

Über die Selbsterhöhung von Seen und die Entstehung der Sölle.

Von Herrn **Alfred Jentzsch** in Berlin.

Jeder See hat seine gesonderte Geschichte, welche nicht nur von äußeren geologischen Vorgängen, sondern auch von der inneren Entwicklung abhängt, wie solche durch die Gestalt und Größe des Sees und seines Einzugsgebiets bestimmt ist. Während viele Seen ihre Wasserfläche noch fortwährend verkleinern und damit den Anschein einer allgemein fortschreitenden Austrocknung Norddeutschlands erwecken, soll im Folgenden gezeigt werden, daß manche kleinere Seen ihren Wasserstand erhöhen, und daß dies selbst bei gleichbleibendem Klima eine notwendige, wenngleich vorübergehende Phase in der Entwicklung nicht nur eines norddeutschen, sondern überhaupt jedes Binnensees bedeutet.

Für den Flächeninhalt f eines Sees hatten wir im vorhergehenden Aufsatze¹⁾ die Gleichung aufgestellt

$$f = \frac{(H-h)F - Q - q}{h' - h}$$

in welcher F den Flächeninhalt des gesamten Einzugsgebietes (also einschließlich der Fläche des Sees) in Quadratmetern, H die mittlere jährliche Regenhöhe, h die durchschnittliche Verdunstungshöhe auf dem Lande, h' dieselbe auf dem Wasser in Metern, Q in Kubikmetern die jährliche Menge der oberirdischen, q desgleichen der unterirdischen Abflüsse des Sees bezeichnet.

In Seen ohne oberirdischen Abfluß ist $Q = 0$; es vereinfacht sich also die Gleichung zu dem Ausdrucke:

$$f = \frac{(H-h)F - q}{h' - h}$$

¹⁾ Beiträge zur Scenkunde, Teil I, S. 63.

In der Mehrzahl der Fälle ist nach Ansicht des Verfassers $q = 0$ oder doch unmerklich klein. Dies ergibt sich durch einfache Überlegung aus Folgendem. Ein See kann unterirdisch abfließen, wenn sein Wasser irgendwo an einem tieferen Punkte wieder zutage treten oder durch Verdunstung verbraucht werden kann. Die Möglichkeit dazu könnte bestehen, wo in der Nachbarschaft tiefere Seespiegel, Grundwasserspiegel, Flußläufe oder Quellen vorhanden sind. Mag nun die durchlassende Sand- oder Kiesschicht, durch welche Seewasser fließt, mit Wasser erfüllt oder stellenweise in ihren oberen Teilen trocken sein: immer wird ihr Grundwasserspiegel tiefer als der Seespiegel liegen müssen. Denn sonst könnte letzterer den Gegendruck des Grundwassers nicht überwinden.

Solche Lage hat nur ein Teil der norddeutschen Seen. Aber selbst dieser kleinere Teil dürfte zumeist — Ausnahmen gibt es natürlich — kein Wasser unterirdisch abgeben, weil jeder See, der nicht klüftigen Fels-Untergrund hat, im Laufe der Jahre seinen Grund mit einer Dichtung von Sinkstoffen überzieht: Ton, feinstem Sand, abgestorbenem Plankton, Kalk und Faulschlamm verschiedenster Art.

Das aus umgebenden Höhen vordrängende Grundwasser kann und muß am Boden der Seen Quellen erzeugen, die vermöge ihres Auftriebes die betreffenden Stellen frei halten von Plankton und Sinkstoffen aller Art. In umgekehrter Richtung aber, d. h. wenn Wasser aus dem See in das Grundwasser austritt, versperrt es sich alsbald selbst den Ausweg, indem seine Sinkstoffe auf dem ursprünglich durchlässigen Sanduntergrund sich anhäufen, wie auf einer Filterfläche. Daß schon verhältnismäßig schmale Dämme das Wasser absperrn, sieht man an Stromdeichen, Mühlendämmen und den Stauanlagen moderner Talsperren. Der im Flachlande bei letzteren übliche Einbau von Ton zwischen den Sand ist auch in den durch die Natur geschaffenen Sperrn zwischen zwei Seen manchmal vorhanden. Fast immer aber sind die natürlichen Dämme, welche Seen zu höherem Wasserstande aufstauen, erheblich breiter, als die üblichen künstlichen Dämme; dauernd durchlässig bleibt der Seegrund nur an solchen Stellen, wo Wasserströmungen dauernd oder doch in kurzen Zwischenräumen die niedersinkenden Stoffe aufheben und wegführen. Solche Strömungen gibt es

- a) in Seen, welche Zu- und Abfluß haben;
 b) in den im vorigen Aufsätze besprochenen Kreisströmungen der Seen. Diese können stellenweise den Untergrund bewegen; da sie aber naturgemäß am stärksten und häufigsten nahe der Oberfläche kreisen, wird man die Stelle, an denen Seewasser unterirdisch entweicht, wohl am ehesten dort suchen dürfen, wo unter dem Einflusse der Strömungen der Schaarberg am steilsten ausgebildet ist.

Die meisten Seen sind jedoch, da die angeführten Bedingungen nur selten erfüllt sind, so lange ohne Abfluß, bis der Beharrungszustand des Seebodens durch besondere Ereignisse gestört wird.

Wenn oder solange $q = 0$, ist demnach sehr einfach

$$f = \frac{(H-h)}{h'-h} \cdot F.$$

Sehen wir aber von den verhältnismäßig geringen Änderungen ab, welche F bisweilen erleidet, sowie von dem hier und da auch in Norddeutschland vorkommenden Verhältnis, daß das unterirdische Zuflußgebiet anders begrenzt wird, als das oberflächlich sichtbare, so wird die zeitliche Veränderlichkeit hauptsächlich bedingt durch Veränderungen von h und h' .

In einem gegebenen Klima wird in einem neuentstandenen Becken schon nach wenigen Jahren oder Jahrzehnten die Oberfläche des den tiefsten Grund erfüllenden Sees sich dem berechneten Werte f nähern. Die Näherung wird anfangs verzögert, wenn der Untergrund durchlässig ist; sie schreitet später schneller fort, wenn letzterer durch Sinkstoffe sich dichtet; der Wert f nähert sich endlich, da bei Vergrößerung der Wasserfläche die Gesamtmenge der Verdunstung steigt, asymptotisch einem Gleichgewichtszustande. Aber auch dann ist er einem gewissen säkulareren Wandel unterworfen, weil selbst bei gleichbleibendem Klima h und h' sich wandeln müssen: h' wächst, sobald Schilf und andere Pflanzen der Schaar aus dem Seewasser in die Luft emporsteigen; denn diese vergrößern durch ihre Blätter die Verdunstungsfläche des Wassers und somit dessen Verdunstung. Je breiter und dichter die »Schaar« des Sees sich entwickelt, je größer wird h' , mithin je kleiner die Seefläche f . Die Wirkung des Schilf-

wuchses ist also nicht nur, daß er die freie Wasserfläche (den limnetischen Teil) des Sees einengt, sondern auch, daß er dessen Wasserspiegel um etwas (wenngleich vielleicht anfangs nur um Zentimeter oder Millimeter) erniedrigt und somit die Gesamtfläche des Sees verkleinert. Noch verwickelter ist die Größe h . Die Menge der Zuflüsse des Sees wächst, wenn die Niederschläge schneller abfließen können; sie wächst also mit der geologisch gesetzmäßig fortschreitenden Ausbildung der Regenrinnen. Diese führen jährlich rascher und vollständiger die Regen- und Schneeschmelzwässer ab und dem See zu, so daß ein immer kleinerer Bruchteil derselben für die Verdunstung auf dem Lande übrig bleibt. Dem wirkt aber entgegen die Ausbildung von Pflanzendecken auf dem Lande. Je höher und dichter diese sind, um so länger halten sie den Schnee usw. zurück, um so stärker beschleunigt der Blattreichtum die Verdunstung und um so tiefere Teile der Bodenkrume erschließen die Wurzeln, um deren aus Regen und Schnee stammende Feuchtigkeit in die Luft verdampfen zu lassen. So muß auch h , je nachdem der eine oder andere Einfluß überwiegt, bei gleichbleibendem Klima sich verändern.

Schließlich werden alle diese Faktoren sich einem Beharrungszustand nähern und der See dann die mittlere Größe f annehmen.

Aber eines steht nicht still: Die Verlandung. Zwar wird auch deren Geschwindigkeit verschiedene Phasen durchlaufen: Anfangs besteht im See noch kein Pflanzenwuchs. Wellen, Längs- und Kreisströmungen können leicht die Ufer, wie die flacheren Teile des Untergrundes angreifen und deren Sand und Ton, vermehrt um den von Flüssen, Bächen und Regenrinnen herbeigeführten Schlamm, sowie um den vom Winde zugeführten Staub, über den Sandboden und an dessen Uferändern, gesondert nach der Korngröße, ausbreiten. So entstehen die ersten Anfänge des Flachufers und des Schaarberges.

Je mehr aber der Pflanzenwuchs im See sich entwickelt und zonenweise zu Beständen sich verdichtet, desto gründlicher schützt er die Ufer und verringert somit die Menge der den Strömungen anheimfallenden mineralischen Sedimente; da auch die von Flüssen usw. herbeigeführten Sinkstoffe immer mehr durch den Pflanzen-

wuchs in der Nähe der Mündungen zurückgehalten werden, so müssen an letzteren Deltas sich vorschieben, während die den Seeströmungen zum Aufbau von Haken, Sandbänken usw. zur Verfügung stehenden Mineral-Sedimente sich verringern. Gleichzeitig vermehren sich die aus dem Zerfall der alljährlich absterbenden Tiere, Pflanzen und Pflanzenteile entstehenden organischen Sinkstoffe. Unter der Wechselwirkung dieser Vorgänge wird ein kleiner und flacher See immer schneller zuwachsen; im größeren und tieferen See, in welchem die Fläche groß ist im Verhältnis zur Uferlänge, wird die anfangs ebenfalls rasche Verlandung des Ufers sich zeitweise verlangsamen, nämlich so lange die spezifisch leichten Zerfallstoffe der Pflanzen nahezu vollständig vom Wasser ergriffen und durch dieses über die gesamte Seebodenfläche ausgebreitet werden können. Erst wenn die Pflanzengürtel so breit geworden sind, daß sie selbst einen erheblichen Teil ihrer Zerfallstoffe vor den Uferwellen schützen und zurückbehalten können, wird der Boden innerhalb der Schaar sich zu einem über den Seespiegel aufwachsenden Flachmoortorf entwickeln und somit den See wieder einzuengen beginnen. So muß in größeren Seen die anfangs rasche Verlandung sich bald verlangsamen, um später wieder beschleunigt zu werden.

Immer aber wird das Endergebnis sein: der See wird durch raudliche Verlandung, zumal in Deltas, Buchten und Haken immer mehr eingeengt.

Da nun f eine Funktion von F , h und h' ist, so muß es bei unverändertem Klima konstant bleiben; dies kann es nur durch Erhöhung des Seespiegels. In abflußlosen Seen muß also die innerhalb eines Jahres über den Seespiegel aufwachsende Verlandungsfläche f_v gleich sein der innerhalb derselben Zeit durch Erhöhung des Wasserspiegels unter Wasser gesetzten Verlandungsfläche f_u früherer Jahre oder Jahresgruppen. Es wird

$$f_v = f_u,$$

wobei allerdings in praxi wegen der durch Verbreiterung des Schilfgürtels gleichzeitig eintretenden Vermehrung der Verdunstung eine gewisse Verschiebung zugunsten f_v eintreten wird. Die an einem See ohne Verlandungsgürtel erscheinenden Stücke des Uferrandes

sind also durchaus nicht durchweg nur »Abtragsflächen«, sondern sie umfassen außer den fortgesetzt dem Abbruch ausgesetzten Teilen auch überstaute Flächen, in welchen zwar eine Erhöhung durch Torf oder Sedimente stattfand, diese aber überwältigt wurde durch die noch stärkere Erhöhung des Wasserspiegels. Für das Leben der Uferpflanzen ist dies nicht ohne Bedeutung.

Im Laufe der Jahrhunderte oder Jahrtausende zerfällt schließlich jeder See in Teilstücke, wie dies im vorigen Aufsatz geschildert wurde und im 2. Heft der »Beiträge zur Seenkunde« durch meine Beobachtungen pommerscher Seen noch weiter belegt werden wird.

In den letzten Phasen der Verlandung liegen die mehr und mehr zugerundeten Teilstücke größerer Seen inmitten weiter, horizontaler Torfflächen, mit denen sie allmählich in die Höhe wachsen, bis sie schließlich vom Pflanzenwuchse ganz erfüllt und erdrückt werden. Die Außenränder dieser Torfebene werden von den Abschlammungen der höheren Ränder des einstigen Sees überspült und erhöhen sich dadurch ein wenig. Erst nach vieltausendjährigem Fortschreiten erreichen diese Abschlammungen, gesondert nach Korngröße, den bis dahin längst vertorfte Ort des einstigen Rest- oder Teilsees.

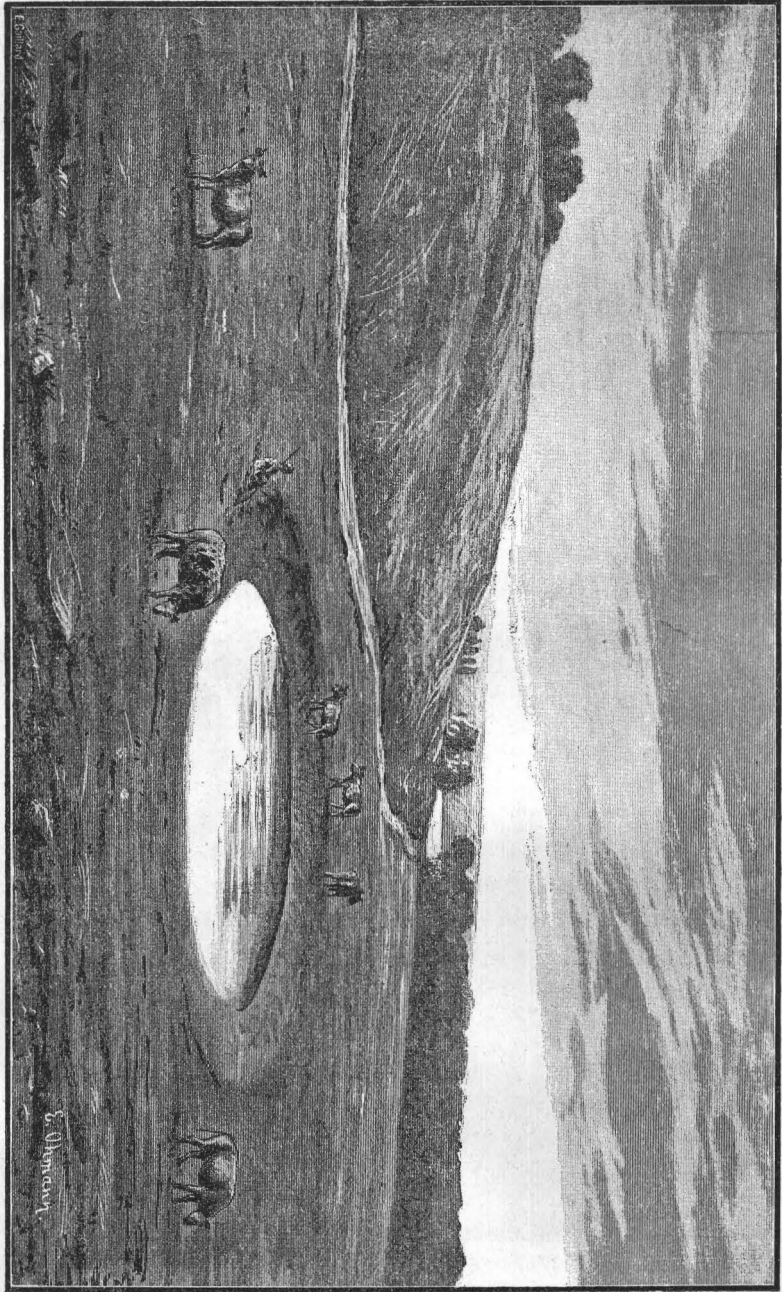
Anders in kleineren und kleinsten Seen. Hier sind die mineralischen Abschlammungen massiger als die Biolithe. Sie überwältigen die etwaigen Anfänge von Torfbildung und zwingen den See, mit ihnen inmitten mineralischer Sedimente emporzuwachsen.

So entstanden und entstehen noch die Sölle, jene kleinen rundlichen, oft fast genau kreisrunden Wasserlöcher, die zu Tausenden das norddeutsche Flachland durchschwärmen und deren Bildungsweise seit langem den Geologen ein Rätsel war.

Abb. 1 gibt das Bild eines Sölls nach einer vom Verfasser vor 20 Jahren bei Kartierung des Blattes Mewe in Westpreußen aufgenommenen Photographie.

Andere Bilder von Söllen gaben G. BERENDT¹⁾ aus der Gegend

¹⁾ G. BERENDT, Über Riesentöpfe und ihre allgemeine Verbreitung in Norddeutschland. Zeitschr. d. D. geolog. Gesellsch. XXXII, 1880, S. 56—74, daselbst S. 65.



von Weißensee bei Berlin, E. GEINITZ¹⁾ von Langeböck und Langenhagen, desgleichen von Sievershagen, alle drei in Mecklenburg, F. WAHNSCHAFFE²⁾ aus der Gegend von Brüssow in der Uckermark. Unser Bild stimmt mit den 5 anderen erwähnten in allem wesentlichen überein. Aus den 6 Bildern wird auch der ferner wohnende Forscher einen überraschend gleichförmigen Typ erkennen. Bei der Auslotung von Söllen Neuvorpommerns fand BELLMER³⁾, daß die Sölle meist flache Wannen darstellen von 1—4 m, selten mehr als 5 m Tiefe. Trichter-Gestalt fand er seltener.

Diese rundlichen Wassertümpel erregten früh die Aufmerksamkeit der Landesforscher. SILBERSCHLAG⁴⁾ und einzelne spätere Nachfolger hielten sie für Krater, aus denen die erratischen Blöcke über das Land verstreut worden seien, v. BENNIGSEN-Förder⁵⁾, L. MEYN und andere betrachteten einzelne gelegentlich gesehene Sölle als Erdfälle und damit als Anzeichen in der Tiefe anstehenden Gips- und Salzgebirges.

Und als, durch O. TORELL angeregt, die Glazialhypothese ihren Siegeszug durch Norddeutschland antrat, kamen bald darauf zwei Geologen, G. BERENDT⁶⁾ und E. GEINITZ⁷⁾ fast gleichzeitig und unabhängig voneinander dazu, jene »Pfuhle« als Strudellöcher aufzufassen. Deren mecklenburgischer Name Söll (Mehrzahl Sölle) ist auf GEINITZ's Vorschlag in den allgemeinen Gebrauch der Geologen übergegangen.

GEINITZ sagte: »Die Sölle sind eine so weit verbreitete Ober-

¹⁾ *Lethaea geognostica* III, 2. Quartär. Stuttgart 1904, S. 316, sowie Titelbild zu »Die Seen, Moore und Flußläufe Mecklenburgs.« 40. Güstrow 1886.

²⁾ WAHNSCHAFFE, Die Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes. 3. Aufl. Stuttgart 1909, S. 144.

³⁾ BELLMER, X. Jahresbericht d. Geographischen Gesellschaft zu Greifswald 1907, S. 489.

⁴⁾ SILBERSCHLAG, Geogenie. Berlin 1780.

⁵⁾ v. BENNIGSEN-Förder, Das nordeuropäische Schwemmland 40. 1863, S. 17.

⁶⁾ BERENDT, a. a. O. S. 64—72 und Kärtchen ihrer Verbreitung bei Berlin. Taf. VII.

⁷⁾ GEINITZ im Archiv des Vereins der Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg und zwar: XXXIII, 1879 (1. Beitrag zur Geologie Mecklenburgs), S. 54—58; XXXIV, 1880 (2. Beitrag), S. 10—12; XXXVIII, 1884 (6. Beitrag), S. 4—5.

flächenerscheinung und haben überall ein so gleiches Äußere, daß ihre Entstehung in allen Gegenden wohl ein und dieselbe sein wird, und es scheint mir die Erklärung, sie als Strudellöcher aufzufassen, am meisten Wahrscheinlichkeit zu haben.«

BERENDT sprach die Sölle, für welche er noch den Namen Pfulle gebrauchte, geradezu als Riesenkessel an und setzte sie mit in Gesteinen beobachteten Strudellöchern in Beziehung. Diese Ansicht hat weite Verbreitung gefunden.

A. STEUSLOFF¹⁾ hat Bedenken gegen diese Ansicht ausgesprochen und eine andere Erklärung gegeben. Seine Bedenken waren folgende:

Eine große Zahl unserer Sölle liegt in ganz ebenem Terrain, viele andere in einer gleichmäßigen, flachtellerförmigen Depression, in der eine Wirkung fließender Wasser ausgeschlossen erscheint. Andere, die perlschnurartig aneinander gereiht in flachen Taldepressionen liegen, halten zumeist die Mitte derselben, während die Strudel fließender Wasser nur in der Nähe der Ufer zu entstehen pflegen, wenn sie nicht durch Unebenheiten der Talsohle hervorgerufen werden. So erscheint es ausgeschlossen, daß die Sölle, wie die Riesentöpfe von Luzern, durch Wirkung horizontal schnell dahinschießender, tiefe Strudel bildender Schmelzwasser ausgewaschen sind.

Aber auch vertikal wirkende, in Gletscherspalten abstürzende Wasser können die Auskolkung nach STEUSLOFF's Dafürhalten nicht bewirkt haben, weil sie bei 5 m Kesseltiefe Löcher an der Oberfläche von viel größerem Radius auswaschen müßten.

Da das Bild eines Solles mit seinen gerundeten, meist kreisförmigen Ufern, seinen steil abfallenden Rändern und der ihn umgebenden Depression an Einsturzlöcher, Erdfälle erinnert, so führt STEUSLOFF die Sölle auf Einstürze der über totes Gletschereis, welches später schmolz, geschütteten Decke. Letztere, außer für Norddeutschland auch für Island und Nordamerika ausgesprochene Ansicht erfreut sich gegenwärtig der Zustimmung vieler Geologen. Auch nach unserer Ansicht ist solche Entstehung für gewisse

¹⁾ A. STEUSLOFF, Die Entstehung unserer Sölle. Naturwissenschaftl. Wochenschrift 1896, Nr. 34, S. 401—402.

Fälle möglich. Ich bezweifle nicht, sondern bin vielmehr der entschiedenen Überzeugung, daß gegen Ende der letzten Vereisung sich zahlreiche größere und kleinere Massen von »totem Eise« festsetzten, und daß bei diesen gelegentlich auch örtliche Überschüttungen mit Sand und Gletscherschutt vorkamen, die nach dem Schmelzen des toten Eises an dessen Lagerstelle hinabsanken, Vertiefungen der Oberfläche schufen, oder auch von Schmelzwässern unterspült wurden, so daß Seen von allerlei Gestalt und geringer Größe unter ihnen ausgespült wurden.

Aber daß die Gestalt dieser über totem Eise eingebrochenen Kessel in allen zehntausend Fällen fast kreisrund geworden sein sollte, das ist höchst unwahrscheinlich. Denn die bei nachweislichen Erdfällen, Pingen usw. fast allgemein beobachtete Kreisgestalt ist nur dadurch bedingt, daß bei einer gewissen Tiefenlage des eingestürzten Hohlraumes die in dessen Umrisse bzw. horizontalem Querschnitte vorhandenen Aus- und Einbuchtungen sich unter dem Seitendruck des nachstürzenden Deckgebirges ausgleichen und nach der Oberfläche in einer Kegel- oder Zylinderfläche fortsetzen, deren Horizontalschnitt dem Minimalumfang, d. h. dem Kreise zustrebt.

Dort, wo in Norddeutschland tote Eismassen zurückblieben, mußten dies verhältnismäßig große, flächenhaft entwickelte Gebilde sein, welche an der Oberfläche der Moräne oder eines Sanders lagen und nur verhältnismäßig dünn durch den wachsenden Sander oder durch gelegentlich neuvorrückende Moräne bedeckt werden konnten. Es ist also nicht abzusehen, wodurch dieselben so kleine, immer fast kreisrunde Oberflächenkessel bilden konnten. Für mittlere und größere, unregelmäßiger gestaltete Seen ist die Beeinflussung durch totes Eis weit eher denkbar.

Seine auf Usedom und Wollin begonnenen Seenstudien¹⁾ führten den Verfasser zu einer anderen Erklärung der bei uns als Sölle bezeichneten Zwergseen²⁾, wobei zwar nicht glaziale, vertikale oder

¹⁾ Vergl. Beiträge zur Seenkunde, Heft II (noch im Druck).

²⁾ JENTZSCH, Umgestaltende Vorgänge in Binnenseen. Zeitschr. d. D. geol. Gesellsch. LVII, 1905, S. 423—432.

horizontale Strudel, aber jungalluviale Kreisströmungen und Minimalflächen eine Rolle spielen.

Die im norddeutschen Flachlande so bezeichnenden, langgestreckten Ketten von Seen erklären sich nun einfach als Reste ursprünglich größerer, zusammenhängender Seen. Und zwar brauchten diese weder durch Moränen abgesperrt, noch in ihren einzelnen Kesseln durch strudelnde Gletscherwässer (Evorsion) ausgekolkt zu werden, sondern die trennenden Kräfte wirkten alluvial und wirken noch heute fort; aber nicht sowohl durch Aushöhlen der Tiefen, als durch Aufbauen der trennenden Brücken. Diese Erkenntnis ist durchaus verträglich mit der Tatsache, daß auch Moränen, Oser (Åsar) und Deltas stellenweise zwei Seen scheiden. Mögen nun lange Seen in Ketten oder rundliche Seen in scheinbar unregelmäßig verstreute Restseen sich auflösen: in beiden Fällen zielen die Kräfte auf eine Annäherung an Kreisgestalten und auf eine verhältnismäßige Erhaltung der Tiefen hin, da letztere im allgemeinen nur von den langsam sich anhäufenden Plankton-Niederschlägen und nur örtlich und anfangs ausnahmsweise von vorrückenden Haken überdeckt werden.

Diese Neigung zur Kreisgestaltung findet ihren vollkommensten Ausdruck in den kleinsten unserer Seen, den Söllen.

Schon längst mußte gegenüber der Evorsionshypothese der Umstand auffallen, daß man nirgends neben den Söllen Wälle der durch den Strudel ausgeworfenen Massen fand. Aber man hatte sich bei der Erklärung beruhigt, daß jene Massen mit dem Strudelwasser weit hinweggeführt worden seien.

Dagegen stelle ich die Frage: Wie ist es möglich, daß in dem Zeitraum vieler Jahrtausende, welche seit dem Verschwinden des Inlandeises verflossen, zwar viele Sölle vertorft, aber die übrigen Zehntausende mit scharfen Rändern, gewissermaßen unverändert erhalten geblieben sein sollen? Angesichts der Verlandung, welche alle größeren und mittleren Seen in dieser Zeit betroffen hat, wie angesichts der aufbauenden und zerstörenden geologischen Kräfte überhaupt erklärte ich schon 1905: es ist unmöglich, daß eine der als Sölle inmitten losen Schwemmlandes abgebildeten Gestalten ein Jahrtausend bestehe!

Der angebliche Evorsionsrand ist keineswegs im diluvialen Geschiebemergel eingeschnitten, sondern in jungalluviale Aufschüttungsmassen, welche bisweilen petrographisch dem Geschiebelehm ähneln können, wenn sie durch Abschwemmung nahebei anstehenden Geschiebemergels erzeugt wurden. Oft liegen in der Tat die Sölle in unmittelbarer Nähe anstehenden Geschiebemergels, bisweilen aber weit davon entfernt mitten im Sande oder anderen geschlammten Sedimenten. Stets aber ist ihre unmittelbare Umgebung fast völlig eben und horizontal und weist schon dadurch den Geologen darauf hin, daß sie durch Ausfüllung und Einebnung älterer Bodeneinsenkungen entstand.

Im allgemeinen kann man am Rande eines Sölls einen der nächsten Bodenerhebung zugewandten Teil (den proximalen Rand) von dem entgegengesetzten (dem distalen Rande) unterscheiden. Bohrt man an der Oberkante des proximalen Randes, so trifft man in der Höhe des Wasserspiegels oder darunter auf humose oder humustreifige Massen. Selbst dieser proximale, also dem Geschiebemergel zugewandte Rand ist demnach aufgeschüttet. Er besteht in der Grundmoränenlandschaft aus Abschlämmassen, welche auf der preußischen geologischen Spezialkarte mit (α) bezeichnet werden. Diese sind vorwiegend Absätze periodischer und auf engem Raum sich entwickelnder Wässer, wie sie als Regen- und Schneeschmelzwässer ihr geologisches Werk im Kleinen, aber durch oftmalige Wiederkehr dies vergrößernd, verrichten. In Geschiebemergelgebieten wird (α) oft sogar in Aufschlüssen überraschend ähnlich dem echten Geschiebemergel, aus dessen Umlagerung es hervorging. Noch viel schwerer ist es, (α) von diesem, durch bloße Betrachtung der Ackerkrume zu unterscheiden. Die Erfahrung schärft aber doch den Blick des kartierenden Geologen der in der Regel die Grenze zwischen (α) und (∂m) dort erkennen wird, wo ein Gehänge am Fuße sich abflacht. Dessen anfangs deutlich geneigter Schutthügel verflacht sich weiterhin immer mehr und verfließt schließlich mit der Ebene, welche den Anschwemmungen eines Sees oder Flusses ihr Dasein verdankt. Erreicht der Schuttkegel eine Wasserfläche — sei es ein See oder eine zeitweilig austrocknende Pfütze —, so findet eine beschleunigte

Ablagerung von Sinkstoffen, mithin eine Erhöhung des Uferrandes statt. An diesem Uferrande entwickelt sich ein besonders dichter Pflanzenwuchs, welcher sich in mehrere Gürtel bezeichnender Pflanzengesellschaften gliedert und diese halten die Abschlämmmassen der Regenwässer an ihren Blättern und Stengeln fest, so daß verhältnismäßig wenig davon in den innersten Ring gelangt, mithin nur langsam die innere Wasserfläche verschüttet wird, während der Uferrand sich erhöht und zwischen ihm und dem diluvialen Gehänge eine Alluvialebene sich aufbaut. Der Fuß dieser niedrigen Jungalluvialstufe wird vom Wasser bespült und soweit unterwaschen, daß er im natürlichen Böschungswinkel abfällt, dessen Oberrand meist durch Pflanzenwurzeln befestigt und dadurch steiler erhalten werden kann. Die Böschung wird verhältnismäßig steil, solange das Söll groß genug bleibt, um randliche Driftströme, wenngleich geringsten Maües, zu gestatten. Daß diese Unterwaschung auch jetzt noch an Söllen eintritt, sieht man gelegentlich an den im Boden gewachsenen, nun frei in die Luft ragenden Wurzeln von Bäumen und Sträuchern. In der Mehrzahl der Fälle werden die Sölle die Reste von Seen-Tiefen sein, welche Einsenkungen der bekanntlich besonders kleinwelligen glazialen Oberfläche erfüllten, also kleiner Grundmoränen-Seen. Sie können aber ebensowohl aus Seen und Pfützen alluvialen Alters sich entwickeln. Wesentliche Begleiterscheinungen der nord-europäischen Vereisung sind nicht die rundlichen, bisher irrümlich auf Evorsion oder Einsturz gedeuteten Sölle in ihrer jetzigen Gestalt, sondern die ganz anders und unregelmäßig gestalteten, ursprünglichen Vertiefungen, welche der glazialen Aufschüttung und Aufpressung oder der subglazialen Auswaschung ihre Hohlform verdanken. Ihnen reiht sich ein Außenrand fluvioglazialer Aufschüttungsflächen (Sander) an, in welchen Sölle als Restseen gleichfalls schaarenweise auftreten, wobei es denkbar bzw. wahrscheinlich ist, daß totes Eis die Anfänge solcher Restseen verursachte, die sich dann durch fortgesetzte Aufschüttung und Selbstteilung zu Söllen oder Gruppen von Söllen ausgestalteten.

F. WAHNSCHAFFE¹⁾ meint, meine Erklärung gehe »viel zu weit, da häufig isolierte Pfuhe ohne bedeutende Abschlammassen an ihrer Umrandung in den flachen Grundmoränengebieten eingesenkt sind. Für ihre Entstehung kann die Evorsionstheorie aufrecht erhalten werden.«

E. GEINITZ²⁾ entgegnet auf meine Erklärung: »Daß die Sölle meist noch einen auffällig scharfen Rand besitzen, beruht nach meiner Beobachtung wohl darauf, daß die Ränder durch das Vieh oder durch seitliches Heranpflügen steil gehalten werden; die Sölle liegen ja fast alle in Ländereien, die seit lange in Kultur stehen, in Wäldern zeigen sie die normaleren, flacheren Böschungen. Mit genanntem Umstand ist auch das Vorkommen von humusstreifigen sogenannten Abschlammassen in der unmittelbaren Umgebung der Sölle zu erklären, also durch Zutun des Menschen. Weiter sei bemerkt, daß gar manche Sölle an oder auf den Gipfeln von Anhöhen liegen, daß sie nie im Sandboden, sondern immer im schweren Lehmboden auftreten . . . Übrigens kommen runde Wasperlöcher von der Bildungsweise, wie sie JENTZSCH annimmt, in Talsand und Moorniederungen vor.«

GEINITZ gibt also zu, daß runde Kessel auf die von mir beschriebene Art entstehen, behauptet aber, ebenso wie WAHNSCHAFFE, daß echte Sölle, ohne alluviale Umgebung, unmittelbar in Geschiebemergel eingesenkt seien. Demgegenüber bemerke ich, daß dies für die bisher abgebildeten 6 Sölle nicht zutrifft, und daß ich bei meinen langjährigen Wanderungen im norddeutschen Flachlande unter ungezählten Söllen zwar einzelne hoch »am Berge« gesehen habe, aber keinen, der am Rande nicht wenigstens eine Andeutung alluvialer Zuschüttung und Abrundung gezeigt hätte. Je höher »am Berge« in einer Moränenlandschaft eine Vertiefung — sei es durch Evorsion, sei es durch Wegschmelzen überschütteten toten Eises — entstand, um so kleiner ist natürlich das Ein-

¹⁾ F. WAHNSCHAFFE, Die Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes. 3. Aufl. Stuttgart 1909, S. 338.

²⁾ E. GEINITZ, Zwei eigentümliche Landschaftsformen, Rommel und Rämel, sowie Bemerkungen über Sölle. Archiv des Vereins der Freunde der Naturgesch. in Mecklenburg 61, 1907, S. 104—110, speziell S. 108—110.

zugsgebiet des darin gesammelten kleinen Sees; aber selbst dann wird letzterer durch alluviale Kräfte jene Zurundung erfahren, die für die Sölle von jeher bezeichnend befunden wurde. Viehtritt macht die Ränder nicht steiler, sondern flacher. Dagegen mag sehr wohl das »Zupflügen«, welches nach meinen Beobachtungen an manchen Gehängen uralte Gemarkungsgrenzen durch einseitiges Zu- und Abpflügen zu Steilrändern von 1 bis 2 m Höhe gestaltet hat, auch am Rande der Sölle stellenweise zu deren Zuschüttung beigetragen haben. Wo dies anerkannt wird, fällt die Erklärung des rundlichen Umrisses durch Evorsion erst recht ins Wasser.

So erkennen und bestätigen wir nach den Beobachtungen, wie nach unserer Theorie der Selbsterhöhung abflußloser Seen die Sölle als Enderscheinung der Verlandung abflußloser Seen. Von letzteren unterscheiden wir zwei Hauptfacies: Die moorige und die sedimentäre. Welche der beiden Facies als Endstadium eintritt, hängt bei sonst gleichen Umständen, hauptsächlich von der Größe des ursprünglichen Sees ab. Bei größeren Seen wird α zunächst einen im Verhältnis zu f schmalen Uferrand bilden, mithin die Moorfacies den größten Teil des Sees erfüllen, und nur langsam und gering mächtig wird α sich über das Flachmoor ausbreiten, um dessen Mitte nie zu erreichen, da schon vorher in unserem Klima sich dort ein Übergangs- und darauf ein Hochmoor ansiedeln wird. In kleineren und kleinsten Seen dagegen wird α bald das Flachmoor unterdrücken und durch aufgeschwemmte Sedimente dessen Oberfläche erhöhen, so daß sie im Sommer trocken wird und Äcker liefern kann. Jeder Regenguß wird auch im Sommer den Boden erhöhen; doch wird sich in der Wasserfläche der Überschwemmungszeit ein rundlicher Schaarberg entwickeln, innerhalb dessen auch in der Trockenzeit das Wasser sich hält in der durch die Gleichung

$$f = \frac{H-h}{h'-h} F$$

bedingten Größe. Wenngleich bei jeder allgemeinen Überschwemmung auch der Boden dieses innersten Kreises sich etwas erhöht, wird doch das Höhenwachstum seiner Umgebung vielfach ein schnelleres oder mindestens ebenso schnelles sein, weil Pflanzen

den Schlamm festhalten und letzterer zunächst von den Außenrändern her kommt. So wird auch der Söll, sein Wasserspiegel und sein Boden mit dem Aufwachsen seiner ebenen Umgebung allmählich in die Höhe gehoben.

Dies gibt eine gewisse Analogie mit den Blänken der Hochmoore, welche inmitten des ringsum aufwachsenden Torfmooses als pflanzenärmere Wasserflächen dort bestehen und sich über den Wasserspiegel benachbarter Flüsse dort erheben, wo zu irgend welcher Zeit durch klimatische, geologische oder biologische Ursachen das freudige Höhenwachstum des Mooses zerstört wurde. Man kann sich sehr wohl Grenzfälle denken, in denen Endseen der Moorfacies zum Ausgangspunkt künftiger Blänken von Hochmooren wurden. In der Mehrzahl der Fälle dürften letztere aber, wie bisher es schon deutsche und schwedische Botaniker ausgesprochen haben, auf vorwiegend biologische Ursachen zurückzuführen sein. Gemeinsam mit den Söllen ist ihnen die, der Minimalform zustrebende Kreisgestalt, die meist mehrere Meter betragende, mithin im Verhältnis zur Fläche erhebliche Tiefe, und ihr mit der Umgebung fortschreitendes Höhenwachstum. Im weiteren Sinne kann man sie hiernach als die Sölle der Hochmoore bezeichnen.

Im Gegensatz zur Selbsterhöhung abflußloser Seen neigen Seen, welche Abflüsse haben, meist zur Erniedrigung ihres Wasserspiegels. Doch können, wenn die Abflüsse im Verhältnis zur Größe des Sees gering sind, auch Grenzfälle eintreten. Diese erzeugen eigenartige Gebilde, über welche in einem späteren Hefte gehandelt werden soll.

