

Königliches Gymnasium zu Hirschberg i. Schl.

Beilage zum Jahresbericht Ostern 1914.



Die Schneegruben des Riesengebirges  
und ihre Entstehung.

Ein Beitrag zur Theorie der Karbildung  
von Professor Otto Nafe.



1914. Progr. Nr. 282.

Druckerei der Schlesischen Gebirgs-Zeitung, Hirschberg, Postfir. 7/8.

*g. h. i.*  
*7 (1914)*





## Die Schneegruben des Riefengebirges und ihre Entstehung.

### Ein Beitrag zur Theorie der Karbildung.

Die drei Schneegruben, die log. „Kleine“ im Westen unterhalb der Veilchen Spitze, die ihr dicht benachbarte „Große“ am Fuße des Hohen Rades in der Mitte, und die etwas weiter gegen Osten hin abgerückte bei der Großen Sturmhaube, sind mit den oberen Talschlüssen des Melzer- wie des Riefengrundes, mit dem Becken des Kleinen Teiches, endlich mit den beiden „Kesseln“ am Fuße der Kesselkoppe die bekannten Stellen unseres Riefengebirges, die einen ihm sonst fremden Zug in sein Bild hineinbringen. Auffällig weichen sie als gewaltige, 200 Meter und mehr tief vom oberen Kammrande aus rundlich in die Gebirgsmasse eingelassene, äußerst steilwandige Hohlformen ab von dessen sonstigem Gepräge als eines mittelhohen Rumpfgebirges, dem breite flachwellige Kammflächen, meist wenig ausdrucksvolle Gipfel und mäßig geneigte Böschungen zu eigen sind. Solche merkwürdige, als „Kare“ bezeichnete Bildungen trifft man in den Alpen stellenweise in großer Anzahl, mitunter eine dicht an die andere gereiht, wie z. B. am Nordhange der Niederen Tauern und in dem nach ihnen benannten Karwendelgebirge; aber wenn deswegen oft gesagt wird, das Riefengebirge erhalte an den Stellen ihres Vorkommens einen dem alpinen sich nähernden Charakter, so bedarf diese Behauptung einer gewissen Einschränkung. Denn diese zirkusartigen Aushöhlungen selbst zeigen zwar echte Hochgebirgsformen, treten indes außer in den Alpen nicht nur in anderen Hochgebirgen auf, wie in den Pyrenäen, wo man sie als „cirque“ oder „oulet“ bezeichnet, ferner in der norwegischen Bergwelt, dort „botner“ genannt, und in der Hohen Tatra, sondern sie zeigen sich desgleichen in bedeutend niedrigeren Erhebungsgebieten, im Schottischen Hochland (corrie) und in Wales (cwm). Ja, die Kare sind auch in den höheren Gebirgen gerade dort am zahlreichsten und besten ausgebildet, wo diese Mittelgebirgscharakter tragen, wo die Böschungen einen Winkel von  $30^{\circ}$  nicht überschreiten, wo die Ketten nach oben ausgehen in breite, sanft abfallende Gipfel Flächen.

### I. Definition und Konstruktion der Karform.

Es ist naturgemäß, daß in den letzten Jahrzehnten, wo die Erdkunde sich von einer vorzugsweise beschreibenden zu einer mehr erklärenden Betrachtung der Landschaftsformen gewendet hat, diese Kare in hohem Grade das Interesse der Forscher auf sich lenkten, daß man sie zunächst durch eine strenge Begriffsbestimmung möglichst scharf von ähnlichen Bildungen (z. B. von Quelltrichtern) zu scheiden suchte, und dann bemüht war, eine allgemein zutreffende, einwandsfreie Erklärung für die Vorgänge bei ihrer Entstehung zu geben. Auf die erste Frage, was ist ein Kar? gibt u. a. Martonne (Vgl. d. Literaturverzeichnis IV. 5) eine recht befriedigende, klare Antwort. Seine Definition lautet in deutscher Uebersetzung: Ein Zirkus (Kar) ist eine Einsenkung, die eine nischenförmige Bildung an der Flanke einer Bergmasse darstellt, gewöhnlich in der Nachbarschaft des Kammes; sie zeigt einen flachen oder ziemlich flach geneigten Grund, welcher auf allen Seiten von Steilabstürzen beherrscht wird, die sich konvergierend gegen den Ausgang des so gebildeten Beckens erniedrigen. Die Neigung des Grundes ist niemals einheitlich, sondern zeigt Einsenkungen, die von Seen oder Mooren eingenommen sind, oder eine Reihe von Vorsprüngen (Schwellen), die gleichsam eine Folge von kleinen Zirken in

treppenförmiger Anordnung ergeben. Die wesentlichen Bestandteile der Topographie des Zirkus können unter vier Rubriken gruppiert werden:

1. Querprofil Uförmig, Längsprofil treppenförmig.
2. Linie der größten Neigung der Steilwände konvergierend nicht gegen einen einzigen Punkt, sondern gegen eine Gefällsbruchlinie, die den flachen oder eingedrückten Grund umgibt.
3. Allgemeiner Verlauf der Höhenlinien ganz verschieden von dem derer, welche man in gewöhnlichen Tälern beobachtet: Viereckige Kurven in den Hohlformen (Zirkus) und spitzwinklige in den Erhebungen (Graten), die sie trennen.
4. Unabhängigkeit des Verlaufs der Wasserläufe von dem der Niveaukurven.

Die Hohlform der Kare ist, wie man zu der Martonneschen Definition hinzufügen kann, oft so regelmäßig, daß sie einem einfachen stereometrischen Körper sehr nahe kommt. Legt man durch den auf seiner kleineren Grundfläche stehenden Stumpf eines geraden Halbkegels eine Ebene so, daß der Scheitelpunkt des (oberen) größeren Halbkreises in sie zu liegen kommt und sie die ein Paralleltrapez bildende Grenzfläche des Halbkegelfumpfes in einer zu deren parallelen Grundlinien ebenfalls parallelen Linie schneidet, so entspricht der zwischen dieser Ebene, deren Schnittlinie mit dem Halbkegelfumpf eine Halbellipse ist, und dem (unteren) kleineren Halbkreis gelegene Rest des Halbkegelfumpfes der Form eines regelmäßig ausgebildeten Kars. Die Neigung des Mantels gegen die begrenzenden (Halb-) Kreisflächen wird gegeben durch den Böschungswinkel der Seitenwände des Kars, die Schiefe der schneidenden Ebene durch den Winkel, unter dem der (ursprüngliche) Berg- hang zu beiden Seiten des Kars in die Tiefe geht.

In vielen Fällen indes erreicht das Kar nicht diesen Grad der Ausbildung oder geht andererseits über ihn hinaus. Seine Form kann man dann nicht aus dem Stumpfe eines Halbkegels heraus schneiden, sondern sie muß konstruiert werden aus dem Reste eines Kegels, von dem man durch einen zur Achse senkrechten Schnitt mehr oder weniger als die Hälfte weggenommen hat. Dann wird entsprechend die untere bogenförmige wie die obere elliptische Begrenzungslinie den Betrag eines Halbkreises, resp. den einer Halbellipse nicht ganz erreichen oder ihn — hufeisenartig — überschreiten.

Am Ausgange eines Kars gehen die Steilwände mehr oder weniger allmählich in die allgemeine Kammböschung oder in die Seitenwände eines nach unten sich anschließenden Tales über.

Schon eine oberflächliche Betrachtung unserer Schneegruben lehrt, daß diese Begriffsbestimmung für sie, besonders für die Große, fast völlig zutrifft, sodaß man sie daher als regelrechte Kare auffassen muß.\*)

## II. Topographische Beschreibung der drei Gruben und ihres Vorlandes.

Über die Entstehung dieser merkwürdigen Gebilde ist in den letzten Jahren dank eingehender Untersuchungen in den meisten Gebirgen, wo sie vorkommen, besonders in

\*) Sehr interessant ist, was E. Richter im Vorwort zu seinen „Geomorphologischen Untersuchungen in den Hochalpen“ über die Schneegruben sagt: „Als ich im Sommer 1893 das Vergnügen genoß, unter der Führung meines Freundes Prof. J. Partsch das Riesengebirge zu bereisen, gewann ich angesichts der beiden Schneegruben den Eindruck, wahre Schulbeispiele einer Formgebung vor mir zu haben, welche in dem Höhengürtel der Alpen, der über der Firnlinie liegt, die herrschende ist. Die besonnene und fruchtbringende Art, in der Partsch diese Formen zur Aufklärung der Verhältnisse der Eiszeit in den deutschen Mittelgebirgen verwertet hatte, war mir ein Antrieb, eine ähnliche Forschungsmethode an das größere Beispiel der Alpen zu wenden und zu versuchen, was sich auf diese Weise an Verständnis der Formen der Hochalpen und der dafür hauptsächlich maßgebenden Eiszeit gewinnen lasse.“

den Alpen, in Skandinavien und in Nordamerika, eine befriedigende Einigkeit der Hauptfache nach erzielt worden, wenn auch über nebenfächliche Punkte und über die Größe des Anteils der verschiedenen Naturkräfte bei ihrer Bildung noch manche Unstimmigkeit herrscht. Für das Gebiet unserer Schneegruben hat zuerst Partsch den zwingenden Beweis erbracht, daß es nur unter Mitwirkung von Firn und Eis seine heutige Form erhalten haben kann. Ihm verdanken wir ferner die unter erheblichen Schwierigkeiten durchgeführte Spezialaufnahme der Großen und der Kleinen Grube sowie ihres Vorlandes im Maßstabe 1:10000, eine vorzügliche Karte, die die unentbehrliche Grundlage für alle weiteren Forschungen in diesem Gelände abgibt, und die auch dem Westteil der beigegebenen Karte des Schneegrubengebietes zu Grunde liegt. Nach den Aufnahmen von Partsch hat Peukers geschickte Hand das ungemein anschauliche Modell des Grubenterrains in vierfacher Größe (1:2500) verfertigen können, das als ein treffliches Hilfsmittel des Studiums sich im Riesengebirgsmuseum befindet. Ein älterer Versuch, die Hohlformen der Gruben genetisch zu erklären, bestand in der Annahme, sie seien durch gewaltige Bergstürze entstanden,<sup>\*)</sup> aber diese Hypothese erwies sich bei näherer Betrachtung bald als völlig unhaltbar. Einmal entstehen durch die plötzliche Loslösung großer Steinmassen von ihrer schrägen Unterlage wohl gewaltige Schründe, steil geböschte nackte Felswände, allenfalls auch unregelmäßige Lücken oder Löcher im Gehänge, aber nie solche regelmäßige konkave Einsenkungen. Dann entspricht die Menge des aus der Großen und der Kleinen Grube stammenden, an ihrem Ausgange und unterhalb desselben abgelagerten Gesteinsmaterials selbst bei der höchsten Schätzung und bei der Voraussetzung, daß ein bedeutender Teil davon durch die Verwitterung später weiter zertrümmert und schließlich durch fließendes Wasser weggeführt wurde, nicht im entferntesten dem ungleich größeren Betrage, der zur erneuten Ausfüllung der Zirken bis zum Zustande vor den vermeintlichen Bergstürzen anzunehmen wäre. Partsch schlägt die Menge des am Ausgange und im näheren Vorlande lagernden Gesteins auf kaum ein Viertel des Kubikinhaltes der beiden Höhlungen an. Bei der Agnetendorfer Grube wird ein ähnliches Verhältnis anzunehmen sein. Recht unwahrscheinlich wäre ferner die enge Nachbarschaft zwei solcher Abbrüche, die zwischen sich nur den heute die Große von der Kleinen Grube trennenden Grat übriggelassen hätten. Endlich können die durch solche Bergstürze herabgeschleuderten Massen nie die Regelmäßigkeit der Ablagerungen zeigen, wie wir sie am unteren Ende unserer Karte und in deren Vorgelände finden, und zwar ohne die geringste nachweisbare Störung. Eine „beschreibende“ und „vergleichende“ Darstellung des Gebietes der drei Gruben, die ihrer „erklärenden“ vorausgeschickt werden soll, wird die gesetzmäßige Ausbildung ihrer konkaven Formen wie der aus ihnen stammenden Aufschüttungen zeigen.

#### 1. Größe der Gruben.

Die südöstliche Große und die nordwestliche Kleine Grube, beide früher auch mit der zusammenfallenden Bezeichnung Schreiberhauer Schneegruben — im Gegensatz zur Agnetendorfer — benannt, sind zwischen dem Hohen Rade (1509 m) im O. S. O. und der Veilchen Spitze (1471 m) im W. N. W. unmittelbar unter der Kammläche in den obersten Teil der hier ziemlich gleichmäßig mit einem mittleren Neigungswinkel von ca. 15°—25° sich senkenden Böschungen über 200 m tief eingelassen. Der Inhalt der beiden Gruben beträgt nach

<sup>\*)</sup> Der ebenfalls früher ausgesprochene Gedanke, ein oder mehrere vulkanische Eruptionen hätten die Höhlungen geschaffen, ist natürlich reine Ausgeburt einer kritiklosen Phantasie.

Peukers orometrischen Berechnungen gegen 40 Millionen Kubikmeter. So gewaltig uns diese Zahl erscheint, so verschwindend ist sie doch im Verhältnis zur Gesamtmasse des Riesengebirges, nur auf ca.  $\frac{1}{6000}$  von ihr beläuft sich der Hohlraum der beiden Zirken. Die Große Schneegrube nähert sich, wie schon erwähnt, am meisten der oben angegebenen stereometrischen Form. Der Halbmesser ihres innersten halbkreisförmigen Bodens beträgt ca. 100 m, die Längsachse des ganzen inneren Teils vom hinteren Abschnitt des oberen Randes aus (in der Projektion auf eine Horizontalebene) gemessen 350 m (bis nahe dem äußeren Rande des inneren Bodens), die Gesamtbreite zwischen den oberen Rändern 400 m, die Tiefe — von fast 1500 bis unter 1300 m — ca. 200 m. Die Grubenwände (die äußeren Teile mitgerechnet) zeigen eine Durchschnittsneigung von über  $45^\circ$ , die benachbarten Kammflächen im S. O. und der Grat im N. W. ungefähr die Hälfte davon. Wir haben hier also ein Kar vor uns, das nicht nur der idealen Form nahe kommt, sondern auch in seinen einzelnen Abmessungen sehr einfache Verhältnisse zeigt. In diesen ungefähren Maßen ist daher auch die auf Tafel II gegebene Figur gezeichnet. Das Areal des inneren Bodens beliefe sich nach den angegebenen Zahlen auf ca. 1.5 ha, es ist aber in Wirklichkeit um eine Kleinigkeit größer, weil sich dieser Boden noch etwas nach N. über die angenommene geradlinige Grenze vorwölbt. Die Gesamtfläche, die die Große Grube bis zu dieser Linie hin einnimmt, umfaßt etwa 11 ha, rechnet man dazu einen rund 100 m breiten, ebenfalls 400 m von N. W. nach S. O. verlaufenden Streifen vor diesem innersten Teile der Grube, weil auch dieser noch teilweise von Steilwänden begrenzt wird, so steigt das Areal der Großen Grube auf 15 ha. Die beiden anderen Gruben, die Kleine und die Agnetendorfer, sind nicht so regelmäßig gestaltet. Die Form der Kleinen Grube entspricht ungefähr einem Quadrat von 400 m Seitenlänge, dessen Westecke abgechnitten ist durch einen Bogen, welcher zwischen den Mitten der beiden diese Ecke bildenden Seiten verläuft. Ihr Areal beträgt darnach ca. 14.5 ha. Die Größe der Agnetendorfer Grube läßt sich wegen der Unsicherheit ihrer Grenzen nur schwer und ganz roh bestimmen. Betrachtet man sie ihren Umrissen nach annähernd als ein Parallelogramm, dessen größere Grundlinie 500, dessen kleinere 300 und dessen Höhe 600 m beträgt, so ergibt sich ein Areal von 24 ha. Darnach wäre sie die bei weitem größte von den Gruben. Es ist aber nicht zu übersehen, daß bei ihrer Messung bedeutend über den Bereich der Steilwände hinaus gegangen wurde aus Gründen, die in ihrer besonderen Ausbildung liegen. Das Gesamtareal der beiden westlichen Gruben beläuft nach obiger Rechnung sich daher auf ca. 30 ha. Wenn Peuker dafür 60 ha angibt, so rührt dies daher, daß er das Vorland beider Gruben, das ganze Gebiet des aus der Kleinen kommenden Baches und das aller drei Kochelteiche bis zu dem großen, beide Kare gemeinsam umspannenden Hügelzuge, mit einbezieht.

## 2. Die Große Grube.

Der obere Rand der Großen Grube liegt am höchsten im S. W. in der Nähe der Schneegrubenbaude ca. 1480/5 m; er erniedrigt sich allmählich nach O. und N. O. hin bis auf etwa 1350 m und ebensoviele an der N. W.-Seite, die von dem „Grat“ zwischen den beiden Gruben gebildet wird. Die Felswände enden unten an einer scharfen Gefällsbruchlinie, die in auffällig gleicher Höhe von rund 1380 m fast im ganzen Innern verläuft. Diese im Maximum also etwas über 100 m vertikal messenden Steinmauern zeigen im Innern der Grube durchschnittlich die ungemein steile Neigung von  $50^\circ$  und mehr, nach außen hin etwas weniger, verlaufen aber keineswegs glatt, sondern sind durch eine Anzahl von Runfen und Nischen

unregelmäßig zerfchnitten. Auf der S. O.-Seite bemerkt man zunächst einige (fünf) kleinere, ziemlich flache Rinnen, die annähernd parallel schräg gestellt von oben nach unten gegen den Ausgang der Grube zulaufen. Die erste ausgebildete Felsnische treffen wir etwa 200 m vom nordöstlichen Ende, ihr oberer abgestumpfter Ausgang dringt schon etwas in die Böschung des Hohen Rades ein. Die folgende Einsenkung, fast 100 m von der ersten entfernt, an der Umbiegung des Grubenrandes aus der l. w. in die w. Richtung gelegen, schneidet schon tiefer in die Masse der Wand und in die Kammfläche ein, am weitesten aber dehnen sich die beiden großen, im Grundriß dreieckigen, südlichen Nischen gegen die Kammwölbung aus, so daß auf der Ebene der Karte gemessen, bei der östlichen die horizontale Entfernung ihres Außenrandes unten am Fuß der Felschroffen von ihrem spitzen Ende oben auf der Hochfläche 100 m, bei der westlichen, gleichgestalteten noch etwas mehr beträgt. Dicht bei dieser, etwas auf die Baude zu, findet sich ferner eine schmalere und kürzere, aber gleichfalls noch die gefamte Rückwand durchsetzende Spalte. Die N. W.-Seite zeigt am breiten Ansatze des Grates drei kleinere, dessen Oberfläche einkerbende Nischen. Zwischen diesen größeren Unterbrechungen der Felswände haben sich noch zahlreiche unbedeutendere Einschnitte gebildet, die aber meist nur einen Teil der Steilböschungen einfurchen. Die öfters nach unten in enge Kamme übergehenden kleinen und größeren schluchtähnlichen Hohlformen sind im einzelnen ungemein mannigfaltig gefaltet, sie steigen vielfach nicht geradlinig, sondern in Knickungen und Krümmungen auf, verästeln sich auch nach oben hin. Da ihre schmale Sohle z. T. weit in den Kamm einschneidet, andererseits aber mit dem unteren Fuß der Schroffen zusammenfällt, muß ihre durchschnittliche Neigung ein wenig geringer ausfallen als die der glatten Wand rechts und links davon, im einzelnen aber wechseln gewöhnlich in unregelmäßiger Weise etwas sanfter geböchte Stellen mit oft fast senkrechten Partien ab. Die Seiten der Nischen zeigen ganz überwiegend sehr hohe, sich vielfach dem Rechten nähernde Einfallswinkel. In ihren vorderen Teilen, besonders an der Südseite, wo die Einschnitte sich einander nahe treten, sind stellenweise nicht nur die schmalen Trennungsschichten in zackige Grate geformt, sondern einzelne Felsen sogar von der Gesteinsmasse der Rückfront abgelöst und in oft wunderbar gestaltete Bildungen, Pyramiden, Obelisken, Kegel, Türme, Säulen, Nadeln umgewandelt worden. (Rübezahls Zahnstodier). Weil diese Gebilde sich z. T. dicht vor dem Kamme erheben und ihm teilweise an absoluter Höhe nicht allzusehr nachstehen, hat es, vom Grunde der Grube aus gesehen, den Anschein, als verlaufe seine obere Grenzlinie hinten an der Südseite vielfach in spitzigen Zacken, während er in Wirklichkeit doch glatt einherzieht. Das Gestein, hier ein ziemlich feinkörniger Granit, ist in und an den Nischen sehr stark verwittert, stärker allem Anschein nach als abseits von ihnen, die oberflächlichen Gesteinsschichten erweisen sich an vielen Stellen als völlig aufgelöst in zahllose Plättchen, Brocken und Splitter, die zwar noch ihre ursprüngliche Lage zu einander, aber keinen inneren Zusammenhang mehr bewahrt haben. Tiefe vertikale und horizontale Spalten durchziehen das Gestein. Blöcke von allen Größen, Gesteinstrümmer, Schutt und Gras bedecken den Grund der Einschnitte, wo er nicht allzu steil geneigt ist. Geht man von der Baude aus dicht am Rande der Großen Grube entlang, so beschreibt man fünf kleine Bogen, da sich die Kammfläche zwischen den spitzen Ausläufern der Hauptnischen vorwölbt. Den ersten durchschreiten wir dicht vor dem am weitesten nach S. dringenden größten der Einschnitte, den zweiten in der Mitte nochmals durch einen kurzen Riß unterbrochenen zwischen jenem und seinem fast ebenbürtigen östlichen Nachbar, der dritte und vierte, zwei flachere in sehr stumpfem Winkel aneinander stoßende

Ausbiegungen, liegen weiterhin bis zur Südostecke, der fünfte endlich zieht sich von hier bis zur äußersten kleinen Nische hin. Dort zeigen die Grubenwände selbst vielfach eine plattige Oberfläche, an der Südseite dagegen, im Gebiete der größten Zerklüftung, herrscht die bunteste Mannigfaltigkeit der Kleinformen. Risse, Rillen, Löcher, Furchen wechseln mit Rippen, Buckeln, Spitzen und Stufen im wirren Durcheinander ab. Im Anfange der Südseite dagegen, östlich der Baude, können wir auf eine längere Strecke hin einen glatteren, gleichmäßigeren Abfall der Felsmauer beobachten. Am Gratansatz treten uns nochmals bedeutende Unterbrechungen ihres Verlaufs entgegen, am Grat selbst aber weiterhin sehen wir schon mehr mit einer dünnen Bodenkrume, mit Gras und Strauchvegetation bedeckte Hänge. Die Kante zwischen Kammläche und Grubenwand ist meist scharf entwickelt, desgleichen die am Anfang des Grates, dagegen tritt längs seines weiteren Verlaufs wie an den Böschungen des Hohen Rades an ihre Stelle eine gerundete Uebergangszone ohne ausgesprochenen Gefällsbruch. An dem deutlich ausgebildeten Fuße der schroffen Wände beginnt in der gleichmäßigen Höhe von etwa 1380 m ein nach der Mitte hin sich erniedrigender, immer noch steil (ca. 30°) geböschter Gürtel, der mit Geröll und Schutt dicht überlagert ist. Man sieht, wie die Trümmer sich in flachgewölbten Streifen anordnen, die von den Ausgängen der Felsnischen, besonders von den beiden großen südlichen ausgehen. Die Breite der Zone beträgt nahe dem unteren Ende des Grubeninnern, wo sie bis rund 1290 m hinabreicht, gegen 100 m, erreicht dagegen vor dem Südfuß der Rückwand, wo sie bei 1300 m aufhört, einen noch etwas größeren Betrag. Ihr unterer Rand wird wieder durch eine unverkennbare, wenn auch sanftere und allmählichere Unterbrechung des Gefälls bezeichnet, die längs der Höhenlinien 1300—1290 hinzieht. Sie schließen auf drei Seiten eine rundliche, schwach nach außen geneigte, von S. W. nach N. O. ca. 120, von N. W. nach S. O. fast 200 m sich erstreckende sandig-wielige, im Sommer mit einem üppigen Blumenflor gezierte Fläche ein, die ziemlich frei von größeren Blöcken erscheint. Nach außen wird sie in 1273 m Höhe abgeschlossen durch einen mäßig geschwungenen, gegen das Vorland etwas konvexen Steinwall, der beiderseits sich von dem unteren Rande des steil geböschten Schuttgürtels loslöst. Aus größeren Felsstücken und dazwischen gelagertem Geröll zusammengesetzt, erhebt sich dieser Damm, der in der Mitte ein wenig eingekerbt ist, von dem inneren Raume in allmählicher Steigung nur 10 bis 12 m (bis zu 1283 m im N. W., bis zu 1285 m im S. O. der Kimme), links indes überraschend steil (ca. 35°) gegen 40 m nach außen hin abwärts. Seine Innenseite zeigt meist das nackte, nur von gelblichen Flechten überzogene Gestein, seinen Rücken aber wie die Außenflanke, die eine dünne Verwitterungsschicht tragen, überzieht dichtes Knieholzgebüsch. Vorgelagert ist diesem Walle ein merkwürdig ebener Geländestreifen, der sich, wenn auch schon teilweise außerhalb der Felsmauern der Großen Grube, doch noch in deren vorderen Raume zwischen dem mittleren und nördlichen Teile des Zwischengrates und den vom Hohen Rade herabkommenden steinigten Hängen hinzieht. Diese etwa 400 m lange, meridional gerichtete, im S. und N. gegen 100 m breite, in der Mitte verschmälerte Zone stellt in ihrer s. Hälfte einen mit dunklem, moorigem Boden bedeckte Fläche dar, deren mittlere tiefste Stelle von einem 40—20 m breiten und langen, in sommerlicher Trockenheit völlig versiegenden, auch sonst ganz flachem, am Grunde mit Torfmoos, bekleideten Pfuhle eingenommen wird. Der nördliche, von dem ersten durch eine niedrige, aus Steinblöcken sich aufbauende Schwelle geschiedene Abschnitt ist meist mit z. T. recht umfangreichen Felsstücken überfät. Zwischen ihnen haben sich an Stellen, wo deren Zwischenräume mit Geröll und Erdreich ausgefüllt sind, so daß eine beträchtliche Wasser-

menge zusammengehalten werden kann, die beiden dicht nebeneinander liegenden, nur durch eine schmale, flache Steinlage getrennten, unten moorigen „Kochelteiche“ angefammelt (1240 m). Der kleinere von ihnen, etwa 50 m lang und gegen 30 m breit, dehnt sich im S. aus, der größere, 70/80 m und 30/35 m messende im N. Keine von den erwähnten drei Wasseransammlungen hat einen besonderen sichtbaren Zufluß; nur dem ersten von ihnen scheint mitunter ein Wasserriß, der am S. Ende des inneren Steinwalles vorhanden ist, zu Zeiten heftiger Regengüsse oder während starker Schneeschmelze oberirdisch Wasser zuzuführen; sonst sind die Teiche auf Ernährung durch sickern des Grundwasser angewiesen. Einen offenen Abfluß haben sie ebenfalls nicht, unterirdisch fließt der überschüssige Teil ihrer Füllung ab. Die beiden nördlichen Kochelteiche sind perennierend. Ihre Tiefe bestimmte Zacharias (30. Juni 1896) auf 1–1.5 m. In trockenen Sommern sinkt der Wasserspiegel soweit, daß sogar in ihrer Mitte einzelne größere Steine hervorragen; die Tiefe wird dann wohl nirgends mehr als 1 m betragen. Während nun im W. die Abhänge des Grates hinabreichen bis an den Saum dieser Niederungszone, wird sie im O. durch eine eigenartige Hügelkette begrenzt. Unmittelbar am n. ö. Ende der Felschroffen lenkt sich der Hang des Hohen Rades jäh herab, mit 120 m Fall auf 130 m horizontaler Entfernung (über 40°), bis auf 1280 m. An dieser Stelle macht sich ein recht ausgesprochener Gefällbruch bemerkbar; denn gehen wir von hier aus in der Richtung auf die beiden äußeren Kochelteiche zu, so haben wir auf 80 m Distanz nur noch wenig mehr als 20 m abwärtszufolgen. Versuchen wir unseren Weg noch geradlinig fortzusetzen, was durch das dicke dieses Gebiet verhüllende Knieholz sehr erschwert wird, so müssen wir uns wieder etwas erheben. Wir gelangen auf einen breit-ovalen, oben ganz flachen Hügel, dessen von S. S. W. nach N. N. O. gerichtete Längsachse in 1275 m gipfelt. Seine sich rasch verjüngende Fortsetzung lenkt über N. W. nach W. ein und sinkt dicht am äußeren Saume des nördlichen Kochelteiches in einer schmalen aber wohl ausgeprägten Einfattlung auf 1248 m herab. Auch auf der W. Seite dieser „Kimme“ vermag man den hier nach W. S. W. gewendeten Höhenzug noch ein kleines Stück zu verfolgen, dann geht er allmählich (bei ca. 1260 m) über in die am Fuß des Zwischengrates angehäuften Schuttmassen. In seiner Gesamtheit setzt er demnach ein reichlich 1/2 km langes Bogenstück zusammen, das den von den drei Teichen z. T. erfüllten Vorraum der Großen Grube vollständig abschließt.

### 3. Der Zwischengrat.

Ehe wir von ihrer Beschreibung übergehen zu der ihrer Nachbarin, der Kleinen Grube, verlohnt es sich noch einen Blick auf die Gestalt des Grates zu werfen. Sein oberster Teil lenkt sich allmählich von der Baude (1490 m) als ein ziemlich ebener Streifen, eingekerbt auf beiden Seiten durch die oberen Ausgänge mehrere Runsen (3 rechts, 2 links), abwärts bis zu einer prachtvolle Blicke in die Tiefe eröffnenden Felsplatte. Der zweite Abschnitt bildet einen rundlichen, von einigen höheren Blöcken überragten Scheitel, der sich von 1450 m an rascher erniedrigt bis zu einem schmalen, oben wie unten von hohen, spitzen Granitfelsen eingeschlossenen Querspalt, der sog. „Scharte“ (1384 m). Zu ihr führen die beiden Kletterpfade aus der Großen wie aus der Kleinen Grube herauf, um dann vereint dem Kamme zuzutreiben. Unterhalb der Scharte zieht der hier meist ziemlich scharf nach der Höhe ausgehende Gratfirst noch steil bis zu 1340 m bergab. Der vierte letzte, mit einer schwachen Anschwellung, einer „Schulter“ beginnende Teil, der bis gegen den nördlichsten der

Kochelteiche verläuft (ca. 1250 m) hat die Gratform völlig verloren, sein breiter Rücken senkt sich in mäßigem, gleichbleibendem Winkel, die Flanken dehnen sich in einer wenig durch größere Unebenheiten gestörten Fläche abwärts nach rechts und links aus. Hier findet man kaum mehr anstehendes Gestein, unzählige Granittrümmer, oft von gewaltigem Ausmaß, zwischen denen sich aber schon reichlich Knieholz angesiedelt hat, bedecken die Oberfläche. Die Gesamtlänge des Grates beträgt auf der (Projektion der) Karte gemessen fast 600 m, in Wirklichkeit ist seine schräge Kammlinie ungefähr 750 m lang. Die beiderseitigen Böschungen der drei ersten Gratabschnitte zeigen bedeutsame Verschiedenheiten. Daß von dem oberen flachen Ansatzstück drei Felsnischen gegen die Große Grube und zwei in die Kleine verlaufen, war schon erwähnt. Im zweiten Teil senket sich der Hang nach S. O. zunächst bis etwa 1350 m ungemein steil, dann schwächer bis an den unteren Rand der Großen Grube, bildet aber auch in seinen oberen Partien keine geschlossene Felsmauer mehr. Der dritte Abschnitt zeigt durchweg eine mäßig starke Seitenneigung nach S. O. hin. Von der Kl. Grube aber aus steigt der zweite Teil des Grates in schroffen Felswänden an, die allerdings nicht bis zu seinem Firft hinaufreichen, sondern meist schon beträchtlich unter ihm enden und oben in einen schwach konvexen Hang übergehen. Diese Schroffen reichen sogar noch ein Stück abwärts über die „Scharte“ hinaus. Jedem, der einmal von W. und von O. her den Grat bestiegen hat, wird diese verschiedenartige Ausbildung der Hänge aufgefallen sein. Von dem Rücken des inneren Walles der Großen Grube steigt man auf einem offenen, z. T. sogar noch grasigen und kiefigen, allerdings auch recht steilen Pfade hinauf, von der Kleinen aber geht es sogleich über groben Schutt und Blöcke, dann hinein in einen sich nach oben verengenden, in den Fels eingelassenen Kamin bis zur Scharte.

#### 4. Die Kleine Grube.

Die Begrenzung der Kleinen Grube, der wir uns nun zuwenden wollen, ist weniger regelmäßig als die ihrer Schwester, sie ähnelt, wie schon oben bemerkt, einem Quadrat von ca. 400 m Seitenlänge mit einer stark abgestumpften Ecke (im W.). Die südöstliche Seite bildet der Grat, die nordwestliche der von der Veilchenkoppe herunterkommende Hang, die südwestliche, die Hinterwand, der Kammrand, die vierte ist die nach außen geöffnete. Der höchste Teil des Randes liegt unweit der Baude in 1477 m Höhe, längs des Gratfirstes senkt er sich herab bis auf 1300 m. Die Kammkante verliert an der abgerundeten Ecke gegen den Scheitel des Bogens (1456 m) hin nur sehr wenig an Höhe, dagegen geht der Rand an der Flanke der Veilchenkoppe wieder bis auf ca. 1300 m nieder. Fast durchgängig ist er als ein scharfer Gefällsbruch weithin sichtbar abgesetzt. Das Fußende der Felswände liegt zwischen 1300 und 1400 m, am höchsten natürlich an der Rückwand. Da demnach der obere Saum der dem Kamme zugewendeten Felschroffen in der Kleinen Grube sich etwas weniger (durchschnittlich gegen 15 m) erhebt als in der Großen und zugleich deren unterer Rand sich in der ersten etwa 20 m höher befindet als in der zweiten, so müssen die Wände hinten an der Kleinen Grube denen der Großen über 30 m an Höhe nachgeben, sie messen ca. 70 m. Die Ausbildung der Felswände gegen den Kamm und die Veilchenkoppe hin — die der Schroffen am Grat wurde schon erwähnt — weicht erheblich von der der entsprechenden Seiten der Großen Grube ab. Die Nischenbildung tritt im allgemeinen sehr zurück, auch die bunte Mannigfaltigkeit der Kleinformen des Granits sucht man hier mit viel geringerem Erfolge. Die Wände zeigen weithin glatte Flächen oder stufenförmige Ablätze, nach außen hin auch schräge Platten. Ihre mittlere Böschung kommt indes der in dem Nachbar

annähernd gleich. Abgesehen von den beiden Einkerbungen am Gratansatz wird die Kammfläche nicht von größeren Einschnitten erreicht, auch die N.W. Seite wird nur an einer einzigen Stelle unweit ihres Endes durch den oberen Ausgang einer mittelgroßen Nische verletzt. Hier ist das 3 m breite Ende des berühmten Basaltganges, der diese ganze enge Felschlucht durchzieht. Haben wir also die Beobachtung gemacht, daß der obere Rand der Kleinen Grube mit geringen Ausnahmen ohne Störungen geradlinig oder im Bogen verläuft, im Gegensatz zu der vielfach durch auspringende Enden von Nischen unterbrochenen Oberkante der Großen, so bemerken wir am unteren Fuße der Steilwände eine umgekehrte Erscheinung. In der Großen Grube zieht er glatt einher, da ihn ja die nach dem Kamm hin vordringenden Nischen nicht beeinflussen, in der Kleinen aber rückt er vielfach nach dem Innern zu vor durch Vorsprünge der Schroffen. Drei treten uns an der Hinterwand entgegen, von denen der mittlere durch einen fast senkrechten, schmalen, tief eingelassenen Riß zerpalten ist, zwei spitz dreieckig gegen den Gruben- grund vorgeschoben, zu beiden Seiten der Nische des Basaltganges, eine fernere n. n. ö. davon am Ende der Schroffen schräg auslaufend. Endlich zeigt sich noch längs der ganzen Umbiegungsstelle im W. eine flach gebogene, nach innen vorstehende mauerartige Gesteins- partie. Dicht im Süden von ihr zieht sich ein ziemlich flacher, nach oben dreiteilig aus- gehender Einriß hin, der in die Kammfläche noch ein wenig einschneidet. Gehen wir bei der Unterfuchung des inneren Raumes der Kleinen Grube wiederum von dem Fuße der Steilwände aus, so sehen wir, daß auch in ihr sich eine stark geböschte Zone anschließt, die in der Mitte des Hohlraumes herabgeht bis auf ca. 1270 m, d. h. sich um 130 m senkt, gegen 80 m in dem Nachbarzirkus. Trotz dieser bedeutenderen Erniedrigung ist aber hier (in der Kleinen Grube) die Böschung doch eher etwas geringer als dort, da in der f. ö. Grube die horizontale Entfernung zwischen Fußkante und Beckenrand nur etwa 130 m, in der Kleinen aber die Höhenkurve 1270 vom unteren Ende der Felswände gegen 230 m entfernt ist. Noch ein zweiter Unterschied tritt bei der Ausbildung dieser Zone in den beiden Karen hervor. Neigte sie sich in der Großen Grube nach allen drei Seiten hin dem mittleren, annähernd halbkreisförmigen Boden zu, so zeigt sich in der Kleinen nur eine Haupt- abdachung, nämlich gegen die Außenseite, im Verhältnis zu ihr tritt der schwächere Abfall von den Seitenwänden gegen die Mitte weit zurück. Ist für den unteren Raum der ersten Grube dadurch die Form eines (unvollständigen) Kessels mit ziemlich flachem Boden gegeben, so in der zweiten mehr die eines Troges oder einer Wanne, und zwar zeigt sich diese Abweichung in ihr noch mehr auf der dem Hange der Veilchenspitze zugewendeten Seite als in der Richtung auf den Grat zu. Deswegen verlaufen auch die Höhenlinien in beiden Höhlungen so verschieden. In der Großen Grube ziehen sie in regelmäßigen konzentrischen Kurven parallel allen drei Wänden, in der Kleinen aber streichen sie zwar dem größten Teil der Rückfront gleichlaufend, in der Nähe des Grates aber biegen die niedrigeren um und stellen sich im spitzen Winkel zu ihm ein, die höheren schneiden gleichfalls spitzwinklig an feinen Schroffen ab. Ein gleiches Verhalten wie an diesen Steilwänden macht sich an denen der N.W.-Seite bemerkbar. Es sind dies Unterschiede, die für die Entstehungs- geschichte der beiden Kessel Bedeutung haben. Den Boden des Gürtels unterhalb der Steilwände haben auch in der Kleinen Grube große Mengen von Blöcken und Geröll über- schüttet, aber während in der Großen die Schuttmassen von den Ausgängen der Nischen sich als Halbkegel und weiter unterhalb als schmale, etwas gewölbte Streifen nach der Mitte zu ziehen, füllt hier, wo die großen Runfen in der hinteren Wand fehlen, den

Raum vor ihr ein mehr einheitliches, flacheres Schuttfeld aus, das nach unten zungenförmig endet. Nur dort, wo auch in der Kleinen Grube ein scharfer, tiefgehender Einschnitt vorkommt, nämlich am Basaltgange, da erhebt sich an seiner Oeffnung ein mächtiger, steiler Trümmerhalbkegel, der allmählich in einen Trümmerstrom übergeht. Da der Basalt von zahlreichen Sprüngen durchsetzt und an seiner Oberfläche stark verwittert ist, trifft man in der Halde wie auch weithin unterhalb von ihr große Mengen von Bruchstücken dieses Gesteins dem Granitgeröll untermengt. Bei 1270 m, wo sich ein deutlicher Gefällsbruch kenntlich macht, beginnt in der Mitte der Grube eine viel schwächere Neigung des Bodens und zwar zunächst auf ca.  $\frac{1}{4}$  km hin gegen N.N.O. bis zu 1220 m, dann wendet sich die nun wieder ein wenig mehr sich senkende mittlere Fallrichtung ungefähr ebensoweit bis 1157 m abwärts nach N.O.

#### V. Das Vorland beider Gruben.

Fanden wir im Gebiet der Großen Grube keinen regelmäßig fließenden Wasserlauf, so erfreut hier den Wanderer ein fast immer auch zur warmen Jahreszeit leise murmelndes, von Steinen wie üppigem Gras-, Blumen- und Strauchwuchs fast verborgenes Bächlein, das diesen ganzen Abschnitt (von 1260 m an) durchzieht. Es mündet an dessen unterem Ende in einem kleinen, rundlichen, in dichtem Knieholz versteckten, meist perennierenden Tümpel, der aber vorübergehend mitunter schnell versiegt. Der südliche, trotz der vielen Gesteinstrümmer eine blumenreiche, mit vereinzelt Knieholz bestandene, üppige Wiese bildende Teil dieses an den Rändern meist nur flach aufwärts gebogenen Streifens beginnt (bei 1270 m) in einer Breite von nur ca. 100 m, erweitert sich aber bis zu 1220 m hinab auf etwa das Doppelte. Dort ist er schon aus dem Bereich der schroffen Felswände herausgetreten, der ihn weiter oben einrahmende steilere Geröllgürtel ist auch nicht mehr bestimmt entwickelt, allmählich senken sich zu ihm der schuttüberlagerte Endhalbkegel des Grates und in der gradlinigen Fortsetzung der N.W.-Schroffen die viel sanfter geböschten Hänge seitwärts der allgemeinen Kammabdachung. Im N. aber der Höhenlinie von 1220 m verbreitert sich diese, einer schräg gestellten Ebene ähnliche, aus der Kleinen Grube heranziehende Zone nach O. hin nochmals um das Doppelte, auf etwa 400 m, indem sie sich auch auf das Gebiet vor dem Gratende und vor dem den nördlichsten Kochelteich umspannenden Hügelzuge ausdehnt, demnach übergreift in das Vorgelände der Großen Grube. Indes behält sie diese Weite nicht bei, sondern verschmälert sich rasch nach N. hin, in der Weise, daß sie ungefähr ein rechtwinklig-gleichschenkliges Dreieck bildet, dessen abgestumpfte Spitze, da die Basis 400 m mißt, 200 m vor deren Mitte zu liegen kommt. Dort wird ihr Abschluß bezeichnet durch den erwähnten Pfuhl, der in ihn mündende Grubenbach mußte sich in seiner zweiten Laufhälfte nach N.O. wenden, um den tiefsten Punkt des ihm zugemessenen Raumes zu erreichen. Betrachten wir nun die Außengrenze dieses wegen seines dichten Knieholzbestandes schwer zugänglichen Geländes, so finden wir einen ähnlichen Höhenzug wie den, der die Kochelteiche umrahmt, nur muß er bedeutend länger sein, da er über den Vorraum beider Kare hinzieht. Seine i. ö. über  $\frac{1}{2}$  km lange Hälfte löst sich als ein schmaler, ziemlich scharf geformter Rücken, schon mit Fichtenbeständen überzogen, dicht n.n.ö. des breiten Ansatzes der inneren Hügelreihe von dem hier schon weniger steilen Hange des Hohen Rades bei ca. 1250 m ab und zieht, von den südlichen Erhebungen zunächst nur durch eine ganz schmale Senke, dann aber durch die beschriebene dreieckige Fläche getrennt, in einer schwach nach außen

konvexen Kurve auf einen Punkt 100 m nördlich von dem kleinen Pfuhle zu. Auf dieser Strecke erniedrigt er sich erst allmählich auf ca. 1205 m, schwillt aber vor dem Teiche nochmals auf 1212 m an, wobei er auch an Breite zunimmt, um dann rasch im N. des Tümpels auf 1186 m herabzulinken. Zu genau derselben Stelle hin wendet sich vom Abhang der Veilchenkoppe her der zweite, indes bedeutend kürzere, kaum  $\frac{1}{4}$  km lange Flügel dieses Zuges, der in auffälligem Gegensatz zu der l.-ö. Hälfte keine Fichten, sondern Knieholz trägt. Er schwenkt etwa 400 m n.-ö. der Basaltspalte von der Grubenböschung ab, steigt n.-ö. gerichtet bis 1232 m an — also 20 m höher als der nahe Gipfelpunkt der anderen Hälfte — und neigt sich dann rasch zu der Einlenkung im N. des kleinen Wasserpiegels. Seine höchste Anschwellung, Spornhübel genannt, ist als eine gerundete dunkle Kuppe weithin im Vorlande sichtbar, sehr gut zeigt sie sich z. B. von der Bismarkhöhe aus, die überhaupt einen trefflichen Einblick in die Gruben gestattet (Luftlinienentfernung von ihr bis zur Schnee grubenbaude 6 km), noch besser und noch näher (5 km) von der großen merkwürdigen Steingruppe auf dem Gipfel (747 m) des Breiten Berges oberhalb Kiefewalds. Die mittlere Depression dieses äußeren Zuges, die von der oberen Hinterkante der Kleinen Grube in der Horizontale 850 m nach S. W., von der der Großen 1050 m gegen S. entfernt ist, läßt sich nach N. N. O. hin noch ca. 200 m weiter verfolgen als ein graben förmiger Einschnitt, der in einem kleinen, nicht immer mit Wasser gefüllten Pfuhl (1106 m) endet. Die Abdachung der beiden Flügel erscheint insofern verschieden, als die ö. größere Hälfte sich flacher nach innen als nach außen erniedrigt, während die kürzere das umgekehrte Verhältnis zeigt. Ihre nördlichen Hänge gehen, abgesehen von dem erwähnten Graben, bald in die regelmäßige Kammböschung über; unterhalb des letzten Tümpels verlaufen die Höhenlinien ohne jede Störung fast genau einander parallel von W. N. W. nach O. S. O. Gehen wir aber in dem blocküberläteten Gelände noch weiter hinab, so stellen sich von neuem Bildungen ein, die die glatte Abdachung unterbrechen. Bei 1080 m treffen wir genau im N. der Kleinen Grube einen fast  $\frac{1}{2}$  km talwärts streichenden 10–15 m hohen Damm, der zuerst meridional mit einer kleinen Neigung gegen O. läuft, sich nach und nach immer bestimmter aus seiner Umgebung hervorhebt, bei 1020 m im Bogen nach N. O. umschwenkt (Theisenstein 1013 m), um plötzlich 30 m tiefer zu verschwinden. Er besteht aus losen Granitblöcken und Geröllen, zwischen denen sich im unteren Abschnitt zahlreiche Basaltstücke gefunden haben. Reichlich 200 m von seiner unteren Hälfte zieht ihm anfangs fast parallel, am Ende aber ihm zugebogen, ein zweiter, indes nur halb so langer Blockrücken, der von 1020–985 m reicht. Zwischen den nahen, nach außen 30 m steil abfallenden Ausgangsfronten beider Züge, dehnt sich eine kleine, ein wenig nach S. vordringende Depression, ein jetzt trockener Wasserriß, aus. Hier stehen wir schon ca. 1600 m von dem Kammrande im Hintergrund der Kleinen Grube entfernt. Begeben wir uns einige Hundert Meter nach O., so gelangen wir zu dem unwirtlichen Gebiet der sog. „Bärlöcher“, wo wir noch vier ähnliche Steinreihen treffen, die sich zu einem inneren und einem äußeren Bogen zusammenschließen. Der äußere w. Flügel verläuft zunächst bei 1070 m schwach, dann weiter unten stärker, 10–15 m sich aus seiner Umgebung hervorhebend, in flacher Biegung nach N. N. O., um bei 970 m zu enden; der ö. in seinem ersten Teil etwa  $\frac{1}{2}$  km entfernte, ziemlich gleich hohe Arm wird deutlich erst bei 1030 m am linken Ufer des von der „Dürren Kochel“ durchflossenen Bärgrabens erkennbar und zieht in einer flachen Kurve n. n. w. wärts, bis er gegenüber dem Ende des anderen Flügels aufhört. Wiederum trennt ein schmaler Einschnitt den einander zugekehrten 40 m hohen

steilen ( $35^\circ$ ) Abfall beider Sporne, die von dem oberen hinteren Rand der Großen Grube 2 km abliegen. Der innere, etwas niedrigere und schmalere Zug, dessen beide Rücken eine ca. 150–80 m breite Rinne trennt, läßt sich zwischen 1040 und 980 m verfolgen. In den Mulden zwischen dem inneren und dem äußeren Bogen fließen zur feuchten Jahreszeit die sonst oft von der Oberfläche verschwindenden beiden Quellbäche der „Rauschenden Kodel“; der östliche tritt durch die Lücke zwischen den beiden Flügeln des Außenbogens in das Vorland, der westliche benutzt eine Unterbrechung in dessen linker Hälfte — kurz vor ihrem Ende —, um dieses Hügelgebiet zu verlassen. Beide vereinigen sich bald darauf (bei ca. 910 m) in spitzen Winkel. Sonst sind die Depressionen zwischen den Frontenden beider Zugpaare, anscheinend (wie im W.) alte Wasserrisse, jetzt immer ohne fließendes Wasser. Noch einer auffälligen Tatsache ist zu gedenken. So wohl das von den Höhen in den Bärldörfern als auch das von den westlicheren Höhenrücken eingenommene Gelände ist trotz seiner verhältnismäßig sehr niedrigen Lage mit Knieholz überzogen, während die oberhalb gelegenen Hänge von hohen Fichtenbeständen bedeckt sind. Nirgends kommt sonst die *pinus pumilio* im Riesengebirge an so tiefen Stellen vor, im Isergebirge allerdings in den Hochmooren von Groß-Iser noch tiefer. Das waren die letzten Hügelreihen im Vorlande der beiden Gruben, unterhalb von ihnen bis an den Leiterweg fallen die nur von den Flußläufen gefurchten Böschungen gleichmäßig ab.

#### VI. Die Agnetendorfer Grube und ihr Vorland.

Die dritte Grube, die Agnetendorfer, auch die Schwarze genannt, weil im Frühommer ihre Höhlung nach dem Wegschmelzen des Schnees dunkel ins Tal hinabsehaut, während die beiden anderen Kare noch große weiße Stellen zeigen, ist vor der Stelle des Kammes eingelenkt, wo er sich zwischen Großer Sturmhaube (1424 m) im W., und der Anschwellung bei den Mannsteinen (1415 m) im O. sattelförmig bis auf ca. 1350 m erniedrigt. Eine orometrisch gleich genaue Beschreibung von ihr zu geben, wie von den westlichen Zirken, darauf muß bei dem Fehlen einer Spezialaufnahme verzichtet werden, der Maßstab des Meßtischblattes reicht dazu nicht aus. (Über ihr Areal vgl. Seite 6). Ihre Wände gehen nach oben allmählich in die Kammböschung über. Auch deren Fuß ist gegen den inneren Raum nur zum Teil deutlich abgesetzt, sie zeigen ferner, wenngleich manche Partien ganz jäh in die Tiefe gehen, im allgemeinen doch eine geringere Neigung, so daß sie weithin von lockerem Boden, Rasen, Knieholz, Laubgebüsch, Krüppelfichten, ja nach außen hin von geschlossenem, hohem Wald bedeckt werden. Der südliche Abschnitt der Westwand geht aus wiehigen und waldigen Hängen bei seiner Annäherung an den Kamm über in steile, plattige, abgestufte Felsbildungen. An sie schließen sich in der anstoßenden Hälfte der Rückwand zwei tiefe, nach unten konvergierende und sich verengernde, mit grobem Schutt erfüllte, ebenfalls treppenartig geböschte Runsen. Noch mit Schnee erfüllt, wenn sonst überall schon die weiße Winterdecke verschwand, leuchten sie weit ins Vorland hinab, allgemein bekannt als „Rübezahls Hofen.“ Getrennt werden sie von einander durch eine im Profil dreieckige, aufwärts spitz zulaufende, abschüssige Granitwand. Gehen wir etwas weiter nach O., so treten uns ausgedehnte, sehr kräftig geböschte, durch die Klüftung des Gesteins wiederum stufenförmig abgesetzte Felsmassen entgegen, die in ihrer Mitte einen kaminartigen Spalt umschließen. Jenseits davon, wo wir dem Ansatz der östlichen Seite schon nahe kommen, hat sich ein schräg nach links aufwärtsführender z. T. tief eingeschnittener Wasserriß gebildet, in und neben dessen mit Geröll und Schutt bedecktem Grunde

man verhältnismäßig leicht den Außenrand der Grube erklettern kann. Nach oben geht der Riß in eine flachere Rinne über, die in den dort ziemlich tiefgründigen Verwitterungsboden eingelassen ist. Die mäßiger geneigte Ostseite bekleidet meist zusammenhängender Fichtenbestand. Im Gegensatz zu den beiden westlichen Karen hat das Agnetendorfer unmittelbaren Anschluß an das Flußnetz des Tales. Von den beiden Bächen, die sein Inneres durchströmen, entspringt der östliche w. vom sog. „Faulen Stein“ („faul“ = stark verwittert und zerfetzt) fließt zwischen 1300 und 1200 m gegen W. N. W. und biegt dann nach N. um. Sein größtes Gefälle hat er in der Nähe seiner Umbiegung, sowohl oberhalb wie unterhalb von ihr. Dort springt er in der zuletzt erwähnten Runse von Klippe zu Klippe, ohne aber einen richtigen „Fall“ zu bilden, ein Beweis, daß die Böschung nicht allzu steil ist. Der andere nach N. N. O. gerichtete Bach hat seine Quelle am oberen Rande der Grube und eilt in der w. der zwei großen Felsriffe hinab, die „Rübezahls Hofen“ darstellen. Indes erfüllt auch den östlichen öfters eine Wasserader, und ebenso rieseln breite nasse Bänder über die benachbarten Granitplatten, wenn nicht eine längere Trockenperiode sie aufgezehrt hat.

Stehen die Wände der Schwarzen Grube an Ausdehnung, Geschlossenheit und Steilheit hinter denen der beiden anderen Zirken bedeutend zurück, so zeigt auch die an ihrem Fuße sich anschließende Zone der stark geböschten Schuttkegel oder Streifen eine viel unvollkommenere Ausbildung. Zwar treffen wir an den meisten Stellen Trümmermassen, vor der Hinterwand, unten an den beiden Hauptrunsen, am Fuße des Kamins ö. davon wie an dem dann folgenden Wasserrisse, auch größere Schuttfröme, aber zu einem einheitlichen ringförmigen Gürtel oder einem breiten Felde schließen sich diese Granittrümmer nicht zusammen, ohne scharfe Trennungzone gehen zumeist Wand und innerer Boden in einander über. Dieser neigt sich merklich von ca. 1160 m, wo man ungefähr seine allerdings gegen den Rand der Schuttmassen verschwimmende, auch durch keinen scharfen Gefällsbruch bezeichnete Grenze ansetzen kann, bis in die Nähe des wegen angeblicher Ortsveränderungen so genannten Wandersteines (1123 m), bei dem die beiden Bäche, die vom Kamme herabkommen, sich spitzwinklig zum Schneegrubenwasser vereinigen. Erst hier befinden wir uns ca. 200 m unter dem hinteren, höchsten Teile der Rückwand, während wir in der Großen und Kleinen Grube diese Höhendifferenz schon am oberen Ende des inneren Raumes antrafen. Indessen gleicht sich dieser Unterschied in der Tiefe des Hohlraumes fast ganz dadurch aus, daß hinter dem Ende der Felschroffen der Kamm noch weiter ansteigt, was man allerdings von unten her nur z. T. sieht. Darnach könnte man sagen, daß die Agnetendorfer Grube annähernd dasselbe vertikale Maß aufweist wie die beiden andern Gruben, nur ist ihre absolute Höhe um ca. 125 m geringer. Üppiger Gras- und Blumenwuchs gedeiht zwischen den Felsblöcken in dem fast immer feuchten, vielfach sogar moorigen Grubeninnern, auch Knieholzbüsche fehlen nicht. Bei 1120 m Höhe treffen wir eine deutliche Stufe. Quer über den Ausgang der Grube zieht sich nach der Mitte zu bedeutend abfallend und verflachend, ein von dem Bache durchflossener, aus losen Blöcken und kleinerem Material aufgebauter Steindamm. Nach rechts hin schließt er sich einem höheren Schuttwall an, der nahe dem östlichen Grubenrande von dem Innern der Hohlform herkommt, nach links an eine Blockanhäufung auf der westlichen Seite. Unterhalb dieses Steindammes stehen wir auf einer breiten freundlichen, ebenen Wiese, nicht mehr auf Stein und Geröll, sondern meist auf losem Anschwemmungsboden, in dessen Mitte sich als Wahrzeichen eine alte, schöne „Urle“, ein Bergahorn (*acer pseudoplatanus*) befindet. Beide Längsseiten dieser sehr

lanft nach außen abfallender Fläche sind von Blockwällen begleitet. Im W. ist die Ausbildung des Zuges weniger klar, seine Trennung von der Seitenwand nicht scharf. Im O. aber kann man deutlich verfolgen, wie der Blockwall noch hinter dem oberen, soeben besprochenen beginnt und vom Grubeninnern aus in ca. 400 m Länge die östliche Talflanke begleitet, zuerst als ein einfacher, weiterhin als ein doppelter, von einem kleinen Tümpel getrennter Zug. Wo er von dem Bache, der dem Vorlande zutreibt, durchbrochen wird (ca. 1090 m), hat er sich schon wieder zusammengeschlossen, im Bogen nach N. W. gewandt und erreicht die gegenüberliegende Talwand gerade dort, wo der vom Korallensteinwege sich abzweigende Fußpfad zu dem unteren Anfange der Wiese führt. Große, z. T. kolossale Felsstücke krönen die Oberfläche dieses mächtigen Walles, der sich über die hinter ihm liegende Wiese nur relativ schwach erhebt, aber als eine kräftige Stufe sich steil nach außen senkt (bis 1083 m). Wild übereinandergetürmte Blöcke bilden den äußeren Abfall. Wie gewaltig an Größe manche von ihnen sind, geht daraus hervor, daß ich einmal während eines heftigen Gewitterregens, der mich hier überraschte, Schutz fand in dem Zwischenraume einiger dieser unweit des Weges lagernden Felsriesen. Ein Block von den Dimensionen 9,2, 9 und 5,5 m hat über 400 Kubikmeter Inhalt.

Außerhalb dieses Damms senkt sich nun der schmale Talboden des vom Schnee-grubenwasser in n. n. ö. Richtung durchflossenen, steilwandigen „Tiefen Grabens“ zunächst recht energisch. Dann tritt eine schwache, teilweise sogar fast unmerkliche Neigung ein. Bei der Höhe von 960 m aber, 800 m vom Grubenausgang entfernt, 130 m unter ihm, stehen wir nochmals vor einer äußerst auffälligen Stufe. Das Tal öffnet sich allmählich bis zu fast 300 m, seine Sohle bedecken drei den seitlichen Hängen zunächst parallel streichende, breite aus Trümmern und gewaltigen Blöcken aufgebaute, 5—10 m hohe Dämme. Sie ziehen gegen  $\frac{1}{2}$  km weit abwärts, getrennt voneinander durch zwei fast blockfreie Furchen. Dort wo sie an ihrem Ende sich zuneigen, findet sich am rechten und linken Talrande noch je ein Wall ein, auch ihre Enden lenken ein wenig der Mitte zu. Unvermittelt findet dieses wunderbar regelmäßige Wallsystem ein Ende an einem breiten ca. 25° geneigten Steilabbruch (890 m), den ungeheure Blockmassen bedecken. Das Schnee-grubenwasser verschwindet unter den Trümmern, obgleich sein Erosionseinschnitt deutlich sichtbar bleibt, es fließt, mitunter hörbar, unterirdisch und tritt erst (200 m weiter unterhalb) am Fuß der Halde (855 m) zu Tale. W. neben ihm quillt noch ein, weiter oberhalb nicht hervortretender Bach aus den Steinmassen heraus. Heute ist diese ganze Stelle gut sichtbar und leicht aufzufinden, weil der sie früher verhüllende Hochwald niedergeschlagen wurde, am besten von der Holzstraße aus, die bei 815 m den Korallensteinweg schneidet und auf dessen Ostseite sich nach S. fortsetzt. Unterhalb dieser merkwürdigen Stelle zeigt das Tal regelmäßige Ausbildung bis nach Agnetendorf, wo es aus dem Bereich der Kammböschung austritt. Blickt man von einem höheren Punkte des Vorlandes, z. B. von der Bismarckhöhe, zurück über die ganze Länge des fast geraden Tales, so zeigt sich der ausdrucksvolle Gegensatz zwischen seinem dreieckigen Einschnitt in den Gebirgshang und dem U förmigen Profil am Ausgange der Schwarzen Grube.

### III. Die Entstehung der Schnee-gruben.

Ehe wir nun an den Versuch herantreten können, die Bildungsgeschichte der Schnee-gruben darzustellen, müssen wir einen Blick werfen auf die Entwicklung unseres Gebirges überhaupt, deswegen vor allem, weil die Anfänge dieser Kare hineinreichen in eine Epoche

in der die heutigen Höhenunterschiede zwischen dem Hirschberger Tale und unferem Kamm noch nicht bestanden. In der Karbonzeit war unser Riefengebirge durch die Kräfte der sich zusammenziehenden Erdkruste, hauptsächlich durch den tangentialen Druck, zu einer wahrscheinlich sehr bedeutenden Höhe aufgewölbt worden. Es war nicht nur ungleich höher als heute, sondern auch viel breiter, seine nördlichen Flanken reichten von dem Firfte wahrscheinlich in einem einzigen Abfall noch über den südlichen Teil des Bober-Katzbachgebirges hinweg. Dieses gewaltige Hochgebirge erlag in einem überaus langen „Zyklus“, der, wenn auch vielleicht durch relativ schwache Störungen am Ende des Senon betroffen, doch im ganzen ohne bedeutendere Unterbrechungen von der mittleren Karbonzeit bis ins mittlere Tertiär reichte, den Wirkungen der subaërischen Abtragung. Es wurde durch sie umgewandelt, nachdem es das jugendliche Stadium durchlaufen hatte, nachdem auch das der Reife vorbeigegangen war, in ein „greisenhaftes“ Gebilde mit ausdruckslosem, flachwelligem Gelände, über das sich nur noch einzelne aus den härtesten, widerstandsfähigsten Gesteinspartien zusammengesetzte Kuppen oder abgerundete Rücken erhoben. Abgesehen von diesen Stellen waren sonst die Böschungswinkel sehr klein. Die Flußläufe, meist der Hauptneigung folgend, zeigten ein geringes, ausgeglichenes Gefälle in breiten, schwach serpentinierenden Betten. Die Verwitterung und Abtragung hatte ihr Werk bis zu einem gewissen Ende geführt.

Da setzte im Mitteltertiär ein neuer Zyklus ein, gewaltige Bewegungen der Erdkruste brachten das heutige Riefengebirge in einen sehr bedeutenden, z. T. 1000 m überschreitenden Höhenunterschied zu seinem jetzigen nördlichen Vorland, dem Hirschberger Kessel, ohne anscheinend den inneren Zusammenhang dieser beiden Gebiete innerhalb ihrer eigenen Grenzen allzustark zu beeinflussen.<sup>\*)</sup> Es blieben also zunächst die greisenhaften Züge beider Teile im großen und ganzen bewahrt, Bestand aber, und zwar sogar bis in die Gegenwart, hatten sie nur auf der breiten Kammsfläche, die noch heute auf weite Strecken hin eine Faltenebene, eine „penepain“ darstellt, desgleichen in den mittleren Abschnitten der beiden „Kammern“ des Tales, der Schmiedeberger und der Warmbrunner. Am nördlichen Kammsange und an dem die beiden Teilebenen trennenden Zuge aber begannen von neuem die Verwitterung und Abtragung mit verstärkter Kraft zu arbeiten, sie griffen zerstörend in die wahrscheinlich stufenförmig gegliederten Böschungen ein und lösten besonders ihre unteren Teile in das heutige Vorgebirgsland auf. Die Flußerolion erstand mit erneuter Stärke wieder, frisch belebt und gekräftigt durch den hohen Betrag des Gefälls zwischen Kamm und Tal, vertiefte alte Flußtäler zu engen Schluchten und schuf ganz neue Wasserrinnen. Wir befinden uns erst am Anfange dieses neuen Zyklus, in dessen Jugendstadium.

Suchen wir uns nun einmal vorzustellen, wie gegen Ende des früheren Zyklus der höchste Teil des Gebirges gegliedert gewesen sein mag. Unsere heutige Kammsfläche wird nur um wenig höher gewesen sein als ihre Umgebung. Die Koppe überragte sicher damals auch schon bedeutend alle anderen Erhebungen als der größte, aus festem Kontaktschiefer aufgebaute „Härtling“, nur war sie an dem Fuße ihres Kegels nicht so weit durch vordringende Talenden aus der Masse des Gebirges herausgeschnitten wie heute. Die beiden

<sup>\*)</sup> Ob sich erst die ganze alte Penepain, das Gebiet des Riefengebirges mit seinen südlichen Vorlagen und seinem nördlichen Vorlande, hob, ein schräges Gewölbe – mit einer längeren s. und einer kürzeren n. Abdachung – sich bildete und darauf das Ablinken der n. Hälfte eintrat, das das Hirschberger Tal mit seinen beiden Seitenkammern schuf, oder ob beide Vorgänge gleichzeitig vor sich gingen, das läßt sich zurzeit kaum entscheiden. Sicher ist nicht einmal, ob überhaupt eine bedeutende absolute Hebung des heutigen Kammes stattfand, oder ob nicht die jetzigen Höhendifferenzen hauptsächlich durch Absinken des Vorlandes entstanden.

Sturmhauben wie das Hohe Rad bildeten wohl ebenfalls Anschwellungen der in sehr flacher Kontur verlaufenden, ganz allmählich nach N. sich senkenden Höhenzone, weil hier etwas widerstandsfähigere Granitvarietäten anzusehen scheinen, desgleichen der Kammabchnitt bei den Mann- (und Mädels-)steinen, der bei der Prinz-Heinrichbaude und der größere Teil des Riefenkammes. Der porphyrische Granit der Veilchen Spitze hob sich vielleicht ebenfalls ein wenig über seine Umgebung hervor, möglicherweise auch, schon etwas nach N. vorge-rückt, der Reifträger, der wenigstens z. T. als ein Härtling anzusprechen ist. (Pferdekopf- und Reifträgersteine.) Im allgemeinen wird also diese alte Kammlinie der heutigen ähnlich gewesen sein, nur daß sie den oberen Ausgang einer ganz allmählich nach N. sich neigenden, relativ über ihrer Umgebung wenig erhöhten Hügelreihe bildete, nicht den Abschluß einer ziemlich steil sich aus großer Tiefe erhebenden Gebirgsmauer.

#### 1. Erste Anlage der heutigen Gruben als Talschlüsse vor der Entstehung des Hirschberger Tales.

Die auf oder unterhalb der welligen, breit ausgebildeten Wassercheide entspringenden Bäche flossen von der Höhe zunächst längs der allgemeinen Fallrichtung nach N. (konsequente Flüsse), weiter unten, wo wahrscheinlich infolge des Wechsels von etwas härteren und weicheren Gesteinschichten, die meist westöstlich verlaufen, niedrige Anschwellungen die Hauptböschung unterbrachen, wohl auch in der zuletzt genannten Richtung (subsequent.) Die alten Flußläufe hatten in dem „greifenhaften“ Gelände, dieser „Peneplain“ bei ihrem ganz schwachen Gefälle keine Möglichkeit, ihr Bett noch nennenswert stärker auszuarbeiten oder ihre Quellenden durch rückwärtsschreitende Erosion weiter in die Gebirgsmasse einzuschneiden. Nur dort, wo als Reste eines früher allgemein viel höheren Niveaus ihnen die erwähnten „Härtlinge“ auf dem sonst eingebneten Kammscheitel gegenüberstanden, konnten sie an deren Rücken wie in den zwischen ihnen gelegenen sanften Mulden infolge des etwas bedeutenderen Gefälles ihr Bett wenigstens soviel weiter vertiefen und ihre Köpfe soviel vorschieben, daß ihre modellierende Tätigkeit der ausgleichenden Flächenerosion die Wage hielt. Daher blieben an diesen Stellen flache Hohlformen, muldenförmige Talschlüsse bis zum Ende des Zyklus bestehen. Als er begann, zeigten sie wahrscheinlich einen ganz ähnlichen Charakter, lagen aber meist mehr talwärts, wurden dann in dessen jugendlichem und reifem Stadium in steil geböschte Quelltrichter umgewandelt und in die Gebirgsmasse zurückgeschnitten, verfielen später der allgemeinen Abtragung und Ausgleichung, behielten aber doch soweit ihre Hohlform bei, daß sie bei Beginn des jetzigen Zyklus, die Stellen waren, an denen sofort wieder die erneute Erosionskraft besonders stark eingreifen konnte. Von neuem wurden sie in dem ewigen Kreislaufe des Entstehens und Vergehens steile Quelltrichter, die dann z. T. in eigenartiger Weise zu Karen umgebildet wurden.

Wie ihre Anordnung der Lage der alten „Härtlinge“ entspricht, zeigt ein Blick auf die Verteilung der Hohlformen erster Ordnung auf der Nordseite des Kammes: Große und Kleine Schneegrube zwischen Veilchen Spitze und Hohem Rade, Agnetendorfer Grube zwischen Hohem Rade und Mannsteinen, das Becken des Kleinen Teiches zwischen der Anschwellung des Silberkammes und dem hohen, gegen das Vorland streichenden Kammstück Koppenplan-Seifenberg, der Melzergrund zwischen der vorspringenden Masse Koppenplan-Kleine Koppe und Schneekoppe, vielleicht ist hierher auch noch der Eulengrund zwischen Schwarzer Koppe und Tafelstein zu rechnen. Auf der Südseite findet man ganz ähnliche Verhältnisse. Den Großen Teich hier mit heranzuziehen, unterliegt Bedenken,

weil sein Becken nicht in einer voll ausgebildeten großen Hohlform des Gebirges liegt, denn er wird in seiner Längsrichtung nach hinten begrenzt durch eine fast geradlinige Kammwand, nach vorn durch einen niedrigen Steinwall, nur an den ganz kurzen Querseiten, erzeugen das Ansatzstück des Kammes Mittagstein-Dreifleine und der Sporn des Zöfelfshübels kleine Nischen. Daß sich zwei Hohlformen so nahe bei einander bilden konnten, wie in der Gegend der heutigen Großen und Kleinen Schneegrube, hat nichts Auffälliges. Auch auf der Südseite unseres Gebirges treffen wir die beiden Kesselgruben in unmittelbarer Nachbarschaft, an den oberen Hängen einzelner Alpenketten, z. B. in den Niederen Tauern, reihen sich stellenweise fast ununterbrochen solche nunmehr in Kare verwandelte kesselförmige Bildungen, manche Bergstöcke, sog. „Karlinge“ sind um die Gipfelregion herum ganz von ihnen bedeckt. Die Vorbedingung zur Entstehung solcher Doppelkessel, zunächst als Quelltrichter, ist nur folgende: Die beiden Anschwellungen des Kammes, zwischen denen sie entstehen, müssen soweit von einander entfernt sein, daß am Hange einer jeden in der Richtung auf die andere zu sich eine selbständige Erosionsform Raum schaffen kann, aber müssen doch wieder einander nahe genug sein, um bei der Vergrößerung dieser Bildungen die dichte Annäherung deren inneren Ränder zu gestatten. Wie diese Hohlformen des früheren Zyklus ausfallen, ist unschwer vorzustellen, es sind nämlich in dem jetzigen schon ganz ähnliche entstanden. Schlossen sich jene naturgemäß an die alten Resthöhen an, denen heute im allgemeinen die Erhebungen ersten Ranges in unserem Gebirge entsprechen, so sind diese vorzugsweise an den Hängen der jetzigen Höhen zweiter Ordnung zu finden. Hierher gehören das „Reifträgerloch“, die vom Reifträgerfloß entwässerte Mulde westlich von der Alten Schlesiſchen Baude, dann die Einsenkung dicht östlich von ihr am Nordhange der Veilchenſpitze, wo die obere Kochel entspringt, und das vom Silberwasser durchströmte Mitteloch unterhalb des Silberkammes und des Kleinen Rades. Das sog. Löchel zwischen der Peter- und der Spindlerbaude mit dem davor gelegenen Kofakenloch möchte ich nicht heranziehen, hier liegt vielleicht schon eine dem früheren Zyklus angehörige Erniedrigung des Gebirges, ein sehr alter, möglicherweise sogar durchgehender Tallauf vor. Man sieht auch, wie der Sprachgebrauch diese Formen als „Löcher“ von den Gruben und Gründen unterscheidet. Am deutlichsten sind sie in der Gesamtansicht des Gebirges bemerkbar im Winter bei scharfer Beschattung infolge der niedrig seitwärts stehenden Sonne und im Frühjahr durch die in ihnen lange ausdauernden Schneeflecken.

Die „Seifengrube“ zeigt ein schon fortgeschrittenes Stadium, schon den Übergang zu den großen und schärferen Gebilden der ersten Klasse, wenn auch ihr heutiger Talſchluß, wie es mir scheint, kaum in den alten Zyklus zurückreicht. Hier sind die Hänge der oberen flachen Mulde, in die das tief eingeschnittene Tal des Großen Seifen übergeht, bereits stark angegriffen, wir können deutlich den Anfang der Runfenbildung, der Abräumung der Grasnarbe und des unter ihr liegenden, stark zeretzten Gesteines beobachten. Hat einmal die Aufarbeitung der Rückwand begonnen, so schreitet der weitere Zerstörungsprozeß, ihre Umwandlung in einen steilen, felsigen Quelltrichter rasch vorwärts. Unter passenden klimatischen Verhältnissen entsteht aus diesem dann leicht ein typisches Kar. Das eingehende Studium dieser Vorgänge an der Seifengrube ist also deswegen so interessant, weil wir an ihr sehen können, wie allem Anschein nach eine neue „Schneegrube“ sich vorbereitet. Bleibt doch schon heute an dem hinteren oberen Ansatz des Quelltrichters der Schnee gewöhnlich länger liegen als sonst in den Vertiefungen am Nordabfall des Kammes, abgesehen von den Schneeflecken in den Gruben. Seit etwa einem Jahrzehnt suche ich hier dieses Phänomen zu beobachten.

Ich habe mich davon überzeugen können, daß in dieser erdgeschichtlich doch äußerst kurzen Zeit die zerstörenden Kräfte merklich vorgeschritten sind. Das Quellende des Seifen furcht sich immer mehr in die Rückwand ein, große Mengen von Schutt und Geröll häufen sich weiter unten an, die Rasendecke in der unmittelbaren Nachbarschaft der Runsen rutscht in größeren Stücken ab, neue Rinnen werden von den kleinen, bei heftigen Regen oder bei der Schneeschmelze entstehenden Wasserfäden ausgespült, die Flächenerosion bei Regen wird ebenso wie die erwähnte lineare unterstützt durch das grufig zermorschte Gestein. Schuttdämme und -Streifen blieben dazwischen stehen, aber auch sie werden bald der Wegführung anheimfallen. Rutschenden Schneemassen wird ebenfalls ein Anteil an der Abtragung zuzuschreiben sein. Vor allem aber arbeitet nun an den bloßgelegten, von Vegetation nicht mehr geschützten Stellen auch der Spaltenfrost, dessen Tätigkeit im folgenden bei der speziellen Behandlung der heutigen Gruben genauer dargelegt werden soll. Noch aber hat die Seifengrube, wie die Zeichnung auf Tafel I deutlich erkennen läßt, die reine Form des Quelltrichters. Am besten ließe sich ihre Weiterentwicklung verfolgen, wenn man öfters, vielleicht jedes Jahr, genaue Aufnahmen immer von denselben Standpunkten aus machte. Heute, wo der Kamm sich bedeutend, z. T. mehr als 1 km, vertikal über die Ebene des Hirschberger Tals erhebt, ist die Möglichkeit zur Ausbildung solcher Hohlformen auch an niedrigeren Teilen des Gebirges gegeben, wenn sich dort nur eine genügende Wassermenge findet und das Gefälle nicht zu gering wird. Daher bildeten sich an diesen Stellen, an Höhen zweiter Ordnung, erst in dem gegenwärtigen Zyklus die genannten „Löcher“ aus, während in dem früheren, als die „peneplain“ vor dem Einlinken des Vorlandes nicht die notwendigen Höhenunterschiede darbot, kein Anlaß zu ihrer Entstehung vorlag. Entsprechend dem „jugendlichen“ Stadium des rezenten Zyklus ist ihre Form mit Ausnahme der der Seifengrube noch relativ schwach ausgeprägt, die Bedingungen aber für eine kräftige, rasche Weiterentwicklung sind meist gegeben.

## 2. Ausbildung zu Quelltrichtern nach der Entstehung des Hirschberger Tales.

Zu der Zeit, als das wahrscheinlich stoffelförmige Ablinken im Vorlande der heutigen Schneegruben begann<sup>\*)</sup>, waren, nach dem Grade ihrer heutigen Ausbildung zu schließen, die Kleine und die Große Grube vielleicht etwa so weit, wenn auch viel flacher, in den oberen Teil des Kammes eingelassen wie die Seifengrube, die Agnetendorfer hingegen mag erst einem der gegenwärtigen „Löcher“ entsprochen haben, sicher ist, daß von diesem Zeitpunkte an ihre Größe und Tiefe ungleich schneller und entschiedener als vorher zunahm.

Dabei muß man sich gegenwärtig halten: Einmal können die Hauptbrüche nicht etwa plötzlich katastrophenhaft eingetreten sein, denn solche Abstürze ganzer breiter Streifen am Gebirgshange müßten ja eine weitgehende Zertrümmerung des Gesteinszusammenhanges hervorgerufen haben, wofür bisher keinerlei Anzeichen vorliegen, sondern sie haben sich während langer Zeiträume durch allmähliches Ablinken oder Abgleiten vollzogen, indes doch so schnell, daß die Erosion im alten Flußsystem am N.-Hange nicht, wenigstens nicht

<sup>\*)</sup> Wenn von den Gegnern dieser „Einbruchstheorie“ darauf hingewiesen wird, daß man im Riefengebirge noch nie hat eine solche Bruchlinie durch unmittelbare Beobachtung nachweisen können, so ist demgegenüber hervorzuheben: Bruchflächen von dem Umfange, daß sie ganze große Gebirgsteile in verschiedenes Niveau zu einander gebracht haben, lassen sich selten direkt beobachten, in der Regel schließt man auf ihr Vorhandensein nur aus der Höhendifferenz gleicher Folgen verschiedener Gesteinschichten in näherer Nachbarschaft, z. B. auf beiden Seiten eines Tales oder auf naheliegenden Gipfeln und Berghängen. Ist das Gestein so gleichmäßig wie bei uns im Riefengebirge, so wird der Beweis für diese Bewegungen im Felsgerüst durch unmittelbare Feststellung der gestörten Stellen nur selten möglich sein, er wird geführt werden müssen durch das sorgsame Studium des heutigen Reliefs.

überall, mit den Bewegungen im Felsgerüst Schritt halten konnte, sondern daß, wie v. Staff nachgewiesen hat, die hydrographischen Verhältnisse z. T. stark umgestaltet wurden. Ferner wird man den obersten Bruch nicht unmittelbar an der Kante des heutigen Kammes annehmen dürfen, sondern bedeutend, vielleicht mehrere Hundert Meter tiefer. Denn wenn der „Kamm“ als eine Zone von Härtlingen aus der alten schwach geneigten, quer über das Hirschberger Tal bis zum Bober-Katzbachgebirge reichenden, greifenhaften Peneplain auftrage in einer Reihe von sanft modellierten Hügeln und diese so aufgebaute Gegend zerstört wird durch Staffelbrüche, die annähernd dem Streichen der Härtlingslinie erfolgen, so wird der oberste Bruch — es müßten denn ganz besondere Ungleichheiten im Gestein dieser Hügel vorliegen, auf die nichts hindeutet — kaum innerhalb der Höhenreihe entstehen, da sie doch die Region der größten Festigkeit darstellt. Vielmehr wird die erste Bruchlinie an deren Fuße zu erwarten sein, wo die Widerstandsfähigkeit der oberen Kruste gegen die zerstörenden Kräfte des Erdinnern plötzlich abnimmt. Noch eine andere Betrachtung führt zu dem Schluß, daß die heutige Grenzlinie zwischen der Kammläche und dem obersten Abschnitt der Böschung keineswegs in der obersten Bruchfläche liegen kann. Denn, wollte man das annehmen, so müßte man diese Grenzlinie als die obere freie Bruchkante betrachten. Eine solche kann aber kaum aus früheren Zeiträumen der Erdgeschichte stammen, weil sie, allen zerstörenden Kräften schutzlos ausgesetzt, am raschesten der Abtragung anheimfällt. Durch deren Wirkung und durch die Anlagerung eines Teils der entstehenden Trümmermassen etwas weiter unten werden der obere, längs der abgefunkenen Partie verlaufende, wenig geneigte Streifen des stehengebliebenen Kammes und die ursprünglich sicher viel steiler geneigte Fläche, an der das Abgleiten erfolgte, verschmolzen in eine Zone, die im Laufe der Zeit bei gleicher Gesteinhärte ungefähr den mittleren Neigungswinkel zwischen den beiden ursprünglichen Stücken annehmen wird. Nach den obigen Darlegungen wird man nun die Bruchlinien nicht immer unmittelbar am Rande der heutigen flacheren Streifen zu suchen haben, sondern, wenn das Gelände weiter aufwärts eine starke Bedeckung mit Gesteinstrümmern aufweist, im unteren Abschnitt der nach oben folgenden stärker geneigten Zone. Je mehr Zeit seit der Bildung des Bruches verflossen ist, desto breiter wird nach oben und unten hin jeder dieser schrägen Streifen werden, bis er endlich talwärts mit den in gleicher Weise entstandenen Mittelflücken über und unter der nächsten Störung zusammenwächst, und bis der höchste Streifen nach oben zu, bei nicht zu bedeutender Breite der ursprünglichen Kammläche, ungefähr in deren Mitte die Abdachungsfläche, die sich unter gleichen Bedingungen auf der entgegengesetzten Kammböschung gebildet hat, erreicht. Dann wären die alte Peneplain und die ihnen vorgelagerten, treppenartig zum Boden des Hirschberger Tales hinabführenden Bruchstufen verschwunden und übergegangen in eine einheitliche schräge Abdachungsfläche, die ohne Unterbrechung vom Kammfirst bis zum Tale hinabreicht. Dieser „reife“ Zustand ist indes noch lange nicht in dem jetzigen Zyklus erreicht. Die Kammläche bewahrt noch zum bei weitem größten Teile ihren vielfach fast horizontalen Bestand, und die Böschungen zeigen noch deutlich den Wechsel zwischen steileren und flacheren Partien. Vom Hochstein aus kann man drei Staffeln im Westflügel des Riesengebirges deutlich erkennen. Die oberste reicht vom Kamm bis zu der Zone Weiberberg-Scheitberg-Alte Schlesiſche Baude-Bräuerhanſens Steine, Hang unter dem Moränengebiet am Ausgang der Kleinen und Großen Schneegrube-Turmschloß-Hüttenkamm mit den Ludersteinen, die zweite erstreckt sich bis zu den Höhen dicht nördlich am Leiterweg: Buchhübel, Breiter Berg, Matzler, Hummelberg; ihr ist noch eine weitere nur wenig niedrigere

Reihe von Erhebungen vorgelagert: Holzberg, Mühlberg, Sabrich f. von Petersdorf, Kynast und Herdberg bei Hermsdorf und die Giersdorf-Saalberger Höhen. Die dritte Stufe reicht dann abwärts bis zu dem bestimmt verlaufenden Gebirgsfuß von Ober-Petersdorf nach Giersdorf. Im Ostflügel ist die Stufenbildung weniger regelmäßig. Wir sehen die obere Kante der ersten Stufe deutlich ausgeprägt bei den Hainberghäusern, die der zweiten Stufe vor dem Schmiedeberger Kamm im Zimmer- und Ochsenberge — hier der geringeren Kammhöhe entsprechend etwas niedriger als im W., — den Fuß der dritten Stufe hinter der Schlingelbaude. Im mittleren Teile aber geht zwischen der Warmbrunn-Seidorfer und der Arnsdorf-Schmiedeberger Talkammer der große vom Mittagsstein nach N.N.O. streichende Querkamm hin, wahrscheinlich ein zwischen den diese beiden Talabschnitte bildenden Brüchen stehengebliebener Teil der ursprünglichen Nordabdachung. Übrigens zeigt auch der Verlauf seiner Kammlinie eine deutliche Abtreppe. Östlich von seiner Wurzel, besonders n. vom Riefenkamm bricht indes das Gebirge ohne Stufenbildung in einem einheitlichen Abfall in die Tiefe hinab bis zur Wolfshauer Hochfläche, um sich auch von hier ohne scharfen Absatz allmählich weiter in das Vorland bei Krummhübel zu senken. Daß diese Stufen eine nicht unbeträchtliche Breite hatten, beweist noch das heutige Ausmaß der oben angegebenen Bergreihen, ebenso wie die einen Teil der ersten Stufe bildenden weiten Flächen von Kiewald im W., von Bronsdorf und von den Baberhäusern im O. Die große Wiese um die Schlingelbaude gehört der zweiten Stufe an. Sehr auffällig ist die Erscheinung, daß im westlichen und mittleren Teile des Gebirges zwischen den Stufen zwei scharf entwickelte Tiefenlinien parallel zum Kamm hinziehen. Die kleinere trennt im Westen den bis zum Reifträger reichenden Mummelkamm von den Bergen der vorgelagerten zweiten Stufe, dem Weiber- und dem Scheitberg, in ihr fließen nach entgegengesetzten Seiten der Oberlauf des Großen Zackens und das Wasser des Lämmergrabens. Die größere östliche Tiefenlinie zwischen dem oberen S.-Rande der unteren Stufe und dem Fuße der Hauptkammböschung benutzt zunächst der von Mariantal-Schreiberhau nach Agnetendorf führende Leiterweg, dann die vom oberen Rande dieses Dorfes nach Hain ziehende Straße, ihren letzten Abschnitt bildet das (obere) Bächeltal zwischen Hain und den Baberhäusern. Sicherlich haben hier langhin parallel zum Hauptkamm streichende Zonen weicherer Granitarten den Anlaß zur Entstehung dieser für die Entwicklung des Flußnetzes sehr bedeutamen Furchen vor dem nunmehr höheren Rande der nach dem Tale zu folgenden Stufe gegeben, d. h. wir haben eine sog. Cuestabildung vor uns. Es liegt der Gedanke nahe, diese Zonen anscheinend weniger widerstandsfähigen Gesteins mögen auch mitbestimmend bei der Bildung der Brüche gewesen sein. Wie sich das auch verhalten mag, wir werden, wenn wir einmal aus den angegebenen Gründen uns den Nordabfall des Preussischen Kammes als durch Staffelbrüche entstanden annehmen, den obersten Bruch unterhalb — und zwar ziemlich dicht unterhalb der Anfätze zu den heutigen Schneegruben suchen müssen.

Es ist einleuchtend, daß nach und auch schon während des Ablinkens der mittleren und der unteren Kammlanken in den über ihnen stehengebliebenen Hohlformen, die sich jetzt hoch über das Vorland des Tales, ihrer „Erosionsbasis“ erheben, die bis dahin verhältnismäßig schwache Tätigkeit des fließenden Wassers bedeutend zunehmen mußte. Große Schuttmassen wurden sicherlich ausgeräumt, die Vegetationsdecke weithin zerstört, nackte Felspartien, vielleicht schon ganze Felswände wurden bloßgelegt, die Hohlformen an der Stelle der heutigen Grubenräume durch die rückwärtende Erosion erweitert und kräftiger modelliert, umgewandelt in ziemlich steile Quelltrichter. Der Betrag dieser Erosionsarbeit

im Gebiet der beiden westlichen Gruben wird indes nicht allzuhoch veranschlagt werden dürfen. Denn wenn sie auch sicher vor der Eiszeit ähnlich wie heute noch die Agnetendorfer Grube durch einen oder mehrere Bäche oberflächlich entwässert wurden, groß scheint die aus ihnen stammende Wassermenge nie gewesen zu sein; wäre sie erheblich gewesen, so hätte sie stärkere Wirkungen im Vorlande ausüben müssen, sie hätte ein großes Tal schaffen müssen, annähernd wenigstens wie den vom Schneegrubenwasser eingeschnittenen Tiefen Graben, der zur Agnetendorfer Grube hinleitet. Man kann zwar annehmen, daß uns unbekannte Stücke größerer präglazialer Wasserläufe unter den gewaltigen Blockanhäufungen in der Umgebung der Kochelteiche, in der Gegend am Spornhübel und weiter abwärts in den „Bärlöchern“ begraben liegen, wo heute noch das Wasser aus den beiden westlichen Gruben meist unterirdisch abläuft, aber auch weiter unterhalb dieses wilden, schwer zugänglichen Geländes sieht man kein altes energisch eingetieftes Flußbett. Die Quelladern der in den Bärlöchern entspringenden Raufschenden Kochel führen das hier zu Tage tretende Wasser aus den Gruben in einem verhältnismäßig schwach eingelassenen Bett zu Tale, ebenso sind die westlich und östlich benachbarten Adern des Weißen Flosses und der wegen ihrer Wasserarmut so genannten, im Bärengraben fließenden „Dürren Kochel“ gestaltet; nirgends findet sich eine Spur der Wirkung von so großen Wassermassen, wie sie zur Bildung der gewaltigen Hohlformen der beiden Gruben unbedingt vorauszusetzen wären. Schon ein Blick auf den Verlauf der in die Meßstichblätter „Schneegrubenbaude“ und „Schreiberhau“ eingezeichneten Höhenlinien unterhalb der drei Gruben zeigt klar diesen auffälligen Unterschied in der Ausbildung des Geländes vor der Kleinen und der Großen Grube einerseits und der Agnetendorfer andererseits. Indes selbst diese letzte konnte ihre heutige Gestalt nicht allein durch die Tätigkeit des fließenden Wassers erhalten.

### 3. Umbildung zu Karen während der Eiszeit.

In allen drei Hohlformen mußte noch eine andere Naturkraft eintreten, die erst jüngst in ihrer Bedeutung für die Ausbildung solcher „Kare“ voll gewürdigt wird, die des Spaltenfrostes. In der Tertiärzeit, während deren mittleren Abschnitten die heutigen Höhenunterschiede zwischen Kamm und Hirschberger Tal sich ihren Hauptzügen nach ausbildeten, hatte dieses Agens wohl wenig Gelegenheit, an der Formung der Felswände unseres Gebirges mitzuarbeiten, da während des größten Teils dieses erdgeschichtlichen Zeitraumes ein recht mildes Klima vorauszusetzen ist. Auch bei der Annahme, der Kamm habe sich infolge der großen Erdbewegungen stark abfolot gehoben, d. h. seine Entfernung vom Erdmittelpunkt habe bedeutend zugenommen, war diese Erhebung und die mit ihr verknüpfte Überführung in ein kühleres Klima kaum so bedeutend, daß auf dem Kamm selbst und den höchsten Hängen zur Tertiärzeit häufig scharfe Kälte geherrscht haben dürfte. Als dagegen sich am Ende dieser Epoche beim Herannahen der Eiszeit das Klima verschlechterte, überall in Mitteleuropa die durchschnittliche Jahrestemperatur sank,<sup>\*)</sup> längere Winter eintraten, werden in den höheren Teilen unseres Gebirges in dem Übergangsstadium, das dem vollen Eintritt der glazialen Periode vorausging, Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse geherrscht haben, die annähernd den jetzigen entsprechen. Da nun solche Klimaveränderungen nicht plötzlich, sondern ganz allmählich mit vielen kleinen Einzel-

<sup>\*)</sup> Über die verschiedenen Hypothesen, die die Gründe für das Eintreten einer glazialen Periode zu entwickeln sich beflehen, siehe bes. Fredh, *Lethaea geognostica* III, 2, 1. p. 42 ff.

Schwankungen nach warm und kalt hin einzutreten pflegen, muß dieser Zustand längere Zeit geherrscht haben. Nun sehen wir heute, wie tiefeingreifend der Frost, genauer der Wechsel von Gefrieren und Tauen an der Oberfläche unseres wie jeden höheren Gebirges, soweit es in kühlere Luftschichten hineinreicht, unablässig arbeitet, und zwar in doppelter Form: als Spaltenfrost auf dem anstehenden Gestein und auf größeren Blöcken oder Trümmern, als Haarfrost auf feinerem Schutt und dem Erdboden. Die Vegetationsdecke, die in den niederen Lagen die Gesteinsoberfläche zum großen Teil vor den zerstörenden Einflüssen bewahrt, ist in diesen unwirtlicheren Gegenden nicht mehr kräftig entwickelt und zusammenhängend genug, um ausreichenden Schutz zu verleihen. Zu den Zeiten, wenn es friert, ist jedes Gesteinsstück an und unter seiner oberen Schicht durch die Felsfeuchtigkeit und durch kondensierten Wasserdampf naß, auch wenn fließendes Wasser, Regen oder Schnee fehlt. Zunächst sprengt nun der Frost winzige Partikel von der Gesteinsoberfläche ab, die als Staub leicht von ihrer Entstehungsstelle durch Wind oder Wasser weggeführt werden. Nach Heß (Die Gletscher, p. 179) erreicht diese Staubbildung ganz überraschende Beträge. Nimmt man an, daß es in der Nähe der Schneegrenze 300mal im Laufe eines Jahres friert, so liefert eine Granitwand von 1ha Größe während dieser Zeit gegen 5000 kg Staub. Der meiste Staub, der auf den Firn- und Schneeflächen lagert, rührt von dieser Abspaltung durch den Frost her. All die feineren Risse und kleinen Höhlungen im Innern des Gesteins sind ebenfalls von Feuchtigkeit durchdrungen, wenn dann beim Gefrieren sich das Wasser etwas ausdehnt, lockert es, falls es nicht noch im flüssigen Zustande bequem entweichen konnte, den Verband der einzelnen Teile. Haben sich dadurch die kleinen Trennungsflächen einmal etwas erweitert, so schreitet das Zerstörungswerk, da mehr Feuchtigkeit in den vergrößerten Raum eindringen kann, rascher fort. Es werden allmählich zuerst die oberflächlichen, dann die nach innen folgenden Felschichten zerlegt, sie werden aufgelöst in Brocken und Splitter. Die können zwar noch längere Zeit in ihrer ursprünglichen Lage zu einander liegen bleiben, werden aber doch einmal früher oder später von einem starken Regen herabgespült, von gleitenden Schneemassen herabgerissen, oder auch in der trockenen Jahreszeit von heftigen Winden herausgeweht. Solche tiefgehend aus ihrem Verbands gelöste, zerbröckelte und zersplitterte Granitmassen kann man z. B. gut am oberen l.-ö. Rande der Großen Grube am Eingang zu den kleinen, nur mit großer Vorsicht zu betretenden Nischen sehen.

Neben dem Spaltenfrost wirken naturgemäß noch andere Faktoren bei der Zerstörung der Gesteinswände mit: die verschiedene Ausdehnung der einzelnen Mineralpartikel des Granits als eines aus sehr ungleichen Bestandteilen zusammengesetzten Gesteins bei jähen Temperaturwechseln, die chemische Zersetzung unter dem Einfluß des kohlenstoffhaltigen Wassers und die organische durch kleinste Lebewesen, das sogenannte Faulen des Gesteins. Aber diese drei Kräfte haben keinen bedeutenden Anteil an der Ausbildung der Grubenhöhlenformen, treten hinter die Tätigkeit des Spaltenfrostes zurück. Die Temperaturschwankungen — abgesehen von denen um 0° herum — sind in der Regel nicht so bedeutend, daß sie eine starke Wirkung ausüben könnten, nur etwa wenn auf heiße Tage kalte Nächte folgen, wird das geschehen; für eine chemische Zersetzung in weitem Umfange liegt hier die Temperatur wohl meist zu niedrig, „faules“ Gestein scheint auch nicht in erheblichem Umfange vorzukommen. Die oben erwähnten Stellen am Rande der Großen Grube machen zwar z. B. den Eindruck, als ob die Zersetzung durch Mikroorganismen hier mit tätig sei, im allgemeinen sind indes so steile Partien wenig geeignet für deren Ausbreitung

auf weitere Flächen und in größere Tiefe, weil die von ihnen aufgelösten Teile nicht lange an ihrer sehr schrägen Unterlage haften bleiben, sondern als bröcklicher Grus in die Tiefe rollen.

Gewiß ist noch die Erosion des spülenden Regens und des fließenden Wassers zu erwähnen. An sie denkt man unwillkürlich zu allererst, wenn man die tiefen Nischen und Runsen, besonders der Großen Grube wie die am Grunde dieser sekundären Hohlformen lagernden Schutthanhäufungen betrachtet. Aber wären es hauptsächlich die von der Kammfläche herabstürzenden Wassermengen gewesen, die diese tief in die steilen Felswände einschneidenden, in der Großen Grube sogar ganze Stücke von ihnen lostrennenden, z. T. schluchtenartigen Risse geschaffen und weiter ausgearbeitet hätten, so müßte ihre Wirkung auf dem Boden der Grube sichtbar sein. Daß sich im unteren und mittleren Teile des Innern davon wenig Spuren finden, ließe sich dadurch erklären, daß hier bei dem stark verminderten Gefälle die aufschüttende Tätigkeit der Gewässer überwogen hat. In den oberen Abschnitten hätte ein Teil derselben von dem porösen Schuttboden verschluckt werden können, aber bei seiner nicht großen Mächtigkeit über dem anstehenden Gestein doch nur eben ein Teil, wenn die Wassermenge einigermaßen erheblich war. Am überzeugendsten wirkt aber der Mangel an deutlichen Erosions Spuren durch größere Mengen herabfließenden Wassers am unteren Ausgang der Nischen, wo es doch die meiste bohrende und auspülende Kraft hätte haben müssen. Allerdings sind auf dem Boden der Großen Grube vor dem innersten Wall zwei schwach angedeutete von S. S. W. nach N. N. O. verlaufende Furchen bemerkbar, vielleicht noch eine dritte in der Richtung auf die Baude zu (S. W. = N. O.), aber bei genauerer Betrachtung kommt man zu der Überzeugung, daß diese Furchen lediglich die relativen Einenkungen sind neben den in der Mitte ein wenig aufgewölbten Schutzzügen, die von den beiden großen südlichen Nischen ausgehen. Nur auf dem ebenen, losen Boden der Großen Grube vor dem innersten Hügelzuge ist eine ganz flache, kleine, offenbar durch fließendes Wasser entstandene Erosionsfurche bemerkbar, die der konkaven Mitte desselben zustrebt, aber noch vor ihr endet. An den Wänden der Kleinen Grube ist gleichfalls keine Stelle zu finden, wo starke Wirkungen einer größeren fließenden Wassermenge bemerkbar wären. Nur die Form der Rinne am Basaltgange könnte zunächst darauf hindeuten, betrachtet man aber genauer die Form des regelmäßigen an ihrem Fuße aufgehäuften Schuttkegels, der kaum erhebliche Störungen durch fließendes Wasser aufweist, so wird man auch hier annehmen müssen, daß der Spaltenfrost hauptsächlich der Bildner der Rinne gewesen ist. Begünstigt wurde seine zerstörende Kraft an dieser Stelle durch den Umstand, daß der Granit an dem Kontakt mit dem Basalt in seinem Gefüge stark gelockert wurde, daher die Mächtigkeit des Schuttmaterials der Halde. Wenn auch der sonst sehr widerstandsfähige Basalt viel zu den Trümmern beisteuert, so erklärt sich dies durch die vielfache Zerklüftung des schmalen Ganges wie durch seine exponierte Lage zwischen dem beiderseits in hohem Maße zermürbten und zerstörten Granit. Auf dem Boden der Kleinen Grube ist in den hinteren Partien ebensovienig eine größere Erosionsfurche zu sehen, der kleine Bach, der sich in den Tümpel n. der Kodelteiche ergießt und auch nur flach eingelassen ist, entsteht erst in ca. 1260 m nahe dem Ausgange. Etwas anders steht es in der Agnetendorfer Grube. Zwar die Runsen an der hinteren Steilwand erscheinen, wenn auch in ihnen meist ein dünner Wasserfaden herabrieselt, vorwiegend als Bildungen des Spaltenfrostes, entsprechend denen der beiden westlichen Gruben. Dagegen ist die Schlucht, die schräg nach S. O. hinaufführt, unverkennbar das Werk der Erosion durch fließendes Wasser, indes erreicht sie bei weitem nicht die Kammhöhe. Heute fließt der

Hauptbach nicht in, sondern etwas n.-ö. neben ihr, bei trockenem Wetter führt sie kein Wasser mehr. Wer in ihr einmal hinaufgeklettert ist und dabei auf ihre Form genau geachtet hat, und wer auch den Aufstieg aus der Kleinen Grube durch die schmal eingeriffene Runse nach der Scharte des „Grates“ unternommen und dabei das Gelände studiert hat, dem kann der Unterschied zwischen beiden Bildungen, durch Erosion hauptsächlich die erste, durch Spaltenfrost die andere, schwerlich entgangen sein. Auf dem Boden der Agnetendorfer Grube ziehen die vereinigten Wasseradern im flachen Wiesengrunde nur wenig eingelassen, dem Ausgange zu. Die Runsen der beiden westlichen Gruben führen Wasser nur verhältnismäßig selten, selbst zur Zeit der Schneeschmelze und in Regenperioden, außer etwa bei gelegentlichen starken Güssen, ist die in ihnen herabfließende Flüssigkeitsmenge relativ gering. Während der Schneeschmelze sind sie selbst noch meist mit Schnee angefüllt, während er weiter oberhalb auf dem Kammrande und neben ihnen schon weggetaut ist, sie bilden also keine geeignete Abflußrinne, im Sommer sinkt ein bedeutender Teil des Wassers in ihren stark zerklüfteten Grund ein. Die Kammläche selbst liefert auch nicht viel Zufluß, da sie nahe den hinteren Grubenrändern zumeist wenig geneigt oder sogar fast eben und mit dichtem Rasen verhüllt ist, der große Feuchtigkeitsmengen festhält, umso mehr als unter ihm vielfach mooriger Zerlegungsboden liegt, an den auch noch reichlich Wasser abgegeben werden kann. Der Gipfel des Hohen Rades, der bedeckt ist von einem gewaltigen, großblockigen Felsenmeer, entsendet auch keinen Bach, da fast alle in der Richtung auf die Große Grube zu abfließende Feuchtigkeit in den Lücken zwischen den groben Steinmassen verschwindet. Endlich liegt die wasserscheidende Höhe des Kammes im Rücken der Grube so nahe an ihrem Rande, daß kein Bach vom Kammscheitel ihnen zueilt. Eine Ausnahme macht nur die wasserreichere S.O.-Ecke der Agnetendorfer Grube. Es erscheint als völlig klar, daß die Agnetendorfer Grube ihre sanfteren Formen, die nicht rein dem Kartyp entsprechen, sondern sich dem Charakter eines Quellbeckens nähern, nicht allein ihrer um ca. 125 m tieferen Lage, die noch gerade eine dichtere, z. T. schützende Vegetationsdecke gestattet, sondern auch ihrem größeren Wasserreichtum verdankt, ihrem direkten Anschluß an das Flußnetz des Vorlandes. Bedingt wird dieser Wasserreichtum durch die Lage der Grube grade vor einer ziemlich tiefen, reichlichen Nasspendenden Kammmulde, der Einenkung zwischen den Mannsteinen und der Großen Sturmhaube, in die ihrerseits bedeutende Feuchtigkeitsmengen von den benachbarten höheren Kammabschnitten ober- oder unterirdisch hinabfließen. Gehen wir um den oberen Saum der beiden westlichen Gruben herum, so werden wir nur ganz kurze, flache Wasserrinnen unmittelbar am Ausgang der Spitz in die Kammläche eindringenden Nischen finden. Wir bemerken übrigens an anderen Karbildungen unseres Gebirges, die fast beständig vom Kamme her reichlicheren Zufluß haben, daß dieser, auch wenn er in geschlossenen Wasseradern herabrinnt, keineswegs solche tiefe Nischen, wie wir sie in der Großen Grube finden, gebildet hat, weder im Becken des Kleinen Teichs, noch im Melzergrunde, abgesehen von dem Einriß des Lomnitzfalles, nicht einmal im Aupakessel. Vielfach fließt das Wasser in breiten, ganz flachen Schichten über die plattigen Stellen der Felswände abwärts und bewirkt eine allmähliche Abspülung breiterer Streifen des Gesteins, ihr Betrag ist aber bei der geringen Feuchtigkeitsmasse kaum bedeutend und wird erst nach sehr langer Zeit im Relief der Hohlformen sichtbar werden. Stärker werden solche in der warmen Jahreszeit überrieselten Stellen, wie wir sie besonders auf der Ostseite der Großen Grube und an der Hinterwand der Agnetendorfer beobachten können, angegriffen im Frühling

und Herbst, wo häufiger Wechsel von Gefrieren und Tauen die Gesteinsoberfläche rasch zerstört. Selbst bei sonnigem Winterwetter findet hier dieses Spiel der Aggregatzustände häufig statt. Treffen die intensiv wirkenden Strahlen die meist nur dünne glitzernde Eishaut, so schwindet sie rasch, anderes Schmelzwasser sickert von oben nach, um sich rasch von neuem in einen glänzenden Kristallspiegel zu verwandeln, sobald die Schatten wieder die Wände überziehen. Dichte Schneemassen sammeln sich an diesen meist stark abshüssigen Stellen weniger an, öfters bildet sich durch wiederholte Überrieselung von Tauwasser eine starke Eisschicht. Selbst wenn man geneigt ist, im allgemeinen die Wirkung des fließenden Wassers auf die Ausbildung der Nischen und Runfen für bedeutender zu erachten, als ich es auf Grund meiner Beobachtungen tun möchte, die Entstehung der großen, z. T. glatt abtürzenden Wände der Gruben kann durch dieses Agens nicht erklärt werden. Hier muß dem Spaltenfrost der Hauptanteil zugeschrieben werden.

Der Granit ist nun ein Gestein, das diesem Spaltenfrost verhältnismäßig leicht und rasch unterliegt. Einmal, weil er als ein aus verschiedenartigen Mineralindividuen zusammengesetztes Gestein sehr bald infolge deren ungleichem Ausdehnungskoeffizienten dem Zerpringen in einzelne Bruchstücke anheimfällt, vor allem aber, weil er als unterirdisch erstarrtes Tiefengestein, das erst spät, nach Abtragung der ihn ursprünglich überlagernden alten Schiefer durch die Erosion während des ersten Zyklus zu Tage trat, zur Ausbildung bestimmter Klüftungsrichtungen neigt. Es sind deren drei, eine meist horizontale oder nur schwach geneigte (Bankung), und zwei fast genau im rechten Winkel zu einander verlaufende der Vertikalen sich mehr oder weniger nähernde. Ein Blick auf die zahlreichen in unserem Gebirge befindlichen Steingruppen zeigt deutlich diese Spaltenysteme, die wenigstens in den oberen Schichten ungleich häufiger zu beobachten sind als die mehr schalenförmige Abtrennung der äußeren Partien über inneren rundlichen Kernen, wie man sie etwa am Prudelberg findet. Auf diese Weise sondern sich aus der Granitmasse vierseitig prismatische oder würfelförmige Körper ab, die zunächst noch gegenseitig in ziemlich festem Verbande stehen, da die Risse anfangs noch sehr fein, dem bloßen Auge oft noch gar nicht sichtbar sind, die Grenzflächen der Blöcke genau aufeinander passen und durch eingedrungene oder ausgeschiedene, anscheinend oft etwas eisenhaltige, später wieder verschwundene Feuchtigkeit mit einander verklebt erscheinen. Bei der fortschreitenden Wirkung der zerstörenden Kräfte nimmt die Zahl der Risse immermehr zu, und mit der Zeit werden sie immer breiter. Erklärlicherweise zeigt sich die Wirkung des Spaltenfrostes bedeutend kräftiger in den vertikalen Klüftungen, in die von oben her Wasser leicht eindringt, sobald sie einmal eine genügende Breite gewonnen haben, als in den horizontalen. In diese kann die Feuchtigkeit nur wenig eindringen, denn sie sind, so lange die Gesteinsfugen noch genau aufeinanderpassen, sehr eng wegen des auf ihnen lastenden Gewichts, und selbst wenn einmal ein Block infolge einer geringfügigen Hebung durch die gefrorene kleine Wassermenge etwas von seiner Unterlage abgehoben ist, wird er wegen seiner Schwere beim Auftauen wieder in seine vorherige Lage zurückinken. Hier ist also zunächst fast nur die chemische Zersetzung tätig. Verfestigt sich indes in den vertikalen Spalten das Wasser, so wird es durch die Volumenvermehrung beim Übergange zu Eis eine nicht allzuschwere Felsmasse, besonders eine, die nach einer Seite hin freiliegt, etwas horizontal nach dieser Richtung hin abshrämen können, etwa so wie die Arbeiter in den Sandsteinbrüchen an den vertikalen Schichtfugen der Quader diese von der anstehenden Masse loslösen. Der Vorgang wird dadurch ermöglicht, daß die Feuchtigkeit in den Spalten meist von oben nach unten gefriert,

also die zuerst verfestigte obere Schicht dann ein Ausweichen der unteren Wassermengen ins Freie verhindert. Bei häufiger Wiederholung desselben Prozesses erweitern sich die Fugen immermehr, Wasser und Schnee können immer weiter nach der Tiefe eindringen, die zerstörenden Kräfte der Erosion können in immer stärkerem Maße arbeiten, der Block wird allmählich seitwärts und rückwärts freigelegt. So entstehen im Laufe der Zeit nicht nur tiefe Seitenpalten, die sich zu Kaminen und Nischen entwickeln und oft weit in die Felswände einschneiden, sondern auch in einem noch weiter vorgeschrittenen Stadium die oft ganz wunderbar gestalteten Zacken, Türme, Nadeln am Eingange und im Innern dieser Hohlformen. Am deutlichsten sind solche Bildungen anscheinend dort entwickelt, wo ein radiales Spaltensystem überwiegt, wie vermutlich in der Großen Schneegrube, in der Kleinen Grube scheinen die peripherischen Risse stärker ausgebildet zu sein, daher zeigen die Wände mehr geradlinige Begrenzung nach oben und unten hin, es sind auch beim Zurückweichen der Felsmassen durch die fortschreitende Zerstörung glattere Stücke erhalten geblieben, viel weniger freistehende Gebilde geschaffen worden. Ist nun einmal ein Block seitlich ganz oder zum großen Teile freigelegt, dann wird auch die horizontale Klüftung dem Spaltenfrost leichter zugänglich, zugleich den übrigen angreifenden Agentien. Er verliert von außen her immer mehr seine stützende Unterlage, sein Gleichgewicht wird immer labiler, bis er endlich in die Tiefe abstürzt. Tritt daselbe, wie es bei den oft weithin regelmäßig verlaufenden Klüften unseres Granits vielfach der Fall ist, bei ungefähr gleich großen Nachbarblöcken in nicht zu erheblichen Zeitunterschieden ein, so bilden die unter den abgebrochenen Blöcken jetzt frei zu Tage tretenden Schichtflächen eine deutliche Stufe. Da derselbe Vorgang sich öfters auch in höheren und tieferen, einander mitunter ziemlich parallelen Horizonten vollzieht, so erscheinen solche Felswände deutlich abgetrepppt, wie man es z. B. nahe der s. w. Ecke der Kleinen Grube, unter anderen auch sehr schön an den Felswänden des Kleinen Teiches sehen kann. Die relative Größe der horizontalen und vertikalen Abschnitte einer derartigen Felswand bedingt dann ihren durchschnittlichen Neigungswinkel.

Während durch die fortgesetzte Tätigkeit des Spaltenfrostes die bloßgelegten felsigen Stellen an den Wänden des Quelltrichters immer mehr vergrößert, schärfer geböschet, zurückgehoben, endlich umgeformt werden in steile geschlossene Wände, so erleidet auch der Grund des Quelltrichters bei der Umwandlung in ein Kar bedeutende Veränderungen, er geht über in einen flachgeböschten, z. T. aufgeschütteten größeren Boden. Wird eine Felspartie unter dem zerstörenden Einflusse des Spaltenfrostes steiler, so entsteht, sobald sie den Grund der Hohlform erreicht, zwischen ihr und diesem ein Gefällsbruch, eine Stufe, die allerdings unten zunächst gewöhnlich von Schutt verhüllt sein wird. Weichen die Felsmassen weiter zurück, so wird auch der Gefällsbruch ihrem Fuße folgen, d. h. der Boden wird sich flach ansteigend nach den Seiten und nach hinten hin erweitern. Wenn sie sich endlich in geschlossene Felswände umgewandelt haben, da begleitet der Gefällsbruch das ganze Halbrund ihres Fußes, und innerhalb dieser Kurve dehnt sich jetzt eine sanft nach außen abfallende, gleichmäßige, mit Schutt überlagerte Fläche aus. Wäre aller Schutt, den die Wände im Laufe einer solchen Entwicklung geliefert hatten, an ihrem Fuße liegen geblieben, so würde er sie bis weit hinauf verhüllt haben, er wurde indes zum großen Teil durch rieselndes und fließendes Wasser — denn sicher noch waren die Große und die Kleine Grube damals, wie heute noch die Agnetendorfer unmittelbar an das Flußnetz des Tales angeschlossen — entweder über den Grubenboden verteilt oder nach außen weggeführt.

Als sich dann Schnee im Grubeninnern, wenigstens in den kühleren Jahreszeiten, dauernd hielt, lagerte sich ein Teil der Trümmer auf der weißen Decke ab und glitt auf oder in ihr langsam herab. Nachdem endlich das Klima sich soweit verschlechtert hatte, daß Schnee und Firn das ganze Jahr über den Boden bedeckten, da setzte mit voller Kraft eine ausräumende Tätigkeit dieser Massen ein.

Wirkt der Spaltenfrost formgebend vornehmlich auf das anstehende Gestein oder dessen größere Blöcke, so wird das feinere Trümmermaterial hauptsächlich durch eine Abart dieser Frostwirkung, den sog. Haarfrost, weiter zerstört und fortbewegt. Wenn das Sickerwasser in den kleinen Zwischenräumen zwischen den einzelnen Schutt- oder Erdteilchen gefriert, dann wird eine bedeutende Menge der oberen Steinchen oder Krümchen durch die ausschießenden bündelförmigen Eisläulen in die Höhe gehoben, beim Tauen fallen dann diese Partikel auf geneigtem Gelände meist nicht in ihre ursprüngliche Lage zurück, sondern gleiten etwas abwärts, ein Teil des sog. „Gehängekriechens“ des feineren Bodens wird demnach von diesem Haarfrost bewirkt. Einzelne größere Gesteinsbrocken, die in dem feineren Material liegen, werden ringsherum etwas freigelegt, indem der Haarfrost die erdigen Teilchen ein wenig abdrängt. Der so isolierte Stein rutscht dann bei Tauwetter leicht ein kleines Stück abwärts. Geht man bald nach Eintritt eines Frostes auf kieseligen oder grobsandigen Wegen, so merkt man die hebende Wirkung dieses Haarfrostes oft daran sehr deutlich, daß unter dem Tritt des Wanderers die in die Höhe gehobene, etwas hohle Oberschicht wieder herunterbricht. An feuchten Stellen, besonders an Böschungen, wo die Vegetation stellenweise fehlt, kann man mitunter diese Eisläulenbündel mit ihrer z. T. ziemlich dichten Erdschicht in sehr zierlicher Form ausgeschossen sehen. Bei der Ausbildung der Gruben hat dieser Haarfrost keine nennenswerte Rolle gespielt. Auf den abshülligen Wänden lagert verhältnismäßig wenig erdig-kieseliges Material, es wird meist bald nach seiner Bildung vom spülenden Regenwasser oder vom Wind weggeführt. An größeren ebenen Stellen, wie besonders am Grunde, wo mehr feinkörnige Trümmer und Erde angehäuft sind, findet sich bald eine schützende Vegetationsdecke ein, die die Wirkung des Haarfrostes sehr beeinträchtigt, zudem sind die flacheren Partien dann, wenn Fröste häufiger eintreten, gewöhnlich bald mit Schnee bedeckt. In den nackten Felsrinnen, wo neben den überwiegend vorkommenden gröberen Bruchstücken sich aber auch fein zertrümmerter Granitgrus und -Staub in größerer Menge findet, wird die Wirkung des Haarfrostes noch am bedeutendsten sein, indes selbst hier die des Spaltenfrostes nicht im entferntesten erreichen.

Auf sanftgeneigten Flächen anstehenden Gesteins, besonders wenn sie ein wenig konkav sind, können wir noch eine dritte Art der Kältewirkung, d. h. nur eine indirekte durch Schnee beobachten. Am Grunde ist eine Schneelage in den meisten Fällen feucht, denn wo der Schnee nur dünn liegt, dringt Tauwasser von oben her leicht hindurch, bei einer mächtigen Ansammlung bewirkt der Druck am Boden eine Erniedrigung des Gefrierpunktes, und zudem wird dann die Gesteinsoberfläche vor allzustarkem Wärmeverlust durch Ausstrahlung geschützt. Zahlreiche Beobachtungen haben ergeben, daß, wenn nicht sehr niedrige Lufttemperatur herrscht, die Bodenwärme unter dem Schnee ziemlich nahe um  $0^{\circ}$  herum liegt. Die stete Feuchtigkeit zersetzt das Gestein, hier den Granit, ziemlich stark, am stärksten dort, wo er am längsten liegt. Sind dann im Hoch- oder Spätsommer endlich die letzten Schneeflecke abgetaut, und führen heftige Regengüsse das unter ihnen zermürbte Material weg, so entstehen leicht flache Wannen. Da sich in ihnen der

nächste Schnee mehr als in der ebenen Nachbarschaft anhäuft, wiederholt sich leicht dieser Vorgang, der schließlich unter günstigen Bedingungen zur Bildung größerer und tieferer Hohlformen führen kann. Diese „Nivation“ hat wahrscheinlich die sog. Schneelöcher am Südabhang des Brunnberges geschaffen. An den Wänden der Gruben kommt sie wohl kaum zur Entwicklung, da größere, sanft geneigte, glatte Flächen anstehenden Gesteins in ihnen nicht vorhanden sind, dagegen hat sie sicher eine Rolle gespielt bei der Ausbildung ihrer relativ flachen Böden.

Nun müssen wir uns die wichtige Frage vorlegen: In welcher Höhenlage wird der Spaltenfrost das Maximum seiner Arbeitsleistung erreichen? Offenbar dort, wo am häufigsten ein Wechsel zwischen Gefrieren und Tauen eintritt, d. h. in der Nähe der Schneegrenze, dort wo sich bei unaufhörlichem Wechselspiel die verfestigenden und verflüssigenden Temperaturgrade im Durchschnitt das Gleichgewicht halten. Weiter unten sind die Sommermonate zu warm, die häufigen Schwankungen um den Gefrierpunkt auf einen kleineren Teil des Jahres, vornehmlich im Frühjahr und Herbst, beschränkt, in den Regionen des ewigen Schnees ist das Gelände meist durch die weiße Decke dauernd geschützt, auch freie Stellen sind hier dem Wechsel der Aggregatzustände des Wassers nur dann öfters unterworfen, wenn ihre Lage zu den Sonnenstrahlen günstig ist. Aber gerade an der Grenzzone zwischen dauernder Schneebedeckung und sommerlichem Grün finden sich selbst im Winter noch oft dank der kräftigen Insoilation Temperaturen bedeutend über  $0^{\circ}$  auf schneefreiem oder nur dünn mit Schnee bedecktem Gestein und umgekehrt selbst im Sommer häufig Kältegrade. Tatsächlich liegen auch die Kare allgemein in der Nähe, wenn auch nicht der heutigen, so doch der eiszeitlichen Schneegrenze.

Das führt nun zu dem berechtigten Schluß, daß Karbildung und Eiszeit in engem kausalen Zusammenhange miteinander stehen. Unsere Schneegruben reichen in der Tat bis zu der eiszeitlichen Schneegrenze hinab, die in unserem Gebirge nach Partschs Forschungen bei ca. 1200 m zu suchen ist. Dieser Zusammenhang ist allgemein anerkannt, aber nicht immer genau genug begrenzt worden. Die Gruben haben nach dem früher Gesagten schon lange vorher bestanden, zuerst als flache, rückwärts geschlossene Mulden bereits in einem früheren Zyklus, dann nach der letzten Gebirgsbildung und der Erniedrigung der Erosionsbasis als tiefer und kräftiger eingelassene Quelltrichter. Die Karform aber konnten sie nicht in dem milden Klima des mittleren und späten Tertiärs erhalten, wo die Wirkung des Spaltenfrostes sich nicht zu entfalten vermochte. Als aber dann die Eiszeit allmählich herannahte, das Klima mit vielen Oszillationen im einzelnen kühler und feuchter wurde, traten zunächst Witterungszustände ein, die etwa den heutigen entsprechen, dann klimatische Verhältnisse analog denen an der jetzigen Schneegrenze etwa der Zentralalpen. Nun waren die Schneegruben in ihrem Innern erfüllt mit gewaltigen, nie ganz wegsmelzenden weißen Massen, von Schnee, Firn und Eis, weit hinauf an den Böschungen erstreckten sie sich, nur die freilichsten Stellen der oberen Wände werden sich besonders im Sommer als unterbrochene dunkle Streifen oder ausgeaperte Flecken zwischen dem Weiß im Innern der Gruben und dem auf dem Kamplateau abgehoben haben.

Die außerordentliche Mächtigkeit der Schneemenge in den Gruben, die auch heute noch jeden überrascht, der sie zum ersten Mal etwa am Ende des Winters erblickt, kommt daher, daß in ihnen nicht allein der Schnee lagert, der in ihnen fällt, sondern dazu noch gewaltige Mengen sich anhäufen, die in sie hineingeweht werden oder in sie stürzen. Denn nur bei windstillem Wetter oder bei schwacher Luftbewegung lagern sich die fallenden Flocken

gleichmäßig im Gebirge ab. Das ist aber in der Regel nicht der Fall. Ausgiebigen Schnee bringen gewöhnlich nur die Winde, bes. die aus W., die oft in Schneetürme übergehen. Wehen aus S. W., S. und S. O. Winde beim Schneefall, so wird ein bedeutender Teil der Flocken nahe dem Boden von den benachbarten Flächen des Kammes, die dem Luftstrom kein nennenswertes Hindernis entgegensetzen, fortgetrieben bis über die Ränder der Gruben und fällt im Innern dort nieder, wo im Windschatten die Schwere über die abnehmende Triebkraft die Oberhand gewinnt. W. und O.-Winde werden auf diese Weise gleichfalls die Schneemenge der Gruben vermehren, indes in schwächerem Grade, weil auf den seitlichen Kamböschungen die Vegetation, vornehmlich das Knieholz, die freie Bewegung der Flocken hindert und einen großen Teil zwischen sich festhält. Sogar die Nordwinde, die von der Böschung des Hanges vom Tale her zum Aufsteigen gezwungen werden, schleudern über die vorgelagerten Hügel hinweg noch reichlich Schnee in das Innere der Gruben und lagern ihn hauptsächlich dort ab, wo kräftige Hindernisse im Relief, bes. die Wände einen Anprall und kurzen Rückstau bewirken. So vollzieht sich fast bei jedem Schneefall eine starke Vermehrung der Schneemassen in den Gruben. Es kommt noch hinzu der nicht zu unterschätzende Betrag, der mitunter selbst bei trockenem, hellem Wetter in das Grubeninnere gelangt. Schon leichte Luftbewegungen aus S., W. und O. schieben, so lange der vorher gefallene Schnee noch locker ist, die oberste Schicht in der Nähe der oberen Ränder allmählich seitwärts, bis sie an die Kante gelangen und über sie herabzuriefeln beginnen; kräftigere Winde heben die Schneekristalle auf, funkelnd erfüllen sie die klare Luft, noch stärkere Windstöße jagen ganze Schneewirbel empor, ja ein Sturm treibt dichte Schneewolken auf und hüllt den ganzen Kamrand in einen weißen Schleier. Ein bedeutender Teil dieser aufgestörten Schneemenge fällt dann nicht mehr auf den Kamm und seine Böschung, sondern in das Grubeninnere nieder. Ausgebildete große Staublawinen dagegen, wie sie sich häufig in den Alpen zeigen, wo auf einmal ungeheure Massen losen Schnees, von ihrer Unterlage abgelöst und in die Luft zerfliebt, mit unwiderstehlicher Kraft abwärts fahren, können an den Gruben kaum vorkommen. Die Vorbedingungen, steil geböschte, aber verhältnismäßig ebene Schneefelder, fehlen. Denn die Kammflächen sind fast eben, die Böschungen zwar an sich steil genug, aber so dicht mit Vegetation bestanden oder wie am Hohen Rade so uneben durch das große Kaliber der Blöcke, daß der Schnee zu viel Halt an der Unterfläche besitzt. Die Wände der Gruben sind entweder so zerklüftet, daß sich auf ihnen kein zusammenhängendes größeres Schneefeld ausbilden kann, oder auch so steil, daß ein dichtes Schneelager auf ihnen überhaupt nicht entsteht. Dagegen kommt es öfters vor, daß kleine, embryonale Grundlawinen in die Gruben stürzen, d. h. Massen von festerem Schnee, der sich oben an den Rändern angeklebt, in der Form von überhängenden Wächten angesammelt hat, und dann durch Tauwirkung am Boden oder infolge allzugroßer Gewichtszunahme durch neue Schneemengen den Halt verliert und in die Tiefe bricht. Der relativ geringe Raum, auf dem sich solche Bildungen entwickeln, verbietet indes ihre größere Ausbildung. Ins Innere der Gruben führen zudem noch die zahlreichen, aber meist kleinen Schneerutsche von den Wänden her weiteres Schneematerial.

Es ist einleuchtend, wie diese Vorgänge, Schneeverwehungen, Schneewirbel, Staublawinen, Schneerutsche, die bestrebt sind, das Innere der Gruben mit gewaltigen Schneemassen zu erfüllen, umgekehrt, zum Teil wenigstens, dazu führen, daß die oberen Ränder und die oberen Teile der steilen Böschungen von Schnee entblößt werden. Sie bleiben

daher den Wirkungen der Atmosphärrillen, vor allem dem Spaltenfroste ungeschützt ausgesetzt. Schon lange sind in der Gegenwart die Grundflächen der Gruben wie die unteren Abschnitte der Wände beim Einsetzen der kalten Jahreszeit begraben unter einer mächtigen weißen Decke, aber noch ragen dunkel die Zacken, Leisten, Grate und die jähten Partien der Felswände durch die im oberen Teile der Gruben dünner abgelagerte Schneehülle hindurch, nur vorübergehend von einem neuen Schneefall verdeckt. Andererseits haben sie bereits lange im Frühjahr das weiße Gewand abgelegt, wenn im Innern der Kare noch fast unvermindert die starren Massen lagern. Selbst im Winter werden oft einzelne, mitunter sogar ausgedehnte Flächen der Wände schneefrei, vornehmlich bei sonnigem, oberflächliches Abtauen begünstigendem Wetter. Nur nach ausgiebigen Schneefällen bei ruhigem Wetter umkleiden sich auch diese Stellen mit dichterem Schnee.

Wenn man im Spätherbst an einem kühlen Morgen auf einmal die am Tage vorher noch fahl, gelb bis dunkelgrau aufragenden Wände mit einer eigentümlichen, nicht rein weißen, sondern etwas grau schimmernden Schicht überzogen sieht, so rührt das von dem in diesen Regionen häufigen Raureif oder „Anraum“ her. Da er sich als ein Niederschlag aus erkalteter und dadurch mit Feuchtigkeit überlätigter Luft hauptsächlich nur auf der Vegetation und den kleinen ihre Nachbarschaft etwas überragenden Unebenheiten des Gesteins oder Gerölls absetzt, in der Regel auch nicht lange von Bestand ist, wird er kaum eine nennenswerte zerstörende Wirkung auf die Gesteinsmassen im großen ausüben, wenn er sich auch mitunter in erheblicher Mächtigkeit bildet.

Die oberen schneefreien Ränder und Wände werden nun in weit größerem Betrage zerriffen und zernagt als die durch den Schnee geschützten unteren Teile. Erwägt man daher, daß während der maximalen Ausbildung der Eiszeit, die in den Gruben lagernden Schnee- und Firnmassen sicher noch ungleich bedeutender waren als heute selbst in den niederschlagsreichsten Wintern, daß die weiße zusammenhängende Schutzdecke viel weiter hinaufreichte, daß zudem wahrscheinlich auch die mächtige Decke des Kammes ohne größere Unterbrechungen hinabging in die Gruben, so kommt man zu dem Schluß: Gerade in der vollsten Entwicklung der Eiszeit hat die Karbildung an den Wänden nicht, wie vielfach gemeint wurde, eine Beschleunigung und Verstärkung, sondern im Gegenteil eine bedeutende Verlangsamung und Abschwächung erlitten. Erst als am Ende der Eiszeit und vorher vielleicht vorübergehend auch schon in den interglazialen Perioden die Schneemassen abnahmen und während der Sommer an den Hängen ganz verschwanden, konnte die subaërische Zerstörung wieder in vollem Umfange an ihnen arbeiten, wie sie es noch heute tut. So wurden die Gruben aus dem jugendlichen Stadium, in dem sie die Eiszeit übernahm, allmählich übergeführt in das heutige frühreife.

Bei der Ausbildung der Rücken- und Seitenwände der Karhohlformen spielt nach den neueren Forschungen noch der sogenannte „Bergschlund“ eine in manchen Fällen sicher nicht unbeträchtliche Rolle. Es hat sich ergeben — besonders durch eine Reihe von genauen Untersuchungen in den Firnbecken einiger Alpengletscher —, daß die Schnee- resp. Firnmassen dort, wo die stärker geneigte Böschung einer Mulde oder eines schon weiter ausgebildeten Kars unten übergeht in den viel sanfter abfallenden Boden, einen mehr oder weniger regelmäßig ausgebildeten Spalt zeigen, der die Lage der unteren Gefällsbruchlinie andeutet. Dieser Riß — oder dieses System von Rissen bei größerem Umfang der oberen Begrenzung des inneren Schneefeldes — rührt daher, daß die über und neben der steilgeböschten Hohlform lagernden Schneemassen fest auf ihrer flacheren Unterlage haften, die

innerhalb von ihr aufgehäuften Mengen dagegen, weil sie schon im Bereich der Firnmulde liegen, einbezogen werden in die allgemeine nach abwärts und talwärts gerichtete Bewegung des Firns. An den Stellen, wo die oberen Enden der Mulde ausgebildet sind als steile Felswände, wie es bei Karrückwänden in der Regel der Fall ist, wird auf die Weise oft die ganze viele Meter mächtige Schneemasse durch diesen dann von oben nach unten durchgehenden „Bergschrund“ etwas von der hinteren Wand abgerückt. Daß in ihm größere Steine und feineres Schuttmaterial vom Rand her auf den Grund stürzen und von dort allmählich unter die weiter abwärtsliegende Firnmasse gelangen können, wo sie auf deren Unterlage erodierend wirken, ist unzweifelhaft. Sie liefern demnach einen Teil der „Grundmoräne“ eines Firnbeckens. Desgleichen wird die in diesem Spalt zirkulierende Luft und Feuchtigkeit die Erosion an der rückwärtigen Gesteinswand verstärken, um so mehr als diese freiliegenden Flächen in häufiger Abwechslung bald mit einer dicht angefrorenen Schicht von Eis oder Firn überzogen, bald wieder durch Temperaturen über  $0^{\circ}$ , die von oben her eindringen, eis- und schneefrei werden können, also die absplittende Erosion hier wirksam arbeitet. Wie dadurch eine steile Wand steil erhalten wird, wie sie, wengleich sehr langsam, etwas gegen die Kammlinie hin vorgeloben werden kann, wie endlich ihr Fuß im Laufe der Zeit etwas tiefer zu liegen kommt, demnach die Höhe der Wand auch nach unten ein wenig zunimmt, ist einzusehen; ebenso ist es klar, daß der Gefällsbruch an der Grenze zwischen dem unteren Ausgange der Steilwände und dem oberen Rande des Bodens durch den Bergschrund noch verschärft werden kann. Wenn aber die Theorie aufgestellt worden ist, dieser „Bergschrund“ habe den Anlaß gegeben zur Karbildung, so ist das als eine übertriebene Auffassung von seiner Wirksamkeit zu bezeichnen und abzulehnen. Es erscheint nicht als einleuchtend, wie eine sanftgeböschte Gesteinspartie durch ihn in eine jähe Felsmauer umgewandelt, d. h. eine Karwand neu geschaffen werden soll. Es fehlt übrigens auch der Nachweis, daß der Bergschrund durchgängig oder wenigstens in der Mehrzahl der Kare, die heute noch Firnbecken darstellen, ausgebildet ist. Daß in unseren Schneegruben während der Eiszeit solche Spalten am oberen Rande der Firnfelder sich gezeigt haben, kann zwar mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden, denn noch heute sieht man „Randklüfte“ zwischen der Rückwand und den hoch vor ihr am unteren Grubenrande angehäuften Schneemassen; einen entscheidenden Einfluß auf die Entstehung ihrer „Großformen“ haben sie indes wohl nicht gehabt.

Wenn den vorhergehenden Darlegungen zufolge während der größten Entwicklung der Eiszeit die Grubenwände — abgesehen von der Einwirkung durch den Bergschrund — unter dem Schutze der einheitlichen Schneedecke den zerstörenden Kräften mehr entzogen waren als vorher und nachher, so wurde im Gegensatz dazu der Boden im Innern stark bearbeitet. Unter dem gewaltigen Druck der immer neu sich auflagernden Schneemassen waren die unteren in Firn und weiter außerhalb in Eis verwandelten Schichten gezwungen, auszuweichen, eine talwärts gerichtete langsame, aber stetige Bewegung anzunehmen, bis sie weit unter ihrer ursprünglichen Lagerungsstelle endlich abschmolzen; d. h. sie bildeten einen regelrechten Gletscher. Noch heute kann man aus der regelmäßig ovalen Form der dunklen Schmutzstreifen auf alten Schneefeldern in den Gruben und auch anderwärts erkennen, daß selbst in diesen Schneemassen eine Bewegung der einzelnen Teile nach unten hin stattfindet. Die dadurch am Grunde verursachte Reibung, die schon wegen des hohen auf den untersten Firnschichten lagernden Druckes beträchtlich war, wurde noch vermehrt durch das am Boden mit fortgeschleppte Gesteinsmaterial in feinen und groben Stücken, das vom

Rande her hauptsächlich — teilweise aber auch von der Oberfläche — unter die Firnmassen geraten war, ebenso wie jetzt noch das Eis und der Schnee in den Gruben vielfach Mengen von grobem und feinem Geröll und erdigem Material enthält. Dadurch wurden kleinere Unebenheiten abgetragen, größere gerundet und abgeschliffen, alles lose, früher hier abgelagerte Material herausgeschafft, der ganze Boden allmählich durch splitternde Erosion nach der Mitte zu, wo der Druck und auch die Geschwindigkeit der bewegten Massen am bedeutendsten ist, ausgehöhlt. Allerdings ist der Betrag dieser „Exkavation“ gering im Verhältnis zu der Erosion durch die Atmosphärien, besonders durch fließendes Wasser und den Spaltenfrost, so daß auch der Boden eines solchen Firnbeckens relativ geschützt bleibt. Wird die Hohlform bei einem trockneren, wärmeren Klima schneefrei, so bilden die glatten, rundlichen Konturen ihres Bodens wie z. T. der ihm zunächst gelegenen unteren Wandabschnitte einen auffälligen Gegensatz zu den schroffen Felswänden mit ihren oft bizarren, wildzerrillenen Runfen, Nischen, Zacken, Türmen und Spitzen. Es ist der Kontrast, der uns heute noch zwischen dem Boden und den Wänden der Gruben entgegentritt, ein Beweis, daß die Eiszeit, deren Spuren wir hier noch so deutlich finden, geologisch gesprochen, noch nicht lange vorüber ist. An den unteren Teilen der Wände ist jetzt allerdings in den Gruben die glättende Wirkung durch Firn und Eis nicht mehr bemerkbar, die Verwitterung hat diese Spuren wohl schon ganz wieder zerstört, und wenn etwa wo noch geglättete Stellen vorhanden wären, so sind sie von dem an den unteren Grubenwänden lagernden Schutt verdeckt. Wegen der leichten Verwitterung des Granits und seiner ungleichen, rauhen Oberfläche ist es nicht verwunderbar, daß deutliche Kratzungen durch das Eis an Gesteinen, Gletscherschliffe an anstehenden Felsen fehlen. Den nackten Felsboden treffen wir in ihrem Innern auch nicht mehr an, er hat sich bedeckt mit einer dünnen Erdschicht, die entstanden ist aus der neuverwitterten Gesteinsoberfläche und feinem Material, welches Wind und Wasser von den z. T. stark zeretzten benachbarten Wandflächen herbeigetragen haben. Daß daneben wieder größere Gesteinsbruchstücke, selbst Blöcke sich in den mittleren Abschnitten des Grubeninnern finden, ist nicht verwunderlich, Regengüsse schwemmen gelegentlich sogar recht schwere Steine von den randlichen Schuttkegeln herein, Blöcke, die sich von den Wänden loslösen, rollen weithin abwärts, andere schleppt oder stürzt eine Schneemasse mit hinab. Aber trotz alledem ist es noch heute auffällig, wie verhältnismäßig steinfrei die untere Wiese in der Agnetendorfer, die obere, hintere, in der Großen Grube ist. In der Kleinen Grube dagegen zieht sich, wie schon bemerkt, eine breite Schuttlunge über die Mitte des Bodens hin abwärts.

#### 4. Die verschiedene Ausbildung der drei Gruben.

Diese abweichende Gestaltung führt uns zu der Frage: Woher kommen denn die so auffälligen Unterschiede in der Bildung unserer drei Gruben?

Aber ehe wir die Beantwortung dieser Frage versuchen, müssen wir uns noch vergegenwärtigen, wie vermutlich die Gletscher gestaltet waren, die einst von ihnen ausgingen. Bei Beginn der Eiszeit wurde der Kamm — noch Analogie heutiger Verhältnisse z. B. in den Alpen oder in Skandinavien zu schließen — noch alljährlich schneefrei, in den Gruben aber, ebenso wie im Melzergrund, an den Teichen, vermutlich auch in der Seifengrube und in den entsprechenden Mulden der Südseite des Gebirges, über Sommern allmählich immer mehr Schnee- und Firnmassen, die dann bei weiterer Verschlechterung des Klimas

begannen, zuerst kleine, bald indes stärker anwachsende Gletscher zu entfenden. Von den Moränen, die sie aufgeschüttet haben mögen, ist nichts erhalten, da sie später durch die mächtigeren Eisströme während des Maximums der Eiszeit zerstört und weggeschafft wurden. In dieser Periode lagen sicher die gesamte Kammfläche und die oberen Böschungen bis herab zu einer Höhe von ca. 1200 m unter einer dicken, zusammenhängenden Schneedecke, aus der nur die wahrscheinlich im Sommer wenigstens teilweise schneefreigewordenen Gipfel der Koppe und des Hohen Rades, vielleicht auch der Sturmhauben, der Veilchenspitze selbst der des Reifträgers dunkel hervorragten, ebenso wie auch die größeren der isolierten „Steine“. Das gleiche fand sicherlich statt an den steilsten Stellen der oberen Grubenwände, denn die Vorstellung, daß die Kare im Höhepunkt der Eiszeit etwa völlig von Schnee und Firn ausgefüllt gewesen seien, ist abzulehnen. Vergleichende Beobachtungen, besonders in den skandinavischen Gebirgen beweisen ihre Unrichtigkeit. Überhaupt scheint die Schneemenge, die damals auf den freien Flächen unseres Gebirges lag, nicht allzuviel die Mächtigkeit einer Decke übertroffen zu haben, wie sie gelegentlich auch heute noch nach ungewöhnlich starken Schneefällen vorkommen kann; der Unterschied beruht darin, daß diese Decke dauernd in bedeutender Dicke erhalten blieb. Die unteren Lagen wurden durch den Druck zu Firn, um dann an den Böschungen allmählich abwärts gepreßt zu werden, bis sie endlich in Regionen kamen, wo sie im Sommer abschmolzen. Ihre unteren Ränder sind sicher stark vereist gewesen, wahrscheinlich haben sie stellenweise ganz kleine franzenartige Gletscher gebildet. In den Hohlformen, in die der Überschuß der Schneedecke der benachbarten Kammregionen hineingeweht wurde oder auch gelegentlich als Schneewächte abstürzte, mußten sich allerdings die Firnmassen ganz gewaltig aufgehäuft haben, und die Kare sind es daher gewesen, aus denen die großen Gletscher unseres Gebirges hervorgegangen sind. Daß die aus den Gruben kommenden Gletscher aber ihr Nährgebiet auf der Kammhochfläche selbst gehabt hätten, die Ansicht ist unbedingt abzulehnen. Die über die Kammkante in die Hohlräume der Kare abfließenden Firnmassen hätten alle Gefällsbrüche ausgleichen, die Grubenwände glätten und ihren Böschungswinkel erniedrigen müssen, was doch keineswegs geschehen ist.

Die Gletscher sind also immer nur Kargletscher geblieben, wenn sie auch recht stattliche Maße gewannen. Denn zur Zeit ihrer größten Ausdehnung reichten die Eisströme, die aus den beiden Gruben im Westen entfendet wurden, von deren Ausgang in nördlicher Richtung fast  $1\frac{1}{2}$  km, von der Rückwand der Großen Grube ca. 2 km bis zu 960 m hinab und bildeten dort an ihrem tiefsten nachweisbaren Punkte als deutliche Endmoränen die im ersten Teile beschriebenen bogenförmigen Blockaufhäufungen in den Bärldörfern und westlich davon (ca. 1050 m bis 960 m Höhe). Als aber dann das Klima wieder milder und trockener wurde, die Firnmassen primären und sekundären Ursprungs, die in den Gruben lagerten, nun abnahmen, sparsamer abflossen und schneller abschmolzen, zogen sich die Zungenenden des Doppelgletschers nach S. S. W. zurück, indem sie ihr Schritt für Schritt verlassenes Bett mit groben Gesteinsmassen überschütteten. Da das ganze Vorland der beiden Gruben mit diesen gewaltigen Mengen von groben Granittrümmern dicht bedeckt ist, feineres, die Lücken zwischen den Blöcken ausfüllendes Gesteinsmaterial nur z. T. sich findet, so erscheint es keineswegs wunderbar, daß die Entwässerung der beiden Kare in diesem stark wasserdurchlässigen Gebiet jetzt unterirdisch erfolgt, daß die Quellbäche der Raufchenden Kochel erst bei den Bärldörfern hervortreten. Längere Zeit, die hinreichte zur Aufschüttung eines mächtigen Endmoränenbogens, des größten im ganzen Bereiche der

Schnee gruben, blieb das Ende der Eismassen erst wieder konstant zwischen 1250 und 1200 m, sei es, daß hier einfach der Gletscherrückzug für eine gewisse Dauer aufhörte, oder daß das Eis unmittelbar vor diesem Stadium sogar noch etwas weiter südwärts gewichen war und dann einen kleinen erneuten Vorstoß in das unlängs verlassene Gebiet unternahm. Die zweite Annahme liegt bei dem oszillatorischen Charakter der „intraglazialen“ Temperaturverhältnisse sehr nahe. Das Klima muß sich in der Zeit zwischen der Bildung des ersten und des zweiten Moränenystems schon bedeutend gebessert haben, denn die Länge des Gesamtgletschergebietes — Firnbecken und Zunge — hat sich auf die Hälfte seiner größten Ausdehnung zusammengezogen, und zwar so, daß den Verlust fast ganz allein die Zunge erlitten hat, die auf ein Drittel ihrer Länge zusammengesmolzen ist. Hatten wir im ersten Stadium ein normales Verhältnis der Ausdehnung der Firnbecken und der Zunge von 1:3, d. h. einen wohlausgebildeten Gletscher vor uns, so kommen sich jetzt beide Gebiete in der Länge einander ziemlich gleich, die Gletscherzunge ist verkümmert. Übertraf ferner die Länge des Gletschergebietes in seiner maximalen Entwicklung die Breite etwa um das  $2\frac{1}{2}$  fache, so sind nunmehr beide Dimensionen einander annähernd gleich.

In der Ausbildung dieser beiden Moränenysteme zeigt sich ein auf den ersten Blick recht verwunderlicher Unterschied: Die scharfe Zweiteilung des unteren in einen westlichen, von den Eismassen der Kleinen Grube aufgehäuften Bogen und einen östlichen Doppelbogen, das Erzeugnis des von der Großen Grube herkommenden Eises, und im augenfälligen Gegensatz dazu die Einheitlichkeit des südlichen Moränenbogens, der das Vorland beider Gruben überspannt. Es ist die Ansicht ausgesprochen worden, zur Zeit der größten Ausdehnung der Gletscher seien die Gruben noch kleiner als heute gewesen und der sie trennende Grat so breit, daß die aus beiden Karen austretenden Eisströme genügend weit von einander entfernt gewesen seien, um ohne gegenseitige Störung und ohne Verschmelzung bis zu ihrem Ende hinabzuziehen. Während sich der zweite, obere Moränenwall bildete, seien aber die Gruben schon so weit ausgehöhlt, der Zwischengrat schon so verschmälert gewesen, daß vor ihnen die Eismassen von links und rechts her sich vereinigen und eine gemeinsame Endmoräne aufbauen konnten. Nun ist es zwar unzweifelhaft, daß zur Zeit der größten Gletscherentwicklung die Gruben kleiner gewesen sind als heute, aber wir müssen den Hauptunterschied gegen die jetzigen Dimensionen nicht in der Breitenausdehnung (N. W. = S. O.) sondern in der Länge (N. O. = S. W.) und in der Tiefe der Hohlformen suchen. Kare zeigen in ihrem unvollendeten Stadium kaum ein genaues, nur verkleinertes Urbild ihrer reifen Form, sondern bilden, wie aus ihrer Entstehungsgeschichte hervorgeht, relativ viel flachere, weniger tiefe und weniger weit in die Gebirgsmasse eingelassene Kessel als später. Zudem muß man bedenken, daß nicht etwa alles heute in dem Moränengebiet abgelagerte Material von dem einstmals in den Gruben selbst anstehenden Gestein geliefert worden ist. Vielmehr stammt ein bedeutender Bruchteil von den benachbarten Gipfeln und der Kammfläche. Bei Beginn der Eiszeit war diese, wie heute noch der Gipfel des Hohen Rades und der Veilchenspitze, bedeckt mit zahllosen, z. T. sehr umfangreichen Blöcken, die erst durch den abwärtsgleitenden Firn hinabgeführt wurden. Zudem zeigt die Gesamtbreite der untersten Moränenwälle, die doch der des aus beiden Gruben kommenden Eises entsprochen haben wird, daselbe Maß wie die Große und die Kleine Grube zusammen in ihrer jetzigen Ausbildung. Und haben sich, darnach zu schließen, die äußeren Grubenwände nicht merklich verschoben, so ist es nicht wahrscheinlich, daß dies in erheblich größerem Umfange bei dem Grat der Fall gewesen ist. Diese Breite des untersten

Moränenystems endlich zu erklären durch eine divergierende Richtung der beiden getrennten Gletscher von ihrem Austritt aus den Gruben an, dem widerspricht die Gestaltung des Vorlandes derselben. Das Eis muß in einer Richtung geflossen sein, die gegeben ist durch die Lage der zwei nördlichen Kochelteiche und der beiden nördlich davon liegenden kleinen Pfuhle, d. h. in der annähernd meridionalen Richtung, in der sich noch heute die (unterirdische) Entwässerung der Gruben vollzieht. Beide Gletscher sind also an deren Ausgang etwas nach links umbogen, und zwar der der Großen um das Ende des Grates, dann haben sie sich, wie ich annehmen möchte, sogleich vereinigt und sind genau nach Norden geflossen. Es ist mit einiger Sicherheit anzunehmen, daß hier die Eismassen eine präglaziale Talrinne benutzten, die die Gewässer der Gruben abwärts geführt hatte. Da diese mit ihrer fast genau nördlichen Neigung nicht der allgemeinen Abdachung des Kammes nach N. N. O. folgte, liegen die Moränen der „großen“ Eiszeit etwas westlicher, als man nach den Terrainverhältnissen erwarten sollte, man würde sie zunächst zu beiden Seiten des Bärengrabens suchen. Wie ist nun aber die Trennung der Endmoränen zu erklären, wenn man annimmt, daß die aus beiden Gruben kommenden Eisströme sich am nördlichen Fuße des Grates vereinigt haben? Dort, wo sie ihr Ende erreichten, scheint auch damals das Gelände von keiner bedeutenderen Erosionsfurche durchzogen gewesen zu sein, der alte schmale Riß, durch den vielleicht noch das Wasser aus dem Kargelände abfloß, war rasch mit Schutt erfüllt. Auch dicht unterhalb der Moränenbogen läßt sich keine Spur eines größeren alten Wasserlaufes erkennen, sodaß die Annahme nahe liegt, alles Schmelzwasser sei unterirdisch oder in einzelnen dünnen oberirdischen Wasserfäden abgelaufen, die sich erst weiter unterhalb vereinigten, wie es heute noch die Quellbäche der Niederen Kochel tun. Sie nehmen wahrscheinlich auch den gleichen Weg. Der unterste Teil des Gletschers floß also hier auf ganz offenem, fast ebenem, mäßig nach N. N. O. geneigtem Untergrunde. Hier konnte eine geringfügige Erhebung im Gelände, die sich dem Eise entgegenstellte, dessen Ende, das durch Seitenwände nicht mehr zusammengehalten wurde, in zwei lappenartige Stücke zerlegen, so daß die kleinere westliche Hälfte ihre ursprüngliche Richtung beibehielt, die größere entsprechend der allgemeinen Böschung ein wenig nach O. abgelenkt wurde. Wir hätten hier also eine, allerdings winzige Diffluenz des Eises.

Bei der Betrachtung des jüngeren Moränenzuges, der geschlossen den Ausgang beider Gruben überspannt, zeigt zunächst die asymmetrische Ausbildung der beiden Flügel, daß auch der schon bedeutend zusammengeschmolzene Eisstrom dieser Periode die oben erwähnte Linkswendung beibehalten hat, daß auch damals die östliche Seite viel mehr Schuttmaterial heranzuführen als die westliche. Wenn trotzdem der westliche Flügel in seinem höchsten Punkte (1232 m) weiter aufragt als der östliche (1212 m), so ist das zu erklären durch seine Lage dicht vor dem hier ca. 1250 m hohen Grubenrande. Er ist von demselben nur etwa 200 m, der gegenüberliegende, um 20 m tiefere Gipfel der östlichen größeren Hälfte aber fast vier mal so weit entfernt. Die Kimme zwischen den beiden Bogenhälften kann nicht als Erosionsrinne aufgefaßt werden, da in ihr bei ihrer hohen Lage kaum je ein Bach geflossen ist, sondern als eine Stelle geringerer Gesteinsanhäufung, indem der schmale Grat bei weitem nicht so viel Material liefern konnte, als die Grubenwände und ihr rückwärtiges Gebiet es taten. Die Depression dicht f. davor mit ihrem runden Pfuhl, in den der Bach der Kleinen Grube mündet, ist vielleicht infolge der Auschürfung durch das Gletscherende entstanden, sie wäre dann ein sog. „Zungenbecken“, ein normaler Bestandteil einer regelmäßig ausgebildeten Moränenanlage.

Konnten wir bisher eine allgemeine Analogie in der Ausbildung der vor beiden Gruben aufgebauten Moränenbildungen feststellen, nur daß die im O. mächtiger entwickelt waren als die westlichen, so muß die Tatsache zunächst als auffallend erscheinen, daß die Große Grube noch zwei weitere nach dem Innern zu gelegene Höhenzüge aufweist, von denen der untere sicher, der obere wenigstens mit großer Wahrscheinlichkeit als Endmoräne aufzufassen ist, während uns in der Kleinen Grube keine derartige Bildung mehr begegnet. Die Erklärung, an die man zunächst denken könnte, die westliche Grube sei eben in dieser dritten und vierten Periode der Vereisung schon ziemlich firnfrei gewesen im Gegensatz zu ihrer noch mit bedeutenden Firn- und Eismassen angefüllten Nachbarin, wäre ohne weiteres abzulehnen. Dazu sind die beiden Kare nach Lage, Größe und Form einander viel zu ähnlich, im Gegenteil liegen heute in der Regel die letzten Schneerefte noch einige Zeit in der Kleinen Grube, wenn in der Großen schon jede Spur eines Schneefleckes verschwunden ist, und eine nennenswerte Änderung in der Ausgestaltung der Hohlformen im Großem hat sich, wie man bei entsprechenden alpinen Bildungen erkannt hat, seit dem Ausgange der Eiszeit nicht vollzogen.

Der Unterschied rührt vielmehr her: erstens von der ungleich mächtigeren Schuttmenge, die in und vor der Großen Grube zur Ablagerung kam und noch kommt, und zweitens von der Verschiedenheit der Umrißform und der Neigungsverhältnisse des Bodens in beiden Kesseln. Die Schutt- und Blockführung der Großen Grube ist wiederum aus zwei Gründen bedeutender als die der Kleinen. Sie ist, wie die topographische Beschreibung zeigte, nach hinten und unten weit tiefgehender zerstört worden, hat also mehr Trümmer geliefert als ihre Nachbarin, und zudem steuerte die gewaltige, hoch aufragende, mit ungeheuren Blockmassen bedeckte Kuppe des Hohen Rades vielmal mehr Material bei als der niedrigere, nach W. sogar etwas vom Rande der Kleinen Grube her abfallende glatte Kamm hinter und neben diesem Kar. Der stark zersplitterte Gipfel der Veilchen Spitze ist von ihm schon zu weit entfernt, um auch nur annähernd gleiche Trümmermassen wie das Hohe Rad entladen zu können. Daß die Hauptmasse des dritten Höhenzuges, der im äußeren Teile der Großen Grube die drei Kodelteiche auf der O., N. O. und N. Seite umgibt, von dem letztgenannten Gipfel herkommt, und zwar z. T. direkt durch Absturz, zeigt die Längsrichtung dieser demnach nicht als ganz reine Moränenbildung aufzufassenden Höhenzone. Sie entspricht der Linie stärksten Falls von der Spitze des Hohen Rades her. Der vierte, im Innern der Grube aus Gesteinstrümmern zusammengesetzte Bogen dagegen, baut sich fast ausschließlich auf aus Material, das die Runfen, Nischen und Felswände des Kars selbst geliefert haben. Damit wäre zwar erläutert, warum diese Gebilde in der Großen Grube viel stärker hervortreten, noch nicht aber, warum sie in der Kleinen völlig fehlen.

Das erklären uns indes folgende zwei Umstände: Der untere Rand der Steilwände liegt in der Großen Grube bedeutend niedriger als in der westlichen, ihr Boden ist also gegen den mittleren Teil des Innenrandes des zweiten Moränenzuges schwächer geneigt als bei dieser, ferner verlaufen in ihrem annähernd halbkreisförmigen Grunde die Neigungslinien überwiegend radial vom Fußende der Schroffen her gegen die Mitte, während sie in der Kleinen Grube mehr parallel nach außen ziehen. Beides kann man untermittelbar beobachten: Im Sommer sieht man deutlich, wie die Schuttströme der Großen Grube aus den Runfen und Nischen nach dem kleinen mittleren Wiesenfleck hin konvergieren, die des westlichen Kars indes zungenförmig nach auswärts laufen. Im Winter bemerkt man, wie das stark geneigte zusammenhängende Schneefeld aus dem Grunde der Kleinen Grube sich

gleichmäßig hoch hinaufzieht bis über die Fußlinie der Steilwände, während in der Großen Grube die viel schwächer geböschte Schneefläche tief unten nahe den Ausgängen der Nischen und Runfen schon ihr Ende findet. Allerdings ist bei der Ansammlung der größten Schneemassen am Ausgang des Winters der Winkel zwischen dem oberen Ende des Grubeninnern und dem unteren Teile der Felsmauern vollständig ausgefüllt und sind auch noch die mittleren Teile der Wände meist dicht in Schnee und Eis gehüllt, aber immer kann man doch noch deutlich die Grenzzone zwischen Grund und Wand unterscheiden. Sehr schön zeigt diesen Unterschied der Schneelage auf dem Boden der Gruben ein prächtiges, mit feinem Verständnis gemaltes Bild von Widmann, dem Künstler, der gerade das Gebiet der Schneegruben und ihres Vorlandes bis hin nach der aufblühenden Sommerfrische Kiefernwald zum Gegenstande seines Studiums gemacht hat. Wer einmal die gastlichen Räume des „Schneegrubenhoteles“ in diesem Gebirgsdorfe betritt, unterlasse nicht, einen Blick auf das stimmungsvolle Bild zu werfen. Es ist auf Grund dieser Formenunterschiede anzunehmen, daß die geringeren Schuttmassen der Kleinen Grube durch das Eis auf dem steileren, daher den Transport erleichternden Boden hinabgeführt wurden bis unmittelbar an den zweiten Moränenwall oder vor ihm, als der Eisrand weiter zurückging, ziemlich gleichmäßig zerstreut zur Abgelagerung kamen und den unteren Teil des Grubeninnern allmählich etwas erhöhten. So läßt sich der Übergang des bis ca. 1270 m hinabreichenden steilen Gefälles am Boden der Kleinen Grube in ein sanfteres unterhalb dieser Höhenlinie deuten. Da der Innenrand der zweiten Moräne von der Hinterwand dieses Kars nur ca. 700 m entfernt ist, d. h. kaum weiter als die Rückwand der Großen Grube vom inneren Abfall der dritten Moräne, da das Eis auf dem steileren Grunde der ersten sich auch leichter und schneller bewegte als in der zweiten, so macht die Vorstellung keine Schwierigkeit, daß der Eistransport in der Kleinen Grube noch bis an den Saum des gemeinsamen Moränenbogens reichte, während in der Großen schon die dritte Moräne aufgebaut wurde. Hier konnten die gewaltigen Block- und Schuttmassen, die aus der Grube selbst und von den Hängen des Hohen Rades herabkamen, auf dem sanfter geböschten Boden nicht mehr bei weiterer Abnahme der Firn- und Eismenge infolge des freundlicher werdenden Klimas zu dem 900 m bis 1 km entfernten zweiten Moränenzuge befördert werden, sondern legten sich dicht vor ihm nieder und bildeten mit der Zeit die dritte Moränenzone. Die breite, zerstreute Anhäufung ihrer Gesteine stimmt gut überein mit der Annahme, daß sie hauptsächlich von dem Hohen Rade herrühren, und deutet auch darauf hin, daß sich der Eisrand während ihrer Bildung noch etwas weiter zurückzog. Indes hat während ihrer Entstehung, wie die Geländefurche vor und die Depression (s. w.) hinter ihr beweist, doch ein gewisser stationärer Zustand geherrscht im Gegensatz zu einem schnelleren Zurückweichen des Eises unmittelbar vorher und nachher. Vor ihrem westlichen, dem Grate zugewendeten Rande bildeten sich gegen Ende dieser Periode wahrscheinlich an Stellen, wo feineres Gesteinsmaterial und Erde die Lücken zwischen den groben Blöcken schwer für das Wasser durchlässig machten, die beiden nördlichen Kochelteiche. Ihr Zufluß und Abfluß geschieht, wie schon gesagt, unterirdisch. Bereits in der Zeit, wo sich die dritte, die sog. jüngere Moräne bildete, waren die Firn- und Eismassen in den Gruben so zusammengeschmolzen, daß man in ihnen nicht mehr von zwei regelrechten Firnbecken mit je einer vollausgebildeten Gletscherzunge wird sprechen können, sondern nur noch von zwei verfirnten Schneefeldern mit einem breit vorgelagerten vereisten Rande. Der Kamm ist damals schon sicher, wenigstens zum großen Teile, im Hochsommer schneefrei geworden und wird dem Grubeninnern nicht allzuviel mehr Schnee zugeführt haben als jetzt in sehr niederschlagsreichen Wintern.

Endlich gingen am Ende der Glazialzeit die „Gletscher“, wenn man die Schnee- und Eismassen noch so nennen will, soweit zurück, daß sie nur mehr im Grubeninnern selbst dauernd liegen blieben. Nach der heutigen Schneelage zu schließen, wird sich der Restgletscher der Kleinen Grube viel weiter an den hinteren Hängen in die Höhe gezogen haben als in der Großen, also dem Typ der „Hängegletscher“ genähert haben. Das erklärt auch z. T. die bessere Erhaltung der Wände im Hintergrunde dieses Kars — die Schnee- und Eisedecke schützte sie länger vor der Zerstörung durch die Atmosphärien — und damit die geringere Schuttführung in dieser Zeit, die wiederum das Fehlen der dritten und vierten Moräne mit begründlich machen hilft. In der Großen Grube lag infolge der tieferen Anordnung des unteren Wandrandes die Oberfläche des Schnee- und Eisfeldes niedriger und dem Untergrunde angepaßt, schwächer geneigt, hier befand sich am Ende der Eiszeit demnach ein echter „Karbodengletscher“. Er baute sich bald aus den reichlichen Block- und Trümmern, die die stark zerrissenen, schon einen größeren Teil des Jahres schneefreien Felswände lieferten, einen mächtigen Damm auf, der das Grubeninnere rasch völlig abspernte. Vor diesem Bauwerk lagerten sich dann auf dem jetzt vor weiterer Steinüberschüttung ziemlich geschützten äußeren Saume durch fließendes Wasser, Wind, Mineralzersetzung und Humusbildung herbeigeführtes oder an Ort und Stelle entstandenes erdiges Material in der Art ab, daß hier eine ganz flache Mulde entstand, deren Mitte von dem leichten, bei anhaltender Trockenheit verschwindenden südlichen Kochelteiche erfüllt wird. Sein im Sommer mit reicher Vegetation umgebenes sumpfiges Bett bildet einen merkwürdigen aber durch seine Entstehungsgeschichte verständlichen Gegensatz zu den von mächtigen, meist kahlen Felsblöcken umrahmten beiden nördlichen Kochelteichen.

Die Frage, ob dieser innerste Wall nur als eine sehr regelmäßige und geschlossene Anhäufung der an dieser Stelle in die Grube gestürzten wie von weiter innen her über das Eis bis dahin gerollten Blöcken und kleineren Gesteinstrümmern oder als eine „Moräne“, d. h. eine vom Eise selbst hierher transportierte, durch sein Abschmelzen in regelmäßiger Bogenform abgelagerte Gesteinsanammlung aufgefaßt werden soll, eine Frage, die heute im zweiten Sinne beantwortet wird, erscheint mehr ein Unterschied des Ausdrucks als der Sache. Von einem „Fließen“ der Eismasse in diesem nur noch 300 m in der Länge messenden rudimentären „Gletscher“ — vielmehr einem randlich vereisten Schneefelde — kann die Rede kaum mehr sein, also auch nicht von einem regelrechten „Gletschertransport“. Ferner wird sicher ein großer Teil der Schuttmassen direkt von den Seiten her auf die Stelle des heutigen Walles gestürzt oder gerollt sein. Wenn man sich trotzdem für die Bezeichnung als „jüngste Moräne“ entschieden hat, und auch, wie ich meine, mit vollem Recht, so betont man den Umstand, daß dieser Wall doch tatsächlich den „Gletscher“ abschloß, und zwar nach seiner Mächtigkeit zu schließen, längere Zeit, daß der Firn- und das Eis doch auf ihrer Oberfläche und in ihrem Innern, obgleich sehr langsam, viel Material von oben heruntergeschoben haben, und endlich, daß die Gesteinsanhäufung in äußerst charakteristischer Weise, geradezu typisch, die Form einer kleinen, regelmäßig gebogenen, nach außen tief und steil, nach innen sanft und wenig abfallenden Endmoräne zeigt. Die Kimme in der Mitte ist wie die der zweiten Moräne dadurch zu erklären, daß hier weniger Material angehäuft wurde wie seitwärts. Hinter diesem schützenden Steinwall wurde nun, als endlich die Grube im Sommer schneefrei dalag, der Boden noch erhöht und geebnet durch Anschwemmung von Schutt und Erde, die das Schmelzwasser heranbrachte, durch hingewehten Staub und die Verwitterung an Ort und Stelle. Allmählich bildete sich auch

eine Schicht von Humuserde mit Mithilfe einer niederen Flora, und so entstand allmählich auf dem alten Gletscherbett die freundliche Blumenwiese, deren liebliches Bild in der warmen Jahreszeit durch den Kontrast zu den wilden Gesteinsformen ihrer Umrahmung noch reizvoller wird. Aber verhältnismäßig kurze Zeit wird genügen, um diese anmutige Oase wieder verschwinden zu lassen. Wie sie entstanden ist dadurch, daß die alten Firnmassen alles Block- und grobes Schuttmaterial aus dem innersten Teile der Grube wegführten, so wird sie nach dem Abschmelzen des Firns wieder allmählich bedeckt durch die Schutzzüge, die vom Fuß der Runfen aus heranziehen, und die Steinschläge, die sich von den Wänden loslösen. Schon heute sind große Teile der Ränder, einzelne Streifen im Innern von Gesteinstrümmern überschüttet, alljährlich nimmt ihre Menge und ihr Umfang zu, da sie bei stetem Zufluß keinerlei Abfluß wegen des nach unten abschließenden jüngsten Moränenwalles besitzen.

Wir haben bei der Betrachtung des Unterschiedes in der Ausbildung beider Gruben, der wieder für die verschiedene Ausbildung der eiszeitlichen Moränen von entscheidender Bedeutung gewesen ist, den Eindruck gewonnen, daß das Werk der Erosion in der Großen Grube viel weiter fortgeschritten ist als in der Kleinen; in der ersten ist die Zerstörung schon über die allgemeine kesselförmige Anlage hinausgegangen, in der zweiten ist diese Form noch nicht ganz erreicht. Es wäre nun die weitere Frage naheliegend: Warum steht die Große Grube in einem fortgeschritteneren „reiferen“ Stadium als ihre Nachbarin? Warum hat ihre Rückwand schon fast den wassercheidenden Kammscheitel erreicht, während die der Kleinen Grube noch viel weiter von ihm entfernt bleibt? Die Annahme, daß die westliche Hohlform jünger ist als die östliche, dafür könnte man wohl kaum einen triftigen Grund anführen. Bedeutende Unterschiede in der Gesteinhärte scheinen desgleichen nicht vorzuliegen, wenn auch, wie ich beobachtet zu haben glaube, die Granitvarietät am oberen Rande der Großen Grube vielfach stärkere Zersplitterung und Zerbröcklung zeigt als bei der Kleinen, und ferner in dieser ein peripherisches, in jener ein radiales Spaltensystem des Gesteins vermutlich überwiegt. So wichtig natürlich solche und möglicherweise noch andere petrographische Abweichungen des Granits für die Ausbildung der Kleinformen, selbst der Gesamtform der Gruben werden konnten, allein reichen sie zur Erklärung der auffälligen Unterschiede in ihrer Lage und Ausbildung nicht hin. Veretzen wir uns noch einmal zurück in die Zeit des vorangegangenen Zyklus vor Entstehung des Hirschberger Tales, wo Hohes Rad und Veilchen Spitze nur mäßige Anschwellungen auf dem flachen Scheitel der alten „Faltenebene“ waren, und vergegenwärtigen uns, wie in dem Gebiet zwischen beiden Höhen die hier immer noch nicht ganz ruhende Erosionsarbeit vor sich ging, so kommen wir zu dem Schluß: Die stärkste Abtragung arbeitete in dem Tale, das sich in die Flanken der höchsten Erhebung eingeschoben hatte, weil dort das Gefäll und die dadurch bedingte Arbeitsleistung des abspülenden und einschneidenden Wassers am bedeutendsten war. Dadurch gewann der Talschluß am Hohen Rade schon damals einen Vorsprung bei seiner Vertiefung und seinem rückwärtigen Eingreifen gegenüber dem auf die Veilchen Spitze zu gelegenen. Dazu kommt noch, daß, wie erwähnt, deren Gipfel etwas nördlicher vorgeschoben liegt als der des Hohen Rades, und daß die Kammschnecke von diesem nach jenem zu sich etwas erniedrigt. Der erste Umstand bedingte, daß die Mittelachse der beiden zwischen ihnen sich ausbildenden Hohlformen sich nicht rein meridional, sondern etwa von S. S. W. nach N. N. O. einstellte, d. h. senkrecht auf der Verbindungslinie zwischen beiden Höhen. Der zweite Umstand, nämlich die Kammsenkung gegen W., mußte die Neigung der Mittellinien, in den Hohlformen oben gegen W. hin abzubiegen, noch

verstärken, so daß allmählich die heute in den Gruben vorhandene Neigung nach N. O. hin entstand, die von der allgemeinen größten Fallrichtung der Kammböschungen abweicht.

Bei der Agnetendorfer Grube ist gleichfalls eine Schiefstellung der Achse bemerkbar (N.N.O. — S.S.W.), weil auch hier der östliche Nachbargipfel, die Höhe der Mannsteine, etwas südlicher liegt als der westliche, die Große Sturmhaube, indes ist die Abweichung geringer, da beide Erhebungen fast gleich hoch sind (1415 und 1424 m). Daß die Hohlform übrigens näher an die Sturmhaube herangerückt ist als an die Mannsteine, erklärt sich vielleicht aus den schroffen, rasch in die Tiefe gehenden n.-ö. Abhängen jener scharfgeformten, etwas gegen N. vorspringenden Spitze im Gegensatz zu dem allmählicheren Abfall der Anschwellung des Kammes, die die Mannsteine trägt. War einmal in den Urformen der beiden westlichen Gruben diese nordöstliche Fallrichtung bestimmt, so befand sich die Kleine Grube viel weniger in der Lage durch rückwärtschreitende Erosion den Kammscheitel, der hier annähernd von W. nach O. läuft, zu erreichen als die weiter vorgeschobene Große, die ihm von vornherein näher lag. Man könnte einwenden, der Höhenunterschied von ca. 38 m sei zu geringfügig, um derartige Wirkungen auszuüben, aber einmal war eine solche Differenz auf der alten Peneplain relativ viel bedeutender und genügend, um kleine Abweichungen zu schaffen. Sind diese aber einmal vorhanden, so können sie sich im Laufe der Zeit, wenn die Ursache der ersten anfänglichen Ungleichheit weiterwirkt, gewaltig summieren und überraschende Beträge erreichen. Wir dürfen also folgendes annehmen: Als später nach Bildung des Hirschberger Tales die Erosion in der Kammgegend außerordentlich verstärkt wurde, wuchs der Vorsprung der Großen Grube weiter, in ihr wurden zuerst Felspartien in größerem Umfange freigelegt, in ihr konnte dann nach Beginn eines kühleren Klimas vor der Haupteiszeit der Spaltenfrost viel stärker arbeiten, die Steilwände tiefer herausmodellieren. Endlich wurden, wie dargelegt worden ist, in der Eiszeit selbst, wenigstens in den Anfangs- und Endstadien, die Wände dieses Kars, weil sie weniger durch eine Schneedecke geschützt waren, wiederum mehr zerstört als die der Kleinen Grube.

Noch ein Gebilde der beiden Gruben bleibt zu erklären: Der Grat. Sein oberster Teil, der sich von der Schnee grubenbaude als ein ziemlich ebener Streifen allmählich senkt bis zu der Ausichtsplatte, ist nichts als ein zwischen den beiden, einander nicht ganz erreichenden Grubenecken stehengebliebener, durch seitliche Runsen tief gekerbter Teil der ursprünglichen Kammböschung. Der zweite Abschnitt, der hinabreicht bis zu der sogenannten „Scharte“, bildet einen nach oben anfangs noch rundlich in einiger Breite ausgehenden, von einzelnen Felsen überragten, ungemein steil nach N.N.O. abfallenden Scheitel. Hier ist die von beiden Seiten her arbeitende Erosion schon bis an die Mittellinie des ursprünglichen Zwischenstückes herangekommen, hat aber zunächst der Ausichtsplatte dessen altes Niveau nur wenig, erst weiter abwärts allmählich stärker erniedrigt, sodaß ein Längsdurchschnitt durch diesen Teil des Grades nach oben bogenförmig begrenzt sein würde. In der Nachbarschaft der „Scharte“, wo die beiden konvexen Erosionsgrenzlinien der Gruben sich ganz erreicht haben, und weiter unten, hat die zerstörende Tätigkeit noch stärker gewirkt und zwischen den beiden Karen einen schmal zulaufenden, aber weniger rasch nach N.N.O. absteigenden Firn geschaffen, der z. T. schon wieder eingebrochen, in einzelne Felszacken zerrissen erscheint. Im untersten Abschnitt endlich, wo noch früher von rechts und links her die fortschreitende Erosion zusammenstieß, sind auch die letzten Reste der

ursprünglichen Scheidewand, wenigstens in der Nähe der heutigen Oberfläche, völlig zerstört, aufgelöst in einen nach unten stark verbreiterten Halbkegel von Blöcken. Er erniedrigt sich noch schwächer als der vorhergehende Teil, denn seine Scheitelböschung — ebenso wie seine seitliche Neigung — wird bestimmt durch den Winkel, unter dem das zusammengebrochene Trümmergestein sich aufgehäuft hat. Er ist naturgemäß geringer, als der z. T. durch den Spaltenfrost geschaffene steile Winkel weiter oben. (Es mag hier noch kurz hingewiesen werden auf den sehr lehrreichen Unterschied zwischen diesem ziemlich symmetrischen Grate, als einem zwischen zwei Karen stehengebliebenen Reste der oberen Kammböschung, und dem von zwei langen Erosionstätern eingeschlossenen, infolge der schrägen Stellung seiner Schieferflächen asymmetrischen Ziegenrücken).

Vergleicht man die Entwicklung der eiszeitlichen Bildungen in und vor der Agnetendorfer Grube mit denen der beiden westlichen Kare, so findet man, daß sie im ganzen analog erfolgt ist. Die unteren Hügelreihen zwischen 960—855 m entsprechen den Moränenbildungen der großen Eiszeit in den Bärlöchern, und zwar treffen wir hier wieder wie dort bei den Ablagerungen der Großen Grube einen doppelten Endmoränenbogen, ein Beweis, daß auch hier der Rückzug des Eises nicht gleichmäßig vor sich ging, sondern nach dem Maximum der Vereisung und nach einer kurzen Rückzugsperiode wenigstens noch einmal ein stationärer Zustand eintrat. Die Entfernung des äußersten nachweisbaren Gletscherendes von der Grubenrückwand (ca. 2 km) stimmt ganz genau mit der entsprechenden Distanz der Moränen in den Bärlöchern überein. Auffallend erscheint zunächst die gewaltige Mächtigkeit der Ablagerungen; sie ist aber begreiflich, einmal, weil hier sich die Trümmersmassen nicht ausbreiten konnten wie im Vorlande der Großen und der Kleinen Grube, sondern an der Sohle des geschlossenen Flußbetts eng gedrängt angehäuft wurden, und zweitens, weil der Gletscher der Agnetendorfer Grube zwischen seiner Austrittsstelle und seinem Zungenende noch reichliche Gesteinsmassen geliefert bekam von den steilen, hohen und damals kaum durch zusammenhängende Vegetation geschützten Seitenwänden des „Tiefen Grabens“, eine Verstärkung des Moränenmaterials, welche die im offenen Gelände dahinziehenden westlichen Gletscher nicht erhalten konnten. Zudem darf man sich die Firnmenge, die die Agnetendorfer Grube erfüllte, und den Eisstrom, der von ihr ausging, glaube ich, nicht kleiner vorstellen als die Bildungen der Großen und der Kleinen Grube. Die Zufuhr von Schnee, den das hinter der Agnetendorfer Grube liegende, ihr zugeneigte Kammstück sowie die Gipfelregionen der Kleinen Sturmhaube und der Mannsteine lieferten, muß recht bedeutend gewesen sein, wie ein Blick auf die Karte lehrt. Der Querschnitt des Tales an der Stelle dieses Moränenystems ist unverkennbar U-förmig infolge der steilen Neigung der Seitenwände und der breiten glazialen Aufschüttungen am Grunde. Inwieweit der Boden des Tales von dem alten Gletscher nach unten und seitwärts bearbeitet worden ist, darüber läßt sich bei dem Mangel irgendwelcher Spuren der Gletscherwirkung am anstehenden Gestein nichts Bestimmtes sagen. Bedeutend kann indes hier, wo der Eisstrom, mag er auch noch etwas weiter abwärts gereicht haben, doch dem Ende nahe war, seine ausschleifende Tätigkeit nicht gewesen sein.

Der obere Hügelzug, der die östliche Seite des Grubeninnern z. T. in doppelter Ausbildung begleitet und dann nach W. umbiegend, ca. 700 m von der Grubenrückwand entfernt, die untere Wiefe nach dem Tale zu abschließt, und dem vielleicht auch noch ein Teil der an der gegenüberliegenden Seite aufgehäuften Blockmassen zuzurechnen ist, bildet das Gegenstück zu der Moräne der „zweiten Eiszeit“, die in nur wenig größerem Abstand von

den Hinterwänden der Großen und der Kleinen Grube deren Ausgang umspannt. Auch diese Moränenbildung der Agnetendorfer Grube ist von bedeutender Mächtigkeit. In dem letzten Abschnitt der Eiszeit hat an ihrer Rückwand und im hintersten Teil ihres Innern wahrscheinlich in ähnlicher Weise ein vereistes Firnfeld, ein „Hängegletscher“ gelegen, wie wir es in der Kleinen Grube angenommen hatten. Der erhaltende Einfluß einer Schneedecke erklärt auch hier die verhältnismäßig geringe Zerstörung der Felswände, in die erst später wieder neben dem Spaltenfroste die Erosion des fließendes Wassers scharf eingriff. Daß die untere Wiesenfläche sich so sehr breit, glatt und schwach geböcht ausbilden konnte, ist dem mächtigen Staudamm, den die zweite Moräne darstellt, zu verdanken, hinter ihm wurden alle Trümmer, alle erdigen Stoffe aufgehalten, mochten sie von den Grubenrändern herabrollen, von dem Eis herangefhoben oder vom fließenden Wasser angeschwemmt werden. Der schmale Steindamm, der die untere flachere Wiese trennt von der oberen, steileren, besonders in ihren höheren Teilen mit Blöcken stark bedeckten, bildet abermals eine allerdings niedrigere und weniger scharf ausgeprägte Terrainstufe, hinter der ebenfalls eine Schuttanhäufung, eine Erhöhung des Bodens stattfand. Nach Werths Ansicht ist auch dieser Riegel samt den seitlichen Blockanhäufungen, von denen er ausgeht, eine Moräne. Wollte man ihn mit der entsprechenden Bildung der Großen Grube zusammenstellen, so würde dies nicht die dritte, sondern die innerste vierte „Moräne“ sein. Ein rein ausgebildetes Kar ist die Agnetendorfer Grube nie gewesen, die Seitenwände haben auch früher ein sanfteres Aussehen gezeigt als die der westlichen Gruben, die typischen durch den Spaltenfrost erzeugten Formen sind fast nur an der Rückwand entwickelt, und selbst hier haben die fließenden Gewässer fremde, ihrer Erosionswirkung eigentümliche Züge hineingebracht. Diese Erosion trägt noch heute dazu bei, den Karcharakter weiter zu verwischen.

Fallen wir noch einmal rückwärtsblickend die Hauptstadien in der Entwicklung der Schneegruben und ihres Vorlandes zusammen, so ergibt sich:

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| 1. Erste Anlage in dem alten Zyklus. An dessen Ende flache Talschlüßmulden zwischen den Flanken der nur wenig über das Scheitelniveau der Peneplain hervorragenden Härtlinge.  | } Früherer (prä-miozäner) Zyklus. |
| 2. Starke Neubelebung der Erosion nach der Bildung des tief unterhalb gelegenen Hirschberger Tales. Entstehung steiler Quelltrichter an Stelle der flachen Talschlüße.   |                                   |
| 3. Umwandlung der Quelltrichter in jugendliche Kare mit hohen, felsigen, sehr steilen, z. T. wild zerrissenen Wänden und verhältnismäßig flachem Boden hauptsächlich durch Spaltenfrost beim Herannahen und im ersten Abschnitt der Eiszeit.   | } Präglazial.                     |
| 4. Während der vollen Herrschaft der Eiszeit Bildung der unteren Moränen, Ausschleifung des Grubenbodens und der unteren Teile der Wände, relativer Stillstand ihrer weiteren Zurücklegung und ihrer Zerstörung infolge der schützenden Schneemassen. Nach Beginn des milderen Klimas Entstehung der jüngeren Moränen. |                                   |
| 5. In dem Ausgange der Eiszeit Bildung der jüngsten Moräne in der Großen Grube, vielleicht auch in der Agnetendorfer. Erneute starke Zurschiebung und Zerschneidung der Wände durch Spaltenfrost.  | } Glazial.                        |
| 6. Langsameres Tempo dieses Vorganges in der (wärmeren) geologischen Gegenwart. Frühreifes Stadium der Kare. Allmähliche Verwischung der glazialen Spuren.   |                                   |
|  | } Jetziger Zyklus.                |
|  | } Postglazial.                    |

### 5. Postglaziale Entwicklung der Gruben.

Diesem letzten Punkte müssen wir einen Augenblick unsere Achtung schenken. Wir haben gesehen, wie in den drei Gruben und in deren Vorlande die von der Eiszeit geschaffenen Bildungen, die Moränenzüge und die flachen inneren Talböden, noch mit unverkennbarer Klarheit erhalten sind. Aber schon machen sich an ihnen die zerstörenden Kräfte nachdrücklich geltend. Die Verwitterung und Erosion arbeitet unablässig an der Verwilderung der Formen der glazialen Gebilde und an ihrer Vernichtung. Bereits sind durch diese Agentien und vor allem durch den Spaltenfrost am anstehenden Gestein die sicher nach dem Rückzuge der Gletscher vorhanden gewesenen Borde, Hohlkehlen, Kritzungen und Schriffe verschwunden. Die Zerstörung und Rückwärtsverdrängung der Grubenwände hat zwar seit dem Ende der Eiszeit abgenommen, geht aber auch heute noch, wenn zwar in gemäßigtem Schritt, ohne Aufhören vor sich. Der Grat fällt desgleichen immer weiter der Auflösung anheim. Das Grubeninnere füllt sich wieder mit Schutt und Blockmassen. Diese Betrachtungen könnten uns dazu verlocken, zum Schluß einen Ausblick auf die künftige Weiterentwicklung der Gruben zu versuchen, der allerdings nur unter der Voraussetzung als möglich erscheint, daß die heutigen klimatischen Verhältnisse sich nicht wesentlich ändern und keine starken Bewegungen im Gebirgsbau vor sich gehen. Die unteren Moränenbildungen werden dann in nicht zu ferner geologischer Zeit völlig verschwinden, die oberen wenigstens bedeutend erniedrigt und verwischt werden. Der innere Boden der Gruben wird sich wieder mehr und mehr mit grobem Schutt und Blöcken bedecken, wie es vor der ausräumenden Tätigkeit der Gletscher der Fall war. In der Agnetendorfer Grube wird die Erosion des fließenden Wassers noch kräftiger einschneiden und den Karcharakter noch stärker beeinträchtigen. Die Große und die Kleine Grube dagegen, wo der Spaltenfrost den Hauptanteil an der Weiterbildung beibehält, werden voraussichtlich nach der zum mindesten teilweisen Zerstörung des Mittelgrates zu einer gewaltigen Hohlform zusammenwachsen, die ihre Rückwand immer weiter gegen den Kamm vorstößt. Die Seifengrube endlich wird sich wohl in ein Gebilde umwandeln, das überwiegend die Merkmale eines Kars trägt.

---

## Literaturverzeichnis.

### I. Karten und Reliefs.

1. Karte des Deutschen Reichs. 1:100 000. Blatt Hirschberg.
2. Meßtischblätter 1:25 000. Schnee grubenbaude, Schreiberhau, Krummhübel.
3. Kieflings Neue Wanderkarte vom Riefengebirge. 1:40 000. Sektionen Spindelmühle und Schreiberhau.
4. Mittelbach, Neueste Spezialkarte vom Riefengebirge 1:50 000.
5. Höhenschichtenkarte des Riefengebirges 1:75 000. (in Köhlers Praktischem Touristenführer, Band Riefengebirge).
6. Beyrich, Rose, Roth und Runge: Geologische Karte von dem Niederschlesischen Gebirge. Sektion Hirschberg. 1:100 000.
7. Neynaber, Relief des Riefengebirges. Höhen- und Längenmaßstab 1:50 000. Berlin/Steglitz.

8. Peuker, Relief der Großen und der Kleinen Schneeegrube. 1 : 2500.  
Vgl. noch III, 6 (Gürich, Geol. Übersichtskarte des Riefengebirges 1 : 200 000) und IV, b, 2  
(Partsch, Die Moränenlandschaft der Schneeegruben 1 : 10 000).

## II. Allgemeinere Darstellungen.

1. H. Credner, Elemente der Geologie. 11. Auflage Leipzig 1912. (Über die geologische Tätigkeit des Wassers p. 96 ff.; Entstehung der plutonischen Gesteine p. 282 ff.)
2. W. M. Davis, Die erklärende Beschreibung der Landformen. Deutsch von A. Rühl. Leipzig und Berlin 1912. (Die Lehre von den geographischen Zyklen. p. 22 ff.; Der Glaziale Zyklus. p. 401 ff.)
3. F. Frech, Schlesiens Landeskunde, Band I. Leipzig 1913.
4. F. Frech, Aus der Vorzeit der Erde. Leipzig 1908/1911. (6 Hefte; „Aus Natur und Geisteswelt.“) (Besonders über Spaltenfrost.)
5. F. Frech, Lethaea geognostica III. 2. (Das Quartär von Geinitz, Stuttgart 1904.)
6. Partsch, Schlesien Band I. Breslau 1896. (p. 92 ff. und 171 ff.)
7. Penck, Morphologie der Erdoberfläche. Stuttgart 1894.
8. R. Reinisch, Entstehung und Bau der deutschen Mittelgebirge. Leipzig 1910. (p. 141 ff.)
9. Supan, Grundzüge der Physischen Erdkunde. 3. Auflage, Leipzig 1903. (p. 424 ff. Über Verwitterung.)
10. Walther, Lehrbuch der Geologie von Deutschland. Leipzig 1910. (p. 59 ff. Der Granit und sein Gefolge.)

## III. Darstellungen des Riefengebirges (und von Teilen desselben).

1. Berg, Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen. Blatt Schmiedeberg und Kupferberg. (Liefg. 193.) Berlin 1912.
2. Berg, Die geologischen Verhältnisse der Umgegend von Bad Warmbrunn im Riefengebirge. („Der Wanderer im Riefengebirge“. 1911. Nr. 346/7.)
3. Berg, Geologische Geschichte des östlichen Riefengebirges. (Ebenda selbst 1913. Nr. 368.)
4. Dathe, Übersicht über die geologischen Verhältnisse von Niederschlesien. (Sonderabdruck aus den Verhandlungen des V. allgemeinen Deutschen Bergmannstages in Breslau 1892.)
5. Gürich, Geologischer Führer in das Riefengebirge. Berlin 1900.
6. Gürich, Der Riefengebirgsgranit und sein Kontakthof. Mit geologischer Übersichtskarte 1 : 200 000. (In der Festschrift zur Feier des 25jähr. Bestehens der Ortsgruppe Breslau des Riefengebirgsvereins.) Breslau 1906.
7. Koristka, Die Terrainverhältnisse des Iser- und des Riefengebirges. (Landesdurchforschung von Böhmen.) Prag 1877.
8. Peuker, Orometrische Studien im Riefengebirge. („Der Wanderer im Riefengebirge“. 1888. Nr. 67.)
9. F. E. Sueß, Bau und Bild der Böhmisches Masse. Wien - Leipzig 1903.
10. v. Staff, Zur Entstehung einiger Züge der Riefengebirgslandschaft. („Der Wanderer im Riefengebirge“. 1910. Nr. 329.)
11. v. Staff, Zur Entwicklung des Flußsystems des Zackens bei Schreiberhau im Riefengebirge. (Separat-Abdruck aus dem Neuen Jahrbuch für Mineralogie etc. Beilageband XXXI.) Stuttgart 1911.

### Über den Riefengebirgsgranit.

12. Klockmann, Beitrag zur Kenntnis der granitischen Gesteine des Riefengebirges. (Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft. 1882 p. 373.)
13. Milch, Beiträge zur Kenntnis der granitischen Gesteine des Riefengebirges. (Mit Analysen von Herz.) (Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. Beilageband XII und XV.) 1899 und 1902.

### Über Granitporphyr.

14. Liebisch, Über die Granitporphyre Niederschlesiens. (Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft. 1877. p. 722 ff.)

#### IV. Die Eiszeit und ihre Bildungen.

##### a) Im allgemeinen.

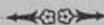
1. Heß, Die Gletscher. Braunschweig 1904.
2. Hobbs, The Cycle of mountain Glaciation. (The Geographical Journal. London 1910. Februar und März.)
3. Garwood, Features of Alpine Scenery due to Glacial Protection. (The Geographical Journal. London 1910. September.)
4. Krebs, Länderkunde der Österreichischen Alpen. Stuttgart 1913. IV. Die Eiszeit und ihr Formenchatz. (p. 59 ff.)
5. Martonne, Sur la formation des Cirques. (Annales de Géographie. X. Paris 1901.)
6. Pend-Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig 1909.
7. E. Richter, Die Gletscher Norwegens. (Hettners Geographische Zeitschrift II. Jahrg. 1896.)
8. E. Richter, Geomorphologische Beobachtungen aus Norwegen. (Sitzungsbericht der Akademie der Wissenschaften. Wien 1896. Math.-Naturw.-Klasse 105. 1.)
9. E. Richter, Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen. (Petermanns Mitteilungen. Ergänzungsheft 132. 1900.)
10. v. Staff, Wind und Schnee. („Der Wanderer im Riefengebirge.“ Nr. 293, 294, 295. 1907.)
11. v. Staff, Die Alpengeologie auf dem XVIII. Deutschen Geographentage in Innsbruck 1912. (Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft. 1912.) Dort auch weitere Literaturangaben.

##### b) Im Riefengebirge.

1. Partsch, Die Gletscher der Vorzeit in den Karpathen und den Mittelgebirgen Deutschlands. Breslau 1882. (Bef. p. 55 ff.)
2. J. Partsch, Die Vergletscherung des Riefengebirges zur Eiszeit. Stuttgart 1894. Mit Spezialkarte der Großen und der Kleinen Schneegrube und ihrer Moränenlandschaft 1:10 000. (Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde VIII 2.) (Bef. p. 127 ff.)
3. Regell, Die Lawinen im Riefengebirge. („Der Wanderer im Riefengebirge.“ Nr. 171. 1897.)
4. Schottky, Beiträge zur Kenntnis der Diluvial-Ablagerungen des Hirschberger Tales. Breslau 1885.
5. Vorweg, Beiträge zur Diluvialforschung im Riefengebirge. (Abdruck aus der Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft. 1897.)
6. Werth, Studien und Untersuchungen im diluvialen Gletschergebiet des Riefengebirges. („Der Wanderer im Riefengebirge.“ 1900. Nr. 214, 216, 217.)
7. Werth, Das Diluvium des Hirschberger Kessels. (Sonderabdruck aus der Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft. 1907.)

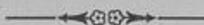
#### V. Die Schneegruben im besonderen.

1. Beck, Die Schneegruben. („Der Wanderer im Riefengebirge.“ Nr. 171. 1897.)
2. Scholz, Gletscherstudien im Riefengebirge. II. Der Gletscher der Agnetendorfer Grube. (Ebendafelbst Nr. 54. 1887.)
3. Zacharias, Die Schneegruben im Riefengebirge. (Ebendafelbst Nr. 94. 1890.)
4. Zacharias, Biologische Untersuchungen in den Koppen- und Kodelteichen. (Ebendafelbst Nr. 177. 1897.)
5. Wenke, Über den Wanderstein. (Ebendafelbst Nr. 304. 1908.)



## Inhalt.

	Seite
I. Definition und Konfruktion der Karform. . . . .	3
II. Topographische Beschreibung der drei Gruben und ihres Vorlandes. . . . .	4
1. Größe der Gruben. . . . .	5
2. Die Große Grube. . . . .	6
3. Der Zwischengrat. . . . .	9
4. Die Kleine Grube. . . . .	10
5. Das Vorland beider Gruben. . . . .	12
6. Die Agnetendorfer Grube und ihr Vorland. . . . .	14
III. Entstehung der Schneegruben. . . . .	16
1. Erste Anlage als Talchlüsse vor der Entstehung des Hirschberger Tales. (Die Seifengrube). . . . .	18
2. Ausbildung zu Quelltrichtern nach Entstehung des Hirschberger Tales. . . . .	20
3. Umbildung zu Karen während der Eiszeit. . . . .	23
Bildung der Karwände. Der Spaltenfrost. Chemische und organische Zersetzung. Erosion durch fließendes Wasser. Klüftungssysteme des Granits. Bildung des Karbodens. Haarfrost. Nivation. Maximum der Wirkung des Spaltenfrostes. Kausaler Zusammenhang von Karbildung und Eiszeit. Die Schneeanfamnngen in den Gruben. Der Anraum. Der Bergschlund. Weitere Ausarbeitung der Grubenböden.	
4. Die verschiedene Ausbildung der drei Gruben. . . . .	34
Die alten Gletscher. Glazialbildungen vor und in den Gruben. Verschiedenheit der Umrisse und der Böschungsverhältnisse in der Großen und in der Kleinen Grube. Die „reifere“ Ausbildung der Großen Grube. Die Entstehung des Grates. Die Agnetendorfer Grube und ihre Moränen. Zusammenfassung.	
5. Postglaziale Entwicklung der Gruben. . . . .	45
Literaturverzeichnis. . . . .	45

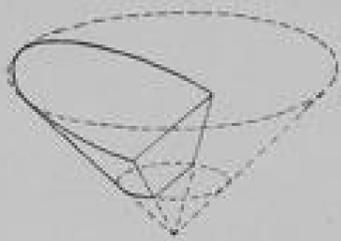
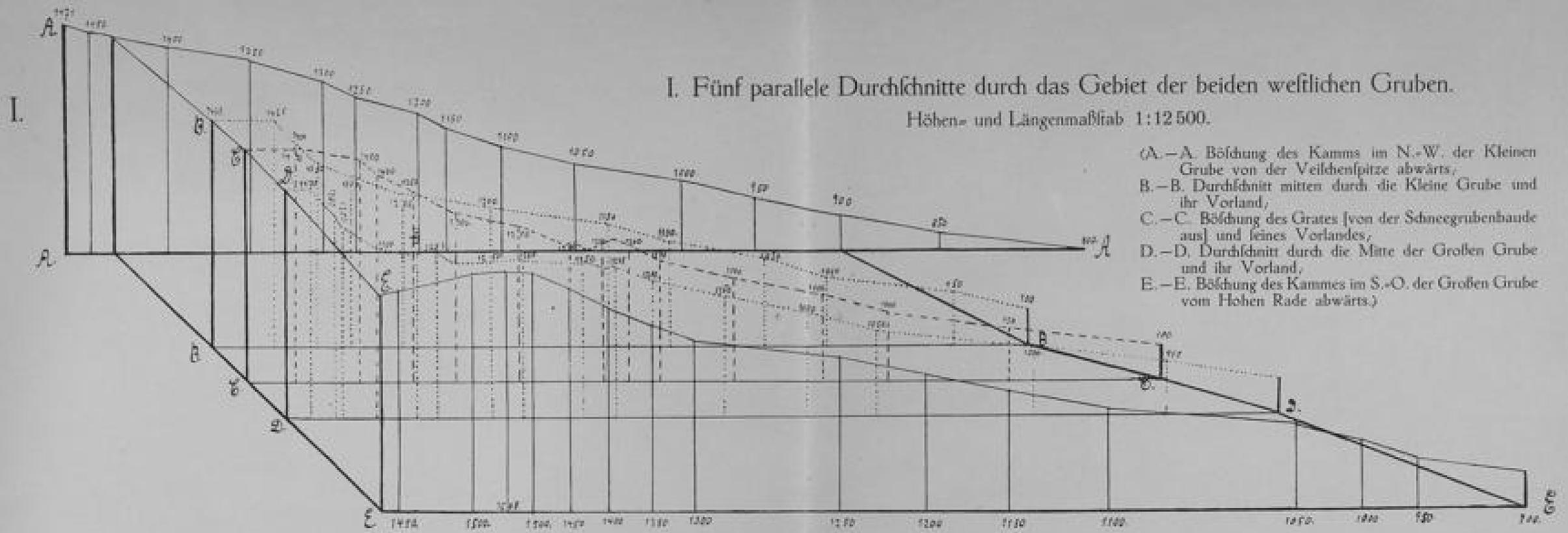


I. Definition und	
II. Topographische	
1. Größe der	
2. Die Große	
3. Der Zwisch	
4. Die Kleine	
5. Das Vorlan	
6. Die Agnet	
III. Entstehung der	
1. Erste Anla	
Seifengrube	
2. Ausbildung	
3. Umbildung	
Bildung d	
setzung.	
Bildung de	
Spaltenfrof	
Schneeanf	
Ausarbeit	
4. Die verchie	
Die alten	
scheidenheit	
der Kleine	
stehung de	
sammenfall	
5. Postglaziale	
Literaturverzeichnis.	



	Seite
	3
es Vorlandes.	4
	5
	6
	9
	10
	12
	14
	16
hberger Tales. (Die	18
berger Tales.	20
	23
und organische Zer-	
systeme des Granits.	
um der Wirkung des	
ng und Eiszeit. Die	
Bergkhrund. Weitere	
	34
den Gruben. Ver-	
n der Großen und in	
ßen Grube. Die Ent-	
ihre Moränen. Zu-	
	45
	45

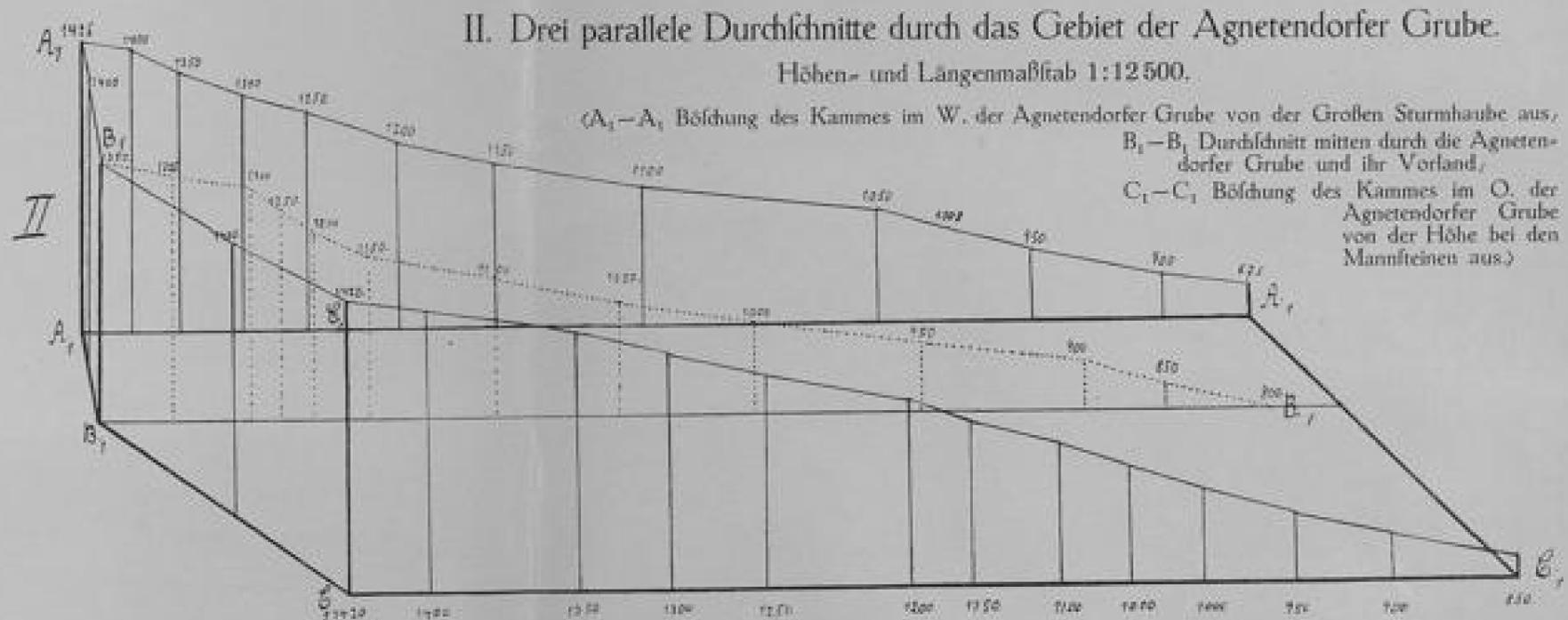


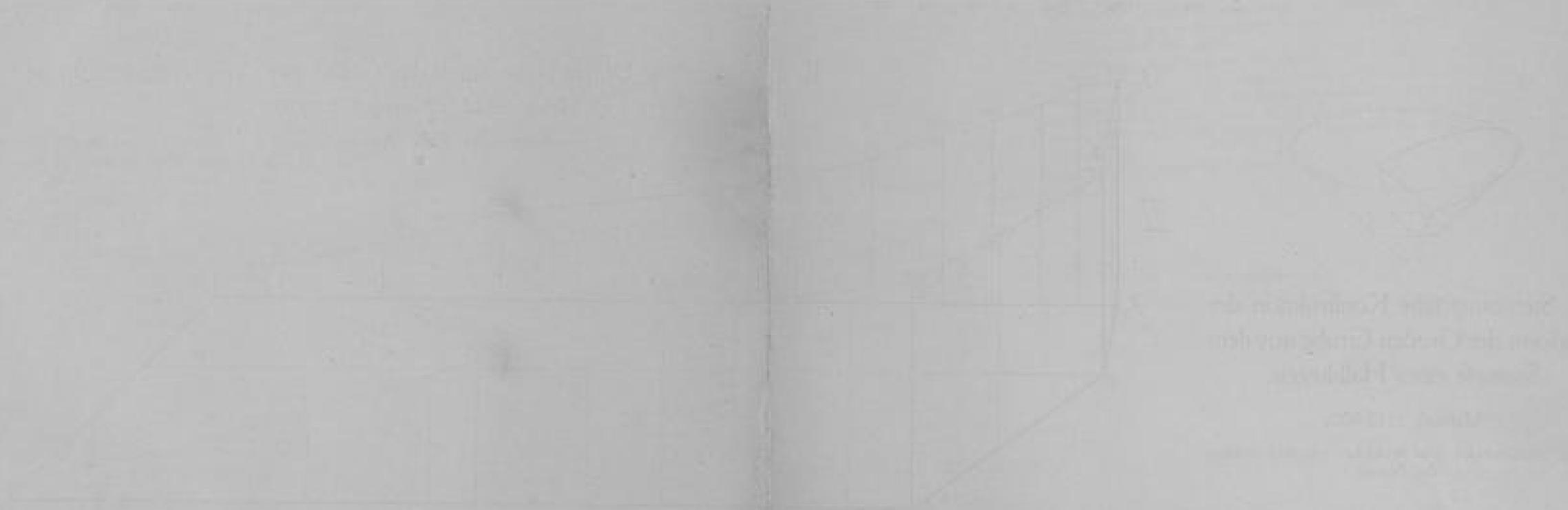


III. Stereometrische Konstruktion der Karform der Großen Grube aus dem Stumpfe eines Halbkegels.

Maßstab 1:12 500.

Winkel entsprechend dem wirklichen (durchschnittlichen in der Natur).

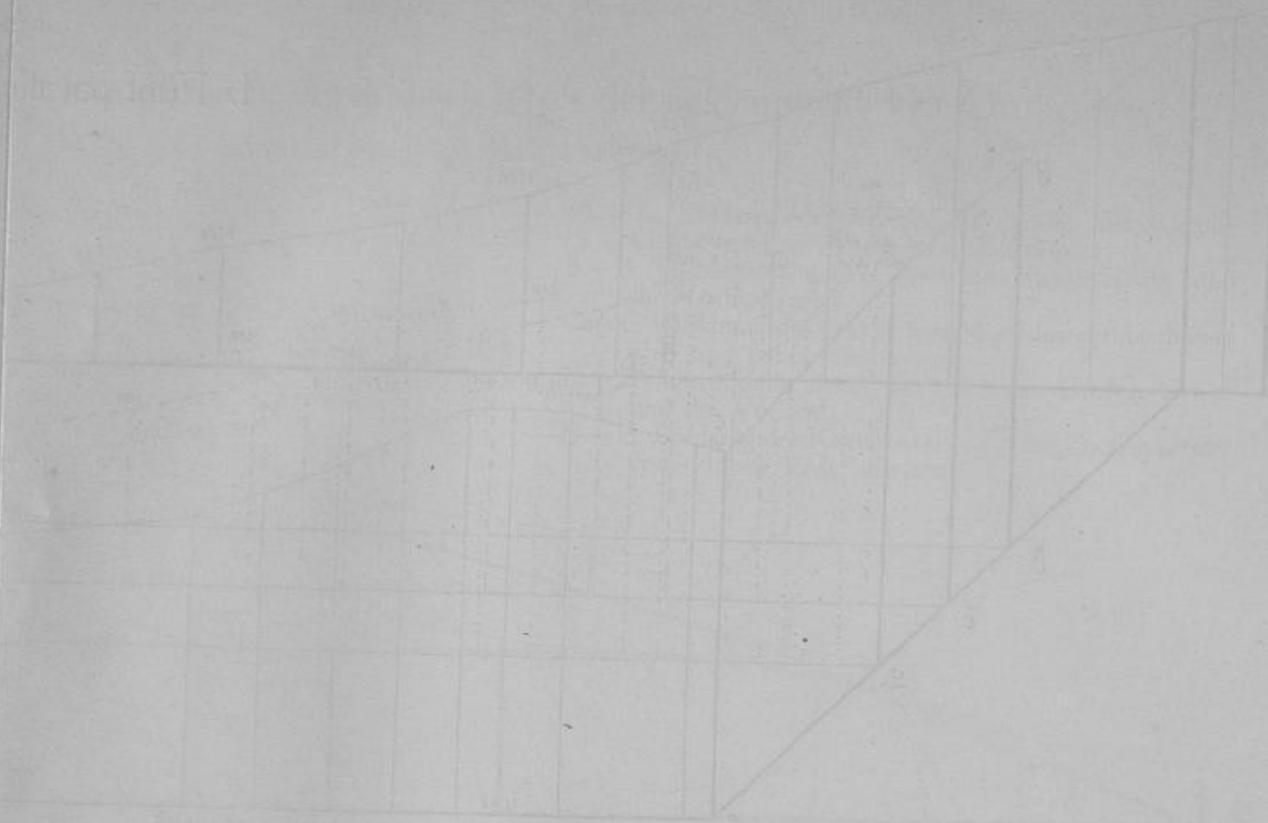




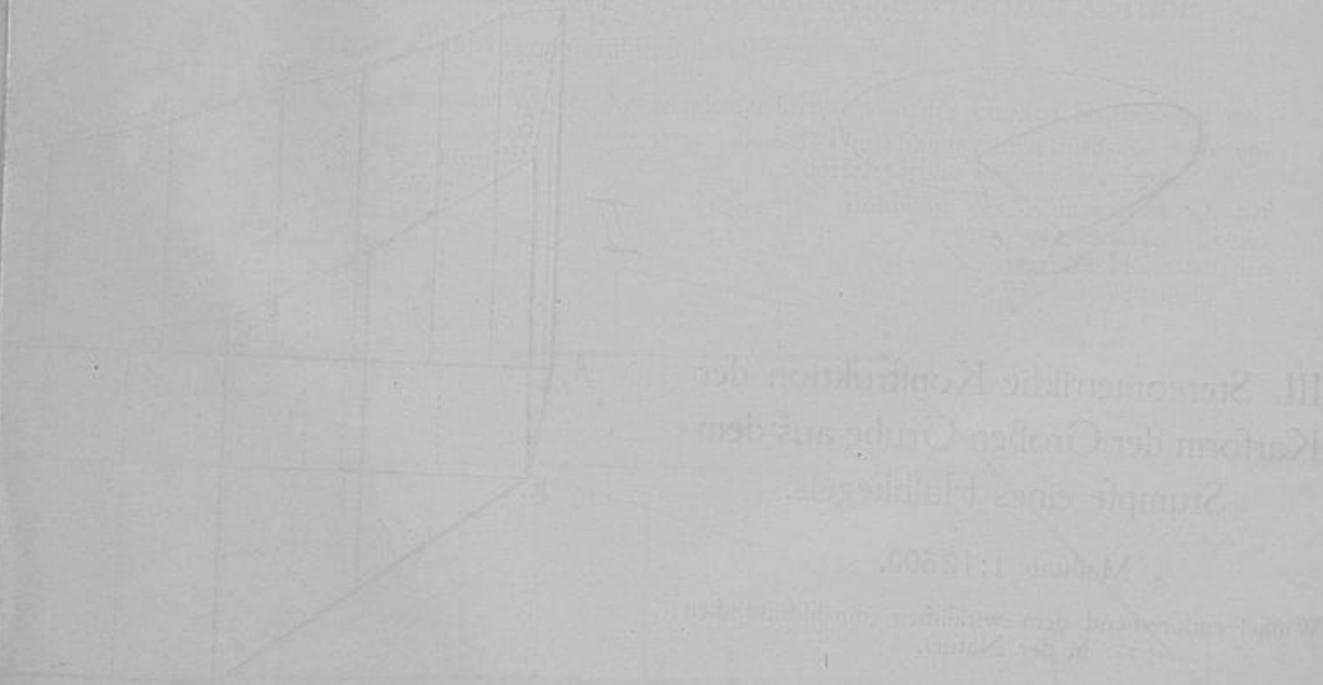
II. Die...  
 ...  
 ...  
 ...  
 ...



I. Plan der Gube



II. Plan der Gube der Agriensfelder Gube



III. Starkeverklebte Konstruktion der  
Kantorn der Gube auf dem  
Zwange eines Halbkreises

Maßstab 1:12500

Wird entsprechend dem Verhältnis umklebt  
in der Natur



Die geographische Karte  
eines Quellgebietes

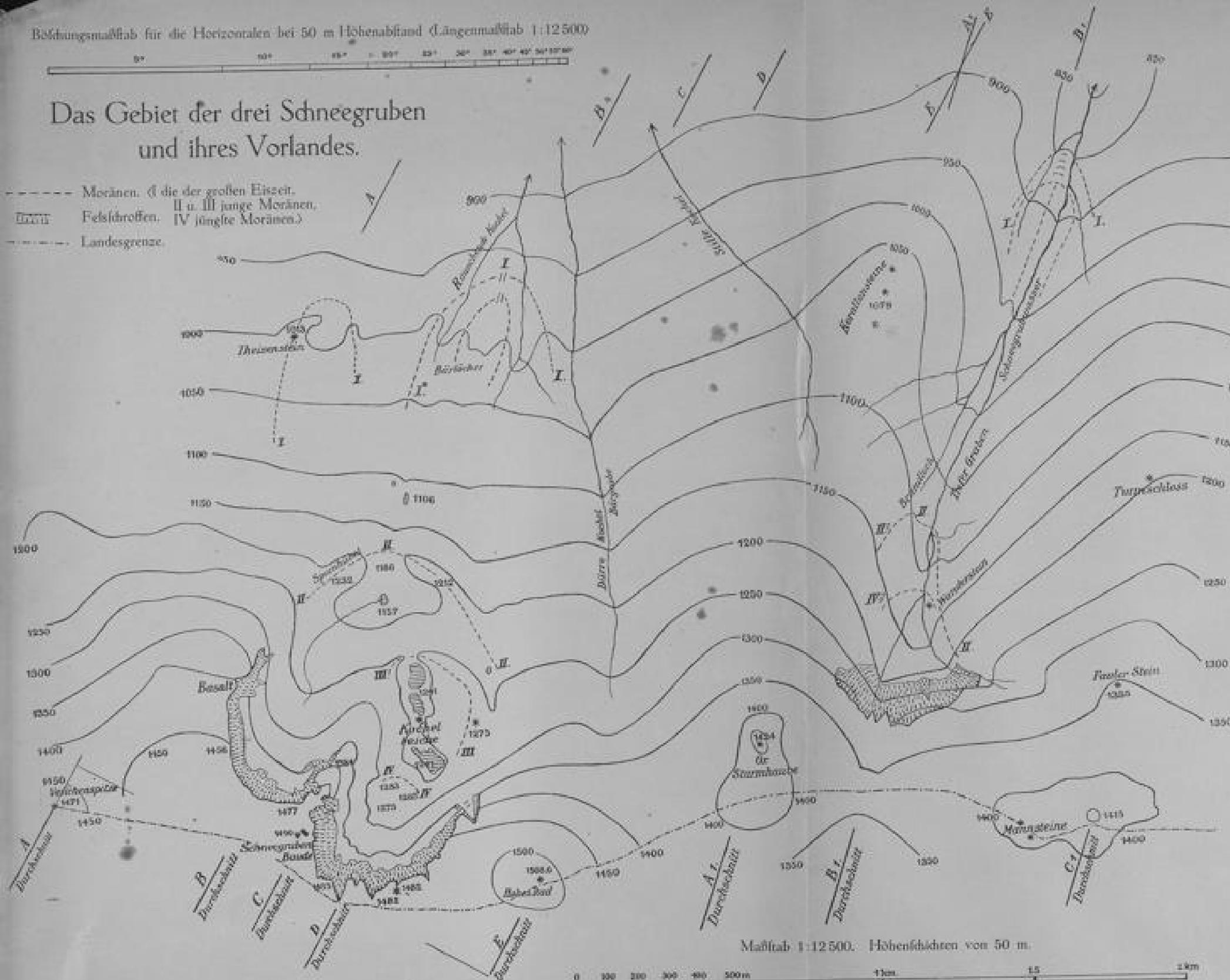
von  
Dr. phil. phil. Dr. phil. phil. Dr. phil. phil.  
Dr. phil. phil. Dr. phil. phil. Dr. phil. phil.  
Dr. phil. phil. Dr. phil. phil. Dr. phil. phil.

Bildungsmaßstab für die Horizontalen bei 50 m Höhenabstand (Längenmaßstab 1:12500)



# Das Gebiet der drei Schneegruben und ihres Vorlandes.

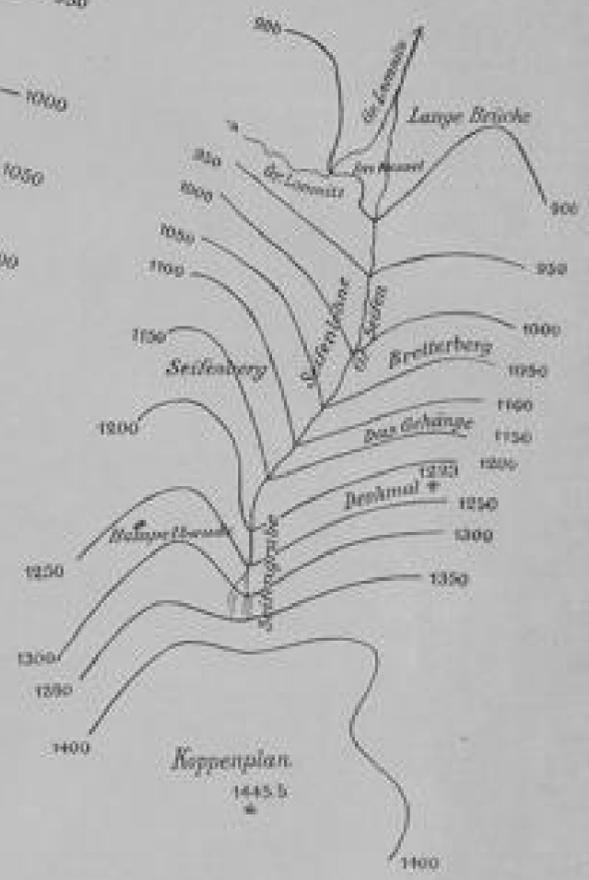
- Moränen. (I die der großen Eiszeit, II u. III junge Moränen, IV jüngste Moränen.)
- ▨ Felshöhlen. IV jüngste Moränen.)
- - - Landesgrenze.



Maßstab 1:12500. Höhenflächen von 50 m.



Bildungsmaßstab für die Horizontalen bei 50 m Höhenabstand (Längenmaßstab 1:25000)



## Die Seifengrube (als Beispiel eines Quelltrichters).

Maßstab 1:25000. Höhenflächen von 50 m.



