

13. **Über die Grenzlager des spätglacialen Bändertons in der Gegend von Upsala.**

Von

J. P. Gustafsson.

(Hierzu Tafel XIII.)

Zuerst will ich mit einigen Worten an die Verhältnisse erinnern, die in dieser Gegend zu der Zeit herrschten, wo sich der Bänderton bildete. Im Norden breitete sich das Landeis, das im Zurückweichen begriffen war, mit seiner weit ausgedehnten, einförmigen Oberfläche aus. Südlich von diesem befand sich ein kaltes Meer, das zu dieser Zeit wahrscheinlich seine grösste Tiefe, in der Gegend von Upsala etwa 140 M., hatte. Auf der Oberfläche des Landeises bildeten sich während des Sommers grosse Mengen Schmelzwasser, das sich durch Spalten und Löcher einen Weg in das Eis hinab suchte, wo es sich auf dem Boden zu grossen Flüssen sammelte. Von den Mengen von Moränenmaterial, das diese Flüsse mit sich führten und bearbeiteten, lagerte sich das grösste wahrscheinlich oft in den Eistunneln in der Nähe des Eisrandes ab; das sonstige gröbere Material wurde nach der Mündung des Eisflusses in das Meer gebracht, wo es sich zu Hügeln und Feldern von Kies und Sand anhäufte. Das feinste Material dagegen breitete sich über ein grösseres Gebiet in dem Meereswasser ausserhalb der Flussmündung aus und bildete auf diese Weise bei dem Absetzen den Bänderton. In dieser Gegend dürfte von den Meeresbrandungen ausgewaschenes Material nur sehr spärlich in dem Bänderton vorkommen. Von dem Rand des Landeises lösten sich Massen von Eisbergen, die auf dem Meere umhertrieben und bei dem Schmelzen das mitgebrachte Moränmaterial auf den Meeresboden absetzten, wo es in dem Ton eingebettet wurde. Während der Rand des Eises sich mit jedem Jahre ein Stück weiter nach Norden zog, lagerten die Eisflüsse neue Kies- und Sandmassen nördlich von den schon befindlichen ab und bildeten auf diese Weise die Åsar. Zu gleicher Zeit setzten sich neue Schichten aus Ton über die ersten ab, und dies dauerte so lange, bis der

Eisrand sich so weit nach Norden gezogen hatte, dass kein Schlamm von den Eisflüssen mehr das Gebiet erreichte.

Hier mag auch an die Schichtung erinnert werden, die den Bänderton in dieser Gegend und im allgemeinen innerhalb des baltischen Gebietes kennzeichnet. Jede Schicht besteht in ihrem untersten Teile aus rötlichem Ton, der allmählich nach oben in dunkelgrauen übergeht; dieser ist scharf gegen den rötlichen Teil der nächst oberen Schicht abgegrenzt, Wie DE GEER¹ und HÖGBOM² hervorgehoben haben, sind diese Schichten als Jahresschichten anzusehen. Sie sind sowohl an Mächtigkeit als an Zusammensetzung allzu regelmässig ausgebildet, als dass man denken könne, dass sie einer anderen Absetzungsperiode als der jährlichen entsprechen.³ Von unten nach oben zeigen die Schichten eine im allgemeinen gleichmässig abnehmende Mächtigkeit, was ja ganz natürlich ist, weil die Schlammmenge, die jährlich dieselben Stelle erreichte, mit dem Zurüchziehen des Eisrandes immer geringer wurde.

Die unteren Eismeerschichten.⁴

Unter dem Bänderton oder Eismeerton hat man nicht selten Sand gefunden, den man *Glacialsand* oder *Unteren Eismeersand* genannt hat, und dieser ist bald als eine Ufer- oder Seichtwasserbildung des Eismeeres, bald als ein fluvioglacialer Sand, direkt von den Eisflüssen abgesetzt, aufgefasst worden; die letztere Auffassung ist wahrscheinlich in den meisten Fällen die richtigere. Oft hat man wahrgenommen, dass dieser Sand mit dem überlagernden Ton durch einen Übergang verbunden wird, der aus Sand

¹ G. F. F. Bd VII. (1885). Seite 3 und 512.

² Om relationen mellan kalcium- och magnesiumkarbonat i de kvartära aflagringsarne. G. F. F. Bd. XI. (1889). Seite 265.

³ Von dem Aussehen der Schichten bekommt man eine gute Vorstellung durch die Abbildungen HÖGBOMS, l. c. Tafel 6, sowie durch diejenigen J. P. HOLMQUISTS in Bull. of the geol. inst. of Upsala Vol. III (1896—1897). Pl. XVIII, Fig. 21. Auf der von NATHORST in Sveriges Geologi, Seite 248 mitgeteilten Abbildung ist die ursprüngliche Schichtung durch untergeordnete Schichten, welche in trockenem Material oft hervortreten, ein wenig gestört. Die letztgenannten Schichten sind wahrscheinlich nicht primär, auf Wechslungen bei der Ablagerung des Tones beruhend, sondern sie entstehen vermutlich sekundär durch die Umlagerung des Kalkes in Ton, welcher der Verwitterung ausgesetzt gewesen ist. Der Kalk wird oft gegen die Mitte des rötlichen Teiles der Jahresschicht angereichert. (Vgl. NATHORST Fig. die zweitoberste Schicht). Dass die untergeordneten Schichten nicht primär sind, scheint daraus hervorgehen, dass Ton, der hinreichend tief genommen worden und also der Verwitterung weniger ausgesetzt gewesen ist, bei dem Trocknen das Aussehen der Jahresschichten unverändert bewahrt.

⁴ Von "unteren" und "oberen" Schichten zu sprechen ist hinsichtlich dem Eismeerton gewissermassen unrichtig. Dieselbe Schicht, die an einer Stelle die unterste ist, setzt durch die Tonbildung nach Süden fort und nähert sich allmählich ihrer Oberfläche. bis sie endlich in der Gegend, wo sie auskeilt, die oberste wird. Die Schichten bedecken sich dachziegelförmig. Die Benennung *Proximal*- und *Distal*teile der Schichten wäre richtiger. Für dasselbe Profil oder dieselbe Gegend aber dürfte sich die Benennung "untere" und "obere" Schichten anwenden lassen.

mit eingelagerten, nach oben immer zahlreicheren Tonschichten besteht. In der Gegend von Upsala habe ich an einigen Stellen Gelegenheit gehabt, diese Übergangszone zu untersuchen, deren charakteristischer Bau eine nähere Erörterung zu verdienen scheint.

Erst bei dem Herausarbeiten dieses Aufsatzes wurde es mir bekannt, das DE GEER schon vor einigen Jahren derartige Eismeerschichten in der Gegend von Stockholm genau untersucht hat. Ihr Bau wurde bei der Versammlung der Naturforscher zu Stockholm 1898¹ demonstriert. Was ich unten über die betreffende Bildung mitteile, ist deshalb zu nicht geringem Teil dasselbe, was DE GEER früher gefunden hat.

Profil mit sandigen Eismeerschichten bei dem Botanischen Garten.
200 Meter W von dem Botanischen Garten zu Upsala wurde vor einigen Jahren eine neue Sandgrube aufgeschlossen. Die Sandablagerung, welche dort durchgeschnitten wurde, war bis dahin der Aufmerksamkeit meistens entgangen, weil sie beinahe völlig von Ton überdeckt war und sich nur durch eine schwache Oberflächenerhebung merken liess. In den Wänden dieser Sandgrube (Pl. XIII, fig. 1) sieht man unterst *einen gut ausgewaschenen, mittelkörnigen Sand* mit nach S langsam abfallender Schichtung und einer Mächtigkeit, die etwa 3 M. betragen dürfte. Nur zum geringeren Teil erreicht er die Oberfläche des Feldes. Im übrigen wird er von einer Bildung bedeckt, die hauptsächlich aus *feinem Sand mit eingelagerten, dünnen Tonrändern* besteht. Beim Trocknen treten besonders einige sich regelmässig wiederholende Ränder aus weisslichem Ton hervor. Über diesen sandigen Schichten liegt *gewöhnlicher Bänderton* von wechselnder Mächtigkeit, je nachdem die darunterliegende Schichtkomplex mehr oder weniger nahe der Oberfläche des Bodens kommt. Die Wände der Sandgrube zeigen übrigens mehrere Spuren von Störungen und Verrückungen der Schichten.

Bei einer näheren Untersuchung zeigte es sich, dass die Einteilung in Jahresschichten sich von dem Bänderton aus durch die sandigen Schichten hinunter fortsetzen liess. Die eingelagerten Tonränder haben nämlich verschiedene Farben: teils dieselben rötlichen und grauen Schattierungen wie der Eismeerton, teils auch eine dritte, weissliche, die selten in dem eigentlichen Ton wahrgenommen ist. Die verschieden gefärbten Tonschichten kommen in bestimmter Ordnung, die eine über der anderen vor, so dass man unten *weisslichen*, dann *rötlichen* und oben *grauen* Ton hat. Über diesem letzten liegt folgende weissliche Schicht *mit scharfem Kontakt und ohne dazwischenlagernden Sand*. Dieser Kontakt bildet die Grenze zwischen zwei Jahresschichten.

Der feine, bisweilen moartige² Sand, der den Hauptbestandteil der Jahresschichten bildet, enthält ein wenig eingemengten Ton, der ihm

¹ Förhandlingar vid Naturforskaremötet i Stockholm, 1898, Seite 216.

² Über die Bedeutung von "Mo" siehe HÖGBOM: Om nomanklaturen hos våra lösa ordslag. G. F. F. Bd 24, 1902, sid. 183.

eine schwache Färbung giebt, die mit der Farbe der angrenzenden Tonschichten übereinstimmt. Schichten aus gröberem, reingewaschenem Sand kommen hier nur spärlich vor — an anderen Orten häufiger. Der feinere sowohl als der gröbere Sand gehört zu den inneren Teilen der Jahresschichten; die Grenzen bestehen, wie schon erwähnt ist, immer aus Ton¹.

An dem betreffenden Lokal habe ich fünf. auf diese Weise ausgebildete Jahresschichten wahrgenommen. Sie nehmen nach oben an Mächtigkeit ab, wenn auch nicht regelmässig. Jede Schicht hat ihre besondere Ausbildung, die sich ziemlich unverändert an den verschiedenen Stellen in der Sandgrube wiederholt. Charakteristisch waren besonders die zweite und die vierte Schicht von unten gerechnet, mit ihren verhältnismässig gut ausgebildeten Tonrändern, die immer in denselben Lagen und mit denselben Farbenschattierungen vorkommen.

Die unteren Schichten des eigentlichen Bändertons enthalten gewöhnlich untergeordnete Schichten aus sandgemischtem Ton, und bilden auf diese Weise einen Übergang zu den vorher beschriebenen Jahresschichten.

Die Erklärung des Profils. Den unten liegenden Sand hat man ohne Zweifel als *fluvioglacial* aufzufassen, mit dem Upsala-Ås zusammengehörig, aber ein wenig seitwärts von diesem, vielleicht von einer zufälligen, kleineren Seitenmündung des Hauptflusses, abgelagert. Soviel man aus dem Profil durch den Sand schliessen kann, besteht er nur aus der Ablagerung eines Jahres. Der Eisrand lag dann wahrscheinlich ganz nahe, nördlich von dem Profilverpunkte.

Während der folgenden Jahre zog sich der Eisrand allmählich weiter nach Norden. Aber noch einige Jahre lag er dennoch so nahe, dass die Strömung, die der Eisfluss in dem Meereswasser vor der Mündung hervorrief, den Profilverpunkt erreichte, und Sand da bisweilen abgelagerte. Wenn der Strom vor der Flussmündung schwächer war, setzte sich dagegen Ton ab.

Der Ton des Profils hat sich ohne Zweifel unmittelbar nach den sandigen Schichten abgesetzt, nachdem der Eisrand sich weiter zurückgezogen hatte, so dass der Strom nicht mehr den betreffenden Punkt erreichen konnte.

Dieselben Jahresschichten, die hier als Ton auftreten, müssen ein wenig weiter nach Norden als Sand mit Tonschichten ausgebildet sein und noch nördlicher, vor der ehemaligen Mündung des Eisflusses, aus welcher sie abgelagert sind, als gröberer Sand oder Schotter².

¹ Auch wenn sandiges Material in dem eigentlichen Ton eingelagert vorkommt, wie oft der Fall in den unteren Schichten ist, tritt es in den inneren Teilen der Jahresschichten auf, nicht an der Grenze zwischen ihnen.

² Profile von derselben Beschaffenheit wie das hier beschriebene leiten zu einer anderen Auffassung der Verhältnisse bei der Bildung des Bändertons als derjenigen, die HöGBOM früher dargestellt hat. (Studier öfver de glaciala aflagringarne i Upland. G. F. F. Bd. 14, 1892, Seite 285). Um die fremden Blöcke in dem Bändertone zu erklären, nahm er an, dass dieser Ton in Upland und in der Gegend des Mälars sich erst zu einer Zeit abgesetzt

Dass der untere und obere Rand jeder Jahresschicht aus Ton besteht, bedeutet ohne Zweifel, dass die Stärke des Stromes im Anfang und am Ende der jährlichen Sedimentationsperiode — im Frühling und im Herbst — gering gewesen ist. Während der dazwischenliegenden Zeit — des Sommers — ist der Strom dagegen im allgemeinen stark gewesen und hat deshalb vermocht, den feineren Sand eine Strecke in das Meer hinaus zu bringen. Aber auch in dem Inneren der Jahresschichten sind oft kleine Tonränder vorhanden. Es liegt nahe anzunehmen, dass diese Tonränder zu den Zeiten gebildet sind, wo der Regen oder die Schmelzung auf der Oberfläche des Landeises geringer als gewöhnlich war, und der Eisfluss deshalb kleinere Wassermengen lieferte. Man könnte also vermuten, dass die Einzelheiten der Jahresschichten ein Ausdruck für die meteorologischen Verhältnisse seien, die zu der Zeit ihrer Bildung herrschten¹.

Die scharfe Grenze zwischen dem dunklen und dem hellen Ton giebt ohne Zweifel an, dass eine Unterbrechung in der Sedimentation stattgefunden hat, nämlich während des Winters.

Dass man also in der Übergangszone zwischen dem fluvioglacialen Sand und dem Bänderton Jahresschichten unterscheiden kann, die von einem in mehreren Beziehungen regelmässigen und leicht erklärlichen Bau ausgezeichnet sind, ist noch eine Stütze dafür, dass es richtig ist, die Schichten des Bändertons als Jahresschichten aufzufassen.

Die Variation des Kalkgehalts in den Jahresschichten. Schon in den untersten Jahresschichten sind die Tonränder kalkhaltig, und die Kalkmenge ist in ihnen keineswegs unbedeutend, was von sekundärer Infiltration zum Teil beruhen kann. Der Kalkgehalt variiert, wie durch Begiessung mit Säure hervorgeht, in diesen Jahresschichten auf dieselbe Weise als in dem eigentlichen Bänderton, d. h. er ist am grössten in dem untersten Teil der Schichten — hier den weisslichen Rändern — und nimmt allmählich gegen die obere Grenze der Schichten — im grauen Ton — ab.

Der eigentümliche, weissliche Ton scheint nur in den sandigen Jahresschichten und in einigen von den unteren Schichten des eigentlichen Tons vorzukommen. Bisweilen können die weisslichen Schichten verhältnismässig mächtig sein (bis 12 Cm.). Sie scheinen allzu regelmässig

hatte, als sich der Eisrand nach der Küste des nördlichen und nordöstlichen Uplands zurückgezogen hatte, wo die Moräne eine mit dem Blockmaterial des Tones übereinstimmende Zusammensetzung haben. Wie DE GEER früher hervorgehoben hat (Förhandl. I. c.), sind indessen unter anderem die mächtigen, sandführenden Marginalteile der Eismerschichten ein Beweis, dass die unteren Teile des Bändertons nicht von einem weit entfernten Eisrand abgesetzt sind.

Aus Gründen, die ich unten anführen werde, scheint der Eisrand nach der Küste des nördlichen Uplands erst zu der Zeit gekommen zu sein, wo sich die aller obersten, an ihrer Bildung abweichenden Eismerschichten in der Gegend von Upsala absetzten.

¹ Man kann indessen auch vermuten, dass die Wechslungen in dem Inneren der Jahresschichten auf andere Gründe beruhen, z. B. auf zufällige Veränderungen der Richtung des Stromes ausserhalb der Flussmündung.

ausgebildet zu sein, als dass man ihren Reichtum an Kalk und ihre Farbe einer sekundären Einlagerung zuschreiben könne. Dies dürfte aber eine genauere Untersuchung brauchen.

Ich will hier nicht die Frage aufnehmen, wie die Variationen des Kalkgehaltes entstanden sind, auch nicht die noch nicht genügend bekannten Ursachen des Farbenwechsels innerhalb jedes Jahresschichtes diskutieren. Zum vollen Verständnis dieser Erscheinungen und der Bildung der Jahresschichten überhaupt scheinen noch weitere Untersuchungen über die mechanischen, chemischen und, wenn möglich, auch über die mineralogischen Eigenschaften der verschiedenen Teile im Jahresschichte wünschenswert. Besonders scheint es von Gewicht zu sein, ein möglichst unverwittertes Untersuchungsmaterial, wie es unter dem Niveau der Seen und des Meeres vorhanden ist, zu diesem Zwecke zu benutzen.

Die Blöcke des Treibeises. Wie der eigentliche Bänderton enthalten die sandigen Jahresschichten oft Blöcke, Steine und Schutt, die von Eisbergen mitgebracht sind. Die Menge desartigen Materials ist, ohne Zweifel weit grösser in den sandigen Jahresschichten als in einer entsprechenden Anzahl Schichten des eigentlichen Tons.

Das Material des Treibeises kommt selten oder gar nicht in der weisslichen Zone der Jahresschichten vor. Dagegen findet man oft vereinzelte Steine in der rötlichen Zone. Am häufigsten kommt dieses Material indessen in der grauen Zone vor und zwar sogar bis an ihrem oberen Rand. Die weisslichen Schichten scheinen also sich abgesetzt zu haben, ehe das Schmelzen der Eisberge im Frühling angefangen hat. Dagegen dürfte das stärkste Schmelzen der Eisberge ungefähr gleichzeitig mit der Ablagerung des grauen Tons stattgefunden haben, und sowohl das Schmelzen als die Tonablagerung haben, wie es scheint, ungefähr zu derselben Zeit im Herbst aufgehört¹.

Wie HÖGBOM hervorgehoben hat², ist das Blockmaterial des Eismeertons in der Gegend von Upsala wie auch weiter nach Süden von einer anderen Zusammensetzung als die Moränen und der Schotter derselben Gegend. Der Eismeerton enthält nämlich beträchtliche Mengen silurischer Gesteine, welche dagegen gar nicht oder ausserordentlich selten in der Moräne und dem Schotter der Gegend vorkommen. Die in der Gegend anstehenden Gesteine, die einen wesentlichen Teil der Moräne bilden, sind dagegen nur sehr spärlich in dem Ton gefunden.

Die Verhältnisse in den untersten, sandigen Jahresschichten sind in dieser Hinsicht ein wenig verschieden. In diesen bestehen nämlich die Blöcke des Treibeises zu einem ziemlich grossen Teil aus den anstehenden Gesteinen. So findet man häufig Felsitporphyr und Porphyrit, die aus

¹ Das Anhäufen des Moränenmaterials in dem grauen Ton könnte man darauf beruhen denken, dass sich dieser Ton viel langsamer als die anderen abgesetzt habe, aber das Vorkommen von Sandschichten auch innerhalb der grauen Zone macht eine solche Annahme weniger wahrscheinlich.

² G. F. F. Bd. XIV, 1892, Seite 285.

dem unmittelbar nördlich von Upsala belegenen Gebiet von »Hällefinta« zu stammen scheinen. Spärlicher kommen rote und graue Granite vor. Dabei trifft man schon in den untersten Jahresschichten auch silurische Blöcke spärlich an, besonders roten Ortocer-Kalk¹.

Die silurischen Blöcke in dem Bänderton sind, DE GEERS Ansicht nach², von Eisbergen mitgebracht worden, die längs des Eisrandes *von östlicher belegenen Teilen des Ostseetals* getrieben sind, wo die Moräne reich an silurischem Material sein dürften.

Aus mehreren Umständen geht es auch hervor, dass die Blöcke des Treibeises in diesen Gegenden im allgemeinen nicht von Norden in der Richtung der Schrammen sondern von Nordost oder von Osten gekommen sind. Der in dem Bänderton gewöhnliche *Ostseekalk* ist in dem Meerbusen von Gefle und ein wenig östlicher sehr selten, tritt aber häufig unter den Silurblöcken in dem nordöstlichen Upland auf³. Blöcke aus *äländischen Gesteinen* sind schon früher mehrmals in dem Bänderton der Gegend von Upsala wahrgenommen worden. In den Tonaufschlüssen bei Upsala habe ich die Blöcke aus *postarchaischen Eruptivgesteinen* eingesammelt, die ich dort habe finden können, und von diesen besteht eine grosse Anzahl aus äländischen Gesteinen. Etwa zwei Drittel (14 Stücke) der gefundenen postarchaischen Blöcken kann man sicher oder mit ziemlich grosser Wahrscheinlichkeit als äländischen Typen zugehörig ansehen. Auch so weit von Osten als von dem Verbreitungsgebiete der äländischen Geschiebe hat also ein nicht unbedeutender Transport von Blöcken nach der betreffenden Gegend stattgefunden⁴. In den Umgebungen des Meerbusens von Gefle kommen an mehreren Stellen Blöcke⁵ aus postarchaischen Gesteinstypen vor, die im allgemeinen in dem nordöstlichen Upland nicht auftreten. Blöcke, die mit Sicherheit zu diesen Typen gehören, sind in dem Bänderton der Gegend von Upsala noch nicht gefunden worden. Hier mag auch erwähnt werden, dass ein paar Blöcke von dem *Andesit der Dellenseen* in Tongruben bei Upsala gefunden sind⁶. Auch dieses Gestein kommt als Blöcke vorzugsweise in dem nordöstlichen Teil von Upland vor, wenn auch vereinzelt Blöcke westlicher, z. B. auf Biludden gefunden worden sind.

¹ Auch Ostseekalk und grauer Kalk sind in diesen Schichten gefunden. In den Tonrändern der sandigen Jahresschichten kommen ausserdem kleine Konkretionen (»Marlekor«) nicht selten vor, ungefähr 1 Cm. in Diameter, die sich beim ersten Anblick mit dem grauen Kalkstein leicht verwechseln lassen.

² Förhandl. I. c.

³ C. WIMAN: Studien über das Nordbaltische Silurgebiet I. Bull. of the geol. Instit. of Upsala, N:o II, Vol. VI, Part I, 1902.

⁴ Da die äländischen Blöcke nicht in situ gefunden sind, ist es noch unentschieden, in welchem Teil des Tones sie vorkommen.

⁵ Bei Strömsbro, nördlich von Gefle, auch anstehendes Gestein.

⁶ Der eine bei Ekeby von MUNTZE, der andere bei Bergsbrunna von dem Verfasser.

Wie ich oben erwähnt habe, weicht das Material des Treibeises in den untersten Jahresschichten verhältnismässig wenig von der Moräne der Gegend ab, natürlich weil sich der Eisrand dann ganz in der Nähe befand und auf derartiger Moräne lag. Das hier schmelzende Treibeis dürfte dann auch vorwiegend von dem naheliegenden Teil des Eisrandes gekommen sein. Je mehr aber sich das Landeis entfernte, desto mehr musste in der Tat das von den Eisbergen mitgebrachte Material von der Moräne der Gegend verschieden werden, teils weil der Eisrand an Moränen von anderer Zusammensetzung sich allmählich zurückzog, teils weil die Eisberge seltener in der Richtung der Schrammen an das Gebiet kamen, sondern von anderen Teilen des Eisrandes.

Schon früh sind indessen Kalkblöcke von Osten nach dieser Gegend von Eisbergen gebracht worden. Man muss nicht annehmen, dass sie zu dieser Zeit einen besonders langen Weg durch Eisberge transportiert sind, weil kalkhaltige Moräne nicht weit östlich und nordöstlich von der Upsalagegend anfängt. Während des fortgesetzten Zurückziehens des Eises scheint der Transport der Blöcke nach dieser Gegend vorwiegend aus Nordost stattgefunden zu haben. Auch weit von Osten, aus dem Verbreitungsgebiete der äländischen Geschiebe sind Blöcke nach dieser Gegend mittelst der Eisberge befördert worden.

Dass das Treibeis also nach Westen geführt worden ist, muss man, wie MUNTHE¹ hervorgehoben hat, mit Oberflächenströmen zusammenstellen, die in der Richtung nach den mittelschwedischen Eismeerstrassen gingen, während gleichzeitig salzreichere Bodenströmen durch dieselben in die Ostsee eingedrungen sind.

Einige andere Vorkommnisse sandiger Eismerschichten. Profile, die im wesentlichen mit dem oben beschriebenen übereinstimmen, sind mehrorts in der Gegend von Upsala wahrgenommen. Es scheint die Regel zu sein, dass die unteren Jahresschichten als Sand mit Tonrändern an solchen Stellen ausgebildet sind, wo der Ton von Sand untergelagert ist, oder in der Nähe der Åsar. In grösser Entfernung von den Åsar dürften dagegen sandige Jahresschichten in der Regel nicht vorkommen und die untersten Schichten als Ton ausgebildet sein, was darauf beruht, dass der Sand sich nur über ein beschränktes Gebiet um die Mündung des Eisflusses herum in das Meer hat verbreiten können.

Ein ziemlich verschiedenes Aussehen hatte ein Eismersand mit Tonrändern, der diesen Winter bei einem Grundgraben gleich südlich von der *Artilleriekaserne* (S von der Stadt) aufgeschlossen wurde. Von den dort vorhandenen, wenigen Jahresschichten bestanden zwei aus etwa 1 M. mächtigem Sand, und der Ton trat nur in der unmittelbaren Nähe der Jahresgrenzen auf. Die spärlich vorhandenen Tonbänder umfassten also je

¹ Baltiska hafvets quartära historia I. Bih. till K. V. A:s Handl. Bd. 18, Afd. II, N:o 1, Seite 102.

eine Jahresgrenze. Oberhalb der sandigen Schichten fing der Ton ziemlich unmittelbar an¹.

In einem Grundgraben W von dem *Kirchhof* von Upsala waren den vorigen Sommer einige Schichten durchschnitten, die mit denen bei dem Botanischen Garten am meisten übereinstimmten. Da der Ort nur ungefähr 500 M. nördlicher als das letztgenannte Lokal belegen ist, müssen gewisse Jahresschichten den beiden Profilen gemeinsam sein. Eine bestimmte Identifizierung gelang es mir aber nicht darzuthun. Wenn man aus diesem vereinzelt Vergleich einen Schluss ziehen kann, dürfte die Ausbildung der Jahresschichten in Einzelheiten auf Zufälligkeiten in der Richtung des Stromes u. s. w. ziemlich viel beruht haben.

In einer Tongrube unweit *Galbacken*, nördlich von Upsala, waren seit mehreren Jahren schöne Abschlüsse in Eismersand mit Tonschichten zu sehen. Die Bildung ist hier derjenigen bei dem Botanischen Garten im wesentlichen gleich, aber Schichten und Lager von reingespültem Sand spielen eine grössere Rolle, wodurch die Jahresschichten mächtiger werden und ein komplizierteres Aussehen erhalten. Die verschiedenen Jahresschichten treten weniger hervor und lassen sich nur bei einer sorgfältigeren Beobachtung der Farben der eingelagerten Tonrändern wahrnehmen.

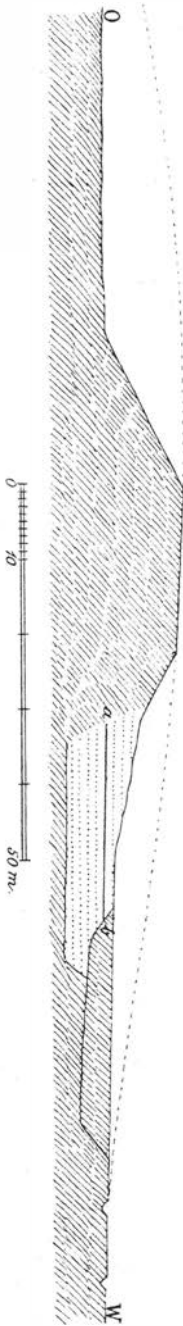
Auch in einer Kiesgrube nördlich von der Kirche von *Gamla Upsala* hat man sandige Jahresschichten durchgeschnitten. Dort waren die weissen Schichten mächtiger als gewöhnlich (3—12 Cm.). Ihre untere Seite war mit einer dünnen Lamelle (2 Mm.) aus dunkelgrauem Ton bekleidet, der die Herbstschicht des vorigen Jahres bildete.

Jahresschichten mit eingelagertem Schotter. Bisweilen ist ein Teil des in den Jahresschichten eingelagerten Materials gröber als in den schon erwähnten Fällen und kann sogar ein gewöhnliches Schotter sein. Als ein Beispiel davon will ich ein Profil erwähnen, das den vorigen Sommer gleich NO von der eben erwähnten Tongrube bei *Galbacken* aufgeschlossen war². In dem ungefähr 4 M. mächtigen Profile (Pl. XIII, Fig. 2) liessen sich sechs deutliche Jahresschichten unterscheiden, wozu man wahrscheinlich noch zwei andere hinzufügen kann, die nicht vollständig abgegrenzt waren. Die Jahresgrenzen bestanden aus einer dünnen Lamelle aus *dunklem Ton*, von einer ein wenig mächtigeren Schicht aus *hellem Mo-ton* überlagert. Über diesem lagen in der Regel abwechselnde Schichten aus Sand und Mo, die untere Hälfte der Jahresschicht bildend. Die obere Hälfte bestand dagegen aus Schotter, dessen Steine in allgemeinen 10 Cm., bisweilen 20 Cm. in Diameter waren. In dem Inneren der Jahresschichten war Ton

¹ Unweit nördlicher sind ähnliche Profile von K. WINGE vor einigen Jahren bemerkt und photographiert worden.

² Das Profil ist in dem nördlichen Rand einer flachen von Tonen beinahe völlig bedeckten Erhöhung südlich von dem hohen Ås-hügel *Galbackens* 50 M. W von der Landesstrasse belegen. Die dort durchgeschnittenen Jahresschichten sind wahrscheinlich dieselben, die in der naheliegenden Tongrube, in der westlichen Rand derselben Erhöhung, aufgeschlossen sind.

Fig. 1. Profil durch den Åshügel Galgbacken. W von seinem höchsten Teil ein Aufschluss in Schotter mit Sandschichten. *a—b* eine Jahresgrenze, von einer dünnen Tonschicht markiert. Die gestrichelte Linie zeichnet die wahrscheinliche, ursprüngliche Oberfläche des Hügels aus, die durch Kiesgruben bedeutend verändert ist. Längen- und Höhenmassstab gleich.



nicht zu finden, mit Ausnahme von kleinen Spuren von rothem Ton. Die unteren Jahresschichten waren ein wenig mächtiger, sonst aber ebenso ausgebildet als die oberen.

Die Verhältnisse, welche die Entstehung dieses eigentümlichen Profils bewirkt haben, lassen sich nicht leicht näher angeben. Man dürfte sich jedoch vorstellen müssen, dass dieses Profil in geringer Entfernung von der Mündung des Eisflusses abgelagert ist, und dass der Strom da noch stark genug war um Rollsteine mitzubringen. Die beträchtliche Anzahl ziemlich gleichmässig ausgebildeter, schotterführender Jahresschichten deuten darauf, dass sich die Mündung des Eisflusses verhältnismässig langsam zurückgezogen habe oder vielleicht sogar stationär während einiger Jahre gewesen sei. In der Tat kommen auch einige hundert Meter nördlicher Ablagerungsverhältnisse vor, die dasselbe andeuten.

In dem nördlichen Rand des hohen Åshügels *Galgbacken* gleich östlich von der Landesstrasse findet sich ein schöner Aufschluss, der den inneren Bau der westlichen Seite des Åshügels zeigt (Fig. 1). Der Aufschluss erreicht eine Tiefe von ungefähr 14 M. unter dem Gipfel des Hügels, aber nur seine untere Hälfte ist während der letzten Jahre bearbeitet worden. Man sieht dort eine Anzahl beinahe horizontaler Schichten aus typischem Schotter, abwechselnd mit ziemlich distinkten Schichten aus Sand.

In dem unteren Rand einer von den meist hervortretenden Sandschichten findet sich eine dünne Lamelle aus dunklem Ton (Fig. 1, *a—b*), denjenigen ähnlich, die in dem vorangehenden Profil die Jahresgrenzen markieren. Ohne Zweifel ist auch hier eben die Grenze zwischen den Ablagerungen zweier Jahre vorhanden. Der weisse Ton oberhalb der Grenzlinie wird hier durch eine Sandschicht vertreten. Allem Anschein nach setzt sich die Jahresgrenze in das Innere des Åshügels fort in einer Tiefe von 8—9 M. unter seiner Oberfläche. Zufolge der Beschaffenheit des Aufschlusses habe ich den obersten Teil des Hügels hinsichtlich Jahresgrenzen nicht untersuchen können. Von einer markierten Sandschicht einige M.

unter der wahrgenommenen Jahresgrenze könnte man annehmen, dass sie eine zweite Jahresgrenze bezeichnete, da aber kein Tonrand dort zu finden war, muss man diese Annahme für unsicher halten.

DE GEER hat hervorgehoben, dass die Åsar einen periodischen Bau haben, und dass man darin *Centra* unterscheiden kann, jedes Centrum die Ablagerung eines Jahres bildend¹. Besonders die mittelschwedischen Åsar zeigen oft eine Teilung in Hügel, und im allgemeinen hat man jeden Hügel als ein Centrum aufgefasst. Indessen scheint es recht wahrscheinlich, dass die Bildung einiger Ås-hügel, und zwar der grösseren, wie *Galgbacken* und des nördlicher belegenen *Tunåsen*, während mehr als eines Jahres fort dauert hat.

Das betreffende Profil scheint zu zeigen, dass dies der Fall mit dem nördlichen Teil des *Galgbacken* ist. Hier findet man wenigstens zwei durchschnittene *Centra*, das eine das andere überlagernd, beide wahrscheinlich mit ihrer proximalen Grenze in dem nördlichen oder nordöstlichen Rand des Hügels, ganz in der Nähe des Profiles².

Die Mächtigkeit des durchgeschnittenen Schotters und seine Beschaffenheit im übrigen sprechen dafür, dass er unmittelbar vor die Mündung des Eisflusses abgelagert ist, und nicht in einiger Entfernung ausserhalb derselben, wo der Strom in dem Meereswasser vielleicht in geringerem Grade den schon abgesetzten Schotter hat umlagern können.

Bisweilen lassen sich also die Jahresgrenzen beinahe bis an die ehemaligen Mündungen der Eisflüsse spüren. In den meisten Fällen dürften jedoch die unbedeutenden Tonschichten, die sich dort im Herbst abgesetzt haben, von dem starken Strom des folgenden Jahres zerstört worden sein.

Bänderton unmittelbar auf Moräne lagernd. An einigen Stellen habe ich Gelegenheit gehabt, die Ausbildung der untersten Jahresschichten in einer längeren Entfernung von den Åsar zu sehen. Bei Qvarnbo 4 Km. WSW von Upsala war den letzten Sommer in den Seiten eines Kanals ein Aufschluss zu sehen, der unten Moräne und darüber Bänderton mit ungestörten Schichten zeigte. Die untersten Schichten hatten eine Mächtigkeit von ungefähr 20 Cm. und bestanden aus Ton mit einer unbedeutenden Menge eingelagerten Sandes. Auch hier war der Ton im unteren Rand der unteren Schichten von weisslicher Farbe. Nächst der Moräne lag eine unvollständige Jahresschicht, ein schmaler Rand aus dunkelgrauem Ton.

In einem Kanal bei Arnebo NW von Heby auf einer Höhe von ungefähr 60 M. über dem Meere wurden (Juni 1902), dieselben Beobachtungen gemacht. Einige der unteren Schichten waren hier als Brauseton

¹ Om rullstensåsarne bildningssätt. S. G. U. Ser. C, N:o 173, (1897).

² An dem breiten, gegen die Richtung des Åses quergestellten, nördlichen Rand des *Galgbacken*s, sowie in der Fortsetzung des Schotters ein wenig weiter nach ONO, demselben Ort gegenüber, hat man wahrscheinlich eine Andeutung einer Linie, an welcher der Eisrand ein wenig länger als gewöhnlich zurückgeblieben ist. Vielleicht haben sich die Jahresschichten in dem Profile südlich von dem *Galgbacken* abgesetzt, während der Eisrand an der eben angedeuteten Linie oder unbedeutend nördlicher stand.

(jäslera) ausgebildet, und hatten deshalb das Graben erschwert. Auch hier lag nächst der Moräne eine unvollständige Schicht, der oberen Hälfte einer gewöhnlichen Jahresschicht ähnlich. In den beiden Fällen lag der Ton unmittelbar auf typischer Moräne, ohne Sand oder sonstige Uferbildungen zwischen ihnen¹.

Die unvollständigen Jahresschichten zeigen, dass der Ton sich unmittelbar an dem Eisrand abzusetzen anfang, sobald ein Ort eisfrei geworden war. Wenn das Eis sich von einem Punkte am Ende des Sommers entfernte, lagerte sich dort während dieses Jahres der Herbstteil einer Jahresschicht ab. Unter solchen Bedingungen kann man natürlich nicht erwarten, Uferbildungen unter dem Ton zu finden.

Die eben erwähnten Observationen könnten als ein Grund gegen die Auffassung angeführt werden, dass der unter dem Bändertone gelagerte Sand während einer frühen Periode des Eismeeres durch die Wellen ausgeschwemmt sei. Eine Ablagerung von Sand durch die Wellen dürfte im allgemeinen nicht *in* oder *unter* dem Niveau vorkommen, in welchem sich Ton in ziemlich freier Lage absetzt.

Auch der höher belegene von den beiden erwähnten Observationspunkten befand sich unter der Oberfläche des Meeres, als das Eis davon verschwand. Eine bedeutendere Landsenkung zu der Zeit des Zurückziehens des Eises, die mit der von BRØGGER angenommenen Landsenkung des KRISTIANIAGEBIETES zu vergleichen wäre, hat also in diesen Gegenden nicht vorgekommen. Eine geringere Niveauveränderung brauchen die angeführten Beobachtungen nicht auszuschliessen; das wahrscheinlichste scheint aber zu sein, dass das Eismeer seine grösste Tiefe gleichzeitig mit dem Abschmelzen des Landeises gehabt hat.

Die obersten Eismeerschichten.

Besonders auf hochbelegtem Boden und auf Böschungen ist der Bändertone Störungen und Faltungen ausgesetzt gewesen, die teils von Eisbergen bewirkt sind, teils auch Erscheinungen von Gleiten sein dürften. Bisweilen, wie auf den Seitenabhängen der Åsar, findet man von dem Ton nur geringe Reste. In anderen Fällen haben die Störungen hauptsächlich die oberen Teile des Tones getroffen, die oft weggeführt worden sind, während die noch vorhandenen unteren Teile oft verhältnismässig ungestört sein können². Auf niedrigeren Orten in der Nähe der Abhänge dürfte es oft vorkommen, dass die von den höheren Stellen ent-

¹ Der Observationspunkt ist verhältnismässig offen gelegen auf der Schwelle zwischen weit ausgedehnten Mooren in Norden und einem breiten Tal, das sich langsam gegen Süden senkt.

² Ein schönes Beispiel davon stellt die von HOLMQUIST mitgeteilte Abbildung aus der Tongrube bei Galbacken dar. Bull. of the geol. inst. of Upsala, Vol. III (1896—1897) Pl. XVII. Fig. 11. Mit HOLMQUIST halte ich für recht wahrscheinlich, dass man in der wellenförmigen oberen Grenze des dortigen Bändertones den Abdruck der unteren Seite von Eisbergen zu sehen hat. Der darüber liegende, ungeschichtete Ton ist dagegen kein Bändertone mit zerstörter Schichtung, sondern postglacialer Ton.

fernten Teile zusammen mit dem auf der betreffenden Stelle ursprünglich abgesetzten Ton gefaltet und gestört liegen¹. Auf allen diesen Orten findet man deshalb selten einige Reste der obersten Schichten in unverletztem Zustand aufbewahrt.

Auf den flachen Tonebenen ist der Bänderton dagegen Störungen oft entgangen. In den Tongruben bei den Ziegeleien auf der Ebene von Upsala findet man also seine obersten Teile mehrorts in unverletztem Zustand, so bei dem Waksalatull (der nordöstlichsten Tongrube), Ekeby (dem nordöstlichen Teil der Tongrube), Erikslund und Gamla Upsala (Tongrube in dem Tal nördlich von der Kirche). Der Eismeerton ist auf diesen Orten in ununterbrochener Reihe von postglacialem Ton, der gewöhnlich verhältnismässig mächtig ist, (1—3 M.) überlagert. Die unten beschriebenen Schichten sind auf sämtlichen untersuchten Orten sehr ähnlich ausgebildet.

Die obersten, normalen Jahresschichten (Fig. 2, unterer Teil). Wie schon oben erwähnt ist, nehmen die Jahresschichten nach oben an Mächtigkeit ab. Wenn sie endlich eine Mächtigkeit von nur einigen Mm. erreicht haben, hören die rötlichen, kalkhaltigen Schichtteile auf, und darüber lagert ein Ton von einheitlicher, dunkelgrauer Farbe mit einer höchstens ganz schwach hervortretenden Schichtung. Schon unter den obersten, deutlichen Jahresschichten kommen indessen einige Schichten vor, deren rötlicher Teil stark reduziert ist, indem er nur einen schmalen, braungrauen Rand bildet.



Fig. 2. Die obersten, normalen Jahresschichten des Bändertons von dem grauen, feingeschichteten Ton überlagert. Aus der Tongrube bei Waksalatull. Natürliche Grösse.

Die obersten, normalen Jahresschichten haben in den verschiedenen Tongruben bei Upsala ganz dasselbe Aussehen, zeigen dieselben Wechslungen an Mächtigkeit u. s. w. Auch bei Gamla Upsala ist der Unterschied sehr unbedeutend, wie man aus den folgenden Messungen (in Mm) der obersten, normalen Jahresschichten sehen kann:

Waksalatull . . . 4,	(oberst)	5,5	3	9	4	4	8	11	3	6
Gamla Upsala . . . 4	»	6	3,5	11	3,5	3	8,5	11	3	5

Die einander entsprechenden Schichten dieser Serien sind deutlich während derselben Jahre gebildet. Man könnte erwartet haben, dass auf

¹ z. B. in der Tongrube bei Ekeby. HOLMQUIST l. c.

dem 5 Km. nördlicher belegenen Lokale bei Gamla Upsala auch einige Jahresschichten über denjenigen, die mit der Upsalalokale gemeinsam sind, normal ausgebildet sein würden, dies ist aber nicht der Fall. Die Ablagerung des roten Schlammes hat auf diesen Orten gleichzeitig aufgehört.

Dunkler, feingeschichteter Eismeerton (Fig. 2, oberer Teil). Der Ton, der auf den eben erwähnten Schichten liegt, ist in feuchtem Zustande von einheitlicher, dunkelgrauer Farbe ohne merkbare Schichtung; beim Trocknen tritt dagegen eine deutliche Schichtung hervor, indem der Ton an einem Vertikalschnitt von feinen, hellen Strichen und Linien durchzogen erscheint¹. Die hierdurch abgegrenzten Schichten aus dunklerem Ton haben eine Mächtigkeit von 1—2 Mm. In dem oberen Teil liegen die Linien noch dichter. In dem unteren Teil dieser Zone kommen dabei schwach angedeutete braungraue Ränder vor, denjenigen ähnlich, die schon aus den nächst unteren Jahresschichten erwähnt worden sind. In diesem Ton sieht man auch, aber spärlich, kleine weisse Flecke, die denjenigen, der folgenden Zone ähnlich sind.

Der dunkle, feingeschichtete Ton ist kalkarm, mit Ausnahme einiger von den oben erwähnten Linien, bei denen man Kalk konstatieren kann. Die Mächtigkeit der Zone ist 20—25 Cm.

Die braungrauen Linien bilden die letzten Spuren des roten Schlammes und bezeichnen also Jahresschichten. Auch die hellgrauen Linien scheinen Jahresschichten zu markieren.² Ihre Anordnung ist in Proben aus den verschiedenen Tongruben bei Upsala in den kleinsten Einzelheiten dieselbe. Gleichwohl sind die Linien nicht so distinkt und regelmässig ausgebildet, dass eine sichere Bestimmung der Anzahl der Jahresschichten sich durchführen lässt; dies beruht wahrscheinlich sowohl auf ihre Bildungsweise als auch darauf, dass viele Schichten in dieser Zone auskeilen oder nahe daran sein dürften.

Während mehrerer Jahre also nach dem Verschwinden des Landeises von der Gegend von Upsala setzte sich dort jährlich teils rötlicher, teils grauer Schlamm ab. Später hörte der rote Schlamm auf sich in dieser Gegend abzusetzen, während dagegen grauer Schlamm fortdauernd sich in geringen Mengen ablagerte.

Es ist nicht leicht näher anzugeben, worauf diese Veränderung beruhte, besonders weil es noch unbekannt ist, wie die Farben der normalen Jahresschichten hervorgegangen sind.

¹ Die Schichtung tritt am deutlichsten hervor, wenn das Trocknen ziemlich weit fortgeschritten ist, weniger deutlich, nach vollständigem Trocknen. Dies scheint darauf zu beruhen, dass die hellen Schichten einen nicht so feinen Schlamm enthalten wie der sonstige Ton, und deshalb früher trocknen, wobei sie mit hellerer Farbe hervortreten.

² Die hellgrauen Linien scheinen aus Schlamm von Eisbergen, die ohne Zweifel während der Bildung des Tones jährlich das Gebiet besuchten und das Wasser mit Schlamm versetzten, gebildet zu sein. Dafür spricht unter anderem das Verhältnis, dass die weissen Flecke — kleine Einlagerungen aus Moräne — oft in diesen Linien liegen, was deutlicher in der folgenden Zone hervortritt.

Vielleicht hat der graue Schlamm die Eigenschaft gehabt sich länger in dem Wasser schwebend halten zu können als der rote Schlamm und hat sich deshalb weiter als jener in das Meer hinaus verbreitet. In jedem Falle hat sich der graue Schlamm in kleinen Mengen in einem weit ausgedehnten Gebiet ausserhalb des Ablagerungsgebietes des gewöhnlichen Bändertons abgesetzt.

Tone, die mehr oder weniger vollständig dem oben beschriebenen ähneln, dürften in Schweden an mehreren anderen Orten besonders in Norrland vorkommen.

Die Fleckenzone (Fig. 3 und 4). Über dem dunklen, feingeschichteten Ton liegt eine etwa 5 Cm. mächtige Zone, die sich durch zahlreich eingelagerte, kleine

Flecken von verschiedenen Farben und oft von pulverförmiger Konsistenz auszeichne. Die meisten Flecken sind weiss oder hellgrau, oft kommen rote und bisweilen grüne Flecken vor. Die Oberflächen der Schichten



Fig. 3. Die Fleckenzone. Vertikalschnitt. Erikslund. Natürliche Grösse.

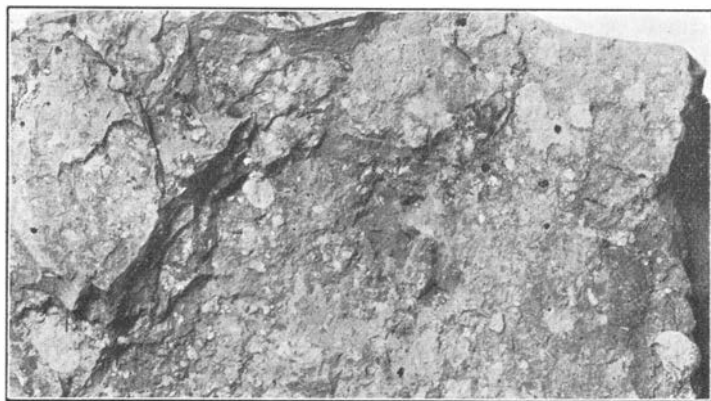


Fig. 4. Die Fleckenzone. Horisontale Bruchfläche. Ekeby. Natürliche Grösse.

(Fig. 4) bekommen dadurch ein eigentümliches buntes Aussehen. In den Vertikalschnitten (Fig. 3) treten die Flecken nicht ganz so viel hervor.

Bei Untersuchung eines Materials, das der Verwitterung nicht zu viel ausgesetzt gewesen ist, kann man die Natur dieser Flecken leicht bestimmen. Die meisten bestehen aus kalkreichem Moräneton von ein

wenig wechselnder, am meisten weisslicher Farbe, durch Verwitterung oft pulverförmig. Er hat sich in den Ton in der Form von kleinen Tropfen oder Klümpchen eingelagert, die in der Richtung der Schichtung abgeplattet liegen.

Häufig kommen weiter Kieskörner und kleine Steine von verschiedenen Arten, meistens silurische Kalksteine, vor. Die roten Flecken sind Fragmente des roten Ortocerkalks, der oft zu einem roten Pulver verwittert ist. Von den grauen Kalksteinen findet man oft einen unverwitterten Kern, von einer weissen Verwitterungshülle umgeben. Ausserdem kommt Ostseekalk vor, seltener auch grünliche Kalkvarietäten¹. Spärlich trifft man Sandsteine an, worunter ein feinkörniger, grauer, wahrscheinlich kambrischer Sandstein am häufigsten vorkommt. Unter den kristallinen Gesteinen, welche die Zone enthält, habe ich einen Block aus åländischem Granophyr gefunden.

Bisweilen finden sich kleine Stücke aus Bänderton zusammen mit dem sonstigen Material eingelagert. Bei Gamla Upsala liegen breite Streifen aus Bänderton in dem oberen Rand dieser Zone².

Der Ton, worin dieses Material vorkommt, ist in dem unteren Teil der Zone eine unveränderte Fortsetzung des darunter liegenden Tons, der auch hier mit hellgrauen Jahreslinien auftritt; in dem obersten Teil dagegen ist er undentlich geschichtet und stimmt mit der darüber liegenden Tonzone überein. Die Hauptmasse ist kalkfrei, während die Einlagerungen — wo der Kalk nicht ausgelöst ist — kalbhaltig sind. Die Einlagerungen liegen meistens in den hellen Schichtlinien.

Diese Zone zeichnet sich also durch ihren Reichtum an Moränenmaterial aus, das sich einleuchtend von schmelzenden Eisbergen abgesetzt hat. Eine bestimmte Erklärung über das reichliche Vorkommen desselben in dieser Zone ist nicht leicht zu geben, namentlich ehe man weiss, ob eine entsprechende Zone an anderen Orten in dem Eismeerton vorhanden ist. Die Annahme liegt nahe, das sich die Fleckenzone, im Verhältniss zu der vorangehenden langsam abgesetzt habe, wodurch das Treibeismaterial sich in dieser angehäuft haben könnte. Gegen diese Annahme spricht indessen die Beschaffenheit der Schichten, welche in der Fleckenzone ein wenig mächtiger als in dem unmittelbar unten liegendem Tone sind.

Letzterwähnter Umstand könnte auf ein kleines Hervorrücken des zu dieser Zeit weit nördlich belegenen Landeises deuten. Es ist aber nicht leicht zu sagen, wie ein solches Hervorrücken die Menge des Treibeises hat beeinflussen können, oder ob das reichliche Moränmaterial der Fleckenzone sich in der Weise erklären lässt.

¹ Selten sind Fragmente von schwarzem und rotem Schiefer und grünem Ton in der Fleckenzone gefunden.

² An mehreren Orten habe ich kleine Lamellen oder Schichten aus Sand in dem oberen Rand der Zone angetroffen; wahrscheinlich ist dieser Sand, wie das sonstige Material von Eisbergen mitgebracht worden.

Aus der Fleckenzone in den oben besprochenen Tongruben bei Upsala habe ich eine Anzahl Steine und Kieskörner eingesammelt, unter denen die vorkommenden Gesteine in folgenden Zahlen vorhanden waren.

	Kalksteine	Sandsteine	Postarchäische Eruptive	Grundgebirge
Vaksalatull	27	3	—	10
Ekeby	20	2	1	9
Erikslund	19	4	1	8

Nach HÖGBOM betragen die Kalksteine in dem Bänderton der Gegend von Upsala im einigen Tongruben 20⁰/₀—40⁰/₀ oder noch mehr¹. Die Fleckzone enthält also silurisches Material in noch grösserer Menge als der eigentliche Bänderton.

Zu der Zeit, wo sich die Fleckenzone ablagerte, hat sich der Eisrand also über ein Gebiet befunden, wo die Bodenmoräne sehr reich an Silurmaterial war, wahrscheinlich über das Innere eines Silurgebietes in dem südlichen Bottnischen Meere. Die geringe Einmischung von Grundgebirgsmaterial scheint darauf zu deuten, dass die silurische Formation dort ein weit ausgedehntes, zusammenhängendes Gebiet einnimmt².

Schichtzählung. Den letzten Sommer fand sich bei der Kachelfabrik Erikslund W von der Stadt ein ungefähr 6 M. mächtiges Profil in geschichtetem Ton mit bis an den oberen Rand ungestörten Schichten. Auf einem Punkte, wo der untere Rand des Tons nur 1,5 M. unter dem Boden der Tongrube lag, wurde das Profil durch Graben komplettiert, so dass nur 30 Cm. des Tones, dem Boden zunächst, nicht untersucht wurde; das hervordringende Wasser machte dort eine Untersuchung unmöglich.

In dem auf diese Weise erhaltenen Profile habe ich 192 normale Jahresschichten gezählt. Die untersten 20 Cm. dürften nur ein paar Schichten enthalten haben.

Leider ist es indessen ziemlich unsicher, dass dieses Profil vollständig ist. Auf der Stelle, wo die Untersuchung gemacht wurde, liegt nämlich der Ton, wie es scheint, auf einen steil aufragenden Moränenhügel; es ist deshalb möglich, dass eine grössere oder geringere Anzahl der unteren Schichten hier nicht ausgebildet worden sind oder dass sie durch Herabgleiten entfernt wurden. Auch zeigten die unteren Schichten eine nach unten abnehmende Mächtigkeit. Die angeführte Zahl kann deshalb nur als ein Minimum der Anzahl der Jahresschichten in dieser Gegend gelten.

¹ Dabei dürften die höheren Prozentzahl von Tongruben herrühren, wo hauptsächlich die oberen Teile des Tons nebst der Fleckenzone bearbeitet werden. Der Unterschied zwischen den Treibeisblöcken der Fleckenzone und des eigentlichen Bändertons ist deshalb wahrscheinlich grösser, als die obenerwähnten Zahlen angeben.

² WIMAN hat dagegen ausgesprochen, dass die silurische Formation des Bottnischen Meeres auf mehrere kleinere Vorkommisse verteilt sein dürfte; l. c. Seite 36.

Ein Versuch die Anzahl der Jahresschichten in dem dunkelgrauen Eismeerton approximativ zu rechnen gab als Resultat, dass dieser ungefähr 145 Jahresschichten enthält. Der geschichtete Teil der Fleckenzone dürfte noch 30—40 Schichten enthalten. Weil aber wahrscheinlich einige Schichten ausgekilt haben, ehe sie den betreffenden Ablagerungspunkt erreichten, sind vielleicht auch diese Zahlen zu niedrig.

Nach dieser, leider recht mangelhaften Schichtzählung musste die Ablagerung des normalen Bändertons bei Upsala in runder Zahl wenigstens 200 Jahre gedauert haben. Die Ablagerung des dunkelgrauen Tons und der Fleckenzone musste ungefähr eine ebenso lange Zeit erfordern haben.

Wenn man annehmen darf, dass sich das Landeis jährlich im Durchschnitt 200 M. zurückgezogen hat, so muss sich der Eisrand zu der Zeit, wo der normale Bändertons abgesetzt wurde, in einer Entfernung von 40 Km. von Upsala oder in der Gegend von *Örbyhus* befunden haben. Zu der Zeit, wo die Fleckenzone gebildet wurde, muss er so nördlich wie über dem nördlichen Teil der *Hällnäs-halbinsel* gelegen haben. Wenn man davon den Verlauf des Eisrandes winkelrecht gegen die Schrammen zeichnet, muss er mit östlicher oder ostnordöstlicher Richtung über den südlichen Teil des Bottnischen Meeres hinaus fortsetzen. Irgendwo innerhalb des Gebietes des Meeres, wo der Eisrand also sich befunden haben dürfte, ist vermutlich das Silurgebiet belegen woraus das Treibeismaterial der Fleckenzone herrührt.

Zufolge der unsicheren Voraussetzungen, die dieser Berechnung der Lage des Eisrandes zu Grunde liegen, ist es indessen sehr möglich, dass der Eisrand bei den betreffenden Gelegenheiten nördlicher oder auch südlicher gelegen hat, als ich hier angegeben habe.

Übergang zu dem postglacialen Ton. Über der Fleckenzone liegt ein grauer Ton von unbedeutender Mächtigkeit, der nur eine sehr feine, unbestimmte Schichtung oder Streifung zeigt. Jahresschichten lassen sich nicht unterscheiden. Auch in diesem Ton ist die Schichtung am deutlichsten hervortretend, wenn der Ton unvollständig getrocknet ist. Selten kommen winzige, weisse Flecken vor, die letzten Spuren der Eisberge.

Darüber lagert ein ungeschichteter, im allgemeinen grauer Ton, der beträchtliche Mächtigkeit erreichen kann — der postglaciale Ton. Obgleich Fossilien besonders in seinem unteren Teile selten gefunden sind, ist es doch unzweifelhaft, dass sein unterer Teil im Ancylussee, sein oberer im Litorina-See abgesetzt worden ist.

Der streifige Ton bildet also einen Übergang zwischen dem deutlich geschichteten Eismeerton und dem postglacialen Ton. Es ist dieser Übergangston, der das unterste, gewöhnlich recht ausgeprägte Band von grauem Ton in den Profilen der Äsabhänge bildet.

Vielleicht hat auch dieser Ton sein Material von den weit entfernten Schmelzwasserflüssen des Landeises bekommen, doch jährlich in so kleinen Mengen, das keine Jahresschichten mehr zur Ausbildung kommen könnten. Auch Tonmaterial, von den Moränen des Treibeises stammend und bei dessen Schmelzung in das Meereswasser verbreitert, kann bei der Bildung dieses Tons von Bedeutung gewesen sein.

Fossilien sind in der grauen, streifigen Ton, gleichwie in den darunter liegenden Tönen dieser Gegend, noch nicht gefunden. Es ist also in der That für diese Gegend noch nicht erörtert, ob diese Tone in einem Meere mit schwach salzhaltigem Wasser abgesetzt sind, oder ob schon während ihrer Bildung die Verbindung zwischen der Ostsee und dem Weltmeer abgebrochen worden ist, so dass die Ablagerung in süßem Wasser stattgefunden hat.

Gleichwie die beiden nächst unterliegenden Zonen, ist der streifige Ton kalkarm. Der darüber gelagerte, postglaciale Ton ist dagegen in der Upsalagegend nicht unbedeutend kalkhaltig. Dieser Gehalt an Kalk muss von dem Bänderton stammen. Als die Landhebung sich geltend zu machen anfang, wurde der Bänderton der Erosion von Wellen und fließenden Gewässern ausgesetzt und lieferte das Hauptmaterial der dann abgelagerten postglacialen Tone.

Eine nähere Erörterung dieser Tone werde ich indessen hier nicht anfangen.



Tafelerklärung (Taf. XIII).

- Fig. 1. Profil bei dem Botanischen Garten zu Upsala. Seite 259. Am untersten fluvioglacialer Sand, darüber fünf Jahresschichten aus feinem Sand mit Tonrändern, oben Bänderton. w, r, gr zeichnen die weissliche, rötliche oder graue Farbe der Tonränder aus. Der scharfe Kontakt zwischen grauem und weisslichem Ton bildet die Grenze zwischen den Ablagerungen zweier Jahre. Im oberen Teil der Jahresschichten findet sich von den Eisbergen eingelagertes Material. Die Schichten des Profils sind im spätglacialen Eismeere bei zunehmendem Abstand von der zurückweichenden Mündung des Eisflusses abgesetzt.
- Fig. 2. Profil bei Galgbacken, Upsala. Seite 265. Jahresschichten mit eingelagertem Schotter. Dünne Schichten aus grauem Ton zeichnen die Jahresgrenzen aus. Oben Bänderton. Die Grenze gegen letzteren ist wahrscheinlich durch Störungen hervorgegangen.
(Die gezeichneten Bändertonschichten der beiden Profile sind nicht genau gemessen).



