Zeitschrift: (Der) Schweizer Geograph = (Le) géographe suisse
Band: 13 (1936)
Heft: 6

Artikel: Klimaschwankungen am Zürichsee? (Schluss)
Autor: Cramer, Fritz
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-11557

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

BERN, DEZEMBER 1936 6. HEFT DREIZEHNTER JAHRGANG

DER
SCHWEIZER GEOGRAPH
LE GÉOGRAPHE SUISSE

ZEITSCHRIFT DES VEREINS SCHWEIZ. GEOGRAPHIE-LEHRER SOWIE DER GEOGRAPHISCHEN GESELLSCHAFTEN VON BERN, BASEL, ST. GALLEN UND ZÜRICH

REDAKTION: PROF. DR. FRITZ NUSSBAUM, ZOLLIKOFEN B. BERN

VERLAG: KÜMMERLY & FREY, GEOGRAPHISCHER KARTENVERLAG, BERN
ABONNEMENT, JÄHRLICH 6 HEFTE, FR. 5.—

Klimaschwankungen am Zürichsee?

Von Fritz Cramer, Weiningen.

(Schluss.)

Die wichtigsten der vielen zur Berechnung der Verdunstungsgeschwindigkeit aufgestellten Formeln seien der Vollständigkeit halber hier erwähnt.

Die von der preussischen Landesanstalt für Gewässerkunde aufgestellte Formel [10]) lautet):

$$v = 1{,}0278 \cdot a^{t_w} \cdot (E_t - e) / 1 + b\,(E_t - e)$$

Hierbei sind a und b Instrumentalkonstanten, t_w die Temperatur der Wasseroberfläche, $(E_t - e)$ der Sättigungsfehlbetrag der Luft. Dadurch, dass man in dieser Formel mittlere Windverhältnisse zugrundegelegt hat, ist vermieden worden, auch noch die Windgeschwindigkeit in die Formel aufnehmen zu müssen.

Von den Formeln, die auch der jeweiligen Windgeschwindigkeit Rechnung tragen, seien zwei genannt, die von

Gallenkamp [11]) $v = C \cdot (1 + at) \cdot (E_w - e) \cdot (\sqrt{m} + 0{,}008 \sqrt[3]{m^3})$ und die von

Horton [12]) $v = C \cdot [(2 - e^{-km}) \cdot E_w - e]$

In diesen Formeln sind C, a und k Konstanten, t die Lufttemperatur, m m/sec die Windgeschwindigkeit, E_w der Maximaldampfdruck an der Wasseroberfläche, e der vorhandene Dampfdruck.

In der Praxis sind von entscheidender Bedeutung für das hier zu untersuchende Problem die Messungen von *J. Maurer* [13]). Allerdings fielen seine Untersuchungen am Zürichsee in eine abnorme Hitzeperiode, — ergab sich doch als Durchschnitt bei den vom 6. August bis 14. September 1911 vorgenommenen Messungen eine mittlere Temperatur an der Wasseroberfläche von 24 Grad! Das von Maurer gefundene Ergebnis lautete für den Zürichsee: 4,2 mm pro Tag,

[10]) Vgl. H. Bindemann in der auf S. 15 zitierten Arbeit, sowie Hann-Süring «Lehrbuch der Meteorologie», 4. Aufl., 1926, III. Buch, Kap. I.

[11]) Vgl. Gallenkamp i. d. Meteorol. Zeitschr. 1917, S. 24.

[12]) Vgl. R. E. Horton i. Monthly Weather Rev. 1917, S. 453.

[13]) Vgl. J. Maurer i. d. Met. Zeitschr. 1911, S. 545.

für den Greifensee 4,3 mm pro Tag. Auf m/sec umgerechnet ergibt sich somit für den Zürichsee (bei einer mittleren Temperatur von 24 Grad) eine Verdunstungsgeschwindigkeit von $v = 4{,}9 \cdot 10^{-8}$ m/sec. Auch hier zeigt sich, wie wichtig es wäre, möglichst lange Versuchsperioden anzusetzen, um vom Einfluss zufälliger Jahresschwankungen auf das Ergebnis freizuwerden.

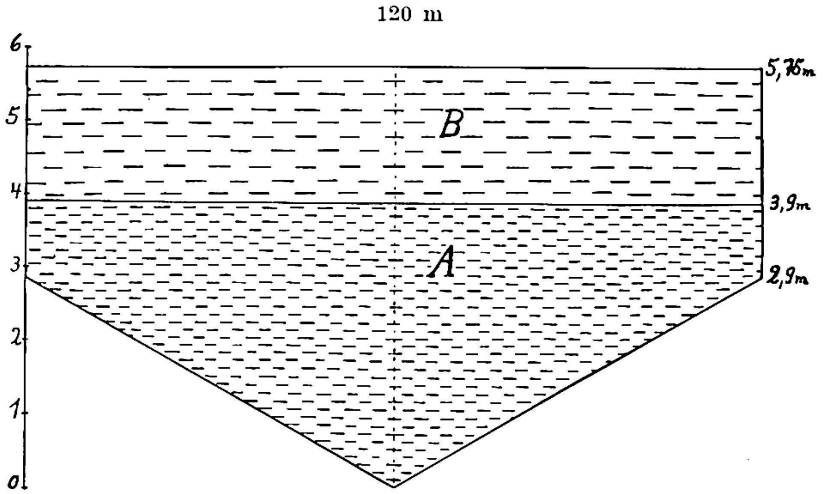

Fig. 3. Abflussquerschnitt der Limmat.
(Siehe S. 118 von Heft 5.)

Der Jahresdurchschnitt der Lufttemperatur für Zürich ist 8,5 Grad. Nimmt man an, dass die Verdunstungsgeschwindigkeit im Bereich von 8,5 Grad bis 24 Grad ungefähr proportional der Temperatur ist, so kommt man zu einem mittleren Wert von zirka $1{,}6 \cdot 10^{-8}$ m/sec für v. Um V zu bestimmen, hat man jetzt nur noch das Produkt $v \cdot o$ zu bilden. Es ist:

$$V = v \cdot o = 1{,}6 \cdot 10^{-8} \cdot 8{,}852 \cdot 10^{7} \text{ cbm/sec}$$
$$= \mathit{1{,}4\ [1632]\ cbm/sec.}$$

Angesichts der in Betracht kommenden Genauigkeitsgrenzen kann man höchstens die erste Dezimale berücksichtigen. Es ergibt sich also

$$V = 1{,}4 \text{ cbm/sec}.$$

Es war: $A = 87$ cbm/sec.

Also ist $Z = A + V = \mathit{87 + 1{,}4 = 88{,}4\ cbm/sec.}$

So klein V im Verhältnis zu A auch ist, so bedeutet eine Verdunstung von 1,4 cbm/sec der Seeoberfläche doch eine tägliche Verdunstung von zirka 121,000 cbm! Diesem Betrag steht allerdings eine tägliche Abflussmenge von zirka 7,517,000 cbm gegenüber. Jedenfalls berechtigt uns die Kleinheit von V gegenüber A, V in späteren Betrachtungen zu vernachlässigen.

Will man nun untersuchen, wie gross die Oberfläche eines abflusslosen Sees wäre, der im gleichen Klima läge wie der Zürichsee und gleiche Zuflussmenge und gleiche Verdunstungsgeschwindigkeit v hätte, so braucht man nur die Zahlwerte in die auf S. 117 (Heft 5) entwickelte Formel $o_2 = (1 - A/Z) \cdot o_1$ einzusetzen, wobei o_1 die gesuchte Grösse ist. Es ist also:

$$o_2 = (1 - 87/88{,}4) \cdot o_1$$
$$o_1 = 63{,}1 \cdot o_2$$

Es müsste also der abflusslose See bei sonst gleichen klimatischen Verhältnissen eine 63mal so grosse Oberfläche besitzen wie der Zürichsee.

IV.

Fragen wir nun nach der Möglichkeit einer Klimaschwankung seit dem Neolithikum unter Berücksichtigung der Annahme, die Pfahlbaudörfer am Zürichsee seien Trockensiedlungen gewesen! Diese These bedingt ein um etwa 2,5 m tieferes Durchschnittsniveau des Zürichsees [14]). Um die Konsequenzen, zu denen eine solche Annahme führen würde, zu überblicken, muss hier eine wesentliche, einschränkende Voraussetzung gemacht werden, deren Zulässigkeit später noch genauer begründet werden wird: Es sei angenommen, dass Abflussprofil und Strömungsgeschwindigkeit, im grossen betrachtet, damals nicht entscheidend von den heutigen Verhältnissen abwichen. [15])

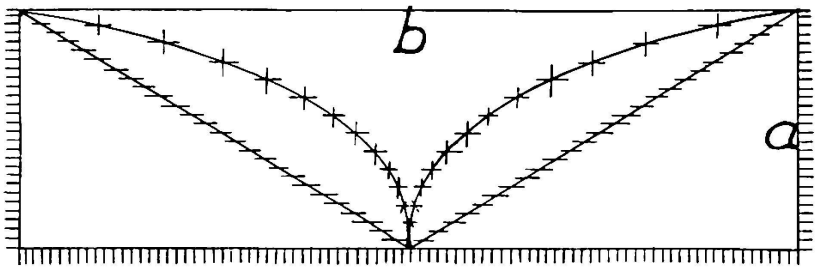

Fig. 4. Vergleich einiger Bodenprofile.
(Zu S. 119, Anm. 8, Heft 5.)

Bei annähernd gleichen Abflussbedingungen wie heute würde eine Senkung des Wasserspiegels um 2,5 m eine Maximaltiefe an der Abflußstelle von 3,25 ergeben, also eine Querschnittfläche von zirka 215 qm. Die korrespondierende mittlere Strömungsgeschwindigkeit würde etwa 0,129 m/sec betragen. Der Abfluss beliefe sich also damals auf

$$215 \cdot 0{,}129 = 27{,}735 \text{ oder rund } 28 \text{ cbm/sec}$$

Nimmt man als mittlere Jahrestemperatur von damals irgend einen Wert zwischen 8,5° und 24° an, so würde die Verdunstungsmenge der ganzen Seefläche damals zwischen 1,4 cbm/sec und zirka 4 cbm/sec liegen.

Nach der bekannten Formel müsste also die gesamte mittlere Zuflussmenge damals 32 cbm/sec nicht überschritten haben; das bedeutet eine Verminderung gegenüber dem heutigen mittleren Zuflussbetrag von 88,4 cbm/sec um mehr als 56 cbm/sec, d. h. um mehr als 60%!

Es bleibt also zu untersuchen, ob vor zirka 4000 Jahren die klimatischen Bedingungen oder die Bodenformen im Zürichseegebiet um so viel anders waren als die heutigen, dass ein so grosser Rückgang des Zuflusses wahrscheinlich wird. Gegen die Annahme irgendwelcher nennenswerten geologischen Veränderungen im Zürichseegebiet inner-

[14]) Vgl. Violliers Skizze Fig. 2 auf S. 115 (Heft 5 des Schweiz. Geogr.).
[15]) Vgl. Fig. 3.

halb der letzten 4000 Jahre hat sich *A. Heim* mit Bestimmtheit ausgesprochen [16]).

Was die äusseren Einflüsse betrifft, so kämen hauptsächlich zwei Faktoren in Betracht, die eine gegenüber heute kleinere Zuflussmenge im Neolithikum erklären könnten: Im Neolithikum war das Einzugsgebiet des Zürichsees waldreicher als heute. Die Entwaldung hat in neuerer Zeit stattgefunden und jedenfalls die Retention und Absorption der Niederschläge im Einzugsgebiet verringert, so dass heutzutage ein grösserer Prozentsatz der Niederschläge als Zufluss den Zürichsee erreicht. Mehr als mit etwa 10% wird man aber den Einfluss der Entwaldung kaum ansetzen dürfen. Es blieben daher noch 50% Zuflussverminderung im Neolithikum zu erklären.

Der zweite im gleichen Sinne wirkende äussere Faktor könnte eine Flussanzapfung sein; d. h. es müsste geprüft werden, ob vielleicht in den letzten 4000 Jahren der Zürichsee sein Einzugsgebiet durch Flussanzapfung vergrössert hat. Eine irgendwie ins Gewicht fallende Veränderung des Einzugsgebietes durch Verlegung der Wasserscheide scheint jedoch innerhalb der kurzen Periode von 4000 Jahren durchaus unwahrscheinlich.

Die Trockenthese müsste daher eine gegenüber dem heutigen Zustand wesentlich kleinere durchschnittliche jährliche Niederschlagshöhe voraussetzen, um nach dem Ausscheiden der eben genannten Faktoren einen niedrigen Zürichseespiegel der Pfahlbauzeit erklären zu können. Eine solche Niederschlagsverminderung kann sich jedoch nicht lediglich auf den Zürichsee und dessen Einzugsgebiet beschränkt haben, sondern müsste auch in viel grösseren Erdräumen, — jedenfalls zumindest im ganzen voralpinen Gebiet nachweisbar sein. Dies ist aber nicht der Fall. Im Gegenteil glaubt man für die voralpine Bronzezeit eher noch eine leichte Trockenperiode gegenüber dem Neolithikum ansetzen zu dürfen, wie z. B. dies am Zürichsee aus den gegenüber dem Neolithikum weiter im See draussen errichteten Pfahlbauten der Bronzezeit geschlossen werden kann.

Schliesslich liesse sich auch aus *antiken Quellen* der Nachweis erbringen, dass wenigstens vor etwa 2000 Jahren das nördliche voralpine Gebiet im wesentlichen die gleichen Niederschlagsverhältnisse besessen haben muss wie heute, — ja sogar eher noch niederschlagsreicher gewesen sein mag. Dies ist insofern ein Indiz gegen die Gültigkeit der Trockenthese; denn dadurch wird der zur Aenderung des neolithischen in den heutigen klimatischen Zustand zur Verfügung stehende Zeitraum auf knapp 2000 Jahre beschränkt!

Caesar erwähnt in seinen « Commentarii de bello Gallico »[17]), dass Ariovist sich monatelang in Sümpfen gehalten habe. Diese Sümpfe dürften im Gebiet zwischen Jura und Vogesen zu suchen sein, sprechen also jedenfalls nicht für

[16]) Vgl. Viollier in der früher zitierten Arbeit, S. 11, Z. 6—11.

[17]) Edit. F. Fuegner, Leipzig, 1914, Buch I, Kap. 40: « ... Ariovistum, cum multos menses ... se ... paludibus tenuisset ... ».

das Vorhandensein eines Trockenklimas, wie es einem wesentlich verringerten Niederschlagsquantum entsprechen würde.

Die Historia Naturalis des jüngeren *Plinius* enthält einen Abriss der geographischen und ethnographischen Struktur des damals bekannten Teils von Europa. Auch hier findet man, obwohl klimatische Details fehlen, den Eindruck bestätigt, dass das nördliche Voralpenland im grossen und ganzen etwa dieselben klimatischen Verhältnisse besessen haben muss wie heutzutage [18]).

Für Germanien findet sich bei *Tacitus* die knappe und eindeutige Angabe, es sei abstossend durch seine Wälder und abscheulich durch seine Sümpfe [19]). Wir dürfen also durchaus schliessen, dass zu Tacitus' Zeit von einer niederschlagsarmen Periode nördlich der Alpen keinerlei sichtbare Anzeichen mehr vorhanden waren.

Strabo erwähnt im IV. Buch ausdrücklich, der Rhein verzweige sich in grosse Sümpfe und einen grossen See (den heutigen Bodensee). Auch über die reissenden Wildbäche, die durch bis tief in den Sommer andauernde Hochwasser die Strassen und den Verkehr gefährden, berichtet Strabo bei Beschreibung der Zentral- und Westalpen [20]).

Aus den wenigen angeführten Zitaten dürfte sich also bereits ergeben, dass für eine in den heutigen Zustand einmündende Klimaänderung seit der Pfahlbauzeit höchstens die Zeit von etwa 2000 v. Chr. — 0 zur Verfügung gestanden haben kann. Bei der Grösse der für die Trockenthese anzunehmenden Aenderung erscheint ein so relativ kurzer erdgeschichtlicher Zeitraum als sehr unwahrscheinlich. Auch dies Indiz spricht also stark zu Ungunsten der Trockenthese.

V.

Die hier auf die Untersuchung der Frage einer Klimaschwankung am Zürichsee angewandte Methode lässt sich natürlich auch ganz allgemein durchführen; es sollen hier die wesentlichen Voraussetzungen, unter denen man diese Methode anwenden darf, noch einmal kurz zusammengefasst werden:

1. Ungefähre Kenntnis des Gesamtklimas der zu untersuchenden Periode; man muss also in grossen Zügen wenigstens wissen, ob Steppen oder Wüstenklima, kontinentales oder maritimes Klima in der betreffenden Gegend zur betrachteten Periode dominierte.

---

[18]) Vgl. die Ausgabe v. *D. Detlefsen*: « Die geographischen Bücher der Naturalis Historia des C. Plinius Secundus » (II, 242—VI. Schluss) (m. vollst. Krit. Apparat) (Berlin, 1904, Heft 9 der « Quellen und Forschungen zur alten Geschichte ».)

[19]) *Tacitus*, « Germania » (Ed. F. Haase, Leipzig, 1855), S. 197: (§ 5): « Das ganze Land, von geringfügigen Unterschieden abgesehen, ist äusserst waldreich und durch Sümpfe abschreckend; der nach Gallien zu gelegene Teil (Südwest- und Westdeutschland) ist der *feuchtere* (!), der nach Noricum und Pannonien zu gelegene Teil (Oesterreich/Ungarn/Bayern) der windreichere ».

[20]) *Strabo* (Ed. Capps, Page, Rouse, London, 1917 (8 Bde.), Loeb Classics), Bd. II, S. 226: « ... der Rhein erweitert sich zu grossen Sümpfen und einem grosse See (Bodensee) ». S. 202: « Die Wildbäche verursachen die Wasserschwierigkeiten (an den Landstrassen), da sie bis in den Sommer hinein nach der Schneeschmelze von den Alpen herabstürzen. » — Ausdrücklich betont Strabo, dass in den *Alpen* die Schneeschmelze bis tief in den Sommer hinein Hochwasserführung bewirkt, während dies beispielsweise in den Apenninen höchstens bis Frühjahrsende der Fall ist (wie überhaupt im Mittelmeergebiet!)

2. Messung des heutigen Abflussquantums pro Zeiteinheit, unter möglichst genauer Bestimmung des Abflussquerschnittes. Bei abflusslosen Seen wäre die Verdunstungsgeschwindigkeit [21]) und (wenigstens näherungsweise) die Seeoberflächengrösse zu bestimmen. Bei Seen *mit* Abfluss spielt, wie wir sahen, die Verdunstung V eine so geringe Rolle, dass im Rahmen der erreichbaren Genauigkeit V vernachlässigt werden darf; eine Ausnahme würde nur dann eintreten, wenn der Abfluss im Verhältnis zur Grösse des Sees allzu klein ist. Dieser Fall dürfte allerdings sehr selten sein; denn z. B. eine Verminderung des Zürichseeabflusses auf die Hälfte würde noch immer die Vernachlässigung von V gegenüber A gestatten.
3. Die relative Konstanz des Abflussprofils in den zu vergleichenden Perioden. Genügen würde allerdings die *Kenntnis* des früheren Profils, die aber oft nur schwer oder unvollkommen zu erlangen ist. Hat man jedoch eine einigermassen verlässliche Annahme über den früheren Abflussquerschnitt machen können, so kann man durch die Beziehung zwischen Zufluss, Abfluss und Verdunstung unter Berücksichtigung der Voraussetzungen 1. und 2. einen Rückschluss auf die Spiegellage in der früheren Periode gewinnen. — Bei erdgeschichtlich lange zurückliegenden Zeiten muss man auch die morphologischen Faktoren berücksichtigen, — vor allem Hebung oder Senkung sowie Flussanzapfung im Einzugsgebiet.

Der Vorteil der geschilderten Methode besteht vor allem in der Bequemlichkeit, mit der man in wenig erschlossenen Gebieten bei Seen, deren Ufer in ihrer Gesamtheit oft nur schwer zugänglich sind, durch Messung des Abflussquantums und der Reliefverhältnisse an der Abflußstelle einen Ueberblick über die Spiegellage in früheren Zeiten gewinnen kann, — auch wenn man das verlässlichste Verfahren, die Grabungen auf Seesedimente längs des ganzen Seeufers aus Zeitmangel oder wegen der oben angedeuteten örtlichen Schwierigkeiten nicht durchführen kann. — Auch bei abflusslosen Seen würde zur Ermittlung eines Näherungswertes die Verdunstungsmessung an einer *einzigen* (allerdings möglichst günstig zu wählenden) Stelle genügen. Man kann also den Vorzug der Methode dahin zusammenfassen, dass die notwendigen Untersuchungen auf einen einzigen Ort beschränkt sind gegenüber den an vielen Stellen vorzunehmenden Grabungen auf Seesedimente. — In manchen Fällen kann natürlich eine an Uferfelswänden eingekerbte Strandlinie von vornherein die Frage nach dem Niveau der betreffenden Epoche restlos beantworten.

Der Hauptnachteil der hier angeführten Methode liegt darin, dass sie, um genaue Ergebnisse zu liefern, langdauernde Messreihen erfordert.

[21]) Vgl. *H. Bindemann:* « Die Verdunstungsmessungen der preuss. Landesanstalt für Gewässerkunde auf und an dem Grimnitzsee und am Werbellinsee bei Joachimsthal i. d. Uckermark » im Jahrb. f. d. Gewässerkunde Nordd., Besondere Mitt. Bd. 3, 1921, Nr. 3, sowie *K. Fischer* in der Met. Zeitschr. 1922, S. 337.

VI.

Als Abschluss der vorliegenden Arbeit erscheint es angebracht, eine bisher noch nicht erwähnte Möglichkeit zu betrachten, die eine Erhöhung des Zürichseeniveaus im Laufe der letzten Jahrtausende erklären könnte, — nämlich eine allmähliche Aufstauung des Zürichsees durch Geschiebeablagerungen, welche die Sihl dammartig in die Limmat bei der Einmündung vorschob.

Dass eine solche Annahme, die zur Rettung der Trockenthese dienen könnte, nicht zutrifft, soll noch kurz gezeigt werden [22]).

Zwar existieren direkte Beobachtungen für frühere Jahrhunderte für die Sihlmündung nicht; jedenfalls aber sollte eine dammartige Erhöhung an der Sihlmündung am Profil der Limmatsohle auch heute noch nachweisbar sein; zumindest müsste, wenn man ein Aufhören der Dammaufschüttung durch Gewässerkorrektionen der Gegenwart annehmen will, durch eine Auffüllung des Stauraumes zwischen Sihlmündung und Quaibrücke zu einem annähernd horizontalen Verlauf der Flusssohle auf dieser Strecke geführt haben.

Untersucht man jedoch an Hand des sehr gründlich durchgeführten Längenprofils der Limmat [23]) den Verlauf der Sohle zwischen Quaibrücke und Sihlmündung, so ergibt sich die in der Skizze veranschaulichte Sohlenkurve.

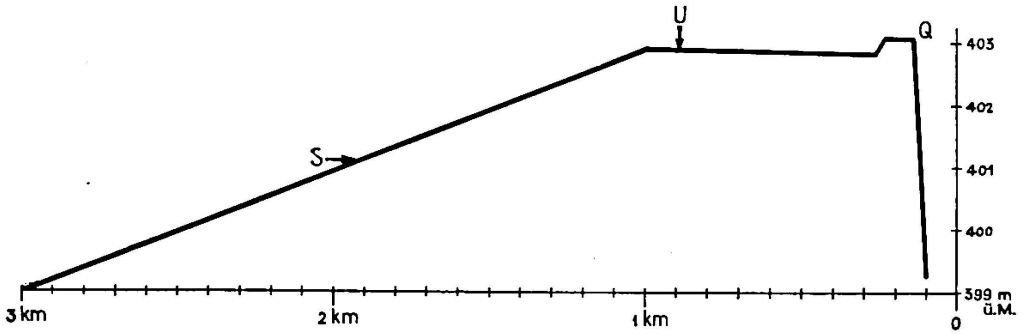

Fig. 5. Profil der Limmatsohle unterhalb der Ausflusstelle am Zürichsee.
S = Sihlmündung, U = Uraniabrücke, Q = Quaibrücke.
(Nach dem Limmatprofil des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft.)

Abgesehen von gewissen durch Wehre, Hausfundamente usw. verursachten Unregelmässigkeiten ergibt sich folgendes Bild: Etwas unterhalb der Quaibrücke befindet sich eine etwa ¼ m hohe Bodenschwelle, die den natürlichen Abschluss des Seebeckens bildet. Diese Schwelle liegt etwa 403 m ü. M.

Es folgt eine ziemlich horizontale Strecke, die gegenüber der Schwelle etwa ¼ m tiefer liegt und sich ungefähr bis zur Uraniabrücke ausdehnt. Bis hierher ist der Wasserspiegel derselbe wie der des Zürichsees, der im Durchschnitt mit 406 m angenommen wird. — Es folgen einige Hausfundamente und Wehrschwellen; dann aber beginnt ein stetiger Abfall der Flusssohle, der sich ohne merkliche Aenderung weit über die Mündungszone der Sihl fortsetzt bis ans Ende der vorliegenden Messkurve. Die Flusssohle liegt bei der Sihlmündung ziemlich genau 2¼ m tiefer als die Kante der Schwelle an der Quaibrücke.

Die nach Angaben der Wasserversorgung der Stadt Zürich angefertigte Kurve zeigt also durchaus den Verlauf, den man normalerweise erwarten konnte. Von

[22]) Für die folgenden Ausführungen verdanke ich der Unterstützung des kantonalen Tiefbauamts, Abt. Wasserrechte, wichtige Anregungen.

[23]) Vgl. « Limmatgebiet » (3. Teil: Längenprofil der Limmat), herausgegeben vom Eidgenössischen Departement des Innern, Bern, 1923.

einer Stauwirkung etwaigen Sihlgeschiebes ist auch nicht die geringste Spur zu finden.

Die Tatsache, dass die Sihl keine Ablagerungen in die Limmat vorschieben konnte, erklärt sich wohl am einfachsten aus dem im Verhältnis zur Sihl fast siebenfach grösseren, mit dem relativ starken Gefälle von 2¼ m pro km fortbewegten Wasserquantum der Limmat. — Die Limmat transportiert heute allen Schutt, den die Sihl zuführt, ohne weiteres ab, — und nichts rechtfertigt die Annahme, dass dies nicht auch zur Pfahlbauzeit der Fall war.

Obwohl eingehende Untersuchungen geologischer Art für dies Sihl-Limmat-Problem noch nicht vorliegen, dürfte das Ergebnis solcher Forschungen die oben gewonnenen Resultate durchaus bestätigen und im übrigen einen weiteren methodischen Beweis für die Unhaltbarkeit der Trockenthese, — wenigstens soweit sie die Pfahlbauten des Zürichsees betrifft, — liefern [24]).

Zur Morphologie und Geographie der Cerdagne in den Ostpyrenäen.

Von F. Nussbaum.

(Fortsetzung.)

Moränen einer älteren Eiszeit, vor allem grössere Granitblöcke, liegen westlich des breiten Sohlentales der Font-Vive auf dem 200 m hohen Hügel, dem Puig de Saneja, der zum grösseren Teil aus Sand- und Schotterbänken des tertiären Sees besteht. Ebenso findet sich erratisches Material westlich des Saneja-Hügels bis zum Weg, der von der Estanc. del Remey nordwärts gegen Guils de Cerdona führt. Estancia del Remey selber liegt auf 50 m hoher Schotterterrasse, die sich 1 km weiter ost- und südwärts ausdehnt; sie erscheint als ausgesprochene *Hochterrasse*, die mit deutlichem und hohem Steilrand zu der weniger hohen *Niederterrasse* abfällt. Die Niederterrasse teilt sich in 2 Felder, in ein höheres und ein tieferes; das höhere liegt westlich Puigcerda 15, das tiefere 10 m über dem Flussniveau; sie lassen sich vom Molino La Farge talaufwärts bis zum M. Gasula verfolgen, wo sie bei der Moräne von Saneja endet. Diese Moräne bildet den westlichen Teil der sehr deutlich ausgebildeten Endmoräne des Carol-Gletschers, die er im Maximum der jüngeren Eiszeit abgelagert hat und deren östlicher Flügel sich an die Terrasse von Puigcerda anschmiegt, um nordwärts, zwischen Enveitg und Ur verlaufend, immer mehr an Mächtigkeit zuzunehmen (vgl. Fig. 5).

Innerhalb dieses äussersten Endmoränenbogens liegen zwischen Enveitg und La Tour de Carol noch zwei ebenso deutlich entwickelte Rückzugsmoränen der

---

[24]) Herrn Heierli, vom kantonalen Tiefbauamt möchte ich für vielfache Unterstützung und Ueberlassung von Material meinen besten Dank aussprechen.

Nachtrag: Zur Frage von Seespiegelschwankungen im allgemeinen siehe auch W. Lüdi, « Das grosse Moos im westschweizerischen Seelande und die Geschichte seiner Entstehung » (Veröff. d. geobot. Inst. Rübel 11 (1935)), S. 225—271; siehe ebendort S. 296—300 eine Auseinandersetzung mit Violliers Ansichten zur « Trockenthese ».

H. Erb hat (Schweizerische Lehrerzeitg., Nr. 14/15 (1930) und Neue Zürcher Zeitung (28. VII. 1930), Nr. 1478) durch Anwendung archäologischer Methoden für die Niveauverhältnisse am Zürichsee dieselben Resultate erhalten, die mit anderen Methoden in der vorliegenden Arbeit sich ergaben.