

KARTOGRAPHIE UND GLETSCHERKUNDE AM NISQUALLY-GLETSCHER

Walter Hofmann

Mit 1 Abbildung, 3 Bildern und 1 Karte

Vor zwei Jahren konnte ich in dieser Zeitschrift über photogrammetrische Aufnahmearbeiten an Gletschern der Cascade Range berichten¹⁾. Die Aufnahmen erstreckten sich auf zwei typische Vulkan-Gletscher: den Nisqually-Gletscher am Mt. Rainier und den Coleman-Gletscher am Mt. Baker. Ihre sorgfältige Auswertung erschien aus zwei Gründen bedeutungsvoll. Einmal sollte der Rückgang dieser beiden Gletscher in den letzten Jahrzehnten untersucht und damit der Anschluß an gleichartige Arbeiten in den Alpen gewonnen werden. Für den Nisqually-Gletscher wurde eine solche Untersuchung inzwischen durch *A. L. Haines* an Hand des bisher vorliegenden amerikanischen Kartenmaterials durchgeführt. Das Ergebnis ist in dem vorstehenden Artikel mitgeteilt. — Zum anderen aber sollte eine zuverlässige Grundlage für zukünftige Beobachtungen geschaffen werden: waren doch an beiden Gletschern in neuester Zeit ausgesprochene Vorstoßerscheinungen beobachtet worden, die beim Nisqually zu beträchtlichen Aufhöhungen, beim Coleman sogar zu einem Vorrücken der Zunge geführt hatten.

Die Auswertung konnte mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft am Orel-Zeiss'schen Stereoauto graphen des Institutes für

Photogrammetrie an der Technischen Hochschule München durchgeführt werden. Vom Nisqually-Gletscher wurde ein Plan 1:10000 mit einem Höhenlinien-Intervall von 20 m hergestellt. Als Grundlage für die Auswertung der 10 Bildpaare von 6 Standlinien, die das Gesamtgebiet des Gletschers lückenlos erfaßten, dienten die trigonometrisch bestimmten Stand- und Paßpunkte. Sie waren mit einer Genauigkeit von 10 cm in der Lage und 5 cm in der Höhe berechnet worden. Noch in den von den Aufnahmeorten weit entfernten, höheren Partien des Gletschers kann mit einer Höhenlinien-Genauigkeit von 50 cm gerechnet werden, so daß die Auswertung eine sichere Grundlage für spätere Untersuchungen des Gletschers abgibt.

Die bestehenden Karten des Mt. Rainier sind im Maßstab zu klein (größter Maßstab 1:62500) und — da sie mit dem Meßtisch von teilweise weit entfernten Standpunkten aufgenommen sind — zu ungenau, als daß die morphologischen Einzelheiten des Gebietes und die Struktur seiner Gletscher klar genug zum Ausdruck kommen könnten. Es war daher von Anfang an die Entwicklung einer topographischen Karte 1:25000 auf der Grundlage der Autographen-Auswertung vorgesehen. Der weiteren Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft und dem Entgegenkommen des Bayerischen Landesvermessungsamtes ist es zu danken, daß die kartogra-

¹⁾ *W. Hofmann*, Gletschermessungen in der Cascade Range des Staates Washington, USA, 1952. — *Erdkunde* VII/3, 1953, S. 217—220.

phische Bearbeitung durch die beiden leitenden Kartographen dieses Amtes, *H. Meyerhuber* und *H. Thauer*, vorgenommen werden konnte. Die Bearbeitung erfolgte im Maßstab der Autographen-Auswertung 1:10000, bei der schon auf den erweiterten Verwendungszweck über eine glaziologische Arbeitskarte hinaus Rücksicht genommen worden war. Der Verlauf der Moränen, die Bruchzonen des Gletschers, die bankartige Struktur der Felsregionen, typisch für den Mt. Rainier als reinen Schicht-Vulkan, die Schuttbedeckung, die Vegetationsgrenzen — all diese Einzelheiten wurden mit größtmöglicher Sorgfalt und Genauigkeit wiedergegeben. Die kartographische Bearbeitung sollte eine Probe für die moderne Hochgebirgsdarstellung ergeben, wie sie in den letzten Jahrzehnten durch die Alpenvereinskartographie, die österreichische Kartographie²⁾, vor allem aber unter dem Einfluß *E. Imbofs* durch die schweizerische Kartographie³⁾ entwickelt worden ist. Für den Druck waren acht Farben vorgesehen, nämlich:

1. Schwarz für Grundriß, Schrift und Höhenlinien im vegetationslosen Gelände.
2. Braun für Höhenlinien im bewachsenen Gelände (Wiese, Wald).
3. Blau für Gewässer und Höhenlinien im Eis.
4. Blaugrün für die Gletscherstruktur.
5. Grau für Felszeichnung und Schutt.
6. Grün für geschlossene Waldgebiete (zugleich als Schummerton moduliert).
7. Blaugrau für Schattenschummerung.
8. Beige für Lichtschummerung⁴⁾.

Das Ergebnis liegt als Karte des Nisqually-Gletschers diesem Heft bei. Wie weit es gelungen ist, den Landschaftscharakter des Nisqually-Troges und seiner Umgebung kartographisch darzustellen, mag am besten durch Vergleich mit der beigegebenen Photographie (Bild 1), die am Trogrand nördlich von Paradise aufgenommen ist, beurteilt werden. Freilich ist das dargestellte Gebiet zu klein, als daß aus der Kartenprobe endgültige Schlüsse über die Eignung der angewandten Darstellungsmittel für größere Räume gezogen werden könnten. Das Blatt umfaßt nur etwa ein

Zwanzigstel des gesamten Mt. Rainier-Massives und nur zwei seiner 26 Gletscher. Die topographische Aufnahme über den ganzen Berg hin auszudehnen und damit eine Karte des Mt. Rainier-Nationalparks zu schaffen, wäre gewiß eine kartographisch wie geographisch gleichermaßen lohnende und interessante Aufgabe. Es ist zu hoffen, daß sie im Anschluß an die vorgesehenen glaziologischen Wiederholungsaufnahmen bearbeitet werden kann.

Glaziologische Ergebnisse: Mit der Auswertung 1:10000 ist Gestalt und Höhenlage der Oberfläche des Nisqually-Gletschers genau erfaßt und festgehalten. Das weitere Verhalten des Gletschers kann durch photogrammetrische Wiederholungsaufnahmen von den fest vermarkten Standorten und Vergleichsauswertungen untersucht und verfolgt werden. Eine solche Wiederholung ist für das Jahr 1956 geplant. Sie gewinnt um so mehr an Bedeutung, als nach amerikanischen Nachrichten die Vorstoß-Erscheinungen am Nisqually-Gletscher — ebenso wie am Coleman-Gletscher — seit 1952 angehalten, ja sich sogar verstärkt haben. Der Vorstoß der nordamerikanischen Vulkan-Gletscher dauert somit bereits sechs Jahre an.

Während demnach quantitative Aufschlüsse über das Verhalten des Gesamtgletschers erst nach Wiederholung der Aufnahmen möglich werden, so kann doch als Teilergebnis die Auswertung der photogrammetrischen Geschwindigkeitsmessungen in einem Profil des Nisqually vorgelegt werden.

Das Profil geht von dem Punkt Bench Mark (1850,4 m) auf der östlichen Seitenmoräne, 1,7 km nördlich von Paradise aus und verläuft senkrecht zur Fließrichtung des Gletscherstromes. Die Fließgeschwindigkeit wurde in dem Zeitintervall von genau vier Tagen zwischen dem 30. September und 4. Oktober 1952 bestimmt. Sie wurde — wie üblich — auf Jahresbewegung extrapoliert und in dem beigegeführten Diagramm dargestellt. Die tatsächliche Jahresbewegung kann — den bisherigen Erfahrungen gemäß — gegen die extrapolierten Werte um 10—15 % differieren.

Das Geschwindigkeitsprofil zeigt in seiner Osthälfte einen sehr steilen aber gleichmäßigen Anstieg, der durch die Form einer Parabel sehr gut angenähert werden kann. Das Maximum der Geschwindigkeit mit 90 m pro Jahr wird fast genau in Gletschermitte erreicht. Die Berechnung der Eisdicke in Gletschermitte nach der Formel von *Lagally*⁵⁾ ergibt rund 170 m. Bei allem Vorbehalt gegen die Anwendbarkeit der Formel, die unter

²⁾ *R. Finsterwalder*, Die Entwicklung der Originalkartographie seit ihrer Übernahme durch das Vermessungswesen. — Zeitschrift für Vermessungswesen, Nr. 1/1955, S. 3—12.

³⁾ *R. Finsterwalder*, Die neue Landeskarte der Schweiz 1:100 000, Zeitschr. für Vermessungswesen, Nr. 3/1955, S. 81—84.

⁴⁾ Über die technischen Einzelheiten der photogrammetrischen Auswertung und die kartographische Bearbeitung erschien ein Artikel von *W. Hofmann* und *H. Meyerhuber* in der Zeitschrift für Vermessungswesen, 1955, Heft 7, S. 198—200.

⁵⁾ *M. Lagally*, Die Zähigkeit des Eises und die Tiefe der Gletscher, Zeitschr. f. Gletscherkunde, Bd. XVIII, 1930, Heft 1/3.



Bild 1: Nisqually-Gletscher von Paradise aus

(Phot.: V. R. Bender, Okt. 1954)

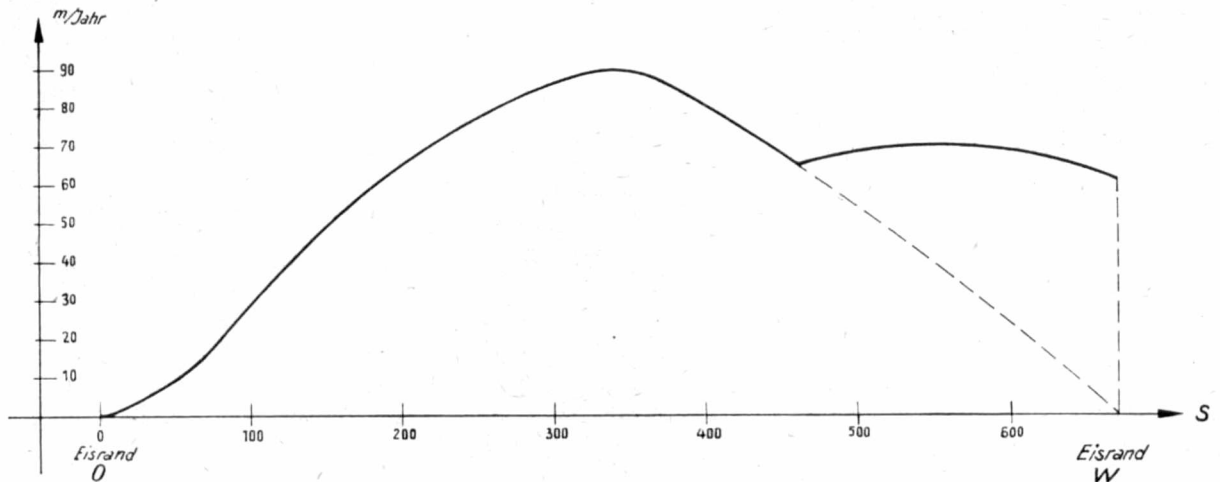


Abb. 1: Geschwindigkeitsprofil am Nisqually-Gletscher

der Voraussetzung geometrischer Strömungsverhältnisse wie in einer homogenen, zähen Flüssigkeit und mit der Annahme eines sehr regelmäßigen Gletscherbettes abgeleitet ist, erscheint dieser Wert durchaus plausibel.

Während also das Bewegungsdiagramm in seinem Ostteil für den Nisqually-Gletscher im untersuchten Profil den Zustand des stationären Strömens annehmen läßt, zeigen sich an der Westseite des Geschwindigkeits-Profiles Anomalien, die Schlüsse auf die besondere Struktur des Gletschers zulassen. Nach einem Abfall der Geschwindigkeit vom Höchstwert bis auf 65 m pro Jahr folgt im westlichen Drittel ein neuerlicher Anstieg auf 70 m pro Jahr. Bis zum westlichen Eisrand sinkt dann die Geschwindigkeit nur unwesentlich auf 64,3 m pro Jahr. Ein Blick auf die Karte gibt Aufschluß darüber, wie diese außergewöhnliche Geschwindigkeitsverteilung zu erklären ist. Der Nisqually-Gletscher ist in seinen unteren Partien keineinheitlicher Gletscherstrom. In der Höhe zwischen 2100 m und 2300 m vereinigt sich mit ihm von NW her ein starker Nebenstrom, der aus einem tiefen Kar unter dem Wapowety Cleaver fließt. In richtiger Erkenntnis, daß es sich dabei um einen selbständigen Gletscher handelt, wurde diesem Eisstrom vor einigen Jahren der Name Wilson-Glacier gegeben. Das Geschwindigkeitsprofil zeigt nun, daß auch nach dem Zusammenfluß die Eismassen der beiden Gletscher keine Einheit bilden. Der Wilson-Gletscher lagert sich vielmehr dem Nisqually im Westen auf und behält seine Eigenbewegung als geschlossener Block, der auf dem tieferliegenden Eis des Nisqually mehr gleitet als fließt. Daß das Eis des Nisqually tatsächlich bis zum Westrand des Gletschertroges reicht, kann ebenfalls aus dem Geschwindigkeitsprofil geschlossen werden. Eine Verlängerung des Dia-

gramms auf der Westseite analog zum ostseitigen Verlauf, wie sie gestrichelt angedeutet ist, trifft die Nulllinie sehr genau am westlichen Gletscher- rand. Nur so ist auch die hohe und beinahe konstante Geschwindigkeit des Eises im westlichen Drittel bis unmittelbar an den Rand zu erklären. Auf der Karte sind außerdem die Eismassen des Wilson-Gletschers deutlich durch den Verlauf der Höhenlinien zu erkennen. Die Gletscheroberfläche liegt im westlichen Drittel 5–8 m höher als im Ostteil.

Am Nisqually-Gletscher zeigen sich demnach ähnliche Verhältnisse der Struktur und Ernährung aus Teilfirnfeldern, wie sie H. Kinzl an Alpengletschern beschrieben hat⁶⁾.

Die geschilderten Verhältnisse weisen aber auch nochmals darauf hin, daß das Hauptnährgebiet der Mt. Rainier-Gletscher nicht die Firnkuppe des Vulkanes ist, sondern in den großen Karmulden des Berges zwischen 2400 m und 3400 m liegt. (siehe Bild 2). In dieser Region ist das Maximum des Niederschlages anzunehmen; weiter nach oben wird das Klima des Berges wieder trockener. Der Wilson-Gletscher bildet sich ganz in dieser Region, er hat — ebenso wie der westlich benachbarte Kautz-Gletscher — keinen Zusammenhang mit der Firnkuppe. Seine ausgeprägte Selbständigkeit läßt annehmen, daß er derzeit der stärkere von den beiden im Nisqually-Trog zu-

⁶⁾ H. Kinzl, Gletscherschwund und Gletscherform. — Carinthia II, Mittlg. des Naturwiss. Vereins für Kärnten, 143. Jahrg., Heft 2, 1953.

Bild 2: Mt. Rainier von Nordwesten. Im Hintergrund rechts Mt. Adams

(Phot.: 116th Phot. Sec. Wash. Nat. Guard)

Bild 3: Mt. Rainier von Süd-Osten. Nisqually-Gletscher in Bildmitte (Phot.: R. Bender)



sammenfließenden Gletschern ist. Von ihm stammen die stark mit Schutt bedeckten Eismassen, die heute noch die Westseite des unteren Troges bis zum Gletschertor in 1338 m Höhe erfüllen, während der eigentliche Nisqually-Gletscher bis hinter einen Rundhöcker (Punkt 1702,4 m der Karte) zurückgeschmolzen ist.

Nachrichten und Bilder von *A. E. Harrison*, Seattle⁷⁾, besagen, daß der Nisqually-Gletscher im Zuge seines Vorstoßens im letzten Jahr begonnen hat, den genannten Rundhöcker wie-

der mit Eis zu überziehen. Demnach wäre auch eine Neubelebung des westlichen, vom Wilson-Gletscher ausgehenden Gletscherarmes zu erwarten, der heute unterhalb der Höhenlinie 1600 m praktisch als Toteis gelten kann.

Das weitere Verhalten der Mt. Rainier-Gletscher zu verfolgen, wird daher von großem glaziologischen Interesse sein. Es ist sehr zu begrüßen, daß sich die amerikanische Gletscherforschung durch Einführung der terrestrischen Photogrammetrie eine Möglichkeit geschaffen hat, diese Aufgabe zuverlässig und rationell zu bearbeiten.

⁷⁾ *A. E. Harrison*, Glacier Studies with a Camera. — Sierra Club Bulletin, Vol. 39, Nr. 6, 1954.

121°46' w. L. v. Greenwich

121°44'

Crater Rocks
94380.1

NISQUALLY-GLETSCHER

am Mt. Rainier (USA)

1:25000

Terrestrisch - photogrammetrische
Aufnahme vom 28. Sept.-4. Okt. 1952:
W. Hofmann

Auswertung am Stereoaufnahmen
des Institutes für Photogrammetrie,
Topographie und Allgemeine Kar-
tographie der Technischen Hoch-
schule München:

W. Hofmann und H. Baumert

46°50'
n. Br.

46°50'

46°48'

46°48'

121°46'

121°44'

Kartographische
Bearbeitung:
H. Meyerhuber
und H. Thauer

Reproduktion und
Druck:
B. Landes-
vermessungsamt
München 1955

Aufnahme, Auswertung und
Reinzeichnung mit Unter-
stützung der Deutschen For-
schungsgemeinschaft

Druck mit Unterstützung
der Bayer. Akademie der
Wissenschaften

