Zeitschrift: (Der) Schweizer Geograph = (Le) géographe suisse
Band: 12 (1935)
Heft: 6

Artikel: Zur Geographie und Morphologie der Pyrenäenseen
Autor: Nussbaum, Fritz
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-14572

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: 17.07.2025

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

BERN, NOVEMBER 1935 6. HEFT ZWÖLFTER JAHRGANG

DER
SCHWEIZER GEOGRAPH
LE GÉOGRAPHE SUISSE

ZEITSCHRIFT DES VEREINS SCHWEIZ. GEOGRAPHIE-LEHRER SOWIE DER GEOGRAPHISCHEN GESELLSCHAFTEN VON BERN, BASEL, ST. GALLEN UND ZÜRICH

REDAKTION: PROF. DR. FRITZ NUSSBAUM, ZOLLIKOFEN B. BERN

VERLAG: KÜMMERLY & FREY, GEOGRAPHISCHER KARTENVERLAG, BERN
ABONNEMENT, JÄHRLICH 6 HEFTE, FR. 5.—

Zur Geographie und Morphologie der Pyrenäenseen.

(Vortrag in der Sektion für Geographie und Kartographie an der Jahresvers. der Schw. Nat. Ges. Zürich, im Sept. 1934.)

Von Fritz Nussbaum.

(Schluss.)

Das 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.

Als Beispiel eines Treppenkares sei hier der oberste Abschnitt des Garbet-Tales im Einzugsgebiet des Salat aufgeführt. Dieses trogförmige Tal steigt oberhalb Aulus-les-Bains 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 30 m tiefe Lac de Garbet hinter einer prächtig abgeschliffenen Felsschwelle; 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 2 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.

Auch die dritte Form von Karen, die hiervor bezeichneten *Muldenkare*, ist durch Stufenbau gekennzeichnet; es handelt sich hier um auffallend weit geöffnete Bergmulden mit sehr unregelmässig 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 Eindruck, dass in einer bestimmten Meereshöhe durch langandauernde glaziale 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. Man hat für diese Formen den Ausdruck Grosskare verwendet.

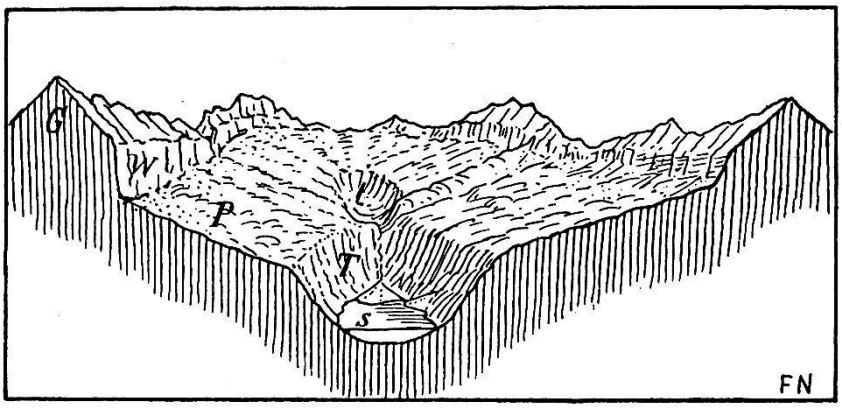

Fig. 2. Diagramm des Treppenkars von Garbet.
G = Grat, W= Gratwand, P = Karplatte, T = Trog mit See (S) t = höherer, kleinerer Trog.

In den Pyrenäen haben wir, nach den Kartenbildern zu schliessen, 37 gut ausgeprägte Muldenkare unterscheiden können. Dieselben sind in unserer, eingangs zitierten, Abhandlung näher beschrieben.

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 haben wir zunächst das Vorkommen aller Gebirgsseen nach den Gesteinszonen der verschiedenen Gebirgsmassive dargestellt; zugleich ist 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 (vgl. hiezu Karte Fig. 3).

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

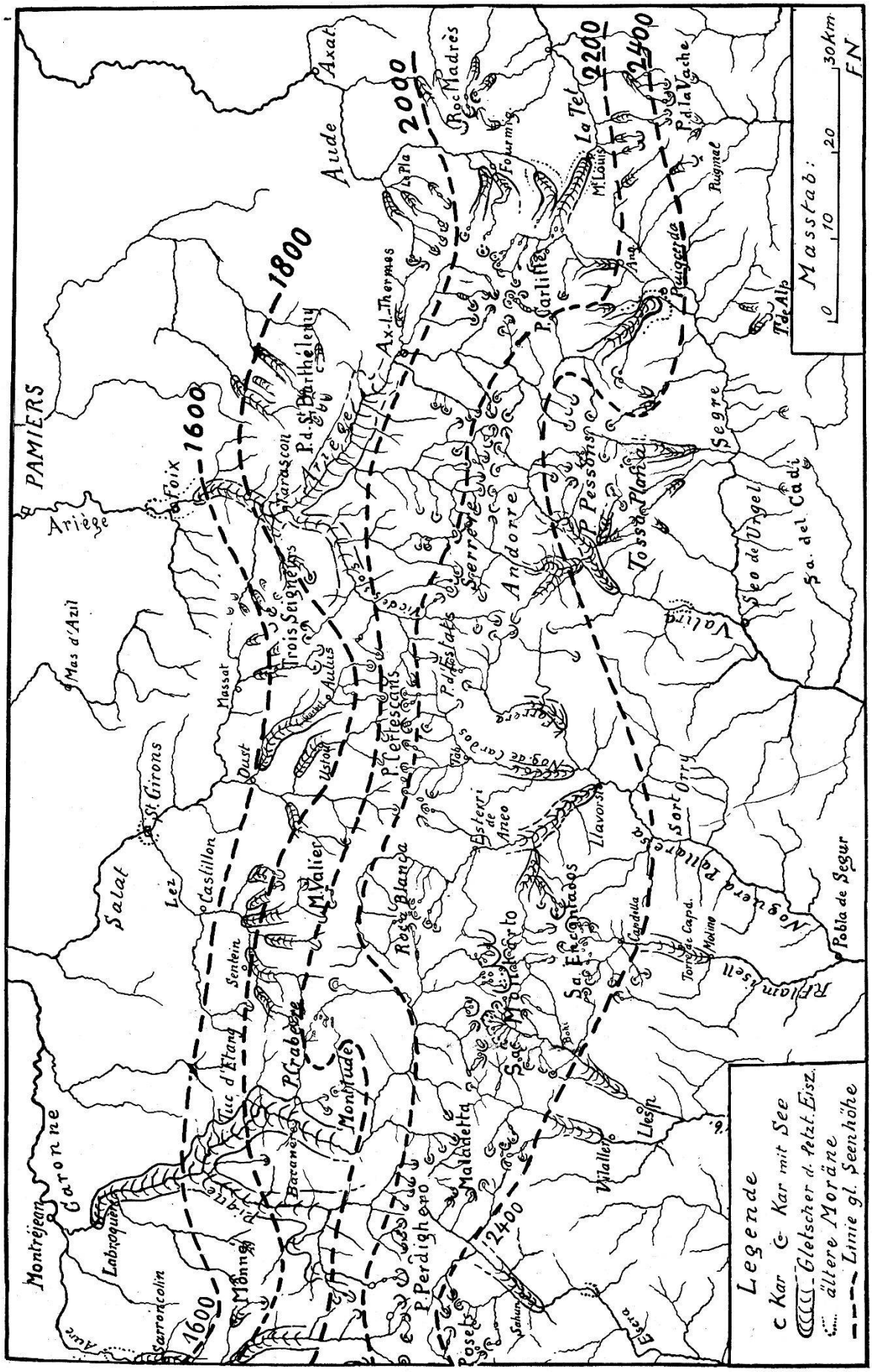

Fig. 3. Uebersichtskarte der mittleren Höhe der Karseen in den Pyrenäen.

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.

c) Seen in Stufentälern.

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 dieser Stufentäler ist in den Pyrenäen sehr gross; aber lange nicht alle bergen Seen; immerhin konnten über 80 Seen in gestuften Hochtälern festgestellt werden.

Beispiele solcher Stufentäler, die meist als Hängetäler mit hoher Stufe in ein Haupttal einmünden, bieten 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 (vgl. Profil Fig. 4).

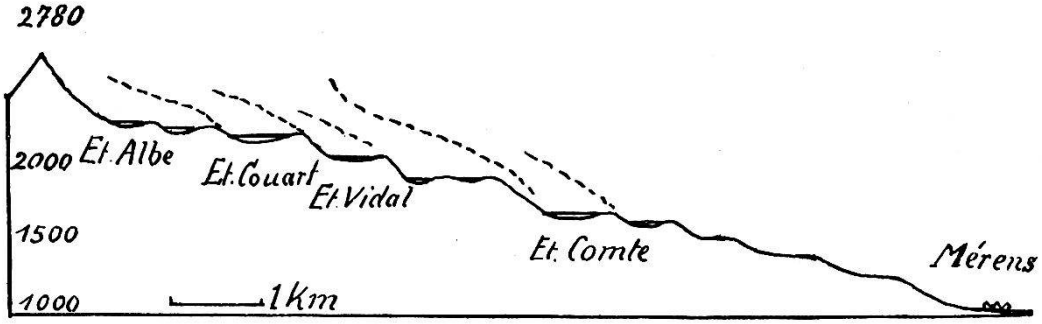

Fig. 4. Längsprofil des Tales von Mourgouillou.

d) 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 hochgelegenen Ufermoränen gestaute Seen.

e) Tiefgelegene 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. Zu diesen Talseen rechnen wir auch den einzigen Vorlandsee der Pyrenäen, den von Moränen gestauten, 12 m tiefen Lac de Lourdes.

3. *Die Grössenverhältnisse der Pyrenäenseen.*

a) Allgemeines.

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 Aren 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.

Von den insgesamt 1076 Seen der Pyrenäen sind gegen 220 Seen, im Hinblick auf ihre Eignung als Staubecken zur Gewinnung von Elektrizität, nach ihren Tiefen, und davon 198 nach Fläche und Tiefe vermessen worden. Vor allem verdanken wir L. Gaurier die grösste Zahl dieser Messungen. Nach vorliegenden Angaben erhalten wir die folgende Zusammenstellung:

Anzahl Seen	Fläche	Mittlere Tiefe
43	0,5—1 ha	3,90 m
51	1—2,5 ha	8,50 m
31	2,5—5 ha	10,50 m
35	5—7,5 ha	21,70 m
13	7,5—10 ha	23,60 m
8	10—15 ha	34,20 m
2	15—20 ha	32,1 m
4	20—30 ha	46,9 m
6	30—40 ha	68,5 m
5	über 40 ha	55,1 m

Es kann demnach festgestellt werden, dass die Zahl der Kleinseen von weniger als 2,5 ha Fläche in den Pyrenäen sehr gross ist; wir sind auf eine Gesamtzahl von über 700 gekommen. Die Zahl der Seen von über 30 ha Fläche dürfte gegen 40 betragen. Bemerkenswert ist nun das weitere Ergebnis, dass im allgemeinen die Tiefe mit der Grösse der Seen zunimmt; immerhin gibt es auch einige kleine Seen von 20—40 m Tiefe.

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.

Nur in den Gebieten von Tabescan und Capdella wurden jüngst an Gebirgsseen Tiefenmessungen vorgenommen und in Karten verwendet (vgl. Fig. 5).

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.

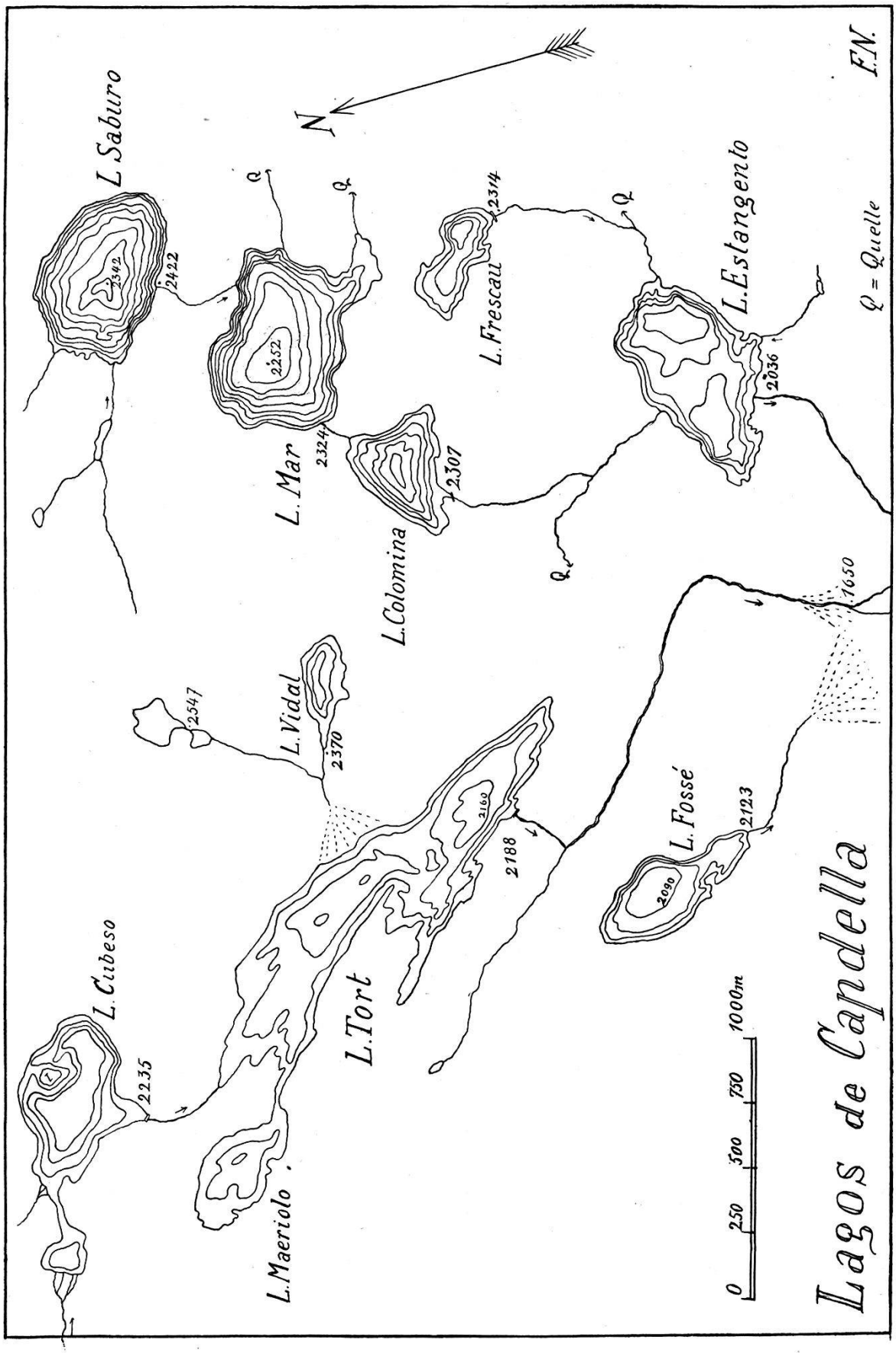

Fig. 5. Karte der Seen von Capdella, mit Tiefenkurven von je 10 m Equidistanz, gezeichnet nach der gleichnamigen Karte, im Maßstab 1:10 000.

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.

Ferner zeigt sich, 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. Auch hierüber gehen die Meinungen noch sehr weit auseinander.

II. VON DER ENTSTEHUNG DER PYRENÄENSEEN

1. Allgemeines.

Dass die Pyrenäenseen, soweit es sich um Felsbecken handelt, von den eiszeitlichen Gletschern ausgeschliffen worden seien, ist bereits 1883 von *Alb. Penck* ausgesprochen 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, E. Belloc* und *L. Gaurier* die Beckenbildung durch Gletschererosion ablehnen. Diese Forscher denken an Wirkungen der Verwitterung und an lokale Einstürze.

Weitaus die meisten Seen, die eine beträchtliche Tiefe besitzen, befinden 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.

Ueber die Lage der Pyrenäenseen zu den Gletschern der Eiszeit hat sich der Verfasser in seiner zit. Abhandlung ausführlich geäussert; er konnte die von Alb. Penck gemachten Beobachtungen und Schlussfolgerungen in weitgehendem Masse bestätigen. Darnach ergibt sich, dass sich weitaus die grösste Anzahl der Gebirgsseen 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.

Nun bieten die Pyrenäen durchwegs die Eigentümlichkeit, dass in den tieferen Talstrecken die Einwirkungen der grösseren Talgletscher 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 Karen, namentlich in den Treppenkaren, finden wir neben unzähligen kleinen, seichten auch die grössten, bzw. tiefsten Seen der Pyrenäen. So scheint hier hinsichtlich des Verhältnisses von Grösse und Mächtigkeit der Gletscher und ihrer Wirkung ein Widerspruch zu bestehen. Daraus dürfen wir schliessen, dass diesen eigenartigen Tatsachen auch gesetzmässige Ursachen zugrunde liegen müssen.

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

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 fluviatile Erosion hat hier jeweilen die Oberhand erhalten.

Die höheren Talgebiete waren die Ursprungsgebiete der Gletscher; sie standen naturgemäss sehr viel länger unter der Einwirkung der Vergletscherung als die tieferen Talstrecken. Das Fehlen von fluviatilen 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. Ein solcher Zustand setzt eine Höhe der Schneegrenze voraus, wie sie der mittleren Höhe der Karböden entspricht. 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, bedeutend tiefer als auf der südlichen Abdachung (vgl. Karte Fig. 3).

2. Die Bildung der Karseen.

Die Ausschleifung von 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. Dies geschieht offenbar dann, wenn 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.

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. 2 und 4.

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

In den gestuften Tälern lassen sich ferner abschnittweise 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 und 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.

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 französischen Pyrenäen liegen am Fusse hoher Stufen, so der Lac Bleu, der Lac de Caïllaouas, 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.

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.

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 (C. R. Acad. Sc. Paris, janvier 1910).

Wichtigste Literatur über die Pyrenäenseen.

1. 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.
2. Derselbe: Recherches et explorations géographiques et lacustres dans les Pyrénées Centrales. Ebendort 1894.
3. A. DELEBECQUE, Sur quelques lacs des Alpes, de l'Aubrac et des Pyrénées. C. R. Acad. Sc. Paris, janv. 1895.
4. Derselbe: Les Lacs français. Typ. Chamerot et Renouard, Paris, 1898.
5. D. FAUCHER, Les lacs des Pyrénées françaises et la morphologie glaciaire pyrénéenne. Rev. Géogr. des Pyrénées et du Sud-Ouest. Toulouse. T. IV. Fasc. 2, 1933.
6. EM. FROSSARD, Les Lacs des Pyrénées. Bull. de la Soc. Ramond, 1866, p. 91.
7. L. GAURIER. Les Lacs des Pyrénées françaises. Commentaire de l'Atlas. Edit. Ed. Privat, Toulouse, 1934. 319 S.

8. JEANBERNAT, Etude monographique sur les lacs des Pyrénées. Bull. Soc. des Sc. phys. et nat. de Toulouse, 1873, T. I.
9. Derselbe: Les Lacs des Pyrénées. Ebenda, T. II 1874.
10. FR. NUSSBAUM, Sur la formation des Lacs de montagne dans les Pyrénées. Le Globe, Genève, 1931.
11. Derselbe: Die Seen der Pyrenäen. Eine geographische Studie. Mit zahlreichen Abbildungen und Karten. Mitt. Nat. Ges., Bern, 1934. 184 S.
12. ALB. PENCK, Die Eiszeit in den Pyrenäen. Mitt. Ges. f. Erdk., Leipzig, 1883.

Erdöl und Erdölwirtschaft.

Von Dr. W. Staub, Bern.

(Fortsetzung.)

B. Ausscheidungssedimente. Sie sind grösstenteils organischen Ursprungs. Trotz des geringen Kalkgehaltes des Meerwassers ($0,_{34}$%, der Kalk ist als Bikarbonat gelöst) waren und sind verschiedene Tiergattungen imstande, riffbildend in untiefen Meeren aufzutreten, so Bryozoen (Perm), Krinoiden und Kalkschwämme (Trias, Jura), Rudisten (Kreide), Lithothamnien (Tertiär), Korallen. Daneben können die Schälchen von Mikro- und Makroforaminiferen gesteinsbildend werden.

Lebende Korallen kommen nur bis zu einer Tiefe von 40—45 m vor. Der Boden darf nicht schlammig sein. Das Meerwasser muss klar und häufig bewegt sein und eine starke Zufuhr von Plankton zeigen, die Temperatur darf nicht unter 18° C, im Monatsmittel nicht unter 21° C, fallen, der Salzgehalt muss sich zwischen 27—38‰ bewegen. Bei der Verfestigung eines gehobenen Korallenriffes werden die vorhandenen Poren und Löcher rasch geschlossen. Unter der Einwirkung der Magnesiumsalze des Meeres geht aber ein Teil des Kalkes in Dolomit über. Bei 1 Atmosphäre Druck ist $CaCO_3$ etwas löslicher als $MgCO_3$. Über 5 Atmosphären Druck aber dreht sich das Verhältnis um. Bekannt ist die Zellendolomitbildung an ausstreichenden Dolomitbänken, wobei der Kalk weggelöst ist. Dolomite können sich auch direkt chemisch in Lagunen niederschlagen und bilden nicht selten im Salzhut (Cap rock) von Erdölfeldern am Rand von Salzstöcken das Gestein für sekundäre Öllager.

Erdölfelder, die das Erdöl gut abgedichteten, in der Tiefe vergrabenen Kalkrücken entnehmen, finden sich in Ostmexiko, Persien, Ägypten. Die grössten Erdölspritzer der Welt entnehmen das Erdöl Höhlungen im Kalkstein solcher vergrabener Kalkrücken oder Kalkfalten. Für Ostmexiko nimmt J. M. Muir eine Bildung des Öles während der Ablagerung der Kalksteinfolgen selbst an, mit späterer Anreicherung in den Höhlungen.

In den U. S. A. ist das bekannteste Beispiel eines öl- und gasreichen dolomitischen Kalksteins der stellenweise 200 m mächtige untersilurische Trentonkalk, welcher Ohio und Indiana unterlagert und in Kentucky und New York an den Tag streicht. Paläozoische Ölkalke sind ferner aus dem Midcontinentfeld, West-Texas, den Rocky Mountainsfeldern bekannt. Nach W. T. Howard sind 95% der Porosität dieser Kalke sekundär durch chemische Erosion entstanden, indem fast alle diese Kalke vor Überlagerung durch jüngere Sedimente eine Zeitlang freilagen (Karrenbildung). Ähnlich ist es in Kanada.

c) DAS ERDÖL UND SEINE PHYSIKALISCHEN EIGENSCHAFTEN.

Das natürliche Erdöl *(crude oil, huile brute)* ist ein in der Zusammensetzung schwankendes Gemenge verschiedener gasförmiger, flüssiger und fester Kohlenwasserstoffe, die ineinandergelöst sind, wobei