

Die topographischen Verhältnisse

Objektyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern**

Band (Jahr): - **(1934)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

zuerst nach Tresp, wo sich grossartige Stausee- und Kraftwerke befinden, die von einem Schweizer, Herrn Direktor FRIZZONI, geleitet werden, in dessen Haus ich freundlich aufgenommen wurde. Dann reiste ich über Pobra 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 hierzu 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		
9. Aude	27		
10. Tet	39		
		Total	466
		Uebertrag	604
		Total beider Abdachungen	1070
Total	604		

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 Schiefen 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.

Andererseits 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 tiefergelegener 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

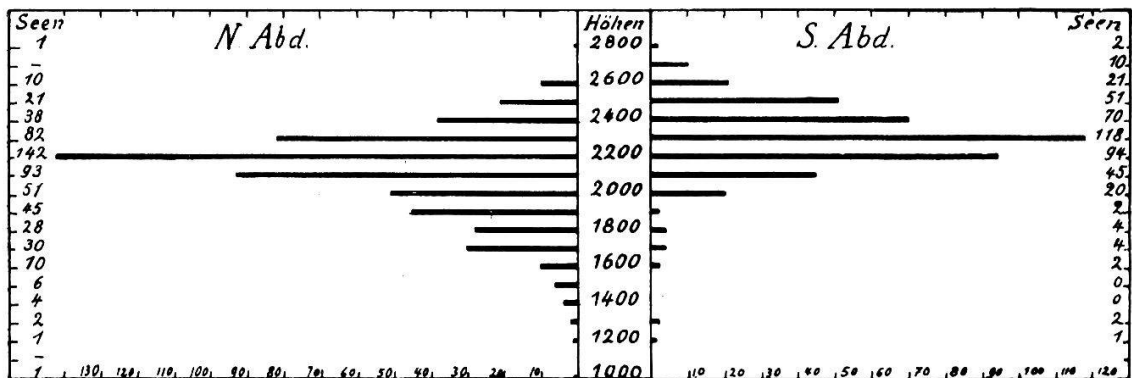


Fig. 1. Verteilung der Pyrenäenseen nach Höhenstufen.

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 überschiffene 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 überschiffenen 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 überschiffenen 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.

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

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 Aratihé, 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 Gebirgseen 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 Cabalirros, 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'Escarparu). 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.

Aehnliche 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.

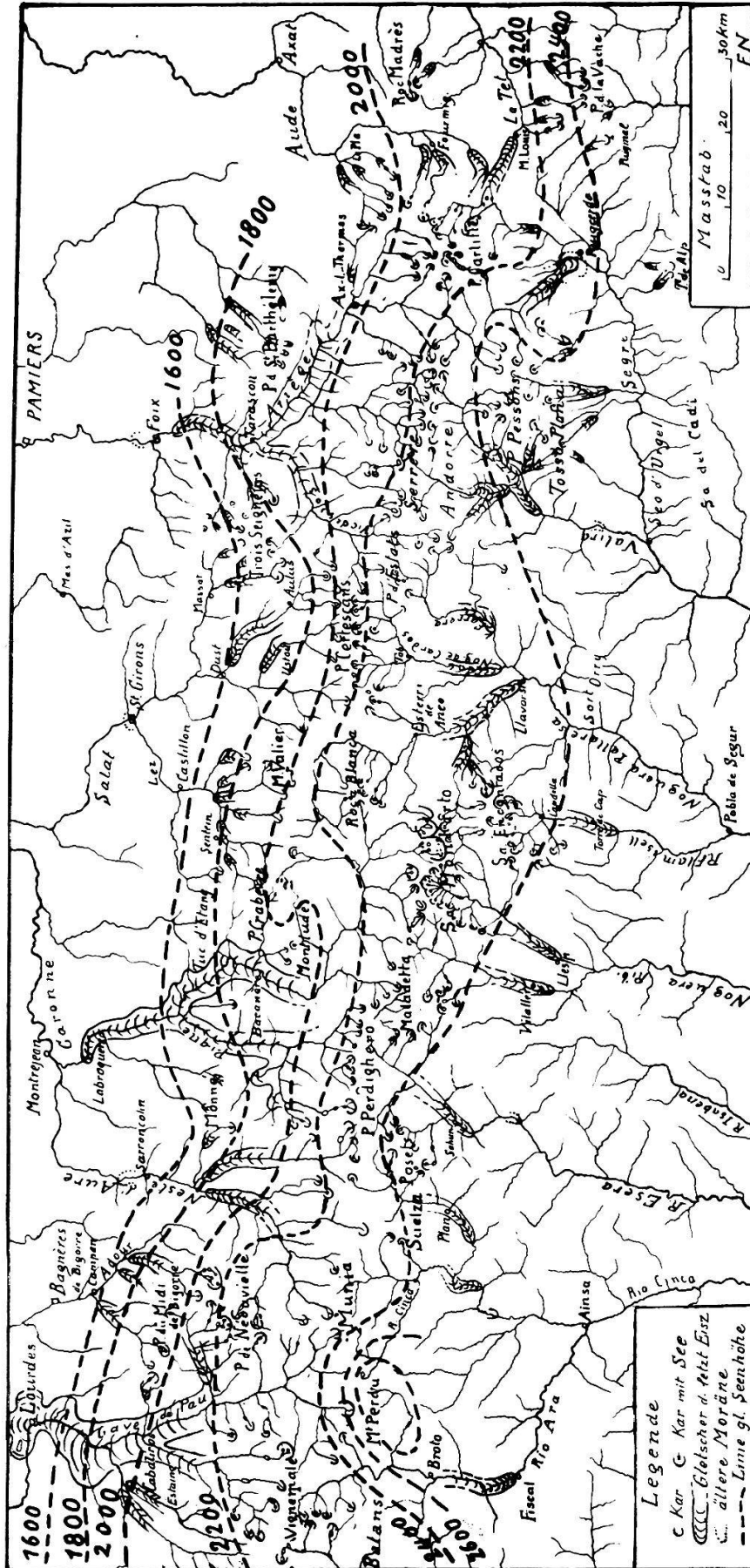


Fig. 5. Karte der mittleren Höhe der Karseen in den Pyrenäen. Die Karte zeigt deutlich das Ansteigen der mittleren Höhe der Karseen der einzelnen Gebirgsgruppen gegen Süden; ferner sind die Enden der würmeiszeitlichen Gletscher angedeutet.

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'Escarparu, 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 Schiefen aufgebaut, die durch einen lebhaften Wechsel von härteren und weicheren Schichten gekennzeichnet sind. Die starke Zerschneidung der west-

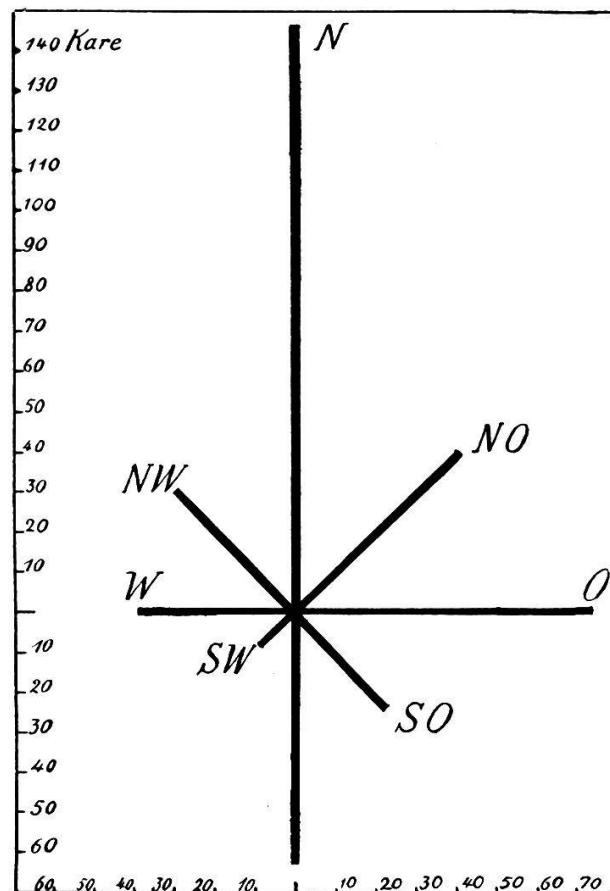


Fig. 6. Diagramm der Verbreitung der Seekare nach der Expedition.

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 rascherer 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 ‰) 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

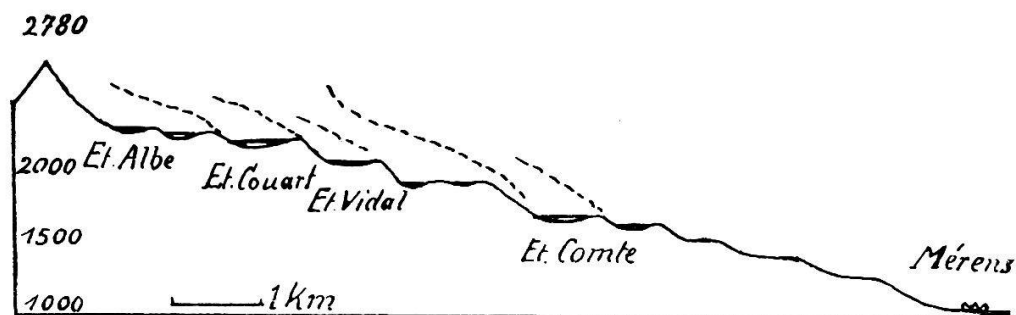


Fig. 7. Längsprofil des Tales von Mourgouillou.

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

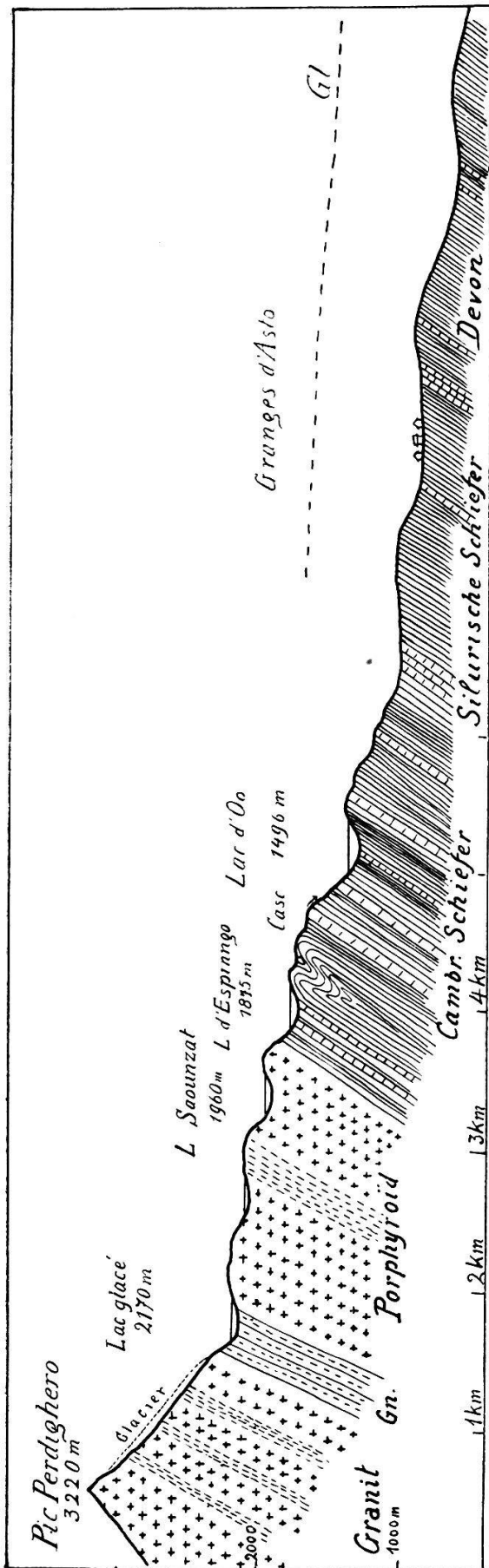


Fig. 8. Geologisches Längsprofil des Tales von Asto (nach E. Belloc).

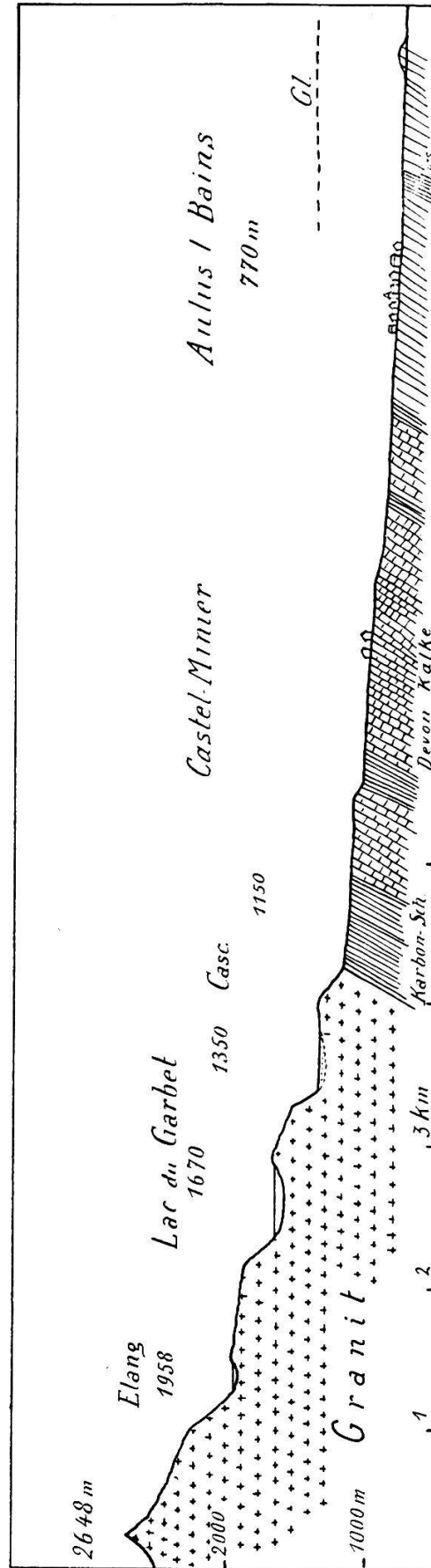


Fig. 9. Geologisches Längsprofil des Garbet-Tales (Oberlauf).

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 Bergsturzschant) 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, Amsoldingensee 1 km, Gelmersee 500 m, Sägistalsee und Oberstockensee je 450 m, Todtensee, Bachalpsee und Unterstockensee je 350 m, Hagensee und Trützi-see je 300 m, Titternsee (Siedelhorn) und Meienfallseele 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 Kares vor; davon sind nur 38 mit mehr als 400 m Länge; somit finden wir in den einfachen Kares 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.

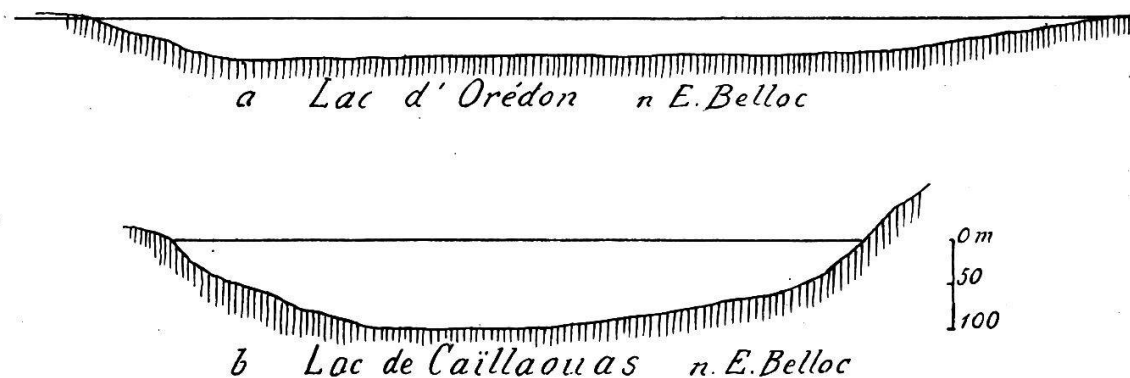


Fig. 10. Profile zweier Pyrenäenseen.

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 Caillaouas 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 Schiefen 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'Arde; 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,