

Die rezenten Gletscher der Pyrenäen

Peter Höllermann

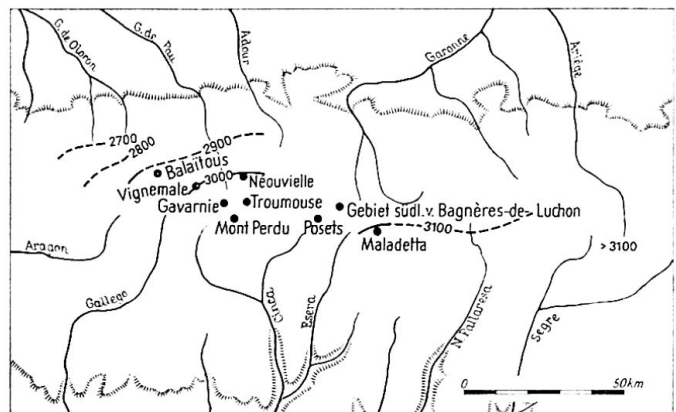
Im Mittelmeergebiet und seinen Randgebirgen sind südlich der Alpen Gletscher heute nur noch selten anzutreffen. Zumeist handelt es sich um isolierte Gebilde in schattseitigen Hohlformen, die allenfalls die Bestimmung einer lokalen Schneegrenze für den jeweiligen Gletscher ermöglichen, kaum aber die fundierte Festlegung einer regionalen Schneegrenze, wie sie für weiträumige Vergleiche allein geeignet wäre. Das hat dazu geführt, daß hinsichtlich der Höhenlage der heutigen Schneegrenze im Mittelmeergebiet und seiner Peripherie noch manche Unklarheiten bestehen und die dafür angesetzten Werte oft zu niedrig erscheinen (vgl. auch *B. Messerli*, 1966, 1967).

In diesem Zusammenhang dürfen die *Gletscher der Pyrenäen* einige Aufmerksamkeit beanspruchen, die in größerer Zahl und weiterer Verbreitung auftreten und nicht allein in ausgesprochener Gunstlage und schattseitiger Exposition ausgebildet sind. Aber auch diese Gletscher der Pyrenäen sind in ihrer überwiegenden Zahl nur sehr klein und stehen nahe der Grenze ihrer Existenzmöglichkeit. Sie sind nur in den höchsten Gebirgsgruppen der Zentralpyrenäen mit zumeist mehr als 3000 m Höhe anzutreffen. Die Mehrzahl der Gletschergebiete liegt im Bereich des wasserscheidenden Hauptkammes, so von Westen nach Osten fortschreitend: Balaitous, Vignemale, Gavarnie mit den benachbarten, großen Talzirken (Estaubé, Troumouse) sowie der Grenz-kamm südlich von Bagnères-de-Luchon. Nördlich des Hauptkammes treten Gletscher noch in der Néouvielle-Gruppe auf, häufiger dann südlich der Wasserscheide in den höchsten Berggruppen Mont-Perdu (3355 m), Posets (3367 m) und Maladeta (3404 m). Alle diese Gletschergebiete liegen in einem knapp 90 km langen und maximal 20 km breiten Abschnitt der westlichen Zentralpyrenäen (Fig. 1). Dieser Abschnitt mit rezenten Gletschern nimmt weniger als ein Viertel der gesamten Längserstreckung des Gebirges ein. Andernorts treten allenfalls perennierende Schneeflecken und Firnlager nahe den höchsten Erhebungen oder am Fuß steiler Wände auf.

Während in den zentralen Ostalpen und erst recht in den höheren Westalpen die Hauptgebirgsgruppen ausgedehnte Vergletscherungszentren bilden, wo sich die Gletscher entlang der höchsten Kämmen dicht aneinanderreihen, im Nährgebiet oft zusammenhängen und die Landschaftsphysiognomie der

Hochlagen wesentlich mitgestalten, zeigen die zumeist nur winzigen Pyrenäengletscher der isolierten, höchsten Erhebungen in der Regel keinen Zusammenhang und spielen im Landschaftsbild des Gebirges nur eine untergeordnete Rolle. Nur an wenigen Stellen, wie z. B. an der Nordseite des Mont-Perdu oder des Maladeta-Massivs, kommen sie stärker zur Geltung (Abb. 2 und 4).

Da die Gletscher zudem in ihrer Mehrzahl weit abseits der menschlichen Siedlungen und Verkehrslinien liegen und meist nur mühsam zu erreichen sind, ist ihnen naturgemäß eine wesentlich geringere Beachtung geschenkt worden als den Alpengletschern. Noch zu Anfang unseres Jahrhunderts konnte *Ch. Rabot* davon sprechen, daß man über die Pyrenäengletscher in mancher Hinsicht weit weniger wisse als über diejenigen des Altai (zitiert bei *L. Gaurier*, 1921, S. 1). Während für einzelne Alpengletscher schon seit dem 16. Jahrhundert verlässliche urkundliche Nachrichten vorliegen, gibt es zuverlässige Angaben über die Pyrenäengletscher erst aus dem 19. Jahrhundert. Wissenschaftliche Pionierarbeit wurde besonders von *Ramond*, *Trutat* und *Schrader* geleistet. Um eine systematische Organisation der Gletscherbeobachtung bemühten sich dann ab 1890 *Prinz Roland Bonaparte* und seit Anfang unseres Jahrhunderts der *Abbé L. Gaurier*, dem auch die «*Etudes glaciaires dans les Pyrénées*



Figur 1. Die wichtigsten Gletschergebiete und die Höhenlage der heutigen Schneegrenze in den Zentralpyrenäen. Wegen der geringen Verbreitung rezenter Gletscher ist das Isochionenbild nur über kurze Erstreckung im Bereich des Zentralpyrenäen-Hauptkammes zu verfolgen



Abbildung 1. Glacier d'Ossoue (Vignemale-Gruppe, 3298 m). Luftaufnahme, von Osten her gesehen (1962). Das über 3000 m gelegene Firnfeld leitet allmählich in die Zunge über, die bei rund 2700 m ihr unteres Ende findet (nach einer käuflichen Postkarte)

françaises et espagnoles dès 1900 à 1909» (1921) mit einer eingehenden Beschreibung der meisten Gletscher zu verdanken sind. Besonders in neuerer Zeit ist im Zusammenhang mit der Anlage von Stauseen und Wasserkraftwerken das Interesse an den Pyrenäengletschern gestiegen. Auf französischer Seite liegt die Gletscherbeobachtung seit 1922 in den Händen der «Administration des Eaux et Forêts». Einzelne Gletscher erfuhren nun eine genauere Untersuchung (vgl. z. B. *R. Brunet*, 1956). Mit dem — sehr geringen — Beitrag der Eisschmelze zum Abflußregime hat sich *M. C. Durand* (1961) befaßt. Zu langperiodischen, systematischen und geschlossenen Beobachtungsreihen über größere Gebiete hinweg — etwa vergleichbar den regelmäßigen Gletschernachmessungen in den Alpen — ist es aber nicht gekommen. Es fehlt auch noch an einer neueren, zusammenfassenden Darstellung der Pyrenäengletscher, wenn man vom knappen Beitrag von *R. Plandé* (1939) und einem kurzen Manuskript von *F. Taillefer* (1958) absieht. Unzuverlässige und irrtümliche Angaben aus dem älteren Schrifttum sind bis in die jüngste Zeit immer wieder übernommen und überliefert worden und auf diese Weise

leider auch in die Handbuchliteratur übergegangen (*E. von Drygalski*, *F. Machatschek*, 1942, *R. von Klebelsberg*, 1949).

Der vorliegende Beitrag soll und kann die bestehende Lücke nicht schließen, sondern muß sich auf einen gedrängten Überblick beschränken. Er geht zurück auf mehrmonatige Geländebegehungen im Jahre 1963, die an sich zwar geomorphologischen Spezialfragen galten (*P. Höllermann*, 1967), die dem Verfasser jedoch erlaubten, die meisten Gletschergebiete der Pyrenäen aus eigener Anschauung kennenzulernen.

Insgesamt sind es etwas über 70 Einzelgebilde, die in den Pyrenäen den Namen «Gletscher» führen. Aber nur ein Teil davon trägt meines Erachtens diesen Namen zu Recht. Nicht selten handelt es sich nur um größere, perennierende Schneeflecken, deren Umfang je nach dem Witterungsgeschehen der einzelnen Jahre stark variieren kann und die in ungünstigen Jahren sogar völlig verschwinden können, häufiger um geringmächtige, persistierende Firnschnee- oder Firneislager. Von den eigentlichen Gletschern erreicht gegenwärtig wohl nur derjenige nördlich des Aneto in der Maladeta-Gruppe mehr



Abbildung 2. Nordostabdachung des Maladeta-Massivs, vom Pic de Sauvegarde aus gesehen (3. 8. 63). Links Aneto-Gletscher mit Pic d'Aneto (3404 m), nahe der Bildmitte Maladeta-Gletscher mit vorgelagerten Moränen des 19. Jahrhunderts. Diese Hanggletscher sind breiter als lang

als 1 km² Fläche (Abb. 2). Wenn gelegentlich noch der Perdu-Nordgletscher als der größte des Gebirges bezeichnet wird (z. B. bei *L. Solé-Sabaris*, 1951, S. 78), so geht das auf eine Angabe von *F. Schrader* (1895, S. 217) zurück, der mehrere heute voneinander getrennte Gletscher zusammenfaßte.

Der *Gesamtareal der Pyrenäengletscher* ist nicht sicher bekannt. Für viele Gletschergebiete, besonders auf der spanischen Seite des Gebirges, fehlt es an hinreichend genauen Kartengrundlagen. Zudem erschwert es die langdauernde Schneebedeckung, die Grenze zwischen Eis und Schnee verlässlich zu ziehen. Auch während der Geländebegehungen im Jahre 1963 wurden in dieser Hinsicht leider recht ungünstige Bedingungen angetroffen. Zweifellos ist die von *F. Schrader* (1895, S. 220) für die zweite Hälfte des vorigen Jahrhunderts genannte Fläche von 39,6 km² zu hoch gegriffen. Darin eingeschlossen sind wohl auch nur zeitweilig überdauernde Schneelager, wie sie gerade in den Jahren zwischen 1870 und 1890 verbreiteter und ausgehnter waren als heute. *R. Plandé* (1939, S. 103) gibt das Gletscherareal mit 21 km² und die Fläche der Schnee- und Firnflecken mit etwa 12 km² an.

Auch dabei handelt es sich augenscheinlich nur um eine Schätzung, die auf älteren Arbeiten fußt. Für die dreißiger Jahre erscheinen mir auch diese Zahlen noch als zu hoch gegriffen. Durch Ausplanimetrieren von im Gelände angefertigten Kartenskizzen war es mir für einige Gebiete möglich, die gegenwärtige Gletscherfläche überschläglich zu bestimmen und mit den Arealangaben des älteren Schrifttums zu vergleichen. Wenn die dabei gemachten Erfahrungen mit allen Vorbehalten auf das Gesamtgebiet übertragen werden dürfen, dann wäre zurzeit mit einem Areal aller Pyrenäengletscher von allenfalls 15 km² zu rechnen. Dieses Gesamtareal wäre nicht größer als allein die Fläche des größten Ostalpengletschers, der Pasterze am Glockner, die aber zweifellos eine ungleich größere Eiskubatur aufweist. Schon dieser Vergleich läßt deutlich werden, eine wie verschwindend geringe Bedeutung die Gletscher der Pyrenäen gegenüber denjenigen der Alpen haben. Das eisbedeckte Areal in den Pyrenäen dürfte kaum mehr als 0,5% der gesamtalpinen Gletscherfläche ausmachen.

Die Verteilung der Gletscher über die verschiedenen *Expositionen* zeigt die folgende Zusammenstellung (in Klammer absolute Zahlen):

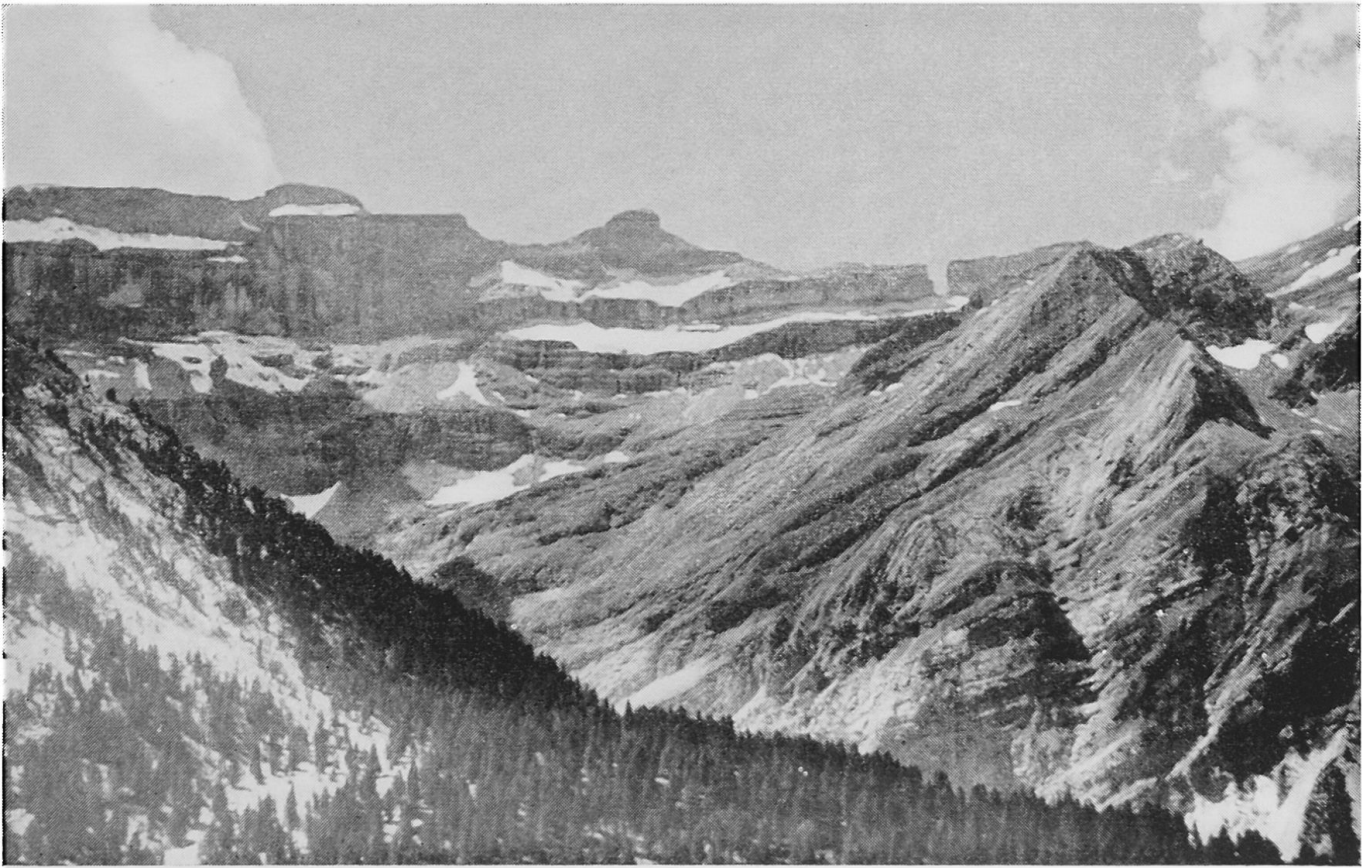
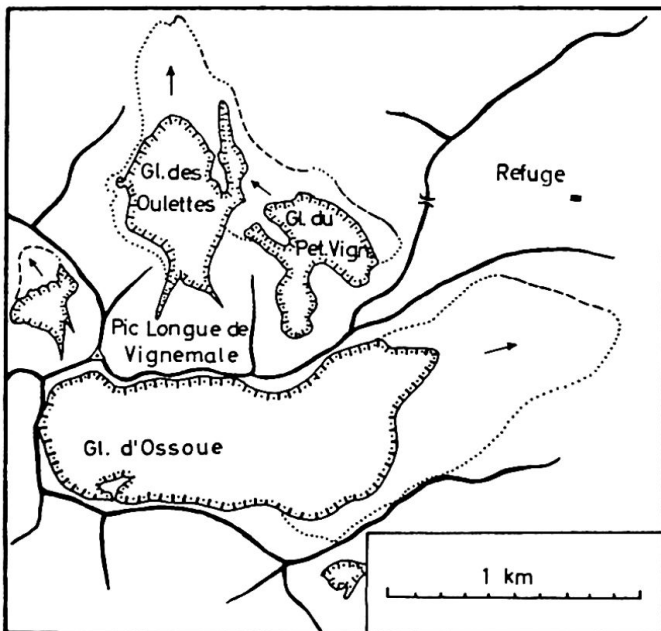


Abbildung 3. Cirque de Gavarnie mit «Gesimsegletschern» auf Felsbändern (Glacier du Casque, de la Brèche, de l'Épaule u. a.) (24. 8. 63)



Figur 2. Die Gletscher der Vignemale-Gruppe (westliche Zentralpyrenäen). Außer der Gletscher-
ausdehnung von 1963 sind die Wallmoränen (gestrichelt) bzw. Eisrandlagen (punktiert) des letzten
Maximalstandes im vorigen Jahrhundert eingetragen. Die Pfeile zeigen die Hauptgefällsrichtung

Exposition N	26%	(19)
NE	30%	(22)
E	12%	(9)
SE	5%	(4)
S	4%	(3)
SW	4%	(3)
W	7%	(5)
NW	12%	(9)

Daraus ergibt sich, daß allein 56% der Gletscher — darunter die ausgedehntesten — in nördlicher und nordöstlicher Exposition auftreten, aber nur 15% in südlichen Auslagen (SE, S und SW). Die Begünstigung durch die Schattlage und die Schneeanhäufung in Lee der vorherrschend westlichen Winde wirken dahingehend zusammen, daß die Nordostauslage unter allen Expositionen am häufigsten vertreten ist.

Die *Gestalt der Gletscher* wird noch mehr als in den Alpen von den Geländeformen dirigiert. Wenn nicht selten von einem «type pyrénéen» gesprochen wird, so kommt die tatsächliche Formenvielfalt der pyrénéischen Gletscher darin nicht zum Ausdruck. Da in den Hochlagen der westlichen Zentralpyrenäen

ausgedehnte Verflachungen recht selten sind, tritt der Typ des «alpinen Firnfeldgletschers» mit breitem Firnfeld und daraus hervorgehender, in ein Tal herabreichender Zunge so gut wie völlig zurück. Ein hufeisenförmig umrahmtes, durch Grate umgebenes Firnbecken hat zwar der Ossoue-Gletscher in der Vignemale-Gruppe, doch verschmälert sich die daraus hervorgehende, kurze Zunge des insgesamt nur knapp 2 km langen Gletschers demgegenüber nur unwesentlich (Fig. 2 und Abb. 1). Auch findet diese Zunge schon gegen 2700 m Höhe ihr unteres Ende, d. h. reichlich 800 m über dem Talboden des anschließenden Ossoue-Tales und noch mehrere 100 m über der Waldgrenze. Der Vergleich mit alpinen Verhältnissen hat also auch hier seine Grenzen.

In den Pyrenäen herrschen so gut wie ausschließlich Gletscher zweiter Ordnung. Verbreitet sind Firn- und Gletscherflächen in Nischen steiler Hänge, Eis- und Firnfüllungen von Schluchten und Rinnen sowie Firnhalden. Den meisten dieser geringmächtigen Bildungen fehlt eine stärkere Eigenbewegung. Der Schutt an ihrem Untersaum ist gewöhnlich nicht durch das Eis zu Moränenwällen zusammengeschoben worden, sondern er ist an der Oberfläche der steilen Firnböschungen abgeglitten und dann haldenartig vorgeschüttet worden. Recht häufig trifft man auch auf Hanggletscher an mehr oder minder ungegliederten Böschungen. Hierher gehören z. B. die Gletscher an der Maladeta-Nordseite, wo sich ein Bild bietet, das ein wenig an die Marmolata-Nordabdachung in den Dolomiten erinnert (Abb. 2). Solche Hanggletscher sind heute in der Mehrzahl zungenlos und breiter als lang.

In den Kalkgebirgsgruppen — so im berühmten Cirque de Gavarnie und im Mont-Perdu-Gebiet — lagern die Gletscher oft strukturellen Felsgesimsen auf und verlaufen als mehr oder minder langgestreckte Bänder annähernd in Isohypsenrichtung («Gesimsegletscher»; Abb. 3). Wenn mehrere Feldgesimse übereinander liegen, treten solche Gletscher in mehreren Etagen gestaffelt auf und können durch eindrucksvolle Eisbrüche und Spaltenfelder miteinander in Verbindung stehen (Nordseite des Mont-Perdu, Abb. 4). Man könnte dann von einer «Stufenvergletscherung» sprechen. Typische Kargletscher (z. B. Ramond-Gletscher südlich des Mont-Perdu) sind in den Pyrenäen nicht so häufig, wie man auf Grund der Literatur¹ erwarten sollte. Die kleinen rezenten Gletscher stehen meist in einem Mißverhältnis zur Größe der eiszeitlich angelegten Kare.

An der fast 1000 m hohen und überaus steilen Vignemale-Nordwand stürzt und rutscht der feste Niederschlag bis zum Wandfuß ab und ernährt zwei kleinere, noch vor kurzem zusammenhängende Fußgletscher (Glacier des Oulettes, Glacier du Petit-Vignemale), deren Eiskörper so gut wie völlig un-

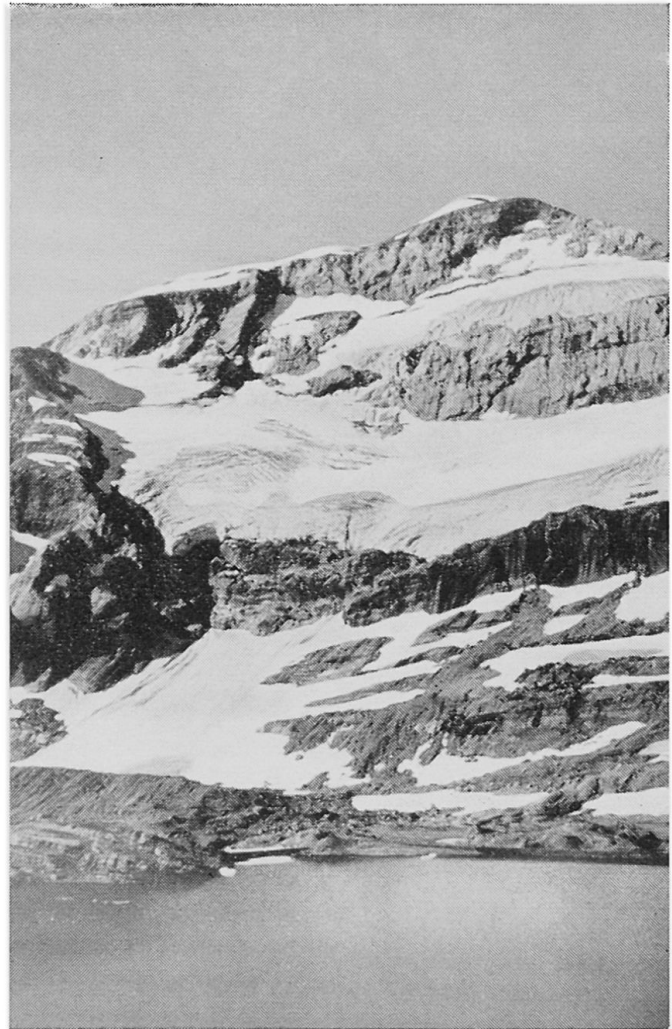


Abbildung 4. «Stufenvergletscherung» an der Nordflanke des Mont-Perdu (3355 m). Das Eis auf den strukturellen Hangverflachungen steht durch Eisbrüche miteinander in Verbindung. Der Zusammenhang mit dem unteren Teil des Gletschers ist durch den jungen Gletscherrückgang unterbrochen worden. Im Vordergrund der Lac Glacé (2560 m), (25. 8. 66)

terhalb der Schneegrenze liegen (Abb. 5). Nach Art der Gletscherernährung handelt es sich um «firnfeldlose Lawingletscher». Unter den geschilderten Bedingungen stoßen wir hier auf die am tiefsten herabreichenden Gletscher des Gebirges. Das Ende des Glacier des Oulettes reichte während des letzten Hochstandes 1857 bis 2197 m herab (F. Schrader, 1876, S. 29). Es hat sich seitdem zwar beträchtlich von seiner damaligen Endmoräne zurückgezogen, ist dadurch im ziemlich flachen Wandfußgelände aber nur verhältnismäßig wenig in der Vertikalen angehoben worden. Daß dieser Gletscher also noch vor kurzem bis gegen 2200 m herabreichte, ist von F. Machatschek (in Drygalski und Machatschek 1942, S. 157) und R. von Klebelsberg (1949, S. 719) zu Unrecht bestritten worden. Die



Abbildung 5. Nordflanke des Pic Longue de Vignemale (3298 m) mit firnfeldlosen Lawinengletschern und eiserfüllten Rinnen (Glacier des Oulettes und weiter links Glacier du Petit-Vignemale). Die Eiskörper am Wandfuß liegen so gut wie völlig unter der Schneegrenze. Der Oulettes-Gletscher reichte noch unlängst bis gegen 2200 m herab. Links im Bild ein großer Ufermoränenwall aus dem vorigen Jahrhundert. (Aufnahme 1962, nach einer käuflichen Postkarte)

meisten Pyrenäengletscher finden heute jedoch schon zwischen 2500 und 2900 m ihr unteres Ende und bleiben damit weit über der Waldgrenze, die in den Zentralpyrenäen zwischen 2000 und 2300 m anzusetzen ist.

Der allgemeine *Gletscherrückgang* in den Gebirgen seit rund 100 Jahren hat sich auch in den Pyrenäen bemerkbar gemacht, wobei im einzelnen viele Ähnlichkeiten mit den jüngsten Veränderungen der Alpengletscher bestehen. Allerdings ist die junge Geschichte der Pyrenäengletscher mangels einschlägiger systematischer Beobachtungen bei weitem nicht so lückenlos zu erfassen wie vielerorts in den Alpen.

Der letzte größere Gletscherhochstand, der im Vor- und Gelände größerer Gletscher häufig durch ein recht frisch erscheinendes und noch nicht wieder von Pflanzenwuchs besiedeltes Moränensystem angezeigt wird (Abb. 5 und 6), dürfte auch in den Pyrenäen um die Mitte des vorigen Jahrhunderts gelegen haben. Das läßt sich für einige Gletscher auch belegen, so beim Glacier du Pays-Baché (Néouvielle) für 1856 (Michelier, 1887; D. Eydoux, L. Maury, 1907,

S. 5), beim Glacier des Oulettes (Vignemale) für 1857 (F. Schrader, 1876, S. 29).

Seitdem hat ähnlich wie in den Alpen der Gletscherrückgang überwogen, wobei sich Unterbrechungen dieses Rückganges für die Zeit um 1890 und um 1910 nachweisen lassen. Diese Unterbrechungen haben sich bei den geringmächtigen, langsam bewegten Pyrenäengletschern allerdings mehr durch eine Mächtigkeitszunahme als durch einen deutlichen Vorstoß bemerkbar gemacht; nur in einigen Fällen rückte auch die Stirn vor. Selten ist es dabei zur Bildung kleiner Moränenbögen gekommen, z. B. beim Glacier des Oulettes oder beim Glacier d'Enfer (P. Barrère, 1953, S. 120). Darauf herrscht seit einigen Jahrzehnten wieder der Rückgang, wobei die Eisaufzehrung in den strahlungsreichen vierziger Jahren besonders stark war. So wurde z. B. am Selde-la-Baque-Gletscher (Val d'Oô, Pique-Einzugsgebiet) zwischen 1942 und 1952 ein Einsinken der Gletscheroberfläche um etwa 20 m gefunden². Dieser Wert mag im Vergleich zu Alpengletschern nicht gerade groß erscheinen, doch ist zu bedenken, daß die gesamte Eismächtigkeit bei kleinen Pyrenäen-



Abbildung 6. Glacier du Pays-Baché am Pic Long (3191 m, Néouvielle-Gruppe). Der ostexponierte Gletscher war zur Zeit der Aufnahme (16. 8. 63) noch fast völlig schneebedeckt und das Vorfeld von Schneeflecken durchsetzt. Deutlich tritt die große Ufer- und Endmoräne hervor, die dem Hochstand von 1856 entspricht. Seitdem zog sich die Gletscherstirn um mindestens 330 m zurück

gletschern meist nur wenige Dekameter betragen dürfte. 1948 waren die Gletscher ihrer Schneelage fast völlig beraubt (*P. Barrère*, 1953, S. 120). Seit 1951 sind bei erhöhter Schneezufuhr manche Haushaltsjahre wohl wieder positiv gewesen³, dennoch dauert die Rückgangstendenz im Stirnbereich insgesamt bis zur Gegenwart an.

Heute liegt der Eisrand der größeren Gletscher mehrere 100 m hinter den Moränen des letzten Jahrhunderts und findet sich bis zu 300 m höher. Der Längenzugang beträgt z. B. beim Maladeta-Gletscher mehr als 300 m, beim Pays-Baché-Gletscher (Néouvielle-Gruppe) mindestens 330 m und beim Ossoue-Gletscher (Vignemale-Gruppe) sogar 650—700 m (Fig. 2). Die Gletscherenden erscheinen flach und eingesunken. Einige Gletscher sind in mehrere Teilstücke zerfallen, manche sind sogar so gut wie völlig verschwunden. Für den Flächenverlust größerer Gletscher seit dem durch Moränen angezeigten Hochstand des 19. Jahrhunderts fand ich Beträge um 40%. Beim Selh-de-la-Baqué-Gletscher im Val d'Oô (südwestlich von Bagnères-de-Luchon) betrug der Flächenverlust allein zwischen 1912 und 1953 rund 50% (*R. Brunet*, 1956). Ande-

rerseits haben manche lawinenernährte Gletscher an steilen Hängen ihren Umriß seit längerer Zeit annähernd behalten, verloren jedoch an Mächtigkeit. Einige, zumeist kleine Firn- und Eislager mit steiler Felsumrahmung sind inzwischen größtenteils von Sturzschutt bzw. Obermoränenmaterial eingedeckt und schmelzen nur verzögert ab (z. B. Taillon-Gletscher im Gavarnie-Gebiet). Im französischen Schrifttum werden sie als «glaciers noirs» oder «glaciers morts» bezeichnet.

Beim Mont-Perdu-Nordgletscher fand ich außerhalb der frisch erscheinenden Ablagerungen, die dem Hochstand des vorigen Jahrhunderts entsprechen dürften, noch ein älteres, aus mindestens zwei Wällen bestehendes Moränensystem, das aus sehr groben Blöcken (bis zu 5 m Kantenlänge) aufgebaut ist. Die aus graublauen Eozänkalken bestehenden Moränenblöcke sind schon mit tiefgreifenden Kluftkaren überzogen, während feinmaterialreiche Partien dieser Moränen bereits dicht mit Pflanzen bewachsen sind. Ein Vergleich mit den fernauzeitlichen Moränen im Sinne von *H. Kinzl* (1929) aus dem 16.—18. Jahrhundert liegt nahe, doch ist in

den Pyrenäen anders als in den Alpen eine sichere Datierung bislang nicht möglich.

Hinsichtlich des Verlaufes und der Höhenlage der heutigen *Schneegrenze*⁴ in den Pyrenäen herrscht Einigkeit darüber, daß diese Höhengrenze mit Abschwächung des ozeanischen Klimacharakters von Westen nach Osten ansteigt, doch bestehen durchaus Meinungsverschiedenheiten über ihre absolute Höhenlage. Ein Ansteigen der Schneegrenze von Westen nach Osten wurde grundsätzlich schon von *Zirkel* (1867, S. 291) erkannt. *A. Penck* (1884, S. 208) gründete das gleiche Ergebnis auf die Angabe, daß der rund 2500 m hohe Pic-d'Anie in den westlichen Pyrenäen größere überdauernde Schneeflecken aufweist, während der 2800 m hohe Canigou in den Ostpyrenäen alljährlich völlig schneefrei werde. Mit dieser später viel zitierten Angabe⁵ wurde leider eine richtige Erkenntnis auf eine falsche Beobachtungsbasis gestellt. Richtig ist nämlich, daß auch der Canigou in einem beschatteten Felskessel zwischen 2450 und 2500 m Dauerschnee und wahrscheinlich sogar Firn bewahrt, dort als «glacier» bezeichnet. Jedoch ist die Begünstigung dieses Vorkommens am Canigou viel ausgeprägter als die Erhaltungsbedingungen für die Schneeflecken am Pic d'Anie, so daß die Tatsache eines west-östlichen Anstieges der Schneegrenze von dieser Richtigestellung nicht betroffen wird. Nur zeigt dieses Beispiel, daß die Verbreitung von Dauerschneeresten mit ihrer weitgehenden Abhängigkeit von den Geländeformen eine recht unsichere Basis für die Bestimmung der absoluten Schneegrenzhöhe abgibt. So finden sich gerade in den am höchsten aufragenden Pyrenäengruppen Dauerschneereste am Fuß steiler Aufragungen noch bis unter 2300 m herab, ohne daß man darauf auf eine besonders niedrige Lage der Schneegrenze in den Hochpyrenäen schließen dürfte.

Über die Auffassungen, die hinsichtlich der absoluten Höhenlage der Schneegrenze bestehen, mag die folgende Zusammenstellung Aufschluß geben:

Höhenlage der heutigen Schneegrenze:

V. Paschinger (1912, S. 7 f.): westliche Pyrenäen bei 2600 m, Zentralpyrenäen bei 2800 m, östliche Pyrenäen bei 2900 m.

E. von Drygalski, F. Machatschek (1942, S. 157): bei Nordexposition in den westlichen Pyrenäen (Pic-d'Anie) 2550—2600 m, in den östlichen Pyrenäen mindestens 2900 m, in der Néouvielle-Gruppe in Ostexposition etwa 3000 m.

M. Bruschi (1948, S. 39): Anstieg von 2600 m an der Nordseite auf 2900 m an der Südseite des Gebirges. *R. von Klebelsberg* (1949, S. 719): Anstieg von 2500—2600 m im Westabschnitt des Gebirges, bis etwas über 3000 m in den östlichen Zentralpyrenäen.

K. Hermes (1955, S. 199 und 1964/65, S. 60): An-

stieg von Westen nach Osten von 2750 auf etwas über 3000 m.

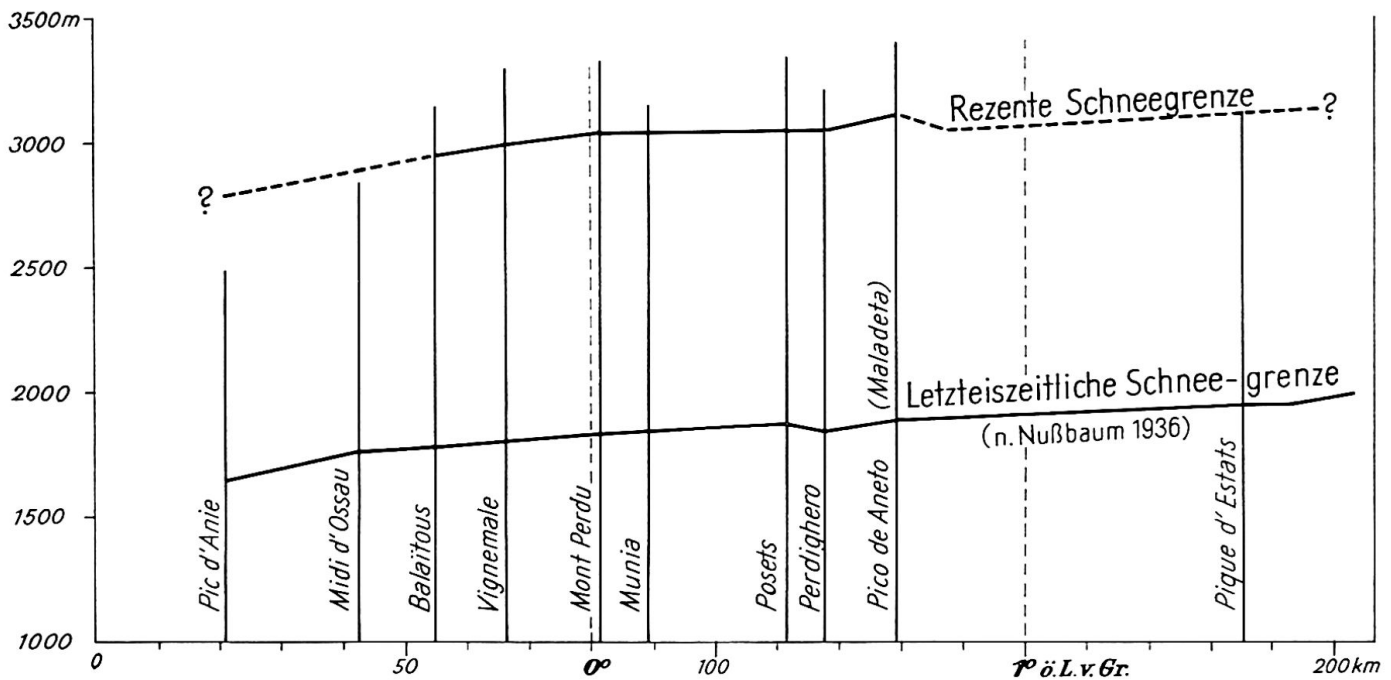
H. Alimen, J. M. Fontboté, L. Solé-Sabaris (1957, S. 18): mittlere Schneegrenze des Gebirges bei 2800—3000 m.

B. Messerli (1967, S. 179): Anstieg von ca. 3000 m westlich des Vignemale bis über 3200 m östlich der Maladeta.

Im Unterschied zu den meisten anderen Autoren, die besonders den West-Ost-Anstieg der Schneegrenzfläche hervorheben, betont *M. Bruschi* (1948) stärker den Nord-Süd-Anstieg und sieht in der eng-scharigen Linienführung der Isochionen einen Ausdruck für den «klimascheidenden Charakter» der Pyrenäen. Demgegenüber ist zu betonen, daß wegen der Beschränkung der heutigen Gletscher und größeren Firnlager auf den Hauptkamm des Gebirges und seine Nachbarschaft die Schneegrenze nicht über größere Erstreckung in meridionaler Richtung verfolgt werden kann. Auch ist der Karte 1 bei *Bruschi* eher ein Anheben der Schneegrenze von Nordwesten nach Südosten zu entnehmen, was den tatsächlichen Verhältnissen besser entspricht.

In Anbetracht der Unsicherheiten, die also hinsichtlich der Höhenlage und des Verlaufes der Schneegrenze in den Pyrenäen immer noch bestehen, sah sich der Verfasser veranlaßt, auf Grund der Geländebeobachtungen und von Kartenauswertungen dieser Frage erneut nachzugehen. Wegen der schon hervorgehobenen geringeren Aussagekraft der Dauerschneeflecken wurde das Schwergewicht auf die Gletscher selbst sowie größere Firnsammlungen gelegt.

Eine Sichtung der Methoden der Schneegrenzbestimmung, die in ihrer Mehrzahl kaum befriedigen können, zeigt nun allerdings, daß nur wenige dieser Verfahren in den Pyrenäen Anwendung finden können. Für exakte Bestimmungen auf Grund langfristiger Messungen des Gletscherhaushaltes fehlt eine breite Grundlage. Verfahren auf planimetrischer Basis scheiden meist aus, da es in der Regel an hinreichend verlässlichen Karten aus jüngerer Zeit mangelt. Allgemein anwendbar ist nur die sogenannte «Gipfelmethode», die erfahrungsgemäß meist etwas zu hohe Werte liefert. Zuweilen kann auch das von *N. Lichtenecker* (aber auch schon von *A. Penck*) benutzte Verfahren herangezogen werden, welches vom oberen Ansatzpunkt der Ufermoränen ausgeht. Die einfache, oft kritisierte *Höfersche* Methode ist nur mit Vorbehalten auf bestimmte, einfach gebaute Gletschertypen anwendbar. Da die Schneegrenze jedoch irgendwo zwischen Gletscherumrahmung und Gletscherende liegen muß, sind gerade für die kleinen Pyrenäengletscher mit ihrer oft nur geringen Vertikalerstreckung keine großen Fehler zu erwarten. Es versteht sich, daß die von Fall zu Fall gegebenen Fehlermöglichkeiten weitestmöglich in Rechnung gestellt wurden. Gesucht wurde die für



Figur 3. Verlauf der rezenten und der letzteiszeitlichen Schneegrenze entlang eines West-Ost-Profiles in den Zentralpyrenäen

weiträumige Vergleiche notwendige, vom Expositionseinfluß und außergewöhnlicher Geländebeeinflussung nach Möglichkeit befreite regionale Schneegrenze, die oft mit der recht theoretischen «klimatischen» Schneegrenze gleichgesetzt wird.

Das Ergebnis zeigt Figur 3. Für den westlichen Abschnitt des Gebirges bis hin zur Balaitous-Gruppe, wo die ersten echten Gletscher auftreten, die diesen Namen verdienen, haben die Höhenwerte nur den Rang einer Schätzung. Die im westlichen Abschnitt vorhandenen Dauerschneeflecken und Firnlager liegen zumeist in schattenseitigen Karen, Karst-Hohlformen oder am Fuß steiler Wände. Es besteht kein Anlaß, auf Grund solcher Vorkommen die regionale Schneegrenze besonders tief anzusetzen. Ein west-östlicher Anstieg dieser Grenze von etwa 2700/2750 m auf wenig über 2900 m dürfte am ehesten mit den Geländebefunden in Einklang stehen. Die höchsten Gipfel (Pic du Midi d'Ossau 2885 m, Peña Collarada 2886 m) ragen vielleicht noch um wenig über die Schneegrenze auf, doch sind hier die schroffen Geländeformen der Ausbildung von Gletschern ungünstig.

Für die Balaitous-Gruppe, die acht Gletscher birgt (davon zwei in südlicher Auslage), findet sich eine Schneegrenze um 2900—2950 m. Der Unterschied zwischen Nord- und Südauslage ist mit rund 200 bis 250 m anzusetzen. Etwas weiter südlich, im Gebiet der Pics d'Enfer auf der spanischen Seite des Gebirges, dürfte die Schneegrenze schon geringfügig höher liegen als in der Balaitous-Gruppe.

In den weiteren hohen Gebirgsgruppen der westlichen Zentralpyrenäen bis zur Maladeta läßt sich dann die Schneegrenze anhand der Gletscher ohne größere Schwierigkeiten bestimmen (Fig. 3). Am Vignemale wird zuerst eine Schneegrenzhöhe von 3000 m erreicht. Fast alle östlich anschließenden Gletschergebiete weisen Werte zwischen 3000 und 3100 m auf. In der Maladeta-Gruppe schließlich, die mit dem Pico de Aneto (3404 m) bekanntermaßen den höchsten Gipfel des Gebirges birgt, wird eine Schneegrenzhöhe von 3100 m im Mittel erreicht bzw. geringfügig überschritten. Die Schneegrenze in Südauslage ist dort bei mindestens 3200 m zu suchen.

Weiter östlich werden die Aussagen wieder unsicherer, da Gletscher, die diesen Namen verdienen, wieder aussetzen. Wieweit es sich bei den von *H. Spont* (1914, S. 220) und *L. Solé-Sabaris* (1951, S. 75) genannten Vorkommen in den Berggruppen östlich der Maladeta um echte Gletscher oder nur um Schnee- bzw. Firnflecken in geschützten Lagen handelt, bedürfte einer Untersuchung. Immerhin mag es möglich sein, daß östlich des massigen Maladeta-Massivs die Schneegrenze zunächst wieder ein wenig absinkt.

Im Bereich des Pyrenäen-Hauptkammes nahe der Westgrenze Andorras fehlen Gletscher auch dem 3080 m hohen Pic de Montcalm und sogar dem 3141 m hohen Pic d'Estats. In dieser letztgenannten Gruppe finden sich einige überdauernde Schneeflecken über 2800 m bei erheblicher orogra-

phischer Begünstigung. Die Schneegrenze ist dort nach *F. Taillefer* (1939, S. 187) erst über den Gipfeln, also höher als 3140 m, zu suchen.

In den östlichen Pyrenäen schließlich, wo selbst die höchsten Gipfel 2900 m nur noch selten überschreiten, erscheinen keinerlei Gletscher mehr, sondern allenfalls Dauerschneereste in beschatteten Hohlformen. Dazu gehört auch der erwähnte «glacier» des Canigou. Die Höhenlage der heutigen Schneegrenze in diesem Gebiet kann nur geschätzt werden. Berücksichtigt man, daß alle physisch-geographischen Höhengrenzen in den Ostpyrenäen gegenüber den Zentralpyrenäen angehoben sind und daß auch die letzteiszeitliche Schneegrenze in diesem Bereich eine markante Kulmination zeigte (*F. Nußbaum*, 1936), so dürfte die heutige Schneegrenze im östlichen Abschnitt des Gebirges sicher nicht unter 3200 m zu erwarten sein.

Es zeigt sich also, daß die Schneegrenze nur in den westlichen Zentralpyrenäen anhand der Gletscher hinreichend verlässlich festzulegen ist, während man für den westlichen und östlichen Teil des Gebirges auf mehr oder minder begründete Schätzungen angewiesen ist. Eine Isochionenkarte ist darum nur fragmentarisch und zwar für den Bereich des wasserscheidenden Hauptkammes mit den höchsten Erhebungen zu entwerfen (Fig. 1). Sie zeigt im ganzen ein Anheben der Schneegrenzfläche von Westnordwest nach Ost-südost. Ähnlich wie bei der Waldgrenze ist der Anstieg der Schneegrenze beim Übergang von den westlichen zu den zentralen Pyrenäen am stärksten ausgebildet. Im größten Teil der westlichen Zentralpyrenäen zwischen Vignemale und Maladeta findet sich die Schneegrenze dann zwischen 3000 und 3100 m. Wenn im älteren Schrifttum und daran anschließend noch bis in die neuere Zeit Werte genannt wurden, die rund 200 m niedriger liegen, so hängt das nicht nur mit der klimabedingten Hebung der Schneegrenze seit einiger Zeit zusammen, sondern mehr damit, daß bisher meist die lokale Schneegrenze schattseitig exponierter Gletscher stärker berücksichtigt wurde, weil derartige Gletscher in den Pyrenäen stark überwiegen. Solche lokalen Werte sind jedoch mit der regionalen Schneegrenze anderer Gebiete nicht ohne weiteres zu vergleichen (vgl. auch *B. Messerli*, 1966, S. 61ff.). Setzt man den Verlauf der heutigen mit demjenigen der letzteiszeitlichen Schneegrenze (nach *Nußbaum*, 1936) in Beziehung (Fig. 3), so ergibt sich eine letzteiszeitliche Depression von rund 1200 m für die westlichen Zentralpyrenäen. Die Angabe von *A. Penck* (1884, S. 209), wonach die Schneegrenzdepression in den Alpen erheblich größer war als in den Pyrenäen, kann nicht aufrechterhalten bleiben. Einer mittleren Höhenlage der heutigen Schneegrenze von 3000—3100 m in den Zentralpyrenäen

steht eine solche von etwa 2900—3000 m in den Gletschergebieten der östlichen Zentralalpen gegenüber. Nimmt man jedoch nur den westlichen Abschnitt der zentralen Ostalpen zum Vergleich (Öztaler Alpen, Ortler, Bernina), so steht die Schneegrenze dort nicht gegenüber den Werten der Zentralpyrenäen zurück.

Das mag in Anbetracht des Breitenunterschiedes von 3—4° erstaunlich erscheinen. Es erklärt sich daraus, daß den Zentralpyrenäen ein mit den westlichen Ostalpen vergleichbarer Binnenraum starker Abschirmung und Massenerhebung fehlt. Wo in den östlichen Pyrenäen im Bereich von Ost-Andorra und der Cerdagne Massenerhebung und Abschirmung eine größere Rolle spielen, ragen die höchsten Erhebungen nicht mehr über die Schneegrenze auf. Die westlichen Zentralpyrenäen erhalten in vergleichbaren Höhen stärkere Niederschläge als der genannte Binnenraum der Ostalpen, zudem mit einem Frühjahrs- bzw. Frühsommermaximum, so daß die Pyrenäengletscher mit größeren Schneereserven in die warme Jahreszeit hineingehen als viele Zentralalpenglletscher. Dem sommerlichen Minimum folgt ein zweites Niederschlagsmaximum im Herbst bei schon niedrigen Temperaturen, so daß auch beim Übergang zum Winter größere Schneereserven vorhanden sind. Die nur schmalen Zentralpyrenäen sind hinsichtlich ihres Klimas bzw. Niederschlagsanges noch am besten mit den Südalpen zu vergleichen, wo die Schneegrenze mit 2600 bis 2900 m in der Tat um einiges tiefer liegt als in den Zentralpyrenäen mit 3000 bis über 3100 m.

Die im Verhältnis zu den Zentralalpen so überaus geringe Vergletscherung der Pyrenäen ist nicht in erster Linie auf die südlichere Lage zurückzuführen. Die regionale Schneegrenze liegt aus den angeführten Gründen in den Zentralpyrenäen trotz der südlicheren Lage nicht höher als in den höchsten Gruppen der zentralen Ostalpen. Wenn die Gletscher dennoch eine unverhältnismäßig geringere Rolle spielen als in den Alpen, so darum, weil die Pyrenäen auch mit ihren höchsten Erhebungen nur noch wenig über die Schneegrenze aufragen. Zudem sind die meist recht schroffen Gipfelformen einer Gletscherausbildung viel ungünstiger als die Zentralalpengruppen mit gipfelnahen, sanften Altformenresten. Daher auch der auffällige, schon beschriebene Unterschied der Gletschertypen in beiden Gebirgen. Wo aber in den Ostalpen die Gipfel gleichfalls nur wenig über die Schneegrenze aufragen, schroffe Formen herrschen und zudem das Klima mit dem der Pyrenäen vergleichbar ist, da stellen sich auch in den Alpen ganz ähnliche Landschaftsbilder und morphologische Gletschertypen ein wie in den Pyrenäen, z. B. in den Julischen Alpen.

¹ z. B. M. Sorre (1922, S. 38), R. von Klebelsberg (1949, S. 719) und F. Taillefer (1950, S. 102).

² Vgl. Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 3, 1956, S. 99.

³ Vgl. u. a. Journal of Glaciology 2, No. 18 (1955, S. 606); F. Taillefer (1958, S. 2) und M. C. Durand (1961, S. 295 ff.).

⁴ Der Begriff der Schneegrenze soll hier nicht nochmals diskutiert werden. Vgl. dazu aus neuerer Zeit z. B. K. Hermes (1955, 1964/65, H. Louis (1954/1955), W. Klaer (1962, S. 11 ff).

⁵ U. a. bei L. Rudaux (1910, S. 15); V. Paschinger (1912, S. 7), E. von Drygalski, F. Machatschek (1942, S. 157).

Zusammenfassung

Die rezenten Gletscher der Pyrenäen — insgesamt rund 70 an der Zahl — finden sich in einem knapp 90 km langen und maximal 20 km breiten Abschnitt der westlichen Zentralpyrenäen zwischen Balaitous und Maladeta (Fig. 1). Sie bleiben in der Regel auf die über 3000 m aufragenden Gebirgsgruppen beschränkt und treten vorzugsweise in nördlicher und nordöstlicher Exposition auf (56% gegenüber 15% in südlichen Auslagen). Die Gletscher sind in ihrer Mehrzahl sehr klein; nur der Aneto-Gletscher (Maladeta) erreicht heute noch mehr als 1 km² Fläche. Das Gesamtareal aller Pyrenäengletscher dürfte allenfalls 15 km² betragen. Die Gestalt der Gletscher wird entscheidend durch die Geländeformen bestimmt.

Seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts macht sich auch in den Pyrenäen der Gletscherrückgang bemerkbar, der um 1890 und um 1910 durch stationären Zustand, Zunahme der Eismächtigkeit oder seltener durch untergeordnete Vorstöße unterbrochen wurde und in den vierziger Jahren besonders ausgeprägt war. Für größere Gletscher wurde ein Flächenverlust von 40% seit dem Hochstand des 19. Jahrhunderts gefunden.

Die regionale Schneegrenze liegt höher, als von den meisten Autoren angegeben wurde. In den westlichen Zentralpyrenäen steigt sie von 2900/2950 m am Balaitous auf 3100 m und etwas mehr im Maladeta-Massiv. In den Ostpyrenäen, wo echte Gletscher heute fehlen, ist sie sicherlich nicht unter 3200 m zu suchen. Insgesamt steigt die Schneegrenzfläche von WNW gegen ESE an (Fig. 1). Trotz der 3—4° gegen Süden vorgeschobenen Lage gegenüber den Alpen findet sich die regionale Schneegrenze in den westlichen Zentralpyrenäen nicht höher als im westlichen Abschnitt der zentralen Ostalpen mit größerer Massenerhebung und stärkerer Abschirmung.

Les glaciers récents des Pyrénées — quelques 70 au total — se trouvent dans la partie occidentale du centre de cette chaîne de montagnes, dans la région située entre Balaitous et Maladeta. En général, ils s'étendent à des altitudes au-dessus de 3000 m et dans des expositions nord-nord-est. Pour la plupart, ils sont très petits, le glacier d'Aneto étant le seul dont la surface dépasse 1 km²; dans leur ensemble, ils couvrent environ 15 km². Le relief du sol a influencé de façon décisive leur formation. Quant à leur extension, elle a diminué, depuis le milieu du siècle dernier, de 30 à 40%, effet qu'on a observé aussi aux glaciers alpestres. Mais dans les Pyrénées, les recherches entreprises ces dernières années ont fait reconnaître que la limite de la zone nivale est supérieure à celle que la plupart des savants a cru devoir fixer jusqu'à présent. Des Pyrénées centrales aux Pyrénées orientales, elle s'élève en effet de plus de 300 m, soit de 2900 jusqu'au-dessus de 3200 m.

Literatur

Alimen, H.; Fontboté, J. M. und Solé-Sabaris, L. (1957): Pyrénées. Livret Guide de l'excursion N° 1, Inqua, V. Congres International. Madrid-Barcelona 1957, 109 S.

Barrère, P. (1953): Equilibre glaciaire actuel et quaternaire dans l'Ouest des Pyrénées centrales, Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest 24, 116—134.

Bonaparte, Prince R. (1891): Les variations des glaciers français. Annuaire du Club Alpin Français. Brunet, R. (1956): Un exemple de la régression des glaciers pyrénéens. Pirineos, Jg. 1956, 261—284.

Brusch, M. (1948): Die Höhenlage der heutigen und der eiszeitlichen Schneegrenze in Europa, Vorderasien und den angrenzenden Gebieten. Dissertation, Math.-Naturwiss. Fakultät Göttingen, Schreibmaschinenmanuskript, 68 S.

Durand, M. C. (1961): L'influence des glaciers sur les cours d'eau pyrénéens. Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest 32, 289—318.

Drygalski, E. von und Machatschek, F. (1942): Gletscherkunde, Enzyklopädie der Erdkunde. Wien, 216 S.

Eydoux, D. und Maury, L. (1907): Les glaciers du Pic Long (Pyrénées centrales). La Géographie 16, 1—18.

Gaurier, L. (1921): Etudes glaciaires dans les Pyrénées françaises et espagnoles de 1900 à 1909. Pau, 363 S.

Hermes, K. (1955): Die Lage der oberen Waldgrenze in den Gebirgen der Erde und ihr Abstand zur Schneegrenze. Kölner Geograph. Arbeiten 5, 277 S.

- Hermes, K. (1964/65): Der Verlauf der Schneegrenze. Geograph. Taschenbuch, 58—71.
- Höllermann, P. (1967): Zur Verbreitung rezenter periglazialer Kleinformen in den Pyrenäen und Ostalpen. Göttinger Geographische Abhandlungen 40, 198 S.
- Kinzl, H. (1929): Beiträge zur Geschichte der Gletscherschwankungen in den Ostalpen. Zeitschr. für Gletscherkunde 17, 66—121.
- Klaer, W. (1962): Untersuchungen zur klimagenetischen Geomorphologie in den Hochgebirgen Vorderasiens. Heidelberger Geograph. Arbeiten 11, 135 S.
- Klebsberg, R. von (1949): Handbuch der Gletscherkunde und Glazialgeologie. 2 Bd. Wien, 1028 Seiten.
- Lichtenecker, N. (1936): Die gegenwärtige und die eiszeitliche Schneegrenze in den Ostalpen. Verhdl. der III. Inqua 1936. Wien 1938, 141—147.
- Louis, H. (1954/55): Schneegrenze und Schneegrenzbestimmung. Geograph. Taschenbuch, 414—418.
- Messerli, B. (1966): Das Problem der eiszeitlichen Vergletscherung am Libanon und Hermon. Zeitschr. für Geomorphologie, N. F. 10, 37—68.
- Messerli, B. (1967): Die eiszeitliche und die gegenwärtige Vergletscherung im Mittelmeerraum, Geographica Helvetica, 105—228.
- Michelier (1887): Etude sur les variations des glaciers des Pyrénées. Annales du Bureau central météorologique de France 1885. Paris 1887.
- Nußbaum, F. (1936): Die eiszeitliche Schneegrenze in den Pyrenäen. Verhandl. der III. Inqua. Wien 1938, 198—200.
- Paschinger, V. (1912): Die Schneegrenze in verschiedenen Klimaten. Peterm. Geogr. Mitteilungen, Ergänzungsh. 173, 93 S.
- Penck, A. (1884): Die Eiszeit in den Pyrenäen. Mitteil. des Vereins für Erdkunde zu Leipzig 1883, 163—231.
- Penck, A. (1884): Alte und neue Gletscher in den Pyrenäen. Zeitschrift des Österreich. Alpenvereins 15, 459—471.
- Penck, A. (1894): Studien über das Klima Spaniens während der jüngeren Tertiärperiode und der Diluvialperiode. Zeitschr. der Gesellsch. für Erdkunde zu Berlin 29, 109—141.
- Plandé, R. (1939): Neiges et glaces d'aujourd'hui dans les Pyrénées, Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest 10, 85—106.
- Rabot, Ch. (1909): Pyrénées. In: Revue de Glaciologie No 3 (1903—1907), Mitteil. der Naturforsch. Gesellschaft in Freiburg. Fribourg, 220—224.
- Rudaux, L. (1910): Les phénomènes météorologiques dans les Pyrénées, leurs conséquences, le déboisement. Revue de Géographie 4, 53 S.
- Schrader, F. (1876): Etude sur les glaciers des Pyrénées. Bulletin de la Société Ramond, 93—104.
- Schrader, F. (1895): Sur l'étendue des glaciers des Pyrénées. Annuaire du Club Alpin Français, 403—423.
- Solé-Sabaris, L. (1951): Los Pirineos. El medio y el hombre. Barcelona, 624 S.
- Sorre, M. (1922): Les Pyrénées. Paris, 216 S. (5. Aufl., Paris 1946).
- Spont, H. (1914): Les Pyrénées. Paris, 316 S.
- Taillefer, F. (1939): Le Vicdessos, Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest 10, 161—268.
- Taillefer, F. (1950): Le versant atlantique des Pyrénées et son avant-pays. Revue de Géomorphologie dynamique, 1, 101—122.
- Taillefer, F. (1958): Les glaciers des Pyrénées françaises, Schreibmaschinenmanuskript, 7 S.
- Viers, G. (1962): Les Pyrénées. Que sais-je? N° 995, Paris, 128 S.
- Zirkel (1867): Physiographische Skizzen aus den Pyrenäen. Ausland, S. 291.