

Zum Kommen und Gehen der Gletscher

Von Sieghard Morawetz.

Die Gletscher sind eine Funktion des Klimas, der Oberflächenformen und der Bewegungserscheinungen des Eises. So erzeugen selbst sehr viele Niederschläge in fester Form bei wenig Sonnenstrahlung und fehlenden Temperaturen über Null noch keine Gletscher, wenn es an Auflagerungsflächen für den Schnee mangelt. Weite Mulden, Hochplateaus, tiefe Karräume stellen dagegen günstige Firnlager dar und besonders dort, wo aus mehreren Firnmulden das Eis in eine Talfurche zusammen- und abströmt, trifft man schöne Zungen. Auf wenig geneigten Talböden, die nicht tief unter der Schneegrenze liegen, hebt sich die Gletscheroberfläche schon bei mäßiger Eisdicke über die Schneegrenze und es vergrößert sich der Nährraum. Je mehr Zungen sich in einem Tal drängen, je weniger dieses geneigt ist, je spröder das Eis bleibt und je größer die Hindernisse sind, die dem Eisabfluß entgegenstehen, desto höher muß sich so ein Tal mit Eis anfüllen. Aus einer Mehrzahl von Eismassen, wie Talhintergrund, Flanken- und Ferneis, besteht somit der zusammengesetzte Eiskörper eines Eisstromnetzes und je selbständiger die Eismassen der einzelnen Teile bleiben, was ihre Bewegungsvorgänge anlangt, desto auffälligere Überlagerungen und Überschiebungen oder auch Nebeneinanderlagerungen von Eiskörpern wird es geben. Bei sehr starken Anschwellungen des Haupttales sind Stauungen der Nebentaleismassen unvermeidlich. Vor allem in der Tiefe jener Seitentäler, die etwas entgegengesetzt zum Haupttal verlaufen, müssen sich Toteismassen und Toteiswinkel bilden. Beim Einsinken des Haupttales und noch starker Eisfüllung der Zubringertäler ist ein Hinaufschieben von Nebentaleis auf das Haupttales nahe liegend und Eigenbewegung der hangenden Zubringergletscher auf fast bewegungsloses Haupttales kann vor sich gehen. Es gibt in einem vergletscherten Talsystem sowohl beim Herabgehen wie Hinaufücken der Schneegrenze so viele kritische Zonen als sich Eisanstauungen bilden oder fallen, und ihre Auswirkungen hängen von der Größe des dadurch gewonnenen oder verlorengegangenen Nährraumes ab. Je kleiner die Höhenabstände der Schneegrenze von den großen wenig geneigten Haupttalböden sind, desto beschränkter bleiben freie Zungenentwicklungen. Während heute in den Ostalpen zwischen der Schneegrenze und den Talsohlen der großen Längstäler ein Höhenunterschied von 2000–2500 m herrscht, betrug er zur Eiszeit oft nicht einmal 1000 m und ging im nördlichen Vorland bis gegen 500 m herab. Selbst die Talböden der innersten Talver-

zweigungen im Herzen der Hochgebirgsgruppen bleiben jetzt noch um 1000 m unter der rezenten Schneegrenze, während zur Eiszeit auch in den Gruppen, wo die Vereisung ausklang, die Höhenspanne Schneegrenze—Talsohle meist nicht mehr als 500—700 m betrug.

Bei einer gleichmäßigen Neigung der Hänge und ungestuften Talsohlen erreicht die Vergletscherung heute und erreichte sie in der Eiszeit kleinere Ausmaße als bei getreppten Talräumen und einer Stockwerkgliederung der Art, daß es von den Karschwellen steil, aber nicht zu tief zu den Talböden herabgeht. So weisen die getreppten Gletscherzungen des Steinen-, Brunni-, Gaudi-, Moiry-, Ferpele-, Zinal- und Arollagletschers, wo sich auf den Böden zwischen den steilen Abschwüngen das Eis gleichsam staut und ansammelt, besonders große und auch steile Abschmelzareale aus.

Recht verschieden sind die ursprünglichen eiszeitlichen Einzugsareale und die Höhenabstände Schneegrenze—Talsohle selbst in den Hochgruppen gewesen. Erst durch die Eisanfüllung der Tal-systeme kam jenes einheitliche Nähr- und Zehrgebiet zustande, wie man es auf den Kartenrekonstruktionen der eiszeitlichen Gletscherstände sieht. Diese Situation mußte erst geschaffen werden und schwand dann beim Eisrückgang bald. So gibt der zentrale Teil der Venedigergruppe bei Annahme einer Schneegrenze von 1800 m*) ein geschlossenes Nährareal von 225 km² ab, in das bloß sechs schmale Talfurchen fingerförmig eingreifen, deren hochgelegene Talböden jedoch nur wenige hundert Meter unter der Schneelinie blieben. Ein Abströmen auch nur bescheidener Eismassen in die Täler füllte diese schnell bis über die Schneegrenze und machte sie zu überverglatscherten. Im Krimmlertal beträgt das Arealverhältnis über : unter 1800 m 6 : 1, im Gasteinertal dagegen nur mehr 1 : 1. Seine Quelltäler, Naßfeld-, Anlauf- und Kötschachtal, waren durch Talhintergrund- und Flankeneis schnell überverglatschert. Aber im Gebiet von Hofgastein mit einer Talsohle von 800—900 m und mit rahmenden Kämmen um 2400 m, die somit 600 m die angenommene Schneegrenze überhöhen, also weniger als heute die höchsten Erhebungen der Hohen Tauern die Schneelinie überschritten, gab es zuerst nur Kamm- und Karfirne, die wohl Zungen nach dem Talboden aussandten, diese jedoch nicht einmal erreichen mußten. Erst mit Hilfe des Talhintergrundeises der Quelltäler wurde der Talabschnitt um Hofgastein vollverglatschert und das Kar- und Talflankeneis maßgeblicher Zubringer des Taleises.

Der Iseltalabschnitt Huben—Lienz (Höhe der Talsohle 700 bis 800 m) mit Gipfel- und Kammhöhen bis über 3000 m weist ein Verhältnis über : unter 1800 m von 0.9 : 1 aus. Bei einem Abstand Schneelinie—Talsohle von rund 1000 m reichte die Hang- und Kar-

*) Diese Schneegrenzhöhe entsprach der eiszeitlichen Schneegrenze im Draugebiet im Umkreis von Spittal a. d. Dr. In der Venedigergruppe lag sie zur Eiszeit etwas tiefer. Mit Absicht wurde nicht der maximale Wert der eiszeitlichen Schneegrenzdepression genommen, der ja doch erst aus dem Effekt der großen Vereisung sich ergab.

eismenge der Talflanken nur für bescheidene Zungen, die an günstigen Stellen wohl zur Talsohle hinabgelangten, dort jedoch keine irgendwie beachtliche Mächtigkeit mehr besitzen konnten.

Diese Ansicht basiert auf folgenden klimatologischen Überlegungen: Der Gipfel des Hohen Sonnblick erhält im Jahr (Mittel 1901–1930) um 2500 mm Niederschlag, in 2000 m Höhe beträgt er 1400–1700 mm. Die Schobergruppe, mehr im Lee der Nordwestwinde gelegen, bekommt wohl etwas geringere Mengen. Da in der Eiszeit die Westwinde auch die Hauptniederschlagsbringer waren, wird trotz der um 8° – 10° tieferen Temperatur infolge besonders heftigen Aufeinanderprallens der Warm- und Kaltluftmassen Menge wie Verteilung der Niederschläge über das Jahr recht ähnlich wie heute gewesen sein. E. Reichel meint allerdings, die Mengen lagen um 10–20% unter den gegenwärtigen. In 1800 m Höhe herrscht heute ein Julimittel um 10° , in der Eiszeit demnach ein solches um 0° – 2° , das jetzt auf Gipfeln zwischen 3000–3300 m zu verzeichnen ist. Das Julimittel des Sonnblicks sank damals auf minus 7° bis 9° ab, ein Wert, der jetzt erst auf den höchsten Alpengipfeln zu erwarten ist. Bei Julimitteln um 1° – 2° ergab sich nach R. Streiff-Becker im Claridenfirngebiet in 2900 m Höhe für die Zeitspanne 1916–1935 ein jährlicher Firnzuwachs von 3.167 m mit rund 1.9 m Wasserwert. Bei Annahme von 90 % festen Niederschlags bei einem Gesamtniederschlag von 3400 mm errechnet sich eine Ablation von 1.1 m Wasserwert. Im Sonnblickgipfelbereich wechseln Jahre mit über 2000 mm Wasserwert Ablation mit solchen, in denen nicht 1000 mm Wasserwert wegschmelzen. Aus dem Vergleich mit den gegenwärtigen Werten um den Sonnblickgipfel dürfte die Ablation in der Eiszeit in 1800 m Höhe, bei ähnlichen Temperaturen wie heute auf dem Sonnblickgipfel, um 1 m Wasserwert zu veranschlagen sein. In der Hochzone um 3000 m, wo Schmelzprozesse in der Eiszeit nur mehr selten eintraten und es auch dann mehr zu Umlagerungen als zu beachtlichen Wegnahmen des Firnes kam, ist die Ablation kaum über einige Zentimeter hinaus gekommen. Rechnet man, daß in den Alpen heute die Ablation für hundert Meter Höhenunterschied um rund 1–1.25 m abnimmt, vermag die Abschmelzung 1000 m unter der Firnlinie 10–12 m zu leisten. Allerdings weiß man gerade durch die so genauen Ablationsmessungen V. Paschingers, die er von 1938–1944 auf der Pasterze längs der Sattel-, Seeland- und Burgstalllinie durchführte, daß die Zu- oder Abnahme der Ablation im Bereich der regelmäßigen kalten Gletscherwinde nicht so hoch ist. Bei ähnlichen Werten in der Eiszeit können somit 3–5 km breite Nährräume, wie sie im Bereich der linksseitigen Umrahmung des Talabschnittes Huben–Lienz vorhanden sind, nur 3–5 Millionen m^3 Eis anliefern, während auf den Hängen unter der damaligen Schneegrenze leicht 5 Millionen m^3 der Ablation zum Opfer fielen. Eine Zungenentwicklung im Tal, die von den Talflanken allein gespeist wird, war nicht möglich, vor allem wenn man bedenkt, daß auf einer 0.5 km^2 großen Talsohle unter den veranschlagten Verhältnissen

5–6 Millionen m³ Eis abschmelzen. Den Prozeß der Eisauffüllung bis über 2000 m Höhe leitete wahrscheinlich das Talhintergrundeis ein oder er entwickelte sich aus kleinen Eisresten des Hangeises und des Eises der kleinen Nebentäler, das infolge der geringen Eisfließfähigkeit eben erst bei einer Mächtigkeit von vielen hundert Metern in eine beachtlichere Bewegung nach Osten, also drauabwärts, übergang.

In den Gurktaler Alpen mit Höhen von 2300–2400 m fehlt bei Annahme einer Firnlinie in 1800 m ein geschlossenes größeres Einzugsgebiet. Das Einzugsareal hat die Form schmaler, stark gelappter Bänder, die bei überall gleicher Breite einen Streifen von nur 850 m ausmachen würden. Eine solche Arealverteilung vermag aus sich heraus keine größeren Gletscher zu erzeugen. Daß es in dieser Gruppe trotzdem noch voll- und übervergletscherte Täler gab, verdankt sie einigen größeren Karräumen und wenigen hochgelegenen Talböden, auf denen selbst bei sehr bescheidenen Eisanlieferungen ein unabschmelzbarer Rest liegen bleiben mußte, der immer weiter anwuchs und die Gletscheroberfläche der innersten Talgebiete über die Schneegrenze hob. Das oberste Bundschuhal ist dafür das beste Beispiel. Im Süden und Osten der Gruppe gab es zunächst eine Anzahl unvergletscherteter Täler, wie Kaning-, Sankt Oswald-, Gurk-, Turrach- und Paaltal bei Arealverhältnissen über : unter 1800 m von 1 : 1.5–3.6, die nur mehr Hang- und Karfirne mit kleinen Zungen zuließen. Die eiszeitliche Vergletscherung wäre im Süden und Osten der zentralen Gurktaler Alpen mit einer bescheidenen Hang- und Karvereisung zu Ende gegangen, wenn nicht Ferneis aus dem Möll- und Drautal von Westen her und Murtaleis vom Norden her in die Gruppe hineingedrückt worden wäre. Diese Mengen waren im Süden so beachtlich, daß ein geschlossener Gletscher durch die Furche von Kl. Kirchheim bis östlich von Gnesau im Gurktal reichte. Fast noch stärker waren die Zuschübe von Norden in das Turrach- und Paaltal. Im Paaltal speiste die Eigenvergletscherung nur ganz kleine Hangfirne, die nicht einmal Flächen in 1300 m Höhe mit Firn zu beliefern vermochten. Nun trifft man im Paalgraben Erratika bis 1600 m und Eis floß über die Flattnitz ins Glödnitztal nach Süden und ins Metnitztal nach Osten und noch weiter im Osten trat Eis an fünf Stellen südlich von Murau ins Metnitztal über. Dieser Eisabfluß nach Süden bewirkte, daß der Murgletscher östlich Murau nur eine relativ kleine Zunge besaß.

Wie kam es zu der beachtlichen Eisanreicherung im obersten Murtal? Die Beckenform des Lungaus ist hierfür wichtig. Der Lungau sammelt die Täler aus den Tauern. Die Nährgebiete sind dort noch günstig und die Arealverhältnisse von über : unter 1800 m belaufen sich auf 1.8–5 : 1. Ein weiteres Gunstmoment stellt die hohe Lage des Talbodens im Lungau (um 1100 m) dar. Bei Auffüllung der Tauerntäler mit Eis bis zur Schneegrenze steht einem Einzugsareal von 610 km² eine Beckenfläche von 105 km² gegenüber. Denkt man sich den im Einzugsgebiet anfallenden Firnüberschuß von 1 m

Wasserwert auf der Beckensohle verteilt, so ergibt sich eine jährliche Schicht von knapp sechs Metern, ein Betrag, der 500–600 m unter der eiszeitlichen Schneegrenze noch gerade von der Ablation zu bewältigen gewesen wäre. Da aber die Gletscher sich mit beachtlicher Dicke und nicht als dünne Fladen aus den Tälern heraus-schoben, gab es zwischen der Gletscheroberfläche und der Schneegrenze keine solche Spanne. Es mußte sich auf dem Beckenboden Eisenreicherung bis über die damalige Schneegrenze einstellen und die Eiserhöhung endete erst, als es zu Abflußbewegungen aus dem Eisschild heraus kam. Da das Murtal nach Osten zu sich verengt und für den Eisabfluß kein hohes Gefälle aufweist, ergibt sich eine beachtliche Abflußbehinderung. Dem Eisaufstau im Lungau verdanken alle weiter östlich folgenden Täler aus den Gurktaler Alpen, soweit sie Talgletscher beherbergten, wesentliche Zuschüsse und im Paalgraben schuf allein das Ferneis die Talvereisung.

In den Niederen Tauern östlich der Schladmingergruppe betragen die Areale über : unter 1700 m 2.2–1 : 1. Große geschlossene Nährräume fehlen. Bandartig und stark gebuchtet begleiten die Nährgebiete die Käme. Eine gewisse Asymmetrie, glattere Westseiten und durch tiefere Karräume und Kurztröge gegliederte Ostseiten, wie innerste höhergelegene und aufgegebeltete Talschlüsse gaben doch so viel Einzugsareal ab, daß in den Talgründen des Großen und Kleinen Sölk- wie Donnersbachtals die Verfirnung zur Vollvergletscherung anwuchs und die Täler schätzenswerte Mitarbeiter des Ennsgletschers wurden. Im Süden des Hauptkammes bei schmälere Karräumen, sehr glatten Hängen und auch kürzeren Anstiegen zu den Törln und Scharten, also fehlenden tieferen Talschlußkaren, entwickelte sich nur eine Hang- und Karvereisung mit geringer Talzungenausbreitung. Im Pusterwald- und Bretsteintal lappten die Zungen kaum bis auf die Talsohlen herab. Ferneiseinflüsse gab es dort nicht mehr und fast schlagartig änderte sich auch in der Hocheiszeit das Landschaftsbild: im Norden vollvergletscherte Täler, deren Eismassen sich zu einem Eisstromnetz zusammenschlossen, im Südosten nur Kar- und Hangfirne. Die Bösensteingruppe beherbergte Kargletscher von 5–10 km², deren Zungen wohl bis in die Taltiefen der Haupttäler hinabstiegen, aber nirgends die Talsohlen erhöhten. Das Pölstal blieb bis auf die zwei Zungenenden des Pölsbach- und Leitschachtals, die sich zwischen St. Johann und Hohentauern einmal von links und dann von rechts herabschoben, überhaupt eisfrei. In der Hochreichart-Seckauergruppe schwoll die Vereisung noch einmal im Gaal- und Ingeringtal an, wo Talgletscher von 40–50 km² auswärts strebten. Die relativ hochgelegenen inneren Karräume boten gute Nährflächen. Im Süden lieferte jedoch das hohe Niveau um den Ringkogel kaum mehr Eis nach den Talgletschern. Auf der Nordostseite blieb die Zunge, die aus dem Firn des Gottstalkares gespeist wurde, weit vor dem offenen Liesingtal stecken. Eine Ausnahme in der Gletscherentfaltung machte das Triebental, das mit seiner NW-Richtung, seinem Niederschlags-

reichtum und breiten Karräumen in NO-Exposition aus den Karböden über die Karschwellen zum Talboden in 1300–1100 m Höhe noch so viel Eis zugeschoben erhielt, daß ein Rest zurück bleiben mußte und Aufstauung eintrat. Schließlich vereinigte sich das Triebentaleis und das von Trieben herein gepreßte Eis des Paltenarmes des Ennstalgletschers zu einer geschlossenen Eisbedeckung. Bei nur etwas tieferer Lage des Triebentalbodens oder etwas kleineren Karräumen oder auch nur einem etwas größeren Abstand zwischen Talsohle und Karschwellen hätten sich im Triebental zur Eiszeit bloß Kar- und Hanggletscher mit kleinen Zungen entwickelt. Ein typischer Grenzfall für gerade noch mögliche geschlossene Talvergletscherung liegt da vor.

Bei einem Hinaufrücken der Schneegrenze um dreihundert Meter gegen Ende der Eiszeit gab es in den östlichen Niederen Tauern und Gurktaler Alpen nur mehr kleinste Kar-, Karwinkel- und Hangfirne. Die Vereisung ging auf ein Minimum zurück. Wo Ferneis die Täler gefüllt hatte, sank dieses schnell ein. Es bildeten sich Toteismassen und die Spanne zwischen dem abnehmenden Taleis und den kleinen Kar- und Hangfirnen wurde immer größer. Das Vergletscherungsbild ändert sich grundlegend bis in den Lungau und in die Liesertalfurche. Bei einer Schneegrenzlage von sechshundert Metern über der Würmzeit ist die Auflösung des Eisstromnetzes schon bis in die Hochgruppen der Tauern vorgeschritten. Es gab dort zwar noch große Talgletscher, so floß im Mölltal der Gletscher über das Talknie bei Winklern bis Rangersdorf und hatte somit eine Länge von 45 Kilometern, die die des Aletschgletschers um 20 km übertrifft. Aus den Tälern der Schober- und Sonnblickgruppe steuerten über ein Dutzend Zungen zum Haupttaleis bei, aber alle diese Seitengletscher waren schon bescheidene Mitarbeiter, die damals zum Teil knapp vor der Ablösung vom Haupttaleis standen, wie dies Lucerna in seiner Darstellung der Urpasterze so schön zeigte.

Schriftenverzeichnis:

- Lucerna, R.: Die Urpasterze. Z. f. Gletscherk., 26., 1939, S. 248–257.
Paschinger, V.: Pasterzenstudien. 11. Sonderheft d. Carinthia II, 1948.
Reichel, E.: Versuch einer Berechnung der eiszeitlichen Niederschlagshöhen in den Alpen. Z. f. Gletscherk., Bd. 22, S. 73.
Steinhausner, F.: Die Meteorologie des Sonnblick, Wien 1938, S. 94.
Streiff-Becker, R.: Zwanzig Jahre Firnbeobachtung. Z. f. Gletscherk., 24., 1936, S. 31–42.

Prof. Dr. Sieghard Morawetz, Graz, Universität.