

Werk

Titel: Vorträge und Abhandlungen

Ort: Berlin

Jahr: 1908

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?391365657_1908 | LOG_0046

Kontakt/Contact

[Digizeitschriften e.V.](#)
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Vorträge und Abhandlungen.

Die Ostafrikanische Expedition der Otto Winter-Stiftung.*

Mitteilungen über eine Forschungsreise.

Von Prof. Dr. C. Uhlig in Berlin.

I. Entstehung der Expedition. Beteiligung. Am Kilimandjaro.

Als ich im November 1903 vor der Gesellschaft für Erdkunde über eine Reise zum Kilimandjaro und Meru berichtete¹⁾, wies ich zum Schluß darauf hin, daß westwärts von diesen Bergen wichtige geographische Aufgaben der Untersuchung harren. Aus dem Gebiet, das man meist als zugehörig zu dem des Großen Ostafrikanischen Grabens bezeichnet hatte, war mancherlei Interessantes berichtet worden. Einiges wenige schien eingehend und überzeugend, das Meiste auf eiliger Reise flüchtig erhascht. Jedenfalls aber hatte niemand bisher den südlich von 2° s. Br. gelegenen Teil des sogenannten Grabens auch nur annähernd in der Weise durchforscht, wie dies für die Gebiete nordwärts von dieser Breite Graf Samuel Teleki und L. R. von Höhnel auf ihrer so erfolgreichen Expedition 1887—88 und wie es noch intensiver für einen kleineren Teil desselben Gebietes J. W. Gregory 1892—93 getan hatte. Aus manchen Angaben schien hervorzugehen, daß der Aufbau des südlichen, deutschen Teiles grundverschieden von dem des nördlichen sei. So beschloß ich, mit einem zweiten Besuch des Kilimandjaro und Meru womöglich eine Bereisung der Gegend zwischen dem Nordende des Natron-Sees und dem Südende des

*) Vortrag, gehalten in der Allgemeinen Sitzung vom 2. Februar 1907. — Nach dem Zeitpunkt ihres Erscheinens ist dies die III. Veröffentlichung der genannten Expedition. Die I. erschien in Hettners Geographischer Zeitschrift 1906 S. 241 ff.: F. Jaeger, Der Meru, die II. ebenda 1907, S. 478 ff.: Uhlig, Der sogenannte Große Ostafrikanische Graben.

¹⁾ Diese Zeitschrift, 1904, S. 627—650, 692—718.

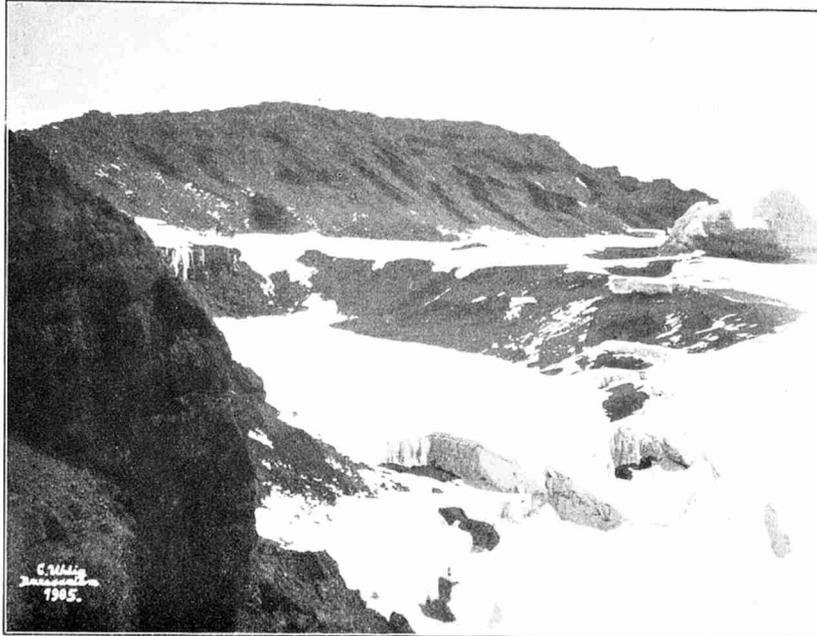
Manyara-Sees, wie sie meist auf den Karten bezeichnet wurden, zu verbinden.

Meine hauptsächlichste amtliche Aufgabe in Deutsch-Ostafrika war die Leitung des meteorologischen Dienstes, zu der auch die Besichtigung und Neueinrichtung der Wetterstationen gehörte, soweit dies bei der großen räumlichen Ausdehnung des Netzes möglich war. In dem Gebiet zwischen Meru und Victoria-See haben wir, abgesehen von einer Stelle, an der Regen gemessen wurde, vorläufig noch keine meteorologischen Stationen und werden sie leider auch nicht so bald bekommen. So fehlte es denn an Gelegenheit und an den erforderlichen Mitteln, mich in der Gegend jener Seen umzusehen. Da half mir mein alter Freund Otto Winter aus Heidelberg, der Inhaber des bekannten Verlages. Er stellte im August 1903 eine erhebliche Geldsumme zur Verfügung, lediglich unter der Bedingung, daß die Kolonial-Abteilung mir gestattete, im Anschluß an eine meteorologische Dienstreise nach den Stationen Usambaras und des Kilimandjaro einige Monate der geographischen Erforschung des deutschen Anteils am sogenannten Großen Graben zu widmen. Die Kolonial-Abteilung nahm dies hochherzige Anerbieten an. Ich habe deshalb das Unternehmen Ostafrikanische Expedition der Otto Winter-Stiftung genannt.

Vor meiner Wiederausreise nach Deutsch-Ostafrika um die Jahreswende 1903/4 gewann ich Dr. Fritz Jaeger zur wissenschaftlichen Mitarbeit auch auf der Reise. Nach einer Vorbereitungszeit traf er Ende Juni 1904 in Daressalam ein. Der Bezirksamtmann Reg.-Rat Th. Gunzert schloß sich ebenfalls der Expedition für deren erste Hälfte an. Ich habe die Wahl dieser beiden keinen Augenblick zu bereuen gehabt. So gute Gefährten werde ich schwerlich wieder zusammenbekommen. Ganz aus der Erinnerung kam uns der vorsichtig abgefaßte Reisekontrakt, eine Einrichtung, die ich übrigens jeder aus mehreren Europäern bestehenden Expedition im Interesse einer einheitlichen Verfolgung der gesteckten Ziele dringend empfehlen muß. Zu den Kosten der Expedition haben wir drei Teilnehmer nicht unerheblich beigesteuert¹⁾.

Von Ende Juni an waren wir in Daressalam mit den letzten Reisevorbereitungen und dem Abfertigen der Karawane beschäftigt.

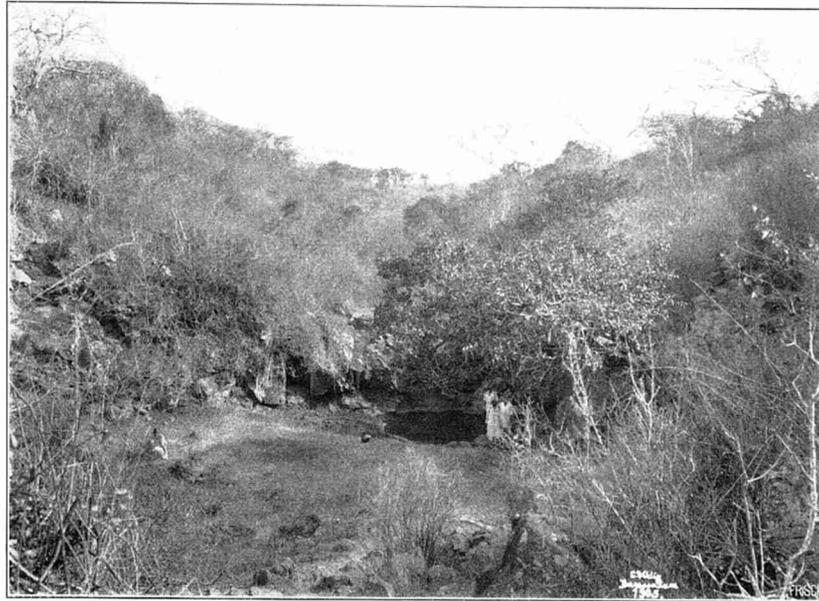
¹⁾ Die Gesamtkosten betragen rund 16000 M. Dabei war Jaeger $7\frac{1}{2}$, ich $5\frac{1}{2}$, Gunzert etwas über zwei Monate unterwegs. Allerdings fiel für Gunzert und mich die Reise von und nach Europa weg. Und den größten Teil der wissenschaftlichen Ausrüstung stellte das Gouvernement, insbesondere die Meteorologische Hauptstation leihweise zur Verfügung. Trotzdem bleibt der Betrag verhältnismäßig sehr niedrig.



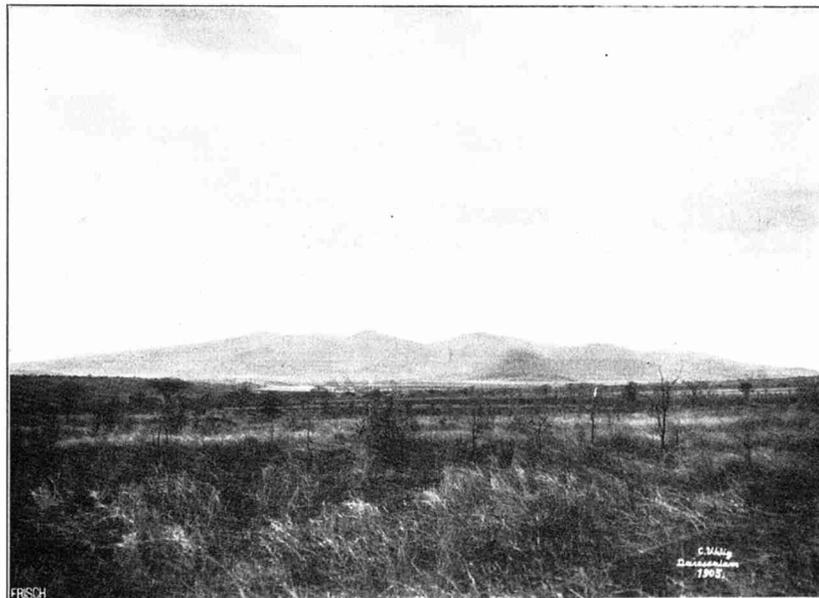
Abbild. 16. Südliche Innenwand des Kibo-Kraters mit Kaiser Wilhelm-Spitze.



Abbild. 17. Der Gletscher im Kibo-Krater.



Abbild. 18. Emugur (d. i. Wasserloch) Egegobae.



Abbild. 19. Das Essimangor-Gebirge von NW gesehen.

Träger waren in Tanga und dessen Hinterland damals wegen des Baus der Strecke Korogwe—Mombo der Usambara-Bahn ziemlich teuer. So rentierte es sich, unsere Lasten über Land von Daressalam nach Korogwe 12 Tage mit der Trägerkarawane vorzuschicken, statt sie am 8. Juni auf dem Dampfer von Daressalam nach Tanga, von da mit der Eisenbahn nach Korogwe zu befördern. Ein gelinder Hohn auf diese Segnungen der Kultur! Aber was nutzt auch ein Stück Eisenbahn von knapp 100 km Länge zur Erschließung Afrikas.

Am Fuß der Südwest-Ecke Usambaras in Maurui mußten wir unsere Karawane, obwohl sie nur gegen 160 Köpfe betrug, teilen, weil die Lebensmittel allenthalben knapp waren. Die größere Abteilung ging unter Führung einiger sehr tüchtiger Wasuaheli über Mombo an der Ostseite des Pare-Gebirges entlang. Wir drei schlugen mit möglichst kleinem Trofs den Weg am Pangani entlang bis zum Südende von Pare ein; von dort verfolgten wir die damals noch ziemlich neue und im nördlichen Teil noch nicht ganz aufgenommene West-Pare-Route. Der eben erwähnte Mangel an Cerealien für unsere Leute verfolgte uns auch während des größten Teiles unserer weiteren Expedition. Es herrschte nicht eigentlich Hungersnot — wenn auch die Eingeborenen fast überall sagten: viel Hunger —, aber doch war oft drückendster Mangel, der an vielen interessanten Stellen längeres Verweilen einfach unmöglich machte.

Von Moshi aus, wo unsere beiden Karawanen sich vereinigten, unternahm ich meine zweite Besteigung des Kibo, diesmal mit Gunzert und Jaeger. Ich schlug dieselbe Route ein, wie drei Jahre¹⁾ vorher. Einen kurzen brieflichen Bericht, den ich an Ferdinand Frhrn. v. Richthofen über diese zweite Besteigung schrieb, hat die Gesellschaft für Erdkunde bereits veröffentlicht²⁾. Für uns alle drei bedeutete der 2. August, in dessen Mittagsstunde wir den Kraterrand erreichten, eine schärfste Anspannung unserer Kräfte. Nur Jaeger litt unter einer Bergkrankheit, die sich mehrfach in Erbrechen äußerte. Um so mehr ist es anzuerkennen, daß er nicht zurückblieb. Eis und Firn im Krater waren zurückgegangen. Ein vergleichender Blick auf die Abbildungen 47 und 48 meiner früheren Mitteilung und auf Abbild. 16 und 17³⁾ zu diesem Aufsatz zeigt das deutlich. Die Veränderungen an den

1) Diese Zeitschrift, 1904, S. 628 ff.

2) Ebenda, 1904, S. 522—523. Siehe auch Jaegers Ergänzungen, ebenda, 1905, S. 215—217.

3) Diese Aufnahmen sind von einem etwa 10 m höheren Standpunkt aus aufgenommen als die früheren. Außerdem sind sie exakter, weil bei einspielerender Libelle aufgenommen.

größeren Eismassen sind allerdings merkwürdig gering. Wie weit der Rückgang von der Jahreszeit beeinflusst war, sei hier dahingestellt. Jedenfalls sind die beiden Feststellungen größerer Ausdehnung des Eises im Oktober, die einer Abnahme beidemale im August gemacht worden¹⁾. Das Klima der Antipassat-Regionen der Tropen ist noch so gut wie unbekannt, ebenso natürlich der Zusammenhang seiner Unregelmäßigkeiten mit denjenigen des Klimas der tiefer gelegenen Regionen. Eine meteorologische Station auf dem Sattel zwischen Kibo und Mawensi, also etwa 4500 m über dem Meere, deren Anlage weder sehr schwierig noch sehr kostspielig sein würde, dürfte ausgezeichnete wissenschaftliche Ergebnisse gerade auch in dieser Richtung zutage fördern.

In Moshi versah uns Hauptmann M. Merker, der Masai-Merker, dessen Gastfreundschaft und umsichtige Fürsorge ich schon auf meiner ersten Expedition hatte hochschätzen lernen, mit einem kleinen Begleitkommando schwarzer Askari. Auch erhielten eine Anzahl von Trägern Schufswaffen, so daß wir über etwa 20 Gewehre verfügten. Denn es gingen damals reichlich Gerüchte über geplante Einfälle der auf britischem Boden vereinigten Haupthorden der Masai. Und ebenso hatte man die Bergvölker, die Wadshagga, im Verdacht, daß sie einmal wieder einen Putsch vorbereiteten. Derselbe erwies sich auch einigen Stämmen gegenüber als durchaus begründet, wenn auch sein Ausbruch durch rechtzeitiges Eingreifen, insbesondere durch Waffenkonfiskationen, verhindert wurde.

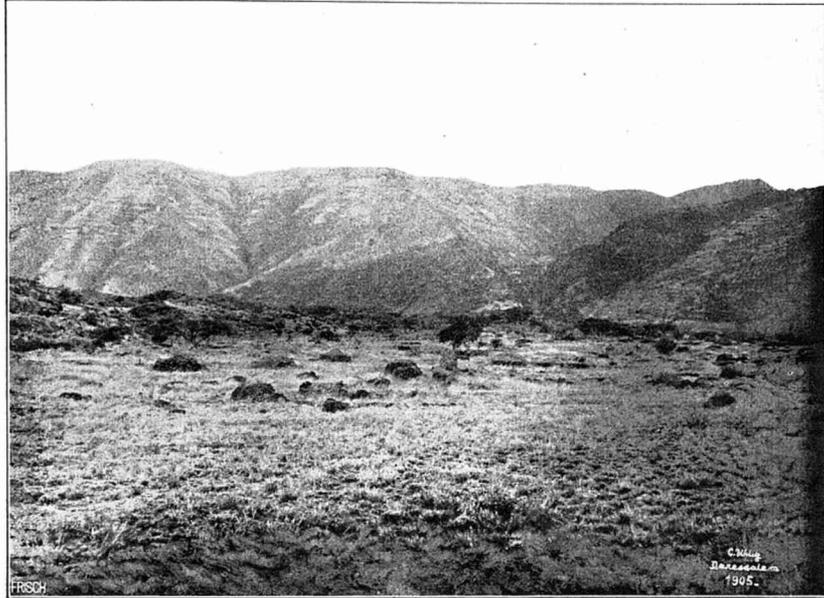
II. Die Vulkane zwischen Meru und Laua ya Mueri.

Von Moshi aus zogen wir in der zweiten Hälfte des August südwärts quer durch die Kilimandjaro-Steppe zum Steilanstieg nach der Masai-Steppe. Ich fand, daß die Spuren dieses Ostwest-Bruches, der die tieferliegende Scholle, aus der der Kilimandjaro entstieg, südwärts begrenzt, auch im Charakter des Gesteines der Mikinduni-Hügel, der derjenige einer Störungszone ist, zutage treten.

Von dort ging es nach Ober-Arusha (Arusha ju) am Meru-Berg mit seinem prachtvoll gelegenen und vorzüglich eingerichteten Fort. Der Chef des Postens, Oberleutnant Bock v. Wülffingen, nahm uns aufs freundlichste auf und war uns bei der Anlage eines Verpflegungsdepots behülflich.

Die Strecke westwärts von dem Meru und seinem nächsten west-

¹⁾ A. a. O., 1904, S. 523.



Abbild. 20. Die Ostafrikanische Bruchstufe bei Engaruka.
Im Vordergrund die Ruinen der ehemaligen Siedlung.



Abbild. 21. Auf dem Winter-Hochland.
Im Hintergrund die Grenze geschlossenen Waldes.

lichen Nachbar, dem Mondul-Meandet¹⁾, bis nach Umbugue oder Engaruka, ist die gröfsere Hälfte des Jahres eine gefürchtete Durststrecke. Nur weit ab von den Routen, die man wählen mufs, nach oben, nahe den Gipfeln einiger grofser Vulkane, soll es Quellen geben, die aber noch kein Europäer gesehen hat. Sonst ist man während der vier Tage auf ein paar Wasserlöcher angewiesen, gefüllt mit grünlich-braunem, aber trinkbarem Wasser, zu dem zahllose Tierfährten hinführen. Eines davon zeigt Abbildung 18, das Emugur (d. i. Wasserloch im Felsbecken) Egegobae. Es liegt zwei bis drei Tage westlich von Ober-Arusha, in die Laven des Kisongo-Plateaus eingebettet. Einen Teil des Jahres läfst sich auferdem durch Nachgraben auf der sandigen Sohle von Schluchten spärliches Wasser erlangen. War aber die vorhergehende Regenzeit unergibig oder stellt sich die folgende verspätet ein, so ist manchmal für mehrere Monate auf einer Strecke von 80 km auf der Nordwestroute, von 100 km auf der Südwestroute kein Wasser aufzutreiben.

Bei unserem Marsch nach Westen, Ende August, war noch Wasser genug zu ergraben, bei der Rückkehr zum Meru im Oktober mufsten wir dagegen den vierten Teil der Leute ausschliesslich zum Wassertragen verwenden. Die Blechkoffer, soweit sie noch dicht waren, wurden ausgeleert und mit Wasser gefüllt und von je zwei Leuten an einer Stange getragen. Auferdem leisteten eine gröfsere Zahl der sogenannten Petroleumtins, blecherne, etwa 15 Liter fassende Behälter, in denen dies Produkt aus Amerika nach Ostafrika eingeführt wird, vorzügliche Dienste.

Die vom Meru nordwestlich nach Engaruka führende Route war etwa vor dreiviertel Jahren zum erstenmal von Europäern, Angehörigen der Schutztruppe, begangen worden. Sie war noch nicht aufgenommen; und schon der Blick von einer der vielen Ruinen parasitärer Krater am Meru zeigte uns, wie ganz und gar anders das Land aussah, als wir nach Karten und Beschreibungen angenommen hatten.

Westwärts vom Meru liegen zwei fast miteinander verschmolzene jungvulkanische Berggruppen, mehr östlich der Meandet, mehr westlich der Mondul. Eine Untersuchung des Meandet lag nicht in unserem derzeitigen Programm. Wir konnten die mächtigen Lavaströme, die von seiner bewaldeten und oft in Wolken gehüllten Gipfelregion sich nach Osten und Norden herabziehen, gut verfolgen. Nirgends konnten wir

¹⁾ Vgl. meine Karte: Der Grofse Ostafrikanische Graben und die Ostafrikanische Bruchstufe in 1:1 000 000 in den „Verhandlungen des XVI. Deutschen Geographentages zu Nürnberg“ 1907 oder dieselbe in Hettners „Geographischer Zeitschrift“ 1907, IX. Heft.

in den Schluchten, die von ihm herkommen, unter dem höchst verschiedenartigen Geröll auch nur eine Spur anderen als jungvulkanischen Materials finden.

Der Mondul überragt den Meandet. Auf ihn habe ich drei Monate später von Arusha aus Jaeger hinaufgeschickt, während ich das Land am Süd-Meru trigonometrisch aufnahm. Er hat an dem Mondul nur junge Laven, meist von einer starken Verwitterungsschicht bedeckt, beobachtet und meine bei der Betrachtung vom Südfuß aus gewonnene Meinung bestätigt, daß die Gipfelregion Kraterbildungen enthält, deren Wände bereits zum Teil der Erosion zum Opfer gefallen sind. Er hat den Eindruck gewonnen, daß der Meandet orographisch und seiner Entstehung nach mit dem Mondul nahe zusammenhängt.

Ich hob das alles hervor, weil man auf Grund des Bildes, das diese Berge dem südlich vorbeiziehenden Reisenden gewährten, sie bisher gelegentlich als eine altkrystalline Scholle auffafste. Das Wort „auf-fafste“ in diesem Zusammenhang, mag eigentümlich anmuten. Warum ersteigt und quert man denn einen solchen Berg nicht, statt aus der Ferne darüber zu diskutieren, aus welchem Gestein seine Hauptmasse besteht, zumal das eine für den Aufbau der ganzen Gegend recht belangreiche Frage ist? Uns hätten damals solche Feststellungen am Meandet voraussichtlich bei seiner Unwegsamkeit fünf bis sechs Tage gekostet, wenn die Wolkenkappe, die den Gipfel damals einhüllte, überhaupt einen Erfolg gestattet hätte. Dann aber hätten die Vorräte an Cerealien, die wir für unsere Leute hatten auftreiben können, nicht gereicht zur Ausführung von Arbeiten am „Großen Graben“. Und diese hatten wir uns doch in erster Linie vorgenommen.

Verpflegungsschwierigkeiten und Wassermangel setzen der eingehenden Erforschung eines kleineren Gebiets in jenen Gegenden von Ostafrika Hindernisse entgegen, die nur mit sehr großem Aufwand an Zeit besiegt werden können und nur von jemand, der das Land vorher erkundet hat. Wie oft sind uns auf einem langen Tagemarsche in wasserloser Gegend, der unsere und vor allem der Träger körperliche Leistungsfähigkeit an und für sich schon bis fast zur Grenze anspannte, irgend welche wichtige Fragen aufgestoßen, deren auch nur flüchtige Untersuchung uns stundenlang aufgehalten hätte. Unmöglich, sie auszuführen! Und nur in wenigen Fällen konnten wir ein zweites Mal unseren Weg über die Stelle lenken. Damals hat uns das Gefühl, daß im Interesse des Gelingens der ganzen Unternehmung diese oder jene wichtige Frage eben unbeantwortet bleiben mußte, über die Sache hinweggeholfen. Heute, wo wir das draußen gesammelte

Material verarbeiten, rufen uns diese Lücken in unseren Forschungen großes Unbehagen hervor.

Ich will hier gleich noch einen derartigen Fall anführen, da er mir zugleich Gelegenheit gibt, darauf hinzudeuten, wie viel noch in jenen Gegenden an Arbeit zu leisten ist, bis wir sie einigermaßen kennen. An den Mondul und Meandet schliessen sich westwärts drei weitere Gebirgsstöcke an, der Tarusero, der Elburko und der Essimangor, der schon der Nordostecke des Laua ya Mueri (Manyara¹⁾ Sees) nahe benachbart ist. Kein Europäer hatte bisher diese Berge betreten, nur am Fufs der beiden ersteren waren Karawanen durchgezogen. In den Formen der Gipfel hatte man von ferne Kraterbildungen zu erkennen geglaubt. Und für den Elburko pflichte auch ich dieser Meinung bei. Nach den Formen des die Steppenebene um 1200 m überragenden Essimangor, vielleicht aus der Nachbarschaft der östlich von der Südhälfte des Laua ya Mueri auftretenden Gneishügel, hatte man dagegen vermutet, dafs dies Gebirge eine altkrystallinische Scholle sei. Abbildung 19 zeigt es, aufgenommen von NW her, aus etwa 18 km Entfernung zu den Gipfelpartien.

Die Eingeborenen gaben an, dafs nirgends in der Entfernung eines Tages von den Gipfeln Wasser vorkomme. Wege dorthin und zumal auf die Höhen des Berges seien unbekannt. Um nun doch etwas von Essimangor zu erkunden, verlies ich, während die Karawane vom Nordende des Laua ya Mueri bis zur Mitte seines Ostufers in kräftiger Tagereise unter Jaegers Führung marschierte, die Route und machte einen Abstecher nach dem Westfufs des Essimangor, bis zu den mächtigen Schluchten, die sich von ihm tief eingeschnitten herabziehen, um in der Ebene schnell zu verflachen und völlig zu verschwinden. Die paar Leute, die ich zu meiner Begleitung mitnahm, mußten an diesem heißen Tage etwa 14 Stunden stramm laufen. Und das Ergebnis war, dafs von dem Gebirge lediglich jungvulkanische Gerölle herabkommen, Nephelinite und andere Gesteine, auch Tuffe, deren nahe Verwandten mir schon von anderen Vulkanen der Gegend bekannt waren. Bis zu anstehendem Gestein konnte ich nicht vordringen. Ich zweifle nun nicht mehr daran, dafs der ganze Berg jungvulkanisch ist; aber um so mehr regt sich der Wunsch, seine Formen genau kennen zu lernen und ihrer Entstehung im einzelnen nachzuspüren. Tektonische Vorgänge, Bruchlinien in verschiedenen Richtungen und starke Destruktion

¹⁾ Manyara ist der Name der Niederung nördlich vom See. Laua ya Mueri nennen, wie schon Baumann richtig angibt, die Leute von Umbugue den See.

während einer Pluvialperiode, identisch mit der von Hans Meyer am Kilimandjaro entdeckten Glazialperiode, in der all die heute toten Schluchten von brausendem Wasser erfüllt waren, haben die heutige Form des Berges herausgearbeitet. Als leidlich begründete Hypothese nach dem Einblick, den ich von drei Seiten her in die Berggruppe gewann, nehme ich an, daß wir ein Vulkangebirge vom Typus der Shira-Kette des Kilimandjaro, wie sie Hans Meyer eingehend beschrieben hat, vor uns haben, also ein Gebirge, das aus einer Anzahl nahe beieinander auf Bruchlinien liegender Eruptionsstellen heraus aufgetürmt wurde, ohne daß es zur Bildung eines Kraters kam.

Im Vorstehenden war die Rede von den fünf großen Vulkanbergen zwischen Meru und Laua ya Mueri, die in ihrer Gesamtheit eine Fläche von gegen 2000 qkm bedecken. Am besten ist von ihnen noch der Mondul bekannt, den Jaeger, wie ich erwähnte, erstieg. Monate angestrengter Arbeit in diesem gänzlich unbewohnten Gebiet wären nötig, um uns seine Formen und seinen Aufbau klar erkennen zu lassen. Im Sinne der Expeditionstechnik wäre diese Aufgabe eine der leichteren in diesen Gebieten. Arusha wäre von keiner Stelle mehr als fünf Tage entfernt. Auch Umbugue käme für Verpflegungs- und Wassertransporte in Betracht. Einige Gesichtspunkte für eine derartige Unternehmung wären: genaue topographische Aufnahme der Berge, insbesondere der Gebiete, in denen sie sich berühren. Aufnahmen der tektonischen Linien, die sicher auch zum Teil noch in der heutigen Gestalt der Oberfläche zum Ausdruck kommen. Bei der geologischen Aufnahme würde es besondere Sorgfalt erfordern, die verwitterten Laven von den oft sehr schwer davon zu unterscheidenden Tuffen zu trennen. Gibt es Brockentuffe und hat ihre Zone, wie am Meru besondere Geländeformen? Greifen die Lavaströme eines der Berge auf den Fuß eines anderen über? u. a. m.

III. Das „Winter-Hochland“.

Irgend welche bedeutenderen tektonischen Nord-Süd-Linien, wie man sie als östliche Begrenzung des „Großen Grabens“ vermuten sollte, haben wir in den Formen der genannten fünf Vulkanberge nicht zu erkennen vermocht. Und ebensowenig stießen wir auf solche Linien auf dem Marsche vom Meru nordwestwärts nach Engaruka. Ganz allmählich senkte sich das Land westwärts zwischen dem breiten Kitumbeine-Vulkan im Norden, dem Tarusero und Elburko im Süden. Schon drei Tage, ehe wir ihn erreichten, sahen wir am Westhorizont den gewaltigen Steilanstieg, an dessen Fuß Engaruka liegen

sollte. Sein oberer Rand war von Gewölk verhüllt, das ihn geradlinig abschnitt. Tags darauf, eben nach Sonnenuntergang, liefs sich dort zwischen den rosig schimmernden Wolken hindurch für kurze Zeit ein gewaltiges stumpfwinkliges Dreieck sehen. Es mußte ein bedeutendes Hochland sein. Aber auf den Karten stand keine Andeutung eines solchen¹⁾. Auch die neuesten zeigten an dieser Stelle noch einen der größten weissen Flecke, die Deutsch-Ostafrika aufweist. Aber es waren kaum mehr als 4000 qkm, die hier von Europäern noch nicht betreten waren. Welch unbedeutende Fläche im Vergleich zu dem, was noch vor 25 Jahren unbekannt war.

Unser Weg führte uns da zum Fufs der grossen Mauer, wo der Engaruka-Bach aus ihr hervorbricht. Abbildung 20 stellt sie dar; etwas rechts der Mitte liegt die Schlucht des Baches. Einst haben seine klaren Fluten vielen Hunderten fleissiger Leute Wasser genug geliefert, um ein grosses Stück Landes zu bewässern. Auf den kleinen vulkanischen Hügeln am Fufs des Absturzes dürften ungefähr 300 vielfach stattliche Reste steinerner Fundamente von Hütten liegen; fast neben jeder erhebt sich eine abgestumpfte Pyramide, die etwa 3 m im Geviert bedeckt und bis zu 2 m hoch ist. Waumbugue sollen hier einst gewohnt haben. Wenn ihre Feinde, die Masai, anstürmten, mit den langen Stofsspeeren bewaffnet, sollen die Verteidiger ihre Zuflucht auf den Steinhäufen gesucht haben, die eine den Waffen der Angreifer überlegene Stellung boten. So berichteten die paar verarmten Masai, die jetzt hier wohnten und einige ganz dürrtige Felder bebauten. Aber keiner der heute Lebenden hatte diese Kämpfe mitgemacht. Und die Waumbugue seien schliesslich der vielen Überfälle müde weggezogen. Das sei aber „sehr lange her“. Diese Zeitangabe kann 100 Jahre, sie kann aber auch doppelt so viel bedeuten.

Die Masai verstehen das Wasser nicht auszunutzen, während von der Intensität der früheren Kultur insbesondere auch die Terrassen zeugen, die sich am Fufs der Steilwand nördlich vom Austritt der Schlucht etwa 70 m in die Höhe ziehen. Zu ihrer Bewässerung müssen Teile des Baches schon innerhalb der Schlucht seitlich abgeleitet worden sein. Auch das kleine Dorf kürzlich zugezogener Küstenleute und Wanyamwezi, das weiter unterhalb am Bach lag, trieb nur ganz wenig Anbau. Hoffen wir, dafs dieser recht unerfreuliche Rückschritt der Kultur, den das Vordringen der Masai vor Jahren

¹⁾ Ich bin fest überzeugt, dafs andere Reisende, die hier durchzogen, nicht das Glück hatten, diese Wolkenbänke zerreißen zu sehen. Deshalb waren auch die hohen Gipfel, von denen im Folgenden die Rede sein wird, bisher übersehen worden.

hier verursacht hat, bald wieder wett gemacht werden wird. An 1000 Schwarze könnten ihren Lebensunterhalt aus dem Lande ziehen. Auch zur Besiedlung durch Europäer wäre der Platz geeignet. Der Ort ist von Wichtigkeit für die Verproviantierung von Karawanen, die aus dem Lande weiter nord- und weiter westwärts zum Meru hinüberziehen. Zur Zeit unseres Aufenthalts war fast gar nichts zu bekommen.

Als wir das erste Mal in Engaruka ankamen, waren wir auf eiligem Durchmarsch. Wir sparten uns die Gegend für den Rückweg auf. Als wir wieder eintrafen, zog ich alsbald Erkundigungen ein, wie man zu dem westlich gelegenen hohen Kegelberg vordringen könnte. Es gibt keine Wege zu den hohen Bergen hinauf, war die Antwort. Aber ich hatte inzwischen von dem Feldwebel Bast, der uns einen Teil der Reise begleitete, sie in jeder Hinsicht ausgezeichnet förderte und sie durch wertvolle Aufnahmen¹⁾ und Erkundungen ergänzte, Mitteilungen über die Berge bekommen. Er hat sie von dem etwa 80 km nordwestwärts gelegenen Sonyo-Posten gesichtet, was auch uns an einem klaren Tag gelang. Bast hatte dann von dem ihn ständig begleitenden kleinen Masai-Trupp — er ist einer der ganz wenigen Europäer, welche die Sprache dieser Leute sprechen — für verschiedene Gipfel verschiedene Namen in Erfahrung gebracht: Elanairobi d. i. die Kälte, ein bei den Masai für ganz hohe Berge beliebter Name, ferner Olmoti, d. i. Kochtopf, und Osirwa, d. i. Elenantilope. Schon aus diesen Einzelbenennungen ging hervor, daß den Masai wenigstens in früheren Zeiten die Gegend bekannt war. So erklärte ich denn dem Häuptling von Engaruka, wenn er mir keine Führer stellen könnte, würde ich allein vordringen und zu meiner Begleitung auch von seinen Leuten eine grössere Anzahl mitnehmen. Sollten sich aber „vielleicht“ doch noch Wegeskundige vorfinden, so würden sie fürstlich belohnt werden. Das genügte, um uns zwei nicht gerade junge Führer zu verschaffen, die sich als sehr brauchbar erwiesen. Bei Engaruka zunächst dem Fusse der Steilwand hatte Jaeger einige Hügel untersucht, die aus groben Tuffen und Strömen basanitischer Lava bestanden. An den mächtigen Wänden dahinter, die zunächst ohne Absatz etwa 500 m emporstiegen, konnten wir schon von ganz weitem eine Unzahl horizontaler Linien, die Schichtung des Gesteins, bemerken²⁾. Ich glaubte den Durchschnitt durch die gewaltige Gneisscholle, von deren Vorhandensein es allerhand Berichte gab, vor mir zu haben. Als wir

¹⁾ Siehe auch Basts Route auf der Kartenskizze des Gebiets, die vorher in einer Anmerkung erwähnt wurde.

²⁾ Ein wenig davon ist auf Abbild. 20 zu sehen.

näher kamen, machte mich freilich die Farbe etwas bedenklich; aber welche merkwürdige Töne erzeugt nicht die Verwitterung der Steppen.

Im Zickzack kletterten wir an der ganz steilen Südwand der Schlucht des Engaruka-Baches in die Höhe, wobei wir uns aufs gründlichste davon überzeugen konnten, daß der ganze Steilabsturz im jungvulkanischen Gestein lag. Die übereinandergebreiteten und durch den großen Bruch abgeschnittenen Lavabänke und -blätter waren es, die uns von weitem den Eindruck von Schichtgestein gemacht hatten. Etwa 500 m oberhalb Engaruka läßt der Anstieg nach, um erst ein paar hundert Schritt westwärts wieder steil zu werden. Auch hier ist eine etwa nordsüdlich streichende Stufe zu überwinden. Auf solche Unterbrechungen der Steilheit des Gefälles treffen wir noch mehrfach. Sie sind ebenso wie der erste schroffste Absturz Teile des gewaltigen Nordsüd-Bruches, der, wie wir uns inzwischen überzeugt hatten, die unmittelbare südliche Fortsetzung der den großen Ostafrikanischen Graben westwärts begrenzenden Wände bildet. Der Bruch ist auch sonst an manchen Stellen wie hier in Staffeln aufgelöst.

Nirgends über Engaruka gelang es uns, Rutschflächen oder andere Spuren dynamischer Vorgänge im Gestein nachzuweisen. Aber jede andere Deutung der insgesamt hier über 1000 m hohen Wände versagt.

Bei etwa 2000 m Meereshöhe, d. h. 1100 m oberhalb der Steppenebene, treten wir in Wald ein. Erst sieht er etwas dürr und vertrocknet aus. Schnell wird er frischer und gleicht bald durchaus dem Regenwald, wie wir ihn vom Kilimandjaro und Meru her kennen. Wie ein Gefühl von großem, unerwartetem Glück überkommt es uns, daß wir wieder einmal im tiefen Schatten üppigen Waldes wandern. Oft ist die Wegspur völlig überwachsen, vielleicht viele Jahre lang nicht mehr begangen.

Mit dem oberen Waldrand in etwa 2700 m Meereshöhe hat auch der letzte Steilanstieg sein Ende erreicht. Vor uns liegen westwärts ansteigende Matten, dicht mit zartem Gras bedeckt, von ziemlich tief eingeschnittenen Tälern durchzogen, in denen der Wald noch höher emporsteigt und kleine Tümpel fast stehenden aber sehr wohl-schmeckenden Wassers liegen. Abbildung 21, von W nach O zu aufgenommen, gibt eine Vorstellung dieser schönen Gegend. Etwa 200 qkm vorzüglichsten Weidelandes liegen hier in einem durchaus gemäßigten Klima.

Zahlreiche, tief in den Verwitterungsboden eingeschnittene Wegstücke fielen uns auf. Und unsere Führer bestätigten es, daß hier vor der letzten großen Rindersterbe zahlreiche Herden der Masai ge-

weidet hatten, nicht das ganze Jahr hindurch, sondern dann, wenn in den tiefer gelegenen Gegenden Trockenheit und Hitze alles Gras verdorren gemacht hatten. Die Masai haben das Hochland hier wohl für immer verlassen. Heute herrschen in diesem Reich Elefanten und Nashörner, deren zahlreiche ganz frische Spuren wir auf Schritt und Tritt vorfanden. Diese Gefilde rufen nach Menschen, die Viehzucht treiben. Dem europäischen Ansiedler sagt das Klima des Hochlandes vielleicht noch mehr zu, als irgend einem schwarzen Stamm. Eine Vorbedingung für das Gelingen einer erfolgreichen Besiedelung dieses und manchen anderen Stückes des Innern von Deutsch-Ostafrika durch Europäer wäre es freilich, daß Eisenbahnen tief hineinführten, in unserm Fall hier mindestens bis zum Meru.

Den nächsten Tag suchten wir den höchsten Punkt der ganzen Gegend zu gewinnen. Anfangs sanfte Steigung, dann immer steiler. Die alten Lavaströme wurden hier und da unter der Verwitterungsdecke sichtbar. Wir erreichten die tropische hochalpine Region der an große Trockenheit und einige Kälte angepassten Pflanzen. Diese Strohblumen und manche anderen Gewächse sind uns vom Kilimandjaro her gute Bekannte. Als wir endlich oben anlangten, befanden wir uns auf dem Rand eines Kraters. Ich muß sagen, ich hatte das allmählich erwartet. Bei etwa 2 km Durchmesser und 300 m Tiefe muß der Krater, den die Masai uns als Lomálasin (d. i. der Weidenkorb, vielleicht ein Hinweis auf die Hohlform) bezeichneten, einst ein höchst stattliches Gebilde gewesen sein. Heute zeigt er vielfach Spuren des Verfalls. Die begrastten Hänge sind zum Teil nicht mehr sehr steil, und von Süden her hat ein sich rückwärts einschneidendes Tal schon den Kraterboden erreicht.

Ein unserem Standpunkt ziemlich diametral gegenüberliegender Teil des Kraterwalles überragte den ersteren vielleicht um ein paar Meter. Leider verdeckte er den Ausblick nach Südwesten. Die Meereshöhe der von uns erreichten Stelle beträgt nach meiner vorläufigen Berechnung rund 3600 m. Und damit scheint der Berg der höchste zwischen dem Meru und dem Victoria-See zu sein. Eine überwältigend grofsartige Rundschau bot sich uns von Süd über Ost bis Nordwest. In Rufe freudigen Erstaunens brachen selbst die Schwarzen aus, als wir im fernsten Osten den strahlenden Kibo erblickten. Mit unbewaffnetem Auge konnten wir trotz der 170 km Luftlinie die einzelnen Gletscher erkennen. Ein wenig südlicher erhob sich der elegante Kegel des Meru. Die hohen Vulkane am Südende des Natron-Sees waren zum Teil noch in die weithin ausgebreiteten Cumulus-Wolkenbänke versteckt.

In allen Einzelheiten erschien das krystalline Hochland nördlich und westlich von Sonyo.

Schon während des letzten Teiles der Besteigung hatten wir erkannt, daß das Gebiet, in das wir vorgedrungen waren, ein aus mehreren Vulkanen zusammengeschweißtes Hochland ist. Nordwärts von unserm Standpunkt, etwa 500 m tiefer, liegt in 12 km Entfernung ein von außen sehr flach ansteigender, aber tief eingesenkter Krater von riesigem Ausmaß. Ich hatte ihn schon bei unserer Besteigung des Oldonyo l'Engai, des tätigen Vulkans am Südende des Natron-Sees, entdeckt. Die Peilungen von beiden Punkten ergaben zusammengestellt einen Durchmesser des Kraters von rund sieben Kilometer. Außer der Bezeichnung Elanairobi, die in erster Linie dem Weideland an den Hängen des Berges gilt, das die Masai viel mehr interessiert als der Berg selbst, hatten sie noch einen anderen Namen für die Gipfelpartie: Embagai, was bedeutet: es ist ein Loch drin.

Westlich vom Lomálasin, etwa 400 m tiefer als er, und südwestlich vom Elanairobi erhebt sich mit flachem Anstieg ein dritter Krater, dessen ursprüngliche Formen noch viel besser erhalten sind, als die seiner zwei Gefährten. Aus der regelmäsig umwallten, nur wenig eingesenkten Kraterenebene von etwa 2 km Durchmesser steigt exzentrisch ein kleiner Eruptionskegel auf. Eine Seiteneruption hat einen zweiten Krater seitlich angegliedert. Ob der Masai-Name für den Berg: Olmoti d. i. Kochtopf, von der Form hergeleitet ist, oder ob er mit den angeblich auftretenden heißen Quellen zusammenhängt, wage ich nicht zu entscheiden, da ich nichts Zuverlässiges über deren Lage in Erfahrung brachte.

Die äußerst beschränkte Zeit verbot uns den Westgipfel des Lomálasin zu besteigen. So blieb uns ein vierter an dem Aufbau unseres Hochlandes beteiligter Kraterberg, der Osirwa, d. i. die Elenantilope (so genannt nach dem häufigen Vorkommen dieses Tieres), verborgen. Bast legte ihn fest, als er ein paar Monate später von Gorongoro nach Engaruka das Gebiet völlig querte. Alle vier Vulkane, besonders der Lomálasin und der Elanairobi sind Ausgangspunkte für gewaltige Lavaströme, die das Zwischenland derart bedeckt und aufgefüllt haben, daß zwar deutliche aber nur mehr flache interkolline Täler die Bezirke der einzelnen Vulkane trennen. In manchen Fällen wird es Sache einer sehr sorgfältigen Einzeluntersuchung sein, ob sich nicht, wie es mir scheinen wollte, gelegentlich die Ströme verschiedener Vulkane zu einer Form vereinigt haben. Bei dem ziemlich hohen Alter des Lomálasin — den Formen des ungemein harten Gipfelgesteins, Trachydolerit, nach zu schliesen, ist er älter als der Kibo, jünger als der Mawensi-Gipfel

des Kilimandjaro — hat auch die Erosion vermutlich schon manchen Zug der Hänge umgestaltet.

Der Aufbau des Hochlandes, so weit wir ihn erkunden konnten, erinnert an den der Insel Hawaii, obwohl die bisher gesammelten Gesteine etwas weniger basisch sind, als die Laven des Kilauea und seiner Nachbarn. Da die Eingeborenen keine Bezeichnung für das Hochland in seiner Gesamtheit kennen, eine solche aber wünschenswert schien, habe ich es nach dem Förderer unserer Expedition mit amtlicher Genehmigung das Winter-Hochland genannt.

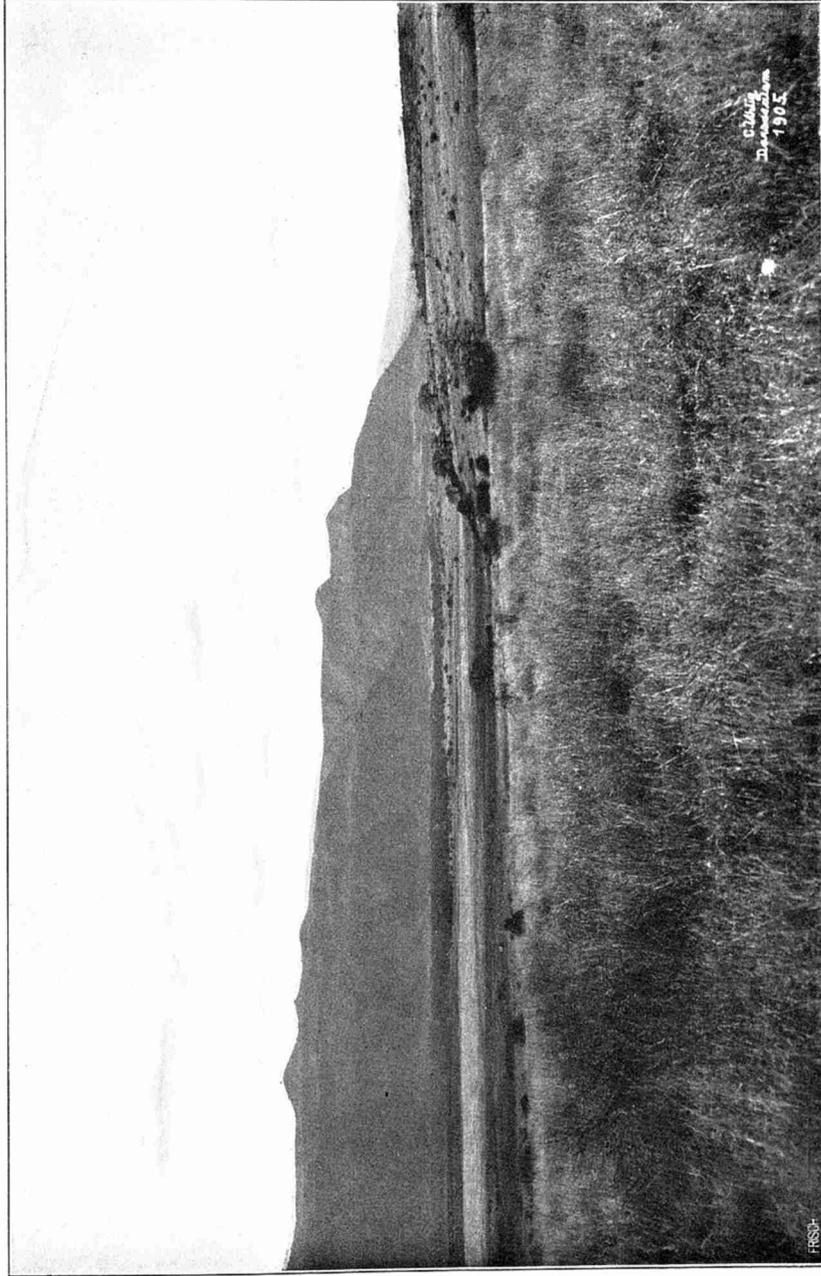
Vielleicht erhob sich einst noch ein weiterer großer Vulkankegel über das Winter-Hochland. Nordwärts von der Route, auf der wir den Steilhang durch den Urwald hinaufstiegen, liegt eine Erhebung. Ihre Osthänge sind ein Teil des großen Absturzes. Aber auch nach Westen, nach dem Elanairobi und Lomáasin hin, zeigt sich ein Abfall. Da er mit dichtem Hochwald bedeckt ist, wird es sehr schwer fallen, festzustellen, ob diese Kuppe nur von einer Seiteneruption der großen Vulkane herrührt, oder ob wir hier die Überreste eines ihnen dem Rang nach gleichstehenden Vulkans vor uns haben, dessen Hauptmasse längs der großen Bruchlinie in die Tiefe sank.

Auch südostwärts vom Lomáasin nach der Landschaft Engotiek zu liegen jungvulkanische Höhen, deren Südfuß Oscar Baumann im dichten Wald passierte. Vielleicht werden sich auch hier noch die Reste eines weiteren Ausbruchszentrums finden, das allerdings sehr viel geringere Meereshöhe besitzt. Abbildung 22 zeigt die Bruchstufe am Essetetj-Bach, der 30 km südlich von Engaruka in die Ebene tritt. Diese Stelle ist genau in der Mitte des Bildes. Man sieht auch den dunkeln Galeriewald des Baches. Der Standpunkt der Aufnahme liegt südsüdöstlich von der Schlucht in 12 km Entfernung. Im Vordergrunde Grassteppe mit sehr vereinzelt Dornbüschen und mit Baobabs.

Wer Gregorys Schilderungen vom Aufbau des Landes kennt, in das der Große Graben viel weiter nordwärts zwischen Naivasha und Baringo-See einschneidet, wird sich erinnern, welche Rolle dort die vulkanischen Deckenergüsse spielen. Auch ich hatte, gelegentlich einer früheren flüchtigen Durchreise durch jene Gebiete zum Victoria-See den lebhaften Eindruck, daß diese ausgedehnten Lavahochflächen sich nicht auf einzelne Ausbruchszentren zurückführen lassen, sondern aus einem System gewaltiger Spalten herausgepreßt wurden.

Es liegt nahe, einen Versuch zu machen, ob man das soeben beschriebene Hochland, das insgesamt etwa 2500 km bedeckt, nicht in ähnlicher Weise deuten und die Kraterbildungen in ihnen als mehr sekundäre Erscheinungen auffassen kann. Dagegen sprechen zunächst

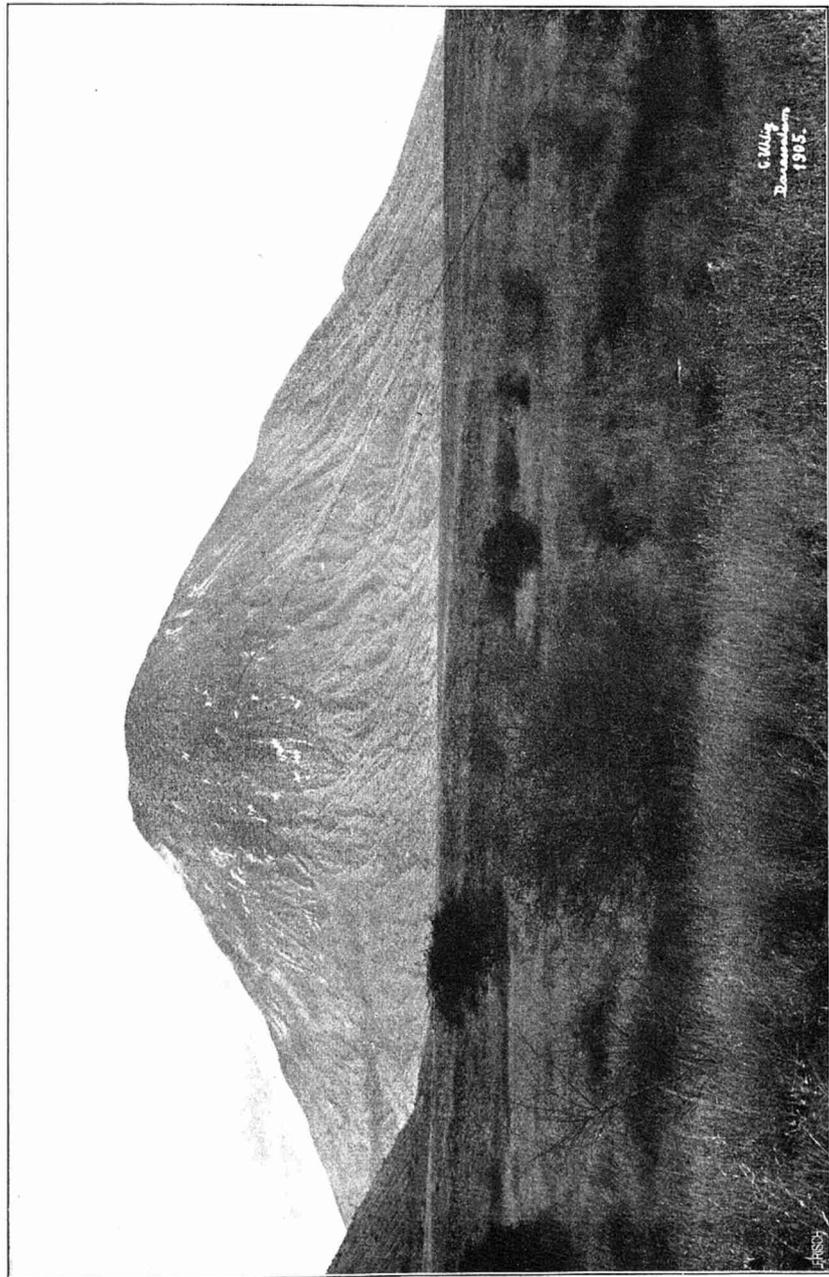
Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin, 1908.



Abbild. 22. Die Ostafrikanische Bruchstufe am Essetetj-Bach.
Von SSO gesehen.



Zeitschr. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin, 1908.



Abbild. 23. Der Oldonyo l'Engai von SO gesehen.

durchaus die Oberflächenformen. Die Kraterbildungen stehen zu ihren Abhängen in einem Gröfsenverhältnis, das uns ähnlich von einer ganzen Anzahl von Vulkanen bekannt ist. Die Durchschnittsböschung ist steil genug. Zwei weitere wichtige Gründe gegen die Annahme eines Deckenergusses gewann ich, als ich weiter nördlich, vom Südufer des Natron-Sees, an den Steinabfall herantrat, westlich des Oldonyo l'Engai. Ein stark natronhaltiger, wasserreicher Bach, Engar'Essero d. i. Wasser der Steppe, tritt dort aus einem imposanten Cañon in die Ebene aus, um in der Südwestecke des Natron-Sees zu münden. Abbildung 24 stellt ihn dar. Knapp einen halben Tag konnten wir der Untersuchung des Cañons widmen. Von einer Stelle nahe seinem Ausgang übersieht man übereinandergeschichtete jungvulkanische Gebilde in einer Mächtigkeit von nahezu 1000 Metern. Je nach der Härte der einzelnen Ergüsse bilden sie fast senkrechte oder weniger steil geneigte Stufen. Es ergibt sich ein westwärts aufsteigendes System von Terrassen. Längs des Bachbettes auf Nashornpfaden vordringend, stiefs ich auf verschiedene Tuffablagerungen: grünliche Aschentuffe von etwa 1 m Mächtigkeit, unterlagert von groben Brockentuffen, die auf der Sohle des Tales anstanden. Jedenfalls spricht das Vorkommen lockerer Auswurfsprodukte eher für die Herkunft der Massen von einem Vulkan, eben dem Elanairobi, als von einem Spaltensystem.

Außerordentlich viel bleibt im Winter-Hochland noch für den Geographen und Geologen zu arbeiten übrig. Wie viel interessante Ergebnisse sind von der genauen Untersuchung des Cañons des Engar'Essero zu erwarten. Es werden sich mannigfaltige Beziehungen zwischen seinen Formen und dem Alter der ganzen Vulkangruppe ergeben. Auch auf das Klima, das hier in den letzten Jahrtausenden herrschte, wird er Licht werfen. Vom Standpunkt der Expeditionstechnik dürfte heute allerdings ein längeres Verweilen in diesem Gebiet der Verpflegung wegen als schwierig gelten. Und ortskundige Eingeborene gibt es auch nicht mehr seit der erwähnten Überführung der Masai deutscher Zugehörigkeit in das Reservat im Süden des Kilimandjaro.

Besonders reizvoll erscheint mir die Aufgabe, den Zusammenhang des Winter-Hochlandes mit dem an seiner Südwestecke gelegenen Kessel von Gorongoro zu untersuchen, dessen Durchmesser etwa 25 km beträgt. Die Aufnahmen, die Bast auf meine Bitte von jener Landschaft machte, seine Beobachtung der Formen und die Gesteinsproben, die er mir einsandte, deuten darauf hin, daß die wohl zuerst von Baumann ausgesprochene Ansicht, Gorongoro sei ein großer alter Krater, richtig ist. Ich möchte allerdings annehmen, daß die ursprüngliche Hohlform durch Einbrüche über dem sich sackenden

Innern des Vulkans erweitert worden ist. Auf dem Grund des Kessels begegnen wir dann Spuren jüngerer vulkanischer Tätigkeit und allerhand alluvialen Bildungen. Bekanntlich hat die landeskundliche Kommission zur Erforschung der Schutzgebiete Jaeger mit der Durchforschung des Landes zwischen unserm damaligen gemeinsamen Arbeitsgebiet und dem Victoria-See betraut. Hoffentlich hat er die Möglichkeit, Gorongoro eingehend zu untersuchen¹⁾.

IV. Weitere Arbeiten und Ergebnisse der Reise.

Im Vorstehenden bin ich nur auf einen kleinen Teil des von der Otto Winter-Expedition durchzogenen Gebietes näher eingegangen. Es erschien mir wünschenswert, von der üblichen Form des Reiseberichts abzuweichen. Einige weitere Mitteilungen über die Arbeiten unserer Expedition seien noch kurz eingefügt.

Auf der Weiterreise nach Norden untersuchten wir den viel genannten Oldonyo l'Engai, dessen erste völlige Ersteigung nur Jaeger gelang. Wir haben darüber kurz brieflich berichtet²⁾. Abbildung 23 zeigt den stattlichen Kegel von SO gesehen. Er hat nach hierhin rund 1900 m relativer Höhe bei 2880 m Meereshöhe. Eine Ersteigung des Gelei und des Kitumbeine, zweier großer Kraterberge, die wir uns dringend wünschten, mußte wegen Nahrungsmangels unterbleiben. Durch sehr zahlreiche Peilungen, Zeichnungen und Photographien haben wir immerhin einige Teile dieser Berge festlegen können. Auch konnten wir ein paar parasitäre Krater am Südfuß des Gelei besuchen. Die Meereshöhe dieses Berges ist mit 4000 m sehr überschätzt worden. Wir nahmen sie zu etwa 2800 m an. Und die deutsch-britische Grenzvermessung bestimmte sie trigonometrisch auf 2930 m; das bedeutet 2300 m relative Höhe über dem Natron-See. Diese beiden großen Berge mit ihren anscheinend einfach gebauten Hauptkegeln und den Mengen parasitärer Vulkane bieten eingehender Erforschung sicherlich ein sehr lohnendes Feld, ebenso der Kraterberg Kerimasi (d. i. bunter Schopf), der nächste Nachbar des Engai.

Nördlich vom Elanairobi und westlich vom Südende des Natron-Sees oder Magad³⁾ hoch über der südlichen Fortsetzung der Westwände des Grabens ragen die zierlichen Zacken einer Berggruppe, des Mosonik, emp. Er war bisher nur aus der Ferne gesichtet und für altkrystallin

¹⁾ Dieser Wunsch ist inzwischen in Erfüllung gegangen.

²⁾ Diese Zeitschrift, 1905, S 120/121.

³⁾ Magad bedeutet in der Sprache der Masai zunächst Natronsalz. Ein Gemenge verschiedener solcher Salze krystallisiert an den Rändern weit hinein in den See aus.

gehalten worden. Seine Formen erinnern allerdings auch weit eher an altkrystallines Hochgebirge, als an vulkanisches. Es gelang uns mittelst eines kleinen Gewaltmarsches einen der niedrigeren Gipfel zu ersteigen und festzustellen, daß das Gebirge ebenfalls jungvulkanisch ist, anscheinend von Bruchlinien stark zerrüttet und durch Erosion weiter ausgestaltet. Heute freilich gibt es in seiner ganzen Umgebung kein fließendes Wasser. Abbildung 25 ist von unserm höchsten Punkt aufgenommen und gibt die beiden höchsten Gipfel von Norden gesehen.

Auf den Ostfufs des Mosonik stößt ein großer Nordsüd-Bruch, der dem Bruch am Westufer des Natron-Sees in etwa 6 km Entfernung gleichläuft. Beide zusammen sind als Fortsetzung der Westwände des Großen Grabens anzusehen. Während unserer Untersuchung des Magad-Beckens und seiner Umgebung gewann ich immer mehr die Überzeugung, daß die Bezeichnung Großer Graben für das Land südlich der Breite der Mitte des Magad sehr wenig zutreffend sei. Auch jede Andeutung einer östlichen Begrenzung der Grabensohle fehlt hier. So habe ich denn für die südliche Fortsetzung der Westwände des großen Grabens die Bezeichnung Ostafrikanische Bruchstufe eingeführt.

Einen ausgezeichneten Einblick in alle diese Formen und zugleich in das Land westlich der Ostafrikanischen Bruchstufe brachte uns die Erstbesteigung des Oldonyo Sambu, d. i. bunter Berg, an der Nordwestecke des Magad, übrigens ein bergtechnisch gänzlich harmloses Unternehmen. Schon Kohlschütter¹⁾ hatte richtig erkannt, daß es sich um einen von dem großen Bruch in der Mitte durchschnittenen Vulkan handelt.

Im Sonyo-Posten, am Fufs der gleichnamigen Bruchstufe erreichten wir, endlich im Urgesteinengebiet angelangt, den westlichsten Punkt unserer Reise. Wir fanden da, wo diese Stufe sich der Ostafrikanischen nähert, eine intensive Störungszone.

Über die Lagebeziehungen und Formen all der Brüche und Vulkane, die wir besucht, wird sich erst an Hand der Originalkarten Genaueres mitteilen lassen. Unser vielfach sehr ins einzelne gehende kartographische Material umfaßt etwa 1300 km Routen. Durch viele Nebenrouten, die meist mit Bergbesteigungen verbunden waren, durch viele Krokis und durch unzählige Peilungen wird es uns aber möglich, auch über das Land weit abwärts unseres Hauptweges Auskunft zu geben und es auf der Karte darzustellen. Das ganze Material ist derzeit in dem Dietrich Reimerschen Institut von E. Vohsen unter meiner Mit-

¹⁾ Vgl. seinen Vortrag in den „Verhandlungen des XIII. Deutschen Geographentages zu Breslau“ 1901. S. 149.

wirkung in Bearbeitung. Dank den von M. Moisel und P. Sprigade ausgebildeten Methoden und bei dem aus allen Kolonien hier zusammenströmenden Material ist diese Anstalt heute diejenige Stelle, die solche Aufnahmen am vollkommensten zu verarbeiten versteht.

Bei der Bearbeitung der Karte spielen eine große Rolle die rund 400 Photographien, die zum Teil mit Peilungsserien vom gleichen Punkt verbunden sind und so eine Art rohen photogrammetrischen Arbeitens erlauben. Die Bilder wurden alle unterwegs entwickelt. Es sind ganz vorwiegend Landschaften, daneben Vegetationsbilder. Zur Ausdehnung auf gründliche ethnographische und anthropologische Aufnahmen, von denen es übrigens schon ein gut Teil aus dem bereisten Gebiet gibt, fehlte mir die Zeit. Und überdies erinnerte ich mich gern daran, daß mir noch 1903 wieder Ferdinand v. Richthofen die Mahnung auf den Weg mitgab, ich möge auch weiterhin daran arbeiten, gutes Bilder-material von den Oberflächenformen des tropischen Afrika heimzubringen.

Die Breiten- und Azimut-Bestimmungen, die ich mit einem kleinen Hildebrandschen Universal-Instrument ausführte, und die mit einem Hechelmanschen erdmagnetischen Theodoliten beobachteten Werte der Mißweisung sind bereits berechnet, die ersteren sowohl von L. Ambrohn als von mir in guter Übereinstimmung und mit geringen mittleren Fehlern.

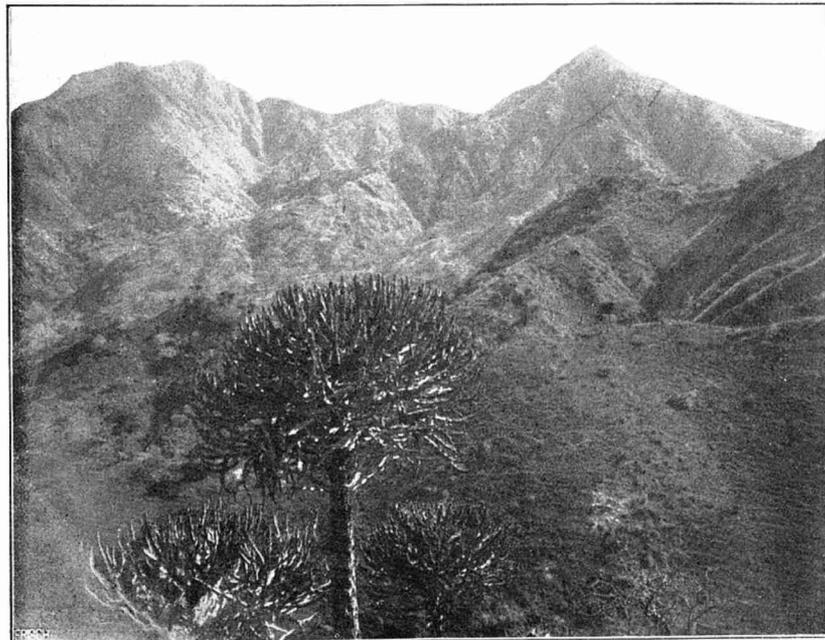
Die rund 1000 Höhenmessungen der Expedition sind in Bearbeitung nach den von Kohlschütter aufgestellten Grundsätzen und Vorschriften¹⁾. Es gelang mir, auch während dieser ganzen Reise ein Fortinsches Quecksilber-Reisebarometer von Fuess mitzuführen. Es wurde in jedem Lager meist zu den international üblichen Zeiten abgelesen. Daneben wurde ein Paar Kochthermometer benutzt und während des Marsches 2–3 Aneroide. Ein großes und ein kleines Afsmannsches Aspirations-Psychrometer waren in Gebrauch. Unter Berücksichtigung der gleichzeitigen Aufzeichnungen der selbstregistrierenden Instrumente in Daressalam, Tabora und auf der Insel Ukerewe lassen sich recht befriedigende Ergebnisse erhoffen.

Die über 400, meist in 3–4 Exemplaren gesammelten Gesteinproben, zu dreiviertel jungvulkanische Sachen, deren vorläufige Bestimmung wiederum L. Finckh ausgeführt hat, werden uns in den Stand setzen, eine geologische Skizze des Gebietes zu zeichnen. Ein Teil der Gesteinsammlung wird auch von H. Rosenbusch und von G. A. Sauer

¹⁾ E. Kohlschütter, Ergebnisse der Ostafrikanischen Pendel-Expedition. I. Band. Berlin. 1907.



Abbild. 24. Der Cañon des Engar' Essero in der Ostafrikanischen Bruchstufe.



Abbild. 25. Die beiden höchsten Gipfel des Mosonik von N gesehen. Vorn Kandelaber-Euphorbien.

bearbeitet. Wir waren bestrebt, die Sammlung möglichst vollständig anzulegen und sind oft weite Strecken zurückgegangen, um Lücken auszufüllen. Und trotzdem fehlen zur Abrundung des Bildes diese oder jene Proben in empfindlicher Weise.

Die Ausbeute an Pflanzen war entsprechend der Jahreszeit, in der wir reisten, nicht sehr groß. Es sind etwa 550 Nummern, die in Dahlem bearbeitet werden. Wer in unserem Gebiet gleich nach der Regenzeit sammelt, wird viel mehr heimbringen können. Immerhin wird unsere Sammlung genügen, um in Verbindung mit den Notizen die Vegetationsformen des Gebietes etwas genauer festzustellen.

Noch ein Wort über unsere Arbeiten am Meru, die wir erst nach unserer Rückkehr von der Ostafrikanischen Bruchstufe in Angriff nahmen. Ich maß eine 1280 m lange Basis mit einem Stahlmeßband auf einem Stück neuer, gut gebauter Landstraße von der Boma in Arusha aus, unter gleichzeitiger Ausführung eines Nivellements. Hieran schloß ich eine primitive Triangulation, die den Meru von Nordwest über Süden bis Nordost umspannt und ihn mit dem Kilimandjaro verbindet. Später hat auf meinen Antrag die von Hauptmann Schlobach geleitete deutsche Abteilung der Deutsch-englischen Grenzregulierungskommission durch Oberleutnant Schwartz sieben meiner Punkte an das Dreiecksnetz der Grenze angeschlossen.

Während ich am Südfuß des Berges arbeitete, erstieg Jaeger den Meru von Westen und erreichte als erster den höchsten Punkt der Somma¹⁾ und damit des ganzen Berges. Kurze Zeit darauf untersuchten wir gemeinsam von Osten her durch die Bresche vordringend, das Innere des Vulkans, erreichten den zentralen Aschenkegel und stellten fest, daß der Meru noch nicht als erloschen angesehen werden kann. Ferner legten wir eine Anzahl von Routen quer durch das Land zwischen Meru und Kilimandjaro fest. Über die vorläufigen Ergebnisse dieser Arbeiten ist schon an anderer Stelle von Jaeger eingehender berichtet worden²⁾.

Es liegt mir viel daran, daß ein Grundton meiner vorstehenden Ausführungen nicht vergessen wird. Ich will nochmals darauf hinweisen, wie sehr viel noch in den weiten Gebieten, die wir durchzogen, an geographischer Arbeit zu leisten ist. Schon häufig ist es ausgesprochen worden, daß die Zeit der großen Entdeckungen in Afrika vorüber ist. Immer mehr wird die eingehendere Erforschung kleinerer Gebiete zu ihrem Recht kommen, und manche Arbeiten der Art haben

1) Diese Zeitschrift 1904, S. 692 ff.

2) Hettners Geographische Zeitschrift, 1906, S. 241 ff.

schon gebührende Anerkennung gefunden. Viel zu wenig bekannt aber ist immer noch, welch höchst verdienstliches Werk draussen von einer grossen Anzahl Angehöriger der Schutztruppe, Offizieren und Unteroffizieren, und Verwaltungsbeamten geleistet wird. Neben der in vielen Fällen recht erheblichen dienstlichen Arbeitslast haben sie freiwillig grosse Teile des Schutzgebietes längs der Routen aufgenommen, vielfach in mustergültiger Weise. Das ist aber nicht etwa eine rein topographische Erforschung gewesen. Wer die Karten im Mafsstab 1:300000, um die uns draussen unsere Nachbarkolonien lebhaft beneiden, sorgfältig liest, wird aus manchem Blatt eine Fülle weiteren geographischen Materials entnehmen können. Und wie viel ist von diesen Männern durch emsiges botanisches, ethnographisches und anthropologisches Sammeln auch für die Landeskunde gewonnen worden. Aber soviel schon in dieser Richtung geschehen, auch für Offiziere und Beamte bleibt noch sehr viel wichtige Arbeit übrig. Das Streben, sich auf diesen Gebieten zu betätigen, ist bei vielen vorhanden. Es ist zu wünschen, dafs in noch weiterem Umfange als bisher, allen, die ausgesandt werden sollen, vorher Gelegenheit und Antrieb gegeben werden, sich in allerhand Beobachtungs- und Messungsmethoden zu üben. Solche Vorbereitungen dürfen aber nicht, wie das manchmal geschehen ist, im letzten Augenblick vor der Ausreise beginnen. Es bedarf immerhin einer Reihe von Exkursionen, Zeichenübungen und Vorträgen, um eine hinlängliche Ausbildung zu erzielen. Eine solche Neuerung in der Vorbereitung der Männer, die in die Kolonien gehen wollen, würde mit verhältnismäfsig sehr geringen Unkosten bedeutende praktische und wissenschaftliche Erfolge zeitigen können. Dann kommt es auch dazu, dafs mit den Aufnahmen von Routen immer mehr eine flächenhafte Aufnahme des Landes verbunden wird, wie sie heute schon vereinzelt ausgeführt worden ist.

Die Schmelzformen des Firns im tropischen und subtropischen Hochgebirge.*

1. Beobachtungen in den Anden Argentinens.

Von Prof. Dr. R. Hauthal in Hildesheim.

Der Gegenstand der heutigen Besprechung betrifft die eigenartigen Schmelzformen, in welche bei günstigen, aber ganz bestimmten Umständen Firnfelder unter der Einwirkung schmelzender Agentien sich zertheilen. Schon in unseren Breiten können wir solche eigenartigen Formen, Näpfchen, Kämme u. s. w., aber nur in kleinem Mafsstabe beobachten. In grofsartiger und meist herausgearbeiteter Weise treten diese Formen in tropischen und subtropischen Hochgebirgen auf, und da die argentinischen Anden von diesen Hochgebirgen wohl das am leichtesten zugängliche sind, so ist es erklärlich, dafs diese Erscheinung von hier aus zuerst bekannt geworden und später, in den neunziger Jahren des verflorbenen Jahrhunderts, durch die Arbeiten der Argentinisch-chilenischen Grenzkommissionen als eine verhältnismäfsig häufige Erscheinung nachgewiesen ist. Brackebusch und später Güssfeldt haben das grofse Verdienst, diese bei den Eingeborenen unter dem Namen „*nieve de los penitentes*“ „*nieve penitente*“ auch wohl einfach „*los penitentes*“, zu Deutsch wohl am einfachsten „Büfser Schnee“, bekannte Erscheinung in die Literatur eingeführt und damit weiteren wissenschaftlichen Kreisen bekannt gemacht zu haben. Der Name ist genommen von der Ähnlichkeit, welche die einzelnen Firnfiguren mit büfsenden, knieenden, in lange weifse Gewänder gehüllten Frauen haben, wie dies z. B. die Abbildungen 28 und 29 zeigen.

Wir Referenten haben uns geeinigt, Ihnen zunächst, jeder aus seinem Gebiet, die von ihm beobachteten Formen vorzuführen, um dann später, wenn Sie das gesamte Material kennen gelernt haben, in eine gemeinsame Diskussion einzutreten.

* Diskutier-Abend in der Fach-Sitzung vom 20. Januar 1908 (s. diese Zeitschrift S. 4).

Ehe ich nun meine Beobachtungen vorführe, möchte ich die Schilderung des Büferschnees vorlesen, welche Güssfeldt¹⁾ gibt; er sagt:

„Ein Höllenbreugel hätte sich hier Motive holen können. Man glaubt alle denkbaren Formen gesehen zu haben, und dann erscheinen plötzlich ganz neue, welche unsere Verwunderung nie zur Ruhe kommen lassen. Figur reiht sich an Figur, jede hoch und starr aufgerichtet, übermenschlich groß; eine jede von ihren Nachbarn verschieden, und alle scheinen, versteinerten Sündern gleich, auf ein erlösendes Zauberwort zu harren. Den phantastischen Unregelmäßigkeiten dieser tausendfältigen Formen dient die regelmäßige Anordnung zu geradlinigen parallelen Reihen als Folie, als der Ausdruck, daß ein gemeinsames Gesetz sie alle bindet. Man muß diese Kerzenfelder nachts im bleichen Mondschein gesehen haben, wenn die Seele zum Außerirdischen neigt, besonders solche Felder, bei welchen der Schnee in allen Furchen und zwischen den Figuren ganz weggeschmolzen ist, so daß letztere nun isoliert und weiß aus dem schwarzen, vulkanischen Boden aufragen!“

In dieser poetischen und kraftvollen Schilderung haben Sie ein anschauliches Bild des typischen Büferschnees, dessen charakteristische Eigenschaft darin besteht, daß einzelne Figuren in parallelen Reihen angeordnet sind, und zwar so regelmäßig, daß der Vergleich mit einem Regiment Soldaten naheliegt.

Die Form der einzelnen Figuren ist verschieden. Ich habe in den meisten Fällen pyramidale Formen beobachtet, mit oft stark in der Richtung der parallelen Reihen in die Länge gezogenem Grundriß.

Die Flächen der Pyramiden, deren Zahl wechselt, stoßen meist in scharfen Kanten zusammen, nur die nach Norden gekehrte Seite erscheint etwas abgerundet (Abbild. 28). Die Kanten sind oft so scharf, daß da, wo diese Figuren eng beieinander stehen, ein Passieren derselben gefährlich ist. Die Höhe der Pyramiden hängt ab von der Mächtigkeit des in Büferschnee sich auflösenden Firnfeldes; sie ist gewöhnlich 1,5—2,0 m, am Cajon ancho sind Formen von 6 m Höhe beobachtet.

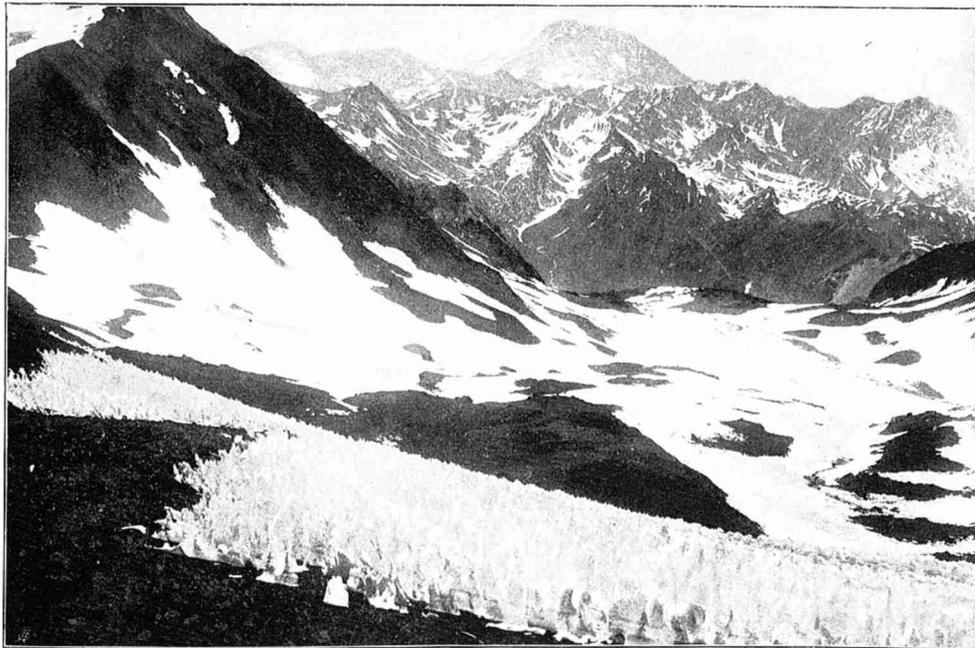
Eine andere, seltener beobachtete Ausbildungsform sind Nadeln, wie sie z. B. Habel²⁾ angibt. Es ist mir aufgefallen, daß die verschiedene Ausbildungsform stets gesellig auftritt; so spricht Habel nur von „Nadeln“, Brackebusch nur von „Pyramiden“. Wodurch die verschiedenen Formen bedingt sind, ist noch ein Rätsel. Die einzelnen

¹⁾ Reise in den Anden von Chile und Argentinien. Berlin 1888. S. 155.

²⁾ Zeitschrift des Deutsch. u. Österr. Alpen-Vereins, Bd. 27, 1896, S. 43.



Abbild. 26. Im Entstehen begriffenes Büferschneefeld
auf dem Cumbre-Pafs bei Mendoza.



Abbild. 27. Büferschneefeld im Tal Quebrada Honda,
in der Kordillere nördlich vom Aconcagua, der in südlicher Richtung sichtbar ist.
Horizontale Schichtung erkennbar.



Abbild. 28. Büferschneefeld am Südfufse des Borete (Prov. La Rioja).
Der Beschauer blickt nach Norden. Horizontale Schichtung deutlich sichtbar.



Abbild. 29. Einzelne Büferschneefiguren aus dem oberen Valle de los Patos
(Prov. de San Juan).
Die hell von der Sonne beschienene Seite der Penitentes ist nach NW gerichtet.

Formen sind in Reihen geordnet. Das ist ein wichtiger Punkt, der für die Erklärung von wesentlicher Bedeutung ist.

Meine Beobachtungen ergaben, dafs diese Reihen in NW—SO-Richtung verlaufen (vgl. Abbild. 27. und 28); diese Richtungsangabe ist nicht mathematisch genau zu fassen — manchmal ist dieselbe mehr O—W, manchmal mehr N—S, aber absolut O—W oder N—S habe ich nicht beobachtet. Sehr interessant ist Abbild. 29. Hier ist, wo eine Reihe sein sollte, nur je eine grofse Figur, die aber genau in ihrer Längsrichtung nach NW—SO orientiert ist.

Wo aber ich Büferschnee beobachtet habe, immer war die Richtung der Reihen im ganzen Felde die gleiche, unbekümmert um die Neigung oder Beschaffenheit des Untergrundes —; sie muß also von Faktoren bedingt werden, die unabhängig von dem Terrain wirksam sind.

Das Material der von mir beobachteten Büferschneefelder war Firnschnee und zwar vereister Firnschnee, der deutlich eine in horizontaler Richtung verlaufende Schichtung erkennen liefs (vgl. Abbild. 28), und zwar wechselten regelmäfsig ab Schichten blasenfreien Eises mit Schichten von Luftblasen erfüllten Eises.

Was nun die Örtlichkeiten betrifft, an denen ich persönlich Büferschnee beobachtet habe, so sind das immer windgeschützte Stellen am Ostabhange der argentinischen Cordillere von 27° bis etwa 36° s. Br. gewesen — an Pafsübergängen (besonders schön in der Gegend des Aconcagua) in tief eingeschnittenen Couloirs weiter im Süden, am Planchon, Descabezado grande, u. s. w.)

Die Höhenlage der von mir beobachteten Büferschneefelder schwankt zwischen 3500—5000 m.

Eigentümlicherweise habe ich weder in dem südlichen, argentinischen Teile des bolivianischen Hochplateaus, in der sogenannten Puna de Atacama Büferschnee beobachtet, wo Dr. F. Reichert in tiefen Couloirs diese Schmelzformen angetroffen hat, noch in Bolivien oder Peru. Das wird wohl darin begründet sein, dafs ich zur ungünstigen Jahreszeit dort weilte.

Da mir, als ich meine letzte Publikation¹⁾ über den Büferschnee machte, in anderen tropischen oder subtropischen Gebirgen gemachte Beobachtungen von Büferschnee nicht bekannt waren, so glaubte ich mich der Meinung derjenigen Autoren anschliefsen zu müssen, die den Büferschnee für eine den argentinisch-chilenischen Anden eigentümliche Erscheinung hielten. Wie Sie an den Vorführungen von Prof. Dr. Hans

¹⁾ Büferschnee. Zeitschrift des Deutch. u. Österr. Alpen-Vereins. Bd. 34 1903, S. 114ff. Dieser Abhandlung sind auch die Abbildungen 26—29 entnommen.

Meyer und Dr. Jäger sogleich selber sehen werden, ist das Vorkommen von echtem Büferschnee und verwandten Erscheinungen auch in Afrika am Kilimandjaro, in Ecuador am Chimborazo nachgewiesen — und Workman hat im Himalaya ähnliche Formen auch angetroffen¹⁾.

Im Vorstehenden habe ich Ihnen das Hauptsächlichste meiner Beobachtungen über Büferschnee mitgeteilt, — über die Entstehung werde ich mich in der hoffentlich recht lebhaften Diskussion äußern.

2. Beobachtungen in den Anden von Ecuador.

Von Prof. Dr. Hans Meyer in Leipzig.

Dem Büferschnee oder Zackenfirn habe ich in meinem im vorigen Jahr erschienenen Werk „In den Hochanden von Ecuador“, Berlin 1907, eine eingehende Untersuchung und Darstellung gewidmet (s. besonders Seite 431—441), unter Heranziehung der bisherigen Literatur über dieses Phänomen. Ich kann daraus heute nur die Hauptpunkte vortragen und einige Ergänzungen hinzufügen.

Büferschnee oder Zackenfirn ist eine Erscheinung des Firns, die mit der Struktur des Firnes auf das engste zusammenhängt. Im losen Schnee sowie im kompakten Gletschereis gibt es ähnliche, aber nicht dieselben Erscheinungen. Zunächst einige Worte über den Namen *nieve penitente*. Ursprünglich hieß es *nieve de los penitentes* (Gütsfeldt), woraus die Abkürzung *nieve penitente* entstand. Ein sprachliches Unding ist *nieve penitentes*, wie S. Günther wiederholt sagt. Ich schlage vor, anstatt der spanischen Bezeichnung eine treffende deutsche zu setzen. Die einfache Übersetzung „Büferschnee“ besagt nichts; Gütsfeldts Benennung „Kerzenfelder“ drückt die Materie nicht aus. Dagegen trifft die Bezeichnung „Zackenfirn“ (v. Thielmann und R. Schäfer) die Form und die Materie.

Ich selbst habe Zackenfirn zuerst 1889 am Gipfelfirn des Kilimandjaro gesehen und in meinen „Ostafrikanischen Gletscherfahrten“ ausdrücklich als *Nieve penitente* beschrieben. Auch 1898 fand ich ihn auf dem Firn im Kraterkessel des Kibo. Aber ich habe damals den Unterschied von den Karrenformen des Gletschereises, wie ich sie anderwärts am Kibo gesehen, noch nicht genügend betont.

Als ich dann 1903 in die Anden von Ecuador ging, war ich sehr gespannt, ob Zackenfirn nicht auch dort vorhanden sei. Conway und andere hatten behauptet, daß er im äquatorialen Süd-Amerika nicht vorkomme, woraus allerlei Schlüsse auf die Entstehung gezogen wurden.

¹⁾ A. Study of Nieves Penitentes in the Himalaya. Zeitschrift für Gletscherkunde 1907, Bd. 2, Heft 1, S. 22.

Diese Schlüsse sind aber falsch, denn ich fand im ecuadorischen Hochgebirge Zackenfirn in enormer Ausdehnung und Ausbildung.

Gleich bei der ersten Umwanderung des Chimborazo, Mitte Juni 1903, als die niederschlagsarme sonnige Jahreszeit (*verano*) etwa drei Wochen gedauert hatte, sah ich auf vier Gipfeldomen des Berges im Fernglas riesige Flächen voll zacken- und nadelförmiger Firngebilde. Als dann die Besteigung des Westgipfels von NNW erfolgte, fand ich auf dieser Seite nichts dergleichen. Dagegen oberhalb 5500 m auf den Schneefeldern lauter flachkonkave handbreite Stufen und Schalen, die in fast horizontalen Reihen quer am Berghang entlang Ost-West verliefen. Auch weiter oben, wo noch dicke Firnpolster auf den Gletschern lagen, gab es überall solche reihenförmig angeordnete Schalen. Das war, wie wir sieben Wochen später an derselben Stelle sahen, der Anfang eines Schmelzprozesses, der allmählich die Firndecken zu den wunderlichen wilden Formen des Zackenfirns ausgestaltet; denn sieben Wochen später, gegen Mitte August, fanden wir hier die Firnhänge bis zum Gipfel hinauf (6270 m) in einen furchtbaren eisigen Stachelpanzer verwandelt, der unserem Vordringen die größten Schwierigkeiten entgegensezte. [Siehe die ausführliche Schilderung in meinem Werk „In den Hochanden von Ecuador“, Berlin 1907, S. 380/81, und die nebenstehende Abbildung 30.]

Das eine ward mir dort freilich sofort klar, dafs in diesen oberen Regionen des Gebirges die Sonne allein nicht für das Entstehen des Zackenfirns verantwortlich gemacht werden kann; denn während weiter unten die Sonne ungehindert auf die Firnflächen hatte einwirken können und sie gröstenteils bis auf Reste von Penitentes-Feldern weggeschmolzen hatte, war die Gipfelregion selbst seit Wochen mit kurzen Unterbrechungen in Wolken gehüllt. Wie eine kolossale Wasserflut stürmt von Vormittag bis Nachmittag eine vom feuchten Ostpassat immer erneute dichte Nebelmassse westwärts über die Firnfelder und umgibt die Gipfel am dichtesten und stürmischsten gerade in den Mittagstunden, wo die Sonne am intensivsten hätte wirken können.

Da also die Sonne in diesen Wolkenmassen nur wenig durchdringen konnte, und trotzdem die sieben Wochen vorher nur wellig angeschmolzenen Firnflächen in Zackenfirnfelder von genau derselben Gestalt wie weiter unten in der Region der Sonnenwirkung verwandelt waren, so kann die Veränderung dort oben wohl nur der Schmelzwirkung des feuchten Windes zugeschrieben werden. Über das „Wie“ nachher mehr.

Weitere Zackenfirnfelder beobachtete ich Ende Juli desselben Jahres auf dem 5760 m hohen Antisana der Ost-Cordillere von

Ecuador. Bei der Besteigung der Westseite dieses ungemein stark verfirnten und vergletscherten Berges bemerkte ich bis zu 5400 m hinauf keine aufsergewöhnlichen Schmelzformen des Firnes. Darüber aber, auf den dem Wind und der Sonne sehr exponierten Firnkuppen und -hängen beobachtete ich ausgedehnte Penitentes-Felder. Hier waren sie wie am Chimborazo auf die oberste Höhenregion beschränkt, wo die Insolation in der dünnen Luft unter dem hohen Sonnenstand am kräftigsten, der Wind am heftigsten, die Lufttrockenheit und Verdunstung am stärksten sind.

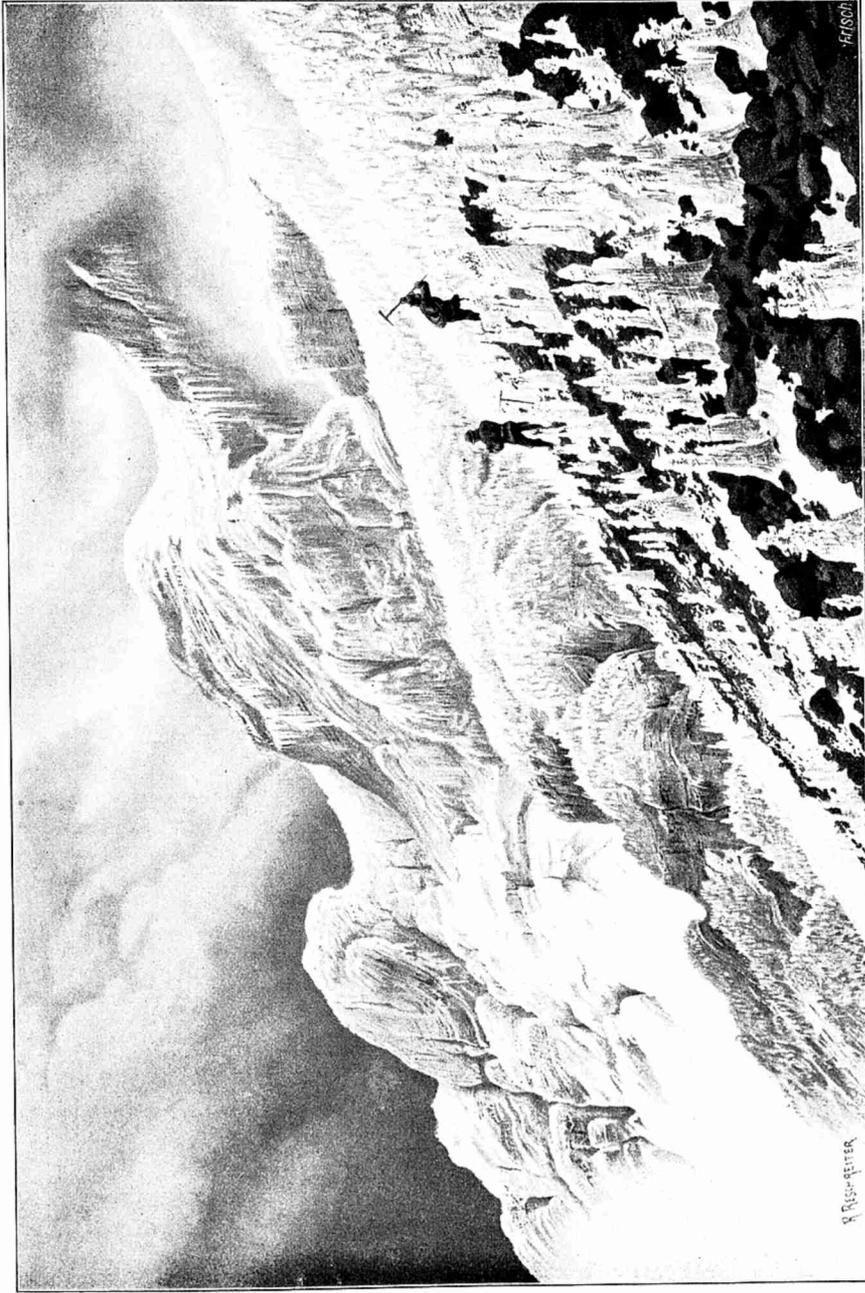
Die Reihen der Firnzacken zogen aber am Antisana nicht blofs in der ost-westlichen Richtung, sondern auf benachbarten Hängen auch von Südosten nach Nordwesten und auf anderen von Südwesten nach Nordosten, was ich nur auf verschiedene vorherrschende Windrichtungen zurückführen kann, die je nach der Konfiguration und Orientierung der Abhänge differieren müssen.

Auf dem Cotopaxi (6005 m) habe ich im Juli 1903 nirgends Zackenfirn gesehen, wohl weil kurz vor unserer Besteigung viel Neuschnee gefallen war. Wilh. Reifs hingegen hat 1883 am Südwest-Gipfel Schmelzformen des Firnes beobachtet, die er in seinem spanischen Bericht als *puntas* und *picachuelos* beschreibt, also als Spitzen und Zacken, was gewifs auf *nieve penitente* zu deuten ist.

Dies, meine Herren, sind die Vorkommnisse von Zackenfirn, die ich in den Anden von Ecuador beobachtet habe. Auf den anderen von mir bestiegenen oder aus der Nähe untersuchten Schneebergen, wie dem Cerro Altar, Carihuairazo, Quilindaña, lauter 5000^{er}, habe ich das Phänomen nicht gesehen, was aber nicht beweist, dafs es nicht auch dort vorkommt. Die von mir beobachteten Vorkommnisse sind also beschränkt auf die Regionen oberhalb 5000 m, wo die Dünne der Luft, die strahlende Wärme der Sonne, die Lufttrockenheit und Verdunstung und in einigen Lagen auch die Heftigkeit und Dauer der Winde das Maximum für Ecuador erreichen. Und zwar sind es Gebiete, die ausgezeichnet sind durch hohen Sonnenstand, durch den Wechsel einer monatelangen sehr niederschlagsarmen Jahreszeit (*verano*) und einer ebenfalls monatelangen sehr niederschlagsreichen (*invierno*) und durch die Regelmäßigkeit kalter Nächte unter 0° und niedriger, wenig über 0° stehender Lufttemperatur bei Tage.

In diesen meteorischen und klimatischen Verhältnissen und Kräften sind die Agentien für die Ausbildung des Zackenfirns zu sehen. Den Zackenfirn sehe ich also in erster Linie als eine klimatische Erscheinung an.

Über die Mechanik des Bildungsvorganges möchte ich nachher



Abbild. 30. Zackenfirn oder Nieve penitente am Nordnordwesthang des westlichen Chimborazo-
Gipfels bei 6000 m Höhe.

(Nach Hans Meyer, „In den Hochanden von Ecuador“, Berlin 1907.)

in der Diskussion einiges Weitere sagen. In der Hauptsache scheint er mir darin zu bestehen, daß nicht nur die Schmelzwirkung der Sonne solche Firnformen erzeugen kann, sondern auch die Schmelzwirkung des Windes, daß also mindestens zwei Formengruppen zu unterscheiden sind, die zwar äußerlich sehr ähnlich, aber genetisch voneinander verschieden sind, und daß oft die eine in die andere übergehen kann (Mischform). Die primäre Anlage aber ist meines Erachtens nur in der inneren Struktur des Firnes zu suchen, wie ich ebenfalls nachher in der Diskussion ausführen will.

3. Beobachtungen am Kilimandjaro.

Von Dr. Fritz Jaeger in Charlottenburg.

Im August 1906 weilte ich gelegentlich einer im Auftrag des Kolonial-Amtes unternommenen Forschungsreise mit meinem Vetter Eduard Oehler am Kilimandjaro, um auf der Westseite des Kibo, der wichtigen vergletscherten Gipfelkuppe des Berges, Vulkan- und Gletscherstudien zu treiben. Die große Regenzeit war 1906 besonders ausgiebig gewesen, und als wir bald nach Beendigung derselben an den Kibo kamen, fanden wir dort noch ziemlich viel Schnee und alle Ab-



Abbild. 31. Querschnitt durch die Firnkämme am West-Kibo.
Ungefähr $\frac{1}{10}$ nat. Gr.

schmelzformen noch wenig ausgebildet. Daher hatten wir Gelegenheit, den Zackenfirn in den Anfangsstadien zu beobachten. Wir fanden keine Zacken, sondern schmale scharfe Firnkämme oder -blätter, die untereinander parallel in etwa ostwestlicher Richtung über die Firnflächen hingen. Genauer war die Richtung (astronomisch) $O. 8^{\circ} S.$ $W. 8^{\circ} N.$, und diese Richtung behielten die Firnkämme bei, unbekümmert um die Neigung der Firnoberfläche. Über Buckel und Mulden strichen sie in stets gleicher Richtung weiter, so daß sie hier mit der Linie der größten Neigung, dort mit der Isohypse, meist aber mit irgend einer Zwischenrichtung zusammenfielen. Auf verschiedenen noch nicht ausgeaperten Gletschern, an Stellen, die mehrere Kilometer voneinander entfernt waren, maßen wir stets die gleiche Richtung der Firnkämme. Die Kämme sind sehr scharf und steil gestellt, etwas nach Norden überhängend. Die nördliche Begrenzungsfläche fiel etwa 80°

nach Süden ein, bisweilen stand sie auch senkrecht, die südliche hatte eine Neigung von etwa 60° . Die Kämme waren 5 bis 15 cm hoch und standen 2 bis 8 cm auseinander. Sie bestehen aus firnigem Schnee. Ein Querschnitt durch aufeinanderfolgende Kämme, senkrecht zur Streichrichtung, sieht daher aus wie eine sehr spitzzahnige Säge (Abbild. 31).

Ein Jahr später, im Juli 1907, konnte ich dieselbe Erscheinung im Berner Oberland beobachten, nämlich auf dem Tschingelfirn zwischen Tschingelhorn und Gspaltenhorn. Die letzten acht Tage war stets schönes klares Wetter gewesen. Hier waren die Kämme nur so schwach ausgebildet, daß ich sie wohl übersehen hätte, wenn sie mir nicht vom Kibo her bekannt gewesen wären. Nur bei Ansicht in einer gewissen Richtung, in welcher die Beleuchtung günstig war, ließen sie sich gut erkennen. Aber sie hatten alle Charakteristika der Kämme am Kilimandjaro. Sie waren untereinander parallel, ihre Richtung kann ich leider nicht genau angeben. Doch wichen sie stärker von der Ostwest-Richtung ab als am Kilimandjaro. Auch hier blieb die Richtung stets dieselbe, unabhängig vom Gefälle. Aber sie waren viel stärker geneigt, sie lagen viel schräger, so ungefähr 45° und nach Süden überhängend. In beiden Fällen standen also die Kämme in der Richtung der mittäglichen Sonnenstrahlen, sodaß diese in die Rinnen zwischen den Kämmen bis auf den Grund hineinscheinen konnten. Die Höhe der Kämme betrug hier höchstens 3 cm, ihre gegenseitige Entfernung 1 bis 2 cm, sodaß die Firnoberfläche bei günstiger Beleuchtung durch sie wie gerecht erschien.

Am West-Kibo beobachteten Eduard Oehler und ich auch die weitere Ausbildung der Zacken aus diesen Kämmen. Am Drygalski-Gletscher fanden wir den die Gletscherzunge bedeckenden Firnschnee schon stark zu Zacken zerschnitten. Eine Schar von Furchen querte die Firnkämme. Aber die Richtung der Furchen war nicht konstant, sondern sie folgten jeweils der Gefällsrichtung und dürften daher vom abfließenden Schmelzwasser herrühren. Die Furchen zerschnitten die Firnkämme zu Zacken von parallelogrammatischem Querschnitt. An den Zacken war die Firnschichtung schon erkennbar.

Noch einer anderen Beobachtung muß ich gedenken. In einem Tälchen, über dessen steilen Talschluf oben eine kleine Gletscherzunge herabhing, sahen wir Firnzacken von $\frac{1}{2}$ bis 1 m Höhe, die voneinander völlig getrennt waren, sodaß der nackte Schuttboden dazwischen herausah. Diese Zacken hatten alle dicke weiße Köpfe. Aus einiger Entfernung hatte ich geglaubt, sie seien eine Art Gletscherische, entstanden dadurch, daß von der Gletscherzunge herabgefallene

Eisblöcke den unterliegenden Firnschnee vor der Abschmelzung schützten. Bei näherer Besichtigung stellte sich heraus, dafs dies nur bei dem kleineren Teil der Zacken der Fall war; die meisten waren richtiger Zackenfirn, jedoch von besonderer Art. Auf alten schmutzigen Firn war eine Schicht von weifsem Schnee gefallen. In diesem hatte die Zackenbildung begonnen und dann auf den unterliegenden schmutzigen Firn durchgegriffen. Der dunkle Schnee absorbiert die Sonnenstrahlung stärker und wird somit stärker erwärmt als der weifse. Daher schmolzen die unteren Teile der Zacken schneller ab, als die oberen weifsen, welche als Köpfe überstanden. Besonders merkwürdig war, dafs auf den weifsen Köpfen dieser Firnzacken von neuem die Bildung der O—W streichenden Kämme begann, was auch auf einer der von Eduard Oehler aufgenommenen Photographien deutlich zu erkennen ist (Abbild. 32).

Diskussion.

Herr Geheimrat **Hellmann**: „Ohne auf Einzelheiten einzugehen, wird man sich vielleicht folgende Vorstellung von der Entstehung des Büfnerschnees machen können: Wäre der Firn eine absolut homogene Masse, so wäre der Büfnerschnee wohl gar nicht oder nicht so ausgeprägt vorhanden. Doch ist er nicht homogen, da sein Material aus Schneeflocken besteht, und diese wieder aus Schneekristallen von vielfältigster Gestalt und Konsistenz, sodafs die Grundbestandteile schon verschieden sind, die eine inhomogene Masse bilden müssen, deren Gefüge wieder abhängig ist von Temperatur, Bestrahlung, atmosphärischer Feuchtigkeit, Verdunstung und wohl noch manchen anderen Faktoren, die wir noch nicht genügend kennen.

Bei der Entstehung des Zackenfirns wirken nun verschiedene Kräfte mit. Die Strahlung oder die Radiation ist die erste von ihnen. Dies beweist meines Erachtens deutlich die geographische Verbreitung und die jedesmalige ost-westliche Anordnung des Phänomens. In grofsen Höhen niedriger Breiten mufs es am deutlichsten ausgeprägt sein. Jedoch wirkt ebenso die Ausstrahlung mit. Diese aber nimmt mit der Höhe mehr zu als die Einstrahlung, sodafs die grofse Ausstrahlung in klaren Nächten der Hochregionen eine fast ebenso grofse Rolle spielen wird, als die Einstrahlung bei Tage. Das Schmelzwasser, das vom Firn aufgesogen wird und nachts gefrieren mufs, gibt dem Ganzen eine gewisse Konsistenz. Scharfe Formen sind deshalb da häufiger, wo keine grofse atmosphärische Feuchtigkeit existiert, wie aus den Beobachtungen von Herrn Prof. Hauthal im trockenen Gebiet hervorgeht. Ich möchte daher Herrn Prof. Meyer fragen: Haben Sie rundere Formen beobachtet? Wenn im Chimborazo-Krater Rauhreifbildungen entstehen, so müssen sich diese auch am dortigen Zackenfirn zeigen, sodafs dessen Formen dann unschärfer ausfallen müssen. Scharf wird der Zackenfirn besonders in trockener Luft sein, wo die Ein- und Ausstrahlung vorzüglich vor sich gehen kann.

Wind und andere lokale Einflüsse bedingen wohl nur Variationen der Formen. Ein- und Ausstrahlung und die durch erstere bedingte Abschmelzung sowie Verdunstung sind die Hauptfaktoren. Teile des Firns, die weniger widerstandsfähig sind, werden herausgearbeitet, wie Partien einer Gesteinsmasse um so eher herausgeleckt und herausgeweht werden, je weniger konsistent sie sind.

Zunächst erscheint die Regelmäßigkeit der Gestaltung und Anordnung merkwürdig. Sie ist aber in Wirklichkeit nicht so rätselhaft, da sie auf einer gewissen zugrunde liegenden Struktur des Schnees beruht, die auch auf äufsere mechanische Einflüsse schliessen läfst. Vielleicht bieten ferner Staub- und Erdteilchen Ansatzpunkte für besonders starke Abschmelzung an gewissen Stellen.“

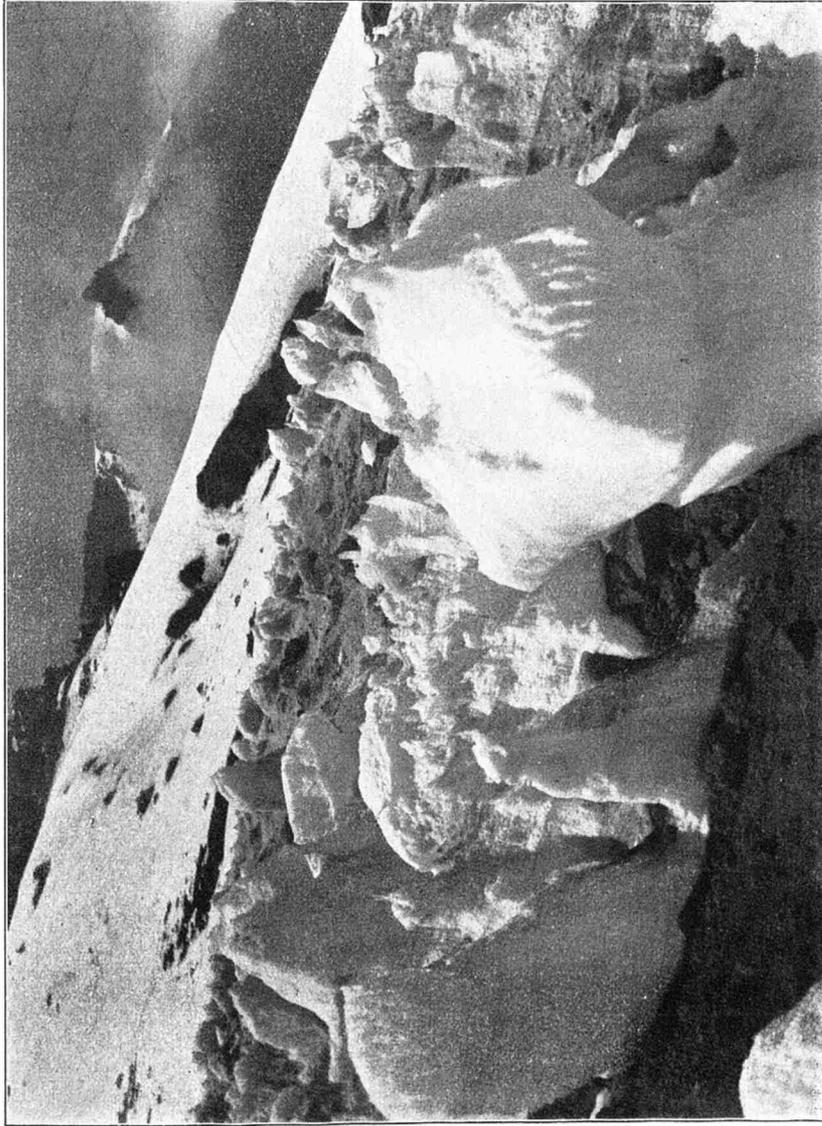
Herr Professor **Hans Meyer**: „Die geographische Verbreitung des Zackenfirns wirft Licht auf seine Entstehung. Er ist beobachtet im äquatorialafrikanischen Hochgebirge, in den Anden von Mittel-Chile an bis in die kalifornische Sierra Nevada (Mount Shasta 41° n. Br.), im Himalaya unter etwa 35° n. Br. (Suru, Nunkun). Er ist nicht beobachtet worden in Europa, im nördlichen Amerika und Asien, nicht in hohen Breiten der Süd- und Nord-Hemisphäre. Er ist, wie die Klimakarte zeigt, nur beobachtet in Gebieten, die periodische Winter- oder Sommerregen mit einer darauffolgenden sehr niederschlagsarmen Jahreszeit haben, in der sich also Schmelzformen lange entwickeln können, ohne wieder verschüttet zu werden. Im grossen ganzen kann man nach den bisherigen Beobachtungen die Verbreitungsgrenzen zwischen 40° n. Br. und 40° s. Br. ziehen.

Prof. Hauthal sieht nur die Sonne als Bildner der Penitentes an, ich auch den Wind; aber auch ich halte die „Sonnen-Penitentes“ für die Regel, die „Wind-Penitentes“ für lokale Ausnahmen. Auch wird an den „Wind-Penitentes“ in vielen Fällen die Sonne vorher oder nachher mitgearbeitet haben, wie umgekehrt der Wind oft an den „Sonnen-Penitentes“.

Nehmen wir die „Wind-Penitentes“ als die seltenere Form voraus, so stelle ich mir den Bildungsvorgang folgendermassen vor: Wenn der aus den heissen, feuchten Amazonas-Niederungen herkommende Ost-Passat auf die kalten, firnigen Berggipfel trifft, so wird der Wasserdampf kondensiert und bei der Kondensation wird Wärme frei, die auf Firn und Eis schmelzend wirkt. Da der Wind aber sehr stürmisch ist, so wird das Schmelzwasser in feinen Schmitzen zu den benachbarten Firnteilen getrieben, wobei es weiter schmelzend wirkt. So wird allmählich das Firnfeld, soweit es vom Wind bestrichen wird, in lauter Riefen und Furchen zerschnitten, die sich immer mehr vertiefen und schliesslich auch von den seitlich abrieselnden Schmelzwässern quer durchschnitten und in einzelne Pyramiden zerteilt werden. Hört der Wind auf und verziehen sich die dichten Nebel, so vollendet die nun scheinende Sonne die Zerstörungsarbeit. Die der Windrichtung folgende reihenförmige Anordnung der Firnzacken ergibt sich in diesem Fall aus dem geschilderten Vorgang selbst.

Nicht so bei den lediglich durch die Schmelzwirkung der Sonne gebildeten „Sonnen-Penitentes“.

Betrachten wir zunächst den Bildungsprozefs, wie er sich sichtbar voll-



phot. Ed. Oehler.

Abbild. 32. Zackenfirn am West-Kibo.

Die Zackenbildung begann in neuem Schnee und griff auf den älteren gut geschichteten Schnee durch. Auf den Köpfen der Firnzacken beginnt von neuem die Bildung der Kämme.

zieht. Die Anfänge sind rinnen-, napf- und schalenförmige Hohlformen an der Firnoberfläche, die bei Einwirkung der warmen Sonnenstrahlen durch Sackung infolge differenzialer, vom Durchsickern des Schmelzwassers herrührender Volumenverminderung entstehen. Solche schalenförmigen Schmelzformen des Firns sind auch in unseren Alpen und anderwärts eine ganz bekannte Erscheinung. (Beschrieben unter anderen von H. Crammer und F. Ratzel: „Schneegangeln“.) Ich habe sie oft in den Ost-Alpen gesehen. Während sie aber in unseren Breiten durch bald wieder eintretende Schneefälle verwischt und zugefüllt werden, dauert in den Klimagebieten, wo Zackenfirn beobachtet worden ist, der Schmelzprozess in der Trockenzeit zuweilen monatelang ohne wesentliche Unterbrechung an und erzeugt dementsprechend mächtigere Schmelzformen.

Warum aber werden die Schalen mitsamt den sie trennenden Kämmen und Kulissen nicht gleichmäÙig niedergeschmolzen? Warum werden die Bodenstücke der Schalen immer tiefer, während die Kämmen zwischen ihnen viel länger stehen bleiben und nur relativ langsam in einzelne Pyramiden zerfallen, die sich noch lange allein aufrecht erhalten?

Eine Antwort auf diese Frage gibt mir die Beobachtung, die ich an den meisten von mir gesehenen Penitentes gemacht habe. Die Spitze oder der Kamm der Firnzacken besteht nämlich aus viel dichterem Eis als die übrige Firnmasse der Zacken. Das schmale Kopfstück der Pyramiden oder Kulissen wird viel leichter vom Schmelzwasser durchtränkt als die übrige gröÙere Masse und gefriert nach Aufhören der Sonnenstrahlung in der Kälte der Nacht zu kompaktem Eis, ein Vorgang, der sich täglich wiederholt, so daÙ der Eiskopf in steter Erneuerung auf der Kulisse oder der Einzelpyramide erhalten bleibt, bis diese selbst dem Erdboden gleichgemacht ist. Die Eiskrönung der Firnpyramiden wirkt also auf den darunter liegenden weniger kompakten Firn schützend, wie der Deckstein auf einem Gletschertisch oder einer Erdpyramide.

Nun werden die unter dem hohen Sonnenstand jener Breiten steil einfallenden Sonnenstrahlen das Bodenstück der Schalen immer stärker treffen als die unter dem schmalen Eiskamm liegenden steilen Seitenwände, und sie immer tiefer legen, während jene mehr geschützt sind. Fielen die Sonnenstrahlen unter einem schiefen Winkel ein, so würden auch die Seitenwände der Pyramiden stärker angeschmolzen; die Schmelzlöcher würden in der Richtung des niedrigeren Sonnenstandes schief werden und die Pyramiden würden umstürzen, ehe sie sich recht entwickeln konnten. Schon aus diesem Grunde kann es in höheren Breiten keinen echten Zackenfirn geben.

Dabei ist es für den ganzen Bildungsvorgang von großer Bedeutung, daÙ das Schmelzwasser in der enorm trockenen Höhenluft schnell verdunstet oder auch im lockeren Schuttboden sofort verrieselt. Erosionswirkung durch abfließendes Schmelzwasser ist deshalb bei der Bildung des „Sonnen-Penitentes“ ausgeschlossen.

So weit wäre wohl die Entstehung von Zackenfirn ganz verständlich, aber ein Problem bleibt noch bestehen: die Anordnung der „Sonnen-Penitentes“ in Reihen. Diese Anordnung zeigt sich schon in der ersten Anlage der einschmelzenden Firnschalen, aus denen sich der Zackenfirn weiter entwickelt.

Diese Erscheinung ist also eine primäre, deren Ursache nur in der inneren Struktur der Firnfelder liegen kann.

Conway, der irrtümlich allen Zackenfirn für alten Lawinenschnee erklärt — wie käme er dann auf die Berggipfel selbst und auf weite flache Ebenen! —, erklärt die Reihenbildung aus vertikaler Druckschichtung, die im Lawinenschnee durch seitlichen Druck zustande kommt. Das ist gewifs für viele Vorkommnisse von Zackenfirn zutreffend, aber nicht für die, wo von Lawinenschnee keine Rede sein kann.

Prof. Uhlig und Prof. Deecke sehen die Ursache der Reihenanordnung in ursprünglicher Wellenfurchung des lockeren Schnees durch den Wind, die senkrecht zur Windrichtung entstanden ist und, nachdem sie durch Anschmelzung festgeworden, entweder an der Oberfläche der Schneefelder bleibt oder, durch nachfolgende Schneefälle zugedeckt, zu einer inneren Struktur der Firndecken wird.

Auch diese Erklärungen werden sicherlich in der Natur ihre Bestätigung finden. Eine noch andere Art solcher primärer Gestaltungsursachen sehe ich darin, dafs in jeder einem Berghang aufliegenden Schneemasse infolge der Schwere eine, wenn auch nur geringe Massenbewegung bergabwärts stattfinden mufs, die durch den hierbei ausgeübten Druck zu zonalen Verdichtungen innerhalb der Masse führen mufs, welche mehr oder minder aufrecht stehen. Wenn nun die Masse an der Oberfläche durch die Sonne angeschmolzen wird, so werden diese dichteren Zonen als Leisten und Wülste aus der Firnmasse etwas über die benachbarten lockeren Zonen hinausragen und so zu Rändern und Kämmen der aus den lockeren Zonen ausschmelzenden Reihen von Firnschalen werden.

In sehr vielen Fällen aber wird die reihenförmige Anlage durch leichte, vom heftigen Wind parallel der Windrichtung erzeugte Furchung der noch lockeren Schneeoberfläche verursacht werden, die dann durch Anschmelzung verhärtet. Solche Furchung ist als Sastrugi in der windigen sibirischen Tundra bekannt und auch in der Antarktis in starker Ausbildung beobachtet worden. In kleinerem Mafsstab kann man der Windrichtung parallele „Windgräben“ auf jeder windgepeitschten Schnee- oder Sandfläche sehen.¹⁾

Diese hypothetischen Erklärungsversuche der primären Ursachen der Zackenfirnbildung lassen sich wohl noch vermehren. Jedenfalls ist anzunehmen, dafs je

) Kurz nach der Fach-Sitzung erschien das Januar-Heft des „Geographical Journal“ in welchem William Hunter Workman im Bericht über seine Erforschung des Nun-Kun-Gebirges auch den dort ($34^{\circ}6'$ n. B.) beobachteten „nieves penitentes“ eine eingehendere Erörterung widmet, als er sie bereits in der „Zeitschrift für Gletscherkunde“, 1907, S. 22—28, gegeben hatte. Auch er kommt zu dem Schlufs, dafs die Bildung des Zackenfirns von zwei Bedingungen abhängt: 1) Vorhandensein eines starken, von einer Richtung wehenden Windes, der den Schnee in meist parallele Wellen und Käme anordnet und ihn darin zu festeren Massen um bestimmte Verdichtungszentren (*foci of condensation*) sammendrückt; 2) eine auf die Schneefälle folgende lange Periode schönen Wetters, in welcher die lockeren Teile durch die Sonnenhitze weggeschmolzen werden, während die dichteren Teile in der bekannten Gestalt der Penitentes stehen bleiben. (Geogr. Journal, 1908, S. 17—35.)

nach den verschiedenen lokalen Verhältnissen auch die zur reihenförmigen Schalenbildung der Firnoberfläche führenden Ursachen mehrfach verschieden sein können. Die Natur wird auch in diesem bildnerischen Schaffen wie in manchem anderen (z. B. in der Formenbildung durch Verwitterung, Erosion, Deflation) nicht so schematisch verfahren, dafs sie nur eine einzige Ursache ins Spiel bringt. Nur das erscheint mir sicher, dafs die eigentümliche Anordnung der „Sonnen-Penitentes“ ihren Grund in der inneren Struktur (hauptsächlich den verschiedenen Dichtigkeitszonen) angehäufter Schnee- und Firnmassen hat, und dafs wir diese Strukturverhältnisse auch in unseren Breiten noch viel genauer studieren müssen, ehe wir über den Zackenfirn ein abschließendes Urteil gewinnen können.“

Herr Professor Ad. Schmidt: „Als Nichtfachmann würde ich Bedenken tragen, in die Diskussion einzugreifen, wenn nicht die Darlegungen der beiden Herren Vorredner durchaus die Schlüsse bestätigten, die sich mir aus den Vorträgen und den weiteren Erörterungen ergeben hatten.

Eigentümlich an der Erscheinung ist einerseits, dafs sie, wenschon nicht selten, so doch nicht der gewöhnliche Vorgang zu sein scheint, während doch die Agentien (Wind, Strahlung), die bei der Erklärung in Betracht kommen, fast stets wirksam sind. Das scheint mir darauf zu deuten, dafs die Entstehung des Zackenfirns (vor allem die erste Zerlegung des Firnfeldes in parallele Rücken) ein zufälliges Zusammentreffen mehrerer an sich nicht ungewöhnlicher, aber unabhängiger Ursachen voraussetzt.

Wesentlich ist andererseits der soeben auch von Herrn Prof. Meyer hervorgehobene Umstand, dafs das Schmelzen oder Verdunsten gerade dort, wo es einmal eingesetzt hat, am stärksten fortschreitet. Nur Einflüsse, die in diesem Sinne wirken, können als wesentliche Ursachen angesprochen werden. Das gilt nun offenbar von der Sonnenstrahlung, wofern diese so gerichtet ist, dafs sie während möglichst langer Zeit, besonders bei hohem Sonnenstande, in die Rillen hineinscheint und somit den Boden stärker als die Seitenwände trifft. Damit stimmen nun die beiden ungemein interessanten Angaben von Herrn Dr. Jaeger über die Stellung der von ihm am Kilimandjaro und am Tschingel-Gletscher beobachteten Vertiefungen überein: dort im Sommer der Nord-Halbkugel mäfsig nach Norden, hier stark nach Süden, in beiden Fällen also dem Mittagsorte der Sonne zugewendet. Und auch manche der allgemeinen Beobachtungsergebnisse werden dadurch verständlich. Die Austiefung durch die Sonnenwirkung (nur von dieser will ich sprechen) mufs um so stärker erfolgen, je längere Zeit die Sonne jeden Tag nahe der Halbierungsebene des von den beiden Abhängen der Rinne gebildeten Winkels bleibt und je höher sie dabei steht. Das ist offenbar in niedrigen Breiten der Fall, besonders im Sommer der betreffenden Halbkugel, weil dann die Sonne hoch kulminiert und in der Nähe der Kulmination ihr Azimut besonders langsam ändert; es gilt ferner um so mehr, je näher die Vertiefung ostwestlich verläuft. So würde unter dem Äquator zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche die Sonne in einer genau von Osten nach Westen streichenden Rinne mit vertikalen Wänden den ganzen Tag hindurch nur den Boden bestrahlen.

Hiernach würde zur Bildung von Zackenfirn eine gewisse ursprüngliche Anlage des Firnfeldes gehören, der zufolge auf seiner Oberfläche Streifen abwechseln, die sich der Sonnenstrahlung gegenüber etwas verschieden verhalten. Worauf diese Verschiedenheit beruht, ob auf einer durch Pressung entstandenen Schichtung der ganzen Masse (wenn eine solche möglich ist), ob auf einem bloßen Wechsel in der physikalischen oder geometrischen Beschaffenheit der Oberfläche, ist eine Frage für sich; die prädisponierende Ursache braucht ja nicht in allen Fällen dieselbe zu sein. Ferner aber sind die Bedingungen im allgemeinen um so günstiger, je größer der Winkel der Streifen mit dem Meridian ist. Auf weitere naheliegende Bedingungen, besonders meteorologischer Natur, will ich nicht eingehen; denn es liegt mir fern, eine Erklärung des verwickelten Phänomens versuchen zu wollen. Meine Bemerkungen sollten nur ein Hinweis auf einige vom mathematisch-physikalischen Standpunkte aus leicht zu überschauende Punkte sein.“

Herr Professor **Hauthal**: „Ich freue mich, daß Prof. Dr. Hans Meyer mit mir darin übereinstimmt, daß Büferschnee oder Zackenfirn sich niemals im Gletschereise bildet und somit die Bezeichnung dieser Bildung als ein besonderer Gletschertypus (andiner Gletschertypus), unter dem man wohl diese Bildungen zusammengefaßt hat, nicht zutrifft. Auch das gereicht mir zu einer gewissen Genugtuung, daß hier die Wirkung der Sonne betont wurde. Viele Örtlichkeiten, an denen ich Büferschnee beobachtet habe (tief eingeschnittene Couloirs am Osthange des Planchon, Descabezado Grande), schliessen eine Windwirkung direkt aus, da hier nur die Sonne und zwar die hochstehende Mittagssonne als Agens wirken kann. Aber nicht nur das örtliche Vorkommen hat mich veranlaßt, die Sonne allein als wirkende Ursache anzunehmen, sondern auch die Richtung der Reihen. Und zwar habe ich niemals weder genau O-W noch N-S beobachtet, sondern stets Nordwest-Südost, allerdings mit geringen Abweichungen. Und diese Richtung bringe ich in ursächlichen Zusammenhang mit der Sonne, die in den Gegenden, wo ich Büferschnee beobachtet habe, eben dann ihre stärkste Wirkung ausübt, wenn sie am nordwestlichen Himmel steht. Als ein weiteres Moment und vielleicht als ein sehr wichtiges, welches geeignet ist, meine Anschauung noch mehr zu unterstützen, kommt die Neigung der einzelnen Figuren und der Kämme hinzu, auf die Dr. Jaeger und Prof. Schmidt vorhin besonders aufmerksam gemacht haben. Hier müssten genaue Beobachtungen unmittelbar einen direkten Zusammenhang mit der Sonnenstrahlung ergeben, da diese Neigung ja mit der geographischen Breite sich ändern muß.“

Für die Erklärung der Reihenbildung, die ja von allen Beobachtern als außerordentlich charakteristisch angegeben wird, ist von verschiedenen Seiten, auch heute Abend hier, eine besondere Struktur der Firnfelder, bestehend aus abwechselnden härteren und weicheren, parallel verlaufenden Schichten angenommen worden. Diese Schichten müßten gemäß der Stellung der Büferschneefiguren senkrecht zur Oberfläche verlaufen, und da stößt die Erklärung (ich bemerke, daß es sich hier nicht um eine beobachtete Tatsache, sondern um eine hypothetische Annahme handelt) auf bedeutende Schwierigkeiten. Wind und

Druck (Lawinendruck, durch Herabgleiten an den Gehängen der Firnfelder entstehender Zusammenschub) sind als Ursachen angeführt worden. Herr Geheimrat Hellmann hat recht, wenn er darauf hinweist, daß ein Firnfeld durchaus nicht eine homogene Masse bildet und daß in einem Firnfeld sich, durch die natürlichen Druckverhältnisse bedingt, härtere und weichere Schichten bilden müssen. Das wird auch durch meine Beobachtungen bestätigt, welche mir eine horizontal verlaufende Schichtung ergeben. Diese Beobachtungen widersprechen aber der Annahme einer durch irgend welchen Druck hervorgerufenen, senkrecht stehenden Schichtung. Die schönsten und größten Büferschneefiguren sah ich herausgebildet in auf ebenem Boden lagernden, horizontal geschichteten Firnfeldern; und wo ich Büferschnee an steileren Abhängen sah, verliefen die Reihen nicht in der Richtung, wie sie durch eine Schichtung bedingt sein müßte, die durch Abgleiten und Zusammenschub der Firnfelder hervorgerufen wird. Daß an einzelnen Stellen durch Herabgleiten eine der Reihenrichtung der Büferschneefiguren entsprechende Schichtung entstehen kann, will ich gern zugeben; aber ein zufälliges Zusammentreffen günstiger Umstände können wir doch nicht als allgemein gültig hinstellen. Wir müssen allgemeine Ursachen herausbringen, so daß wir imstande sind zu sagen: „Hier muß sich unter gegebenen Umständen Büferschnee bilden“, und diese Grundbedingungen festzustellen, das ist das Ideal der Forschung, das aber nur durch fortgesetzte Beobachtungen erreicht werden kann.

Herr Dr. Jaeger hat erwähnt, daß er auf den Köpfen der einzelnen Büferschneefiguren wiederum kleine Gräte beobachtet habe, die, wenn ich ihn recht verstanden habe, wieder in der Richtung der Hauptreihen verlaufen. Ich möchte Herrn Dr. Jaeger fragen, wie er sich diese Gräte entstanden denkt.“

Herr Dr. Jaeger: „Das ist mir auch unklar. Ich vermute Sonnenwirkung und schließse Windwirkung für meine Gräte aus.“

Herr Prof. Hauthal: „Da Sie (Herr Dr. Jaeger) für diese sekundäre Gratbildung den Wind ausschließen, so müssen wir doch wohl auch für die primären Gräte, die nach Ihren Beobachtungen der Bildung der einzelnen Büferschneefiguren vorausgehen, dieselbe Ursache, die Sonne annehmen, eine Annahme, der Sie ja auch beistimmen.. Aber die einwandfreien Beobachtungen durch Prof. Dr. Hans Meyer am Chimborazo-Gipfel zeigen uns, wie wir vorhin gesehen haben, daß wir neben dem durch Sonnenwirkung entstandenen Büferschnee eine andere ähnliche Zerlegung der Firnfelder haben, die, ihrem ganzen Vorkommen nach, nur durch den Wind hervorgerufen sein kann. Für diese Formen hat Prof. Hans Meyer den Namen „Zackenfirn“ vorgeschlagen, der auch mir sehr passend zu sein scheint; aber ich muß betonen, daß der Zackenfirn des Chimborazo weder mit dem Büferschnee der argentinischen Anden, noch mit dem von Prof. Uhlig und Dr. Jaeger am Kilimandjaro beobachteten identisch ist. Die Formen sind ähnlich, aber nicht gleich; gern bekenne ich jedoch, daß ich früher etwas einseitig die Sache beurteilt habe. Die Beobachtungen von Hans Meyer haben mich überzeugt, daß außer der Sonne auch noch ein anderer Faktor, der Wind, ähnliche Figuren hervorrufen kann. Gûsfeldt hatte ja schon früher den Wind mit für die Bildung der Büferschneeformen angeführt; aber Gûsfeldt nimmt eine durch den Wind bedingte primäre

Furchung der Firnfelder an, die entweder parallel oder senkrecht zur Windrichtung verlaufen kann. Aus den so entstehenden Kämmen läßt dann Güßfeldt die einzelnen Figuren durch Sonnenwirkung entstehen. Hans Meyer aber nimmt, wenn ich ihn recht verstehe, gerade für die Herausarbeitung der einzelnen Figuren den Wind als Ursache an, und das ist das Neue, wodurch er sich wesentlich von Güßfeldt unterscheidet.

Ich möchte noch auf eine andere Erklärung hinweisen, die den Büferschnee in Parallele stellt zu den Erdpyramiden; letztere werden bedingt durch Regen und rinnendes Wasser. Der Regen kann für den Büferschnee nicht angenommen werden, da es in dem Gebiete, wo ich Büferschnee beobachtet habe, nicht regnet; und wenn rinnendes Wasser die Ursache wäre, so müßte die Richtung der Reihen sich nach der Richtung des Gefälles richten, das ist aber nach den übereinstimmenden Beobachtungen nicht der Fall. Herr Dr. Jaeger hat ja wiederholt betont, daß die von ihm am Kilimandscharo beobachteten Gräte, aus denen später die Büferschneefiguren entstehen, unbekümmert um die Terrainbeschaffenheit in gerader Richtung sich forterstrecken über Tiefen und Höhen; das weist doch auch entschieden auf Sonnenwirkung hin, die ja auch Dr. Jaeger annimmt. Wenn ich Dr. Jaeger recht verstanden habe, so glaubt er aber, daß die Zerlegung der Gräte in einzelne Zacken durch die Wirkung des rinnenden Wassers (Schmelzwasser) bewirkt werde. Ich glaube, daß hier die Sonnenwirkung einsetzt, worauf ja auch die von Dr. Jaeger erwähnte Neigung sowohl der Gräte (Kämme) als auch der einzelnen Figuren hinweist. Das rinnende Schmelzwasser wird doch in den Furchen bergab zu gelangen suchen, um dann an den tiefsten Stellen die Kämme zu durchbrechen; so werden wohl einzelne Wasserdurchlässe entstehen, aber die Kämme würden nicht in so viele einzelne Zacken zerlegt werden, da muß doch wohl eine andere Kraft wirksam sein. Es ist auffallend, daß weder meine Kollegen in den Grenzkommissionen noch ich selber in den argentinischen Anden diese Gratbildung auf den Firnfeldern als erstes Stadium der Büferschneebildung beobachtet haben. Vielleicht liegt das an der Beobachtungszeit, vielleicht kann aber auch die Bildung des Büferschnees auf zwei verschiedene Weisen eingeleitet werden. Wo ich Büferschnee gesehen habe, da erhielt ich den Eindruck, daß sich nicht erst parallele Kämme bilden, sondern daß von Anfang an einzelne isolierte in parallelen Reihen stehende Spitzen sich herausbilden (vgl. Abbild. 26). An einem Lawinen-Schneekegel hat Forel beobachtet, wie ein herabstürzender Bach sich durch die Schneemasse ein tunnelartiges Loch gegraben hatte; das von oben herabspritzende Wasser hatte nun um dieses Loch herum auf der Schneeoberfläche viele kleine isolierte spitze Pyramiden und Nadeln herausgearbeitet, die aber in ihrer Anordnung und Form durchaus nicht eine bestimmte Regel erkennen lassen und die für die Erklärung des Büferschnees oder des Zackenfirns nicht gut herangezogen werden können.“

Herr Dr. Fr. Jaeger: „Nachdem Herr Prof. Hans Meyer uns klar gezeigt hat, daß es mehrere genetisch verschiedene Arten von Zackenfirn gibt, will ich mich mit Erklärungsversuchen auf die von mir am Kilimandjaro beobachteten

Formen beschränken. Zwei Fragen sind zu beantworten: 1) Wie entstehen die parallelen Firnkämme? 2) Wie entstehen aus diesen die Zacken? Suchen wir zuerst die leichtere zu beantworten. Dafs die Zacken durch abfließendes Schmelzwasser aus den Kämmen ausgeschnitten werden, wird dadurch höchst wahrscheinlich, dafs die Zacken auch eine Anordnung nach der Richtung des größeren Gefälles zeigen. Ich gebe aber zu, dafs es nicht recht klar ist, wie das Wasser beim Vorhandensein der Rinnen zwischen den Kämmen in der Gefällsrichtung der Firnfläche abfließen kann, schräg zu diesen Rinnen. Vielleicht fließt es gelegentlich einmal auf einer gefrorenen Firn- oder Eisschicht etwas unter der Oberfläche und schmilzt dabei die Firnkämme von unten an. Wo sie durch Anschmelzung ein wenig dünner geworden sind, werden sie dann am schnellsten durchschmolzen¹⁾.

Wie entstehen nun die anfänglichen Firnkämme? Sie können nicht durch fließendes Wasser ausgeschmolzen sein, weil sie von der Gefällsrichtung unabhängig sind. Auf eine innere Struktur des Schnees können sie auch nicht zurückgeführt werden. Wir beobachteten sie unter anderem auch auf dem Schnee einer abgestürzten Lawine. Dieser hat eine unregelmäßig knollige Struktur, wie ein Haufen riesig dicker Kartoffeln. Da setzten die Firnkämme stets in ihrer O—W-Richtung gleichmäßig über die Knollen hinweg, ganz ohne Rücksicht auf die Struktur. Doch dafs Lawinenschnee nichts zur Sache tut, ist ja längst erkannt. Der Firnschnee hat allerdings eine Struktur, die Schichtung. Diese aber wird beim Ausschmelzen der Firnkämme und -Zacken rücksichtslos durchschnitten, sie ist ohne Einfluß auf die Bildung der Kämmen. Im übrigen ist der Firn homogen. Gewiß ist die Dichte von einem Korn zum nächsten verschieden, aber sonst hat er keine Struktur. Man könnte ihn mit einem feinkörnig krystallinen Gestein vergleichen. Prof. Hans Meyer meint, dafs durch innere Bewegungen des Firns infolge der Schwere eine Struktur, eine Ungleichheit der Dichte hervorgebracht werden könne. Wir kennen Firn, der sich infolge der Schwere bewegt, überall in den Firnkaren der Hochgebirge. Aber die Bewegung erzeugt darin nur durch Zug Spalten oder durch Druck Aufwölbungen, niemals ist eine regelmäßige Struktur beobachtet worden. Und wenn auch eine solche entstehen könnte, so müßte sie doch zu der Richtung, in der die Schwerkraft Bewegungen verursachen kann, zur Gefällsrichtung in irgend einer Beziehung stehen, kommt also für die Entstehung der Firnkämme nicht in Betracht.

Sehr einleuchtend ist dagegen die Erklärung, die mein Freund Uhlig, wenn nicht ersonnen, so doch wieder zu Ehren gebracht hat, dafs zuerst der noch lockere Schnee vom Wind zu kleinen Windwellen angehäuft wird, die nachher von der Sonne tiefer ausgeschmolzen werden. Ich würde das ohne weiteres glauben, wenn ich nicht diese Firnkämme gesehen hätte. Von denen kann ich mir aber nicht vorstellen, wie sie aus Windwellen entstanden sein sollten. Dann könnte wohl die Richtung nicht so konstant sein. Der Wind würde sich doch in einem Tälchen etwas verfangen und anders gerichtete Wellen erzeugen. Auch

¹⁾ Diesen letzten Gedanken habe ich in der Diskussion nicht vorgebracht, er wurde erst durch Prof. Pencks spätere Bemerkung über Schneegangeln angeregt.

am Tschingelhorn, wo die Kämme noch so winzig waren, sahen sie schon ganz anders aus als Windwellen. Überdies fanden wir ja die Kämme auch auf Lawinenschnee und auf altem Zackenfirn, wo der Schnee schon ganz fest ist, also nicht mehr zu Wellen aufgeblasen werden kann.

Ich habe den Verdacht, daß die Sonne schon von Anfang an die Firnkämme ausschmilzt. Dafür spricht die Neigung nach dem Sonnenstand, die ich ja am Tschingelhorn schon in einem ganz frühen Stadium der Entwicklung beobachtet habe. Aber es ist noch durchaus unklar, wie die Sonnenstrahlen, die unendlich dicht nebeneinander in gleicher Richtung auf ein Firnfeld auffallen, und von denen doch einer so gut ist wie der andere, diese Ungleichheit der Abschmelzung zustande bringen können.“

Herr O. Baschin: „Nach dem bisher Gesagten scheint es sich bei dem Zackenfirn um ein kompliziertes Phänomen zu handeln, bei dem jedenfalls der Wirkung der strahlenden Sonnenwärme die Hauptrolle zufällt. Das Vorherrschen der Ost-West-Richtung scheint mir durch die interessanten Ausführungen des Herrn Professor Adolf Schmidt eine plausible Erklärung gefunden zu haben, so daß nur noch die Frage nach der ersten Ursache der reihenförmigen Anordnung des Zackenfirns zu erörtern bleibt, die durch eine reihenförmige Anordnung gewisser Unregelmäßigkeiten, weniger der inneren Struktur, als der Oberfläche der Firnschicht veranlaßt sein dürfte. Solche Ungleichmäßigkeiten bilden sich in der Form von Schnee-Rippelmarken namentlich auf den weiten Schneeflächen der Polargebiete, wo der Schnee bei tiefer Temperatur nicht zusammenbackt und daher dem Einfluß des Windes unterworfen bleibt. Wenn nun hier mehrfach betont worden ist, daß die Schneeoberfläche in den Gebieten, in denen der Zackenfirn vorkommt, durch Zusammenfröhen verhärtet sei und daher einer Umlagerung durch den Wind nicht unterworfen sein könne, so scheint mir ein anderer Faktor eine maßgebende Rolle zu spielen, auf dessen gestaltenden Einfluß ich in dieser Zeitschrift bereits hingewiesen habe¹⁾, nämlich der Staub. Dieser ordnet sich auf der Schneeoberfläche — besonders deutlich auf einer erhärteten — unter dem Einfluß des Windes in langen parallelen Reihen an, die senkrecht zur Windrichtung verlaufen. Scheint dann die Sonne auf diese Oberfläche, so wird der die strahlende Wärme stärker absorbierende Staub, auch wenn er in so geringer Menge vorhanden ist, daß er dem durch die Helligkeit der sonnenbeschienenen Schneeoberfläche etwas geblendeten Auge nicht auffällt, eine leichtere Schmelzung bzw. Verdunstung des unter ihm liegenden Schnees bewirken und so zur Entwicklung paralleler Schneerücken den Anstoß geben. Liegen nun die Staubreihen zufällig in ost-westlicher Richtung, so wirkt die Sonnenstrahlung in der von Herrn Professor Adolf Schmidt geschilderten Weise in der gleichen Richtung, und beide Momente wirken zusammen, um schließlich ost-westlich gerichtete Firnrücken zu erzeugen, die von den in der Richtung des stärksten Gefälles arbeitenden Schmelzwässern durchkreuzt werden können. Es kann jedoch

¹⁾ Die Entstehung wellenähnlicher Oberflächenformen. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, 1899, Seite 423.

eine Zerlegung der reihenförmig angeordneten Staubteilchen auch schon vor dem Beginn der Einschmelzung stattgefunden haben, wenn nämlich ein spätere: Wind aus anderer Richtung ein zweites System von Rippelmarken hervorgerufen hat, das eine Durchkreuzung des primären Wellensystems zur Folge haben muß. Die Staubreihen werden dann in einzelne kleine Häufchen zerlegt, die durch Einschmelzung zur Bildung der bekannten kleinen schalenähnlichen Vertiefungen führen, die man auf angeschmolzenen Schneeoberflächen sehr häufig beobachten kann. Auch diese Anordnung des Staubes muß schließlich zu einer Zerlegung der Schneeschicht in einzelne Pyramiden führen.“

Herr Professor **Hauthal**: „Was die von Herrn Baschin erwähnte Staubbedeckung des Firnfeldes betrifft, die bei der Herausarbeitung der einzelnen Figuren wirksam sein könnte, so muß ich bemerken, daß die von mir beobachteten Büferschneefelder, wie die Photographien zeigen, an der Oberfläche staubfrei waren. Wohl aber hat, wie das eine mir von Herrn Prof. Forel zur Verfügung gestellte Photographie zeigt, dieser Forscher auf einem Schneefelde am Rhone-Gletscher kleine muldenartige Vertiefungen und Erhöhungen beobachtet, die er mit der einschmelzenden Staubbedeckung in ursächlichen Zusammenhang bringt.

Ich muß erwähnen, daß in dem breiten Tale am Ostfuß des von Gütsfeldt bestiegenen Vulkans Maipu ein großes Büferschneefeld beobachtet worden ist, dessen Material nicht eigentlich Schnee, sondern ein grobes, durch Schnee zusammengehaltenes Konglomerat von größeren und kleineren Blöcken war. Hier waren die einzelnen Figuren eben so scharf herausgeschnitten wie in den reinen Firnfeldern; dann und wann war allerdings ein größerer Block auf der Spitze der einzelnen Figuren zu beobachten, die reihenweise Anordnung war eben so scharf kenntlich wie sonst. Das hat sich ja auch herausgestellt, daß die Reihen unabhängig von der Terrainneigung, dem mehr oder weniger reinen Material und der in den Firnfeldern vorhandenen horizontalen Schichtung sind. Auch in horizontal geschichteten Firnfeldern erscheinen die einzelnen Figuren ja wie mit dem Messer herausgeschnitten¹⁾.

¹⁾ In bezug auf eine von Herrn Dr. Jaeger zum Schlufs gemachte Bemerkung möchte ich noch nachträglich folgendes erwähnen, das ich in der Diskussion nicht angeführt habe: Herr Dr. Jaeger meint „es sei nicht klar, wie die Sonnenstrahlen, die doch unendlich dicht nebeneinander in gleicher Richtung auffallen und von denen doch einer so ist gut wie der andere, diese Ungleichheit der Abschmelzung zustande bringen können.“ Um diese Schwierigkeit zu heben, hat man ja eine ursprüngliche durch verschiedene Ursachen bedingt sein könnende, ungleichmäßige Schichtung (Struktur) des Firnfeldes angenommen; eine Annahme, der ich als einer allgemein gültigen nicht zustimmen kann. Mir ist da wohl der Gedanke gekommen, ob wir, da ja doch die Sonne bei den „Sonnen-Penitentes“ als alleinige Ursache anerkannt wird, das primäre Moment nicht in einer ungleichen Beschaffenheit des Firnfeldes zu suchen haben, sondern vielmehr in einer ungleichen Beschaffenheit der Sonnenstrahlen. Dieser Gedanke erschien mir zwar sehr naheliegend, aber doch etwas abenteuerlich; ich finde ihn jedoch auch in einem Aufsatz von Herrn Wilh. Krebs (Sonnentätigkeit im Juli 1907 in Beziehung zur strahligen Wolkenbildung und zu Niederschlagsverhältnissen. Das Weltall, 8. Jahrgang, 8. Heft, S. 126) ausgesprochen, wo er Büferschnee in Parallele stellt mit der regelmässigen, streifigen Reihenstruktur, in der oft Cirruswolken, Cirrusflockchen angeordnet sind, eine Struktur die nach

Es darf vielleicht noch erwähnt werden, daß das Phänomen des Büferschnees oder Zackenfirns durchaus nicht ein seltenes ist. Es ist recht häufig zu beobachten und ist ja auch viel beobachtet worden, als bei Gelegenheit des argentinisch-chilenischen Grenzstreites jene weltentlegenen Örtlichkeiten aufgesucht werden mußten, die sonst kaum der menschliche Fuß betritt. Wir haben gesehen, daß das Problem, das uns hier heute Abend in so anregender Weise beschäftigt hat, noch nicht soweit durch Beobachtung gefördert ist, daß eine ganz einwandfreie Erklärung möglich ist. Es fehlen noch viele einschlägige Beobachtungen, die alle die hier heute Abend angeregten Fragen wohl dann am besten beantworten würden, wenn vielleicht in der verhältnismäßig leicht zu erreichenden Gegend des Aconcagua ein Büferschneefeld vom Beginne der Bildung bis zur vollendeten Ausbildung ununterbrochen beobachtet würde.“

Herr Geheimrat Penck: „Ich habe Büferschnee nie gesehen und kann nur berichten, was ich in unsern Breiten beobachtet habe. An unserm Firnschnee interessiert uns ein Phänomen, das heute nicht berührt worden ist, die Schneegangeln. Auf jedem schneebedeckten Wiesenhang sind sie im Frühjahr wahrzunehmen. Es sind Rinnen, die streng im Sinne des größten Gefälles verlaufen und sich zu Kanälen von 1–2 Fuß Tiefe vereinigen. Crammer beobachtete das Phänomen, nachdem feuchter Neuschnee auf eine alte Schneedecke gefallen war. Die Feuchtigkeit war auf dem alten Schneefeld unter dem Neuschnee hinabgelaufen.

Doch hat der Zackenfirn hiermit offenbar nichts zu tun, der bei uns in typischer Ausbildung nicht existiert und daher nicht verstanden wurde, als Güßfeld und Brackebusch die erste Kunde von ihm brachten. Jedoch kann man, wenn die Schneedecke von der Sonne weggeleckt wird und durch Evaporation schwindet, vielfach Schmelzfiguren wahrnehmen, die lebhaft an die von Dr. Jaeger beobachteten Formen erinnern; es zeigen sich Furchen, die geneigt sind in der Ebene der Sonnenbahn. In unseren Breiten sind es daher flach geneigte Einschnitte, von der Sonne wegfallend. Am Brocken beobachtete ich sie bis 1 m tief.

Doch warum tritt nun an der bestimmten Stelle der Furche Schmelzung durch Evaporation ein? Dafür scheint die Lagerung des Schnees maßgebend zu werden. Er fällt bei Wind ungleichmäßig und wird verweht, wobei nackte Flächen auf einer alten Schneeoberfläche entstehen. Die Schneedecke ist also nur scheinbar ein homogenes Gebilde, dagegen in Wirklichkeit, wie die Entstehung zeigt, sehr kompliziert struiert, was sich nicht immer an der Oberfläche zeigt. Ich möchte mich daher der Ansicht derer anschließen, die heute Abend ausgesprochen haben, daß die Koinzidenz von Sonnenwirkungen mit bestimmten Strukturen der Schneedecke für die Entstehung des Zackenfirns maßgebend wird, und zwar spielt meines Erachtens die Schmelzung der Evaporation dabei eine Hauptrolle.

Krebs „das Recht gibt zur Annahme einer Art von bestimmter Struktur der Sonnenstrahlung“, ein Gedanke, der gewiß verdient, ernst betrachtet zu werden; denn wenn die Sonnenstrahlen nicht gleichwertig sind, so hätten wir eine einwandfreie, allgemeingültige Erklärung des Büferschnees.

Ganz ähnliche Erscheinungen wie das Schmelzen der Schneedecke bietet das Karrenphänomen, von welchem wir zwei Arten, Karrenrinnen und Kluftkarren, analog den Gangeln und dem Zackenfirn, zu unterscheiden haben. Beide Arten von Karren treten häufig gleichzeitig miteinander auf. Dieses Nebeneinander-vorkommen erinnert an Jaegers Figuren des Büferschnees, die über einen Hang im Sinne von dessen Streichen hinweglaufen, aber zerschnitten sind im Sinne von dessen Fallen, ebenso wie Kluftkarren häufig von Karrenrinnen durchschnitten werden.“

Herr Professor **Ad. Schmidt**: „Ich möchte noch bemerken, dafs die Frage wohl einer experimentellen Untersuchung zugänglich wäre. Man brauchte nur an geeigneten Orten unter wechselnden sonstigen Bedingungen auf einem Schneefeld verschieden orientierte flache Vertiefungen anzulegen und ihr Verhalten vergleichend zu beobachten.“

Der Vorsitzende Herr Geheimrat **Wahnschaffe**: „Meine Herren, ich bin Ihnen sehr dankbar, dafs zunächst nur eigene Beobachtungen vorgetragen wurden. Ich hoffe, dafs die interessante Diskussion klärend gewirkt hat, und dafs dadurch, dafs alle Möglichkeiten erwogen wurden, das Problem des Büferschnees der Lösung näher gebracht ist.“
