

Sonderabdruck aus der  
**Zeitschrift für Gletscherkunde**

Bd. XX Heft 4/5, 1932

Verlag von GEBRÜDER BORNTAEGER in Berlin W 35

---

**Gletscheruntersuchungen in den  
Ostalpen**

von

H. PHILIPP

# Gletscheruntersuchungen in den Ostalpen

VON H. PHILIPP in Köln

Abhandlungen aus dem Geologisch-mineralogischen Institut der Universität Köln)

Mit 29 Abbildungen auf Taf. XVII—XXX

Meine Anschauungen über den Bewegungsmechanismus hochviskoser geologischer Massen und speziell der Gletscher, habe ich in früheren Arbeiten eingehend dargelegt<sup>1)</sup>. Von Beobachtungen in Spitzbergen aus konnte ich an einer größeren Anzahl westalpiner Gletscher nachweisen, daß wir es bei den Gletschern vorzugsweise mit einer Laminierung an Scherflächen zu tun haben und daß die Textur (Bänderung, Blätterstruktur) nichts anderes ist als das Regelationsprodukt der Scherflächen, welche letzteren Gedanken auch AXEL HAMBERG in ähnlicher Weise fast gleichzeitig aufgeworfen hat<sup>2)</sup>. Diese Auffassung ist dann von anderer Seite bestätigt worden. Speziell hat GRIPP<sup>3)</sup> und seine Mitarbeiterin Frl. Dr. TODTMANN an über 20 von ihnen untersuchten Spitzbergischen Gletschern bestätigt, daß die Scherflächen die Träger der

<sup>1)</sup> Untersuchungen über Gletscherstruktur und Gletscherbewegung (Geol. Anzeiger V, 1914, S. 235—239).

Ergebnisse der W. FILCHNERSchen Vorexpedition nach Spitzbergen (Pet. Mitt. Erg. H. 179).

Geologische Untersuchungen über den Mechanismus der Gletscherbewegung und die Entstehung der Gletschertextur (Neues Jahrb. f. Min. usw. B. B. XLIII, S. 439—556).

Beitrag zum Kenntnis der Bewegungsvorgänge in hochviskosen geologischen Flüssigkeiten (Zentralbl. f. Min. usw., 1921, S. 679—687).

Neuere Beobachtungen zur Mechanik der Gletscher (Pet. Mitt., 1928, S. 71—74).

<sup>2)</sup> Vgl. PHILIPP, 1920, S. 508 und diese Arbeit S. 265, Anm. 52.

<sup>3)</sup> K. GRIPP und E. TODTMANN, Die Endmoräne des Greenbaygletschers auf Spitzbergen. Mitt. Geogr. Ges. Hamburg XXXVII.

K. GRIPP, Glaziologische und geologische Ergebnisse der Hamburgischen Spitzbergen-Expedition 1927. Abh. Naturw. Verein Hamburg XXII, 1929, S. 145—159.

Hauptbewegung sind. KOCH und WEGENER<sup>4)</sup> haben analoge Erscheinungen aus Nordgrönland beschrieben und ebenso hat E. HERRMANN<sup>5)</sup> bei seinen Gletscherstudien im Kebnekaise-Gebiet in Lappland sich meiner Auffassung angeschlossen. Andererseits vertritt H. HESS<sup>6)</sup> auf Grund der bekannten FINSTERWALDERSchen Strömungstheorie noch in seiner letzten Arbeit den Standpunkt, daß es sich bei der Scherbewegung nur um »Vorgänge von untergeordneter Bedeutung gegenüber der Gesamtbewegung« handelt, und daß Scherungsrisse »nur in den Randgebieten und nahe am Gletscherrande auftreten« können.

Um die Ubiquität und die bis in alle Einzelheiten gehende Gleichförmigkeit des Laminarmechanismus nachzuweisen, habe ich nun nochmals 13 große alpine Gletscher untersucht, und zwar drei Engadiner (Morteratsch-, Tschirva-, Forno-Gletscher), sieben Öztaler (Mittelberg-, Taschach-, Sexegerten-, Gepatsch-, Vernagt-, Guslar-, Hintereisferner) und drei Zillertaler (Schwarzenstein-, Horn-, Waxeckkees). Bei der Auswahl der Untersuchungsobjekte war der Gesichtspunkt maßgebend, einmal solche Gletscher zu wählen, die leicht für eine Nachprüfung zugänglich sind, andererseits solche, die wie Vernagt-, Guslar-, Hintereis- und die Zillertaler Gletscher bereits Gegenstand ausgezeichneter Untersuchungen und z. T. unübertroffener Vermessungen von anderer Seite gewesen sind.

Die Begehungen im Engadin erfolgten im April und September 1927, diejenigen im Ötz- und Zillertal im August und September 1928. Ihre Durchführung war mir nur durch Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft und je einer Beihilfe sowohl der Universität Köln als der Sektion Köln des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins möglich, wofür ich auch an dieser Stelle meinen aufrichtigsten Dank abstatten möchte.

Für freundliche Hinweise und Überlassung von Karten bin ich Herrn Geheimrat Prof. Dr. S. FINSTERWALDER verpflichtet. Möchte der verehrte Jubilar und Meister alpiner Gletscherkunde in den vorliegenden Untersuchungen gleichzeitig ein Zeichen persönlicher Verehrung und des Dankes erblicken für die Fülle der Anregungen und der Förderungen, die wir alle durch seine unermüdliche wissenschaftliche Tätigkeit gefunden haben.

Besonders gedenke ich auch meines Begleiters in den Öztalern, Herrn Dr. LEUTELT (Innsbruck), der mir in seiner doppelten Eigenschaft als

<sup>4)</sup> Vgl. hierzu unten S. 265, Anm. 52.

<sup>5)</sup> E. HERRMANN, Gletscherstudien im Kebnekaise-Gebiet (Schwed.-Lappland) (Z. f. Glkde. XIX, 1931, S. 263—284).

<sup>6)</sup> H. HESS, Zur Strömungstheorie der Gletscherbewegung (Z. f. Glkde. XIX, 1931, S. 221—250).

Glaziologe und Führer ein ebenso sachverständiger wie unermüdlicher Mitarbeiter gewesen ist.

Im folgenden gebe ich zunächst eine Spezialbeschreibung der bei den einzelnen Gletschern gewonnenen Resultate, dann eine Zusammenfassung. Um nicht bereits früher von mir Erörtertes wiederholen zu müssen, verweise ich auf meine älteren Veröffentlichungen über den gleichen Gegenstand, namentlich die ausführliche Arbeit von 1920 und die Ausführungen in: Petermanns Mitteilungen 1928.

## I. Einzelbeschreibung

### Morteratschgletscher

In einer kurzen vorläufigen Mitteilung<sup>7)</sup> hatte ich bereits darauf hingewiesen, daß der Morteratschgletscher in ganz ausgezeichneter Weise den Schermechanismus und dessen Beziehung zu der Bändertextur erkennen läßt.

Ich führe nun, unter nochmaliger Wiedergabe der Aufnahme aus dem Jahre 1905 (vgl. Abb. 1), zunächst eine Reihe von Einzelbeobachtungen aus dem Jahre 1927 an und verweise bezüglich der Topographie auf die Schweizer Kartenaufnahme 1 : 50 000 bzw. das danach bearbeitete Blatt Ober-Engadin und Bernina der geographischen Anstalt Kümmerly & Frey. Gegenüber dem Stand von 1905 ist der Gletscher zurückgegangen, stärker zerklüftet und längsgefurcht. Der auch in der Photographie wiedergegebene Überblick von der Chünetta läßt in dem weniger zerfurchten unteren Teil die zunächst dem Westrand (rechte Bildseite) folgenden und dann in flachem Bogen sich von W nach E über den Gletscher hinüberschwingenden Scherflächen und die ihr folgenden Blaublätter in aller Deutlichkeit verfolgen, bis diese mit fast horizontalem Verlauf unter der Mittelmoräne verschwinden. Hier im unteren Teil des Gletschers sind also dessen beide Hauptäste, nämlich Morteratsch- und Pers-Ast, bereits zu einem einheitlich bewegten Stamm verschmolzen, während weiter oberhalb sich noch Anzeichen einer getrennten Bewegung beider Äste geltend machen.

Ostseite der Stirn und Zunge. Bei der Spezialbegehung zeigten sich entsprechend der vorgeschilderten allgemeinen Anordnung in dem steilen östlichen Abbruch der Stirn eine Reihe von E her flach gegen die Mitte einfallender Scherflächen. Namentlich traten hier zwischen den beiden Toren zwei besonders scharfe Risse hervor im gegenseitigen Abstand von 2—2½ m, von

<sup>7)</sup> PHILIPP, 1928, S. 12.

<sup>8)</sup> Vgl. die oben erwähnte Aufnahme.

denen der eine za. 80 m weit verfolgbar war. Außerdem fanden sich fast genau in der Mitte mehrere ganz frische, fast horizontal liegende basale Risse.

Folgt man der Ostflanke des Gletschers, so wird diese za. 100—150 m vom Gletscherende aufwärts schutfrei und zeigt hier auf einer za. 30 m hohen Steilwand zahlreiche frische parallele bis subparallele Scherflächen mit flachem Einfallen gletscherwärts und kleinen Überkragungen. Sie liegen verhältnismäßig dicht beieinander, und namentlich die basalen sind durch ihre Schärfe und ihr Überkragen ausgezeichnet (Abb. 2). Von hier aus lassen sich die Scherflächen im Osthang 700—800 m weit gut verfolgen, sie verlaufen hier fast horizontal, parallel bis subparallel zueinander. Die im oberen Teil des seitlichen Steilabsturzes gelegenen lassen sich auf die Oberseite des Gletschers hinaus verfolgen und schwingen von hier im flachen Bogen gegen die Gletschermitte. Infolge starker Rückstrahlung vom Berghang wird der Gletscher in seinen unteren Teilen an der Flanke stark zurückgeschmolzen, so daß die normale randliche Aufbiegung und Steilstellung der Scherflächen parallel den Trogrändern hier nicht vorhanden ist, sondern erst in den höheren Teilen, wo das Eis den Talflanken fest anliegt.

Weiter aufwärts folgt dann zwischen einer tieferen und einer höheren Spaltenregion, etwa 1200—1300 m vom Gletscherende entfernt, wiederum am randlichen Steilhang, ein Abschnitt, in dem sich deutlich ein Doppelsystem von Scherflächen feststellen läßt. Das eine System I verläuft flach geneigt parallel dem Unterrand, ihm folgen, zahlreiche feine Risse. Zu diesem tritt im spitzen Winkel ein anderes System II mit fast horizontalem Verlaufe, einer geringeren Zahl von Rissen und daher auch mit größeren Abständen zwischen diesen. Ich möchte die Erscheinung so deuten, daß es sich bei dem System I um das normale, dem Untergrund angepaßte handelt, das mit dem Untergrund flach abwärts geneigt ist. System II hat offenbar eine Sonderstellung, worauf auch die geringere Zahl der Risse hinweist. Es tritt nur untergeordnet auf und dürfte durch die besonderen Gefällsverhältnisse bedingt sein. Um Spaltennarben kann es sich nicht handeln, denn Spalten sind zwar vorhanden, laufen hier aber senkrecht. Aus der Topographie und aus dem Verlauf der Spalten läßt sich schließen, daß das System I dem hier stärker geneigten Untergrund angepaßt ist, während sich im System II noch die flachere Schubrichtung des aufwärts gelegenen Gletscherteiles bemerkbar macht. Diese Tendenz, die alte Schubrichtung noch eine Strecke weit beizubehalten, wird sich namentlich bei stärkerem Nachdrängen der höheren Teile geltend machen und zeitweilig zu Überschiebungen führen, während das Eis im tieferen Teil, das in den toten Winkel geraten ist, seine Eigenbewegung entsprechend dem System I vollzieht (vgl. hierzu auch S. 262 u. Abb. 29). Es wird hier gewissermaßen das bereits schwach angedeutet, was ich vom Aletschgletscher beschrieben habe<sup>9)</sup>, wo bei noch steilerem Gefälle, das zum völligen Bruch führt, die aufwärts gelegene flache Scherbewegung ihre Richtung beibehält und die Seraks in den freien Raum hinaus abstößt<sup>10)</sup>.

<sup>9)</sup> Vgl. PHILIPP, 1928, S. 9, Abb. 2.

<sup>10)</sup> Vgl. hierzu auch O. AMPFERER, Über die Bedeutung der Überschiebungen f. d. Bewegung d. Gletscher. Z. f. Glkde. 9, 1915, S. 270 ff.

Nach Überwindung des ersten Steilanstieges, za. 1500—1600 m vom Gletscherende entfernt, noch vor dem »unteren Persfall«, kurz unterhalb der Stelle, wo von E her der Felsbuckel an den Gletscher herantritt, gewinnt man einen Überblick über die Gletscheroberfläche. Hier ist am Rande das Eis stark mit Moräne bedeckt, sieht grau aus und scheint weniger bewegt zu sein. Immerhin sind einige Scherflächen vorhanden und gut abpräparierbar. Die Hauptzone der Mobilität setzt hier erst za. 50 m vom Ufer entfernt ein, wo zahlreiche Scherflächen mit kräftigen Überkragungen auftreten und gleichzeitig das Eis heller wird. Über die Frage des von mir häufig beobachteten Zusammenfallens eines Farbwechsels, d. h. des Auftretens helleren Eises, mit dem Einsetzen größerer Beweglichkeit bzw. des Auftretens von grauem Eis dort, wo die Bewegung stagniert oder abgestorben ist, wird an anderer Stelle noch zu sprechen sein. Deutlich tritt von diesem Standpunkt aus das Herumschwingen der Scherflächen um den Pers-Ast und ihr Zurückbiegen gegen die Mittelmoräne hervor; hier hat also der Pers-Ast noch seine Eigenbewegung, im Gegensatz zur unteren Gletscherzunge, wo, wie erwähnt, der Bogen der ausstreichenden Scherflächen beide Äste gemeinsam umfaßt. Bemerkenswert ist ferner, daß hier, unterhalb des Persfalles, das ganze Scherflächensystem steiler gletscheraufwärts einfällt. Hier wirkt die tieferliegende Eismasse stauend gegenüber der schneller bewegten des Gletscherbruches, so daß ein Ausweichen des nachdringenden Eises schräg aufwärts erfolgt. Aus dieser normalen Stauwirkung erklärt sich auch die so häufig in der Literatur auftretende Behauptung eines rückwärtigen oder »löffelförmigen« Einfallens der »Schichtung«, wie sie ja auch FORBES schon frühzeitig in seinem Schema dargestellt hatte<sup>11)</sup>. Immer aber wird dies steile rückwärtige Einfallen an die Stellen unterhalb stärkerer Gefällsbrüche gebunden sein und demnach nur lokale Bedeutung haben.

Westseite der Stirn und Zunge. Der vordere Teil der Stirn mit der Gletschergrotte liegt in der Zusammenbruchzone. Die Folge ist, daß hier Scherflächen kaum eine Rolle spielen und z. B. in der Grotte nur ältere Texturen, zum Teil mit feinen Sandbändern (dirt bands) zu beobachten sind. Auch die Basisschichten der Westflanke sehen grau aus und machen einen wenig bewegten Eindruck. Einige frische Scherflächen sind zwar vorhanden und lassen sich abpräparieren; auch Schmelzwasser zirkuliert auf ihnen; die kräftigere Bewegung setzt aber erst im Hangenden, za. 40 m über dem Boden ein. Etwa 500 m vom Gletscherende entfernt befindet man sich dann in der lebhaften Bewegungszone, in der, schon von der Chünetta aus (vgl. Abb. 1), die große Zahl der parallelen Scherflächen auffällt. Abb. 3 läßt die ausgezeichnete Schärfe der Scherflächen und ihre Überkragungen erkennen. In dem Originalabzug ist über der scharfen Scherfläche im oberen Drittel des Bildes auch das Einsetzen helleren Eises sichtbar. Die Abstände sind schwankend, die der kräftigsten Scherflächen betragen  $\frac{1}{2}$ —2 m und darüber.

In dieser Weise ist der ganze mittlere Gletscherteil von Scherflächen durchzogen. Eine von diesen wurde um die ganze Zunge herum, also quer

---

<sup>11)</sup> Vgl. FORBES, Reisen in den Savoyer Alpen. 1845, S. 373 und 374. Ferner unten S. 262.

über den Gletscher, auf eine Entfernung von mehreren 100 m verfolgt. Obwohl äußerlich streckenweise nicht immer deutlich in die Augen springend, ließ sie sich auch an einer solchen Stelle durch Freilegen auf 1 qm als glatte Scherfläche nachweisen. Ich habe die Risse dann auch randlich dort, wo sie steiler stehen, im Streichen mehrere 100 m weit verfolgt. Sie verschwinden (vgl. Abb. 1) erst weiter oben unter der za. 150—200 m breiten und quer zerklüfteten Schuttbedeckung der Seitenmoräne za. 2 km vom Gletscherende entfernt. Das Bild gibt die Erscheinung besser wieder als es eine Einzelbeschreibung vermöchte: Zahlreich sind die Hauptscherflächen über den ganzen Gletscher verteilt, und auf dem Originalabzug erkennt man einwandfrei die Überkragungen sowie den bogenförmigen Verlauf quer über den Gletscher hinüber. In einzigartiger Weise tritt auch der zu den Scherflächen parallele bis subparallele Verlauf der Bänderung hervor, namentlich im vorderen Gletscherabschnitt, wo die ältere Textur spitzwinklig von den jungen frischen Scherflächen geschnitten wird. Das Bild ist so überzeugend und so klar, daß es direkt als Lehrbuchbeispiel gelten kann. Auch insofern ist es charakteristisch, als es unmittelbar zur Anschauung bringt, daß es sich bei der Bänderung und den Scherflächen nicht etwa um alte Firnschichten handeln kann, denn wie sollte wohl bei einem derartig kompliziert zusammengesetzten Sammelbecken und bei den ganzen Absturzverhältnissen in und unter der Firnregion in der Zunge die »Schichtung« in dieser Regelmäßigkeit zutage treten können! Man müßte schon auf die ganz unhaltbare CRAMMERSche Vorstellung zurückgreifen, über die ich mich früher<sup>12)</sup> bereits zur Genüge geäußert habe. Die höheren Teile der westlichen Gletscherzunge bieten schlechte Beobachtungsmöglichkeit, da hier, unterhalb des unteren Gefällsbruches, die Zerfurchung durch Spalten und starke Depressionen zur Zeit der Beobachtung ziemlich stark war.

Als Gesamtergebnis für die Gletscherzunge kann festgestellt werden, daß überall dort, wo nicht durch Spaltenbildung oder durch Zusammenbruch eine Anomalie der Bewegung eintritt, sich in aller Deutlichkeit die Scherflächen nachweisen lassen, namentlich dort, wo das Eis frisch bewegt ist, und zwar lassen sie sich in ihrer Längserstreckung auf viele 100 Meter verfolgen. Ferner zeigt sich, daß in den tieferen Zungen teilen beide Teilzuflüsse bereits zusammengeschweißt sind und sich daher als Einheit bewegen (Durchlaufen der Scherflächen quer über den Gletscher unter der Mittelmoräne hindurch), daß dagegen in den höheren Teilen der Zunge noch Teilbewegungen jeden Astes vorhanden sind, die in den oberen Teilen der Ausgleichszone unterhalb der Isola-Pers durch zahlreiche scharfe Scherrisse längs der Mittelmoräne hervortreten. Vielfach sind allerdings in dieser höheren Mittelmoräne die Scherrisse so fein, daß sie erst beim tieferen Anpickeln klar als Bewegungsflächen hervortreten und sich dadurch von den »Wagengleisen« (»bandes farineuses«) der parallel verlaufenden Textur unterscheiden lassen.

<sup>12)</sup> PHILIPP, 1920, S. 492 ff.

Aus Zeitmangel konnte die Firnregion nur im oberen flachen Teil des Vadret-Pers, vom oberen Persfall bis unterhalb der Diavolezza-Hütte, untersucht werden, also etwa zwischen 2600 und 2800 m. Trotz dünner Neuschneedecke waren dort, wo der Diavolezzaweg auf den Gletscher stößt, die Scherflächen deutlich als feine Risse erkennbar. Sie stehen hier, wo der Gletscher noch den ganzen Trog erfüllt, am Rande steil, laufen mit diesem parallel. An dieser Stelle wurde eine der Scherflächen auf 2 m Länge und 1 m Tiefe freigelegt (Abb. 4). Die Scherfläche ließ sich glatt mit dem Pickel abpräparieren; die Textur läuft, wie die Abb. erkennen läßt, mit den Scherflächen annähernd parallel, eine Teilbarkeit nach ihr ist nicht vorhanden, wie sich hier ganz einwandfrei feststellen ließ. Wohl kann sich die Textur oberflächlich durch Anschmelzung lockern und in den »Wagengleisen« auch tiefere Rillen bilden, denen das Schmelzwasser folgt, aber nie erstrecken sich diese Auflockerungszonen so wie die Teilbarkeit der Scherflächen tiefer in das Eis hinein. Die Abstände der frischen Scherflächen betragen za. 1—3 m. Da diese Stelle bereits südlich der großen nördlichen Seitenmoräne liegt, die ihrerseits noch einen vollen Eiskern birgt, so gehören diese Scherflächen zwar noch der Randpartie, aber noch nicht der äußersten an. Sie wurden auf etwa 1 km bis gegenüber der Isola-Pers abwärts verfolgt. Leider erlaubte der Neuschnee nicht, sie auch noch aufwärts in das Firnfeld zu verfolgen.

Somit ist also das Auftreten der Scherflächen durch den ganzen Morteratsch-Gletscher von der äußersten Zunge bis in die Firnregion erwiesen. Ihr Auftreten ist gesetzmäßig, die einzelnen Risse wurden auf Hunderte von Metern hin verfolgt; sie lassen sich überall als glatte Trennungsflächen abpräparieren und erweisen ihre Schernatur dort, wo sie flach liegen, durch einwandfreies Überkragen. Sie bilden sich zunächst in jedem Teilzufluß getrennt, bleiben nach der Vereinigung der beiden Hauptäste noch eine Strecke weit nebeneinander bestehen und bilden erst weiter abwärts, nach Ausgleich der Bewegungsgeschwindigkeiten, ein die Gesamtzunge gleichmäßig durchziehendes System, das sich bogenförmig von der einen zur andern Randmoräne unter der Mittelmoräne hindurch erstreckt.

### Tschirva-Gletscher

Der Tschirva-Gletscher wurde in der Zungenregion bis etwa zur Höhe der Tschirva-Hütte, also auf eine Längserstreckung von rund  $1\frac{1}{2}$  km begangen. Schon die im Handel käuflichen Photographien des Verlages Wöhrl (Zürich) und Fluery (Pontresina) (Abb. 5) lassen aus der Entfernung eindeutig den Verlauf der Scherflächen durch die ganze Zunge hindurch erkennen.

Die Basis des Gletschers, etwa 10 m hoch, ist stark überschottet, das Eis dort oberflächlich grau und von nur wenigen Scherflächen durch-

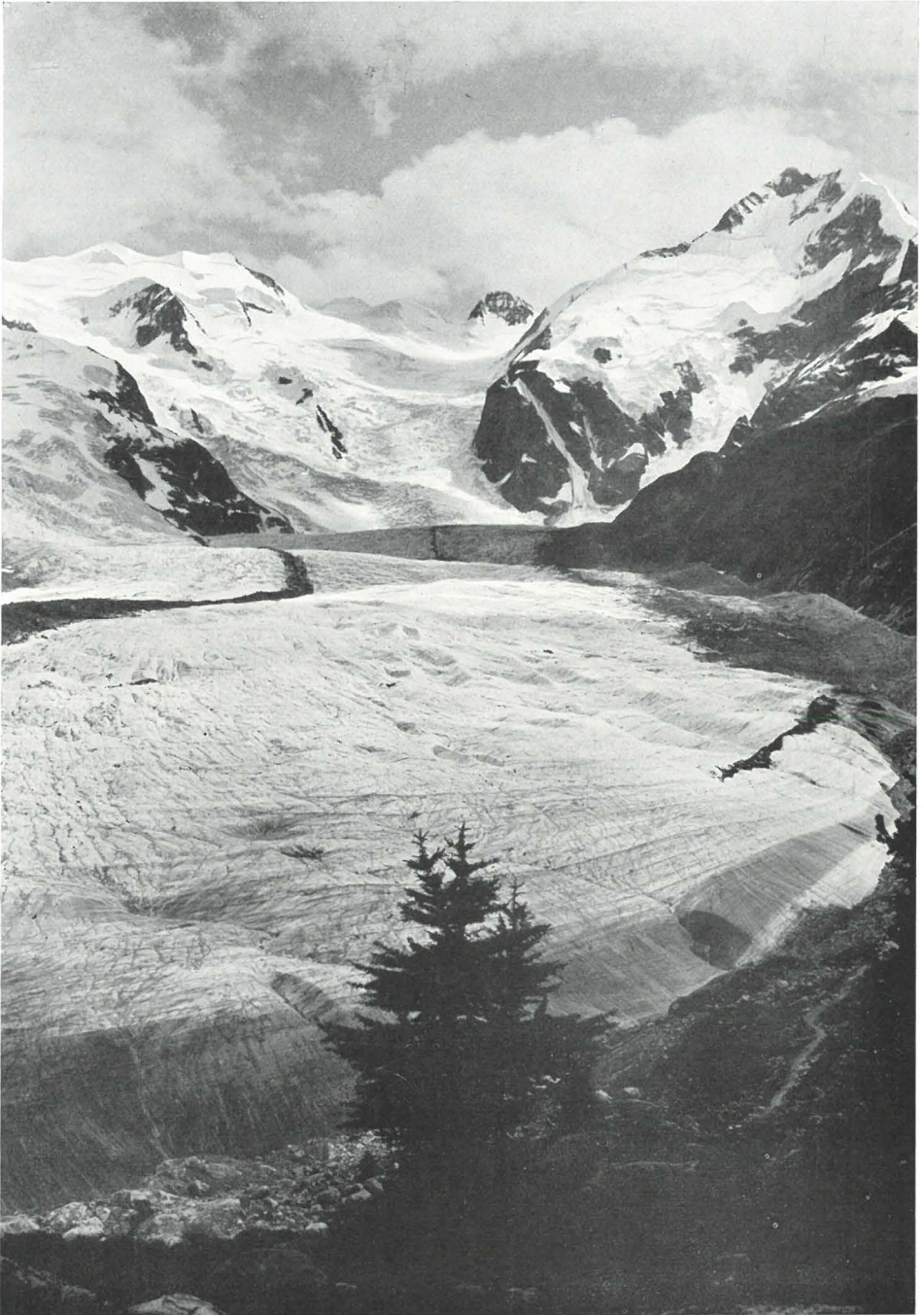


setzt. Diese stellen sich erst in etwa 100 m vom Gletscherende und 30 m über dem Boden zahlreich ein, zum Teil in dichter Folge. Sie wurden über die ganze Zunge hin bis gegen den Gletscherbruch verfolgt, wobei immer wieder Stichproben durch tieferes Abpickeln gemacht wurden, um sie sicher festzustellen, und zwar wurden sie an einigen Stellen auf 2—3 m Länge und bis 1 m Tiefe abpräpariert; zum Teil liegen sie als Doppelflächen im Abstand von wenigen Zentimetern dicht beieinander (Abb. 6). Dort, wo kein Überkragen stattfindet, gehört eine gewisse Übung dazu, sie zu erkennen und sie von den häufig außerordentlich ähnlich aussehenden Texturen mit ihren Wagengleisen und den verarbeiteten Spaltenrissen zu unterscheiden. Letzere sind namentlich in den höheren Teilen der Zunge unterhalb des Sturzes sehr zahlreich vorhanden und können Scherflächen oft zum Verwechseln ähnlich sehen, zeigen dann aber meist einen anders gerichteten Verlauf. An den Rändern nahe der mächtigen Seitenmoräne treten die Scherflächen außerordentlich zahlreich auf, stehen hier steiler (Abb. 7), schwingen dann im flachen Bogen um die Zunge herum und liegen in der Mitte des Gletschers in den tieferen Zungenteilen flach (vgl. Abb. 6). Auch nimmt ihre Zahl in der Gletschermitte im Anstieg ab. Höher gletscheraufwärts gegen den Gletscherbruch zu stellen sie sich in der Mitte steiler, ganz wie am Morteratsch-Gletscher unterhalb des Persfalles. Auch im Tschirva-Gletscher schneiden die Scherflächen die Mittelmoräne im Bogen, so daß also in der unteren Zunge der Gletscher bereits zu einer gleichmäßig bewegten Masse zusammengeschweißt ist. Auch am Tschirva-Gletscher ist es infolge der engen Zusammenpressung der drei Hauptzuflüsse ausgeschlossen, die Textur und die Scherflächen etwa aus der Firnschichtung zu erklären.

Der Roseg-Gletscher wurde nicht begangen. Doch ließ sich von der großen westlichen Seitenmoräne des Tschirva-Gletschers aus beobachten, daß auch hier der basale Teil grau aussieht und abgestorben zu sein scheint, und daß za. 100 m oberhalb seines Endes mit scharfer Scherfläche das stärker bewegte hellere Eis einsetzt und die liegende Toteispartie überwältigt.

#### Forno-Gletscher

Bei meinem Besuch im September 1927 zeigte die untere Zunge Zeichen starken Rückganges. Am äußersten Ende waren einige Scherflächen noch zu erkennen. Doch war die Zunge zu stark von Längsspalten zerrissen, ein Zeichen, daß hier wenig Eigenbewegung mehr vorhanden



**Abb. 1. Morteratsch-Gletscher** Phot. Wehrli A.-G. Kilchberg-Zürich  
Mit zahlreichen überkragenden Scherflächen und hierzu parallel bis subparallel verlaufender Textur (Bänderung)

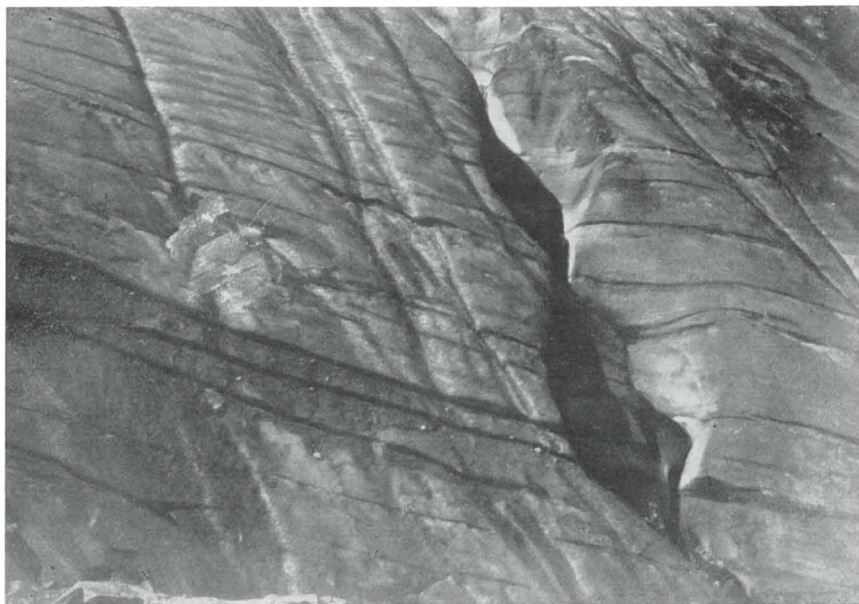


Abb. 2. Basale Scherflächen. Morteratsch-Gletscher, Ostflanke

Ph. phot.

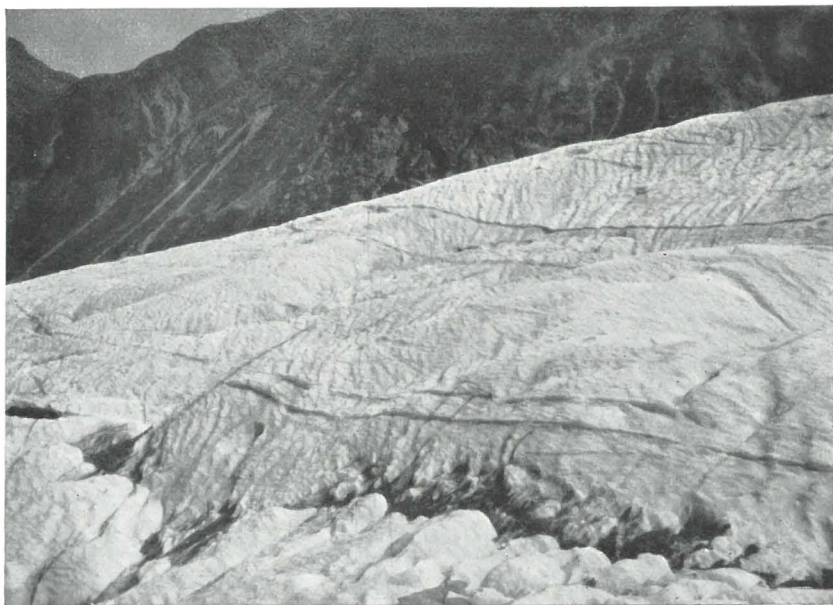
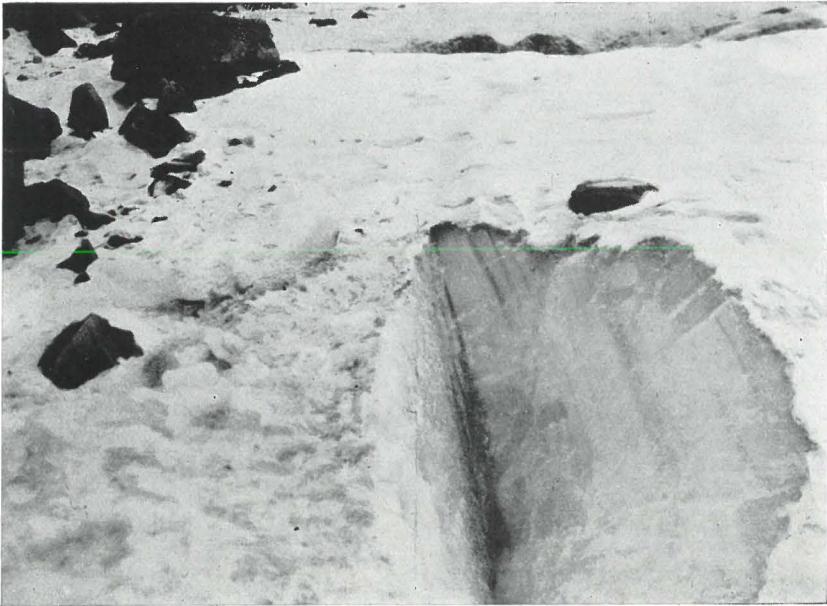


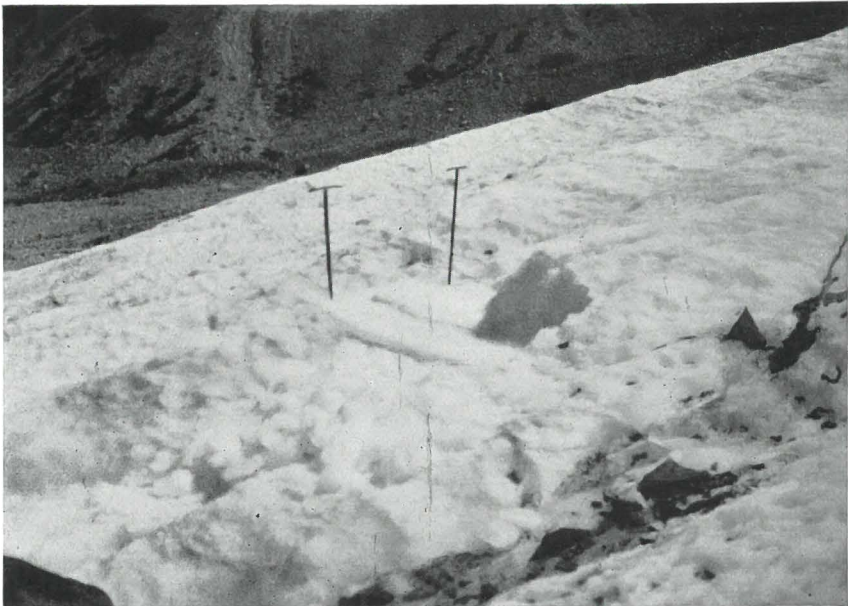
Abb. 3. Scherflächen. Morteratsch-Gletscher, Westseite der Zunge

Ph. phot.



Ph. phot.

Abb. 4. Freigelegte steilstehende Scherfläche und gleichsinnig verlaufende, nicht spaltende Textur. Vedrett Pers (Morteralsch-Gl.), Ostseite unterhalb der Diavolezza-Hütte



Ph. phot.

Abb. 6. Doppelscherfläche, freigelegt. Tschirva-Gletscher, Mitte der Zunge

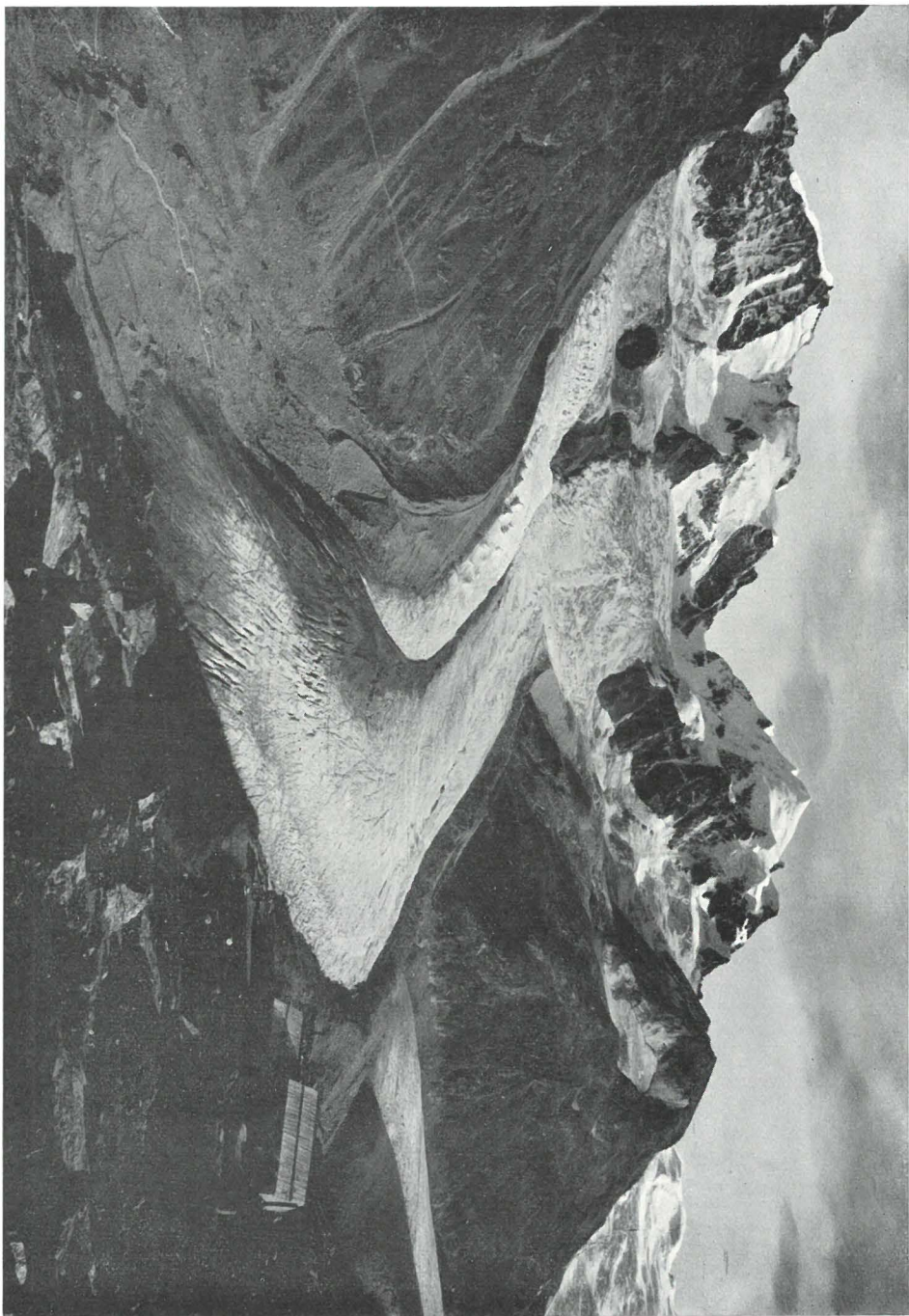


Abb. 5. Tschirva-Gletscher. Unter der Mittelmoräne hindurchziehende Scherflächen durchziehen die ganze Gletscherzunge  
Jiny Kontrosna, phot.

war. Günstiger scheinen die Verhältnisse einige Jahre vorher gelegen zu haben. Nach einer brieflichen Mitteilung des leider so früh verstorbenen Kollegen WEPFER konnte er 1921 sehr deutlich beobachten, »wie die Gletscherstirn gleichsam in mehrere löffelartig aufeinanderruhende Teile zerlegt war; an einer von Moränenschutt freien Stelle verlaufen im Eis mehrere, nach oben flach konkave Linien, längs denen jedesmal der hangende Teil des Gletschers über den liegenden hinüberraigte, und man hatte förmlich den Eindruck, als bewegten sich die einzelnen Eisplatten unabhängig voneinander nach vorn«. Es bestand damals also auch hier in der untersten Zunge das typische Bewegungsbild.

Wesentlich besser als in dem unteren, durch Längs- und Querspalten stark zerschundeten Teil der Zunge ließen sich die Bewegungsverhältnisse im mittleren Teil, aufwärts und abwärts der Forno-Hütte studieren. Deutlich ist hier die Ostseite des Gletschers, zwischen der Seitenmoräne und der durch geringe Schuttbedeckung, aber durch einige große Blöcke markierten Mittelmoräne, vom Hauptgletscher zu trennen. Der Ostteil entspricht dem Sammelgebiet zwischen Cima di Vazzeda und Mte Rosso. Gegenüber dem hellen Hauptstrom zeichnet er sich durch grauere Farbe aus. Weist schon dies auf geringere Aktivität gegenüber dem Hauptstrom, so entspricht dem das Vorwiegen älterer auch von der Hütte aus deutlich wahrnehmbarer Texturen, die gegen die Mittelmoräne hin zu zahlreichen Reid'schen Kämmen verfalt sind und das nur spärliche Auftreten frischer Scherrisse am Rande. Das Bild ändert sich sofort beim Betreten des hellen Hauptstammes. Noch im Bereich der Mittelmoräne fallen zahlreiche frische Scherrisse auf, die parallel mit den Wagengleisen der Textur laufen. Die Sicherstellung gegenüber der Textur erfolgte durch Aufpickeln. Nahe der Mittelmoräne liegen die Scherflächen dicht beieinander. Ihre Längserstreckung ließ sich auf Hunderte von Metern bis in die Firnregion feststellen. Auch auf der Westseite des Hauptstromes treten sie auf, wenn auch infolge der hier häufigeren Spalten nicht so gut verfolgbar und ebenfalls begleitet von den Wagengleisen der Textur. Bei der geringen Abschrägung des Hauptzungenteiles, also bei annähernd gleichbleibender Dicke, ist hier ein Hinüberschwingen der Scherflächen kaum zu beobachten.

Der kleine Seitengletscher, der unmittelbar südlich der Hütte dem Hauptgletscher zuströmt, war im Zurückgehen und erreichte den Hauptgletscher nicht mehr. Neben Spalten und Spaltennarben zeigte er deutlich die im Bogen über seine Zunge hinwegstreichenden Scherflächen, die mehrfach abpräpariert und bis auf 4 m Länge und 1 m Tiefe freigelegt wurden; zum Teil zeigten sie Wasserführung. Randlich liegen die Scherflächen in der Längsrichtung, dagegen beim Herumschwingen um die Zunge, im Bereich der kleinen Mittelmoräne, naturgemäß ganz flach und schneiden hier sowohl die ältere Textur als auch die Querspaltennarben im Winkel.

Die gleichen Verhältnisse herrschen auf der Zunge des kleinen Gletschers, der von der Nordseite der Cima di Cantun gegenüber der Forno-Hütte zum Hauptgletscher hinunterströmt. Von weitem schon ist die im Bogen um die Zunge hinwegstreichende Textur kenntlich. Von den ihr parallel gehenden Scherflächen zeigen einige deutliche Überkrägung. Eine wurde auf za. 1 qm

Fläche abpräpariert und zeigte Wasserführung und leichte Grusbedeckung (Abb. 8), würde also bei späterer Verkittung ein ausgesprochenes »dirt band« bzw. beim Ausschmelzen eine »Kragenmoräne« bilden<sup>13)</sup>.

Auch die oberen zum Teil stark zerrissenen steilen Zuflüsse des Gletscherzirkus zeigen deutliche Scherflächen, obwohl hier die Erkennung durch die frische Firnbedeckung erschwert war. Als bemerkenswert führe ich noch einen Firnleck zwischen dem oben erwähnten Nebengletscher auf der Nordseite der Cima di Cantun und dem Hauptgletscher an. Hier zeigten sich neben der alten noch eben erkennbaren Firnschichtung, diese im spitzen Winkel schneidend, scharf ausgeprägte Eislamellen, die durch den äußerlich anhaftenden Staub eine Pseudoschichtung markierten. Bei letzteren kann es sich nur um vernarbte Bewegungsflächen im Firn handeln<sup>14)</sup>.

Zusammenfassend ergibt sich für den untersten Teil der Gletscherzunge und für den grauen schmalen Ostteil, daß frische aktive Scherflächen infolge zurückgehender Mobilität im Beobachtungsjahr nur einzeln auftraten, daß sie dagegen früher, als die Zunge noch nicht so stark im Rückzug begriffen war, dort gleichfalls vorhanden waren. Im Hauptstamm der stärker bewegten mittleren und oberen Zunge dagegen bis in die Firnregion hinein sind die frischen aktiven Scherflächen zahlreich vorhanden und auf weite Erstreckungen hin verfolgbar. Ebenso weisen die kleinen Nebengletscher der Firnregion Scherflächen in der gleichen Frische auf. Der größeren Mobilität entspricht die hellere Färbung des Eises.

### Öztaler Alpen

(Vgl. hierzu die Blätter I—IV der Karte »Öztal und Stubai« 1 : 50 000, herausgegeben vom Deutschen und Österr. Alpen-Verein)<sup>15)</sup>

#### Mittelbergferner

Besonders geeignet zur Untersuchung erschien hier die kurze untere Zunge bis rund 1920 m und der obere ziemlich wenig zerschundene Teil bei der Braunschweiger Hütte (2759 m), der nahe der Firngrenze liegt, die HESS<sup>16)</sup> bei rund 2850 angibt. Beide Gebiete sind durch den doppelten Absturz der mittleren Zunge getrennt, der, bei der wilden Zerschundung namentlich des oberen Sturzes, eine Kontinuität der Firnschichtung bis in die untere Zunge von vornherein so gut wie ausschließt.

<sup>13)</sup> PHILIPP, 1920, S. 468.

<sup>14)</sup> Vgl. PHILIPP, 1920, S. 528 ff.

<sup>15)</sup> Vgl. außerdem die Karten Gepatsch- und Weißseeferner 1 : 20 000, v. S., U. u. R. FINSTERWALDER u. J. SARTORIUS, Z. f. Glkde. 16, 1928; Vernagt (u. Guslar-) ferner 1 : 10 000 v. S. FINSTERWALDER, D.Ö.A.V. Wiss. Erg.H. 1897; Hintereisferner 1 : 10 000 v. A. BLÜMCKE u. H. HESS, D.Ö.A.V. Wiss. Erg.H. 1899; Hintereisferner 1 : 10 000 v. H. HESS, G. HESS u. J. SARTORIUS, Z. f. Glkde. 13, 1925.

<sup>16)</sup> H. HESS, Die Gletscher, S. 84.

Die untere im Schwinden begriffene Zungenspitze zeigt auf der Ostseite kräftig entwickelte Längsspalten; Mitte und Westrand sind weniger zerschundet. Überblickt man diesen unteren Zungen teil beim Aufstieg zur Braunschweiger Hütte, so treten deutlich die im Bogen um die Zunge schwingenden Scherflächen zutage. Aus der Entfernung wurden hier im mittleren Teil auf eine Längserstreckung von 70 bis 80 m rund 35—40 Scherflächen gezählt. Wie die spezielle Begehung ergab, liegen sie im mittleren vorderen Teil der Zunge flach, fallen aber dann in der Medianlinie mit Annäherung gegen den Bruch steiler und rückwärts gegen diesen ein. Daß es sich nicht um zusammengepreßte Querspalten und Spaltennarben handeln kann, ergibt sich schon daraus, daß der untere Bruch kein regelmäßiges Querspalten system aufweist, sondern ein wirres Durcheinander von Kreuzspalten mit einer völligen Auflösung in Quadern und Seraks. Vielmehr haben wir auch hier die Erscheinung (vgl. oben Morteratsch- und Tschirva-Gletscher), daß unterhalb eines Sturzes infolge der Stauung durch die distalen Teile und des stärkeren Druckes am Fuße des Bruches die Gleitflächen schräg nach oben ausweichen, woraus sich die lokal bedingte »Löffelanordnung« ergibt.

Im einzelnen zeigte die Spitze auf der Ostseite eine große Zahl feinsten äußerlich nur eben noch erkennbarer Scherrisse, die aber durch Abpickeln einwandfrei als solche nachgewiesen werden konnten; die Abstände betragen  $\frac{1}{2}$  bis  $1\frac{1}{2}$  m und entsprechend wurden an einer Stelle auf einer Erstreckung von 21 m 13 gezählt. Einige von ihnen treten infolge Überkragens auch deutlicher hervor. Von dem Westrand, wo sie ebenso zahlreich auftreten, gebe ich zwei Bilder, von denen Abb. 9 die flache, um den Fuß herumlaufende Lagerung und die stellenweise sehr kräftige Überkrugung, die zweite Aufnahme (Abb. 10) die steile randliche Aufrichtung und das feine Klaffen namentlich an den Auslenkungen einer offenbar eben im Aufreißen begriffenen Querspalte außerordentlich instruktiv in Erscheinung treten läßt.

Der obere Gletscherteil wurde oberhalb der Braunschweiger Hütte in Höhe des kleinen Hüttensees untersucht. Der Gletscher ist hier nur schwach gewölbt, ziemlich spaltenfrei, war aber zur Zeit des Besuches von dünner Neuschneedecke teilweise bedeckt. Trotzdem ließen sich Scherflächen in großer Zahl parallel den Ufern beobachten und durch Aufpickeln sicher nachweisen. So wurden z. B. auf der Südseite, etwas vom Rande entfernt, auf 60 m Breite 30 bis 35, auf der Nordseite auf 50 m rund 30 Scherflächen gezählt. Daß es sich um frische noch aktive Scherflächen handelt, zeigte sich, abgesehen von der Teilbarkeit daran, daß die Gletscherkörner glatt von der Scherfläche durchschnitten waren<sup>17)</sup>. Ich verweise im besonderen auf die fast absolute Übereinstimmung in den Abständen von 1—2 m, die sich sowohl in der untersten Zungenspitze als hier nahe der Firngrenze ergab. Eine größere Gesetzmäßigkeit ist nicht zu erwarten; wobei zu berücksichtigen ist, daß die Scherflächen in der äußersten Randpartie,

<sup>17)</sup> Vgl. PHILIPP, 1920, S. 474 und 1928, S. 72 r. u.



die aber meist durch Moräne verdeckt ist, enger geschart liegen können, gegen die Gletschermitte aber sich die Abstände vergrößern.

### Taschach-Ferner

Vom Taschach-Haus aus erkennt man bereits die zahlreichen sich quer über den ganzen etwa 1 km langen geschlossenen Teil der Zunge hinziehenden Scherflächen, die sich bis zu dem wilden völlig zerschrundeten und in Seraks aufgelösten Gletscherbruch verfolgen lassen. Auch hier ist es ausgeschlossen, daß nach der seitlichen Einzwängung und der Zerstückelung, welche das an sich schon ziemlich kompliziert zusammengesetzte Sammelgebiet im Bruch erfährt, die in ruhigem Bogen das Zungenende querenden Scherflächen etwa auf ursprüngliche Firnschichtung zurückgeführt werden könnten. Bezüglich der Frage, ob es sich um Spaltennarben bzw. Spaltenwurzeln handeln könnte, gilt das gleiche wie am Mittelbergferner. Auch hier ist ein reguläres Querspaltenystem im Bruch nicht vorhanden, jedenfalls nicht in seinen tieferen Teilen.

Unmittelbar über dem Tor zeigte sich im Besuchsjahr 1928 starker Zusammenbruch und Längsspaltenbildung. Immerhin waren in und über dem Tor Scherflächen in Abständen von 1—2 m zu erkennen. In einem im Jahre zuvor von Herrn Dr. L. KOCI-Köln aufgenommenen Lichtbild treten sie durch leichtes Überkragen besonders deutlich hervor. Auch westlich des Tores lassen sich im Eiskern der Seitenmoräne zahlreiche Scherflächen feststellen.

Vom Tore aus wurden dann die Scherflächen über den Rücken des Gletschers hin bis zum Bruch verfolgt. Oberflächlich traten sie oft nur als feinste Linien hervor (Abb. 11), so daß man sie leicht mit der Textur hätte verwechseln können; Abb. 12 zeigt ihre Freilegung durch Anpickeln als glatte Trennungsfläche. So mühsam dieses ständige Anpickeln und gelegentliche Freilegen auf eine größere Fläche ist, so läßt sich doch dort, wo die Überkragungen infolge der Abschmelzung nicht hervortreten, auf andere Art und Weise eine sichere Entscheidung, ob Textur oder frische Scherflächen vorliegen, nicht gewinnen; wie andererseits die Tatsache, daß bisher auch an sonst mustergültig erforschten Gletschern die Scherflächen bisher übersehen wurden, nur durch das oft äußerst geringe Hervortreten bzw. durch die außerordentliche Feinheit ihrer Kontur erklärbar wird. Namentlich dort, wo die Oberfläche durch eingesunkene Steinen und feinste Kryokonitlöcher porös durchfressen ist, also oberhalb der Grenze des Überwiegens der »indirekten Ablation«<sup>16)</sup>, ist das Ausstreichen der Scherflächen oft nur durch eine ganz zarte Linie angedeutet. An einer Stelle, wo die Scherflächen gegen die schwach ansteigende Gletscheroberfläche mit

<sup>16)</sup> Vgl. PHILIPP, Ergebnisse der W. FILCHNER'schen Vorexpedition nach Spitzbergen 1911. Peterm. Mitt. Erg.H. 179, 1914, S. 32; derselbe: Über die Beziehungen der Kryokonitlöcher zu den Schmelzschalen und ihren Einfluß auf die Ablationsverhältnisse arktischer Gletscher. Z. D. Geol.G. M.B. 1912, S. 489 bis 505 (sp. S. 498).

etwa 30—40 Grad einfallen, wurden auf 75—80 m Erstreckung 30 Scherflächen gezählt, woraus sich unter Berücksichtigung des Einfallswinkels normale Abstände ergeben. Mit Annäherung an den Bruch wurden die Überkragungen deutlicher, auch fallen die Scherflächen hier stärker gegen den Gletscher ein, doch wurde leider vergessen, an Ort und Stelle genauere Angaben über die Zunahme des Neigungswinkels gegen den Bruch hin zu notieren. Über eine zur Entstehung der Textur aus den Scherflächen aufschlußreiche Beobachtung vgl. unten S. 259.

### Sexegerten-Ferner

Hier konnten die Scherflächen von der untersten Zunge bis in das oberste Firnfeld unterhalb des Ölgrubenjoches im ganzen Verlauf des Gletschers festgestellt werden. Die quer über die untere Zunge verlaufende Anordnung ist bereits aus der Ferne vom Taschach-Haus aus erkennbar.

Schon dicht über dem Haupttor, sowie zwischen diesem und dem westlichen Tor sind bei der speziellen Begehung einige deutliche Überkragungen bemerkbar. Steigt man dann oberhalb dieses seitlichen Tores den westlichen Steilhang hinauf, so folgen sich hier die frischen Scherflächen in größeren Abständen, auch hier oft schwer beim ersten Blick kenntlich und nur durch Abpickeln nachweisbar. Auf der zu ihnen parallel verlaufenden Textur treten verschiedentlich, durch Freiwerden des sandig-moränigen Anteiles der »dirt bands«, Kragenmoränen zutage<sup>19)</sup>. Von den Scherflächen wurden einige bis auf 180 m Längserstreckung verfolgt. Im ganzen sind sie also hier im Sockel nicht so zahlreich wie in den hangenden und etwas höheren Partien der abgeflachten Gletscheroberfläche. Der Norm entsprechend liegen sie dort in der Mitte flach, an den Rändern steiler. Einen dieser feinen steil einfallenden Risse aus den höheren Teilen der Zunge, und zwar von der Ostseite, zwischen der hellen Seiten- und der dunklen östlichen Mittelmoräne, zeigt Bild 13. Ich gebe sie wieder, um die völlige Übereinstimmung mit der Ausbildung an andern Stellen zu zeigen, wie ich sie schon vor vielen Jahren von Spitzbergen und aus den Westalpen beschrieben habe<sup>20)</sup>. Sie sind scharf wie mit dem Messer geschnitten und klaffen in frischem Zustande nur eben soweit, um gerade die Messerklinge einführen zu können. Auf dem Bild erkennt man links neben ihr, wenn auch nicht so scharf, eine zweite.

Von der oberen Ebnung, etwa dort, wo der Weg zum Ölgruben-Joch und zum Gepatsch-Haus den Gletscher kreuzt, wurden die Scherflächen dann weiter bis in die Spitze des obersten nördlichen Firnfeldes unter dem Ölgruben-Joch verfolgt. Dies war gänzlich ausgeapert, und die Bewegungselemente traten ausgezeichnet zutage. Die Scherflächen waren zahlreich vertreten, zum Teil dicht geschart und führten stellenweise direkt zur Bildung von Reibungs- bzw. Quetschzonen. Am Rande gegen die Moräne stehen sie steil. Genauer untersucht wurde der Teil des Firngebietes, der sich gegen das Ölgrubenjoch hinaufzieht bis unterhalb des im Beobachtungsjahr nicht mehr mit dem Sexegerten-

<sup>19)</sup> PHILIPP, 1920, S. 468 und 526 ff.

<sup>20)</sup> PHILIPP, 1920, S. 443; man vergleiche namentlich die Abb. Taf. 14 Fig. 2.

firn selbst zusammenhängenden Jochfirnes. Von weitem erkennt man schon mit dem Glas in dem südlicheren Lappen oberhalb des Sees die sehr schön scharfen, über den Lappen quer hinwegziehenden Scherflächen. Die Photographie läßt an einigen Stellen auch Überkragungen feststellen. Folgt man dem Rand des nördlichen Lappens, so wird hier die ältere Textur durch scharfe frische, zum Teil überkragende Scherflächen geschnitten und verworfen. Zahlreich folgen sich beim Überqueren des Lappens die frischen, ganz flachen bis ebenen Scherflächen, die, wie sich ja schon aus dem Schneiden der älteren Textur ergibt, natürlich auch hier keine Firnschichten sein können. Die Abstände sind die normalen. Längs der seitlichen Moräne stehen sie dem Gesamtverlauf entsprechend steiler, und hier zeigt sich nun wieder in ganz hervorragender Weise nicht nur die Anordnung in parallelen Reihen mit Abständen von  $\frac{1}{2}$ —2 m (Abb. 14), sondern auch die infolge der Abwärtsbewegung herausgehobene Lage des jeweils nach innen liegenden Zylinderstückes, wie ich es<sup>21)</sup> bereits früher vom Grünbergel-Gletscher im Berner Oberland beschrieben habe. (Vgl. hierzu auch die absolut idente Ausbildung aus der Hochregion des Hornkees, unten S. 255 und Abb. 26.)

Auch der oberste Jochfirn zeigt ältere gewundene, an manche arktische Gletscher erinnernde Texturen, durchzogen und verworfen von jüngeren Scherflächen. Eine hier an den älteren Texturen beobachtete oberflächliche Teilbarkeit dürfte nur einer nicht tiefer eindringenden Auflockerung durch Schmelzung entsprechen, da die ältere Textur, wie anderweit mehrfach nachgeprüft, eine nennenswert tiefer reichende Teilbarkeit nicht mehr besitzt.

Auch der von der Ölgrubenspitze gegen das Kaunser Tal absteigende Jochfirn zeigt ausgezeichnete Scherflächen, die allerdings hier nicht näher nachgeprüft wurden.

Überblickt man die Resultate vom Sexegertengletscher zusammenfassend, so ergibt sich also, daß man die frischen Scherflächen von der untersten Zunge bis in die äußerste Firnregion des nördlichen Nährgebietes (Ölgrubenjoch bei rund 3000 m) verfolgen kann. Die Anordnung ist durchaus normal: flach im Medianschnitt der Zunge und der Firnlappen, aufgebogen und mit steilem Einfallen an den Rändern, wobei zu beachten ist, daß in den tieferen Zungenteilen die Randzonen stark abgeschmolzen sind, so daß die Zunge hier frei im Becken liegt und sich nicht mehr den Trogrändern anschließt und daß demzufolge dort auch die Scherflächen nicht so steil aufgebogen sind. Die Abstände entsprechen den auch an andern Gletschern beobachteten Werten. Von der Zunge bis zum Firn läßt sich die Durchkreuzung der alten vernarbten Scherflächen (Textur) durch die frischen aktiven Risse verfolgen, so daß mit der gleichen Schärfe wie am Morteratschgletscher die Kontinuität des scherenden Elementes durch den ganzen Gletscher hindurch erwiesen ist.

<sup>21)</sup> PHILIPP, 1920, S. 458.

## Gepatsch-Ferner

Beim Austritt aus seinem mächtigen Sammelbecken wirft sich die Zunge des Gletschers zunächst gegen E, dann unterhalb des Rauhenkopfes gegen W, was sich bemerkenswerterweise auch im Verlauf seiner Bewegungsflächen ausprägt. Da ich selbst verhindert war, wurde die untere Zunge vom Gletschertor bei za. 1960 m bis zur Einmündung des westlich des Rauhenkopfes herunterziehenden Gletscherlappens bei rund 2300 m, im wesentlichen von meinem Begleiter, Herrn Dr. LEUTELT, allein untersucht.

Die Zunge wölbt sich an beiden Rändern ziemlich steil abwärts. Dem ganzen westlichen Zungenrand entlang, auf eine Entfernung von fast 2 km, ließen sich drei Hauptscherflächen mit flachem Einfallen und im ungefähren Vertikalabstand von 2—3 m verfolgen. Im vorderen Teil der Stirn zeigten sich an ihnen Überkragungen im Betrage von  $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$  m (!), und stellenweise lagen vor dem Stirnrand Trümmer abgeschobener Hangenteile, also dem etwa entsprechend, was ich früher<sup>22)</sup> vom Aletschgletscher, dort allerdings im Bereiche eines Gletscherbruches, beschrieben und in einer Skizze abgebildet habe (vgl. auch unten S. 263). Über dieser Zone der drei Hauptscherflächen, also gegen den flacheren Rücken zu, aber immer noch am seitlichen Steilrand, folgen Scherflächen ohne größere Überkragungen in za. 1 m Abstand voneinander, die auch hier durch Abpickeln sicher festgestellt wurden. Sie mehren sich dann gegen die Oberfläche hin und nähern sich bis auf  $\frac{1}{4}$  m Abstand. Dann nimmt auf der Oberfläche selbst gegen die Gletschermitte ihre Häufigkeit rasch ab, und die Abstände vergrößern sich dementsprechend bis auf za. 4 m (allerdings gemessen auf der Oberfläche und bei flachem Einfallen).

Auf der Ostseite der Zunge verliefen auf den spaltenfreien Teilen die Scherflächen analog, nur ist ihre Zahl geringer und wesentliche Überkragungen wurden nicht beobachtet, mehrfach dagegen der Verwurf älterer Texturen und an einer Stelle auch der einer Spalte.

Bei der Überquerung des Gletschers zur Rauhenkopfhütte in etwa 2600 m Höhe wurden in beiden flachen Randzonen zahlreiche frische Scherflächen mit steilem Einfallen parallel der hier in gleicher Weise angeordneten Textur festgestellt. Nur ist im Gegensatz zur unteren Zunge die Zahl der Scherflächen und auch die Deutlichkeit ihres Hervortretens besser am Ost- als am Westrand entwickelt. Aus diesem Verhalten ergibt sich also, dem Stromwurf entsprechend, eine größere Intensität der Bewegung und damit der Scherung jeweils auf der Stoß- (Prall-) seite des Gletschers.

Der mittlere Teil der Gletscheroberfläche ist hier, auf dem Wege zur Rauhenkopfhütte, zu stark zerklüftet und läßt nur die älteren, zum Teil verworfenen und gewundenen Texturen hervortreten.

Im Sammelgebiet wurde nur der steile seitliche Lappen zwischen Rauhenkopfhütte und dem Großen Rauhenkopf, also oberhalb von 2750 m, untersucht, der Scherflächen mit größeren Abständen voneinander aufwies.

Das höhere Sammelbecken war nicht ausgeapert. An Spalten ließ sich eine Bankung des Firns auf 4—5 m Tiefe erkennen. Sie beruhte auf der Einschaltung

<sup>22)</sup> PHILIPP, 1928, S. 9.

von Eisbändern, die auch hier nur durch den oberflächlich an den ausstreichenden Rändern haftenden Staub eine echte Staubschichtung vortäuschten<sup>23)</sup>. Jüngerer Firn lag diskordant auf älterem. In dem tieferen Eise unter dem Firn setzte sich, soweit man von oben beobachten konnte, die »Firnschichtung« nicht fort. Statt dessen erschien eine grobe Flaserung.

Das wesentliche am Gepatschgletscher ist demnach auch hier die Konstanz im Auftreten der Scherflächen durch die ganze Zunge hindurch, wobei sich einzelne Hauptscherflächen bis auf 2 km Entfernung verfolgen ließen. Des weiteren zeigte sich eine Abhängigkeit der Intensität des Bewegungsmechanismus vom Wurf des Gletschers, und schließlich ein Wechsel der Mobilität in der Vertikalen, wobei sich zunächst eine Zunahme und dann wieder eine Abnahme in der Häufigkeit der Scherflächen von der Basis gegen oben ergab.

#### Vernagt-Ferner

Dieser zeigt 1928, im Gegensatz zum benachbarten Guslar-Ferner, eine völlig abgeflachte, offenbar ganz stark im Schwinden begriffene Zunge, und zwar erstreckte sich deren flacher Anstieg fast über den ganzen unteren Zungenteil. Mit dieser Inaktivität hängt es zusammen, daß die Scherflächen äußerlich nur sehr schwach hervortreten und nur gelegentlich deutliche Überkragungen sichtbar werden. Sie verlaufen quer über die Zunge; an einigen Stellen erzeugten sie kleine, nach vorn steil abfallende Stufen und täuschten dadurch oft alte Spaltennarben mit Vertikalstellung vor. Beim Anpicken zeigt es sich aber, daß es sich in Wirklichkeit um flach in den Gletscher hineinstreichende Scherflächen handelt. Deutlicher treten sie dort zutage, wo helleres Eis über graueres hinweggeschoben ist.

In der unteren Zungenregion waren die Scherflächen in der Besuchszeit meist stark durch Schmelzung ausgeweitet, so daß hier, wenn man nicht ständig tiefer aufpicken wollte, die Erkennung, ob es sich um frische Scherflächen oder ältere tiefer ausgeschmolzene Textur handelte, schwer ist. Beim Abpräparieren erwiesen sich die Oberflächen vielfach grobkörnig, wohl als Zeichen, daß sie bereits vor längerer Zeit angelegt waren<sup>24)</sup>. Abb. 15 gibt eine dieser gröber ausgebildeten Scherflächen wieder, in der helleres Eis über graueres überschoben war, was allerdings in der Abbildung nicht hervortritt. Sie fällt flach ein, ist mit feinem Schlamm bedeckt, ähnlich wie bei der Abb. 8 vom Seitengletscher des Forno-Gletschers, und wurde auf 2 m Länge und 1 m Tiefe abpräpariert.

In der mittleren Zunge zeigte sich steilstehende alte Textur, die infolge Ausschmelzung hier zum Teil frische Scherflächen vortäuscht.

<sup>23)</sup> PHILIPP, 1920, S. 528 ff., oben S. 242 und unten S. 265.

<sup>24)</sup> Vgl. die Bemerkung A. WEGENERS über den längeren zeitlichen Bestand gewisser Haupt- oder Großgleitflächen (s. P. KOCH und A. WEGENER, Wissenschaftliche Ergebnisse der Dänischen Expedition nach Dronning Louises Land. Med. om Grönland 75, 1930, S. 289); hierzu ferner unten S. 267.

Der markante steile Eisbruch auf der Ostseite der Zunge zeigt von weitem zunächst ein scheinbar regelloses Durcheinander von Spalten und Klüften mit spitzen, zum Teil grotesk geformten Türmen in den hangenden Partien. Beim Näherkommen erkennt man zahlreiche Durchkreuzungen älterer Texturen, von denen namentlich ein steil die Wand durchziehendes System im Bereich der aus der Wand ausschmelzenden Moräne auffällt. Ich nehme an, daß diese Bänderung der alten Nahtzone zwischen Großem und Kleinem Vernagt-Ferner entspricht und gegen die Petermannspitze hinstreicht. Durchzogen wird dieses alte steile Textursystem durch ein jüngeres, flach konkav geschwungenes. Die Bewegung schien zur Beobachtungszeit auch hier nur ganz gering zu sein. Immerhin konnte man einige im flachen Bogen durch die Wand hindurchziehende aktive Scherflächen mit deutlichen Überkragungen feststellen. An den höheren war die Überschiebung hellerer frischer Eismassen über graueres Eis festzustellen und zu oberst das Abschieben von Seraks (vgl. oben S. 236), deren Trümmer sich am Fuße der Wand sammelten.

### Guslar-Ferner

1928 zeigte der Guslar-Ferner von seinem Zungenende bei rund 2700 m bis etwa 2900 m ein sehr charakteristisches Profil. Über der völlig abgeflachten tiefsten Zungenspitze wölbte er sich von etwa 2750 m an kräftig auf, verlief dann wieder von etwa 2800—2850 flacher, worauf dann im nördlichen Teil der Zunge abermals ein stark gewölbter Teil bis zur ungefähren Höhe von 2900 m folgte. Am besten übersah man die Verhältnisse vom Endpunkt der alten westlichen Moräne des Vernagt-Gletschers etwa beim Punkt 2729 der Karte. Bemerkenswert war ferner in der Zone der unteren Aufwölbung ein von radialen Spalten begrenztes Mittelstück.

Der Verlauf der Scherflächen läßt sich von der Nordmoräne aus übersehen. Aus der steilen Rاندlage, parallel der Moräne, schwingen sie im Bogen flach über den Rücken. Die Abb. 16, die ich Herrn Dr. W. STERN, Köln, verdanke, der seinerzeit mit geophysikalischen Tiefenmessungen am Vernagt-Gletscher beschäftigt war, läßt den Verlauf deutlich erkennen. Der Gesamtverlauf erinnert in seiner Klarheit an die Verhältnisse im Morteratsch-Gletscher (vgl. S. 235).

Im einzelnen ergab sich folgendes: Der zu tiefst gelegene flache Zungenteil hatte grauschwarze Farbe, zwischen den Bächen schien er abgestorben und völlig im Zerfall; in seinem nördlichen Teil zeigten sich einige Scherflächen. Darüber folgten dann, mit zunehmender Aufwölbung, höchst aktive Scherflächen mit Überkragungen bis zu  $\frac{1}{2}$  m. Wie an einer solchen sich frisches weißes Eis über basales graues schiebt, läßt Abb. 17 sehr gut erkennen. Offenbar aus diesem tiefen Zungenteil, aber mehr randlich gelegen, stammt die Aufnahme Abb. 18 vom 6. 8. 1930, also zwei Jahre nach meinem Besuch, die ich Herrn Prof. JESSEN, Köln, verdanke. Trotz Neuschneebedeckung ist die frische Überkragung mehrerer hintereinanderliegender Scherflächen, außerdem die steile Lage am Rande und der Beginn des Umschwenkens in die flachere Lagerung gegen die Gletschermitte deutlich sichtbar. Die Vertikalabstände wurden im Rückengebiet von mir zu

rund 2 m festgestellt. Auf dem JESSENSchen Bild liegen sie etwas näher aneinander. Der höhere flache Teil ist wieder stärker zerschundet und läßt daher die Scherflächen oberflächlich nicht so deutlich erkennen. Dagegen sind sie dann wieder ganz prachtvoll scharf und durch Überkragungen ausgezeichnet in der höher gelegenen Aufwölbung der Nordseite oberhalb 2850 m. Auch hier fällt also mit der stärkeren Wölbung die höhere Aktivität und ein Wechsel der Farbe zusammen, indem die Hangendteile frischeres blauweißes Eis aufweisen.

Bemerkenswert war noch der oben bei der Übersicht über den Gletscher erwähnte, von radialen Spalten begrenzte Sektor in der unteren Aufwölbungszone. Während nördlich und südlich von ihm die ausgezeichneten Scherflächen auftraten, zeigte dieser zerspaltene mittlere Teil ein Zurücktreten der Scherflächen, so daß es den Eindruck machte, als würde er unter dem Druck der nachfolgenden kompakten Eismassen im wesentlichen inaktiv vorwärts- und herausgeschoben, so daß hier eine »en bloc«-Bewegung im Sinne von MERCANTON und mir vorläge<sup>25)</sup>.

Das Bewegungsbild der Zunge scheint daher 1928 so gewesen zu sein, daß zwei Hauptzonen intensiverer Bewegung bestanden, die eine unmittelbar über dem basalen alten Toteis, eine zweite bei etwa 2850 m und darüber. Demnach könnten also gelegentlich mehrere Zonen gesteigerter Mobilität, getrennt durch weniger aktives Eis, übereinanderliegen, was mir für die Frage des scheinbar wellenförmigen Vorwärtsschreitens von Zonen größerer Geschwindigkeit wesentlich erscheint.

Zu erwähnen wäre noch, daß im Sammelgebiet des Gletschers die Scherflächen unmittelbar unter dem Firn sichtbar werden, wie ich beim Abstieg vom Fluchtkogel im nördlichen Sammelgebiet feststellen konnte. Durch das Fernglas ließen sich auch an dem kleinen Firngletscher unterhalb der Guslar Spitze auf der Südseite des Guslarfeners deutlich die flachen, erst unter dem frischen Firn verschwindenden Scherflächen mit Überkragungen und zum Teil mit Austritt von Kragenmoränen erkennen.

### Hintereis-Ferner

Seine Zunge wurde fast in der ganzen Länge auf za.  $3\frac{1}{2}$  km be-  
gangen. Leider hinderte einsetzender Dauerregen die beabsichtigte eng-  
maschige Begehung und eine kartographische Fixierung sowie namentlich  
auch eine Untersuchung des oberen Firngebietes, so daß auch hier nur  
Stichproben vorgenommen werden konnten. Trotzdem wurde das Vor-  
handensein der Scherflächen auch hier über den ganzen  
Längsverlauf der Zunge festgestellt. Ich gebe zu, daß die  
feinen Trennungsflächen nicht immer leicht zu erkennen waren, daß sie  
sehr häufig äußerlich dem Ausstreichen der Texturbänder glichen und sich  
ebenso wie diese oft nur durch eine zarte feine Linie anhaftenden Staubes  
auf der Eisoberfläche markierten, trotzdem aber ließen sie sich im Zweifels-

<sup>25)</sup> PHILIPP, 1928 S. 72, r. oben.

falle durch Aufpickeln und Freilegen der Trennungsfläche sowie durch den Verwurf der Textur ganz einwandfrei nachweisen, ganz abgesehen von den Fällen, wo sie oft schon von weitem durch ihr Überkragen sichtbar waren.

Die tiefste Zungenspitze war 1928 stark im Rückgang und schien nur lose dem Boden aufzuliegen. Dem entsprach hier das Vorhandensein von nur wenigen schlecht entwickelten Scherflächen. Unterhalb der Einmündung des Kesselwand-Ferners setzen dann die guten Scherflächen ein, die dort, wo sie mit Überkragungen verbunden sind, schon von weitem sichtbar werden. Neben ganz fein geschnittenen, frischen, konnten bereits etwas ältere, offenbar jung verkittete nachgewiesen werden. Die Vertikalabstände der frischen Scherflächen, von denen z. B. an einer Stelle auf 50 m horizontaler Entfernung rund 15 gezählt wurden, betragen  $1-2\frac{1}{2}$  m, da an der betreffenden, dem Rand genäherten Stelle das Einfallen unter die wenig geneigte Oberfläche etwa 45 Grad betrug. Die Aufnahme Abb. 19, von Herrn Dr. W. STERN (Köln) freundlicherweise zur Verfügung gestellt, läßt das Überkragen einer Hauptscherfläche in dieser Zone und damit wieder verbunden die Überschiebung helleren aktiven Eises über graueres Eis deutlich erkennen. Die Trennungsflächen waren glatt und scharf geschnitten. Vielfach zeigte sich der Verwurf älterer Texturen an den jungen Bewegungsflächen. Auf Abb. 20 beträgt der durch die Stifte markierte Verwurf 5 cm. An anderen Stellen wurden sowohl kleinere als auch größere Verwürfe bis zu 30 cm gemessen. Die Aufnahme ist wiederum ein Beispiel für die nur zu leicht zum Übersehen führende äußere Ähnlichkeit feiner nicht überkragender Scherflächen mit der Textur. Die Verschiebungsbeträge können natürlich nur dort zutage treten, wo Textur und Scherflächen sich im Winkel kreuzen; da in den meisten Fällen die Richtungen beider sich annähernd decken, so stellen die beobachteten Werte nur Minimalzahlen dar. In der Mittellinie des Gletschers liegen die Scherflächen, da wesentliche Gefällsbrüche im mittleren Teil der Zunge nicht vorhanden sind, flach.

An den zwei älteren HESS'schen Bohrlöchern<sup>26)</sup> vorbei, deren eines mit Holzstangen, das andere mit Bohrgestänge gefüllt ist, wurden die äußerlich zum Teil nur ganz schwach sichtbaren, aber einwandfrei festgestellten Scherflächen zunächst weiter verfolgt bis gegen das obere äußerst markante Bohrloch, dessen Gestänge wie ein Wahrzeichen der unermüdlichen jahrzehntelangen Arbeiten von H. HESS za. 12 m über das Eis hinausragten. In der unmittelbaren Nähe dieses Bohrloches waren in den Rückenteilen des Gletschers die Scherflächen geringer an Zahl. Auch war die Beobachtung hier durch Zerklüftung erschwert. Dagegen waren sie deutlich und zahlreich gegen die Ränder zu. Auf der durch blaue nummerierte Steine von HESS markierten über das Bohrloch hinwegziehenden Querlinie wurden von der Innenseite der südlichen Randmoräne (blauer Stein Nr. 5) an im ganzen bis zum Bohrloch 45 Scherflächen gezählt. Dem Rande zunächst stehen sie steil mit za.  $\frac{1}{2}$  m Abstand, dann nimmt dieser bald bis auf 2 m und darüber zu. Das Einfallen wird gegen die Mitte flacher, und entsprechend streichen sie flach bogenförmig über den Rücken. Die Entfernung von der Moräne zum Bohrloch beträgt nach der HESS'schen Karte von 1920 za. 170 m.

<sup>26)</sup> Im Beobachtungsjahr lagen sie etwa gegenüber der Mitte des Kesselwand-Ferners.



Wieviel Scherflächen unter der Moräne sich der Beobachtung entziehen, ist schwer festzustellen. Geht man vom Bohrloch über die Mitte des Gletschers zur nördlichen Randmoräne, so folgen auch hier jenseits der Mitte zunächst nur spärliche im flachen Bogen zur Nordseite hinüberstreichende Scherflächen, so daß die ganze Mittelpartie, wie es ja auch den HESS'schen Geschwindigkeitsmessungen entspricht, sich hier ziemlich einheitlich vorwärtsbewegt. Weiter gegen den Rand zu folgte dann eine Zone steiler alter Parallelt Texturen mit stark ausgeprägten »Wagengleisen« und Kryokonitlöchern, so daß hier bis zu der 60—70 m breiten Mittelmoräne und unter dieser keine guten Beobachtungsmöglichkeiten waren. Dagegen wurden zwischen Mittel- und nördlicher Randmoräne wieder zahlreiche Scherflächen festgestellt, und zwar wurden auf 120 m horizontaler Entfernung 28 gezählt; auch hier stehen sie am Rande steil und schwingen, von dort aus flacher werdend, unter die Mittelmoräne, so daß auch hier, im Bereich der letzteren, die Bewegung des Gletschers einheitlich ist. Das Auftreten der Scherflächen deckt sich somit ganz mit den HESS'schen Messungen, denen zufolge<sup>27)</sup> ein Auftreten zahlreicher Scherflächen nur in den rd. 200 m breiten Randzonen erwartet werden kann. Auch würde der s. Zt. von mir errechnete Verschiebungsbetrag gut mit dem von mir beobachteten Maximalwert von 30 cm (s. o.) übereinstimmen.

Weiter oberhalb, etwa dort, wo die 2650 m-Kurve die südliche Seitenmoräne verläßt, wurden am Rande auf za. 80 m 18 Scherflächen gezählt. Sie laufen schräg von der Moräne aus gegen die Mitte, da die randlichsten, dem Ufer parallel laufenden, sich unter der Schuttbedeckung der Beobachtung entziehen.

Leider beeinträchtigte stark einsetzender Regen die Begehung der höher liegenden Gletscherteile, doch konnte bei 2750 m, also schräg gegenüber der Einmündung des Vernagtwandferners, noch das Vorhandensein zahlreicher feinsten frischer Scherflächen am Südrand festgestellt werden. Und zwar ließen sich durch Abpickeln an einer wenig tiefen, zum Teil noch in die Seitenmoräne hineingreifenden Querspalte auf 50 m Länge 38 steil stehende Bewegungsflächen fixieren. Auch hier bedurfte es einer gewissen Erfahrung, um zunächst diese kaum klaffenden Scherflächen als solche zu erkennen, doch ließen sie sich durch ihre Teilbarkeit beim Anschlagen einwandfrei von der gleichgerichteten und zum Teil dicht gedrängten Textur unterscheiden.

Die vorbeschriebenen Stichproben ergeben somit das Vorhandensein der Scherbewegung durch die ganze  $3\frac{1}{2}$  km lange Zunge des Hintereises bis zu der bald über dem höchsten Beobachtungspunkt folgenden Firnlinie, deren Höhe nach HESS bei 2850 m liegt. Überall sind die Scherflächen zahlreich vorhanden und verlaufen in ihrer Richtung entsprechend den von HESS berechneten Linien gleicher Geschwindigkeit<sup>28)</sup>. Sie liegen dicht geschart am Rande und diesem parallel mit steilem Einfallen. Dann ziehen sie sich, flacher einfallend und

<sup>27)</sup> PHILIPP, 1920, S. 513.

<sup>28)</sup> BLÜMCKE u. HESS, Untersuchungen am Hintereisferner. Z. d. Ö.A.V. Erg.H. 1899, Tafel V, S. 50.

mit zunehmenden Abständen, bogenförmig gegen die Mitte. Der sehr geringen Zunahme der Geschwindigkeit in der Rückenzone des mittleren Zungenabschnittes entspricht die Abnahme in der Häufigkeit der Scherflächen. Hier im Hintereis-Ferner, wo durch die ausgezeichneten Hess'schen Messungen und Vermessungen eine unvergleichliche Grundlage gegeben ist, müßte eine genaue Kartierung der Scherflächen und ihre Auszählung auf bestimmten Querschnitten zu einer indirekten Feststellung des durchschnittlichen jährlichen Verschiebungsbetrages an einer einzelnen Bewegungsfläche führen, wie ich dies (s. o.) in roher Annäherung schon 1920 versucht habe.

Im Kesselwand-Ferner wurden vom Hintereis aus in dem basalen Graueis nur wenige Risse beobachtet. Darüber folgte im Hangenden einer Hauptscherfläche, mit deutlicher Überkrugung, aktives helles Eis, das in sich von weiteren Scherflächen durchzogen wurde.

### Zillertaler Alpen<sup>29)</sup>

#### Schwarzenstein-Kees

Von diesem wurde die Zunge auf rund etwa 1200 m Länge bis zum Beginn des steilen Anstieges und der größeren Zerschrundung bei etwa 2400 m in Kreuz- und Querszügen begangen.

Über einer grauen, wenig bewegten Basisplatte von ca. 20—30 m Mächtigkeit, die sowohl an den Flanken wie an der Stirn deutlich zu erkennen ist, wölbte sich der helle kräftiger bewegte Hangenteil. Die vordere Stirn war stark radial zerrissen und zeigte neben einigen wenigen Scherflächen vor allem Faltungen und Schleppungen einer älteren Textur durch eine jüngere. Frische Scherflächen mit kräftigen Überkrugungen und in größerer Anzahl traten erst an der Grenze gegen und im hellen Hangenteil zutage. Dieser Grenze gehört wohl auch die von E. HERRMANN beobachtete, auf Tafel VII, Fig. 8 des soeben erschienenen Heftes der Z. f. Glkde. Bd. 19 (1931) rechts oben über dem Querriß sichtbare Scherfläche an. Das Bild ist ein Jahr nach meiner Anwesenheit aufgenommen und zeigt außer der oberen noch eine tiefere Scherfläche mit starker Überkrugung in dem zusammengebrochenen Teil<sup>30)</sup>. Die scheinbar unter dem Gletscher hervorquellende Moräne (vgl. auch das HERRMANN'sche Bild) ist keine Grundmoräne, sondern muß, da sie noch über einer liegenden Eisplatte austrat, als Innen- bzw. Kragenmoräne gedeutet werden. Betritt man die Gletscheroberfläche oberhalb der zerrütteten Stirn von W her, so sind über der grauen Basalplatte an den Flanken und auf dem Rücken selbst die schon vorerwähnten

<sup>29)</sup> Für das Waxeckkees vgl. Karte d. Zillertaler Alpen, westl. Blatt, 1 : 25000, herausgeg. v. D. u. Ö.A.V. 1930. Das östliche Blatt, mit Schwarzenstein- und Hornkees, ist noch nicht erschienen, doch stellte mir Geh.-Rat FINSTERWALDER freundlicherweise einen Andruck der neuesten Aufnahme zur Verfügung.

<sup>30)</sup> Die Unterschrift bei HERRMANN ist mißverständlich. HERRMANN meint, wie auch aus dem Text hervorgeht, die flach unter den Gletscher streichenden Scherflächen, während der Abbruch hier an Querspalten erfolgt.

Scherflächen zahlreich vorhanden. Während die tieferen deutliche Überkrugung aufweisen, sind sie an andern Stellen nur so schwach äußerlich markiert, daß sie sich kaum von der spitzwinklig durchschnittenen älteren Textur abheben. Nur ständig wiederholtes Abpickeln bewahrt hier vor Irrtümern (vgl. Abb. 22). Wo der Gletscher überschattet ist, lassen sich nur die Scherflächen an der Teilungsfläche lösen; dort, wo durch Bestrahlung eine stärkere Desaggregation der Oberfläche eintritt, reicht diese nur wenig unter die Eisoberfläche, so daß sich bei tieferem Pickeln auch dort die Scherrisse deutlich von der Textur unterscheiden lassen. Abb. 21 zeigt eine zwischen zwei rund  $1\frac{1}{2}$  m voneinander abstehenden Scherflächen ausgepickelte Gasse; beide Scherflächen spalteten glatt, die rechte etwas besser als die linke. Dazwischen, in der Reproduktion nicht sichtbar, verläuft die ebenfalls steil stehende, aber nicht spaltende Textur (vgl. hierzu Abb. 4 vom Morteratschgletscher). Außerdem ist im Bilde an der Gletscheroberfläche die Fortsetzung der rechten Scherfläche gegen den Hintergrund und, mit gleichen Abständen rechts und links der Gasse, je noch eine weitere Scherfläche sichtbar. An den verschiedenen Stellen der Zunge wurden als Vertikalabstände  $\frac{1}{2}$  bis 2 m notiert. Beim Abpräparieren wurde das scharfe Durchschneiden größerer Gletscherkörner durch die Scherflächen festgestellt. An geschleppten bzw. verworfenen alten gefalteten Texturen wurden Verschiebungsbeträge von 30—50 cm gemessen. Eine besonders charakteristische Zone alter gefalteter und von jüngeren Texturen und aktiven Scherflächen verworfener Bänder wurde in einem etwa 100 m vom Westufer einsetzenden, za. 50 m breiten Streifen mit leichter Mittelmoränenbestreuung bis zu Beginn des steileren Gletscheranstieges verfolgt.

Bei aller Feinheit und zum Teil schweren Kenntlichkeit lassen sich auch am Schwarzenstein-Kees die Scherflächen über die ganze Zunge hinweg mit den bekannten Abständen und ganz normalem Verlauf verfolgen.

### Horn-Kees

Die Zunge (Abb. 23) wurde von ihrem Ende bei 2000 m auf  $1\frac{1}{2}$  km bis unterhalb des großen Querspaltenzuges bei za. 2340 m untersucht, ferner der westliche Lappen des Sammelgebietes jenseits des Bruches oberhalb 2550 m.

Die äußerste Stirn zeigte nur wenige basale Scherflächen. Die Grotte lag longitudinal in einem scherfreien Stück unweit der vom Gletschertor ausgehenden Spalten; sie zeigte daher nichts bemerkenswertes; dagegen gibt die bei HERRMANN<sup>21)</sup> wiedergegebene Abbildung eine ausgezeichnete Scherfläche des nächsten Jahres aus dem Bereiche des Gletschertores wieder, bei der sehr deutlich eine hellgefärbte Zone, offenbar stärkerer Mobilität, über liegendes Graueis sich hinwegzieht. Auf der Ostflanke, in der Nähe der auch auf der Abb. 23 links sichtbaren mächtigen Moränenblöcke, setzen schärfere basale Scherflächen mit Überkrugungen ein (Abb. 24, mit der man Abb. 2 vom Morteratsch vergleiche!). Darüber dann in dichter Folge frische Scherflächen mit  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$  m Abstand. Eine davon wurde auf  $1\frac{1}{2}$  m Tiefe freigelegt. Sie fiel mit 30—40 Grad

<sup>21)</sup> a. a. O. S. 273 und Tafel VII Fig. 7.

gegen den Gletscher ein. Auch hier war die Verwechslung mit älterer Textur leicht gegeben, zumal diese bei der warmen Tagestemperatur und kräftiger Einstrahlung oberflächlich im Zerfall begriffen war, doch reichte die Teilbarkeit der Textur auch dann nur bis dicht unter die Oberfläche; ferner zeichnen sich gegenüber den glatten Trennungsflächen der Scherflächen die des aggregierten Texturflächen durch ihre chagrinierte und körnige Beschaffenheit aus. Beide Systeme bilden einen ganz flachen Winkel miteinander. Im ganzen ist diese ganze basale Partie trotz ihrer zahlreichen Scherflächen doch weniger mobil als die Hangendmasse, die erst in einiger Entfernung vom Rande mit kräftig überkragenden Scherflächen und deutlich abgesetztem hellen Eis beginnt (Abb. 25). Es handelt sich hier offenbar um die Fortsetzung der von HERRMANN aufgenommenen Grenzzone. Deutlich tritt in dieser Zone höherer Mobilität die starke Schleppung und Faltung älterer Texturen zutage. In dieser Zone lag 1928 ein großer kames-artiger Kieshaufen, der auf der Abb. 23 links im Mittelgrund sichtbar wird. Die Abstände in der Mobilitätszone betragen za.  $\frac{1}{2}$  bis 1 m. Die Zone der zahlreichen Scherflächen selbst war etwa 100—150 m breit. Weiter gegen die Mitte zu gehen dann, entsprechend der geringeren Zunahme der Geschwindigkeit, die Scherflächen weiter auseinander auf 2—3 m und schwingen im Bogen um den Rücken herum. Auf der Westseite wiederholen sich die gleichen Verhältnisse, wenn auch nicht ganz so scharf ausgeprägt. Da sich in diesem unteren Drittel der Zunge der Gletscher stärker gegen das Ostufer wirft, so wiederholt sich naturgemäß dasselbe Bild wie beim Gepatsch-Ferner, wo auch auf der Stoßseite die Scherbewegung sich kräftiger ausprägte, ohne natürlich auf der gegenüberliegenden Seite zu fehlen.

Beim Weiterverfolgen der Zunge bleibt sich das Bewegungsbild gleich, nur stellen sich, entsprechend unseren Beobachtungen am Morteratsch-, Tschirva-, Mittelberg- und Taschach-Ferner, gegen den Bruch hin im Medianschnitt die Scherflächen steiler gletscheraufwärts.

Wendet man sich oberhalb des Gletscherbruches, nach Überwindung des steilen Westufers, bei za. 2500 m, wo die alte Moräne von 1850 aufhört bzw. einen Bogen um einen kleinen westlichen Nebeneislappen beschreibt, wieder dem Rande des Hauptstromes zu, so setzen auch in dieser Höhe, also bereits im Sammelgebiet, sofort ausgezeichnete Scherflächen ein. Unmittelbar am Rande folgen sie einander dicht mit steilem Einfallen und einem höchst charakteristischen Überkragen des jeweils gegen innen liegenden Hangenden (Abb. 26, die man mit Abb. 14 aus der Hochregion des Sexegertengletschers vergleiche!); weiter vom Rande entfernt erreichen die Abstände bald  $\frac{1}{2}$  m. Weiter in den Strom hinein wurden sie nicht verfolgt. Daß bei den steil stehenden Scherflächen diese Herausragungen des Hangenden, wie ich sie auch anderwärts beobachten konnte, besonders scharf hervortreten, während in den tieferen Teilen die entsprechenden Überkragungen in der Regel nur dort sichtbar werden, wo die Scherflächen flacher einfallen, dürfte mit der geringeren Ablation in größerer Höhe zusammenhängen, welche die Unterschiede nicht so schnell verwischt wie in den tieferen Teilen. In dichter Folge wurden die Scherflächen hier von der parallel bis subparallel streichenden Textur begleitet, die hier, im Bereich höherer Einstrahlung, intensive Desaggregation und starke Längsfurchung

zeigte, sich aber auch hier von den leicht abzupräparierenden frischen Scherflächen (vgl. Abb. 27) unterscheiden ließ.

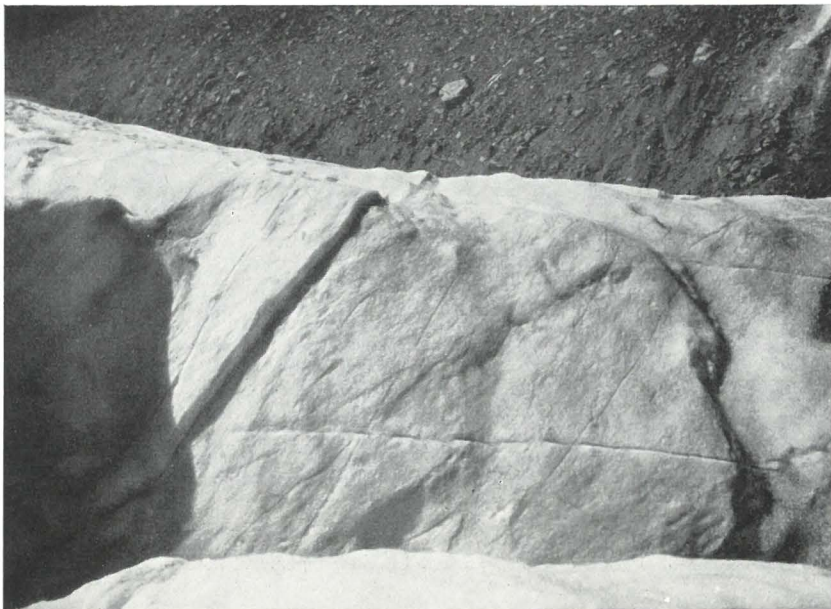
Das Bild des Horn-Kees reiht sich somit bezüglich seiner Bewegungselemente durchaus in das normale Bild der übrigen untersuchten Gletscher ein; seine Scherflächen ließen sich mit gleicher Schärfe sowohl in der Zunge wie in der Firnregion nachweisen.

#### Waxeck-Kees

Die Zunge des Waxeck-Kees ist insofern interessant, als sie deutlich zeigt, wie vorsichtig man in der Beurteilung der Strukturverhältnisse unterhalb eines stärkeren Gefällsbruches sein muß. Es erwies sich, daß die von weitem sichtbaren, in ziemlich gerader Richtung quer über die Zunge ziehenden Streifen keine Scherflächen sind, sondern in diesem Falle Spalten bzw. Spaltennarben. Die Scherflächen sind, wie ich jetzt nach eingehender Untersuchung so vieler Gletscher sagen kann, selbstverständlich auch vorhanden, sie schneiden aber das vorerwähnte, von weitem kräftiger sichtbare System der Spaltennarben spitzwinklig und laufen mehr bogenförmig über die Gletschermitte. Sie traten am frühen Morgen nur als allerfeinste Linien in Abständen von  $\frac{1}{4}$ —1 m hervor, so daß sie auf den Lichtbildern kaum sichtbar werden, doch waren sie stets an ihrer glatten Trennbarkeit kenntlich. Dutzende wurden im mittleren Teil der Zunge abpräpariert. Die Überkragungen erreichten nur mm-Beträge. Ihr Klaffen war so minimal, daß die Messerklinge nur eben sich einführen ließ. Die frühe Morgenstunde war zur Beobachtung aber insofern günstig, als sich gegenüber der Teilbarkeit der Scherflächen die oberflächliche Auflockerung der Textur durch die Tageswärme noch nicht bemerkbar machte.

Die unterste Zungenspitze war im Zerfall und wurde nicht besucht. Der Farbe nach scheint sich größere Mobilität erst oberhalb des unteren Drittels der Zunge einzustellen. Die oben erwähnten Beobachtungen beziehen sich auf die mittlere Zunge, etwa von der Stelle an, wo der Weg zum Schönbichler Horn den Gletscher kreuzt. Die Zunge wurde dann 400—500 m weit aufwärts bis gegen den untern Bruch verfolgt. Man quert auf der ganzen Strecke die über den Gletscher hinwegziehenden Scherflächen, die randlich im Bogen unter der Seitenmoräne verschwinden. Auf 100 m Höhendifferenz wurden etwa 150—200 Scherflächen geschätzt.

Einsetzender Regen verhinderte eine beabsichtigte genauere Untersuchung im Firngebiet, doch konnten einige Beobachtungen über das Verhältnis der Scherflächen zur Firnschichtung im Randgebiet des Firnfeldes, etwa in einer Höhe von 2800—2900 m, unterhalb des Schönbichler Horns angestellt werden. Der obere weiße Firn geht nach dem Liegenden sehr bald in weißes Firneis über. Dabei verliert sich die  $\pm$  grobe und stellenweise nur zentimeterfeine Firnschichtung schnell nach unten. Statt dessen stellt sich nach der Tiefe, wie auch im Firnfeld des Gepatsch-



Ph. phot.

Abb. 7. Steilstehende Scherfläche mit Überkragung, Tschirva-Gletscher, Südflanke



Ph. phot.

Abb. 8. Freigelegte, flachliegende Scherfläche mit Grusführung; darüber eine weitere Scherfläche mit leichter Überkragung. Kl. Seitengletscher des Forno-Gletschers, Nordseite der Cima di Cantun

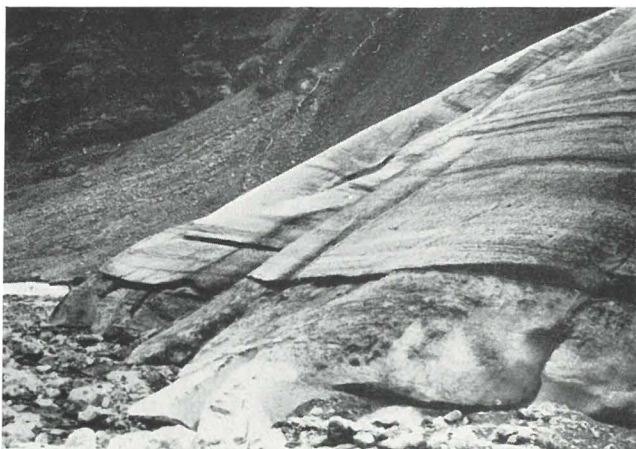


Abb. 9. Basale Scherflächen mit Überkragungen. Mittelbergferner

Ph. phot.

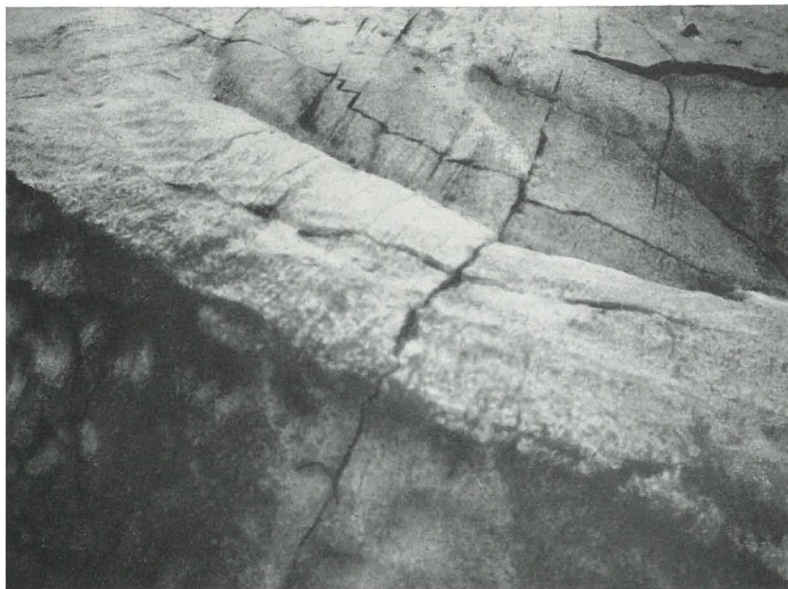
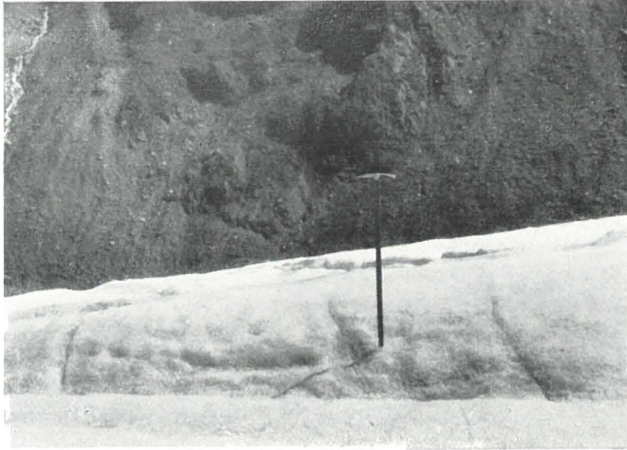


Abb. 10. An randlichen, steilstehenden feinklaffenden Scherflächen ausgenekteter feiner Querriß im Mittelgrund. Mittelbergferner, untere Gletscherzunge

Ph. phot.



Ph. phot.

Abb. 11. Flachliegende Scherflächen, im Ausstreichen nur als feine Linien hervortretend. Taschach-Ferner, Mitte der Gletscherzunge



Ph. phot.

Abb. 12. Freigelegte, flachliegende Scherfläche, von der gleichen Stelle wie Abb. 11. Taschach-Ferner, Mitte der Zunge





Ph. phot.

Abb. 13. Fein klaffende, steile Scherfläche. Sexegerten-Ferner, Ostseite



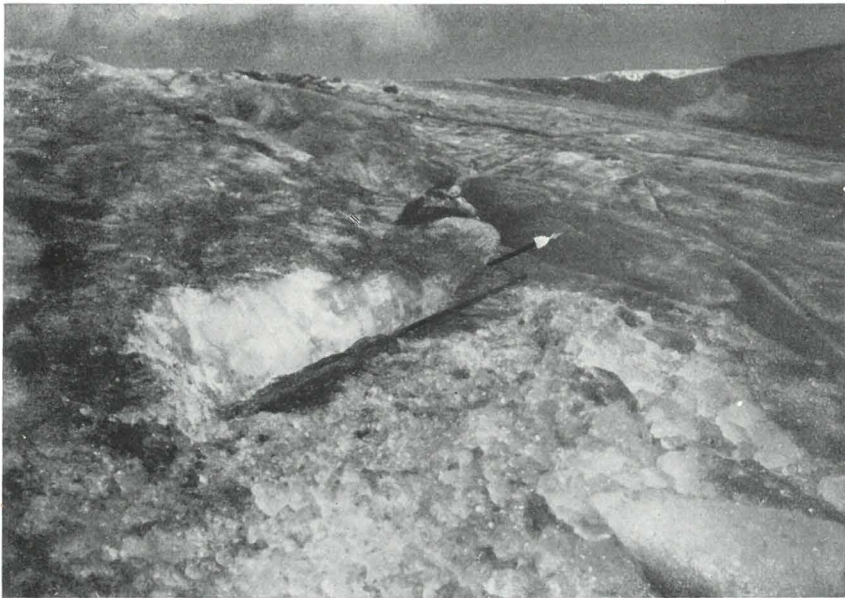
Ph. phot.

Abb. 14. Steilstehende, randliche Scherflächen mit Heraushebung der Hangendeile gegen die Gletschermittle. Sexegerten-Ferner, Rand des nördlichen Firnfeldes, neben der Seitenmoräne



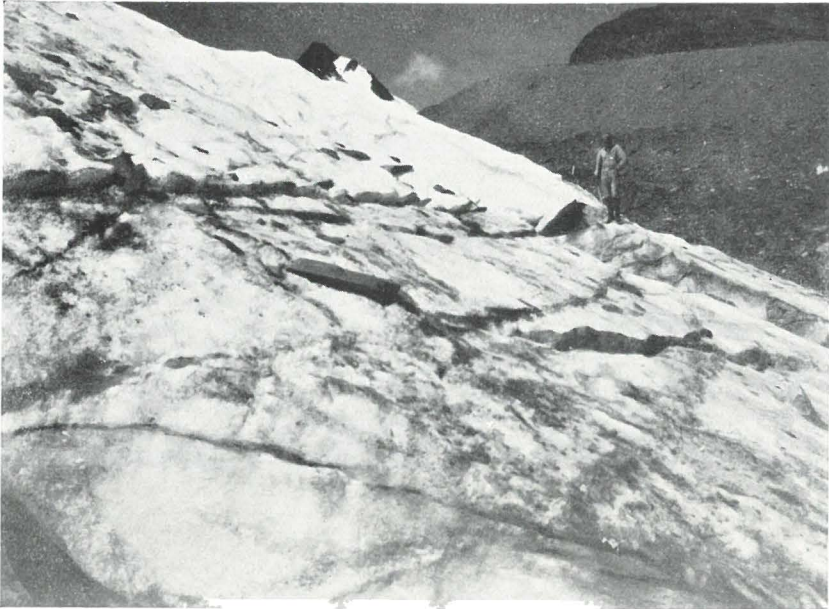
Phot. Dr. Stern

Abb. 16. Verlauf der zahlreichen Scherflächen auf den Flanken und gegen die Mitte der Zunge. Guslarferner, gesehen von der Nordmoräne



Ph. phot.

Abb. 15. Freigelegte, flachliegende Scherfläche mit Schlammführung, an der helleres Eis auf Graueis überschoben ist. Vernagtferner



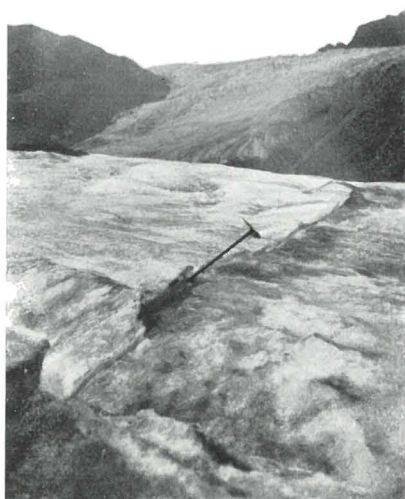
Ph. phot.

Abb. 17. Scherfläche mit starker Überkragung hellen, stärker bewegten Eises über dunkleres Eis. Guslarferner



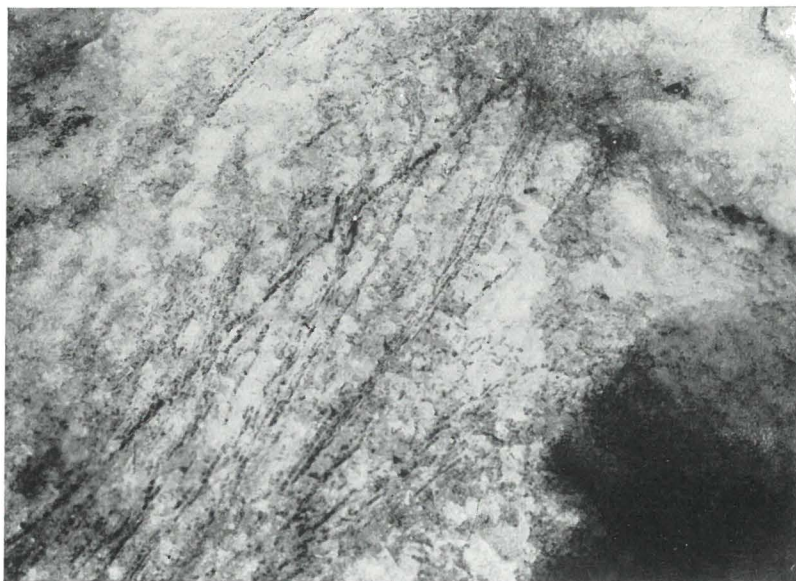
Phot. Prof. Jessen

Abb. 18. Randliche, steile Scherflächen mit kräftigen Überkragungen, im Bogen gegen die Gletschermittle schwingend. Guslarferner



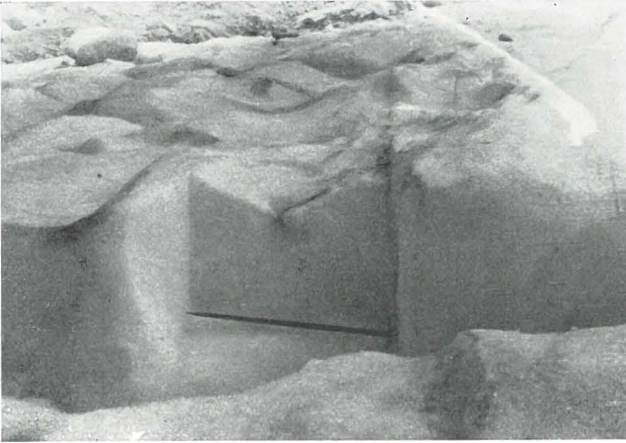
Phot. Dr. Stern

Abb. 19. Kräftig übertragende Hauptscherfläche an der Grenze von hangendem hellen Eis zu liegendem Graueis. Hintereisferner



Ph. phot.

Abb. 20. Verwurf älterer Textur durch jüngere Scherfläche. Die Stifte lassen den Verschiebungsbetrag erkennen. Hintereisferner



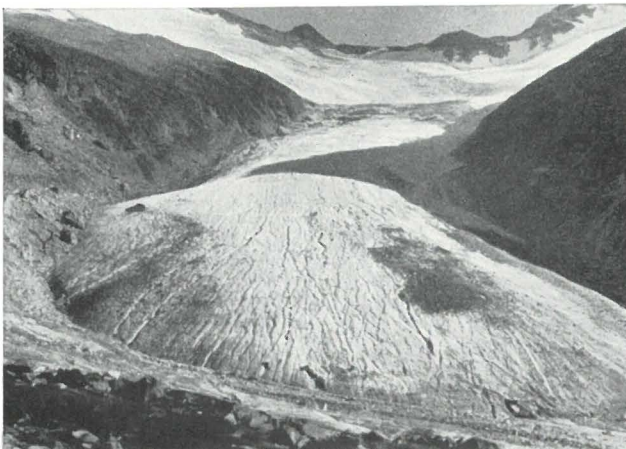
Ph. phot.

Abb. 21. Zwei randliche, steilstehende Scherflächen durch Ausräumen des dazwischen liegenden Eises freigelegt. Schwarzenstein-Kees



Ph. phot.

Abb. 22. Oberflächlich kaum hervortretende, durch Anpickeln aber sicher von der spitzwinklig dazu verlaufenden Textur unterscheidbare Scherflächen. Schwarzenstein-Kees



Ph. phot.

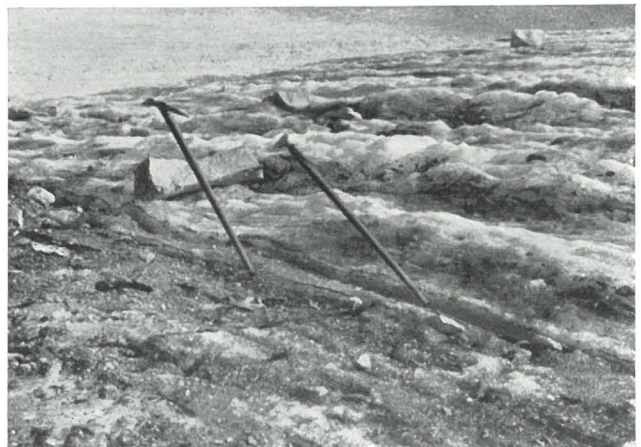
Abb. 23. Horn-Kees, von der Berliner Hütte aus. Die Scherflächen wurden durch die ganze Zunge bis in die Firnregion hinein verfolgt



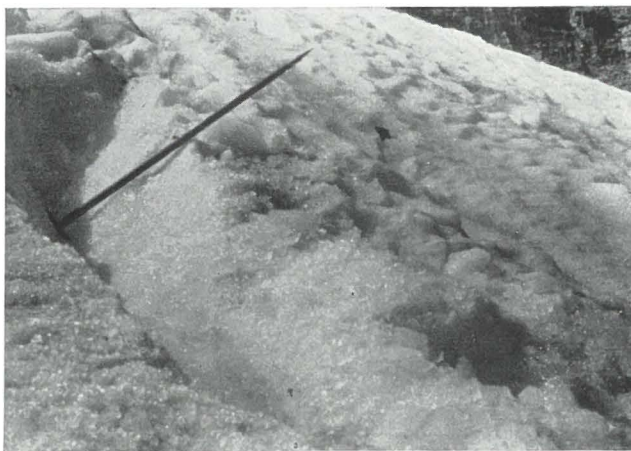
Ph. phot.  
Abb. 24. Scharfe basale Scherflächen mit Überkragungen.  
Horn-Kees, Ostflanke



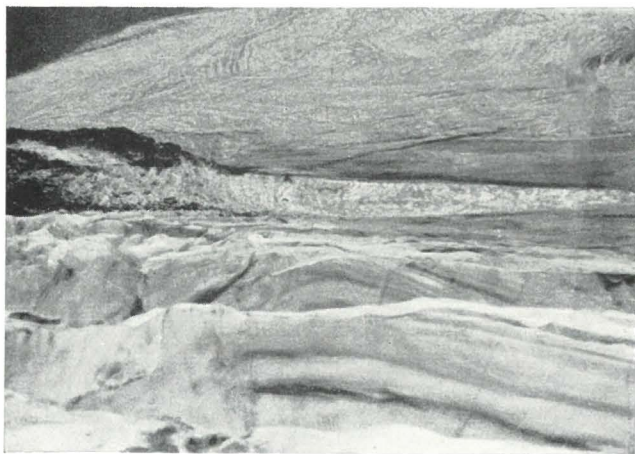
Ph. phot.  
Abb. 25. Scherfläche mit kräftiger Überkragung an der Grenze des mobileren, steiler geböschten weißen Eises im Hangenden gegen das weniger mobile Graueis im Liegenden.  
Horn-Kees



Ph. phot.  
Abb. 26. Randliche, scharf überkragende Scherflächen im Sammelgebiet des Horn-Kees



Ph. phot.  
Abb. 27. Freigelegte Scherfläche in stark durch Einstrahlung desaggregiertem Eis des Sammelgebietes. Horn-Kees



Ph. phot.  
Abb. 28. Primäre Firnschichtung von steilstehenden randlichen Scherflächen durchschnitten, zerrissen und eingefaltet. Firngebiet des Waxeck-Kees



Abb. 29. Basale Scherflächen im Aletsch-Gletscher Phot. Prof. Dietrich

ferners beobachtet (vgl. S. 248), Blauflaserung ein. Scharfe steilstehende Blaublätter und einige frische Scherflächen durchsetzen deutlich die horizontale Firnschichtung. Mit zunehmender Bewegung abwärts erkennt man, den Scherflächen entsprechend, eine Zunahme der steilen randlichen Textur. Man sieht, wie die Firnschichtung in Abständen von  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  m durch die Scherflächen in einzelne vertikale Streifen zerlegt und in sich gefaltet wird (Abb. 28). Es wird also die primäre Firnschichtung bei der Bewegung zerschnitten, auseinandergerissen und passiv in das System der Scherflächen hineingezogen; sie obliteriert dann allmählich, und statt dessen entwickelt sich bereits im Firnggebiet aus den steilstehenden Scherflächen eine ausgesprochene Randtextur.

Beobachtungen unter dem Gletscher über die Detraktion und deren Zusammenhang mit der Bewegung sind an anderer Stelle bereits kurz behandelt worden<sup>32)</sup>.

Als Anhang lasse ich unter Abb. 29 noch ein Bild vom Fuß des Aletschgletschers folgen, das, nach dem Erscheinen meiner Mitteilung über diesen Gletscher<sup>33)</sup>, Herr Prof. DIETRICH, Tübingen, in freundlichster Weise für mich aufgenommen hat. Die Stelle liegt dort, wo der Weg von Riederalp hinüber nach Belalp führt. Das Bild zeigt hervorragende basale Scherflächen und bedarf kaum einer Erläuterung. Interessant ist die keilförmige Zunahme in den Abständen und die hellere Farbe der Hangendpartien. Beide Erscheinungen dürften mit dem toten Winkel hinter dem Rundhöcker (rechte untere Ecke) zusammenhängen<sup>34)</sup>.

### Zusammengefaßte Ergebnisse<sup>35)</sup>

#### 1. Diagnose der Scherflächen

Die höchst auffallende Tatsache, daß das Phänomen der Scherflächen an alpinen Gletschern, namentlich auch an den zum Teil so außerordentlich sorgfältig untersuchten Gletschern der Ostalpen, bisher fast durchweg übersehen worden ist, beruht in der Schwierigkeit, die Mehrzahl der Scherflächen an der Gletscheroberfläche auf den ersten Blick zu erkennen, ganz abgesehen von den Fällen, wo die randlichen Scherflächen sich unter dem Moränenschutt verbergen. Verhältnismäßig leicht ist ihre Feststellung dort, wo eine sichtbare Verschiebung älterer Texturen statt-

<sup>32)</sup> PHILIPP, Die Wirkungen des Eises, Handbuch der Bodenlehre, herausgegeben von E. BLANCK. Bd. 1 S. 274. Berlin 1929.

<sup>33)</sup> PHILIPP, 1928, S. 7 ff.

<sup>34)</sup> Vgl. oben S. 236, Morteratschgletscher.

<sup>35)</sup> Im folgenden sind nur solche Ergebnisse besprochen, die eine Ergänzung oder Erweiterung meiner früheren Darlegungen bedeuten (vgl. die Literaturangabe S. 233).



gefunden hat. Auch in den moränenfreien Randzonen, wo sie deutlich als klaffende Risse von einigen Millimetern Breite (vgl. Abb. 10 u. 13) steil in den Gletscher einfallen, fällt es dem geschulten Auge meist nicht schwer, sie wiederzuerkennen, ganz abgesehen von den allerdings selteneren Fällen scharfer Überkragungen. Aber in sehr vielen, wenn nicht in den meisten Fällen ist das Ausstreichende der Scherflächen so schwach ausgeprägt, daß eine besondere Übung dazu gehört, sie nicht mit den feinen Spuren der Textur zu verwechseln. Das gilt namentlich dort, wo die Scherflächen nicht steil, sondern, wie in den mittleren Teilen der Zunge, mit flachem Einfallen oder horizontal ausstreichen. Ich habe im vorstehenden einige Beispiele abgebildet. Genau wie an der Textur haftet an ihren ausstreichenden Rändern eine zarte, aber meist nicht kontinuierliche Linie von feinem Staubschlamm, und erst ein kräftiger Schlag mit dem Eispickel zeigt, daß hier eine feine, aber scharfe Trennungsfläche tief in den Gletscher hineinstreicht. Man wird in solchen Fällen am ehesten dadurch aufmerksam, daß die Trace der Scherflächen das andere System der Textur in einem  $\pm$  großen Winkel schneidet (vgl. Abb. 20 u. 21). Oft aber versagt auch dieser erste Hinweis, namentlich wenn bei starker Strahlung die dunklen Staubteilchen nicht mehr oberflächlich haften, sondern infolge Einschmelzung versenkt liegen; in diesen Fällen ist oft nur eine allerfeinste Trennungslinie äußerlich eben noch sichtbar.

Gegenüber der Textur ist das unterscheidende Kriterium stets die wirklich vorhandene, tief in das Eis hineinreichende Teilbarkeit mit glatten, die einzelnen Gletscherkörner abschneidenden Trennungsflächen. Ich habe diese Tatsache immer wieder überprüft und in zahlreichen Stichproben die Scherflächen auf eine Tiefe von 1 m und darüber und häufig auf mehrere Meter im Streichen freigepickelt, eine auf die Dauer eintönige und ermüdende Arbeit (vgl. Abb. 4, 8, 12, 15, 20, 27). Die Textur (Blaublätter) spaltet nicht, auch davon habe ich mich immer wieder überzeugt (vgl. S. 239, 246, 255, Abb. 4). Eine Ausnahme gilt für die selteneren Fälle, wo der Regelationsprozeß, also die Verkittung und damit die Umwandlung der Scherflächen zum Blaublatt noch nicht abgeschlossen ist. Ich habe Fälle beobachtet, wo in den tieferen Teilen des Gletschers die Verkittung scheinbar schon stattgefunden hat und nur in der Außenzone infolge der dort stärkeren Wärmezufuhr von außen die Scherflächen noch klafften. Solche Flächen werden aber, entsprechend der Zahl und Abstände der frischen Scherflächen, nur vereinzelt und nicht in dichter Folge nebeneinander auftreten. Häufiger ist die Möglichkeit einer Verwechslung dann gegeben, wenn sekundär durch Schmel-

zung, und zwar namentlich bei überwiegender Einstrahlung, das Eis in seinen oberflächlichen Schichten desaggregiert ist. Die Textur tritt dann bei Steilstellung in den bekannten »Wagengleisen« (bandes farineuses) in Form scharfer dicht nebeneinander liegender Rippen hervor, die häufig den Rissen der Scherflächen recht ähnlich werden können, namentlich wenn beide durch rieselndes Wasser oberflächlich erweitert sind. Aber auch wo die Textur flach liegt, kann der Desaggregationsprozeß gelegentlich zu Täuschungen Anlaß geben. Nach meinen Beobachtungen geht aber dieser Zerfall der Textur selten tiefer in den Gletscher hinein, sondern ist auf eine oberflächliche Zone beschränkt, so daß sich durch Aufpickeln der tatsächliche Charakter leicht nachweisen läßt. Auch habe ich beobachtet, daß die Desaggregationsflächen der Textur dann stets chagriniert und körnig sind gegenüber den glatten Wänden der Scherflächen. Am leichtesten ist die Unterscheidung am frühen Morgen, ehe die Auflockerung der Textur durch Einstrahlung begonnen hat.

Bezüglich der Entwicklung der Textur aus den Scherflächen sei in Ergänzung früherer Ausführungen<sup>36)</sup> noch auf eine Beobachtung vom Taschach-Ferner hingewiesen. Eine an der Gletscheroberfläche deutlich als solche kenntliche Scherfläche glich in einem Anschnitt auf der Gletscherflanke zunächst einem breiten Blauband. Erst bei scharfem Zusehen ließ sich der haarfeine Riß erkennen und also auch abpräparieren. Die blaue, je etwa 1 cm breite Zone zu beiden Seiten der Trennungsfäche wird dadurch verständlich, daß hier das (Reibungs-) Schmelzwasser beiderseits in die beim Aufreißen entstehenden Lockerungsrisse unter gleichzeitiger Austreibung des feinen Luftgehaltes eindringt. Naturgemäß sind die Ränder der Blauzonen viel weniger scharf als die feinen Scherflächen selbst. Nach eingetretener Regelation und Verkittung der Scherflächen ist das neue Blaublatt fertig. Als Gegenprobe wurde unmittelbar in der Nachbarschaft ein etwa gleich breites, älteres Blaublatt untersucht. Dies war bereits regeliert und wies infolgedessen keine Spur von Teilbarkeit mehr auf. Je spröder das Eis, also namentlich bei starkem Frost im Winter, in der Hochregion und unter polaren Verhältnissen, um so kräftiger wird beim Aufreißen der Scherflächen die sie begleitende randliche Zermürbung sein, um so breiter infolgedessen auch die Imprägnationszone eindringenden Schmelzwassers und dementsprechend auch das resultierende Blatt. Hiermit in Einklang würde das Auftreten von direkten Reibungsbreccien in der Hochregion (vgl. oben S. 245), ferner meine frühere Beob-

---

<sup>36)</sup> PHILIPP, 1920, S. 502 ff. und 1928, S. 11.

achtung<sup>37)</sup> bei dem winterlichen Besuch des Rhonegletschers stehen, »daß hier das Eis an den Scherflächen so stark zermalmt war, daß man den Skistock fast  $\frac{1}{2}$  m tief horizontal hineinstoßen konnte«. Daß an arktischen Gletschern die Blaublätter auffallend breit sind, beweisen zahlreiche Abbildungen und Beschreibungen von grönländischen und auch von spitzbergischen Gletschern<sup>38)</sup>.

Vernarbten Spalten gegenüber gelten die gleichen Kriterien; hier ist die Möglichkeit einer Verwechslung besonders durch die »Spaltennaht« gegeben. Immerhin ist diese aber keine Fuge wie der Trennungsriß der Scherflächen, und außerdem zeigt sich beiderseitig der Naht und senkrecht zu ihr eine stengelige Anordnung der Eiskristalle. Schwieriger ist die Unterscheidung gegenüber noch nicht geschlossenen, wenig klaffenden Spaltenwurzeln und eben erst aufgerissenen Spalten. Hier dient im allgemeinen der ganze Verlauf des Risses an der Gletscheroberfläche sowie das Einfallen der Rißfläche als Kriterium. So ließen sich auch unterhalb von Gefällsknicken, wo die quer über den Gletscher ziehenden Scherflächen gelegentlich ziemlich steil gletscheraufwärts einfallen (vgl. S. 256), beide auseinander halten. Wie leicht aus der Entfernung eine Verwechslung möglich ist, habe ich oben am Beispiel des Waxeck-Kees gezeigt. Im allgemeinen werden die Scherflächen die Spalten schneiden und verwerfen. Es kann aber auch umgekehrt (vgl. Abb. 10 vom Mittelberg-Ferner) eine Spalte an einer Scherfläche bajonettförmig ausgelenkt werden.

## 2. Scherbeträge, Überkragungen und Länge der Scherrisse

Gemessen wurden an dem Verwurf älterer Texturen Verschiebungsbeträge von wenigen Millimetern bis zu  $\frac{1}{2}$  m. In den seltensten Fällen erfolgt die Verschiebung senkrecht zu einer dieser natürlichen Messungsmarken, da ja im großen ganzen die Texturen wenigstens annähernd den gleichen Verlauf zeigen wie die Scherflächen. Es werden also die beobachteten Werte meist nur Minimalzahlen darstellen. Bessere Werte ergeben die Überkragungen, die am Guslar-Ferner bis  $\frac{1}{2}$  m, an der Stirn des Gepatsch-Gletschers  $\frac{1}{2}$  bis  $1\frac{1}{2}$  m betragen, was mit meinen bisherigen Feststellungen übereinstimmt<sup>39)</sup>.

Die Länge eines einzelnen durchlaufenden Scherrisses wurde mehrfach gemessen: am Sexegerten-Ferner wurden 180 m, am Forno-Gletscher mehrere 100 m, am Tschirva-Gletscher za. 500 m, über die ganze Breite

<sup>37)</sup> PHILIPP, 1928, S. 71 rechts.

<sup>38)</sup> Vgl. hierzu auch die WEGENERSche Ansicht u. unten S. 267.

<sup>39)</sup> PHILIPP, 1920, S. 455, und 1928, S. 74 rechts.

des Gletschers hinweg, am Morteratsch-Gletscher randlich in der Hauptmobilitätszone der Westseite 400—450 m, sowie ebenfalls in der Mitte über die ganze Breite des Gletschers hinweg und am Gepatsch-Gletscher von R. LEUTELT an einigen Hauptscherflächen sogar rund 2 km Länge gemessen. Diese Werte beziehen sich, wie gesagt, nur auf Einzelbeobachtungen an je ein und derselben Scherfläche. Ich habe früher<sup>40)</sup> beschrieben, wie die Scherflächen, ähnlich wie die Verwerfungen im festen Gestein, in der Regel nicht glatt auf ganz große Entfernungen hin durchlaufen, sondern sich gegenseitig ablösen, indem dicht neben einer ausklingenden Scherfläche eine andere aufreißt, die ihre Funktion übernimmt. Nur ausnahmsweise und bei sehr gleichförmiger Gestaltung des Gletscherbettes wird sich ein und dieselbe Scherfläche auf wirklich große Entfernung hin durchverfolgen lassen (»Haupt-« oder »Großgleitfläche« WEGENER's vgl. u. S. 267).

### 3. Anordnung der Scherflächen und ihre Bedeutung für den Gesamtmechanismus

Wie schon eingangs erwähnt, stehen sich die Meinungen über den Gesamtverlauf und die Bedeutung der Scherflächen immer noch ziemlich schroff gegenüber. Gegen den Einwand, daß das Auftreten der Scherbewegung räumlich auf die äußersten Randgebiete beschränkt sei, habe ich mich auf Grund des damals vorliegenden Tatsachenmaterials schon 1928<sup>41)</sup> mit aller Schärfe gewandt. Gegenüber der Wiederholung dieses Einwandes kann ich nunmehr auf das Gesamtergebnis von rund 20 alpinen Gletschern, abgesehen von den von anderer Seite publizierten Untersuchungen, hinweisen. Während meine früheren Beobachtungen sich auf Spitzbergen und auf westalpine Gletscher bezogen, habe ich diesmal absichtlich für meine Untersuchungen das Gebiet der Ostalpen gewählt und hierbei auch die speziell von FINSTERWALDER und von HESS untersuchten Gletscher berücksichtigt. Warum die Scherflächen so oft übersehen wurden, habe ich bereits aufgezeigt. Wenn aber auch ihre Erkennung oft nicht ganz einfach ist, so kann doch ihr Vorhandensein durch den ganzen Verlauf eines Gletschers hindurch und ihre gesetzmäßige Anordnung nicht mehr in Frage gestellt werden. Sie sind naturgemäß gebunden an die Zonen wechselnder Geschwindigkeit; demnach sind sie keineswegs auf die Uferränder beschränkt, sondern erstrecken sich bei einem einfach gebauten Gletscher auf eine breite randliche beziehungsweise basale Zone. Nur in der Zone

<sup>40)</sup> PHILIPP, 1928, S. 71 l.

<sup>41)</sup> PHILIPP, 1928 S. 73 u. 74.

annähernd gleicher Geschwindigkeit, d. h. in den mittleren Rückenteilen des Gletschers werden sie fehlen bzw. dort, wo das Eis entweder immobil ist (Toteis) oder frontal gelegentlich »en bloc« vorwärtsgeschoben wird. Dort, wo die Ablationsfläche den Halbzylinder eines alpinen Gletschers schräg schneidet<sup>42)</sup>, also in der tieferen Gletscherzunge, werden sie diese normalerweise ganz beherrschen. Ihr Verlauf im einzelnen muß etwa dem Verlauf der Linien gleicher Geschwindigkeit entsprechen<sup>43)</sup>.

Dabei ist die Konstanz in den Abständen der einzelnen Scherflächen so auffallend, daß sie als gesetzmäßig bezeichnet werden muß. Im Durchschnitt schwanken ihre Vertikalabstände zwischen  $\frac{1}{2}$ —2 m. In den Randgebieten bzw. in den Zonen gesteigerter Mobilität gehen die Abstände bis auf  $\frac{1}{4}$  m und wohl auch weniger herunter, um andererseits gegen die Mitte zu auf über 2 und 3 m zu steigen. Abweichungen sind, wie schon erwähnt, durch Zonen geringerer Mobilität bzw. durch abgestorbene Eispartien bedingt, wie ich sie mehrfach im Zungengebiet randlich und frontal feststellen konnte. Man darf nicht übersehen, daß dort, wo die Scherflächen flach liegen und der Ablationswinkel des Gletschers gering ist, die Abstände in der Gletschermitte scheinbar größer werden, so daß oberflächlich gelegentlich horizontale Abstände von 5 m und mehr gemessen werden. Wie weit gegen die Mitte hin Scherflächen vereinzelt und mit größeren als den oben angegebenen Vertikalabständen auftreten, kann ich vorläufig nicht mit Sicherheit angeben.

Die Gesamtanordnung ist normalerweise stets trogförmig, das zungenförmige Ausstreichen auf der Gletscheroberfläche durch den Ablationswinkel bedingt, wie ich dies früher eingehend dargelegt habe. Abweichungen sind durch die besondere Gestaltung oder durch die Konfluenz der Teilzuflüsse bedingt<sup>44)</sup>.

Die Abhängigkeit von den Gefällsunterschieden des Untergrundes macht sich in der Stellung der Scherflächen im Längsprofil geltend und bedarf noch eines besonderen Eingehens. Treten Gefällsknicke auf, so wirken diese auf den Verlauf der Scherflächen ein. Am einfachsten liegen die Verhältnisse am Fuß von Gefällsbrüchen. Die Beobachtungen am Morteratsch-Gletscher unterhalb des Pers-Falles, am Tschirva-, Mittelberg-, Horn- und Waxeck-Gletscher zeigen einwandfrei,

<sup>42)</sup> Vgl. das Schema bei PHILIPP, 1920, S. 456 u. 455 oder in W. SALOMON, Grundzüge der Geologie I S. 616.

<sup>43)</sup> Vgl. das von HESS und BLÜMCKE aufgestellte Beispiel vom Hintereiserner bei HESS, Die Gletscher S. 136 und PHILIPP in SALOMON, Grundzüge der Geologie S. 611.

<sup>44)</sup> PHILIPP, 1928.

wie, mit der Annäherung an den Gefällsbruch von unten her, die Scherflächen sich allmählich steiler gletscheraufwärts richten. Hier wirken die gletscherabwärts gelegenen Eismassen stauend als Widerlager gegenüber dem schneller bewegten Eis des Steilabstieges, und demzufolge muß das letztere schräg aufwärts ausweichen. Die Scherflächen steigen dann also schräg gegen außen an, ähnlich wie vor einem Fels oder Moränenhindernis. Wie sich dieses Ansteigen der Scherflächen auch noch in den Ablagerungen der Innenmoräne im Bereich der stauenden Endmoräne erkennen läßt, ist u. a. von K. RICHTER und neuerdings von TH. BRENNER und V. TANNER<sup>45)</sup> beschrieben worden. Das rückwärtige Einfallen unterhalb von Gletscherbrüchen ist überdies seit langem bekannt und kommt schon in den älteren schematischen Zeichnungen von FORBES<sup>46)</sup> zum Ausdruck, doch wurde es in der Folgezeit vielfach verallgemeinert und daraus der generelle Schluß einer »löffelförmigen« Anordnung, namentlich der Textur gezogen<sup>47)</sup>.

Anders liegen die Verhältnisse im oberen Teil des Gefällsbruches. Hier besteht offenbar die Tendenz, die alte bruchaufwärts gelegene Richtung bis zu einer wenn auch wahrscheinlich nur geringen Entfernung beizubehalten, was zu einem Nebeneinanderbestehen bzw. wohl vikariierenden Auftreten zweier Schersysteme führen kann (vgl. oben, Morteratschgletscher, S. 236). Bei steilerem Gefällsbruch tritt direkt eine Überschiebung über das in den toten Winkel geratene immobile Eis ein, worauf AMPFERER bereits vor langer Zeit aufmerksam gemacht hat (diese Ztschft., IX, S. 270—276), bzw. im extremsten Falle eine Abscherung von Seraks (vgl. oben S. 249 und 1928 S. 9) und schließlich vollständige Diskontinuität (Hängegletscher).

#### 4. Zonen gesteigerter Mobilität

Bei mehreren der untersuchten Gletscher zeigten sich bestimmte Zonen, die einen abgestorbenen Eindruck machten, deren Eis oberflächlich grau erschien und in denen auch die Scherflächen an Zahl stark zurücktraten. Meist handelt es sich dabei um basale Sockelzonen, sowie um abgequetschte, von ihrem natürlichen Zufluß unterbundene Randpartien (vgl. PHILIPP, 1928). Im Gegensatz hierzu trugen andere Zonen die deutlichen

<sup>45)</sup> K. RICHTER, Studien über fossile Gletscherstruktur. Z. f. Glkde. 17, 1929, S. 33—46. TH. BRENNER und V. TANNER, Södra Salpausselkäs Byggnad i Järnvägsskärnigen för Lahti-Heinola-Banan. Fennia 52, 1930, Nr. 9.

<sup>46)</sup> Vgl. oben S. 237. Vgl. hierzu auch das Ansteigen der »Schichtgrenzen« in der soeben veröffentlichten Arbeit von HESS. Z. f. Glkde. Bd. 19, 1931, Fig. 6, S. 243.

<sup>47)</sup> PHILIPP, 1920, S. 479.

Merkmale einer gesteigerten Bewegungsintensität: größere Anzahl von Scherflächen, deutliche Überkragungen, außerdem helleres Eis von frischem Aussehen. Die Grenze zweier Zonen verschiedener Mobilität kann ziemlich scharf sein und tritt schon auf den Bildern (vgl. Abb. 7, 17, 19, 25) scharf hervor. Oft ist sie durch ein oder mehrere besonders scharf ausgeprägte Scherflächen und Überkragungen ausgezeichnet. Außerdem ist mit dem Übergang von einer Zone geringerer zu einer solchen höherer Mobilität häufig auch ein steileres Ansteigen der Gletscheroberfläche verbunden. Am Morteratsch dürfte die Mächtigkeit der basalen Zone geringerer Mobilität za. 40 m betragen. Am Tschirva-, Rosegg-, Vernagt-, Hintereis-, Schwarzenstein- und Horn-Gletscher treten solche basalen Zonen gleichfalls deutlich hervor. Derartige Zonen geringerer Mobilität sind aber, wie es den Anschein hat, nicht an die basalen und randlichen Teile des Gletschers gebunden, sondern, wie am Beispiel des Guslar-Ferners ersichtlich, können offenbar mehrere Zonen schwächerer und gesteigerter Mobilität hinter- bzw. übereinander auftreten, jeweils durch die vorerwähnten Merkmale kenntlich. Es entsprächen dann im Längsverlauf eines Gletschers jeweils die Schwellungszonen den Zonen stärkerer Mobilität, zwischen denen solche geringerer sich einschalten. Auf diese Weise schieben sich, wie ich dies auch bereits früher<sup>48)</sup> vom Unteraar-Gletscher angedeutet habe, Eiszonen übereinander hinweg, die sehr verschiedenen Alters und auch bezüglich ihres Gehaltes an Innenmoränen sehr verschieden sein können; älteres Eis kann von wesentlich jüngerem überholt werden. Dies hat seine besondere Bedeutung bezüglich der mehrfach im Gletscherlängsprofil beobachteten Schwellungen ebenso für gewisse Formen der Ogiven s. str.<sup>49)</sup>.

Auf die Anordnung der Scherflächen je nach dem Stromwurf wurde bei der Besprechung des Gepatsch-Ferners und des Horn-Kees hingewiesen. Die Abhängigkeit ergibt sich aus der Zahl der Scherflächen und aus der Deutlichkeit, mit der sie jeweils auf der Stoßseite hervortreten.

Für eine »en bloc«-Bewegung frontaler Zungenstücke im Sinne MERCANTON'S<sup>49)</sup> konnte am Guslarferner ein weiteres Beispiel wahrscheinlich gemacht werden.

Beziehen sich die vorstehenden Ausführungen auf den Wechsel von Mobilitätszonen in der Längsrichtung, so konnte ich bereits früher<sup>50)</sup> am Beispiel des Aletschgletschers darauf hinweisen, daß auch in der Horizon-

<sup>48)</sup> Vgl. PHILIPP, 1928, S. 11 links und Anmerk. 19.

<sup>49)</sup> Vgl. PHILIPP, 1928, S. 72 r.

<sup>50)</sup> 1928, S. 10.

talen ein Unterschied in den Bewegungsgeschwindigkeiten benachbarter Gletscherstreifen sich bemerkbar machen kann, wenn diese von verschieden stark bewegten Zuflüssen stammen; mit anderen Worten, daß sich erst allmählich, trotz bereits vorhandener morphologischer Vereinigung, eine Anpassung in der gegenseitigen Bewegungsintensität und damit auch die Herausbildung eines gemeinsamen Scherflächensystems vollzieht. Andererseits gibt die Verfolgung des Scherflächensystems an der Gletscheroberfläche ein bequemes Mittel an die Hand festzustellen, von welchem Punkt an sich die innere Verschweißung tatsächlich vollzogen hat. So ließ sich am Morteratsch feststellen, daß im oberen Zungenteil noch Bewegungsdifferenzen zwischen den beiden Hauptästen bestehen, daß aber in den tieferen Teilen ein gemeinsames unter der Mittelmoräne hindurchstreichendes Schersystem vorhanden ist. Sehr gut prägt sich die Einheitlichkeit des Bewegungsbildes im Verlauf der die Mittelmoräne schneidenden Scherflächen in der Zunge des Tschirvagletschers aus.

#### 5. Die Beziehungen zur Firnschichtung

Noch einmal sei auch hier auf die Frage des Zusammenhanges der »Struktur« mit der Firnschichtung kurz eingegangen, da HESS trotz aller Einwände daran festhält<sup>51</sup>), »daß und wie sich die aus der Firnschichtung stammende »Struktur« des Gletschereises bis an dessen Ende erhält«. Bereits früher habe ich mich in Übereinstimmung mit AXEL HAMBERG ganz entschieden gegen diese Möglichkeit ausgesprochen und verweise auf meine damaligen Ausführungen<sup>52</sup>). Auch in den vorstehenden Einzelbeobachtungen habe ich darauf hingewiesen, z. B. beim Morteratsch-, Tschirva-, Taschach-, Mittelberg- und Gepatschgletscher, daß es unmöglich ist, hier einen Zusammenhang beider Erscheinungen zu konstruieren. Die einzige

<sup>51</sup>) a. a. O., 1931, S. 244 u. Fig. 8 S. 245.

<sup>52</sup>) 1920, S. 490 ff. Während der Korrektur erhalte ich soeben die neueste Abhandlung von AXEL HAMBERG über »Struktur und Bewegungsvorgänge im Gletschereise« (Naturw. Unters. d. Sarekgebirges, Bd. I Abt. III S. 69–129), worin der Verf. unsere gegenseitige Übereinstimmung bezüglich der Unabhängigkeit der »Struktur« von der Firnschichtung hervorhebt und von neuem (S. 82) betont: »Wenn auch einige Forscher noch den sedimentären Ursprung der Parallelstruktur aufrecht zu erhalten versuchen, dürfte dies nunmehr doch als eine vergebliche Mühe anzusehen sein«. Leider kann ich zu den übrigen Darlegungen des verehrten Forschers über die »Unwahrscheinlichkeit der Bildung von Abscherrissen« hier nicht mehr im einzelnen Stellung nehmen, nur darauf sei kurz verwiesen, daß, entgegen der HAMBERG'schen Auffassung (S. 85), daß die Scherflächen »nur in den untersten Teilen der Zunge auftreten«, gerade in der vorliegenden Abhandlung der Nachweis ihres Auftretens durch den ganzen Gletscher hindurch von der äußersten Zunge bis in das Sammelgebiet erbracht wird.



Möglichkeit, die ich zugebe, ist, daß in den höchsten Firnfeldschichten die eingeschalteten Harschflächen gelegentlich auch zu Gleitflächen werden können. Im allgemeinen aber gilt nach meinen Erfahrungen, daß die echte Schichtung im Firn durch den mit der »Vereisung« verbundenen Umkristallisationsprozeß außerordentlich schnell verschwindet. Daher treten auch bereits im Firngebiet die die Firnschichten schneidenden Scherflächen auf. Am klarsten ließen sich diese Beziehungen an den ausgeaperten Firnspalten in der Hochregion des Waxeckkees (vgl. S. 256) erkennen. Hier verlor sich die Firnschichtung schnell nach der Tiefe und machte im liegenden Eis einer Blaufaserung Platz, und das gleiche wurde im Firnfeld des Gepatschferners beobachtet. Wichtiger ist die andere gleichfalls vom Waxeck stammende Beobachtung, daß die randlichen steilen Scherflächen den dort horizontal geschichteten Firn durchsetzen, ihn in Streifen zerlegen und gleichzeitig die Schichtung zerreißen, schleppen und einfallen. Es wird also die Schichtung sehr schnell schon in der Firnregion zerstört und wird ersetzt durch die neu sich entwickelnde Textur.

Über die Beziehungen der Spalten zur Bewegung des Gletschers hat vor kurzem CLOOS<sup>50)</sup> einige Beobachtungen gemacht und daraus Schlüsse für den Bewegungsmechanismus gezogen. Ich gehe an dieser Stelle nicht näher darauf ein, möchte aber doch bemerken, daß, an sich, die Spalten überhaupt nichts mit dem eigentlichen Bewegungsmechanismus zu tun haben, sondern nur »akzessorische«, durch besondere Verhältnisse des Untergrundes bedingte Begleiterscheinungen der Gletscherbewegung sind. Welche engen Beziehungen im übrigen zwischen den Bewegungsgesetzen des Gletschereises und denjenigen magmatischer sowie anderer hochviskoser Massen bestehen, habe ich bereits vor längerer Zeit auseinandergesetzt (vgl. Anmerk. 1 S. 233). Neuere auf einem größeren Beobachtungsmaterial an rezenten Laven sich stützende Ausführungen erfolgen an anderer Stelle.

---

Nicht ohne tiefe Bewegung möchte ich an dieser Stelle der letzten abschließenden Veröffentlichung ALFRED WEGENER's über seine gemeinsam mit J. P. KOCH durchgeführte Untersuchung in Nordostgrönland gedenken<sup>53)</sup>. Die Frage der Priorität in der Erklärung des Bewegungsphänomens noch einmal aufzuwerfen<sup>54)</sup>, verbietet sich angesichts des Ablebens beider Forscher, namentlich des tragischen Forschertodes ALFRED

---

<sup>50)</sup> J. P. KOCH und A. WEGENER, Wissenschaftl. Ergebnisse d. dänischen Exped. nach Dronning Louises-Land usw. Abt. I. Meddelelser om Groenland LXXV. Kopenhagen 1930.

<sup>54)</sup> Vgl. PHILIPP, 1920, S. 508 u. 520. KOCH und WEGENER a. a. O. S. 286.

WEGENER's von selbst. Wichtiger als die Klärung von Prioritätsfragen ist, daß sich unsere Beobachtungen decken. In der Deutung der Erscheinung schließt sich WEGENER weitgehend meinen Auffassungen an<sup>55)</sup>. In zahlreichen Fällen haben beide Forscher am Storström die Bildung von Bewegungsrisen und die Entstehung der Blaublätter (Textur) nachweisen können. Ständig hörten sie bei ihrem langen Aufenthalt auf dem Eise das Krachen und Knistern der aufreißenden Scherflächen und bekamen bereits daraus<sup>56)</sup> »den unmittelbaren Eindruck, daß mindestens ein Teil der Gletscherbewegung unstetig, nämlich durch Summation solcher Stöße vor sich geht«. Ältere und jüngere Texturen wurden beobachtet und Verschiebungsbeträge der ersteren an den letzteren bis 1 m festgestellt. Eine Entstehung der Bänderung aber aus einer Firnschichtung wird hierdurch ausgeschlossen und »kommt schon aus dem Grunde nicht in Betracht, weil . . . der Firn des Inlandeises überhaupt keine Schichtung zeigt«<sup>57)</sup>. Auch darin folgt WEGENER meiner Annahme, daß er das einzelne Blaublatt dadurch erklärt, daß »durch die Reibung während der Verschiebung wahrscheinlich eine momentane Verflüssigung durch die Reibungswärme eintritt, die zur Austreibung der Blasen führt, worauf dann durch Wärmeabgabe an die kalten Nachbarschichten durch Leitung ein Zusammenfrieren eintritt«<sup>58)</sup>. Die besondere Dicke mehrerer Blaublätter bis zu 1,5 m wird durch die Annahme von gewissen »Haupt- oder Großgleitflächen« erklärt, dem ich durchaus zustimmen möchte, allerdings unter Betonung (vgl. oben S. 259), daß wohl auch die besonderen Temperaturverhältnisse mitspielen. Daß an solchen Hauptscherflächen gelegentlich, und zwar bei längerer Funktion ein und derselben Scherflächen Verschiebungen von größtem Ausmaß vorkommen, WEGENER spricht von »vielleicht viele Kilometer«, halte ich, wenn auch vielleicht nicht ganz in diesem Ausmaße, wohl für möglich, zumal es ja dem entsprechen würde, was ich oben S. 261 ausführte. Der Hinweis<sup>59)</sup>, daß die Scherflächen nicht immer nur dem Verlauf des Bodens parallel laufen, da sie sonst schwerlich Material aus den tieferen mit Moräne beladenen Teilen des Gletschers bis gegen die Oberfläche mitgeschleppt haben könnten, würde durchaus im Einklang stehen mit dem, was wir oben über das Verhalten von Scherflächen unterhalb eines Gefällsbruches oder vor einem Hindernis ausgeführt haben: Infolge des Staus davorliegender unbeweglicher oder langsamer sich bewegender

---

<sup>55)</sup> a. a. O. S. 286 u. 289.

<sup>56)</sup> a. a. O. S. 253.

<sup>57)</sup> a. a. O. S. 278.

<sup>58)</sup> a. a. O. S. 288.

<sup>59)</sup> a. a. O. S. 289.

Massen muß sich, aber nur lokal begrenzt, ein System  $\pm$  steil ansteigender Scherflächen entwickeln, die nunmehr auch Material der tiefer gelegenen Innenmoräne bzw. selbst vom Grunde des Gletschers mit heraufführen können. Als Stau wird aber gelegentlich auch die kompakte Masse eines Hauptstromes gegenüber seinen Seitengletschern wirken können. Bezüglich aber des Anteils der Laminarbewegung gegenüber der stetigen fließenden Deformation (»Fluidität«) kommt WEGENER ebenfalls zu dem Schluß, daß der Anteil der letzteren nur ein sehr geringer sein kann; trotz einiger Stellen mit ausgesprochener Faltung, wie sie ja nicht nur aus Grönland und Spitzbergen, sondern in kleinerem Maße (vgl. oben) auch aus den Alpen bekannt sind, schätzt WEGENER auf Grund seiner Beobachtungen und nach eingehender Diskussion der Temperaturmessungen den Anteil der »Fluidität« gegenüber der Laminarbewegung beim Storström nur auf » $\frac{1}{100}$  bis  $\frac{1}{1000}$  der Gesamtbewegung«<sup>60)</sup>.

Zusammenfassend ergibt sich aus den vorliegenden Ausführungen, daß auch die Beobachtungen an ostalpinen Gletschern zu den gleichen Schlüssen bezüglich des Bewegungsmechanismus führten wie die früheren Beobachtungen in Spitzbergen, in den Westalpen und a. O. Noch steht ein Teil der Gletscherforscher auf Grund theoretischer Erwägungen auf einem anderen Standpunkt, ich möchte aber doch glauben, daß bei einem so umfangreichen und stets sich in den Resultaten gleichbleibenden Beobachtungsmaterial wie dem bisher schon vorliegenden, das sich nunmehr bereits auf rd. 50 Gletscher arktischer und gemäßigter Zonen erstreckt, die Theorie sich der Beobachtung anpassen muß und nicht umgekehrt die Theorie die Beobachtungstatsachen ablehnen darf. Es wäre wohl jetzt an der Zeit, das Problem gemeinsam anzufassen und an Stelle einer unfruchtbaren Polemik zu versuchen, am Objekt selbst die bestehenden Widersprüche und noch ungeklärten Punkte einer Lösung zuzuführen. Es müßte meines Erachtens noch einmal versucht werden, durch exakte Messungen die Größe der Differentialverschiebung festzustellen, wie ich dies s. Zt. schon am Unteraargletscher begonnen habe. Die Methode müßte verbessert werden; vielleicht ließe sich ein photographisches Zeitraffverfahren anwenden. Auch müßten genügend Mittel bereitstehen, um die Messungen und Beobachtungen auf längere Zeit hin auszudehnen, vor allem auch die verschiedenen Jahreszeiten bzw. Durchfrostungsperioden in die Beobachtung einzubeziehen. Sollte es, trotz der Not der Zeit, nicht dennoch möglich sein, für diese gemeinsam und vielleicht auch international aufzufassende Aufgabe die Mittel von berufener Seite freizumachen?

<sup>60)</sup> a. a. O. S. 239 ff. u. 287.

**Die geologische Erforschung Thüringens in älterer Zeit**

von Professor **Dr. B. von Freyberg**. Mit 1 Tabelle und 8 Bildnis-Tafeln.  
(XI u. 180 S.) 1932 Gebunden 7.50

*Die Geschichte der ältesten geologischen Forschung in Thüringen ist zum großen Teil Geschichte der geologischen Forschung überhaupt. Männer wie Lehmann, Füchsel, Voigt, Heim, v. Hoff, Walch, v. Schlotheim waren richtunggebend für die Entwicklung der Geologie und Paläontologie, und die Lagerstättenforschung nahm im sächsisch-thüringischen Bezirk ihren Ausgang. Die vorliegende Schrift schildert die Entwicklung der Problemstellungen der Paläontologie und Stratigraphie, der Tektonik und anderer Probleme der allgemeinen Geologie, der Morphologie und Lagerstättenkunde, und führt gleichzeitig in den geologischen Bau Thüringens ein. Eine umfassende Bibliographie der älteren geologischen Literatur über Thüringen (bis 1843, 592 Nummern) dient zur Vervollständigung. Die Schrift ist ebenso für den Geologen und Bergmann bestimmt wie für den Heimatforscher und Lehrer.*

**Monographien zur Geologie und Paläontologie**, herausgegeben

von Professor **Dr. W. Soergel**

In Kürze erscheint:

Serie I Heft 4: **Die fossile Reptilordnung Saurischia, ihre Entwicklung und Geschichte** von Prof. **Dr. Freiherr v. Huene**. Mit 46 Textabb. u. 56 Taf. (360 S.) 1932 Geheftet etwa 300.—

*Das Werk führt zum erstenmal den vollen Bestand aller Saurischia aus Trias, Jura und Kreide, etwa 230 Arten, mit allem einschlägigen Material vor. Die Tafeln illustrieren hauptsächlich neue Funde. Besonderer Nachdruck ist auf die Stammesgeschichte, Abstammung und Verzweigung der ganzen Ordnung gelegt. Dementsprechend wird auch die Systematik eingehend begründet.*

**Tektonik und Verformungslehre** von Professor **Dr. Walter Schmidt**.

Mit 49 Abbildungen. (VII u. 208 S.) 1932 Gebunden 18.—

*Ausgehend von den Gesetzen der Beanspruchung und der infinitesimal kleinen Verformung stellt das Buch dar, was sich über geologische Verformungen aussagen läßt, also über Verformungen, die das Ausmaß des infinitesimal Kleinen weit übersteigen. Die Besprechung der Verformung zusammengesetzter Körper läßt insbesondere auch die Bedeutung des elastischen Anteils der Verformung erkennen. Den Folgerungen für Tektonik und Gefügelehre sind besondere Kapitel gewidmet.*