

## Gletscherform und Zungengröße.

Von Sieghard Morawetz.

(Schluß.)

Nicht übergangen soll die Tatsache werden, daß heute in weiten Gebieten der Ostalpen von der 9-bis-10°-Juli-Isotherme bis zur Schneegrenze 700 bis 900 m zu überwinden sind, zur Bülzeit aber 1200 bis 1300 m notwendig waren. Bei einer stärkeren Vergletscherung wirkt der ungünstige abkühlende Einfluß wohl mächtiger auf die benachbarten Tiefenzonen als bei geringerer. Ebenso muß von einer höheren absoluten Lage aus die Schneegrenze schneller erreicht werden, da die rückstrahlenden Heizflächen immer mehr zusammenschrumpfen. Aus den höheren Bülhlabständen ein allzu langsames Besserwerden des Klimas für diese Zeit nach der Taltiefe hin zu folgern, geht aber wohl nicht an.

Vermögen all diese Überlegungen die Einordnung in ein Stadium wohl zu erleichtern, so geben sie an und für sich nur die Vorstellung über das Kommen der Gletscher. Bei einem bestimmten Herabsinken der Schneegrenze und bestimmten Ernährungs- und Ablationsverhältnissen und Geländeformen müssen die Gletscher eben diese oder jene Größe haben. Was für das Kommen gilt, braucht aber nicht für das Gehen in allen Phasen zu stimmen.

Durch Eisanstauungen in den Tälern und das Fallen dieser Staubedingungen können Seitengletscher einmalig vorgehen, ohne daß dieser Vorgang im Normalhaushalt des Teilgletschers begründet sein muß. Alle Gletscher, die sich seitlich auf einen viel mächtigeren hinaufschieben mußten, da ihnen für ein Nebeneinander die Kraft und der Platz fehlten, werden bei Abschmelzung des Haupttalgletschers langsam tiefer sinken und endlich selbst die Talsohle decken. Man kann einwenden, eine solche Diskontinuität, Abschmelzung im Haupttal, Vorstoß im Nebental, sei unmöglich<sup>22 23 24</sup>. Die Diskontinuität ist nur scheinbar; war früher die Ernährung und Schneegrenze auf eine ganz andere Oberfläche, nämlich auf die des Haupttalgletschers und des durch ihn gestauten Seitengletschers eingestellt, herrschen für den Seitengletscher nun allein jene Bedingungen, die durch seine Geländeformen, Ernährungs- und Ab-

<sup>22</sup> H. Bobek, Schlußzeit oder Rückzugsstadien. Pet. Mitt. 1930, S. 227 bis 231.

<sup>23</sup> O. Ampferer, Über die Ablagerungen der Schlußzeit in der Umgebung des Arlbergpasses. Jahrb. d. Geolog. Bundesanstalt, 79. Bd., Wien 1929.

<sup>24</sup> R. v. Klebelsberg, „Rückzugsstadien“ oder „Schlußzeit“? Zeitschr. f. Gletscherk., 17. Bd. 1929, S. 381—386.

schmelzvorgänge ihre Regelung erfahren. Ein Beispiel: Zur Würmzeit stand das Eis im Salzachtal bei Zell am See bis über 2000 m hoch. Würde bei dieser Eismächtigkeit die Schneegrenze bis in 2000 m hinaufrücken, wäre noch immer alle Oberfläche im Salzachtal und in den Tauerntälern Einzugsgebiet. Zerfällt jedoch durch die stärkere Abschmelzung weiter talaus auch hier die Eisoberfläche, so würden beim endlichen Schwinden des Salzachgletschers die günstig gestuften Tauerntäler, wie Krimmler-, Obersulzbach-, Kaprunertal, noch Gletscher bis ins Haupttal entsenden, während das Rauris- und Ferleitnertal dazu nicht mehr imstande wären<sup>25</sup>. Im Kaprunertal gäbe der Moserboden in 1900 bis 2000 m sofort Nährgebiet ab, auch der in 1700 m anschließende Wasserfallboden wäre durch die Eiszufuhr des Talhintergrundes und der Flanken bis ins Nährgebiet erfüllt worden. Erst nach der Kesselfallstufe setzte das Zehrgebiet ein. Im benachbarten Ferleitnertal, wo die Talsohle ungestuft dahinzieht und bei Ferleiten erst 1150 m erreicht, also dort die Sohle immer noch 850 m unter der 2000-m-Schneegrenze bleibt, kam es kaum mehr zu einer geschlossenen Talvereisung. Rückzug und Eiszerfall in einem Tal kann mit Vorstößen in anderen Tälern bei der Umstellung auf das Eigeneinzugsgebiet gleichzeitig stattfinden<sup>26</sup>.

Gestufte Täler mit genügend hohen, langen und weiten Stufenböden erleichtern so einen Vorstoß. Die heute in den Alpen vorkommenden relativ großzungigen gestuften Gletscher sind ein schwaches Abbild dieser Entwicklungsmöglichkeit. Gleichmäßig geneigte Täler mit zu tiefer Talsohle (1000 und mehr Meter unter der Schneegrenze) bleiben dagegen in der Vereisung bald stark zurück, während die gleiche Talform, nur einige 100 m unter der Schneegrenze gelegen, wieder mächtige Gletscher bergen kann. Eine vielfältig differenzierte Entfaltung der Gletscher tritt im ersten Fall, eine einförmige Tal- und Vorlandvereisung dagegen im zweiten Fall ein.

Wie schwer eine Einpassung der einzelnen Stadien in die üblichen Schneegrenzwerte wird, möge folgendes Beispiel zeigen. v. Srbik<sup>27</sup> gibt in seiner Untersuchung der karnischen Gletscherstände an, daß die Gschnitzstände des Valentin- und Wolayatales das Gailtal ganz oder fast

<sup>25</sup> S. Morawetz, Eiszeitliche Vergletscherung und eiszeitliches Einzugsareal in den Tauern. Zeitschr. f. Gletscherk., 20. Bd. 1932, S. 398.

<sup>26</sup> H. Bobek, Schlußzeit oder Rückzugsstadien? Pet. Mitt. 1930, S. 227 bis 231.

<sup>27</sup> R. v. Srbik, Glazialgeologische Ergebnisse auf der Nordseite des Karnischen Grenzkammes. Zeitschr. f. Gletscherk., 24. Bd. 1936, S. 194. — Ders., Glazialgeologie der Nordseite des Karnischen Kammes. Carinthia II, 6. Sonderheft, Klagenfurt 1936.

erreichten. Bei einer hocheiszeitlichen Schneegrenzlage von 1500 m ergeben sich für Gschnitz 2100 m. Um Kellerwand (2799 m), Kollin (2810 m), Wolaya Seekopf (2556 m), Mooskofel (2516 m), Plenge (2378 m) und Pollinig (2333 m) ragt kaum ein Achtel des Gesamtareals über diese Schneegrenzhöhe hinauf. Die dazugehörigen Gletscher erscheinen trotz Nordexposition und Klimagunst zu groß. Hat man es hier mit noch älteren Ständen oder einer tieferen Schneegrenzlage zu tun?

Ist es nun notwendig, die Anzahl der Gletscherstände, die von rezent (1850 und 1820), frührezent (Fernaustand, 17. Jahrh.), Daun (1 und 2, inneres und äußeres), Gschnitz (3, 2, 1) zu Schlern und Bühl zurückgeht, noch zu vermehren, oder hat man doch ab und zu die Möglichkeit, Stände, die dazwischen zu liegen scheinen, als Unselbständige zu erklären, die nur aus besonderen Bedingungen heraus verstanden werden können.

So hat es wenig Sinn, für Seitentalmoränen, die allein dem Eiszerfall der Haupttäler und dem Schwinden der Haupttalstauung ihre Entstehung verdanken, eine Standeingliederung vorzunehmen. Diese Moränen brauchten ja gar keinem längeren Gleichgewicht im Gletscherhaushalt zu entsprechen. Ebenso führt es nur zu unnötiger Komplizierung, sucht man für diese Stände die Schneegrenze zu bestimmen. Die verschiedene Größe der Haupttäler, die wechselnde Zahl und Größe der Nebentäler, ihre oft individuelle Höhengliederung macht das Vorhandensein einer Anzahl solcher außerordentlichen Gletscherstände, ich möchte sie *h a u s h a l t l o s e* nennen, wahrscheinlich.

Sie festzustellen, kann über eine indirekte Methode erfolgen, indem man eben auf Grund von Gletscherrekonstruktionen für bestimmte Schneegrenzlagen Fälle, die nicht hineinpassen können, von vornherein ausscheidet. Die folgenden Beispiele aus dem Ötz-, Passeier-, Ahrn- und Iseltale sollen ein Versuch sein, für zwei Schneegrenzlagen die verschiedenen Ernährungsbedingungen in Tälern ähnlicher Hochgebirgsgruppen zu zeigen. Es handelt sich jeweils um die Schneegrenzlage von 1600 bis 1700 m und von 2100 bis 2200 m, also Werte, die roh denen der Würmeiszeit und dem Gschnitzstadium zukamen.

Alle vier Täler entwässern heute Hochgebirgsgruppen, die noch verfirnt sind und im Sinne *W a l d b a u r s*<sup>28</sup> zur Eiszeit voll- oder übervergletschert waren. Ist diese Voll- oder gar Übervergletscherung von vornherein anzunehmen? Das Ötztal weist von seiner Ausmündung ins Inntal bis zur Umrahmung des Venter- und Gurglertales ein Areal-

<sup>28</sup> H. *W a l d b a u r*, Hängetäler im Oberengadin und Bergell. Ostalpine Formenstudien, Abt. 2, H. 2, S. 11. Berlin, Borntraeger, 1923.

verhältnis über : unter 1600 bis 1700 m von 8 : 1, für 2200 m von 2'4 : 1 auf. Berücksichtigt man die Vergrößerung des Einzugsareals durch die Gletschermächtigkeit der Seitenhänge, so erhöhen sich die Werte noch etwas. Es besteht kein Zweifel, daß das ganze Tal eiserfüllt gewesen sein muß. Nimmt man jedoch das Gebiet um Ötz heraus und fragt sich nach dem Areal über und unter 1700 und 2100 m, so erhält man Verhältnisse von 2'5 : 1 und 0'8 : 1, also Zahlen, die selbst für die Würmeiszeit kein allzu günstiges Nährgebiet anzeigen, obwohl im Acher- (3005 m) und Wildgratkogel (2968 m) Berge von 3000 m unmittelbar aufragen. Ötz jedoch liegt nur noch 820 m hoch. Die Höhendifferenz Schneegrenze—Talsole beläuft sich bereits auf 800 bis 900 m. Dieser Intal-nahe Öztalabschnitt hätte aus sich allein wohl starke Flankenvereisung gehabt, zu einer Haupttalvereisung hätte es jedoch da nicht mehr gereicht. Geht man dagegen zu den Talböden von Sölden und Zwieselstein talein, so bleiben diese erst 200 bis 300 m unter der Schneegrenze. Jede Möglichkeit einer stärkeren Abschmelzung ist unterbunden. Das über 300 km<sup>2</sup> große Venter und Gurgler Talgebiet, alles Nährareal, hat von Zwieselstein talaus erst einen 1 bis 2 km breiten, bei Sölden gerade 250 m tiefen Abschmelzraum zur Verfügung, der aber durch Eiserfüllung diese Funktion nicht erfüllen konnte. Auf Grund dieses starken Überschusses in den oberen Talstrecken wurde das Öztal auch bis zur Mündung ein übervergletschertes Tal.

Im Passeiertal, das vom Timmlerjoch nach Süden entwässert, treten, obwohl im N und W die Dreitausender der Stubai- und Öztaler die Umrahmung bilden, andere Arealverhältnisse, was Nähr- und Zehrgebiet anbetrifft, auf.  $N : Z = 2'1 : 1$  und  $0'6 : 1$ . Das Überwiegen der hochgelegenen Teile nimmt im Vergleich zum Öztal um drei Viertel ab, von Meran bis St. Leonhard (650 m) bleibt die Talsole 1300 bis 1000 m unter der Schneegrenze. Sowohl Texel- wie Pensergruppe vermochten nur Hang-, Kar- und Seitentalgletscher zu bilden, das Haupttal selbst bekam von dort zuerst kein Eis geliefert. Moos (1018 m), an der Vereinigung von Hinterem Passeier- und Pfelderstal gelegen, weist für seine weit talein geschobene Stellung noch immer 600 m Höhenabstand von der damaligen Firnlinie auf. Erst bei Schönau (1617 m) und Pfelders (1621 m) knapp unter dem Timmel- und Rotmoosjoch wird die Schneegrenzhöhe gewonnen. Ein überwältigender Passeiertalgletscher bis Meran oder gar weiter ist aus den Arealen über und unter 1600 bis 1700 m und den Höhenabständen von dieser Höhe bis zur heutigen Talsole nicht recht erklärbar. Das Passeiertal wäre bei dieser Schneegrenzlage ohne Öztaler Eis, das nach S überfloß, nie voll- oder gar übervergletschertes Gebiet geworden.

Für die 2100 bis 2200 m Schneegrenzlage ergeben sich im Ötztale noch immer Bedingungen, die einen weit in das Inntal reichenden Gletscher ermöglichen. Im Venter- und Gurglertal ist die Tallichte in dieser Höhe erst 1 bis 1·5 km, höchstens 2 km weit. Bei Zwieselstein erreicht der Abstand Talsohle—Schneegrenzhöhe 500 bis 600 m, bei einer Gletscherlänge von 20 bis 30 km, das ist die Entfernung von den obersten Firmulden bis hierher, ein ziemlich geringer Wert. Eine Eisdicke von dieser Mächtigkeit, wie sie die größten Alpengletscher und außereuropäische Talgletscher von diesem Ausmaß aufweisen, würde hier noch die Gletscheroberfläche bis ins Nährgebiet hinaufreichen lassen. Ein Gletscher mit einer angenommenen Mächtigkeit von 500 bis 600 m hat im Söldener Talboden eine Oberflächenhöhe von 1800 bis 1900 m; der Abstand von der Schneegrenze ist erst rund 300 m. Eine übermäßig starke Ablation kann da noch nicht stattfinden. Jede noch größere Mächtigkeit schiebt die Gletscheroberfläche näher an die Schneegrenze heran und vermindert die Abschmelzmöglichkeit.

Viel ungünstiger gestalten sich die Bedingungen im Passeiertal. Statt der 20 und mehr Kilometer langen Hochtäler mit über 1600 m Höhenlage schrumpfen diese auf 5 bis 7 km Länge zusammen. An der Vereinigung von Hinterem Passeier- und Pfelderstal, 10 bis 15 km von den Talhintergründen entfernt, erreicht der Abstand Talsohle—Schneegrenze 1200 m. Bei 500 bis 600 m Gletscherdicke, wie wir sie bei unseren Überlegungen in den Söldener Talboden hineingedacht haben, bleibt die Gletscheroberfläche statt 300 m schon 600 bis 700 m unter der damaligen Firnlinie. Es wird beim ersten Blick überhaupt fraglich, ob der Gletscher bis gegen Moos reichen konnte. Hat man in den Ötztaler Quelltälern ein Verhältnis  $N : Z = 8 : 1$ , sank es hier (von Pfelders talein) auf  $2—2·5 : 1$ . Dabei sind die Hänge, die zur Langthaler- und Rotmoosspitze führen, gleichmäßig steil und ungegliedert, dazu S bis SO exponiert. Aus dem Lazineser- und Valtschnallertal haben sich dagegen Gletscher ins Pfelderstal geschoben. Betrug die Eismächtigkeit dort noch über 500 m, so hätte die Schneegrenze erreicht werden können. Die Oberflächenbreite wuchs dann jedoch schon bis 2·5 km an. Blieb der Gletscher unter der Schneegrenze, bot er noch immer eine verhältnismäßig breite Zunge der Abschmelzung dar. Zwei Umstände wirken da einer mächtigen Gletscherentfaltung entgegen: tiefe Lage unter der Schneegrenze und relativ große Oberflächenbreite. Gelang es dem Fremdeis und der Anstauung zur Hocheiszeit im Verlauf des Kommens der Gletscher, ein vollvergletschertes Tal zu erzeugen, so hat man es jetzt nur mehr mit einem Tal, in dem Gletscher erster Ordnung im heutigen Sinn vorkommen, zu tun, während das Ötztal auch damals noch zu den vollvergletscherten gehörte.

Wieder anders verhalten sich das Isel- und das Ahrntal. Ersteres stellt mit seinen Nebentälern einen typischen Quellbaum dar, letzteres entbehrt in seinem Oberlauf vollkommen größerer Nebenäste. N : Z beträgt in beiden Tälern 3'9 : 1. Zerlegt man die Talgebiete in Abschnitte, so sinkt für die Strecke Huben—Lienz im Iseltal das Verhältnis N : Z auf 1 : 1, für das Stück Taufers—Bruneck im Ahrntal bis 0'8 : 1 herab. Die Lage der Talsohle unter unserer angenommenen Schneegrenze erreicht im ersten Fall 800 bis 900 m, im zweiten 700 bis 800 m.

Wieder konnte die Umrahmung dieser Talabschnitte nicht genügend Eis beistellen. Wohl aber vermögen das Kalser-, Deferegggen-, Virgen- und Tauerntal genug Eis zu liefern; ebenso das innere Ahrn-, Mühlwald- und Reintal. Wie wurde die Situation bei einer Schneegrenzlage um 2100 bis 2200 m? N : Z verhält sich da wie 1 : 1 und 0'7 : 1. Trotz Anstauung und Einzugsgebietsvergrößerung durch die Dicke der Hangvergletscherung kann mit einer Gesamtvergletscherung nicht mehr gerechnet werden. Nun weisen die innersten Iselquelltäler, das Tauern- und vor allem das Umbal- und Virgental aber eine günstige Stufung und Arealverteilung auf. Im Maurer- und Kleiniselal stellen sich flache Böden in 1900 bis 2100 m Höhe ein: Das Daber- und Umbaltal sinkt erst nach ihrer Vereinigung unter 1900 m herab, im Gschlößtal breitet sich unter dem Steilabschwung des Schlaten- und Viltragenkeeses um 1700 m der Oberste Gschlößboden aus. Eismächtigkeiten von 200 und 300 bis 500 m genügen, um die Gletscheroberfläche bis zum Einzugsgebiet zu heben. Die zu den Talfurchen gehörigen Firnfelder von 10- bis 15facher Größe gegenüber dem Talfurchenareal vermochten leicht, die für die Tal-erfüllung nötigen Firn- und Eismassen zu liefern. Die Gletscheroberflächenbreite bewegte sich in der Höhe der Schneegrenze um 1 bis 2 km, erst in den nächsten, talaus folgenden Abschnitten kann die Gletscheroberfläche unter die Schneegrenze gelangen. Heute münden die nordseitigen Seitentäler des Virgentalabschnittes mit 400 bis 500 m hohen Stufen oder Steiltalstücken in diesen ein. Bei Hinterbüchel, westlich von Prägraten, liegt die Talsohle jetzt um 1300 m. 800 bis 900 m trennen uns von der Schneegrenze. Konstruiert man sich von da an die Zunge, so hat man das Ende unter der Talstufe von Bobojach, in der Talweite von Matrei i. Osttirol zu suchen. Zum gleichen Ergebnis gelangt man für das Tauerntal; ebenfalls in der Nähe von Matrei i. Osttirol muß der Gletscher zu Ende gegangen sein.

Im Ahrntal, bei einem ursprünglich ähnlichen N : Z-Verhältnis (0'7 : 1), lagen die Vergletscherungsmöglichkeiten bedeutend ungünstiger. Eine Stufung des Haupttales fehlt hier, die Seitenhänge selbst zeigen ebenfalls keine stark auffallende Stockwerkgliederung. Von

St. Jakob (1192 m) bis Taufers (864 m) bleibt die Talsohle 1000 bis 1300 m, von Prettau (1473 m) bis St. Jakob noch 700 bis 900 m unter unserer 2100-m-Isohypse. Selbst das Gebiet von Prettau talein gegen die Birnlücke hat erst knapp das doppelte Areal über unserer Höhenlinie als unter ihr. Dazu kommt die ungünstige Südexposition der rechtsseitigen Umrahmung. Hier werden nicht einmal mehr alle Südhänge bis zum Talboden herab vergletschert gewesen sein, weiter talaus kann es überhaupt nur mehr Kar- und Hanggletscher gegeben haben. Für eine geschlossene Haupttalvergletscherung fehlten die Voraussetzungen.

Es ergeben sich somit für benachbarte Täler gleicher Hochgebirgsgruppen bei der gleichen Schneegrenzlage bedeutende Unterschiede in Gletschergröße und -art. Vom Ötztal mit seiner Vollvergletscherung, die an Länge (60 km) und Flächenareal (500 bis 600 km<sup>2</sup>) den heutigen großen Karakorum- und Alai-Pamir-Gletschern gleichzustellen wäre, geht die Reihe über die Iselquellgletscher mit 140 bis 200 km<sup>2</sup> Fläche (entspricht der eineinhalb- bis zweifachen Aletschgletschergröße) zu den Passeier- und Ahrntalständen, die etwa dem heutigen Gornergletscher und der Pasterze gleichzustellen sind, herunter.

Nicht die verschiedenen Arealgrößen über der Schneegrenze sind für diese Umstände allein und in erster Linie verantwortlich, sondern die tiefe Lage der Talböden unter der Schneegrenze spielt die größere Rolle. Wo diese Höhenabstände 1000 m und mehr erreichen, besteht die Möglichkeit, daß auch mehrere hundert Meter mächtige Zungen abschmelzen. Die Tiefe der Täler entscheidet vielfach über die Gletschergröße und damit auch über die Form.

Wo heute noch eine gegenseitige Behinderung bei den gegenwärtig so viel kleineren Alpengletschern auftritt, lehrt ein Blick auf die entsprechenden Kartenblätter des Siegfried-Atlas, der Karten des Deutschen Alpenvereins und der neuen österreichischen Aufnahmen. Zwei Fälle stellen sich häufig ein. Der eine zeichnet sich durch das Zusammentreffen zweier ganz verschiedener Gletschertypen aus. So kommt z. B. auf einen großen, flachen Talgletscher seitlich ein steiler Hanggletscher herab. Hier spielt die Eismasse des Flankengletschers — etwa Hofmannsgletscher und Pasterze — im Vergleich zum Talgletscher fast gar keine Rolle. Das zugeführte Flankeneis macht, selbst wenn es noch mehrere zehn Meter mächtig ist, kaum einige Prozent der Talgletscherbreite aus (1500 : 50 m). Der Masse nach besitzt es kaum einen Promilleanteil. Für den Talgletscher spielt ein so schmaler Zungenzufluß keine Rolle. Aber die Dicke des Talgletschers, die ein schnelles In-die-Tiefe-Stoßen der Hanggletscherzunge verhindert, verzögert die rasche Abschmelzung letzterer. Die Zunge erreicht ein größeres Ausmaß als ohne

Dasein des Talgletschers, vor allem dann, wenn die Randgeschwindigkeit des Talgletschers und jene der Hanggletscherzunge ähnlich oder fast gleich ist, also ein Auseinanderreißen der Zunge nicht erfolgen kann. Dies trifft aber in den meisten Fällen zu, da ja selbst die größten Alpentalgletscher am Rand nur wenige Meter im Jahr zurücklegen. Manchmal bieten vorspringende Felsnasen und Seitenrippen sogar besonderen Schutz vor einem Wegschieben des Hangeises durch den Talgletscher. Von steileren Seitentalgletschern, die im Verhältnis zur Größe des Hauptgletschers aber immer noch keine andere Rolle als ganz gewöhnliche Hängegletscher spielen, gehört der Mittlere Aletschgletscher, dessen Zunge bis zum Großen Aletschgletscher herabreicht.

Von viel größerer Bedeutung sind jedoch die Fälle, wo Talgletscher gleicher oder ähnlicher Größe zusammenströmen, das Talprofil nach der Vereinigung aber, wie oft in den Alpen, keinen größeren Querschnitt aufweist. Ja, die Hochtalböden sind sogar oft breiter als die tiefer folgenden Systeme. Hier müssen sich nun mehrere Gletscher den Platz teilen. Der Große Aletsch-, Fiescher-, Obere Aletsch- und auch noch der Unteraargletscher gehören allein im Berner Oberland hierher. Beim Aletschgletscher sind die Talmulden des Großen Aletsch-, des Jungfrau- und des Ewigschneefirnes breiter als das Tal, das vom Konkordiaplatz, der Vereinigungsstelle all dieser Firne, talaus führt. Das Galmifirn- und Walliser Fiescherfirntal sind jedes für sich so breit wie das vereinigte Fieschertal. Finsteraar- und Lauteraarstück sind nur um ein Viertel schmaler als das Unteraargletscherbett. Rein geometrisch genommen müßten die Eismassen in den vereinigten Talstücken, je nach der Zahl der Zulieftäler, zwei-, drei-, viermal so mächtig sein. Hier tritt mit dem Zusammenfließen sicher kräftige Behinderung und Anstau ein, der aber nicht jene hohen Ausmaße erreichen kann, wie sie sich aus den Querschnittsverhältnissen errechnen lassen, da ja durch Vermehrung der Eismasse ein Anwachsen der Bewegung erfolgt.

Weist das Tal bei einer Vereinigung von Gletscherarmen Verbreiterung auf, so können die Eisströme nebeneinander liegen, ohne sich viel zu stauen. In der Zunge des Glacier de Ferpèche, der sich aus den Armen des du Mont Mine und Ferpêchefirns zusammensetzt, liegt so ein Fall vor. Schalf- und Marzellferner würden bei einem kleinen Vorstoß, Taschach- und Sexegertenferner bei einem etwas größeren Vorstoß Beispiele für diese Entwicklung sein. Aus dem Karakorum hat Visser<sup>29</sup> solche Beispiele gebracht.

<sup>29</sup> Ph. C. Visser, Von den Gletschern am obersten Indus. Zeitschr. f. Gletscherk., 16. Bd. 1928, S. 169.

## Z u s a m m e n f a s s u n g.

Ausgehend von dem heutigen Größenverhältnis  $N : Z$  und von der Zungenform, ergibt sich eine Einteilung in klein- und steilzungige, denen die groß- und flachzungigen Gletscher gegenüberstehen. Eine besondere Art stellen die groß- und steilzungigen dar; für ihre Entstehung ist aber eine Stufung des Geländes oder eine Zusammensetzung der Zunge aus mehreren Armen oder beides neben einer günstigen Exposition notwendig. Erst bei zu hohen Stufen und zu geringer Gletscherdicke zeigt der gestufte Hang gegenüber dem gleichmäßig geneigten für die Zungenentfaltung ungünstigere Verhältnisse. Ein Stockwerkbau mit genügend hohen Staffeln und einem Höhenabstand von 1000 und mehr Metern zwischen der Schneegrenze und den kaum mehr geneigten Haupttalsohlen gewährleistet eine mannigfaltig differenzierte Entwicklung der Zungen- und Gletschertypen. Sinkt der Höhenabstand Haupttalsohle—Schneegrenze auf wenige hundert Meter herab, mangelt es besonders den Zungen an Areal für vielseitige Ausbildungen. Stauerscheinungen und Einstellung auf die neuen Haushaltbedingungen sind die Folge. Die Gletscher werden größer, die Vielfalt der Formen nimmt jedoch ab.

Alle Hohlformen, wie Wannen, Kare, Talschlüsse und Täler, die zu einer Konzentration des Firnes und Eises führen, begünstigen die Gletscherentwicklung, gerade Hänge verhalten sich neutral, während die Vollformen, wie Kuppen, Kegel, Pyramiden und Schneiden, eine Expansion oder ein zentrifugales Auseinanderstreben von Firn und Eis nach sich ziehen. Die Zungengröße und der Formenreichtum müssen abnehmen; in einem schmalen, flachen Lappengürtel geht diese Vergletscherung vielfach zu Ende.

Vergleicht man in einer Anzahl von Gebirgsgruppen die Arealverhältnisse über und unter einer bestimmten Höhe und konstruiert sich unter Berücksichtigung der Formverhältnisse bei angenommenen Ernährungs- und Ablationswerten den Gletscher, so kann man über die Zungengröße gewisse Aussagen machen. Wenn man Zuwachs, Ablation und Temperatur in den Alpen und in nördlicheren Gebirgen miteinander vergleicht, anstatt der heutigen Temperaturen die von Penck für die Eiszeit gefundenen einsetzt, ferner sucht, wo diese niedrigeren Werte heute vorkommen, und an diesen Stellen Zuwachs und Abschmelzung ermittelt, so lassen sich die Fehlerquellen für weit zurückliegende Gletscherstände und Stadialzeiten einengen.

Auch über das Kommen der Gletscher vermag man dadurch sicherere Vorstellungen zu gewinnen. So wird das Ötztal bei einer Schneegrenzlage um 2100 m noch voll vergletschert sein, das Iselquellgebiet kann

dann nur mehr eine Vereisung, die bis gegen Matrei i. Osttirol reicht, haben. Talgletscher von Aletsch- bis zu doppelter Aletschgröße erfüllen dieses Gebiet. Im Ahrntal bleibt der Gletscher schon im hintersten Talgrund stecken, und im Passeiertal reicht es auch nur zu Talgletschern, die zwischen Gorner- und Pasterzengröße liegen.

Schwieriger ist es, die Einzelbedingungen für das Wie des Gehens der Gletscher zu erhellen, da durch Ferneis, Toteismassen und Anstauung vielfache Kombinationen walten können. So kann beim Rückgang des Hauptgletschers der Seitentalgletscher plötzlich vorgehen, indem er sich von seinem breiten Oberflächenhaushalt auf einen, der einer schmalen, tiefreichenden Zunge entspricht, umstellt oder indem den bislang in diesen Tälern angestauten Eismassen eigene Bewegung zukommt. Vorstöße, die gleichsam haushaltlos sind und einmalig bleiben müssen, finden so noch statt. Alle in den Tälern, Karen und auf den Hängen auftretenden Moränenwälle brauchen darum nicht immer einem neuen, besonderen Stand mit eigener Schneegrenzhöhe anzugehören.

## Deutschland und die Erdkunde.

Von Prof. Eugen Oberhummer.

Deutschland ist die Geburtsstätte der Geographie als einer modernen Wissenschaft; doch an der Erschließung der Erdoberfläche hat es später als manche andere Völker teilgenommen. Die Erweiterung des aus dem Altertum überkommenen Weltbildes erfolgte im Mittelalter zuerst durch die Nordgermanen (Fahrten der Wikinger bis Nordamerika), durch Reisen von Missionären und Kaufleuten (Marco Polo) zu Land nach Asien, dann an der Schwelle der Neuzeit durch die Seefahrten der Portugiesen und Spanier, später auch der Franzosen, Niederländer und Briten. Deutsche haben sich vereinzelt an diesen Fahrten schon seit dem 15. Jahrhundert beteiligt; wir finden sie an der Westküste von Afrika, in Indien, in Südamerika. Unter diesen sei besonders hervorgehoben Martin Behaim aus Nürnberg, der mit den Portugiesen nach Westafrika fuhr. Sein berühmter Erdglobus von 1492, der älteste, der uns erhalten ist, bildet einen Meilenstein in der Geschichte der Erdkunde. Ein anderer Nürnberger, der Mathematiker Johannes Schöner, gab um 1520 mehrere Globen heraus, die ebenfalls wertvolle Dokumente zur Geschichte der Erdkenntnis sind. Ein Zeitgenosse beider war der Schwabe Martin Waldseemüller, dem der Erdteil Amerika seinen Namen verdankt. Seine große Weltkarte von 1507 trägt als erste diesen Namen. Lange verschollen, wurde sie erst um 1900 durch Josef Fischer in einer schwäbischen Schloßbibliothek wieder aufgefunden. Diese und andere Karten von seiner Hand zeigen ihn als einen der bedeutendsten Geographen seiner Zeit. Als Kosmograph ist Sebastian Münster anzureihen. Sein mit Karten und Bildern ausgestattetes Werk ist in verschiedenen europäischen Sprachen und zahlreichen Auflagen erschienen. Um die Mitte des 16. Jahrhunderts trat Gerhard Kremer, bekannt unter seinem lateinischen Namen Mercator, mit seinen bahnbrechenden Karten hervor. Die von ihm ersonnene Projektion für seine Weltkarte von 1569 ist für die