

## Die interglazialen Seen von Salzburg.

Von **Albrecht Penck** in Berlin.

In seinen Mitteilungen über den Einbruch von Salzburg und die Ausdehnung des interglazialen Salzburger Sees berichtet Rudolf Hörnes<sup>1)</sup> über ein altes Delta im Salzachtale erheblich oberhalb Salzburg, das der Aufmerksamkeit von Brückner<sup>2)</sup> entgangen ist, und das auch ich nicht besuchen konnte<sup>3)</sup>. Dieses Delta befindet sich gegenüber Golling unweit des Torrenner Dörfel und trägt das Haus Klemstein. Allerdings ohne Beweise dafür beizubringen, erachtet Hörnes dies Delta als gleich alt mit dem von Salzburg, und da die Oberkante, nämlich die Grenze zwischen den geneigten lakustren und den hangenden horizontalen fluviatilen Schichten in 480 m Höhe liegt, während sich die schräge geschichteten lakustren Deltalagen bei Salzburg bis über 500 m Höhe erheben, schließt er auf eine Senkung der inneren Alpenteile gegenüber den äußerer seit der Ablagerung des Deltas, die er, meinem Vorgange folgend, in die Riß-Würm-Interglazialzeit verlegt. Diese Folgerungen weichen so gänzlich von den Ergebnissen ab, zu welchen ich im Vereine mit Eduard Brückner bei unseren durch mehr als zwanzig Jahre betriebenen Untersuchungen für die „Alpen im Eiszeitalter“ gelangte, daß ich die Gelegenheit ergriff, das von Rudolf Hörnes geschilderte alte Delta alsbald zu besuchen. Dahn begleitete mich mein Freund, Professor Hans Crammer in Salzburg, welcher seit 1906 die Ablagerung kennt und dem Auftreten ähnlicher Vorkommnisse im Salzachtale oberhalb Salzburg bereits systematisch nachgegangen ist. Ihm danke ich, daß ich binnen kurzer Zeit die maßgebenden Aufschlüsse kennen lernen konnte und sofort auf den springenden Punkt aufmerksam wurde, zumal da

<sup>1)</sup> Sitzungsberichte Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathem.-naturwissensch. Klasse, Bd. CXVII, Abt. I. 1908.

<sup>2)</sup> Die Vergletscherung des Salzachgebietes. Geogr. Abh. I, 1886.

<sup>3)</sup> Vgl. meine Darstellung des Salzachgletschers in Penck und Brückner. Die Alpen im Eiszeitalter. Leipzig 1908. S. 150.

er eine Reihe der Schlußfolgerungen, zu denen diese Darlegungen gelangen, bereits gezogen hatte. Namentlich hat Crammer bereits erwogen, daß im Salzachtale verschieden alte Deltabildungen vorliegen könnten. Unter solchen Umständen müssen viele von den hier auseinandergesetzten Ergebnissen als gemeinsame bezeichnet werden.

Der erste Blick auf die Deltaablagerung von Klemstein (vgl. Abb. 1) vergewissert, daß die Verhältnisse nicht so einfach liegen, wie sie Hörnes darstellt. Wie Crammer bereits wahrgenommen hatte, liegt die obere Kante des Deltas nicht horizontal, sondern fällt von

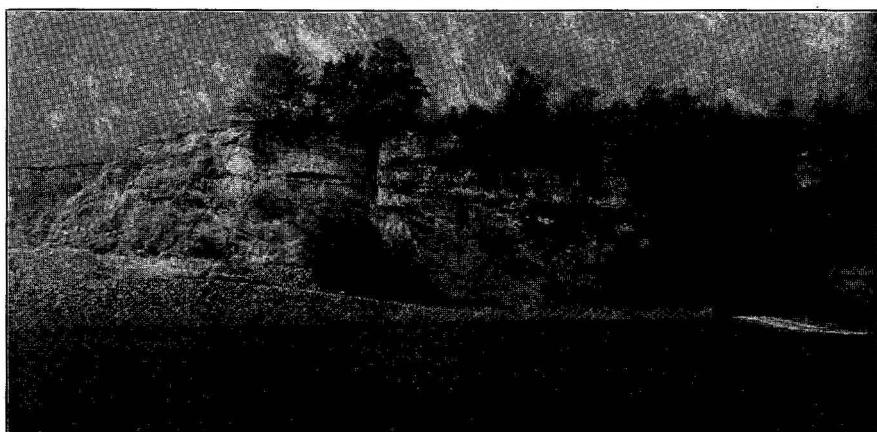


Abb. 1. Das alte Delta von Klemstein: Überlagerung der lakustren Deltaschotter durch fluviatile horizontale Schotter. Nach einer Photographie von Hans Crammer.

480 m Höhe so rasch nach Norden hin ein, daß schon das Nordende des Hügels bis zu seiner Basis in etwa 460 m Höhe herab lediglich aus horizontal geschichteten fluviatilen Schottern besteht. Gleiches gilt von dem nur 1 km weiter nördlich gelegenen Hügel der Kirche von St. Nikolaus (vgl. S in Abb. 2). Aber nur 150 m weiter westlich von St. Nikolaus hat bereits Crammer längs des vom Gollinger Wasserfälle kommenden Schwarzbaches ein altes Delta aufgefunden, dessen schräge Schichten bis 495 m Höhe emporreichen und auffälligerweise gegen das Talgehänge hin einfallen (vgl.  $\Delta$  in Abb. 2).

Deutet, wie bereits Crammer erkannt, das rasche Abfallen der oberen Deltagrenze am Klemsteinhügel darauf, daß der Spiegel des Sees, in dem das Delta aufgeschüttet wurde, in kurzer Zeit gesenkt worden ist, so daß fluviatile Schichten in immer tieferem Niveau zur Ablagerung gelangten, so ist das Verhalten des hoch gelegenen alten

Deltas längs des Schwarzbaches gegenüber den tiefer gelegenen horizontalen Schottern von St. Nikolaus nicht unter gleicher Voraussetzung verständlich; denn, wie eben erwähnt, fallen die Schichten des Deltas nicht talwärts, sondern gegen das Talgehänge hin. Es ist nicht von einem Vorläufer des heutigen Schwarzbaches, sondern gegen denselben hin von der Talmitte aus aufgeschüttet worden. Wir müssen also annehmen, daß sich einst hier in mindestens 495 m Höhe eine nunmehr entschwundene Quelle der Schotterzufuhr befunden hat. Man könnte versucht sein, dieselbe im Eise der Eiszeit zu sehen und anzunehmen, das Delta sei eine Aufschüttung in einen See am Gletscherrande. So würde sich sowohl die Höhenlage als auch die Richtung des Fallens dieser Deltaablagerung erklären, die wir dann als etwas älter als das Delta von Klemstein und

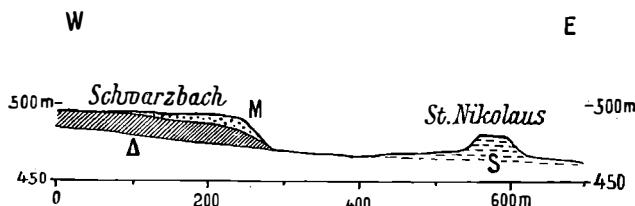


Abb. 2. Profil zwischen Gollinger Wasserfall und Salzach. M Moräne; S St. Margarethen Nagelfluh; Δ Deltaschotter.

die Schotter von St. Nikolaus erachten müßten. Wir können aber auch annehmen, daß die Aufschüttung durch einen Fluß von der Talmitte aus erfolgte. Dann müßten wir zugleich annehmen, daß das Salzachtal einmal ganz allgemein bis mindestens 495 m Höhe von einem Delta eingenommen gewesen ist. Wenn wir nun Reste des letzteren Deltas heute sonst nicht mehr finden, sondern nur auf das tiefer gelegene Delta von Klemstein stoßen, so kann das in zweierlei Weise erklärt werden: entweder müssen wir annehmen, daß dieses Delta viel jünger als das des Schwarzbaches ist und erst zur Ablagerung gelangte, nachdem das alte Delta bis auf einen kleinen Rest gänzlich zerstört worden war, oder wir müssen zur Annahme einer Dislokation greifen und die verschiedene Höhenlage der Deltareste von Klemstein und am Schwarzbach durch ein Einsinken der Mitte des Salzachtaltales gegenüber den Rändern erklären, entlang eines Bruches, der zwischen beiden Ablagerungen hindurchgeht.

Die letztere Annahme stimmt mit der Ansicht überein, welche Hörnes in seiner erwähnten Schrift über die Entstehung des Salzachtaltales oberhalb Salzburg ausspricht: er hält das Tal für eine Grabenversenkung.

Er stützt diese Annahme durch ein Profil, das er quer durch das Salzachtal in der Gegend von Hallein legt, und auf das von Wöhner behauptete treppenförmige Absitzen der Ablagerungen rechts der Salzach. Den Wert seines Profiles schwächt er allerdings selbst ab, indem er über den Westflügel desselben ausspricht: „Ob freilich die von mir angenommenen Lagerungsverhältnisse richtig sind, ist erst durch spezielle, auf die tektonische Natur der angenommenen Staffelbrüche gerichtete Untersuchungen zu erweisen.“ — Die Lagerungsverhältnisse in der Gegend von Hallein sind in der Tat recht komplizierte; einfacheren begegnen wir etwas weiter südlich, und wenn Hörnes sein Profil statt bei Hallein etwa bei Vigaun quer über das Salzachtal gelegt hätte, so hätte er ein wesentlich anderes Bild erhalten. Wir haben hier links der Salzach den Rücken des Roßfeldes im wesentlichen aus Neocom zusammengesetzt, rechts der Salzach oberen Jura, und dann folgen in ganz regelmäßiger Weise die Ausstriche der älteren Schichten bis zur Trias herab. Ich kann Haug<sup>1)</sup> nur beipflichten, wenn er das Roßfeld als hangende Partie der sich nach Südwesten senkenden Osterhornschorle ansieht. Zwischen ihr und den Schichten des rechten Salzachufers sind keinerlei jüngere Schichten eingesunken; hier einen Grabenbruch anzunehmen, liegt keine Veranlassung vor, wenn man nicht aus dem Tale auf einen Graben schließen und aus diesem wieder das Tal ableiten will. Daß im einzelnen der Bau der Osterhornschorle Störungen aufweist, daß die von der Trias überschobenen Schichten des Roßfeldes eine ziemlich verwinkelte Struktur haben, hat Haug klar gezeigt, und ebenso fehlt es nicht an Verwerfungen in den Oberalmschichten auf dem rechten Salzachufer. Hörnes selbst macht auf solche aufmerksam, die man längs des Almbaches unweit des Tunnels der talaufwärts führenden Straße wahrnehmen kann. Hier sieht man in der Tat Brüche, die ein Absinken der Schichten gegen die Salzach hin bewirken; aber man sieht auch andere, welche unter spitzen und stellenweise nahezu rechten Winkeln zum Salzachtale streichen. Nach meinem Eindrucke handelt es sich hier um ganz unregelmäßige Störungen, wie solche in einem Schichtkomplexe ziemlich dicht unter einer Schubfläche vielfach anzutreffen sind. So erscheinen mir Hörnes Beweise für die Graben-natur des Salzachtales der Gegend oberhalb Salzburg als nicht gerade zwingend. Immerhin könnte möglicherweise in den Lagerungsverhältnissen der Delta am Schwarzbache und von Klemstein ein Beweis für

<sup>1)</sup> Les nappes de charriage des Alpes calcaires septentrionales. Bull. Soc. géol. de France (4) VI. 1906. S. 359 f.

die Richtigkeit der Hörnesschen Ansicht von der Grabennatur des Salzachtals gefunden werden, wenn es gelingt, die beiden anderen oben erwähnten Erklärungsmöglichkeiten auszuschließen.

Die Untersuchung an Ort und Stelle ergab kein Argument für die Annahme einer Aufschüttung des Schwarzbachdeltas am Saume eines Gletschers. Das Material des Deltas enthält keine gekritzten Geschiebe, wie wir sie doch in einer Aufschüttung am Gletschersaume gewörtigen müßten; es ist vielmehr durchweg leidlich gut gerollt. Allerdings kommen nördlich des Schwarzbaches im Walde unter den dortigen Moränen Nagelfluhpartien vor, von denen es sich nicht entscheiden läßt, ob sie verfestigte Moräne oder moränenähnliche Partien der liegenden Nagelfluh sind. Es wäre bei dieser Unsicherheit jedenfalls gewagt, aus ihnen einen Schluß auf die lakustroglaziale Entstehung des Deltas zu ziehen. So bleiben denn nur die beiden anderen dargelegten Erklärungsmöglichkeiten: entweder gehört das Schwarzbachdelta einer früheren Talzuschüttung an und ist wesentlich älter als das Klemsteindelta, oder es läuft zwischen beiden Ablagerungen ein Bruch durch. Da es auf der 150 m langen Strecke zwischen beiden Ablagerungen an Aufschlüssen fehlt, ist es nicht möglich mit Sicherheit zwischen beiden Möglichkeiten zu wählen. Die Frage ließ sich also an Ort und Stelle nicht lösen. Es ergab sich daher, daß ein weiteres Ausgreifen nötig war, und ich dehnte infolgedessen meine Untersuchung auf die einschlägigen Ablagerungen der benachbarten Gegend zwischen Hallein und Golling aus. Von einigem Nutzen ist mir dabei das von Bittner aufgenommen und von Fugger revidierte Blatt Hallein und Berchtesgaden der geologischen Spezialkarte 1:75000 von Österreich gewesen, da dasselbe die Nagelfluh-vorkommnisse im Salzachtale, allerdings ohne feinere Aufteilung und im einzelnen auch nicht immer richtig angibt. Sehr wertvoll war, daß Professor Crammer auch hier mich durch seine reichen Erfahrungen unterstützen und zu allen ihm bekannten Aufschlüssen führen konnte, daß ferner Eduard Brückner sich teilweise an den Wanderungen beteiligte.

Die Untersuchung setzte beim Adneter Riedl ein, wo bereits Brückner Schotter gefunden hat, die er als Niederterrassenschotter der Würmzeit, abgelagert beim Herannahen des Eises, aufgefaßt hat<sup>1)</sup>. Der Hügel ist gekrönt von einer vornehmlich aus Kalken bestehenden und nur wenig Material der oberen Salzach führenden Nagelfluh,

<sup>1)</sup> Die Vergletscherung des Salzachgebietes. Geographische Abhandlungen I, Heft 1. 1886. S. 90.

welche durchweg horizontal geschichtet ist. Die oberen Partien sind in der Regel ziemlich fest und stellen sich als eine typische löcherige Nagelfluh dar. Die unteren Lagen sind stellenweise verhältnismäßig locker und werden beim Taxgute als Schotter gewonnen; hier bergen sie eine gelbe, sändige Einlagerung. Die Ablagerung erhebt sich nahezu bis zur Höhe des Heuberges. Die Originalaufnahme 1:25 000 von Blatt Hallein gibt hier eine Höhe von 542 m an, während ich weiter nördlich mit dem Aneroid 560 m maß<sup>1)</sup>.

Die Sohle der Nagelfluh A liegt am Nordende des Riedels durchschnittlich in 530 m Höhe (vgl. Abb. 3); sie geht aber über dem großen Steinbrüche neben der ins Almtal führenden Straße unweit des Schloßbauern bis 513 m Höhe herab, während wenig nördlich

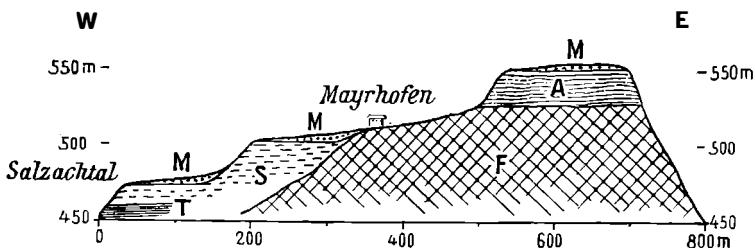


Abb. 3. Profil des Adneter Riedels östlich von Hallein; A Adneter Nagelfluh; S St. Margarethener Nagelfluh; T Lakustre Tone; M Moräne; F Fels.

davon sich der liegende Fels (Oberalmschichten) bis auf 535 m Höhe erhebt. Man hat es also nicht mit einer horizontalen Auflagerungsfläche der Nagelfluh zu tun; sie gleicht vielmehr Unebenheiten ihrer Unterlage aus. Viel tiefer als diese Nagelfluhbildung streicht eine andere (S) auf der Westseite des Adneter Riedels gegen St. Margarethen aus. Man trifft sie zunächst 1,5 km nördlich des Dorfes. Von hier kann man sie in ununterbrochenen Ausbissen bis etwa 1 km südlich des Dorfes verfolgen; auf dieser ganzen Strecke reicht sie bis nahezu zur Talsohle, 450–460 m, herab. Hier kommen unter ihr auf sumpfiger Böschung zahlreiche Quellen hervor. Sie verraten einen Sockel von tonigem Material, der sich nur wenige Meter über die Talsohle erhebt. Mehrfach, so z. B. an der Mündung des kleinen Tälchens, das sich

1) Die hier mitgeteilten Höhenangaben, sofern sie nicht der Karte entnommen sind, beruhen auf Aneroidmessungen, welche an benachbarte Koten der Originalaufnahme angeschlossen wurden. Bei gleichbleibendem Luftdruck ergeben sich, falls die Höhenkoten verlässlich sind, recht gute Resultate, und selbst bei Luftdruckschwankungen können durch häufigen Anschluß an wichtigere Höhenkoten leidlich gute Ergebnisse erzielt werden.

von den Häusern von Mayerhofen herabzieht, und unweit der Kirche St. Margarethen sind die unteren Nagelfluhpartien feinkörnig und reich an Quarzkörnern, an anderen Stellen größer, so z. B. über dem Bruderloche, nördlich von St. Margarethen. Im Durchschnitte kann die Nagelfluh von St. Margarethen bis auf 490—500 m Höhe hinauf verfolgt werden; sie hält sich also durchweg unter dem Niveau des tiefsten Punktes der Nagelfluh vom Adneter Riedel. Weist schon diese Tatsache darauf, daß beide Nagelfluhen verschiedenalterige Bildungen sind, so wird dies zur Gewißheit durch die Aufschlüsse, welche das schon erwähnte Tälchen von Mayerhofen darbietet. Hat man dessen enge, klammartige Mündung durchstiegen, so erreicht man gerade unter den Häusern von Mayerhofen noch eine etwas gröbere Nagelfluhpartie; hinter dieser hebt sich alsbald bei Mayerhofen und den Nachbarhöfen Fels empor, und auf diesem sitzt die Nagelfluh des Adneter Riedels auf. Sie ist also durch einen Felsausstrich von der St. Margarethener Nagelfluh getrennt. Die zeitliche Trennung beider Nagelfluh vorkommnisse wird durch eine weitere Beobachtung bestätigt: in der St. Margarethener Nagelfluh findet sich dort, wo sie unfern Mayerhofen ziemlich dicht an die obere Nagelfluh herantritt, eine große abgewaschene Scholle einer älteren Nagelfluh eingebettet, die ich unbedenklich von der Nagelfluh des Adneter Riedels herleite. Sie ist zwar etwas reicher an Material aus dem oberen Salzachtal, als sonst die Adneter Nagelfluh; allein das Mengenverhältnis von kalkalpinem und zentralalpinem Materiale ist in der Adneter Nagelfluh ebenso wechselnd wie in der Nagelfluh von St. Margarethen: bald haben wir es mehr mit Geröllen zu tun, die die Salzach herbeiführte, bald mehr mit Geröllen der Nebenflüsse.

Beide Nagelfluhbildungen sind älter als die Moränen der Gegend. Die des Adneter Riedels ist von einer dünnen Moränenlage gekrönt und erscheint oberflächlich stellenweise wie durch Gletscherschliff geglättet. Auf der Höhe fand Crammer einige große erratische Blöcke. Auch die tiefere Nagelfluh, die von St. Margarethen, wird von den Moränen der Gegend überlagert und von denselben schräge abgeschnitten, wie man sich am Hohlwege östlich des Dorfes gewissern kann, wo der Nagelfluhausbiß von der Höhe bis zur Talsohle herab ganz von Moränen überdeckt ist. Nur weiter oberhalb, sowie unterhalb der Mündung des von Mayerhofen kommenden Tälchens, wo die St. Margarethener Nagelfluh sich in eine niedere Terrasse des Salzachtals hinein fortsetzt, fehlt die Moränenbedeckung. Wir haben es also mit zwei verschiedenalterigen Nagelfluhbildungen im Liegenden

der herrschenden Moränen zu tun; die Ablagerung beider ist durch eine Zeit entschiedener Erosion unterbrochen: die ältere war bereits verkittet, bevor die jüngere zur Ablagerung kam. Aber auch diese ihrerseits ist durch eine Zeit der Erosion von der letzten Ver-gletscherung der Gegend getrennt.

Die Nagelfluhbildung von St. Margarethen können wir mit geringen Unterbrechungen ziemlich weit talaufwärts verfolgen (Abb. 4). Kaum 1,5 km vom Südende des Nagelfluh-ausbisses von St. Margarethen treffen wir sie beiderseits des Tauglbaches wieder. Der kleine, sehr steile Hügel links des Baches hat genau dieselbe Beschaffenheit, wie die feinkörnige Nagelfluh nördlich St. Margarethen. Seine untersten, in etwa 470 m Höhe gelegenen Partien sind feiner gelber Sandstein, die oberen Lagen etwas größer. Der Felsen am rechten Tauglufer, der sich bis Kote 530 m erhebt, hat einen Sockel von horizontal geschichtetem Ton, der sich bis etwa 480 m erhebt; darüber liegt grobe, an Geröllen aus dem oberen Salzach-gebiet ziemlich reiche, horizontal geschichtete Nagelfluh. Letzterer ist am Südeck des Felsens eine im mächtige Tonbank voller Pflanzenreste eingelagert. Gehen wir von diesem Felsen zum nördlich gelegenen Berger Wirtshause, so be-gegnen wir über dem horizontal geschichteten Tone des Sockels die Nagelfluh eines typischen Deltaschotters mit schräger, talwärts fallender Schichtung. Die obere Kante dieses Deltas ist an der Straße gegenüber dem Wirtshause aus-gezeichnet aufgeschlossen. Sie liegt zwischen 485 und 490 m Höhe. Das Material des Deltas ist ausschließlich solches des Tauglgebietes, also kalkalpines.

2,5 km südlich vom Tauglfuß erhebt sich (vgl. Abb. 4) mitten im Salzachtale der schmale steilwandige Rücken von St. Georg bis 525 m.

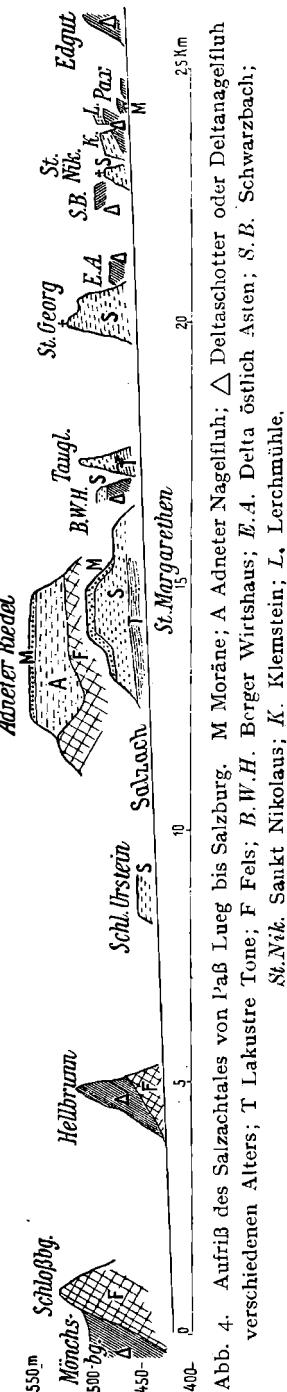


Abb. 4. Aufriss des Salzachtales von Paß Lueg bis Salzburg. M Moräne; A Admter Nagelfluh;  $\triangle$  Deltaschotter oder Deltanagelfluh verschiedenem Alters; T Lakustre Tone; F Fels; B.W.H. Berger Wirtshaus; E.A. Delta östlich Asten; S.B. Schwarzbach; St.Nik. Sankt Nikolaus; K. Klemstein; L. Lerchmühle.

Er besteht ganz und gar aus typischer löcheriger Nagelfluh, die bis zur Talsohle (etwa 470 m) herab horizontal oder nur flach geneigt geschichtet ist. Deltaschichtung nahm ich nirgends in der Fußregion des Hügels wahr; wohl aber haben die Schichten am Nordende ein sanftes Ostfallen von etwa  $10^{\circ}$ . Diese Nagelfluhpartien sehen recht alt aus; sie erscheinen von der Entfernung beinahe kompakt, aber nirgends fehlen die für die löcherige Nagelfluh charakteristischen Lücken. Das Material besteht meist aus Kalkgerölle, doch sind auch Gerölle aus dem oberen Salzachgebiet keineswegs selten. Am Südende des Hügels ist die Nagelfluh weniger kompakt, die unteren Partien sind locker und werden bei Asten als Schotter gewonnen. Hier walten direkt Gerölle aus dem oberen Salzachgebiete vor: Gneiße, Schiefer usw.; aber eingelagert ist eine Bank groben Kalkschotters. Die höheren Partien der Ablagerung, welche den Hügel krönen, sind wiederum zu Nagelfluh verkittet, mögen sie, wie stellenweise, fast nur aus Kalk, oder, wie an anderen Stellen, auch zum guten Teile aus Tauerngestein bestehen. Ich habe keinen Beweis dafür finden können, daß etwa die nördliche kompakte Nagelfluh älter wäre als die südliche lockerere. Es handelt sich bei beiden wohl nur um Faziesverschiedenheit, bedingt durch die Verschiedenheit in der Zufuhr von Material während der Ablagerung. Den Niveauverhältnissen nach haben wir es beim Hügel von St. Georg mit der Nagelfluh von St. Margarethen zu tun. Während nun am St. Georgenhügel die horizontale Schichtung, wie eben erwähnt, bis zur Talsohle herabreicht, sehen wir unweit seines Südendes nur 500 m östlich von Asten am Fuße des östlichen Talgehänges wieder typischen Deltaschotter, der nach Norden fällt und zu fester Nagelfluh verkittet sich 10 m über die Talsohle bis etwa 480 m Höhe erhebt. Die obere Kante des Deltas ist hier nicht sichtbar.

2 km südlich vom St. Georgenberg stoßen wir auf die schon eingangs erwähnten Nagelfluhvorkommnisse von St. Nikolaus. Die Nagelfluh bildet nicht bloß den Hügel der Kirche, der bis 485 m Höhe ansteigt, sondern auch den kleinen Hügel nördlich von Koberl und ist zwischen beiden durch den Schwarzbach bis mindestens zu 465 m Höhe herab mit ausgesprochen horizontaler Schichtung entblößt (vgl. Abb. 2). 300 m weiter westlich erhebt sich dann der Deltaschotter am Schwarzbache, welcher bergwärts fällt. In den Hohlwegen nördlich des Schwarzbaches lagert eine Moräne auf. Lassen wir einstweilen die Beziehungen der beiden Nagelfluhablagerungen zueinander unerörtert, so können wir doch für die untere um St. Nikolaus mit aller Sicherheit aussprechen, daß sie in das Niveau der Schotter von

St. Margarethen gehört. Dasselbe gilt auch von der Nagelfluh von Klemstein, welche gleichfalls ganz vornehmlich aus Kalkgerölle besteht; sie setzt nördlich von St. Nikolaus mit horizontaler Schichtung ein, und dann hebt sich allmählich die von Hörn es zuerst beschriebene Deltanagelfluh empor, die im Steinbrüche von Klemstein schon bis 480 m Höhe reicht, während sie 400 m weiter nördlich sich nicht mehr über die Tahlsohle (465 m) erhebt. Die obere Kante senkt sich also, wie bereits von Crammer gemessen, mit einem Gefälle von 37,5 ‰ gegen Norden. Die Altersbeziehungen dieser Nagelfluh zu den Moränen der Gegend sind im Steinbrüche selbst nicht erkennbar. Hier ist die Oberfläche der Nagelfluh karrig verwittert und in die Karren ist gelber Lehm eingeschlemmt; aber die Rundbuckelformen des Hügels machen wahrscheinlich, daß Eis über ihn hinweggegangen ist, und in der Tat sieht man an dem Südende des Hügels am Wege zum Forsthause unmittelbar auf der Nagelfluh eine kleine Moränenpartie.

Kaum 0,5 km östlich vom Hügel von Klemstein hebt sich ein weiteres Nagelfluhvorkommen zwischen Torrennerbach und Salzach hervor (vgl. Abb. 4). Es bildet den Hügel südlich der Lerchmühle, wo der Torrenner Bach tief in die Nagelfluh einschneidet. Diese ist unter dem losen Schotter der Salzachtalterrassen glatt abgewaschen. Sie ist etwas reicher an Salzachmaterial als die Nagelfluh von Klemstein und gleich deren unterer Partie deltaartig geschichtet. Gleichfalls deltaartig schräge geschichtete Salzachnagelfluh mit vielen Tauerngesteinen, ausgesprochen West fallend, springt östlich des Lerchmühlhügels in zwei Spornen in die Salzach vor, welche dazwischen Wirbel bildet. Die Ostseite des westlichen Sporns ist geglättet wie ein Gletscherschliff und trägt oberhalb der Hochwassermarken deutlich nach Nordnordwesten gerichtete Schrammen, die von weiteren an der Oberfläche der Nagelfluh gegen Osten abwärts laufenden Schrammen gekreuzt werden. An der Westseite des westlichen Spornes dicht beim Hofe Pax sieht man neben dieser Deltanagelfluh horizontal geschichtetes, lose verkittetes Kalkgerölle. Es wird von einer 3 m mächtigen Bank von Grundmoräne überlagert, auf der eine Sandlage und dann eine deltaartig schräge geschichtete, östlich fallende Kalknagelfluh aufruht. Der Konnex dieser Ablagerung mit der benachbarten Salzach-Delta-Nagelfluh ist nicht aufgeschlossen, aber unzweifelhaft gehört sie in deren Hangendes. Wir haben hier die zu dem Gletscherschliff der Nagelfluh gehörende Hangendmoräne vor uns, und diese Moräne trennt zwei verschiedene Deltaablagerungen voneinander. Welche von beiden mit der Nagelfluh des Lerchmühl-

hügels identisch ist, konnte ich nicht mit Sicherheit entscheiden; doch bin ich geneigt, sie mit der Hangendnagelfluh der Moräne in Verbindung zu bringen. Trifft dies zu, so hätten wir in der unteren Deltanagelfluh von Pax eine erheblich ältere Bildung vor uns, als in der Nagelfluh des Lerchmühlhügels von Klemstein.

Herr Professor Crammer zeigte mir 500 m südwestlich von Pax noch einen isolierten Hügel einer vorwiegend aus Kalken bestehenden Deltanagelfluh und führte mich schließlich zu einer mächtigen Nagelfluhbildung an der Mündung des stumpfen Tales, das beim Edgut vom Offenauer Berge herabkommt. Sie erhebt sich bis mindestens 505 m; das Material ist vorwiegend kalkalpines, die Verwitterung stark; ganze Partien sehen betonartig aus, und in einer solchen fand ich undeutlich gekritzte Geschiebe. Andere Partien sind lockerer und schüttiger und zeigen die Schichtung deutlicher. Auf der Nordseite des Hügels läßt sich deutliches deltaartiges Einfallen nach Nordwesten erkennen. Hier haben wir es also im Salzachtale mit einer Deltaablagerung zu tun, die einen ähnlich hohen Seespiegel verlangt, wie das Delta von Salzburg.

Wir überblicken nunmehr eine Reihe von Nagelfluhvorkommnissen zwischen Hallein und Golling. Wo sich Gelegenheit für ihre Altersbestimmung ergibt, erscheinen sie älter als die letzte Vergletscherung. Aber sie sind untereinander nicht gleich alt, sondern es heben sich durch eine längere Erosionsperiode zunächst die hoch gelegene Nagelfluh des Adneter Riedels und die von St. Margarethen scharf voneinander ab. Während nun aber das erstere Vorkommnis ziemlich isoliert ist, erweist sich das letztere als der Überrest einer bedeutenden einheitlichen Talzuschüttung, der wir auch die Vorkommnisse am Tauglbache, von St. Georgen, von St. Nikolaus und von Klemstein zuzuweisen haben. Diese Talzuschüttung ist großenteils fluviatilen Ursprungs; aber an ihrer Basis sind wir wiederholt lakustren Bildungen begegnet, so den Tonen am Tauglbach. Wahrscheinlich gehören hierher auch die Tone, auf denen die Quellen von St. Margarethen hervorkommen; so ferner die Deltaablagerungen am Berger Wirtshause und bei Klemstein, welche auf einen See von höchstens 485—490 m Spiegelhöhe weisen. Sehr bezeichnend ist, daß in nächster Nachbarschaft dieser Deltaschotter fluviatile Schotter in tieferem Niveau anstehen; so nördlich vom Tauglbach die von St. Margarethen, nördlich von Klemstein die von St. Nikolaus. Das rasche Einfallen der oberen Deltakante von Klemstein gibt uns den Schlüssel hierfür: Während das Delta allmählich 400 m weit gegen

Norden vorgebaut wurde, senkte sich der Seespiegel um 15 m, und bevor die mächtigen Schotter des St. Georgenberges in der Talmitte zwischen 470 und 525 m Höhe abgelagert wurden, war der See aus diesem Teile des Salzachtales bereits abgelaufen.

Neben den lakustren Bildungen an der Sohle der Schotter von St. Margarethen haben wir in der Gegend von Golling noch eine Reihe isolierter Deltavorkommnis kennen gelernt, die teilweise, wie das östlich vom Südende des Hügels von St. Georgen und das von der Lerchmühle, unter die Spiegelhöhe des abgelaufenen Sees fallen, wogegen andere wie die vom Schwarzbache und vom Edgute sich darüber erheben. Während nun die Lage des Deltas von Edgut eine solche ist, daß wir uns wohl denken könnten, sie sei in dem alten Gollinger See abgelagert worden, während sein Spiegel noch höher stand, als wir seine Spuren bei Klemstein und am Berger Wirtshause wahrnehmen, läßt sich dieser Erklärungsversuch auf das Delta am Schwarzbache aus den eingangs dargelegten Gründen nicht übertragen. Wir müssen, um zu einem vollen Verständnis der Frage zu gelangen, zunächst noch das Verhältnis der Schotter von St. Margarethen zu dem mächtigen interglazialen Delta von Salzburg und Umgebung feststellen. Die Ablagerungen des letzteren Deltas hat schon Brückner bis zum Schlosse Hellbrunn hin verfolgt, wo sie die Talsohle noch ansehnlich überragen (Abb. 4). Zwischen hier und den Schottern von St. Margarethen findet sich noch ein tiefgelegenes Nagelfluhvorkommnis. Es bildet gleich den Ausläufern der Nagelfluh von St. Margarethen eine niedere Terrasse, die sich unweit des Schlosses Urstein bis auf 450 m Höhe erhebt. Es war mir nicht möglich, dieses Vorkommnis eingehender zu untersuchen; ich kann nur mitteilen, daß es gleich der Nagelfluh von St. Margarethen horizontal geschichtet, also fluviatilen Ursprungs und ziemlich gut verfestigt ist. Nach der Art seines Auftretens fällt es in das Niveau der Ablagerung von St. Margarethen und kann nur als deren Fortsetzung betrachtet werden. So haben wir denn etwa halbwegs des Hügels von Hellbrunn und der Ablagerung von St. Margarethen noch ein Vorkommnis der letzteren. Es liegt tief unter der Spiegelhöhe des alten Salzburger Sees und ganz ausgeschlossen ist, daß im Salzachtale gleichzeitig der tief bis auf 440 m herabreichende horizontale Schotter von St. Margarethen-Urstein und das hoch aufragende Delta von Salzburg abgelagert wurde. Vielmehr muß das Delta von Salzburg nicht bloß längst abgelagert, sondern auch schon größtenteils zerstört gewesen sein, bevor die Schotter von St. Margarethen bis gegen Urstein hin zur Ablagerung gelangten. Erscheint es sohin nicht

zulässig, die Salzburger Deltaschotter mit den Schottern von St. Margarethen zu parallelisieren, so ergibt sich kein Bedenken gegen ihre Gleichstellung mit den Schottern des Adneter Riedels. Diese lagern zwar horizontal; aber sie befinden sich durchweg höher als die Schotter von Salzburg. Sie können die Krönung des Deltas darstellen, das uns am Rainberg und Mönchsberg noch erhalten ist. Trifft diese Parallelisierung zu, so ergibt sich ein neues Argument dafür, die St. Margarethener Schotter für wesentlich jünger als das interglaziale Delta von Salzburg zu erachten. Muß dies aber geschehen, so dürfen wir auch die Deltas im Sockel der St. Margarethener Schotter nicht mit dem Salzburger Delta parallelisieren: wir haben es nicht mit den Ablagerungen eines einzigen, sondern mit denen zweier verschiedenalteriger Seen zu tun. Den älteren See wollen wir als Salzburger, den jüngeren als Gollinger See bezeichnen. Beide brauchen natürlich nicht gleiche Spiegelhöhe gehabt zu haben, weswegen die von Hörnes aus den Schottern von Klemstein gezogenen Schlüsse auf ein Rücksinken der Alpen hinfällig sind.

Unser Nachweis von zwei verschieden alten Seen im Salzachtale, den wir durch Verfolgen der Schotter von St. Margarethen führten, stimmt durchaus mit den Beobachtungen überein, die wir oberhalb Golling machen konnten. Hier fanden wir bei Pax zwei verschiedene Deltas durch eine Moränenlage voneinander getrennt. Es liegt nahe, diese beiden verschiedenalterigen Deltas auf die beiden verschiedenen alten Seen zurückzuführen, deren Spuren wir feststellen konnten, und das liegende Delta dem Salzburger, das hangende dem Gollinger See zuzuweisen. Treffen wir hiermit das Richtige, so ist sichergestellt, daß sich der See, in dem das Salzburger Delta abgelagert wurde, nicht bloß, wie ich seinerzeit auf Grund der allein mir früher bekannten Vorkommnisse dargelegt, bis Hellbrunn erstreckt hat, sondern, wie Hörnes, allerdings auf Grund unzulänglicher Beobachtungen, bereits ausgesprochen, bis Golling gereicht hat. Wir müssen uns danach den alten Salzburger See als einen See vorstellen, der sich ähnlich dem heutigen Gardasee weithin in das Gebirge hinein erstreckte, aber zugleich auch vor dem Gebirge weit ausbreitete. Ob der jüngere See von Golling gleiche Ausdehnung gehabt hat, wissen wir nicht; wir können auf Grund seiner Spiegelhöhe um Golling nur schließen, daß er einmal über das Salzburger Becken ausgedehnt gewesen ist, wissen aber, wie rasch sein Spiegel gesunken ist. Der See ist jedenfalls im Salzachtale rasch verschwunden. Ob er sich im Salzburger Becken längere Zeit gehalten hat, wissen wir nicht.

Durch den Nachweis von zwei verschiedenen alten Seen im Salzachtale verlieren die Aufschlüsse der Gegend von St. Nikolaus und von Schwarzbach das Rätselhafte, das ihnen bei einer ersten Betrachtung anhaften mußte. Von den drei Hypothesen zu ihrer Erklärung haben wir durch Beobachtung an Ort und Stelle nur eine, nämlich den lakustro-glazialen Ursprung des Schwarzbachdeltas, ausschließen können. Zwei Hypothesen bleiben bestehen: entweder handelt es sich um eine einzige verworfene Ablagerung oder um zwei verschiedenalterige Ablagerungen. Der Nachweis, daß zwei verschieden alte Seen im Salzachtale vorhanden gewesen sind, steht durchaus im Einklange mit der letzteren Hypothese. Indem wir die Deltaschotter von Schwarzbach auf den Salzburger See zurückführen, während wir das Delta von Klemstein dem späteren Gollinger See zuweisen, können wir ganz im Rahmen des anderweitig Erkannten die auffälligen Lagerungsverhältnisse zwischen St. Nikolaus und Schwarzbach befriedigend erklären.

Es existiert eine gewisse petrographische Verschiedenheit zwischen den typischen Salzburger Deltaschottern und den typischen Deltaschottern des Gollinger Sees. Am Aufbau des Salzburger Deltas beteiligt sich hervorragenderweise Material des oberen Salzachgebietes; es erweist jenes Delta als Aufschüttung der Salzach. Die Deltas von Taugl und Klemstein, vornehmlich aus kalkalpinem Material bestehend, sind hingegen von den Seitenflüssen der Salzach aufgeschüttet worden. Das steht durchaus im Einklange mit dem raschen Verschwinden des Gollinger Sees und mit der Tatsache, daß an seinem Boden später fluviatile Salzachschorrer zur Ablagerung gelangten. Auch die älteren Deltaschotter von Pax haben die typische Zusammensetzung der Salzburger Schotter. Die Vorkommnisse von Schwarzbach schließen sich allerdings petrographisch eher den tiefer gelegenen Schottern von Klemstein an, obwohl wir diese für wesentlich jünger halten müssen. In der Tat kann die petrographische Ähnlichkeit kein Grund dafür sein, beide Schotter für gleich alt zu erachten, wissen wir doch, daß die Schotter jeder See- und Talzufüllung durchaus wechselnden Charakter besitzen müssen, je nach den Flüssen, die sich an der Zuschüttung beteiligten. Die wechselnde Beschaffenheit der St. Margaretherner Schotter liefert hierfür ein gutes Beispiel.

Wie bereits Brückner gemutmaßt hat und wie durch meine und Crammers<sup>1)</sup> Beobachtungen festgelegt worden ist, kommt dem Salzburger Delta ein interglaziales Alter zu. Ich habe es für wahr-

<sup>1)</sup> Das Alter, die Entstehung und Zerstörung der Salzburger Nagelfluh. Neues Jahrb. f. Min. u. Geol. Beilage-Band XVI, 1903, S. 325.

scheinlich erachtet, daß es in die Riß-Würm-Interglazialzeit gehört, indem ich von der Erwägung ausging, daß interglaziale Ablagerungen um so weniger leicht erhalten sein werden, je älter sie sind. Wenn sich nun zeigt, daß außer dem Salzburger Delta noch jüngere Deltaablagerungen im Salzachtale vorhanden sind, die gleichfalls vor der Würmvergletscherung abgelagert worden sind, so wird man im Sinne obiger Erwägung um so eher geneigt sein, diese letzteren Deltaablagerungen der Riß-Würm-Interglazialzeit und die des Salzburger Sees der älteren Mindel-Riß-Interglazialzeit zuzuweisen, als nach der allgemeinen Erfahrung während der Interglazialzeiten die übertieften Täler der Schauplatz mächtiger Verschüttungen gewesen sind. Wenn die Gletscher in dem Umfange erodieren, wie ich es im Verein mit Brückner in unserem Werke über die Alpen im Eiszeitalter gezeigt habe, so muß nach jeder Eiszeit ein übertieftes Zungenbecken vorhanden gewesen sein, das zugeschüttet wurde. So verlangt die Lehre von der Glazialerosion im Verein mit der Lehre von der Wiederholung der Vergletscherungen das wiederholte Vorhandensein von Seen in den großen glazialen Zungenbecken. Sie verlangt das, was wir im Salzachtale nachweisen können, und das Vorhandensein von Moränen zwischen den beiden Deltas von Pax zeigt uns in der Tat an, daß die Seen von Salzburg und Golling durch eine Vergletscherung voneinander zeitlich getrennt waren.

Die Salzburger Nagelfluh ist nicht die einzige Deltaablagerung der Mindel-Riß-Interglazialzeit; im Klagenfurter Becken haben wir bereits im Delta von St. Jakob eine sehr ausgedehnte Deltaablagerung dieser Epoche kennen gelernt<sup>1)</sup>, die sich in ganz ähnlicher Weise mit fluviatilen Schottern und Seetonen verknüpft, wie das Delta von Klemstein. Es müssen sich eben notwendigerweise in den einzelnen Interglazialzeiten an homologen Stellen die gleichen Zuschüttungsvorgänge wiederholt haben. Die Jugendlichkeit dieser Zuschüttungen ist ein Kennzeichen glazialer Zungenbecken; dieses Kennzeichen teilt das Salzburger Becken mit den benachbarten Zungenbecken, z. B. dem des alten Inngletschers, und durch sie weicht es ab von dem Wiener Becken, welches nach Sueß ein großes Seitenstück zum Salzburger Becken darstellen soll. Im Wiener Becken machen sich bekanntermaßen jungtertiäre Ablagerungen breit, die wir im Salzburger Becken nicht kennen. Dieser Unterschied ist Rudolf Hörnes entgangen, als er beide Becken neuerlich als Seitenstücke nebeneinanderstellte.

<sup>1)</sup> Die Alpen im Eiszeitalter, S. 1105.