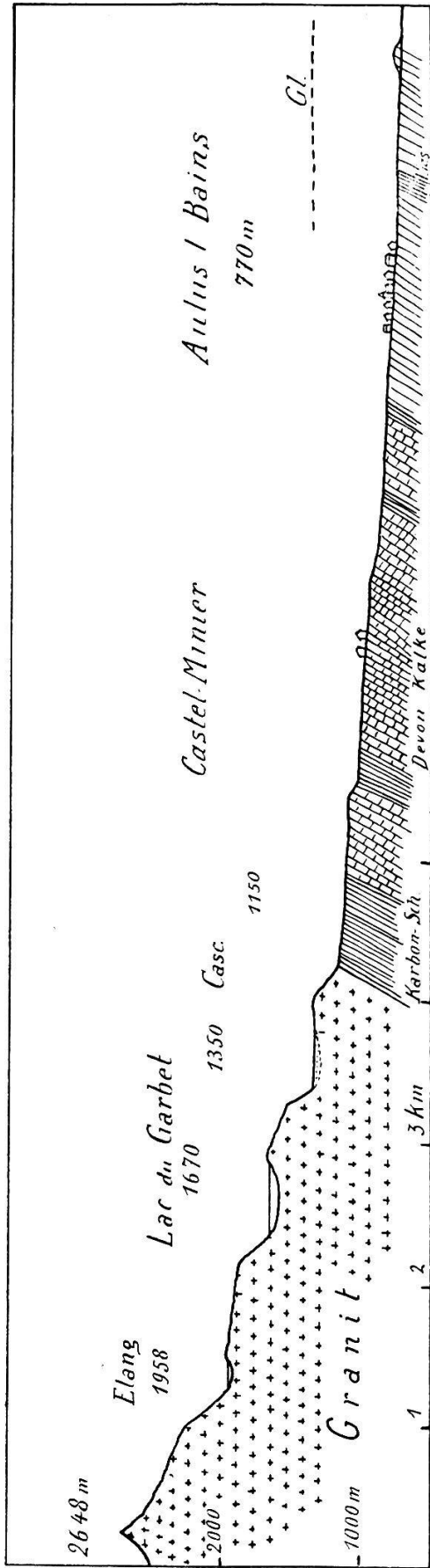


Fig. 9. Geologisches Längsprofil des Garbet-Tales (Oberlauf).

recht gross, wobei wir uns nur auf die mit Seen ausgestatteten Hochtäler bezogen haben. Ihr Querschnitt ist in vielen Fällen ungleichartig, indem sich sehr häufig ein Wechsel von Weitungen und Engen feststellen lässt. In den Weitungen liegen Seen oder ebene Talflächen, die meist als Aufschüttung früherer Seen angesehen werden dürfen. Die Engen führen über Stufen und durch Felsriegel, die sogenannte Racou, wie sie insbesondere in den in Urgebirge eingeschnittenen Tälern sehr häufig auftreten; sie bilden an zahlreichen Orten die Felsschwellen von Talseen. Solche Riegel stellen sich auch in all den Tälern mit trogförmigem Querschnitt ein, der fast allen ehemals vergletscherten Tälern eigen ist, namentlich dort, wo es sich um härtere Gesteinsmassen handelt; in vielen Tälern der Schieferzonen finden wir ein V-förmiges Querprofil. Trogförmig sind ferner die Täler von Asto und Garbet, die zu mehreren mit Seen versehenen Stufen ansteigen (siehe die Profile Fig. 8 und 9).

Ohne Ausnahme sind stets die ehemals vergletscherten Haupttäler mit Stufen versehen, allerdings in erster Linie in den obersten Talabschnitten. In vielen Tälern lagen in der Eiszeit 20—40 km lange Gletscher; aber die Stufung der Täler ist nur auf die obersten 5—10 km Länge beschränkt; solches ist der Fall in den Tälern des Valira de Andorra, des R. de Font-Vive, der Noguera de Farrera, de Cardos und de Pallaresa, ferner im Tal der Noguera Ribagorzana und in dem der Esera; aber auch auf der Nordabdachung der westlichen und zentralen Pyrenäen finden wir die gleiche Erscheinung in vielen Haupttälern. Die Regel ist hier ein allmählicher, auf bestimmter Stufe einsetzender Uebergang vom tiefliegenden, stark fluviatil verbreiteten unteren Talabschnitt, der jedoch noch weit in das Gebirge hineinreicht; dann folgen Engen und Weitungen, verbunden mit Stufen als Merkmale eines eigentlichen gestuften Hochtales, oft mit Trogform im Querschnitt; endlich stellt sich eine besonders ausgeprägte Talstufe ein, oberhalb welcher wir in ein Ursprungskar gelangen, das zumeist die Eigenschaften eines Treppenkares, in weniger häufigen Fällen die eines Muldenkares besitzt. Dieser Aufeinanderfolge von verschiedenartigen Talabschnitten eines und des gleichen Tales zufolge sind auch Lage und Ausdehnung der Seen verschieden, die daselbst auftreten. Wie unsere aus dem Hauptverzeichnis abgeleitete Tabelle 3 zeigt, ist die Zahl der Karseen ausserordentlich

gross im Vergleich etwa zu den Seen in gestuften Hochtälern bezw. Stufentälern und den tieferen Talseen.

4. Die Terrassenseen.

Wie bei den Jochseen, so ist auch die Anzahl der auf hohen Talterrassen gelegenen Seen sehr klein; sie beträgt im ganzen, soweit unsere Aufstellungen zeigen, nur 15. In den meisten Fällen handelt es sich um wenig tiefe, von End- und Ufermoränen gestaute Seen. Ein schönes Beispiel dieser Art bietet uns der Etang de Engolasters im Tal des Valira de Andorra, der sich auf 300 m hoher Talterrasse hinter mächtigen Ufermoränen des diluvialen Valiragletschers ausdehnt.

5. Talseen.

Noch geringer, nämlich nur 11, ist die Zahl der in den tieferen Abschnitten der Haupttäler gelegenen und verhältnismässig kleinen Seen, die ebenfalls durch Schuttmassen (Moränen oder Bergsturzschutt) gestaut sind und von denen mehrere nur die Reste früherer, grösserer Seen darstellen. Ihre Tiefe ist mit einer Ausnahme, sehr gering, sie beträgt nur wenige Meter (Lac d'Estaing 3,8 m, Lac de Barbazan 8 m, Lac de Lourdes 12 m); nur der im trogförmigen Hochtal gelegene Lac de Gaube weist die beträchtliche Tiefe von 41 m auf. Ausser von E. BELLOC (Lit. 6) ist die Entstehung des Lac de Lourdes eingehend von P. LASERRE (Lit. 56) erörtert worden. Es handelt sich hier um einen echten Moränensee.

III. Die Grössenverhältnisse der Pyrenäenseen

1. Allgemeines.

Wie eingangs angedeutet worden ist und wie jeder Betrachter einer Karte der Pyrenäen ohne weiteres erkennt, sind die Pyrenäenseen allgemein nur von geringer Ausdehnung. Es kommen hier Kleinseen von nur wenigen 100 m² bis zu solchen von nahezu 1 km² Fläche, von 20 m bis zu 2500 m Länge vor. Auch hinsichtlich der Tiefe finden sich äusserst vielfache Abstufungen. Unter den 1070 im Hauptverzeichnis genannten Seen sind ganz kleine Becken von nur 20 bis 30 m Länge nicht aufgeführt, wie solche auf einigen grossmassstäbigen Karten angegeben sind. Wir haben in der Regel nur solche Seen genannt, die in der Carte de l'Etat-Majeur oder auf den SCHRADER'schen Karten im Massstab

1:100 000 eingezeichnet sind; es handelt sich bei den kleinsten in der Regel um solche von 50—100 m Länge.

Es sei hier daran erinnert, dass die Alpen zahlreiche Tal- und Hochseen aufweisen, die ähnliche Grössenverhältnisse besitzen wie die Pyrenäenseen; dies geht aus den folgenden Längenangaben hervor: Oeschinensee 1,7 km, Daubensee 1,7 km, Schwarzsee 1,4 km, Engstlensee 1,3 km, Amsoldingersee 1 km, Gelmersee 500 m, Sägistalsee und Oberstockensee je 450 m, Todtensee, Bachalpsee und Unterstockensee je 350 m, Hagelsee und Trützi-see je 300 m, Titternsee (Siedelhorn) und Meienfallseeli je 250 m, Oberhornsee 150 m.

In unserem Hauptverzeichnis haben wir mangels besserer und genauerer Angaben nach der Länge drei Gruppen von Seen unterschieden, kleine von 50 bis zirka 400 m Länge, mittelgrosse (mg) von 400—700 m Länge und grosse von über 700 m Länge.

Nach der Tabelle 6 erhalten wir die folgende Zusammenstellung der Seen nach ihrer Längenausdehnung:

Abdachung	Kleine Seen	Mittelgr. Seen	Grosse Seen
I. Nördliche A.	458	126	20
II. Südliche A.	334	113	19
Gesamt	792	239	39

Wir sehen somit, dass die Kleinseen von weniger als 400 Meter Länge Dreiviertel aller Pyrenäenseen ausmachen, nämlich 74 %. Auch bei ihrer geringen Längenausdehnung bilden sie ein wesentliches Formelement in der Landschaft, insbesondere dort, wo ein solcher See als einzige Wasserfläche den Boden eines von steilen Bergabhängen eingefassten Kares einnimmt. Nach unserer Tabelle 4 kommen im ganzen 317 Seen in einfachen Karen vor; davon sind nur 38 mit mehr als 400 m Länge; somit finden wir in den einfachen Karen zu 89 % Kleinseen. Wie wir im nächsten Abschnitt sehen werden, gibt es unter diesen Kleinseen eine ganze Anzahl mit 20—30 m Tiefe, einer ist sogar über 50 m tief.

Die Seen von mittlerer Grösse (400—700 m Länge) verteilen sich grösserenteils auf Treppen- und Muldenkare, und zwar nehmen sie bei beiden Karformen in der Mehrzahl jeweilen die tieferen Stufen ein, während die oberen Stufen häufig Kleinseen aufweisen. In einigen sehr Grossen Muldenkaren sind die höher gelegenen Kleinseen in grösserer Anzahl vorhanden, z. B. in der Sierra Montarto und der Sierra de los Encantados.

Wenn wir bei der Einteilung der Seen nach Grössenverhältnissen den Längenwert von 700 m gewählt und solche mit darüber hinausgehender Längenausdehnung als „grosse Seen“ bezeichnet haben, so geschah dies aus zwei Gründen, einmal deshalb, weil in einem von hohen und steilen Berghängen eingefassten und meist ziemlich engen Gebirgstal ein See von über 700 m Länge schon den Eindruck einer grossen Wasserfläche macht, durch die das gesamte Landschaftsbild wesentlich beeinflusst wird; zweitens weil eine grössere Anzahl Seen von 700–1000 m Länge nach ausgeführten Messungen beträchtliche Tiefen von über 50 m besitzen, wodurch naturgemäss der Charakter des betreffenden Sees auch ein besonderes Gepräge erhält; dies ist beispielsweise der Fall beim Lac de Caillaouas, beim Lac d'Oo, dem Lac Mar, dem Lac Saburo u. a. (siehe Fig. 10).

Die Gesamtzahl der „grossen Seen“ in den Pyrenäen beträgt 39; von diesen befinden sich drei in einfachen Karen, zwölf in Treppenkaren, dreizehn in Muldenkaren, sieben in Stufentälern und vier in tieferen Haupttälern.

Wie im nächsten Abschnitt gezeigt wird, sind 25 von diesen 39 Seen auch nach ihren Tiefenverhältnissen bekannt, und es ist bemerkenswert, dass die tiefsten Pyrenäenseen in Treppen- und Muldenkaren liegen, während die vier Seen der Haupttäler nur geringe Tiefen aufweisen.

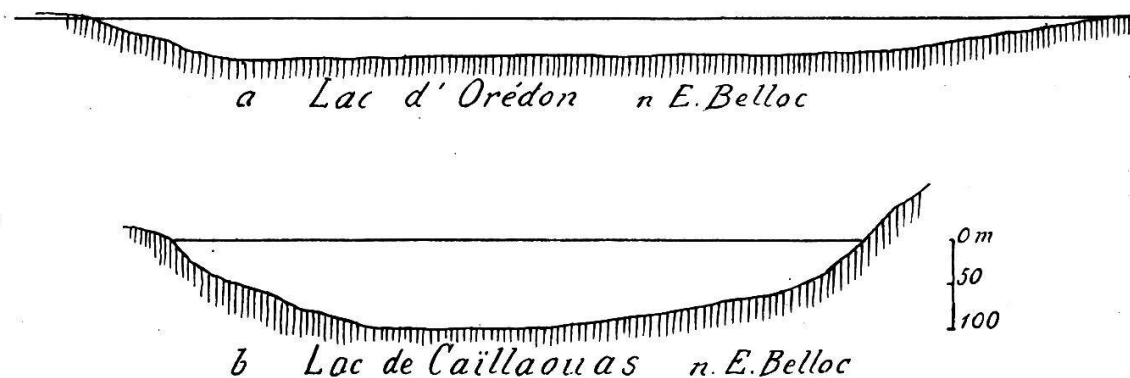


Fig. 10. Profile zweier Pyrenäenseen.

2. Ueber Flächen- und Tiefenverhältnisse einer Anzahl Seen.

Von den 75 in der Tabelle 7 aufgeführten Seen, von denen nähere Angaben über Grössenverhältnisse (Fläche, Länge oder Tiefe) bekannt sind, besitzen 19 eine Länge von 1000 m und darüber; davon sind nur zwei länger als 2 km, nämlich der Lac Lanoux (2500 m) und der Lac Tort (2400 m).

Eine Länge von 700 bis zu 1000 m weisen 18, eine solche von 400 bis 700 m hier 16 Seen auf; naturgemäss ist die Zahl der Seen von weniger als 1000 m Länge sehr viel grösser.

Tiefen von über 100 m weisen nur zwei Seen auf, nämlich der Lac Bleu (ou de Lesponne) 120 m und der Lac de Caïllaouas mit 101 m. 75 bis 100 m tief sind im ganzen, soweit Messungen vorliegen, nur drei Seen, nämlich der Lac de Certescans (96 m), der Lac d'Artouste (85 m) und der Lac de Saburo (80 m). Eine Tiefe von 50—75 m besitzen neun Seen, solche von 25—50 m 17 und weniger als 25 m hier 38 Seen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass unter den grösseren Seen der spanischen Pyrenäen, von denen noch keine Tiefenmessungen vorliegen, wie z. B. von den Seen des Montarto-, des Maladetta- und des Pic Posets-Massivs, wohl noch ein Dutzend Becken von 75—100 m Tiefe vorkommen. Weit- aus die grosse Mehrzahl der Seen, die nur geringere Längenverhältnisse besitzen, weisen im allgemeinen auch nur geringere Tiefen auf.

Wenn auch naturgemäss die Tiefe nicht mathematisch genau proportional der Länge ist, so lässt sich doch feststellen, dass durchschnittlich die Seen mit grösserer Länge auch eine grössere Tiefe besitzen. Dies geht aus der folgenden Tabelle hervor, die nach den 68 Seen erstellt wurde, von denen Längen- und Tiefenmessungen vorliegen:

Seen	Absolute Länge	Mittlere Länge	Mittlere Tiefe
13 Seen haben	1000—2500 m	1390 m	59,8 m
13 Seen „	700—1000 m	750 m	47,7 m
22 Seen „	400— 700 m	440 m	24,4 m
20 Seen „	100— 400 m	265 m	17,2 m

Nicht unwesentlich ist die Lage der Seen zu den verschiedenen Gesteinszonen. Von den in Tabelle ? genannten Seen liegt weitaus die grosse Mehrzahl in kristallinen Gesteinen, in Granit, Gneiss, Ophit, Quarzitschiefern, die übrigen in sedimentären Schiefern oder Kalken, und zwar ist das Zahlenverhältnis wie folgt:

Granit	Ophit	Gneiss	Quarziten	Schiefer im Allg.	Kalk
56	1	3	3	10	4

Wie wir schon bei der allgemeinen Uebersicht festgestellt haben, bevorzugen auch die hier aufgeführten Seen in weit überwiegender Mehrheit den Granit als Sohle und Beckenumrahmung; dabei spielt die Tiefe keine Rolle. Von den tiefsten Seen kommen sowohl im Granit wie im Gneiss und in Schiefern vor.

Eine weitere wichtige Frage ist die nach der Natur der stauenden Schwelle.

Nur von einer geringen Anzahl Pyrenäenseen ist bekannt, dass sie durch Moränen gestaut werden. Dies gilt beispielsweise von den kleinen Talseen von Lourdes, Barbazan und St. Pé d'Ardet; ferner führt A. PENCK den Lac d'Oncet am Pic du Midi de Bigorre als Moränensee an; als ein solcher ist der auf hoher Terrasse gelegene Estan de Engolasters im Tal des Valira de Andorra zu bezeichnen. Ohne Zweifel sind sehr viele der kleineren und wenig tiefen Seen in diese Gruppe einzureihen; aber, wie angedeutet, es fehlen nähere Angaben. Dass der Lac d'Estaing durch Bergsturzschutt abgedämmt worden sei, wird von A. DELEBECQUE vermutet (Lit. 34, p. 340).

Wiederum zeigt sich aus der Tabelle 7, dass die grosse Mehrheit der untersuchten Seen mit einer aus Fels bestehenden Schwelle versehen ist, und zwar befinden sich darunter alle tieferen Seen. Wir haben es demnach hier mit echten Felsbecken zu tun.

Diese Tatsache ist nun von ganz besonderer Wichtigkeit; denn es erhebt sich dementsprechend die schon häufig erörterte Frage nach der Entstehung dieser Felsbecken. Da in dieser Frage die Meinungen noch sehr weit auseinandergehen, haben wir uns vorgenommen, sie ebenfalls aufzugreifen und sie einer näheren Untersuchung zu unterziehen.

C. Die Entstehung der Pyrenäenseen

I. Die Verschiedenheiten der Meinungen

Die Frage der Seebildung ist eine der am häufigsten diskutierten Fragen der allgemeinen Geographie, bzw. der Morphologie des Landes. Gerade in unserem an Seen reichen Lande ist dies Thema sehr lebhaft erörtert worden, und die Verschiedenartigkeit der schweizerischen Seebecken, nach Lage, Gestalt und Grösse,

hat es mit sich gebracht, dass die Frage nach ihrer Entstehung heute noch nicht völlig abgeklärt ist.

Nachdem man allgemein zur Auffassung gekommen war, dass die Alpenseen in Erosionstälern liegen, also mit tektonischen Vorgängen nicht in direktem Zusammenhang stehen, gelangte man zur Unterscheidung zwischen natürlichen Stauseen und Felsbecken-seen; viele der kleinen Seen konnten auf Stauung durch Moränen eiszeitlicher Gletscher oder durch Bergsturzsutt zurückführen. Für die Felsbecken wurden verschiedene Entstehungsmöglichkeiten ins Auge gefasst:

In Kalkstein eingetiefte Becken können sich durch chemische Vorgänge (Lösung) bilden, wobei auf diese Weise entstandene Dolinen durch Absatz von Lehm bzw. Grundmoräne undurchlässig wurden. Kleinere und wenig tiefe Felsbecken aus undurchlässigen Gesteinen wurden auf glaziale Erosion zurückgeführt, wofür auch die namentlich in der Umgebung von Pass-Seen reichlich vorhandenen Gletscherschliffe und Felsrundbuckel zeugen (Grimsel, Gotthardpass, Bernardinopass). Grössere Schwierigkeiten bieten jedoch die grossen Tal- und Randseen der Alpen; nach ALB. HEIM und seinen Schülern sollen sie infolge der Rücksenkung des Alpenkörpers aus Flusstälern mit rückläufigem Gefälle entstanden sein, während mehrere andere Forscher sie als durch Gletschererosion eingetiefte Zungenbecken erklären.

Bis zur Stunde stehen sich die Meinungen gegenüber. Für die Entstehung der Seen durch Gletschererosion spricht die geographische Tatsache, dass auch in mehreren andern ehemals vergletscherten Gebirgen grosse Talseen vorkommen, wie in Skandinavien, in den nord- und südamerikanischen Hochgebirgen, den Neuseeländischen Alpen, in Schottland usw.

Da in den Pyrenäen jene grossen Tal- und Randseen fehlen, die Hypothese vom Rüksinken des Gebirgskörpers nicht in Betracht kommt und man es hier ausschliesslich mit relativ kleinen Seen zu tun hat, sollte man meinen, dass hier die Frage nach der Entstehung der Seen keine Diskussion veranlassen würde und man in dieser Hinsicht rasch zu einer Einigung gekommen sei. Aber das Gegenteil ist der Fall; auch hier besteht der Kampf der Meinungen, wie wir in der Einführung bereits angedeutet haben.

Dass die Pyrenäenseen, soweit es sich um Felsbecken handelt, von den eiszeitlichen Gletschern ausgeschliffen worden seien, ist

bereits 1883 von ALB. PENCK behauptet und mit treffenden Tatsachenhinweisen, wie Lage zu den eiszeitlichen Gletschern, Vorkommen von Gletscherschliffen und Rundbuckeln, begründet worden.

Um so mehr befremdet der Umstand, dass selbst so ausgezeichnete Forscher und Kenner der Pyrenäen wie L. MALLADA, A. DELEBECQUE und E. BELLOC die Beckenbildung durch Gletschererosion ablehnen. So sagt der erstere (Lit. 58, p. 34):

„Segun algunos autores, los ibones ô lagos de los Pirineos debieron ser formados por la accion de los heleros; pero esta opinion es muy exagerada é incierta para la mayor parte, y es mas logico suponerlos producidos por las dislocaciones de los terrenos...“

A. DELEBECQUE hat sich wie folgt geäußert (Lit. 34, p. 335):

„Nous savons bien qu'un glacier peut, par l'intermédiaire de cailloux qu'il charrie dans sa moraine profonde, user son lit, soit en le polissant, soit en le striant; mais il y a loin de là à creuser des gouffres de 120 mètres de profondeur comme le Lac Bleu, de 100 mètres comme le lac de Caillaouas, de 85 mètres comme le lac d'Artouste, de 72 mètres comme le lac de Naguille, de 67 mètres comme le lac d'Oo.“

In andern Gletschergebieten gibt es zahlreiche sehr viel tiefere Seen, die unzweifelhaft durch die Gletschererosion entstanden sind, so z. B. in den Alpen, in Skandinavien, in Nordamerika. Aber was bei den Pyrenäen auffällig erscheint, ist der Umstand, dass die hier genannten tiefen Seen in den Gebieten relativ kleiner, diluvialer Gletscher liegen, welchen man offenbar eine solche Ausschleifungswirkung nicht zutraut.

DELEBECQUE sieht eine Möglichkeit der Bildung von Seebecken in der starken chemischen Verwitterung, im Kaolinisierungsprozess des Granites, wobei die Gletscher als Verfrachtungsmittel eine Rolle gespielt hätten. Damit wird aber die Entstehung der in Schiefer eingetieften Becken nicht berücksichtigt.

In ähnlicher Weise hat sich auch E. BELLOC geäußert (Lit. 3):

Die Entstehung der Seen sei auf verschiedene Ursachen zurückzuführen, in erster Linie auf die ungleiche Verwitterung des Gesteins, sodann, wie MALLADA andeutete, auf lokale Einstürze einzelner Gebiete, teilweise auch auf Stauung durch Moränen. Immerhin muss der um die Erforschung der Pyrenäenseen zweifellos sehr verdiente Forscher zugestehen, dass die Moränen bei vielen Seen nur eine geringe Mächtigkeit besitzen und dass die hinter ihnen liegenden Vertiefungen grösstenteils Felsbecken seien. Aber

trotzdem er auch die abschleifende Wirkung der diluvialen Gletscher an den die Becken abschliessenden Felsriegeln beobachtet und einlässlich beschrieben hat, lehnt er die glaciale Entstehung der betreffenden Becken ab. Er kommt sogar zu der vollständig entgegengesetzten Auffassung, dass nämlich die Gletscher die Seebecken vorgefunden und dann grossenteils mit ihren Schuttmassen (Moränen) aufgefüllt hätten. Für die sämtlichen Seen, die E. BELLOC vermessen und in Profilzeichnungen dargestellt hat, nimmt er demgemäss ganz beträchtliche glaciale Schuttmassen an, die über dem Boden der Felsbecken liegen sollen. So gibt er für den 46 m tiefen Boum del Cap del Port (beim Port de Venasque) eine Schuttmächtigkeit von 40 m, eine gleiche Mächtigkeit für den Lac d'Aumar an, und der 101 m tiefe Lac de Caillaouas müsste vor der Eiszeit noch 70 m tiefer gewesen sein, wenn er nicht um so viel seither zugeschüttet worden wäre!

Man wird kaum bestreiten können, dass die Gletscher am Ende einer Eiszeit da und dort recht erhebliche Rückzugsmoränen abgelagert haben und dass in dieser Zeit auch Schutt auf den Boden der Seen abgesetzt worden sei; aber bezweifeln müssen wir, dass dies allgemein bei den Seen der Fall gewesen wäre und dass namentlich so mächtige Schuttmassen in den Seebecken zum Absatz gekommen seien, wie BELLOC annimmt. Wir haben über die Mächtigkeit dieser Ablagerungen grossenteils nur Vermutungen; aber es liegen direkte Beobachtungen in einigen Seen vor, die eine sehr bemerkenswerte Bodenbeschaffenheit aufweisen. So hat man bei verschiedenen Seen, die zum Zwecke der Ausnutzung der Wasserkräfte an ihrem Boden angebohrt und hierauf ganz oder teilweise entleert worden sind, nur ganz geringe Gletscherablagerungen vorgefunden. Wir verweisen hier zunächst auf die von uns gemachten Feststellungen am Lago Colomina (Lit. 71) und werden über solche Beobachtungen in einem späteren Abschnitt noch ausführlicher berichten.

Vorerst soll die Frage der lokalen Einstürze, sodann die des Zusammenhanges der Seen mit der Eiszeit allgemein erörtert werden.

Lokale Einstürze sind denkbar im Kalkgestein, wo durch Schlotbildung im Gebirge, bewirkt durch Lösungsvorgänge des einsinkenden Wassers, Höhlungen entstehen, die zu Einstürzen Veranlassung geben können. Wir haben in den Pyrenäen nur einen einzigen See, der als Dolinensee angesprochen werden kann, den 23,5 m tiefen Ibon de Bernatuero im Massiv des Vignemale-Mont-Perdu. Er liegt aber so hoch, dass der ihm zugehörige Gebirgskessel ebenfalls vergletschert gewesen sein muss, weshalb wir

hier an eine kombinierte Wirkung von Wasser und Gletscher bei der Bildung des genannten Sees denken können.

Die grosse Zahl der Seen, die eine beträchtliche Tiefe besitzen, befindet sich, wie wir bereits wissen, teils in Urgestein, teils in alten Schiefern, wo lokale Einstürze bisher nicht nachgewiesen worden sind. Ferner liegen diese Seen in Tälern, die während der Eiszeit von Gletschern bedeckt waren und die durch die eiszeitlichen Eismassen in deutlicher Weise umgeformt worden sind.

Wir haben nun die Fragen zu beantworten:

a) ob alle Seen der Pyrenäen in den Talwegen der eiszeitlichen Gletscher liegen oder nicht,

b) warum in den Pyrenäen die grossen Talseen fehlen.

Um auf diese Fragen antworten zu können, müssen wir vorerst einen Ueberblick über die ehemalige Vergletscherung der Pyrenäen werfen.

II. Die eiszeitliche Vergletscherung der Pyrenäen und die Seebildung

Hierüber geben am ersten die Arbeiten von ALB. PENCK, L. CAREZ, L. MENGAUD, H. OBERMAIER, W. PANZER, LUIS GARCIA-SAINZ und F. NUSSBAUM Auskunft (vergl. die Lit.). Von ALB. PENCK liegt eine Gesamtdarstellung der Eiszeit in den Pyrenäen vor, die aus dem Jahre 1883 stammt (Lit. 80). Seither sind verschiedene neue Untersuchungen über einzelne Gebiete erschienen, die namentlich unsere Kenntnisse über die Vergletscherung der spanischen Abdachung der Pyrenäen ergänzten (OBERMAIER, PANZER, GARCIA-SAINZ, NUSSBAUM), während sich das Bild der Verbreitung der grossen Talgletscher auf der Nordabdachung nur wenig geändert hat.

Wir beginnen deshalb unsere Betrachtung mit den Verhältnissen auf der französischen Seite.

1. Die grossen Talgletscher der Nordabdachung.

In den grossen, nach Norden gerichteten Haupttälern, die ihren Ursprung am Hauptkamm der Pyrenäen nehmen, lagen in der Eiszeit 25—70 km lange Talgletscher, von denen mehrere bis zum Nordrand des Gebirges reichten; dies war der Fall in den Tälern

des Gave d'Ossau, des Gave de Pau, der Neste d'Aure, der Garonne, des Salat und der Ariège.

Allerdings gehen die Ansichten der Forscher über das Alter der diesen mächtigen Gletschern zugeschriebenen Moränen noch auseinander; auch konnte bis heute noch nicht mit Sicherheit in allen Tälern eine Wiederholung der Vergletscherung nachgewiesen werden. Die von GARRIGOU aufgestellte Behauptung von einer miocänen Vergletscherung wird von andern Geologen abgelehnt. Auf eine Vierzahl der Eiszeiten glaubt OBERMAIER aus der Unterscheidung von vier grossen Schotterssystemen am Nordrand der Pyrenäen schliessen zu dürfen (Lit. 74). In mehreren Tälern konnten Gletscherlagerungen aus zwei Eiszeiten mit Bestimmtheit nachgewiesen werden. Von diesen hat man gut entwickelte, also im Relief des Geländes deutlich hervortretende Moränen der letzten Eiszeit zugeschrieben, die ohne Zweifel der alpinen Würm-Eiszeit PENCKs entsprechen dürfte. In mehreren Tälern kennt man bis heute nur Ablagerungen aus einer Eiszeit.

In der vorliegenden Abhandlung ist nicht eine nähere Untersuchung und Darlegung der Ausdehnung der diluvialen Gletscher der Pyrenäen bezweckt, sondern nur ein Ueberblick über die eiszeitliche Vergletscherung zu geben versucht, um festzustellen, welche Seengebiete vergletschert waren und mit welcher Mächtigkeit und Zeitdauer der Eisbedeckung man im allgemeinen zu rechnen hat.

Die Tatsache, dass insbesondere die nördliche Abdachung der Pyrenäen eine ganze Reihe grosser Talgletscher aufwies, über deren Ausdehnung man bei weitem besser unterrichtet ist als über die Gletscher der Südabdachung, legt uns auch die Frage nahe, zu prüfen, weshalb innerhalb der Endmoränen dieser Gletscher die grossen Talseen fehlen, die in andern vergletscherten Gebieten so zahlreich auftreten. Wie wir aus der Literatur ersehen, ist über diese Frage bereits gehandelt worden. Wir wollen die Verhältnisse von Fall zu Fall zunächst erörtern, bevor wir zu einem allgemeinen Schluss gelangen, und wir beginnen unseren Ueberblick mit den westlichen ehemals vergletscherten Haupttälern, den Tälern der Aspe und des Gave d'Ossau.

a) Nach A. PENCK reichte der Aspe-Gletscher bei einer Länge von 25 km bis Bedous, wo deutliche Diluvialterrassen ein

breites Talbecken umschliessen, das heute mit postglacialen Schuttkegeln überdeckt ist. Hier dürfte unmittelbar nach Schwinden des Gletschers ein See existiert haben. Er ist teils durch Aufschüttung, teils durch Einschneiden des Flusses in die abschliessende Terrasse zum Verschwinden gebracht worden.

Im übrigen sind sowohl Ausdehnung wie auch Lage dieses Talbeckens auffällig; bei nur 4 km Länge besitzt er eine unmittelbar am Südrand einsetzende beträchtliche, bis 2 km erreichende Breite; talabwärts verengert sich das Tal v-förmig, talaufwärts ebenfalls. Bei Annahme der glazialen Bildung dieses Beckens sollte sich dasselbe eigentlich dort befinden, wo sich die beiden grösseren Täler vereinigen, die vom Hauptkamm herabsteigen, nämlich bei Lagane und nicht zwei km weiter nordwärts. Dieser Umstand veranlasst uns, in der Bildung der Talweitung eine schon präglazial wirkende Ursache anzunehmen, die offenbar in der petrographischen Beschaffenheit des Geländes liegt; das Talbecken von Bedous befindet sich nämlich dort, wo der Fluss die mehrheitlich aus Schiefern zusammengesetzte Zone von karbonischen und devonischen Sedimenten durchquert; in dieser Zone weicherer Gesteine in der bei Accous und Bedous auf jeder Talseite je zwei subsequente Seitentäler liegen und in der auch eine sehr bedeutende Abnahme der Erhebungen festzustellen ist, vermochte der Fluss wohl eher eine Talweitung durch Seitenerosion zu bewirken, als weiter talaufwärts in den sicher härteren Gesteinen. Dass ein präglaziales Sohlental auch durch eiszeitliche Gletscher vertieft worden ist, liegt auf der Hand; aber diese Wirkung scheint hier nicht sehr bedeutend gewesen zu sein.

Im Einzugsgebiet des Aspegletschers kommen nur vier kleine, offenbar sehr wenig tiefe Gebirgsseen vor, von denen jeder in einem einfachen Kar am Nord- bzw. Nordostabfall des hier im Mittel nur 2090 m hohen Hauptkammes liegt. Die Schneegrenze für den bis Bedous reichenden Gletscher dürfte unter 1800 m gelegen haben.

b) Der im Tal des G a v e d' O s s a u gelegene Gletscher reichte etwas über Arudy hinaus, wo sich nach A. PENCK Moränen und Schotter zweier Eiszeiten vorfinden. Der bis in die Nähe von Buzy vorgestossene Gletscher besass bei einer Mächtigkeit von 600 m eine Gesamtlänge von 45 km. Angesichts dieser stattlichen Grösse des Ossau-Gletschers ist es erklärlich, dass das oberhalb der gut ausgesprochenen Moränen liegende Tal Beckenform besitzt und sich in beträchtlicher Breite von 1—2 km aufwärts zieht.

Auffällig ist auch bei diesem Tal, dass die Weitung unvermittelt dort einsetzt, wo karbonische und devonische Schiefer vom Fluss durchquert werden, nämlich bei Laruns. Dass die Talweitung mit zunehmender Breite quer durch die verschiedenen Schichten der Jura- und Kreideformation bis zu den Endmoränen nördlich Arudy anhält, dürfte auf die entsprechende Mitwirkung des Gletschers an der Talverbreiterung zurückzuführen sein.

Möglicherweise bestand zwischen Castet und Aste-Béon ein, wenn auch nicht sehr tiefer, See. Allein die verschiedenen, aus Längstälern fliessenden Seitenbäche haben durch ihre grossen Schuttkegel, die in der Literatur erwähnt werden, wohl recht bald an dessen Zuschüttung mitgewirkt, zu dem auch der geschiebereiche Hauptfluss das Seine beigetragen hat. Mit Recht macht übrigens A. PENCK darauf aufmerksam, dass das Ossautal bei Arudy zwei Ausgänge besitze, von denen der eine von 60 m Tiefe schon vor der früheren Eiszeit bestanden haben müsse. Das heutige Tal des Gave d'Ossau unterhalb Arudy ist wohl erst während der letzten Eiszeit entstanden. Demnach war das Ossautal vor den beiden letzten Eiszeiten bereits bis auf die heutige Tiefe ausgewaschen; wenn demnach hier das ohne Zweifel von dem mächtigen Talgletscher noch vertiefte Becken heute keinen See aufweist, so ist dies der überaus starken postglazialen Zuschüttung von Hauptfluss und Nebenflüssen zuzuschreiben, deren Geschiebeführung ohne Zweifel durch das vorherrschende schiefrige Gestein des hier aufragenden Gebirges begünstigt wurde.

Im Einzugsgebiet des diluvialen Ossau-Gletschers liegen auf der Nordseite des Hauptkammes des Gebirges 21 Seen, alle in ausgesprochenen Karen, teils in einfachen, teils in gestuften, darunter der 85 m tiefe Lac d'Artouste, der eine Länge von zirka 900 m besitzt. Die beträchtliche Tiefe dieses Felsbeckens in Granitgestein ist uns ein Beweis von kräftiger Gletscherwirkung, wobei wir uns noch vorzustellen haben, dass hier kaum ein mehrere hundert Meter mächtiger Gletscher vorhanden gewesen ist, dem wir die Ausschleifung des genannten Felsbeckens zuschreiben dürfen. In diesem Kar nahm einer der Talgletscher seinen Ursprung, der im Verein mit andern den grossen Ossau-Gletscher aufbauen half. Somit lag das Gebiet des Lac d'Artouste weit oberhalb der Schneegrenze, als der Ossau-Gletscher bei Arudy endete.

Zeitweise war dieses Seekar von einem Kargletscher von nur 4—5 km Länge bedeckt.

Wir haben im Ossau-Gletschergebiet eines jener zahlreichen Beispiele von Vergletscherung und Seebildung, wie sie für die

Pyrenäen kennzeichnend sind: Bei entsprechend tiefer Lage der Schneegrenze entwickelt sich ein mächtiger Talgletscher, dessen Ende den Rand des Gebirges erreichte; die Gletscherzunge lag in einem ausgeweiteten Tal; aber nach Schwinden des Gletschers fehlt hier das entsprechende Zungenbecken in Form eines langgestreckten Talsees, wie wir solche in den Alpen so häufig antreffen; dagegen weist das hochgelegene Einzugsgebiet zahlreiche Karseen auf, unter denen einer als echtes Felsbecken eine beträchtliche Tiefe besitzt; der See liegt unterhalb einer Stufe eines ausgesprochenen Treppenkares.

Die gleichen Züge wiederholen sich bei den nachfolgend aufgeführten grossen Talgletschern der Nordabdachung der Pyrenäen.

c) Ähnlich wie der Ossau-Gletscher stiess auch der Gletscher des Gave de Pau seine Zunge bis ins hügelige Vorland der Pyrenäen vor und schuf in der Umgebung von Lourdes eine ausgedehnte, wenig übersichtliche Moränenlandschaft, innerhalb welcher sich der 12 m tiefe Lac de Lourdes befindet. Die Moränen und Wanderblöcke des genannten Gletschers sind von vielen Forschern beschrieben worden, am ausführlichsten von CH. MARTINS und W. COLLOMB in ihrer Abhandlung „Essai sur l'ancien glacier de la vallée d'Argelès“ (Lit. 63). Der genannte Lac de Lourdes nimmt aber nicht die Lage eines im Zungenbecken des Gletschers eingetieften Sammelbeckens ein, wie solche von PENCK und BRUECKNER im Vorland der Alpen so vielfach festgestellt worden sind, sondern die eines durch Moräne gebildeten Zweigbeckens, das einem seitlich gegen Nordwesten vordringenden Seitenlappen der Gletscherzunge entspricht. Solcher Seitenlappen, in die sich die breite Zunge spaltete, gab es hier im ganzen vier; denn vier Täler, führen von Lourdes weg aus dem Tal von Argelès nach verschiedenen Richtungen ins Vorland hinaus. Ähnlich wie bei der nordwestlichen Seitenzunge entstanden auch bei zwei andern durch Moränenabschluss kleinere Zweigbecken, die heute von Mooren eingenommen sind. Aber ein den alpinen Verhältnissen entsprechendes Stammbecken im Bereich der Gletscherzunge fehlt hier; wo es liegen sollte, finden wir bei und oberhalb Lourdes die durch mehrere grössere gerundete Kalkfelsbuckel eingegengte Quertalstrecke des Gave de Pau, die sich erst bei Viger-Lugagnan zu weiten beginnt und hier in ein schönes Sohlen-

tal übergeht, das bei Argelès die Breite von 2 km erreicht. 6 km weiter oberhalb endet der breite Talboden ganz unvermittelt bei Pierrefitte-Soulom, wo mit tief eingeschnittenem Engtal das Tal von Cauterets einmündet, aber auch das Haupttal sich als ausgesprochenes Engtal südwärts fortsetzt. So erscheint hier die unvermittelt einsetzende Breite des Haupttales in Beziehung zu stehen zu der Vereinigung der beiden grössten, den Hauptkamm entwässernden Tälern. Andererseits aber tritt diese Talweitung genau wie im Ossautale da auf, wo der Fluss die Zone schieferiger, karbonisch-oberdevonischer Gesteine quert; in dieser Zone zeigt auch das von SW gegen NO gerichtete, bei Argelès einmündende Seitental von Aucun eine ausgesprochene Weitung, die sich bis Arrens verfolgen lässt, wo die genannte Schieferzone von einer andern Gesteinszone begrenzt wird; dieser offenbar aus etwas härteren Schichten aufgebauten Zone gehörte die bis 2683 m hoch aufragende Gebirgsgruppe der Pènes Blanches an, die nordwärts steil gegen die nur 1700—1800 m hohe, der Schieferzone angehörende Sattelregion zwischen Arrens und Eaux-Bonnes abfällt. Wie ganz allgemein die Abnahme der Böschungen in der Devon-Karbon-schieferzone auf die durch die Weichheit des Gesteins begünstigte stärkere Abtragung zurückgeführt werden muss, so erscheint uns auch die Talweitung des Haupttales zwischen Soulom-Pierrefitte und Viger-Lugan in erster Linie durch die genannten petrographischen Unterschiede bedingt zu sein. Dass dabei auch die Talausweitung durch den mächtigen Hauptgletscher noch gefördert worden sein mag, sei nicht in Abrede gestellt; dafür bieten übrigens die topographischen Verhältnisse auf der rechten Talseite östlich von Argelès treffende Beispiele; hier finden wir nämlich unmittelbar östlich des Flusses zwischen Bôo-Silhen und Préhac eine 1,5 bis 2 km breite Rundbuckellandschaft, die einer 40 bis 60 m hohen Terrasse aufgesetzt erscheint, sodass demgemäss das vom Gletscher bedeckte Tal in der Umgebung von Argelès eine Breite von 3,5 bis 4 km gehabt haben muss. Da auch talauswärts, wie wir bereits gehört haben, sich an verschiedenen Orten Rundbuckel erheben, die ohne Zweifel stark abgeschliffene Vorsprünge darstellen, so geht daraus hervor, dass die Wirkung des 53 km langen Gletschers, der bei Argelès eine Mächtigkeit von 900 m besass, im wesentlichen nur auf der Ausweitung des schon vorhandenen Sohlentales und in der Abschleifung zahlreicher, im

rechten Winkel zu der Gletscherbewegung gerichteter Felsvorsprünge bestand.

Talaufwärts wiederholt sich der Wechsel von Talweitungen und Talengen noch einige Male; so folgt auf die Enge zwischen Soulom und Viscos die Weitung Saligos-Luz; an letzterem Ort mündet von Osten her das reichlich mit Moränen ausgekleidete Längstal von Barrèges ein, welches das Massif de Néouvielle von der Gruppe des Pic de Midi de Bigorre trennt; es ist vorwiegend in kambrische Phyllite und Glimmerschiefer eingeschnitten.

Oberhalb Luz bei Trimbareille hat das Tal auf 6 km wieder den Charakter eines ausgesprochenen Engtales: in eine schmale Trogform hat sich stellenweise der Fluss eine 100 m tiefe Schlucht eingeschnitten; das schmale Trogtal aber ist seinerseits wieder in eine weitere höhere Talform eingeschachtelt. Dieses Profil zeugt dafür, dass die Talbildung in diesem Teil der Pyrenäen mehrmalige Neubelebung der Tiefenerosion erfahren hat, die im wesentlichen auf zeitweise bedeutende Hebungen des Gebirges zurückzuführen sein dürfte. Zwischen Trimbareille und Gèdre weist auf eine Länge von 3 km das Tal eine Weitung mit Merkmalen glazialer Uebertiefung auf: Bei Gèdre vereinigen sich die beiden trogförmigen grossen Täler, von denen das linke seinen Ursprung im berühmten Cirque de Gavarnie nimmt, das rechte zum Hochtal von Pouy-Arraby und zum Cirque de Troumouse hinaufsteigt. In den genannten Trogtälern ist die über dem Trogrand liegende Trogschulter in breiten Terrassen meist so gut entwickelt, dass wir dieselben als alte Talbodenreste glauben ansehen zu müssen. Sie treten auf der Carte de l'Etat-Major deutlich hervor und sind von FRANZ SCHRADER in seinem „Panorama près du Sommet du Pic de Piméné (2803 m) mit grosser Genauigkeit gezeichnet worden.

Ungefähr 2 km oberhalb Gèdre mündet mit etwa 300 m Stufe das 8 km lange Seitental von Cahos in das übertiefte Trogtal von Gavarnie ein, in das der Seitenbach in prächtigen Fällen hinunterstürzt.

Der Gletscher von Argelès setzte sich nach A. PENCK aus acht Zuflüssen zusammen, die aus Karen und grossen Zirken am Nordhang des Gebirgshauptkammes hervorgingen; die gesamte Länge dieses vom Gave de Pau und seinen Zuflüssen entwässerten Hauptkammes beträgt 53 km und seine

mittlere Höhe 2793 m. Auf der Nordseite dieses Hauptkammes und an den Flanken der unmittelbar von ihm ausgehenden Seitenkämme befinden sich insgesamt 86 Karseen; dazu kommen sieben Seen in Stufentälern und endlich vier in den Haupttälern eingebettete Seen. Zwei der Gebirgsseen weisen bemerkenswerte Tiefen auf, nämlich der Lac de Migouelou 58 m und der Lac de Gaube 41 m.

Dem Gletscher von Argelès flossen mehrere Seitengletscher einiger nördlich des Hauptkammes gelegener Gebirgsgruppen zu von denen insbesondere die seereichen Massive des Pic de Néouvielle und des Pic du Midi de Bigarre stark vergletschert waren. Beide Massive waren Ursprungsgebiete von Gletschern, die nach drei verschiedenen Talgebieten abflossen.

d) So gehörte die Ostseite des hochaufragenden Massif du Pic de Néouvielle zum Einzugs- bzw. Ursprungsgebiet des Gletschers der Neste d'Aure, dessen Zunge wohl noch in der letzten Eiszeit, entgegen der Auffassung von A. PENCK, bedeutend über Arreau hinausgereicht haben dürfte. Denn es befindet sich eine mächtige, durch grosse Blöcke von Granit und rotem Konglomerat gekennzeichnete Moräne in 600 m Höhe bei Rebouc, unterhalb Sarrancolin, und zwar sowohl auf der linken wie auf der rechten Talseite. An diese Moräne schliesst sich eine sehr gut ausgesprochene, 40—50 m hohe Schotterterrasse an, die sich talabwärts über Hèches und Lortet verfolgen lässt. Der bis Rebouc reichende Aure-Gletscher besass eine Länge von 41 km, und sein Einzugsgebiet war umgeben von einem 78 km langen Gebirgskamm, der zugleich eine bedeutende Höhe besitzt; von den mit Höhenquoten angegebenen 21 Einsattelungen gehen nur sechs auf 2400—2500 m hinunter, die übrigen liegen alle darüber; von den Gipfeln ragen 11 über 3000 m, 8 über 2900 und 5 über 2800 m empor, sodass die aus 44 Höhenquoten berechnete mittlere Kammhöhe 2810 m beträgt. Es reicht dieser auffällig hohe Kamm vom Pic de la Hourcade bis zum 2831 m hohen Pic d'Arbizon, wobei er in einem grossen Bogen vom Pic de Troumouse weg nordwärts über das Massiv des Pic de Néouvielle verläuft und im Pic d'Estibères gegen Osten abschwengt.

Es mag bei dieser Gelegenheit daran erinnert werden, dass A. PENCK für die Berechnung der mittleren Kammhöhe eines Gebirges folgende Methode vorgeschlagen hat (Lit. 81):

Man habe sich die Kammlinie aus Stücken zahlreicher Trapeze zusammengesetzt zu denken, deren parallele Seiten von den Meereshöhen der Gipfel und Pässe gebildet werden. Der Flächeninhalt aller dieser Trapeze sei

gleich dem Produkt der Entfernung von Pass und Gipfel und dem Mittel aus deren Höhen; dann sei die mittlere Kammhöhe gleich der Summe aller dieser Trapeze dividiert durch die Länge der Kammlinie; diese Methode sei mit Rücksicht auf die ungleichen Entfernungen von Gipfeln und Sätteln anzuwenden.

Dieser auf recht umständlicher Rechnung beruhenden Methode PENCKs steht die einfachere SONKLARs gegenüber, wonach die mittlere Kammhöhe sich bestimmen lasse aus dem Mittel zwischen mittlerer Gipfelhöhe und mittlerer Passhöhe.

Schliesslich hat man auch aus der Summe aller Höhenpunkte einer Kammlinie deren mittlere Höhe berechnet (Methode N.)

Es fragt sich nun, welcher von diesen drei Methoden der Vorzug zu geben sei. Um die Abweichungen der Endresultate festzustellen, ist das folgende Kammprofil nach allen drei Methoden berechnet und dessen mittlere Höhe bestimmt worden:

Gipfel	Sattel	Gipfel	Sattel	Gipfel	Sattel	Gipfel
2620	2440	2560	2400	2800	2540	2920 m
a	b	c	d	e	f	

Die Buchstaben a—f bedeuten je die folgenden Entfernungen:

im Beispiel I sei	a	b	c	d	e	f
	0,5	0,8	0,2	0,7	0,6	0,9 km
im Beispiel II sei	1,2	2,4	0,6	1,8	1,4	2,6 km

Beispiel I.

	Mittlere Kammhöhe
a) nach der Methode PENCKs berechnet, ergibt	2605 m
b) nach der Methode SONKLARs berechnet, ergibt	2592 m
c) nach der Methode N. berechnet, ergibt	2613 m

Man sieht, dass hier die Abweichung zwischen der Methode PENCK und der von N. nur gering ist.

Beispiel II.

Nach der Methode PENCKs berechnet, ergibt 2604 m

Hier stimmt also das Resultat bei völlig andern Werten für die Abstände mit dem ersten nahezu überein. Daraus geht hervor, dass den Entfernungen zwischen Gipfeln und Sätteln nicht die Bedeutung zukommt, die ihnen PENCK einräumt; dieser Autor gibt übrigens zu, dass der von ihm vorgeschlagenen Methode insofern Mängel anhaften, als angenommen wird, dass der Verlauf von Gipfel zu Sattel ein geradliniger sei, welche Annahme in der Natur nur äusserst selten zutrefte; denn der Kamm beschreibe bald eine konvexe, bald eine konkave Linie. Es empfehle sich deshalb, möglichst viele Höhenzahlen in die Kammhöhenberechnung einzubeziehen, und zwar nicht bloss Gipfel- und Passhöhen, sondern namentlich auch dazwischenliegende. Da nun aber in zahlreichen Fällen je zwischen Gipfeln und

Sätteln noch mehrere dazwischenliegende Punkte bekannt sind, die sich nach ihren Werten auch zwischen den Höhen von Gipfeln und Sätteln halten, so empfiehlt sich die Anwendung der Methode N., bei der möglichst viele Höhenpunkte berücksichtigt werden. Nach dieser Methode sind denn auch die hier folgenden Berechnungen mittlerer Kammhöhen ausgeführt worden.

Bei diesen Bestimmungen wurde jeweilen nicht nur der Hauptkamm in Berechnung gezogen, wie dies PENCK (O. c. p. 186) getan hat, sondern auch soweit tunlich und den Höhenverhältnissen entsprechend, die vom Hauptkamm nordwärts ausgehenden Seitenkämme, die in einigen Fällen höhere Gipfel aufweisen als der Hauptkamm selber; umsomehr müssen sie als zum Einzugsgebiet des jeweiligen Gletschers gerechnet werden.

Es beträgt demnach für das Einzugsgebiet des Gletschers:

Gletscher	Kammlänge	Mittlere Kammhöhe
Aspe-Gletscher	61 km	2187 m
Ossau-Gletscher	58 km	2483 m
Gletscher von Argelès	131 km	2833 m
Aure-Gletscher	78 km	2810 m

Mit Recht hat A. PENCK die grosse Bedeutung der mittleren Kammhöhe für die Entwicklung der diluvialen Vergletscherung hervorgehoben und durch die dabei festgestellten Unterschiede die ungleiche Vergletscherung in den Tälern der Aspe und der andern Pyrenäenflüssen erklärt (Lit. 80, p. 186).

Demgemäss erscheint die Annahme von einer grösseren Ausdehnung des Aure-Gletschers, gestützt auf das Auftreten von Moränen und Schotterterrassen unterhalb Sarrancolin, auch im Hinblick auf die grosse mittlere Höhe und die bedeutende Ausdehnung des das gesamte Einzugsgebiet umgebenden Kammes berechtigt zu sein. R. PIC hat zwischen Héches und La Barthe vier Schotterterrassen unterschieden (Lit. 121).

Die oberhalb Arreau bei Guchan vorkommenden, seit längerer Zeit bekannten Moränen dürften wohl aus einem Rückzugsstadium der letzten Eiszeit stammen; sie liegen in trogförmigem Tal.

Bedeutend älter sind jedoch die grobblockigen Ablagerungen, die westlich Lortet der Bahnlinie entlang aufgeschlossen sind und dort ein hohes Plateau bilden; dieses dehnt sich nordwärts gegen Lannemasse aus. Der Lage und der starken Verwitterung dieser Schuttmassen nach zu schliessen, haben wir es hier offenbar mit einer sehr alten Gletscherablagerung zu tun; ihre erratische Natur wird durch das reichliche Vorkommen grosser Granitblöcke

bezeugt, deren Ursprung wir weit oben im Talhintergrund zu suchen haben.

Die Verteilung der Seen im Gebiet des Aure-Gletschers entspricht durchaus den Verhältnissen, die wir bereits in den besprochenen Vergletscherungsgebieten kennen gelernt haben:

In dem trogförmigen Haupttal, wie es sich zwischen Arreau und St. Lary zeigt, fehlt ein Talsee; jedoch dehnt sich oberhalb der Endmoräne von Guchan eine 1,2 km breite Moorfläche aus, die auf einer ehemaligen See von 5 km Länge schliessen lässt. Dagegen sind die höheren Talabschnitte noch heute durch eine grössere Anzahl von Seen gekennzeichnet:

Die sämtlichen im Einzugsgebiet der Neste d'Aure gelegenen Gebirgsseen, 39 an der Zahl, befinden sich in Karen und trogförmigen Hochtälern, die von eiszeitlichen Gletschern erfüllt waren. Unter diesen Seen befinden sich drei in echten über 1000 m langen Felsbecken von 43 bis 56 m Tiefe, der Lac de Cap-de Long, der Lac d'Orédon und der Lac d'Aubert; diese Seen kommen im Granitmassiv des Pic de Néouvielle vor; dazu gesellen sich mehrere in Treppenkarren gelegene Gebirgsseen im Perdighero-Massiv, unter denen auch der zweittiefste See der Pyrenäen, der Lac de Caïllaouas.

e) Bis an den Nordrand der Pyrenäen reichte ferner der Garonne-Gletscher, dessen gut erhaltene, aus der letzten Eiszeit stammende Moränen oberhalb Montréjau bei Labroquère liegen; an diese schliessen sich talabwärts mächtige Schotter, in die sich die Garonne unter Bildung von drei weithin zu verfolgenden Terrassen eingeschnitten hat. Oberhalb der Endmoräne von Labroquère weist das Tal der Garonne an drei Stellen auffallende Weitungen auf, die durch zwei relative Verengungen voneinander getrennt sind; die erste Weitung liegt unmittelbar innerhalb der Endmoräne und ist von fast kreisrunder Flächenausdehnung mit 5 km grösserem, westöstlichem Durchmesser. Nun folgt talaufwärts auf 5 km Länge ein im Mittel 1 km breites Sohlentalstück, worauf sich die zweite Weitung, bei Bagiry-Salechan, öffnet. Nachdem sich das Tal bei Chaum ein zweitesmal verengt hat, weist es die durch ihre ausgesprochene West-Ostrichtung auffällige Weitung von Marignac auf, wo sich die das Val d'Aran entwässernde Garonne und die Pique vereinigen, welche letztere vom Nordhang des Pic Perdighero-Massivs stammt. Jede der drei Talweitungen liegt

in einer andersweitigen Gesteinszone, wobei bei den beiden nördlichen unzweifelhaft eine Begünstigung durch vorherrschend weichere, schieferige Sedimente anzunehmen ist, während sich die Weitung von Marignac in kristallinen Gesteinen befindet. Die petrographischen Verhältnisse dieser Quertalstrecke (Marignac-Labroquère) verdienen im Hinblick auf die Talbildung näher untersucht zu werden. Alle Talweitungen erwecken überdies den Eindruck von zugeschütteten Becken; in der Weitung von Labroquère nimmt auf der Westseite die gegen 30 m hohe Terrasse von Valcabrère-Izaoust eine ziemlich grosse Ausdehnung ein.

In dem bereits genannten Tal der Pique wiederholt sich die Erscheinung eines zugeschütteten Talbeckens, da wo von links die Neste d'Oo in die Pique einmündet; hier liegt der moderne und städtische Kurort Bagnères-de-Luchon. Mehrere kleine Seitentäler münden hier mit Stufen ins Haupttal ein, womit dessen Uebertiefung dokumentiert wird. Ein Zusammenhang zwischen der Talweitung von Bagnères-de-Luchon mit bestimmten Gesteinszonen ist nicht zu erkennen, da das Tal mehrere verschiedenartige Formationen durchquert, die auch weiter talabwärts auftreten; die vorwiegend süd-nördlich gerichtete Weitung entspricht durchaus der Lage eines grossen Talgletschers, so dass wir einem solchen eine beträchtliche Mitwirkung an der Gestaltung des breiten, übertiefen Taltroges zuschreiben dürfen.

Erst oberhalb der Meereshöhe von zirka 1500 m ist die Erscheinung von Seen im Gebiet der Pique in bemerkenswerter Weise entwickelt; hier liegen am Nordhang des Perdighero-Massivs 23 ausgesprochene Gebirgseen, meist in Treppenkaren, darunter der 67 m tiefe Lac d'Oo ou de Séculégo; ihre mittlere absolute Höhe beträgt 2107 m; 2 von ihnen befinden sich als typische Eisseen in 2650 m und darüber, daher die Bezeichnung Lac Glacé. Die meisten dieser Seen liegen in Felsbecken, deren Umgebung in so deutlicher Weise die Abschleifungswirkung der Gletscher zeigt, als ob letztere erst vor relativ kurzer Zeit die Seezone verlassen hätten (Fig. 8).

Aehnliches ist der Fall bei den zahlreichen Seen im Einzugsgebiet der Garonne des obern Val d'Aran, wo die granitischen Gebirge der Sierra Montarto, der Maladetta und der Roca Blanca durch Reichtum an Karseen gekennzeichnet sind.

f) Das Tal des Salat dürfte nicht das einzige Gebiet der Pyrenäen sein, in dem die Ablagerungen dreier Eiszeiten mit einiger Wahrscheinlichkeit nachweisbar sind.

Als Bildungen der ältesten, hier also zunächst der 1. Eiszeit

sind alte hochgelegene Schotter anzusehen, die von einigen französischen Geologen als „alluvions anciennes“, von andern als „alluvions anté-quaternaires“ bezeichnet worden sind (C. géol. Fr. fle. Foix).

Diese meist stark verwitterten, groben Schotter finden sich in der Umgebung von St. Girons (391 m), auf der Ostseite des Salat, in 120 bis 130 m Höhe über dem rezenten Talboden, beispielsweise den obern Teil der hohen Terrasse von Quote 541 bildend, ferner nordöstlich von St. Lizier in ungefähr gleicher Höhe bei Gayrard und nach BUXTORF weiter nordwärts von diesem Ort. Für den fluvioglazialen Charakter dieser Schotter sprechen ihre Mächtigkeit, ihre ziemlich beträchtliche Ausdehnung, ihre Ähnlichkeit mit jüngeren, sicher fluvioglazialen Bildungen, und die Grösse der Gerölle. Immerhin ist auch eine rein fluviale Entstehung dieser Ablagerungen, verursacht durch periodische, starke Wasserführung, nicht ausgeschlossen. Nach ihrer Ablagerung muss eine bedeutende Hebung des Gesamtgebietes um 80 bis 90 m eingetreten sein, der zufolge der Fluss zu neuem Einschneiden und hierauf zur Bildung eines breiten Sohlentales veranlasst worden ist.

Nun folgte ein erneuter Vorstoss des Salatgletschers bis in die Gegend von St. Girons, wofür zahlreiche erratische Blöcke aus Quarzitkonglomerat, sowie Schotter beweisend sind, die man namentlich auf der Westseite des Tales festgestellt hat. Die erwähnten Findlinge liegen auf den flachen Kalkhügeln von Lédar und Montfort, wobei auffällig ist, dass unter ihnen Granite fehlen, die wir in grösserer Anzahl in südöstlichen oberen Talgebieten antreffen. In der Nähe jener Blöcke dehnen sich zum Teil recht mächtige Schotter aus, die in ihrer Zusammensetzung, der Grösse der Gerölle und ihrem Verwitterungszustand mit den bereits erwähnten, 80—90 m höheren Schottern, den *alluvions anciennes*, eine gewisse Ähnlichkeit haben.

Die jüngeren Schotter bilden zunächst die Terrasse von Bentaillon unmittelbar sw. St. Girons; sodann findet sich weiter talwärts die mächtige Schotterterrasse auf der in 420 m Höhe das Schloss von St. Michel steht und die sich mehrere km weiter nordwärts ausdehnt. In verschiedenen Aufschlüssen findet man hier zahlreiche weit über kopfgrosse Gerölle von Granit und Quarzitkonglomerat. Die Oberfläche dieses Schotters liegt 50 m über der rezenten Talsohle über einem zirka 20 m mächtigen Felssockel. Die teilweise Uebereinstimmung in Gestein und auch in der Lage lässt uns annehmen, dass wir in den tieferen Schottern das Fluvio-glazial des Gletschers zu sehen haben, der damals die Blöcke von Lédar und Montfort absetzte. Der Verwitterungszustand des Schotters und das Auftreten der genannten Blöcke verbietet uns aber, diese Gletscherausdehnung in die letzte Eiszeit zu verlegen; wir müssen an eine frühere, wohl

an die Riss-Eiszeit denken; denn gut erhaltene Moränen, die ohne Zweifel der letzten Eiszeit zuzurechnen sind, treten in den obern Talgebieten auf, von denen gleich die Rede sein wird.

Während in der Riss-Eiszeit sehr wahrscheinlich die verschiedenen Talgletscher des Salatgebietes noch vereinigt waren und als gemeinsamer Salatgletscher bei St. Grions endeten, hatten sie sich in der letzten Eiszeit getrennt und bildeten nun selbständige Eisströme, deren Endmoränen in den verschiedenen Tälern deutlich zu erkennen sind. Als grössten der damaligen Gletscher haben wir den Garbetgletscher anzusehen, der vom östlichsten Teil des dem Salat tributären Hauptkammes heruntersteigt; es folgten dann die Gletscher des Alet, des Salat, des Ribérot und des Lez.

Im Einzugsgebiet dreier der hier genannten Flüsse treten Granitmassive auf, die das charakteristische Gestein lieferten, an welchem auf Sedimentfelsen abgesetzter Schutt einwandfrei als erratische bzw. glaziale Ablagerung zu erkennen ist. Dies ist der Fall bei den Moränen des Garbet-Gletschers, die bis 1 km oberhalb Oust bei Plech im Tal vorkommen, ferner bei denen des Alet-Gletschers, die bis zum Weiler Bincarède reichen, und endlich im Tal des Ribérot-Gletschers, der vom Granitstock des Mont Vallier heruntersteigt; dieser gegen 13 km lange, in schönem Trogtal gelegene Gletscher hinterliess sehr mächtige Moränen, die oberhalb Bordes das Tal des Lez erreichen.

Der Lez-Gletscher jedoch hatte sein Ursprungsgebiet in dem ausschliesslich aus Schiefern und Kalkgesteinen aufgebauten Massiv des Pic Crabère, und es hält schwer, in den aus gleichen Gesteinen bestehenden tieferen Talstrecken Moränen dieses Talgletschers festzustellen. Genau das gleiche ist der Fall beim Salat-Gletscher. Dazu kommt, dass in diesen beiden Tälern dort, wo man das Ende der Gletscher vermuten sollte, das Talprofil durchaus V-förmig ist; erst bedeutend weiter talaufwärts nimmt es Trogform an. Nirgends findet sich hier die beckenförmige Weitung eines ehemaligen Talsees. Nur in den beiden vom Granitmassiv des Pic de Certescans heruntergestiegenen Gletschern des Garbet und des Alet weitet sich je das Tal oberhalb der Endmoränen, so dass man hier ein schönes Trogprofil erhält; auch weist beim Garbet das Tal unterhalb Aulus einen ziemlich breiten Talboden auf, der von Rundbuckeln abgeschlossen ist. An solche

Rundbuckel schliessen sich mehrmals flache Rückzugsmoränen des Garbet-Gletschers an, der im Maximum seiner Ausdehnung in der letzten Eiszeit eine Länge von 22 km bei einer Mächtigkeit von 400 m besass.

Ferner stellen sich in dem trogförmigen Garbettal deutliche Merkmale der Talübertiefung ein, indem mehrere Seitentäler mit hoher Stufe ins Haupttal einmünden, so u. a. auch das Tal des Fouillet, das oberhalb seiner 120 m hohen Mündungsstufe noch weiter stufenförmig ansteigt und auf seiner obersten Stufe in 2100 m Höhe den Lac d'Aubé trägt (siehe Bild 6, Tafel III).

Im Einzugsgebiet des Salat kommen 31 Gebirgsseen vor, die alle in ehemals vergletscherten Hochtälern und Karen liegen. Unter diesen Karen gibt es mehrere sehr gut ausgeprägte Treppenkare, so beispielsweise das des Lac de Garbet, das des Lac d'Eychelle, des Etang d'Ayes usw.

Die letzten zwei Seen liegen in Treppenkaren, in denen je ein verhältnismässig kleiner Talgletscher (von nur 6,5 bzw. 4,5 km Länge) niederging.

Wir kommen in den folgenden Zeilen noch im besondern auf das Treppenkar des Lac de Garbet zu sprechen. Man vergleiche hierzu die Fig. 9 und 11 und die Tafeln I bis III.

Wie das Bild 1, Tafel I, zeigt, ist das Tal des Garbet oberhalb Aulus typisch trogförmig; es steigt dort in vier sehr gut ausgeprägten Stufen gegen den Gebirgskamm an; es nimmt also den Charakter eines Treppenkares an. Die unterste dieser Stufen fällt ungefähr mit dem Wechsel von Schiefer- und Granitzone zusammen; sie scheint demnach bei der Talbildung durch petrographische Verhältnisse bedingt zu sein. Die drei übrigen und höheren Stufen liegen dagegen alle in gleichem Gestein, in Granit; über der zweiten Stufe dehnt sich ein flacher Boden aus, der einem zugeschütteten See entspricht; oberhalb der dritten Stufe liegt in 1650 m Höhe der 45 m tiefe Lac de Garbet hinter einer prächtig abgeschliffenen Felsschwelle (Bild 5, Tafel III); von diesen Seen führt nochmals eine gegen 300 m hohe Stufe zu einem weiteren, wenn auch bedeutend kleineren Seebecken hinauf. Dieses Becken ist ringsum von sehr steilen Felswänden umgeben, über denen man zu einer welligen, felsigen und mit unzähligen Gesteinstrümmern

übersäten hohen Terrasse, einer Karplatte, gelangt; diese umgibt halbkreisförmig das Becken und führt schliesslich zu den eigentlichen, gezackten Gräten (crêtes) hinauf.

Abbildung 11 gibt eine vereinfachte Darstellung dieser Verhältnisse, die sich in ähnlicher Gestaltung auch im Hochtal des Fouillet vorfinden, wo in 2100 m Höhe der Lac d'Aubé liegt.

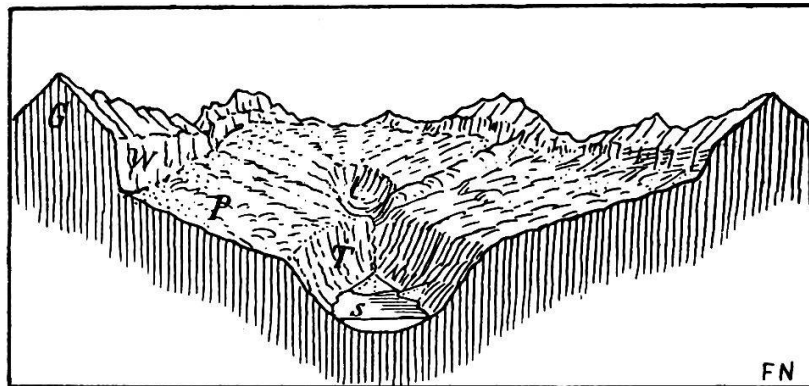


Fig. 11. Diagramm des Treppenkar von Garbet.

G = Grat, W = Gratwand, P = Karplatte, T = Trog mit See (S)
t = höherer, kleinerer Trog

g) Der Ariège-Gletscher.

Unter den diluvialen Talgletschern der östlichen Pyrenäen war der gegen N abfliessende Ariège-Gletscher bei einer Länge von 63 km weitaus der grösste. Sein Talgebiet ist von L. MENGAUD beschrieben worden (Lit. 66). Er besass ansehnliche Zuflüsse sowohl von der Pic-Carlitte-Gruppe wie von dem mehr als 100 m höheren Gebiet des Montcalm, und sein Einzugsgebiet war nach Lage und System seiner Zuflüsse ähnlich dem des diluvialen Aaregletschers. So durchfloss der Hauptgletscher zunächst ein gegen N gerichtetes Quertal, das unterhalb Ax-les-Thermes in Längsrichtung übergeht, um bei Tarascon wieder nördliche Richtung einzuschlagen.

Das Ende dieses Gletschers wird von den verschiedenen Forschern verschieden angegeben, wohl aus dem Grunde, weil im Tal der Ariège wallförmige Endmoränen sozusagen fehlen; nur an einer Stelle, nämlich bei Arignac, kommt eine solche von kurzer Erstreckung vor, dagegen nehmen in dem Talabschnitt: Tarascon-Foix-St. Jean mächtige Terrassen eine grosse Ausdehnung ein;

sie wurden von den meisten Forschern als Flussablagerungen betrachtet. Allein dagegen sprechen verschiedene Eigenschaften, vor allem die, dass diese Terrassen sich in den oberen Teilen aus sehr grossen, kantigen Blöcken bis zu Hausgrösse, meist von Granit und Gneiss, zusammensetzen, in den untern aber feineres und gerolltes, teilweise geschichtetes Material enthalten; der grobe, ungeschichtete Schutt ist wohl nichts anderes als flach ausgebreitete Moräne des sich allmählich zurückziehenden Gletschers. Nach der Ausdehnung und Mächtigkeit dieser Ablagerungen lassen sich im Tal der Ariège zwei Eiszeiten unterscheiden, die Riss- und die Würm-Eiszeit.

In der Riss-Eiszeit stiess der Ariège-Gletscher über die Gegend von Foix nordwärts vor und lagerte die terrassierte, an grossen Blöcken reiche Moräne von Berdoulet-Armeilhac ab, der auf dem linken Ufer die ebenfalls aus grobem, erratischem Schutt aufgebaute Terrasse von Vernajoul entspricht, welche sich flussabwärts über St. Jean de Verges hinaus verfolgen lässt (vergl. Fig. 12).

Im Maximum der letzten Eiszeit lag das Gletscherende wenig oberhalb Foix in 400—420 m Meereshöhe, wofür zahlreiche mächtige erratische Blöcke sprechen, während hier wallförmige Endmoränen fehlen. Dagegen können wir hier drei verschieden mächtige Schotterterrassen feststellen, die den Charakter von Uebergangskegeln aus Moränen besitzen; denn alle drei sind mit Bildungen von Moränencharakter verknüpft.

Die älteste und ausgedehnteste der drei Terrassen setzt mit einer Mächtigkeit von wohl 60 m in der Mitte zwischen Foix und Tarascon s. Ariège ein. Auf ihr liegt die Bahnstation St. Paulet, und die Bahnlinie führt hier auf einer Strecke von ungefähr 3 km zwischen zahlreichen gewaltigen Granit- und Gneissblöcken hindurch, welche diese Moränenterrasse kennzeichnen. Dieselbe setzt sich flussabwärts über Montgaillard, Tramesaygues und, auf dem linken Ufer, im Plateau de Cadirac (438 m) fort, wo sie wohl 40 m über der Ariège bei Foix liegt. Die zweite, jüngere Terrasse dehnt sich bei Foix 18 m über dem Fluss aus; auf ihr liegen der obere Teil der Stadt und die südlich angebauten neueren Quartiere. Diese sehr gut entwickelte, mittlere Terrasse lässt sich von Foix talaufwärts, insbesondere auf dem westlichen Ufer der Ariège über Courbet, Las Rives (422 m), Ferrières und Prayols, sodann oberhalb St. Paulet auf dem rechten Ufer bis Garrabet verfolgen; hier erreicht sie eine stattliche Mächtigkeit von über 40 m, und an sie lehnt sich eine typische Moräne, die nördlich der Kirche Mercus-Garrabet aufgeschlossen war. Neben dieser Terrasse läuft hier eine ungefähr 20 m tiefere, die bei Foix nur 8—10 m über dem Flusse liegt und auf welcher

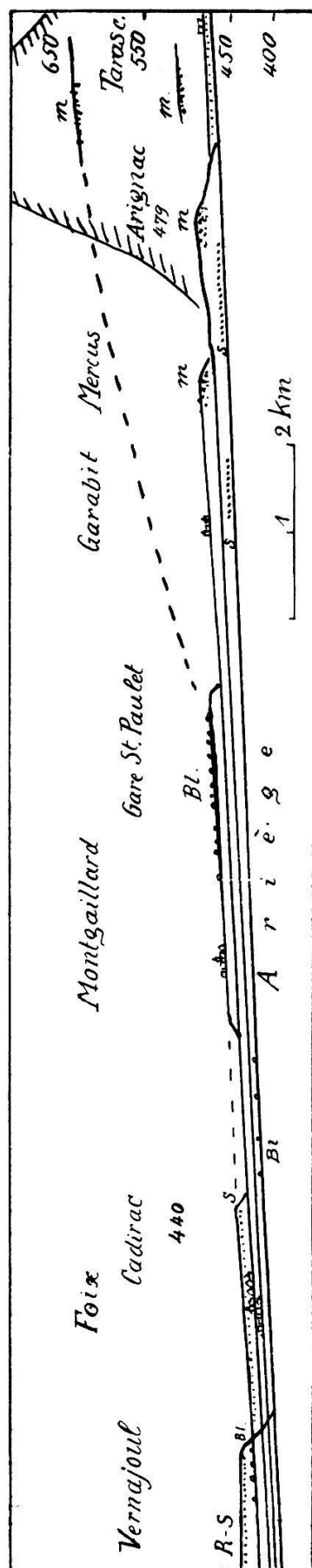


Fig. 12. Längsprofil durch die Terrassen an der Ariège.

Bl = Blöcke, R-S = Riss-Schotter, S = Schotter und m = Moräne der Würm-Eiszeit

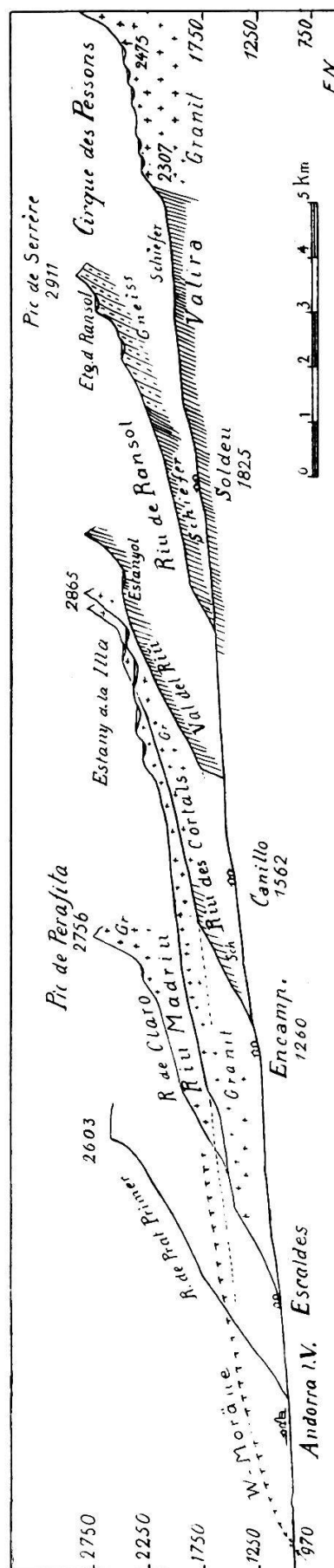


Fig. 13. Längsprofile durch die Täler von Andorra.

die Unterstadt steht; flussaufwärts gewinnt diese dritte Terrasse, ähnlich wie die mittlere, mehr und mehr an Mächtigkeit, und sie endet schliesslich an der schon von L. MENGAUD beschriebenen Moräne von Arignac, zwischen Bonpas und Tarascon. Der wenig ausgeprägte Moränenwall geht rasch in die 30 m mächtige Terrasse über, in deren Liegendem hier, sowie weiter nordwärts bei der Brücke von St. Antoine, wagrechte, zum Teil verfestigte Schotter auftreten; unterhalb dieser Brücke sind die drei ineinandergeschachtelten Terrassen wohl am besten zu überblicken; insbesondere bei der schon genannten Station St. Paulet (vergl. Profil Fig. 12).

Das Städtchen Tarascon steht auf einer 10 m mächtigen Schotterterrasse, die sich nach dem Ausgang des Tales von Vic-dessos fortsetzt, während im Tal der Ariège auf grosse Erstreckung hin sowohl Moränen wie Terrassen fehlen; so strömt der Fluss zwischen Ussat-les-Bains und Les Cabannes auf zirka 7 km Länge auf breiter Aufschüttungssohle. Dann folgt eine 2 km lange, schmalere Quertalstrecke, wo der Fluss durch Felsvorsprünge und Rundbuckel eingeengt wird. Hierauf gelangt man in die 5 km lange, ziemlich breite Talstrecke von Lassur-Luzenac. Oberhalb Luzenac wiederholt sich die Erscheinung einer durch mehrere Rundbuckel gekennzeichneten, schmäleren Quertalstrecke, die den Abschluss des zwar nur 3 km langen Talbeckens von Savignac bildet. In dieses Becken mündet von Süden das vom Nagear durchflossene Hochtal ein, das stufenförmig zu mehreren hochgelegenen Karnischen ansteigt. Oberhalb Savignac durchquert die Ariège von neuem eine ausgeprägte Rundbuckellandschaft, wobei sie sich stellenweise schluchtartig in einen höheren Talboden eingeschnitten hat; wir finden hier eine der auffälligsten Felsbuckellandschaften der Pyrenäen, die sich 6 km weit talaufwärts erstreckt.

Ueberall lässt sich bis auf 400 m Höhe hinauf die abschleifende Wirkung des Eises erkennen; im nördlichen Teil dieser Hügellandschaft, an der Vereinigung dreier Flüsse befindet sich der weitbekannte Badeort Ax-les-Thermes: Von Osten nimmt hier die Ariège zunächst einen anderen grösseren Gebirgsfluss auf, die Oriège, die im Carlitte-Massiv entspringt und das prächtig trogförmige und stark übertiefte Tal von Orlu durchströmt; sodann ergiesst sich ein etwas kleinerer Bergfluss in die Ariège, der R. d'Ascou; dieser entwässert das freundliche Längstal von Ascou, aus welchem man über den Col de Paillères nach dem Talgebiet der Aude gelangt.

Die oben gegebene Beschreibung der Beschaffenheit des Ariège-tales zwischen Foix und Ax-les-Thermes soll dartun, dass der noch zur Würm-Eiszeit bei Les Cabannes gegen 600 m mächtige Ariège-

Gletscher unterhalb Tarascon ganz auffallend umfangreiche Schuttmassen abgelagert, weiter oberhalb aber abschleifend, ausweitend und eintiefend gewirkt hat, aber nicht in dem Masse, dass hier ein Talsee entstanden wäre.

Im Gegensatz zu den tieferen Zonen des Haupttales ist in den höheren Gebieten die Beckenbildung in bemerkenswerter Weise entwickelt. Namentlich sind die vielen Kare, in denen die verschiedenen Zuflüsse des Ariège-Gletschers ihren Ursprung nahmen, fast ausnahmslos durch kleinere und grössere Gebirgsseen geschmückt. Es handelt sich dabei sowohl um einfache Kare, wie um Treppen- und Muldenkare der Nordabdachung des Pic Serrère-Massivs und des Pic Carlitte-Gebirges; hier dürfte es kaum einen See geben, der nicht einem glazial bearbeiteten Hochtal bzw. einem Kar angehörte.

Von diesen zahlreichen Seen ist wohl der Lac Naguille wegen seiner Lage und Ausdehnung der bemerkenswerteste. Er befindet sich in einem ausgesprochenen Hängetal, das sich oberhalb einer gegen 900 m hohen Stufe über dem Oriègetal öffnet; der 71,8 m tiefe und 1300 m lange See liegt in einem echten Felsbecken, das die Mitte des muldenförmigen Hochtals einnimmt. Zu beiden Seiten und im Hintergrund steigen die Gehänge stufenartig zu Karen empor, von denen einige ebenfalls Seen bergen.

Eine ähnliche Lage besitzt der Lac d'en Beys, wo die Oriège ihren Ursprung nimmt.

Ähnliche Verhältnisse hinsichtlich Ausdehnung und Talgestaltung lassen sich auch von dem grössten Zufluss des Ariège-Gletschers aussagen, vom Gletscher aus dem Tal von Vic-de-Sos.

Bei Tarascon schloss sich dem Ariège-Gletscher, als sein grösster Seitengletscher, der Gletscher von Vic-de-sos (Sos) im gleichnamigen Tal an, das auf der Nordseite der 3140 m hohen Gruppe des Pic d'Estats herunterführt. In das deutlich trogförmige Tal münden mehrere Seitentäler in gut ausgesprochenen Stufen ein, so das Tal von Siguer, das Tal von Artiès, mit mehreren über hohen Stufen im Talhintergrund gelegenen Seen, das ebenfalls mit Seebecken ausgestattete Tal des Ruisseau de Bassiès und das Tal von Artigue. Das Haupttal, dessen Uebertiefung zwischen Auzat und St. Marc 200—300 m beträgt, steigt im Oberlauf ebenfalls in mehreren Stufen an, oberhalb der sich Talweitungen mit zugeschütteten Seebecken befinden. Rückzugsmoränen lassen sich

an mehreren Stellen beobachten; die unterste liegt unweit der Einmündung des Tales in das der Ariège bei Capoulet, eine zweite zwischen den Dörfern Vicedos und Auzat, wo sich überdies auf Kalkstein ein prachtvoller Gletscherschliff befindet, endlich im Talhintergrund oberhalb der hohen Talstufen.

So erscheint das genannte Tal von Vic-de-sos als eines der grösseren und in der Eiszeit besonders stark vergletscherten Pyrenäentäler, mit verschiedenen Merkmalen glazialer Gestaltung: Das ohne Zweifel vor den beiden letzten Eiszeiten fluviatil entstandene, schmale, tiefeingeschnittene Haupttal ist durch die Gletscher trogförmig ausgeweitet und vertieft worden. Die Ueber-tiefung geht aus der Stufenmündung aller Seitentäler hervor; diese selbst sind wie das Haupttal treppenartig aufgebaut, und einige von ihnen weisen sowohl auf den unteren wie auf den höchsten Stufenseen auf, die in Felsbecken liegen; diese dürften auf glaziale Erosion zurückzuführen sein.

Vom Nordabhang des Massivs des Pic Serrère strömen der Ariège mehrere kleinere Flüsse in tiefeingeschnittenen und meist auffallend engen Tälern zu, die in der Eiszeit ebenfalls von Gletschern erfüllt waren. Diese nahmen ihren Ursprung meist in den zahlreichen Karen jenes Gebirges, von denen fast jedes heute einen kleinen See aufweist; die Zahl der Gebirgsseen nördlich des von der Ariège entwässerten Hauptkammes der Pyrenäen beträgt 84; dazu kommen noch 29 Seen vom West- und Nordhang des Pic Carlitte-Massivs, dessen Ostseite teils von der Aude, teils von der Tet entwässert wird (vergl. Tabelle 1).

h) Die Gletscher der Aude.

Die Gletscher im Gebiet der Aude nahmen wie der Tet-Gletscher ihren Ursprung am Ostabhang der 2910 m hohen Pic Carlitte-Gruppe. In der Eiszeit fanden hier offenbar Bifurkationen des strömenden Eises statt, wie in der Postglazialzeit solche der Flüsse vorkamen. Im Ursprungsgebiet bildeten die Firnmassen im gesamten, ost- und südostwärts abfallenden Gelände der Carlitte-Gruppe eine breite, mehr oder weniger zusammenhängende Decke, von der vier Gletscherzungen nach verschiedenen Richtungen abflossen. Von der gegen N gerichteten, 2810—2920 m hohen Hauptkette, an der zahlreiche Kare liegen, steigen die östlichen Seitenkämme steil zu welligen Plateaus in etwa 2200 m Meereshöhe ab, zwischen denen breite, beckenförmige oder trogartige Täler liegen. Diese Plateaus dürften der präglazialen, of-

fenbar tertiären, Landoberfläche angehören, die hier hügelartigen Charakter besass (s. Lit. 73). In der Eiszeit waren sie gänzlich von Firn bedeckt. Von den vier Gletschern, die alle ausserordentlich gut erhaltene Endmoränen aufgeworfen haben, wurden zwei von der Aude entwässert, der Galbe- und der Lladure-Gletscher, der dritte war der Tet-Gletscher, der vierte der südwärts abfliessende Gletscher von Angoustrine.

Der Galbegletscher nahm seinen Ursprung in zwei Karen am Osthang des 2600 m hohen Pic de Moustier und in der Hochfläche nördlich des Pic Péric (2810 m); er besass eine Länge von 12 km und baute die beiden schönen, gegen 120 m hohen Moränenwälle bei Fontrabiose auf, die sich 4 km aufwärts verfolgen lassen und die talabwärts in die Schotterterrasse übergehen, auf der in 1450 m das Dorf Puyvalador steht.

Der südlich von diesem Ort, bei Fourmiguères, endende Lladoregletscher zeigte ähnliche Grössen- und Lageverhältnisse und baute die orographisch ebenfalls sehr gut hervortretenden Moränen oberhalb der genannten Ortschaft in 1480 m auf, an die sich talabwärts ein breites Schotterfeld anschliesst. Das Firngebiet des Gletschers lag am Ostabhang des oben angeführten Pic Péric, dessen von der Tet entwässerter Südabhang ebenfalls schöne Bildung von Karen und Felsbecken aufweist. In diesem Gletschergebiet lassen sich oberhalb der äussersten mächtigen Endmoräne mehrere deutlich erkennbare Rückzugsmoränen feststellen.

i) Der Tet-Gletscher.

Er war bei einer Länge von 18 km der grösste unter den vier Talgletschern, die vom Osthang der Carlitte-Gruppe herunterstiegen. Seine äusserste Endmoräne liegt in 1600 m, hart bei der alten Festung Mont-Louis, wo der Fluss sich ins Plateaugebiet des Capcir einzuschneiden beginnt, um hier in seine auffallend schmale und tiefe Mittellaufstrecke einzutreten. In das Plateau ist die Oberlaufstrecke des Tettales nur verhältnismässig wenig, nämlich nur etwa 200—300 m tief eingesenkt. So geschah es, dass in der maximalen Ausdehnung der letzten Eiszeit der Tetgletscher über den Talrand herausquoll und eine seitliche breite Zunge gegen Nordosten sandte, deren Schmelzwasser als Aude abflossen. Es fand also damals eine schön ausgesprochene Bifurkation von Gletschereis nach zwei verschiedenen Talsystemen statt; dazu gesellte sich eine dritte, nämlich nach dem Flussgebiet des Segre, nach Süden. Vom gleichen, allerdings recht ausgedehnte Plateaus und breite Nischen umfassenden Firngebiet bewegte sich auch ein ansehnlicher Eisstrom südwärts, der Glet-

scher von Angoustrine, von dem unten noch kurz die Rede sein wird.

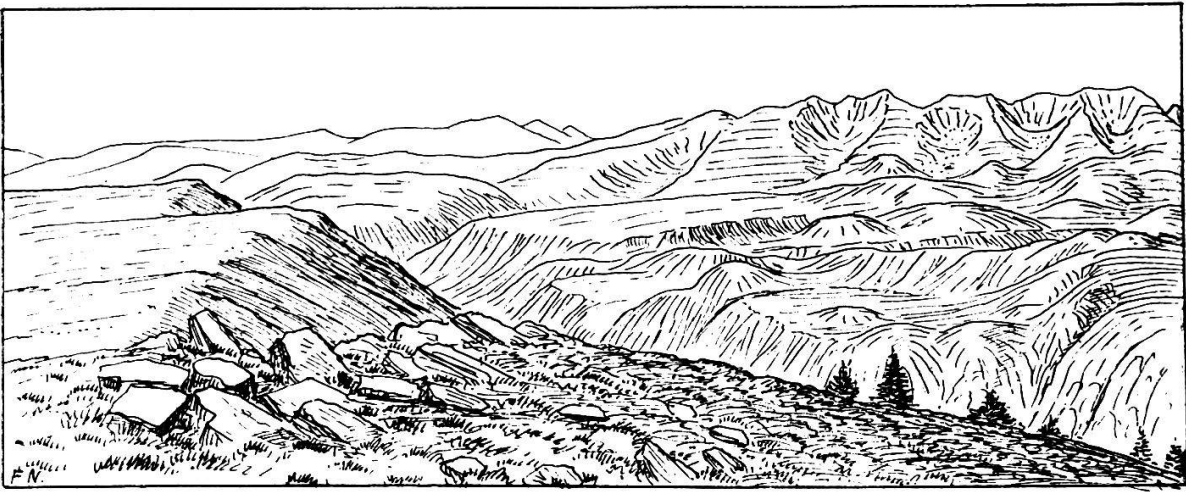


Fig. 14. Ansicht der Hochflächen auf der Südostseite des Carlitte-Massivs.

Oberhalb der schönen, bereits von CH. MARTINS beschriebenen Endmoränen von Mont-Louis lassen sich noch 6—7 verschiedene Rückzugsmoränen feststellen, die sich in der Regel an Rundbuckel anschmiegen und hinter denen beckenförmige Talweitungen liegen, so oberhalb der Redoute Dagobert, dann bei Pla des Avellan in 1701 und insbesondere deutlich oberhalb einer 200 m hohen Stufe, wo in 2000 m Meereshöhe eine schöne Endmoräne den früheren Sumpf von La Bouillouse abschliesst, der heute künstlich zu einem Stauwehr für Kraftwerke umgewandelt worden ist. Aber auch weiter talaufwärts folgen sich Seebecken, Rundbuckel und Rückzugsmoränen, sowohl im Tal der Grave wie auch im Gebiet des an kleinen Seen reichen, glazial stark bearbeiteten Plateaus westlich des Barrage de Bouillouse.

Ergebnisse hinsichtlich der Seebildung.

Wir haben in unserm Ueberblick über die grossen eiszeitlichen Talgletscher der Nordabdachung der Pyrenäen unser Hauptaugenmerk neben der Erörterung der Ausdehnung und Mächtigkeit der alten Eisströme, in erster Linie darauf gerichtet, in welcher Art und in welcher Masse die Täler durch die Gletscher umgestaltet wurden und namentlich, wo sich beckenförmige Talweitungen vorfinden. Wir sind dabei zum Ergebnis gelangt, dass auf der Nordseite fast in allen grösseren Tälern solche Beckenformen vorkommen, dass sie aber infolge postglazialer Zuschüttung keine Seen aufweisen, dass jedoch mehrere von ihnen in vorherrschend weicheren Gesteinen liegen und demgemäss schon in der Anlage vorhanden gewesen sein dürften, als die Eiszeit begann. Das Vorhandensein von zugeschütteten Talbecken kann auf der

Nordabdachung der Pyrenäen nicht bezweifelt werden. Wie A. PENCK schon 1883 angedeutet hat, können verschiedene Ursachen des Verschwindens von Seen aufgeführt werden, beispielsweise Einschneiden der Abflüsse in die Schwellen, geringe Tiefe der Becken im allgemeinen und endlich starke Zuschüttung, Erscheinungen, die man auch teilweise aus den Alpen kennt. Die Zuschüttung erfolgte sicher nicht nur durch den Hauptfluss, sondern auch durch geschiebereiche Seitenflüsse, die meist in weichere Gesteine eingeschnitten sind. Der Hauptgrund dürfte aber doch die geringe Tiefe der ehemaligen Seebecken sein, die mit der geringeren Erosionswirkung der Gletscher in Zusammenhang gebracht werden muss. Dazu kommt aber noch eine weitere Erklärungsmöglichkeit für das Fehlen jener Talseen, nämlich die Enge und Jugendlichkeit der Pyrenäentäler. In mehreren Tälern haben wir nämlich in verschiedenen Höhen liegende Terrassen vorgefunden, welche auf Periodizität der Talbildung schliessen lassen; diese dürfte durch periodische Hebungen des Gebirges verursacht worden sein (vergl. Lit. 71). Wir haben nun in den oberen Terrassen weiter geöffnete Täler feststellen können als in den tieferen. Das in den unteren Terrassen eingeschnittene, also jüngste Tal, weist vielerorts eine enge V-Form, an andern Orten sogar eine Schlucht im Querprofil auf, woraus hervorgeht, dass die Talbildung hier eine durchaus jugendliche sein muss. Eindrucksvoll sind in dieser Hinsicht die Täler der Aude und der Tet: Im Oberlauf waren sie vergletschert, und die Gletscher legten sich hier in breitere, aus einem früheren daher weit fortgeschrittenen Stadium der Talbildung stammende Täler; unterhalb der Endmoränen nimmt das Flussgefälle zu, und der Fluss strömt hier in tiefeingeschnittenem, schmalem Tal nach dem Gebirgsrand hin, wo die Talform breiter und das Gefälle geringer wird.

Nun reichen aber die tiefer gelegenen Endmoränen der grossen Talgletscher bis auf den Felsboden des jüngsten Taleinschnittes hinab. Denken wir uns diesen Taleinschnitt vor dem Vorstossen der Talgletscher schmal, wie das noch heute in vielen nicht vergletscherten Tälern der Fall ist, so müssen wir zugeben, dass die Eisströme, begünstigt durch petrographische Verhältnisse, eine ganz beträchtliche Ausschleifungsarbeit haben leisten müssen, um aus schmalen V-Tälern breite Talbecken zu schaffen, auch wenn diese keine bedeutende Tiefe besaßen. Man muss sich nun fra-

gen, ob diese geringere Erosionswirkung auf eine geringere Mächtigkeit der grossen Talgletscher zurückzuführen ist, oder ob nicht noch andere Faktoren hierbei eine Rolle gespielt haben. Gewiss waren die Alpenglletscher allgemein bedeutend mächtiger als die Gletscher der Pyrenäen, und doch kamen auch hier Eisströme von 600—800 m Mächtigkeit vor, denen man eine bedeutende Erosionswirkung hätte zuschreiben dürfen. Da diese aber nicht hingereicht hat, in den Zungenbecken grössere Talseen zu erzeugen, so liegt der Gedanke nahe, dass die Gletscher nicht lange genug eine so grosse Ausdehnung gehabt haben mochten, um derartige Wirkungen hervorzurufen. Diese Auffassung steht allerdings im ersten Augenblick im Widerspruch mit der Tatsache, dass in einigen Tälern ausserordentlich mächtige glaziale und fluvioglaziale Ablagerungen vorhanden sind, die auf eine lange Dauer der Vergletscherung schliessen lassen. Aber bei näherer Betrachtung erkennt man, dass die Mächtigkeit dieser Ablagerungen nur dort bedeutend ist, wo die Gletscher von granitischem oder gneissigem Gebirge herstammten, wie im Pic Serrère, im Massiv des Pic de Certescans, im Massiv des Pic Carlitte, im Massiv des Pic Perdighero, im Massiv von Néouvielle etc. In diesen Gebieten zeichnen sich die Moränen durch sehr reichliches und grobes Blockmaterial aus. Umgekehrt kennen wir Fälle genug, wo die aus Schiefergebirgen her kommenden Gletscher nur sehr geringfügige Ablagerungen hinterlassen haben, so dass man nicht selten Mühe hat, ihre Endmoränen zu finden, so z. B. in den Tälern des Lez und des Salat.

Nun haben wir bei den grossen Talgletschern die Tatsache kennen gelernt, dass verhältnismässig weit oberhalb ihrer äussersten Endmoränen die Wirkungen ihrer abschleifenden und eintiefenden Tätigkeit sehr augenfällig sind und uns namentlich in stark übertieften Trogtälern und schliesslich in verschiedenen tiefen, hochgelegenen Felsbecken entgegentreten, in deren Umgebung die Abschleifung und Schrammung der Felsen durch strömendes Eis noch mit aller Deutlichkeit wahrzunehmen ist. Dieser Gegensatz der Erosionswirkungen zwischen tieferen und höheren Gebieten zwingt uns geradezu zu der Annahme, dass die Vergletscherung der höheren Gebiete sehr viel länger angedauert hat als in den tieferen Talstrecken; sie erklärt uns auch den Reichtum an granitischem Material aus jenen Gesteinszonen in den weiter

talwärts abgelagerten Moränen; vor allem gibt sie uns einen Hinweis auf die Frage, weshalb in den tieferen Talstrecken, trotz bedeutender Gletschermächtigkeit, die den betreffenden Gletscherzungen entsprechende Talseen fehlen.¹⁾

Wenn wir alle diese Umstände in richtiger Weise in Erwägung ziehen, so dürften sie uns genügende Erklärungen für das Fehlen der grossen Talseen auf der Nordseite der Pyrenäen geben.

Wir haben nun zu untersuchen, ob sich ähnliche Erscheinungen auch auf der spanischen Seite der Pyrenäen beobachten lassen. Zunächst muss hier festgestellt werden, dass auch da grosse Talseen und insbesondere Randseen fehlen, während die höheren Gebirgsmassive, wie wir bereits wissen, reich an Bergseen sind.

2. Die grossen Talgletscher der Südabdachung.

Die südliche Abdachung der Pyrenäen ist ebenso reich durchtalt und gegliedert wie die nördliche, und wir können hier ebenso viele grössere und kleinere Flüsse bemerken, die in den höheren Bergkämmen ihren Ursprung nehmen und nach dem Gebirgsrande zuströmen. Dabei lässt sich im allgemeinen die Tatsache feststellen, dass diese Täler durchschnittlich enger, schmaler sind als die der französischen Gebirgsseite; eine zweite Tatsache ist die, dass, wie bereits A. PENCK erkannt hatte, die eiszeitliche Vergletscherung nicht so stark entwickelt war wie auf der Nordabdachung der Pyrenäen. In einigen Tälern wurden immerhin Talgletscher von 30 bis 35 km Länge nachgewiesen. Der Mangel an vorhandenen Untersuchungen veranlasste seinerzeit A. PENCK zur Annahme von zahlreichen im allgemeinen bedeutend kleineren Talgletschern, namentlich in den Tälern der Esera, der Noguera Ribagorzana und der Noguera Pallaresa und in deren obersten Verzweigungen. Neuere Untersuchungen von W. PANZER, L. GARCIA-SAINZ und F. NUSSBAUM haben hier nun doch ein anderes Gesamtbild ergeben, das wir auf den folgenden Seiten in aller Kürze skizzieren wollen. Wir beginnen dabei unsere Darlegung mit den westlichsten, noch wenig bekannten Pyrenäentälern.

¹⁾ CH. JACOB und M. CASTERAS betonen ebenfalls den Gegensatz zwischen den glazialen Formen der höheren Gebirgsgegenden und den der fluviatilen der tieferen Talandschaften im Gebiet von Luchon (Lit. 112).

a) Im Gebiet des Aragon waren ohne Zweifel mehrere der diesem Flusse tributären Seitentäler, die als echte Quertäler im rechten Winkel vom Hauptkamm abgehen, um sich dann mit dem grössten der Pyrenäenlängstäler zu vereinigen, in der Eiszeit mehr oder weniger stark vergletschert, ohne dass man jedoch hierüber näheres kennt. Für die Vergletscherung spricht in erster Linie der Umstand, dass auf der Nordseite des über 2300 m hohen Kamme; der 25 km lange Aspe-Gletscher seinen Ursprung nahm; da dessen Entwicklung eine Schneegrenze von unter 1800 m Meereshöhe voraussetzte, konnten sich auch auf der Südseite ansehnliche Gletscher bilden, die in die Täler des Esca R., des R. de las Tajeras, der Guarringa hinabsteigen, in deren Gebiet sich auch einige Seen befinden (Mare, Et. de Bellagua, Et. de Uterdineta und der unterirdisch abfliessende Ibon de Estaens). Auch ist denkbar, dass die Einzugsgebiete der Täler der Osia und des Esterron vergletschert waren, da sie in bedeutenden, über 2630 m hohen Gebirgen liegen.

Im Tal des Aragon selber reichte, nach W. PANZER, ein 22 km langer Talgletscher bis nach Castiello de Jaca hinab (Lit. 77). In seinem Einzugsgebiet befinden sich sechs Gebirgseen, davon der auf der Westseite der 2808 m hohen Pala de Yp in 2110 m gelegene Ib. de Yp, der eine Länge von 300 m besitzt.

b) Ähnlich wie im Aragontal konnte der deutsche Geologe W. PANZER auch in den Tälern des R. Gallego und des R. Ara die Lage der Endmoränen zweier ansehnlicher Talgletscher dort feststellen, wo sie viele Jahre früher von A. PENCK vermutet worden waren, nämlich im Gallegotale bei Senegue und im Aratal wenig oberhalb Fiscal (Lit. 77, 80). Bemerkenswert sind die Beobachtungen A. PENCKs über das Vorhandensein von Talbecken im Tale des R. Gallego; so gibt er an, dass Grundmoränen von erstaunlicher Mächtigkeit das weite Talbecken von Sallent auskleiden, wo wir also ein Zungenbecken des Gallegogletschers einer Rückzugsphase annehmen dürfen. Dann bemerkt er aus der Gegend des Bades von Panticosa, dass sich der Fluss schluchtartig, tief in den von Gletscherschrammen überzogenen, nackten Granitboden des Tales eingeschnitten habe, ferner dass sich der unterhalb einer Talstufe gelegene See von Panticosa (Laguna de Panticosa) in einem glazial bearbeiteten Felsbecken befinde. Ein zwei-

tes „weites Becken“ öffne sich sodann unterhalb einer Talverengung bei Biesca (Viesca), einer zentralen Depression genau gleichend, aber von einer öden Schotterfläche erfüllt, welche der Gallego fortwährend aufschütte (O. cit. p. 201); auch dieses Becken sei von typischen Moränen umsäumt, und zwar von Ufermoränen. Die in den beiden genannten Tälern nachgewiesenen Gletscher gehören, bei einer Länge des Gallego-Gletschers von 41 km und 37 km der des Ara-Gletschers, zu den grössten diluvialen Talgletschern der Pyrenäen; ihre Enden lagen jedoch um nahezu 400 m höher als die der Gletscher der Nordabdachung. Da der Gallego-Gletscher seinen Ursprung zum grössten Teil im Granitmassiv des Pic de la Grande Fache nahm, darf uns nicht wundern, dort eine grosse Anzahl von Kar- und Stufentalseen anzutreffen, im ganzen 52, darunter der 51 m tiefe Ibon de Bramatuero in 2526 m Höhe.

Ein weiterer See, der Ibon Pantano, liegt ausserhalb des alten Gletschergebietes in einer Zone gefalteter Eocänschichten.

c) Auffällig ist im Tal des R. Ara die Tatsache, dass sich unmittelbar unterhalb Fiscal ein 11 km langes und bis 2,5 km breites Talbecken ausdehnt, das durch die gewaltige, 700 m tiefe Schlucht von Janovas, die ein aus Nummulitenschichten gebildetes Gewölbe durchquert, abgeschlossen wird, während das Tal oberhalb der Endmoränen von Fiscal sehr viel enger erscheint. Hat vielleicht der Gletscher einmal doch bis Janovas gereicht, oder ist die Talweitung dadurch entstanden, dass hier der Fluss im Streichen der Flyschgesteine rascher lateral erodieren konnte als ober- und unterhalb?

Ein anderes Beispiel eines weiten Talbeckens bietet uns das Tal der Esera in der Gegend von Castejon de Sos und Villanova; es besitzt eine Länge von 6 km und ist durch den Umstand gekennzeichnet, dass sowohl oberhalb wie unterhalb des Beckens der Fluss sehr ausgeprägte Talengen durchmisst; beachtenswert ist ferner die Tatsache, dass sich nach OBERMAIER und L. GARCIA-SAINZ am unteren Ende des Beckens bei El Run die äussersten Endmoränen des Esera-Gletschers vorfinden, während jüngere Moränen weiter oberhalb bei Sahun und Benasque beobachtet worden sind (Lit. 43). Demnach scheint es sich beim Becken von Castejon um ein Zungenbecken des Esera-Gletschers zu handeln. Allein die Anlage dieses Beckens dürfte im wesent-

lichen auf die petrographischen Verhältnisse zurückzuführen sein. Hier durchquert nämlich die Esera eine Zone von triasischen Schichten, die vorherrschend aus roten, zum Teil Gips führenden Sandsteinen und Mergeln bestehen, während dort, wo der Fluss sich in härtere alte Schiefer und in kretazische Kalke eingeschnitten hat, das Tal stark verengt ist.

Wir haben demnach hier wieder eines jener Beispiele von Talbecken, wie wir sie schon auf der Nordabdachung der Pyrenäen kennen gelernt haben, in denen eine petrographisch bedingte Talweitung von einer Gletscherzunge noch mehr oder weniger erweitert worden ist.

Der 35 km lange Esera-Gletscher ging aus zahlreichen Hochtälern und Treppenkaren des Perdighero-Massivs, der Maladetta und des Massivs des Pic des Posets hervor, in denen sich eine grosse Zahl von Gebirgsseen befindet; der grösste von ihnen ist der 1700 m lange Ibon de Gregueña; aber keiner von den 45 Seen ist auf seine Tiefe vermessen worden, und über die morphologische und geologische Beschaffenheit ihrer näheren Umgebung kennt man nur sehr wenig. GARCIA-SAINZ erwähnt, dass an mehreren Orten das Haupttal U-Form aufweise; aber über die Talübertiefung und die Erscheinung von Hängetälern sagt er nichts.

e) Etwas besser sind wir heute unterrichtet über die Vergletscherung der Täler der beiden Nogueras. Das Tal der Noguera Ribagorzana ist vor kurzem von OBERMAIER und J. FROEDIN besucht worden; nach diesen Autoren reichte der Gletscher der Noguera Ribagorzana bis nach Villaller und der des Tales von Bohi bzw. der Noguera de Tor bis Llesp (Lit. 75, 41).

Obwohl nun der im Haupttal gelegene Gletscher den beiden über 3000 m hohen Gebirgsgruppen der Maladetta und der Sierra Montarto entstammte, erreichte er nur eine Gesamtlänge von 22 km; nur sehr wenig länger war der Gletscher im Tal von Bohi, der sich übrigens aus zwei Talgletschern mit hochgelegenen Einzugsgebieten zusammensetzte, dem an Seen besonders reichen Hochtal von Bohi und dem aus dem Val de S. Nicolou.

Im Tal der Noguera Ribagorzana stellte J. FROEDIN zwischen Senet und Cierco ein gut ausgebildetes Talbecken fest, das von hohen Ufermoränen begleitet und durch Felsriegel abgeschlossen ist.

Ebenso weist auch das Tal von Tor, nach der Karte von FR. SCHRADER, unterhalb der Stufe von Erilavall und Bohi eine

6 km lange Talweitung auf, in deren Mitte sich die Ortschaft Barruera befindet.

Die Zahl der im Einzugsgebiet des Bohi-Gletschers vorkommenden Tal- und Karseen beträgt 53; dazu kommen die in einem gut entwickelten Treppenkar gelegenen 2 Seen am Pic del Peso, dessen Gletscher möglicherweise östlich Bohi den Hauptgletscher noch erreichte.

f) Die Vergletscherung im Gebiet der Noguera Pallaresa.

Gut ausgeprägt sind ferner die glazialen Ablagerungs- und Erosionsformen in den oberen Talgebieten der Noguera Pallaresa. Dieses Gebiet gliedert sich in fünf grössere, ehemals vergletscherte Talandschaften, a) in die des Hauptflusses, dessen Quelle sich im Massiv des Pic Marimaña (Roca Blanca) befindet, b) in die des Riu Flamisell, c) in die von Espot, d) in die der Noguera de Cardos und e) in die der Noguera de Val Farrera.

Die sämtlichen Täler sind vom Verfasser seit 1926 mehrmals besucht worden, so dass er in der Lage ist, über ihre morphologischen Züge und die diluvialen Ablagerungen auf eigenen Beobachtungen beruhende Angaben zu machen.

Der Pallaresa-Gletscher. Wie heute die Noguera Pallaresa in ihrem Ursprungsgebiet einen grossen Bogen um das Massiv des Pic de Marimaña (oder Roca Blanca) beschreibt, wo sie entspringt, so bildete auch der eiszeitliche Pallaresa-Gletscher hier einen mächtigen Bogen, wobei er zahlreiche Seitengletscher von beiden Flanken her aufnahm, bevor er sich bei Esterri de Aneu mit einem im Tal des Rio de la Bonaigue gelegenen grösseren Seitengletscher vereinigte, der vom Nordabhang der Sierra Montarto aus zwei grossen Karen hervorging. Hier befinden sich in granitischem Untergrund mehrere kleinere und grössere Karseen, wie der Lac Gerbel, Estañ Redoun, Estañ de los Cabanas; gleich ist die Lage der verschiedenen Gebirgsseen des Roca-Blanca-Granitmassivs. Es führte daher der Pallaresa-Gletscher massenhaft granitisches Material mit, und unterhalb Esterri de Aneu, wo das Tal eine breite Schieferzone durchquert, werden Granitblöcke die Leitgesteine des Talgletschers. Solche Findlinge lassen sich nun talabwärts bis in die Nähe von Llavorci auf beiden Talseiten verfolgen, wo nicht die grosse Steilheit der Hänge

ihre Ablagerung unmöglich gemacht hat. Eine als Moräne zu deutende mächtige Schuttbildung bekleidet den südlichen Talhang 1,5 km oberhalb Llavorci bis auf 80 m Höhe, und sie besteht grösstenteils aus erratischem Schutt, unter dem sich zahlreiche grosse kantige Granitblöcke befinden; der Pallaresa-Gletscher endete demgemäss in nächster Nähe des Punktes, wo heute Llavorci steht, in etwa 820 m Meereshöhe, und besass bis hierher die ansehnliche Länge von 51 bis 52 km; zeitweise mochte er noch etwas über Llavorci hinausgereicht haben, worauf eigenartige Deltabildungen bei Tirvia schliessen lassen.

Dieser grösste aller Südpirenäengletscher, der zwar nicht den höchsten Gebirgsgruppen entstammt, besass ohne Zweifel auch eine bedeutende Mächtigkeit; nach Moränen bei Son zu schliessen, muss sie bei Esterri-de Aneu mindestens 450 m betragen haben, und mit dieser ansehnlichen Grösse des Gletschers dürfte auch die Erscheinung der Uebertiefung und Ausweitung des Haupttales zusammenhängen, die wir bei Esterri feststellen können: Hier vereinigten sich mit dem Hauptgletscher zwei grössere Seitengletscher, der Bonaigue-Gletscher und der Unarre-Gletscher; bei der Vereinigung dieser drei Gletscher erscheint das Tal unvermittelt sehr geweitet und gleichzeitig bedeutend übertieft. Nirgends deutlicher als hier sieht man, dass ein zugeschüttetes Talbecken vorliegt, dessen flacher, bei Esterri 1300 m breiter Boden mit schwachem Gefälle sich talwärts allmählich verengert und nach 10 km Längserstreckung unterhalb Escaló durch einen typischen Felsriegel abgeschlossen wird. Mehrere Seitentäler, so z. B. das Tal von Espot und das ihm gegenüberliegende, münden mit Stufen von 120—150 m im Haupttal ein. Noch höher (200—400 m) sind die Mündungsstufen der Hängetäler von Escart, Jou, Son und Llaborre. Unterhalb Llavorci setzt im Haupttal das weithin auftretende enge V-Profil ein. Wir haben in dieser Gegenüberstellung der verschiedenen Querschnitte ein und desselben Tales den deutlichen Hinweis darauf, dass der grosse Talgletscher ein ursprünglich enges, V-förmiges Tal beckenartig ausgeweitet und vertieft hat, worauf in der Postglazialzeit die Gewässer die Zuschüttung dieses Beckens besorgten, während ausserhalb des Gletschers das Tal den fluviatilen Charakter beibehalten hat.

In dem oben genannten Seitental von Espot befand sich ein selbständiger Talgletscher von 13 km Länge, der unterhalb des gleichnamigen

Dorfes eine grossartige Endmoräne abgelagert hat; sie ist namentlich auf der südlichen Talseite orographisch gut entwickelt und trägt hier einen zusammenhängenden Föhrenwald. Bei Espot schloss sich ihm ein kleiner Gletscher aus dem Hochtal von Fongueras an. Die Moräne des Espot-Gletschers lässt sich bis 1150 m Meereshöhe verfolgen; hier tritt Ufermoräne des Pallaresa-Gletschers auf, die in 1120 m gut entwickelte Deltaschichten überlagert. Diese rühren von einem lokalen Stausee her, der durch den Hauptgletscher in dem von ihm versperrten seitlichen Hochtal entstanden war.

Das prächtige Trogtal von Espot weist im oberen Teil mehrere Stufen auf; auf einer solchen liegt in 1895 m, oberhalb einer abgeschliffenen Felsschwelle der bemerkenswerte Estañ de S. Mauricio; ferner münden mit hohen Stufen kleinere sekundäre trogförmige Seitentäler und Kare mit kleinen Seen ins Tal von Espot ein. Ebenso ist das genannte Seitental von Fongueras mit schönen Gebirgsseen ausgestattet.

Im Tal des Riu de Flamisell lag in der Eiszeit ein Gletscher von 18,5 km Länge. Seine vornehmlich aus Granitmaterial bestehende, in der breiten Zone primärer Schiefer und Kalke abgelagerte äusserste Endmoräne befindet sich bei dem Molino genannten Kraftwerk der E. El. Barcelona, 1,5 km unterhalb des Dorfes Torre de Capdella. Von hier aufwärts weist das Tal ein gutes Trogprofil auf, und die meist kleinen Seitentäler sind durchwegs Hängetäler. In 1180 m Meereshöhe, bei dem Kraftwerk Capdella, vereinigen sich drei Täler des Einzugsgebietes in ausgeprägten Stufen, in die sich die Talgewässer schluchtartig eingeschnitten haben. Bis zum Dorf Capdella reicht eine gut entwickelte Endmoräne einer Rückzugsphase des Riquerna-Gletschers. Das Haupttal setzt sich oberhalb Capdella als schmäleres Trogtal fort, um sodann in 1600 m mit grossartigem, 400 m hohem Talschluss zu enden. Oberhalb dieser Hauptstufe, die zugleich die Gesteinsgrenze zwischen Schiefer- und Granitzone bildet, befinden sich breite, an Seen reiche Mulden- und Treppenkare. Von den insgesamt 37 Seen sind gegen 1 Dutzend der grösseren und tieferen zur Gewinnung von Kraft bzw. Elektrizität technisch herangezogen und daher nach Lage, Tiefe und Art der Becken genau untersucht worden. Dabei hat es sich gezeigt, dass diese Seen vollständig in echten Felsbecken aus unverwittertem Granit liegen. Von diesen Tatsachen konnte ich mich sowohl im Jahre 1929 wie auch 1932 überzeugen, als ich auf Einladung unseres Landsmannes, des Herrn Ingenieur ALBERT KELLER, jene Ge-

gend besuchte, und bei welcher Gelegenheit ich in den Besitz der Karte der „Lagos de Capdella“ gelangte (siehe Kartenmaterial).

Es handelt sich bei diesen Lagos um Gebirgsseen von teilweise beträchtlicher Tiefe, die in den muldenartig geweiteten und treppenförmig ansteigenden Karen auf der Südseite der Sierra de los Encantados liegen; die grösseren Seen sind vornehmlich in drei Gruppen angeordnet, die drei durch Seitenkämme von einander getrennten Hochtälern entsprechen. So finden wir im östlichen Kargebiet als erste Gruppe von unten nach oben aufeinanderfolgend: den Lago Etangento in 2030 m Höhe, den Lago Colomina in 2307 m (Tiefe 63 m), den Lago Mar (Tiefe 72 m) und den Lago Frescau in 2030 m, sodann den Lago Saburo in 2422 m (Tiefe 80 m). Vergleiche Fig. 4 und 15!

Im mittleren Hochtal nimmt der 2,4 km lange, aber nur 28 m tiefe Lago Tort ungefähr die Mitte ein; er ist auf den Seiten und talaufwärts noch von 5—7 weiteren kleineren, aber z. Teil tieferen Seen begleitet (Lago Cubeso 35 m, Lago Fossé 32 m).

Eine dritte Gruppe von ebenfalls zu technischen Zwecken herangezogenen Gebirgsseen befindet sich im Einzugsgebiet des R. de Riquerna (Lago Tapat, Lago Morera, Lago Salado u. a.) in einer treppenartigen Aufeinanderfolge in 2047—2360 m.

Von besonderem Interesse war nun, dass zur Gewinnung von Wasserkraft die tieferen und höher gelegenen Seen durch Tunnel angebohrt und der Reihe nach zum Lago Estangento hin entleert wurden. So war zur Zeit meines ersten Besuches der 63 m tiefe Lago Colomina gänzlich, die 72 bzw. 80 m tiefen Lagos Saburo und Mar zur Hälfte entleert. Dabei zeigten sich auf der unteren Seite des Beckens die allerschönsten Gletscherschliffe, die vom Grunde des Sees bis auf den Scheitel des Riegels hinaufsteigen; in grossen Flächen, auf denen vereinzelte erratische Blöcke lagen, ist der gesunde Granitfels geradezu spiegelglatt geschliffen und mit sehr gut erhaltenen Schrammen, entsprechend der Stossrichtung, versehen (vergl. die Bilder 8—10, Tafel IV und V).

Es dürfte das erstemal sein, dass man in den Pyrenäen die Beschaffenheit in Fels ausgeschliffener Becken derart vom Seegrund bis auf den Riegel hinauf hat beobachten können, aus welcher Beobachtung sich nun der zwingende Schluss ergibt, dass diese Becken vollständig vom Eise relativ kleiner Gletscher der Eiszeit ausgeschliffen worden sein müssen. Dabei ist auch hier

bemerkenswert, dass die meisten Seen von Capdella am Fusse von Felsstufen bewirken offenbar eine Zunahme der Bewegung der glazialen Erosion zu denken, entsprechend der Unstetigkeit der Bewegung und der Eisauflastung am Grunde der Gletscher: Die Felsstufen bewirken offenbar eine Zunahme der Bewegung des Eises und infolge der Vermehrung des Gewichtes eine starke Ausschleifung des Bodens je am Fusse einer Stufe. Auffällig ist ferner die geringe Menge an Gletscherschutt auf dem Grunde der Seen. Im Lago Colomina fand ich nur etwa 2 m mächtige Ablagerungen von Sand, Schlamm, erratischen Blöcken und einige Stämme von Föhren.

Beim Lago Tort haben wir eine zentrale Abflussmulde der sich von oben und von beiden Seiten sich vereinigenden Gletscher, also ein Seebecken offenbar entstanden durch Konfluenz von Gletschern oder Firnmassen.

Aehnliche Beispiele haben wir ja bereits auf der Nordseite der Pyrenäen kennen gelernt; wir werden noch von einigen andern Seebecken hören, die im Bereiche der Gletscher der Südabdachung des Gebirges liegen.

Noch sei hier bemerkt, dass von den 42 Gebirgsseen, die vom Riu Flamisell entwässert werden, 41 sich im Gebiet früherer Gletscher befinden; nur einer hat eine ihn davon ausschliessende Lage, der See von Moncortes, der auf Juraschichten eingebettet ist.

Wir gelangen nun in die Täler der *Noguera de Cardos* und *de Farrera*.

In diesen beiden Flussgebieten vermochte der Verfasser alte Gletscherablagerungen und glazial bearbeitete Talformen festzustellen. Allerdings sind in beiden Tälern die Endmoränen viel weniger gut ausgebildet, als dies etwa in Gletschergebieten der Carlitte-Gruppe der Fall ist; es liegt dies sowohl an den orographischen wie an den petrographischen Verhältnissen, die in beiden Gebieten recht verschieden sind. In der Pic Carlitte-Gruppe besteht das Gesteinsmaterial fast ausschliesslich aus Granit, der zu einem guten Teil in mächtigen Blöcken verfrachtet und abgelagert worden ist, und zwar konnten die Moränen auf breiten, wenig geneigten Flächen des Capcir und der Cerdagne aufgeworfen werden. Im Talgebiet der Noguera jedoch besteht nur der hinterste Abschnitt, der Hauptkamm, aus granitischen Gesteinen;

zum weitaus grössten Teil durchqueren die Täler eine ausgesprochene, petrographisch sehr monotone Schieferzone, die massenhaft leicht zerkleinerbares Material geliefert hat; zudem sind hier die Täler, abgesehen von trogartigen Talweitungen, ähnlich wie im Talgebiet des Valira d'Andorra, schmal und steilwandig, so dass sich nicht überall die Moränenablagerungen erhalten haben. Solche treten uns nur etwa in Talweitungen (wie bei Tabescan) oder auf hochgelegenen Talterrassen entgegen. Durch Granitblöcke gekennzeichnete Moräne bildet westlich Lladorre eine breite Terrasse in ungefähr 300 m Höhe über dem Fluss. In gleicher Höhe bestehen am felsigen Ostabhang an mehreren Stellen deutliche Schliffkehlen. Unterhalb Lladorre zeigt das südlich verlaufende Haupttal einen auffallenden Wechsel zwischen rundlichen Becken oder Weitungen mit felsigen, zu Rundbuckeln abgeschliffenen Riegeln, durch die sich der Fluss stets in Schluchten eingeschliffen hat. Denkt man sich diese jugendlichen Einschnitte geschlossen, so ergeben sich mehrere bis 100 m tiefe Seebecken. Ihr Verschwinden ist also in erster Linie dem Einschneiden des Flusses in die aus Schieferfelsen bestehenden Riegel zuzuschreiben. In jedem Talbecken befinden sich ein oder mehrere Dörfer, deren Bewohner hauptsächlich vom Ertrag der sorgfältig angebauten Talflächen leben. Ein ähnliches beckenartiges Trogtalstück birgt auch die grosse Ortschaft Ribera de Cardos, unweit vom Ausgang des mit tiefer Schlucht einmündenden Seitentales von Estaon. Moräne des Cardos-Gletschers ist westlich oberhalb Ribera, unweit des Dorfes Surri, noch 150—160 m über der Talsohle anzutreffen.

Das Ende des gegen 28 km langen Talgletschers von Cardos lag etwa 4 km unterhalb Ribera, wo eine mächtige Schotterterrasse im Tal aufgebaut ist und sich von hier an talabwärts noch mehrere km weit, bis unterhalb Llavorsi, verfolgen lässt. Rückzugsmoränen konnten bei Tabescan und oberhalb Idal beobachtet werden, wo das Tal mit gut ausgebildeter Trogform unterhalb einer hohen Stufe einsetzt. An den über 2200 m hohen Kämmen finden sich überall typische Treppenkare, die meist eine Serie von Seebecken über Felsstufen aufweisen. Mehrere Seitentäler münden mit auffallend hohen Stufen ins Haupttal ein (vergleiche hiezu die Karte Fig. 17 und die Profile Fig. 16).

Die bei Tabescan auf 560 m festgestellte Uebertiefung des Haupttales ist wohl zum grösseren Teil der durch Hebung be-

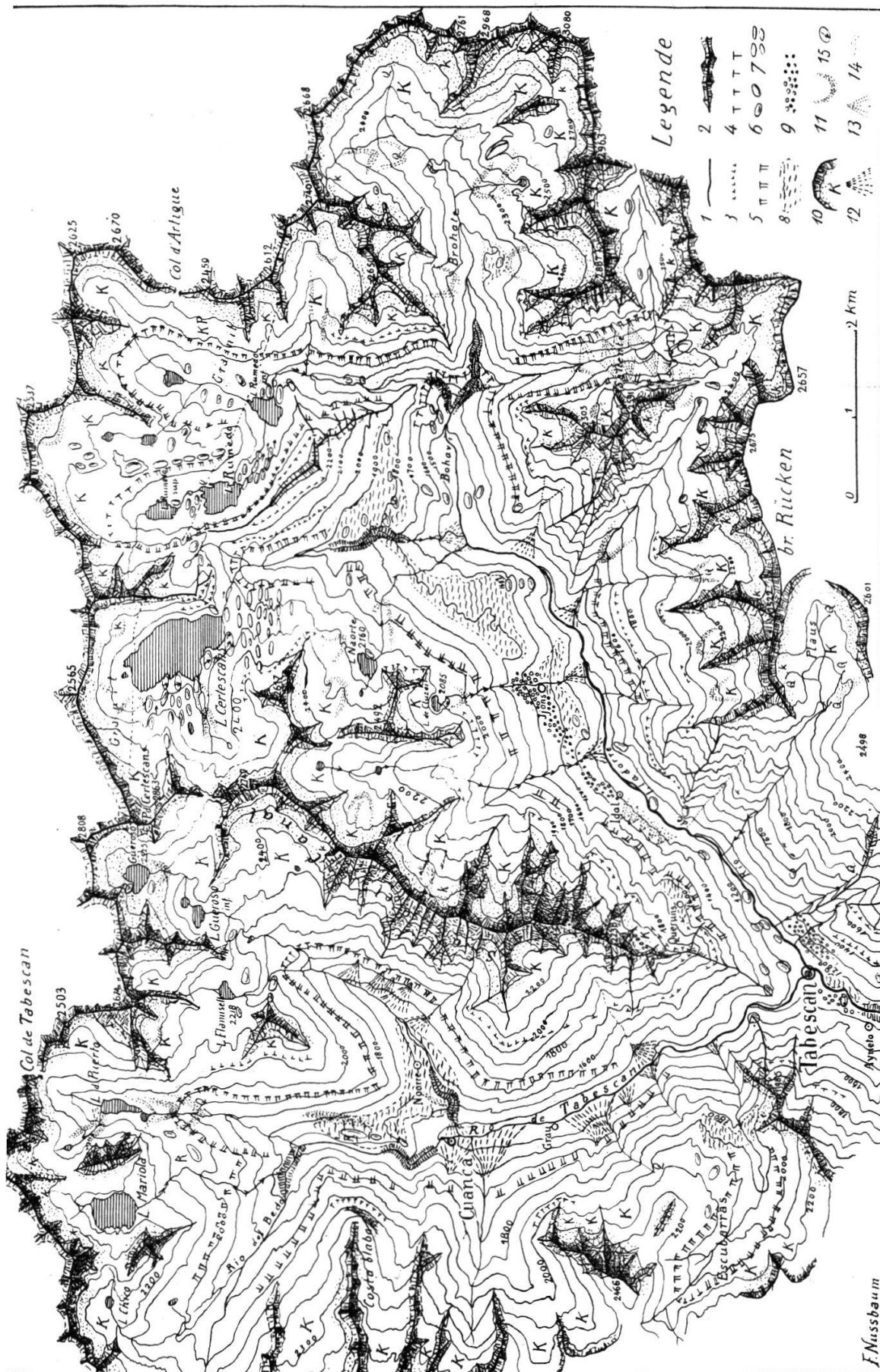


Fig. 17. Morphologische Karte des Gebietes von Tabescan.

1 = Bergrücken, 2 = Grat, 3 = Schliffkehle, 4 = Trogschulter, 5 = Trogschluss, 6 = Rundbuckel, 7 = Felsrippen, 8 = Fels-
terrasse, 9 = Moräne des Hauptgletschers, 10 = Kar, 11 = Moräne der Lokalgletscher, 12 = Bachschuttkegel,

13 und 14 = Schutthalde, 15 = Gletscherschliff

wirkten fluviatilen, zum kleineren der glazialen Erosion zuzuschreiben.

Unter den Karseen dieses Gebietes ist der 96 m tiefe Lac de Certescans, der in 2240 m Meereshöhe liegt, besonders bemerkenswert. Er füllt ein in Granit und harte Quarzitschiefer ausgeschliffenes Felsbecken aus, das sich 400 bis 600 m unter dem Hauptkamm befindet. Oestlich von ihm ist ein schönes Treppenkar entwickelt, auf dessen Stufen vier ebenfalls, wie der Verfasser aus eigener Beobachtung festgestellt hat, in Felsbecken liegende Seen vorkommen; es sind die verschiedenen Lacs Rumedo, deren Lage und Benennungen am besten auf der Karte von Tabescan wiedergegeben sind (vergl. Abschnitt Kartenmaterial, sowie die Fig. 16 und 17 und die Tafeln VI und VII).

Ganz ähnliche morphologische Züge weist das Vall de Far-rera auf, in dem ein Gletscher von 22 km Länge lag. Mächtige Schuttbildungen, die wir dem erratischen Material zufolge als Moränen deuteten, geben auf dem linken Ufer sein Ende unterhalb Alins, bei Arahos, an; 8 km weiter talaufwärts findet sich bei Areo eine sehr beträchtliche Moränenablagerung am westlichen Talhang, aus deren Höhenlage auf eine Gletschermächtigkeit von 400 m geschlossen werden kann. Ebenso hoch liegen an mehreren Vorsprüngen deutlich eingekerbte Schliffkehlen. Bei Areo ist das Tal prächtig trogförmig geweitet, und mehrere Wildbäche haben hier breite Schuttkegel abgelagert.

Oberhalb Areo münden einige Hängetäler mit auffallend hohen Stufen ins Haupttal ein; in gut entwickelten Karen liegen kleine Seen; bei zwei von diesen stellte der Verfasser, vom Port Bouet herkommend, die felsige Beschaffenheit der Schwelle fest. Bemerkenswert ist die schöne Ausbildung der Treppenkarre auf der Südseite des Pic d'Estats, wo der Gletscher seinen Anfang nahm. Die genauere topographische Lage der hier vorkommenden Seen ist zwar bisher noch auf keiner Karte angegeben worden; dagegen bestehen über ihre Meereshöhe nähere Angaben, die von E. PRUDENT berechnet worden sind (Lit. 85); hier sind die Lacs de Sullo gemeint.

g) Der Talgletscher des Valira de Andorra erfüllte fast auf der ganzen Länge das Haupttal von Andorra und erhielt bei der grossen Meereshöhe des Gesamtgebietes aus mehreren Seitentälern namhafte Zuflüsse, namentlich aus dem Vall Civera und dem Tal von Ordino.

Der Hauptgletscher ging aus dem gewaltigen Muldenkar, genannt Cirque des Pessons, hervor, dessen höckeriger Boden in 2300

bis 2380 m liegt und über ein Dutzend kleiner Seen aufweist. Es öffnet sich gegen N und ist fast im Dreiviertelkreis von 400 bis 500 m hohen Schutthalden und Felswänden umgeben, deren höchster Punkt der Pic des Pessons (2865 m) ist; an der Nordwest- und Südseite dieses Gipfels sind ebenfalls typische Kare mit Felsbuckeln und Seebecken eingegraben; sie nährten in der Eiszeit Gletscher, die auch dem Valira-Gletscher zuflossen. Dieser erhielt ferner von der Nordseite mehrere Zuflüsse; sie kamen von der westöstlich gerichteten, durch Kare gegliederten Hauptkette, die hier im 2910 m hohen Pic de Serrère ihren höchsten Gipfel besitzt.

Das Haupttal weist an mehreren Stellen Stufen mit Talengen, an anderen trogförmige Weitungen auf; es lassen sich auf diese Weise fünf verschiedene Abstufungen im Tal unterscheiden. In den drei unteren Weitungen liegen die grösseren Ortschaften wie Andorra, Encamp und Canillo. 4 km oberhalb Andorra, in der Talenge zwischen Escaldas und Encamp, besass der Gletscher, nach den schön ausgebildeten Ufermoränen am See von Angolasters zu schliessen, in der letzten Eiszeit eine Mächtigkeit von etwa 470 m; unter der obersten in 1675 m Meereshöhe liegenden Moräne finden sich noch zwei Rückzugsmoränen in 1640 und 1500 m. Diese Ufermoränenzone lässt sich noch westlich von Escaldas am südlichen Talgehänge verfolgen, so bei Q. 1421 der Karte von CHEVALIER. Das Ende des Gletschers lag, wie schon A. PENCK angenommen hat, zwischen Andorra und Santa Julia, in der Nähe von Santa Coloma. Tatsächlich konnte der Verfasser unmittelbar oberhalb der Brücke von Marginada auf dem östlichen Ufer die bis zum Flussbett hinabreichende, an Granitblöcken reiche Endmoräne des Valira-Gletschers in 960 m feststellen; ebenso haben wir auf der rechten Talseite in den Schutthügeln bei B. de Sales und B. de Roig Teile von Moränen zu sehen; sie schwenken hier schon in das sehr deutlich trogförmig gestaltete und beckenförmig ausgeweitete Tal vor, das auf der Strecke zwischen Escaldas und Santa Coloma durchaus den Charakter eines etwa 4 km langen, heute zugeschütteten Zungenbeckens besitzt; hier lag, nach Schottern bei Santa Coloma zu schliessen, tatsächlich ein See, der offenbar infolge Einschneidens des Flusses in die Endmoräne verlandete. (Vergleiche die Profile Fig. 13, S. 72).

Der Valira-Gletscher besass bis zu der Endmoräne von Mar-

ginada eine Gesamtlänge von 28 km. Offenbar war dies seine Ausdehnung in der letzten Eiszeit, während er in einer früheren Epoche des Eiszeitalters eine bedeutend grössere Entwicklung gehabt haben dürfte. Es ist nämlich 1932 dem Verfasser gelungen, das Vorkommen einer typischen fluvioglazialen Schotterterrasse festzustellen, die unvermittelt beim Kilometerstein 5,8, in einer Entfernung von etwa 10 km von der Moräne von Marginada, mit einer Mächtigkeit von zirka 20 m einsetzt und sich nun den ganzen Unterlauf des Valira entlang bis zur Einmündung in den Segre über Anservall und Seo de Urgel verfolgen lässt. Aber auch am Segre setzt sich die gleiche, reichlich grobes, granitisches Material führende 20 m-Terrasse über Arfa, Pla de S. Tirs, San Pedro und Hostalets fort; sie setzt nicht einmal in der durch die Jura-Kreidekalkzone eingeschnittene Schlucht des Segre völlig aus, sondern erscheint auch hier an vereinzelter Stellen unter jüngerem Gehängeschutt und findet sich noch in guter Entwicklung bei Orgaña. Hier, sowie in der genannten Schlucht, ist bemerkenswert, dass sich der Fluss schon um 12 bis 15 m in den Felssockel des Schotters eingeschnitten hat, woraus hervorzugehen scheint, dass seit dessen Ablagerung eine Hebung des Gebietes erfolgt ist, die den Fluss zu neuem Einschneiden zwang, und dass die Bildung des Schotters diesem erneuten Eintiefen des Tales vorausgegangen ist. Aus diesen Gründen und zufolge seines Auftretens halten wir ihn für eine fluvioglaziale Bildung der Risseiszeit.

h) Auch im oberen Teile des Einzugsgebietes des Segre können Erscheinungen festgestellt werden, die auf Wiederholung der Vereisung schliessen lassen. Dies gilt insbesondere von den Ablagerungen in der Umgebung von Puigcerda am Ausgang des Tales von Carol, dessen Hauptfluss der R. de Font-Vive oder R. Carol genannt wird.

Das trogförmige Tal von Carol hat wegen seiner zahlreichen gletscherüberschliffenen Vorsprünge und Rundbuckel und wegen der mächtigen, hauptsächlich aus Granitblöcken, aufgebauten Moränen schon lange die Aufmerksamkeit der Landesgeologen erregt, und so ist man über die Ausdehnung dieses etwa 29 km langen Talgletschers im allgemeinen gut unterrichtet.

Sein wichtigstes Einzugsgebiet lag auf der Westseite des Pic de Carlitte und wurde durch den riesigen Gebirgskessel gebildet,

in dessen Mitte der 2,5 km lange und 54 m tiefe Lac de Lanoux in 2150 m Meereshöhe liegt. Ein ansehnlicher Zufluss kam von Westen her aus dem Tal von Campcardos, und ein zweiter, aber kleinerer stieg auf der Nordseite des 2800 m hohen Pic de Font-Nègre herunter und wandte sich auf dem Col de Puymorens erst ost- dann südostwärts (gegen Porte). Die ehemalige, über 3 km breite Gletscherzunge wird heute noch durch entsprechende mächtige Moränenwälle markiert, die 5–6 km weit aus dem Gebirge heraus in die Ebene der Cerdagne heraustreten, zwischen sich das von Schotter bedeckte Tal mit der Font-Vive freilassend.

Das bis in unmittelbare Nähe von Puigcerda des Carol-Gletschers sich ausdehnende Moränengebiet ist durch ältere und jüngere Ablagerungen gekennzeichnet und bietet sichere Anhaltspunkte zur Unterscheidung zweier Eiszeiten (Vergl. Fig. 18).

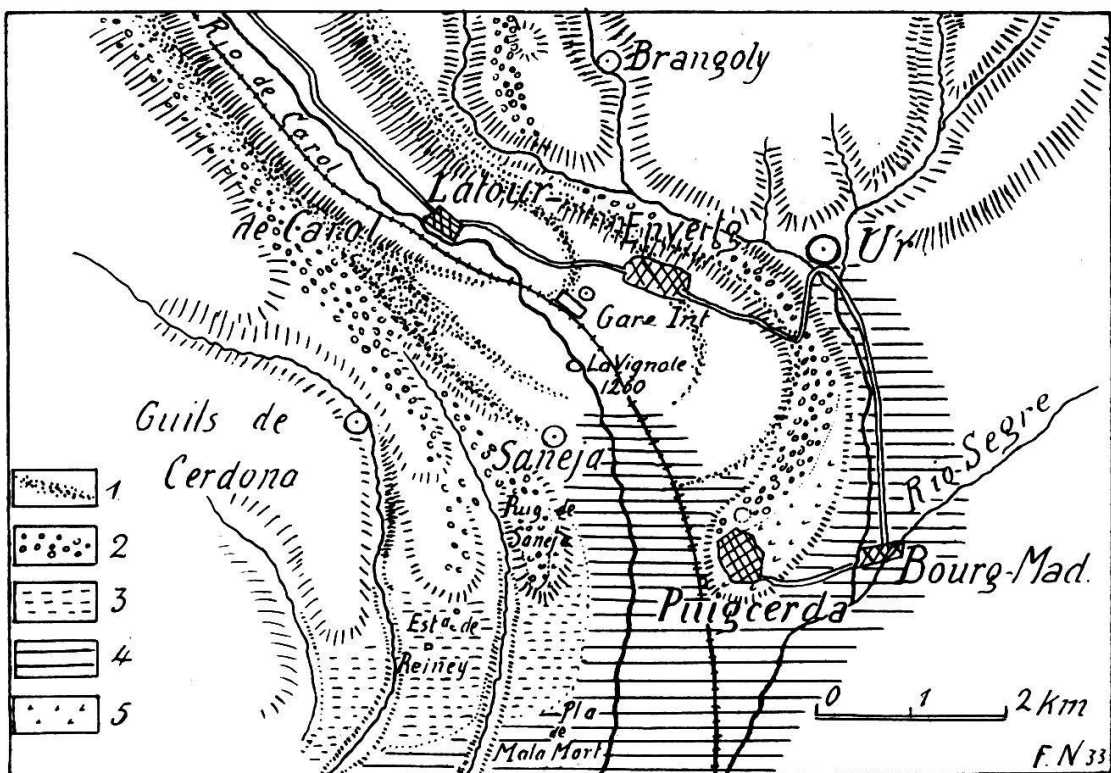


Fig. 18. Kärtchen der Eiszeitbildungen bei Puigcerda.

- 1 = Moräne der letzten Eiszeit. 2 = ältere Moräne. 3 = Hochterrasse.
4 = Niederterrasse. 5 = Seeablagerung.

Ausser den glazialen und fluvioglazialen Ablagerungen kommen hier noch mächtige lakustre Bildungen der jüngsten Tertiärzeit vor, die im weiten, offenbar tektonisch bedingten Becken der

Cerdagne eine grössere Verbreitung besitzen; sie treten uns als Reste eines gehobenen, durch fluviatile Zertalung gegliederten Seebodens in Form von Terrassen und Hügeln entgegen. Auf einem solchen aus Ton-, Sand- und Geröllschichten aufgebauten Hügel steht in 1200 m Meereshöhe auch die sehenswerte, kleine spanische Grenzstadt Puigcerda; aber unmittelbar oberhalb der Stadt, beim viereckigen See des öffentlichen Parkes, ist echter fluvioglazialer Schotter bzw. verschwemmte Moräne aufgeschlossen. Moräne liegt ferner 2,5 km weiter nördlich über typischen Deltaschichten des Tertiärsees. Westlich des breiten Sohlentales der Font-Vive erhebt sich ein 200 m hoher Hügel, der Puig de Saneja, der zum grösseren Teil aus gleichen Sand- und Schotterbänken des tertiären Sees besteht; sie werden von Moräne, gekennzeichnet durch mächtige Granitblöcke des Carol-Gletschers, überlagert. Ebenso liegt erratisches Material westlich des Saneja-Hügels bis zum Weg, der von der Estanc. del Reiney nordwärts gegen Guils de Cerdona führt. Dieses Material und die Blöcke des Saneja-Hügels verraten die Ausdehnung des Carol-Gletschers zur Risseiszeit. Estancia del Reiney selber liegt auf breiter, 50 m hoher Schotterterrasse, die sich 1 km weiter ost- und südwärts ausdehnt; sie erscheint bei Los Plateios, La Corona und dem Pla de Mala Mort als ausgesprochene Hochterrasse, die mit deutlichem und hohem Steilrand zu der weniger hohen Niederterrasse abfällt. Die Niederterrasse teilt sich in 2 Felder, in ein höheres und ein tieferes; das höhere liegt westlich Puigcerda 15, das tiefere 10 m über dem Flussniveau; sie lassen sich vom Molino La Farge talaufwärts bis zum M. Gasula verfolgen, wo sie bei der Moräne von Saneja (Dorf) enden. Diese Moräne bildet den westlichen Teil der sehr deutlich ausgebildeten Endmoräne des Carol-Gletschers, die er im Maximum der Würmeiszeit abgelagert hat und deren östlicher Flügel sich an den Hügelzug von Puigcerda anschmiegt, um nordwärts, zwischen Enveitg und Ur verlaufend, immer mehr an Mächtigkeit zuzunehmen.

Innerhalb dieses äussersten Endmoränenbogens liegen zwischen Enveitg und La Tour de Carol noch zwei ebenso deutlich entwickelte Rückzugsmoränen der letzten Eiszeit; ihre dazugehörigen Ufermoränen verschmelzen zusammen mit der Moräne des Maximalstandes zu einem einzigen mächtigen Wall, dessen meist kahles, hellgraues Granitmaterial weithin sichtbar ist, da sich

der Wall auf der Westseite des Tales nordwestlich von Saneja wohl 6 km weit in gleichmässiger Steigung verfolgen lässt. W. PANZER hat kürzlich die verschiedenen glazialen Ablagerungen drei Eiszeiten zugewiesen (Lit. 78); wir können ihm hierin nicht folgen und glauben nur Ablagerungen der Riss- und der Würmeiszeit unterscheiden zu sollen, wie oben ausgeführt wurde.

Der Rio Carol, wie der R. de Font-Vive auf der Mapa militar de España, Hoja Seo de Urgel, genannt wird, entwässert ein Gebiet, in dem sich 15 Gebirgsseen befinden, die alle in dem ehemals vergletscherten Areal liegen.

Das gleiche ist der Fall bei dem östlichen Nachbar des Carol-Gletschers, dem Gletscher von Angoustrine.

Der Gletscher von Angoustrine.

Dieser Gletscher hatte sein Nährgebiet, wie eben angegeben, auf der Ostseite und den Plateaus der Carlitte-Gruppe, und ersetzte sich aus drei Zuflüssen zusammen, von denen der östlichste nichts anderes war als eine Abzweigung des Tet-Gletschers unterhalb des Marais de Bouillouse; er durchströmte ein typisch trogförmiges Tal; der mittlere Zufluss kam vom Seenplateau westlich von La Bouillouse, und der westlichste entstammte mehreren Karen südlich des Pic Carlitte. Der etwa 12 km lange Gletscher endete in 1300 m Meereshöhe und bildete die beiden mächtigen, südwärts verlaufenden Moränenwälle, die sich bei Angoustrine vereinigen. Im Maximum der Würmeiszeit dürfte die Schneegrenze für diesen wie für den Tet-Gletscher in 2100 bis 2200 m Meereshöhe gelegen haben. In dem vom Angoustrine-Gletscher und von seinen Zuflüssen bedeckten Gebiet, und zwar im höheren Teil, befinden sich 11 Seen, von denen nur 2 in Karen, die übrigen in trogförmigen, gestuften Hochtälern, auf welligen Plateaus und niedergeschliffenen Jochen liegen. Die meisten der Becken sind echte Felsbecken, deren Tiefen von 3 bis 24,5 m reichen.

Ergebnisse hinsichtlich Tal- und Seebildung.

Auf unserer raschen Wanderung durch die Gebiete der 11 grösseren Talgletscher der spanischen Pyrenäen sind wir hinsichtlich der Verbreitung von Talbecken und Gebirgsseen zu ganz gleichen Ergebnissen gelangt wie auf der Nordseite. Wir haben in den meisten Gletschertälern der Südseite trogförmige und über-

tiefe Täler, in einigen sogar ausgesprochene Talbecken, wenn auch im Zustand der Zuschüttung, vorgefunden, während die ausserhalb der Gletscherzungen sich fortsetzenden Talabschnitte durchwegs V-Form oder sogar den Charakter von Schluchten besitzen. Daraus geht hervor, dass die Gletscher auch hier nicht unwesentlich die früheren, wohl meist engen Talformen umgestaltet, d. h. geweitet und übertieft haben; in einem Fall ist die Talausweitung durch die petrographischen Verhältnisse stark begünstigt worden. Auffällig tritt uns die glaziale Formung des Querprofils in den Tälern des Riu Flamisell, der Noguera Pallaresa, der Noguera Farra und des Rio Carol entgegen.

Noch deutlicher als auf der Nordseite erscheint hier die Tatsache vom jugendlichen Einschneiden der Flüsse in eine ältere, höhere Talform; daher die häufige Erscheinung schmaler V-Täler und Schluchten, namentlich in den ausgesprochenen Quertalstrecken. Das Vorkommen der Talterrassen im Segretal spricht für junge Hebungen des Gesamtgebietes.

Dazu kommt der Umstand, dass die Gletscherenden hoch liegen, d. h. in oberen Teilen der gesamten Talgebieten, nämlich in 800—1200 m, wo die Flüsse noch ein verhältnismässig grosses Gefälle besitzen. Die Gletscher haben demnach bei ihrem Vorstossen noch stark geneigte und dazu schmale Täler angetroffen, Tatsachen, die ohne Zweifel die Beckenbildung in den Haupttälern erschwert haben.

Während demnach in den selbst von den grösseren Gletscherzungen bedeckten und in den unterhalb gelegenen Talstrecken die fluviatilen Abtragungs- und Aufschüttungsvorgänge vorherrschen, treffen wir überall in den höchsten Talgebieten, in den Ursprungsregionen der diluvialen Gletscher, noch heute glaziale Verwitterungs-, Abschleifungs- und Austiefungsformen, wie Kare, Rundbuckel, Seebecken, Stufen, Steilwände, in ausserordentlich gutem Erhaltungszustande an. Es ist dies ein Hinweis darauf, dass in diesen höheren Regionen die Vergletscherung sehr viel länger andauert haben muss als in den tieferen Talgebieten.

Wir werden ähnliche Feststellungen auch in den Gebieten lokaler Vergletscherung machen können.

3. Die Lokalvergletscherung der Nordabdachung.

Ueberblick.

Aehnlich wie bei der Betrachtung der grossen Talgletscher der Pyrenäen werden wir im folgenden nur einen Ueberblick über die Lokalvergletscherung hauptsächlich derjenigen Gebirgsgruppen geben, in denen Gebirgsseen vorkommen, um auch hier den Zusammenhang zwischen Gletschern und Seebildung festzustellen.

Es handelt sich bei der Lokalvergletscherung in erster Linie um jene Gebirgsgruppen, die sich in einiger Entfernung vom Hauptkamm erheben und die in der Eiszeit eine selbständige Vergletscherung besaßen; in dem Sinne, dass von ihnen im Maximum einer Eiszeit kleinere Gletscher ohne Berührung mit grossen Talgletschern herabgestiegen sind. Der Lokalvergletscherung dieser Gebirge kommt insofern eine allgemeine Bedeutung zu, als sie uns die Mittel in die Hand gibt, die Höhe der diluvialen Schneegrenze der verschiedenen Gebirgsmassive zu bestimmen, und da dieselbe eine Funktion klimatischer Zustände ist, so ermöglicht sie uns, wie bereits A. PENCK (O. cit. p. 209) ausgeführt hat, Schlüsse auf das Klima der Eiszeit jener Gebiete zu ziehen.

Als Gebirgsgruppen, in denen eine lokale Vergletscherung des Eiszeitalters angenommen werden darf oder von denen eine solche festgestellt worden ist, kommen auf der französischen Seite der Pyrenäen in Betracht:

a) Gebirgsgruppen der westlichen Pyrenäen.

	Höhe
1. M. du Pic Montagnon d'Jeye	2157 m
2. M. des Pènes Blanques	2684 m
3. M. du Pic de Cabaliros	2333 m
4. M. du Pic del Moulle	2027 m
5. M. du Mt. Monné	2147 m
6. M. du Pic de Bacanère	2194 m
7. M. du Tuc de l'Etang	1814 m
8. M. du Pic du Midi de Bigorre	2877 m

b) Gebirge der östlichen Pyrenäen.

1. Prats d'Albis	1720 m
2. M. du Pic des 3 Seigneurs	2199 m
3. M. du Pic St. Barthélemy	2349 m

4. M. du Camp Ras	2554 m
5. M. du Roc Madrès	2471 m
6. M. du Canigou	2783 m
7. M. du Pic d'Enfer	2870 m

a) Lokalvergletscherung der westlichen Pyrenäen.

Von den erstgenannten Gebirgsgruppen ist über eine Lokalvergletscherung unseres Wissens nichts oder nur sehr wenig bekannt, obwohl dieselbe in die Region der diluvialen Schneegrenze emporragen, die nach A. PENCK am Nordrand der Pyrenäen in 1700 m Höhe gelegen haben soll; in den genannten Berggruppen befinden sich mehrere Gebirgsseen, die sehr wahrscheinlich glazialen Ursprungs sind; hierüber wären noch neuere Untersuchungen anzustellen.

Das „Massif du Pic du Midi de Bigorre“ war zufolge seiner Höhe stark vergletschert; von ihm sind mehrere Talgletscher teils dem Glacier d'Argelès, teils selbständig talwärts gegangen, darunter der 13 km lange Glacier de l'Esponne, in dessen Bereich sich mehrere bemerkenswerte Karseen befinden, wie der Lac Bleu ou de l'Esponne und der Lac de Peyrelade. Diese Verhältnisse sind von A. PENCK näher beschrieben worden (Lit. 80).

Die folgenden Ausführungen über die Lokalvergletscherung mehrerer Gebirgsgruppen der östlichen französischen Pyrenäen beruhen grösstenteils auf Beobachtungen des Verfassers; dazu kommen für einige kleinere Gebiete Angaben der geologischen Karte (Bl. Foix und Prades).

b) Lokalvergletscherung der östlichen Pyrenäen.

Die Lokalvergletscherung der östlichen Pyrenäen lässt sich ohne Ausnahme sowohl durch entsprechende Ablagerungen, wie Moränen, Findlinge, gelegentlich auch durch Schotterbildungen, als auch durch typisch glazial gestaltete Talformen, namentlich durch Karbildungen, nachweisen. Dabei handelt es sich nicht nur um kleine Kar- und Hängegletscher der Eiszeit, sondern nicht selten waren es sogar ausgesprochene Talgletscher von 8—10 km Länge, die von einzelnen Gebirgsgruppen herab bis ins flachere Vorland vorstiessen.

1. Zwischen Ariège und Salat bildet die nur 1700 m hohe Kette von Prats d'Albis die niedrigste Erhebung mit einer Lokalvergletscherung: Bei einer Schneegrenze von 1500 m lagen hier nur kleine Gletscher zweiter Ordnung. Seen fehlen.

2. Die Vergletscherung des Pic des 3 Seigneurs.

Mit diesem Namen bezeichnen wir eine knapp 2200 m hohe Gebirgsgruppe, die sich westlich der Ariège, in der Breite von Tarascon erhebt und die westwärts nach dem Salat, ostwärts nach der Ariège, bzw. dem R. de Videssos hin entwässert wird. Der in östlicher Richtung von 2199 auf 1887 m absteigende Kamm trägt sowohl auf der Nord- wie auf der Südseite gut ausgeprägte Seenkare, und teilweise recht mächtige Moränenwälle geben die Ausdehnung mehrerer Lokalgletscher von verschiedener Grösse an.

Der Grösste lag im Tal des R. de Rabat, reichte dort bis 600 m Meereshöhe bis in die Nähe von Rabat, wobei er durch den bis hier vordringenden Ariège-Gletscher eine Stauung erfuhr; er schuf die mächtige Moränterrasse, auf der das Dorf Gourbit steht. Der würmeiszeitliche Rabat-Gletscher, der einem Kar östlich des Hauptgipfels entstammte, besass eine Länge von 9 km. Ein zweiter breiter Karkessel, der heute in 1650 m den Etang d'Artax birgt und der treppenartig zu unteren Talstufen abfällt, war das Firngebiet eines Lokalgletschers, der seine Endmoränen südlich Gourbit ablagerte und bis 1000 m Meereshöhe herabreichte. Andere kleinere Gletscher gingen in nördlicher Richtung hinab. Die eiszeitliche Schneegrenze lag in 1650 m. Am Südabhang des Pic des 3 Seigneurs befinden sich ebenfalls zwei Seekare, aus denen ein kleiner Talgletscher hervorging; dieser erfüllte das Tälchen von Suc und in der maximalen Ausdehnung wurde er vom Gletscher von Videssos gestaut. Bemerkenswert ist der Umstand, dass die mittlere absolute Höhe der Karseen dieser Gruppe von 1650 m mit der Schneegrenzhöhe übereinstimmt.

3. Die Vergletscherung des Pic de St. Barthélemy.

Diese aus Gneiss aufgebaute Gruppe erhebt sich nördlich des Längstales der Ariège, östlich von Tarascon, und gipfelt im 2343 m hohen Pic de St. Barthélemy; sie dacht sich steil gegen die Paralleltalung des Ariègetales gegen S., dagegen flacher gegen N. ab, und hier wird sie von zwei kleinen Flüssen entwässert, von der Touyre und vom Lasset. In den Tälern dieser beiden Flüsse lagen während der Eiszeit Talgletscher von 8—10 km Länge.

Die gut ausgesprochenen und blockreichen Moränen reichen im Tal der Touyre bis zur Ortschaft Montferrier (909 m), wo sich talabwärts die schöne Schotterterrasse von Villeneuve anschliesst, und im Tal des Lasset bis Montségur (953 m). Ein dritter, aber bedeutend kleinerer Talgletscher lag

im Tälchen von Cèries. Die Spuren dieser drei Gletscher sind von S. CANAL beschrieben worden (Lit. 23). Dagegen sagt dieser Autor nichts über die morphologische Gestaltung der oberen Teile der genannten Gebirgsgruppe, wo sich gut ausgesprochene Treppenkare mit deutlichen lokalen Rückzugsmoränen und Seen vorfinden. Auch am Südabhang des Hauptkammes und auf der Ostseite des Hauptgipfels liegen Kare, wovon zwei mit kleinen Seen. Die Schneegrenze ergibt sich für die beiden nördlichen Gletscher zu 1600, für die übrigen zu 1700 m. Die fünf Seen dieser Gruppe befinden sich alle in glazialen Felsbecken.

4. Die Vergletscherung des Pic de Camp Ras.

Der Pic de Camp Ras (2554 m) bildet den höchsten Gipfel des nördlichen Ausläufers der Pic Carlitte-Gruppe; er fällt nach Westen ins Tal der Ariège, nach Südosten in das des Galbflusses ab, während er gegen Norden hin von mehreren Bächen, die in glazial geformten Tälern entspringen, teils nach der Ariège, teils nach der Aude hin entwässert wird. In den stufenförmig absteigenden, mit Karen einsetzenden Tälchen lagen vier zum Teil recht ansehnliche Talgletscher und in den nördlicheren Ausläufern kleine Kargletscher. Das Gebiet besteht im wesentlichen aus Granit.

Der grösste Gletscher befand sich im Tal der Bruyante und reichte bei einer Länge von 10,5 km bis unterhalb Rouze auf 860 m hinab. Seine Zunge ist auf 5 km Ausdehnung von mächtigen, blockreichen Moränen markiert; dabei lassen sich mehrere sehr deutliche Rückzugsmoränen erkennen. Er ging aus mehreren schön ausgebildeten Seenkaren (Etangs de Rabussoles, de l'Estangnet, Etangs Bleu et Noir) hervor, die an der Ostseite des Kammes liegen, der sich vom Pic de C. Ras in nördlicher Richtung zum Col de Paillères (1972 m) fortsetzt. Von hier ging ihm ein Seitengletscher zu, dessen Tal ebenfalls durch Stufenbau und Kare in 1700 und 1800 m Höhe gekennzeichnet ist. Die Schneegrenze lag in 1600—1700 Meter. Ein kleiner Talgletscher stieg westlich des Col de Paillères im Tal der Lauze abwärts; er bildete den rechten Zufluss eines etwas grösseren Gletschers, der aus dem trögförmigen Tal von La Braseille heraus kam; dieser lagerte Moränen bei Goulours (1078 m) ab, wurde dabei durch den Ariège-Gletscher gestaut, wofür Schotter und Bändertone östlich Ascou sprechen, und hinterliess mehrere Rückzugsmoränen bei der Säge von Pujal in 1250 m und bei Bouregne in 1450 m; solche finden sich auch am Weg nach dem Col de Paillères bei den Métairies du Père, in 1500 und 1700 m. Für diesen Gletscher ergibt sich, bei einer maximalen Höhe der Felsumrahmung von 2360 m, ebenfalls eine Schneegrenze von 1600—1700 m.

Vom Nordhang des Pic de Camp Ras stieg neben dem oben beschriebenen Gletscher im Tal der Bruyante ein zweiter Gletscher talwärts, der nicht minder gut an den mächtigen Moränen, die bis zur Ortschaft Le Pla herabreichen, zu erkennen ist, wie der erste. Er lag im Tal des R. Artigue,

wo sich an mehreren Stellen Rückzugsmoränen vorfinden und stammte aus einem weiten Kar, das heute mit einem prächtigen Bergsee, dem Etang de Laurenti, geschmückt ist. Die Schneegrenze muss hier in 1700—1800 m angenommen werden. Gleiches gilt für den etwas kleineren Gletscher, der ebenfalls aus einem seegeschmückten Kar hervorging und der bis in die Nähe der Ortschaft Quérigut reichte.

5. Die Vergletscherung des Roc Madrès.

Die Roc Madrès-Gruppe bildet ein aus breiten Rücken und engen Tälern zusammengesetztes Gebirgsmassiv, das sich mit breiter Grundfläche zwischen Aude und Tet zu 2470 m Höhe erhebt. Der Hauptgipfel liegt unsymmetrisch im westlichen Teil der Gruppe, und von ihm strahlen zahlreiche längere Kämme gegen SO, O und NO aus, während kürzere Ausläufer nach dem Capcir abfallen. Fünf ansehnliche, tiefe Täler gehen vom Roc Madrès in der Richtung der grösseren Kämme aus, gegen S und SO die Täler des Cabrils, des Evols und des R. de Nohêdes, gegen O das der Cartillane und gegen NO das der Aiguette. Alle diese Täler zeigen im Unter- und Mittellauf gut ausgesprochene, schmale V-Form; im obersten Stück sind sie dagegen trogartig erweitert und steigen über grosse Stufen zu breiten Karen an; einige von diesen sind mit Gebirgsseen ausgestattet. In allen fünf Tälern finden sich Moränen und Blöcke eiszeitlicher lokaler Gletscher.

Der Grösste lag im Tal der Castillane, wo entsprechende, östlich des Col de Jau in 1200 m liegende Ablagerungen einen Gletscher von 7 km Länge andeuten. Der Zweitgrösste von 6 km Länge befand sich im Tal von Nohêdes, wo er seine äussersten Moränen und Blöcke in 950 m abgesetzt hat; weiter oberhalb finden sich an mehreren Stellen gut ausgeprägte Rückzugsmoränen, so in 1300, 1600, 1800 und 1950 m; die oberste liegt wenig östlich des schönen Karsees, des Gourg Estelat, der in 2004 m von einer gerundeten Felsschwelle abgeschlossen wird. Für die maximale Ausdehnung ergibt sich eine Schneegrenzhöhe von 1800—1900 m. Gleiches gilt auch für den Gletscher im Tal von Evol, das bei Olette ins Tettal einmündet. Dort reichte ein 5 km langer Gletscher, dessen Firn in dem Kessel des von mächtigen Blockwällen gestauten Gourg Nègre lag, bis 1350 m herunter. Für den im Tal des Cabrils gelegenen Gletscher, der sich gegen Süden bewegte und bis 1525 m Höhe reichte, muss die Schneegrenze in 1900 m angenommen werden. Moränen dieser Lokalglletscher sind bereits von O. MENGEL im Blatt Prades der Carte géol. de France angegeben worden.

6. Die Vergletscherung des Mont Canigou.

Trotz seiner bedeutenden Höhe von 2783 m erreichte die Lokalvergletscherung des Mont Canigou keine grössere Ausdehnung.

Es kam nicht, wie man früher lange Zeit glaubte, zur Bildung von ansehnlichen Gletschern, deren Zungen sich bis ins Tal der Tet hinabgestreckt hatten, sondern es blieb bei der Entwicklung von kleineren Kar- und Hängegletschern mit hochbleibenden Zungenenden.

Am Nordhang des stark zertalten Gebirgsstockes, der eigentlich nur ein Ausläufer der langen Grenzkette bildet, die sich vom Col de Tosas in östlicher Richtung über Puigmal und Pic de l'Enfer hinzieht, finden sich Moränen eines Lokalgletschers beim Forsthaus Le Balatg in 1600 m, in 1800 m und unterhalb des in 2200 m Höhe hinter einer geschliffenen Felschwelle gelegenen kleinen Sees, von dem eine schuttüberdeckte Stufe zu einem hochgelegenen, schmalen Kar hinaufführt. Die bis 1600 m hinabgehenden, blockreichen Moränenwälle gehörten einem Gletscher an, der hier in der letzten Eiszeit bei einer Schneegrenze von 2200 m am Nordabhang des Mt. Canigou herunterstieg.

Lokale Endmoränen liegen ferner an dem steilen Westhang im Kessel des R. de Vincent. Noch besser als hier sind Moränen eines etwa 4 km langen Gletschers ausgebildet, der in dem vom Südhang des Hauptgipfels herunterführenden Tale lag, das gegen Westen umbiegt und vom R. de Cady entwässert wird. Dieses Tal weist bis 1750 m Höhe, wo die äussersten Moränen liegen, deutliche Trogform auf; der stufenförmig ansteigende Boden ist von Rückzugsmoränen und Felswellen gegliedert, und auf der Südseite liegen über steilen Hängen drei schuttreiche Kare. Unterhalb der untersten Moräne, bei dem Forsthaus von Mariailles, nimmt das Tal schluchtartigen Charakter an. Der in diesem Tal gelegene Gletscher besass anfänglich eine Schneegrenze von etwa 2300 m; später rückte diese wesentlich höher hinauf.

Bei einer Schneegrenzhöhe von 2200–2300 m befanden sich auch in den am Ost- und Südostabhang der Canigougruppe liegenden Talkesseln kleinere Gletscher, wie sich tatsächlich aus dem Vorhandensein lokaler Moränen ergibt; solche wurden in den höheren Abschnitten der tiefeingeschnittenen Täler mehrerer Bäche festgestellt, so des gegen NO hin der Tet zufließenden R. de Velmanya, ferner der zwei dem Tech tributären Bäche von Pareigou und Coléabous in 1800 m.

7. Die Vergletscherung des Pic de l'Enfer.

Im Einzugsgebiet des Tech sinkt der den Mont Canigou tragende Kamm (beim Pla Guillem) auf 2300 m hinab, um westwärts im Pic de la Donaya auf 2710 m und sodann im Pic de l'Enfer auf 2870 m anzusteigen. Diese Gipfel werden an Höhe nur noch von dem bedeutend westlicher gelegenen Puigmal (2909 m) übertroffen. Von dem zwischen ihnen sich hinziehenden Kamm

stiegen in der letzten Eiszeit mehrere ansehnliche Gletscher nordwärts in die nach der Tet entwässerten Täler hinab, während auf der von Ter und Fresser entwässerten Südseite kleinere Gletscher lagen.

O. MENGEL verzeichnet auf der geologischen Karte (Bl. Prades) bei Mantet im Tal von Nyer Moränen eines Gletschers, der offenbar vom Pic de la Donaya gegen NO hin abfloss; die Taleinschnitte weisen hier allerdings vorwiegend fluviale Gestaltung auf. Dagegen sind glaziale Talformen besser in den westlichen Tälern ausgebildet, so insbesondere in dem des R. de Carança, wo sich Trogform mit Stufen und Becken, Rundbucket, Hängetäler und Kare in typischer Entwicklung vorfinden. Ihre Verbreitung fällt mit der lokaler Moränen zusammen, die auf einen Gletscher von 8 km Länge schliessen lassen. Mit dem Aufhören der grobblockigen äussersten Moränen geht das Tal in schmale V-Form über, und der Fluss durchmisst oberhalb seiner Einmündung in die Tet (bei Thuès) eine 3 km lange, tiefe Schlucht. Die vier Quelltäler, aus denen der R. de Carança hervorgeht, steigen alle stufenförmig zu seegeschmückten Karen an. Eine gleiche Gestaltung weisen die beiden Quelltäler des R. de Prats de Valaguer auf, in denen das Nährgebiet eines 6,5 km langen Talgletschers lag, dessen rechtsufrige Endmoräne namentlich gut ausgebildet ist. Auffallend mächtig sind auch die Endmoränen des westlichen Nachbartales, die sich bis unmittelbar zur Ortschaft Planès verfolgen lassen. Ein gut entwickelter Kar-gletscher stieg sodann am Nordhang der 2750 hohen Cambres d'Aze (Kar in 2100 m) herunter. Ein ansehnlicher Talgletscher lag endlich in dem trogförmigen Tal von Eyne, das vom 2860 m hohen Pic de Fenestrelles nordwestwärts herabsteigt; am Pic de Segre und am Puigmal hat die Vergletscherung deutliche Karformen mit entsprechenden Moränen geschaffen.

Auf der Südseite des zwischen Puigmal und Pic de la Dohna sich erstreckenden Kammes vermochte ich Moränen und andere Spuren kleiner Gletscher im Einzugsgebiet des R. de Fresser bei Nuria und im Tal de la Vacca festzustellen. Im oberen trogförmig erweiterten Tal von Nuria reichen wallförmige Moränen bis zum Kloster Notre Dame de Nuria, 1800 m, hinab, während der unmittelbar tiefere, in Augengneis eingeschnittene Talabschnitt ein enges V-Profil besitzt; ein zweiter Gletscher befand sich in dem zum Col des 9 Croix hinaufführenden Tal. Im Tal des R. de Ter wurden Lokalmoränen eines etwa 3 km langen Gletschers bis unterhalb Goueil du Ter beobachtet. Für diese kleinen Gletscher, die auf der Südseite des stellenweise über 2800 m hohen Kammes lagen, ergibt sich eine Schneegrenzhöhe von 2300 m.

4. Die Lokalvergletscherung der spanischen Pyrenäen.

Die Lokalvergletscherung der Südabdachung der Pyrenäen bietet ein durchaus gleichartiges Bild wie die der Nordseite; auch hier bestehen mehrere Gebirgsgruppen, von denen angenommen

werden darf, dass sie über die diluviale Schneegrenze emporragt, also selbständige Gletscher getragen haben; aber nur wenige von ihnen sind nach diesen Gesichtspunkten untersucht worden. Was wir in dieser Hinsicht wissen, lehrt uns, dass die Schneegrenze auf der Südseite der Pyrenäen wesentlich höher lag als auf der Nordseite. Dies dürfte aus den folgenden Ausführungen hervorgehen, in denen zunächst die vom Verfasser näher untersuchte Lokalvergletscherung der östlichen Pyrenäen zur Sprache gebracht wird.

a) In den östlichen Gebirgsgruppen.

Es handelt sich hierbei um die folgenden Gebirgsgruppen:

1. Die Tossa de Alp und die Sierra del Cadi.
2. Der südliche Grenzkamm von Andorra.
3. Der Gebirgsstock des Orry del Rubio.

1. Die Vergletscherung der Tossa de Alp und der Sierra de Cadi.

Diese 2660 m hohe Gebirgskette, die sich vom Col de Tosas (1800 m) westwärts bis zum Quertal des Segre unterhalb Seo d'Urgell hinzieht, bildet zum grössten Teil einen gut ausgesprochenen W-O streichenden Isoklinalkamm, der sich aus mächtigen, gegen Süden einfallenden Nummulitenkalkbänken aufbaut. Die Sierra de Cadi ist das am weitesten gegen S gelegene, über 2500 m hohe Randgebirge der Pyrenäen, und daher ist von vornherein hier nur eine wenig entwickelte diluviale Vergletscherung anzunehmen. Sie beschränkt sich in der Tat auf vier Kargletscher, die bei einer Schneegrenze von 2100 m Höhe an der 2537 m hohen Tossa de Alp aus gut ausgebildeten Nischen hervorgingen und aus einigen Hängegletschern, die am Nordabfall der Hauptkette lagen und hier entsprechende, im ganzen spärliche Schuttbildungen abgesetzt haben; es konnte eine Lokalmoräne in 1300 m westlich Bastanis festgestellt werden. Zwei der auf der Nordseite der Tossa de Alp gelegenen Gletscher reichten zeitweise bis auf 1450 m hinab; jüngere Moränen finden sich in guter Ausbildung in 1600 m. Auf der Südseite dieses Berges war die Vergletscherung sehr schwach entwickelt.

2. Die Vergletscherung des südlichen Grenzkammes von Andorra.

Eine viel ausgedehntere Vergletscherung wies der die Grenze zwischen der Republik Andorra und Spanien bildende Kamm auf, der sich zwischen den Einzugsgebieten des Valira und des Segre in westöstlicher Richtung erstreckt und in einigen Gipfeln bis über 2800 m (Tossa de Plan de Lles und Puig Pedros) hinaufsteigt. Er sendet gegen Süden mehrere längere, rückenförmige Ausläufer aus, und die in gleicher Richtung verlaufenden Täler gehen aus breiten Karen hervor, deren kleine Seen in 2200—2300 m Höhe liegen; von hier führen Stufen zum trogförmigen mittleren Talabschnitt; der unterste Teil der Täler weist dagegen ein enges V-Profil auf. Wo die glazialen Talformen in fluviale übergehen, in etwa 1400—1600 m, finden sich mächtige Moränen lokaler Gletscher, die teilweise den Charakter von Talgletschern besaßen; dies war der Fall in den Tälern von Aransa, Llosa und Maranges; die Schneegrenze dieser drei Gletscher dürfte in 2250—2300 m Höhe gelegen haben. Bemerkenswert ist der Umstand, dass nicht nur die Gletscherenden auf der Südseite der Pyrenäen wesentlich höher lagen als auf der Nordseite, sondern auch die mit kleinen Seen geschmückten Karböden.

3. Das Massiv des Orry de Rubio.

Sichere Anhaltspunkte über die Höhe der eiszeitlichen Schneegrenze auf der Südseite der Pyrenäen bietet das kleine Massiv des Orry de Rubio, das sich zwischen Segre und Noguera Pallaresa bis zu 2430 m erhebt. Radial von dem rundlichen Gipfel ausstrahlende und fast überall schmale, V-förmige Täler weiten sich im obersten Talabschnitt zu Trog- und Karformen und weisen hier gut entwickelte Moränen kleiner Gletscher auf, deren Schneegrenze zu 2200 m Höhe angenommen werden muss.

4. Ergebnisse hinsichtlich Seebildung.

Aus den obigen Ausführungen ergeben sich einige allgemeine Schlüsse, die sich sowohl auf morphologische Erscheinungen wie auf die Höhe der diluvialen Schneegrenze beziehen.

Die Verbreitung erratischer Ablagerungen fällt in den untersuchten Gebieten ohne Ausnahme zusammen mit der Ausdehnung typischer glazialer Erosionsformen, wie Kare, Trogtäler,

Hängetäler, Rundbuckel, Seen. Die Kare sind sowohl in Granit- wie in Schieferzonen reich an kleinen Seen, die meist in Felsbecken liegen und deren Entstehung somit zum grössten Teil der Ausschleifung durch die diluvialen Gletscher zuzuschreiben ist. Ferner spricht die Uebertiefung einiger trogförmiger Täler, ausgedrückt durch die Höhe der Stufen zahlreicher Hängetäler, für eine sehr namhafte Wirkung der Gletschererosion. Die mit Seen versehenen Kare befinden sich vorherrschend in kristallinen Gesteinen (Granit und Gneiss), und die Schwellen werden in der grössten Zahl durch Felsbuckel gebildet; es handelt sich also um Felsbecken, die von den Gletschern ausgeschliffen worden sind. Die Mehrzahl der Kare liegt in den obersten Talweitungen, die ohne Zweifel fluviatil angelegt und glazial ausgeweitet und beckenartig vertieft worden sind.

Die schon von PENCK ausgesprochene Behauptung, dass am Südabhang der Pyrenäen die eiszeitliche Schneegrenze höher gelegen haben müsse als auf der Nordseite, wird durch die oben gemachten Angaben voll und ganz bestätigt. Zudem ist es möglich geworden, den recht beträchtlichen Höhenunterschied der Schneegrenze der beiden Abdachungen in den östlichen Pyrenäen festzulegen; er macht, da die Schneegrenzhöhe in den nördlichen Gebirgsgruppen zu 1600, in den südlichen zu 2200—2300 m gefunden wurde, den Wert von rund 600 m aus. — Nicht ganz zufällig dürfte die Tatsache sein, dass mit den genannten Höhenwerten die Höhe der Karböden übereinstimmt.

Diese auffällig hohe Differenz der Schneegrenzhöhen lässt sich wohl nur durch die grossen Unterschiede der klimatischen Verhältnisse auf beiden Seiten der Pyrenäen erklären, wie sie in der Diluvialzeit herrschten und die wohl mit denen der Gegenwart grosse Aehnlichkeit gehabt haben müssen.

b) Die Lokalvergletscherung westlicher Gebirgsgruppen.

Die vorigen Kapitel haben uns gelehrt, dass in den östlichen Berggruppen der Südseite der Pyrenäen die diluviale Schneegrenze in der Höhe von 2200—2300 m gelegen hat. Man darf demnach annehmen, dass auch die westlich des grossen Quertales der Noguera Pallaresa über 2400 m aufragenden Gebirgsgruppen

in die Schneegrenze empor gereicht und eigene Gletscher getragen haben.

Als solche Gruppen kommen hier in Betracht:

1. die Sierra de Monros (2430 m);
2. das Massiv der Pta. de Lyena (2693 m);
3. die Gruppe des Pic de Ginebrell (2756 m); westlich der Noguera Ribagorzana
4. die Massive des Pic Gallinero (2719 m).
5. und des Turbon (2493 m), wo sich glaziale Formen vorfinden. Zwischen dem R. Esera und dem R. Cinca
6. hauptsächlich das Massiv des Cotiella (2910 m), das nach der SCHRADER'schen Karte auf der Ost-, Nord- und Westseite deutliche Karformen aufweist, wie z. B. den „Cirque d'Armeña“; zwischen der R. Cinca und R. Ara
7. die Kette des Castiecho (2689 m) und zwischen R. Ara und R. Gallego
8. das westöstlich gerichtete Massiv des Pico de Tendenera (2850 m) mit der 2755 m hohen Peña de Sabocos, an deren Nord-
abhäng sich zwei Seenkare befinden.

Näheres über die diluviale Lokalvergletscherung all dieser Gebirgsgruppen ist jedoch nicht bekannt.

Wir haben in einem früheren Abschnitt darauf hingewiesen, dass auf der Südseite der Pyrenäen Seen fast ausschliesslich nur in Gebirgen von geringerer Höhe fehlen, dass sie, mit andern Worten, vorherrschend dort vorkommen, wo eine Vergletscherung zur Diluvialzeit erwartet werden darf. Unsere vorigen Ausführungen beweisen, dass selbst in solchen Gebirgen, die in die diluviale Schneegrenze emporgeragt haben, Gebirgsseen fehlen, welcher Umstand offenbar mit dem Gesteinscharakter dieser Gebirge (Kalk) in Zusammenhang steht, wovon ebenfalls schon die Rede war.

Dass in den spanischen Pyrenäen auch einige tiefergelegene Seen (Lac Moncortes), sogar ausgesprochene Talseen vorkommen, wie der Ib. el Pantano, ist schon früher erwähnt worden; der letztere scheint nach Saint-Saud (Lit. 124, Pl. 3^{me}) künstlich gestaut zu sein. Immerhin ist die Zahl dieser Seen, bei denen eine Beziehung zur diluvialen Vergletscherung nicht besteht, ausserordentlich klein gegenüber der grossen Anzahl jener Seen,

die entweder durch Moränen gestaut werden oder in Felsbecken liegen, die ohne Zweifel vom Gletschereis ausgeschliffen worden sind. Auf die Vorgänge dieser Beckenbildung werden wir nun im nächsten Abschnitt näher eintreten.

III. Vorgänge der Seebildung durch Gletschererosion

1. *Dauer der Vergletscherung.*

Nach Aussagen verschiedener Pyrenäenforscher, die in der Literatur niedergelegt sind, und nach eigenen Beobachtungen ergibt sich, dass sich weitaus die grösste Anzahl der Gebirgseen der Pyrenäen in Felsbecken befindet; von diesen Felsbecken muss ebenfalls die grössere Mehrheit, weil in kristallinen Gesteinen oder in Schiefern liegend, durch die eiszeitlichen Gletscher ausgeschliffen worden sein. Hierüber geben ebenfalls zahlreiche Beobachtungen über Gletscherschliffe gute Hinweise. Naturgemäss fehlt es noch für sehr viele Seen an einschlägigen Untersuchungen, ebenso über ihre Tiefenverhältnisse.

Wie wir in einem früheren Abschnitt gezeigt haben, sind wir nur von 75 Seen über ihre Tiefenverhältnisse und die geologischen Umstände unterrichtet. Von den 75 genannten Seen weisen 55 Seen Tiefen von 5—50 m auf, und 20 sind über 50 m tief. Dass den Gletschern die Fähigkeit zugesprochen werden muss, Seebecken von geringerer Tiefe auszuschleifen, wird von den meisten Forschern zugegeben.

So geben AND. DELEBECQUE und ET. RITTER eine Liste von 22 nach ihrer Tiefe vermessenen Seen der französischen Pyrenäen, wobei es sich um Tiefen bis zu 34,10 m handelt; über die Entstehung dieser Seen sagen die beiden Autoren wörtlich: „Tous ces lacs paraissent devoir leur origine à l'action des glaciers...“ (Lit. 35).

Bestritten wird jedoch eine weitergehende Aushobelungstätigkeit der Gletscher; die über rund 40 m tiefen Seen seien durch alles andere als durch Gletschererosion entstanden, lokale Einsenkungen, chemische und mechanische Verwitterung usw.

Eine Durchsicht unserer Tabelle zeigt uns, dass alle tiefen Seen entweder in kristallinen Gesteinen oder in Schiefern liegen, so dass für diese Seen lokale Einsenkungen und chemische Verwitterung als Entstehungsursache kaum in Betracht fallen. Was die mechanische Verwitterung anbetrifft, so ist sie zwar in

den genannten Gesteinen recht wirksam; aber schwerlich findet sie sich örtlich derart verbreitet, dass sich aus der Ausräumung von Verwitterungsschutt die Seebecken mit Tiefen von 40—120 m hätten bilden können. Auch für ihre Entstehung kommt, unseres Erachtens, ausschliesslich Gletschererosion in Betracht. Gibt man die Entstehung von 35 m tiefen Felsbecken durch Gletscherwirkung zu, so ist es nur ein gradueller Unterschied zur Annahme der Bildung von 40—100 m tiefen Becken durch die gleichen Vorgänge. Dass es im wesentlichen ja nicht das Eis, sondern die am Grunde des Gletschers in das Eis eingepressten oder eingestreuten Felstrümmer sind, die die reibende und schleifende Tätigkeit ausüben, geht ohne weiteres aus dem Vorkommen von Gletscherschliffen hervor, an denen wir stets unzählige, von Gesteinen herrührende, in geglättete Felsen (selbst Granit) eingeritzte Schrammen erblicken. Dazu kommen aber noch als weitere wesentliche Faktoren hinzu: a) die Masse, bezw. das Gewicht des bewegten Eises; b) die Bewegung selber und endlich c) die Dauer der Einwirkung des Gletschers auf den Untergrund.

Im allgemeinen bestehen gerade Verhältnisse zwischen der Wirkung der Gletscher und deren physikalischen Eigenschaften: In Gebieten, wo grössere Gletscher reichlichen Schutt führen und während längerer Zeit ihr Bett abnutzen, sind ihre Wirkungen in der Regel grösser als in Gebieten, wo diese Faktoren nicht zutreffen.

Nun bieten die Pyrenäen durchwegs die Eigentümlichkeit, dass in den Gebieten, wo die grösseren Talgletscher sich bewegt hatten, nämlich in den tieferen Talstrecken, die Einwirkungen auf den Untergrund wesentlich geringfügiger erscheinen als in den höheren Talgebieten, wo die Gletscher eine viel kleinere Ausdehnung und Mächtigkeit besaßen. Denn erst hier in den gestuften, trogförmigen Hochtälern, in den Treppenkarren, ja sogar in einfachen, hochgelegenen Karren, finden wir neben unzähligen kleinen, seichten auch die grössten, bezw. tiefsten Seen der Pyrenäen. So scheint hier hinsichtlich des Verhältnisses von Grösse und Mächtigkeit der Gletscher und ihrer Wirkung ein Widerspruch zu bestehen, der sich nicht nur auf einen vereinzelt Fall bezieht, sondern sich auf allgemein verbreitete Erscheinungen stützt, wie bereits betont worden ist. Daraus dürfen wir schliessen, dass diesen eigenartigen Tatsachen auch gesetzmässige Ursachen

zugrunde liegen müssen. Gestützt auf unsere frühere Darstellung, wollen wir anzugeben versuchen, welche entsprechenden Erscheinungen als gesetzmässige Ursachen gedeutet werden können.

1. Als eine solche glauben wir die mehr oder weniger lange Dauer der Vergletscherung anführen zu dürfen.

a) die tieferen Talgebiete waren zwar zeitweise von mächtigen Talgletschern bedeckt, und diese haben hier schmale V-Täler ausgeweitet und übertieft; aber die Dauer der Vergletscherung dieser Talbecken war lange nicht genügend, um die Bildung von grossen Talseen zu ermöglichen; die fluviale Erosion hat hier jeweilen die Oberhand erhalten.

b) Die höheren Talgebiete waren die Ursprungsgebiete der Gletscher; sie standen naturgemäss sehr viel länger unter der Einwirkung der Vergletscherung als die tieferen Talstrecken. Demnach lagen hier während sehr langen Zeiten, jeweilen zu Beginn und am Schlusse je einer Eiszeit kleinere Gletscher, und die Wassererosion war während dieser ganzen Dauer so gut wie ausgeschaltet. Wir haben demnach in den Ursprungsgebieten, sowohl in den einfachen Karen wie in den Mulden- und Treppenkaren, langanhaltende Wirkungen kleinerer und grösserer Gletscherstände anzunehmen. Zunächst dürfte es sich hier um Karbildung gehandelt haben, wozu bekanntlich keine grossen Gletscher notwendig sind; besteht doch die Karbildung im wesentlichen in der Ausweitung einer meist präglazial angelegten Vertiefung durch Wandverwitterung und Wegtransport der Fels-Trümmer durch Firnbewegung. Bei etwas tieferer Lage der Schneegrenze vermochten sich mehrere kleinere Kargletscher zu vereinigen und einen grösseren einheitlichen Gletscher zu bilden, der bei genügend langer Dauer auch das präglazial entstandene schmale Hochtal auszuweiten und zu vertiefen imstande war. Das Fehlen von fluvialen Eintiefungsformen in sehr vielen Karen spricht für eine während sehr langen Zeiten andauernde, ununterbrochene Firn- und Gletscherbedeckung; möglicherweise kam es gar nicht zu vollständig gletscherlosen Interglazialzeiten. Alles, was der Verfasser bis jetzt in den höheren Regionen der Pyrenäen beobachtet hat, veranlasst ihn zur Annahme von Interglazialzeiten mit einer etwas grösseren Vergletscherung als die heutige. Ein solcher Zustand setzt eine Höhe der Schneegrenze voraus, wie sie der

mittleren Höhe der Karböden entspricht, weil bei dieser Lage die Kare vollständig firn- oder eiserfüllt waren. Es ist wohl kein Zufall, dass die mittlere Höhe der Karseen in den verschiedenen Gebirgsgruppen verschieden hoch ist, und zwar auf der Nordseite der Pyrenäen, die noch heute die feuchtere und kühlere Abdachung ist, bei weitem tiefer als auf der südlichen Abdachung, dass sie sogar bei einzelnen, namentlich ausgesprochen west-östlich gerichteten Gebirgsketten auf der Nordseite tiefer liegt als auf der Südseite (vergl. unsern Abschnitt III hiervor).

Ganz unzweifelhaft liegt in der Verschiedenheit der mittleren Höhen der Karseen eine klimatische Beeinflussung vor, und diese konnte kaum anders zum Ausdruck gelangen als in der entsprechenden tieferen oder höheren Lage der Schneegrenze: Wir haben offenbar in der mittleren Höhe der Karseen die durchschnittliche und besonders lang andauernde Höhe der diluvialen Schneegrenze zu sehen, die zur Bildung von Gletschern führen musste; übrigens haben wir bei der Betrachtung der Lokalvergletscherung mehrere Fälle festgestellt, in denen beide Werte miteinander übereinstimmen. Bei dieser je nach der Exposition und der Höhe der Gebirge verschiedenen Höhe der Schneegrenze konnten sich ausgeprägte Kar- und Hängegletscher, auch kleinere Talgletscher von wenigen km Länge, aber keine 40—60 km langen Talgletscher entwickeln. Zur Bildung dieser letzteren war ein jeweils beträchtliches Sinken der Schneegrenze notwendig, wie dies für die diluvialen Gletscher der Alpen ebenfalls angenommen wird; dass diese Senkung der diluvialen Schneegrenze in den Pyrenäen jeweilen von relativ kürzerer Dauer gewesen sein dürfte, ist aus unsern früheren Ausführungen anzunehmen.

2. *Beckenbildung in einfachen Karen.*

Betrachten wir zunächst die Entstehung der hochgelegenen Seen, die sich in einfachen Karen befinden. Solche Kare konnten sich teils aus präglazial angelegten Talanfängen, Einzugskesseln von Bächen entwickeln, teils als sogenannte Schneegrenzkare, wie sie durch E. FELS aus den Ostalpen beschrieben worden sind, ausschliesslich infolge der Wirkung von Kargletschern bilden. In beiden Fällen entstanden zunächst mehr oder weniger breite Nischen, die von halbkreisförmig angeordneten Gräten umgeben

waren; meist besaßen solche Nischen eine beträchtliche Breite und dabei steile Abtragungsflächen, die jeweilen nach einem gemeinsamen tiefsten Punkt hin konvergierten, ähnlich wie bei einem fluviatilen Einzugstrichter. Nach diesem tiefsten Punkt hin bewegten sich auch die Firn- und Eismassen der Kargletscher, und es musste demnach in der Nähe bzw. um diesen Punkt eine starke Zunahme der bewegten und von Gesteinstrümmern durchsetzten Gletschermassen erfolgen, welche Zunahme zu einer Ausschleifung des Bodens und damit zur Beckenbildung führen musste.

In den meisten Fällen stellen solche Karseen nur seichte Felsbecken dar; aber es bestehen auch einige Karseen, die im Verhältnis zu ihrer Länge bzw. Fläche eine auffallende Tiefe besitzen.

Ein entsprechendes Beispiel ist der 46 m tiefe Boum del Port im Perdighero-Massiv. Ferner gibt es im Massiv des Pic de Certescans drei solcher Karseen, 1. den Lac Gueroso sup., der bei nur 320 m Länge 56 m tief ist, 2. den Lac Mariolo mit 42 m Tiefe und 520 m Länge und 3. den Lac d'Aubé, der 400 m lang und dabei 45 m tief ist. Diese drei Seen befinden sich in einer Gesteinszone, die infolge der mechanischen Verwitterung im allgemeinen reichlich Felstrümmer liefert, in Granit.

Die Ausschleifung dieser relativ tiefen Becken ist jedoch nur verständlich, wenn man annimmt, dass die früher hier bestehenden Kargletscher nicht nur reichlich Oberflächenschutt infolge Verwitterung der Felsgräte verfrachtet haben, sondern dass sie auch am Grunde viele Gesteinstrümmer mit sich geführt haben müssen. Es muss den Kargletschern die Fähigkeit zugesprochen werden, Schutt vom Felsgrunde wegzutragen und zwar Schutt, der sich unter dem Firn gebildet hat, also nicht gewöhnlicher Verwitterungsschutt. Durch blosses Wegfressen der umgebenden Felsgräte durch den Firn, wie es ED. RICHTER geschildert hat (Lit. 86), können wohl breite Nischen entstehen; aber zur Bildung von Seebecken ist ein Wegtragen von Felstrümmern unter dem Firn und ein anhaltendes Ausschleifen und Ausbrechen des Bodens erforderlich. Wie ED. RICHTER ausgeführt hat, schützt Firnbedeckung den Felsboden vor den direkten Einflüssen und Angriffen der Witterung; sie verhindert so die mechanische Verwitterung, die namentlich an den über die Firnfläche aufragenden Felsgräten sehr lebhaft arbeitet. Und doch muss auf dem Boden der Firne und Gletscher auch Verwitterung stattfinden. Diese kommt offenbar dort zustande, wo zeitweise die Temperatur des

Bodens über 0° steigt, und dies ist ohne Zweifel in der Nähe der Schneegrenze, namentlich aber unterhalb der letztern der Fall. Mit dem häufig sich wiederholenden Wechsel von Gefrieren und Auftauen aber kommt auch eine mechanische Lockerung des Felsbodens zustande. In die Gesteinsfugen eindringendes Schmelzwasser gefriert und sprengt dadurch den Fels, der nun beim Auftauen locker wird und von dem sich bewegenden Firn oder Eis weggeführt werden kann. Aber auch in grösserer Höhe können Lockerungen des Felsgrundes eintreten, nämlich dort, wo sich der Firn vom umgebenden Felsgrat löst und sich abwärts bewegt. Dort haben wir meist mächtige Firnmassen, die zeitweise durch Lawinen gebildet werden; wenn solche von den steilen Felswänden herunterstürzen, erfahren die älteren am Fuss der Wände gelagerten Firnmassen starke Pressungen, wodurch jeweiligen höhere Temperaturen mit Schmelzerscheinungen eintreten. Die untersten Firnschichten werden an den Felsboden gepresst, gefrieren an diesen an, und wenn sie sich, infolge des allgemeinen Druckes und der Schwerkraft, abwärts bewegen, so reissen sie grössere oder kleinere Gesteinsbrocken mit sich fort. Auf diese Weise dürfte der grössere Teil der Grundmoräne entstehen; sie wird zu dem wirksamen Schleifmaterial, dessen Spuren sich überall auf alten Gletscherbetten feststellen lassen und dem auch die Ausschleifung der Karseen zuzuschreiben ist.

3. Die Entstehung der Seen in Stufentälern.

Eine weitere Ursache der Seebildung in den höheren Regionen der Pyrenäen muss in der Unstetigkeit von Bewegung und Masse der Gletscher angesehen werden, und als ein Hauptgrund dieser Unstetigkeit ist der Stufenbau der Gletschertäler zu betrachten. Vergleiche hiezu die Fig. 19 und 20.

Die Frage, ob dieser Stufenbau als präglaziale Talanlage gegeben oder ebenfalls genetisch mit der Vergletscherung in Beziehung zu bringen sei, wollen wir erörtern, nachdem wir die Vorgänge der Beckenbildung am Fusse von Talstufen dargelegt haben werden. Dass das Vorhandensein von Seen unterhalb ausgeprägter Talstufen in den Pyrenäentälern eine sehr weit verbreitete Erscheinung ist, haben wir in einem früheren Abschnitt ausgeführt; es handelt sich ja dabei um die überaus zahlreichen Seen

in den gestuften Hochtälern überhaupt, insbesondere in den sogenannten Treppen- und Muldenkaren.

Solche Hochtäler zeigen schon in ihrem Querprofil eine sehr deutliche Gestaltung durch die in ihnen gelegenen Gletscher; sie sind alle trogförmig, d. h. der Boden ist verhältnismässig breit, oft beckenförmig, die Seitenwände steil und geglättet; es fehlen

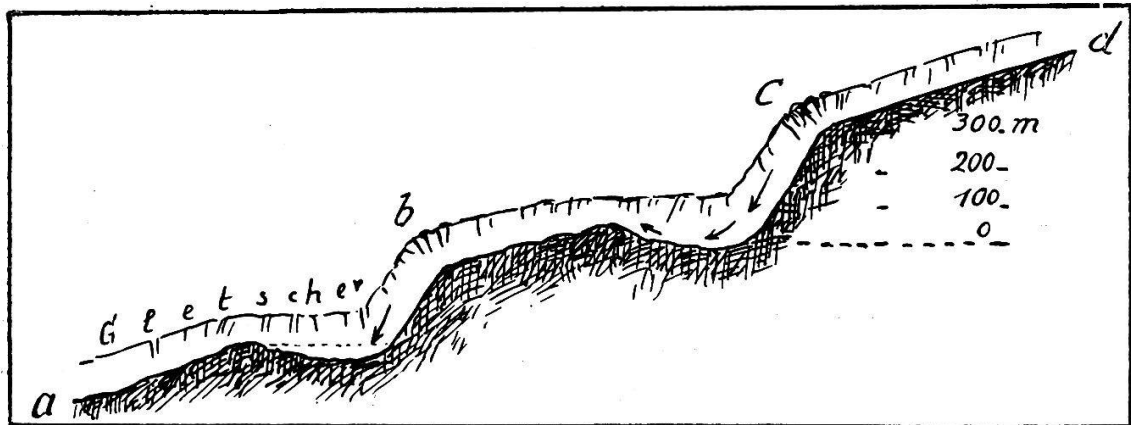


Fig. 19. Beckenbildung am Fusse von Talstufen durch Gletscher.
a—d ursprünglicher Talweg; b und c Stufen mit Gletscherstürzen.

hier die zahlreichen Vorsprünge und Sporne, wie sie für Flusstäler kennzeichnend sind.

In den gestuften Tälern lassen sich ferner abschnittsweise Ungleichheiten der Bearbeitung des Bodens erkennen:

a) Die Becken am Fusse von Stufen stellen Orte stärkster glazialer Tiefenwirkung dar; es müssen hier die Kraftwirkungen der sich bewegenden Gletscher maximal gesteigert gewesen sein; grosse Massen haben hier einen sehr starken Druck auf den Untergrund ausgeübt und diesen mechanisch ununterbrochen angegriffen, gelockert, zertrümmert und die Schuttmassen weggeführt. Wir haben an diesen Stellen maximale Masse, maximalen Druck und vermehrte Bewegung der Gletscher anzunehmen.

b) Die seeabschliessenden Riegel zeigen in schönster Weise die Spuren der Abschleifung; hier waren die drei genannten Faktoren nicht mit maximalen, aber doch noch mit bedeutenden Kraftwirkungen vorhanden.

c) Unterhalb der Riegel, am Abfall der Stufe, finden wir vorherrschend rauhe, splitterige Felsflächen, wie sie sich infolge mechanischer Verwitterung durch Losbrechen und Abstürzen bilden, Erscheinungen, die namentlich postglazial sehr wirksam gewesen

sind. Die Orte unterhalb der Riegel in der oberen Hälfte der Stufen sind demnach stets Orte geringster Gletscheradhäsion gewesen; deshalb war auch hier die Abschleifung durch die Gletscher am geringsten.

So haben wir in den Stufentälern nahezu überall einen Wechsel der Formelemente, welcher Wechsel auf die Unstetigkeit der glazialen Abtragungsvorgänge zurückzuführen ist.

Die Vermehrung der Massen und des Druckes auf den Untergrund wird am Fusse der Stufen durch die hier abfallenden Gletscherteile bewirkt. Hier ist demnach die Adhäsion des Eises am grössten; abgestürzte Eismassen werden von nachstürzenden oder auf sie fallenden Massen mit grossem Druck auf den Boden gepresst; aber sie bewegen sich fort, oft sogar, wie schräg gerichtete Schrammen auf den Riegeln beweisen, schräg aufwärts, um die Felsschwelle zu übersteigen. Die Bewegung der einzelnen Eisteile ist ähnlich derjenigen von Wasserteilen in einem über eine Stufe stürzenden Fluss, wenn auch viel einfacher und ruhiger, nämlich eine rasche Abwärtsbewegung über die Stufe hinunter und sodann eine leichte Aufwärtsbewegung aus dem Becken, die schliesslich zur Ueberschreitung der Schwelle führt.

Und wie der Fluss durch den Aufprall seines Wassers und der von ihm bewegten Gerölle am Fuss einer Stufe beständig den Boden bearbeitet, lockert, dann das gelockerte Material wegspült und so eine Vertiefung bildet, so dürften auch die über hohe Stufen hinabfallenden Eismassen den Boden unterhalb der Stufen stärker bearbeitet, gepresst und gescheuert haben als an andern Stellen, und auf diese Weise mussten sich jeweilen an solchen Orten Becken bilden. Diese werden um so tiefer sein, je grösser die über ihnen vorhandene Stufe ist, je länger die Gletscherwirkung gedauert hat und je grösser die Masse, bzw. das Gewicht des betreffenden Gletschers war. Zahlreiche tiefe Seen der Pyrenäen liegen auf der Nordseite des Gebirges am Fusse hoher Stufen, so der Lac Bleu, der Lac de Caillaouas, der Lac d'Oo, der Lac d'Araing, der Lac Vert.

Aber sie fehlen auch in den Treppen- und Muldenkaren der spanischen Pyrenäen nicht, wie die Seen von Capdella und Tabescan beweisen; nur liegen sie hier durchschnittlich in bedeutend grösserer Meereshöhe als auf der Nordseite.

Dass ein Gletscher von 150—200 m Mächtigkeit imstande ge-

wesen ist, ein 45 m tiefes Becken am Fusse einer 300 m hohen Stufe auszuschürfen, das tritt uns im Tal des Garbet besonders augenfällig entgegen. Auch von mehreren andern in Treppenkaren und gestuften Hochtälern liegenden tiefen Seen kann festgestellt werden, dass sie sich am Fusse von 300—400 m hohen Talstufen befinden (Lac Caillaouas, Lac d'Oo, Lac d'Artouste, der Lac Miguelou u. a.).

Infolge der Höhe und Steilheit einer Stufe erfährt die Fussfläche der Stufe eine Zunahme des Druckes durch Vermehrung des steil abwärts gleitenden Gletschers.

So glauben wir die Entstehung der tiefen Seebecken der Treppenkare auf den Stufenbau der Täler und die vermehrte Gewichtszunahme und Bewegung des an solchen Stufen abfallenden Gletschereises zurückführen zu können. Für eine direkte Eintiefung der Seebecken am Fusse von Stufen spricht auch die Tatsache, dass in mehreren Seen die grösste Tiefe in der oberen Hälfte gefunden wurde (vergl. A. DÉLEBECQUE, Lacs de France, p. 43).

Wir befinden uns mit diesen Annahmen in guter Uebereinstimmung mit den Theorien über See- und Beckenbildung, wie sie E. DE MARTONNE in seiner Abhandlung „Sur la théorie mécanique de l'érosion glaciaire“ entwickelt hat, in der er ausführt, dass die durch den Gletscher bewirkte Abnutzung des Bodens (le frottement), abhängig sei von der Schnelligkeit und dem Druck des Eises, der sich verändere wie der Cosinus der Oberflächenneigung, die Form des Bettes und die Tiefe (Lit. 64). Ferner sei dabei ebenfalls die Adhäsion des Untergrundes zu berücksichtigen. DE MARTONNE kommt zum Ergebnis, dass die Orte grösster glazialer Erosion sich oberhalb und unterhalb von Talstufen befinden müssen. Betrachtet man die Längsprofile der mit Seebecken ausgestatteten Hochtäler der Pyrenäen, so wird man feststellen können, dass in zahlreichen Fällen die Seen als Orte starker glazialer Erosion sich in der Tat in den Talstrecken befinden, die durch Stufenbau gekennzeichnet sind.

4. Seebildung in Muldenkaren.

Einen weiteren Fall der Seebildung zeigen uns die grossen Muldenkare, deren Mitte von Seebecken eingenommen wird, wie z. B. beim Lac Lanoux, beim Lac Naguilles, beim Lago Tort, beim Estan de Rios, ferner am Lac d'Aubert.

In solchen Mulden entsteht in der Mitte Konfluenz von Eis-, bzw. Firnmassen, weil diese sich vom Hintergrund und von den Seitenhängen her bewegen, wo sich Schneegrenzkare gebildet haben. Die teilweise bedeutenden Tiefen dieser Seen (54 und 72 m) sprechen dafür, dass diese Muldenkare während sehr langer Zeit der Vergletscherung ausgesetzt gewesen und dadurch der fluviatilen Erosion entzogen waren. Der Umstand, dass diese Muldenkare alle sehr hoch liegen und in mehreren Fällen durch sehr beträchtliche Stufen von unteren Talstrecken getrennt sind, zeigt uns das Ausschalten der Flusserosion um so deutlicher. So lässt sich beim Lac Naguilles denken, dass sich hier eine Vertiefung von 800 bis 900 m gebildet hätte, wenn die fluviatile Erosion unbehindert hätte wirken können; dass der Gletscher dagegen sein Bett nur um 72 m tiefer gelegt hat, erscheint im Vergleich zur möglichen Flusswirkung im Grunde als geringe Leistung. Zu dieser Gruppe von Seen muss auch der 96 m tiefe und 1300 m lange Lac de Certescans gerechnet werden, der eine unsymmetrisch gebaute, hochgelegene Mulde einnimmt. Das Ostufer des Sees erhebt sich nämlich sehr steil bis zum 300 m hohen Seitenkamm empor, der sich vom Hauptkamm gegen S zu abzweigt, während das Westufer zwar noch steil 200 m hoch über den Seespiegel ansteigt, um dann in 2500 m Höhe in sanfter geneigte Böden zweier breiter Kare überzugehen, die vom 2863 m hohen Pic de Certescans und seinem südlich verlaufenden Gratzug überragt werden. Von hier her kam die Hauptmasse des Firns, die das Becken ausgefüllt hat. Dass dieses fast 100 m tiefe Becken in ausserordentlich harte Quarzitefelsen eingetieft ist, erscheint unter diesen Umständen geradezu rätselhaft. Und doch ist an keine andere Möglichkeit zu denken, da die Felsschwelle und die benachbarten Buckel und Rippen alle die deutlichsten Schiffe tragen. Ohne Zweifel handelt es sich hier um ein durch glaziale Ausschleifung und Abtragung infolge Konfluenz von Eis- und Firnmassen zweier Kare entstandenes Felsbecken, das aus einem präglazial angelegten Talanfang hervorgegangen, während sehr langer Zeit diesen Abtragungsvorgängen ausgesetzt gewesen sein muss; nichts spricht für eine in Interglazialzeiten eingetretene Wirkung der fluviatilen Erosion; ebenso wenig ist von postglazialer Flusswirkung etwas zu bemerken.

5. *Die Entstehung der Talstufen.*

Wir haben nun die Frage zu erörtern: Auf welche Weise sind in den Pyrenäentälern diese so auffälligen Stufen entstanden?

Auf diese Frage ist zunächst allgemein folgendes zu sagen:

Unstetigkeiten des Talweges, d. h. der Wechsel von Stufen und Verflachungen, können primär bei Anlage der fluviatilen Talform oder glazial durch Konfluenz von Eismassen erzeugt sein.

a) Ganz allgemein dürfen wir in den grossen Karen die Ursprungsformen fluviatil angelegter Täler eines früheren, präglazialen Talsystems sehen. Diese Talanlage mag bereits den Zustand der Reife erlangt haben, als infolge Hebung des Gesamtgebietes die Neubelebung der fluviatilen Erosion einsetzte und eine beträchtliche Tieferlegung der grösseren Täler bewirkte.

Die Tatsachen, dass noch heute fast durchwegs die tief eingeschnittenen Flusstäler der Pyrenäen sehr schmal sind und dass an einigen Orten kleinere Seitentäler mit Stufen in Haupttäler einmünden, wo die glaziale Uebertiefung nicht angenommen werden darf, sprechen für beträchtliche, bis in die jüngere Quartärzeit anhaltende Hebungen des Gebirges. Bei der infolgedessen wiederholten Eintiefung der Täler durch die Flüsse müssen auch die Gesteinsunterschiede von Einfluss gewesen sein. In weicheren Gesteinen vollzog sich das Einschneiden rascher als in den härteren. Nun treten uns ja gerade in dieser Hinsicht in den Pyrenäen auffällige Gegensätze entgegen: Mehrere ausgesprochene Granitstöcke sind von mehr oder weniger mächtigen Schieferzonen umgeben, und hier finden wir fast allgemein die Flüsse in tief eingeschnittenen, schmalen Tälern; wo aber die Schieferzone an den Granit anstösst, steigen in vielen Tälern die Sohlen stufenartig zu höheren, ohne Zweifel älteren Talböden an. Solche Fälle vermochte der Verfasser zu beobachten: im Massiv des Roc Madrès, im Gebiet des Garbet, im Massiv du Pic de l'Enfer, in der Sierra de los Encantados, im Massiv des Pic du Perdighero, im „Massif du Pic de Néouvielle“.

Allein die Gebirgsnatur der Pyrenäen bietet uns auch andere Beispiele; so finden sich auch Stufen im Schiefergebirge allein, wo von bedeutenden Härteunterschieden kaum gesprochen werden kann, aber wo steile Stellung der doch im einzelnen petrographisch differenzierten Schichten eine Stufenbildung begünstigt

haben mag, so z. B. im Massiv des Pic Crabère und nördlich des Mont Vallier (Talgebiet des Salat).

Am auffälligsten sind aber die Stufen in den Granitgebieten selber, und zwar kommen sie dort am ausgeprägtesten vor, wo die glazialen Abtragungsformen ebenfalls sehr gut entwickelt sind; dies ist namentlich in den Mulden- und Treppenkaren der granitischen Hochgebirge der Fall, also in jenen Talformen, die am längsten der fluviatilen Erosion entrückt waren. Wir haben es hier demnach ebenfalls mit glazialen Abtragungsformen zu tun. Nun lässt sich an sehr vielen Beispielen feststellen, dass diese Stufen sich am häufigsten dort finden, wo sich zwei, wenn auch in der Regel kurze, Hochtäler vereinigen, wofür das Tal von Mourgouillou das schönste Beispiel bietet; ferner wo ein kleineres Kar in eine grössere Karmulde einmündet. Hier finden wir die grössere Karmulde wesentlich übertieft, gegenüber der kleineren, und die grössere weist ebenfalls eine Stufe auf. Sehr schöne Beispiele dieser Art lassen sich beobachten im Hintergrund des Tales von Tabescan, im Gebiet der Seen von Capdella, im Tal von Carança, am Pic de l'Enfer, im Gebiet von Néouvielle u. a. a. O. Sehr ausgeprägt sind diese Stufen im Tal des Garbet und des Fouillet, am Nordabhang des Massivs von Certescans.

Wir kommen daher zum Schluss, dass in den Karzonen Stufen direkt durch die Gletscher infolge Konfluenz entstanden sein können. In diesem Punkt stellen wir uns in Gegensatz zu dem französischen Geographen E. DE MARTONNE, der für die Alpentäler präglaziale, durch Flüsse gelegte Talstufen, jedenfalls Ungleichheiten des Gefälles der Talsohlen annimmt, welche nun durch Gletschererosion verstärkt worden sein sollen. Dagegen hat A. PENCK die Auffassung vertreten, dass durch Konfluenz von Gletschern Talstufen entstehen können.

So führt er in dem preisgekrönten Werk „Die Alpen im Eiszeitalter“ (S. 303) aus: „Alle diese Fälle lassen aufs neue erkennen, dass die beträchtlichste Erosion dort ausgeübt worden ist, wo ein Zusammenfliessen grosser Massen stattgefunden hat. Diese Erosion hat sich im Haupttale ein Stück weit aufwärts erstreckt, an der Mündung der Nebentäler macht sie halt. Man meint zu sehen, wie der Haupttalgletscher oberhalb der Seitengletschermündungen eintaucht, um letztere zu unterschieben. Wo gleich grosse Täler sich vereinigen, von denen jedes einen Gletscher ansehnlicher Grösse gehabt hat, da münden sie allesamt stufenförmig zusammen...“ (Lit. 119).

Wir können, was die morphologischen Verhältnisse der Pyrenäentäler anbetrifft, der Auffassung von A. PENCK im grossen und ganzen beipflichten; denn wie wir früher ausgeführt haben, finden sich in vielen alten Gletschertälern echte Konfluenzstufen, unterhalb denen sich ausgeprägte Talbecken ausdehnen. In den tieferen Abschnitten der grossen Haupttäler sind jedoch diese Stufen bereits fluviatil zerschnitten und die Becken durch postglaziale Anschwemmungen zugeschüttet.

Daneben gibt es in den Pyrenäen noch sehr viele Eigentümlichkeiten, die sich vielleicht eher durch lokale Umstände erklären lassen, oder deren Deutung bis heute noch aussteht.

So ist doch auffällig, dass die ohne Zweifel fluviatil angelegten Talstufen am Kontakt zwischen Schiefer- und Granitzonen fast nirgends zur Seebildung geführt haben, wie es die Theorie De MARTONNE verlangt.

Es erscheint uns demnach die Stufenbildung in den Pyrenäen als eine recht komplexe Erscheinung; sie ist aber ohne Zweifel in den ehemals vergletscherten Talgebieten sehr viel stärker entwickelt als in den reinen Flusstälern; aus diesem Grunde muss sie in engen Zusammenhang mit der diluvialen Vergletscherung gebracht werden; gleichzeitig spielen hier aber auch petrographische Verhältnisse und epirogenetische Bewegungen mit eine wichtige Rolle.

Wo aber zu Beginn der Vereisung, z. B. durch Bildung von Schneegrenzkaren oder durch Konfluenz von Eismassen, kleinere Stufen entstanden waren, da mussten im Laufe langer Vereisung solche Stufen mehr und mehr vergrössert worden sein. Die eingehende Betrachtung der Formelemente eines Mulden- oder Treppenkares zeigt uns, dass sich gut entwickelte Stufen und Becken heute dort befinden, wo sie nach den Strömungsverhältnissen wohl am ehesten haben entstehen können: Wo sich Kargletscher vereinigten, mussten Stufen entstehen infolge vermehrter Masse, stärkeren Druckes, grösserer Bewegung; am Fusse von Stufen mussten sich Becken bilden, weil an solchen Stellen die Bewegung eine plötzliche Zunahme erfuhr, ebenso die Masse und der Druck.

Es ist anzunehmen, dass sich schon sehr frühe Ansätze zu Becken gezeigt haben; ja es erscheint nicht ausgeschlossen, dass in einigen steilgeneigten Tälern infolge selektiver Erosion oder oro-

graphischer Unterschiede, wie Wechsel von Engen und Weitungen, die Gletscher eine Reihe von Becken erzeugt haben, ohne dass ursprünglich Stufen vorhanden gewesen waren. Nach allem, was man von der Wirkung der Gletscher der Eiszeit kennt, liegt Unstetigkeit der Erosion, Bildung von Becken und Stufen, in ihrem Wesen. Denken wir uns ein steilabfallendes Gebirgstal, in dem infolge der oben angedeuteten Ursachen durch Gletscher mehrere übereinander angeordnete Seebecken entstanden sind, so haben wir in diesem Tal gleichzeitig eine Folge von Stufen, Riegeln und Becken. Solches ist ja, wie wir sahen, gut ausgeprägt der Fall im Tal von Mourgouillou, einem Nebental der oberen Ariège, sowie im Bereich der Lacs de Cadérolles, im Gebiet des Adour.

Stets sind die Talstufen dort auch sehr deutlich entwickelt, wo ansehnliche Gletscher gelegen hatten, bzw. in den Einzugsge-

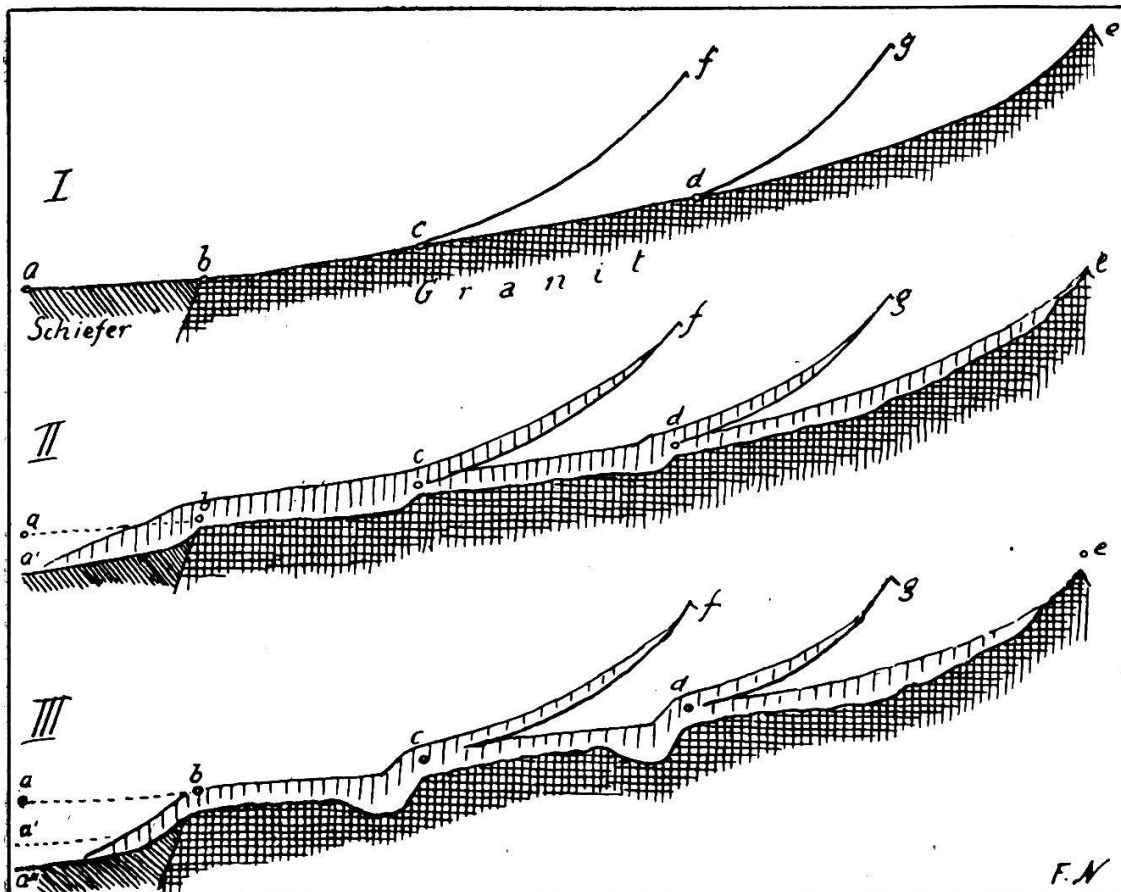


Fig. 20. Die Entwicklung von Talstufen und Becken in den Pyrenäen (schematisch).

I. Präglaziale Talprofile; a—b—c Haupttal; cf und dg Seitentäler.

II. Stufenbildung durch Konfluenz der Gletscher.

III. Beckenbildung am Fusse von Talstufen.

bieten grösserer Gletscher, die im Maximum der Vereisung je-
weilen auch in bedeutender Eismächtigkeit die Ungleichheiten
des Talweges verstärkt und vergrössert haben.

In der vorstehenden Zeichnung, Fig. 20, ist die Entwicklung
der Talstufen in den Pyrenäen in leicht schematischer Art darzu-
stellen versucht worden.

Es soll darin zusammenfassend zum Ausdruck gebracht werden,
dass ausgereifte alte Talsysteme bis in die zentralen Zonen hin-
aufgereicht haben, bevor die Vergletscherung begann. Infolge von
Hebungen des Gebirges wurden die Flüsse zu neuem Einschneiden
gezwungen, und bei dem Rückschreiten der Tiefenerosion bilde-
ten sich Talstufen, von denen diejenigen am Kontakt zwischen
weicheren und härteren Gesteinen bei Einsetzen der Vereisung
noch vorhanden waren. Diese Stufen wurden durch die Gletscher
in vielen Tälern verstärkt; im Einzugsgebiet aber entstanden
Stufen und Becken infolge Karbildung und infolge Konfluenz
von Kargletschern, aus denen zeitweise grössere oder kleinere
Talgletscher hervorgingen.

Langanhaltende, auch die Interglazialzeiten überdauernde Ver-
eisung hat in den Karregionen und Hochtälern die glazialen For-
men verstärkt und bewahrt, während sie in den tieferen Talab-
schnitten fluvial teilweise verändert worden sind.

Die Verlandung der Pyrenäenseen

1. Verlandungsprozesse.

Seen sind vergängliche Bildungen der Erdoberfläche; sie un-
terliegen ständigen Veränderungen; durch fliessende Gewässer
werden mechanische Füllstoffe in sie getragen; an andern Orten
bilden sich pflanzliche Ablagerungen, oder es entstehen am Boden
der Seen Absätze chemischen Ursprungs; alle diese Sedimente tra-
gen zur Verringerung der Seeoberfläche und der Seetiefe bei: die
Seen verlanden. Dies ist namentlich dort allgemein der Fall, wo
die Seen, wie in den Gebirgen, von steilen Hängen umgeben oder
begleitet sind, wo beständig geschiebereiche Bäche herabfliessen,
Gesteinstrümmer herabstürzen, oder wo Lawinen beträchtliche
Schuttmengen bis in den See tragen. Die Anzahl der Seen müsste
sowohl in den Alpen als auch in den Pyrenäen eine viel grössere
als heute sein, wenn nicht seit der Eiszeit sehr viele ehemals be-
stehende Becken verlandet wären.

An den meisten Pyrenäenseen bemerkt man bei der Einmündung der Bäche grössere oder kleinere Deltas oder flache Schwemmkegel, die sich in den See vorgebaut haben und die oft mit sehr steiler Böschung zur Tiefe abfallen. Nach E. BELLOC (*Recherches et explorations orogr. et lac. dans les Pyrénées*) soll das Delta des Bergbaches im Lac d'Oo jährlich um 3,5 m wachsen. In mehreren Tälern sind von den früheren Seen nur noch kleinere Teile oder kaum die Hälfte übriggeblieben; die grössere Fläche ist bereits zugeschüttet worden; so beispielsweise am Lac d'Estaing und am Lac de la Plat-de-Prat, beide im Tal des Labat (Argelès), sodann am Lac d'Espingo und am Lac de Saouzat, beide im Tal d'Astau oberhalb dem Lac d'Oo.

Zahlreiche kleine und einige grössere Seen haben von ihrer früheren Ausdehnung verloren durch steile Schuttkegel, die sich am Fusse felsiger Karwände aufbauten oder die von Wildbächen aufgeschüttet worden sind; letzteres ist insbesondere der Fall beim Lac d'Estom in dem gestuften Hochtal nördlich des Pic de Vignemale.

Ueber die Verschüttung von Seen durch Lawinen haben J. VALLOT und C. BELLOC (*Complement des lacs pyrénéés*) berichtet; es handelt sich dabei um mehr oder weniger beträchtliche Zufuhr von Schutt, der von den Lawinen auf das Eis der gefrorenen Seen gebracht wird und dann beim Auftauen zur Tiefe sinkt. Als Beispiele von Seen mit beträchtlichen Schuttanhäufungen durch Lawinen werden auch von DELEBECQUE genannt die lacs d'Oo, d'Espingou, de Caillauas, de Gaube und d'Estom.

Dass sehr häufig Felsblöcke von den steilen Berghängen in die Seen stürzen, sogar kleinere Bergstürze Teile der Seen auffüllen, geht aus der grossen Zahl von Felsblöcken aller Art hervor, die sich an den Ufern oder auf der Uferbank vorfinden. Ein eigenartiges Beispiel von Bergsturzbildungen führt E. BELLOC vom Lac de Gaube an, auf dessen östlicher Seite zahlreiche aufrechtstehende Tannen im Wasser sichtbar sind, die ehemals infolge einer Rutschung oder eines Schlipfes vom steilen Bergabhang in den See gelangten. Auch in andern Seen sind öfters ausgewachsene Bäume beobachtet worden. Auffällig war der Fund von grossen Stämmen der Bergföhre im Grunde des entleerten Lago Colomina oberhalb Capdella in 2300 m Meereshöhe, in

einer Gebirgsgegend, die infolge früherer Entwaldung heute vollständig baumlos ist.

Dass die Gletscher der Eiszeit durch ihre Moränenablagerungen wesentlich zur Verschüttung von Seen beigetragen haben sollen, ist eine von E. BELLOC mehrmals wiederholte Behauptung, in der wohl etwas Wahres stecken mag, wenn man an Rückzugsmoränen denkt; aber in ihrer Verallgemeinerung muss diese Auffassung abgelehnt werden, angesichts des Umstandes, dass man in verschiedenen Seen bei Erstellung von Stollen stets gemäss den gemachten Berechnungen im wesentlichen durch Felsboden an den Grund des Sees gelangt ist ohne mächtige Schuttablagerungen anzutreffen. Hievon war bereits in Abschnitt IV die Rede.

In zahlreichen Fällen sind die Seeufer von einem wahren Blockmeer eiszeitlicher Moränen umgeben.

Von einigen Gebirgsseen der Pyrenäen ist ferner das Vorhandensein einer wenn auch schmalen Uferbank (*la beine*) nachgewiesen worden, die durch Wellenschlag bzw. Brandung, entsteht, aber stets nur dort, wo das Ufer durch Anschwemmungen oder weiches Gestein gebildet wird. Sie fehlt vollständig bei Felsbecken in Granit oder Quarzitgestein. In den tiefer gelegenen, im allgemeinen seichten Talseen jedoch ist die Uferterrasse sehr ausgedehnt und von einem breiten Schilfgürtel (*Arundinetum*) bedeckt; ebenso sind die ebenen Ufer hier auf grössere Flächen von einer entsprechenden Moorvegetation eingenommen (*Caretum*).

Die meisten Pyrenäenseen bergen ferner eine reiche sublacustre Flora und Fauna, über deren Zusammensetzung bzw. Arten E. BELLOC in seinen Berichten eingehende Angaben macht (*Aperçu général de la végétation lacustre dans les Pyrénées. Assoc. Fr. 1892*).

2. Verlandete Seen.

Recht gross ist in den Pyrenäen die Zahl der Talbecken, die ohne Zweifel ehemals Seen beherbergt haben, heute aber vollständig oder nahezu gänzlich verlandet sind. Von der Zuschüttung und Verlandung grösserer Talbecken in den unteren Talstrecken ist bereits im Abschnitt über die Ausdehnung der diluvialen Tal-

gletscher die Rede gewesen. Noch auffälliger und jedenfalls viel zahlreicher sind jedoch die hochgelegenen kleineren verlandeten Seebecken; sie bilden jene eigenartigen, von steilen Hängen eingefassten kleinen Ebenen, zu denen man über mehr oder weniger hohe Talstufen gelangt oder die sich oberhalb von Felsriegeln ausdehnen. Sie werden in den Pyrenäen fast durchwegs als „Pla“ bezeichnet, und auf ihnen stehen in der Regel die Hütten der Hirten, die tagsüber das Vieh — meist in grossen Herden — zum Weiden den Bergabhängen entlang führen, um es gegen Abend nach der Hütte zu treiben, wo es sich ruhig auf jener Ebene während der Nacht aufhält. Solche „Pla“ werden in der Literatur von zahlreichen Autoren aufgeführt.

An der Verlandung jener Gebirgsseen hat jeweilen der Talfluss den grössten Anteil; er bewirkt dies teils durch Erosion, indem er die Schwelle durchschneidet, oder, was häufiger vorkommt, durch Aufschüttung. Dies geschieht in den meisten Fällen auf folgende Weise: Durch Ablagerung seiner Geschiebe bildet sich in seichten Seen bei der Einmündung in relativ kurzer Zeit ein Delta; hier kommt es also zur Aufschüttung des Sees durch rein mechanische Vorgänge. Der mitgeführte Schlamm senkt sich ausserhalb des Deltarandes auf den Boden des Sees, der vom Fuss der Deltaböschung auswärts gegen die Seemitte zu überdies reichlich Sand erhält, während an den Seiten gelegentlich abgestürzte Blöcke oder Lawinenschutt hinzukommen. Gegen die Seiten des Sees, wo die Tiefe ohnedies in der Regel geringer wird, ist auch die Schlammbildung grösser, während sie in der Mitte und gegen die Ablaufstelle hin infolge der Abflussströmung abnimmt. So bleibt gegen den Ablauf, bzw. gegen das untere Ende hin noch ein Seerest übrig, wenn der obere Teil längst verlandet ist. Ist durch groben und feinen Schutt der Seeboden bis auf 1—2 m unter den Spiegel erhöht, so beschleunigen die Wasser- und Sumpfpflanzen die Verlandung; mit andern Worten, es ist die Sumpfbildung das letzte Stadium vor der gänzlichen Verlandung. In zahlreichen Fällen beginnt die pflanzliche Verlandung an den beiden Längsseiten des Sees, wo die Tiefe gering ist, und sie wächst von hier allmählich gegen die Mitte zu. Ein treffendes Beispiel solcher Verlandungsvorgänge bietet der Marais de Bouillose in der Pic Carlitte-Gruppe, wie er noch um 1900 bestand; er ist seither durch Errichtung einer 20 m hohen Staumauer wieder

in einen Stausee zur Gewinnung von elektrischer Kraft verwandelt werden. Im Zustand des Sumpfes befindet sich ferner der Et. de Rébenty südlich Lajolle. Wo die Verlandung nahezu ausschliesslich durch fluviatile Zuschüttung erfolgt, entsteht eine sanft geneigte Ebene, auf welcher der Fluss sich verzweigt und in mehreren Armen stets neues Geschiebe herbeiführt.

Treffende Beispiele verlandeter Seebecken bietet die wesentlich in Gneiss und kristalline Schiefer eingeschnittene oberste Talstrecke des Vic-dessos im Gebiet der Ariège.

Hat man oberhalb St. Marc nach einstündiger Wanderung durch das schmale Trogtal die über 250 m hohe Stufe der „Echeltes françaises“ erstiegen, über die der Bach zuoberst, ohne sich in die vom Gletscher abgeschliffenen Felsbuckel (Gneiss) einzuschneiden, in schönen Fälen herunterstürzt, so gelangt man in ein bereits trogförmiges Hochtal hinauf, dessen in 1500—1550 m Meereshöhe gelegene, flache Sohle ohne Zweifel infolge Aufschüttung eines Sees entstanden ist. Durch eine deutliche Endmoräne, auf der einige Hirtenhütten (Orrys, Jasses) stehen, ist der See nahe seinem nördlichen Ende abgedämmt worden. Von den beiden hohen Talhängen bauen sich mehrere steile Wildbachschuttkegel vor; der Talfluss hat sich auf dem flachen Talboden vielfach verzweigt; er fliesst in geröllreichen Betten, neben denen mehrere ältere Läufe vorkommen. Die Zuschüttung des über 1 km langen Seebeckens erfolgte ausser durch den Hauptfluss noch durch den von Westen her einmündenden grossen Bach, der zwei Karseen an der Ostseite des Pic d'Estats entwässert. Durch einen 120 m hohen, abgeschliffenen Granitriegel wird der hier beschriebene Aufschüttungsboden, Pla Soulcem genannt, von einem zweiten in 1678 m Meereshöhe gelegenen Stufenboden getrennt. Auch dieser ist auf der Nordseite von Moränen mit Sennhütten, den Orrys du Planet, umsäumt; dazu gesellen sich Schuttkegel von Seitenbächen. Es folgt eine weitere mit prächtigen Gletscherschliffen und Schrammen versehene Granitstufe, oberhalb der sich in 1780 m der Aufschüttungsboden von Davinaz in der Länge von zirka 2 km ausdehnt; hier finden wir durchaus ähnliche Bodenbildungen wie bei den beiden andern Becken. Oberhalb der Talebene von Davinaz bilden schuttreiche Endmoränen eine ungefähr 30 m hohe Stufe, hinter der sich ein viertes Aufschüttungsbecken von allerdings geringerer Länge ausbreitet; hier stehen in 1810 m die Hütten von La Croix.

Wir haben somit im Hochtal von Pla Soulcem eine typisch glaziale Talgestaltung vor uns, bei der Beckenformen und Stufenbau in deutlicher Weise miteinander verknüpft sind.

Ein weiteres Beispiel eines gänzlich verlandeten Talbeckens findet sich im Tal der Neste de Luron, oberhalb der Granges de Cambajou; das aufgeschüttete, 1 km lange Becken ist hier in Granit eingetieft. Andere Becken von ähnlicher Beschaffenheit treffen wir sodann im Einzugsgebiet der Ariège an, so in den hochge-

liegenden Talabschnitten des R. de Gnioure, des R. de Milles Rogoues, des R. de Quioules, des Aston und des Nageur (Jasse des Pradols).

Zwei von lokalen Endmoränen abgeschlossene Karböden, die ohne Zweifel früher Seen enthielten, liegen in zirka 1650 m Höhe östlich des Col d'Aiguetorte im Massiv des Pic St. Barthélemy.

Im Gebiet des Massivs des Mont Perdu kommen, nach Literaturangaben und zufolge der schönen Karte von FR. SCHRADER, an sechs Stellen Talbecken vor, die nichts anderes als ausgefüllte Seen darstellen, nämlich die „Pla d'Alhet“ (1843 m) im Boden des grossen Cirque d'Estaubé, die „Prade de St. Jean“, in 1415 m, unterhalb des Cirque de Gavarnie, sodann auf der Südseite des genannten Kalkmassivs die in 2398 m Höhe gelegene, mit einigen Tümpeln versehene „Llano de los Millarins“, die Llano bei P. 2368, die „Llano de Salarons“ in 2460 m und endlich die unterhalb derselben gelegene Talstufe „Aguas Tortas“.

Ebenso lassen sich der genau gezeichneten grossen Karte des Vignemale-Massivs von ALPH. MEILLON mehrere Talstrecken entnehmen, die sich im Zustande zugeschütteter Seebecken befinden; es sind kleinere, längliche Talebenen mit Flussverzweigungen, welche letztere am unteren Ende verschwinden, wo der Fluss durch die sich nähernden Talhänge eingeengt wird; solche Becken finden sich beispielsweise an drei Stellen des vom Gave d'Aussou durchströmten Tales, das sich unterhalb Gavarnie stufenförmig mit dem Haupttal vereinigt; das erste Talbecken liegt bei 1668 m, genannt „Plas Coumus“, das zweite befindet sich oberhalb des Felsriegels „Carroc de Milhax“ (1753 m) bezeichnet als „Glères de Lourdes“, und das dritte, von 1300 m Länge, dehnt sich oberhalb einer 100 m hohen Stufe aus, auf der Karte angegeben als „Oulètes d'Aussou.“

Der Name „Oule“, der an mehreren Orten vorkommt, deutet einen früheren See im Stadium der Versumpfung an (vergl. SORRE, Lit. 93, p. 213).

Sind Talverebnungen und Flussverzweigungen oberhalb Talengen Merkmale von zugeschütteten Seen, so finden sich solche noch im Tal des Gave de Gaube bei P. 2059 und im Tal des Rio Ara in 1775 m Meereshöhe.

A. LACOSTE und Dr. VERDUN deuten im Tal von Cadérolles am Nordhang des Néouvielle-Massivs einige Tümpel (flaques

d'eau) als Reste eines ehemaligen grossen, heute zugeschütteten Sees (Lit. 55, p. 183).

Im Roc Madrès-Massiv liegt sowohl in der Coume Pontails wie beim Gourg Estelat je ein zugeschütteter kleiner See.

Im Pic Carlitte-Massiv befinden sich ausser dem bereits erwähnten Marais de la Bouillouse noch einige andere frühere Seen im Zustand pflanzlicher Verlandung, so der Sumpf beim Etang del Racou und das Becken oberhalb des Stausees von la Bouillouse bei P. 2040; ferner der Sumpf im Tal des Mesclan de Aygues, westlich P. 2254. Im Tal der Tet finden wir noch zugeschüttete Moränenseen beim Pla des Avellans und beim Pla de Barrès, östlich P. 1660 (vergl. Lit. 122).

Sodann lassen sich im Einzugsgebiet der Garonne an zwei Stellen verlandete Seebecken annehmen, nämlich im Tal der Garonne de Jouéou bei P. 1570 und auf dem Pla de Béret im Quellgebiet der Noguera Pallaresa (vergl. die Carte des Pyrénées Centrales par F. SCHRADER).

Nach N. CASTERET (Lit. 26) kommen verlandete Bergseen auch im Hochtal auf der Nordseite der Maladetta vor; er nennt „le Plan Agualuts une vaste plaine, un ancien fond de lac“; ähnlich sei der Plan des Etangs, der bei starker Schneeschmelze einen „lac temporaire“ bilde*).

Endlich stellt E. WALLON im Tal des Aragon bei Castiello, wo nach W. PANZER die Endmoränen des diluvialen Aragon-Gletschers liegen, in einer Talweitung einen erloschenen See fest, der durch einen Sandsteinriegel abgedämmt gewesen sei (Lit. 127).

Physikalische Eigenschaften der Pyrenäenseen

Zu den wesentlichen physikalischen Eigenschaften der Seen gehören die Wärme, die Farbe und die Durchsichtigkeit des Wassers; ferner weist dieses je nach der Herkunft eine verschiedenartige chemische Zusammensetzung auf.

Nur von wenigen Pyrenäenseen liegen über deren physikalische und chemische Eigenschaften genauere Messungen und Untersu-

*) In seiner Untersuchung über das Problem des Trou du Toro hat N. CASTERET eine Kartenskizze jenes Gebietes beigelegt, auf der sich nähere Angaben über Lage und Grösse zahlreicher kleiner Gebirgsseen vorfinden.

chungen vor, ausgeführt hauptsächlich durch A. DELEBECQUE und E. BELLOC (vergl. Lit. 5, 7 und 34). Immerhin sind diese Untersuchungen noch recht lückenhaft, namentlich was die Wärmeverhältnisse anbetrifft, da sie nicht in systematischer Weise während längerer Zeit an den betreffenden Seen, sondern nur gelegentlich durchgeführt wurden. So ist man über den jahreszeitlichen Ablauf der verschiedenen Wärmeschichten der Pyrenäenseen noch gar nicht unterrichtet; man kennt hierüber nur einige wenige, zufällig aufgenommene Werte. Von keinem Pyrenäensee besteht eine monographische Darstellung, wie man solche von M. GROLL und G. GOETZINGER, J. MUELLNER aus den Alpen besitzt (Lit. 50, 48, 68).

Der von Abbé L. GAURIER geschaffene Atlas von 210 Seen der französischen Pyrenäen scheint in erster Linie die topographischen Verhältnisse der untersuchten Seen zu enthalten. Leider war mir das Werk nicht zugänglich.

1. Die Wärmeverhältnisse der Seen.

Wie das Land, so wird auch das Wasser der Seen und Meere in erster Linie durch die direkte Strahlung der Sonne und in zweiter durch die umgebende Luft erwärmt; schliesslich tritt bei steilen, der Sonne ausgesetzten Ufern auch eine Erwärmung der Seefläche durch Rückstrahlung vom Lande ein.

Ein beträchtlicher Teil der Sonnenstrahlen wird allerdings vom Seespiegel sofort zurückgeworfen, geht also für die Erwärmung des Wassers verloren; ein weiterer Teil der Strahlungswärme wird an der Seeoberfläche durch die Verdunstung des Wassers aufgebraucht. Was an Sonnenstrahlen dann noch bleibt, dringt zwar tief durch das Wasser ein, oft bis auf den Boden des Sees; aber die Erwärmung durch direkte Strahlung nimmt mit der Tiefe rasch ab, weil das Wasser die zugestrahlte Wärme stark absorbiert. Nach Beobachtungen an nordamerikanischen Seen gelangen im günstigsten Fall nur 20% der Sonnenstrahlung tiefer als 1 m. In den natürlichen Gewässern wird die Absorption durch vorhandene Trübung bedeutend verstärkt. Ein See mit trübem Wasser wird in den oberen Schichten zwar stärker und schneller erwärmt als ein solcher mit klarem Wasser, in das die Wärmestrahlen tiefer eindringen, wodurch die Wirkung sich auf eine mächtigere

Schicht verteilt, die einzelnen Schichten deshalb geringer erwärmt werden.

Der Wärmezufuhr steht eine beträchtliche Wärmeabgabe gegenüber, in erster Linie durch Ausstrahlung, die meist in der Nacht vor sich geht. Durch die sogenannten Konvektionsströme findet ein teilweiser Ausgleich der verschiedenen erwärmten Wasserteile statt.

Die Oberflächentemperatur der Seen zeigt nun ähnlich wie bei den andern Gewässern deutlich tägliche und jährliche Schwankungen.

Die täglichen Schwankungen sind allerdings gering, weil die grosse Wärmekapazität des Wassers sowohl eine starke Erwärmung am Tage wie auch eine starke Abkühlung in der Nacht verhindert, die überdies durch Aufsteigen warmen Wassers verringert wird. Die tägliche Temperaturschwankung beträgt aus diesem Grunde in mittleren Breiten und bei tiefen Seen nur etwa 2° ; sie ist bei flacheren Seen grösser, weil hier die Strahlung stärker zur Wirkung kommt. Das Maximum der Erwärmung tritt erst gegen Sonnenuntergang ein, zu einer Zeit, da sich der wasserfreie Boden und die Ufer des Flussbettes schon abzukühlen begonnen haben. Etwas um Sonnenaufgang ist die Abkühlung am grössten.

Der jährliche Gang der Oberflächentemperatur ist im wesentlichen ähnlich dem der Lufttemperatur, nur mit dem Unterschied, dass im Winter der Abkühlung eine Grenze gesetzt ist in dem Gefrierpunkt des Wassers. Im allgemeinen ist die Wassertemperatur etwas höher als die Lufttemperatur.

Schon vor der Einführung des Umkehrthermometers hatte man festgestellt, dass im allgemeinen in den Seen die Wärme nach der Tiefe zu abnimmt; denn da das Süsswasser bei 4° seine grösste Dichte erreicht, muss sich das schwerere Wasser in der Tiefe sammeln, während das wärmere darüber liegt. Nur in Zeiten der Abkühlung des Oberflächenwassers unter 4° bleibt das in diesem Fall leichtere Wasser über dem wärmeren, aber schwereren der Tiefe.

Nach der vertikalen Temperaturverteilung hat F. A. FOREL die Seen in drei Typen eingeteilt, in einen tropischen, gemässigten und polaren Typus (Lit. 40). Beim tropischen Seetypus nimmt die Temperatur stets von oben nach unten ab (rechte Schichtung), und das Oberflächenwasser ist mehr als 4° warm; beim polaren Typus nimmt die Temperatur mit der Tiefe zu (verkehrte Schichtung), und das Oberflächenwasser hat beständig weniger als 4° Wärme. Die Seen vom gemässigten Typus haben im Sommer

Wasser von mehr als 4°, im Winter unter 4° Wärme, besitzen also mit den Jahreszeiten wechselnde Schichtung.

Die Wärmeverhältnisse der meisten Pyrenäenseen entsprechen wohl denen der Seen des gemässigten Typus, namentlich gilt dies für die Tal- und Gebirgsseen, die bis zu ungefähr 2300 m Höhe vorkommen. Bei mehreren höher gelegenen Seen aber haben wir es offenbar mit Seen des polaren Typus zu tun.

Die Scheidung der Pyrenäenseen in diese beiden Gruppen findet ihre Begründung in den teils von A. DELEBECQUE, teils von E. BELLOC an den bereits genannten Seen ausgeführten Messungen.

Im Juli 1894 besaßen der Lac d'Estom und der Lac d'Oo folgende Temperaturen (A. DELEBECQUE, Lacs franç., p. 146):

Lac d'Estom		Lac d'Oo	
Tiefe	Temp.	Tiefe	Temp.
0 m	7,8°	0 m	11,4°
8 m	6,5°	10 m	9,2°
17,5 m	6,4°	65 m	4,2°

Beide in 1500 m und darüber gelegenen Seen gefrieren im Winter zu, wie dies ausdrücklich auch von dem in 1789 m liegenden Lac de Gaube festgestellt ist, dessen Wasser im Sommer eine Temperatur von über 12° aufweist. So stellte E. BELLOC (Nouv. Explor. lac.) noch im September 1893 die folgenden Temperaturen des Oberflächenwassers fest:

22. September, morgens	+ 10,3°
23. September, abends	+ 11,3°
24. September, mittags	+ 11,8°

Nach E. BELLOC besitzt der Lac de Caillaouas eine sommerliche Temperatur von 10,3° an der Oberfläche; nach der Tiefe sinkt die Temperatur allmählich bis auf 4,8° in 100 m.

A. DELEBECQUE führt sodann (Op. cit. p. 171) den Lac de Miguelou (in 2267 m) als Vertreter des gemässigten Seetypus an, obwohl dieser See noch am 7. Juli 1894 nur 4° warmes aufwies und auf grössere Ausdehnung noch von Eis bedeckt war; der genannte Forscher fügt noch bei, es sei möglich, dass im Hochsommer die Temperatur des Sees kaum über 4° steige.

Zu den Pyrenäenseen, die dem polaren Seetypus angehören, rechnet A. DELEBECQUE u. a. den Lac d'Arrius, den er am 5. Juli 1894 noch gänzlich von Eis bedeckt fand, ferner den Lac Glacé du Port d'Oo, der sich in 2650 m Höhe befindet. Dazu gehören wohl auch der Lac Glacé de Litérولا und die Gourgs-Blancs, von denen E. BELLOC angibt, dass sie von Firn umgeben,

fast beständig gefroren und mit Schnee bedeckt seien, wie ihr Name besage. (Rech. et explor. orog. et lac.). Einen Polarsee mit besonders ausgeprägten Merkmalen stellt der ebenfalls von E. BELLOC beschriebene „Lac inter-glaciaire de la Coume de l'Evêque“ dar. Von zwei kleinen Eisseen am Glacier de Clarabide berichtet ST. SAUD (Lit. 125, p. 51).

2. Farbe und Durchsichtigkeit des Seewassers.

Diese Eigenschaften sind teils durch das Eindringen der Lichtstrahlen der Sonne in das Wasser, teils durch dessen Zusammensetzung bedingt.

Ganz allgemein ist die Verwendung einer weissen Scheibe von 30 cm Durchmesser (Secchi'sche Scheibe) zur Bestimmung der Durchsichtigkeit des Wassers. Im Vergleich zum Meerwasser, das in den Tropen eine Durchsichtigkeit von 50—60 m aufweist, erscheint das Wasser der Seen verhältnismässig trübe und unsichtig; die Sichttiefe erreicht hier selten den Wert von 25 m; so beträgt sie beispielsweise bei einigen Alpenseen, im Winter gemessen, 21,5 m (Genfersee, Gardasee), 16,6 m (Vierwaldstättersee); im Sommer ist sie, infolge der starken Schlammführung der grossen Alpenflüsse, bedeutend geringer. Sehr ausgeprägt ist diese Erscheinung, nach M. GROLL, am Oeschinensee im Berner Oberland festzustellen; hier betrug im Sommer die Sichttiefe nur 0,6 bis 1 m, während sie im Winter auf 10 m stieg (Lit. 50).

Im allgemeinen besitzen die Pyrenäenseen klares, gut durchsichtiges Wasser; sie gehören in der Mehrzahl zu den blauen Seen, d. h. zu den Seen, die nach der von F. A. FOREL aufgestellten Skala eine vorherrschend blaue Eigenfarbe besitzen, im Gegensatz zu den grünen und gelben Seen, bei denen das Blau stärker zurücktritt.

Nach A. DELEBECQUE und E. BELLOC rechnet man zu der ersten Gruppe die folgenden Pyrenäenseen (III und IV der FOREL'schen Skala): Lac Bleu ou de Lesponne, L. de Caillaouas, L. de Gaube, L. de Tracens, L. d'Estom, L. d'Artouste, L. de Miguelou, L. de Cap-de-Long, L. d'Orédon, L. d'Aubert, L. d'Escoubous, Lac d'Oo.

Zu den grünen Seen (V—VIII der FOREL'schen Skala): Lac Lanoux, Lac de Naguille, L. d'Aumar.

Zu den gelben Seen kann der Lac Lourdes gezählt werden; un-

zweifelhaft verdankt dieser See seine gelbliche Farbe der reichlichen Humussäure, herrührend von den ausgedehnten Sumpfflächen, die ihn umgeben. Dass die Eigenfarbe der Seen teils durch pflanzliche, teils durch mineralische Schwebekörper stark verändert wird, ist allgemein bekannt und lässt sich auch in den Pyrenäen feststellen.

Mit der Eigenfarbe stimmt im allgemeinen auch die Durchsichtigkeit überein. Es wurde die Sichttiefe mehrerer Pyrenäenseen wie folgt festgestellt:

Blaue Seen:

Lac de Miguelou	21,0 m
Lac d'Oo	18,5 m
Lac d'Estom	17,5 m
Lac d'Aubert	15,0 m
Lac de Gaubè	14,0 m
Lac de Tracens	14,0 m
Lac Bleu	13,0 m
Lac d'Artouste	11,0 m
Lac d'Escoubous	11,0 m
Lac de Caïllaouas	10,0 m

Grüne Seen:

Lac d'Aumar	11,0 m
Lac Lanoux	11,0 m
Lac de Naguille	8,5 m

Gelbe Seen:

Lac de Lourdes	4,0 m
Lac de Barbazan	

F. Bemerkungen zur Namengebung der Pyrenäenseen

Nicht nur nach Grösse, Lage, Aussehen usw. zeigen die Pyrenäenseen eine grosse Mannigfaltigkeit, sondern auch hinsichtlich ihrer Namengebung. Die Tatsache, dass sie sich weit zerstreut in einem Gebirge vorfinden, dessen Täler von Völkern mit verschiedenen Sprachen (französisch, katalanisch, spanisch, baskisch, um nur die wichtigsten zu nennen) bewohnt werden, bringt es mit sich, dass schon die Allgemeinbezeichnung „See“ in den verschiedenen Gebieten recht verschiedenartig lautet. Selbst im französischen Gebiet kommt lange nicht überall die Bezeichnung „Lac“ vor, sondern ebenso häufig, wenn nicht noch mehr, finden wir den Ausdruck „E t a n g“ (wohl aus dem Lateinischen „stagnum“ abgeleitet) vor. Dies ist namentlich in den östlichen Pyrenäen der Fall, wo das Katalanische, das bekanntlich sowohl mit dem Französischen wie mit dem Spanischen verwandt ist, auch auf der Nordseite des Gebirges gesprochen wird; damit stimmen auch die Bezeichnungen „E s t a g n o l, E s t a n y, E t a n q u e“ überein, die in Andorra und in der Cerdàña gebräuchlich sind.

Diesen Ausdrücken stehen nun anderslautende wie Gourg, Boum, Ibon, Iboun, Llac, Mare, Hille gegenüber, die in den zentralen und westlichen Pyrenäen häufig anzutreffen sind. Die Bezeichnungen Gourg und Boum finden sich auf der Nordabdachung der Zentralpyrenäen; sie bedeuten nichts anderes als See, ebenso wie Ibon, welches Wort im Aragonischen gebräuchlich ist; so spricht L. MALLADA auch von Ibon de Querigueña und Ibon coronado, jener zwei Seen in der Maladetta-Gruppe (Op. c. p. 80). Die Bezeichnung Lac de Boum sei nach Belloc unlogisch.

Dass die Farbe der Seen eine grössere Bedeutung für deren Benennung besitzt, liegt auf der Hand und ist auch in den Alpen und in andern Gebieten festzustellen; dabei spielt nicht nur die Eigenfarbe des Wassers, sondern auch die nach der Umgebung hervorgerufene Scheinfarbe eine wesentliche Rolle; neben Lac Bleu, Etang Blaou und Lac Vert kommt ebenso häufig der Ausdruck L. Noir, L. Negro, L. Nère, oder Gourg Nègre, L. Nègré vor, wo es sich um Seen mit dunkler Wald- oder Felsumrahmung handelt, die sich in der Wasserfläche widerspiegelt. Nach E. BELLOC bedeutet sogar das Wort Illéou oder Lhéou Blausee. Die Bezeichnung Lac d'Aygues Rouges deutet rötliche Farbe des Wassers an, dagegen Etang de Rioufred das kalte Bachwasser.

An die Natur hochgelegener Eisseen erinnern die nicht seltenen Bezeichnungen „Lac Glacé, Gourg Glacé, Etang Glacé“ (Mont Perdu).

Form und Ausdehnung einzelner Seen werden angedeutet durch die Ausdrücke Lac Rond, Etang Riond, Est. Redoun (rund), Etang Llarch, Lac Long, Et. Long, Lac Tort.

Der Name „Estagnoles de Régalécio“ (Cirque du Sisca) erinnert wohl an die charakteristische Gebirgspflanze, die namentlich auf der trockeneren Südseite häufig vorkommt und die wegen ihres eigenartigen Saftes technisch verwendet wird.

Bei vielen Seen ist der Name von der Lage abgeleitet, so bei Lac de Port, L. du Portillon, Boum del Port, L. del Puerto, L. du Cap del Port, Et. de Furcat, Et de Hourcade, L. du Pourtet, wo es sich um die Lage bei einem Gebirgssattel handelt; dagegen geben die Bezeichnungen Lac de l'Oule, Lacot d'éra Oule, Lac de Goule, L. de Combe Longue, Et. de Coume d'Ose, Et. de Coume d'Enfer, Est. de Coma die Lage in einem Hochtal an, das man auch als

Kar bezeichnen kann. Man beachte, dass die häufigen Ausdrücke Coume, Combe, Coma durchaus übereinstimmen mit solchen, wie sie in den Alpen vorkommen wie Combe, Comba, Gumm, Kumme, Kummen, Bezeichnungen, die nach J. HOPFNER (Lit. 111) vom Keltischen cumba (Tal) abgeleitet seien. Der Name „Etang del Racou“ gibt die Lage des betreffenden Sees oberhalb eines ausgesprochenen Felsriegels an.

Die Lage in felsiger oder steiniger Umgebung kommt zum Ausdruck in Et. de la Peyre, Et. des Peyrisses, Et. de Piedrafita, Et. Pedrosa, L. des Llosas (Schiefer). Umgekehrt deutet der Name Lac de la Pla-de-Prat breiten Wiesenboden an, wo sich der betreffende See befindet.

Bei mehreren Seen hat ihr Fischreichtum zu einer bezeichnenden Namengebung geführt wie Et. des Truites, Et. de los Pessons, Ll. del Peso; an Frösche erinnern Ibon de las Ranas und Ll. de Grenouille. Auch andere Tiernamen kehren wieder wie Et. des Brebis, Etang de l'Ours, Et. Font-Isard.

An irgend eine geheimnisvolle Begebenheit oder an eine düstere Sage erinnert die Bezeichnung Etang du Diable, die wir in zwei verschiedenen Gebirgsgruppen der östlichen Pyrenäen antreffen.

Sehr viele Seen sind naturgemäss nach dem Namen eine Weide, Alp, einer Alphütte (Orry, cabane), nach einem benachbarten Gipfel oder auch nach einem Menschen benannt; so z. B. sollen nach E. BELLOC die Namen L. d'Aumar und L. d'Aubert von Eau Marc, Eau Bret abgeleitet sein. Nicht selten haben auch Gipfel die Namen nach einem See.

Weitere Deutungen von Ortsnamen verdanken wir insbesondere A. MEILLON für die Gegend von Cauterets (Lit. 117).

G. Die wirtschaftliche Bedeutung der Pyrenäenseen

Wegen ihrer Abgelegenheit in den fast durchwegs nur auf mühsamen Wegen erreichbaren Hochtälern spielen die Pyrenäenseen in der Geographie des Menschen lange nicht die Rolle wie etwa die weit grösseren und meist in tieferen, leicht zugänglichen Tälern liegenden Seen der Alpen, die von einem Kranz blühender Ortschaften umgeben sind und auf denen sich namentlich im Sommer infolge starken Fremdenbesuches ein lebhafter Verkehr abwickelt.

Immerhin kommt den relativ kleinen Gebirgsseen der Pyrenäen doch auch eine nicht unwesentliche wirtschaftliche Bedeutung zu.

1. Die Fischerei.

Vorerst ist die Tatsache festzustellen, dass die meisten von ihnen, wie die ihnen entströmenden Flüsse, sehr fischreich sind und dass sie die in ihrer Nähe erstellten Gasthöfe mit dem zarten Fleisch der geschuppten Bewohner beliefern. Besonders verbreitet sind hier die Forellen, von denen es nach den Ausführungen von RAMOND DE CARBONNIERE, E. BELLOC, dem Grafen R. DE BOUILLE, dem Dr. F. GOMMA u. a. in den verschiedenen Seen mehrere Arten geben soll (Lit. 16, 47). So glaubte RAMOND DE CARBONNIERE hier drei Arten, die gemeine Forelle (*Trutta fario*), die Salm-Forelle (*Trutta argentea*) und die Alpen-Forelle (*Salmo alpinus*) unterscheiden zu können. Gegenwärtig jedoch nimmt man nur eine Art, die erstgenannte (*Trutta fario*) mit verschiedenen Varietäten nach der Farbe an. Diese Forelle kommt in allen Pyrenäenseen bis zu 2400 m Höhe vor, und sie erreicht nicht selten das Gewicht von 3—4 kg. In den östlichen Pyrenäen sind die zahlreichen Gebirgsseen des Pic Carlitte-Massivs sehr fischreich; es wird hier im Sommer mit der Angel gefischt; im Winter aber gehen die Fischer auf die gefrorenen Seen, zerbrechen die Eisdecke und stecken ihre Netze durch die Löcher in das Wasser hinab, um sie stets mit gutem Erfolg herauszuziehen. Der Ertrag dieser Fischerei in der Cerdagne erreicht, nach E. BROUSSE (Lit. 17), jährlich mehrere tausend Franken. Ähnlich äusserte sich DRALET (Lit. 106).

Von dem Fischreichtum und der Art des Fisches in den Seen der Sierra de los Encantados und Montarto gibt FONT. DE NEGRIN die folgende Beschreibung (Lit. 69):

„Tous les lacs de ces régions fourmillent de truites; les pêcheurs de la vallée d'Aran font flotter des troncs de sapin secs, se mettent dessus et lancent leurs filets, se laissant aller au grès des eaux sur ces bateaux primitifs. Le produit de la pêche (ainsi que les isards, qui abondent dans le cirque de Colomès) est descendu tous les soirs à Salardù, et de là porté à Luchon pendant la saison.“

M. CHEVALIER erwähnt mehrere Gebirgsseen von Andorra, die reich an Forellen sind (Lit. 103).

Ferner wirken die meisten der Gebirgsseen der Pyrenäen als Wasserstandsregulatoren der Flüsse, was um so wichtiger ist, als in zahlreichen Tälern namentlich der Südabdachung, das Talwasser in Kanälen den Hängen entlang geleitet wird, teils zur Verwendung

in Mühlen, teils für künstliche Bewässerung der flacheren Hänge und der Talsohlen.

Der Lac Bleu ou de Lesponne wurde zum gleichen Zweck angebohrt, und das Wasser, ausser zur Erzeugung von elektrischem Strom, zur Bewässerung ausgedehnter Gebiete weiterhin geleitet.

2. Ausnützung der Wasserkräfte.

In neuerer Zeit ist die wirtschaftliche Bedeutung vieler Pyrenäenseen in besonderem Masse erhöht worden wegen ihrer Verwendung zur Gewinnung von elektrischer Kraft. Viele dieser natürlichen Wasserspeicher erhielten beim Auslauf noch eine künstliche Staumauer, wodurch das Fassungsvermögen der Wasserbecken erheblich vermehrt werden konnte. Die Ausnutzung des Wassers geschieht nun in der Regel durch einen nahezu wagrechten Stollen, der von aussen her durch den stauenden Felsriegel gegen den Boden des betreffenden Sees getrieben wurde und von wo man sodann das Wasser in längerer Leitung nach dem Wasser schloss führt; von hier strömt es durch ein hohes Druckrohr nach der Zentrale hinab. Es handelt sich demnach vorwiegend um sogenannte Hochdruckwerke, wie sie auch in den Alpen an vielen Orten angelegt worden sind.

Solche Hochdruckwerke wurden in mehreren mit Hochseen versehenen Tälern der Pyrenäen erstellt, so im Tal von Ossoue mit dem Lac d'Artouste, im Tal der Neste d'Aure mit Ausnützung mehrerer Seen des Néouvielle Massivs, im Tal der Pique oberhalb Luchon l. Bagnères, im Tal des Vic d'essos, im Gebiet der Ariège, im Tal des Riu de Flamisell, Gebiet der Noguera Pallaresa, im Tal der Tet usw. Nähere Angaben über die Ausnutzung der Wasserkräfte in den Pyrenäen finden sich bei H. Cavaillès, H. MARTIN, D. EYDOUX, F. HONORE, M. POMEROL, M. H. BUCHERER.

Die in den Pyrenäen gewonnenen Kräfte werden teils in benachbarten Fabrikanlagen (Usines) verwertet, teils zum Betrieb von Bahnlinien und zur Beleuchtung zahlreicher Ortschaften verwendet. Diese Verwendung bedingt teilweise sehr lange Leitungen, umfangreiche Transformationsanlagen, auch Fabriken zur Herstellung von entsprechendem Material. Solche Fabriken von grösserem Umfange bestehen namentlich in Tarbes (Chaudronneries des Pyrénées, Constructions Electriques de France, les Etablissements

Oustau & Cie.), in Pamiers (Usines de la Société métallurgique de l'Ariège), in Toulouse Compagnie Générale d'Electro-Céramique) in Lourdes (Comp. Electro-Mécanique) in Luchon les-Bagnères und in Tarascon s. Ariège. Vergl. hierüber insbesondere die Aufsätze von F. HONORE und H. MARTIN (Lit. 52, 61).

Eine der umfangreichsten und bedeutungsvollsten Unternehmungen ist diejenige im Tal der Neste d'Aure; sie dient sowohl zur Gewinnung von Elektrizität als auch zur Lieferung von Wasserkraft und für Bewässerung eines sehr ausgedehnten Gebietes des Pyrenäen-Vorlandes (Lit. 38). Für beide Zwecke ist naturgemäss eine während Sommer und Winter gleichmässige Wasserführung die Grundbedingung; hiefür hat man mehrere grössere Seen des Néouvielle-Massivs angebohrt, nachdem man ihre Spiegel durch Erstellung massiver Staumauern noch bedeutend erhöht hatte.

So wurden die Spiegel des Lac d'Orédon und des Lac de Cap-de-Long je um 18 m gehoben, so dass der eine 7 Millionen m³, der andere 6 Millionen m³ nutzbare Wassermasse zu fassen vermag. Ferner wurden sowohl der Lac d'Aumar wie der Lac d'Aubert gestaut, wodurch die hier zur Verwendung gelangende Wassermenge auf zirka 4 Millionen m³ gestiegen ist. Durch eine weitere grosse, 30 m hohe Staumauer wurde aus einem kleinen in Verlandung begriffenen Natursee ein grösserer künstlicher See, der Lac d'Oule in 1800 m geschaffen, der als zentrales Sammelbecken dient, von dem das Wasser mittelst eines längeren Stollens nach dem Wasserschloss (Chambre d'Eau) in 1770 m geleitet wird. Von hier führt die 755 m hohe Druckleitung nach der Zentrale von Eget 1015 m hinunter, die mit 35 000 H. P. zu den grössten Kraftwerken der Pyrenäen gehört; ein zweites Werk befindet sich bei St. Lary mit 20 000 H. P., und ein drittes mit 15 000 H. P. bei Arreau. Bei Sarrancolin wird nun das Wasser mittelst eines 25 km langen Kanals talabwärts geleitet, durch den „Canal de la Neste“, verstärkt durch das Wasser des Lac de Caillaouas, das ebenfalls zur Kraftgewinnung benutzt wird (Usines bei Trames aygues und Loudonvielle), gelangt es bis in die Gegend von Lannemezan, wo es an verschiedene kleinere Flüsse verteilt wird, die hier am Scheitelpunkt des riesigen jungtertiären Aufschüttungsfächers ihren Ursprung nehmen; es sind dies die Louge, die Jave, der Gers, die beiden Baïses und die Bouès R. An jedem dieser Flüsse befinden sich zahlreiche kleinere und grössere Betriebe, Mühlen, Kraftwerke, Werkstätten, die auf diese Weise das ganze Jahr hindurch eine ständige, ausreichende Wasserkraft erhalten; ausserdem wird in jenen Gebieten in Zeiten der Trockenheit viel Wasser zur Bewässerung der Wiesen und Felder verwendet (Vergl. Eydoux Lit. 38).

Als natürliches Staubecken und Wasserstandsregulator wirkt ferner der Lac de Gaube, dessen Abfluss unterhalb Cauterets ge-

fasst und in einem zirka 4 km langen Leitungskanal bis zum Ausgang des stufenförmig ins Tal des Gave de Pau einmündenden Seitentales geführt wird. Dort befindet sich die Zentrale von Soulom, zu welcher auch das weiter oberhalb gestaute Wasser des Gave de Pau durch einen 6 km langen Stollen hergeleitet wird. Das demnach von zwei Flüssen gespiesene Kraftwerk besitzt sechs Turbinen von je 3500 H. P. Leistungsfähigkeit.

Eine ebenfalls grossartige Kraftwerkanlage ist im Tal von Ossou geschaffen worden. Hier hat man zunächst das Wasser des in 1918 m Höhe gelegenen Lac d'Arbouse zur Belieferung der Zentrale von Artouste in 1142 m (Druckgefälle 736 m) verwendet, welche letztere eine Leistung von 30 000 H. P. aufweist. Von hier weg wird das gleiche Wasser, verstärkt durch Seitenflüsse, durch einen 7,5 km langen Leitungskanal zur Wasserkammer oberhalb der Zentrale von Miégebat geführt, die es mit einem Gefälle von 380 m erreicht; die Leistung dieses Werkes beträgt 50 000 H. P. Ein dritter Leitungskanal führt sodann das Wasser zu der Usine de Hourat, die ebenfalls 50 000 H. P. produziert. Wir haben hier also ein Unternehmen vor uns, das ähnlich wie die Kraftwerke an der Grimsel die Ausnutzung des Wassers in mehreren Stufen ermöglicht.

Bemerkenswert ist auch die Kraftwerkanlage von Auzat im Tal des Vicdessos, Ariège. Hier wird das Wasser von mehreren Bergseen im Talhintergrund gewonnen, bei St. Marc mittelst eines Siphons von der rechten zur linken Talseite bis zu den Lacs des Bassiès und von da zur Wasserkammer oberhalb Auzat geleitet.

Eine der grössten Kraftwerkanlagen der französischen Pyrenäen ist diejenige der Société Pyrénéenne d'Energie Electrique im Tal des Orgeix R., wo bei der alten Forge d'Orlu die Zentrale steht, die das Wasser des Lac Naguilles mit einem Druckgefälle von rund 940 m aufnimmt. Die Leistung dieses Werkes soll 75 000 H. P. betragen. Den bedeutenden Wassermassen des 72 m tiefen Lac Naguille wird mittelst eines Tunnels noch das Wasser des Lac d'En Beys zugeführt.

Im Einzugsgebiet der Tet befindet sich sodann das Werk von La Bouillouse, wo in 2000 m Meereshöhe ein verlandeter See durch eine 20 m hohe Mauer zu einem ausgedehnten Reservoir gemacht wurde, von wo das Wasser nach der Usine von Fondpédrouse geleitet wird. Die gewonnene elektrische Kraft wird haupt-

sächlich zum Betrieb der Schmalspurbahnlinie Villefranche de Conflent bis La Tour de Carol verwendet.

In neuerer Zeit sollen auch die Seen von Lanoux und Bésines durch Tunnel miteinander verbunden und zur Belieferung eines grossen Kraftwerkes im Hochtal der Ariège verwendet werden. Mehrere Kraftwerke wurden sodann im Tal der Aspe erstellt; das hiefür notwendige Wasser wird durch den Lac d'Estaens reguliert.

Aber auch auf der spanischen Abdachung der Pyrenäen sind innerhalb der letzten 20 Jahre ganz bedeutende Werke zur Ausnutzung der in Gebirgsseen aufgespeicherten Wasserkräfte erstellt worden; dabei haben sich schweizerische Ingenieure in hervorragendem Masse beteiligt. Dies ist insbesondere im Gebiet der Noguera Pallaresa und des Riu Flamisell der Fall, wo ein grossartig angelegtes System von ausgesprochenen Hochdruckwerken mit stufenartig angeschlossenen Talwerken, mit Uebergängen bis zum eigentlichen Niederdruckwerk, geschaffen worden ist; die gewonnene Kraft wird zum Betriebe grosser industrieller Anlagen nach Barcelona geleitet.

Vor allem interessiert uns die Gegend von Capdella im Talhintergrund des Riu Flamisell. Hier sind ungefähr ein Dutzend Hochseen der Sierra de los Encantados zur Gewinnung von Wasserkraft herangezogen worden. (Vergl. Fig. 4 und 15).

Diese Seen sind nach ihrer Lage in drei Gruppen geordnet. Die erste dieser Gruppen umfasst die in 2307 bis 2422 m Höhe gelegenen Lago Colomina, Lago Mar, Lago Frescau und Lago Saburo, von denen drei über 60 m tief sind (vergl. Tabelle 7). Von einem zentral gelegenen 50 m tiefen Einstiegsschacht, wo eine Drosselanlage eingebaut wurde, ist zunächst ein fast wagrechter Stollen südwärts nach dem Estan Gento in 2000 m Höhe angelegt worden; hierauf wurden von der Drosselkammer seitliche Stollen nach dem Seegrund des Lago Colomina und des Lago Mar vorgetrieben, sodann wurde auch der Lago Saburo angebohrt und dessen Wasser nach dem Lago Mar geleitet. Der gesamte Ablauf geht nach dem Estan Gento, der als Sammelreservoir dient, von wo ein 6 km langer Leitungskanal nach dem Wasserschloss, der Camera de Aqua, führt. Die Gesamtheit der nutzbaren Wassermenge dieser ersten Seegruppe beträgt 17 Millionen m³.

Die zweite Gruppe von Seen befindet sich in dem mittleren Muldenkar dieses Gebietes; es ist zugleich das grösste jener stufenförmig ansteigenden Hochtäler und birgt nacheinander den Lac Fossé, den Lac Tort, den Lac Cubeso, um nur die grösseren zu nennen, die auch für die Ausnutzung ihrer Wasser in Betracht kommen; diese Seen sind durch Stollen mit dem Estan Gento verbunden worden.

Die dritte Gruppe besteht aus mehreren im westlichen Muldenkar gele-

genen, etwas kleineren Seen, deren Wasserspiegel durch Sperrmauern um mehrere Meter erhöht wurden; es sind dies der L. Tapat, der L. Morera und der L. Salado in 2047—2250 m Höhe. Vom tiefstliegenden See, dem L. Tapat, führt ein mehrere km langer Stollen quer durch den trennenden Bergkamm nach dem Estan Gento.

Ueber die hier ausgeführten Arbeiten von Stollen zur Entleerung der Seen haben M. H. BUCHERER und M. POMEROL eingehend berichtet (Lit. 19 und 83). Jedoch ist der Darstellung BUCHERERS berichtend beizufügen, dass die technischen Arbeiten nicht zur Hauptsache unter Leitung französischer Ingenieure, sondern wie M. POMEROL bemerkte, gänzlich unter der des Schweizer Ingenieurs ALBERT KELLER durchgeführt wurden, wie denn auch bei der Erstellung des Wasserschlosses, der Zentrale, der Transformationsanlage usw. ausschliesslich schweizerischen Ingenieuren die technische Leitung übertragen worden ist. Selbst auf französischem Boden sind heute mehrere Schweizer in solchen Stellungen tätig.

Es beträgt das Druckgefälle oberhalb der Zentrale Capdella 870 m, und die Leistung des Werkes 40 000 H. P. Ein zweites Kraftwerk der gleichen Gesellschaft (Energia Electrica de Catalunya) befindet sich 15 km weiter talwärts bei Molino, unterhalb des Dorfes Torre de Capdella mit einer Leistung von 22 000 H. P. Ferner sind durch die Gesellschaft Fuerzas y Riegos del Ebro bedeutende Kraftwerkanlagen am Riu Flamisell bzw. an der Noguera Pallaresa bei Pobla de Segur, Tremp, Gabet und Camarassa erstellt worden. Bei Tremp und Camarassa wurde hiefür der Fluss zu grösseren Stauseen gestaut. Die Gesamtleistungen dieser Werke betragen 133 000 H. P.

Die gleiche Gesellschaft hat bereits mit den Arbeiten begonnen, die umfangreichen Wassermassen des 96 m tiefen Lac de Cerdans oberhalb Tabescan auszunutzen, von wo der elektrische Strom in Ueberlandleitungen ebenfalls nach Barcelona geführt werden soll.

In jüngster Zeit hat man auch in der Republik Andorra mit der Ausbeutung der Wasserkräfte begonnen. In der Nähe des Badeortes Escaldes befindet sich die elektrische Zentrale der FHASA, die bei vollem Betriebe 30 000 HP. zu liefern imstande sein wird. Das von Gebirgsbächen stammende Wasser wird im Lac d'Angolasters (Etany d'Engolastérs) aufgestaut, von wo es ein Druckgefälle von 500 m erhält (nach M. CHEVALIER, Lit. 103).

Aus diesen Angaben dürfte hervorgehen, dass vielen Pyrenäenseen zur Gewinnung von Wasserkraft für Elektrizität eine grosse Bedeutung zukommt.

1. Tabelle Hauptverzeichnis der in den Pyrenäen vorkommenden Seen

I. Nördliche Abdachung

Zahl	Name	Grösse	Exp	Fels	Höhe ü. M.	Talart	Abfluss	Massiv
1. Gebiet des Gave d'Aspe								
1	L. d'Arlet	k	NO	Kalk	1988	Kar	Belonce R.	Pic d'Anié
1	L. de Lhur	"	O	"	ca. 1800	"	G. de Lescun	"
1	L. d'Anié	"	NO	"	1975	"	o. Abfluss	"
1	L. d'Ansabe	"	O	"	1860	"	R. d'Ansabe	"
4								
2. Gebiet des Gave d'Ossau								
1	L. sup. de Montagnon	k	S	Kalk	1950	Tr.-Kar	o. Abfluss	Pic Montagnon d'Isère
2	L. inf. de Montagnon	k	S	"	1800	"	"	"
1	L. d'Isabe	mg	NO	Schief.	ca. 2140	Kar	R. d'Isabe	P. de l'Escarpure
1	L. d'Aule	k	O	"	1840	"	o. Abfluss	"
1	L. Romassot	mg	NO	Kalk	1812	Tr.-Kar	"	"
2	L. d'Ayous	"	NO	Schief.	ca. 1950	"	"	"
1	L. Bersou	k	"	Quarz	2080	"	"	"
2	L. de Bielle	"	"	Kalk	2060	"	"	"
1	L. d'As	"	O	"	1800	Kar	R d'As	"
1	L. Peyreget	"	NW	"	1980	"	o. Abfluss	Pic du Midi d'Ossau
1	See ö. Peyreget	"	NO	"	ca. 2040	"	"	"
1	L. de Congles	"	N	"	ca. 1400	Kar?	"	P. Mailli Massibé
1	L. de L'Ouesque	"	"	Schiefer	2272	Kar	R. Valentin	Pènes Blanches
2	L. d'Uzious	"	"	"	2120	Tr.-Kar	"	"
1	L. d'Anglas	"	"	"	2009	Kar	"	"
2	L. n. de Galbe	"	NW	"	ca. 2200	"	G. de Sousouéou	P. de Balaitous
2	L. w. de Milhas	"	"	"	ca. 2200	"	"	"
2	L. w. d'Estibères	"	"	"	2201	"	"	"
2	L. w. de Séour	"	N	"	ca. 2020	"	o. Abfluss	"

		k	N	Granit	1980	Tr.-Kar	G. de Sousouéou	P. de Balaïtous
2	L. Ormuelas							
2	L. de Baboukou	"	W	"	ca. 2100	Kar	"	"
1	L. d'Artouste	g	N	"	1964	Tr.-Kar	"	"
4	L. d'Arremoulit	k	"	"	2232	"	"	"
1	L. d'Arrius	mg	"	"	2254	Kar	R. d'Arrius	"
2	L. de Lurien	k	NW	Schiefer	ca. 2080	"	G. de Brousset	"
1	L. d'Arrouy	"	NO	Granit	ca. 1980	"	G. de Sousouéou	"

40

3. Gebiet des Gave de Pau

		k	N	Schiefer	2250	Kar	R. de Labas	P. de Balaïtous
1	L. de Taousseille	mg	NO	"	2357	"	R. de Lalie	"
1	L. de Pouylune	g	"	Granit	2267	Tr.-Kar	G. d'Arrens	"
1	L. de Migouelou	k	"	"	2260	"	"	"
2	kl. See Migouelou	mg	"	Schiefer	2220	"	"	"
1	L. de Lassiedouat	k	"	"	2180	"	"	"
1	L. des Carnaous	"	"	"	ca. 2220	"	"	"
1	L. de Goule	"	"	Granit	ca. 1539	Tal	"	"
1	L. de Suyen	"	"	Schiefer	2250	Kar	Larribet	"
1	L. Babel	"	O	"	2177	Tr.-Kar	"	"
4	L. de Batcrabère	"	N	"	ca. 2300	"	"	"
4	L. de Micolau	"	"	Granit	2044	St.-Tal	G. d'Arrens	"
2	L. Remoulis	"	"	"	1264	Tal	Labat de Bun	"
1	L. d'Estaing	g	"	Schiefer	ca. 1560	"	"	"
1	L. de Langle	k	"	Granit	1640	"	"	"
1	L. de la Pla-de-Prat	mg	"	"	1880	Tr.-Kar	"	"
1	L. de Liantran	k	N	"	ca. 2020	"	"	"
1	L. Houns de Hèche	"	"	"	2186	M.-Kar	"	"
1	L. Nère	"	W	"	2300	"	"	"
1	L. Long	mg	"	"	2480	"	"	"
2	L. de Piarroury	k	"	"		"	"	"
1	L. de Barbat	"	N	"		Tr.-Kar	R. de Garenblanc	"

Zahl	Name	Grösse	Exp.	Fels	Höhe ü. M.	Talart	Abfluss	Massiv
1	L. de Maye	k	S	Schiefer	1986	Kar	R. de Batan	Pic de la Gr. Fache
1	L. Illéou	g	NO	"		Tr.-Kar	R. de la Paladère	"
1	L. Noir	k	"	"		"	"	"
1	L. de l'Enbarrat	"	O	Granit	2187	"	R. de Marcadaou	"
2	L. de Pourtet	mg	"	Schiefer	2400	"	"	"
1	L. Nère	"	S	"	2350	"	"	"
2	L. de Cambalès inf.	"	NO	Granit	2250	"	"	"
2	L. de Cambalès sup.	"	"	"	2330	"	"	"
2	L. de Remoulan	k	"	"		M.-Kar	"	"
4	See w. P. Affron	"	O	"	ca. 2300	Kar	"	Pic de Vignemale
1	L. de Péterneille ¹⁾	"	N	"	2570	"	o. Abfluss	"
2	L. Cuyén Biélh	"	"	"	2400	"	R. de la Badette	"
2	L. d'Arratilh	"	"	"	2250	Tr.-Kar	R. d'Arratilh	"
1	L. de la Badéte	"	"	"	2348	"	"	"
1	L. du Col d'Arratilh	"	"	"	2508	"	"	"
1	L. Meillon	"	"	"	2540	"	"	"
1	L. de Chabarrou	"	"	"	2282	"	G. de Gaube	"
1	L. d'Estibe Aule	"	O	"	2520	Kar	"	"
3	L. d'Arralhé	"	NW	"	2460	Tr.-Kar	"	"
2	L. de Gaube	"	W	"	1789	Tal	"	"
1	L. d'Estibaouté	g	"	"	2361	Kar	G. d'Estom	"
1	L. d'Estibet d'Estom	mg	N	"	2470	"	o. Abfluss	"
1	L. d'Estom	k	NO	"	1782	Tal	G. d'Estom	"
1	L. de Hount Héréde	mg	"	"	2087	Kar	"	"
1	L. du Labas	k	N	"	2281	M.-Kar	"	"
1	L. des Oulètes d'Estom	mg	NW	"	2360	"	"	"
1	P. Lac Estom Soubiran	"	"	"	2445	"	"	"
1	L. inf. du Malh Arrouy	k	"	"	2590	"	"	"

¹⁾ Die folgenden Höhenzahlen der Seen des Vignemale nach der Karte von A. Meillon

1	L. sup. du Malh Arrouy	k	N \geq	Granit	2692	M.-Kar	G. d'Estom	Pic de Vignemale
1	L. Glace d'Estom Soub.	"	"	"	2565	"	"	"
1	L. du Col	"	"	"	2657	"	"	"
1	L. des Gentianes	"	W	"	2650	Kar	o. Abfluss	"
1	L. de Labassa	"	S	"	2507	"	R. de Labassa	"
3	L. du Mont Ferrat	"	NO	Schiefer	2378	Tr.-Kar	G d'Assoue	"
1	L. du Cardal	"			2221	Terasse	La Canau	"
1	J. de Bernatuero	"	S	Kalk	2257	Kar (Doline)	o. Abfluss	"
1	L. Espliguette	"	O	Granit		Kar	R. de Bernazaou	"
1	L. Laques	"	N	"	2037	St.-Tal	"	"
1	Grand L. d'Ardiden	mg	"	"	2379	M.-Kar	"	"
6	Lacs d'Ardiden	k	"	"	2360-80	"	"	"
1	L. Mensonge	"	NO	"	ca. 2000	Kar	R. Mensonge	"
1	L. de Badet	"	N	"	2600	"	R. de Badet	"
1	L. de Bastampe	"	NO	"	1960	Tr.-Kar	Lassarieu	"
1	L. de Litouèse	"	"	"	2101	Kar	R. de Litouèse	"
1	L. d'Antarouyes	"	"	"	2016	St.-Tal	G. de Cestrède	"
1	L. de Cestrède	"	"	"	1967	"	"	"
1	L. Noir	"	N	"	2332	Kar	"	"
1	Lacot d'éra Oule	"	"	"	2310	"	"	"
1	L. de Labasson	"	NO	Schiefer	2007	"	R. de Holle	"
1	Et. d'Anapeou	"	S	"	ca. 2000	"	Gave de Cauterets	P. de Cabalro
1	L. d'Izaby	mg	N	"	1572	Tr.-Kar	R. d'Izaby	P. du Midi d. Bigorre
2	L. d'Oncet	"	S	"	2238	"	Le Basian	"
1	L. de Cap de la Teste	k	N	Kalk	1520	Joch	o. Abfluss	Pènes Blanches
1	L. de Mâoucapera	"	N	Granit	2316	Kar	L'Ise R.	M. de Néouvielle
1	Les Laquettes	"	O	"		"	"	"
1	L. du Pourtet	mg	N	"	2432	"	R. de Bolou ¹⁾	"
1	L. Oueil-Nègre	"	"	"	2339	Tr.-Kar	"	"
1	L. d'Estellat inf.	k	"	"	2401	M.-Kar	"	"

¹⁾ Die Höhenangaben der Seen in den Gebieten des R. de Bolou, de Glaire und de Barada sind der Karte des Col. Prudent 1:25 000 (Ann. Cl. Fr. 1901) entnommen.

Zahl	Name	Grösse	Exp.	Fels	Höhe ü. M.	Talart	Abfluss	Massiv
1	L. d'Estellat sup.	k	N	Gran t	2461	M.-Kar	R. de Boulou	M. de Néouvielle
1	L. de la Manche	"	"	"	2246	"	"	"
1	L. de la Glaière inf.	"	NW	"	2185	"	R. de la Glaière	"
1	L. de Combe-Longue	"	"	"	ca. 2200	"	"	"
1	L. de Combe-Escure	"	"	"	2150	"	"	"
2	L. du Mail	"	"	"	ca. 2400	"	"	"
2	L. de la Mourelle	"	"	"	2303	"	"	"
2	L. d'Astazou	"	N	"	2229	"	"	"
2	L. Verts	"	"	"	2600	Tr.-Kar	"	"
1	L. Bleu	"	"	"	2675	"	"	"
1	L. Glacé	"	"	"	2825	"	"	"
1	Coueyla-Grand	mg	W	"	2165	M.-Kar	R. d'Aygue-Cluse	"
1	Coueyla-Petit	k	"	"	2145	"	"	"
5	L. inf. d'Aygues-Cluses	"	N	"	2422	"	"	"
2	L. sup. d'Aygues-Cluses	"	"	"	2500	"	"	"
2	Lacs sans nom	"	"	"	"	St-Tal	"	"
1	L. d'Escoubous	mg	N	"	2049	M.-Kar	R. d'Escoubous	"
1	L. Blanc	"	"	"	2135	"	"	"
1	L. de Tracens	"	"	"	2180	"	"	"
1	L. Nègré	"	"	"	2195	"	"	"
2	Lacs supérieurs	k	"	"	2230	"	"	"
1	L. de Rabiet	mg	NW	"	2220	Tr.-Kar	R. de Baradà	"
1	L. Coueyla-dét-Mey	"	"	"	2310	"	"	"
1	L. de Bugaret	k	"	"	2335	"	"	"
1	L. de Tourrat	"	"	"	2600	"	"	"
1	L. de Bassias	"	"	Schiefer	2150	St.-Tal	R. de Bassias	"
1	L. de la Hosse	"	W	Kalk	1963	Kar	o. Abfluss	Mont Perdu
1	L. de los Aires	mg	NW	Schiefer	2050	Tr.-Kar	R. de Tougres	Pic de la Munia
1	S. n. Pic de Pène Blanche	k	N	Kalk	2200	Kar	o. Abfluss	"
1	L. de Gélaque	"	"	"	ca. 1660	Hang	"	Pic del Moule

4. Gebiet des Adour

	g	Schiefer	421	Tal	Gave de Pau	
	k	N	Schiefer	1681	Tr.-Kar	Adour
L. d'Ourset	"	"	"	1968	"	"
L. de Cuye-Sèque	g	"	Gneiss	2000	"	R. Liegou
L. Bleu	k	"	Schiefer	1952	Kar	R. d'Ardalos
Et. de Laquet	mg	"	Gneiss	1800	Tr.-Kar	R. de Bienarros
L. de Peyrelade	k	"	Schiefer	ca 2100	Kar	R. d'Arises
L. de Bienarros	"	SO	"	1720	Hang	R. de Hours
L. d'Arises	"	"	"	ca 1960	St.-Tal	R. de Rimoula
L. Hont-Blanche	"	N	"	1750	Kar	"
L. d'Aygue-Rouge	"	"	Granit	2100	Tr.-Kar	R. de Garet
L. Ballonque	"	"	"	ca. 2250	"	"
Lacs de Cadérolles inf.	"	"	"	1921	"	R. de Tournalet
Lacs de Cadérolles moy.	"	"	"	2121	St.-Tal	R. de Gaube
Lacs de Cadérolles sup.	"	"	Schiefer		Tr.-Kar	R. d'Artigous
L. de Lespade	"	"	"			"
L. de Gaube	"	"	"			M. de Néouvielle
L. d'Arou	"	"	"			"

32

5. Gebiet der Neste d'Aure

	k	O	Schiefer	2107	Kar	R. de Rabuc	M. de Néouvielle
L. de Portarras	"	"	Granit	1740	St.-Tal	R. de l'Oule	"
L. de l'Oule	"	S	"	2144	Tr.-Kar	"	"
L. de Bastanet	mg	"	"	2350	"	"	"
L. sup. de Port-Bieil	k	SO	"	2261	"	"	"
Lacs inf. de Port-Bieil	g	"	"	1879	St.-Tal	La Neste	"
L. d'Orrédon	"	"	"	2120	"	"	"
L. de Cap de Long	"	"	"			"	"

L. de Lourdes

150

Zahl	Name	Grösse	Exp.	Fels	Höhe ü. M.	Talart	Abfluss	Massiv
1	L. de Loustallat	mg	SO	Granit	2182	St.-Tal	La Neste	M. de Néouvielle
3	Laquettes	"	"	"	2102	M.-Kar	"	"
1	L. d'Aumar	g	"	"	2202	"	"	"
1	L. d'Aubert	"	"	"	2160	"	"	"
1	See s. P. d'Estibert	k	"	"	"	"	"	"
1	L. d'Estaragne	"	N	Schiefer	ca. 2800	Kar	"	"
2	L. de Barroude	mg	"	"	ca. 2320	Tr.-Kar	R. de Gela	Pic de la Munia
1	L. de Héchempy	k	NO	"	ca. 2350	Kar	R. de Moudona	"
1	L. de Cacibet	"	N	"	ca. 2400	"	R. de Sause	"
1	L. d'Aret	"	"	"	ca. 2500	"	R. de Lassas	Pic de Suelza
1	L. de Sarrouyes	"	"	"	ca. 2440	"	R. d'Arsoüé	"
1	L. de Consaterre	"	W	"	2240	"	R. de Bidourle	"
1	L. de Lustou	"	N	"	2368	"	R. d'Arsoüé	"
1	L. d'Aygues-Tortes	"	O	Gneiss	ca. 2300	"	R. de Clarabilde	Pic Perdighero
1	L. de Pouchergues	"	NW	Granit	2165	Tr.-Kar	"	"
1	L. de Caillaouas	g	"	"	2165	"	"	"
1	L. Gours-Blancs inf.	mg	"	"	2395	"	"	"
1	L. Gours-Blancs sup.	k	"	"	2524	"	"	"
1	L. de Hourgade	"	N	Schiefer	ca. 2450	Kar	R. d'Aube	"
3	L. de Nère	"	"	"	ca. 2300	Tr.-Kar	"	"
1	L. de Bordères	mg	"	"	1767	Kar	R. de Lastie	Mt. Monné

40

6. Gebiet der Garonne

1	L. de Soulas	k	O	Schiefer	ca. 2000	Kar	R. de Prés	Pic du Perdighero
1	L. de Soubiron	"	N	"	ca. 1960	"	"	"
1	L. de Sadagouaux	"	"	"	ca. 2200	"	R. de Squiery	"
1	L. d'Oo	g	"	"	1496	St.-Tal	La Neste	"
1	L. d'Espinngo	k	N	"	1875	Tr.-Kar	"	"
1	L. de Sausat	"	"	Granit	1960	"	"	"

	L. Glacé	k	N	Granit	2670	Tr.-Kar	La Neste	Pic du Perdighero
1	L. du Portillon	mg	"	"	2650	"	"	"
1	L. Vert	"	"	Gneiss	1960	"	R. de Houradade	"
1	L. Bleu	k	"	"	ca. 2000	"	"	"
2	L. des Graoues	"	"	"	ca. 2100	"	"	"
2	L. du Port Bielh.	"	"	"	ca. 2200	"	"	"
1	L. de la Montagnette	"	"	"	ca. 2200	Kar	R. de la Pique	"
1	L. de Baliran	"	"	"		"	R. de Baliran	"
4	L. del Boum del Port	"	"	"	2260	"	R. de la Pique	"
1	Et. de la Frèche	"	"	"	ca. 2000	"	"	"
2	Et. des Garses	"	W	Schiefer	ca. 2200	Joch (?)	"	"
2	Et. dessous et dessus	"	"	"	ca. 1900	Kar	"	Pic de Bacanère
1	Et. de Casteret	"	N	"	ca. 1950	"	"	"
1	Et. de Bural	"	"	"	ca. 1600	"	R. de Marignac	"
1	Est. de Bacanère	"	W	"	ca. 1900	"	R. de la Pique	"
1	L. de Crouès	"	"	"	ca. 1700	Joch	La Neste d'Oueil	Mt. Monné
1	L. Cloutise	"	SO	"	ca. 1650	Kar	R. de Baridère	Tuc de l'Etang
1	L. de Barbazan	"	"	Kalk	435	Tal	Garonne	"
1	L. de St-Pé-d'Ardet	"	"	"	690	St.-Tal	"	"
3	L. de Sabourédo inf.	mg	N	Granit	2200	M.-Kar	Garon de Ruda	Sa. Montarto ¹⁾
1	Grd. L. de Sabourédo	g	"	"	2348	"	"	"
4	L. de Sabourédo sup.	mg	"	"	2380	"	"	"
1	Est. de Llosa	"	"	"	1950	"	Rio Aiguamoch	"
2	Est. Clotos	g	"	"	2185	"	"	"
2	Est. Majou	mg	"	"	2035	"	"	"
2	Est. Oubagon	"	"	"	2175	"	"	"
12	Est. Colomès	k	"	"	2200	"	"	"
1	Est. de Berguils	mg	"	"	2400	"	"	"
6	Est. de Berguils	k	"	"	ca. 2400	"	"	"
1	Est. Llarg	mg	"	"	2200	"	"	"

¹⁾ Die Höhenzahlen der Seen der Sa. Montarto nach der Karte von F. Schrader

Zahl	Name	Gröss.	Exp.	Fels	Höhe ü. M.	Talart	Abfluss	Massiv
2	Est. de Moncasau	mg	N	Granit	2050	Tr.-Kar	R. Rencules	Sa. Montarto
2	Est. de Ribereta	k	"	"	2150	"	"	"
2	Est. de Lassolet	"	"	"	2200	"	"	"
1	L. de Cap de Port	"	NW	"	2235	Kar	R. Valarties	"
1	L. de Restenque	"	N	"	1990	Tr.-Kar	"	"
1	Est. del Mar	g	"	"	2225	"	"	"
1	Gd. L. de Rios	"	NW	"	2360	M.-Kar	"	"
4	L. Supérieurs	mg	"	"	2380	"	"	"
1	L. Inferior	"	"	"	2340	Joch	"	"
1	Et. de Bargadéra	k	NO	"	2100	Kar	R. de Bargadéra	"
1	L. del Puerto	"	N	"	1795	"	R. Negro	"
1	L. Negro	"	"	Kalk	2100	"	o. Abfluss	Maladetta
1	L. de Pouméro	mg	"	Schiefer	ca. 2400	"	R. de Lin	"
1	L. du Toro	k	"	"	2287	Joch	o. Abfluss	"
1	L. d'Inferno	"	NO	"	2300	Kar	R. de Lin	"
2	L. d'es Poueys	"	N	"	2030	"	R. de Poueys	"
1	L. Saliès	"	"	"	2080	"	"	"
1	L. de Bacibé	mg	"	Granit	2110	St.-Tal	Rio Malo	Roca Blanca
1	L. de Bacibé sup.	k	W	"	2220	Kar	"	"
5	L. de Rosario	"	"	"	2285	M.-Kar	"	"
1	L. de Montoliou	mg	S	Schiefer	2250	Kar	Rio Iñola	Pic Crabère
4	S. ö. P. de los Armeros	k	SW	"	2150	Terrasse	"	"
4	Est. de los Armeros	"	"	"	2300	M.-Kar	Rio Saliente	"
2	L. de Guerri	mg	O	"	2260	"	Rio Toran	"
4	Et. de Liat	"	"	Kalk	2225	Joch	" ?	"
2	L. de Paloumère	k	N	Schiefer	2200	Tr.-Kar	"	"
1	S. n. Sn. Juan	"	S	Gneiss	2000	Kar	Rio Saliente	Pic de Montludé
1	L. de Vilamos	"	W	Schiefer	2100	"	Rio Margarida	"
1	Est. de Guarbes	"	N	"	1900	"	R. de Guarbes	"
1	Est. de Peyrabun	"	"	"	1950	"	"	"

7. Gebiet des Salat

	S. ö Tusse Blanche	k	O	Kalk	Kar	Garonne de Jouéou	Pic Perdighero	
1	S. ö. Tusse de Bargas	"	"	"	"	"	"	
1								
121								
		mg	N	Schiefer	1880	Kar	R. de l'Izard	Pic Crabère
1	Et. d'Araing	k	W	"	1940	"	"	"
1	Petit Et. d'Araing	"	NO	"	1910	"	"	"
1	Et. d'Uls	"	O	"	2060	"	Le Lez Riv.	"
1	Et. d'Albe	"	"	"	1750	St.-Tal	"	"
1	Et. du Bentaillou	"	N	"	ca. 1700	Kar	La Bouigane R.	"
1	L. d'Ourdouas	mg	"	Granit	ca. 2100	Tr.-Kar	Le Riberot R.	Montvalier
1	Et. Rond	g	"	Schiefer	2220	"	"	"
1	Et. Long	mg	NW	Granit	ca 2200	"	"	"
1	Et. de Mitouga	k	"	"	ca. 2260	"	"	"
2	Et. d'Ardouech	"	N	Schiefer	1725	"	R. de l'Etruc	"
1	Et. d'Ayes	"	"	"	ca. 1900	"	"	"
1	L. de Bellounguéra	"	"	"	ca. 1920	"	Balamet R.	"
1	Et. d'Eychelle	"	"	"	1060	St.-Tal	"	"
1	L. de Bethmale	"	N	"	2099	Kar	R. d'Artigue	"
1	Et. de Prat Mataou	"	"	Kalk	1900	"	o. Abfluss	"
1	Et. d'Aréou	"	"	Schiefer	ca. 1800	"	Salat	Pic de Certescans
1	Est. du Mail	"	NO	Granit	ca. 2200	"	R. d'Alet	"
1	Et. d'Alet	"	N	"	1800	"	"	"
1	Et. de la Illette	"	NW	"	1740	Tr.-Kar	"	"
1	Et. de la Tornallaz	"	"	"	1840	"	"	"
2	Et. de la Crousette	"	N	"	2100	Kar	R. de Fouillet	"
1	Et. d'Aubé	mg	"	Schiefer	1463	"	"	"
1	Et. de Guzet	k	"	Granit	1705	Tr.-Kar	R. de l'Arse	"
1	Hille de l'Etang	mg	"	"	1940	"	"	"
1	Et. de Tournon	k	"	"	1670	"	Garbet R.	"
1	Et. de Garbet	mg	"	"		"		"

7. Gebiet des Salat

Zahl	Name	Grösse	Exp.	Fels	Höhl. u. M.	Talart	Abfluss	Massiv
1	Et. Blaou	k	N	Granit	1918	Tr.-Kar	Garbet R.	Pic de Certescans
1	Et. de Labud	"	"	"	1480	Kar	"	"
1	Et. de Lers	mg	"	Ophit	1380	"	Arac R.	Pic 3 Seigneurs
31								
8. Gebiet der Ariège								
4	Et. de l'Escale	k	N	Granit	2200	Tr.-Kar	R. de Bassiès	Pic de Certescans
2	Et. de Bassiès	mg		"	1730	St.-Tal	"	"
1	Et. Legunabens	k		"	1750	"	"	"
1	Et. d'Alate	"	N	"	ca. 1840	Kar	R. d'Auzat	"
1	Et. d'Angesua	"	S	"	ca. 1520	"	Vicdessos R.	Pic 3 Seigneurs
1	Et. d'Arbu	mg	"	"	ca. 1680	"	"	"
1	Et. Blaou	k	N	Gneiss	ca. 1760	Tr.-Kar	R. de Rabat	"
1	Et. Long	"	"	"	ca. 1750	"	"	"
1	Et. de la Rive	"	O	"	ca. 1760	"	"	"
1	Et. de Laou	"	"	"	ca. 1750	"	"	"
1	Et. d'Artax	mg	NO	Granit	ca. 1720	"	"	"
1	Et. de Montestoure	k	N	"	2180	Kar	R. d'Artigue	Pic d'Estats
2	Seen n. Montcalm	"	"	Gneiss	ca. 2500	Tr.-Kar	"	"
1	Et. Sourd	"	"	Schiefer	1680	Kar	"	"
1	Et. de Canalbonne	"	"	Granit	2680	"	Vicdessos R.	"
1	Et. de Rioufret	"	O	"	2400	Tr.-Kar	"	"
1	Et. de Roumazet	"	N	Gneiss	2320	Kar	"	"
1	See n. Port Bouet	"	NO	"	2250	"	"	"
1	See ö. Port Bouet	"	N	"	2200	"	"	"
2	Et. du Picot	"	NW	"	2240	Tr.-Kar	"	Pic de Serrère
1	Et. d'Izourt	mg	"	"	1642	St.-Tal	R. d'Artès	"
3	Et. de Fourcat	"	N	"	ca. 2380	Tr.-Kar	"	"
1	Et. de Petsiguer	k	"	"	2180	Kar	"	"
1	Et. de las Clotos	"	NO	"	2350	"	"	"

[illegible]

Zahl	Name	Grösse	Exp.	Fels	Höhe ü. M.	Talart	Abfluss	Massiv
1	Et. du Nagear	k	NO	Gneiss	1895	Kar	Le Nagear	Pic de Serrère
1	Et. Bleu	"	N	"	2035	"	"	"
1	Et. du Comté	mg		"	1776	St.-Tal	R. du Mourgouillou	"
2	Estagnols	k		"	1935	"	"	"
1	Et. Vidal	"		"	2085	"	"	"
1	Et. de Couart	mg		"	2230	"	"	"
2	L. de l'Albe	"	NO	"	2330	Tr.-Kar	"	"
1	Et. d'Esteil	k	"	"	2017	Kar	"	"
1	Et. Pédourès	"	O	"	2271	"	"	"
1	Et. du Sisca	mg	SO	"	2160	Tr.-Kar	R. de Sisca	"
2	Et. de Régalcio	k	"	"	2300	"	"	"
1	Et. de Mulsude	"	"	"	2185	"	"	"
1	Et. de Font-Nègre	"	N	Schiefer	2280	Kar	Ariège	Puig Pedros
2	Seen ö. Font dels Isarts	"	SO	"	2380	2 Kare	"	Pic de Serrère
1	Et. de Portelle	"	NW	Gneiss	ca. 2300	Kar	R. des Bésines	Pic Carlitte
1	Et. Soula-Couloum	"	O	"	ca. 2340	"	"	"
1	L. des Bésines	"	"	"	1980	St.-Tal	"	"
1	L. de l'Estagnes	"	N	"	2010	Kar	R. du Nabré	"
3	L. de Madidès	"	NW	"	2160	Tr.-Kar	"	"
1	L. de Parade	"	S	"	2130	Kar	"	"
1	L. d'Aigue Longue	"	N	Granit	2080	"	"	"
1	L. des Clottes du Port	"	"	Schiefer	ca. 2040	"	R. de la Vallée d'Orgeix	"
1	Et. Tord	"	NO	Granit	2305	Tr.-Kar	R. Rioufred	"
1	Et. d'Eroun	"	"	Schiefer	2275	"	R. de Gnoles	"
1	Et. de Naguilles	g	N	"	1854	M.-Kar	"	"
2	Et. des Peyrisses	mg	NO	Granit	2215	Tr.-Kar	"	"
1	Et. de Pinet	k	NW	"	2120	Kar	"	"
1	Et. Faury	"	NO	Gneiss	2190	"	Ariège	"
1	Et. de Lagrave	k	N	"	2280	Kar	"	"
1	Gourg Gaudet	"	"	"	1940	St.-Tal	"	"

	Et. d'en Beys	mg		Gneiss	1950	St.-Tal	Ariège	Pic Carlitte
1	Et. de la Grande Portaille	k	N	"		Kar	"	"
1	Et. de Baxouillade	"	W	"	ca. 1800	Tr.-Kar	"	"
2	Et. de Liauses	"	SW	"		Kar	"	"
1	Et. de la Bauzeille	"	NW	"	ca. 2100	"	R de la Lauze	"
1	Et. d'Appy	"	S	"	1734	Tr.-Kar	R. de Senconac	Pic d. St. Barthélemy
1	Et. des Truites	"	N	"	1860	"	Lasset	"
1	Et. du Diable	"	"	"	2010	"	"	"
1	Et. St. Barthélemy	"	"	"	2150	"	"	"
1	Et. Tort	"	O	"	ca. 2000	Kar	R. du Basqui	"

120 Die Höhenzahlen dieser Seen meist nach M. d'Aymeric, Ax-les-Thermes

9. Gebiet der Aude

	Lacs d'Aude	k		Granit	2147	Joch	Aude	Pic Carlitte
2	Et. de la Balniette	"		"	ca. 2050	"	R de Balcera	"
1	Et. de Balcera	"		"	1764	Terasse	"	"
1	Et. de Paumette	"		Schiefer	2244	St.-Tal	R. de Lladure	"
3	Et. de Campareils s. p.	"	NO	"	ca. 2400	M.-Kar	"	"
4	Et. de Campareils inf	mg		"	2266	St.-Tal	o. Abfluss	"
3	Et. de Campareils inf	k	NO	"	2520	Kar	R. de Galbe	"
1	Et. Pic de Mortes	"		"	2360	"	"	"
1	Et. du Diable	"	"	Granit	2000	"	R. de Quérigut	"
1	Et. de Portaille d'Orlu	mg	O	"	1360	"	R. de l'Artigue	"
1	Et. du Quérigut	"	NO	"	1680	Tr.-Kar	La Bruyante	"
1	Et. de Laurenti	"	"	"	ca. 2000	Kar	"	"
1	Et. de la Canusette	k	O	"	ca. 1920	"	"	"
1	Et. Petit	"	N	"	ca. 1850	Tr.-Kar	"	"
1	Et. de Balbonne	"	"	"	ca. 2020	"	"	"
1	Petit Et. de Balbonne	"	"	"	1880	Kar	"	"
1	Et. de l'Estagnet	"	"	"			"	"

Zahl	Name	Grösse	Exp	Fels	Höhe u. M.	Talart	Abfluss	Massiv
1	Et. de Rabussoles	k	O	Gneiss	ca. 1760	Tr.-Kar	La Bruyante	Pic Carlitte
1	Et. Bleu	"	"	"	ca. 1840	"	"	"
1	Et. Noir	mg	"	"	ca. 1850	"	"	"
27								
10. Gebiet der Tet								
1	Et. Blau	mg	SO	Schiefer	ca. 2480	Kar	La Tet	Pic Carlitte
5	Et. du Pic Péric	k	"	"	ca. 2250	Tr.-Kar	"	"
1	Et. de la Llose	"	"	"	2130	St.-Tal	"	"
1	Et. de l'Esparbé	"	"	"	2120	Plateau	"	"
1	Et. de la Grave	"	S	"	ca. 2250	Kar	La Grave	"
1	Et. del Recou	"	N	"	ca. 2220	"	"	"
1	Estagnol	"	O	Gneiss	ca. 2190	"	"	"
1	Et. Trében-Soubirans	g	"	Schiefer	2240	St.-Tal	La Tet	"
1	Et. del Casteilla	mg	"	Gneiss	2180	"	"	"
1	Et. de las Dougnes	k	"	Granit	2175	"	"	"
2	Et. del Vivé	"	"	"	2120	"	"	"
1	Lac de Pradeilles	mg	"	"	1970	Joch	"	"
1	Et. Nou	"	"	"	1920	"	"	"
1	Et. Llong	"	"	"	ca. 1950	"	"	"
1	Et. d'Eyne	k	N	Gneiss	"	Tr.-Kar	R. d. Prats Valaguer	Pic de l'Enfer
2	Lacs de Carança inf.	mg	"	"	2140	St.-Tal	R. de Carança	"
1	Lac de Carança sup.	k	"	"	2266	"	"	"
1	Lac Noir	k	W	Schiefer	2480	Tr.-Kar	"	"
1	Lac Bleu	"	N	"	ca. 2600	"	"	"
3	Kleinseen o. Name	"	"	"	ca. 2500	3 Kare	"	"
1	Et. de l'Enfer	mg	"	"	ca. 2560	Tr.-Kar	"	"
1	Et. de Coume Mitjanès inf.	"	"	Gneiss	ca. 2100	St.-Tal	"	"
2	Et. de Coume Mitjanès sup.	k	N	Schiefer	ca. 2440	Tr.-Kar	"	"
1	Et. de Bassibés	"	O	"	ca. 2480	Kar	"	"

Zahl	Name	Grösse	Exp.	Fels	Höhe ü. M.	Talart	Abfluss	Massiv
2. Gebiet des Rio Gallego								
1	L. de los Rayos	k	S	Schiefer	2060	Kar	R. Aurin	Pala de Yp
1	L. de Jzas	mg	O	"	1990	"	R. de Escarra	"
1	L. de Darré Spumous	"		"	2050	St.-Tal	R. de Piedra Fita	P. Balaitous
1	L. de Campo Plano	"		"	ca. 2080	"	"	"
4	Ibon de las Ranas	k		"	ca. 2080	"	"	"
1	L. de la Selousère	"	S	"	ca. 2300	Kar	"	"
4	Lacs d'Arriel	"	"	"	2200	Tr.-Kar	R. Arriel	"
1	Gour Glacé	"	W	"	ca. 2500	Kar	"	"
3	Et. de la Fache	"	"	"	2700	Tr.-Kar	"	Pic Grd. Fache
1	L. ö. Pic Pipous	"	NO	"	2100	Kar	"	"
1	L. de Pundillos	"	W	"	2672	"	R. de Pundillos	"
2	L. de las Aruales	"	NW	Granit	2600	"	"	"
2	L. de Marcadaou	"	O	"	2400	Tr.-Kar	R. de Calderès	"
2	L. de Bachimaña sup.	mg	NO	"	2180	"	"	"
4	L. de Bachimaña sup.	k	"	"	2400-2600	"	"	"
3	L. de Bachimaña inf.	mg	"	"	2080	St.-Tal	"	"
1	Ib. de Bramatuero inf.	"	NW	"	2250	"	"	Pic des Batans
1	Ib. de Bramatuero sup.	g	"	"	2526	Tr.-Kar	"	"
2	Ibones de Helero	k	"	"	2535	"	"	"
2	Ib. del Pecico	"	O	"	ca. 2495	Kar	o. Abfluss	Pic Grd. Fache
2	L. de Sarrettes	"	SO	"	2200	Tr.-Kar	R. de Calderès	"
1	L. de Panticosa	"	"	"	1744	St.-Tal	"	"
1	See s. Pic Sarrato	"	NW	Gneiss	2700	Kar	"	Pic des Batans
1	See w. Pic Xuans	"	W	Granit	2500	"	"	"
2	L. de Lavaza	mg	"	"	2435	Tr.-Kar	"	"
1	L. de Brazato inf.	"	"	"	2272	"	"	"
1	L. de Brazato	g	"	"	2350	"	"	"

2	L. de Brazato sup.	k	W	Granit	2500	Tr.-Kar	R. de Calderès	Pic des Batans
1	L. de Sasnos	"	N	Schiefer	2150	Kar	"	"
1	L. de Sabocos	"	"	"	2150	"	"	"
2	Seen n. Foratula	"	NW	Granit		"	"	"
2	Seen s. Foratula	"	W	"		"	"	"
1	L. de Piniecho	"	"	"	2235	"	R. de Piniecho	"
1	L. de Catieras	mg	"	"	2250	"	R. de Catieras	"
1	el Pantano	g	"	(Eoc.)	990	Tal	Isuela R.	"

58

3. Gebiet des Rio Ara-Cinca

1	Bajo Ib. de Batanes	k	O	Granit	2221	Tr.-Kar	R. de los Ibones	Pic des Batans
1	Alto Ib. de Batanes	"	"	"	2316	"	"	"
4	L. de Batanes	"	"	"	2400	"	R. des Batans	"
2	L. de Brazato	"	SO	"	2400	Kar	R. de Brazato	"
2	L. de Bacias	"	O	"	2510	"	R. de Bacias	"
1	L. de Ordizo	"	NO	"	2450	"	R. d'Ordizo	"
1	L. de Luhos	"	S	Schiefer	2215	"	R. del Puerto	Pic Vignemale
1	Etang Glacé	"	"	Kalk	3052	"	o. Abfluss	Mont Perdu
1	L. Glacé	g	SO	"	2560	"	R. Cinca	"
3	L. de la Munia	mg	SW	Schiefer	2575	Tr.-Kar	"	Pic de la Munia
2	L. de Lespade	"	W	"	ca. 2300	"	Bo. Trigoñero	P. de la Suelza
2	L. de Urdiceto	"	N	Granit	2365	"	R. de Urdiceto	"
2	Los Ibones	k	"	"	ca. 2400	"	"	"
2	Seen s. Pa. Suelza	"	S	"	2270	Kar	Rib. la Petta	"
1	L. de Cao	"	W	"	2250	Tr.-Kar	"	"
2	L. de Batchimalo	"	"	Schiefer	ca. 2600	"	R. Cinqueta	Pic Perdighero
1	L. d'Aygués Cruces	"	S	"		Kar	"	"
1	Gouffre	"	NW	Granit	2700	"	"	Pic des Posets
1	L. de Millar	mg	"	"	2350	"	"	"
3	Seen w. Pic Baguenola	k	"	"	ca. 2500	"	"	"

Zahl	Name	flüss°	Exp.	Fels	Höhe ü. M.	Talart	Abfluss	Massiv
2	Seen n. P. Lesa	k	NW	Granit	2480	Kar	R. Cinqueta	Pic des Posets
2	L. Sein	mg	W	"	2390	"	"	"
38								
4. Gebiet der Esera								
1	L. de Llísat	k	S	Granit	ca. 2450	Kar	R. de Llísat	Pic des Posets
1	L. de Pardines	mg	SO	"	2400	Tr.-Kar	"	"
3	S. sö. Pica Sierra	k	"	"	2610	"	Aig. de Eriste	"
4	L. de Bagueñola	"	"	"	ca. 2600	"	"	"
2	L. de Cierco	"	O	"	ca. 2350	Kar	"	"
4	S. Las Posets	"	"	"	ca. 2650	M.-Kar	"	"
2	S. ö Las Espadas	"	SO	"	ca. 2700	Tr.-Kar	"	"
1	L. de Bardamina	"	NO	"	ca. 2300	Kar	Aig. de Astos	"
1	L. de Turmo	mg	"	"	2500	"	"	"
2	L. de Baticielles	"	O	"	ca. 2450	Tr.-Kar	"	"
1	L. de Peramo	"	N	"	ca. 2300	Kar	"	"
2	L. du Port d'Oo (Gias)	k	S	"	ca. 2600	Tr.-Kar	"	Pic Perdighero
1	L. de Literola	mg	SO	"	ca. 2800	Kar	B. de Literola	"
1	L. des Gourgoutes	k	"	Gneiss	ca. 2300	"	R. Esera	"
2	L. Villa Muerta	"	"	Kalk	ca. 2050	St.-Tal	u.-ird. Abfluss	Maladetta
1	Agouaillat	mg	"	"	ca. 2000	"	"	"
2	Lacs de Mulleres	k	NW	Granit	2400	Kar	R. de Mulleres	"
1	Ll. de Barrancs	mg	"	"	2300	St.-Tal	"	"
1	Ll. de Paderna	k	"	"	2140	"	u.-ird. Abfluss	"
2	Ll. d'Alba	mg	NW	"	2290	Tr.-Kar	R. Esera	"
1	Ll. de Gregueña	g	"	"	2656	Kar	R. de Gregueña	"
1	Ll. de Araguells inf.	mg	SW	"	ca. 2400	Tr.-Kar	R. de Malibierne	"
3	Ll. de las Coronas	k	"	"	2765	"	"	"

2	Ll. de Llosas	k	W	Granit	2493	Tr.-Kar	R. de Malibierne	Maladetta
3	Ll. de Malibierne	"	"	"	2470	"	"	"

5. Gebiet der Noguera Ribagorzana								
3	Ll. Russel	k	O	Granit	ca. 2300	Tr.-Kar	R. de las Salenques	Maladetta
1	Ll. Packe	mg	"	"	2150	Kar	"	"
3	Ll. del Rio Bueno	"	"	"	2250	Tr.-Kar	"	"
2	Ll. d'Anglos	k	"	"	2500	"	"	"
4	Est. Lauset sup.	mg	S	"	ca. 2300	"	Rio Llauset	"
1	Est. Lauset inf.	g	"	"	2150	"	"	"
1	Ll. de Basibé	k	O	Schiefer	ca. 2280	Kar	R. Valiera	"
2	Ll. Rio Bueno de Senet	"	"	Granit	1886	2 Kare	R. de Lespouys	"
1	Est. Redoun	"	S	"	ca. 2300	Kar	Nog. Ribagorzana	Sierra Montarto
2	L. de Béciberri	mg	"	"	1750	St.-Tal	"	"
6	Ll. de los Monges	k	S	"	2390	M.-Kar	Nog de Tor	"
4	Ll. de Tramesane	mg	"	"	2230	"	"	"
4	Ll. de Tramesane	k	W	"	2300	"	"	"
1	Est. Negro inf.	mg	"	"	2095	"	"	"
3	Est. Negro sup.	"	"	"	2300	"	"	"
2	Seen ö. Tuc Ménégé	"	O	"	ca. 2380	2 Kare	"	"
2	Seen ö. Pic Béciberri	k	"	"	ca. 2370	"	"	"
2	S. ö. Como lo Forno	"	"	"	2300	"	"	"
2	Est. Frim	"	SO	"	ca. 2200	Tr.-Kar	"	"
5	S. ö. P. Señalada	"	"	"	ca. 2500	M.-Kar	"	"
2	Est. Fé	"	O	"	2100	Tr.-Kar	"	"
1	L. de los Caballeros	mg	SW	"	1745	St.-Tal	"	"
4	Est. Comolos Bienes	"	"	"	ca. 2300	Tr.-Kar	"	"
1	L. Liebreta	"	"	"	1670	St.-Tal	B. de S. Nicolas	"
2	L. de Contraig	"	S	"	ca. 2400	Tr.-Kar	"	"
3	L. w. Pic de Colomés	"	"	"	ca. 2400	M.-Kar	"	"

Zahl	Name	Grösse	Exp	Fels	Höhe u. M.	Talart	Abfluss	Massiv
1	Est. de los Gavachos	k	SO	Granit	2350	Tr.-Kar	B. de S. Nicolas	Sierra Montarto
2	Est. Sarradé	mg	S	"	ca. 2200	"	"	"
1	Est Long	g		"	2010	St.-Tal	"	"
1	Estañero	k		"	2125	"	"	"
2	Est. Negro	"		"	2320	"	"	"
1	Est. de Delluy	"	NW	"	2350	Kar	"	Sa. de los Encantados
1	Est. de Como de Cuestio	"	"	"	2350	"	"	"
2	L. del Peso	mg	W	"	2436	Tr.-Kar	Rio de la Mola	"

75

6. Gebiet der Noguera Pallaresa

Zahl	Name	Grösse	Exp	Fels	Höhe u. M.	Talart	Abfluss	Massiv
3	L. de Mañanet	k	S	Schiefer	ca. 2400	Kar	R. Tollon	Sa de los Encantados
1	Est. de Moncortes	"		Kalk		Hochtal	R. de Cabestany	"
1	Est. Gento	g	SW	Granit	2036	Tr.-Kar	R. Flamisell	"
1	Ll. Frescau	mg	"	"	2314	"	"	"
1	Ll. Colomina	"	"	"	2307	"	"	"
1	Ll. Mar	g	"	"	2324	"	"	"
1	Ll. Saburo	"	"	"	2422	"	"	"
2	Ll. Saburo d'Alt	k	"	"	2472	"	"	"
1	Ll. Fossé	g	S	"	2122	M.-Kar	"	"
1	Ll. Tort	"	"	"	2188	"	"	"
1	Ll. Colomina Dalt	k	"	"	2315	"	"	"
1	Ll. Cubeso	g	"	"	2235	Tr.-Kar	"	"
1	Ll. Castieso	k	"	"	2259	"	"	"
1	Ll. Morto	"	"	"	2280	"	"	"
2	Ll. Carbonero	"	"	"	2365	"	"	"
2	Ll. Montanyeta	"	"	"	2500	"	"	"
1	Ll. Vidal	mg	"	"	2370	"	"	"
3	Ll. Vidal d'amunt	k	"	"	2547	"	"	"

	Ll. Tapat	k	S	Granit	2047	M.-Kar	R. de Riquerna	Sa. de los Encantados
1	Ll. Tapat				2047			
1	Ll. Morera	mg	"	"	2260	"	"	"
1	Ll. Salado	"	"	"	2250	"	"	"
1	Ll. Grenouille	k	"	"	2340	"	"	"
2	Ll. Reguera	"	"	"	2324	"	"	"
1	Ll. Cogomella	"	"	"	2360	"	"	"
1	Ll. Franci	"	O	"	2185	"	"	"
1	Ll. Rus	"	"	"	2228	"	"	"
1	Ll. Ribanegra	"	"	"	2275	"	"	"
1	Ll. de Dalt	"	"	"	2519	"	"	"
1	Ll. Travessari	"	"	"	2245	"	"	"
1	Ll. Saladino	"	"	"	2306	"	"	"
1	Ll. Franci d'amunt	"	"	"	2300	"	"	"
1	La Conca	"	"	"	2362	"	"	"
1	Est. Manuel	"	N	Schiefer	2020	Kar	R. Filia	"
1	Bony de la Baseta	"	O	"	2100	"	"	"
1	L. n. Portarro de Caldes	"	NO	"	2516	"	R. de Riquerna	"
2	Est. de Mayñera	"	SO	Granit	2500	2 Kare	Arr. de Mayñera	"
2	Estan. de Fongueras inf.	g	NO	"	2100	Tr.-Kar	Arr. de Fongueras	"
4	Estan. de Fongueras sup.	mg	"	"	2300	"	"	"
1	Est. de Fongueras	k	O	"	2450	"	"	"
1	Est. de S. Mauricio	mg	"	"	1895	St.-Tal	R. Escrita	"
4	L. de Llosas	k	SO	"	2115	2 Tr.-Kare	"	"
2	Est. de Monestero	mg	N	"	2100	Tr.-Kar	"	"
1	See s. Port de Espot	k	"	"	2265	"	"	"
1	Est. de la Cabanas	mg	NO	"	2100	"	R. de la Bonaigue	Sierra Montarto
2	Est. de la Cabanas	k	"	"	2400	"	"	"
2	Est. Redoun	"	N	"	2200	"	"	"
1	Lac Gerbel	mg	"	"	2280	"	"	"
1	Et. de Torella	k	"	Gneiss	1350	St.-Tal	"	"
3	Ls. sup. de Aréu	mg	O	Granit	2000	M.-Kar	Rio de Aréu	Roca Blanca
2	L. de Airotó	"	"	"	2205	Tr.-Kar	Rio de Airotó	"

Zahl	Name	Grösse	Exp.	Fels	Höhe u. M	Talart	Abfluss	Massiv
2	L. de Piedrafit	k	O	Granit	2240	M.-Kar	o. Abfluss	Roca Blanca
4	Ls. de Marimaña	mg	N	"	2270	"	R. de Marimaña	"
2	Ls. de Marimaña	k	"	"	2350	"	"	"
2	L. de la Tartera	"	S	Gneiss	2365*	Tr.-Kar	R de Unarre	P. de Certescans
1	L. de la Gole	mg	"	"	ca. 2200	"	"	"
2	Ls. de Calberane	k	"	"	ca. 2200	"	"	"
1	L. mayor de Sense	mg	O	Schiefer	2505	Kar	"	"
1	L. de Mascarida	k	"	Gneiss	ca. 2200	"	R. de Mascarida	"
2	Est. del Clot	"	"	Schiefer	2220	St.-Tal	Rio del Bedo	"
5	Est. Mont Rouch de España	"	O	Gneiss	ca. 2200	Tr.-Kar	"	"
1	Est. Chico	"	S	"	2250	Kar	"	"
1	Est. de Mariola	mg	"	"	2281	"	R. de Cuanca	"
1	Est. del Puerto	"	"	Schiefer	2044	Tr.-Kar	"	"
1	Est. sup. del Puerto	k	"	"	2260	"	"	"
1	Est. Flamisella	"	"	Granit	2218	Kar	Rio de Noarre	"
1	Est. Gueroso inf.	"	"	"	2359	Tr.-Kar	"	"
1	Est. Gueroso mayor	"	"	"	2380	"	"	"
1	Est. Gueroso sup.	"	"	"	2525	"	"	"
2	Seen o, Name	"	W	"	2300	Kar	"	"
2	Seen nördl. Idal	"	S	Gneiss	2250	Tr.-Kar	Rio de Idal	"
1	L. de Cluzeil	"	"	"	2085	Kar	Rio de Ijons	"
1	L. de Naorte	"	SO	"	2160	Tr.-Kar	Rio de Naorte	"
1	L. de Certescans	g	S	Quarzit	2244	"	Rio de Ladorre	"
2	Seen w. L. de Certescans	k	SO	"	2350	"	"	"
1	L. Rumedo inf.	mg	S	Gneiss	2012	"	Rio de Rumedo	"
1	L. Rumedo mayor	"	"	Granit	2135	"	"	"
1	L. Rumedo sup.	"	"	"	2136	"	"	"

*) Höhen der Seen Tartera, Sense, Clot nach den Relevées Hypsom. Ann. Cl. Alp Fr. 1882, p. 668

Zahl	Name	Grösse	Exp.	Fels	Höhe ü. M.	Talart	Abfluss	Massiv
2	Est. de Siscarou	k	NW	Gneiss	2340	Kar	R. d'Inclès	Pic Serrère
1	Est. de Inclès	"	"	"	2330	"	"	"
1	See Envalira	"	"	"	2490	"	Valira	Pic des Pessons
1	See n. Montmalus	"	NW	Granit	2410	"	"	"
14	Est. de los Pessons	"	N	"	2390	M.-Kar	"	"
1	Est. Cuvil	"	NO	"	2300	Kar	Riu de Cuvil	"
3	Est. de Grio	"	N	"	2450	"	Riu des Cortals	"
2	Est. d'Ensagents	"	W	"	2476	Tr.-Kar	R. d'Ensagents	"
1	Est. d'Engolasters	mg	"	"	1622	Terrasse	Valira	"
5	Est. Furcat	k	S	"	2295	M.-Kar	Riu Madriu	"
1	Est. Furcat	mg	"	"	2350	"	"	"
2	Est. de la Illa	"	"	"	2385	"	"	"
4	Est. de Vall Civera	k	SO	"	2430	"	Tor. Vall Civera	"
1	Est. de Vall Civera	mg	"	"	2435	"	"	"
1	S. s. Port. S. Antoni	k	O	"	2470	Kar	Riu de la Llosa	"
1	S. ö. Port. S. Antoni	"	S	"	2505	"	"	"
1	Est. Blau	"	"	"	2220	"	Riu Madriu	Tossa Plana de Lles
2	Est. de Perafita	"	N	"	2280	Tr.-Kar	R. de Perafita	"
3	Est. n. Pic Sirven	"	"	"	2230	Kar	Riu Madriu	"
1	Est. de Nou	"	"	"	2180	Terrasse	"	"
2	Est. de la Pera	"	SO	"	2430	Kar	R. d'Aransa	"
2	Est. de Sa'ut	"	S	"	2500	Tr.-Kar	R. de Llosa	"
1	Est. s. Pic Sirven	"	"	"	2450	Kar	"	"
2	Est. de la Muga	"	SO	"	2575	"	"	"
1	See n. Pic de la Muga	"	NO	"	2595	"	"	Puig Pedros
3	Est. Engors (en Gourts)	"	SO	"	2500	M.-Kar	Rio de Durán	"
1	Est. de Guils	"	"	"	2275	"	Riu Tort	"
1	Est. Malniu	"	S	"	2250	"	Rio de Durán	"
1	Est. de las Passaderas	mg	"	"	2107	St.-Tal	R. de Campcardos	"
1	Et. de Campcardos	k	S	"	2572	Kar	"	"

	Estagnol Rocher	k	NO	Granit		Kar	R. de Font-Vive	Puig Pedros
1	Et. Orry de la Vignole	"	N	"	2100	"	R. de Orry de la Vignole	"
1	Et. de Font-Vive (Dévèze)	"		Gneiss	2154	Terrasse	R. de Font-Vive	Pic Carlitte
1	Et. de Lanoux	g	SW	"	2195	M.-Kar	"	"
1	Et. de Lanouzet	mg	S	"	2190	Kar	"	"
1	Et. de Rouzet	k	"	"	ca. 2350	Tr.-Kar	"	"
3	Seen ö. Et. de Lanoux	"	NW	"	2450	Kar	"	"
1	Et. des Fourats	"	"	Schiefer	2380	"	"	"
1	Et. de Coume d'Or	"	S	Gneiss	2480	"	R. de Mesclan-Aygues	"
1	Et. de Col Rouge	"	SO	Granit	2180	St.-Tal	R. d'Angoustrine	"
1	Et. Nou (Noir)	mg		"	1990	"	"	"
1	Et. del Racou	k		"	2180	"	R. d. Mescl. Aygues	"
1	Et. de la Commassa	g		"	2150	"	"	"
1	Et. Lyard	mg		"	2150	"	"	"
1	Et. Long (Estellat)	"		"	2160	"	"	"
1	Et. de Balleil	k		"	2190	Plateau	o. Abfluss	"
2	Lacs s. nom ö. P. 2254	"		"		St.-Tal	R. d. Mescl. Aygues	"
1	Lac s. nom s. P. 2467	"		"	2350	Kar	R. d'Angoustrine	"
1	Et. w. Las Tausas, Col Rouge	"	S	"				"

2. Tabelle Verbreitung der Pyrenäenseen nach Gebirgsgruppen und Gesteinszonen

	Massive	absolute Höhe	mittl. Höhe der Karseen	Lage im Felsboden			Gesamtzahl
				Granit	Gneiss	Schiefer	

I. Gebirgsgruppen der nördlichen Randzone							
1.	Pic Montagnon d'Ieye	2157	1850				3
2.	Pènes Blanques	2684	2137			4	4
3.	Pic de Cabaliros	2333	ca. 2000			1	1
4.	Pic del Moule	2027	ca. 1600				1
5.	Pic du Midi de Bigorre	2877	1926			15	15
6.	Mt. Monné	2147	1730			2	2
7.	Pic de Bacanère	2194	1850			5	5
8.	Tuc de l'Etang	1814	1650			1	1
9.	Pic de Crabère	2630	N 1870 S 2230			22	22
10.	Pic des 3 Seigneurs	2199	1650	3	4		8
11.	Pic St. Barthélemy	2349	1950		5		5
12.	Roc Madrès	2471	2020	4			4
				7	9	50	71

II. Gebirgsgruppen der Zentralzone							
1.	Pic d'Anié	2504	1922				4
2.	Pic de l'Escarpuru	2383	1930			4	14
3.	Pic de Balaitous	3146	2194			31	44
4.	Pic de la Grande Fache	3020	2313	13	12		47
5.	Pic du Vignemale	3298	2381	35		7	53
6.	M. du Néouvielle	3175	2277	45		6	88
7.	Mont Perdu	3352	2856	82			3
8.	Pic de la Munia	3150	2312			8	9

9.	Pic du Perdighero	3220	2214	10	14	16	2	42
10.	Pic de Montludé	2516	1987		1	3		4
11.	Mont Vallier	2839	2028	4		6	1	11
12.	Pic de Certescans	2840	N 1775	33	18	7		58
13.	Pic d'Estats	3141	S 2230					
14.	Pic de Serrère	2913	N 2230	3	29	1		33
15.	Pic Carlitte	2915	S 2370					
16.	Pic de l'Enfer	2830	N 2110	38	52	4		94
17.	Mt. Canigou	2783	S 2347	32	22	26		80
			2200	2	5	9		14
				2	2			2
				295	155	128	22	600

III. Gebirgsgruppen der spanischen Pyrenäen

1.	Cant. de Alano	2389	1830				1	1
2.	P. de la Garganta	2639	1802				3	3
3.	Pala de Yp	2808	2050		5			5
4.	Pic des Batans	2903	2383	11				11
5.	Pic de Suelza	2969	2317	8		6		14
6.	Pic des Posets	3367	2480	31				31
7.	Mts. Maladetta	3404	2327	30		1	3	34
8.	Sierra Montarto	3004	2265	118	1			119
9.	Sierra de los Encantados	2913	2275	60		6		66
10.	Roca Blanca	2778	2200	18				18
11.	Pic des Pessons	2765	2456	35				35
12.	Tossa Plana de Lles	2898	2405	14				14
13.	Puig Pedros	2911	2320	11				11
				336	6	13	7	362

3. Tabelle Die Gebirgsseen der Pyrenäen nach Höhenstufen

Gebiet	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700	n. 2800
I. Nördliche Abdachung																
1. Gave d'Aspe						2	2	7	5	12						
2. Gave d'Ossau						4	7	11	17	24						
3. Gave de Pau			4	2	2	1	4	11	11		34	17	11	7		1
4. Adour				1	4	3		1		2						
5. Neste d'Aure					2	1			12	8	10	3	2			1
6. Garonne				2	2	1	11	9	16	50	15	7		2		
7. Salat				1	5	5	7	2	2	5						
8. Ariège			2	3	13	7	7	14	18	24	22	2	2	1		
9. Aude	1		1		2	4		4	2	6	1	4	1			
10. Tet							3	3	10	11		5	4	1		
	2	4	6	10	30	28	45	51	93	142	82	38	20	11		2
II. Südliche Abdachung																
1. Rio Aragon	1				1	1			2	5						
2. Rio Gallego					1		1	6	5	10	1	6	10	3	3	
3. Ara-Cinca										5	8	11	9	2	1	1
4. Rio Esera								3	1	2	6	12	1	14	5	1
5. Noguera Ribagorzana				1	2	2		2	5	12	36	7	7			
6. Noguera Pallaresa	1					1		9	16	43	30	15	11		1	
7. Valira — Segre				1			1		16	17	37	19	13	2		
	2			2	4	4	2	20	45	94	118	70	51	21	10	2

4. Tabelle

Arten der Pyrenäenseen

Flussgebiet	Karseen		Talseen		Hang Terrasse	Joch	Gesamtzahl
	einf. Kar	Tr.-Kar	Stuf. Tal	H. Tal			
I. Nördliche Abdachung							
1. Gave d'Aspe	4						4
2. Gave d'Ossau	24	16					40
3. Gave de Pau	28	104	9	5	3	1	150
4. Adour	3	26	2		1		32
5. Neste d'Aure	11	25	4				40
6. Garonne	30	75	2	2	3	9	121
7. Salat	14	15	2				31
8. Ariège	55	49	16				120
9. Aude	7	10	7		1	2	27
10. Tet	10	15	10		1	3	39
Total	186	335	52	7	9	15	604
II. Südliche Abdachung							
1. Rio Aragon	8	2		3			13
2. Rio Gallego	19	27	11	1			58
3. Río Ara-Cinca	22	16					38
4. Río Esera	11	29	5				45
5. Noguera Ribagorzana	11	55	9				75
6. Noguera Pallaresa	19	106	3				128
7. Valira de Andorra und Segre	41	55	8		5		109
Total	130	290	36	4	5		466
Total nördliche Abdachung	186	335	52	7	9	15	604
Total beider Abdachungen	317	625	88	11	14	15	1070

5. Tabelle Die Verbreitung der Seekare nach der Exposition

Flussgebiet	SW	W	NW	N	NO	O	SO	S	Gesamtzahl
I. Nördliche Abdachung									
1. Gave d'Aspe				1	2	1			4
2. Gave d'Ossau		1	5	8	5	2			21
3. Gave de Pau		5	6	20	13	6		6	56
4. Adour				10			1		11
5. Neste d'Aure		1	2	6	1	2	2	1	15
6. Garonne	1	6	2	24	1	4	1	2	41
7. Salat		1	2	15	2	1			21
8. Ariège	1	3	6	29	13	14	5	5	76
9. Aude				3	5	3			11
10. Tet		1		9		4	2	2	18
Total	2	18	23	125	42	37	11	16	274
II. Südliche Abdachung									
1. Rio Aragon	1	4		3				1	9
2. Rio Gallego		8	4	2	2	3	1	2	22
3. Rio Ara-Cinca	1	4	4	1	1	4	2	3	20
4. Rio Esera	2	1	3	1	2	5	6	1	21
5. Noguera Ribagorzana	1	2	2			11	3	6	25
6. Noguera Pallaresa	3	1		9	3	9	4	17	46
7. Valira de Andorra und Segre	2	1	6	5	4	5	6	17	46
Total	10	21	19	21	12	37	22	47	189

6. Tabelle Uebersicht über die Grösse der Pyrenäenseen

Flussgebiet	Kleine	Mittelgrosse	Grosse	Gesamtzahl
1. Gave d'Aspe	4			4
2. Gave d'Ossau	34	5	1	40
3. Gave de Pau	118	27	5	150
4. Adour	30	1	1	32
5. Neste d'Aure	26	9	5	40
6. Garonne	84	32	5	121
7. Salat	23	7	1	31
8. Ariège	92	27	1	120
9. Aude	21	6		27
10. Tet	25	12	1	39
Total Nordabdachung	458	126	20	604
1. Rio Aragon	7	5	1	13
2. Rio Gallego	42	13	3	58
3. Rio Ara-Cinca	28	9	1	38
4. Rio Esera	30	14	1	45
5. Noguera Ribagorzana	42	31	2	75
6. Noguera Pallaresa	92	27	9	128
7. Valira de Andorra und Segre	93	14	2	109
Total Südabdachung	334	113	19	466
Gesamtzahl	792	239	39	1070

7. Tabelle Fläche, Tiefe und Lage einer Anzahl Pyrenäenseen

See	Fläche in ha	Länge in m	Tiefe in m	Höhe ü. M.	Talform	Fels	Schwelle	Massiv
1. L. d'Artouste	39,2	900	85	1964	Tr.-Kar	Granit	Rundb.	Balaïtous
2. L. du Miguelou	25,8	1020	58,2	2267	"	"	"	"
3. L. d'Estaing	12,6	700	3,8	1264	St.-Tal	Schiefer	Bergsturzsch.	"
4. L. de Gaube	20	740	41,2	1789	Tal	Granit	Rundb.	Vignemale
5. L. d'Estom	5,6	490	18	1782	St.-Tal	"	"	"
6. L. du Labas		400	25	2281	M.-Kar	"	"	"
7. L. des Oulètes d'Est.		400	4,5	2360	"	"	"	"
8. L. Est. Soubiran		200	15	2445	"	"	"	"
9. L. inf. Malh. Arrouy		250	9	2590	"	"	"	"
10. L. de Badète		390	5	2348	"	"	"	"
11. L. Glacé d'Estom		330	22	2565	"	"	"	"
12. L. des Gentianes		140	8	2650	Kar	"	"	"
13. Ib. de Bernatuero		150	23,5	2257	D. Kar	Kalk	"	"
14. L. d'Arratilhé		350	12	2508	M.-Kar	Granit	"	"
15. Ib. de Bramatuero		1000	51	2526	Tr.-Kar	"	Fels Rundb.	"
16. L. Cap-de-Long	38,8	152	56	2120	St.-Tal	"	"	Néouvielle
17. L. d'Orédon	43,9	1325	49	1869	"	"	"	"
18. L. d'Escoubous	7,3	450	23,7	2049	M.-Kar	"	"	"
19. L. d'Aumar	26,8	1300	22,8	2202	"	"	Rundb. u. Mor.	"
20. L. Tracens	6,8	500	20,5	2220	"	"	Rundb.	"
21. L. d'Aubert	34,7	1102	43,6	2160	"	"	"	"
22. L. de Loustalat	1,6	350	11	2182	St.-Tal	"	"	"
23. Lac Bleu ou de Lesponne	47,2	1000	120,7	1968	Tr.-Kar	Gneiss	"	P. d. Midi de Big.
24. L. de Peyrelade		500	27	1952	Kar	"	"	"
25. Lac d'Oo	38	912	67	1496	St.-Tal	Schiefer	"	Perdighero
26. L. Caillaouas	39	944	101	2165	Tr.-Kar	Granit	"	"
27. Boum del Port	12	424	46,5	2260	Kar	Schiefer	"	"

	e. 18	520	42	2281	Kar	Granit	Rundb.	P. Certescans
28. L. Mariolo		520	42	2281	Kar	Granit		
29. L. Gueroso (inf.)		260	13	2359	Tr.-Kar	"	"	"
30. L. Gueroso (sup.)		320	56	2525	"	"	"	"
31. L. Naorte		300	11,5	2160	"	Schiefer	"	"
32. L. de Certescans	e. 70	1260	96	2244	"	Quarzit	"	"
33. L. Rumedo (inf.)		400	16	2012	"	"	"	"
34. L. Rumedo (moy.)		500	35	2135	"	Granit	"	"
35. L. Garbet		700	44	1670	"	"	"	"
36. L. d'Aubé		400	45	2100	Kar	"	"	"
37. L. de Bassiès		700	24	1750	St.-Tal	"	"	"
38. L. Lanoux	84	2500	53,7	2154	M.-Kar	Gneiss	"	Carlitte
39. L. Naguilles	47	1300	71,8	1854	"	Schiefer	"	"
40. L. Treben	4,9	1000	13,5	2240	St.-Tal	"	"	"
41. L. d'Estallat	12,6	450	14,5	2150	"	Granit	"	"
42. L. Casteilla		350	19,3	2180	"	"	"	"
43. Lac Nou		400	24,5	1920	Joch	"	"	"
44. Lac de Commassa		800	11,4	2160	St.-Tal	"	"	"
45. LLac de Pradeilles		620	15	1970	Joch	"	"	"
46. Lac del Vivé		250	10,2	2120	St.-Tal	"	"	"
47. Lac Long		450	6,7	2150	"	"	"	"
48. Lac des Dougnes		300	5,1	2175	"	"	"	"
49. Lac de Louey-Négré		220	34,1	2100	Tr.-Kar	"	"	Néouvielle
50. Lac Glaire d'amont		300	16,4	2210	M.-Kar	"	"	"
51. Lac Glaire d'aval		200	8,7	2185	"	"	"	"
52. Lac d'Oncet		250	17,7	2238	Tr.-Kar	Schiefer	"	P. d. Midi de Big.
53. Lac Barsou		320	32,5	2080	"	Quarzit	Moräne	Escarpuru
54. L. d'Ayous		400	19	ca. 1950	"	Schiefer	"	"
55. Lac d'Aule		300	4,9	1840	Kar	"	?	"
56. Lac Romassot		400	15,5	1812	Tr.-Kar	Kalk	Rundb.	"
57. L. de Lers		450	17,1	1390	Kar	Ophit	"	3 Seigneurs
58. L. d'Araing	23	690	22	1880	"	Schiefer	"	Crabère

See	Fläche in ha	Länge in m	Tiefe in m	Höhe u. M.	Talform	Gestein	Schwelle	Massiv
59. Lac de Lourdes	50,2	1380	12	421	Tal	Schiefer	Moräne	Vorland
60. Lac de Barbazan		250	8	435	"	Kalk	"	Garonnetal
61. L. de St. P'-d'Ardet		250	7		"	"	"	"
62. Estan Gente	26,3	850	26	2036	Tr.-Kar	Granit	Rundb.	Sa. Encantados
63. L. Frescau		450	32	2314	"	"	"	"
64. L. Colomina		500	63	2307	"	"	"	"
65. L. Mar		850	72	2324	"	"	"	"
66. L. Saburo		700	80	2422	"	"	"	"
67. L. Fossé		700	32	2122	M.-Kar	"	"	"
68. L. Port		2400	28	2188	"	"	"	"
69. L. Cubeso		980	35	2235	"	"	"	"
70. Ll. Sabourédo		850		2348	"	"	"	Montarto
71. Est. Clotos		900		2185	"	"	"	"
72. Est. del Mar	70	1270		2225	Tr.-Kar	"	"	"
73. Est. de Rios	100	1600		2360	M.-Kar	"	"	"
74. Llac Inferior		745		2340	Joch	"	"	"
75. L. de Gregüña	80	1700		2657	Kar	"	"	Maladetta

Nachweis der Zahlenwerte

Es stammen die Angaben über Fläche und Tiefe

der Seen: 1, 2, 3, 23, 24, 35—58 von A. Delebecque (Lit. 34)

der Seen: 4, 5, 16 22, 25—27 59—61 von E. Belloc, (Lit. 4—10)

Ueber Tiefe der Seen: 6—15 der Karte von A. Meillon

der Seen: 28—34 der Karte von „Tabescan“

der Seen: 62—69 der Karte der „Lagos de Capdella“.

Literatur

1. G. ASTRE, Le Bassin néogène de Bellver. Bull. Soc Hist. Nat. Toulouse. T. 56, 1927.
2. A. BAYSSELLANCE, La période glaciaire dans la Vallée d'Ossau. Ann. Cl. Alp. Fr. 1877. T. IV.
3. E. BELLOC, Etude sur l'origine, la formation et le comblement des Lacs dans les Pyrénées. Assoc. franç. pour l'avanc. des sc. 1892. Paris.
4. — Recherches et explorations géographiques et lacustres dans les Pyrénées Centrales. Ebendort 1894.
5. — Les lacs de Caillaouas, des Gourgs-Blancs et de Clarabide. Ebendort 1894.
6. — Nouvelles explorations lacustres dans les Pyrénées. Ebendort 1894.
7. — Recherches orographiques et lacustres dans les Pyrénées centrales. Ann. C. A. F. 1894, p. 464.
8. — Les Lacs du Massif de Néouvielle (Hautes-Pyrénées). Assoc. franç. 1895.
9. — Seuils et barrages lacustres. Ebendort 1895.
10. — Les Lacs de Lourdes et de la région souspyrénéenne. Ebendort 1896.
11. R. BERTIN, Foix, Ariège; Centre de Tourisme, Cure d'Air. Livret-Guide par le Synd. d'Init. 1922.
12. L. BERTRAND, Carte géologique au millionième (Partie orientale des Pyrénées). Bull. Serv. Carte géol. France, 1903.
13. — Sur la structure géologique des Pyrénées occidentales et leurs relations avec les Pyrénées orientales et centrales. B. S. Géol. France, 4 série. 1911.
14. — Texte explicative de la feuille géologique de Foix. 1912.
15. — Tectonique de la feuille de Foix. Bull. de serv. de la Carte géol. France. T. XXII. 1913.
16. R. DE BOUILLE, Quelques lacs des Pyrénées. Chasse et pêche. Ann. Cl. Alp. Fr. Vol. 15, p. 167, 1888. Paris.
17. E. BROUSSE, La Cerdagne française. Perpignan 1927.
18. ED. BRUECKNER, Zur Thermik der Alpenseen und einiger Seen Nord-Europas. Geogr. Zeitschr. XV. 1909.
19. M. H. BUCHERER, Travaux de percements de lacs, exécutés en Catalogne. Mem. de la Soc. des ing. cir. de France. Paris 1927.
20. R. BUXTORF, Géologie du Front sept. des Pyrénées au nord de Saint-Girons. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse. V. 59, 1930.
21. G. CADIER, Un Grand Pic: Marmuré et Costérillou. Le Massif de Balaytouse ou Balaïtous. La Montagne. Rev. mens. Cl. Alp. Fr. Vol. 8, No. 7, 1912, Paris.
22. — Lacs pyrénéens. La Montagne. Rev. mens. Cl. Alp. Fr. V. 20. 1924.
23. J. CANAL, Contribution à l'étude du Glaciaire du Massif du Saint-Barthélemy. Bull. Soc. d'Hist. Nat. Toulouse. 1911.
24. L. CAREZ, Géologie des Pyrénées. 6 vol. Paris 1909.

25. — Résumé de la géologie des Pyrénées françaises. Bull. S. Geol. France. 4 série. 1912.
26. N. CASTERET, Le problème du Trou du Toro. Détermination des Sources du Rio Esera et de la Garonne occidentale. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse. T. 61. 1931.
27. H. CAVAILLES, La Houille blanche dans les Pyrénées françaises. Ann. de Géogr. 1919, Paris.
28. — La Houille blanche. Coll. Armand Colin. Paris 1929.
29. E. CHAPUT, Recherches sur l'Evolution des Terrasses de l'Aquitaine. Bull. Hist. Nat. de Toulouse. T. 56. 1927.
30. J. DE CHARPENTIER, Essai sur la constitution géognostique des Pyrénées. F. G. Levrault, Paris, 1823.
31. — Essai sur les Glaciers. Lausanne, 1841.
32. M. CHEVALIER, Les Paysages catalans, leurs aspets, leur structure et leur évolution. Libr. Scient. Alb. Blanchard, Paris, 1929.
33. A. DELEBECQUE, Sur quelques lacs des Alpes, de l'Aubrac et des Pyrénées. C. R. Acad. Sc. Paris, janv. 1895.
34. — Les Lacs français. Typ. Chamerot et Renouard, Paris, 1898.
35. — et ET. RITTER, Sur quelques lacs des Pyrénées. C. R. Ac. des Sc. Paris, 1898.
36. DUROCHER, Essai pour servir à la classification du terrain de transition des Pyrénées. Ann. des mines, 9^{em} série. 1844.
37. D. EYDOUX et L. MAURY, Les glaciers orientaux du Pic Long (Pyrénées centrales). La Géographie 1907. Paris.
38. D. EYDOUX, Utilisation industrielle des torrents de montagne dans les Hautes-Pyrénées. La Montagne. Rev. mens. Cl. Alp. Fr. Vol. 8, p. 79. 1912, Paris.
39. D. FAUCHER, Les lacs des Pyrénées françaises et la morphologie glaciaire pyrénéenne. Rev. Géogr. des Pyrénées et du Sud-Oest. Toulouse. T. IV. Fasc. 2. 1933.
40. F. A. FOREL, Handbuch der Seenkunde. Stuttgart, 1901.
41. J. FROEDIN, Glaciala Former i Pyrenéerna. Medd. fran. Lund Univ. Geograf Inst. 1927.
42. EM. FROSSARD, Les Lacs des Pyrénées. Bull. de la Soc. Ramond, 1866, p. 91.
43. L. GARCIA-SAINZ, El glaciario cuaternario en el Pirineo central español. Bol. de la Soc. Geogr. Nac. Madrid, 1931.
44. — Los vestigios de Epoca glacial en el val de Flamisell. Public. de la Soc. Geogr. Nac. Madrid, No. 21, 1933.
45. F. GARRIGOU, Les Glaciers anciens et récents des Pyrénées. Toulouse, 1876.
46. L. GAURIER (Abbé), Travaux de glaciologie et d'hydrologie aux Pyrénées de 1896 à 1926. Bull. Sect. scient. C. A. F. 1925—1926.
47. D. F. GOMMA, La Pêche à la ligne en pays de montagne. La Montagne. Rev. mens. du Cl. Alp. Fr. Vol. 8. p. 493, Paris, 1912.

48. G. GOETZINGER, Geomorphologie der Lunzer Seen und ihres Gebietes. Intern. Rev. der ges. Hydrogr. 1912. Leipzig.
49. M. GOURDON, Le massif de Hourgade. Ann. Cl. Alp. Fr. 1893.
50. M. GROLL, Der Oeschinensee. Jahrb. d. Geogr. Ges. Bern. Bd. XIX. 1904.
51. L. HEUREUX, Guide des Pyrénées. Hachette, Paris 1921.
52. F. HONORE, La Houille Blanche. L'Illustration No. 4293, 1925, Paris.
53. JEANBERNAT, Etude monographique sur les lacs des Pyrénées. Bull. Soc. des Sc. phys. et nat. de Toulouse, 1873, T. I.
54. — Les Lacs des Pyrénées. Bull. Soc. des Sc. phys. et nat. Toulouse. 1874. T. II.
55. A. LACOSTE et VERDUN, Exploration de la Région des Lacs du Pic des QuatreTermes et de celle des Lacs du Néouvielle. Ann. Cl. Alp. Fr. Vol. 28. 1901. p. 177.
56. P. LASSERRE, La morphologie glaciaire du Bassin de Lourdes. Etude géographique. Rev. Géogr. des Pyrénées et du Sud-Ouest. Toulouse, 1930.
57. A. LEQUEUTRE, De Barèges à Gavarnie. Ann. du Cl. Alp. Fr. T. V. 1878.
58. L. MALLADA, Descripcion fisica y geologico de la provincia de Huesca. Madrid, 1878.
59. HTE. MARCAILHOU-D'AYMERIE, Ax-les-Thermes (Ariège), Guide du touriste et de l'alpiniste dans les Vallées de la Haute-Ariège. Toulouse, 1925.
60. E. DE MARGERIE et F. SCHRADER, Aperçu de la structure géologique des Pyrénées. Ann. Cl. Alp. Fr. 18. 1891.
61. H. MARTIN, L'Evolution industrielle de la Région pyrénéenne. Le Sud-ouest Economique. Nr. 197. 1930. Toulouse.
62. CH. MARTINS, Sur les causes de l'absence des grands lacs au pied des Pyrénées. Bull. Soc. Ramond. 1871.
63. CH. MARTINS et ED. COLLOMB, Essai sur l'ancien glacier d'Argelès (Hautes Pyrénées). Bull. Soc. Géogr. France. 2^{me} série. T. XXV. 1867.
64. EM. DE MARTONNE, Sur la théorie mécanique de l'érosion glaciaire. C. R. Acad. Sc. Paris, janv. 1910.
65. L. MENGAUD, Notice géologique sur les Pyrénées Ariègeoises et Luchonnaises et le Pays Toulousain. Toulouse, 1910.
66. — Contribution à l'étude du Glaciaire et des Terrasses de l'Ariège et du Salat. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 1910.
67. O. MENGEL, Etudes de Géographie physique sur les Pyrénées Catalanes. Cl. Alp. Fr. Bull. de la sect. du Cangou, 1911.
68. J. MUELLNER, Zur Vereisung der Seen der Ostalpen. Geogr. Analer 1924.
69. FONTAN NEGRIN, L'Aiguille occidentale de Los Encantados, Haute Catalogne. Ann. Cl. Alp. Fr. Vol. 28, 1901.

70. FR. NUSSBAUM, Die diluviale Vergletscherung der östlichen Pyrenäen. Geogr. Zeitschr. Leipzig, 1928.
71. — Morphologische Studien in den östlichen Pyrenäen. Zeitschr. d. Ges. f. Erdk., Berlin, 1930.
72. — Sur la formation des Lacs de montagne dans les Pyrénées. Le Globe, Genève, 1931.
73. — Sur des surfaces d'aplanissement d'âge tertiaire dans les Pyrénées Orientales et leurs transformations pendant l'époque quaternaire. C. Rend. du Congrès Int. de Géogr. Paris, 1931. T. II. Sect. II. p. 529.
74. H. OBERMAIER, Beiträge zur Kenntnis des Quartärs in den Pyrenäen. Archiv f. Anthropol. Bd. 4. u. 5. Neue Folge. 1906.
75. — Die eiszeitliche Vergletscherung Spaniens. Petermanns Geogr. Mitt. 1921, Gotha.
76. CH. PACKE, A Guide to the Pyrenees. London, 1867.
77. W. PANZER, Talentwicklung und Eiszeitklima im nordöstlichen Spanien. Abh. d. Senckenberg. Naturf. Ges. Frankfurt a. M. Bd. 39, 1926.
78. — Die eiszeitlichen Endmoränen von Puigcerda (Ostpyrenäen). Zeitschrift f. Gletscherk. Verlag Bornträger, Berlin. Bd. XX, 1932.
79. JOS. PARTSCH, Die Hohe Tatra zur Eiszeit. Staatl. Forschungsinst. Leipzig. F. Hirt, 1923.
80. ALB. PENCK, Die Eiszeit in den Pyrenäen. Mitt. Ver. f. Erdkunde, Leipzig, 1883.
81. — Einteilung und mittlere Kammhöhe der Pyrenäen. Jahrb. Geogr. Ges. München, 1885.
82. — Studien über das Klima Spaniens während der jüngern Tertiärperiode und der Diluvialperiode. Zeitschr. Ges. Erdk., Berlin, 1894.
83. M. POMEROL, Note sur les Travaux d'Abaissement de trois Lacs Pyrénéens. Bull. périod. Sofina, 1931.
84. EL. RECLUS, La Terre, VII. 1. p. 539, 1867.
85. RELEVÉS HYPOMETRIQUES résultant d'observations faites au baromètre par les membres du Cl. Alp. Fr. et calculés par E. Prudent. Ann. Cl. Alp. Fr. 1880—1893. Paris.
86. ED. RICHTER, Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen. Petermanns Mitteil. Ergänz. Nr. 132, Gotha, 1900.
87. M. ROUBAULT, Sur les formations glaciaires du Massif de Néouvielle (Hautes Pyrénées). C. R. Acad. Sc. Paris. 1930. T. 190.
88. LOUIS ROUCH, Un cirque pyrénéen mal connu, le Cirque du Sisca. La Montagne, Rev. mens. du Cl. Alp. Fr. Vol. XII. 1916, Paris.
89. A. DE SAINT-SAUD, Etude orographique sur le bassin lacustre occidental du Néouvielle (Hautes-Pyrénées). Avec carte au 1:25 000. Ann. Cl. Alp. Fr. Vol. 28. 1901. Paris.
90. FR. SCHRADER. Note sur le panorama du Piméné. Ann. Cl. Alp. Fr. T. 3, 1876.
91. — Aperçu sommaire de l'Orographie des Pyrénées. Ann. Cl. Alp. Fr. 1885

92. — Note sur la feuille 6 de la Carte des Pyrénées Centrales. XX^m^e Ann. du Cl. Alp. Fr. 1893. Paris. p. 367.
93. M. SORRE, Les Pyrénées. Coll. Arm. Colin, Paris, 1922.
94. C. TAEUBER, Wanderungen in den Pyrenäen. Jahrb. Schweiz. Alp.-Club. 1910, Bern
95. E. TRUTAT, Matériaux pour l'étude des anciens glaciers des Pyrénées. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse. T. 32, 1899.
96. E. WALLON, Nouvelle exploration dans les montagnes du Haut Aragon. Ann. Cl. Alp. Fr. 1876.
97. J. VALLOT, Comblement des lacs pyrénéens. Paris, 1887.
98. P. VILA, La Cerdanya. Encicl. Catal. III. Barcelona, 1926.
99. J. XANDRI, La Cerdaña. Madrid, 1917.
100. F. ZIRKEL, Physiographische Skizzen aus den Pyrenäen. Das Ausland, 1867.

Nachtrag

101. R. BLANCHARD, La morphologie des Pyrénées françaises. Ann. de Géogr. t. 23. 1914.
102. L. DE BONDIDIER, Les Pyrénées. Editions Alpina Paris. — 1933 erschienenenes prächtiges Werk, enthält u. a. treffliche Abbildungen zahlreicher Pyrenäenseen.
103. M. CHEVALIER, Carte topographique et Guide touristique de l'Andorre. Edit. E. Girard, Paris 1933.
104. M. Dalloni, Stratigraphie et Tectonique de la région des Nogueras (Pyrénées Centrales). Bull. Soc. Géol. France t. XIII, 3 sér. 1913, Paris.
105. CH. DEPERET et L. REROLLE, Note sur la Géologie et sur les Mammifères fossiles du bassin lacustre miocène supérieur de la Cerdagne. Bull. Soc. Géol. France, t. XIII, 3 sér. 1913, Paris.
106. M. DRALET, Description des Pyrénées. Lib. A. Bertrand. Paris 1813.
107. D. EYDOUX et L. MAURY, Note sur les levés exécutés dans les Pyrénées centrales de 1899 à 1905. La Montagne, Paris, 1906. (Mit drei Karten der Gletscher und Seen des „Massif de Néouvielle“).
108. D. FAUCHER, Le Glacier de l'Ariège dans la Basse Vallée Montagnarde. Mém. Géogr. Grenoble 1932.
109. H. GAUSSEN, Végétation de la moitié orientale des Pyrénées. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse. 564 p., T. 55. 1926. (Mit sehr ausführlichem Literaturverzeichnis und vielen Angaben über Topographie und Geologie der östlichen Pyr.)
110. W. HALBFASS, Die Seen der Erde. Peterm. Mitt. Erg.-Heft Nr. 185, p. 52. Gotha 1922.
111. J. HOPFNER, Keltische Ortsnamen in der Schweiz. Kartenverlag Bern, 1930.
112. CH. JACOB et M. CASTERAS, La morphologie des Vallées luchonnaises. Bull. Soc. d'hist. Nat. Toulouse, t. LVII, 1928.
113. A. LACROIX, Le Granite des Pyrénées et ses phénomènes de con-

- tact. Bull. Serv. Carte géol. France. No. 67 t. X. et No. 71, t. XI. 1900.
114. A. LEYMERIE, Explication d'une coupe transversale des Pyrénées françaises passant par Luchon et Montréjeau. Bull. Soc. Géol. France, 2 sér. t. 27. 1869.
115. W. LUEDEMANN, Züge durch die Hochgebirge und Thäler der Pyrenäen im Jahre 1822. Berlin 1825. (Mit Beschreibung der Seen im Tal von Oo.)
116. E. DE MARTONNE, Sur la formation des Cirques (Annales de Géogr. t. X. 1901.
117. ALPH. MEILLON, Esquisse toponymique sur la Vallée de Cauterets. Lib. Talabot, Cauterets 1908.
118. O. MENGEL, Sur la limite inférieure du Quaternaire dans les Pyrénées Orientales. C. R. Ac. Sc. Paris 1930, p. 1015.
119. A. PENCK und BRUECKNER, Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig 1901.
120. P. PERRET, Les Pyrénées françaises. 2 Bände. Ed. Oudin. 1882, Paris.
121. R. PIC, Les terrasses de la Neste-Garonne. Rev. Géogr. des Pyr. t. IV. 3. Toulouse 1933.
122. J. ROUSSEL, Etude stratigraphique des Massifs montagneux du Canigou et de L'Albère. Bull. Serv. Cart. géol. France, No. 52, 1898. (Mit Angaben über Moränen diluv. Gletscher.)
123. J. ROUSSEL, Contribution à l'étude géologique des Pyrénées. Bull. Serv. Carte géol. France. N. 74. 1900.
124. A. DE SAINT-SAUD, Cinquante ans d'excursions et d'études dans les Pyrénées Espagnoles et Françaises. C. A. Fr. Mém. Paris 1924. 5 Pl. Contribution à la Carte des Pyrénées Espagnoles. (64 p. avec 5 cartes au 1:200 000 .)
125. — Quinze jours aux Lacs de Caillaouas et de Pouchergues. Bull. Pyr. Pau 1906.
126. FR. SCHRADER, Autour des Sources de la Garonne (avec Carte). Ann. Club Alpin Fr. 1880, p. 229, Paris.
127. E. WALLON, De Gavarnie à Borau. Ann. Cl. Alp. Fr. IX A. 1882, p. 280.
128. — Courses diverses dans les montagnes du Haut Aragon. Ann. Cl. Alp. Fr. 1880. (Mit Karte „Région des Batans“, 1:60 000.)
129. M. WICKERSHEIMER, Etude sur le terrain glaciaire des Pyrénées Orientales. Ann. des Mines 1885.



**1. Das trogförmige und gestufte Tal des Garbet, oberhalb Castel-Minier
(vergleiche Profil Fig. 9).**



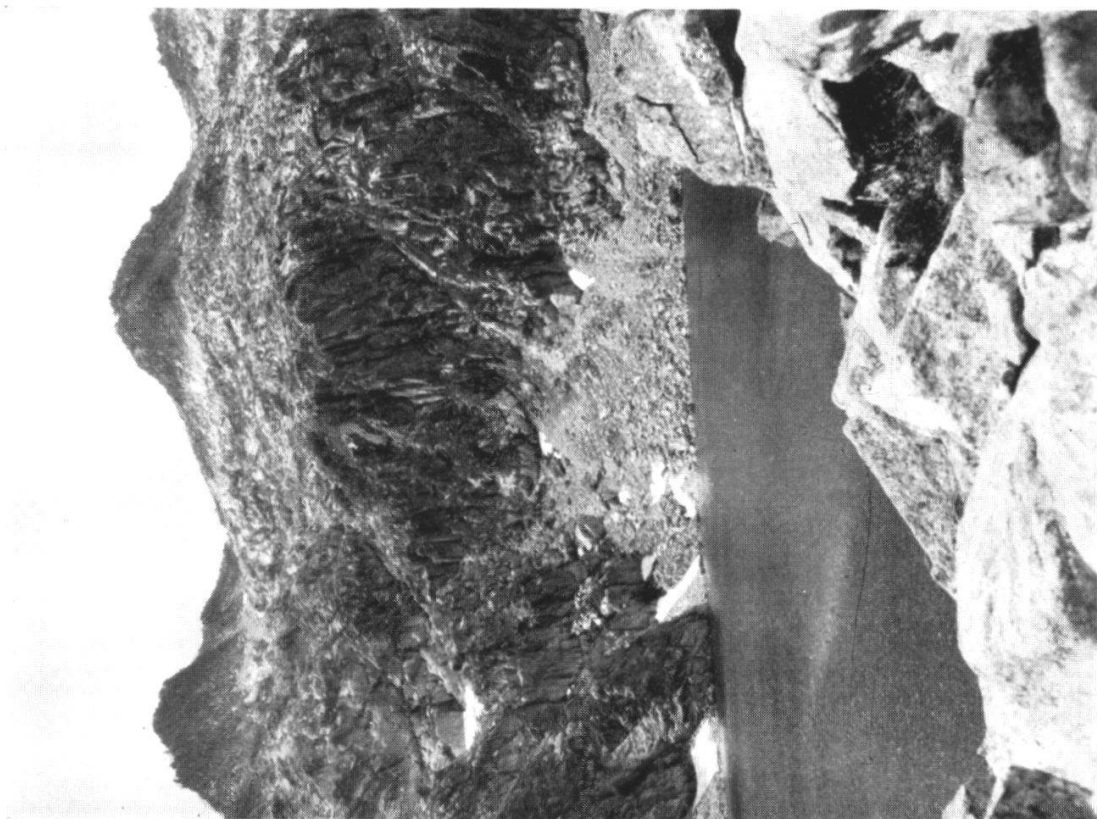
2. Die zweite Talstufe im Garbettal; im Vordergrund verschüttetes Becken.



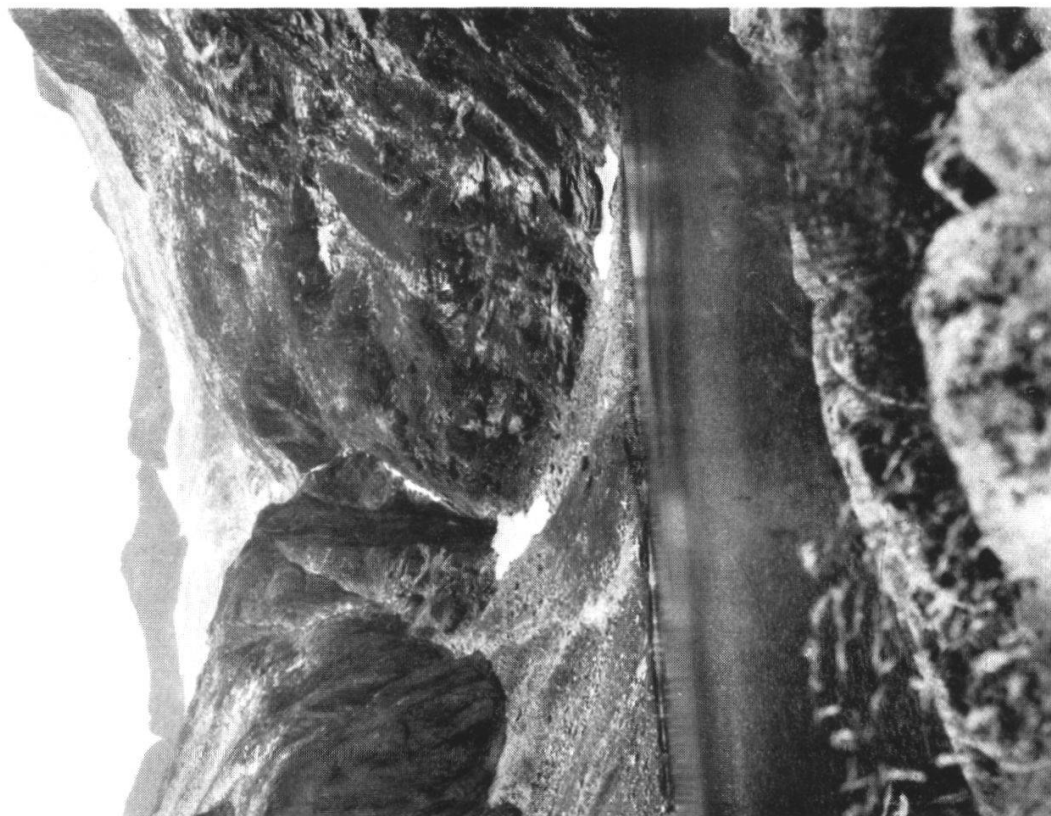
3. Blick auf die abgeschliffene Felsschwelle des Lac du Garbet.



4. Vom Gletscher abgeschliffene und geschrammte Granit-Rundbuckel auf der Westseite des Lac du Garbet.



6. Blick auf den Lac d'Aubé, die oberhalb ansteigende Talstufe und die Karplatte.



5. Blick auf den Lac du Garbet, die oberhalb ansteigende Talstufe und Karplatte.



7. Talstufe unterhalb des Lac d'Aubé, im Tal des Fouillet.



8. Abgeschliffener Felsriegel am Lac Tapat, oberhalb Capdella.



9. Ueberschliffene Granitschwelle am Lago Colomina, Capdella.



10. Spiegelglatte, bis zum Seegrund vorhandene Schlitte am Lago Colomina.



11. Blick auf den Lac de Certescans, von der Felsschwelle aus.



12. Blick auf die Felsschwelle des Lac de Certescans und die Gebirgsgruppe des Pic d'Estats.



13. Der Gebirgshintergrund des Lac Rumédo supérieur.
Man beachte die Trogform des Hochtales.



14. Blick auf die Schwelle des Lac Rumédo inférieur und auf das südliche
Gebirge mit typischen Karformen von Brohate.