

KARLSEISFELD-FORSCHUNGEN

DER

K. K. GEOGRAPHISCHEN GESELLSCHAFT

I. THEIL:

DIE TOPOGRAPHISCHE AUFNAHME DES KARLSEISFELDES
IN DEN JAHREN 1899 UND 1900

VON

ARTHUR FREIHERRN VON HÜBL

K. UND K. OBERST

UND LEITER DER TECHNISCHEN GRUPPE IM K. UND K. MILITÄR-GEOGRAPHISCHEN INSTITUTE

MIT 2 KARTEN, 2 TAFELN UND 2 ABBILDUNGEN IM TEXTE

ABHANDLUNGEN

DER K. K. GEOGRAPHISCHEN GESELLSCHAFT IN WIEN

III. BAND, 1901, N^o 1

WIEN 1901

R. LECHNER  (WILH. MÜLLER)

K. U. K. HOF- U. UNIVERSITÄTS- BUCHHANDLUNG

INHALT

	Seite
Vorwort	5
I. Die Wahl der Aufnahmemethode	7
II. Die Arbeiten am Karlseisfelde 1899 und 1900	II
<i>a)</i> Basierung der Aufnahme	II
<i>b)</i> Wahl der Camerastationen	14
<i>c)</i> Ausführung der Aufnahme	16
III. Construction und Ausführung der Karte	19
Die Zeichnung der Karte	22
Schlussbemerkungen	24

VORWORT

Am 26. September 1840 hat Friedrich Simony das Karlseisfeld zum erstenmale besucht.

Seit dieser Zeit hat sich an dem genannten Gletscher keine Veränderung vollzogen, über die wir nicht unterrichtet wären, denn seither stand das kleine Eisfeld unter der ständigen Aufsicht Simony's. Diese währte genau ein halbes Jahrhundert: am 27. September 1890 machte Simony seine letzte photographische Aufnahme des Gletschers.

Ueber keinen anderen Gletscher der Alpen besitzen wir eine so lange, wissenschaftlich gleichwertige Beobachtungsreihe. Allerdings reichen bei einigen Gletschern die Nachrichten bis ins 16. Jahrhundert zurück, aber das sind nur einzelne Stichproben, die sich nicht zu einer fortlaufenden Reihe gesellen.

Es wäre der Gletscherforschung gegenüber nicht zu verantworten gewesen, hätte man die stetige Beobachtung des Karlseisfeldes mit dem Tode Simony's ein Ende finden lassen. Im Gegentheile: die so verdienstlichen Arbeiten Simony's durften nicht nur mit Recht eine Fortsetzung, sondern auch eine gewisse Erweiterung beanspruchen. Zu den in Wort und Bild niedergelegten Forschungen Simony's mußte sich die topographische Aufnahme gesellen, denn die stets fortschreitende Wissenschaft kann der Karte nicht mehr entbehren, wo es sich um die Auswertung der räumlichen Schwankungen der Gletscher handelt.

Simony hat eine solche nicht geliefert; er war nicht Geodät, sondern Geograph. Die sein Erbe antraten, waren verpflichtet, auch hiefür zu sorgen.

Schon im Jahre 1896 — noch bei Lebzeiten Simony's und im Einvernehmen mit ihm — hatte die K. K. Geographische Gesellschaft eine topographische Aufnahme des Karlseisfeldes veranlasst, die durch den K. u. K. Obersten Maximilian Grolller v. Mildensee ausgeführt, und deren Ergebnisse in dem 40. Bande der «Mittheilungen» (1897) veröffentlicht worden sind.

Eine derartige Aufnahme muß aber der Natur der Sache nach in kürzeren Zeiträumen — etwa von fünf zu fünf Jahren — wiederholt oder zumindest überprüft werden, soll die darauf verwendete Mühe und Arbeit für die Wissenschaft wirklich fruchtbringend angelegt sein.

In unserem Falle machte sich dieses Bedürfnis früher geltend, theils wegen des starken Rückzuges des Gletschers, theils weil man seither erkannt hat, dass die von Oberst v. Grolller angewendete Aufnahmemethode

den Ansprüchen der Gletscherforschung nicht in allem und jedem so gerecht zu werden vermag wie das gegenwärtig zu so hoher Vervollkommnung gelangte photogrammetrische Verfahren.

Der vormalige Präsident und nunmehrige Ehrenpräsident der K. K. Geographischen Gesellschaft, Se. Excellenz FML Christian Reichsritter v. Steeb, hat sich daher ein bleibendes Verdienst um die Wissenschaft erworben, als er in der Ausschusssitzung vom 14. März 1899 beantragte, im Laufe des Sommers eine photogrammetrische Neuaufnahme des Karlseisfeldes ausführen zu lassen. FML v. Steeb hat dieses Unternehmen, nachdem seine Durchführung vom Ausschusse einstimmig beschlossen worden war, auch in so hervorragender Weise gefördert, wie er allein es zufolge seiner Stellung als Commandant des K. u. K. Militär-Geographischen Institutes zu thun vermochte. Ohne seine Fürsprache und Unterstützung wäre diese photogrammetrische Aufnahme wohl kaum zustande gekommen.

Es wäre dies aber auch nicht möglich gewesen, wenn sich nicht Herr K. u. K. Oberst Arthur Freiherr v. Hübl, der den photogrammetrischen Dienst bei der Militärmappierung eingerichtet hat, für die Sache interessiert und in uneigennützigster Weise bereit erklärt hätte, seine Kraft, Kenntnis und Erfahrung in den Dienst der Gletscherforschung zu stellen. Die Arbeit konnte daher in die berufensten Hände gelegt werden.

Herr K. u. K. Official Friedrich Pichler, Leiter der Photographie-Abtheilung im K. u. K. Militär-Geographischen Institute, hat sich gleichfalls in opferwilliger Weise an dem Unternehmen beteiligt, indem er Herrn Oberst Freiherrn v. Hübl sowohl bei der Feld- als auch bei der Hausarbeit unterstützte.

Dank gebührt endlich auch der Section Austria des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins, die das Unternehmen durch Gewährung freier Unterkunft in der Simony-Hütte förderte.

* * *

Das Karlseisfeld-Werk wird aus drei Theilen bestehen.

Der vorliegende erste Theil von Herrn Oberst Freiherrn v. Hübl umfasst die Aufnahmsarbeiten und die darauf beruhende Karte des Karlseisfeldes.

Der zweite Theil wird die Geschichte des Karlseisfeldes behandeln, und der dritte dessen heutige Beschaffenheit.

Indem ich die Ausarbeitung dieser beiden Theile, die erst später erscheinen können, übernommen habe, entspreche ich einem letztwilligen Wunsche meines unvergesslichen Lehrers Friedrich Simony. Der Begründer der physikalischen Geographie in Oesterreich hat mir zu diesem Zwecke seinen gesammten wissenschaftlichen Nachlass als Vermächtnis überweisen lassen, und ich werde mich bestreben, die Forschungen an den Dachsteingletschern auch weiterhin in seinem Sinne fortzusetzen.

Wien, im April 1901

August v. Böhm

DIE TOPOGRAPHISCHE AUFNAHME DES KARLSEISFELDES

I. DIE WAHL DER AUFNAHMSMETHODE

Die ausgedehnten Eisfelder, die die Hochregion unserer Gebirgszüge bedecken, setzen der topographischen Aufnahme mit Messtisch und Tachymeter wegen ihrer eigenthümlichen Formen, der wechselnden Beschaffenheit ihrer Oberfläche, der theilweisen Ungangbarkeit und den wegen der hohen Lage meist ungünstigen meteorologischen Verhältnissen eine Reihe von Schwierigkeiten entgegen, die nur durch einen relativ grossen Aufwand an Zeit und Mühe zu überwinden sind.

Während nämlich die Formen eines erdigen Terrains fast nur durch die Wirkung des abfließenden Wassers bestimmt werden und sich daher durch einen einfachen gesetzmäßigen Bau auszeichnen, zeigt das Gletscher- und Moränengebiet eine eigenthümliche, scheinbar regellose Gliederung. Durch Hindernisse im Gletscherbett entstehen Stauungen in der sich langsam thalwärts bewegenden Eismasse, wodurch den sonst herrschenden Gesetzen widersprechende Formen zustande kommen. Noch gesetzloser und äußerst compliciert ist das Formendetail der am Rande liegenden, durch Ansammlung und Anstauung von Geröllen entstandenen Moränen.

Die Ermittlung des Gletscher- und Moränenreliefs fordert daher die Bestimmung eines dichten Punktnetzes, was mit Rücksicht auf die hier herrschenden Arbeitsverhältnisse oft mehr als eine bloße Zeitfrage bedeutet.

Die Witterungsverhältnisse in der Gletscherregion beschränken die Thätigkeit des Geodäten auf nur wenige Wochen des Hochsommers, und infolge der fließenden Bewegung des Gletschers können die im Eise gesetzten Signale schon oft nach kurzer Zeit eine deutlich wahrnehmbare Verschiebung zeigen; auch zählt der lange Aufenthalt in den Schutzhütten und die Handhabung der Instrumente auf der nasskalten Eisfläche keineswegs zu den Annehmlichkeiten, und die im Hochgebirge allgemein übliche hohe Entlohnung der Handlanger verursacht namhafte Kosten.

Der Oberfläche des Eises fehlen weiters Details, die genug deutlich und charakteristisch wären, um natürliche Marken bei der geometrischen Punktbestimmung mit dem Messtisch zu bilden. Allerdings zeigt die Oberfläche meist eine reiche Fülle von Details, denn der Gletscher ist mit Sprüngen, Spalten, Rillen, Wasserrissen, einzelnen Steinen u. dgl. übersät, die aber so

wenig eigenartig sind, dass sie von einem zweiten Standpunkte nicht wieder erkannt werden können. Die in den Vertiefungen des aperen Gletschers meist vorhandenen Schneereste würden zwar wegen ihrer deutlichen, scharfen Umgrenzung recht brauchbare, natürliche Marken abgeben, sind aber sehr unverlässlich, da sie vielleicht schon am nächsten Tage ihre Gestalt völlig verändert haben oder auch gänzlich verschwunden sind. Eine Aufnahme mit dem Messtisch fordert daher das Aufstellen einer großen Zahl künstlicher Signale, deren Beschaffung in diesen, hoch über der Waldgrenze gelegenen Gebieten mit großen Schwierigkeiten verbunden ist.

Die tachymetrische Methode ist zwar viel brauchbarer, sie versagt aber an den steilen Eishängen ebenso wie an der ungangbaren Felsumrahmung; gewisse spaltenreiche Gletschertheile fordern zeitraubende Vorsichtsmaßregeln bei ihrer Begehung durch den Figuranten, und oft ist es gar nicht möglich, Spalten, deren Situation zu bestimmen wäre, mit der Latte zu erreichen.

Bei beiden Aufnahmeverfahren müssen zahlreiche Stationen auf dem Gletscher selbst gewählt werden, der sich für eine sichere Aufstellung der Instrumente nur schlecht eignet, denn die Stativfüße sinken langsam in das Eis, und die Orientierung des Messtisches oder Fernrohres geht verloren.

Alle diese Verhältnisse drängen zur Anwendung der Photogrammetrie, eines Verfahrens, das in dem vorliegenden Falle noch eine Reihe weiterer Vortheile bietet.

Die Feldarbeit der Photogrammetrie beschränkt sich auf die photographische Aufnahme des Geländes von passend gewählten Standpunkten und gestattet die volle Ausnützung einzelner, vom Wetter begünstigter Tage.

Sie braucht weiter keinerlei künstliche Punktmarkierung, und die Camera-Stationen können, wenn nöthig, auch auf dem Gletscher gewählt werden, da die richtige Stellung des Apparates nur während des Augenblickes der Exposition erforderlich ist.

Dass die Photogrammetrie — der doch das Princip der Messtischaufnahme zugrunde liegt — der Punktssignale am Eisfelde entbehren kann, erklärt sich durch die Leichtigkeit, mit der Details auf photographischen Bildern identifiziert werden können. Während es nämlich ganz ausgeschlossen ist, ein von einem Standpunkte in der Natur gesehenes Detail, z. B. einen bestimmten Punkt eines Spaltensystems, von einem zweiten Standpunkte wieder zu erkennen, was nothwendig wäre, um diesen Punkt durch Rayonnieren und Schneiden am Messtische festzulegen, unterliegt das Erkennen solcher identer Punkte auf den von diesen Standpunkten aufgenommenen Photographien gewöhnlich gar keinem Anstande. Von einem Bilde zum andern blickend, wechseln wir gleichsam den Standpunkt, erkennen dann bald das gleiche Spaltensystem, vermögen weiters den Verlauf der einzelnen Spalten in beiden Ansichten zu verfolgen, und irgend ein ganz unbedeutendes Detail einer derselben wird als identischer Punkt gewählt. Durch Rayonnieren und Schneiden wird dann seine Horizontalprojection und Höhenlage ermittelt.

In dieser Weise lassen sich auf den aperen Theilen des Gletschers nicht nur eine fast beliebige Zahl von Höencoten zur Ermittlung seines Reliefs

gewinnen, es kann auch der Verlauf aller größeren Spalten, Gletscherbäche, Schuttstreifen, Structurlinien etc. festgelegt werden.

In besonders schwierigen Fällen, das ist bei Bildern von weit auseinanderliegenden oder sehr verschieden hochliegenden Standpunkten, kann die Punktidentificierung durch Zuhilfenahme der Kernstrahlen wesentlich erleichtert werden, ein Vorgang, der später, wegen seiner Wichtigkeit bei der photogrammetrischen Gletscheraufnahme, noch besprochen werden soll.

Auf den von Firnschnee gleichmäßig bedeckten Flächen fehlt allerdings auch der Photogrammetrie die Möglichkeit einer derartigen Punktbestimmung, und um sie auch hier verwendbar zu machen, müssen in irgend einer Weise künstliche Merkmale geschaffen werden.

Das Aufstellen von Stangen mit kreuzweise befestigten Brettchen oder Fahnen ist ganz unzureichend, da solche Signale bei etwas größerer Entfernung in den Bildern nicht mehr aufzufinden sind. Selbst schwarze Signalscheiben von etwa 1 m Durchmesser würden sich auf 1 km Entfernung in der Größe eines gröberen Nadelstiftes abbilden und wären daher in den Bildern von den stets vorhandenen Staubpunkten kaum zu unterscheiden. Von solchen umständlichen und zeitraubenden Hilfsmitteln darf die Photogrammetrie keinen Gebrauch machen, denn ihre Vorzüge gehen damit ganz verloren, und ihre Anwendung wäre nicht mehr gerechtfertigt.

Doch braucht die Photogrammetrie auch im Gebiete des Firnschnees, vorausgesetzt, dass für ihre Anwendung sonst günstige Verhältnisse vorhanden sind, noch nicht die Concurrenz mit dem Tachymeter zu scheuen, denn wir verfügen über ein höchst einfaches Mittel — das Treten von Fußsteigen — um auf den monotonen Schneeflächen künstliche Marken hervorzubringen, die allerdings nur bei diesem Verfahren brauchbar sind. Bei schräger Sonnenbeleuchtung sind die Fußsteige in den Bildern als continuierliche Linien noch auf 1—2 km Entfernung gut erkennbar, und mit Hilfe der schon oben erwähnten Kernstrahlen lassen sich in ihrem Zuge eine beliebige Zahl von identen Punkten ermitteln und ihrer Lage und Höhe nach bestimmen.

In den photographischen Bildern finden wir aber auch noch weiteres Materiale für die Ermittlung des Gletscherreliefs. Die Contourlinien der wellenförmig gestalteten, sanft geböschten Formen können, gestützt auf die perspectivischen Eigenthümlichkeiten der Bilder, in Abstände gleicher Höhe getheilt werden, wodurch ein wertvoller Behelf für die Führung von Niveaulinien gewonnen werden kann.

Bei einer Gletscheraufnahme, die der wissenschaftlichen Forschung dienen soll, ist das photographische Bild nicht nur Mittel für die Construction des Planes, es kommt ihm auch als perspectivische Ansicht ein ganz besonderer Wert zu. Aus diesen Ansichten ist jede im Laufe der Zeit eintretende Veränderung der Structurverhältnisse erkennbar, und aus einer in den Bildern wahrnehmbaren Veränderung der Contour- und Grenzlinie kann leicht auf die Verschiebung der Eismassen geschlossen werden.

Aus photographischen Ansichten, die nach einer Reihe von Jahren von denselben Standpunkten aufgenommen werden, kann somit die Verände-

zung jeder größeren Spalte, jedes Gletscherbaches, der Grenzen des Eisfeldes, der Gletscherzungen, der Uferlinien von etwa vorhandenen Seen etc. nicht nur mit Leichtigkeit constatirt, sie kann auch ziffermäßig verfolgt werden.

Die Genauigkeit des photogrammetrischen Verfahrens lässt sich dem jeweiligen Zwecke der Aufnahme anpassen und ist auch ohne besonders zeitraubende Complicationen leicht soweit zu steigern, dass sie der Arbeit mit dem Messtisch und Tachymeter ebenbürtig wird. Eine genügend lange Objectivbrennweite und eine rationelle Construction der Camera im Vereine mit einem — bezüglich Zahl und Entfernung der Standpunkte — passend gewählten Arbeitsmodus bilden die Mittel, um in dieser Beziehung den jeweilig gestellten Anforderungen zu entsprechen.

Die Photogrammetrie ist somit bei der Aufnahme von Gletschern, besonders wenn diese die Grundlage für das Studium seiner Veränderungen bilden soll, jedem anderen Verfahren weit überlegen. S. Finsterwalder hat schon vor Jahren die Bedeutung der Photogrammetrie für diesen Zweck erkannt, und gegenwärtig wäre es ein grober Fehler, wenn man Gletscheraufnahmen ohne Zuhilfenahme der Camera ausführen wollte.

Der Umstand, dass man nach dem Exponieren der photographischen Platten das Gelände ohne jedes sichtbare Resultat verlässt, vermag anfänglich wohl zu beunruhigen, doch zeigt die Auswertung der Bilder, die dann in aller Ruhe erfolgen kann, dass diese meist ein viel wertvolleres Materiale abgeben als das am Messtisch erzielte Punktnetz mit den doch nur flüchtig eingezeichneten Formen.

Der photogrammetrischen Terrainaufnahme wird oft die langwierige Zimmerarbeit vorgeworfen. Bei Gletscheraufnahmen kommt dieser Umstand gewiss nicht in Betracht; hier muss unbedingt eine thunlichste Abkürzung der Arbeit an Ort und Stelle angestrebt werden, und wer jemals stundenlang auf dem mit wässrigem Schnee bedeckten Eis — einem erstarrenden Winde ausgesetzt — ein Instrument zu handhaben hatte, wird dieser Thätigkeit gewiss eine zwei- bis dreimal so lang währende Zimmerarbeit vorziehen.

Ein empfindlicher Mangel der Photogrammetrie sind dagegen ihre oft unvollkommenen Resultate, sobald man mit einer nur geringen Zahl von Stationen das Auslangen finden will.

In einem reicher gegliederten Terrainabschnitt sind dann Lücken in der Construction unvermeidlich, die mit Hilfe eines anderen geodätischen Verfahrens geschlossen werden müssen. Doch ist dieser Vorgang gewiss zweckmäßiger, als wenn man — nur der Selbständigkeit der Photogrammetrie zuliebe — weitere Camerastationen eingeschaltet hätte, aus deren Bildern einige wenige Detailpunkte resultieren, die man mit weit geringerer Mühe durch ein directes Verfahren erhalten hätte. Auch bei der Gletscheraufnahme soll die Photogrammetrie nicht immer selbständig auftreten wollen, das tachymetrische Verfahren soll sie, wenn nöthig, unterstützen, denn dann erst kommen ihre Vorzüge ganz zur Geltung.

Die unausgesetzte Veränderung gewisser Details auf der Gletscheroberfläche lässt einen eigenthümlichen Vorgang bei der photogrammetrischen Aufnahme zweckmäßig erscheinen. Ein Schneefall während der Nacht verwandelt das Eisfeld in eine monotone Fläche, und das Randgebirge erscheint mit weißen Flecken und Streifen übersät; in den nächsten sonnenhellen Tagen schmilzt dann langsam die Schneedecke, anfänglich zahlreiche Reste in den flachen Vertiefungen zurücklassend, die Eisspalten und Löcher werden wieder allmählich sichtbar, das abfließende Wasser bildet Rinnsale, und die Schneeflecke auf den Felsen und Moränen werden immer spärlicher. Die Schneeschmelze erstreckt sich auf immer höhere Theile des Gletschers, bis ein erneuerter Wettersturz eintritt und das Spiel sich wiederholt.

Sollen die Details der Gletscheroberfläche als natürliche Marken der Photogrammetrie dienen, so müssen die Aufnahmen von den verschiedenen Standpunkten rasch hintereinander erfolgen, weil den in Zwischenräumen von mehreren Tagen hergestellten Bildern die nöthige Uebereinstimmung fehlen würde.

Man theilt daher das ganze Aufnahmegebiet in mehrere Abschnitte, die einzeln von je drei Stationen erledigt werden. Sind diese leicht zugänglich, so können sie in etwa 3 Stunden absolviert sein, besonders wenn man die nöthigen Winkelmessungen erst später nachträgt.

Die photogrammetrischen Standpunkte werden thunlichst auf der Felsumrahmung und so hoch gewählt, dass sie einen vollen Ausblick auf den Gletscher und seine Randbegrenzung gewähren. Die günstigste Beleuchtung bietet das schräge auffallende Sonnenlicht während der Morgen- und Nachmittagsstunden, bei welchem alle Details der Eisfläche besonders prägnant hervortreten. Da die spätere Ausarbeitung des Planes durch photographische Bilder, welche das Gletscherrelief und das Formendetail der Felsumrahmung klar und charakteristisch erkennen lassen, wesentlich unterstützt wird, so ist es zweckmäßig, Ansichten bei verschiedener Beleuchtung mit Hilfe eines Stereoskopapparates anzufertigen. Solche Bilder gewähren einen ungleich besseren Einblick in die Formengliederung als gewöhnliche Photographien in selbst großen Formaten.

II. DIE ARBEITEN AM KARLSEISFELDE

1899 UND 1900

a) Basierung der Aufnahme

Als geodätische Grundlage für die Aufnahme des Eisfeldes waren die bei der Catastervermessung ermittelten Abstände und Höhen der Punkte: Dachstein, Hoher und Niederer Gjaidstein in Aussicht genommen.

Da jedoch auf dem Niederen Gjaidstein keine Markierung mehr vorhanden war, so wurde beschlossen, von den beiden erstgenannten Punkten einen dritten bei der Simonyhütte zu bestimmen, seine Höhe und Lage durch Winkelmessungen nach den Pyramiden des Plassens und Krippen-

steins zu controlieren und auf dieses Dreieck von etwa 2 km Seitenlängen die Arbeit zu basieren.

Als Fixpunkt bei der Simonyhütte wurde das einen Flaggenstock tragende Steinmandel östlich von der Hütte gewählt.

Die Erfahrung bei der photogrammetrischen Aufnahme früherer Jahre hat gelehrt, dass bei den fast immer ungünstigen Witterungsverhältnissen im Hochgebirge jeder günstige klare Tag zunächst der Photographie gewidmet werden muss und alle anderen Arbeiten erst später, eventuell bei minder gutem Wetter nachzutragen sind. So wurde auch hier während der schönen Tage photographiert, wobei von jeder Camerastation die Winkel nach den anderen Stationssignalen und Fixpunkten beobachtet wurden, um das Materiale für die Bestimmung der Standpunkte zu gewinnen. Es entstand dadurch ein vielfach verbundenes Dreiecksnetz, in dem nur noch die Lage des Fixpunktes bei der Simonyhütte festzulegen war. Das schlechte Wetter am Schlusse der Arbeitsperiode machte aber die zu diesem Zwecke nöthigen Winkelmessungen vom und zum Dachstein unmöglich. Es musste daher versucht werden, den Fixpunkt bei der Simonyhütte durch Rückwärtseinschneiden, unter Benützung mehrerer, ausserhalb des Arbeitsgebietes gelegener Punkte zu ermitteln.

Hiezu blieb durch drei Tage der Theodolit bei der Simonyhütte aufgestellt, um in dem hin- und herwogenden Wolkenmeer eine freie Sicht nach einem der Signale zu erhaschen. So gelang es, die Winkel nach dem Hohen Gjaidstein, Krippenstein und Plassen mehrmals zu messen und die Dreiecke des Standpunktnetzes zu schließen, die Dachstein-Pyramide blieb stets verhüllt.

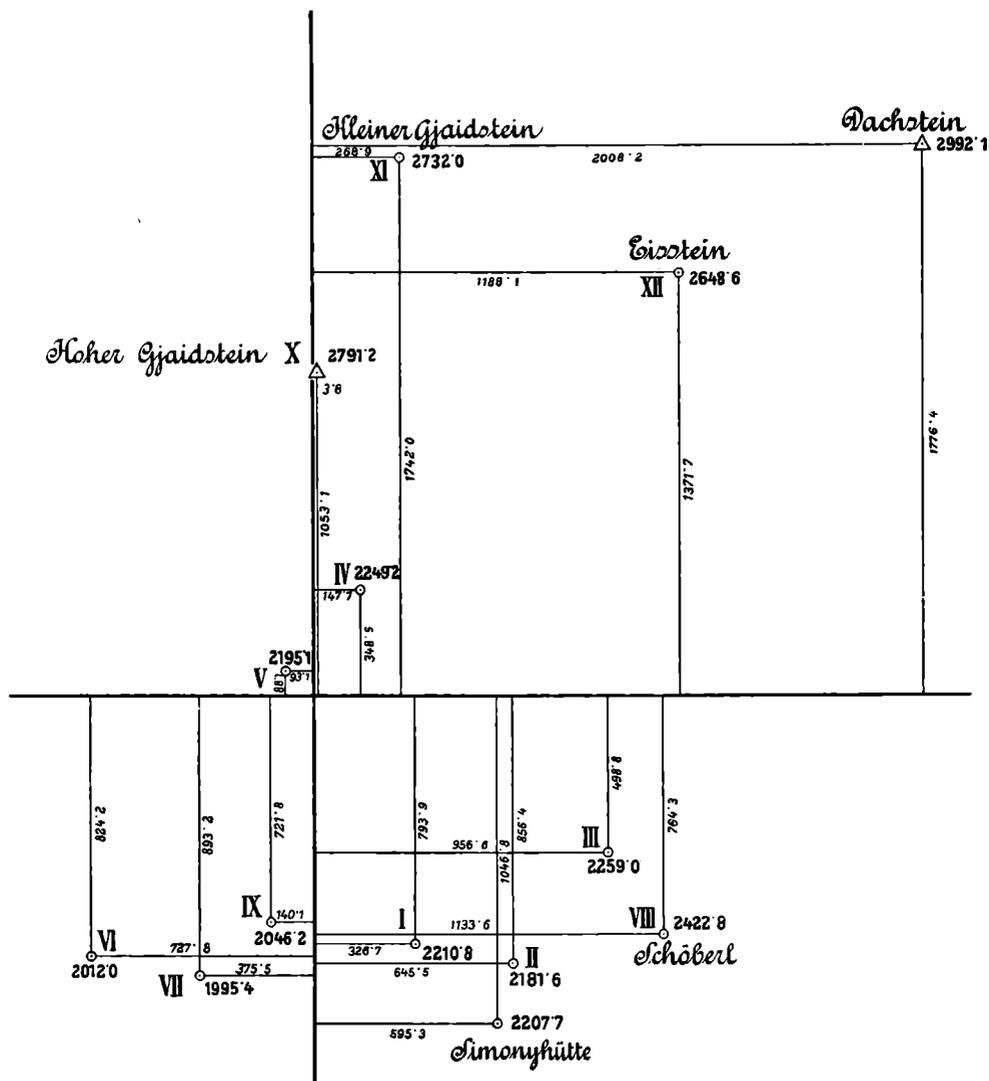
Die Aufnahme des Eisfeldes war somit auf die beiden Catasterpunkte Dachstein und Hoher Gjaidstein und den pothenotisch zu bestimmenden Punkt bei der Simonyhütte basiert. Berücksichtigt man überdies, dass an Stelle der Gjaidstein-Pyramide, nur eine für die Situation, nicht aber für die Höhe maßgebende Markierung vorgefunden wurde, und dass weiters für die Höhe dieses Punktes und des Dachsteins verschiedene, ziemlich differierende Angaben existieren, so schien wohl die Aufnahme eines sicheren Fundamentes zu entbehren. Die später ausgeführte Rechnung ergab aber trotzdem ein recht befriedigendes Resultat.

Für die erwähnten Punkte sind folgende Angaben vorhanden:

Militär-mappierung 1874	{	Dachstein 2996 m	}	Höhenunterschied 210 m
	{	Hoher Gjaidstein 2786 m	}	
Cataster-Reambulierung 1875	{	Dachstein 2992·1 m	}	Höhenunterschied 200·9 m
	{	Hoher Gjaidstein 2791·2 m	}	
Aufnahme des Karlseisfeldes durch den K. u. K. Obersten v. Groller 1896	{	Dachstein 2994·5 m	}	Höhenunterschied 208·5 m
	{	Hoher Gjaidstein 2786 m	}	

Der Höhenunterschied dieser Punkte wurde direct vom Hohen Gjaidstein und indirect von fast sämmtlichen Camerastationen erhalten und beträgt im Mittel 200·5 m, daher an der Richtigkeit der Daten des Catasters kaum gezweifelt werden kann. Die Differenz von 0·4 m erklärt sich durch den

Umstand, dass, wie schon erwähnt, die Pyramide am hohen Gjaidstein nicht mehr besteht, diesen vom Cataster gemessenen Punkten eine unterirdische Markierung fehlt und der von Gesteinstrümmern bedeckte Gipfel eine verschiedene Auffassung über die Lage des natürlichen Bodens zulässt.



1 : 25.000

Fig. 1.

Die Lage des bei der Simonyhütte gelegenen dritten Basispunktes wurde rechnerisch ermittelt und seine Höhe mit 2207,7 m gefunden.

Auf Grund der so geschaffenen Basis: Dachstein, Hoher Gjaidstein und Simonyhütte ergaben sich dann die Abstände und Höhen der Camera-stationen.

Wegen der äußerst ungünstigen Witterungsverhältnisse im Jahre 1899 konnte die Aufnahme des Eisfeldes nicht ganz abgeschlossen werden, und da die während des Winters ausgeführte Construction einige Lücken zeigte und es überdies wünschenswert war, eine Anzahl für die spätere Forschung wichtiger Marken geodätisch festzulegen, so wurde im Jahre 1900 der Gletscher nochmals besucht.

Bei günstigem Wetter wurden auch die Elemente für die Lage des Punktes bei der Simonyhütte nochmals erhoben und auch die Dachstein-Pyramide in die Messungen einbezogen. Die Rechnung bestätigte die Richtigkeit der oben angegebenen Höhe dieses Punktes, forderte jedoch eine Verschiebung seiner Lage um etwa 2 m gegen Westen. Diese ist zwar (bei Berücksichtigung des Kartenmaßstabes 1 : 10000) ohne Bedeutung für die Grundrissconstruction, sie übte aber einen Einfluss auf das Höhennetz, das aus zum Theile sehr steilen Visuren — aus Winkeln bis zu 20° — abgeleitet ist. Die Höhe fast sämtlicher Camerastationen musste daher um 0·2—0·7 m vergrößert werden.¹⁾

Die Höhe des Punktes bei der Simonyhütte, die, wie erwähnt, aus den Höhen der Catasterpunkte Dachstein, Hoher Gjaidstein, Krippenstein und Plassen abgeleitet wurde, ist mit einem mittleren Fehler von $\pm 0\cdot5$ m behaftet, während die vom Ausgangsdreieck abgeleiteten Höhen der Camerastationen nur den mittleren Fehler $\pm 0\cdot07$ m aufweisen. Diese Zahl bildet eigentlich den Maßstab für die Genauigkeit des Standpunktnetzes, da es in dem vorliegenden Falle ziemlich gleichgiltig ist, ob die absolute Höhe aller Coten um etwa 1 m zu hoch oder zu nieder angegeben wird.

Eine einwandfreie Bestimmung der absoluten Höhen wäre überhaupt nur durch den Anschluss an die Linie des Präcisionsnivelements, beziehungsweise an die neue Triangulierung I. Ordnung möglich.

Dem vorstehenden Skelete (Fig. 1) sind die Abstände und Höhen der triangulierten Punkte zu entnehmen; die Abstände beziehen sich auf Meilenlinien des Catastral-Coordinatensystem Gusterberg bei Kremsmünster.

b) Wahl der Camerastationen

Das Karlseisfeld (Fig. 2) gliedert sich in zwei Theile, die als gesonderte Aufnahmegebiete anzusehen sind. Der untere Abschnitt reicht etwa bis zur Schichtenlinie 2500 m, ist während des Hochsommers meist schneefrei und wird von der nördlichen Felsumrahmung vollkommen eingesehen. Zahlreiche Sprünge, Risse, Löcher, deutliche Spuren horizontaler Schichtung, die Gerinne von Wasserläufen, Reste von Neuschnee, verstreut liegende

¹⁾ Im XIX. Bande der «Mittheilungen des K. u. K. Militär-Geographischen Institutes 1899» wurde als Beispiel für die Genauigkeit der photogrammetrischen Höhenmessung die aus den Bildern von zehn Standpunkten ermittelte Höhe des Dachsteins angeführt, wobei fast durchaus zu kleine Werte gefunden wurden. Der Höhenrechnung lagen nämlich damals noch die uncorrectierten Höhen zugrunde. Als mittlerer Wert aus den zehn Messungen resultierte für die Dachsteinhöhe 2991·9 m statt 2992·1 m, und der mittlere Fehler ergab sich mit 0·57 m. Berücksichtigt man die Correcturen der Stationshöhen, so erhält man für die Höhe des Dachsteins den richtigen Wert 2992·1 m, und der mittlere Fehler wird auf 0·49 m verringert.

Steine u. s. w. liefern ein auch auf größere Entfernungen deutlich sichtbares, reiches Detail für die photogrammetrische Punktbestimmung.

Der obere Gletscherabschnitt zeigt sanfter geböschte Hänge, die von einzelnen breiten Mulden und Rücken unterbrochen werden. Eine ständige

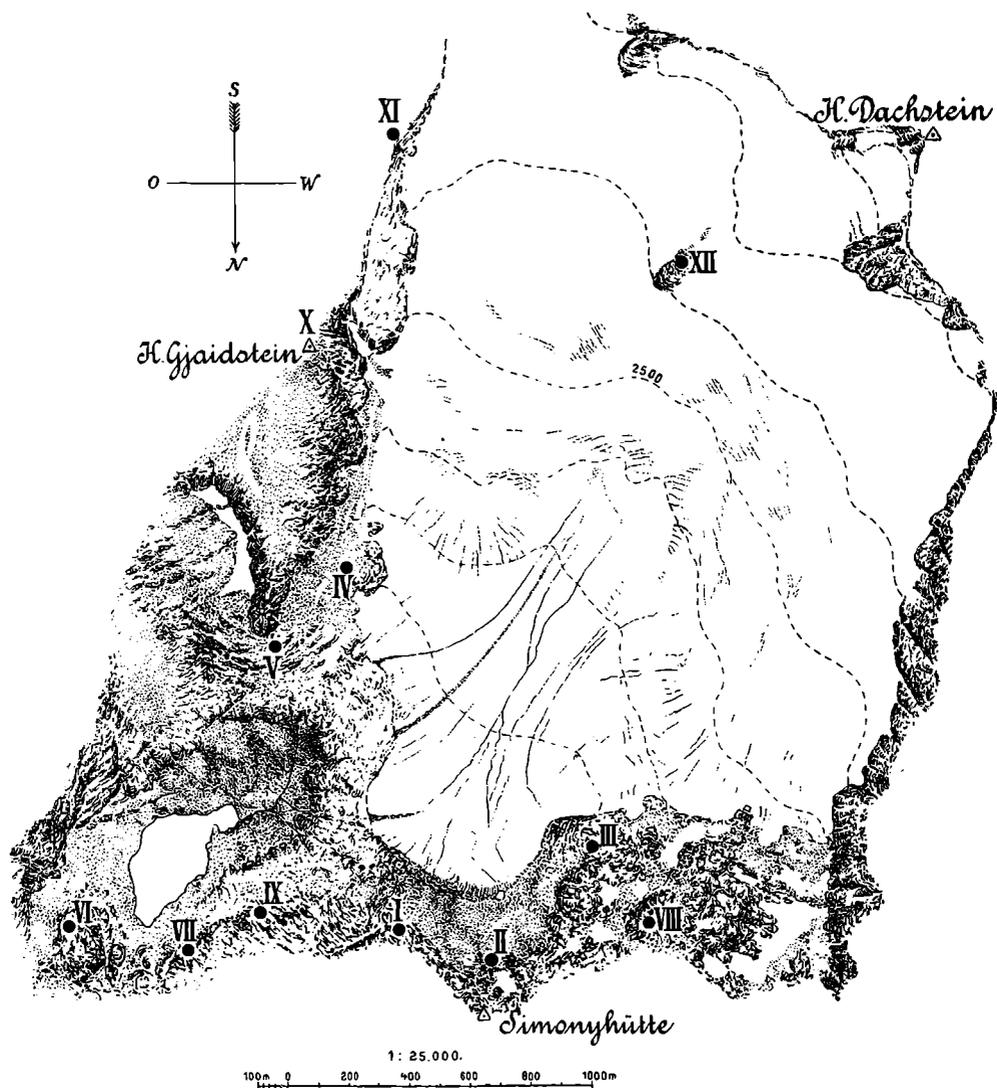


Fig. 2.

Schneedecke verleiht ihm ein monotones, wenig gegliedertes Aussehen. Dieser Theil ist daher für eine photogrammetrische Aufnahme viel weniger günstig, doch bieten die in seinem südöstlichen Gebiete noch vorhandenen Eisspalten und aperen Stellen die Möglichkeit zur Bestimmung eines ziemlich dichten Punktnetzes, und nur der westliche und südwestliche Theil forderte vor der Aufnahme eine passende Vorbereitung und auch die Mitwirkung des Tachymeters.

Für die Aufnahme des unteren Gletscherabschnittes wurden die Camera-stationen I, II und III gewählt; sie bilden eine etwa 700 *m* lange Basis zur Bestimmung der höchsten, 2000 *m* entfernt liegenden Punkte. Der obere Gletscher sollte von den Punkten X, XI und XII aufgenommen werden. Diese sechs Standpunkte wären eigentlich ausreichend gewesen, um das Relief des Eisfeldes und den größten Theil der Felsumrahmung festzulegen, und nur das nördlich gelegene Moränengebiet forderte die weiteren Stationen IV und V. Für das tiefliegende Taubenkar, das als altes Gletscherbett in die Aufnahme einbezogen werden sollte, wurden die Standpunkte VI, VII und IX gewählt. Die Station «Schöberl» endlich (Standpunkt VIII) sollte ein charakteristisches Bild des Gletscherreliefs liefern und wegen der nach allen Seiten freien Sicht als controlirender Punkt für das ganze Aufnahmegebiet Verwendung finden.

Auf den gewählten Punkten wurden Stangensignale mit roth angestrichenen Brettchen errichtet.

Die dauernde Bezeichnung dieser Punkte erfolgte erst nach der photographischen Aufnahme durch mit rother Oelfarbe hergestellte Marken, über denen ein solides Steinmandel errichtet wurde.

c) Ausführung der Aufnahme

Für die photographische Aufnahme wurde der im K. u. K. Militär-Geographischen Institut in Verwendung stehende, vom Verfasser construierte Apparat für Polygonaufnahmen mit einem Objectiv von 245 *mm* Brennweite benützt.¹⁾ Als Winkelmessinstrument diente ein kleiner Theodolit mit Minutenablesung, der sich auf das Camerastativ aufsetzen lässt.

Zur Verwendung kamen orthochromatische Eosinsilberplatten von Perutz, die sich in jeder Beziehung vorzüglich bewährt haben. Die exponierten Platten wurden in die leeren Schachteln verpackt und erst nach der Rückkehr in Wien entwickelt.

Da jedoch die gegebenen Verhältnisse — blendend helle Flächen neben dunklen, oft im Schatten liegenden Felsmassen — ziemlich hohe Anforderungen an die Photographie stellen, da es weiters fraglich erschien, ob auch die Details der Eisfläche im photographischen Bilde genügend deutlich erscheinen und auch die Eigenthümlichkeiten der Platten nicht bekannt waren, so erschien es geboten, einige der zuerst exponierten Platten an Ort und Stelle zu entwickeln. Dieser Vorgang ist stets empfehlenswert, weil er auch von der völligen Lichtdichtigkeit der Camera Ueberzeugung verschafft, die beim Transport immerhin gelitten haben könnte, und nur die Mitnahme von zwei Tassen nebst etwas Entwickler und Fixiernatron erforderlich macht.

Die Probeentwicklung fiel in jeder Beziehung zufriedenstellend aus; die Negative waren in photographischer Hinsicht tadellos, und das reiche, scharf gezeichnete Detail auf der Gletscherfläche beseitigte zum größten Theile die stets vorhandenen Zweifel über die Ausführbarkeit der Arbeit.

¹⁾ Mittheilungen des K. und K. Militär-Geographischen Institutes, Band XIX, 1899.

Die photographischen Aufnahmen erfolgten stets in den Morgenstunden bei klarer Sonnenbeleuchtung, nur der Standpunkt VIII wurde an einem Nachmittag absolviert, um von den vormittags im Schatten liegenden Felswänden auch sonnenbeleuchtete Bilder zu erhalten. Der Aufenthalt im Aufnahmsgebiete erstreckte sich im Jahre 1899 auf 20 Tage, und die Arbeit wurde durch die gute Unterkunft in der sehr günstig gelegenen Simonyhütte wesentlich erleichtert.

Die Witterung war derart ungünstig, dass ein directes Aufnahmeverfahren während dieser Zeit kaum über die ersten Anfänge gediehen wäre. Heftige Gewitter mit anschließenden tagelang währenden Regen und Schneestürmen, dann wieder trübes Wetter mit Nebel und tiefziehenden Wolken beschränkten die Möglichkeit der Arbeit auf nur wenige Tage.

Trotz dieser Ungunst des Wetters wurde doch ein sehr zufriedenstellendes Resultat erzielt.

Die photogrammetrische Gletscheraufnahme fordert wegen ihrer Eigenenthümlichkeiten eine Summe von Erfahrungen, die erst bei Ausführung der Construction erworben werden können. Ob sich in den Bildern thatsächlich die kleinen Gletscherdetails identificieren lassen, besonders aber ob von der bisher noch nicht benützten Markierung durch Fußsteige ein brauchbares Resultat zu erwarten ist, waren Fragen, die zur Zeit der Aufnahme noch zweifelhaft waren, umsomehr als bei den von S. Finsterwalder ausgeführten Aufnahmen die Photogrammetrie nur neben einer ausgedehnten Benützung des Tachymeters zur Anwendung kam.

Diese Zweifel im Vereine mit der deprimierenden Wirkung des fast un- ausgesetzt schlechten Wetters haben das Vertrauen zu der Arbeit derart untergraben, dass diese schließlich nicht mehr als definitive Aufnahme, sondern nur als größerer Versuch betrachtet wurde. Die Construction ergab dann ein über alles Erwarten günstiges Resultat und zeigte, wie leicht es gewesen wäre, die Aufnahmen noch im ersten Jahre, entweder auf photogrammetrischem Wege oder durch Benützung des Tachymeters zu vollenden.

Der Verlauf der Arbeit ist aus nachstehendem Tagebuchauszug zu entnehmen:

8. August. Ankunft in der Simonyhütte. Allgemeine Recognoscierung des Aufnahmsgebietes behufs Feststellung eines Arbeitsplanes.
9. August. Trübes, regnerisches Wetter. Ueberprüfung der Instrumente. Um für die Photogrammetrie einzelne, zweifellos sichere Marken am Gletscher zu gewinnen, wird der Versuch gemacht, schwarze, $\frac{1}{2}$ m breite Stoffstreifen am Eis zu befestigen, was jedoch in keiner Beziehung zu einem zufriedenstellenden Resultat führt (die spätere Erfahrung lehrte, dass am aperen Gletscher jedes Punktsignal überflüssig ist).
10. August. Dichter Nebel und Regen. Die Handlanger beschaffen von der Ochsenwiesalm Signalstangen.
11. August. Tadellos schönes, klares Wetter. Photographische Aufnahme von den Standpunkten I, II und III. Zwischen je zwei dieser Punkte wird noch ein Camerastrand eingeschaltet, um die spätere Identificierung der Gletscherdetails zu erleichtern.
12. August. Ununterbrochener Regen. Probeplatten entwickelt. Die Handlanger beschaffen Signalstangen.

13. August. Vormittag Nebel; Nachmittag tritt völlige Ausheiterung ein, die photographischen Aufnahmen vom Standpunkt VIII (Schöberl) werden durchgeführt.
14. August. Schönes, klares Wetter. Erledigung der Standpunkte IV und V. Ein heftiger Wind macht die Theodolitbeobachtungen so schwierig und unsicher, dass ihre Wiederholung wünschenswert ist.
15. August. Der ganze Gletscher in Wolken gehüllt, später Regen.
16. August. Schönes, klares Wetter, daher die Standpunkte im Taubenkar absolviert werden sollen. Um 10 Uhr, nach der Erledigung des Punktes VI beginnt es wieder zu regnen.
17. August. Ziemlich klares Wetter, theilweise bewölkt, später tiefziehende Wolken, die den oberen Gletscher decken. Erledigung der Standpunkte VII und IX. Nachmittags werden am oberen Firnfeld eine Anzahl Stangensignale mit schwarzen Fahnen gesetzt, um in den Feldern einige Punkte für die allgemeine Orientierung zu gewinnen. (Wie sich später zeigte, war auch diese Vorsichtsmaßregel überflüssig.)
- 18.—22. August. Regen mit wiederholten Schneefällen und heftigen Stürmen. Das Eisfeld und die Felsumrahmung sind mit Neuschnee bedeckt.
23. und 24. August. Trübes, regnerisches Wetter. Von den Punkten I, II, III, IV und V werden die Winkelmessungen durchgeführt.
25. August. Früh 4 Uhr vollkommen klar, und es kann endlich die Aufnahme des oberen Gletschers in Aussicht genommen werden. Bald beginnt aber wieder das Nebeltreiben von Westen und macht die Hoffnungen auf günstiges Wetter äußerst fraglich. Da sich jedoch gegen 6 Uhr ein ziemlich heftiger Wind erhebt, wird doch aufgebrochen, und thatsächlich herrschte zwischen 8 und 12 Uhr klares Wetter und konnten die Stationen X, XI und XII erledigt werden. Beim Eisstein angekommen, zeigten sich alle am 17. August gestellten Signale umgefallen und wegen der Schneedecke nicht mehr auffindbar. Um in der eintönig weißen Fläche eine Markierung zu schaffen, wird das Personale in verschiedenen Richtungen gegen den Kleinen Gjaidstein abgesendet, wodurch ohne Zeitverlust mehrere Fußsteigzüge entstehen, die der photogrammetrischen Punktbestimmung dienen sollten. Zunächst wurde die Station am Kleinen Gjaidstein absolviert, dann der Hohe Gjaidstein bestiegen und schließlich wieder zum Eisstein zurückgekehrt und auch dieser Punkt — obwohl schon bei minderem Wetter — erledigt. Nachmittags ist der obere Gletscher wieder in Wolken gehüllt. Bei der Simonyhütte werden zum Zwecke der Bestimmung dieses Punktes Theodolitmessungen gegen die oben angegebenen Catasterpunkte versucht.
26. und 27. August. Trüb, Nebel, zeitweise Regen. Fortsetzung dieser Winkelmessungen. Der Dachstein bleibt in Wolken gehüllt.
28. August. Gleich ungünstiges Wetter. Die Arbeit wird abgebrochen und der Rückweg nach Hallstatt angetreten.

Nach eingezogenen Erkundigungen trat auch in den nächsten Tagen keine volle Ausheiterung ein.

Bei der Vollendung der Arbeit im Jahre 1900 kam lediglich das tachymetrische Verfahren zur Anwendung. Ein westlich von der Linie Dachstein—VIII, gelegener etwa 400 m breiter Streifen des Eisfeldes, für den die Photogrammetrie keine Punkte lieferte, war mit Höhengcoten zu dotieren, im Taubenkar waren die von Friedrich Simony herrührenden Gletschermarken, dann die dem früheren Hochstande des Gletschers entsprechenden Moränen aufzunehmen, auf der Gletscherzunge sollten die von K. u. K. Oberst v. Groller gelegten schwimmenden Marken in die Karte eingetragen

werden, und endlich sollte die Felsumrahmung in einzelnen von den Camera-Stationen nicht eingesehenen Theilen ergänzt werden.

Als Instrumente wurden der bei den photogrammetrischen Aufnahmen des K. u. K. Militär-Geographischen Institutes eingeführte kleine Theodolit und die bei der Militärmappierung gebräuchliche 4 m lange Distanzlatte benützt. Für die Punktbestimmung am Eisfelde waren außer dem photogrammetrischen Standpunkte XII noch drei Instrumentenstände am Gletscher nöthig. Vom Standpunkt II wurden die schwimmenden Marken, von VII die Details im Taubenkar bestimmt, und ein westlich von VIII gelegener Standpunkt diente zur Ermittlung einiger Punkte im Wildkar.

Die Latte wurde stets in beiden Fernrohrlagen abgelesen, und die Vertical- sowie Horizontalwinkel notiert; gleichzeitig wurden Terrainskizzen und Stereoskopaufnahmen hergestellt, die das nothwendige Hilfsmateriale für die Zeichnung der Karte liefern sollten. Da der Lattenträger oft zu Umwegen gezwungen war, konnten pro Stunde nur etwa 6 Punkte bestimmt werden; die ganze Arbeit war bei recht günstigem Wetter in 6 Tagen, darunter 2 Regentage, beendet.

III. CONSTRUCTION UND AUSFÜHRUNG DER KARTE

Als Maßstab für die Karte wurde $1\text{ cm} = 100\text{ m}$ gewählt, bei welchem noch alle belangreichen Details leicht unterzubringen sind, und der in jeder Beziehung, besonders aber bei der Rechnung der Höhen bequem ist.

Aus Tafel IV ist das bei der Aufnahme gewonnene, der Karte als Grundlage dienende Netz der Detailpunkte ersichtlich, Tafel III zeigt die ausgeführte Karte.

Für die jeweilige Form des Gletscherreliefs bilden nur die bei der Vermessungsarbeit gewonnenen Punkte verlässliche Marken, daher es mit Rücksicht auf den Zweck der Aufnahme gerathen erschien, alle diese Punkte deutlich darzustellen und auch die Art, wie sie erhalten wurden, zum Ausdruck zu bringen. Auf diesem Blatt wurden auch alle für die Gletscherbeobachtung wichtigen Markierungen eingetragen und die Grenze des Gletscher-Hochstandes im Jahre 1855 eingezeichnet; es enthält daher das gesammte, für eine spätere Nachmessung nothwendige Materiale.

Die Darstellung dieser Details in der Karte würde die Uebersichtlichkeit in hohem Grade geschädigt und die Klarheit des Bildes beeinträchtigt haben.

Die Karte ist gegen Süden orientiert, wofür der Umstand maßgebend war, dass fast alle Besucher das Karlseisfeld von der Simonyhütte aus betrachten, und dass es auch von hier aus am besten eingesehen wird. Nur bei der Betrachtung von Norden ist die Formengliederung des Eisfeldes deutlich zu erkennen und eine Orientierung über das ganze Gebiet leicht möglich. Jede geodätische Arbeit, jede wissenschaftliche Studie wird man von hier aus beginnen, und hier liegt auch das den meisten Veränderungen unterworfenene Gletscherende.

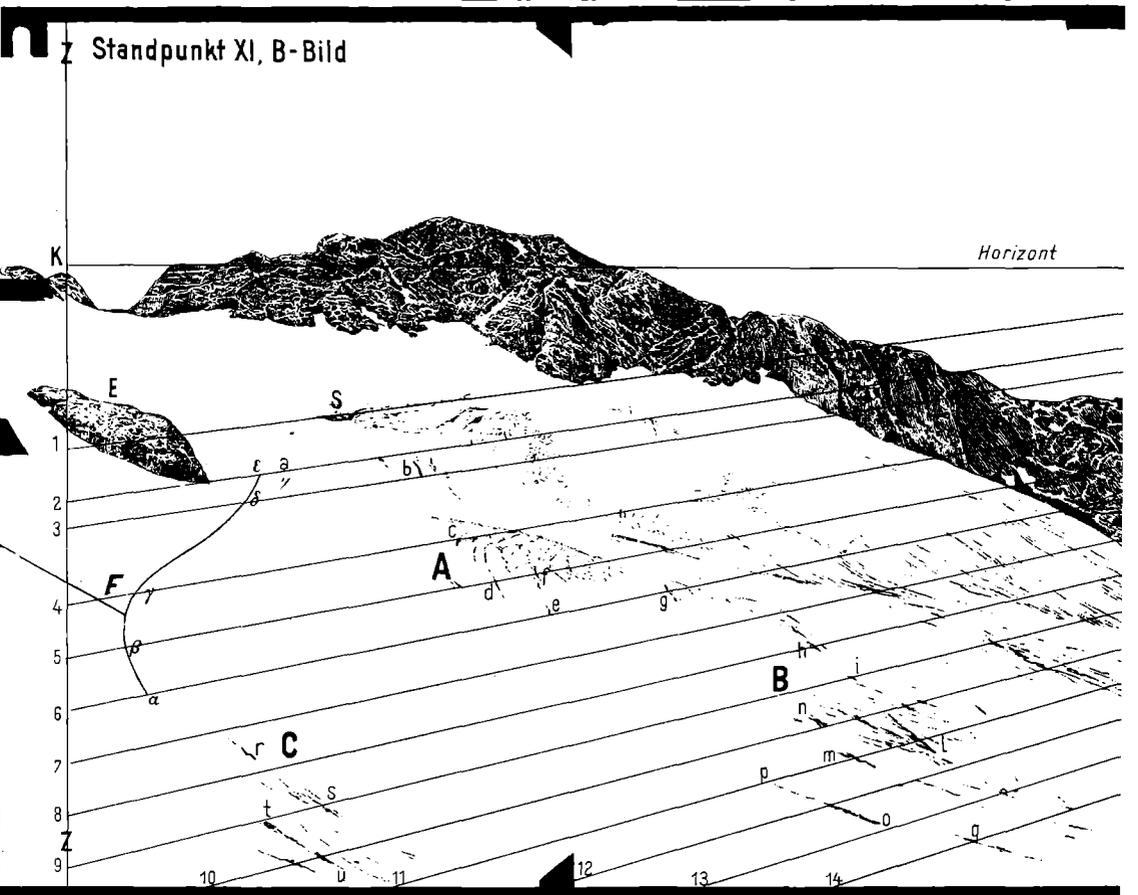
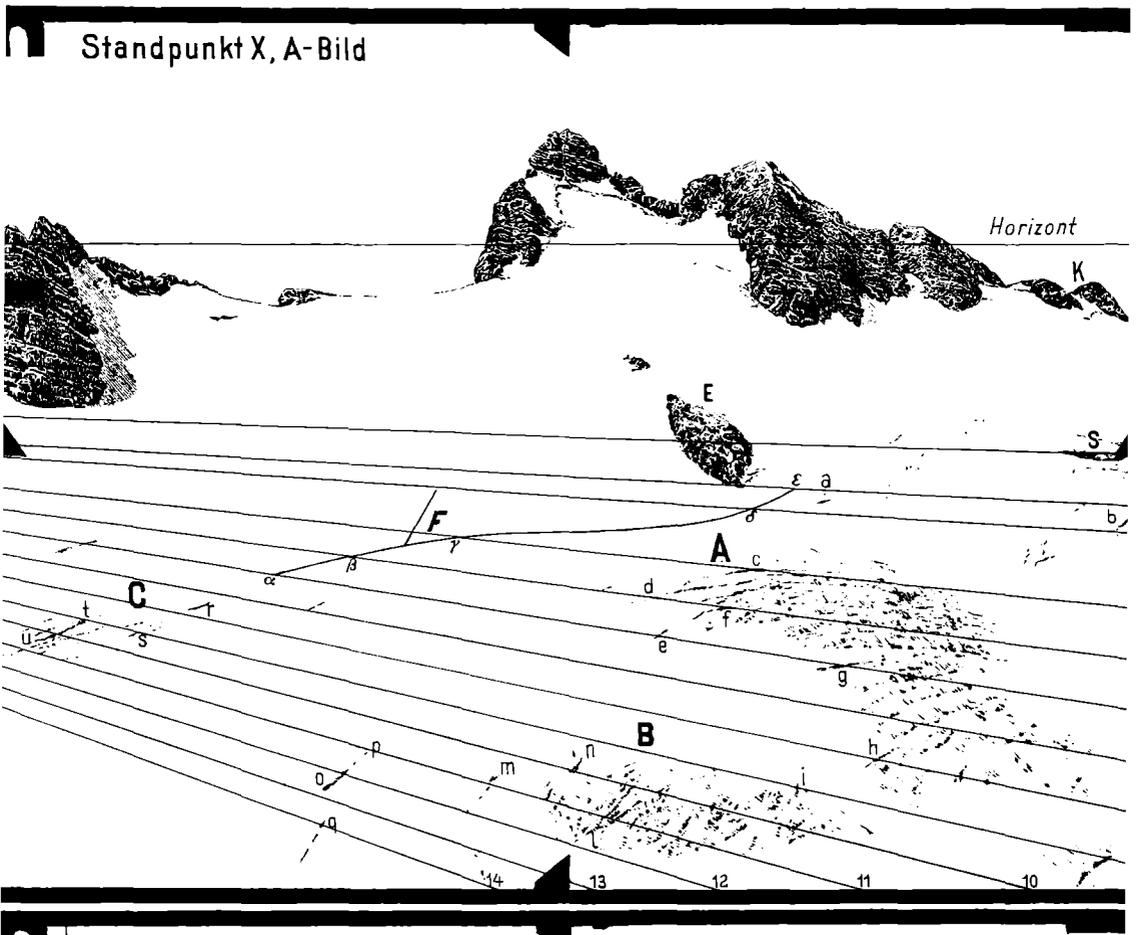
Für die photogrammetrische Lage- und Höhenbestimmung der Detailpunkte dienten lediglich Copien auf Celloidinpapier, wobei die Deformation, die jedes Papierbild zeigt, in der vom Verfasser¹⁾ angegebenen Weise berücksichtigt wurde.

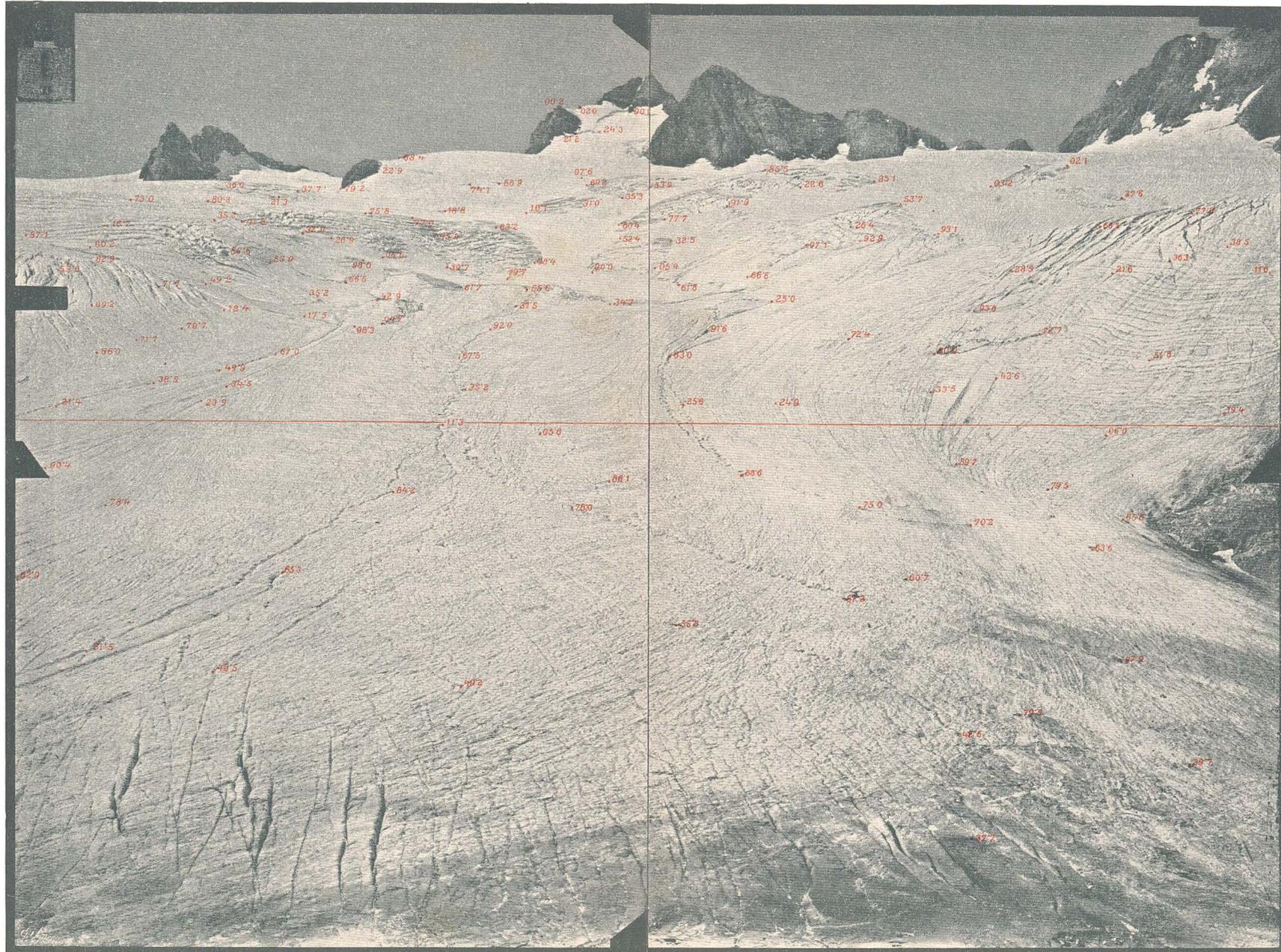
Das Aufsuchen identer Punkte am Gletscher bot keinerlei Schwierigkeiten, denn die Orientierung in dem Gewirre von Spalten, Wasserrissen, Structurlinien etc. gieng viel leichter vor sich, als anfänglich erwartet wurde. Die weit überwiegende Zahl der Detailpunkte wurde durch drei Rayone bestimmt. Die Tafel II zeigt die auf einem Bild des Standpunktes I mit den Bildern der anderen Stationen identifizierten Punkte, die, um einen Vergleich mit dem Punktnetz der Karte zu ermöglichen, in gleicher Weise wie dieses beschrieben wurden. Wird das Bild in der Richtung I—Dachstein etwa 250 mm von I entfernt aufgestellt, so entspricht es der Aussicht auf den Gletscher, und es gelingt dann leicht, die in der Karte eingezeichneten Details im Bilde zu erkennen. Wie ersichtlich, wäre es leicht gewesen, das Punktnetz noch weiter zu verdichten.

In einzelnen Fällen mussten jedoch — wie schon eingangs erwähnt wurde — die Kernstrahlen zuhülfe genommen werden, um das Identifizieren von Punkten zu ermöglichen. Aus der Tafel I ist die Zweckmäßigkeit dieses, bei Gletscheraufnahmen oft unentbehrlichen Vorganges zu ersehen. Der Hohe Gjaidstein (Standpunkt X) liegt gegen den Nachbarstandpunkt XI ziemlich hoch, daher eine Identifizierung von Details auf der welligen Gletscheroberfläche in den Bildern dieser beiden Stationen keineswegs leicht war. Man wird beim Vergleiche dieser Bilder — die durch Federzeichnungen in Zweidrittelgröße ersetzt wurden — mit Ausnahme des Eissteines *E*, der beiden Felsköpfe *K* und der Spalte *S* kaum im Stande sein, weitere idente Objecte aufzufinden. Ermittelt man jedoch die Kernpunkte, das ist die perspectivische Abbildung der gegnerischen Standpunkte, sowie die Schnittlinie *ZZ*, in der sich die beiden Bildebenen schneiden, so müssen von beliebig gezogenen Kernstrahlen 1, 2, 3, 4 etc. gleiche Objecte geschnitten werden, und es ist leicht, in diesen Linien idente Punkte aufzusuchen.

Die Strahlen 1 und 2 gehen durch die schon erwähnten leicht zu identifizierenden Objecte *E* und *S* und liefern uns den Beweis für die Richtigkeit der Construction. Durch solche Punkte wird auch das Ziehen der Strahlen wesentlich erleichtert, wenn die Kernpunkte weit außerhalb der Bilder fallen oder der Schnittlinie *ZZ* eine ungünstige Lage zukommt. Die Kernstrahlen 3—14 zeigen, dass die schneefreien Gletschertheile *A* und *B*, sowie die Spaltensysteme *C* gleiche Objecte sein müssen, und man vermag jetzt anstandslos die Punkte *a*, *b*, *c* . . . als ident zu erkennen, was ohne Zuhilfenahme dieses Kunstgriffes ganz unmöglich gewesen wäre. Das gleiche Verfahren wird auch zur Punktbestimmung auf den im Schnee getretenen Fußwegen benützt. Wäre *F* ein Theil eines solchen Fußsteiges, so müssen die von den gleichnamigen Kernstrahlen getroffenen Punkte *α*, *β*, *γ* . . . ident

¹⁾ Mittheilungen des K. u. K. Militär-Geographischen Institutes, Bd, XIX S. 109.





Druck des k. und k. militär-geographischen Institutes.

PUNKT-NETZ

zur
Karte des Karls-Eisfeldes.

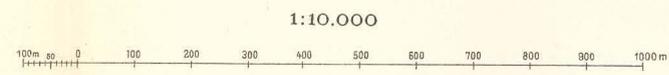
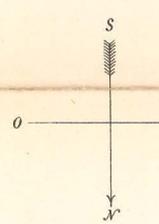
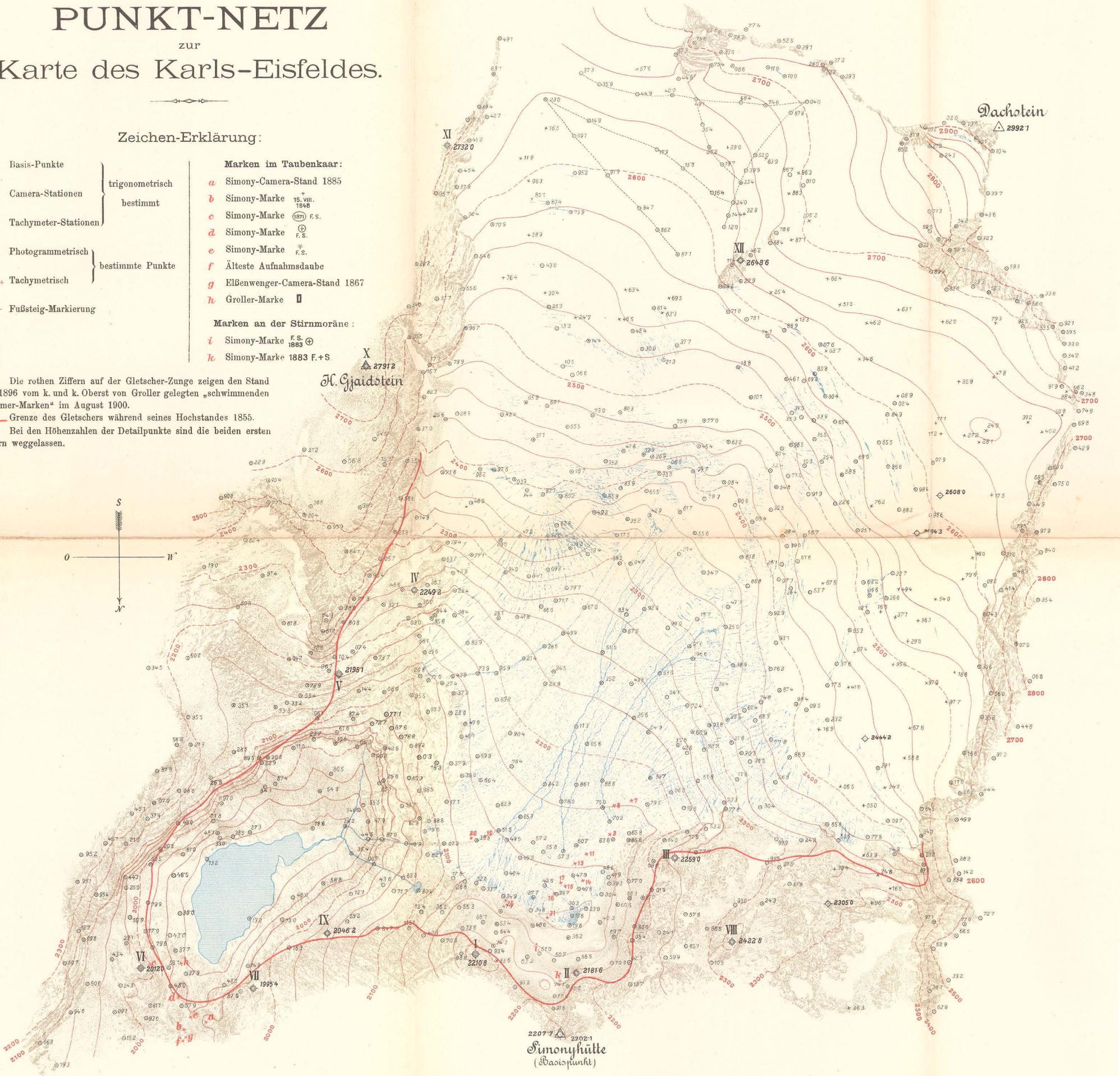
Zeichen-Erklärung:

- | | | |
|-------------------------|----------------------------|--|
| △ Basis-Punkte | } trigonometrisch bestimmt | Marken im Taubenskaar: |
| ⊙ Camera-Stationen | | a Simony-Camera-Stand 1885 |
| ⊙ Tachymeter-Stationen | } bestimmte Punkte | b Simony-Marke 15.VIII. 1848 |
| ⊙ Photogrammetrisch | | c Simony-Marke (87) F.S. |
| + Tachymetrisch | | d Simony-Marke (87) F.S. |
| | | e Simony-Marke F.S. |
| | | f Älteste Aufnahmsdaube |
| --- Fußsteig-Markierung | | g Elßenwenger-Camera-Stand 1867 |
| | | h Groller-Marke |
| | | Marken an der Stirnmoräne: |
| | | i Simony-Marke F.S. 1883 |
| | | k Simony-Marke 1883 F.+S |

Die rothen Ziffern auf der Gletscher-Zunge zeigen den Stand der 1896 vom k. und k. Oberst von Groller gelegten „schwimmenden Nummer-Marken“ im August 1900.

— Grenze des Gletschers während seines Hochstandes 1855.

Bei den Höhenzahlen der Detailpunkte sind die beiden ersten Ziffern weggelassen.



1:10.000

Schichtenhöhe 25 m

sein.¹⁾ Das Punktnetz am südöstlichen Theile des Firnfeldes wurde, wie aus Tafel IV ersichtlich, lediglich in dieser Weise ermittelt.

Eine Controle für die richtige Identificierung liefert die Höhenrechnung, da aus beiden Bildern ein gleiches Resultat nur erzielt werden kann, wenn die Bildpunkte thatsächlich dem gleichen Object in der Natur entsprechen.²⁾

Alle größeren Spalten und Wasserläufe am Gletscher, alle Gipfelpunkte, größeren Rinnen und Verschneidungen der Felsumrahmung, dann die Grenzen des Eisfeldes sind durch photogrammetrische Punktbestimmung festgelegt. Nur am westlichen und südwestlichen Theile des Gletschers fehlte wegen der gleichmäßigen Firnschneedecke, und da hier das Treten von Fußwegen unterlassen wurde, jede Möglichkeit der photogrammetrischen Punktbestimmung, weshalb diese Partien nachträglich tachymetrisch aufgenommen werden mussten. (Tafel IV.)

Auf der Gletscherzunge, am Eisjoch und im Taubenkar wurde ein engmaschiges Punktnetz angestrebt, um selbst kleine Veränderungen am unteren Gletscherrande leicht und sicher constatieren zu können.

Die Zahl der am Gletscher ermittelten Detailpunkte beträgt, inclusive der 65 tachymetrisch bestimmten, etwa 440, auf die Fels- und Moränenumrahmung sammt dem Taubenkar entfallen 280 Punkte.

Die Contouren des Sees im Taubenkar wurden mit Hilfe der bekannten Quadratnetzmethodem aus einem Bilde vom Standpunkte V ermittelt, wobei ein Bild von VI ergänzend und controlierend mitwirkte.

Nachdem die Situation der Detailpunkte bestimmt war, erfolgte die Ermittlung ihrer Höhe, und zwar für jeden Punkt aus mindestens zwei verschiedenen Bildern. Zu diesem Zwecke wurden die Ordinaten im Bilde und — in der Horizontalprojection — der senkrechte Abstand des Punktes von einer durch den Standpunkt zur Bildtrace gezogenen Parallele gemessen. Aus diesen Daten wurde unter Berücksichtigung des der jeweiligen Copie eigenthümlichen Papierschwundes — mit Hilfe einer vierstelligen Logarithmentafel — die Höhe gerechnet.

¹⁾ Wenn man die Absicht hat, von der Identificierung mittels Kernstrahlen Gebrauch zu machen, so empfiehlt es sich, schon bei der photographischen Aufnahme für günstige Constructionsverhältnisse zu sorgen. Bei der im K. u. K. Militär-Geographischen Institut eingeführten Camera für Polygonaufnahmen ist dies leicht möglich, wenn man die beiden Panoramen auf die gegnerischen Standpunkte orientiert, weil dann die Bildebenen parallel oder unter einem Winkel von 45° und 90° gegen einander stehen.

²⁾ Die Annahme, dass die Lage eines Punktes richtig sein müsse, wenn die Höhenrechnungen gleiche Werte ergeben, darf jedoch nicht als stets zutreffend angesehen werden; denn der Einfluss einer fehlerhaften Punktlage auf die Uebereinstimmung der Höhenzahlen macht sich in sehr verschiedenem Maße geltend. Liegt der Punkt z. B. nahe dem Horizont beider Bilder, so bietet diese Uebereinstimmung gar kein Criterium für seine richtige Lage. Im allgemeinen wird die Höhendifferenz infolge eines Fehlers in der Punktlage umso größer sein, je unterschiedlicher der Punkt gegen die Camerastände liegt. Bei großen Unterschieden in der Höhenlage der Stationen und verschiedener Entfernung des Punktes, bei positiven neben negativen und dabei thunlichst großen Höhenwinkeln stört schon ein kleiner Punktfehler die Uebereinstimmung der Höhenrechnung, während unter anderen Verhältnissen auch relativ große Fehler nicht zu erkennen sind.

In der Tafel IV sind die Höhen der photogrammetrisch bestimmten Punkte mit Hinweglassung der beiden ersten Ziffern beschrieben, da diese leicht aus der Lage des Punktes zwischen den Niveaucurven entnommen werden können.

Bei Gletscherpunkten wurden nur ausnahmsweise Differenzen über 2 *m* zwischen beiden Messungen als zulässig betrachtet. Bei größeren Differenzen wurde zunächst die Identität des Punktes in beiden Bildern überprüft, dann die Messung der Ordinaten und Horizontalabstände sorgfältig wiederholt und die Rechnung nochmals durchgeführt. Fast immer war ein kleiner Fehler bei der Ordinatenmessung die Ursache der unzulässigen Differenz. War jedoch auch bei der Nachmessung keine Uebereinstimmung zu erzielen, so wurde der Punkt ausgeschieden und ein anderes in seiner Nähe gelegenes Detail als Ersatzpunkt gewählt.

Bei Punkten an den Felshängen wurden Differenzen bis zu 3 *m* toleriert.

Das arithmetische Mittel beider Zahlen wurde als richtiger Höhenwert angenommen.

Die Differenzen zwischen den bei den einzelnen Messungen erhaltenen Zahlen und ihrem Mittelwert können als wahre Fehler betrachtet werden und lassen auf die Genauigkeit der ermittelten Daten schließen.

Bei der Bestimmung der 375 Gletschercoten — aus 750 Messungen — wurden nachstehende Fehler beobachtet:

300	Fehler	zwischen	0·0—0·2 <i>m</i>
204	»	»	0·2—0·4 »
106	»	»	0·4—0·6 »
80	»	»	0·6—0·8 »
46	»	»	0·8—1·0 »
14	»	»	1·0—1·2 »

Der mittlere Fehler einer Höhenmessung beträgt daher $\pm \sqrt{\frac{143}{375}} = \pm 0·62 \text{ m}$,

und da jeder Punkt zweimal bestimmt wurde, so ist der mittlere Fehler eines photogrammetrisch bestimmten Gletscherpunktes nicht größer als

$\pm \frac{0·62}{\sqrt{2}} = \pm 0·44 \text{ m}$. Mehr als die Hälfte aller Höhengoten wird daher nur

Fehler unter 0·5 *m* aufweisen, und es ist sehr unwahrscheinlich, dass Fehler über 1·5 *m* vorhanden sind.

Die Entfernung der gemessenen Punkte von den Standpunkten beträgt im Durchschnitte 1 *km*, daher der obige Höhenfehler einem mittleren Winkelfehler von $1\frac{1}{2}'$ entspricht.

Die Zeichnung der Karte

Um für eine spätere Nachmessung des Gletschers eine richtig dimensionierte Grundlage zu besitzen, wurde die Zeichnung der Karte nicht auf dem

Constructionsblatt, sondern auf einer photographischen Graphitcopie¹⁾ ausgeführt.

In das Punktnetz wurde zunächst die Situation aller größeren Spalten, Wasserrisse, Schneeflecken etc. eingezeichnet, wobei ihre Lage und Richtung, falls sie nicht durch Detailpunkte gegeben war, durch Hilfsrayone ermittelt wurde. Sodann wurden die großen Formen des Eisfeldes, ihren Böschungsverhältnissen entsprechend, mit einem Bleistiftwischer eingetragen und auf Grund der Höhengoten der ungefähre Zug der Niveaucurven eingezeichnet. Unter fortwährendem Vergleiche der Bilder, besonders der vorhandenen Stereokopufnahmen, wurden dann die Schummerung und die Form der Horizontallinien gegeneinander abgestimmt und die Detailformen eingeschaltet. Die Führung der Niveaucurven wurde hiebei durch Theilung der aus den Bildern zu entnehmenden Profillinien mehrfach unterstützt.

Die endgiltig festgestellte Abschattierung der Formen wurde schließlich mit blauer Farbe überarbeitet und alle charakteristischen Structurverhältnisse der Gletscheroberfläche mit der Feder eingezeichnet.

Ein Vergleich des beiliegenden Bildes (Tafel II) mit der Karte zeigt, wie leicht und sicher solche Linien in das Punktnetz übertragen werden können. Sie lassen sich nach der Photographie viel bequemer und auch richtiger einzeichnen als nach der Natur, denn im Bilde erscheinen diese Details generalisiert, das Unbedeutende ist wegen seiner Kleinheit verschwunden, und nur das Wesentliche ist erkennbar und auf eine kleine Fläche übersichtlich zusammengedrängt.

Die Felsen der Umrandung wurden zuerst in ihren großen Formen mit Bleistift skizziert, dann mit der Feder überzeichnet, wobei alle größeren Details, wie Spalten, Risse, Rinnen etc., aufgenommen wurden.

Wenn auch bei der Zeichnung der Terrainform das photographische Bild die Wirklichkeit nicht ganz zu ersetzen vermag, so führt doch der Vergleich der von verschiedenen Standpunkten gewonnenen Ansichten leichter und sicherer zur Erkenntnis der wahren Formen, als es die Combination der flüchtigen Eindrücke ermöglicht, die wir beim Begehen der Gegend gewinnen.

Unbeirrt von Wind und Wetter können die photographischen Ansichten studiert werden, um den Zusammenhang und die Charakteristik der Formen zu erfassen. Dabei wird auch eine im Detail richtige Darstellung des Bodenreliefs ermöglicht, denn die Charakteristik der durchschnittlich etwa 45° geböschten Formationen bleibt dieselbe, man mag sie aus der Vogelperspective oder von einem seitlich gelegenen Standpunkt betrachten. Die Zeichnung soll eine unverkennbare Aehnlichkeit mit den Photographien zeigen und wenn auch einzelne Theile der Hänge zusammengedrängt, andere verbreitert erscheinen, so muss doch der Gesamtausdruck — die malerische Wirkung — dem Anblick der natürlichen Felsenlandschaft entsprechen.

¹⁾ Derartige mit Gummi elasticum wegwischbare Copien finden im K. u. K. Militär-Geographischen Institut für ähnliche Zwecke vielfach Verwendung. Sie werden durch Druck von einem photolithographisch hergestellten, mit Graphitpulver eingestaubten Stein erhalten und bilden eine richtig dimensionierte, sehr bequeme Unterlage für die Ausführung der Reinzeichnung.

Am Gletscher wurden die Horizontalcurven in Abständen von 25 *m* angeordnet, sie erscheinen, wie die Karte zeigt, dicht genug, um das Relief klarzustellen, und diesem Zwecke haben sie eigentlich nur zu dienen. Ihre Form und Lage kann bei Aufnahmen wie die vorliegende, niemals ganz richtig sein, und sie sind weniger als Linien gleicher Höhe, sondern hauptsächlich als Formlinien zu betrachten.

Im Felsengebiet wurden die 50 *m*-Curven ausgezogen, und nur in den flacher geböschten Theilen und im alten Gletschergebiete, z. B. im Taubenkar, sind 25 *m*-Linien eingezeichnet.

Die Vervielfältigung der Karte geschah auf photolithographischem Wege, wobei die Originaltreue der Zeichnung jedenfalls besser gewahrt bleibt als bei einer Reproduction durch Metall- oder Steinsteich, die eine manuelle Uebertragung — eine Umzeichnung — durch eine mit der Aufnahme nicht vertraute Person erfordern.

Etwaige Bedenken gegen die Dimensionsrichtigkeit einer photographischen Reproduction sind bei dem gegenwärtigen Stande dieser Technik keineswegs mehr berechtigt.

Schlussbemerkungen

Die durchgeführte Aufnahme des Karlseisfeldes, deren Resultat die vorliegende Karte ist, soll die Möglichkeit bieten, spätere Veränderungen des Gletschers — betreffend seine Oberflächenbeschaffenheit und sein Relief — in thunlichst einfacher Weise verfolgen zu können. Zu diesem Zwecke wird lediglich die photogrammetrische Aufnahme von 6 Standpunkten und, im Falle der Gletscher ins Taubenkar vorstoßen sollte, von 9 Standpunkten nöthig sein.

Die Standpunkte sind nach der Karte leicht auffindbar und durch Steinmandeln bezeichnet, unter denen der Instrumentenstand mit rother Oelfarbe markiert ist. Da das oben mitgetheilte Abstände- und Höhenskelet alle nöthigen Daten über die Lage der Camerastationen enthält, so können bei einer Nachmessung diese Erhebungen entfallen, und die photogrammetrische Aufnahme ist leicht in einigen Tagen ausführbar, wobei allerdings gutes, klares Wetter vorausgesetzt wird.

Aus den so erhaltenen Bildern wird jede Veränderung der Gletschergrenzen, der Spaltensysteme und Wasserläufe leicht zu ermitteln sein. Man wird hiebei Verschiebungen um einige Meter constatieren können, nicht nur, weil die photogrammetrische Methode diesen Grad der Constructionsgenauigkeit zulässt, sondern weil auch jede solche Verschiebung viel auffallender in den Bildern als in der Karte zur Geltung gelangt.

Ein einfacher Vergleich der Bilder mit den bei der jetzigen Aufnahme hergestellten wird dann mehr Aufschlüsse geben als umständliche und zeitraubende Messungen, die erforderlich wären, um die Gletscherveränderungen an Hand der Karte in der Natur zu constatieren.

Dabei ist die Möglichkeit vorhanden, auch die jetzigen Aufnahmen später noch zu ergänzen, Punkte zu bestimmen und nachzutragen, die nach Jahren vielleicht aus irgend einem Grunde das Interesse wachrufen.

Für die zahlenmäßig festzustellenden Veränderungen des Reliefs bildet die eventuelle Veränderung der Höhengöten die nothwendigen Anhaltspunkte, und da sich der Aufbau und Rückgang des Gletschers ziemlich gleichmäßig auf ein ausgedehntes Gebiet erstreckt und aus den photographischen Bildern die jeweilige Gestalt der Eismassen ersichtlich ist, so wird man schon aus einigen Höhenbestimmungen auf die Aenderung des ganzen Gletscherreliefs schließen können.

Um das bei der Aufnahme gewonnene Grundmateriale, das ist die photographischen Bilder, für einen späteren Gebrauch sicherzustellen, wurde je ein Exemplar derselben der K. K. Geographischen Gesellschaft und dem K. K. Naturhistorischen Hofmuseum (Geologisch-Paläontologische Abtheilung) übergeben und ein drittes im Archiv des K. u. K. Militär-Geographischen Instituts deponiert.

