
(Sonder-Abdruck aus der Zeitschrift der Deutschen geologischen
Gesellschaft, Bd. 54, Heft 3, 1902.)

Herr JENTZSCH sprach über den Untergrund norddeutscher Binnenseen.

Hinter anderen, dringlicheren geologischen Aufgaben ist in Norddeutschland bisher die staatliche Seenforschung zurückgetreten. Im Auftrage der Preussischen geologischen Landesanstalt hatte Votr. im Sommer 1902 Veranlassung, mehrere Seen zu untersuchen. Er giebt über deren Untergrund folgende vorläufige Mitteilungen.

Der Untergrund ist nicht nur in den verschiedenen Seebecken verschieden, sondern wechselt auch innerhalb fast jeden einzelnen Sees bedeutend. Aehnlich wie beim Meer kann man auch bei Binnenseen Zonen unterscheiden, welche im Allgemeinen (aber nicht immer) durch die Wassertiefe und die Entfernung vom Ufer bedingt werden. In der Anordnung dieser Untergrundzonen findet sich manche Analogie mit den Verhältnissen der Meeresböden, aber auch mancher tiefgreifende Unterschied. In der Uferzone fehlt den Binnenseen, wie Ebbe und Flut, so in der Regel auch der schnelle, mit der Drehung des Windes umsetzende Wechsel der Wasserstände, die tiefgreifende Wirkung der Wogen. Die für den Meeresstrand und die Küstenzone bezeichnenden Untergrundsformen kehren daher an den Binnenseen nur in stark verkleinertem Massstabe wieder. Dagegen besitzen die Binnenseen fast ringsum dichten Pflanzenwuchs, welcher das Ufer bekleidet, als Schilf, Rohr oder Binsen die flacheren Teile des Wassers bis zu 2 oder 3 m Tiefe erfüllt und etwas tiefer oft als unterseeische, teilweise Schwimmblätter emporsendende Wiesen von *Elodea*, *Ceratophyllum*, *Myriophyllum*, *Potamogeton*, *Chara*, *Nymphaea* u. s. w. grosse Flächen einnimmt. Diese Pflanzendecken, welche stellenweise sehr dicht werden, liefern naturgemäss beim Absterben massenhafte Pflanzentrümmer, welche den Seeboden zwischen den Pflanzen und in der Nähe der Uferzone erhöhen, Sie wirken aber auch chemisch auf die Abscheidung gewisser Stoffe, insbesondere des Kalkcarbonats,

und mechanisch auf den Schutz des Ufers vor Abwaschung und auf die Festhaltung eingeschwemmter Sinkstoffe und herbeigewehter Staubteilchen. Noch häufiger als bei den deutschen Meeren ist die Wirkung des Eisschubes, welche an manchen Binnenseen sehr merklich wird.

Die Tiefenregion beginnt bei den Binnenseen meist in viel geringerer Tiefe als beim Meer. Selbstredend ist die Art und Mannichfaltigkeit der dort aufbauenden Organismen bei den Binnenseen weit geringer. Es fehlen die Korallen, die Foraminiferen und so viele andere oft genannte Tierformen. Dennoch ist, gerade wie beim Meere, das Plankton die Hauptquelle der Bodenerhöhung in dem offeuen Teile des Binnensees. Zahllose, meist mikroskopische oder nahezu mikroskopische Wesen tierischer oder pflanzlicher Art erfüllen das Seewasser, zumal in den obersten Metern, wandern mit Zu- oder Abnahme des Lichtes, der Wärme, des im Wasser gelösten Sauerstoffs u. s. w. activ oder passiv nach oben oder unten und sinken nach ihrem Absterben als feiner Regen zur Tiefe, den Untergrund dieser „limnetischen“ Region mit einem ausserordentlich lockeren Schlamm erfüllend. Es sind vorwiegend Daphniden, Copepoden und andere kleine Crustaceen. Rädertierchen, Flagellaten, Diatomeen, Desmidiaceen und andere einzellige Algen, zu denen noch eine Reihe anderer, sehr mannigfacher, aber an Massenhaftigkeit des Auftretens zurückstehender Formen tritt. Dieses niedersinkende Plankton ist gemischt mit Teilchen herbeigewehten Staubes, Pollen von Coniferen, den allerfeinsten, tonartigen Sinkstoffen einmündender Flüsse, Bäche und Regenrinnen, sowie mit chemischen Niederschlägen.

Letztere haben in der Tiefe einen anderen Charakter als in der Ufer- und Seichtwasser-Region. Während das Oberflächenwasser der seichten Stellen infolge der Sonnendurchleuchtung und des Pflanzenwuchses, sowie der unmittelbaren Berührung mit der Luft meist reich an gelöstem Sauerstoff ist und entweder Kalkcarbonat oder Ferrohydrat absondert, zeichnet sich das Tiefenwasser durch Mangel an Licht und durch Armut an freiem Sauerstoff aus. Mückenlarven, Würmer und Milben nagen an den zu Boden gesunkenen Tier- und Pflanzenleichen; Wasserpilze, Bacterien u. s. w. befördern das Werk der Zersetzung; so zerfallen die Eiweissstoffe des Protoplasmas und ihr Schwefel kann sich mit dem in irgend welcher Lösung (durch Bäche oder unterseeische Quellen) zugeführten Eisen zu Schwefeleisen verbinden. Dieses Schwefeleisen — das in unseren Binnenseen bisher übersehen worden war -- entdeckte Votr. im Plöner See in Holstein und zwar zunächst in der nahe südlich der biologischen Station gelegenen 40 m-Tiefe, von welcher er es (wenngleich in geringerem

Anteilverhältnis) aufwärts bis zur Region der *Dreissensia polymorpha* verfolgte. Das Vorkommen der bekannten Schwefelbacterie *Beggiatoa* weist darauf hin, dass letztere auch in den Tiefen des Grossen Plöner Sees die Umsetzung der Schwefelverbindungen vermittelt. Inwiefern gleichzeitig auch Sulfate reduciert werden, bedarf noch weiterer Aufklärung.

Schon jetzt aber ist die Analogie unverkennbar, welche in gewisser chemischer Hinsicht zwischen den kleinen isolierten Kesseltiefen unserer Binnenseen und der Tiefenregion des Schwarzen Meeres besteht, in welcher der das höhere organische Leben ertötende Gehalt an Schwefelwasserstoff so lebhaftes Interesse erweckt hat. Da in beiden Fällen das absolute Mass der Tiefen weit verschieden ist, wird die Aehnlichkeit der chemischen Verhältnisse herbeigeführt durch die kesselförmige Einsenkung der Bodengestalt, welche einen Wasserwechsel durch horizontale Strömungen ausschliesst, während verticale Wärme- und Diffusionsströmungen in den norddeutschen Binnenseen schon bei 40 m Tiefe so geringfügig und langsam werden, dass der durch sie herbeigeschaffte Sauerstoff nicht genügt, um die Menge der fortwährend entstehenden Sulfide zu oxydieren. Da der Druck bei je 10 m Wassertiefe um etwa eine Atmosphäre wächst, bleiben in der Tiefe die bei dem Zerfall der Organismen entstehenden Gase, insbesondere die Kohlensäure, in Lösung, was wieder auf die gelösten festen Stoffe zurückwirken muss. So zeigt sich, dass zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser unserer Binnenseen in chemischer Hinsicht mancherlei Unterschiede bestehen, welche die Beschaffenheit der Bodenabsätze beeinflussen, aber auch unmittelbar in Betracht kommen, da sowohl das Dasein der die Seen bewohnenden Pflanzen und Tiere, als auch die Verwendbarkeit des Seewassers zu den verschiedenen hygienischen und technischen Zwecken davon abhängen. Der heilsame Meeresschlamm, welchen GÖBEL vor vielen Jahren aus den russischen Ostseeprovinzen beschrieb, mag wohl seine Analogie im Schlamme gewisser norddeutscher Binnenseen haben.

In jedem hinreichend grossen und tiefen Binnensee finden wir also in der Mitte eine weite, offene Wasserfläche, deren Boden in den grösseren Tiefen frei von höheren Pflanzen ist: die limnetische Region. In dieser Region setzt sich allerwärts ein feiner, lockerer Schlamm ab, dessen Herkunft gemischt ist aus den herabgesunkenen Leichen des tierischen und pflanzlichen Plankton, Coniferenpollen, Auswurfstoffen grösserer und kleinerer Tiere und sonstigem organischem und unorganischem, eingewehtem Staub, feinsten tonigen Trübungen und chemischen Niederschlägen, unter denen Schwefel- und Phosphoreisen hervorzuheben sind.

Vom Ufer her wird dieser Tiefenschlamm allmählich durch Torf, Kalkschlamm oder mechanische Sedimente überdeckt. Er wird dann in seiner typischen, an Organismen reichen Facies zu Lebertorf, bei reichlicherer Beimengung mineralischer Stoffe zu Gytjtja, während er in seinen Endgliedern einerseits in Diatomeenerde, andererseits in Schwefeleisen und Seeerz (Eisenoxydhydrat) übergehen kann, letzteres natürlich erst, wenn der Sauerstoff (z. B. durch Trockenlegung des Sees) vermehrten Zutritt erhalten hat. Sowohl Lebertorf wie Gytjtja enthalten in ihrer organischen Substanz — weil reich an Tierleichen — verhältnismässig mehr Stickstoff als eigentlicher Torf. Ein grosser Teil dieses Stickstoffes ist aber in einer ausserordentlich widerstandsfähigen Form gebunden, nämlich als Chitin im Panzer der Crustaceen. Wo die Elementaranalysen in solchem Lebertorf hohe Stickstoffmengen nachweisen, sind letztere somit keineswegs ohne Weiteres als nutzbar für den Pflanzenwuchs zu erachten, weil sie eben im Boden nur zum geringsten Teile löslich werden.

Da in der limnetischen Region das Plankton allerorten niederregnet, so muss sein feiner Schlamm dort eine zusammenhängende Decke am Seegrunde bilden. Trifft inmitten derselben das Lot auf Grand oder auch nur auf Sandboden, so folgt, dass an den betreffenden Stellen ein mechanischer Abtrag vom Boden stattfindet, dass also dort eine Abrasionsfläche, eine verschwindende Insel oder Untiefe vorliegt. Selbstredend gilt dieser Schluss nur dort, wo keine Möglichkeit dafür vorliegt, dass Sand vom Ufer nach der Mitte des Sees vorgeschoben wird. Letzteres kann stellenweise in schmalen Streifen erfolgen, da an den Ufern der Binnenseen die Bildung von Haken („Kliffhaken“ u. s. w.) durch die mit den Winden auftretenden Strömungen in ähnlicher Weise, wenn auch kleinerem Massstabe, wie an den Meeresküsten stattfindet. Strömungen sind in Binnenseen — obwohl bisher gewöhnlich übersehen — doch weit verbreitet. Sie können zeitweilig zu einem Kreislauf des Oberflächenwassers führen und sind auf den Absatz der Seesedimente, wie auf die Umgestaltung der Ufer von Einfluss. Näheres hierüber soll bei anderer Gelegenheit mitgeteilt werden.

Da das Plankton der Binnenseen kalkarm ist und auch kalkschalige Mollusken in den Tiefen nur spärlich vorkommen, sind kalkreiche Seenabsätze an flacheres Wasser gebunden. Untergetauchte Wiesen von *Chara* oder von Gefässpflanzen bewirken teils unmittelbar, teils mittelbar (durch die Ernährung zahlreicher Mollusken) die Anhäufung von Kalkcarbonat. Wo solches erst reichlich vorhanden werden (vermutlich unter gleichzeitiger Bildung von Nitraten) die abgestorbenen Pflanzen- und Tierleiber rasch

verzehrt und es kann zur Anhäufung fast reiner Kalklager kommen, die somit im Allgemeinen Absätze aus flachen Gewässern sind.

Vom Ufer her wächst dagegen ein mit Schilf oder anderen Monocotyledonen dicht bestandener Pflanzenwald nach der offenen Seefläche vorwärts, dessen Absterben zur Torfbildung führt, die als Endziel den ganzen See überwältigt. Dieser als „Schaar“ bekannte Uferstreifen neigt sich meist sehr allmählich, um am Rande plötzlich steiler zur Tiefe abzusinken. Dieser oft sehr auffällige Knick des Bodenprofils bezeichnet somit eine natürliche, mehr oder minder scharfe Grenze zweier Regionen des Seeuntergrundes. Gewöhnlich folgt nach der Mitte zu zunächst ein Streifen, in welchem der Untergrund aus macerierten Pflanzentrümmern besteht. An den Schilftorf reiben sich andere, aus den Moorforschungen bekannte und hier nicht näher zu schildernde Torfarten räumlich und zeitlich an. An den Ufern der Binnenseen finden sich teils (vor den Kliffufern) Abrasionsflächen, die meist als grandiger Sand mit eingestreuten Blöcken erscheinen, teils Aufschüttungsmassen. Letztere können neben den weit verbreiteten Torflagern stellenweise als Muschelwälle erscheinen, häufiger als sandige Sedimente verschiedener Korngröße, endlich als Flugsand, der in Gestalt von Dünenwällen Fjörden zu Küstenseen abschnürt, aber auch sonst hin und wieder an Binnenseen auftritt.

So zeigt jeder einzelne See in sich eine Reihe verschiedener Untergrundzonen; aber je nach der besonderen Ausbildungsweise, dem Zurücktreten oder Ueberwiegen einzelner dieser Zonen erhalten die verschiedenen Seen einen z. T. völlig verschiedenen Charakter, der auf deren Fauna und Flora, wie auf ihre Nutzbarkeit zu Fischerei, Pflanzenbau, zu hygienischen und technischen Zwecken zurückwirkt. In dieser Hinsicht die deutschen Seen geologisch zu untersuchen, kann wohl als eine wissenschaftlich und praktisch dankbare Aufgabe der Zukunft erscheinen.
