

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Band: 75/76 (1920)

Heft: 12

Artikel: Einige Erfahrungen über Rutschungserscheinungen bei Stauseen

Autor: Lüscher, G.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-36438>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 19.11.2024

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

INHALT: Einige Erfahrungen über Rutschungserscheinungen bei Stauseen. — Wettbewerb für eine Wohnkolonie der Bau- und Wohngenossenschaft zugerischer Arbeiter und Angestellter in Zug. — † Alexander Trautweiler. — Miscellanea: Eine neue Erklärung der Physik des Aethers. Simplon-Tunnel II. Direktion der Eidgen. Bauten. Direktor der Sihltalbahn. Technische Messe in Leipzig. — Konkurrenzen: Neubau der

Volksbank in Payerne. Schiffbarmachung des Rheins Basel-Bodensee. — Nekrologie: A. Dänzer. — Korrespondenz. — Vereinsnachrichten: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein († A. Trautweiler). Bernischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung. Tafel 11: † Alexander Trautweiler.

Band 75.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 12.

Einige Erfahrungen über Rutschungserscheinungen bei Stauseen.

Von Dr. phil. G. Lüscher, Ingenieur, Aarau.

Die Erwiderung, die Ingenieur Hans Roth auf den Seiten 183 und 184 letzten Bandes (vom 11. Oktober 1919) meinen vorhergehenden veröffentlichten Ausführungen „Ueber Rutschungserscheinungen bei Stauseen“ anschloss, veranlasst mich, meinen grundsätzlichen Erörterungen einige Erfahrungstatsachen über diesen Gegenstand folgen zu lassen, die eine überprüfende Abwägung ermöglichen darüber, welche der beiden Erklärungen mit den Beobachtungen besser in Einklang steht. Die Erklärung Roths gibt als Ursache der Uferbewegungen bei Seabsenkungen die *Verminderung des Wasserdruckes auf die Ufer* an, die meinige die *Gewichtsvermehrung infolge Wegfallens des Auftriebes, mit öfterer Wiederholung beim Füllen und Entleeren*.

Um die Beweisführung der mehr oder weniger zutreffenden Annahmen oder mit der Wirklichkeit nicht übereinstimmenden Voraussetzungen zu entkleiden, wähle ich in erster Linie gerade das von Roth auf den Seiten 51 bis 54 letzten Bandes vom 2. August 1919 wiedergegebene und von Bildern begleitete Beispiel des „Lago Ritom“, aus dem die Profile A und B hier reproduziert werden, zum Zwecke der Auswertung der damit festgehaltenen Vorgänge bei der Absenkung.

Die Profile A und B bringen die Terraingestaltung der Deltas zweier Zuflüsse des Ritomsees, im natürlichen Zustande, und die Uferensenkungen nach der erfolgten Absenkung des Seespiegels, zur Darstellung. Entsprechend der Entstehungsgeschichte der Flussdelta lagert sich das im Wasser der Zuflüsse teilweise schwimmend mitgeführte Geschiebe an der seeseitigen Uferböschung nach dem steilsten Böschungswinkel an, den das betreffende Material zulässt; denn das zugeführte Material wird infolge Geschwindigkeitsverminderung durch den Stau am obren Böschungsrande abgelegt, wo es nur in dem Masse über die in Bildung begriffene Delta-Abböschung hinunter rieselt, als sein natürlicher Böschungswinkel überschritten wird. Diese Uberschiebungstendenz findet eine Analogie bei der Dünenbildung mit vorwärts steilern, rückwärts flachern Böschungen, gewissermassen auch bei der Anwehung von Schnee auf die überhängenden Schneeschilder an den Hausdächern. Durch Messungen ist festgestellt worden, dass diese Uberschiebung der Böschungen der Flussdelta, die in den Profilen A und B deutlich sichtbar ist, gegenüber dem Böschungswinkel bei trockener Ablagerung des gleichen Materials bis 2° betragen kann. Die Neubildungen der Ablagerungen des Flussgeschiebes in die Seen befinden sich daher in einem labilen Gleichgewicht. Die Weiterentwicklung geschieht entweder durch Ueberrieselung über die Böschung hinunter, oder durch Einsinken der Uberschiebungen in das unterliegende, noch fast schwimmendflüssige Anlagerungs-Material. Bei gröbern Geschieben ist die Bildung durch Ueberrieselung, bei feinem, lehmigflüssigem Geschiebe die Entwicklung durch Einsenkung vorzugsweise tätig. Es liegt in dem beschriebenen Naturvorgang begründet, dass diese unter der steten Einwirkung des Auftriebes erfolgenden Ablagerungen ein sehr loses Gefüge haben, und erst im Laufe der Zeit in den rückwärtigen ältern Ablagerungen, durch Ueberlagerungs-Pressung und Verkittung, einige Festigkeit annehmen. Es bedarf daher keiner nähern Begründung dafür, warum die Delta bei den Spiegelabsenkungen in erster Linie an den Terrainbewegungen teilnehmen, und erst in zweiter Linie die übrigen ältern, gefestigten Ablagerungen der Ufer unter

entsprechenden Vorbedingungen in Mitleidenschaft gezogen werden. Diese ältern, festgelagerten Bildungen können unter der Einwirkung des steten Wechsels von Anstauung und Absenkung, daheriger Auftriebs-Ent- und Belastung, ferner durch das Mitreissen der feinen Hohlraumfüllungsbestandteile des Bodens durch die jeweiligen, aus dem Boden heraustretenden Grundwasserströme, mit der Zeit gelockert und dem Einfluss der Gleichgewicht-Störungen zugänglich gemacht werden. Es sei beigefügt, dass es sich bei dieser Zermürbungsarbeit keineswegs nur um die jährliche Füllung im Sommer, und die Entleerung im Winter, noch viel weniger blos um den Wellenschlag oder die Eisbildung handelt, sondern um die tiefer eindringende Arbeit der ebenso wichtigen Anschwellungen des Spiegels bei Hochwasserspitzen infolge plötzlicher Niederschläge; ferner das Heben und Senken des Spiegels durch die aussergewöhnliche Entnahme des Wassers zur Tages-, Wochen- und Monat-Spitzendeckung, deren die Werke an den Stauseen, in Mitarbeit mit den unschmiegsamen Niederdruckwerken, oft kaum Herr zu werden vermögen.

Es ist denn auch vielfach festgestellt, dass — was unsere Erklärung umzustürzen scheint — die Uferabbrüche nicht nur bei sinkendem, sondern auch bei steigendem Spiegel eintreten (Zugersee, Arnisee), nämlich dann, wenn bei plötzlich starkem Steigen des Wasserspiegels, die Wirkung des Auftriebes mit der Gefolgschaft der Reibungs-Erniedrigung, in den oberflächlichen Uferschichten des stützenden Böschungsfusses, voll in die Erscheinung tritt, im tiefern, wenig durchlässigen Uferinnern aber nicht nachzufolgen vermag. So ereignet es sich, dass das schwere, durch den Auftrieb nicht entlastete Hinterliegende, an der leichtgewordenen Vorlagerung mit geringem $\sphericalangle a$ nass den stützenden Halt verliert und in die letztgenannte einsinkt. Drastisch verglichen ist es ungefähr der nämliche Vorgang, den die Erdarbeiter in einer Kiesgrube einschlagen, wenn sie die abzutragende Wand unterhöhlen und unterschneiden, bis sie herunterfällt; was hier die Handarbeit, besorgt dort die Arbeit des Wassers, aber nicht die mechanische Unterwühlarbeit des Wellenschlages, sondern die Auftrieb- und Reibungsverminderungs-Arbeit, die weit energischer und tiefer eingreift, gewaltige Gewichte hebt und feste Schichten erweicht.

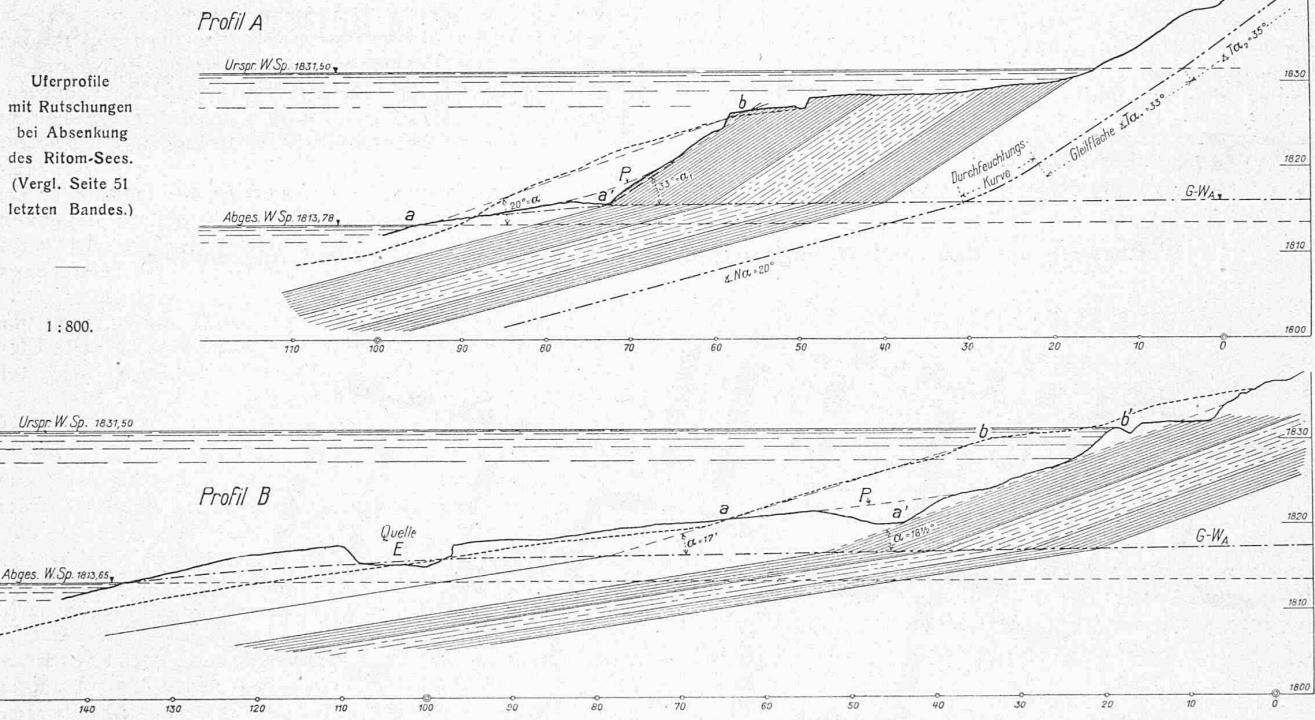
Dies vorausgeschickt, gehen wir dazu über, zu untersuchen, welche Ursachen die durch die Profile A und B dargestellten Einsenkungen der Ufer beim Absenken des Ritomsees ausgelöst haben mögen. Der natürliche Böschungswinkel, $\sphericalangle a$ nass (= $N\alpha$), der Deltaufer, beträgt bei Profil A = 20° , bei Profil B = 17° . Die nach oder während der Absenkung eingetretene Einsenkung riss bei Profil A die dreieckförmige Lücke a, b, a' aus der Böschung heraus; bei Profil B die parallelepipedförmige Lücke a, b, a', b' . Die entstandene Abriss- oder Gleitfläche weist bei Profil A bei 20 m Länge eine Neigung von 33° ($\sphericalangle a$ trocken oder $T\alpha$) auf; bei Profil B dagegen $18\frac{1}{2}^\circ$ bei 28 m Länge der Abrissfläche. Der natürliche Böschungswinkel von 20° bei Profil A entspricht dem für feuchten Sand angegebenen $\sphericalangle N\alpha$ 1), sodass wir es also hier mit Sandboden zu tun haben, wie dies übrigens in der Originalschrift²⁾ ausdrücklich gesagt ist. Der Gleitflächenwinkel ist mit 33° etwas geringer, als der für Sand angegebene $T\alpha$ (Seite 181 = 35°), was darauf hinweist, dass die Bewegung einsetzte während der Austrocknung des an die Luft aufgetauchten Ufers, und bevor diese Trocknung vollständig war. Wenn wir

1) Seite 181 letzten Bandes (vom 11. Oktober 1919).

2) Il Lago Ritom, Mitteilung Nr. 13 der Abteilung Wasserwirtschaft. Bern 1918. Seite 49.

herauslesen zu müssen, wo die Abrissfläche die Form eines verschobenen Rechteckes besitzt, mit geringer Differenz zwischen Böschungswinkel $N\alpha = 17^\circ$ und $T\alpha = 18\frac{1}{2}^\circ$. Es scheint dies wirklich der Theorie zu widersprechen, die wir hier zu begründen versuchen; dies umso mehr, als die Bruchbasis mit 1823 m ü. M. etwa 10 m höher liegt als bei A. Nach der allgemeinen Regel liegt die Bruchbasis nicht unter dem jeweiligen Wasserspiegel zur Zeit des Bewegungseintrittes. So sind im Davosersee, der im Winter 1918 auf 1919 um 3,91 m abgesenkt wurde, verschiedene Rutsche eingetreten, die 1 bis 3 m ins Land hineingriffen, von denen aber keiner tiefer als bis zum Wasserspiegel reichte¹⁾. Die gleiche Erfahrung machte man beim Poschiavosee, wo die alljährliche Absenkung 5 bis 8 m

nass und Winkel trocken oder der Bogenanfang der Durchfeuchungskurve, wie wir sie nannten, entfällt. Ob dieser Knickpunkt, d. h. der Grundwasserspiegel, nicht etwa nach a' hinauf, also um 4 m höher, verlegt werden sollte, d. h. ob nicht zur Zeit des Eintrittes der Bewegung, der Grundwasserstrom sich bei a' entleerte, kann heute nicht mehr genau ermittelt werden. Wir berücksichtigen daher, um uns diesbezüglich keines Fehlers schuldig zu machen, beide Fälle, der Verlegung des Bogenanfanges der Durchfeuchungskurve nach E sowohl als nach a' , sodass wir also die gepresste Bodenfläche bei a einmal gleich 5 m und das andere Mal gleich 4 m mächtig einsetzen. Das Gewicht des eingesunkenen Erdkörpers, bezogen auf die Uferlängeneinheit, ergibt sich zu:



beträgt und Gleit-Rutschungen im lehmigen Ufermaterial bei Meschino und Einsenkungen von Damm-Material bei Le Prese vorkamen.

Bei Profil B beträgt, wie gesagt, der natürliche Uferböschungswinkel $N\alpha$ bloss 17° , der der Gleitfläche $T\alpha$ $18\frac{1}{2}^\circ$. Die Tatsache, dass die Deltabildung das Gleichgewicht ihrer in Neubildung begriffenen Uferböschungen bei Böschungswinkel $N\alpha = 17^\circ$ findet, weist auf dessen feinsandiges, mit Lehm und Torf stark vermischtes Feinschlamm-Gemenge²⁾ hin, dessen Tragfähigkeit sich auch als dem entsprechend gering erweisen wird. Dass auch der Gleitflächenwinkel $= 18\frac{1}{2}^\circ$ bloss um $1\frac{1}{2}^\circ$ von dem natürlichen Uferböschungswinkel $= 17^\circ$ abweicht, zeigt uns, dass dieses Material sein Absorbtionswasser nur langsam abgab und die Trocknung daher nur ganz geringe Fortschritte machte²⁾. Die geringe Tragfähigkeit liess allerdings zur Austrocknung auch nicht lange Zeit, denn als der Seespiegel auf die Kote 1820 m ü. M. gesunken war, trat bereits die Bewegung und der Absturz ein, während bei Profil A dies erst bei der Wasserspiegelkote 1813,78 m ü. M. der Fall war, also längere Zeit später. Die verschiedenen Grundwasser-Auspflungsmulden bei E , a' und b' des Profils B zeigen auch, dass das schwach durchlässige Material von durchlässigeren Schichten durchsetzt ist. Zur Zeit der grössten Absenkung trat der Grundwasserstrom in Form von Quellen bei E aus, wohin also der Knickpunkt zwischen Winkel

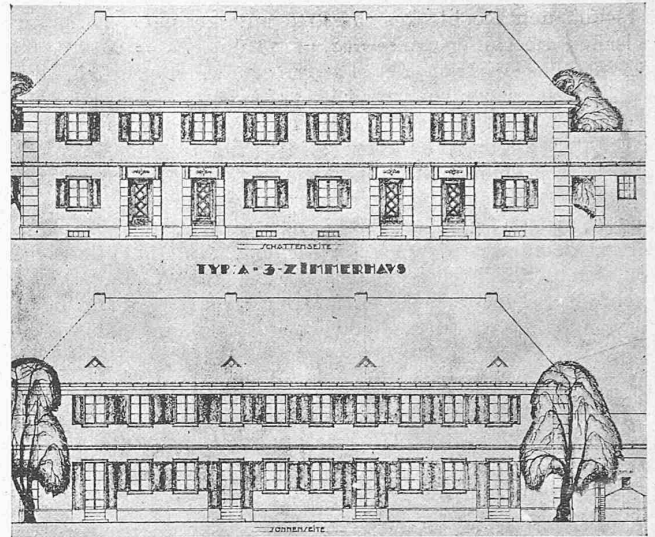
Unter Wasser vor der Absenkung $G = 28 \cdot 6 \cdot 1 \cdot 1000 = 168\,000 \text{ kg}$
 Ueber Wasser $G' = 28 \cdot 6 \cdot 1 \cdot 2000 = 338\,000 \text{ kg}$
 Die Bodenbelastungskomponente $= G \cdot \sin \alpha = 168\,000 \cdot 0,292 = 49\,056 \text{ kg}$
 Die spezifische Bodenbelastung daher:
 Mit Senkungskurve durch E : $\sigma_E = \frac{49\,056}{50\,000} = 0,98 \text{ kg/cm}^2$
 Mit Senkungskurve durch a' : $\sigma_{a'} = \frac{49\,056}{40\,000} = 1,2 \text{ kg/cm}^2$
 Die Zunahme der Reibungskomponente $R = G' \cdot \sin(\alpha_1 - \alpha) = 87\,88 \text{ kg}$

$\mu = \text{tg } \alpha_1 = 0,335 = \text{Reibungskoeffizient.}$
 Die Bodenbelastungskomponente nach der Absenkung:
 $R_1 = G' \cdot \sin \alpha_1 = 338\,000 \cdot 0,342 = 115\,596 \text{ kg}$
 Hieraus $\sigma_{1E} = \frac{115\,596 - 87\,88}{50\,000} = 2,1 \text{ kg/cm}^2$
 $\sigma_{1a'} = \frac{115\,596 - 87\,88}{40\,000} = 2,67 \text{ kg/cm}^2$
 $\sigma_{2E} = \frac{115\,596}{50\,000} = 2,77 \text{ kg/cm}^2$
 $\sigma_{2a'} = \frac{115\,596}{40\,000} = 2,9 \text{ kg/cm}^2$

Wir stellen also die weit geringere Tragfähigkeit, und die ebenso geringere Reibung, die vorauszusehen war, bei diesem Material auch rechnerisch fest. Im Uebrigen hat alles für das Profil A gesagte auch für das Profil B Gültigkeit. Die Seegrund-Aufwulstung infolge Ausquetschung durch die Einsenkung beträgt hier etwa 3 m.

¹⁾ Beobachtungen von Direktor E. Frey, Elektr.-Werk Davos.
²⁾ Siehe Seite 49 «Il Lago Ritom», Mitteilung Nr. 13 der Abteilung für Wasserwirtschaft Bern.

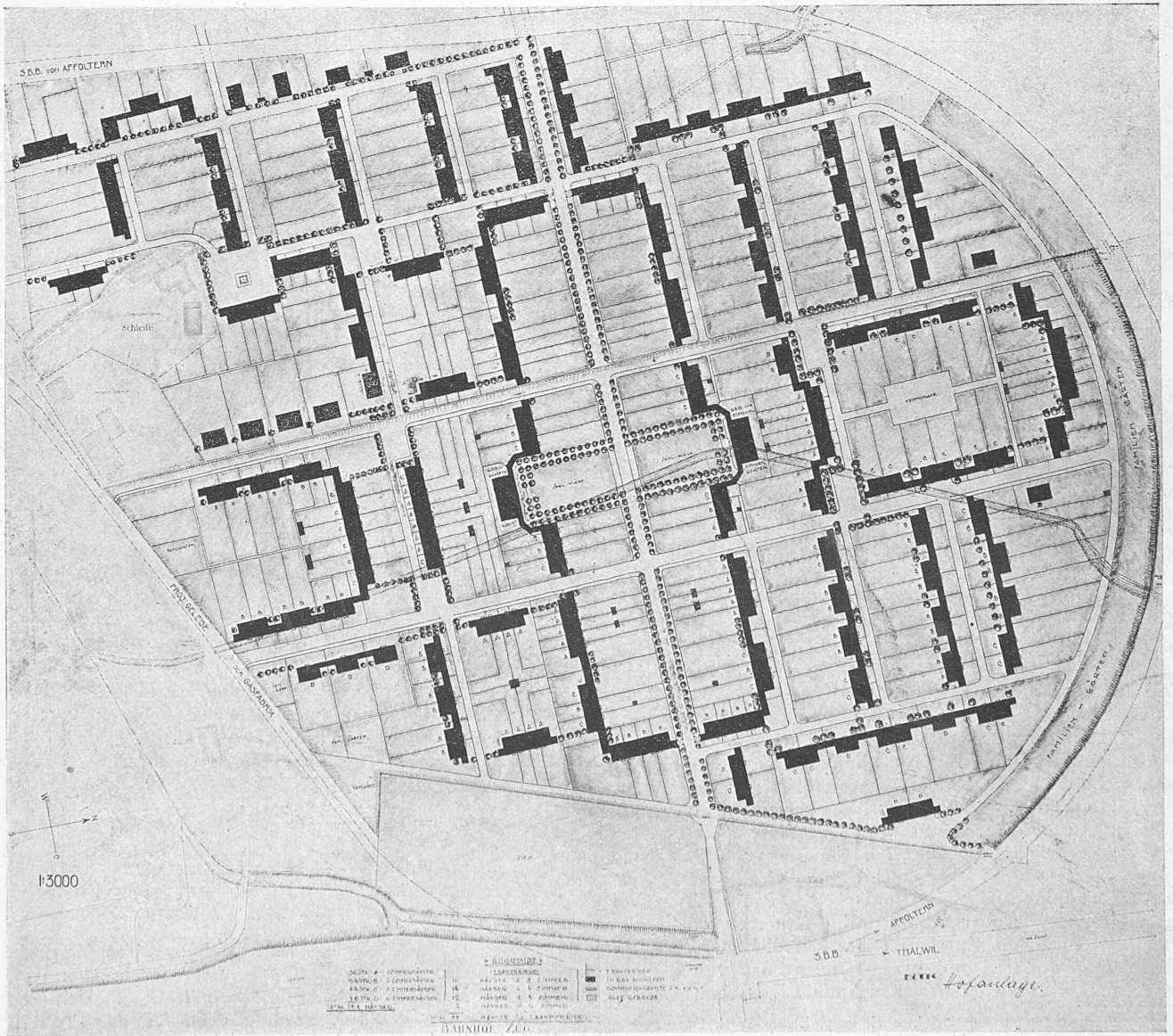
Wie gross übrigens die Verschiedenheit des Vorganges der Gleichgewichtstörung bei verschiedenen Ufer- und Bodenmaterialien sein kann, ja, dass unter Umständen sogar eine scheinbare Umkehrung des Prozesses eintritt, beweist das Beispiel des Arnisees der Zentralschweiz. Kraftwerke bei Amsteg (Kanton Uri), wo heute, nach einem Jahrzehnt des Betriebes der Anstauung und Absenkung, alljährlich sich grosse Flächen des torfigen Ufer- und Sohlenmaterials lösen und eisschollenähnlich in zusammenhängenden Flächen von Tausenden von Quadratmetern, bei 1 bis 2 m Schichtdicke der Stollen, mit im Sommer ansteigenden Spiegel in die Höhe steigen und halb unter Wasser getaucht, träge schwimmen. Hier werden sie an darin eingeschlagenen Pfählen angebunden, ans Ufer gezogen, über einer seichten Stelle verankert, um dann im Spätherbst oder Frühjahr bei sinkendem Spiegel im Trockenen ausgehoben zu werden. Dieses Material, das beim Ritomsee nach den Angaben der Eidgen. Abteilung für Wasserwirtschaft in Bern¹⁾ sein Absorptionswasser nicht abgibt, also als undurchlässig im Sinne der Erklärung Roths²⁾ gelten kann, und durch die darüberliegende Wasser-



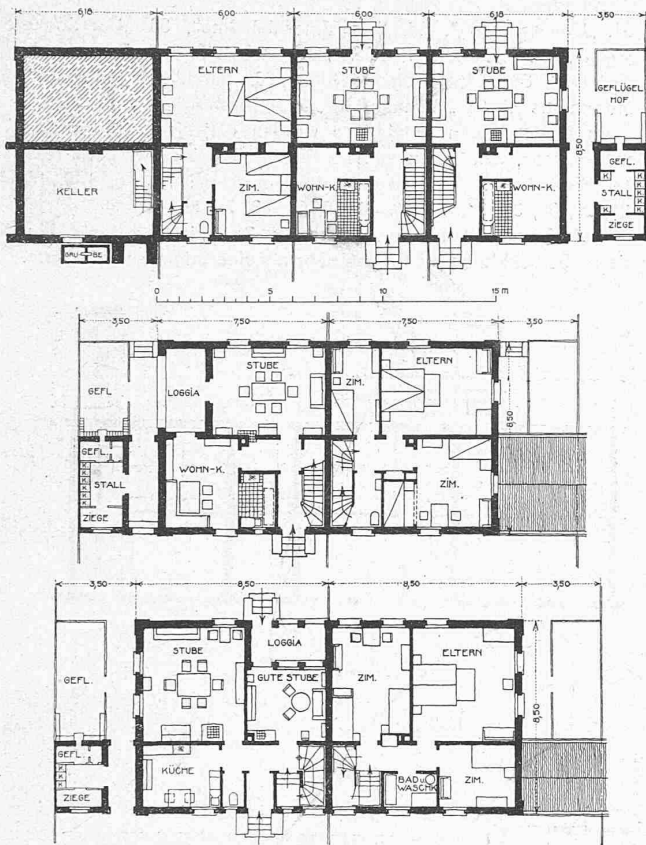
I. Rang, Entwurf Nr. 67, — Fassaden zu Typ A. — 1:300.

1) «Il Lago Ritom», Seite 49.
 2) Seite 183 letzten Bandes (vom 11. Oktober 1919).

Wettbewerb der Bau- und Wohngenossenschaft zugerischer Arbeiter und Angestellter.



I. Rang, Entwurf Nr. 67. — Verfasser: Hans Robert Beck, Arch., Zürich. — Bebauungsplan 1:3000. (Umgekehrt orientiert wie nebenstehender Ubersichtsplan!)



I. Rang. Entwurf Nr. 67. — Grundriss-Typen A, B und C. — 1:300.

masse an Ufer und Sohle angepresst werden sollte, bis es unter der Druckverminderung des absinkenden Spiegels abgleitet — dieses löst sich hier vom Erdreich los und steigt nach Abgabe der Sandumhüllungen auf. Natürlich auch hier durch die Einwirkung des Auftriebes.

*

Ich stelle auf Grund der Beobachtungen den Satz auf: *Die Uferbewegungen bei Seen, mit nach Zeit und Umfang beträchtlichem Wechsel der Wasserspiegellhöhe, sind eine Folge eintretender Ueberlastung des tragenden Uferuntergrundes, wobei die Gleichgewichtstörungen ausgelöst werden:*

a) Bei in der Absenkung begriffenem Wasserspiegel durch die Gewichtsvermehrung — auf die in der Reibungszunahme verzögerte Ueberlagerung — infolge wegfallenden Auftriebes,

oder:

b) Bei steigendem Wasserspiegel durch die Gewichts- und Reibungsverminderung auf den die Ueberlagerung stützenden, selbst durchnässten Böschungsfuss, dessen wenig durchlässiges Erdmaterial den gleichzeitigen Eintritt der entlastenden Wirkung des Auftriebes auf die hinterliegenden, geschützten Terrainschichten verhindert, wodurch diese den schützenden Halt verlieren

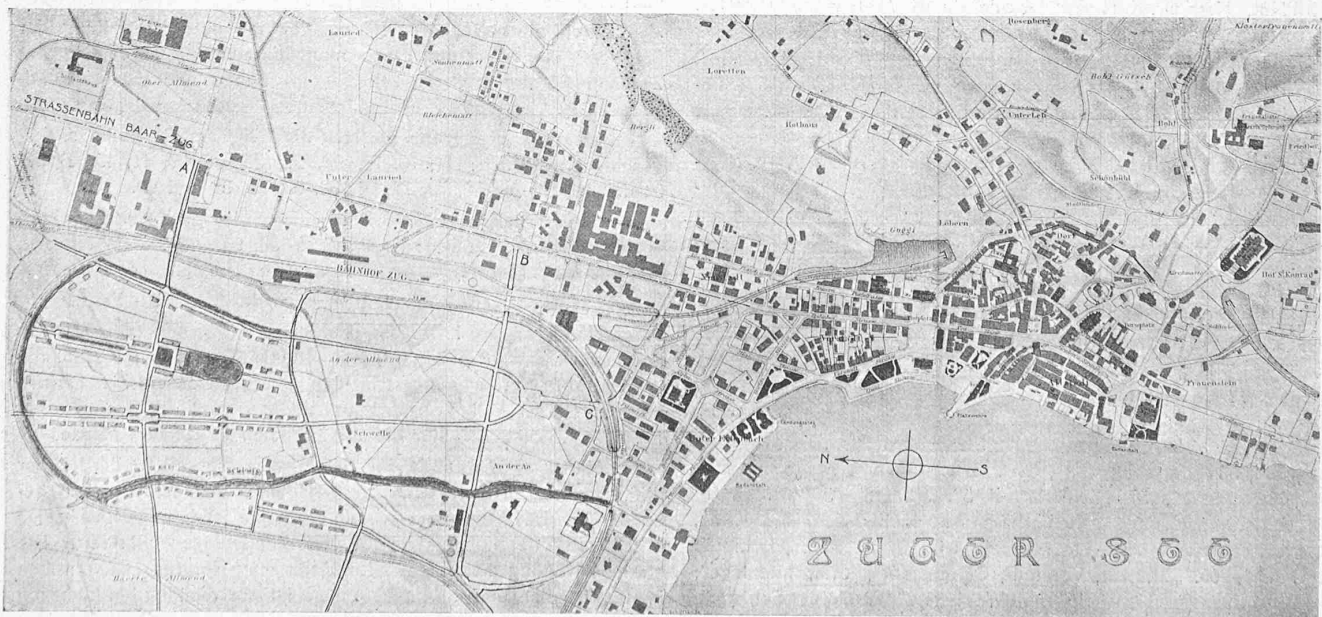
und wobei:

c) Allfällig vorhandene Grundwasserströme, aus dem ins Hinterland eingedrungenen Seewasser, aus Quellen oder Zuflüssen stammend, in ihrer Eigenschaft als vorzügliche Gleitflächenschmiermittel, wenn nicht direkt auslösend, so doch als Beschleunigungsfaktor in die Erscheinung tretend.

Wettbewerb für eine Wohnkolonie der Bau- und Wohngenosenschaft zugerischer Arbeiter und Angestellter in Zug.¹⁾

Das für diese Kolonie aus lauter Einfamilienhäusern zu 3, 4, 5 und 6 Zimmern mit kleinem Schopf und 300 bis 800 m² Parzellengrösse vorgesehene ebene Gelände ist östlich begrenzt vom Bahnhof Zug, nördlich und westlich von der Bahnschleife der Richtung Affoltern, südlich von der Bahnlinie Zug-Luzern (vergl. untenstehenden Uebersichtsplan). Ungefähr in halber Längsausdehnung wird es schräg durchschnitten vom Tracé, das einem noch nicht ausgeführten eventuellen Geleiseanschluss des Gaswerks vorzubehalten ist. Die Hauptzugänge von den Fabriken und der Stadt her erfolgen bei den Punkten A und B an der Landstrasse nach Baar und durch die Bahnunterführung bei Punkt C im Süden. Ausser den auf dem Uebersichtsplan ersichtlichen Haupt-Fabriken besteht noch die unweit ausserhalb des südlichen Planrandes liegende Elektrizitätszähler-Fabrik von Landis & Gyr. Einstweilen war nur der nördliche Teil der Kolonie zu bearbeiten, wo fürs Erste eine Gruppe von etwa 40 Häusern erbaut werden soll. In der Zahl sollen die 4 und 5 Zimmer-Häuser vorwiegen. Für die 5 und 6 Zimmer-Häuser waren Bad- und Wascheinrichtungen vorzusehen. Als lichte Stockwerkhöhe waren 2,50 m (Keller 2,30 m) vorgeschrieben.

¹⁾ Vergl. Bd. LXXIV, S. 139, 308, 318; Bd. LXXV, S. 32.



Uebersichtsplan von Zug mit dem Gelände der Wohnkolonie (zu Entwurf Nr. 75, IV. Rang). — 1:12000. (Umgekehrt orientiert wie nebenstehender Bebauungsplan!)