

Klimaschwankungen am Zürichsee?

Autor(en): **Gramer, Fritz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **(Der) Schweizer Geograph = (Le) géographe suisse**

Band (Jahr): **13 (1936)**

Heft 5

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-11555>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

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.

I.

Die folgende Untersuchung beschäftigt sich mit dem Niveau des Zürichsees zur Pfahlbauzeit im Vergleich zur Gegenwart.

Die heutige Spiegellage unterliegt jährlichen, jahreszeitlichen und täglichen Schwankungen. Wenn hier vom heutigen Niveau die Rede ist, so soll damit der Durchschnitt aus den Niveaulagen etwa im Zeitraum der letzten 200 Jahre gemeint sein. Diese Zahl würde sich aus der Reihe der Jahresdurchschnitte ergeben. Es scheint in diesem Zeitraum keine stetig wachsende oder fallende Niveauhöhe vorzuliegen, daher ist es zulässig, von einem Mittelwert auszugehen. Natürlich ist nicht ausgeschlossen, dass eine Hebung oder Senkung in langer Zeit im Gange ist. Die vorliegenden Messungen kennen indes zwar trockenere und feuchtere Dezennien, ergeben jedoch keine einheitliche Tendenz. Es ist daher statthaft, für die angegebene Periode ein festes, mittleres Niveau anzunehmen. Analog dem Begriff des « heutigen » Niveaus soll der des pfahlbauzeitlichen als Durchschnitt des Neolithikums verstanden werden.

Der Grund, warum gerade diese beiden Perioden gewählt wurden, liegt darin, dass aus den allerdings nur grössenordnungsmässig gültigen Ergebnissen, zu denen wir kommen werden, eine Antwort zur Frage « Waren die Pfahlbausiedlungen am Zürichsee Trocken- oder Wasserbauten? » sich gewinnen lassen wird.

Die seit jeher kaum bestrittene Annahme war die, dass die grosse Mehrzahl der Pfahlbauten im postglazialen Europa Wassersiedlungen gewesen seien. Diese Vermutung stützte sich einerseits auf die Tatsache, dass die aufgefundenen Pfahlbauten entweder noch heute im Wasser stehen oder auf seither ausgetrocknetem Seeboden errichtet

waren, — andererseits auf einen Analogieschluss mit den noch heute im malayischen Archipel als Wassersiedlungen verbreiteten Pfahlbauten. Allerdings sind einige prähistorische Pfahlbauten bekannt, die sicher nicht Wasser-, sondern Moor- oder vielleicht gar Landsiedlungen gewesen sind (z. B. bei Thayingen). Das moderne Gegenstück dazu sind die auf Celebes und Borneo beobachteten Trockenpfahlbauten der Eingeborenen von heute.

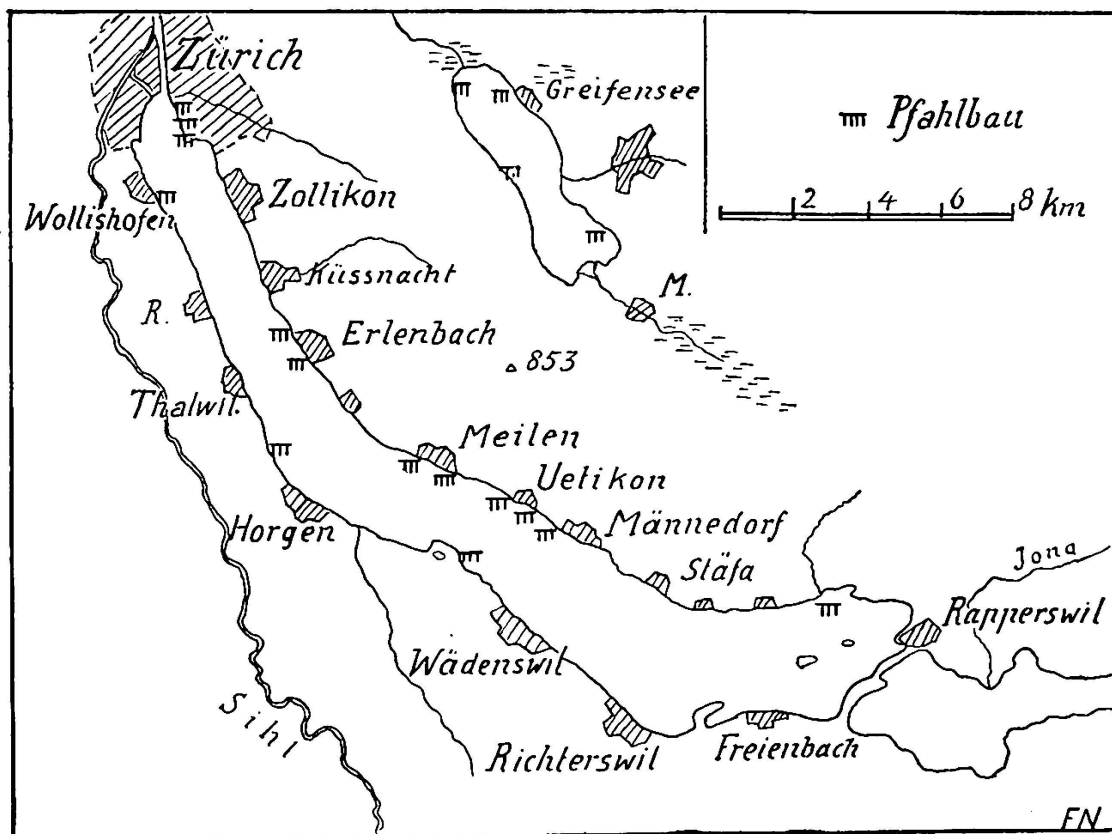


Fig. 1. Karte der Pfahlbaustationen am Zürichsee und Greifensee. Die meisten Pfahlbauten sind neolithischen Alters; bei Zürich und Wollishofen befanden sich auch bronzezeitliche Siedlungen. (Nach den „Mitteilungen der Antiquarischen Gesellschaft Zürich, Bd. XXX).

Die Auffassung, dass die Wassersiedlungen unter den prähistorischen Pfahlbauten vorwiegen, wurde in den letzten fünfzehn Jahren durch verschiedene Autoren ¹⁾ in Frage gestellt. Von diesen wurde hauptsächlich auf Grund von Pollenforschungen die entgegengesetzte These formuliert: Es seien Trockensiedlungen die Norm, Wassersiedlungen die Ausnahme im voralpinen Pfahlbaugebiet gewesen.

So wenig diese Ansicht sich in den gründlichen Untersuchungen, der Schweizer Seen hat behaupten können, so gebührt ihr doch das

¹⁾ Gams und Nordhagen: « Postglaziale Klimaänderungen und Erdkrustenbewegungen in Mitteleuropa », München, 1923.

H. Reinerth: « Die jüngere Steinzeit der Schweiz », Augsburg, 1926.

Verdienst, zu einer klaren Ueberprüfung der Gründe und Gegen-
gründe den Anstoss gegeben zu haben.

Schon vor dem Höhepunkt dieses Streites der Meinungen hatte
P. Vouga durch Untersuchung der Seekreideschichten des Neuen-
burgersees die dort liegenden Pfahlbauten als Wasserbauten erwiesen²⁾.
Zu denen, die die Trockenthese scharf ablehnen, gehört auch
*Th. Ischer*³⁾. Er hat am Bielersee die Pfahlbauten genau untersucht
und seine Ergebnisse in einem aufschlussreichen Werk veröffentlicht⁴⁾.

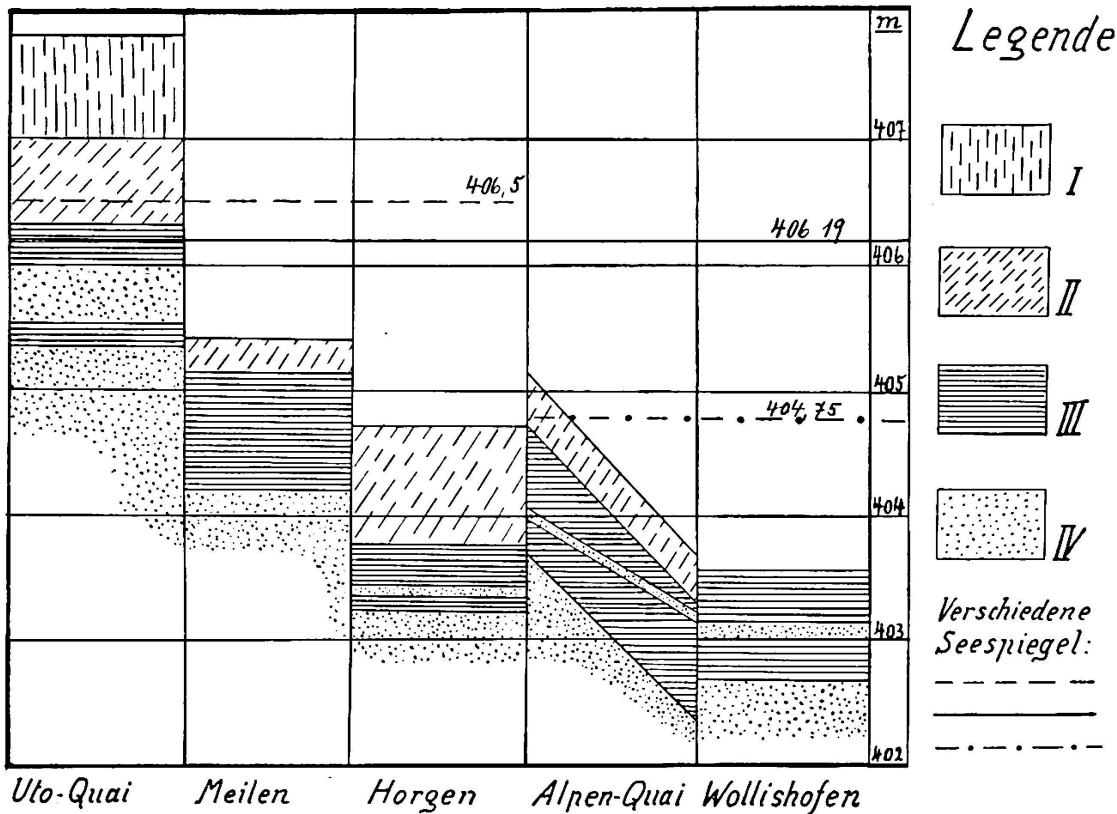


Fig. 2. Schichtenlage einiger Pfahlbaustationen am Zürichsee.

I. Künstliche Aufschüttung. II. Sand, Lehm. III. Kulturschicht. VI. Seekreide-
----- neolithischer, ————— mittlerer, - bronzezeitlicher Seespiegel.

O. Tschumi verwirft die Trockenthese aus archäologischen Gründen⁵⁾,
W. Rytz lehnt sie auf Grund botanischer Untersuchungen ab⁵⁾,
J. Favre kommt durch die Untersuchung der in den Pfahlbauschichten
auftretenden Muscheln und Schnecken ebenfalls dazu, von der gene-
rellen Trockenthese abzurücken⁵⁾.

²⁾ Vgl. *P. Vouga* im Anzeiger für schweizerische Altertumskunde, Zürich: 1920, S. 228, 1921, S. 89, 1922, S. 11, 1929, S. 81 und 161.

³⁾ *Ischer* im Anz. f. schw. Alt.-Kunde (Zürich), 1927, S. 221.

⁴⁾ *Ischer*: «Die Pfahlbauten des Bielersees», 1928 (Biel).

⁵⁾ Vgl. XVIII. Ber. d. röm-germ. Komm., Frankfurt, 1929, unter «Sind die Pfahlbauten Land- oder Wassersiedlungen gewesen?»

Schliesslich sei noch auf das umfassende Referat D. Violliers ⁶⁾ verwiesen, der auf Grund des gesamten vorliegenden Materials abschliessend die Allgemeingültigkeit der Trockenthese verneint. Nur in Einzelfällen wird Trockensiedlung anerkannt, generell jedoch nicht. Als Hauptargument, insbesondere für die Pfahlbauten am Zürichsee, dient immer die Tatsache, dass der höchste, unter einer Pfahlbausiedlung am Zürichsee beobachtete Seekreidestreifen eine Meereshöhe von zirka 406,0 m aufweist. Das heutige mittlere Niveau wird mit 406,0 m angegeben ⁷⁾. (Bei Viollier 406,2 m.) Nach allgemeiner Annahme bedarf es zur Bildung einer Seekreideschicht einer überlagernden Wasserschicht von mindestens 50 cm. Es muss also (vgl. die Skizze von Viollier) zwischen den Pfahlbausiedlungen am Utoquai ein mittleres Niveau von mindestens 406,5 m existiert haben. Es müssten danach alle bisher bekannten Pfahlbauten am Zürichsee Wassersiedlungen gewesen sein.

Ist somit die Frage «Trocken- oder Wassersiedlung?» für die Pfahlbauten des Zürichsees durch die Sedimentbefunde als entschieden zu betrachten, so ist es doch von Interesse, das Resultat einmal auch aus einer anderen Betrachtungsweise herzuleiten.

II.

Die Schwierigkeiten, die einer im physikalischen Sinne exakten Lösung entgegenstehen, werden sich im Verlauf der Untersuchung zeigen; aus ihnen erklärt sich, weshalb das Ergebnis nur grössenordnungsmässige Gültigkeit beanspruchen kann.

Nachdem schon anfangs die Begriffe des «heutigen» und des «neolithischen» Niveaus eingeführt worden sind, ist es notwendig, noch weitere Mittelwerte zu definieren. Der wichtigste ist der der mittleren Abflussmenge in cbm/sec. Er sei mit A bezeichnet. Die mittlere Verdunstungsmenge betrage V cbm/sec. Die mittlere Zuflussmenge betrage Z cbm/sec. Zur Zuflussmenge zählen dabei nicht nur alle durch einmündende Gewässer herangeführten Wassermengen, sondern auch alle direkt aus der Luft in den See gelangenden Niederschläge.

Bei als konstant angenommenem Niveau muss die Zuflussmenge Z gleich der Summe des Abflusses und der Verdunstung sein. Bei abflusslosen Seen muss der Zufluss der Verdunstung gleich sein. Es ist also

$$\begin{array}{l} \text{I. } A + V = Z \text{ für Seen mit Abfluss} \\ \text{II. } V = Z \quad \text{für Seen ohne Abfluss} \end{array}$$

Die Schwierigkeit liegt darin, dass eine hinreichend lange Messreihe für A, V und Z fehlt. Es existieren nur gelegentliche Messungen

⁶⁾ D. Viollier in Mitteil. d. antiqu. Ges. Zürich. XI. Pfahlbaubericht, 1930. Dieser Arbeit sind die beiden obigen Skizzen entnommen.

⁷⁾ Statistisches Jahrbuch der Schweiz, 1932.

mit unbekannter Genauigkeit. Am besten verwendbar sind die später ausführlicher zu erwähnenden Angaben von J. Maurer, — jedoch bleibt die Forderung einer auf die letzten 200 Jahre ausgedehnten Messreihe unerfüllbar; dadurch leidet die Zuverlässigkeit des Ergebnisses naturgemäss.

Aus den Formeln I. und II. und einer weiteren Ueberlegung kann man ein anschauliches Bild von der Bedeutung des Abflusses für die Grösse der Seeoberfläche gewinnen.

Ist o qm die Oberflächengrösse des Sees, v die Verdunstungsgeschwindigkeit in m/sec, so ist offenbar:

$$V = v \cdot o$$

Betrachtet man jetzt zwei Seen im gleichen Klima, mit gleicher Zuflussmenge und gleicher Verdunstungsgeschwindigkeit, wobei der eine See einen Abfluss, der andere keinen besitzen soll, so bestimmt man die Oberfläche o_1 des abflusslosen Sees aus

$$V_1 = v \cdot o_1 = Z, \text{ also } o_1 = Z : v.$$

Analog errechnet sich die Oberfläche o_2 des Sees mit Abfluss aus

$$V_2 + A = Z = A + v \cdot o_2; \text{ man erhält: } o_2 = (Z - A) : v.$$

Es ist also das Verhältnis

$$o_2 : o_1 = (Z - A) : v / Z : v = (Z - A) / Z = \left(1 - \frac{A}{Z}\right)$$

Es ist danach:

$$o_2 = \left(1 - \frac{A}{Z}\right) \cdot o_1$$

Auf Grund der Definitionen ist $0 < A < Z$, also $A/Z < 1$. Es ist, wie natürlich zu erwarten war, die Oberfläche des abflusslosen Sees grösser als die des Sees mit Abfluss. Es wird sich zeigen, dass V sehr klein im Verhältnis zu A ist, so dass also A nur wenig kleiner als Z ist. Das bedeutet, dass A/Z nahe bei 1 liegt, also $(1 - A/Z)$ klein wird.

Die Schlussfolgerung ist, dass der Unterschied der beiden Oberflächengrössen sehr beträchtlich sein müsste; es ergäbe sich z. B. für Seen vom Ausmass des Zürichsees ein Verhältnis der Oberflächen von ungefähr 1:60.

III.

Entscheidend für die Spiegellage des Zürichsees ist A . (Fig. 3) Da verlässliche Messungen aus den letzten 200 Jahren nur in unzureichender Anzahl vorliegen, so muss der für A angenommene Mittelwert notwendig ungenau sein⁸⁾. Ich habe, allerdings mit sehr einfachen Mitteln, in vier Monate dauernden Versuchen den Durchschnitt der Monate Februar—Juni 1934 bestimmt. Dabei fielen aber die Messungen auf ein ganz ungewöhnlich niederschlagsarmes Frühjahr. Der von mir

für A gefundene Mittelwert beträgt etwas weniger als 40 cbm/sec. Auch wenn man berücksichtigt, dass die Monate Januar—April gewöhnlich das Jahresminimum für A enthalten, so steht der von mir gemessene Wert dennoch in grossem Kontrast zu dem normalen Wert von 87 cbm/sec. Einige Kubikmeter werden allerdings zu dem von mir gemessenen Wert im Abfluss des Schanzengrabens hinzukommen; aber auch so würde sich das Ergebnis nicht wesentlich ändern. Jedenfalls zeigt das Beispiel dieser Frühjahrmessungen, wie wichtig es ist, eine möglichst lange Messreihe zur Verfügung zu haben; eine kürzere Messdauer kann eben wie hier zu Resultaten von sehr begrenzter Allgemeingültigkeit führen.

Die Messungen nahm ich an der Quaibrücke vor; sie beschränkten sich notgedrungen auf eine Bestimmung des Querschnittsprofils und der mittl. Strömungsgeschwindigkeit. Die Messungen fanden dreimal wöchentlich statt. Die mittlere Strömungsgeschwindigkeit wurde durch 250 Versuche mit Schwimmern annähernd bestimmt, — das Querschnittsprofil durch Lotungen.

Es ergab sich, dass die tiefste Stelle der Flußsohle ziemlich genau in der Mitte der Brücke liegt, ferner dass die Flußsohle nach der Mitte zu so gleichmässig absinkt, dass man die Fallinie als Gerade annehmen darf.

Die Skizze 3 soll das Ergebnis der Messungen des Abflussquerschnittes veranschaulichen. Die an der Quaibrücke gemessene Durchflussbreite beträgt zirka 120 m. Die (senkrechten) Quaimauern würden bei einem der Maximaltiefe von 2,9 m entsprechenden Wasserstand gerade am Fuss berührt werden. Die Zeichnung entspricht dem Wasserstand, dessen Maximaltiefe von 3,9 m dem Durchschnitt der Messungen entspricht. Gleichzeitig soll der einer «normalen» Abflussmenge von zirka 80 cbm/sec entsprechende Wasserstand veranschaulicht werden:

Die aus den Schwimmergehwindigkeiten ermittelte Durchschnittströmung beträgt 0,134 m/sec. Als Produkt der mittleren Strömungsgeschwindigkeit und der Querschnittfläche ergab sich das Abflussvolumen von zirka 40 cbm/sec.

Berücksichtigt man den Schanzengraben, so muss man als Mittelwert für A an der Quaibrücke zirka 80 cbm/sec ansetzen, also ungefähr das Doppelte der

⁸⁾ Vgl. Geogr. Lexikon der Schweiz unter «Zürichsee». — Neuere Messungen verwertet das «Hydrographische Jahrbuch der Schweiz» (1932), herausgegeben vom Eidgenössischen Amt für Wasserwirtschaft. Die für die vorliegende Arbeit wichtigen Daten zeigt folgende Tabelle:

<i>Sihl</i> : (Gemessen in Zürich-Sihlhölzli)	
Jahresmittel des Abflusses 1915—1932	13,7 cbm/sec
Grösstes Monatsmittel (April 1927) statt 21,3	37,9 »
Kleinstes Monatsmittel (November 1920) statt 9,96	1,10 »
Grösste Tagesmenge 1932, 8. Januar	86,9 »
Kleinste Tagesmenge 1932, 22. Februar	0,83 »
<i>Limmat</i> : (Gemessen inkl. Sihl in Zürich-Unterhard).	
Jahresmittel des Abflusses 1906—1932	100 cbm/sec
Grösstes Jahresmittel (1922)	129 »
Kleinstes Jahresmittel (1921)	61,8 »
Grösstes Monatsmittel (Juni 1910) statt 172	260 »
Kleinstes Monatsmittel (Februar 1909) statt 53,8	23,1 »
Grösste Tagesmenge 1932, 23. Juli	252 »
Kleinste Tagesmenge 1932 (27. Februar und 6. März)	36,9 »

von mir gemessenen Zahl. Dann erhöht sich sowohl die Strömungsgeschwindigkeit wie auch die Querschnittfläche. Diese betrug, wie aus der ersten Zeichnung ersichtlich war, zirka 295 qm. Dies entsprach einer Maximaltiefe von 3,9 m. Nimmt man jetzt eine Maximaltiefe von zirka 5,75 m an, so ergäbe sich eine Fläche von etwa 517 qm. Die zum Transport von 80 cbm/sec bei diesem Querschnitt erforderliche Strömungsgeschwindigkeit würde zirka 0,155 m/sec betragen. Es ist dies gegenüber dem von mir gemessenen Wert ein Zuwachs von 0,021 m/sec oder etwas mehr als 15%. Der angenommene Wert für die Maximaltiefe und der daraus bestimmte Wert der Strömungsgeschwindigkeit dürften den wirklichen Verhältnissen in befriedigender Weise entsprechen.

Wesentlich schwieriger lässt sich die Verdunstungsmenge V bestimmen. Man benützt den schon oben genannten Zusammenhang zwischen Verdunstungsgeschwindigkeit, Oberflächengrösse und Verdunstungsmenge pro Gesamtoberfläche, also zwischen v , o und V :

$$V = v \cdot o$$

Die Oberfläche, o , des Zürichsees (inkl. Obersee) beträgt etwa 88,52 qkm⁹). Dagegen ist v bisher nur praktisch, jedoch nicht theoretisch genau bestimmbar.

(Schluss folgt.)

Zur Morphologie und Geographie der Cerdagne in den Ostpyrenäen.

Nachtrag von F. Nussbaum.

Bezeichnend für den geologischen Aufbau der Randgebiete der Cerdagne ist das Vorherrschen von kristallinen Gesteinen (Granit, Gneis) im Osten und Norden und das fast ausschliessliche Vorkommen von paläozoischen Sedimenten, Schiefern, Kalken, Konglomeraten und Quarziten, des Ordovician bis Karbon; diese treten hier in meist steiler, eine sehr starke Faltung und Zusammenpressung vertratender Lagerung auf (postkarbonische Faltung); in grosser Mächtigkeit begleiten sie die östlichen Granitmassive des Canigou und des Roc Madrès, sowie die Granitzone, die sich vom mittleren Tettal

(Limmat minus Sihl) = 100—13,7 = 86,3 cbm/sec ist danach der *Seeabfluss*. Der Nährungswert von 87 cbm/sec ist daher von durchaus hinreichender Genauigkeit.

Seit dem Bestehen des Wäggitalersees wird der Limmatabfluss auf möglichst nicht unter 40 cbm/sec gehalten, — nach Inbetriebnahme des Etzel-Einsiedler-Stausees erwartet man dieses Minimum auf etwa 50 cbm/sec erhöhen zu können.

Wie wichtig die genaue Bestimmung der Bodenkurve ist, sieht man aus folgender Skizze, in der drei Fälle gezeigt werden: 1. Der Abflussquerschnitt ist ein Rechteck mit den Seitenlängen a und b . Der Flächeninhalt beträgt dann $(a \cdot b)$. 2. Der Abflussquerschnitt ist ein gleichschenkliges Dreieck mit der Basislänge b und der Höhentänge a über b . Der Abflussquerschnitt hat alsdann die Grösse $(a \cdot b)/2$. 3. Die Flusssohle senkt sich in Ufernähe nur schwach, stürzt aber dann plötzlich steil nach der Mitte zu ab, so dass eine Oberflächenbreite von der Grösse b und eine Maximaltiefe von der Grösse a bliebe wie in den Fällen 1 und 2. Im 3. Falle würde jedoch der Flächeninhalt des Abflussquerschnittes wesentlich kleiner als $(a \cdot b)/2$ sein.

⁹) Statistisches Jahrbuch der Schweiz, 1932 (ohne Inseln).