

Georg Jung und Mitarbeiter

1. Einleitung

Im Sommer 1968 arbeiteten drei Kantonsschüler der Kantonsschule Sargans (Heiner Göldi, Hans Grob und Erich Köppel) unter Leitung des Verfassers während zwei Wochen am *Steinsee* (Steingletscher, Sustenpaß), um eine Auslotung des Sees vorzunehmen. Die Resultate dieser Messungen ergaben die hier vorliegende Isobathenkarte nebst einigen andern interessanten morphologischen Ergebnissen. Vor der Feldarbeit wurde eine möglichst rationelle Meßmethodik erarbeitet und die Meßfelder ermittelt, die über die Genauigkeit Auskunft gaben. Die Auslotung und Erstellung der Karte Steinsee wurde aus folgenden Gründen ins Auge gefaßt:

1. Die Tiefenverhältnisse des Steinsees waren bisher nicht bekannt.
2. Da zur Zeit, als der See noch nicht existierte (vor 1920), das Terrain unter dem Eise des Steingletschers lag (ehemaliges Zungenbecken), war die Topographie des Seebeckens unbekannt.
3. Da die Zuflüsse (Z), die aus dem derzeitigen Gletschertor fließen, am S-Ende des Sees ein Delta (D) aufschütten, wird der See langsam zugehüttet. Somit verändert sich die Seegrundtopographie laufend. Der See könnte aber auch durch ein erneutes Vorstoßen des Steingletschers wieder zerstört werden. Veränderungen am See können nur quantitativ erfaßt werden, wenn sein Zustand heute hinlänglich festgehalten wird. Die Isobathenkarte ermöglicht eine Volumenberechnung des Seeinhaltes und eine Zukunftsprognose über die Zuschüttungsdauer des Sees.

2. Meßmethodik

Die Lotarbeiten wurden von einem Gummiboot aus durchgeführt. Als Lotapparatur benutzten wir eine Lotleine aus 1 mm starkem Drahtseil, die über ein Meßrad lief, welches mit einem Zählwerk gekoppelt war und die abgelaufenen Meter und Dezimeter anzeigte. Die Meßgenauigkeit betrug ± 1 dm. Bei jeder Messung mußte die Position des Boots bekannt sein. Hierzu war neben der Meßapparatur eine vertikale 3 m hohe Signallatte montiert. Von 2 Punkten am Ufer aus, die sich je am Ende einer Meßbasis von bekannter Länge befanden, wurde

mit Hilfe zweier Artillerietheodoliten die Signallatte des Bootes zur Zeit der Lotmessung anvisiert und das Azimut bestimmt. Durch Vorwärtseinschnitt und mittels trigonometrischer Rechnung konnten dann die Koordinaten der Lotstellen bestimmt werden. Die Genauigkeit der Positionsmessung betrug $\pm 0,5$ m in der x- oder y-Richtung. Damit ein möglichst lückenloses Punktnetz garantiert war, wurden am W- und E-Ufer Visierstangen gesetzt, um mit ihrer Hilfe mehr oder weniger parallele Meßprofile fahren zu können. Wegen starken Winden war das nicht immer sehr leicht.

Meßvorgang:

1. Plazieren des Bootes an der gewünschten Meßstelle.
2. Absenken des Lots bis das Gewicht (10 kg) auf Grund setzte.
3. Leichtes Abheben des Gewichtes, Signalisieren der Meßbereitschaft, Absenken des Lotes und Ablesen der Tiefe.
4. Einmessen der Azimute (gleichzeitig mit Punkt 3) mit den Theodoliten.
5. Notieren der Meßwerte. (Jeder Meßpunkt erhält eine fortlaufende Nummer.)

Total wurden 28 Meßprofile gefahren und 491 Punkte ausgelotet. Das ergab 3 Meßpunkte je Are. Nachdem die Koordinaten ermittelt waren, wurden die Punkte in einem Plan 1 : 1000 eingetragen. Von der Meereshöhe des Steinseespiegels zur Zeit der Messung (1934 m) wurden die gemessenen Tiefenmeter subtrahiert und die Meereshöhe des Seegrundes an der betreffenden Stelle bestimmt. Diese Werte erlaubten es nun, die Isobathen zu zeichnen. Dabei ergaben sich nochmals Lagefehler, die um so größer sind, je flacher der Seegrund und je größer der Abstand der Meßpunkte ist.

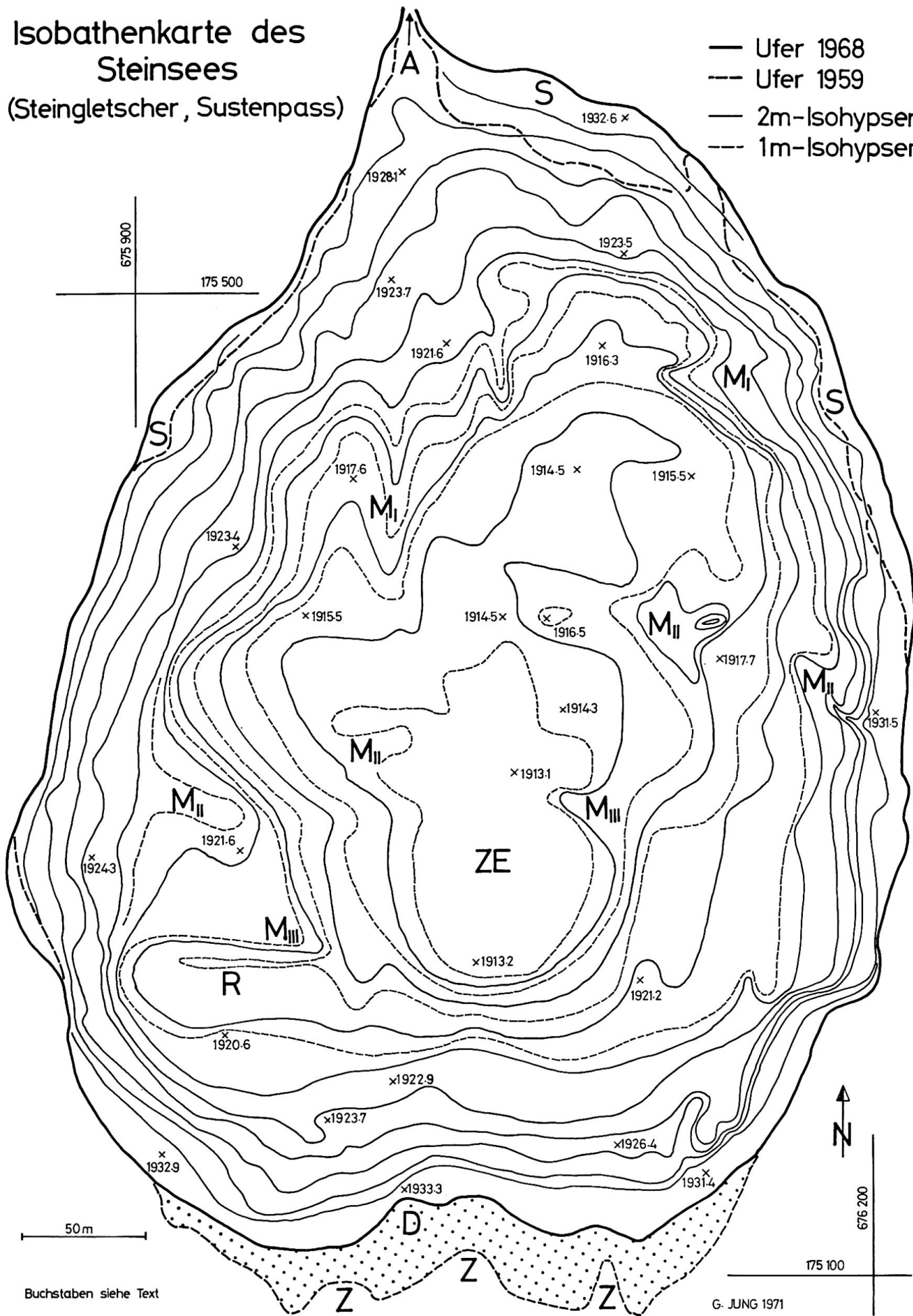
Meßpunktabstand (d)	Lagefehler der Isobathe (f)
5 m	$\pm 1,25$ m
10 m	$\pm 2,5$ m
15 m	$\pm 3,75$ m

Er berechnet sich mit der Formel $f = \frac{d}{4}$

Der mittlere Abstand der Meßpunkte in einem Profil mit 25 Punkten betrug 12,6 m, der größte Abstand betrug 21 m und der kleinste 3 m. Der

Isobathenkarte des Steinsees (Steingletscher, Sustenpass)

- Ufer 1968
- - - Ufer 1959
- 2m-Isohypsen
- - - 1m-Isohypsen



Buchstaben siehe Text

G. JUNG 1971

mittlere Lagefehler der Isobathen beträgt somit etwa ± 3 m.

Zur Positionsmessung mußten zwei Meßbasen errichtet werden, deren Länge mit dem Meßband ermittelt wurde. Da kein ideal ebenes Terrain zur Verfügung stand, wurden die Höhendifferenzen durch vertikale Winkelmessung korrigiert. Die Mittelwerte aus 5 Messungen ergaben für

Meßbasis I (NE-Ufer)	185,71 m
Meßbasis II (SW-Ufer)	167,34 m

Je ein Punkt der Meßbasis wurde ferner koordinatenmäßig mittels Polygonzug von einem vermessenen Punkt der LK aus bestimmt.

Beim Vergleich der Meßergebnisse und der Lage der Punkte im Plan 1 : 1000 mit dem Ufer des Sees im Übersichtsplan 1 : 10 000 der kantonalen Vermessungsdirektion ergaben sich Unstimmigkeiten. Am S-Ende des Sees lag das Ufer 10–30 m weiter im Norden als auf diesem Plan, im Norden des Sees hingegen erhielten wir Lotpunkte, die 5–20 m außerhalb der Uferlinie des 10 000er-Planes lagen. Zunächst glaubten wir an Meßfehler. Eine Überprüfung ergab aber das gleiche Resultat. Das Ufer, das wir 1968 vor uns hatten, war seit seiner Kartierung im Jahre 1959 verändert worden. Im Süden schüttete der Bach ein Delta (D), das nordwärts wächst. Im Norden des Sees hingegen fanden wir zunächst keine Erklärung für diese Veränderungen. Durch Erosion des Ausflusses (A) müßte der Seespiegel eher eine tiefere Lage haben als früher; das hieße, daß er sich verkleinert hätte und keine Meßpunkte außerhalb der Uferlinie von 1959 zu finden sein dürften. Des Rätsels Lösung kann nur in einer Terrainsenkung gefunden werden. Eine solche ist zum Beispiel durch Schwund von Toteis, das in der Moräne verborgen ist, gut möglich. Da in der Gegend des Nordufers der Seegrund schwach geneigt ist, verschiebt sich das Ufer um mehrere Meter bei geringfügigen Terrainsenkungen. Die Senkungsgebiete sind in der Karte mit S bezeichnet.

3. Morphologische Ergebnisse

Auf mögliche Terrainsenkungen durch Toteis-schwund wurde bereits im vorhergehenden Kapitel hingewiesen. Sie betragen 1–3 m.

Durch Vergleich der Uferlinie von 1959 (aus der Karte 1 : 10 000, Blatt Sustenhorn) und unseren Feststellungen des Ufers von 1968 konnte durch Planimetrierung der Flächenzuwachs des *Deltas* (D) sowie der Kubaturzuwachs bestimmt werden. Während den Jahren 1959–1968 erhielt das Delta einen Flächenzuwachs von etwa 5400 m² und einen Kubaturzuwachs (bei einer mittleren Mächtigkeit

von 4 m) von 21 600 m³. Je Jahr betrug der Flächenzuwachs somit im Mittel 600 m² und der Kubaturzuwachs 2400 m³.

Das Volumen des Seeinhaltes konnte durch Planimetrierung und mit Hilfe der Tiefenwerte ermittelt werden. Bei einer Seeoberfläche von 159 000 m² und einer größten Tiefe von 21 m hat der See ein Volumen von 3 250 000 m³. Hält die gegenwärtige Sedimentation im See an, so dürfte er in 1300–1400 Jahren zugeschüttet sein, falls nicht ein erneuter Gletschervorstoß den See zum Verschwinden bringt oder die Materialzufuhr wesentlich verändert wird.

Das *Seebecken* ist eine deutlich glazialerosiv entstandene Wanne im Moränenmaterial, das größtenteils aus Gneisen besteht. Es handelt sich um das ehemalige Zungenbecken des Steingletschers. Das S-Ufer, das steiler ist, wird durch die Akkumulationsform des Deltas gebildet, während also die übrigen Teile primär Erosionsformen waren. Auf der Isobathenkarte lassen sich die heute subaquatischen ehemaligen Endmoränenlagen M₁, M₂ und M₃ erkennen. Sie rühren von kleinen Oszillationen der Zunge her und sind in den Jahren 1930 bis 1950 entstanden, während die den See umgebenden Moränenwälle dem Stand von 1920 angehören. Die große Moräne östlich des Sees entspricht sogar dem Stand von 1900. Da das Lotgewicht weich aufsetzte, muß man annehmen, daß bereits eine erhebliche pellitische Sedimentation im See stattgefunden hat. Vor allem im S-Teil des Sees und im zentralen Teil (ZE), während die Uferpartien noch aus groben Moränentrümmern bestehen, die bei klarem Wasser sichtbar sind.

Die asymmetrische Rinne (R) im SE-Teil des Seebeckens ist als stirn-randglaziale Schmelzwasser-rinne oder aber als Resultat der steilen Luvseite eines Moränenstauchwalles zu deuten. Der relativ flache zentrale Boden ZE ist bereits das Resultat der ruhigen pellitischen Sedimentation von glazialen Seebodenlehm.

Die Genese des Sees läßt sich, was selten möglich ist, genau rekonstruieren und datieren. Die Karte des T. A., Blatt Engelberg, 1 : 50 000 von 1909 zeigt die Zunge des Steingletschers noch in der Nähe des Hotels Steingletscher auf 1900 m ü. M. Gegenüber heute war die Zunge damals gegen 1 km länger. Der T. A. 1 : 50 000, Blatt Sustenpaß, von 1926 zeigt das Zungenende des Gletschers dort, wo sich heute der Ausfluß des Steinsees befindet. Nach W. Schweizer (Lit. 3) war das Seebecken 1936 noch mit Eis gefüllt, das heißt, der See existierte damals noch nicht. Nach einer Photo von 1956 ist ersichtlich, daß damals die Gletscherzunge gerade noch in Kontakt mit dem See war. Seit 1956 ist sie bis zum Jahre 1968 um weitere 152 m zurückgeschmolzen (Lit. 1). Die Entstehung des Sees fällt somit in einen Zeitabschnitt von 30 Jahren Dauer. Die mitt-

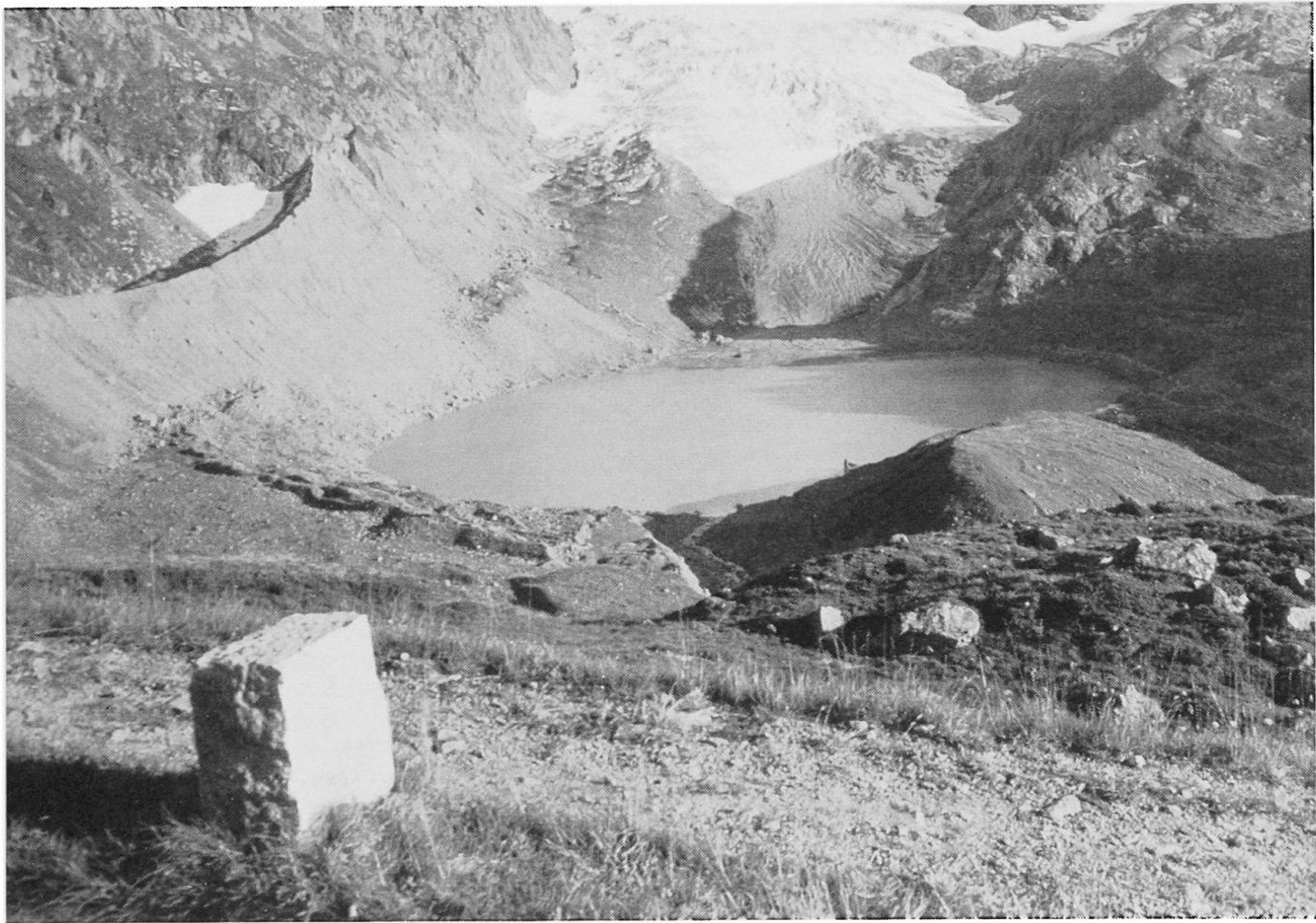


Abbildung 1. *Der Steinsee von Norden gesehen.* Am linken Bildrand ist die rechte Seitenmoräne vom Gletscherstand um 1900 zu erkennen, im Hintergrund erblickt man den Steingletscher und die Ebene des Deltas. Im Mittelgrund rechts dominiert die Stirnmoräne von 1926, und unmittelbar links davon ist der Seeausfluß zu erkennen, der sich in den 30 Jahren seiner Existenz rund 25–30 m in die Tiefe gearbeitet hat. Datum der Aufnahme: August 1969

lere Rückschmelzgeschwindigkeit der Zunge des Steingletschers berechnet sich wie folgt:

Beobachtungs- spanne	Jahre	Totale Rückschmelz- distanz	im Jahr
1900–1920	20	420 m	21 m
1920–1956	36	580 m	13,3 m
1956–1969	12	115 m	9,5 m

Während der Entstehungszeit des Steinsees schmolz die Zunge also um 13–14 m im Jahr zurück. Diese Werte stimmen größenordnungsmäßig mit jenen Rückschmelzgeschwindigkeiten der Würmgletscherzungen überein, die der Verfasser für das Zürcher Oberland ermittelt hat (Lit. 2). Dort betrug sie 18 m im Jahr. Das Mittel für den Steingletscher zwischen 1900 und 1968 betrug 16,4 m im Jahr. Diese Ergebnisse sind daher besonders wertvoll, weil sie uns quantitative Vorstellungen über die Bildungszeit

glazigener Seen vermitteln. Unter der Annahme von 16 bis 18 m Rückschmelzgeschwindigkeit des Eises im Jahr ergeben sich für die alpinen Randseen der Größenordnung 2–10 km Längsausdehnung Werte zwischen 150 und 600 Jahren für ihre Entstehungszeit. Als solche definieren wir den Zeitraum zwischen der ersten Ansammlung von stehendem Wasser zwischen Strinmoränen und Gletscherzunge bis zur vollständigen Füllung des ehemaligen Zungenbeckens mit Trennung von Gletscherzunge und See.

Messungen der Geschiebeführung des Baches, der das Steinseedelta schüttet, sind leider durch Zerstörung des Meßwehrs infolge Hochwassers im Jahre 1969 erfolglos geblieben.

Ich hoffe, mit diesem Beitrag ein wenig Licht in die Entstehungsgeschichte des Steinsees im speziellen und der alpinen Randseen im allgemeinen gebracht zu haben. Zum Schluß möchte ich vor allem meinen drei ehemaligen Schülern für ihre Mitar-

beit danken. Ohne sie wäre die Durchführung der Untersuchung zeitlich wie personell nicht möglich gewesen.

Literatur

Kasser P.: Die Gletscher der Schweizer Alpen. (In Alpen, Quartalshefte 1958 bis 1968.)

Jung G.: Beiträge zur Morphogenese des Zürcher Oberlandes im Spät- und Postglazial (Vierteljschr. Natf. Ges. Zürich, Jahrg. 114, Heft 3.)

Schweizer W.: Gletscherseen (Geographica Helvetica, XII, Heft 2, 1957).

Topographischer Atlas der Schweiz 1 : 50 000, Blätter Engelberg 1909 und Sustenpaß 1926.

Übersichtsplan der Grundbuchvermessung, Blatt Sustenpaß 1959/64, 1 : 10 000. Luftbilder des Eidg. Vermessungsamtes 1959.

Résumé

1° Par des sondages, on a posé la base pour une carte isobathique du lac de Stein qui s'est formé dans le bassin de la moraine frontale du glacier «Stein» de 1936 à 1956.

2° Les modifications de son bord entre 1959 et 1968 au région du delta lacustre ont permis d'énoncer l'hypothèse que le comblement du lac durera probablement 1300 à 1400 années.

3° En outre, on a pu constater des zones d'affaissement (indiqué par S à la carte) provoquées par glace morte dans la moraine, surtout du côté nord du lac. La moraine est composée surtout de gneiss.

4° La naissance du lac Stein nous donne une idée sur la durée du développement des lacs du type semblable datant de la période glaciaire de «Würm» dans les Alpes et au Bassin molassique. Si le lac est long de 2 à 10 km, la durée de naissance varie entre 150 à 600 ans.

Aufruf zur Mitarbeit an die Schweizer Geographen

Die Schweizerische Geographische Kommission der SNG hat in Geographica Helvetica (Heft 2, 1971) mitgeteilt, daß im kommenden Jahr die Arbeiten für das langfristige Forschungsprojekt «Wandel schweizerischer Kulturlandschaften» aufgenommen werden sollen.

Mit der Durchführung werden Fachgeographen beauftragt, deren Tätigkeit nach den üblichen Honoraren und Spesenvergütungen der SNG entschädigt wird. Die Arbeit umfaßt Kartierungen im Gelände, Erhebungen auf Grundbuchämtern und weiteren Stellen, Beschaffung und Auswertung von statistischem Material und die Abfassung von erklärenden Texten nach einheitlichen Richtlinien und verbindlichen Legenden.

Der jährliche Arbeitsaufwand dürfte je nach Gebiet zwei bis drei Wochen erfordern, wobei sich die einzelnen Arbeiten jeweils nach einem festen Turnus abwickeln werden. Um einen regional und personell möglichst ausgewogenen Mitarbeiterstab aufbauen zu können, rufen wir die interessierten Geographen auf, ihre Bereitschaft zur Mitarbeit an die untenstehende Adresse mitzuteilen. Vor allem suchen wir noch Bearbeiter von Testgebieten im Schweizer Mittelland von Genf bis St. Gallen.

Namens der Schweiz. Geographischen Kommission:
PD Dr. Werner A. Gallusser
Geographisches Institut der Universität
Klingelbergstraße 16, 4000 Basel