

Vierteljahrsschrift
der
Naturforschenden Gesellschaft
in ZÜRICH.

Unter Mitwirkung der Herren
Prof. Dr. A. HEIM und Prof. Dr. A. LANG
herausgegeben von
Dr. FERDINAND RUDIO,
Professor am Eidgenössischen Polytechnikum.

Sonderabdruck aus Jahrgang XLV 1900.

Geologische Nachlese,
Nr. 10. Der Schlammabsatz am Grunde des Vierwaldstättersees.

Von
Albert Heim.

Geologische Nachlese.

Von

Albert Heim.

Nr. 10.

Der Schlammabsatz am Grunde des Vierwaldstättersee.

Als ich im Jahr 1876 zuerst die Tiefen des obern Teiles des Vierwaldstättersee messend verfolgte, fand ich ganz steilen Abfall der Ufer und dann unten einen fast vollkommen ebenen flachen Boden. Die Ebenheit des letzteren ist so gross, dass wir jeweilen 500 m weiter thaleinwärts messend die Tiefe auf 2 m exakt im Voraus nennen konnten. Die später ausgeführten genauen Seetiefenmessungen, wie sie in dem schweizerischen Karten-Atlas 1 : 50000 und 1 : 25000 verzeichnet sind, bestätigen, dass alle grossen alpinen Randthalseen in den tiefsten Teilen einen vollkommen ebenen Boden haben. Das gleiche gilt von den grossen Seen der Ostalpen. Nur der Seegrund in höherem Niveau zeigt allerlei Unebenheiten, und die Gehänge der Becken können mannigfaltig gestaltet sein. Bald errät man in diesen Formen alte Felsgestalten, bald Schuttkegel, bald Moränenlandschaften. Allein jedes Becken hat zu unterst ein Stück ganz flachen Bodens. Die Entstehung der ganz ebenen Böden durch Schlammauffüllung ist schnell erraten: Je kleiner die Fläche des Beckenbodens und je grösser der in dieses Becken mündende Fluss, desto höher aufgefüllt erscheint der Beckenboden (vergl. diese Nachlese Nr. 2). Ferner beobachtet man, dass die flachen Bodenbecken aus dem unterseeischen Fusse der Delta und aus der subaquatischen Ausparungsrinne im Delta (Bodensee und Lemensee) herauswachsen und sanft von den Delta abfallen. Aber sie erweisen sich doch deutlich flacher abgesetzt vom Delta selbst, als durch eine andere Art der Ablagerung bedingt.

Das gröbere Material, das der Fluss mit sich schwemmt, setzt sich bald ab, nur der feinste Schlamm bleibt fein suspendiert und setzt sich auch nach vollständigem Stillstand des Wassers aus Süsswasser nur sehr langsam ab. Das trübe Flusswasser hatte Zeit, an den Grund des Seebeckens zu gehen, dort in einer Schicht nach dem specifischen Gewicht sich zu ordnen und vollständig flach, nach oben eben begrenzt, auszubreiten, bevor der allmähliche Schlammabsatz beginnt. Es giebt Seen, bei denen das Flussschlammwasser stets unter das Seewasser hinabtaucht — auch im heissen Sommer. Dies ist besonders dann der Fall, wenn der Fluss viel Gletscherwasser enthält, und auch im Sommer kälter ist als der See (Lemansee, Bodensee). Es giebt andere Fälle, bei denen das Flusswasser zeitweise untertaucht, zeitweise an der Oberfläche sich ausbreitet (Linth im Walensee, Reuss im Vierwaldstättersee), in der Regel wohl im Seebecken in einer mittleren Wasserschicht sich ausbreitet. Nicht nur die relativen Temperaturen, sondern auch die Menge des Gelösten und das feinst Suspendierte, das nur sehr langsam sich abscheidet, bedingen das specifische Gewicht der Flusswasser. Da alle diese Faktoren auch mit der Jahreszeit wechseln, sind die Erscheinungen so mannigfaltig. Leider besitzen wir noch keine systematischen Untersuchungen über den Wechsel im Höhenstand der trüben Wasserschicht in den Seen. Jedenfalls haben die feinst zerriebenen Schlammmassen der Gletscherbäche an diesen feinsten Schlammabsätzen, die gleichmässig am Boden verteilt stattfinden, einen verhältnismässig sehr bedeutenden Anteil.

Ueber tieferem Seegrund steht die schlammtrübe Wasserschicht mächtiger, über seichteren Stellen des Beckens weniger tief. Dort wird sie in einer Absatzperiode eine dickere, hier eine dünnere Schicht absetzen. An steileren Seegehängen bleibt der feinste Schlamm schon gar nicht hängen, die geringste Wasserbewegung, z. B. die Bewegungen des „Seiches“, bringen ihn wieder zur Beweglichkeit und zum Absinken. So musste es kommen, dass der feinste Schlammabsatz allmählich den Grund der Becken vollständig eben ausgeglichen hat. Die Wirkung dauert noch fort.

Nachdem ich das Wachstum des Reussdelta im Vierwaldstättersee messend verfolgt hatte, war es naheliegend, auch eine quantitative Bestimmung des feinen, am ganzen Seegrunde aus-

gebreiteten Schlammabsatzes zu probieren. Schon 1873 versenkte ich Schlammammelkasten von $\frac{1}{2}$ m Seite und 1 dm Höhe aus Zinkblech oder Eisenblech an den flachen Seegrund und band dann die Hebeleinen an geschützten, verborgenen Uferstellen fest. Ich hatte erst kein Glück. Die besten geteerten Seile lösten sich bei ein Jahr Liegen im See auf. Die galvanisierten Eisendrähte (Telegraphendrähte) rosteten an denjenigen Stellen durch, wo durch Reibung auf dem Fels durch den Wellenschlag die geringste Verletzung der Verzinnung eingetreten war. Sechs meiner Schlammammelkasten liegen unrettbar im Seeschlamm des Vierwaldstättersee begraben.

Angeregt und unterstützt durch die „schweizerische Geschiebekommission“, besonders deren Präsidenten, Herrn Prof. Brückner in Bern, habe ich den Versuch nach vielen Jahren wieder aufgenommen. Die hier folgende Publikation kann zugleich als eine Mitteilung der „schweizerischen Geschiebekommission“ gelten. Herr Direktor Emil Huber von der Maschinenfabrik Oerlikon war mir bei der Herstellung besserer Einrichtungen und beim Versenken der Kasten in sehr verdankenswerter Weise behülflich. Die Schlammammelkasten aus starkem Eisenblech hatten wiederum ca. $\frac{1}{4}$ m² Grundfläche und 1 dm Wandhöhe. Sie wurden in heissem Zustande mit Schellacklösung bestrichen. Eine leichte äussere Hülle aus dünnem Bleiblech sollte gegen ein zu festes Einkleben der Kasten helfen, in der Art, dass diese Hülle unten kleben bleiben kann, während der Kasten herausgezogen wird. Die Befestigung geschah mittelst starken Kupferdrahtes, im obern Teil mit Kupferkabel.

Am 12. April 1897 versenkten wir einen solchen Kasten im obern Teil des Vierwaldstättersee, in dem ganz flachen Boden des „Urnersee“, etwas oberhalb des Rütli am „Fledermauseggen“, an einer Stelle, wo der steile Uferfels unvermittelt am flachen Schlammgrund abstösst, etwa 300 m vom Uferfels entfernt, und weit weg von irgend einem Bache. Tiefe an dieser Stelle = 200 m.

Der zweite wurde auf den erhöhten ebenen Schlammboden gesetzt, der sich zwischen dem Muottadelta und der thalabwärts folgenden, gewaltigen unterseeischen Moränenbarriere gebildet hat. Die Verankerung der Kupferkabel geschah am Fusse der Felswände von „Rützenmattli-Lehn“, die Versenkung etwa 300 m vom

Ufer entfernt seeauswärts. Wir wollen in der Folge der Kürze halber dieses Becken des Sees das „Muottabecken“ nennen.

Am 7. April 1898 gingen wir an die Hebung der Schlamm-sammelkasten. Die Kupferkabel und Kupferdrähte hatten sich bewährt. Hie und da freilich waren Schlingen entstanden und nur durch grösste Vorsicht gelang es, an solchen Stellen ein Abreissen des Kupferdrahtes zu vermeiden. Die Resultate waren die folgenden:

1. Urnersee. Der Boden des Kastens war mit einer gleichförmigen $1\frac{1}{2}$ cm dicken Schicht eines dunkel blaugrauen, an den Fingern klebenden, zähen und ziemlich festgesetzten, sehr feinen Schlammes bedeckt. Im Querschnitt konnte ich keine verschiedenen Schichten untercheiden. Die Gesamt-Schlamm-masse, abgesetzt auf einer Fläche von $2862,25 \text{ cm}^2$ betrug in frischem, nassem Zustande gewogen 5495 gr., im getrockneten Zustande (bei 100° getrocknet) 2747,5 gr. Es ergibt sich daraus:

Frisch nass: Dicke der Schlammschicht im Jahr 15 mm.
Absatz auf jedem cm^2 1,91 gr.

Getrocknet: Dicke d. getrockneten Schicht im Jahr 3,8 mm.
Absatz auf jedem cm^2 0,95 gr.

Beim Austrocknen schwindet das Volumen des Schlammes auf 24 %, also auf ungefähr $\frac{1}{4}$ zusammen und das Gewicht auf 49,7 %, also auf ungefähr die Hälfte. Das spezifische Gewicht des getrockneten Schlammes ist fast das Doppelte von demjenigen des frischen Absatzes.

Da die Schlammablagerungsfläche des Urnersees $10,31 \text{ km}^2$ beträgt, so haben sich in dem einen Jahre im Urnersee abgesetzt:

ca. $154\ 650 \text{ m}^3$ oder 196 921 Tonnen nasser Schlamm vom spezifischen Gewichte von 1,27.

ca. $39\ 178 \text{ m}^3$ oder 97 945 Tonnen trockener Schlamm vom spezifischen Gewichte von 2,5.

Das macht als festes, erhärtetes, gebirgsfeuchtes Gestein berechnet rund $40\ 000 \text{ m}^3$ Fels. Unsere frühere Schätzung der jährlichen Ablagerung von $200\ 000 \text{ m}^3$ Gestein im Vierwaldstättersee ist dadurch neuerdings bestätigt ($150\ 000 \text{ m}^3$ grobes Material an der Reussmündung und ca. $50\ 000 \text{ m}^3$ feines Material im ganzen Becken verteilt).

2. Der Kasten im Muottabecken des Vierwaldstättersee

war fast bis zum Rande gefüllt mit Schlamm und sehr schwer zu heben. Der Schlamm bildete eine zähe, 8 cm (!) dicke Schicht und zeigte eine durch Wechsel der Farbe zwischen tiefer blau-grau und etwas bräunlich-grau sichtbare Schichtung in 6 bis 8 Lagen. Die verschiedenen Lagen liessen sich aber nicht trennen, sie hafteten zähe an einander als ein Klotz, und die Masse schien ununterscheidbar von derjenigen aus dem Urnersee.

Die Gesamtschlammmasse, abgesetzt auf einer Fläche von 2704 cm², betrug in frischem, nassem Zustande gewogen 34 230 gr., getrocknet 19 200 gr. Es ergibt sich daraus:

Frisch nass: Dicke der Schlammschicht des Jahres 80 mm,
Absatz auf jedem cm² 12,66 gr,

Getrocknet: Dicke d. getrockneten Schicht des Jahres ca. 28,6 mm,
Absatz auf jedem cm² 7,14 gr.

Beim Austrocknen schwindet das Volumen des Schlammes auf 35,75 % und das Gewicht auf 56,4 %. Der Schlammabsatz des Muottabeckens, obschon unter fast 100 m geringerem Wasserdruck abgesetzt, war somit doch ziemlich viel dichter gelagert, als derjenige des Urnersee. Dagegen lagert er sich beim Austrocknen nicht ganz so dicht, wie der Urnerseeschlamm.

Da die Schlammablagerungsfläche des Muottabeckens des Vierwaldstättersee 2,125 km² beträgt, so sind in dem einen Jahre hier abgesetzt worden:

ca. 170 000 m³ oder 269 025 Tonnen nasser Schlamm vom spezifischen Gewichte von 1,58 oder ausgetrocknet berechnet, ca. 60 775 m³ oder 151 725 Tonnen Schlamm von 2,41 spezifischem Gewicht. Das macht als festes, erhärtetes Gestein gedacht rund 60 000 m³.

Vergleicht man den Schlammabsatz im Urnersee und im Muottabecken, so hat man das erstaunliche Resultat zu konstatieren, dass nicht nur der Schlammabsatz im Muottabecken eine fast fünfmal dickere Schicht bildet, als im Urnerbecken, sondern dass seine Gesamtmasse ca. $\frac{3}{2}$ mal so gross ist, während doch das Sammelgebiet, aus dem er nach den topographischen Verhältnissen einzig kommen kann, $3\frac{1}{2}$ mal kleiner ist, als dasjenige der Reuss. Wenn das immer so wäre, so würde sich daraus ein viel geringeres Alter jener Moränenbarrieren ergeben, als wir es früher ausgerechnet hatten.

Vorderhand ist es wohl richtig, aus dieser sonderbaren Erscheinung, diesem Uebermass von Schlammabsatz im Muottabecken, noch keine weiteren Schlüsse zu ziehen. Im Verlaufe des Sommers 1897 ist das Wasserwerk an der Muotta errichtet worden. Eine Menge von Stollenschutt wurde dabei in die Stromschnelle der Muotta geworfen und so ist es denkbar, dass dieses Jahr ein ausnahmsweises war. Wir warten das Resultat erst nachfolgender Jahre ab. Der Absatz von $1\frac{1}{2}$ cm im Urnersee hingegen hat ziemlich unseren Erwartungen entsprochen. Wir hatten früher 12 mm als wahrscheinlich angenommen.

Ich habe mir nun eine recht genaue qualitative Prüfung der Schlammproben aus Urnersee und Muottabecken angelegen sein lassen. Die Herren Prof. Dr. Früh und Prof. Dr. U. Grubenmann waren so freundlich, eine mikroskopische Untersuchung vorzunehmen und Herr Dr. Berthold Schudel, Chemiker in Zürich, hat sich mit grossem Eifer einer eingehenden chemischen Untersuchung gewidmet, bei der auch Herr Prof. Dr. Treadwell mit seinen Erfahrungen ratend beigestanden ist. Ich lasse hier zunächst die mir übergebenen Originalberichte der genannten Herren unverändert folgen.

Bericht über die mikroskopische Untersuchung von Schlammproben aus dem Vierwaldstättersee, gesammelt von der Geschiebe-Kommission der schweiz. nat. Gesellschaft.

Von Prof. Dr. J. Früh.

Probe I, Urnersee, überschrieben: „vom Fledermaus-eggen, 12. April 1897 — 7. April 1898. Schicht 1,5 cm, Fläche $53,5 \times 53,5$ cm. Alles.“ Es wurden so viele Präparate zur Untersuchung der feucht sehr zähen, bräunlich-grauen Materie verwendet, bis sich keine wesentlichen Veränderungen im Gesamtbild mehr zeigten, m. a. W., sich dieselben Erscheinungen wiederholten. Vergr. Hartnack Oc. 3, Obj. 7 = $350/1$.

a) Grössenverhältnisse der Gesteinssplitter. Es wurde ein Okularmikrometer gebraucht, von dem ein Teilstück bei $350/1$ 0,0038 mm beträgt. Sehr viel feinsten Staub von 0,0009—0,0019 mm; viel von 0,0038—0,0076 mm. Schon spärlicher sind Splitter von 0,0152 mm. In dieser „Grundmasse“ erscheinen dann die grösseren Trümmer viel untergeordneter an Zahl und gleichsam wie Ein-

sprenglinge. Sie messen zu einem grössern Teil 0,0304—0,038 mm, und solche von 0,076—0,08 mm bilden den kleineren Teil der „Einsprenglinge“. Die gössten Splitter erreichen also kaum 0,1 mm! Zum Vergleich mag hier angeführt werden, dass feiner „Triebletten“ vom Binnenkanal im St. Gallischen Rheinthale sehr viel Splitter von 0,114 mm und Quarztrümmer von 0,2—0,25 mm aufweist.

b) Natur der Splitter. Obschon die mineralogische Untersuchung ausserhalb meine Aufgabe fällt, bemerke ich, dass nur ein kleiner Teil des Schlammes in kalter, verdünnter Salzsäure löslich ist. Die grösseren Splitter müssen vorherrschend Quarz angehören, dann Glimmer (wahrscheinlich Muscovit). Auffallend schien mir der fast gänzliche Mangel isolierter Krystalle wie Turmalin, Rutil, Quarz etc.

c) Organische Beimengungen.

1. Immer findet man krümelig zersetzte (vertorfte) und unbestimmbare Reste von Pflanzen, wie sie vom Land herbeigespült oder hergeweht werden. Nicht näher bestimmbare Zellgruppen höherer Gewächse, in der Regel ziemlich stark vertorft und maceriert. Blattreste von Hypneen, macerirte Bastfasern von Hanf oder Flachs, Stücke von Baumwollfasern.
2. Algen. Alle Präparate enthalten leere Schalen von Diatomaceen, vor allem *Cyclotella operculata* Ag. Diese Species fehlte nie, obgleich sie nicht sehr zahlreich vertreten war. Mehr accessorisch fand ich: *Cymbella lanceolatum* Er., *C. affinis* Ktz., *Ceratoneis* cf. *Arcus* Ktz., *Synedra* cf. *gracilis* Ktz. Einmal *Diatoma vulgare* Bory. mit blaugrünem Inhalt, lebend. Diese Algen können teils aus dem Einzugsgebiet stammen, teils vom Plankton des Sees selbst.
3. Pollenkörner bemerkte ich keine, obschon solche bei anhaltender Untersuchung sicher nicht gänzlich fehlen dürften.
4. Nie beobachtete ich Spiculae von Spongillen, Skeletteile von Copepoden, Rotatorien, Chaetopoden.

d) In den benützten Präparaten erkannte ich nie Coaksstückchen; gewiss könnten bei fortgesetzter Untersuchung solche Accessoria ab und zu konstatiert werden.

e) Art der Verkittung. Die nicht abgerollten Gesteinsplitter sind einmal durch blosse Adhäsion lose vereinigt. Dann durch feinste Macerationsprodukte der organischen Beimengungen,

vielleicht auch durch Limonit. Die Aggregation ist aber vorherrschend bei dem feinsten Staub zu beobachten und umfasst grössere Splitter nicht mehr. Durch Behandlung mit verdünnter Salzsäure werden die Aggregate gesprengt.

Probe II. Muottabecken des Vierwaldstättersee zwischen „Treib und Schwibbogen“, fein geschichtet 7,5—8,5 cm mächtig. Dauer des Absatzes: 12. April 1897—7. April 1898.

a) In den Grössenverhältnissen der mineralischen Gemengteile stimmt der zähe, plastische, bräunlich-graue Schlamm mit Probe I überein: Vorherrschend feinsten Schluff von 0,0009 bis 0,0019 mm. Viel Splitter von 0,0038—0,0076 mm. Viel von 0,015 mm. Als grössere „Einsprenglinge“ erscheinen schon Trümmer von 0,038 mm, und solche von 0,05 oder gar von 0,07—0,1 mm erscheinen isoliert oder als Ausnahmen. Solche Splitter repräsentieren Glimmerblättchen und Quarz.

b) Auch von diesem Schlamm wird nur ein kleiner Teil in verdünnter, kalter Salzsäure gelöst, wobei Aggregate, wie sie oben unter Probe I e beschrieben wurden, meistens zerstört werden. Einmal traf ich ein ausgezeichnetes Prisma des Quarzes mit Pyramiden an den Enden.

c) Organische Beimengungen.

1. Eingeschlammte, unbestimmbare, vertorfte Pflanzenreste wie in Probe I. Blattreste und Rhizoiden von Hypneen konnten erkannt werden. Ein Pollenkorn von *Corylus*, macerierete Radizellenreste von Phanerogamen, Bastfasern von Hanf, Baumwollfasern.
2. Diatomaceen. *Cyclotella operculata* Ag. ist viel häufiger als in Probe I. Man könnte von einer Cyclotellenfacies sprechen, immerhin in dem Sinne, dass die leeren Schalen dieser Alge nur accessorisch auftreten. Daneben wurden einigemal erkannt: *Pleurosigma attenuatum* Sm., dann *Cymatopleura elliptica* Breb.; von andern Algen ein Stück einer *Rivularia*.

d) Auch von dieser Probe beobachtete ich in den verwendeten Präparaten keine Skeletteile von Spongilla, Arcellae, Copepoden, Rotatorien, Annulaten; keine Coaksteilchen, kein Doppelschwefel-eisen; wie sie sonst an Flachufern von Seen oder in Sedimenten wenig tiefer Seen vorkommen.

9. Juni 1898.

J. Früh.

Mikroskopische Untersuchung des Schlammabsatzes

mitgeteilt vom mineralog.-petrographischen Institut des Polytechnikums.

I. Vom Grunde des Urnersee.

Der feinkörnige Schlamm besteht unter dem Mikroskope grösstenteils aus kleinen, gewöhnlich unreinen, etwas gelblichen Thonschüppchen, daneben aus Kalkkörnchen und -Klumpchen, unter denen hin und wieder ein scharfes Rhomboëderchen vorkommt. Etwas weniger häufig sind Quarztrümmerchen (undulöse Auslöschung lässt öfters noch ursprüngliche dynamische Beeinflussung erkennen); spärlich finden sich Turmalinsäulchen (trigon. Begrenzung, blaugrüne Farbe mit starkem Pleochroismus) und nur selten Rutilnadelchen. Nicht mehr sicher bestimmbar sind lebhaft grüne Körner, vielleicht ehemalige chloritisierte Hornblende und braune Fetzen, welche auf zersetzten Biotitglimmer hinweisen.

(Unter den zahlreichen Diatomeenresten fällt besonders eine kreisrunde Art durch ihre Häufigkeit auf.)

Beim Schlämmen reichern sich besonders die Carbonatkörner und Quarztrümmer an; diese beiden bilden also die grösseren Individuen des Schlammes.

II. Vom Vierwaldstättersee zwischen Treib und Gersau.
(Muottabecken).

In der mineralogischen Zusammensetzung sind gegenüber dem vorigen Schlamme keine Unterschiede zu erkennen. Wie jener, setzt auch er sich aus Thonfetzchen, Carbonattrümmerchen und Quarzsplitterchen zusammen, mit welchen drei Mineralien zahlreiche Diatomeenschalen und spärliche Turmalin- und Rutilkryställchen (auch Feldspatrestchen?) sich mengen. Chloritische grüne Körner und zersetzte Biotitfetzchen wie dort.

Chemische Untersuchung zweier Schlammabsätze aus dem Vierwaldstättersee,

entstanden vom 12. April 1897 bis 7. April 1898.

Von Dr. B. Schudel.

Die vorliegenden beiden Schlammproben bildeten nach dem Trocknen auf dem Wasserbad feinpulverige, bräunlich-graue Massen,

welche jedoch mit Coaks- und Blattstückchen ziemlich verunreinigt waren. Diese Fremdkörper wurden so sorgfältig als möglich ausgelesen, der Umstand jedoch, dass kleinere Mengen derselben zurückblieben, erschwerte es, richtige Durchschnittsproben für die Analysen zu bekommen. Da die Vermutung ausgesprochen wurde, dass die beiden Schlammarten, obwohl verschiedener Provenienz, annähernd dieselbe Zusammensetzung haben könnten, so schien eine vollständige rationelle Analyse derselben am zweckmässigsten. Eine solche gestattet viel eher als eine einfache Bauschanalyse, auch feinere Unterschiede in der Zusammensetzung aufzudecken. Die Untersuchung wurde im analytischen Laboratorium des eidgenössischen Polytechnikums ausgeführt. Die Durchführung der Untersuchungen war folgende:

Die beiden Proben wurden bei 110° C. bis zum konstanten Gewicht getrocknet. Hiebei zeigten sie sich hygroskopisch, weshalb die Wägungen unter Anwendung besonderer Massregeln erfolgen mussten. Durch die darauffolgende Behandlung mit verdünnter Salzsäure wurden die Carbonate zersetzt und ein Teil des Thons ging in Lösung, während die grössere Menge desselben, ebenso wie aller Quarz und der Glimmer resp. andere Silicate intakt blieben. Um in diesem ungelösten Rückstande den Thon und Glimmer zu bestimmen, wurde jener mit conc. Schwefelsäure, unter Zufügen von wenig Wasser, ungefähr 10 Stunden nahe dem Siedepunkt der Schwefelsäure erhitzt. Hiedurch ist der Thon vollständig aufgeschlossen worden, während Quarz und Glimmer nicht angegriffen wurden. Nach dem Entfernen der überschüssigen Schwefelsäure und Ausziehen der Masse mit Wasser gingen alle basischen Bestandteile des Thons in Lösung, während die Thonkieselsäure neben Glimmer und Quarz zurückblieb. Durch eine Behandlung dieses Rückstandes mit 5%iger Sodalösung konnte die Thonkieselsäure getrennt und hierauf gesondert bestimmt werden.

Das Gemenge, aus Quarz und Glimmer bestehend (letzterer war schon makroskopisch erkennbar), welches die Sodalösung nicht verändert hatte, wurde mit Soda geschmolzen und so aufgeschlossen. Aus der hiebei gefundenen Menge Al_2O_3 ist der Glimmer nach der Formel: $6 \text{SiO}_2 \cdot 3 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{MgO} \cdot \text{K}_2\text{O}$ berechnet worden.

Zieht man die Glimmerkieselsäure von der unlöslichen Gesamt-

kieselsäure ab, so erhält man den Quarz. Die vorstehende Methode kann, in Hinsicht auf ihre Anwendung zur Ermittlung der mineralischen Bestandteile in den Schlammproben, deshalb nicht Anspruch auf sehr grosse Genauigkeit erheben, weil die Abtrennung der Thonkieselsäure vom Quarz mit 5%iger Sodalösung keine vollkommen exakte ist und ferner, weil die Zusammensetzung des Glimmers überhaupt eine andere sein kann, als die der Berechnung zu Grunde gelegte.

Unter allen Umständen gestattet aber die Methode sehr wohl eine Vergleichung beider Proben. Würden letztere unter einander grosse Verschiedenheiten aufweisen, so müssten sie, nach der gleichen Methode verarbeitet, auch wesentlich verschiedene Resultate liefern. Dies ist jedoch, wie aus den nachfolgenden Belegen (Analysen U_I und W_I) hervorgeht, thatsächlich nicht der Fall.

Zur weiteren Bestätigung hievon wurden zwei neue Mengen der beiden Schlammproben vor dem Gebläse stark geglüht. Dabei entweicht die Kohlensäure, das Wasser und etwa vorhandene organische Substanz, während der ursprünglich an die Kohlensäure gebunden gewesene Kalk und die Magnesia zersetzend auf die Silicate einwirken können. Nach diesem Verfahren stellte sich das Verhältnis des durch Säure löslichen Teils zum säureunlöslichen Teil bei beiden Proben als nahezu gleich heraus. (Analysen U_{II} und W_{II}.)

Die Prüfung auf seltene Metalle (Cer und Zirkon) und diejenige auf Fluor, Chlor und Bor liess gleichfalls keine Unterschiede zwischen beiden Schlammarten hervortreten. Es wurden nun ausserdem noch je 50—60 Gr. der Schlammproben mit Wasser geschlemmt und der erhaltene Rückstand mit Salzsäure angesäuert, um die Carbonate zu zersetzen. Hierbei entwickelte sich deutlich Schwefelwasserstoff, woraus, da Kupfer nachgewiesen war, auf einen geringen Gehalt an Pyrrhotin geschlossen wurde.

Die angesäuerte Masse ist neuerdings geschlemmt und der Rückstand unter dem Mikroskop untersucht worden. Es gelang dabei nicht, etwas zu entdecken, was bei den Analysen U_I und W_I etwa übersehen worden wäre, im Gegenteil, es konnte nicht einmal irgend ein Titanmineral beobachtet werden, während durch die Analysen Titan unzweideutig nachgewiesen und quantitativ bestimmt worden war.

U.

Im Urnerseeschlamm, bei 110° C.
getrocknet, in % gefunden:

37,23 % löslich in HCl.	SiO ₂	0,14
	TiO ₂	0,12
	Al ₂ O ₃	3,16
	Fe ₂ O ₃	3,23
	P ₂ O ₅	0,31
	CaO	16,01
	MgO	1,37
	CO ₂	12,50
	Cu	0,14
	Fe	0,10
S	0,15	
22,71 % löslich in H ₂ SO ₄ , resp. 5%iger Sodaaesung	SiO ₂	13,86
	Al ₂ O ₃	6,29
	Fe ₂ O ₃	1,80
	CaO	0,24
	MgO	0,52
39,94 %	SiO ₂	27,15
	Al ₂ O ₃	1,86
	Fe ₂ O ₃	0,64
	CaO	0,21
	MgO	0,01
	TiO ₂	1,16
	K ₂ O	2,42
	Na ₂ O	0,96
	Glühverlust:	5,53
		99,88

Im Urnerseeschlamm, bei 110° C.
getrocknet, auf 100 Teile
berechnet.

SiO ₂	41,20
Al ₂ O ₃	11,32
TiO ₂	1,28
Fe ₂ O ₃	5,68
P ₂ O ₅	0,31
CaO	16,48
MgO	1,90
	78,17

W.

Im Vierwaldstätterseeschlamm
(Muottabecken) bei 110° C getrocknet,
in % gefunden:

40,67 % löslich in HCl.	SiO ₂	0,28
	TiO ₂	0,29
	Al ₂ O ₃	4,58
	Fe ₂ O ₃	0,17
	P ₂ O ₅	0,29
	CaO	18,50
	MgO	1,56
	CO ₂	14,66
	Cu	0,07
	Fe	0,14
S	0,13	
26,15 % löslich in H ₂ SO ₄ , resp. 5%iger Sodaaesung	SiO ₂	16,81
	Al ₂ O ₃	7,61
	Fe ₂ O ₃	1,43
	CaO	0,10
	MgO	0,20
33,09 %	SiO ₂	22,03
	Al ₂ O ₃	1,31
	Fe ₂ O ₃	1,01
	CaO	0,17
	MgO	0,12
	TiO ₂	0,65
	K ₂ O	2,19
	Na ₂ O	0,61
	Glühverlust:	5,00
		99,91

Im Muottabeckenschlamm, bei
110° C. getrocknet, auf 100 Teile
berechnet.

SiO ₂	39,16
Al ₂ O ₃	13,51
TiO ₂	0,94
Fe ₂ O ₃	2,61
P ₂ O ₅	0,29
CaO	18,80
MgO	1,88
	77,19

Im Urnerseeschlamm, bei 110° C.
getrocknet, auf 100 Teile
berechnet.

Uebertrag	78,17	
CO ₂	12,52	
K ₂ O	2,42	
Na ₂ O	0,96	
} Cu	0,14	
	Fe	0,10
	S	0,15
Glühverlust	5,54	
	<hr/> 100,00	

Im Urnerseeschlamm, bei 110° C.
getrocknet, gefunden:

	%	
löslich in HCl, resp. H ₂ SO ₄ , resp. 5°/oiger Sodalösung.	CaCO ₃	28,41
	Pyrrhotin	0,39
	H ₂ O	2,44
	Thon Al ₂ O ₃ 2SiO ₂ 2H ₂ O	37,49
	Glimmer	6,27
	Quarz	23,60
	TiO ₂	1,28
		<hr/> 99,88

Dasselbe auf 100 Teile berechnet:

löslich in HCl, resp. H ₂ SO ₄ , resp. 5°/oiger Sodalösung.	CaCO ₃	28,44
	Pyrrhotin	0,39
	H ₂ O	2,44
	Thon	37,54
	Glimmer	6,28
	Quarz	23,63
	TiO ₂	1,28
		<hr/> 100,00

Uii.

Im Urnerseeschlamm, gegläht,
gefunden:

37,66 o/o löslich in HCl.	SiO ₂	—
	TiO ₂	0,15
	Al ₂ O ₃	11,70
	Fe ₂ O ₃	5,14
	P ₂ O ₅	0,38
	CaO	18,41
	MgO	1,88
		<hr/> 37,66

Im Muottabeckenschlamm, bei
110° C. getrocknet, auf 100 Teile
berechnet.

Uebertrag	77,19	
CO ₂	14,67	
K ₂ O	2,19	
Na ₂ O	0,61	
} Cu	0,07	
	Fe	0,14
	S	0,13
Glühverlust	5,00	
	<hr/> 100,00	

Im Muottabeckenschlamm, bei
110° C. getrocknet, gefunden:

	%	
löslich in HCl, resp. H ₂ SO ₄ , resp. 5°/oiger Sodalösung.	CaCO ₃	33,21
	MgCO ₃	0,10
	Pyrrhotin	0,34
	H ₂ O	1,46
	Thon	36,96
	Glimmer	5,61
	Quarz	21,29
	TiO ₂	0,94
	<hr/> 99,91	

Dasselbe auf 100 Teile berechnet:

löslich in HCl, resp. H ₂ SO ₄ , resp. 5°/oiger Sodalösung.	CaCO ₃	33,24
	MgCO ₃	0,10
	Pyrrhotin	0,34
	H ₂ O	1,46
	Thon	36,99
	Glimmer	5,62
	Quarz	21,31
	TiO ₂	0,95
	<hr/> 100,00	

Wii.

Im Muottabeckenschlamm, ge-
gläht, gefunden:

40,60 o/o löslich in HCl.	SiO ₂	—
	TiO ₂	0,36
	Al ₂ O ₃	13,78
	Fe ₂ O ₃	2,00
	P ₂ O ₅	0,13
	CaO	22,35
	MgO	1,98
		<hr/> 40,60

U.
Im Urnerseeschlamm, gegläht,
gefunden:

	Uebertrag	37,66
61,02% nicht löslich in HCl.	SiO ₂	50,20
	Al ₂ O ₃	2,10
	TiO ₂	1,41
	Fe ₂ O ₃	1,96
	P ₂ O ₅	—
	CaO	0,74
	MgO	0,02
	K ₂ O	2,95
	Na ₂ O	1,17
	Cu	0,17
Fe	0,12	
S	0,18	
	<hr/>	98,68

W.
Im Muottabeckenschlamm, ge-
gläht, gefunden:

	Uebertrag	40,60
59,21% nicht löslich in HCl.	SiO ₂	48,69
	Al ₂ O ₃	3,02
	TiO ₂	0,81
	Fe ₂ O ₃	1,25
	P ₂ O ₅	—
	CaO	1,18
	MgO	0,36
	K ₂ O	2,72
	Na ₂ O	0,76
	Cu	0,09
Fe	0,17	
S	0,16	
	<hr/>	99,81

Im Urnerseeschlamm, gegläht,
für 100 Teile berechnet:

SiO ₂	50,87
Al ₂ O ₃	13,99
TiO ₂	1,58
Fe ₂ O ₃	7,20
P ₂ O ₅	0,39
CaO	19,41
MgO	1,93
K ₂ O	2,98
Na ₂ O	1,18
Cu	0,17
Fe	0,12
S	0,18
	<hr/>
	100,00

Im Muottabeckenschlamm, ge-
gläht, für 100 Teile berechnet:

SiO ₂	48,78
Al ₂ O ₃	16,84
TiO ₂	1,17
Fe ₂ O ₃	3,25
P ₂ O ₅	0,13
CaO	23,58
MgO	2,34
K ₂ O	2,73
Na ₂ O	0,76
Cu	0,09
Fe	0,17
S	0,16
	<hr/>
	100,00

Urnerseeschlamm, gegläht, auf
bei 110° C. getrocknete Substanz um-
gerechnet:

SiO ₂	41,70
Al ₂ O ₃	11,46
TiO ₂	1,29
Fe ₂ O ₃	5,89
P ₂ O ₅	0,31
CaO	15,91
MgO	1,57
	<hr/>
Uebertrag	78,13

Muottabeckenschlamm, gegläht,
auf bei 110° C. getrocknete Substanz
umgerechnet:

SiO ₂	39,19
Al ₂ O ₃	13,52
TiO ₂	0,94
Fe ₂ O ₃	2,62
P ₂ O ₅	0,10
CaO	18,94
MgO	1,88
	<hr/>
Uebertrag	77,19

Urnerseeschlamm, gegläht, auf
bei 110° C. getrocknete Substanz um-
gerechnet:

Uebertrag	78,13
K ₂ O	2,45
Na ₂ O	0,97
Cu	0,14
Fe	0,10
S	0,15
Glühverlust	18,06
	<u>100,00</u>

Zürich, Mai 1899.

Muottabeckenschlamm, gegläht,
auf bei 110° C. getrocknete Substanz
umgerechnet:

Uebertrag	77,19
K ₂ O	2,19
Na ₂ O	0,61
Cu	0,07
Fe	0,14
S	0,13
Glühverlust	19,67
	<u>100,00</u>

B. Schudel.

Die mitgeteilten Untersuchungen der Herren Früh, Grubenmann und die Analysen des Herrn Dr. Schudel veranlassen mich noch zu folgenden Betrachtungen:

Das Sammelgebiet für den im Urnerseebecken des Vierwaldstättersee zur Ablagerung gelangenden Schlamm besteht zu zirka $\frac{2}{3}$ seiner Grundfläche aus krystallinischen Silicatgesteinen (krystalline Schiefer und alte Eruptivgesteine). Die Gletscher des Gebietes reiben, mit Ausnahme vom Hüfigletscher und Urirothstockgletscher, ganz auf krystallinen Silicatgesteinen. Das letzte Drittel der Sammelfläche des Urnerbeckens wird aus den Kalk-, Kieselkalk- und Thonschiefergesteinen der Jura-, Kreide- und Eocaensedimente gebildet.

Das Sammelgebiet für das Muottabecken des Vierwaldstättersee, d. h. also des Stückes Seeboden vom Muottadelta bis zur unterseeischen Quermoräne, ist das Muottagebiet. Dasselbe ist zu mehr als $\frac{9}{10}$ seiner Fläche aus den Kalk-, Kieselkalk-, Mergel- und Thonschichten der Jura- und Kreideschichten, zu einem kleinen Teil aus eocaenen Mergel- und Thonschiefern gebaut. Die Molassegebilde kommen für die mechanischen Absätze in diesem Seeteil gar nicht in Betracht, denn deren Schlammprodukte bleiben im Lowerzersee liegen.

Es gehört also das Urnerseesammelgebiet weitaus zum grössten Teil den krystallinen Silicatgesteinen, das Muottabeckensammelgebiet ausschliesslich den Kalkalpen an.

Sollte man da nicht grosse Unterschiede in den abgeschlemmten und wieder abgesetzten Verwitterungsprodukten erwarten?

Alle die oben mitgetheilten Specialuntersuchungen zeigen, dass die beiden Schlammproben einander ausserordentlich ähnlich sind.

Unterschiede sind vorhanden, und sie sind alle in dem erwarteten Sinne vorhanden, aber sie sind dem Betrage nach sehr geringfügig: Im Schlamm aus dem krystallinen Silicatgebirge ist etwas mehr Kieselsäure (SiO_2 : 41,7 statt 39,19) etwas mehr Titansäure (TiO_2 : 1,29 gegen 0,94) mehr Phosphorsäure (P_2O_5 0,31 gegen 0,10) mehr Kali (K_2O 2,45 gegen 2,19), mehr Natron (Na_2O : 0,97 gegen 0,61), Kupfer (Cu : 0,14 gegen 0,07); dagegen etwas weniger Thonerde (Al_2O_3 : 11,46 gegen 13,52) weniger Kalk (CaO 15,91 gegen 18,94) Magnesia (MgO 1,57 gegen 1,88).

Das Kalkgebirge ist ja selbst ursprünglich aus vorherrschend krystallinen Silicatgesteinen durch Verwitterung und Absatz der Verwitterungsprodukte entstanden. Die gleichen Substanzen, nur teilweise zu andern Mineralien verbunden, müssen sich auch hier wieder finden. Und wenn nun das Kalkgebirge abermals abwittert, so wird diese zweite Verwitterung an den relativen Mengen und der Gruppierung der Substanz nichts wesentliches mehr zu verändern vermögen. Die selteneren oder dem Quantum nach spärlichen Stoffe wie Titan, Kupfer, Phosphor sind da wie dort vorhanden. Die Vergleichung der beiden Schlammproben zeigt uns also, wie einheitlich die Verwitterung arbeitet und wie sehr sie schliesslich zur Ausgleichung führt. Die grossen Differenzen z. B. im Gehalt von Kieselsäure, Kalk und Thon, die wir in den verschiedenen Sedimenten finden, sind weniger durch ungleiche Verwitterungsprodukte primärer Gesteine bedingt, als vielmehr bloss durch die örtliche Sonderung im Absatz je nach Umständen und Entfernung vom Ort der Abspülung. Unsere beiden Schlammproben sind zu ihren zugehörigen Ursprungsgebieten ganz ähnlich gelegen und stellen deshalb analoge Absätze der Verwitterungsprodukte dar. Krystalline Silicatgesteine und kalkige Sedimentgebirge können ganz analoge Sedimente durch Abwitterung und Regeneration liefern, und es wird sehr schwierig sein, von irgend einem recht feinen Mergel oder Thon zu entscheiden, ob er durch erstmalige Verwitterung krystalliner Silicatgesteine oder durch Abspülung von kalkigen Sedimenten nach zwei oder mehrfachem

Kreislauf der Substanz sein Material bezogen hat. Bei weniger fein geschlemmten Produkten hingegen werden einzelne gröbere Partikel- oder gar Gerölleinschlüsse stets über diese Frage entscheiden können.

Petrographisch und chemisch ist unser Schlamm vom Grunde des Vierwaldstättersees als ein kalkreicher Thon oder ein Thonmergel zu bezeichnen. Gesteine ganz ähnlicher Zusammensetzung finden sich sehr häufig unter den marinen wie den in Süßwasser gebildeten Sedimenten verschiedensten Alters.

Weitaus der grösste Teil des Schlammabsatzes muss als mechanisches Sediment gedeutet werden. Sowohl die chemische Zusammensetzung als besonders die mikroskopische Untersuchung haben dies ergeben. Frisch ausgebildete doppelspitzige Quarzkryställchen sind sehr selten, und wo vorhanden, wahrscheinlich durch chemische Umsetzungen klastischen Materiales gebildet. Reichlicher sind die Calcit rhomboederchen. Aber auch diese scheinen durchaus nicht so massenhaft zu sein, dass wir alles Calciumcarbonat des Schlammabsatzes als chemischen Niederschlag auffassen dürften. Wir kommen somit zu dem Schlusse, dass wohl wenigstens 85 bis 90% des Vierwaldstätterseeschlammes klastischer Natur ist und nur etwa 10% chemischer Niederschlag von Calcit und wenigen andern Verbindungen. Zu dem klastischen Niederschlag zählen wir auch die organischen Reste, unter welchen die Diatomeenschälchen wohl die bedeutsamsten sind. Gewiss ist die Ausscheidung ihrer Kieselsäure ursprünglich durch organisch chemischen Vorgang bedingt, allein sie sind nicht da, wo wir sie jetzt im Schlamme finden, entstanden, sondern nur hier deponiert. Vielleicht ist der chemische Absatz im Vierwaldstättersee nicht geringer, als in manchen Wasserbecken, in denen sich vorherrschend aus chemischer Lösung Seekreide abscheidet; allein der mechanische Absatz ist hier eben viel grösser, so dass er weit überwiegt. Die Chitinschalen der Planktonkrebsechen liessen sich im Vierwaldstätterseeschlamm kaum entdecken. Sie fehlen auch im Schlammabsatz des Zürichsees, so massenhaft sie im Wasser lebend getroffen werden. Ob diese Schälchen vorweg in der Tiefe wieder aufgelöst werden, ob sie von andern Tieren gefressen werden, oder was der Grund dafür sein mag, weiss ich nicht.

Nachschrift.

Die am 7. April 1898 geleerten Schlamm-sammelkasten wurden sofort wieder versenkt, um die Beobachtungen der Schlammab-lagerung noch eine Reihe von Jahren ununterbrochen fortsetzen zu können. Im Frühjahr 1899 wollte ich sie wieder heben. Allein zweimal, da wir bereits mit dem ganzen Hebeapparat im Schiff auf dem See waren, trat so starker Wind ein, dass an einen guten Erfolg nicht gedacht werden konnte. Man muss die Schlamm-sammelkasten bei ganz ruhigem See heben, sonst wird der Schlamm durch die Wellenbewegung des Schiffes in den letzten paar Metern, da der schwere Kasten im Wasser gehoben wird, aufgewühlt und geht ins Wasser zum Teil verloren. Erst nach Schluss der Som-mertrübung des Sees, nämlich erst am 12. September 1899, konnte ich an die Hebung der Kasten gehen. Am Fledermauseggen im Urnersee war das Kabel nicht mehr zu finden, während mein Schiffmann es noch 14 Tage früher intakt gesehen hatte. Es muss von jemandem abgelöst worden sein, vielleicht in der Absicht, sich das Kupfer anzueignen — aber, sobald vom Fels losgebunden, hat sich wohl der Draht durch sein Gewicht den Händen des Unbe-rechtigten entrissen und ist zur Tiefe abgesunken. Mittelst Schlepp-angeln ihn am Seegrunde doch wieder aufzufangen, ist vergeblich versucht worden. Im Muottabecken war die Bindung unverletzt. Hier hoben wir den Kasten ohne Schwierigkeit.

Er hatte nun zwei Sommer unten gestanden. Er wäre über-füllt, falls hier der Schlammabsatz so bedeutend gewesen wäre, wie 1897 auf 1898. Allein diesmal erwies er sich bescheiden. Aller Schlamm wurde zur näheren Bestimmung sorgfältig gesam-melt, der Kasten gereinigt und abermals an gleicher Stelle ver-senkt. Die Prüfung des Schlammes ergab folgendes:

Mächtigkeit der frischen nassen Schlamm-schicht, gebildet vom 7. IV. 1897 bis 22. X. 1899 durchweg 15 mm. Der Schlamm fest und zähe gelagert, enthielt einige Buchenblätter.

Die Gesamtschlamm-masse, abgesetzt auf einer Fläche von 2704 cm², betrug in frischem nassem Zustande 3125 cm³ und ge-wogen 4195 gr. (gegenüber 34230 gr. vom April 1897 bis April 1898), das spezifische Gewicht des frischen Absatzes betrug

1,344. Getrocknet wiegt der Schlamm noch 1917 gr. Es ergibt sich daraus:

Frisch nass: Dicke der Schlammschicht des Jahres 11,5 mm.

Absatz auf jedem cm^2 1,55 gr.

Getrocknet: Absatz auf jedem cm^2 0,71 gr.

Beim Austrocknen schwindet das Gewicht auf 45,7% zusammen — in der vorangegangenen Niederschlagsperiode ging es bloss auf 56,4% zurück. Der Schlamm war also zudem diesmal weniger dicht gelagert als 1897/1898, wahrscheinlich, weil für einen grossen Teil desselben noch kein Winter der Ruhe darüber hinweggegangen war, sondern der Absatz als sehr frisch anzusehen ist. Damals fand ich das spezifische Gewicht des nassen Schlammes zu 1,58, jetzt zu 1,344.

Da die Schlammabsatzfläche des Muottabeckens des Vierwaldstättersees 2,125 km^2 beträgt, so sind in den zwei Sommern 1898 und 1899 hier abgesetzt worden 24560 m^3 oder zirka 33000 Tonnen nassen, frischen Schlammes vom spezifischen Gewicht 1,344. Das macht als festes Gestein gedacht zirka 7400 m^3 .

Unsere frühere Vermutung, dass der übermässige Absatz im Muottabecken des Vierwaldstättersees 1897/1898 durch besondere vorübergehende Ursachen bedingt sein möchte, ist somit bestätigt. Der Schlammabsatz von zwei Sommern im Muottabecken ist diesmal geringer, als derjenige in einem Sommer der früheren Periode im Urnerseebecken. Leider fehlt uns der gleichzeitige Absatz im Urnerbecken zum Vergleiche. Wir sind zu dem für die Fortsetzung der Beobachtungen nicht gerade sehr tröstlichen Resultate gekommen, dass die verschiedenen Jahrgänge im Schlammniederschlag am Seegrunde sehr ungleich ausfallen können, und dass somit die Beobachtungen durch eine längere Reihe von Jahren fortgesetzt werden müssen, wenn man durch die Unregelmässigkeiten hindurch die Regel klar sehen und herauschälen will. Die Untersuchungen werden fortgesetzt, womöglich auch auf andere Seen ausgedehnt, und nach einigen Jahren werde ich an dieser Stelle über die weiteren Ergebnisse berichten.
