

# Bekannte und neue Arten natürlicher Gesteinsglättung

Von **Dr. August Böhm Edlen von Böhmersheim**

o. ö. Professor der Geographie an der k. k. Universität in Czernowitz

(Mit 3 Abbildungen auf Tafel XIV)

Gesteinsglättung erfolgt in der Natur auf mancherlei Weise und in verschiedenem Maße. Dabei können manche Vorgänge je nach Dauer und besonderen Umständen jeglichen Grad von Glätte bewirken, während bei anderen Vorgängen die höheren Grade niemals erreicht werden.

Glatt bedeutet bekanntlich eine bestimmte Eigenschaft der Oberfläche eines Körpers: eine Fläche ist glatt, wenn sie keine fühlbaren Erhöhungen oder Ungleichheiten aufweist; der Gegensatz ist rau. Die Glätte ist also eine Wahrnehmung des Gefühls; man kann dabei mindere und höhere Grade von Glätte unterscheiden, wobei aber die Auseinanderhaltung eben Gefühlsache, also rein persönlich bleibt, weil alle diese Grade einer stetigen, ja gleichmäßigen Entwicklungsreihe entsprechen.

Feiner als das Gefühl ist das Gesicht; mit Hilfe des Gesichtssinnes unterscheiden wir innerhalb des Begriffes glatt ebenso gegensätzlich zwischen matt und glänzend, wie früher mit dem Tastsinn zwischen rau und glatt. Eine glatte Oberfläche ist matt, wenn sie das Licht zerstreut zurückwirft; dagegen erscheint sie glänzend, wenn die Zurückwerfung des Lichtes regelmäßig, nur nach einer bestimmten Richtung erfolgt. Und diese Gesichtsunterscheidung zwischen matt und glänzend ist weit schärfer noch als die Gefühlsunterscheidung zwischen rau und glatt, dank der unvergleichlich größeren Schärfe des hier wahrnehmenden Sinnes. Ja es werden sogar ziemlich allgemein mehrere Grade des Glanzes deutlich unterschieden, wobei es bei nicht vollkommenem, höchstem Glanz offenbar darauf ankommt, ob und wie sich an einer bestimmten Oberflächenstelle mehrere oder weniger matte kleinste Teilchen neben und zwischen den überwiegenden glänzenden befinden.

So unterscheiden wir denn also innerhalb des Begriffes glatt zunächst zwischen matt und glänzend, und teilen weiterhin den Glanz in Schimmerglanz <sup>1)</sup>, Hochglanz und Spiegelglanz.

Jede Glättung einer ursprünglich rauhen Oberfläche beruht auf Abschleifung durch Reibung und also in letzter Linie auf Bewegungsvorgängen. Die Kraft, die die Bewegung unmittelbar oder mittelbar bewirkt, ist in der leblosen Natur fast stets die Schwerkraft; daß hier unter besonderen Umständen auch die Ausdehnung des gefrierenden Wassers einleitend und tätig mitwirken kann, wird später gezeigt werden. In der belebten Natur gesellt sich hiezu die Muskelkraft von Tieren und Menschen — in dem letzten Falle jedoch nur insoweit, als sie nicht eigens mit der Absicht auf Glättung ausgeübt wird, da man es sonst nicht mehr mit einer (im weitesten Sinn des Wortes) natürlichen, sondern mit einer künstlichen Glättung zu tun hat.

Eine sehr bescheidene Rolle vermag hiebei in der Pflanzenwelt auch die Elastizität zu spielen.

Die meisten natürlichen Glättungsvorgänge können sowohl einzelne lose Steine als auch den anstehenden Fels betreffen.

### **Gesteinsglättung in der unbelebten Natur**

Die bekanntesten Vorgänge, die in der leblosen Natur Gesteinsglättung zur Folge haben oder doch zur Folge haben können, sind: Bewegungen innerhalb der festen Erdkruste (tektonische Bewegungen), das Abgleiten und Sichsetzen von Geröllmassen und Konglomeraten, überhaupt jede Rutschbewegung loser, mehr oder minder durchfeuchteter Massen, die Bewegung des Wassers in Flüssen sowie als Brandung an Seeufern und Meeresküsten, die Gletscherbewegung, Lawinenstürze, und endlich die Sand- und Staubstürme in Wüsten und anderen Trockengebieten.

Neu kommen hinzu Tropfwasserfall und Frost.

---

<sup>1)</sup> Statt Schimmerglanz wird häufig auch Mattglanz gesagt, wobei jedoch matt nicht dasselbe wie früher, sondern soviel wie schwach bedeutet. „Ein schwacher, matter Glanz“ (A d e l u n g, Wörterbuch, II, Leipzig 1775, S. 688).

Durch tektonische Bewegung entstehen an Verwerfungsspalten sogenannte Rutschflächen<sup>2)</sup>, auch Reibungsflächen, Gleitflächen, Harnische oder Spiegel genannt, eine Erscheinung, die in kleinerem Maßstabe auch an den Salbändern und in den Gangmassen von Erzgängen auftritt und den Bergleuten seit den ältesten Zeiten bekannt ist. Die Rutschflächen können jeden Grad von Glättung aufweisen, von matt bis zu vollkommenem Spiegelglanz. Kennzeichnend sind für sie einander streng parallele, geradlinige Rillen, Riefen und Furchen, die in der Regel denselben Glättungsgrad aufweisen wie die übrige Fläche, weil sie zugleich mit dieser und unter denselben Bildungsumständen, sozusagen Hand in Hand mit ihr entstehen. Auf größeren Rutschflächen und bei nicht über Hochglanz gediehener Glättung fehlen diese Rillen und Furchen nie; dagegen ist mitunter auf kleineren Rutschflächen mit Spiegelglanz auch nicht die Spur davon zu bemerken. Ich besitze Handstücke von solchen aus dem Muschelkalkdolomit des Passes Pyhrn in Obersteiermark: das sind wirklich und wahrhaftig „Spiegel“. Die Art der Entstehung läßt es als selbstverständlich erscheinen, daß sich die Rutschflächen mit den Verwerfungsspalten in das Gestein hinein fortsetzen; überhaupt gehören die Rutschflächen dem Gesteinsinneren an und treten nur gelegentlich zutage. Der Rutschfläche auf der einen Seite der Verwerfungsspalte entspricht eine ebensolche auf der anderen Seite, und zwar bei unmittelbarer Berührung so vollkommen, daß die Vertiefungen der einen Rutschfläche auf der anderen als Erhöhungen erscheinen. Nicht selten aber findet sich zwischen den beiden Rutschflächen

---

2) Zu den ältesten, genaueren Beschreibungen von Rutschflächen gehört wohl die, die der Bergamtsdirektor Bergrat Schmidt in Siegen in seiner Abhandlung „Über das Sinken der Erdrinde“ (Karstens Arch. f. Bergb. u. Hüttenw., VIII, Berlin 1824, S. 203—239, mit 2 Taf.) auf S. 204—215 gegeben hat. Aus einer Anmerkung auf S. 214—215 erfährt man, daß die Benennung „Spiegel“ ursprünglich nur den ganz ebenen, und der Name „Harnisch“ den gefurchten glänzenden Rutschflächen zugehört war: „Letzteres vielleicht deshalb, weil man in der Vorzeit auch Harnische trug, welche zur Verzierung abwärts gefurcht waren. Beide Namen sind aber nicht passend, und die wiewohl etwas trivial klingende Benennung ‚R u t s c h f l ä c h e n‘ scheint mir angemessener zu sein.“ — Hieraus und aus der Textstelle auf S. 214: „... diese Rutschflächen, wie ich sie lieber nennen möchte, ...“, ist zu schließen, daß die Bezeichnung Rutschfläche von Schmidt selbst herrührt.

eine durch Zermalmung und Zertrümmerung des Gesteins entstandene, oft nur ganz dünne, bisweilen aber auch mehrere Meter mächtige Zwischenschichte, die, je nachdem sie aus feinem Ton oder aus mehr oder minder verfestigtem Grus und Trümmerwerk besteht, als Gangtonschiefer oder als Reibungs- oder Verwerfungsbreccie bezeichnet wird. Einzelne Blöcke und Steine darin können während des Verwerfungsvorganges abgerundet und in ähnlicher Weise geglättet und gerillt worden sein, wie die Rutschflächen selbst, nur daß hier infolge unregelmäßiger Bewegungen während des Schubes und häufigen Wechsels der Reibungsflächen außer den glatten Rillen auch rauhe Kritze auftreten, die hier überdies gleich jenen nur selten untereinander parallel sind, sondern sich vielmehr häufig durchschneiden. Auch bleibt der Grad der Glättung in der Regel hinter dem der Rutschflächen zurück. Solche tektonische Geschiebe sind als Handstücke durch die Riefen und Rillen leicht, wenn diese aber, was mitunter der Fall ist, fehlen, kaum von Grundmoränengeschieben zu unterscheiden.

Tektonische Geschiebe dieser Art finden sich auch in solchen Schuttmassen, Geröll- oder Geschiebemassen, Breccien und Konglomeraten, die erst nach ihrer Bildung einer tektonischen Bewegung unterworfen wurden. Nicht selten werden hier die Riefen und Rillen in ihrem Verlauf allmählich etwas breiter und tiefer und enthalten am Ende noch einen eingequetschten Überrest des härteren Gesteins, das die Ausfurchung als Werkzeug bewirkt hat. Hieher gehören z. B. die geglätteten und gerillten Geschiebe von Pitten in Niederösterreich, die zuerst von A. v. Morlot trefflich beschrieben und abgebildet<sup>3)</sup>, dennoch aber irrümlicherweise für glazial gehalten worden sind.

Glättung und Kritzung — wohl kaum aber auch Riefung und Rillung — können ferner beim Abgleiten oder beim Sichsetzen von Geröllmassen und Konglomeraten entstehen, Glättung und Kritzung überhaupt und überdies bei jeder Rutschbewegung loser Massen, seien diese trocken oder mehr oder minder durchfeuchtet. Man kennt derartige Erscheinungen von Bergstürzen<sup>4)</sup>,

3) A. v. Morlot: Über erratisches Diluvium bei Pitten. Haidingers Natw. Abh., IV. Band, II. Teil, Wien 1851, S. 1—18, mit 2 Tafeln.

4) Sehr schöne gestriemte und geschrammte Schiffe dieser Art hat G. Göttinger (Die Bergstürze im Mai 1910 in der Umgebung von Scheibbs,

Bergschlipfen, Gehängschuttrutschungen, Steinschlagrinnen, Schutthalden und Schuttkegeln (hier sehr selten), Schutt- und Blockströmen, Wildbachtobeln und Murgängen, sowie desgleichen von Lawingängen. Auch der felsige Untergrund kann hiebei geglättet und gekritzelt werden, und zwar treten die Schriffe auf diesem in der Regel häufiger und stärker auf, als in den losen Massen selbst. Selten aber reicht in allen diesen Fällen die Glättung über matt hinaus, und die Kritze und Schrammen sind in der Regel roh, oft von fast splitterigem Aussehen. An Felsschliffen dieser Art entsprechen sie im allgemeinen der Gefällsrichtung, ohne daß jedoch kleine Abweichungen und gelegentlich Durchschneidungen unter spitzen Winkeln ausgeschlossen wären.

Während bei den bisher besprochenen Vorgängen Glättung wohl auftreten kann, aber nicht notwendig muß, ist mit der Bewegung des Wassers in Flüssen, sowie mit der Brandung an Seeufern und Meeresküsten immer eine Glättung des dort vorhandenen losen und festen Gesteins verbunden. Hier wirkt nämlich der Glättungsvorgang so unterschiedslos und unaufhörlich, daß er schließlich allenthalben Erfolg hat. Schon in den Wildbachtobeln werden die vom Wasser ergriffenen und fortgerissenen Schuttmassen durch das unausgesetzte heftige Aufeinanderprallen zum Teil noch weiter zertrümmert und an den Ecken und Kanten abgestoßen und abgestumpft, ja wohl auch schon mehr oder minder gerundet, und dieser Vorgang findet in den Flußbetten seine Fortsetzung; alle Kanten und Rauigkeiten werden abgeschliffen, die einzelnen Gesteinsstücke, so vielgestaltig sie auch gewesen sein mochten, erhalten verhältnismäßig einfache, rundliche Formen, die Oberflächen werden geglättet: der Wildbachschutt wird zu Flußgeschieben umgestaltet. Eine ganz ähnliche Veränderung erleidet der Schutt, der an Seeufern und Meeresküsten von der Brandung ergriffen wird; Flußgeschiebe und Strandgerölle sind im Handstück nicht voneinander zu unterscheiden<sup>5)</sup>, und dasselbe gilt auch von den

---

Mitt. k. k. Geogr. Ges. Wien, LIII, 1910, S. 417—425, mit 1 Taf., auf S. 418—419) von dem am 6. Mai 1910 im Reifgraben bei St. Anton nächst Scheibbs in Niederösterreich erfolgten Bergrutsch beschrieben.

<sup>5)</sup> Der Unterschied zwischen Geschiebe und Gerölle entspricht völlig der Verschiedenheit der durch die beiden Bezeichnungen ausgedrückten Begriffe: das Geschiebe wird geschoben, das Gerölle gerollt. Die Unterscheidung bezieht

bezüglichen Schliften am anstehenden Fels. Alle durch Fließ- oder Wellenbewegung des Wassers unmittelbar oder, wie es ja zumeist in weitaus überwiegendem Maße der Fall ist, mittelbar bewirkten Glättungen von Geschieben, Geröllen und Felsen stimmen darin überein, daß sie niemals über matt hinausreichen<sup>6)</sup>, und daß die mattglatte Oberfläche auch nicht die geringste Spur einer Rillung, Schrammung oder Kritzung aufweist. An den glatten Wandungen von Riesentöpfen, Strudellöchern und Felsauswaschungen bemerkt man zwar häufig spiralig gewundene Streifen oder ebensolche breite, seichte Furchen; diese aber entsprechen nicht Schrammen oder Kritzen auf einer sonst glatten Oberfläche, erzeugt durch den Angriff einzelner härterer Gesteinsstellen oder Körner, sondern sind durch die Gesamtwirkung der vom Wasser herumgewirbelten Reibsteine, also durch den von Zeit zu Zeit vorzugsweise in bestimmte Bahnen gelenkten Glättungsvorgang selbst entstanden.

---

sich also unmittelbar auf den Bildungsvorgang und erst mittelbar, als Folgerung, auch auf die Form: durch Schieben werden flachrunde bis eiförmige Formen erzeugt, wobei dann die Längsachse meist der Bewegungsrichtung entspricht; durch Rollen dagegen entstehen kugelrunde bis walzenförmige Formen, wobei die Längsachse quer zur Bewegungsrichtung liegt. Dieser Unterschied fällt nun aber keineswegs vollständig mit einem Unterschiede der Bildungsstätten — Flußbett und Meeresstrand — zusammen, wie seit A. v. Morlot (Seegeschiebe und Stromgeschiebe, Haidingers Berichte Vers. Frde. Natw., III, 1847, Wien 1848, S. 492; *Considérations sur les Cailloux roulés dans les Alpes Orientales*, Bibl. Univ., Arch. Sci. Phys. Nat., XII, Genève 1849, S. 125: „galet de rivière“, „caillou de mer“) mitunter geglaubt wird. Immerhin überwiegt aber bei normalem Fließen das Schieben, bei starker Brandung dagegen das Rollen, und deshalb dort das Geschiebe, hier das Gerölle. Deshalb empfiehlt es sich, die Haupttypen betonend, von Flußgeschieben und Strandgeröllen zu sprechen, wie es auch Eduard Sueß stets in seinen Vorlesungen getan hat. Nur darf man dabei nicht vergessen, daß in Flußbetten neben Geschieben mitunter auch recht häufig Gerölle, und am Strande neben Geröllen nicht minder häufig — ja bei schwacher Brandung, wie zumeist an Binnenseeufern, sogar überwiegend — auch Geschiebe auftreten.

<sup>6)</sup> F. X. Schaffer (Grundzüge der Allgemeinen Geologie. Leipzig und Wien 1916, S. 278) bemerkt, daß die von der Brandung oder von fließendem Wasser erzeugten Schlifflächen nur in feuchtem Zustande glänzend sind, „außer an sehr harten, feinkörnigen Gesteinen, die auch im trockenen Zustande Hochglanz zeigen“. — Ich habe solchen Hochglanz nie gesehen, und auch aus der Literatur ist mir kein derartiges Vorkommnis bekannt.

Am bekanntesten von allen natürlichen Gesteinsglättungen sind heute wohl die von Gletschern erzeugten. Es sind dies die Gletscherschliffe und die typischen Grundmoränengeschiebe. Bei beiden kommen alle Grade von Glättung von matt bis einschließlich Hochglanz vor; Spiegelglanz dagegen wird hier kaum erreicht. Alle durch Gletscherbewegung entstandenen Schliffe und Glättungen sind durch Furchen, Schrammen oder Kritze unterbrochen, die eine Breite bis zu 1 cm haben können, zumeist aber viel schmaler, ja oft so fein sind, als wären sie mit einer feinen Nadelspitze eingeritzt worden. Diese Schrammen und Kritze unterbrechen, wie gesagt, die Glättung, das heißt, sie selbst sind nicht glatt, sondern rauh, oder höchstens matt, wodurch sie sich von den in der Regel glatten Rillen und Riefen der Rutschflächen unterscheiden. Die Schrammen und Kritze der Gletscherschliffe entsprechen immer der Richtung der Eisbewegung, die sie erzeugt hat, verlaufen also in der Hauptsache talauswärts — auch hoch oben an den Gehängen, soweit eben der Talgletscher hinaufreichte, wodurch sich alsdann solche Gletscherschliffe von den durch Rutschungen aller Art bewirkten Schliffen unterscheiden; nur im Bereiche der Hängegletscher ist die Richtung natürlich auch hier bergabwärts. Ferner sind aus dem erwähnten Grunde die Schrammen und Kritze der Gletscherschliffe zueinander stets mehr oder weniger parallel und kreuzen sich höchstens unter sehr spitzen Winkeln, es sei denn, daß sie sehr altersverschieden wären und der Gletscher in zwischen an Ort und Stelle seine Bewegungsrichtung aus irgendwelchem Grunde geändert hätte. Im Gegensatze hiezu verlaufen die Schrammen und Kritze auf den Grundmoränengeschieben stets regellos in die Kreuz und Quer, entsprechend den häufigen Lagenveränderungen, die diese Geschiebe bei der Fortbewegung durch und unter dem Gletscher erleiden. Nur ausnahmsweise, an Geschieben der Sohlenmoräne, die die längste Zeit hindurch fest in die Gletschersohle eingefroren waren und deshalb die einmal angenommene Lage beibehalten haben, können einseitig vorwiegend parallele Kritze auftreten.<sup>7)</sup>

---

<sup>7)</sup> Die erste Erwähnung eines eiszeitlichen Gletscherschliffes (ober dem größeren See auf Flüela) findet sich in einer 1742 verfaßten Schrift des Bündener Pfarrers Nikolaus Sererhard (S. 37, Anmkg.); sodann sind Gletscherschliffe als solche erkannt worden 1772 von A. C. Bordier (S. 13)

Durch Lawinen, oder vielmehr durch die von den rutschenden oder stürzenden Firn- oder Schneemassen mitgerissenen Schuttmassen<sup>8)</sup>, kann eine Abschleifung und Schrammung der Felsen im Lawinenzug bewirkt werden, die entfernt an Gletscherschliffe erinnert, aber in jeder Hinsicht roher ist als bei diesen. Im äußersten Fall wird hier Schimmerglanz erreicht, aber auch dies nur sehr selten. Die Schrammen entsprechen hier natürlich im allgemeinen der Fallinie, mit gelegentlichen kleinen Abwei-

---

und 1787 von B. F. K u h n (S. 37), wogegen diese Erscheinung dem berühmten Alpenforscher H. B. de S a u s s u r e unbekannt geblieben war. Die erste Beschreibung eines rezenten Gletscherschliffes (am Unteren Grindelwaldgletscher) rührt von dem Grindelwalder Pfarrer L e h m a n n h e r, 1817 (S. 48—49); den Schweizer Gemenjägern und Bergführern sind die Gletscherschliffe aber schon früher bekannt gewesen (S. 50, Anmkg.). Dagegen hat der treffliche Schweizer Geologe B. S t u d e r das Vorkommen von Gletscherschliffen bis zum Jahre 1839 bestritten, wo er von Agassiz und Desor am Gornergletscher durch den Augenschein überzeugt wurde (S. 90, Anmkg.), ja E l i e d e B e a u m o n t hat noch 1845 allen Ernstes behauptet, daß die Gletscher nicht zu schleifen vermögen (S. 107, Anmkg.). — Das Vorkommen gerundeter Blöcke in Moränen wird zuerst 1776 von N. D e s m a r e s t erwähnt (S. 15—16), die erste Nachricht über gekritzte Geschiebe rührt von P. D o b s o n h e r, 1826 (S. 99—100). — Von einem Transport zum größten Teil abgerundeter und abgeriebener Gesteine unter dem Gletscher ist schon 1779 bei H. B. de S a u s s u r e die Rede (S. 26—27), die erste genauere Beschreibung der Grundmoräne rührt aber 1837 von L. A g a s s i z h e r (S. 60—61), eine noch eingehendere 1847 von Ch. M a r t i n s (S. 111—112), nachdem dieser schon 1842 den Namen „moraine profonde“ geprägt hatte (S. 97—98). — Gletscher- und Wasserschliffe hat nach dem Grade der Glättung zuerst 1840 L. A g a s s i z unterschieden (S. 90). — Daß auch durch Murgänge Felsschliffe erzeugt werden, ist 1812 von Sir J a m e s H a l l betont worden (S. 58, Anmkg.); das Vorkommen gekritzter Geschiebe in Murgängen hat 1845 G. L e o n h a r d erwähnt (S. 104, Anmkg.).

Bezüglich aller dieser Angaben sei des näheren auf meine Geschichte der Moränenkunde, Wien 1901, VIII und 334 S., mit 4 Tafeln (Abh. k. k. Geogr. Ges., III. Bd., Nr. 4) verwiesen, auf die sich auch die oben befindlichen Seitenhinweise beziehen. Dort findet man auch die genauen Zitate.

Im übrigen seien hier noch zwei wichtige einschlägige Arbeiten genannt, nämlich F. S i m o n y: Gletscher- und Flußschutt (Mitt. k. k. Geogr. Ges., XV, 1872, Wien 1873, S. 252—275 und 327—333) und A. P e n c k: Pseudoglaziale Erscheinungen (Das Ausland, LVII, Stuttgart 1884, S. 641—646).

<sup>8)</sup> A l b e r t H e i m: Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung, I, Basel 1878, S. 335.

chungen. Auch der Lawinenschutt kann zum Teil roh geglättet und geschrammt werden.

Sand- und Staubstürme wirken auf das Gestein wie ein Sandgebläse und erzeugen Schliffe auf anstehendem Fels wie auch an losen Blöcken und Schutt. Bei Sandschliffen reicht die Glätte nie über matt hinaus, bei Staubschliffen an sehr feinkörnigem Gestein, Kiesel u. dgl. kann sie bis zu Schimmerglanz gedeihen. Kritze kommen hier nicht vor, wohl aber nimmt man mitunter an den geglätteten Felsen unregelmäßige, sich labyrinthisch vielfach kreuzende Furchen wahr, die ihre Entstehung gleichfalls dem allgemeinen Glättungsvorgange verdanken. Lose Gesteine werden je nach ihrer Lage und etwaigen Lagenveränderungen an einer, zwei oder mehreren Seiten angeschliffen und zu Einkantern, Parallelkantern, Dreikantern, Pyramidenkantern, Kantengeschieben, Facettengeschieben umgewandelt; dergleichen kommen in allen heutigen und ehemaligen Wüstengebieten häufig vor. Der sogenannte „Wüstenlack“ dagegen, der das Gestein wie mit einem glänzenden, durchsichtigen Lack oder Firnis überzogen erscheinen läßt, gehört nicht hieher, denn bei ihm handelt es sich nicht um eine durch Abscheuerung bewirkte Glättung, sondern um eine unter dem Wechsel von Befuchtung und Wiederaustrocknung vor sich gegangene chemische Veränderung der Gesteinsoberfläche. Auch die Bildung glatter Überzüge auf Gesteinen durch Tropfsteinansatz, Sinterbildung u. dgl. fällt nicht in den Rahmen dieser Abhandlung.

### Tropfwasserglättung

Verfolgt man vom Dampferlandungsplatz F ü r b e r g am Wolfgangsee (539 m) den nach Brunnwinkel führenden Uferweg etwa 400 Schritte weit und steigt dann pfadlos rechts durch den Wald steil hinauf, so gelangt man alsbald zu einer 24 m über dem See befindlichen überhängenden Felswand aus Plattenkalk des oberen Hauptdolomits, zu deren Linken eine breite und hohe Felskluft in das Berginnere hineinreicht. Am Fuße des 7 m erreichenden Überhanges befindet sich eine breite, ebene Fläche, die nach links und in die Kluft hinein sanft ansteigt. Auf dieser ebenen Fläche liegt ein großer,  $4\frac{1}{2}$  m langer,  $2\frac{1}{2}$  m breiter und  $1\frac{3}{4}$  m hoher Felsblock, fast zur Gänze noch im Regenschatten des mächtigen Überhanges. In dem oberen Teile

der dem Überhang zugekehrten, gewölbten Längsfläche des Blockes befinden sich einige unregelmäßig und klüftig gestaltete Nischen mit Steinchen und Gesteinsstücken bis zu Nußgröße darin, die von der Wand darüber hineingefallen sind. Diese Steine sind aber bis auf einige wenige nicht eckig, scharfkantig und rauhfächig, wie man von ihnen als Bruch- und Verwitterungsschutt erwarten sollte, sondern, besonders in der einen, obersten Nische, zumeist durchaus kantengerundet und geglättet, und zwar einige so weitgehend, daß sie rundum schönsten Hochglanz aufweisen; man könnte zunächst geneigt sein, sie für besonders schön polierte Grundmoränengeschiebe zu halten, wie solche z. B. in der eiszeitlichen Weiherburgmoräne bei Innsbruck vorkommen, wenn sie nicht jeglicher Spur von Schrammung oder Kritzung ermangelten. In der Tat sehen diese Steine solchen Grundmoränengeschieben bis auf jenen Mangel so zum Verwechseln ähnlich, daß sich unwillkürlich noch die Frage aufdrängt: könnten sie nicht etwa dennoch Grundmoränengeschiebe sein, die ihre Schrammen und Kritzte durch einen späteren Abschleifungsvorgang verloren haben? Doch sofort stellt sich die Erkenntnis ein, daß ja in diesem Falle zunächst die polierte Oberfläche und erst weiterhin auch die Schrammen und Kritzte abgeschliffen worden wären, so daß die heute vorhandene Glätte doch nicht die ursprüngliche des Grundmoränengeschiebes sein könnte; daß mithin jener Abschleifungsvorgang jedenfalls auch selbst Glätte erzeugend gewirkt haben muß, wobei es ihm höchst gleichgiltig sein konnte, ob die durch ihn geglättete Fläche schon früher glatt oder aber noch rauh gewesen ist. Daß aber der Gedanke an Grundmoränengeschiebe, durch den also gar nichts gewonnen wäre, überhaupt abzuweisen ist, zeigt ein Blick auf die ganze Örtlichkeit, deren Oberflächengestaltung mit ihren scharfen Felsformen und frischen Bruchstellen unverkennbar postglazialen Alters ist; auch handelt es sich bei unseren Geschieben um dasselbe Gestein, aus dem die Felswand besteht und das hier auch allenthalben als gewöhnlicher grober und feiner Bruch- und Verwitterungsschutt am Boden umherliegt. Ferner läßt sich an verschiedenen Steinchen die ganze Reihenfolge der allmählichen Umwandlung vom scharfkantigen, rauhen Bruchstück über Kantenrundung und teilweise Glättung bis zum Hochglanzgeschiebe deutlich verfolgen; diese Umwandlung ist also sicher durchaus an Ort und Stelle vor sich gegangen. Über-

dies aber sind auch der Boden und die Wandungen einer jeden solchen Nische, soweit sie von Geschieben erfüllt ist, vollkommen geglättet.

Es ist klar: unsere Erscheinung kann nur darauf beruhen, daß von oben, von der überhängenden Felswand, Wassertropfen in die Nischen fallen und die darin befindlichen Steine durcheinanderrütteln, wobei sich die Steine aneinander und an den Nischenwandungen reiben und so diese und sich selbst im Verlaufe der Zeit allmählich und immer mehr und mehr glätten.

Als ich die Örtlichkeit am 18. August 1916 zum erstenmal besuchte und in dem Felsblock die Nischen mit den so schön geglätteten Tropfwassergeschieben entdeckte, war zwar die Wand darüber trocken und tropfte nur gelegentlich an entfernter befindlichen Stellen; das Wetter war eben die letzte Zeit sonnig-warm und schön gewesen. Bei feuchtem Wetter aber, und gar erst an Regentagen und darnach, tropft und rinnt es fast allenthalben von dem Überhang so stark, daß das Rauschen des fallenden Wassers schon unten vom Uferweg aus deutlich hörbar ist. Durch dieses Geklatsche aufmerksam gemacht, war meine Tochter Hilda — ich habe jenen dritten wie auch schon den zweiten Kriegssommer mit meiner Familie in Fürberg verbracht — einst vom Weg hinaufgestiegen, war zu der Höhle gekommen und hat dann später auch mich bewogen, diese aufzusuchen. Ich bemerke dies deshalb, um zu zeigen, welche Rolle bei derartigen Beobachtungen oft der Zufall spielt. Hätte mich dieser durch meine Tochter nicht zu einer Stelle geführt, wo die in Rede stehende Erscheinung der Tropfwasserglättung so schön und deutlich ausgebildet war und so offen vor Augen lag, so wäre sie mir ebenso entgangen wie allen Anderen bisher, ja ich hätte dann auch kaum die erst weiterhin zu besprechende, noch viel merkwürdigere Erscheinung der Frostglättung gefunden, auf die ich gestoßen bin, als ich eben auch an anderen Orten nach noch weiteren Belegen für die Tropfwasserglättung suchte.

Als ich einige Tage später, nachdem es inzwischen geregnet hatte, die besagte Stelle wieder besuchte, waren die Nischen 2—4 cm hoch mit Wasser erfüllt, und von der Wand darüber fielen aus 10 m Höhe mit Zwischenräumen von wenigen Sekunden große Tropfen hinein, die die größeren Steine, die sie trafen, verschoben und wendeten, die kleineren aber kunterbunt durcheinanderrüttelten. Und dasselbe Bild zeigte sich mir auch zu-

meist bei meinen späteren, oft wiederholten Besuchen. Dieser Einblick in den tatsächlichen Betrieb der Glättungswerkstätte entsprach also ganz der gehegten Erwartung.

Ein Umstand aber bedarf nichtsdestoweniger noch der Aufklärung. Tropfwassergeschiebe und Flußgeschiebe: beide verdanken Form und Glätte gegenseitiger Reibung, die durch Wasserbewegung bewirkt wird — warum gedeiht nun die Glättung bei jenen bis zum Glanz, ja Hochglanz, während sie es bei diesen bekanntlich nicht über matt hinaus zu bringen vermag? Das zweite ist ja leicht begreiflich und längst erkannt: „Diese Glanzlosigkeit und Mattfärbigkeit“, sagt F. S i m o n y<sup>9)</sup>, „rührt von zahllosen, oft unendlich kleinen, dicht nebeneinander liegenden Reibungsstellen her, welche durch das leise, aber un-aufhörliche Aneinanderschlagen und Vorbeigleiten von Stein an Stein in dem rastlos vorwärts schiebenden Wasser hervorgebracht werden.“ Wozu noch zu bemerken ist, daß das Wasser allen feinen Sand und Schlamm, der allenfalls als Poliermittel dienen könnte, unaufhörlich wegspült, so daß die Geschiebe der Hauptsache nach eigentlich immer von reinem Wasser überströmt und förmlich abgewaschen werden, während durch größeren Sand, auch wenn er zeitweilig in größeren Massen über die Geschiebe fortbewegt wird, deren Oberfläche auch nicht mehr als mattglatt gemacht werden kann. Ferner wirkt hier zweifelsohne auch die lösende Kraft des Wassers mit, die das Gestein je nach seiner Zusammensetzung verschieden angreift; glänzendglatte Gesteinsflächen, die längere Zeit selbst von ruhigem Wasser bedeckt sind, verlieren schon dadurch allein nach und nach den Glanz immer mehr und mehr und werden schließlich matt.

Ganz anders bei unseren Tropfwassergeschieben. Das Wasser, das auf sie herabtropft, kommt aus dem Fels und ist deshalb stark kalkhaltig. Das beweist zum Überfluß ein Eschenbaum, der, unfern unserem Felsblock noch inmitten unter dem Überhang wurzelnd, schräg aufwärts gewachsen mit seinem höchsten Teil ins Freie hinausragt: soweit er sich noch unter dem Überhang befindet, sind Stamm, Äste und Zweige von weißlichgrauem Kalkstaub und Kalksinter überkrustet. Wenn nun das in einer Nische angesammelte Tropfwasser verdunstet, wird der überschüssige Kalk ausgeschieden und setzt sich hauptsäch-

<sup>9)</sup> F. S i m o n y: Gletscher- und Flußschutt. A. a. O., S. 268.

lich am Boden und an den Wandungen der Nische an; beim nächsten lebhafteren Tropfwasserfall wird aber diese dünne Sinterkruste durch die Reibung der gerüttelten Steinchen und Geschiebe abgeschliffen, wodurch, wie auch durch die gegenseitige Reibung von Stein an Stein und von Stein an Fels ein außerordentlich feines Schleifmittel entsteht, das aus der Nische nicht weggeführt wird, sondern sich darin ansammelt. Überdies führt das Tropfwasser bei neuem Eintreten stets gewisse Mengen von Verwitterungsstaub der Felswand mit sich, den es auf dem Wege vom Austritt aus dem Fels bis zur Abtropfstelle und zum Teil auch schon in den Gesteinsklüften selbst erfaßt hat. So kommt es, daß unsere Geschiebe im Gegensatz zu Flußgeschieben zumeist in einem schlammigen Kalkbrei liegen, der, bei Tropfwasserfall aufgerührt, die durcheinandergerüttelten und sich reibenden Steinchen umgibt und dabei als Glanzmittel wirkt. Eine übermäßige Anreicherung der Nische mit Kalkbrei wird freilich dadurch verhindert, daß bei stärkerem Tropfwasserfall immer mehr oder weniger davon verspritzt wird. Ist nach längerem schönen Wetter die Nische vollständig ausgetrocknet, so ist der Kalkbrei zu Sand und Staub geworden, und dieser wird dann zum Teil wohl auch durch den Wind verweht. An unseren Tropfwassergeschieben ist im trockenen Zustande stets ein leichter Belag von Kalkstaub wahrzunehmen, der sich aus dem feinen Schlamm abgesetzt hat und bei der Verdunstung zurückgeblieben ist.

So ist denn nunmehr die Entstehung des zunächst überaus rasch wirkenden Glanzes, ja Hochglanzes der Tropfwassergeschiebe alles Rätselhaften entkleidet und zur Befriedigung erklärt. Es erübrigt nur noch zu betonen, daß dabei die große Kalkhaltigkeit des Tropfwassers insofern auch noch eine zweite Rolle spielt, als dieses Wasser infolge seiner nur mehr äußerst geringen, ja bei hin und wieder gewiß auch eintretender voller Sättigung überhaupt nicht mehr vorhandenen Lösungskraft weder die Glanzglättung zu hindern, noch die einmal erzeugte Glanzglätte zu zerstören vermag. Daß die Fundstelle durch den Überhang so trefflich vor Regen geschützt ist — nur starker Südweststurm vermag vielleicht solchen mitunter hereinzupeitschen — kommt nach früher Gesagtem schließlich auch noch als begünstigend in Betracht.

Von nun an habe ich auch die sonst allgemein gar nicht weiter beachteten Ansammlungen von Schutt und Grus am Fuße von Felsüberhängen und Steilwänden mit regem Interesse betrachtet. Überall dort, wo von einem Überhang oder Felsvorsprung schwere Wassertropfen auf lose Steine und Steinchen herabfallen, die dann oft die Ausfüllung einer kleinen, seichten, muldenartigen Bodenvertiefung bilden, sind ja die Bedingungen für Tropfwasserglättung in höherem oder geringerem Grade vorhanden. In der Tat habe ich Tropfwassergeschiebe auch an vielen solchen Orten gefunden, z. B. gleich hinter dem vorhin beschriebenen Felsblock unter demselben Überhang, dicht an der Wand; dann an drei Stellen auf der *Priest*, einem zum Schafberg gehörenden, größtenteils bewaldeten Bergrücken, der sich von der Sautränk-Alm gegen Fürberg herabzieht; weiters in den *Steinklüften* bei St. Gilgen, im *Rabenkeller* oberhalb der Hirschau-Alm bei Hallstatt und unter den Überhängen bei den Eingängen zur *Mammuthöhle* und zur *Rieseneishöhle* oberhalb der Schönberg-Alm im Dachsteingebirge bei Obertraun.

Nur sehr wenige von den dort gefundenen Tropfwassergeschieben können sich aber an Glätte mit den zuerst in den Felsblocknischen gefundenen auch nur entfernt vergleichen, und ganz an diese reichen auch von jenen wenigen wiederum nur die wenigsten heran.<sup>10)</sup> Selten sind die Geschiebe ringsum geglättet, selten auch ist die Glätte durchaus einheitlich, und zu meist reicht sie nicht über Schimmerglanz hinaus. Manche solche Geschiebe sind überhaupt nur mattglatt, wie Fluß-

---

<sup>10)</sup> Vollkommen geglättete Tropfwassergeschiebe habe ich bisher nur noch unter einem Überhang an der oben genannten *Priest* gefunden. Man gelangt dorthin, wenn man den von Fürberg nach Aich führenden Fahrweg bis auf das Satterl unmittelbar hinter Fürberg verfolgt, dann pfadlos die wenigen Meter zur Wiese hinabsteigt, diese überquert und dann einige Minuten an dem gegenüberliegenden Berghang aufwärts steigt. Die Stelle liegt etwa 76 m über dem Spiegel des Wolfgangsees, also in einer Meereshöhe von 615 m. Hier habe ich einer kleinen Felsmulde einige Stücke von etwa Walnußgröße entnommen, die die zuerst besprochenen an Glätte sogar noch übertreffen, indem sie schon fast Spiegelglanz aufweisen. An anderen Stücken von ebendort wechseln noch matte mit schon hochglänzenden Flächenstellen ab, und an einem sonst noch durchaus matten Geschiebe sind erst einige Rundkanten glänzend.

geschiebe. Die Ursache hievon ist unschwer zu ergründen: wo sich das Tropfwasser nicht in Felsnischen oder kleinen Mulden sammelt, sondern versickert oder abrinnt, kann zuoberst, wo es auffällt und die Steine rüttelt, verschiebt und wendet, nicht leicht eine Ansammlung seines Kalkgehaltes zu jenem Kalkschlamm erfolgen, der für die Glanzglättung so wichtig ist. Ein kleiner Teil des Kalkgehaltes bleibt freilich stets auf den unmittelbar getroffenen, wie auch auf den bespritzten Steinen zurück, besonders wenn das Tropfwasser sehr kalkreich ist; dann sind auch hier fast alle in dessen Bereich gelegenen Steine bei Trockenheit staubig anzufühlen.

Auch folgendes ist hiebei zu beachten. In die zuerst besprochenen Felsblocknischen können nur von jenen Stellen des Überhanges Bruchstücke hineinfallen, die sich genau senkrecht darüber befinden. Diese Stellen sind also von äußerst beschränkter Ausdehnung, und es wird sich selbst im Verlaufe von Jahren nicht allzu oft ereignen, daß sich just dort ein Stein von der Decke löst und herabfällt, wobei es immerhin auch noch geschehen kann, daß der Stein von der Nischenwandung abprallt und hinaus ins Freie fliegt; deshalb befinden sich ja auch in solchen Nischen nur verhältnismäßig wenige, mitunter aber überhaupt keine Steine. Ist aber einmal ein Stein in der Nische, so bleibt er auch darin und ist, wenn der Ausdruck hier gestattet ist, „zeitlebens“ dem Tropfwasserfall und der dadurch bewirkten Glättung unter den allergünstigsten Umständen ausgesetzt, es wäre denn, daß er zufällig einmal durch einen Tropfen über die Wand der Nische hinausgeschleudert würde, was aber je nach der Tiefe der Nische nur bei Steinen unter einer gewissen Größe möglich ist. Der frei am Boden liegende Schutt erhält dagegen viel häufiger Zuwachs; einmal schon deshalb, weil die senkrecht herabfallenden Steine, besonders auf geneigtem Boden, nicht immer dort liegen bleiben, wo sie auffallen; dann aber in jenen sehr häufigen Fällen, wo die Wand zuunterst nur Steilwand ist und erst höher oben zum Überhang wird, auch aus dem Grunde, weil alsdann die Wandfläche, die eine bestimmte Bodenstelle mit Schutt versorgen kann, oft sehr ausgedehnt ist. So kommt es, daß der heute am Boden zuoberst liegende und dem Tropfwasserfall ausgesetzte Schutt nach längerer oder kürzerer Zeit von frischem Schutt bedeckt und so vor Tropfwasserglättung

immer mehr und mehr geschützt wird; worauf es jenem frischen Schutt, der die Stelle seines Vorgängers eingenommen hat, nicht anders ergeht. Es reicht also hier bei diesem Wechsel für das Tropfwasser zumeist einfach die Zeit nicht aus, ein bestimmtes Schuttstück vollständig und vollkommen zu glätten. Dazu kommt, daß nach starkem Dauerregen und besonders zur Zeit der Schneeschmelze an Stelle des Tropfwassers mitunter förmliche Gieß- und Sturzbäche von der Felswand niederrauschen, die den am Boden angetroffenen Schutt oft weithin verschleppen. Und schließlich dürfte hier manchenorts auch das zu einem großen Teil auf Frostwirkung beruhende sogenannte „Schuttkriechen“ in ähnlicher Hinsicht, wenn auch in viel geringerem Maße, in Betracht kommen.<sup>11)</sup>

Deshalb also wird man im Bodenschutt nur höchst selten Steine mit wirklich schöner und umfassender Tropfwasserglätte antreffen.

Erwähnenswert ist noch, daß sich in meiner Sammlung auch ein Stück von je 5 cm Länge und Breite und 3 cm Dicke befindet, das zwar auf der oberen Fläche und zum Teil auch an den Seitenflächen schönen Schimmerglanz aufweist, wogegen seine untere Fläche von einer bis auf einige winzige Glättungsstellen völlig rauhen Sinterkruste bedeckt ist. Der Stein war eben zu schwer, als daß er durch das Tropfwasser, sei es unmittelbar oder mittelbar durch den Anprall anderer, kleinerer Steine, hätte bewegt oder gar gewendet werden können. Die Glättung seiner Oberseite rührt von kleineren Steinen her, die darauf hin und her gerüttelt wurden. Indessen ist es sicher

<sup>11)</sup> Die Erscheinung des „Schuttkriechens“ als Folge von Frostwirkung ist unseren alpenländischen Bauern seit jeher bekannt; sie sprechen da zumeist von „Gfrierdruck“, „Gfrierschiabn“, „Gfriertauchn“. In der Literatur dürfte wohl W. C. K e r r (On the Action of Frost in the arrangement of superficial earthy material, Am. Journ. Sci., 3. Ser., Vol. XXI, New Haven 1881, S. 345—358) zuerst darauf hingewiesen haben; er gebraucht hiefür die Bezeichnung „frost drift“ (a. a. O., S. 352). Die Ausdrücke „Kriechen“ (für den Bewegungsvorgang) und „Gekrieche“ (für den bewegten Schutt) rühren von G. G ö t z i n g e r her (Beiträge zur Entstehung der Bergrückenformen. Pencks Geogr. Abh., IX. Bd., 1. Heft, Leipzig 1907, S. 50, 165), nachdem schon Ch. D a v i s o n (Note on the movement of the scree material. Quart. Journ. Geol. Soc. London, 1888, S. 232 und 825) von einem „slowly creeping downward“ und W. M. D a v i s (The geographical cycle. Geogr. Journ. XIV, 1899, S. 495) ähnlich von „creep“ gesprochen hatte.

nicht ausgeschlossen, daß stark mit Kalkschlamm versetztes Tropfwasser bei genügend langer Zeit auch durch den bloßen Anprall zu glätten vermag, da der Kalkschlamm als Glanzmittel wirkt, wenn er auch noch so spärlich und wässrig zur Anwendung gelangt.

Am 1. Oktober 1916 habe ich aus den früher besprochenen Nischen die schön geglätteten Tropfwassergeschiebe von Haselnuß- bis Walnußgröße herausgenommen und durch frische, vom Boden aufgelesene Bruchstücke ersetzt. Am 19. November ließen diese schon schwache Spuren von Glättung und besonders von Kantenrundung erkennen; am 3. Mai 1917 war die Kantenrundung allgemein, und manche Flächenstellen wiesen schon Schimmerglanz auf. Dazu ist zu bemerken, daß im Winter, der diesmal besonders lang und streng war, Tropfwasserfall nur sehr selten eintritt.

#### Tropfwasserpflanzen <sup>12)</sup>

Dicht neben dem im vorigen Abschnitte näher bezeichneten Felsblock, gegen die Seitenwand hin, die links von der Kluft rechtwinklig zur Hauptwand steht, befinden sich auf einer nahezu wagrechten Felsplatte zwei ersichtlich vom Tropfwasser ausgewaschene, miteinander unmittelbar zusammenhängende, muldenförmige Vertiefungen. Die eine davon ist länglich,  $9\frac{1}{2}$  cm lang und  $3-4\frac{1}{2}$  cm breit, die andere kreisrund, mit einem Durchmesser von 4 cm; die Tiefe beträgt bei beiden etwas über 1 cm, der Boden ist vollkommen geglättet. Bei meinem ersten Besuch am 18. August 1916 lagen in der länglichen Mulde acht größere und zwei kleine Steinchen, in der runden aber nur ein einziger, von kugeligiger Gestalt und  $2\frac{1}{2}$  cm

<sup>12)</sup> Da es sich hier fast immer um sehr seichte Vertiefungen handelt, wäre die Bezeichnung Näpfe minder am Platze. Denn der Napf hat immer eine verhältnismäßig beträchtliche Tiefe und ist eigentlich ein kleiner Topf, wogegen man unter Pfanne „überhaupt eine jede flach eingebogene oder vertiefte Fläche“ versteht, die zuweilen auch halbkugelig sein kann, wie z. B. die Gelenkspfannen in der Anatomie. Ein Stiel, wie ihn die in der Küche verwendeten Pfannen zumeist besitzen, gehört ebensowenig zum Begriff der Pfanne, wie etwa Füße, womit auch manche Küchenpfannen versehen sind. (A d e l u n g, Wörterbuch, III, Leipzig 1777, S. 729 und 1016—1017.) — Es scheint freilich nicht ausgeschlossen, daß durch fortgesetzte Vertiefung von Tropfwasserpflanzen auch Tropfwassernäpfe entstehen; solche aber habe ich bisher wenigstens noch nicht gefunden.

Durchmesser. Dieser letzte Stein war ziemlich deutlich, die anderen aber nur schwach geglättet. Damals fiel hier kein Tropfwasser von der Wand, wohl aber bei späteren Besuchen, und wie zu erwarten war, fielen schwere Tropfen just in diese Vertiefungen hinein. Am 28. August fand ich den Stein aus der runden Mulde herausgeschleudert und durch einen anderen aus der länglichen Mulde ersetzt, aus der auch noch andere Steine seitwärts hinausgeschleudert waren.

Eine solche Tropfwasserpfanne befindet sich auch in der vorhin erwähnten Seitenwand, 40 cm über dem Boden; sie ist fast kreisrund, mit 4—5 cm Durchmesser, hat eine Tiefe von fast 3 cm und einen kesselartigen Boden, der, wie zu unterst auch die Wandungen, wie bei allen Tropfwasserpfannen, bis zum Glanz geglättet ist. Einige kleine Steinchen darin weisen gleichfalls Glanzglätte auf: sie liegen offenbar schon recht lang in der Pfanne, aus der sie deren immerhin größeren Tiefe wegen nicht so leicht vom Tropfwasser herausgeschleudert werden können.

Die schönsten Tropfwasserpfannen habe ich aber im Rabenkeller oberhalb der Hirschau-Alm bei Hallstatt gefunden, einem mächtigen Höhlentor an der Verschneidung der für den Ansteigenden linken Seitenwand mit der Hinterwand des Kares. Hier finden sich in 950 m Meereshöhe viele Tropfwasserpfannen nebeneinander — eine immer schöner als die andere — in die das Wasser aus mindestens 20 m Höhe hineintropft. Die Pfannen haben hier Durchmesser von 7 bis über 10 cm, sind kreisrund und haben bei steilen Wandungen merkwürdigerweise einen ganz flachen, nicht aber einen muldenförmig eingesenkten Boden; ihre Tiefe mißt nur 1—1½ cm, so daß hineingefallene Steine vom Tropfwasser leicht wieder hinausgeschleudert werden können. In einigen war deshalb auch nichts als Wasser, in anderen bemerkte ich nur kleine Gesteinsplitter und Scherben, nur in wenigen fand ich auch größere Steine von Bohnen- bis über Haselnußgröße, wovon einer zwar nicht allenthalben, wohl aber an den meisten Stellen tadellosen Hochglanz aufwies; dieser mußte sich also doch recht lang in der Pfanne erhalten haben. Übrigens mag hier, wo der Aufprall der aus so großer Höhe fallenden Tropfen sehr stark ist, die Glättung auch besonders rasch betrieben werden. Überhaupt ist der Tropfwasserfall hier so reichlich, daß an manchen Stellen

ein förmlicher Schauer von der Decke herniederprasselt, und dies auch dann, wenn es schon längere Zeit nicht mehr geregnet hat; die Höhle ist mir nämlich von früheren Sommeraufenthalten in Hallstatt her sehr wohl bekannt.

In der Wucht dieses Tropfwasserfalles ist, wie ich glauben möchte, auch die Erklärung für die Ebenförmigkeit der Böden der durch ihn erzeugten Pfannen zu suchen, deren niedere Wandungen ringsum durchaus senkrecht verlaufen. Was darin jeweils an Schlamm, kleinen Gesteinssplittern, Scherben und Steinen vorhanden ist, wird nämlich teils unmittelbar durch den Tropfenprall, teils durch die ringsum erzeugte Wasserwelle über den Boden hin an den Rand geschleudert und umhergespült, wodurch der Boden auch in den randlichen Teilen gescheuert und die Pfanne immer mehr und mehr erweitert wird. Daher denn auch der auffallend große Durchmesser der hier ausgewaschenen Tropfwasserpfannen.

Eine von den hier durch Tropfwasserfall ausgewaschenen Vertiefungen weicht aber auffallend von der gewöhnlichen Form ab. Bei einem oberen Durchmesser von 5 cm und einer Tiefe von 4 cm ähnelt ihr senkrechter Querschnitt dem eines Kielbootes, so daß man hier nicht von einer Pfanne, sondern vielmehr von einem Trichter reden müßte. Darin liegt ein dreieckiger Gesteinsscherben, mit der Spitze abwärts gerichtet; dieser wird durch das Tropfwasser gedreht und hat dadurch in den Boden des früher entstandenen Napfes einen Trichter eingebohrt.

#### **Frostschliffkanter**

Nördlich von St. Gilgen am Wolfgangsee erheben sich die Plassenkalkkuppen der „Drei Brüder“, bestehend aus dem Plombergstein, dem Mittagstein (920 m) und dem Obernauerstein. Wo die Ostwand des ersten aus dem dichten Wald emporstrebt, befinden sich die sogenannten „Steinklüfte“, ein von Einheimischen und Sommerfrischlern stark besuchtes, höchst malerisches Felssturzgebiet postglazialen Alters. Auch der Mittagstein fällt gegen Osten in einer prallen Felswand ab, an deren Fuß sich dichter Nadel- und Buchenwald hinzieht bis zu ihrem nördlichen Ende zunächst dem Bauernhofe Obernau, wo die Wiesen bis an die Wand herantreten.

Von der Haltstelle Billroth der Salzkammergut-Lokalbahn führt ein blau bezeichneter Weg, zunächst durch Wald mäßig ansteigend, dann aber mit nur mehr ganz geringer Steigung über Wiesen, in einer halben Stunde zum Obernauerhof. Schreitet man von hier unter dem (wahren) Azimut N 74° W in der Richtung auf den Fußpunkt der Kuppe des Mittagsteins (fast senkrecht zur Längsachse des Hauses) über die Wiese, so gelangt man nach wenigen Minuten an den Waldesrand, der hier schon in nächster Nähe des Wandfußes und nur mehr 10 m tiefer als dieser dahinzieht. Nach Durchquerung des schmalen Waldstreifens auf der Sohle einer kleinen Mulde und kurzem Anstieg steht man unmittelbar an der Wand, die hier in zwei Absätzen je 4½ und 7 m weit überhängt; der untere Überhang ist 10 m, der obere 25—30 m hoch. Der bewaldete, kurze Berghang, über den wir gekommen sind, reicht nur bis unter die Kante des oberen Überhanges; dann folgt bis zur Wand eine an deren Fuß etwa 50 Schritte weit hingestreckte, fast horizontale Fläche, aus zum Teil stark mit Höhlenlehm versetztem Erdreich bestehend und im allgemeinen nur hin und wieder spärlich mit Schutt bedeckt. Die Stelle liegt 192 m <sup>13)</sup> über dem Spiegel des Wolfgangsees (539 m), also in einer Meereshöhe von 731 m.

Dort, wo wir aus der Mulde, einem nur wenig eingetieften und höher oben durch spärlichen Schutt gekennzeichneten, zu meist aber trockenen Rinnsal folgend, emporgekommen sind, befindet sich am Fuße der Wand in der vorhin erwähnten erdigen Fläche eine fast unmerkliche muldenförmige Eintiefung. Das ist fast der einzige Ort, wo sich eine größere Ansammlung von Steinen befindet. Diese bedecken eine Fläche etwa von der Gestalt eines gleichseitigen Dreiecks von 2 m Seitenlänge, wobei die eine Seite zur Wand parallel, aber — von einigen Bruchstücken abgesehen — ½ m davon entfernt ist. Auf diese Stelle tropft es von der Wand bei feuchtem Wetter aus Höhen von 3—4 m; viel stärker aber ist der Tropfwaterfall an anderen Stellen, am stärksten 3 m weiter zur Linken, am Beginn un-

---

<sup>13)</sup> Mittel aus 20 Paaren Messungen, je auf- und abwärts, mit dem Aneroid L. Casella (London) Nr. 4613 unter Berücksichtigung der Lufttemperatur. Die äußersten Werte der einzelnen Messungen (auf oder ab) waren 184 und 199 m.

serer Terrasse, wo es auch nach längerer Trockenheit von der Felswand tropft, bei feuchtem Wetter aber, und schon gar zur Zeit der Schneeschmelze, förmlich rinnt. Von dort fließt dann das Wasser, wie an einem meist feuchten Schuttstreifen mit ganz geringem Gefäll zu erkennen ist, zu der eben erwähnten steinreichen Stelle, die sich bei näherer Untersuchung als eine in den lehmigen Erdboden eingesenkte seichte, steinerfüllte Mulde erweist. Das Tropfwasser ist hier ungemein kalkhaltig; die 5—20 cm im Durchmesser haltenden Buchenstämme, die teils noch unter dem höheren Überhang, teils unmittelbar am Rande der Terrasse emporstreben, mit der Krone die Kante des Überhanges berührend, sind ganz von einer weißlichgrauen Kalksinterkruste überzogen.

An der Wand des Überhanges zieht sich in 0 — 4 $\frac{1}{2}$  — 0 m Höhe eine Verwerfungskluft hin, die sich gerade hinter der steinreichen Stelle zu einem kleinen Höhlenschlund erweitert. Darunter ist die Wand fast immer feucht, und aus der Kluft ist auch der Höhlenlehm gekommen, der die Unterlage und die Umgebung jener hier zahlreich angesammelten Steine bildet, denen wir nunmehr unsere Aufmerksamkeit zuzuwenden haben.

Ich bin zum erstenmal am 28. August 1916 hierher gekommen, als ich den Fuß der Wände des Plombergsteins und des Mittagsteins auf das Vorkommen von Tropfwasserglättung untersuchte. Dieses Beginnen war in den „Steinklüften“, wie bereits bemerkt, erfolgreich, führte aber an der hier in Rede stehenden Stelle zu einer nicht geringen Überraschung.

Daß es sich bei diesen Steinen, die offenbar einst aus dem Höhlenschlund herabgefallen waren, nicht um gewöhnlichen Bruchschutt, sondern um eine Art von Geschieben handelte, war auf den ersten Blick zu erkennen. Denn wenn auch einige obenauf gelegene Stücke zumindest an ihrer Oberseite ganz das Aussehen von grau verwittertem, rauhem und reichlich von dunkelgrünen Flechten überzogenem Trümmerwerk hatten, so blinkte doch die weitaus überwiegende Mehrzahl der Steine dazwischen glänzend weiß, so daß sich diese Stelle durch ihre Helligkeit deutlich von der sonst grauen, schwärzlichen und gelblichen felsig-steinigen, erdigen und lehmigen Umgebung abhob.

Die Steine in der Mitte der Mulde erwiesen sich fast sämtlich als mehr oder weniger geglättet — aber an Tropfwasser-

glättung oder überhaupt an irgendeinen anderen bisher bekannten Glättungsvorgang war hier nicht zu denken. An ein und demselben Stücke finden sich an verschiedenen Stellen zumeist alle Grade von Glätte, bis zum vollkommensten Spiegelglanz, während dazwischen nicht selten andere Stellen noch vollkommen rauh, verwittert und von Flechten überzogen sind. Die Steine sehen aus, wie wenn sie an verschiedenen Stellen mit verschiedenen geformten Werkzeugen bald stärker, bald weniger stark angeschliffen worden wären. Das sonderbarste sind nämlich die Schliffflächen selbst. Diese sind in manchen Fällen flach und schneiden sich dann oft in scharfen Kanten; zumeist aber sind sie muldenartig oder rinnenförmig in die Gesteinsoberfläche eingetieft, so daß viele Steine heute eine ganz andere Gestalt haben, als sie ursprünglich besaßen; ja manche Steine haben durch besonders tiefe Schliffkerben eine so unregelmäßige Form erhalten, daß sie wie verrenkt aussehen. Häufig sind solche Hohlschliffe auch in schon ältere Flachschliffe eingetieft, ja auch ineinander selbst; auch hier treten dann an den Grenzen scharfe Kanten auf, wie desgleichen auch an den Verschneidungen benachbarter Hohlschliffe untereinander.

Immerhin kommen aber auch Stücke vor, die ringsum geglättet worden sind und dabei ihre ursprüngliche Gestalt anscheinend so ziemlich behalten haben. Bei genauerer Untersuchung erkennt man aber auch hier an dem Auftreten wenn gleich nur schwach ausgeprägter Hohlschliffe und Schliffkanten, daß die Glättung nicht durchaus einheitlich und gleichzeitig vor sich gegangen ist, sondern an verschiedenen Stellen nacheinander eingesetzt hat.

Das ganze Geschiebelager hat eine Mächtigkeit von 10—15 cm. Dabei sind die Steine im allgemeinen so nach der Größe angeordnet, daß zuunterst, auf der erdig-lehmigen und deshalb nur schwer durchlässigen Unterlage, die kleinsten, von Erbsen- bis Haselnußgröße liegen und darüber immer größere und größere, bis zur Größe einer Männerfaust und darüber. Im besonderen freilich treten auch einzelne größere Stücke in den unteren, und etwas häufiger kleinere in den oberen Lagen auf. Zuoberst liegen, wie bereits bemerkt, hin und wieder Trümmer, die auf den ersten Blick noch ganz gewöhnlichem Bruchschutt gleichen, wie er sicher von Zeit zu Zeit von dem Überhang herabfällt; ja stellenweise ist überhaupt das ganze Geschiebelager

von solchen Trümmern bedeckt. Das größte dieser Stücke ist 28 cm lang, 12—13 cm breit und 8—10 cm hoch; es wiegt etwa 7—8 kg. Hebt man aber dieses oder ein anderes jener Trümmer auf, so findet man es an der Unterseite und oft auch an den Rändern ähnlich angeschliffen wie die übrigen Steine!

Es ist deutlich zu erkennen, daß sich die Steine aneinander gewetzt und sich dabei gegenseitig abgerieben und angeschliffen haben; nimmt man einen der Steine — gleichgiltig ob von der Decke oder mitten aus dem Lager — weg, so bemerkt man fast immer an den Nachbarsteinen Schliffflächen oder Schliffansätze, die denen des soeben entfernten genau entsprechen. Dabei liegen flache Schliffstellen an flachen, ausgebogene an eingebogenen, vorspringende Kanten an einspringenden und umgekehrt. Es ist oft nicht möglich, einen bestimmten Stein aus dem Lager herauszunehmen, ohne vorher die Nachbarsteine beseitigt zu haben; ja mitunter muß man Gewalt anwenden, um die wie durch Gelenksverbindung zusammengehaltenen Steine zu lockern. So innig greifen die Vorsprünge und Einbuchtungen der verschiedenen Steine ineinander, wie bei den bekannten Zusammlegspielen für Kinder, nur daß die ganze Anordnung hier nicht flächenhaft, sondern räumlich ist.

Daß die Glättung innerhalb des Lagers selbst, ja bei jedem einzelnen Stein sozusagen an Ort und Stelle, und zwar durch Reibung an den Nachbarsteinen erfolgt ist, ist vollkommen klar; desgleichen, daß die Steine dabei nur ganz geringen Bewegungen hin und her unterworfen waren, und daß trotz dieser Bewegungen ihre gegenseitige Lage längere Zeit hindurch im allgemeinen dieselbe blieb, so daß immer wieder dieselben Stellen einander berührten und einander wetzten; daß hin und wieder aber doch auch größere Verschiebungen und auch Drehungen ohne Rückkehr in die ursprüngliche Lage erfolgten, so daß dann — und zwar zumeist wiederum durch längere Zeit — andere Stellen einander zugewendet waren. Für diese höchst merkwürdige Erscheinung gibt es offenbar nur eine einzige Erklärung: wenn das an und zwischen den Steinen stets mehr oder minder reichlich angesammelte Tropfwasser gefriert, so dehnt es sich aus und hebt und verschiebt die Steine ein wenig; taut das Eis zwischen den Steinen dann wieder auf, so sinken und rücken diese, dem Zug der Schwere folgend, wieder in ihre ursprüngliche Lage. Im Herbst und im Frühjahr, wenn die

Temperatur um Null herum schwankt, erfolgt dieses Gefrieren und Wiederauftauen sehr häufig, lange Zeit tagtäglich mit dem Wechsel von Nacht und Tag, ja unter Umständen auch wiederholt untertags. Immerhin müssen aber recht lange Zeiträume verstreichen, bis auch nur Spuren solcher Frostglättung ersichtlich werden; das Alter vollkommen ausgebildeter Frostschliffe aber entzieht sich vorläufig noch jeder Schätzung.

Alle Erscheinungen in unserem Lager von Frostschliffkantonen, wie man diese Steine füglich nennen kann, stimmen mit der eben gegebenen Erklärung restlos überein. Die großen, schweren, flachen Decksteine, die durch den Frostdruck nicht leicht gewendet werden können, sind nur an der Unterseite und allenfalls an den Rändern angeschliffen. Je tiefer die Steine in dem Lager liegen, also je älter sie sind und je länger sie deshalb der Frostschleifung ausgesetzt waren, desto kleiner sind sie durch die Abschleifung geworden; in der Tat sind die kleineren Stücke aus den unteren Lagen mit ganz wenigen Ausnahmen schon allseits und ringsum geglättet und lassen keine rauhen Stellen der ursprünglichen Oberfläche mehr erkennen. An Steinen aus den höheren Lagen dagegen sieht man häufig an mehr oder minder zahlreichen und großen Stellen noch Reste der ursprünglichen, grauen und oft mit grünen Flechten bedeckten Verwitterungskruste, inmitten deren aber auch schon häufig einzelne glänzende Schliffflächen, Schliffmulden oder Schliffkerben auftreten. Oder umgekehrt haben sich innerhalb größerer Schliffflächen noch eingetiefte, grünlichgraue Reste der ursprünglichen Gesteinsoberfläche erhalten.

Daß auch ganz zuoberst einzelne ringsum angeschliffene Stücke auftreten, ist erklärlich. Die betreffenden Steine haben eben dank ihrer hiezu geeigneten, mehr oder weniger runden Gestalt durch hin und wieder mehr einseitig wirkenden Frostdruck allmählich eine Drehung erlitten. Eine solche kann auch gelegentlich durch herabfallende Steine bewirkt werden, oder durch das Wild, obwohl dieses, wie ich bei allen meinen Besuchen — auch zur Winterszeit, wenn die ganze Landschaft außerhalb des Überhanges von Schnee bedeckt war — aus dem Mangel von Losung und Fährten festgestellt habe, hier weder regelmäßig lagert noch wechselt. Auch Menschen mögen schon mitunter über die Fundstelle weggeschritten sein: zwei alte

Feuerstellen, nur wenige Schritte davon entfernt, legen diese Vermutung nahe.

Im übrigen ist es auch sicher von Bedeutung, daß ich nur äußerst selten die ganze Fundstelle gleichmäßig durchnäßt angetroffen habe; fast immer wechselten trockene Stellen mit feuchten, und zwar bald hier, bald dort. Ebenso habe ich auch bei oft wiederholten Besuchen vom Herbst bis zum Frühjahr, wo bei Temperaturen unter Null das Wasser zwischen den Steinen gefroren war, so daß diese, durch den Eiskitt verbunden, eine fest zusammenhängende, starre Masse bildeten, nicht selten bald diese, bald jene Stelle des Lagers eisfrei gefunden. Nun ist es klar, daß die Möglichkeit, daß ein Stein infolge des Frostdruckes und dann beim Auftauen unter dem Einfluß der Schwere eine neue Lage zu seinen Nachbarsteinen einnimmt — welche neue Lage dann vielleicht wiederum durch lange Zeit dieselbe bleibt —, vor allem an den Rändern der jeweils vereisten Stellen vorhanden ist: wenn nun diese Ränder wechseln, so kann jene Möglichkeit im Laufe der Zeiten an jeder Stelle des Lagers eintreten. Nicht selten auch waren bei Frostwetter überhaupt nur ganz kleine Stellen des Lagers vereist, wo eben unmittelbar vorher die Steine durch Tropfwasser naß geworden waren.

Zu bemerken ist noch, daß unsere Frostschliffkanter im trockenen Zustande zumeist ganz staubig anzufühlen sind, während im nassen Zustande die an ihnen haftende Wasserschichte von feinen Schlammshlieren durchsetzt ist. Dieser Staub oder Schlamm rührt teils von der gegenseitigen Abreibung der Steine her, teils aber auch von dem Kalkgehalt des Tropfwassers; er wirkt dann weiterhin wiederum seinerseits als vorzügliches Schleifmittel, dem die Glättung der Schliffstellen bis zu Hochja Spiegelglanz zu verdanken ist.

Die Benetzung unseres Lagers von Frostschliffkantern am Fuße der Mittagsteinwand bei Obernau ist, wie schon gesagt, sehr verschieden und wechselnd, da sie ganz vom Tropfwasserfall abhängt, der sich ebenso verhält. Ganz durchnäßt ist das Lager nur bei längerem Regenwetter und zur Zeit der Schneeschmelze, aber auch da durchaus nicht immer. Sonst sind stets kleinere oder größere Stellen trocken, zumindest an der Oberfläche; die tieferen Lagen dagegen habe ich zumeist mehr oder

weniger durchfeuchtet angetroffen — mitunter steht das Wasser am Grund der Mulde auch mehrere Zentimeter hoch.<sup>13a)</sup>

In dem meist feuchten Schuttstreifen, der von der früher erwähnten, zur Linken benachbarten Haupttropfstelle zu dem Lager führt, ist ein Auftreten deutlicher Frostschliffe nicht zu bemerken, da der Schutt hier zu spärlich auf dem Erdboden liegt. Ein anderer Schuttstreifen zieht sich von dem Lager in das meist trockene Rinnsal der Waldmulde hinab, durch die wir heraufgekommen sind; in diesem Schuttstreifen sind zunächst dem Lager noch hin und wieder Spuren von Frostschliffen zu finden, doch selbstverständlich nur so weit, als das Gefäll noch ganz gering ist.

Das Hauptvorkommen der Frostschliffkanter befindet sich, wie schon früher erwähnt, in der Mitte des Lagers; hier ist innerhalb einer Fläche von etwa 1 m Durchmesser jeder Stein mehr oder weniger geschliffen. Nach links (mit dem Gesicht gegen die Wand gerichtet) treten Frostschliffkanter und Frostschliffe in abnehmender Häufigkeit fast bis an den Rand des Steinlagers auf; rechts aber hört das Vorkommen plötzlich auf, und zwar entlang einer Linie, die von einer fast immer

---

<sup>13a)</sup> Bei meinen Besuchen am 10. und 12. Juli 1917, nach sehr starkem und anhaltendem Regenwetter, stürzte aus dem Höhlenschlunde hinter und über der Fundstelle, aus dem es sonst auch bei Regen und zur Zeit der Schneeschmelze nur gelegentlich etwas tropft, ein förmlicher Wasserschwall herab, dessen Geräusch schon von weit unten hörbar war. Die Hauptmasse des Wassers rann infolge der Adhäsion an der dort unter 70° überhängenden Felswand hinab, ein immerhin aber noch recht beträchtlicher Teil prasselte aus 2 m Höhe auf den Boden darunter und auf den hinteren Teil der Fundstelle hinab, doch erreichte das Wasser diese bereits in Tropfen und einzelne Strähne aufgelöst. Der Sturz des Wassers war nicht so stark, daß die Steine dadurch bewegt worden wären. Am 16. Juli hatte der Höhlenschlund schon wieder das gewöhnliche Aussehen, kaum daß hin und wieder eine Stelle noch etwas feuchter war als sonst. Mit der Ausbildung der Frostschliffkanter hat dieses jedenfalls nur höchst selten auftretende Sturzwasser — ich habe es sonst noch nie beobachtet, obwohl die Stelle durch Jahresfrist sozusagen ständig unter meiner Aufsicht stand — natürlich nichts zu tun, wie zum Überfluß schon das später zu beschreibende zweite Vorkommen von Frostschliffkantern an der Almbachhochwand bei Berchtesgaden beweist, wo ein Auftreten solcher Wasserschwalle durch die Gestaltung der Örtlichkeit vollkommen ausgeschlossen ist. (Anmerkung während der Korrektur; auch die letzten drei Alinea dieses Abschnittes sowie der folgende Abschnitt „Frostschliffnäpfe“ sind bei der Korrektur eingefügt worden.)

nassen Tropfstelle am Fuße der Felswand und zu dieser senkrecht zu dem zuletzt erwähnten Schuttstreifen des zeitweiligen Abflusses verläuft. Rechts von dieser Linie liegen zwar bis zu einer Entfernung von  $\frac{1}{2}$  m auch noch Steine, aber diese sind rauher, stark verwitterter Trümmerschutt ohne eine Spur von Schliffen; es sind dies meist größere Stücke, die häufig unmittelbar auf dem erdig-lehmigen Boden liegen, oder höchstens in zwei Schichten mit sehr lockerem und große, klaffende Zwischenräume aufweisendem Gefüge. Daß es da nicht leicht zur Bildung von Frostschliffen kommen kann, ist klar.

Es ist selbstverständlich, daß es auch anderswo zur Ausbildung von Frostschliffkantern kommen muß, wenn die Umstände dort dieselben oder doch ähnlich sind wie hier. Trotz allem Suchen verstrich jedoch fast ein Jahr, ohne daß mir ein derartiger Fund wieder gelungen wäre. Daraus ist zu schließen, daß die Vereinigung aller Bedingungen, an die der Vorgang der Frostglättung gebunden erscheint, sehr selten ist.<sup>14)</sup>

Welches sind nun diese Bedingungen?

Vor allem muß Wasser vorhanden sein oder doch zeitweilig die Geschiebe benetzen, besonders im Herbst und Frühjahr, wenn die Temperatur vielfach um den Gefrierpunkt herum schwankt, so daß das Wasser zwischen den Steinen häufig gefriert und wieder auftaut. Dabei dürfen aber die Geschiebe lediglich denjenigen Bewegungen unterworfen sein, die durch die Ausdehnung des gefrierenden Wassers und dann beim Schmelzen des Eises durch die Schwerkraft bewirkt werden, weil sich ja sonst nicht lange Zeit hindurch immer dieselben Gesteinsflächen aneinander reiben würden: dies ist nämlich zum Werden und Gedeihen von Frostschliffen unumgänglich nötig. Fließendes Wasser, das die Steine verschöbe oder gar fortschaffte und dafür stets wieder andere herbeiführte, oder, wenn auch nicht gerade dies, so doch zumindest immer frischen Grus und Sand

---

<sup>14)</sup> Diese außerordentliche Seltenheit der Frostglättung und der durch sie bewirkten Umwandlung von Schutt zu Frostschliffkantern erklärt es auch, daß die so merkwürdige Erscheinung so lange der Beobachtung entgehen konnte. Hat doch sogar Bertil Högbom, der sich ganz besonders eingehend mit der Untersuchung von Frostwirkungen befaßt und hierüber unmittelbar vor Kriegsausbruch eine umfangreiche Abhandlung („Über die geologische Bedeutung des Frostes“, Bull. Geol. Inst. Upsala, XII, Upsala 1914, S. 257—390) veröffentlicht hat, nichts derartiges bemerkt.

bald hindurchspülte, bald dazwischen absetzte, ist hier also ausgeschlossen. An Bach- und Flußufern wird man deshalb vergebens nach Frostschliffkantern suchen, nicht minder aber auch an Seegestaden, wo Wellenschlag und Brandung störend eingreifen. Ja selbst ein nur ganz sanftes Rieseln des Wassers wäre hier von Übel, weil dadurch die Steine beständig abgewaschen und von dem anhaftenden feinen Kalkschlamm gereinigt würden, der, teils von Verwitterungsstaub, teils von dem Kalkgehalt verdunstenden Wassers, teils aber auch von der Reibung der Steine untereinander herrührend, dann wiederum seinerseits als Schleif- und Glättungsmittel dient. Man könnte nun an ruhige Wasseransammlungen von Quellen denken, aber sofort muß man sich sagen, daß gerade zur Zeit der Herbstregen, wo die Nachtfröste einsetzen, und der Schneeschmelze, wo das tägliche Auftauen beginnt, die Quellen oft durch mächtiges Übersprudeln die sonstige Ruhe stören. Wenn aber Wassergerinne, Seen und Quellwasseransammlungen ausgeschlossen sind, was für Wasser bleibt dann noch übrig und gerade zur Zeit des Frostwechsels in genügender Menge bereit? Einzig und allein das Tropfwasser, das, wie bereits an früherer Stelle gezeigt, auch schon durch großen Kalkgehalt und Kalkführung die Schleifarbeit begünstigt. An Tropfwasserstellen haben wir also nach Frostschliffkantern zu suchen.

Das Tropfwasser darf aber nicht gleich versiegen oder ablaufen, sondern muß sich immer längere Zeit zwischen den Steinen erhalten können. Es muß demnach eine undurchlässige oder doch nahezu undurchlässige Unterlage vorhanden sein, die durch ihre Gestaltung zugleich das Abfließen des Wassers verhindert; der Platz darf also nicht abhaldig oder gar abschüssig, sondern muß eben, wo nicht muldig sein. Die Undurchlässigkeit der Unterlage kann aber hier, wo es sich immer um Schuttboden handelt, nur auf der Anwesenheit von Höhlenlehm beruhen, so daß also die Nachbarschaft eines Höhlenschlotes oder einer weit in das Felsinneré hineinreichenden Kluft oder Spalte erforderlich ist, oder überhaupt irgendeiner Öffnung, durch die zeitweilig Lehm austritt oder, wenn auch vielleicht nur einmal und vor längerer Zeit, ausgetreten ist.

Da ferner die Ausbildung eines Frostschliffes bei den so außerordentlich kleinen und überdies noch verhältnismäßig seltenen Bewegungen, worauf sie beruht — wobei obendrein die

Reibung der Steine nur durch und unter dem Druck der eigenen Schwere erfolgt —, jedenfalls einer sehr langen Zeit bedarf, so leuchtet ein, daß die Felswand, die das Tropfwasser spendet, aus prallem, festem Gestein bestehen muß, das nur schwer zu Schutt und Grus verwittert; denn lösten sich häufig und reichlich Bruchstücke von der Wand und fielen auf die unten bereits angesammelten hinab, so würde die Schuttanhäufung alsbald so mächtig werden, daß Frostglättung, wenn überhaupt, nur mehr in den tiefsten, unzugänglichen Lagen möglich wäre. Hieraus folgt weiter, daß der Fuß von Steilwänden, wo gelegentlich von kleinen Vorsprüngen oder Ausbauchungen auch Tropfwasser fällt, bei unserer Nachforschung auszuschneiden ist, da dort das Einzugsgebiet für Schutt zu groß, die Schuttlieferung zu rasch und reichlich ist. Es bleiben also nur mehr solche Tropfwasserstellen übrig, die sich unter größeren Felsüberhängen befinden und nebstbei auch allen übrigen bisher als nötig erkannten Erfordernissen entsprechen.

Solcher Orte habe ich nun zwar nicht wenige gefunden — Frostschliffkanter dortselbst aber nicht! Es muß dort doch noch irgend etwas fehlen oder nicht ganz stimmen, was sich schwer genau erkennen und erfassen läßt. Die Frostglättung kann nicht auf die eine als einzige Örtlichkeit beschränkt sein, sie muß auch anderwärts zustandekommen. Aber wo? Ja das ist eben die schwierige Frage! Mag sein, daß eine ganz besondere Regelung des Tropfwasserfalls vonnöten ist, daß es selten wo sich trifft, daß an sonst geeignetem Orte just zur Zeit der wechselnden Fröste nicht zu viel und nicht zu wenig Wasser von der Felswand tropft. Auffallend ist es ja in der Tat, daß auch unter dem Überhang am Fuße des Mittagsteins das Hauptvorkommen von Frostschliffkantern auf einen so eng umgrenzten Platz in der Mitte des Lagers beschränkt ist.

Die vorliegende Arbeit war zum größten Teil bereits im Herbst des vorigen Jahres geschrieben worden; mit dem Abschluß aber habe ich gezögert, weil ich mich vorher noch von dem Zustande der Fundstelle der Frostschliffkanter im Winter und im Frühjahr überzeugen wollte. Daneben hegte ich auch immer noch die Hoffnung, ein zweites derartiges Vorkommen zu finden. Allzulange aber wollte ich die Veröffentlichung doch nicht hinausschieben und so schloß ich denn zu Pfingsten die Arbeit ab und sandte sie der Schriftleitung ein. Nichtsdesto-

weniger gab ich das Suchen nicht auf und kaum zwei Wochen später hatte es Erfolg. Am 8. Juni d. J. fand ich ein zweites Vorkommen von Frostschliffkantern am Untersberg bei Berchtesgaden, das ich dann am 17. Juni (hauptsächlich der genaueren Höhenbestimmung wegen) nochmals besuchte.

Dieses Vorkommen befindet sich in einer Seehöhe von 1370 m am Fuße der *Almbachwand* zwischen dem Rauhen Kogel und dem „Leiterl“, an jener Stelle, wo der von der Gern zum Stöhr-Haus führende Weg, der sich lange unter der Almbachwand dahinzieht, der Wand am nächsten kommt, indem er dort fast ganz an sie herantritt. Steigt man hier vom Weg 4—5 Schritte über Rasen empor, so gelangt man zu einer fast ebenen, teils steinigen, teils rasigen Fläche, die sich bei einer Tiefe von 3 bis 5 m ungefähr 40 Schritte weit am Fuße der genau nach Osten gerichteten Wand erstreckt. Die Wand bildet hier einen Überhang von 10 bis 20 m Höhe und 3—4 m Tiefe; sie weist mehrere schwarze, feuchte Stellen auf, doch tropfte es bei meinen beiden Besuchen von ihr nur an einem einzigen Orte, und zwar aus ganz geringer Höhe, schon fast am Wandfuße selbst. Hier habe ich auch Frostschliffkanter gefunden. Die Hauptfundstelle aber ist ein langer, schmaler Schuttstreifen, der sich, vom Fuße der Wand durch einen Rasenstreifen von wechselnder Breite getrennt, parallel der Wand so ziemlich unter der oberen Kante des Überhanges dahinzieht. Hier liegen unter noch ganz scharfkantigen und rauhen Decksteinen,<sup>142)</sup> die bis Faustgröße erreichen, zahlreiche Frostschliffkanter von Erbsen- bis über Walnußgröße, von denen manche vollständig denen vom Mittagstein bei Obernau entsprechen; im allgemeinen jedoch treten hier Kanten weniger zahlreich auf, und die vorhandenen sind zumeist minder scharf und deutlich ausgeprägt als dort. Die Oberfläche ist in der Regel mehr oder weniger gleichmäßig gerundet und geglättet; Einkerbungen und muldenförmige Vertiefungen sind ziemlich selten, kommen aber immerhin vor. Die Geschiebelage ist nicht mächtig, höchstens 3—4 cm tief; der Untergrund ist in dem größeren, südlichen Teile des Streifens erdig, in dem nördlichen dagegen felsig.

<sup>142)</sup> Sie sind dies auch an der Unterseite, höchstens daß dort hin und wieder schwache Spuren beginnender Glättung zu bemerken sind. Offenbar liegen diese Steine noch nicht genügend lange Zeit an Ort und Stelle.

An der Grenze zwischen beiden, gerade gegenüber der vorhin erwähnten Tropfstelle, wo der Fuß des Überhanges am weitesten unter die Wand zurücktritt, liegt eine fast ebeflächige Felsplatte von  $1\frac{1}{2}$  m Durchmesser. In dieser Felsplatte befindet sich eine Rinne, die von zahlreichen Frostschliffkantern erfüllt ist; gleich diesen weist auch die Rinne an manchen ziemlich ausgedehnten Stellen vollkommenen Hochglanz auf. Man möchte hier zunächst an Tropfwasserglättung denken; daß aber diese nicht allein am Werke war, lehren die der Rinne entnommenen Steine, die eben die unverkennbaren Merkmale des Frostschliffes aufweisen.

### Frostschliffnäpfe

Außerdem treten auf der in Rede stehenden Felsplatte Pfannen oder eigentlich schon mehr Näpfe auf, deren erste Anlage zwar von Tropfwasserfall herrühren kann, deren Ausbildung aber durch Frostschliff bewirkt wurde, so daß man es hier tatsächlich wiederum mit einer neuen Art von Pfannen oder Näpfen, nämlich mit Frostschliffnäpfen zu tun hat. Diese Näpfe haben Durchmesser von 5 bis 6 cm bei Tiefen bis zu 4 cm, bei meist rundlichem Querschnitt; in jedem liegt ein einziger Stein, so groß, daß er den Grund des Napfes vollständig erfüllt, und Napf und Stein sind in gleicher Weise und einander der Form nach entsprechend geschliffen. Das Auftreten deutlicher Frostschliffkanten an diesen Steinen lehrt, daß die Bewegung des Steines, durch die die Auswetzung des Napfes bewirkt wurde, nicht durch Tropfwasserfall, sondern durch Frost veranlaßt wurde; denn da die Tropfwasserglättung ganz unvergleichlich viel rascher arbeitet als die Frostglättung, Schliffkanten aber nur bei Frostglättung entstehen, könnte es bei einem Zusammen- oder vielmehr abwechselnden Nacheinanderwirken beider Vorgänge zu der Ausbildung von Kanten überhaupt gar nicht kommen. Selbst wenn schon im Verlaufe einer einzigen Frostfolge Frostschliffkanten entstehen könnten, so würde doch ein Bruchteil der folgenden Tropfwasserzeit ausreichen, sie wieder abzuschleifen und zu vernichten — ausgenommen, der Tropfwasserfall wäre eben sehr spärlich. Tatsächlich ist denn auch an den Steinen, die in echten Tropfwasserpfannen liegen (Höhle bei Fürberg, Raben-

keller bei Hallstatt usw.), niemals auch nur eine Spur von Frostschliffkanten zu bemerken, obwohl das in den Pfannen befindliche Wasser im Spätherbst und im Vorfrühling häufig dem Gefrieren und Wiederauftauen unterworfen ist. Da übrigens unsere Felsplatte genau unter der oberen Kante des Überhanges, zum Teil schon außerhalb davon gelegen ist, so ist sie dem Tropfwasserfall überhaupt schon mehr oder weniger entrückt. Um so mehr aber haben Regen- und Schneefall zu ihr Zutritt, und daher dürfte hier denn auch zum größten Teil das Wasser herrühren, das zum Betriebe der Frostscheifstelle vonnöten ist.

### **Gesteinsglättung in der belebten Natur**

Auch in der belebten Natur beruhen die meisten natürlichen Gesteinsglättungen, die absichtslos durch Menschen und Tiere bewirkt werden, wenigstens in letzter Linie auf Äußerungen der Schwerkraft; doch gibt es auch Fälle, wo die ganze Arbeit durch Muskelkraft allein verrichtet wird.

Die Jäger, Senner und die führerlos gehenden Bergsteiger in den Alpen sind seit jeher gewohnt, auf unwegsamem Felsen besonders bei Nebelwetter auf die Kritze zu achten, die die Nagelschuhe ihrer Vorgänger auf dem Gestein als Spuren hinterlassen haben; sie erhalten dadurch oft die gewünschte Gewißheit, sich auf dem richtigen Wege oder auf der richtigen Kletterlinie zu befinden. Auf viel begangenen Pfaden kann das Gestein dadurch auch geglättet werden; in den italienischen Alpen zum Beispiel, wo die Wege in der Umgebung der Dörfer oder einzelner Bauerngehöfte oft mit Schottersteinen gepflastert sind, sind diese an der Oberfläche nicht selten bis auf zahllose, von den Schuhnägeln erzeugte Schrammen und Kritze von den Schuhsohlen ganz glatt gerieben, so daß manche deutlichen Schimmerglanz aufweisen. Es kann geschehen, daß so ein Stein im Laufe der Zeit gedreht wird, so daß er allseits geglättet und gekritzelt zu werden vermag. Solche Steine sehen dann Grundmoränengeschoben recht ähnlich, doch wird bei genauerer Betrachtung das geübte Kennerauge immerhin kleine Unterschiede wahrnehmen: die Kritze sind hier meist kurz und bei allenfalls größerer Länge nicht vollkommen geradlinig, auch selten so haarscharf und fein wie bei Grundmoränengeschoben; die

Schrammen sind weit roher und von je viel weniger einheitlichem Verlauf, und die Glätte ist an ein und demselben Stück dem Grade nach sehr verschieden. Auch in den Kiesgruben Oberbayerns, „wo die Arbeiter mit eisenbeschlagenen Schuhen auf den Geröllen herumgehen“, sind, wie A. Penck<sup>15)</sup> berichtet, so entstandene geglättete und gekritzte Geschiebe sehr häufig, die er „von glazialen nicht unterscheiden kann“.

Den eben beschriebenen ganz ähnliche Schliffe werden durch die Räder von Fuhrwerken und besonders durch Radschuhe, unter Umständen auch durch Schlittenkufen erzeugt, und zwar sowohl auf anstehendem wie auch auf losem Gestein. In dem ersten Falle sind die Schrammen und Kritze länger und natürlich zueinander parallel. Auch wenn Holz über Felsen geschleift wird oder wenn gefällte Baumstämme über eine Plaike hinabrutschen, entstehen häufig solche Schliffe. Mitunter trifft man dergleichen auch an den felsigen Ufern von Flüssen, wo Holz geflößt wird.

Auf verkehrsreichen Straßen in Städten werden sogar die granitenen, ursprünglich ganz roh behauenen Pflastersteine auf Fahrbahn und Gangsteigen durch Räder und Schuhwerk mehr oder weniger geglättet und an den Kanten und Ecken abgerundet. Die Glätte reicht hier aber zumeist nicht über matt hinaus, da der scharfe Quarzstaub und Sand der Glanzglättung abhold ist. Kalksteinpflaster dagegen nimmt stellenweise auch Schimmerglanz an. Wo Kritze auftreten, sind sie meist sehr fein und rühren nicht unmittelbar von dem hier fast nagellosen Schuhwerk her, sondern von harten Gesteinsteilchen, die durch den Tritt belastet und dabei auf ihrer Unterlage verschoben werden.

Jules Crevaux<sup>16)</sup> hat in den Pampas Argentiniens Felschliffe gesehen, die keine Spur von Kritzung zeigten und die auf seine Frage von den Gauchos sofort und einmütig als „Vienschliffe“ bezeichnet wurden: sie seien dadurch entstanden, daß sich das Vieh gewohnheitsmäßig an manchen Felswänden reibe. Crevaux will diese Erklärung nicht recht gelten

<sup>15)</sup> A. Penck: Pseudoglaziale Erscheinungen (Das Ausland, LVII, Stuttgart 1884), S. 644.

<sup>16)</sup> J. Crevaux: Faux Blocs erratiques de la Plata (Bull. Soc. Géol. Frce., 3. Sér., T. IV, 1875/76, Paris 1876, S. 304—308, mit 1 Taf.), S. 306, 308.

lassen und meint, daß die Glättung hauptsächlich durch feinen Sand mit sich führendes Wasser bewirkt worden sei.

Daß durch oft wiederholtes Reiben von Schafen an Fels Hochglanzglättung erzeugt werden kann, habe ich selbst<sup>17)</sup> an einem typischen Vorkommen in einer Felshöhlung 100 m unterhalb der H ö t t i n g e r - A l m bei Innsbruck nachgewiesen. Diese „Schafschliffe“ oder „Vließschliffe“ sind mitunter von äußerst feinen Ritzen durchzogen, die von Sand herrühren, der sich im Vließ verfangen hatte; stellenweise aber sind sie auch vollkommen glatt, ohne Spur von Ritzung. Sie weisen starken Fettglanz auf, da die oberflächigen Gesteinsteile ganz von Wollfett durchzogen, ja förmlich damit getränkt sind — diese Schliffe fühlen sich auch ganz fettig an.

#### Dachsschliffe

Wo die Mündungen der in Dachs- oder in Fuchsbaue führenden Röhren felsig sind, kann man darin mitunter Schliffe beobachten, die dadurch zustande kommen, daß der Dachs oder der Fuchs beim Schließen Sand und Grus mit sich schleift, wodurch die Wandungen der Röhre abgeseuert, bis zu einem gewissen Grade geglättet und gekritzelt werden. Ich erinnere mich solcher Schliffe aus meiner Jugendzeit, wo ich in den Umgebungen von Sparbach und Wildegg in Niederösterreich häufig beim Dachgrabben zugegen war. Besonders bei einem Bau unter einer Felswand gegenüber der Ruine J o h a n n s t e i n und bei einem im M ü h l p a r z waren derartige Schliffe sehr deutlich.

Die Gelegenheit zur Ausbildung von Schliffen dieser Art ist zweifellos auch in den Eingängen zu Kaninchen- und zu Murmeltierbauen vorhanden, wie überhaupt an allen Orten, wo Tiere genötigt sind, sich immer und immer wieder unter Kriechen oder Schließen an ein und derselben Stelle durch enge Öffnungen im Gestein hindurchzuzwängen.

#### Leckschliffe

Im Kalkgebirge werden an manchen Gesteinsstellen, die durch Einschlüsse von Spongienüberresten stark kieselsäure-

<sup>17)</sup> A. v. B ö h m: Schafschliffe. (Mitt. Dtsch. u. Öst. Alp.-Ver., X, Salzburg 1884, S. 92—94.)

hältig sind, mehr oder weniger deutliche Schriffe dadurch erzeugt, daß das salzgierige Rindvieh, das solche Stellen instinktiv erkennt, mit besonderer Vorliebe daran leckt. Es ist dies wohl seit langem bekannt, aber meines Wissens in der Literatur noch nicht erwähnt. Ich erinnere mich, daß im Jahre 1882 E. v. M o j s i s o v i c s davon sprach, als ich ihn als Volontär bei seinen geologischen Aufnahmen im Salzkammergute begleitete und wir am H i e r l a t z und bei der O c h s e n w i e s a l m an solchen Stellen vorbeikamen. Geradezu prächtige Schriffe dieser Art habe ich aber im verflossenen Sommer ganz nahe bei der S c h a f b e r g a l m am Schafberg gesehen; ihre Glätte ist so vollkommen, daß sie sogar die Aufmerksamkeit meiner hierüber nicht unterrichtet gewesenen Tochter Hilda erregte, die sie, vorangehend, zuerst bemerkte. Solche Schriffe haben wir dann weiterhin auch in der Südostwand des Schafberges am Purtschellersteig bemerkt, wo sie aber der Örtlichkeit wegen nur von Schafen oder Gemsen herrühren konnten. An anderen Orten mögen auch Ziegen, Rehe und Hirsche solche Leckschriffe erzeugen.

### **Kletterschiffe**

Im Gebiete der Hinterbrühl bei Mödling nächst Wien befindet sich auf dem die Meiereiwiese abschließenden Bergrücken ein ganz vereinzelt stehendes, etwa 8 m hohes, 10 m langes und 4 m breites, ungemein steil aufstrebendes Felsgebilde, das „M a t t e r h ö r n d l“ genannt. Seit dem Jahre 1878 wurde und wird dieser Felsklotz von der damals auf den Plan getretenen jungen Wiener Klettergilde und ihren Nachfolgern von allen Seiten bestiegen, am weitaus häufigsten aber von der Südseite, wo der Anstieg verhältnismäßig noch am leichtesten ist und der Kletterer, wenn auch nicht allzu reichliche, so doch hinlänglich gute „Griffe“ und „Tritte“ fand. Ich sage fand, denn heute findet er sie nicht mehr. Dies erkannte ich zu meiner nicht geringen Überraschung, als ich im Mai 1915 das Matterhörndl nach langen, langen Jahren wieder einmal besuchte. Dort, wo der Anstieg zumeist erfolgt, ist das Gestein nunmehr so glatt, daß man weder einen sicheren Halt, noch in gewöhnlichen oder gar in Nagelschuhen einen auch nur halbwegs sicheren Stand zu finden vermag. Vom vielen Anfassen und Betreten sind im Laufe der Jahrzehnte alle Felsvorsprünge und Kanten so ge-

glättet und abgerundet worden, daß die Erkletterung jetzt nur mehr in Kletterschuhen (mit Gummi-, Spagat- oder Strohsohlen), in Strümpfen oder barfuß durchgeführt werden kann. Diese Kletterschliffe weisen auch an vielen, ja den meisten Stellen Fettglanz auf — freilich nicht so stark wie bei den Schafschliffen —, dessen Herkunft nichts weniger als rätselhaft ist, vielmehr sozusagen und wahrhaftig auf der Hand liegt.

Auch aus dem scherzhaft so genannten Mödlinger „Alpinen Kindergarten“ am Frauenstein in der Klausen — einer früher gleichfalls von den Wiener Bergjüngern mit großem Fleiß und vorzüglichem Erfolg besuchten Vorschule der höheren Felsklettere — sind mir ähnliche, wenn auch nicht so vollkommene Kletterschliffe bekannt. Dort ist aber der Betrieb schon vor etwa zwanzig Jahren über behördliches Verbot eingestellt worden, weil die Sicherheit der Fußgänger auf dem unterhalb sich hinziehenden „Neuen Weg“ durch die nachgerade allzuhäufig losgetretenen und alsdann in weiten Sätzen über den Berghang hinabkollernden Felsstücke und Schuttrümmer zu sehr gefährdet wurde.

Auf Hochgipfeln — selbst auf so stark besuchten wie Dachstein und Bischofsmütze — habe ich zwar als Wahrzeichen besonders häufiger Erkletterungen mitunter schwache Kantenabrundung, aber noch nie wirkliche Glanzglättung bemerkt; durch die Nagelschuhe roh abgeschürfte und geschrammte Stellen sind dort zwar nicht selten, erscheinen aber höchstens hin und wieder mattglatt. Die Kletterer sind eben hier doch noch immer in zu geringer Zahl an der Arbeit, und dann wirkt in der Hoehwelt auch die Verwitterung, die ja allenthalben ein Feind der Gesteinsglättung ist, dieser viel zu erfolgreich entgegen.

Umgekehrt verhält sich aber auch die Glätte der Verwitterung gegenüber feindlich und ist durch sich selbst ziemlich dagegen geschützt. Glatte Gesteinsstellen bieten nämlich der Verwitterung weit weniger und viel ungünstigere Angriffspunkte dar als rauhe, und zwar desto weniger, je vollkommener die Glätte ist. Deshalb kann die einmal erzeugte Glätte selbst nach völligem Aufhören des Glättungsvorganges sehr lange ohne wesentliche Schmälerung erhalten bleiben — unter Umständen sogar durch Zeiträume von geologischer Dauer.

### Baumschliffe

Auch die Pflanzenwelt vermag, wiewohl nur außerordentlich selten und nur mittelbar, ein Scherflein zur Gesteinsglättung beizutragen.

Bei dicht an Felswänden wachsenden Bäumen, besonders bei Buchen, kommt es mitunter vor, daß ein starker Ast, oder bei Überhängen wohl auch der Stamm selbst, höher oben den Fels berührt; beim Schwanken des Baumes durch starken Wind oder Sturm wird dann das Holz unter Reibung am Fels hin und her bewegt, und dadurch wird unter günstigen Umständen neben der Abscheuerung des Holzes auch eine gewisse Glättung des Gesteines bewirkt.

Solche Baumschliffe habe ich wiederholt beobachtet, z. B. auch in der unmittelbaren Nähe der Fundstelle der Frostschliffkanter am Fuße der Mittagsteinwand bei Obernau. Hiezu war selbstverständlich immer eine Erkletterung des Baumes nötig, die bei starken, bis hoch hinauf astlosen Stämmen nur mit Hilfe von Baumsteigeisen möglich ist.

In dem Astwerk von an Felswänden stehenden Bäumen habe ich schon öfter Felsblöcke eingeklemmt gesehen, die hier bei ihrem Abstürzen oder Abrollen zufällig aufgefangen und dann später beim Wachsen des Baumes immer fester und fester umschlossen und gehalten worden sind. Wird nun ein solcher Block oder Stein, wie immerhin möglich ist, beim Schwanken des Baumes gegen die Felswand gerieben, so muß es natürlich beiderseits zur Glättung kommen. Diese Art von Glättung erwähne ich jedoch, wie bereits angedeutet, nur theoretisch — beobachtet habe ich sie bisher noch nicht.

Wohl aber habe ich unlängst am Saurüssel bei Fürberg am Wolfgangsee eine hiemit in gewissem Sinne verwandte Glättung gefunden. Hier sind von den heftigen Septemberstürmen des vorigen Jahres mehrere Tannen und Fichten von bis  $\frac{1}{2}$  m Stammdurchmesser und 30 m Höhe umgeworfen und entwurzelt worden, wobei mit dem Wurzelstock, wie dies ja fast immer der Fall ist, nebst dem Erdreich auch kleinere und größere, von den Wurzeln umwachsene Felstrümmer aus dem Boden herausgerissen wurden. An einem solchen in dem Wurzelstock steckenden Felsblock ist nun eine Stelle von etwa 5 cm Länge und 3 cm Breite deutlich bis zu Schimmerglanz geglättet und mit par-

allelen, der Sturzrichtung entsprechenden Schrammen versehen. Diese Glättung und Schrammung, die ich dann auch noch bei mehreren anderen Wurzelstöcken beobachtet habe, ist bewirkt worden, als der von dem Wurzelstock festgehaltene Felsblock bei dem Sturz des Baumes gewaltsam aus seiner felsigen Umgebung herausgerissen und dabei an ihr geschleift wurde; hier handelt es sich also offenbar — und das ist das Interessanteste an diesem Glättungsvorgang — um ein Werk von wenigen Sekunden.

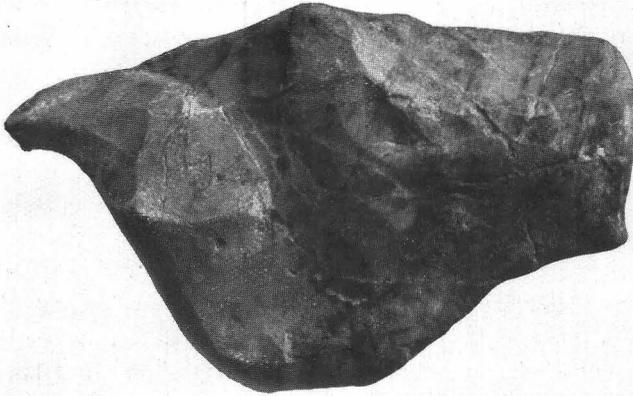
### Erklärung der Tafel

Fig. 1. Hier sieht man besonders links oben sehr schön die Facetten mit den scharfen Kanten dazwischen. Einzelne davon weisen Spiegelglanz auf, der auch sonst an mehreren Stellen der Oberfläche auftritt; im übrigen ist diese bis zu Schimmer- und Hochglanz geglättet, nur der Vorsprung zuoberst in der Mitte ist matt und von Flechten grünlich gefärbt, aber auch schon angeschliffen.

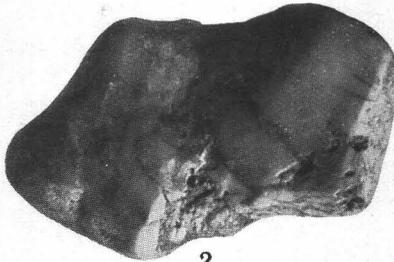
Fig. 2 und 3 sind Bilder eines Steines von vorn und hinten. Auf Fig. 2 sieht man in der Mitte eine deutliche, streifenförmige Facette. Auch links davon sind schöne, spiegelglänzende Facetten, die aber im Schatten liegen und daher auf dem Bilde nicht wahrgenommen werden können. Die Einkerbungen links oben und rechts unten sind zum Teil noch rau und mit grünen Flechten bedeckt. Die in Fig. 3 dargestellte Seite ist fast durchaus bis auf Spiegelglanz geglättet. Sie ist auch fast durchaus facettiert, aber die Facetten sind sehr flach und deshalb nur am Original wahrnehmbar, wenn man den Stein in verschiedene Stellungen bringt und dadurch die Beleuchtungsverhältnisse wechselt. Der kleine Vorsprung rechts unten weist fast regelmäßigen Rautenschliff auf.

---

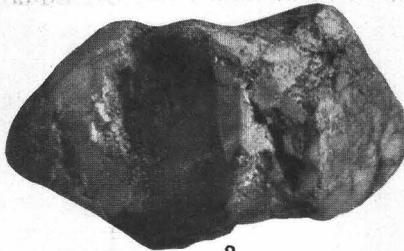
Eine Sammlung solcher Frostschliffkanter habe ich bereits der Geologisch-Paläontologischen Abteilung des k. k. Naturhistorischen Hofmuseums in Wien überwiesen, eine andere dem Geographischen Institute der Wiener Universität. Nach Druck der vorstehenden Abhandlung werde ich zugleich mit dieser je einige Frostschliffkanter auch anderen Geographischen Universitätsinstituten in Österreich und im Deutschen Reiche übersenden.



1



2



3