

Der Blick aus dem Flugzeug hinab auf den Eisstrom der Pasterze. Aus dem großen Firngebiet des „Obersten Pasterzenboden“ fließt das Eis zwischen der Engstelle des Mittleren (links) und Kleinen Burgstall (rechts) hinab, wird im sogenannten „Hufeisenbruch“ völlig in Eistürme (Séracs) zerrissen und aufgelöst und formt sich unterhalb zur breiten, regelmäßig geformten Gletscherzunge. Vgl. die Beiträge von H. PASCHINGER und H. TOLLNER. (Flugaufnahme vom 25. 9. 1967, freigegeben vom BMfLV mit Zl. 4.360–RAbtB/69.)

Zur Geschichte der Pasterzenschwankungen *

Von Gernot Patzelt (Innsbruck)

Zusammenfassung

An künstlichen Aufschlüssen wird die Bodenstratigraphie der Moränen im Vorfeld der Pasterze untersucht. Die Gletscherhochstände von 1856 und 1620 lassen sich auseinanderhalten und neu abgrenzen. Bodenfunde im jüngst eisfrei gewordenen Gelände weisen auf eine gegenüber heute bedeutend kleinere Gletscherausdehnung während des spätmittelalterlichen Klimaoptimums hin. Für zwei Gletscherhochstände, wenig außerhalb der neuzeitlichen Endlagen, ergibt sich stratigraphisch bedeutend höheres Alter und großer Altersunterschied. Beide Moränen sind innerhalb der postglazialen Wärmezeit abgelagert worden. Für den älteren Hochstand wird, analog zu datierten Moränen aus der Venedigergruppe, eine Zeit um 4200 v. Chr., für den jüngeren eine Zeit um 1400 v. Chr. angenommen.

Ganz allgemein sind die Alpengletscher in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts kräftig vorgestoßen und haben um die Jahrhundertmitte ihren letzten Hochstand erreicht. Der kurz danach einsetzende rasche Gletscherrückgang wurde in den Jahren von 1890 bis 1925 durch kleinere Vorstöße mehrmals kurz unterbrochen, erreichte dann aber zwischen 1930 und 1960 nahezu katastrophales Ausmaß. Viele Gletscher haben in dieser Zeit ihre Zungen verloren, ganze Talabschnitte und große Schutt- und Felsflächen sind eisfrei geworden. Eingesunkene und schuttbedeckte Gletscherzungen mit allen Zeichen des fortschreitenden Verfalles sind deshalb heute kennzeichnend für unsere alpine Gletscherlandschaft. Jedem Bergsteiger sind diese Erscheinungen ein vertrautes Bild, die älteren unter ihnen haben den gewaltigen Gletscherschwund der letzten 40 Jahre noch selbst miterleben und beobachten können.

Von den vielen Fragen, die sich angesichts dieser großen und raschen Veränderungen aufdrängen, interessiert auch die Frage nach dem Verhalten der Gletscher in weiter zurückliegenden Zeiträumen. Lassen sich ältere Schwankungen, Hochstandsperioden und Rückzugsphasen genauer erfassen und zeitlich festlegen, bekommen die Ergebnisse auch klimahistorische Bedeutung. Die Gletschergeschichte wird damit zu einem anregenden Kapitel gletscherkundlicher Forschung.

Die neuzeitlichen Gletscherhochstände der Pasterze

Für die Pasterze hat V. PASCHINGER (1948) während seiner langjährigen Beobachtertätigkeit alle faßbaren Nachrichten und Hinweise auf frühere Gletscherstände gesammelt und darüber in mehreren Arbeiten ausführlich berichtet. Die Pasterze hat die größte Ausdehnung während des letzten Hochstandes im Jahre 1856 erreicht. Seither ist in ihrem Einzugsbereich eine Fläche von ca. 10 km² eisfrei geworden und die Eismassen sind von ehemals 3 Milliarden m³ auf etwa $\frac{2}{3}$ zusammengesmolzen (H. PASCHINGER, 1965). Über dem heutigen Gletscherende war der Eisstrom 1856 mehr als 200 m mächtig.

Die Ausdehnung des Hochstandes von 1856 läßt sich im Gelände über weite Strecken hin gut erkennen. Besonders an den beiden Talflanken über der heutigen Zunge ist die Grenze des damaligen Eisrandes durch Ufermoränen und scharfe Vegetationsgrenzen an den Felswänden sehr deutlich markiert. Im Endmoränenbereich ist jedoch eine solche leicht sichtbare Grenze nicht mehr erhalten. Die Pasterze hat nämlich bei einem starken Vorstoß im 17. Jahrhundert einen ähnlichen Stand erreicht wie 1856. V. PASCHINGER

* Siehe auch Beilage Karte Nr. 1

(1948) setzt den Zeitpunkt mit Hilfe der Berichte von wachsenden Gletschern in den Goldbergbaugebieten der Hohen Tauern auf etwa 1620 fest. Die Endmoränen beider Vorstöße liegen an der Pasterze nahe beisammen, stellenweise auch übereinander und lassen sich oberflächlich oft nicht trennen. Da weder für 1856, noch weniger aber für 1620 Aufzeichnungen über die tatsächliche Gletscherausdehnung erhalten sind, war eine Abgrenzung bis jetzt nicht zweifelsfrei möglich. Erst mit Hilfe der hier vorgenommenen bodenstratigraphischen Untersuchungen ist die eindeutige räumliche Trennung beider Gletscherendlagen gelungen.

Zu diesem Zwecke wurden an möglichst vielen, geeigneten Stellen künstliche Aufschlüsse geschaffen, die Einblick gaben in den inneren Aufbau der Moränen und die mehrfach gestörte oder unterbrochene Entwicklung der Böden. Grabung 1 ist ein gutes Beispiel dafür. Sie wurde in die Außenböschung der innersten Endmoräne am Westhang der Roßalm (Marxwiesen) gegraben, dort wo der Steig zur Stockerscharte über den Wall führt (Höhe 2040 m). Dabei ergab sich folgendes Profil (Fig. 1, Abb. 1):

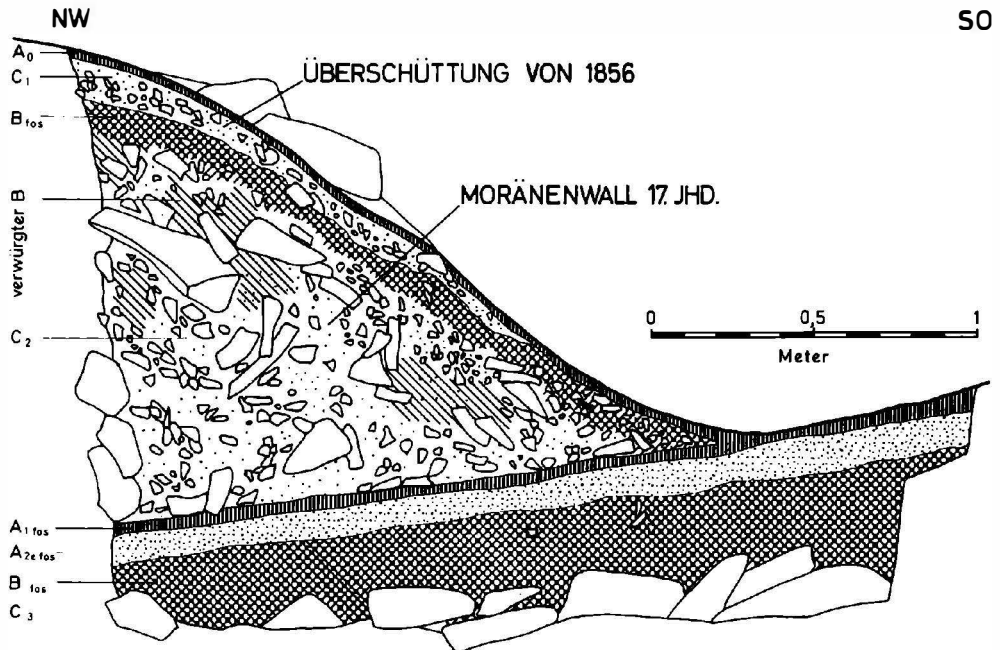
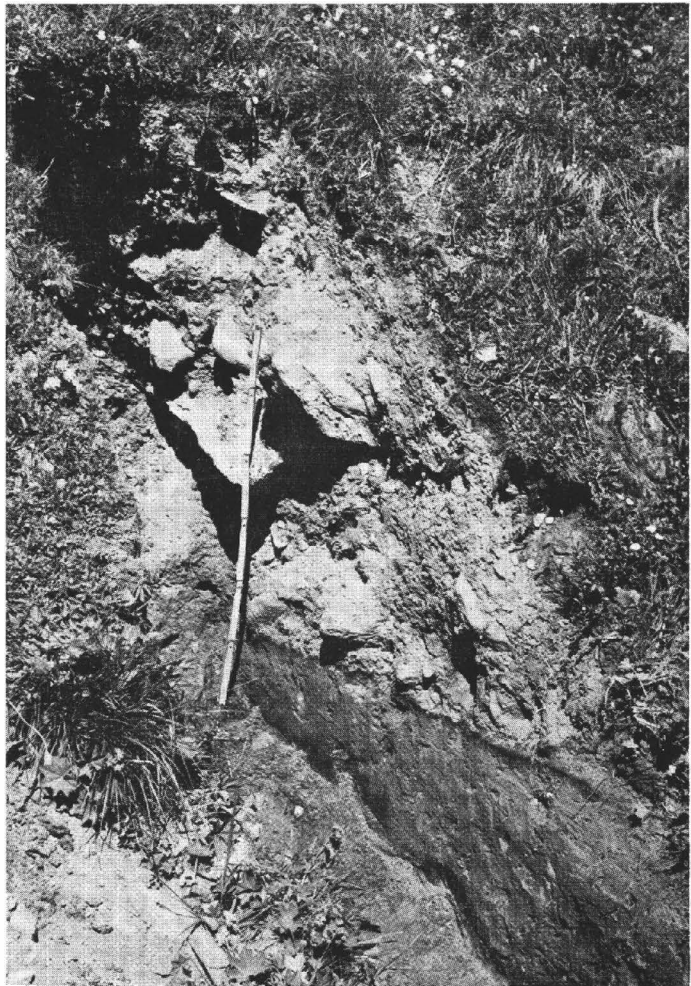


Fig. 1: Profil der Grabung 1

Unter Pioniervegetation hat sich über lehmiggrauem, unverwittertem Moränenmaterial eine schwache Pararendsina entwickelt, die 2–3 cm Grobmoder und 0–3 cm stark durchwurzelten Moderhumus zeigt. Das graue Moränenmaterial liegt als Übergangsschicht, die nach unten zu auskeilt, auf dem 5–15 cm tief reichenden (B)-Horizont einer gestörten, sehr schwach entwickelten Braunerde, von der der A-Horizont nicht erhalten ist. Der darunter folgende, blockreiche Moränenschutt bildet die Hauptmasse des Walles. Er ist grau und unverwittert, jedoch stark von eingewürgten älteren Bodenresten durchsetzt. Der Wall als Ganzes liegt auf einem nahezu ungestörten mächtigen Podsol, dessen B-Horizont ca. 60–70 cm tief reicht.

An dieser Stelle hat der jüngste Hochstand von 1856 den Endstand des 17. Jahrhunderts gerade noch erreicht und dessen Wall überschüttet. Die zeitliche Trennung beider Vorstöße zeigt der Boden, der vor 1856 auf der Moräne gewachsen war. Er hatte etwa das doppelte Alter der Pararendsina, die seither entstehen konnte, und war entsprechend besser entwickelt. Der Wall des 17. Jahrhunderts liegt auf einem sehr alten ungestörten

Abb. 1: Grabung 1 in der Außenböschung des neuzeitlichen Walles auf der Roßalm. Die Moräne von 1620 überlagert einen ungestörten Podsol, die Überschüttung von 1856 ist im Bild nicht zu unterscheiden (vergl. Fig. 1).



Boden. Damit war dieser Vorstoß der erste der Neuzeit, der diesen Stand erreichte, nach einer langen Zeit wesentlich kleinerer Gletscherstände. Die im Moränenmaterial eingewürgten alten Bodenfetzen weisen ebenfalls darauf hin.

Der große Altersunterschied der Böden auf und außerhalb der jungen Moränen macht es möglich, die Grenze der maximalen neuzeitlichen Gletscherausdehnung überall eindeutig festzulegen, auch dort, wo Wälle nicht oder nur undeutlich erhalten sind. Nicht immer hat dabei der neuzeitliche Schutt den alten Boden nur einfach überlagert. Die Grabung 2, ca. 100 m südlich der Grabung 1, zeigt, wie der am Gegenhang der Roßalm ansteigende Gletscher den alten Podsol zusammengestaucht, aufgefaltet und sein Moränenmaterial zungenförmig eingepreßt hat (Abb. 2). Dort wo die Straße vom Pasterzenhaus zum Stausee die 1620er Moräne schneidet, ist sie über 3 m hoch aufgeschossen. Hier besteht der Wall fast ausschließlich aus abgescherten und zusammengeschobenen Resten von feinen, sandigen Braunerden. Humusschmitzen und Rasenfilze sind mit eingewürgt, aber nur selten steckt darin ein größerer Block (siehe auch FRANZ 1961). In den Felsen der Bösen Platte ist die höchste neuzeitliche Eisrandlage oft nur daran zu erkennen, daß Rasen und Boden bis auf den Felsuntergrund scharf abgeschnitten sind. Gut läßt sich der Endstand von 1620 in der Möllschlucht festlegen. Die Moräne am linken Hang weist auf ein Zungenende hin, das ca. 50 m unterhalb der Einmündung der Zlöpschlucht gelegen sein muß.

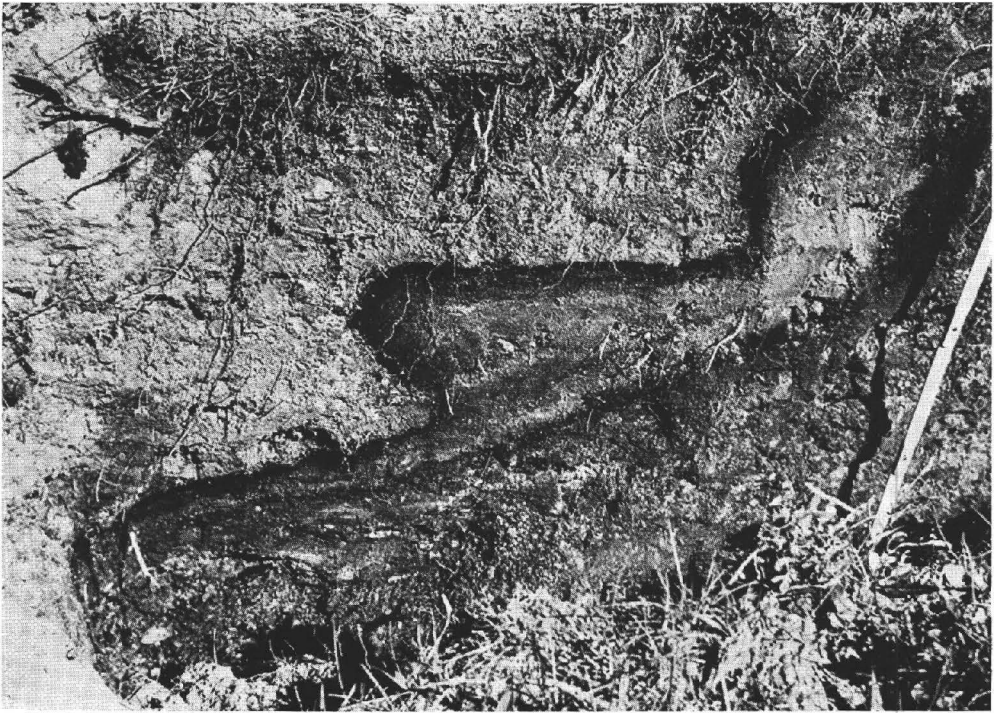


Abb. 2: Profil der Grabung 2. Neuzeitlicher Moränenschutt wurde in einen alten Podsol eingepreßt (Schubrichtung von links). A₁ - und A_{2e} Horizont sind zusammengeschoben, der B (B_s) Horizont darunter ist nahezu ungestört.

Im ganzen Endmoränenbereich hat die Pasterze 1856 den älteren Stand nicht übertroffen und nur in der Gegend der Grabung 1 gerade erreicht. Auf dem Hohen Sattel in der Nische unter dem Parkplatz I, dort wo V. PASCHINGER (1948) die Moräne von 1820 vermutet hat, ergab eine Grabung 4 (2260 m), daß der 5–6 cm starke B-Horizont des jungen Braunerdebodens auf dem äußeren Wall in die 1856er Moräne hineinzieht. Die ältere Moräne stammt somit von dem Vorstoß des 17. Jahrhunderts. Im Bereich der Taleinschnitte von Pfandscharten- und Grafenbach fehlt die Moräne von 1856. Sofern eine solche vorhanden war, dürfte sie von der Innenböschung des älteren neuzeitlichen Walles abgeglitten sein. Erst an der Bösen Platte sind stellenweise wieder Eisrandspuren erkennbar, die deutlich innerhalb des 1620er Standes liegen. Das Zungenende lag 1856 genau bei der Einmündung des Zlöpbaches in die Möllschlucht und war damit ca. 50 m kürzer als um 1620. Der rechte Eisarm, der die Zlöpschlucht füllte, erreichte die linke Zunge nicht. Am Ostabhang des Margaritzenkopfes und am Sporn zwischen beiden Schluchten liegen 3 niedrige Moränenwälle des 1856er Hochstandes dicht hintereinander. Der vorderste davon zeigt an der Stirn zusammengeschobene Reste eines jungen Bodens und zwei abgescherte Lärchenstämme. Er markiert damit die größte Ausdehnung des Gletschers von 1856 und beweist, daß der Margaritzenkopf nicht zur Gänze eisbedeckt war, wie V. Paschinger (1948) angenommen hat.

Im Bereich der südlichen Bucht des Stausees sind die Moränen bei den Bauarbeiten zum Großteil abgegraben worden. Trotzdem läßt sich noch eindeutig feststellen, daß der Gletscher um 1856 hier 60 bis 80 m hinter dem Endstand des 17. Jahrhunderts zurückgeblieben ist. Erst über der Stufe, auf dem Oberen Keesboden, bilden die Ufermoränen beider Hochstände einen übereinanderliegenden einheitlichen Wall.

Die hier aufgezeigten, auf rein stratigraphischem Wege gewonnenen Ergebnisse haben durch die bodenanalytischen Untersuchungen von R. BURGER, (BURGER und FRANZ,

s. S. 253 ff., vergleiche besonders Profil Nr. 10, 19, 28, 29 und 30) und die pflanzensoziologischen Aufnahmen von B. ZOLLITSCH (ZOLLITSCH, s. S. 267 ff., Zone 6 und 7) mehrfach eine klare Bestätigung gefunden.

Erwähnt sei noch der Fund eines Zirbenstammes, der unweit der Grabung 2, am Westhang der Roßalm, ausgegraben wurde. Der Baum war auf oder in unmittelbarer Nähe der Moräne von 1620 gewachsen und ist umgestürzt, als der Gletscher um 1856 bis knapp an seinen Standpunkt reichte. Die Jahresringe am Strunk ließen sich auszählen. Die Zirbe ist etwa 170 Jahre alt geworden, ihren Wachstumsbeginn kann man für die Jahre um 1690 annehmen. Dieses Alter entspricht gut den von den Brüdern H. und W. SCHLAGINTWEIT (1846) beschriebenen, bis 150 Jahre alten Lärchen am Margaritzenkopf und ist ein neuerlicher Hinweis für die zeitliche Trennung der beiden neuzeitlichen Moränen.

Wie weit sich die Pasterze zwischen den neuzeitlichen Hochständen zurückgezogen hat, läßt sich nicht feststellen. Es liegen Berichte vor, die einen Vorstoß um 1780/90 annehmen lassen, der über die Elisabethfelsen bis zur Margaritzensenke herabgereicht hat (V. PASCHINGER 1948).

Wenn man annimmt, daß die oben erwähnte Zirbe am damaligen Gletscherende in den Jahren zwischen 1856 und 1860 gefallen ist, so lassen sich nach den besonders engen Jahresringen schlechte Jahre für 1775–80 und 1705–10 auszählen. Sicher entspricht die erste, möglicherweise auch die zweite Jahresgruppe kurzen Gletschervorstoßzeiten, doch sind im Vorfeld alle morphologischen Hinweise auf solche Schwankungen beim jüngsten Hochstand überfahren und zerstört worden.

Sicher aber war die Pasterze zwischen 1600 und 1856 nie kleiner als heute. Wie an anderen alpinen Gletschern erscheint dieser Zeitraum als deutlich abgegrenzte, geschlossene Periode großer Gletscherausdehnung, mit einzelnen besonders starken Vorstößen.

Für den Gletschertiefstand in den Jahrhunderten vor 1600 gibt es im Vorfeld der Pasterze einige Anhaltspunkte. Der in den letzten Jahren vor dem Gletscherende entstandene „Pasterzensee“ zum Beispiel könnte dem Sec entsprechen, aus dem auf der Karte von HOLZWURM (1612) die Möll entspringt (H. PASCHINGER 1965). Nahe am Ausfluß dieses Sees, am Beginn der Möllschlucht, sind im Bereich des großen, dort anstehenden Quarzlagers Bergbauspuren zu erkennen. Alte Stolleneingänge sind mit Grundmoränenschutt gefüllt, lassen sich aber leicht ausgraben und verfolgen. Die Gruben waren vor 1600 in Betrieb und sind erst vor etwa 20 Jahren wieder ausgeapert.

Am gletscherseitigen Abhang des Großen Elisabethfelsens ist der anstehende Kalkglimmerschiefer stellenweise von tiefen Karren zerfurcht. Am Grunde dieser Karren ließen sich mehrfach unter einer dünnen neuzeitlichen Grundmoränenschicht stark verwitterte, dunkelbraune Reste alter Braunerden ergraben. Der gletschernächste Fundort lag in der Nähe einer, inzwischen aufgelassenen Eisrandmeßmarke vom Jahre 1959 und ist somit nur etwa 10 Jahre eisfrei. Die geringe Wirkung der Glazialerosion an diesen Stellen in etwa 350 Jahren ist bemerkenswert.

Von der rechten Talflanke fließen die Seebäche in das Gletschervorfeld und münden unter dem schuttbedeckten Zungenende in den Pasterzensee. Der östlichste dieser Bäche hat, vermutlich erst in den Katastrophensommern 1965 oder 1966, in einer tiefen Rinne die neuzeitliche Moränenschuttauflage des Hanges bis auf den Fels abgeschwemmt. Dabei sind zwischen Moräne und Anstehendem fossile Böden, zum Teil noch mit starken Humusresten freigelegt worden, die sich im Bachbett über 100 m weit nach unten verfolgen lassen. Tiefste Bodenspuren liegen ca. 25 m über dem jetzigen Eisrand.

Der gleiche Bach hat 20–25 m unter dem Wallfirst der 1856er Ufermoräne stark mit Hangschutt verwürgten Braunmoostorf angeschnitten. Der Torf ist in der Nähe der Fundstelle gewachsen (2260 m), vom Gletscher zu Beginn des 17. Jahrhunderts zerstört, aber nicht weit transportiert und mit Grundmoränenmaterial überlagert worden. Herr Dr. S. BORTENSCHLAGER (Botanisches Institut der Universität Innsbruck) hat den Torf pollenanalytisch untersucht. Der geringe Pollengehalt ließ jedoch keine genaue Abgrenzung der Entstehungszeit zu. Sicher auszuschließen ist nur das Spätglazial und der Beginn des Postglazials. Das Auftreten von *Castaneapollen* spricht für ein geringes, auf jeden Fall nachwärmezeitliches Alter, da die Kastanie (nach ZOLLER 1960) erst mit



Abb. 3: Neuzeitliche und innerwärmezeitliche Ufermoränen auf dem Hohen Sattel (Vordergrund) mit Blick auf Margaritzenstausee und die Endmoränen am Westhang der Roßalpe, rechts Großer Elisabethfels.

den Römern nach Norditalien gekommen sein soll. Die Wahrscheinlichkeit ist groß, daß der Torf während des spätmittelalterlichen Klimaoptimums gewachsen ist.

Alle diese Funde intensiver Boden- bzw. Torfbildung in so geringer Entfernung vom heutigen Gletscherende lassen den Schluß zu, daß die Pasterze in den Jahrhunderten vor dem ersten neuzeitlichen Vorstoß um 1600 noch bedeutend kleiner war als heute.

Innerwärmezeitliche Gletscherhochstände

Knapp außerhalb des Pasterzenvorfeldes sind an mehreren Stellen noch ältere Moränen erhalten, die zwei etwas größere Gletscherstände anzeigen. Am Hohen Sattel liegt ein gut ausgeprägtes Wallstück (2290 m) mit Ufertälchen 10–15 m höher und knapp darunter ein kleinerer Wall ca. 5 m höher als die neuzeitliche Moräne (Abb. 3). Kleine Wallreste auf einem Absatz unter dem Glocknerhaus (2090 m) entsprechen diesen Ständen. Ein Stück einer Endmoräne in der Möllschlucht am rechten Talhang, 100 m talauswärts der Mündung des Zlöpbaches, weist auf ein Zungenende hin, das bis in die Nähe der Naturbrücke gereicht hat, etwa 200 m weiter als um 1620. Zwei deutlich unterscheidbare Wälle queren den Westhang der Roßalpe (Marxwiesen), der innere 10–15 m, der äußere 20–25 m höher als die neuzeitlichen Moränen. Ein undeutliches Wallstück liegt auf dem Oberen Keesboden, wenig östlich der Seebäche (2270 m).

Diese Moränenwälle sind bis jetzt zum Teil dem neuzeitlichen Fernauvorstoß (V. PASCHINGER 1948), und zum Teil dem spätglazialen Egesenhochstand (FRANZ 1961) zugeschrieben worden. Die Ergebnisse mehrerer großer Grabungen lassen eine andere zeitliche Eingrenzung zu.

Am Roßalmwesthang sind die Moränen beider vornezeitlichen Gletscherhochstände am besten erhalten, die innere als hoher markanter, die äußere als etwas verwaschener, niedriger Wall.

Der Boden, der sich auf der inneren Moräne – im folgenden mit Wall S bezeichnet – entwickeln konnte, zeigt in vier Profilen an der Außen- und Innenböschung jeweils einen gut ausgebildeten Podsol, dessen B-Horizont zwischen 60 und 75 cm mächtig ist. Ihm entspricht auch der Podsol, der in Grabung 1 unter der neuzeitlichen Verschüttung liegt (Fig. 1). Etwas oberhalb dieser Grabung 1 wurde Wall S durch einen Schacht von der Ufermulde bis zur Wallkuppe aufgeschlossen. Das Profil ermöglicht es, den Ablagerungszeitraum der Moräne einzugrenzen (Grabung 5, 2050 m) Fig. 2:

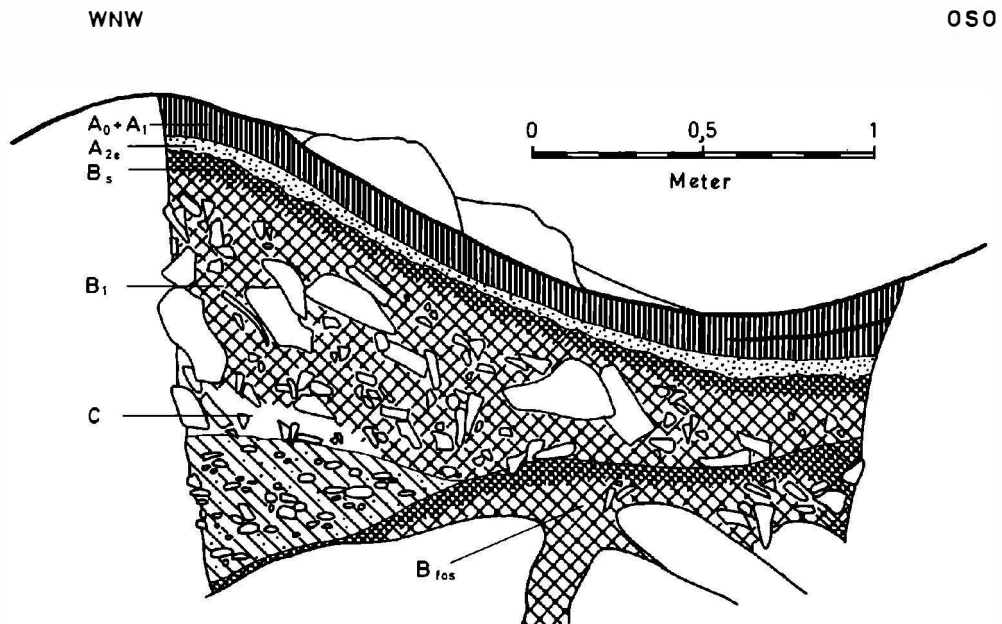


Fig. 2: Profil der Grabung 5

Unter Zwergstrauchheidenbewuchs entstand ein Podsol ähnlichen Entwicklungsgrades, wie ihn die anderen Aufschlüsse gezeigt haben. Der Humushorizont läßt keine neuzeitliche Störung erkennen, nur in der Ufermulde, wo er an Mächtigkeit zunimmt, ist er deutlich zweigeteilt. Der B-Horizont zeigt in den oberen 5–10 cm etwas Eisenanreicherung (B_s) und geht unter der Wallkuppe nach 65 cm allmählich in eine schmale, auskeilende Zone von unverwittertem Moränenmaterial (C) über. Darunter liegt ein Schuttkörper aus lockerem, gut gewaschenem Grobsand und Schotter, der leicht verbraunt ist. Mit einer scharfen Grenze folgt dann ein kräftig rotbrauner B-Horizont eines von der Moräne überschütteten, sehr alten Bodens. Seine Mächtigkeit konnte nicht ergraben werden, doch ist er zwischen großen Blöcken nach 60 cm Tiefe immer noch nahezu unverändert in der Farbe. Deutlich sind darin die Spuren einer fossilen Durchwurzelung zu erkennen.

Dieses Profil zeigt, daß es vor und nach dem Gletscherhochstand von Wall S lange Zeitabschnitte gegeben hat, in denen bei kleinerer Gletscherausdehnung intensive Bodenbildung möglich war. Die außerhalb davon liegende Moräne (Wall A) ist um den Bildungszeitraum des unterlagernden Bodens älter als Wall S.

Schwierig gestaltete sich die Suche nach Anhaltspunkten für die zeitliche Stellung des Wall A. In zwei Schächten ergab die Schichtfolge keinen eindeutigen Hinweis auf Böden, die vor der Ablagerung der Moräne entstanden sein konnten. Verwürgte alte

Bodenreste in dem Wall, der durch Grabung 6 aufgeschlossen wurde, sind nicht beweiskräftig, weil dieses Moränenstück der Lage nach möglicherweise auch von dem jüngeren Hochstand (Wall S) stammen könnte. Es ergab sich jedoch ein klarer Altersunterschied zwischen den Böden auf Wall A und denen, die sich außerhalb der Moräne befinden. Die Grabung 7 (2060 m, nahe dem 5. Mast der Starkstromleitung), liegt ca. 40 m vor dem Wall. Sie erschloß einen Podsol mit einem bis zu 90 cm mächtigen, fest verkitteten Ortstein im B-Horizont. Dieser Ortstein ist als Relikt einer Zeit zu werten, in der auf der Roßalm lange Wald gewachsen ist, sehr wahrscheinlich schon vor dem Gletscherhochstand des Walles A. Denn auf oder innerhalb dieser Moräne konnte in keinem Profil Ortstein ergraben werden. Herr R. BURGER – Mitarbeiter dieses Bandes – hat die Böden der Grabung 7 und eines Profils auf Wall A (8), nahe dem 4. Mast der Starkstromleitung, analysiert. Es ließ sich ein deutlicher Altersunterschied feststellen, der sehr klar durch den verschiedenen hohen Mengenanteil ausgefällten Eisens in den B-Horizonten zum Ausdruck kommt. Für den Boden auf der Moräne wurden 15260 mval/dm², für den älteren Boden der Grabung 7 23120 mval/dm² ges. freies Eisen gemessen.

Bedauerlicherweise konnten die beiden vornezeitlichen Gletscherhochstände der Pasterze nicht absolut datiert werden. Es fehlen im Bereich des Vorfeldes Moore mit genügend alten Torfen, die eine pollenanalytische Untersuchung mit C₁₄-Datierungen sinnvoll erscheinen lassen. Organische Substanzen in den von Moränen verschütteten oder eingewürgten Böden sind nicht erhalten.

Zum Einzeiten der Pasterzenmoränen kann jedoch die postglaziale Gletschergeschichte der Großvenedigergruppe (westliche Hohe Tauern) herangezogen werden (PATZELT 1967). Dort ließen sich die alten Moränen einiger Gletscher mit Holzfunden aus Mooren absolut datieren. Hochstandsperioden wurden dabei für die Zeit zwischen 6700 und 6000 v. Chr. (Venedigerschwankung), für 4200 v. Chr. (Frosnitzschwankung) und für 1400 v. Chr. (Löbbenschwankung) nachgewiesen. Die postglaziale Wärmezeit wurde durch die starke Venedigerschwankung – bei der die Gletscher bis zu 400 m weiter vorgestoßen sind, als im 17. und 19. Jahrhundert – und nachfolgende Störungen mehrfach unterbrochen. Die jüngere Wärmezeit erfuhr gegen Ende durch die Löbbenschwankung einen scharfen Rückschlag. Das Frosnitzkees hat dabei den neuzeitlichen Höchststand um 200 m an Länge übertroffen.

Vergleichbare Daten für innerwärmezeitliche Gletscherhochstände aus anderen alpinen Gebirgsgruppen liegen bis jetzt noch sehr wenige vor. In den Stubaier Alpen (Tirol) hat F. MAYR (1964) solche Vorstöße nachgewiesen. Der erste ist auf 4200 v. Chr. datiert, für den zweiten ist ein Mindestalter von 1200 v. Chr. bestimmt worden. H. HEUBERGER (1966) ist der stratigraphische Nachweis gelungen, daß die Original-Larstigmoränen (Stubaier Alpen) in der postglazialen Wärmezeit abgelagert worden sind. Die von H. ZOLLER (1960) im westalpinen Bereich pollenanalytisch erfaßten Misoxer Schwankungen fallen in den Zeitraum zwischen 5500 und 4500 v. Chr. und stimmen damit zum Teil gut mit der Frosnitzschwankung überein.

Der Vergleich der Verhältnisse in der Venedigergruppe mit den stratigraphischen Beobachtungen an den alten Moränen der Pasterze lassen nun die Annahme zu, daß der Wall A innerhalb der postglazialen Wärmezeit abgelagert worden ist und der Frosnitzschwankung entspricht (etwa 4200 v. Chr.). Der Boden mit dem Ortstein wäre damit im älteren, der Boden, der auf Wall A gewachsen ist und Wall S unterlagert, im jüngeren Abschnitt der Wärmezeit entstanden. Moräne S entspräche dem spätwärmezeitlichen Vorstoß der Löbbenschwankung (1400 v. Chr.). Der Boden auf ihr kann sich seither entwickelt haben, seine Mächtigkeit schließt geringeres Alter aus.

Die Pasterze hat seit dem Beginn der postglazialen Wärmezeit vor etwa 9000 Jahren in drei nachweisbaren Hochstandsperioden jeweils sehr ähnliche Ausmaße erreicht. Die Klimaschwankungen, die zu den großen Vorstößen geführt haben, zeigten an der Gletscherzunge eine erstaunlich gleichartige Wirkung.

Die von V. PASCHINGER (1948) beschriebenen Moränenreste knapp unter dem Glocknerhaus und der Sturmalmpe, 60 m über der neuzeitlichen Ufermoräne, können somit tatsächlich in der Zeit der letzten spätglazialen Hochstände entstanden sein, und zwar,

im Sinne von H. HEUBERGER (1966), bei einem kurzen Vorstoß innerhalb der mehrglied-
rigen Egesenserie.

Das hier angenommene Alter der vorneuzeitlichen Moränen ist nach dem gewonnenen Beobachtungsmaterial und den derzeitigen Kenntnissen das Wahrscheinlichste. Das schließt jedoch nicht aus, daß sich eine andere zeitliche Stellung ergibt, sollten einmal bessere Datierungsmöglichkeiten gefunden werden. In diesem Zusammenhang sei noch einmal auf die Bodenanalysen von R. BURGER und H. FRANZ (S. 262f.) hingewiesen, bei denen eine deutliche Abhängigkeit des freien Eisengehaltes der Böden vom Bodenalter erkennbar geworden ist (Tabelle 1). Wohl müßten erst in einer grundlegenden systematischen Arbeit die den Eisengehalt bestimmenden Faktoren genauer untersucht werden. Wenn man aber auf diesem Wege zu guten Aussagen über das Alter von Böden kommen kann, könnten derartige Analysen auch die stratigraphisch gewonnenen Ergebnisse bei der Zeitbestimmung von Gletscherhochständen wertvoll ergänzen und stützen.

Tabelle 1: Gehalt freien Eisens in den Böden der Pasterzenumgebung und vermutetes Bodenalter (Profil Nr. aus BURGER und FRANZ, S. 262).

Profil Nr.	Lage der Bodenproben	ges. freies Eisen in mval/dm ²	Alter in Jahren (Schätzung n. PATZELT)
Grabung 7	außerhalb Wall A	23120	ca. 8000
4	außerhalb Wall A	16466	> 6200
1	außerhalb Wall A	13901	> 6200
Grabung 8	auf Wall A	15260	6200
5	innerhalb Wall S	11550	3500
29	knapp außerhalb 1620er Moräne	5878	ca. 350
10	zwischen 1856er und 1620er Moräne	4590	ca. 350
30	zwischen 1856er und 1620er Moräne	3272	ca. 350
19	auf 1856er Moräne	2078	110
28	innerhalb 1856er Moräne	473	< 100