

Die Versalzung im Gotteskoog (Nordfriesland) nach biologischen und chemischen Untersuchungen

Von Erich Wohlenberg

Inhalt

Vorbemerkung	113
I. Zur Entwicklungsgeschichte des Gotteskooges	
1. Watten, Priele, Anwachs, Halligen und Warfen (dritte Phase)	114
2. Die Eindeichung im Jahre 1566 (vierte Phase)	118
3. Die Folgen der Eindeichung	120
II. Die künstliche Entwässerung (fünfte Phase)	
1. Das Schöpfwerk Hemenswarf 1928	122
2. Das Schöpfwerk Verlath 1933 und 1951	123
III. Die Versalzung als Folge der künstlichen Entwässerung	
1. Die biologischen und chemischen Befunde	125
2. Der hydrographische Dienst des Marschenbauamts Husum — Forschungsstelle Westküste	
a. Allgemeine Feststellungen	136
b. Die Salzbewegung im Gotteskoog-See	138
c. Die Salzbewegung im Aventofter-See	139
d. Bewertung der Ergebnisse des hydrographischen Dienstes	141
IV. Folgerungen für die Landeskulturmaßnahmen	142
V. Zusammenfassung	143
VI. Schriftenverzeichnis	143

Vorbemerkung

„Die vom Standpunkt der Landwirtschaft dringend erforderliche Entwässerung der tiefliegenden Marschen hat Rücksicht zu nehmen auf die Gefahren des Salzwasseranstiegs aus dem nur in geringer Tiefe unter der Oberfläche der Marsch anstehenden salzigen Grundwasser.“
WEINOLDT u. SUHR (1951, S. 8)

Als die deutsch-dänische Landesgrenze im Jahre 1920 als politische Folge des ersten Weltkrieges von der Königsau südwärts an die Wiedau bzw. Süderau verlegt werden mußte, wurden das zwischen Tondern und Niebüll gelegene Niederungsgebiet des Gotteskooges und die westwärts anschließende, höher gelegene Wiedingharde zu Grenzkögen gegen Dänemark. Sie rückten dadurch stärker als bisher in das öffentliche Interesse, das auf der einen Seite einige Jahre später durch den Bau des Hindenburgdamms, der die Wiedingharde mit der Insel Sylt verband (1925—27), sichtbar wurde, und auf der andern Seite die Aufmerksamkeit der deutschen Landeskulturverwaltung auf sich zog mit dem Ziel der Trockenlegung und landwirtschaftlichen Erschließung des Gotteskooges. Dieser ist zwar der Fläche nach mit mehr als 8000 ha der größte Koog der Westküste Schleswig-Holsteins, der landwirtschaftlichen Erschließung nach aber der rückständigste Koog unserer Marschen überhaupt geblieben.

Als dann im Jahre 1928 auch in diesem bis dahin sehr vernachlässigten Gebiet die landeskulturelle Arbeit mit der künstlichen Entwässerung ihren Anfang nahm, begannen hier auch die ersten Untersuchungen des Verfassers. Diese vor 27 Jahren begonnenen Beobachtungen konnten zehn Jahre später, 1938, auf Anweisung des Oberpräsidenten der Provinz Schleswig-Holstein auf breiterer Grundlage wieder aufgenommen werden, als sich die Forschungsstelle Westküste des Marschenbauamts Husum diesem Sondergebiet zuwandte. Durch den Krieg wurden diese im ersten Stadium ihrer Entwicklung befindlichen Untersuchungen jäh wieder unterbrochen und konnten erst in den Nachkriegsjahren — wenn auch nur in sehr bescheidenem Maße — wieder aufgenommen werden. Wenn die Untersuchungsergebnisse jetzt zum erstenmal veröffentlicht werden, dann geschieht es, um die naturwissenschaftlich erarbeiteten Grundlagen einerseits zur allgemeinen Diskussion zu stellen und andererseits, um ihnen im Rahmen der großen öffentlichen Landeskulturmaßnahmen, wofür sie an sich die Ausgangsebene bilden

müßten (wie es in andern Küstenländern längst der Fall ist), den ihnen gebührenden Platz zuweisen zu lassen.

Den äußeren Anlaß hierzu bot die vom „Küstenausschuß Nord- und Ostsee“ am 8. Mai 1956 nach Kiel einberufene Arbeitstagung, auf der zum erstenmal die „Salzproblematik“ der Marschen durch niederländische und deutsche Forscher (VAN VEEN, DITTMER, PETERSEN)¹⁾ vorgetragen und diskutiert werden konnte.

I. Zur Entwicklungsgeschichte des Gotteskooges

Wenn die so schwerwiegende Erscheinung der Versalzung ihrer kausalen Herkunft nach verständlich werden soll, genügt es nicht, Grad oder Maß der Salzbewegung allein aufzuzeigen. Wie weiter unten gezeigt werden wird und wie auch der in diesem Heft erscheinenden geologischen Arbeit (DITTMER) zu entnehmen ist, ist es unerläßlich, sich zunächst einen landschaftskundlichen und landschaftsgeschichtlichen Überblick über das betreffende Gebiet zu verschaffen. Das ist für das Verständnis der Gotteskoogprobleme notwendiger als für jeden anderen Koog der Westküste. Während die Geschichte eines modernen Kooges unserer Küste durch zwei Phasen erschöpfend zu kennzeichnen ist, nämlich durch die Phase der Verlandung einerseits und die der Bedeichung und anschließenden Kultivierung andererseits, liegen die Verhältnisse beim Gotteskoog wesentlich verwickelter. Durch die flachen, nacheiszeitlichen Talsandablagerungen ist das Gebiet des späteren Gotteskooges von Anfang an als Depression vorgezeichnet gewesen. Bezeichnen wir die Ablagerung dieser heute noch im Koog anstehenden Talsandebenen als die erste Phase und die anschließende Vermoorung und Bewaldung als die zweite, dann nimmt die Wattenmeerzeit mit den Gezeiten, dem Einschneiden der Priele, der Bildung neuen Anwachs und der Errichtung der Warfsiedlungen in der Geschichte des Gebietes die dritte Phase ein. Die vierte umfaßt dann die Zeit nach der Bedeichung seit 1566, als zwar die Nordsee ferngehalten wurde, aber das Niederungsgebiet des Kooges mehr oder weniger ständig mit Süßwasser überstaut wurde. Und erst durch die künstliche Entwässerung seit 1928 tritt der Gotteskoog in seine fünfte Phase ein. Jede dieser fünf Phasen unterscheidet sich von der vorhergehenden durch wesentliche Merkmale; gleitende Übergänge von der einen zur anderen hat es nicht gegeben.

Viermal im Laufe dieser ungewöhnlichen Landschaftsentwicklung ist ein Übermaß an Wasser landschaftsbestimmend gewesen, und zwar zweimal das Süßwasser, zuerst bei der Vermoorung (zweite Phase), sodann nach der Eindeichung (vierte Phase); und zweimal das Salzwasser, zuerst in der Wattenmeerzeit (dritte Phase) bis zum Jahre 1566 und dann wieder heute seltsamerweise nach der Trockenlegung durch die Schöpfwerke (fünfte Phase).

Die folgenden Darlegungen befassen sich orientierend mit der dritten und vierten, im wesentlichen aber mit der letzten, der fünften Phase (ab S. 122).

1. Watten, Priele, Anwachs, Halligen und Warfen (dritte Phase)

Zwischen der nordfriesischen Geest im Bereich von Niebüll und Tondern und der bereits im Jahre 1436 (oder gar früher) bedeichten Marschinsel der Wiedingharde dehnte sich noch um das Jahr 1500 ein von Prielen und Tiefs durchzogenes Wattenmeer aus. Es wird sich nicht von den uns vom heutigen Wattenmeer vertrauten Landschaftsformen unterschieden haben. So wie sich heute vor der Festlandküste Nordfrieslands — zwar zur Hauptsache als Ergebnis der modernen Landgewinnung — junger Anwachs (Vorland) bildet, so geschah es auch im Mittelalter in Anlehnung an die damals vorhandenen Landkerne, der Geest im Osten

¹⁾ Vgl. die drei Aufsätze in diesem Heft.

und der Wiedingharde im Westen, und zwar im Zuge der natürlichen, vom Menschen im wesentlichen unbeeinflussten Verlandung mit Hilfe der Salzpflanzengesellschaften. Außerdem hatten sich allseitig vom Wasser umgebene Anwachsräume gebildet, die als Halligen die Watt- und Wasserflächen um wenige Dezimeter überragten.

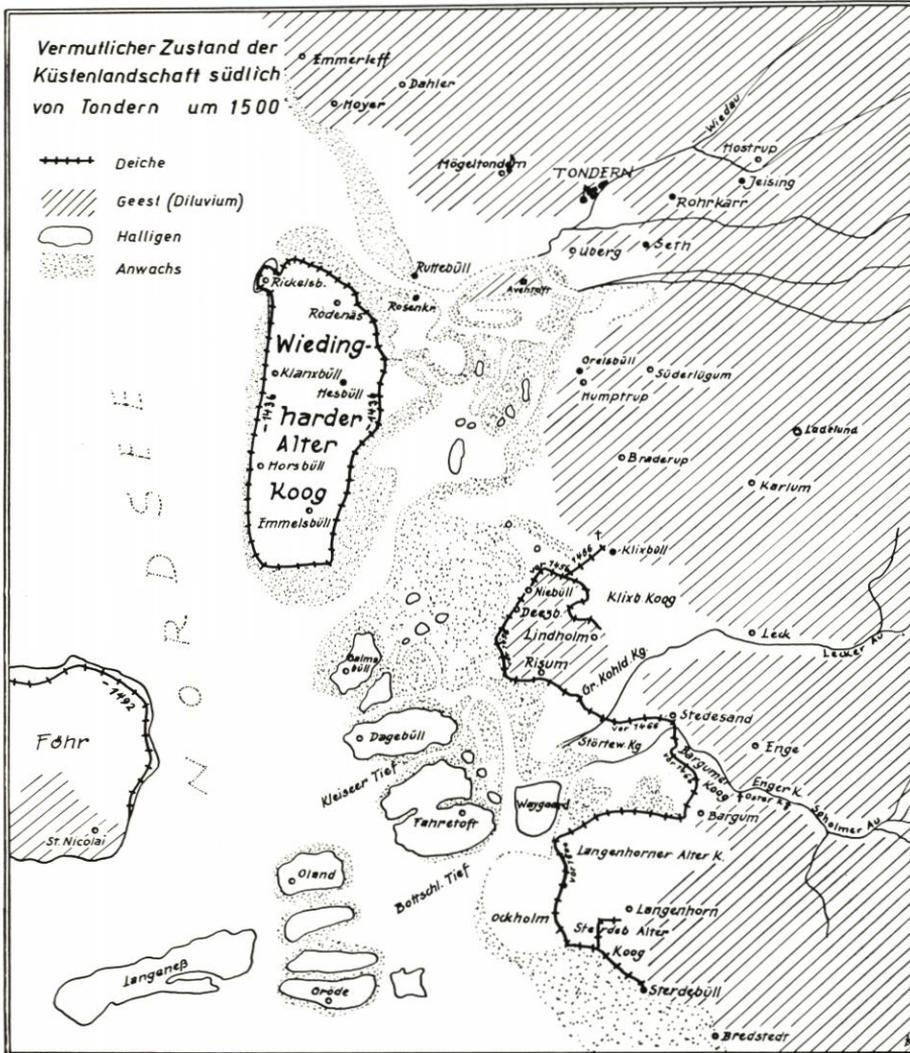


Abb. 1. Nordfriesische Küste um 1500 (aus ANDRESEN, 1940). Zwischen der bedachten Wiedingharde und der festländischen Geest wächst der spätere Gotteskoog heran

Wir verdanken dem Historiker LUDWIG ANDRESEN (†) eine hervorragende Darstellung der Bedeckungsgeschichte in unserm nördlichen Grenzgebiet (ANDRESEN, 1940). Wir geben daraus eine Karte wieder, die den derzeitigen Zustand des Gotteskooggebietes um das Jahr 1500, also vor der Eindeichung, zeigt (Abb. 1). Die Wiedingharde war damals noch allseitig vom Meer umgeben. Wir erkennen die Verlandungsräume südwestlich von Tondern bei Rutte-

büll und Rosenkranz, südlich der Diluvialinsel Aventoft, westlich von Hesbüll, nordwestlich von Klixbüll sowie die kleinen Halligen. Es ist die Zeit, als sich die westlich vom 1456 bedachten Kornkoog (Deezbüll-Risum) gelegenen Anwachsflächen von Galmsbüll, Dagebüll und Fahretoft noch im Halligzustand befanden, also noch unbedeicht waren.



Abb. 2. Mittelalterliche Keramiken und Hausgeräte aus einer Brunnengrabung auf der Warf SÖNNICHSEN auf Hattersbüllhallig

Aufn. E. WOHLBERG, 1929



Abb. 3. Zierkrug aus der Warfgrabung Hattersbüllhallig, 16. Jahrhundert

BILDARCHIV NISSENHAUS

In dieses östlich der Wiedingharde gelegene Wattenmeer hatte die Nordsee von zwei Seiten her freien Zutritt, einmal südlich der Insel Wiedingharde und zum andern nördlich davon. Wir wissen heute nicht, wo und unter welchen Begleiterscheinungen sich die von Süden kommende Gezeitenwelle in Lee der Wiedingharde mit der nördlichen getroffen hat. Wir dürfen jedoch aus ähnlich gelagerten Fällen unserer Tage annehmen, daß sich die Kräfte der Gezeitenströme ungehindert entfalten konnten und daß demzufolge die Sedimentations-(Anschlickungs-)bedingungen für eine schnelle Fortentwicklung des Anwachs nicht günstig gewesen sein können. Nur so ist es zu verstehen, daß die Halligen des späteren Gotteskooggebietes trotz des Schutzes der im Westen vorgelagerten Wiedingharde nicht zusammenwachsen

konnten, sondern voneinander getrennt blieben. Natürlich schloß dieser Umstand ihre Nutzung durch den Menschen nicht aus, aber es war nur eine extensive Nutzung als Halligland möglich. Auf den größeren Halligen errichtete der siedelnde Mensch zum Schutz gegen die Sturmfluten Warfen und auf diesen Wohnhäuser. Dieses mittelalterliche Siedlungsbild ist bis heute im Gotteskoog erhalten geblieben. Daß es sich nicht um Siedlungen der letzten hundert Jahre sondern um ältere handelt, zeigen die Abbildungen 2 und 3.

Bei der ersten Begehung des Gebietes durch den Verfasser im Jahre 1929 war man auf der Warf SÖNNICHSEN auf Hattersbüllhallig gerade damit beschäftigt, einen neuen Sod (Brunnen) in den Warfkörper hineinzubauen. Dabei förderte man in 150 cm Tiefe von einer früheren Warfoberfläche die auf den Abbildungen 2 und 3 abgebildeten Gegenstände zutage. Es handelt sich ausnahmslos um fast heile Gebrauchskeramik, also nicht um fortgeworfene, für die damaligen Bewohner wertlose Scherben. Sie müssen also einer durch Sturmflut zerstörten Siedlung, einer Vorgängerin der heutigen, zugeordnet werden (WOHLENBERG, 1955). Außer den Keramiken mögen ein noch mit Speisefett gefüllter Napf aus Messing (ganz links auf Abb. 2) und ein hölzerner Kamm (rechte Bildhälfte) erwähnt werden. Da inzwischen sämtliche Gegenstände (bis auf den Zierkrug, Abb. 3) leider in alle Winde zerstreut und somit für die Marschenforschung verloren sind (und da es sich bei diesen Fundstücken um die einzigen Keramiken handelt, die überhaupt im Gebiet des Gotteskooges bisher gefunden wurden), mögen sie nunmehr — siebzehn Jahre nach ihrer Entdeckung — als Dokumente der Landschaftsgeschichte und als Beweisstücke eines echten mittelalterlichen Halligschicksals (Sturmflutkatastrophe) in das Licht der Forschung gerückt werden.

Zeigen somit die Anwachszonen des späteren Gotteskooges das allgemein Typische des Wattenmeeres, so trifft das nicht im gleichen Maße für den eigentlichen Gezeitenbereich, d. h. für die Watten und Priele zu. Weite Flächen der Watten zeigten noch die nicht verschlickte diluviale bzw. subglaziale Oberfläche des Talsandes, der im Zuge der Flandrischen Transgression (DITTMER, 1952, 1954) in den Bereich von Flut und Ebbe gelangt war. Dasselbe Schicksal der Überflutung erlitten die Hochmoor- und Bruchwaldformationen, die sich



Abb. 4. Eichenwurzel in Lebensstellung und gestürzte Baumstämme auf dem heutigen Seeboden aus der Zeit der Moorbildung (2. Phase) vor der Überflutung durch die Nordsee
Aufn. A. BANTELMANN, 1935



Abb. 5. Der heute trockengelegte Seeboden mit den Schalen der Miesmuschel, Herz- und Plattmuschel aus der Zeit vor der Eindeichung des Gotteskooges (vor 360 Jahren, 3. Phase)
Aufn. A. BANTELMANN, 1935

vor dem Heranrücken des Meeres auf dem Talsand gebildet hatten. Die Abbildungen 4 und 5 belegen diese Entwicklung.

Abbildung 4 gibt die noch in Lebensstellung befindliche Wurzel einer mächtigen Eiche wieder, und zwar einer vom Sturm oder vom Meer gefälltten Eiche, deren Stamm noch rechts im Bild erkennbar ist. BANTELMANN (1935) schreibt hierüber in seinem unveröffentlichten Manuskript aus dem Jahre 1935²⁾ folgendes:

„Im Bruchwaldtorf finden sich nahe über dem Sand zahlreiche Eichenwurzeln, teilweise mit bis zu 30 cm hoher Stammbasis in Wachstumslage. Der durchschnittliche Stammdurchmesser beträgt 40 bis 100 cm, in einem Fall sogar noch mehr. Zwischen den Wurzeln finden sich kreuz und quer liegende Eichenstämme, die teilweise noch durch Späne mit den Stümpfen verbunden sind. Dazwischen treten Reste von Birkenstämmen auf, die wegen ihrer leichten Vergänglichkeit schlechter erhalten sind. In etwas höheren Lagen des Torfes sind Erlenwurzeln erkennbar.“ ... „Der unter den *Cardium*-Sanden lagernde Bruchwaldtorf der Schnerpeniederung enthält zahlreiche Birkenreste und Erlenstämme, die in vorwiegend nordost-südwestlicher Richtung liegen.“

Weiter heißt es bei BANTELMANN: „In der Umgebung der Fundstellen des Erlen-Birkenwaldes im Gotteskoog-See, im Kahlebüller-See und im Aventofter-See finden sich lose auf dem Seeboden verstreut Steinwerkzeuge, die (nach freundlicher Begutachtung durch Herrn Dr. h. c. RUST, Meiendorf) dem Neolithikum angehören. Diese Steinwerkzeuge finden sich besonders zahlreich im Ostteil des Aventofter-Sees. Eine weiter reichende Verschwemmung dieser Fundstücke kann wegen des Gewichts und der Anzahl derselben nicht angenommen werden. Es handelt sich um mehrere geschliffene Feuersteinbeile, mehrere Hohlschaber, einige Rundschaber und zahlreiche Späne und Werkzeugbruchstücke.“

Abbildung 5 zeigt die heute trockengelegte Oberfläche des alten Talsandes, der nach der Überflutung durch die Nordsee zum Watt wurde. Als Faunenbestandteile erkennen wir noch die Herzmuschel (*Cardium edule* L.), die Plattmuschel (*Macoma baltica*), die Miesmuschel (*Mytilus edulis* L.) und die Meeres-Strandschnecke (*Litorina litorea* L.). Das Artenbild zeigt an, daß eine echte Wattfazies vorliegt.

Durch die genannten Funde aus der Vorzeit, durch die noch heute sichtbaren Reste der Moor- und Waldbildungen sowie schließlich durch die Muschelablagerungen und Halligbildungen der Wattenmeerzeit sind die ersten drei Phasen gekennzeichnet und damit die ältesten Formen der Landschaft, die im Laufe der Jahrtausende aufeinander gefolgt sind, in die Erinnerung zurückgerufen. Die Wattenmeerzeit reicht in unsere Zeitrechnung hinein, und tausenddreihundert Jahre später rücken die ersten Bedeichungspläne diese Gezeitenlandschaft in das Licht der größeren Gemeinschaften, in das Interesse von Politik und Wirtschaft. Herzöge, Bauern und Könige wollen deichen (ANDRESEN, 1940).

2. Die Eindeichung im Jahre 1566 (vierte Phase)

In den Annalen des Deichbaus in Nordfriesland wird die Bedeichung des Gotteskooges in die Zeit von 1562 bis 1566 gelegt. BANTELMANN berichtet:

„Was lange vergeblich versucht worden war, gelang hiermit: Der Tonderndeich und der Deich des Wiedingharder Alten Kooges wurden zwischen den Orten Ruttebüll und Fegetasch (Neukirchen) durch einen Deich verbunden. Der heutige Ruttebüller See, der von der Wiedau durchflossen wird und das Tief südlich von Fischerhäuser wurden mit vieler Mühe durchdämmt, im ersten wurde eine Schleuse errichtet. Im Süden wurde die Eindeichung angeschlossen durch einen Deich, der die Horsbüllharde nordöstlich von Emmelsbüll mit dem schon vorher fertiggestellten Deich Klixbüll-Gath bei Niebüll verband. Vom Bau dieses südlichen Deiches (Südergotteskoogsdeich) werden keine Schwierigkeiten berichtet. Wahrscheinlich lagen hier ausgedehnte Marschflächen vor, die miteingedicht wurden.“

Diese mehr allgemeinen Bemerkungen lassen nicht ahnen, welch eine Kette von dramatischen Situationen mit der endgültigen Bedeichung des Gotteskooges tatsächlich verbunden war.

²⁾ Herr Dr. BANTELMANN stellte seinen Manuskriptentwurf freundlich zur Verfügung, wofür ihm auch an dieser Stelle herzlich gedankt sei!

Es ist das Verdienst des bereits oben zitierten Tonderaners LUDWIG ANDRESEN, in die lange Reihe von Fehlschlägen im Bedeichungswerk auf Grund seiner Forschungen in deutschen und dänischen Archiven Licht gebracht zu haben (ANDRESEN, 1940). Was bei ihm in chronologischer Folge berichtet wird, gehört zu den spannendsten und aufschlußreichsten Kapiteln nordfriesischer Deichgeschichte. Aus seiner Arbeit geben wir die Abbildung 6 wieder. Sie läßt erkennen, wie die ersten Bedeichungsversuche des Landesherrn, HERZOG FRIEDRICH I. (1490 bis 1523) im Mündungsgebiet der Wiedau zunächst scheiterten. Es gibt mit Ausnahme des Bottschlotter Werks kaum ein Gebiet nördlich der Eider, wo derart leidenschaftlich und zäh mit dem Meer gerungen worden ist. Im Grunde waren es rund dreihundert Jahre, die dieses Ringen um den Gotteskoog gedauert hat, denn der erste Versuch geht nach ANDRESEN (S. 94) auf das Jahr 1314 zurück. Nach langer Pause wurde das Projekt 1511—1513 wieder aufgenommen, aber auch dieser Deich wurde sogleich wieder durch Sturmfluten zerschlagen, fünfzig Jahre später, im Jahre 1562, erneut angepackt und 1566 endlich zum „glücklichen“ Ende geführt.

3. Die Folgen der Eindeichung

„Der so umgürtete ‚nie Kogh, so man im namen Gades angefangen und so man nomet gadeskogb‘, der Gotteskoog, mußte der Größe nach als ein außerordentlicher Erfolg gewertet werden. Er barg aber in sich viele Unfertigkeiten; er war zu früh eingedeicht, eine weitere Erhöhung des Bodens durch angeschlickten Meereston war nun nicht mehr möglich. Daher bereitete die Entwässerung bald zunehmende Schwierigkeiten. Von den fast 16 000 Demat des Kooges war reichlich ein Drittel altes hohes Vorland.“

Die restlichen 10 000 Demat wurden als „Schlickland“ von geringem Wert bezeichnet und vom normalen Hochland von Anfang an getrennt besteuert, die als „Heuer aus dem Gotteskooge“ in den Amtsrechnungen erscheint (ANDRESEN, S. 102—3). In der Neujahrsflut 1593/94 soll vom Gotteskoogdeich nur ein Drittel übriggeblieben sein. Erst im Juni 1598 wurde der Einbruch im Norden geschlossen.

„Der Gotteskoog hatte also fünf Jahre lang dem offenen Einstrom salzigen Wassers freigelegen, zum großen Teil infolge der Uneinigkeit herzoglicher und königlicher Koogsgenossen und Räte, ‚de der saken nummer konden eins werden‘.“

Durch die Sturmfluten vom 28. und 31. August 1600, 20. Oktober 1612 und 26. September 1614 wurden dem Gotteskoog erneut schwere Schäden zugefügt (ANDRESEN, S. 117).

„Nach 1600 wurde die Entwässerungsfrage für den Gotteskoog immer schwieriger, so daß Koogsleute begannen, ihr übernaß gewordenes Land mit dem Deichanteil aufzugeben, zu derelinquieren.“
„Als nach Ao. 1600“ . . ., so heißt es in einem Memorial von 1674, „die Inudation des frischen, fürnehmlich aus der Karrharde von der Geest herab in den Gottescogh einfließendes Wasser im Gottescogh sich angebeuffet, also das die alten Gottescoghischen Interessenten viele überschwemmte Lendereyen der Schatzung und Deichbeschwerden halber losgeschlagen, hat der Herzog 1620 und 1621 diese losgeschlagenen Gotzcooghsländereien als desert angenommen“, fast 4000 Demat (ANDRESEN, S. 130—1).

Besser als viele Worte vermögen diese kurzen historischen Zitate die trostlose Lage der Landeigner im Gotteskoog beleuchten. Der Koog stand im Zeichen einer dreifachen Not und Bedrängnis: Sturmfluten (bei unzureichenden Deichen), monatelange Überschwemmungen durch Binnenwasser und schlechte Böden (10 000 Demat Wattland). Diese Schwierigkeiten in der Beherrschung des Wasserüberflusses besserten sich nur um ein Geringes, als die „Rollwagenzüge“ (= Hauptsiebzüge, vgl. Abb. 7 und Lageplan Abb. 27 auf S. 137) neu angelegt durch den holländischen Deichbaumeister CLAAS JANSSEN ROLLWAGEN, der vom Herzog zum „General-Deichgrafen“ mit großen Vollmachten ernannt worden war, mit verbesserten und erweiterten Schleusen das Gotteskoogwasser „in die See lösten“. Das war im Jahre 1622. Von dieser Zeit an stagnierte die Wasserlösung im Gotteskoog für abermals rund dreihundert (!) Jahre.

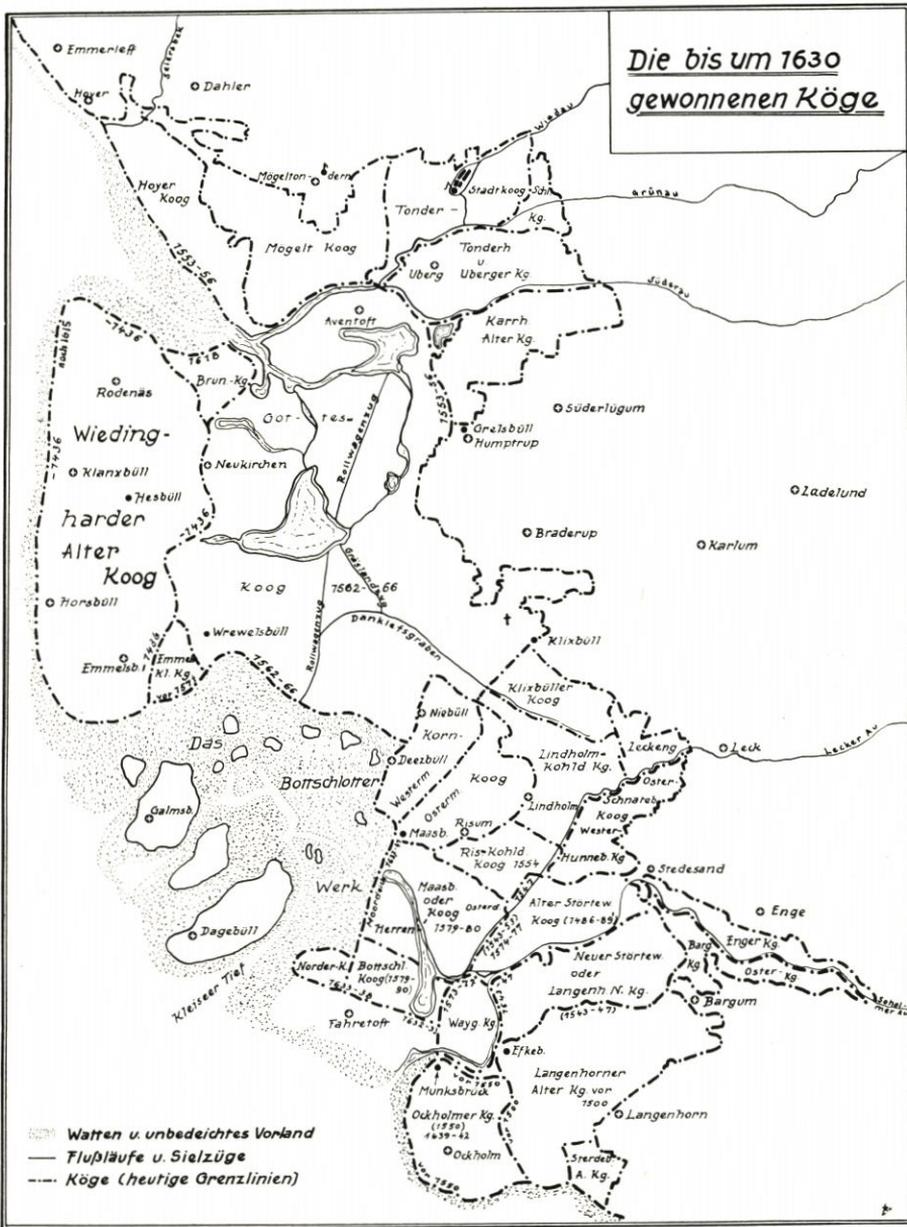


Abb. 7. Nach der Bedeichung des Gotteskooges wird die Wiedingharde landfest. Das miteingedeichte Wattland wird zu großen Binnenseen, dem Gotteskoog-See in der Koogsmittle, dem Aventoft-See im Norden (aus ANDRESEN, 1940)

Nach der Aussüßung des Kooges im Anschluß an die Bedeichung von 1566 und 1618 (Brunottenkoog) vollzog sich ein grundlegender Wandel im Landschaftsbild. Zwischen den Halligen war das Watt verschwunden, das bis dahin im Wechsel der Tiden überflutet wurde und trockenfiel. Es war jetzt ständig von Wasser bedeckt und war somit nicht mehr sichtbarer

Bestandteil der Landschaft. Infolge der tiefen Koogslage und der schlechten Vorflutverhältnisse war der Gotteskoog zu einem Auffangbecken für das Niederschlagswasser aus Marsch und Geest geworden. Aus den Halligen des Gezeitenmeeres waren Inseln eines Binnensees geworden; Inseln, die zwar nicht mehr unmittelbar die Sturmflut zu fürchten hatten, wohl aber eine andere Wassernot, die monatelang währende Überflutung durch Binnenwasser. Vom Herbst bis zum Frühjahr lag das Ruderboot sozusagen „an der Haustür“, es war für Wirtschaft, Schul- und Kirchenbesuche, Feste und Trauerfälle das einzige Verkehrsmittel. So blieb es bis in unsere Tage! Weite Flächen des ehemaligen Wattbodens und die tiefer gelegenen Randbezirke des Anwaches und der Halligen wurden im Zuge der Aussüßung von unübersehbaren Schilf- und Binsenbeständen besiedelt. Die Bewohner stellten sich um auf die Binnenfischerei, auf Rethgewinnung sowie auf die Binsenflechterei. Auch die Tierwelt änderte ihre Zusammensetzung vollkommen. In den Schilfbeständen war der Kranich bis 1935 Brutvogel. Die Schalenfauna des Wattenmeeres (Abb. 5) ging durch das Süßwasser zugrunde. Statt dessen wanderten Süßwassermuscheln und Schnecken ein. Unter den ersten seien die bekannten Teichmuscheln *Anodonta* und *Unio* genannt, die nicht nur den Boden des Aventofter- und Gotteskoog-Sees bewohnten, sondern auch die verbliebenen Tiefs und den Grund der Kanäle (Abb. 25).

An dieser Stelle darf noch auf eine Erscheinung hingewiesen werden, die mit dem hohen Binnenwasserstand zusammenhängt, nämlich auf die Erosion und Zerstörung der hohen Halligufere. Während der Wattenmeerzeit gab es Verlandungs- und Abtragungerscheinungen, aber auch während der Süßwasserperiode. An besonders dem Seegang ausgesetzten Ufern war ein ständiger Rückgang an wertvollem Halligland festzustellen. Auf Abbildung 11 auf Seite 124 handelt es sich nicht etwa um ein Halligkliff aus der Wattenmeerzeit, sondern um Zerstörungsformen durch das Binnenwasser, die erst heute nach künstlicher Absenkung des Wasserspiegels der Vergangenheit angehören.

Als der Gotteskoog im Jahre 1920 Grenzland wurde, wurde das Niederungsgebiet endlich in die modernen Meliorationsvorhaben unseres Jahrhunderts einbezogen. Die auf natürlichem Wege durch 360jähriges Bemühen nicht zu erreichende Wasserlösung wurde nunmehr auf künstlichem Wege durch Errichtung von Schöpfwerken eingeleitet. Wir treten damit in die fünfte Phase der Landschaftsentwicklung ein.

II. Die künstliche Entwässerung (fünfte Phase)

1. Das Schöpfwerk Hemenswarf 1928

Im Jahre 1928 konnte der Wasserspiegel im Niederungsgebiet des Gotteskooges zum erstenmal auf künstlichem Wege gesenkt werden. Vom Schöpfwerk Hemenswarf wurde das Gotteskoogwasser, das durch mehr als 15 km lange Sielzüge zum Schöpfwerk geleitet werden mußte, bei Südwesthörn ins Meer befördert (Abb. 8). Die volle Schöpflleistung dieses Werks konnte jedoch nicht ausgenutzt werden, weil das Wasser infolge der langen Zubringer nicht genügend schnell zu den Pumpen gelangte. In dieses erste Jahr der künstlichen Entwässerung fiel die erste Untersuchung im Gotteskoog durch den Verfasser. Im Sommer des Jahres 1929 lagen bereits die ersten Flächen beim Aventofter- und Gotteskoog-See trocken. Abbildung 11 vom August 1929 zeigt den Hof Grönland am südlichen Ufer des Gotteskoogsees. Vor dem Haus erkennen wir die durch den jahrhundertlang währenden Binnenwasserstand zerstörte Halligkante. Das zum Hof „Grönland“ gehörige Halligland ist auf diese Weise immer weiter aufgezehrt worden. So waren also die Sedimente der Wattenmeerzeit selbst während der Süßwasserstauperiode seit 1566 hier und an anderen Stellen einem Aufbereitungs-



Abb. 8. Das erste Schöpfwerk für den Gotteskoog, Hemenswarf bei Südwesthörn. Baujahr 1928
Aufn. E. WOHLBERG, 1929



Abb. 9. Das zweite Schöpfwerk für den Gotteskoog bei Verlath an der Wiedau. Baujahr 1933 (vgl. Abb. 27)
Aufn. A. BANTELMANN, 1935



Abb. 10. Das in Bau und Leistung ($23 \text{ m}^3/\text{s}$) 1951 verdoppelte Schöpfwerk Verlath
Aufn. E. WOHLBERG, 1956

prozeß unterworfen. Von der Halligkante bis zum Bildvordergrund kommen Teile des alten Seebodens zum erstenmal nach 350 Jahren wieder ans Tageslicht. Hier handelt es sich jedoch nicht um mineralische Sedimente des Wattenmeeres, sondern um organogene Böden, um Torfe aus der Nacheiszeit, die, wie oben bereits erwähnt, erst durch die flandrische Transgression in den Gezeitenbereich der ansteigenden Nordsee gelangt waren. Rechts im Bild sehen wir den abgesenkten Spiegel des Gotteskoog-Sees (vgl. auch Abb. 5).

2. Das Schöpfwerk Verlath 1933 und 1951

Da sich die Absenkung der Seespiegel infolge der geringen Transportleistung der Zubringerkanäle nach Südwesthörn als nicht ausreichend erwies, schritt man zum Bau eines neuen Schöpfwerks im Norden der Niederung bei Verlath. Dieses Schöpfwerk (Abb. 9) wurde im Jahre 1933 zusätzlich mit einer Sekundenleistung von 10 m^3 in Betrieb genommen. Die Zubringerwege waren hier für das Wasser weit günstiger, so daß der Seespiegel von 1933 ab um weitere 100 cm, also insgesamt auf NN — 150 cm abgesenkt werden konnte. Erst jetzt konnten erhebliche Flächen der alten Seeböden allmählich in landwirtschaftliche Kultur genommen werden. Obwohl das neue Schöpfwerk Verlath, das die Wassermassen in den von Deichen umschlossenen Ruttebüller See pumpte, eine Sekundenleistung von 10 m^3 hatte, schritt man im Jahre 1951 im Rahmen der im „Programm Nord“ vorgesehenen verstärkten Meliorationen zur Verdoppelung des Schöpfwerks Verlath (Abb. 10 und Abb. 27 auf S. 137). Die Gesamtleistung des erweiterten Schöpfwerks betrug nunmehr $23 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Höhe des Wasserspiegels war damit endlich vollkommen in die

Hand des Menschen gelegt. Infolge der hohen Pumpleistung kann er beliebig weit abgesenkt werden. Er wird seit 1952 auf einem Stand von rund 2,00 m unter NN gehalten, was einem Niveauunterschied gegenüber dem MThw der westlich benachbarten Nordsee von rund 3,00 m



Abb. 11. Hof und Hallig Grönland am Südostufer des Gotteskooges nach der ersten Wasserspiegel-senkung durch das Schöpfwerk in Südwesthörn. Die nacheiszeitlichen Moorbildungen werden vom See wieder freigegeben. (Das Bild belegt die Phasen 2, 3 und 5, vgl. S. 123)

Aufn. E. WOHLBERG, 1929

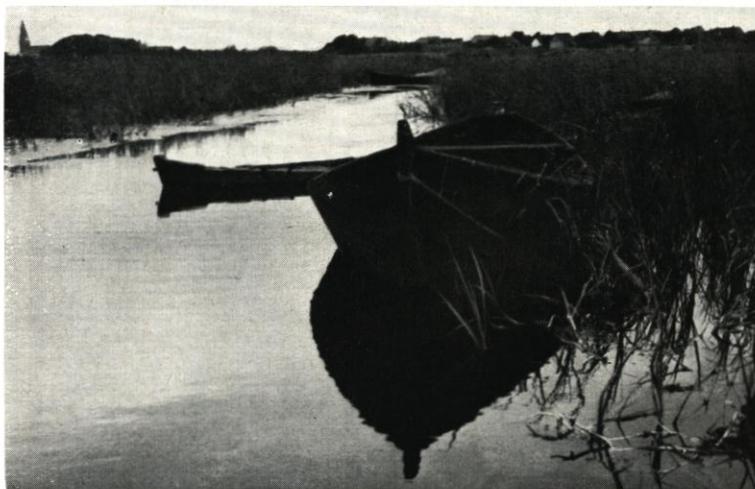


Abb. 12. Entwässerungsgraben bei Aventoft im ersten Stadium der künstlichen Entwässerung mit auf Grund liegenden Ruderbooten. Im Hintergrund Aventoft

Aufn. A. BANTELMANN, 1935

entspricht. Der Ausbau der Zubringer aus den eigentlichen Seegebieten dauert zur Zeit noch an. Um auch den letzten Quadratmeter des Gotteskooges trockenlegen und der landwirtschaftlichen Kultivierung zuführen zu können, wurde ein System von neuen Zubringerkanälen aus-

gebaggert, und zwar nicht nur im Tiefenbereich der frühalluvialen Torfe, sondern bis tief in den darunter liegenden Talsand hinein.

Die Folgen dieser Seespiegel- und Grundwasserabsenkung seien im nächsten Abschnitt auf Grund biologischer und bodenkundlicher Analysen erörtert; wir kommen damit zur eigentlichen Problematik dieser so großzügig in Angriff genommenen Melioration.

III. Die Versalzung als Folge der künstlichen Entwässerung

1. Die biologischen und chemischen Befunde

Die biologischen, hydrographischen und geologischen Untersuchungen der Forschungsstelle Westküste des Marschenbauamts Husum begannen im Jahre 1938. Aber bereits drei Jahre früher hatte BANTELMANN von seinem damaligen Wohnsitz Aventoft aus eine landschaftskundliche Untersuchung in den Niederungen des Gotteskooges durchgeführt. Diese Untersuchung geht auf das Jahr 1935 zurück (BANTELMANN, 1935). Darüber hinaus finden wir im Schrifttum der Heimatforschung aus derselben Zeit zwei Aufsätze von FRANZ HANSEN (1936 und 1936 a) über Beobachtungen im Gotteskoog, nachdem das erste Schöpfwerk Verlath neben dem Schöpfwerk Hemenswarf seit zwei Jahren in Tätigkeit war. HANSEN (1936 a) schreibt:

„Die alten Wasserläufe sind ausgebaggert, die alten Gräben tiefer und breiter gemacht, und neue Gräben werden gezogen. Jetzt kann das salzige Grundwasser herausquellen, und die neuen Schnittflächen der vielen neuen Gräben begünstigen das Auslaugen des Salzes aus dem Boden. Das Wasser ist jetzt so salzig, daß Menschen und Vieh es nicht genießen können. Die Bewohner fangen das Regenwasser von den Dächern auf und leiten es in große Zisternen. Bohren nach Süßwasser ist vergeblich geblieben.“

Eine ungeheure Tragweite liegt in diesen einfachen, schlichten Sätzen! Hier taucht zum erstenmal in der Geschichte des Gotteskooges das Wort „Salz“ auf. HANSEN spricht bezeichnenderweise vom „herausquellenden“ salzigen Grundwasser! Er hat damit alle späteren, auf exakter chemischer Grundlage erarbeiteten Ergebnisse der Forschung vorweggenommen. Der gleiche Verfasser berichtet weiter:

*„Völlig neue Pflanzen hatten sich eingefunden: Queller (*Salicornia*), Strandsoda (*Suaeda maritima*) und Gifhahnenfuß (*Ranunculus sceleratus*), alle drei in Mengen und in äußerst hohen und buschigen Exemplaren“ (vgl. Abb. 14).*

Was war geschehen? Die Wattenmeerzeit (3. Phase, vgl. oben) lag länger als 360 Jahre zurück. Seitdem hatte das ohne Unterbrechung im Überfluß vorhandene Süßwasser den Boden längst ausgesüßt.

Im Jahre 1929, als der Verfasser das Niederungsgebiet zum erstenmal durchstreifte, konnten in der Pflanzendecke keinerlei Anzeichen von salzliebenden Pflanzen entdeckt werden. Während der Feststellung von HANSEN (1936 und 1936 a) war das Schöpfwerk Hemenswarf sechs Jahre und das von Verlath zwei Jahre in Betrieb! Wir sind bei der Ergründung dieses Phänomens nicht auf die wenigen Sätze bei HANSEN angewiesen. Etwa zur gleichen Zeit, 1935 und 1936, widmete sich BANTELMANN (1935) dem Gesamtproblem Gotteskoog auf geographischem, biologischem und geologischem Gebiet. Was HANSEN mit zwei folgensweren Sätzen (vgl. oben) niederschrieb, das wird von BANTELMANN durch Analysen der Pflanzengesellschaften nach soziologischen Gesichtspunkten und durch eingehende Beschreibung der nach dem Abpumpen auftauchenden Seeböden in bezug auf Zusammensetzung, Einschlüsse und Formen vielfältig belegt. Chemische Analysen liegen aus jener Zeit nicht vor.

Bei der ersten Untersuchung des Verfassers im Gotteskoog im August 1929 konnte der Sommerwasserstand durch das Schöpfwerk Hemenswarf bei Südwesthörn um 0,60 m gegenüber früher gesenkt werden. Das Absenkungssoll wurde nach der Planung mit



Abb. 13
Die künstliche Entwässerung
setzt ein, weite Gebiete
des Aventoftter-Sees fallen
trocken. Am Horizont
Aventoft

Aufn. A. BANTELMANN, 1935



Abb. 14
Die erste Vegetation
auf dem trocken-
gefallenen Seeboden
wird durch Salz-
pflanzen (*Salicornia
herbacea* u. *Aster
tripolium*) gebildet.
Rechts am Horizont
Aventoft

Aufn. A. BANTELMANN,
1936



Abb. 15
Zwanzig Jahre später ist
der ehemalige Seeboden mit
Schilf und Gräsern bedeckt,
aber auch immer noch mit
Salzpflanzen. Im Vorder-
grund blühende Salzaster.
Am Horizont Aventoft

Aufn. E. WOHLBERG, 1956

NN — 1,20 m angegeben. Hemenswarf hat diese Zahl nicht erreichen können, wie oben begründet wurde. Von den Seeböden tauchten damals zum erstenmal die Randgebiete auf (Abb. 11). Nach der Inbetriebnahme des Schöpfwerks Verlath (von 1933 ab) wurde der Wasserstand dagegen auf — 1,50 m NN gehalten (BANTELMANN, 1935). Dieses Niveau liegt etwa 2,50 m unter MThw der Nordsee. Im Jahre 1935 wurden allein vom Schöpfwerk Verlath bei einer Sekundenleistung von 10 m³ 75 Mio m³ Binnenwasser in die Wiedau gepumpt (BANTELMANN). Um die durch diese weitgehenden Entwässerungsmaßnahmen eingetretenen Veränderungen aufzuzeigen, entnehmen wir dem Manuskript BANTELMANNs die Abbildungen 12 bis 14 und 19. Abbildung 12 zeigt, daß die ehemals so lebenswichtigen Boote nach der Wasserspiegelabsenkung sogar in den Kanälen auf Grund liegen. Die durch jahrhundertelange Überflutung gebildete Torfmudde springt, wie Abbildung 19 erkennen läßt, durch Trockenrisse gegliedert, in Platten vom Untergrund ab.

Was HANSEN (1936 a) vom *aufquellenden Salzwasser* aus dem Seeboden berichtet, wird durch die Aufnahme BANTELMANNs (Abb. 14) eindeutig bewiesen. Dieser Abbildung 14 entnehmen wir den geradezu revolutionären Charakter der Landschaftsverwandlung. Die Aufnahme hat dokumentarische Bedeutung. Fast der ganze Teil des ehemaligen Aventofter-Sees ist wieder zu einer „Watt“-Landschaft geworden, die sich durch die Salzpflanzen, den Queller (*Salicornia herbacea* L.) und die Salzaster (*Aster tripolium*), nicht vom freien Watt des Gezeitenbereichs vor der Küste unterscheidet.

In den Jahren 1938/39 setzten die Untersuchungen der Forschungsstelle Westküste — zunächst ohne Kenntnis der Untersuchungen von HANSEN und BANTELMANN — ein. Sie beschränkten sich vorwiegend auf die beiden früheren Seebecken des Gotteskoog-Sees und des Aventofter-Sees (vgl. Lageplan, Abb. 27 auf Seite 137). Es ergab sich bald, daß im Gotteskoog eine sehr komplexe Aufgabe zu lösen war. Angesichts der Fülle der für die Landeskultur außerordentlich bedeutsamen biologischen und bodenkundlichen Veränderungen entwickelte die Forschungsstelle im Jahre 1939 mit Zustimmung des Oberpräsidenten ein umfassendes Untersuchungsprogramm, zu dessen Bewältigung eine Reihe von Spezialisten gewonnen werden konnte. Durch den Krieg wurden diese Arbeiten jedoch bereits im ersten Stadium unterbrochen. Von diesen ersten Untersuchungen mögen die folgenden Ergebnisse hier mitgeteilt werden.

Die beigefügten Abbildungen 16 und 17 des Jahres 1938 zeigen gegenüber den von BANTELMANN drei Jahre vorher festgestellten Befunden keine grundsätzliche Änderung. Die Vegetationsbilder lassen zum Beispiel durchaus kein Abklingen der Versalzung der Seeböden vermuten, obwohl die Jahresniederschläge von 1935 bis 1938/39 eine Aussüßung hätten herbeiführen müssen. Daß das nicht der Fall war, geht außerdem aus den drei folgenden Tabellen hervor. Die im Sommer 1939 durchgeführten Salzanalysen geben sowohl den Salzgehalt des offenen Gewässers wieder als auch die im Boden angetroffene Salzkonzentration.

Tabelle 1
Salzgehalt im Wasser des
Aventofter-Sees

Juli 1939 (Regen im Juni 16, im Juli 86 mm)

Probe Nr.	Entnahme-Tiefe	‰ Salz
Av. 71	See-Oberfläche	1,26
Av. 74	„	1,73
Av. 91	„	1,66
Av. 92	„	1,89
Av. 94	„	1,91
Av. 105	„	1,71

Diese Proben verteilen sich über die ganze noch verbliebene Restsee-Fläche.

Abb. 16
Restfläche Aventoft-See
Ufervegetation mit Meer-
strandsbinse (*Scirpus mari-
timus*), Salzaster (*Aster tri-
polium*) und Queller (*Salic-
cornia herbacea*)

Aufn. E. WOHLBERG, 1938



Abb. 17
Restfläche Aventoft-See
mit blühenden Salzastern
(*Aster tripolium*) und
Queller (*Salicornia herbacea*)

Aufn. E. WOHLBERG, 1938



Abb. 18
Der trockengefallene Tal-
sand-Seegrund bei Aventoft
mit *Salicornia herbacea* und
Spergularia salina und wei-
ßen Salzausblühungen an
der Bodenoberfläche durch
Verdunstung des Boden-
wassers (vgl. Tabelle 3)

Aufn. E. WOHLBERG, 1939



Tabelle 2
Salzgehalt im Seeboden von
Aventoft

(Grablöcher mit Sickerwasser am Ufer des Rest-
sees) Juli 1939 (Niederschläge im Juni und Juli
siehe Tabelle 1)

Probe Nr.	Entnahme-Tiefe	%o Salz
Av. 72	60 cm	5,99
Av. 184	60 cm	4,33
Av. 188	60 cm	8,62

Tabelle 3
Salzgehalt im Seeboden von
Aventoft

Östliche Uferzone im *Salicornia*-Gürtel mit Salz-
ausblühungen an der Oberfläche (vgl. Abb. 18).
Juli 1939 (Niederschläge im Juni und Juli siehe
Tabelle 1)

Probe Nr.	Entnahme-Tiefe	%o Salz
Av. 1	0 bis 2 cm	231,13
Av. 2	2 bis 5 cm	90,71
Av. 3	2 bis 5 cm	57,49
Av. 4	2 bis 5 cm	44,75
Av. 5	2 bis 5 cm	44,15

Vergleicht man die Salzwerte der drei Tabellen miteinander, so zeigt das restliche offene Seegewässer mit durchschnittlich 1,7 g Salz im Liter einen verhältnismäßig niedrigen Salzwert an. Das Sickerwasser in den Grablöchern am Rand des Restgewässers, die bis zu 60 cm Tiefe ausgehoben wurden, läßt bei einem Mittelwert von 6,3 g Salz je Liter im Vergleich zum freien Wasser einen beachtlichen Anstieg erkennen. Tabelle 3 gibt die Werte für die Bodenoberfläche und oberflächennahen Bodenschichten in der östlichen Uferzone wieder. Diese Bodenproben wurden jenem Vegetationsgürtel entnommen, den die Abbildungen 16 bis 18 wiedergeben. Auf Abbildung 18 erkennen wir die durch die sommerliche Verdunstung des Bodenwassers an der Oberfläche hervorgerufenen Salzausblühungen. Die unmittelbar von der Oberfläche bis zu 2 cm Tiefe entnommene Probe (Av. 1) zeigt einen Höchstwert von 231,1 g Salz auf ein Liter Bodenwasser. Räumt man dagegen an dem gleichen Standort die oberen 2 cm mit den Salzausblühungen vor der weiteren Probeentnahme fort und untersucht dann die darunter liegende Bodenschicht in einer Tiefe von 2 bis 5 cm, dann sinkt sofort der Salzgehalt erheblich. Die Werte bewegen sich aber immerhin noch zwischen 45 und 90 g Salz je Liter Bodenwasser, was dem zwei- bis dreifachen Salzwert des freien Wattenmeeres entspricht. Auch diese Konzentration ist noch auf die an der Oberfläche wirksame Verdunstung und den dadurch hervorgerufenen kapillaren Aufstieg zurückzuführen³⁾.

Die Registrierungen der Salzflora (Abb. 16 bis 18) sind seinerzeit noch durch Diatomeen-Untersuchungen ergänzt worden, die wir dem langjährigen ehrenamtlichen Mitarbeiter der Westküstenforschung, Herrn Dr. CHRISTOPH BROCKMANN, verdanken. Es ist allgemein bekannt, daß die Kieselalgenflora in ihrer Zusammensetzung ein verlässliches Kriterium zur Frage Meerwasser-Brackwasser-Süßwasser zu bieten vermag. Herr Dr. BROCKMANN erklärte

³⁾ Ganz ähnlich lagen die Werte der Versalzung im Uferbezirk des Bottschlotter Sees, wo Dr. KÖNIG (nach den Akten der Forschungsstelle Westküste) im Oktober 1939 in dem sandigen, ufernahen Seeboden, der einen lockeren Bestand von *Salicornia*, *Spergularia*, *Suaeda*, *Puccinellia*, *Agrostis alba maritima*, *Scirpus maritimus* und degenerierendem *Phragmites* aufwies, im Bodenwasser der verschieden tiefen Schichten folgende Salzwerte nachweisen konnte:

in 0— 2 cm Tiefe	13,64 ‰
„ 5—10 „ „	44,17 ‰
„ 15—20 „ „	20,50 ‰
„ 25—30 „ „	15,52 ‰
„ 35—40 „ „	13,91 ‰.

Der hohe Wert von 44,17 ‰ geht noch auf die sommerliche Verdunstung zurück, während der geringere Wert von 13,64 ‰ in 0—2 cm Tiefe durch die aussüßende Wirkung der herbstlichen Niederschläge zu erklären ist.

sich bei der obenerwähnten Aufstellung des Gesamtuntersuchungsprogramms im Jahre 1939 dankenswert zur Mitarbeit bereit. Leider konnte mit diesen Spezialuntersuchungen infolge des Krieges nur der Anfang gemacht werden. Aber schon die ersten Ergebnisse (BROCKMANN, 1950) reichten aus, um die biologischen und hydrographischen Probleme im Gotteskoog auch von dieser Seite her in das kritische Licht zu rücken.

Liste

der im Gotteskoog-See (Go.-See) und im Aventoftter-See (Av.-See) vorkommenden Brackwasser-Diatomeen (nach BROCKMANN, 1950, S. 14—25) (Probenentnahme 1940)

Artname	Vorkommen	ökolog. Kennzeichnung
<i>Neastogloia brauni</i> GRUN.	Go.-See	Brackwasser
<i>Stauroneis ignorata</i> HUST.	Go.-See	Brackwasser
<i>Navicula cruciculoides</i> n. sp. BROCKM.	Go.- u. Av.-See	Brackwasser
<i>Navicula creuzburgensis</i> KRASSKE	Go.-See	Brackwasser (euryhalin)
<i>Navicula hungarica</i> GRUN.	Go.- u. Av.-See	Brackwasser (euryhalin)
<i>Navicula tuscula</i> (E.) GRUN.	Av.-See	Süß- und Brackwasser
<i>Navicula pseudo tuscula</i> HUST	Go.- u. Av.-See	oberes Brackwasser
<i>Navicula pseudo tuscula</i> HUST.	Go.-See	Süß- und Brackwasser
<i>Caloneis amphibaena</i> var. <i>subsalina</i> (DONK.) CLEVE, HUST.	Go.-See	Brackwasser
<i>Gyrosigma strigilis</i> (W. SM.) CLEVE	Go.-See	Brackwasser (selten)
<i>Gyrosigma peisonis</i> (GRUN.) HUST.	Go.-See	
<i>Pleurosigma elongatum</i> W. SM.	Go.- u. Av.-See	Brackwasser
<i>Amphiprora paludosa</i> W. SM.	Go.- u. Av.-See	Brackwasser
<i>Amphora commutata</i> GRUN.	Go.- u. Av.-See	Brackwasser (euryhalin)
<i>Nitzschia punctata</i> (W. SM.) GRUN.	Go.- u. Av.-See	Meer- und Brackwasser
<i>Nitzschia hungarica</i> GRUN.	Av.-See	Brackwasser (euryhalin)
<i>Nitzschia scalaris</i> (E.) W. SM.	Go.- u. Av.-See	Brackwasser (euryhalin)
<i>Nitzschia frustulum</i> (KG.) GRUN. var. <i>subsalina</i>	Av.-See	Brackwasser
<i>Nitzschia spectabilis</i> (E.) RALFS	Go.- u. Av.-See	Brackwasser
<i>Nitzschia obtusa</i> W. SM.	Go.-See	Brackwasser
<i>Campylodiscus clypeus</i> E., HUST.	Go.-See	Brackwasser

Von diesen 21 Arten weist BROCKMANN nicht weniger als 19 dem Brackwasser-Lebensraum zu. Nur zwei Arten kommen sowohl im Süßwasser als auch im Brackwasser vor.

Da diese Untersuchung der Diatomeenflora zur Zeit rund zwei Jahrzehnte zurückliegt, erschien die Wiederholung der Analyse zweckmäßig. Auch diese dem Aventoftter-See-Gebiet im November 1956 entnommenen Proben wurden von BROCKMANN bereitwilligst untersucht⁴⁾. In den gesammelten sechs Proben konnte BROCKMANN die folgenden Arten nachweisen:

Liste der Diatomeen

Aventoftter-See, November 1956

(unvollständig, nur zur Kennzeichnung des Charakters der Flora)

Proben-Nr.	1	2	3	4	5	6
<i>Melosira juergensi</i>	+	+	+	+	+	
<i>Fragilaria aventoftensis</i> nov. sp.	+	c	c	c	c	+
<i>Synedra pulchella</i>	c	+	+	c	c	+
<i>Synedra tabulata</i>	+	+	+	+	c	
<i>Cocconeis scutellum</i>	r	r				

⁴⁾ Auch für diese freundlich erwiesene Hilfestellung sei Herrn Dr. BROCKMANN herzlich gedankt.

	Proben-Nr.	1	2	3	4	5	6
<i>Rhoicosphenia curvata</i>		+	+	+	+	+	
<i>Mastogloia brauni</i>		+					
<i>Pleurosigma angulatum</i>		+		+		+	
<i>Amphiprora alata</i>		+	+	+	+	+	
<i>Caloneis amphisbaena</i>		+	+		+	+	
<i>Diploneis didyma</i>		r					
<i>Diploneis interrupta</i>		r					
<i>Stauroneis salina</i>		+	+	+	+	+	+
<i>Navicula crucicula</i>		+	+	+	++	+	+
<i>Navicula cryptocephala</i>		+	+	+	+	+	+
<i>Navicula gregaria</i>		c	+	+	+	+	c
<i>Navicula peregrina</i>		+	+	+	+	+	+
<i>Navicula digitoradiata</i>		+	+	c	+	c	c
<i>Navicula avenacea</i>		+					
<i>Navicula salinarum</i>		+	+	+	+	+	+
<i>Navicula pygmaea</i>						+	+
<i>Amphora commutata</i>		+	c	+	+	+	+
<i>Amphora coffeaeformis</i>		+		+	+	+	+
<i>Bacillaria paradoxa</i>			+		+	+	
<i>Nitzschia</i> , versch. Spezies, einzeln							
<i>Surirella ovata</i>		r		+			+
<i>Surirella striatula</i>		+	+			r	r
<i>Campylodiscus clypeus</i>		+	+	+	r	+	r
<i>Campylodiscus echemeis</i>		r	+	r			

Die vorstehende Liste zeigt einige der bereits 1941 gefundenen Arten, zum größeren Teil aber auch andere Formen^{4a)}.

Für unsere Fragestellung ist aber der Wortlaut des Kurzberichts entscheidend, den BROCKMANN der oben wiedergegebenen Artenliste für 1956 beigegeben hat:

„Sämtliche in der anliegenden Tabelle aufgeführten Arten sind Brackwasserbewohner, zumeist euryhaline Formen, die in ihrer Vegetation nicht an einen engen Salzbezirk gebunden sind und an der ganzen Nordseeküste an geeigneten Standorten gefunden werden.“ . . . „Dem Salzbedürfnis nach hat sich die Diatomeenflora in den letzten zwanzig Jahren kaum geändert, wenn auch der Artenbestand etwas anders geworden ist.“

So wird also auch mit Hilfe der Diatomeen-Analyse das Untersuchungsgebiet eindeutig und zusätzlich als Brackwasserraum gekennzeichnet, und zwar gleichlautend sowohl für 1940 als auch für 1956 und in ökologischer Hinsicht vollkommen mit der Analyse der höheren Salzpflanzengesellschaften des gleichen Zeitraums übereinstimmend.

Im November und Dezember 1956 — also nach mehr als siebenjähriger Pause — wurde die Vegetationskontrolle wiederholt. Es konnte festgestellt werden, daß der 1936 trockengefallene Seeboden bei Aventoft im Laufe der Zeit auf natürlichem Wege begrünt ist (Abb. 13 und 15 auf Seite 126). Schilfrohr und Straußgräser sowie Sauergräser und Simsen bedecken mehr oder weniger lückenhaft den ziemlich sterilen Seeboden. Aber — und das ist von entscheidender Bedeutung — außerdem finden wir in diesen, dem Restsee benachbarten Zonen auch noch 1956 ausgedehnte Bestände von Salzpflanzen (Abb. 15 und 22 bis 24), vorwiegend die Meerstrandsbinse (*Scirpus maritimus*) und die Salzaster (*Aster tripolium*), ja, in

^{4a)} Das mag daran liegen, daß sowohl die Proben von 1941 als auch die von 1956 nur orientierenden Charakter hatten. Durch eine systematisch durchgeführte Probenentnahme würde sich sicher eine noch größere Artenzahl nachweisen und eine dementsprechend bessere Vergleichsmöglichkeit erzielen lassen.



Abb. 19. Nach dem Auftauchen des alten Seebodens reißt die oberflächlich abgelagerte schlickige Torfmudde infolge Eintrocknung in polygonale Platten

Aufn. A. BANTELMANN, 1935



Abb. 20. Mit der Schrumpfung des trockengelegten torfigen Seebodens geht die erste Begrünung einher, hier durch die Meerstrandsbinse (*Scirpus maritimus*)

Aufn. E. WOHLBERG, 1953



Abb. 21. Nach der Verdoppelung des Schöpfwerks Verlath fallen weitere Flächen des Aventofters-Sees trocken. Von rechts dringen bis zu 5 m lange Schilfrhizome in das „Neuland“ vor. Links die Salzaster, in der Mitte der Queller, rechts hinten eine Insel mit der Meerstrandsbinse

Aufn. E. WOHLBERG, 1953



Abb. 22. Schilf- und Salzasterbestände am Aventofters-See. Am Horizont Aventoft

Aufn. E. WOHLBERG, Dez. 1956



Abb. 23. Blühende Salzaster (*Aster tripolium*) am Restsee bei Aventoft. Blickrichtung Nordost, am Horizont Hof Bjerremark mit Gehölz

Aufn. E. WOHLBERG, Dez. 1956



Abb. 24. Auch heute noch nach zwanzigjähriger künstlicher Entwässerung wächst der Queller (*Salicornia herbacea* f. *stricta*, KÖNIG) zwischen der Meerstrandsbinse (*Scirpus maritimus*) und der Salzaster (*Aster tripolium*)

Aufn. E. WOHLBERG, Dez. 1956

diese hochwachsenden Bestände eingestreut sogar noch den Queller (*Salicornia herbacea*) (Abb. 24). Die jetzt gemachte Feststellung vom heutigen Vorkommen der Salzpflanzen gewinnt über das rein biologische Phänomen hinaus Bedeutung für die Entwässerungsmaßnahmen als solche. Unter Hinweis auf die Abbildungen 22 bis 24 darf hervorgehoben werden, daß die flächenhafte Abnahme der Quellervegetation gegenüber 1936 (Abb. 14 auf S. 126) und 1938 (Abb. 16 auf S. 128) nicht mit einer Abnahme des Salzgehalts im Boden erklärt werden kann, denn den Tabellen 4 und 5 kann entnommen werden, daß immer noch mehr als genug Salz im Boden vorhanden ist. Die Quellerbestände sind nur deswegen zurückgegangen, weil ihr Salzstandort von *Scirpus* und *Aster* beschattet wird. Sie sind aus Gründen der Raumkonkurrenz als annuelle den mehrjährigen und rhizomführenden Pflanzen unterlegen. Bekanntlich gehört *Salicornia* zu den ausgesprochenen Lichtpflanzen (FEEKES, 1936; WOHLBERG, 1938, S. 85). Auf Abbildung 24 erkennen wir die Quellerpflanzen vor der für die Aufnahme am Standort aufgestellten hellen Pappe. Sie machen tatsächlich einen schattengewöhnlichen Eindruck. Die auf den Abbildungen 15, 22 und 23 sichtbaren *Aster tripolium*-Bestände blühen und fruchten auch heute noch üppig und sehr vital in einem breiten Saum am Nordufer des Restsees von Aventoft.

Zeigen uns die Fotos vom Dezember 1956, daß die Salzpflanzen durchaus nicht das Feld geräumt haben, sondern sich im Gegenteil immer wieder ansiedeln, so führen die Tabellen 4 und 5 den Nachweis, daß der Salzgehalt im Bodenwasser der Seen-Randgebiete gegenüber 1939 ebensowenig im Abklingen begriffen ist.

Tabelle 4
Salzgehalt im Bodenwasser der nordöstlichen Randzonen
des Aventoftener-Sees am 3. Dezember 1956
(Salzgehalt des benachbarten freien Wassers im Restsee zu gleicher Zeit: 5,30 ‰,
Regen im November: 48 mm)

Proben-Nr.	Entnahme-Tiefe unter Gelände in cm	Pflanzenbestand: <i>Aster tripolium</i>	Pflanzenbestand: <i>Aster tripolium</i> (vgl. Abb. 22)	Pflanzenbestand: <i>Aster tripolium</i> u. <i>Scirpus maritimus</i> (vgl. Abb. 15 u. 23)
36, 40, 44	5—10	10,23 ‰	10,75 ‰	14,20 ‰
37, 41, 45	20—25	11,13 ‰	10,57 ‰	15,79 ‰
38, 42, 46	50	11,31 ‰	10,61 ‰	16,37 ‰
39, 43, 47	80	11,36 ‰	10,63 ‰	12,68 ‰

Tabelle 5
Salzgehalt im Bodenwasser der nördlichen Randzone
des Aventoftener-Sees am 3. Dezember 1956
(Salzgehalt des freien Wassers und Niederschläge wie bei Tabelle 4)

Proben-Nr.	Entnahme-Tiefe unter Gelände in cm	Pflanzenbestand: <i>Salicornia, Scirpus</i> (vgl. Abb. 24)	Pflanzenbestand: <i>Aster</i> u. <i>Phragmites</i>
48, 52	5—10	15,86 ‰	12,61 ‰
49, 53	20—25	14,36 ‰	12,02 ‰
50, 54	50	13,04 ‰	12,11 ‰
51, 55	70	11,00 ‰	11,94 ‰

Bei einem Niederschlagswert von 48 mm Regen im November hat das freie Wasser im Restsee Ende 1956 noch einen Salzgehalt von 5,30 ‰, das Bodenwasser im Randgebiet des

Sees aber noch ein Mehrfaches an Salz, nämlich 10,23, 10,75, 14,20, 15,86 und 12,61 ‰ in der Bodenzone 5 bis 10 cm unter Geländeoberfläche. Aufschlußreich ist ein Vergleich mit den Werten von 1939. Damals hatte das Sickerwasser in Grablöchern von 60 cm Tiefe (vgl. Tabelle 2 auf Seite 129) nur einen Salzgehalt von 4 bis 8 ‰. Die Salzwerte von Tabelle 3 (S. 129) vom Juli 1939 liegen allerdings wesentlich höher, was auf hohe sommerliche Verdunstung und infolgedessen auf die am untersuchten Standort kapillar aufsteigenden und in den oberflächennahen Schichten angereicherten Salzlösungen zurückzuführen sein dürfte (vgl. DE VRIES, 1934, 1935; ZUUR, 1938, 1952; WOHLBERG, 1938, 1953; KÖNIG, 1939; VERHOEVEN, 1950). Nehmen wir diese Extremwerte (Tabelle 3) aus der vergleichenden Betrachtung heraus, so muß festgestellt werden, daß in den tiefliegenden Randzonen des nördlichen Aventotter-Sees nicht nur von keiner Aussüßung die Rede sein kann, sondern daß die Bodenwerte von 1956 wesentlich höher als die Bodenwerte von 1939 liegen; ein Ergebnis, das mit den bisher im Anschluß an Entwässerungsmaßnahmen bekannt gewordenen Salzbewegungen in normalen Anwach-, Watt- und Koogsböden nicht in Einklang gebracht werden kann. Es ist aufschlußreich, hieraufhin das in den letzten fünf Jahrzehnten in der Küstenforschung über Salzbewegung veröffentlichte Schrifttum zu studieren und nachzulesen bei GRUNERT, 1913; STOCKER, 1925, S. 5; NIENBURG und KOLUMBE, 1931; STOCKER, 1933, S. 701—8; DE VRIES, 1934/35; THAMDRUP, 1935; FEEKES, 1936, S. 235; ZUUR, 1938; WOHLBERG, 1938, S. 78 u. Tab. 1; KÖNIG, 1939, S. 370 und 1949; HERRMANN, 1943, S. 85—91; VERHOEVEN, 1950, S. 3—4, 1953, S. 148—182; WOHLBERG und PLATH, 1953, S. 16; IWERSEN, 1953, S. 59 bis 119 und BRÜCKNER, 1954. Überall finden wir eine klare Beziehung zwischen Salzgehalt, Wetterlage und Entwässerung. Im Gotteskoog ist das nicht der Fall!

Dehnen wir die vergleichende Betrachtung auf das Bodenwasser am Rande des Gotteskoog-Sees an Hand der Tabelle 6 aus und vergleichen die gefundenen Werte mit denen des

Tabelle 6
Salzwerte im Bodenwasser der südöstlichen
Uferzone des Gotteskoog-Sees
am 3. Dezember 1956
(Salzgehalt des benachbarten freien Wassers: 1,62 ‰,
Regen im November: 48 mm)

Proben-Nr.	Entnahme-Tiefe unter Gelände in cm	Kein Pflanzenbestand (vgl. Abb. 25)
56	5—10	3,84 ‰
57	20—25	5,19 ‰
58	50	5,70 ‰
59	75	6,89 ‰

Aventotter-Sees (Tabelle 5), so zeigt sich, daß die Bodenwasserwerte des Gotteskoog-Sees mit 6,89 ‰ in 75 cm Tiefe unter Gelände deutlich niedriger liegen als die entsprechenden Werte am Aventotter-See mit etwa 12 ‰. Das stimmt auch mit der Verbreitung der Salzflora überein, die vorwiegend am Aventotter-See vorkommt.

Zu gleicher Zeit hatte das unmittelbar benachbarte freie Wasser des Gotteskoog-Sees einen Salz-

wert von nur 1,62 ‰. Ähnlich wie der Vergleich am Aventotter-See gezeigt hat, ist auch dieser Sprung von 1,62 ‰ im Wasser zu über 6 ‰ im Boden nach unsern bisherigen Anschauungen unverstänlich und läßt im Gotteskoog einen grundsätzlich anderen Salzhaushalt vermuten.

Auf Grund dieser Befunde muß also festgestellt werden, daß nach der zwanzig (!) Jahre währenden Tätigkeit der Schöpfwerke in Verlatth und Hemenswarf im Bereich der tiefliegenden früheren Seeböden nicht nur keine Aussüßung der Böden, sondern eine Salzanreicherung festzustellen ist. Dieses Ergebnis ist schwerwiegend und bedeutsam. Es kann mit unsern bisherigen landläufigen Vorstellungen vom Zusammenwirken von Niederschlag und Entsalzung keine Erklärung finden. Diese bleibe dem letzten Abschnitt mit der Auswertung der hydrographischen Ergebnisse vorbehalten.

Bevor wir jedoch über den von der Forschungsstelle eingerichteten „hydrographischen Dienst“ berichten, möge zum Abschluß der Erörterungen über die botanischen und bodenkundlichen Befunde noch über eine erst kurz vor der Drucklegung der Arbeit im Gotteskoog ge-

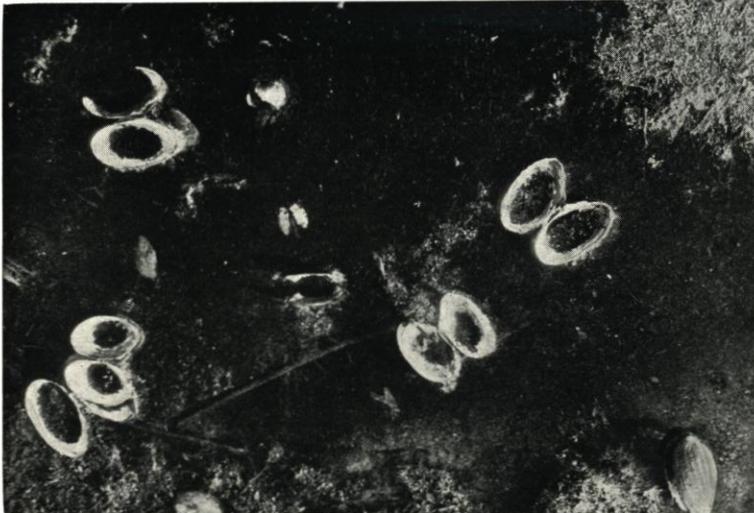


Abb. 25. Süßwassermuscheln auf trockengefallenem Seeboden vom Gotteskoog-See, *Anodonta anatina piscinalis* NILSS. und *Unio pictorum*

Aufn. E. WOHLBERG, 1956



Abb. 26. Schale der Süßwassermuschel *Anodonta piscinalis* mit Seepocken (Basalplatten von *Balanus improvisus* LAM.) und Krusten von Meeresbryozoen (*Membranipora crustulenta* PALL.), dem ersten Belegmaterial für die Versalzung aus dem Gebiet der Tierökologie

BILDARCHIV NISSENHAUS

machte Entdeckung auf zoologischem Gebiet berichtet werden. Bei der botanischen Bestandskontrolle im November und Dezember 1956 wurden — wie auch bereits in früheren Jahren — an der Oberfläche des trockengepumpten Seebodens hier und dort verstreute Schalen der beiden Süßwassermuscheln *Anodonta anatina piscinalis* und *Unio pictorium* beobachtet.

Wir entnehmen der Abbildung 25, daß es sich 1956 nicht etwa um fossile Schalen handelt, sondern fast ausnahmslos um intakte Klappenpaare, die noch miteinander durch das Ligament verbunden sind. Die Tiere haben also bis vor kurzem gelebt. Ihre Schalengröße deutet auf ein ziemliches Lebensalter. Wenn wir uns die Tabellen 4 bis 6 ansehen, stellen wir fest, daß sich sowohl die Anodonten als auch die Unien seit 1933 offenbar gut an die allmählich zunehmende Versalzung angepaßt haben. Die Frage nach ihrem jetzigen Absterben kann zur Zeit nicht eindeutig beantwortet werden. Es wäre möglich, daß ihre Salztoleranz nach dem weiteren Abpumpen des Seespiegels inzwischen überfordert wurde. Doch diese Feststellung berührt weniger das Meliorationsproblem als eine an einigen dieser Schalen von *Anodonta* gemachte Beobachtung, daß sie als Süßwasser muscheln einen Bewuchs mit einer fremden Fauna tragen. Abbildung 26 zeigt die Süßwasser-*Anodonta* mit Seepocken und Meeresbryozoen als Epibiosen! Bei den Seepocken handelt es sich um eine Kolonie von *Balanus improvisus* Cam., bei den Bryozoen um die Krusten von *Membranipora crustulenta* Pall.⁵⁾ Beide Arten kommen im Meer vor, haben jedoch eine breite ökologische Valenz und finden noch Lebensbedingungen im Brackwasser.

Dieser neue Befund aus der tierischen Ökologie liefert somit ein weiteres unbestechliches biologisches Kriterium für den Salzhaushalt des Gewässers Gotteskoog-See⁶⁾.

Wir beschließen damit die Erörterungen über die biologischen (botanischen wie zoologischen) Merkmale der Versalzung einschließlich der Bodenwerte und wenden uns dem letzten Kapitel über die hydrographischen Untersuchungen zu.

2. Der hydrographische Dienst des Marschenbauamts Husum — Forschungsstelle Westküste

a. Allgemeine Feststellungen

Auf Seite 129 wurden die Salzwerte, die im freien Wasser des Aventoftter-Sees im Jahre 1939 gefunden wurden, zu denen des ufernahen Bodens in Beziehung gesetzt. Da sich zwischen diesen beiden Analysengruppen erhebliche Konzentrationsunterschiede ergaben, schien eine ständige Kontrolle des Salzgehalts der freien Gewässer, das sind die Restseen vom ehemaligen Aventoftter-See und Gotteskoog-See sowie die verschiedenen Sielzüge und Entwässerungsgräben, notwendig, wenn man den Ursachen der Salzbewegung auf den Grund gehen wollte.

Die Forschungsstelle Westküste des Marschenbauamts Husum richtete daher in Fortführung der 1938 begonnenen Untersuchungen einen hydrographischen Dienst ein. Dem Lageplan auf Abbildung 27 ist die örtliche Verteilung und Lage der Dauerstationen zu entnehmen. Nachdem sich erwiesen hatte, daß z. B. der Gotteskoog-Restsee trotz einer zusammenhängenden Wasserfläche an verschiedenen Stellen zeitweise unterschiedliche Salzwerte aufzeigte, wurde dieses Restgewässer mit drei Dauerstationen belegt (9, 12 und 13). In der Tabelle 7 sind die in den Jahren 1939 bis 1956 gemessenen Salzwerte zusammengestellt. Das Zahlenbild ist auf den ersten Blick verwirrend, aber so bleibt es auch. Man vermag selbst bei bestem Bemühen weder Gesetzmäßigkeiten noch die üblichen Beziehungen zu erkennen. Die höchsten Salzwerte, aber auch die größten, von Jahr zu Jahr oder von Monat zu Monat auftretenden Schwankungen konnten an den Stationen 5, 8, 9, 10, 11, 12 und 13 nachgewiesen werden. Es

⁵⁾ Die Nachbestimmung dieser Arten übernahm Herr Dr. S. JAECKEL, Zoolog. Institut Kiel, wofür ich auch an dieser Stelle herzlich danke.

⁶⁾ Die Frage nach der Herkunft dieser Biozoonose ist unschwer mit der Einschleppung ihrer Larven durch Vögel zu erklären, die in mehr oder weniger großen Schwärmen die feuchten Seeböden beim Einflug vom nicht weit entfernt gelegenen offenen Wattenmeer zwecks Rast und Äsung aufzusuchen pflegen.

sind also zur Hauptsache die Restseen, die ein sehr uneinheitliches Bild zeigen, aber auch einige Sielzüge und Gräben (Station 8, 10 und 11) führen von Zeit zu Zeit sehr verschieden salzhaltiges Wasser.

Wenn es durch die Kriegsverhältnisse auch nicht möglich war, die Analysenreihen zügig in kalendermäßig festgelegten Zeitabständen durchzuführen, so liegt im großen und ganzen doch

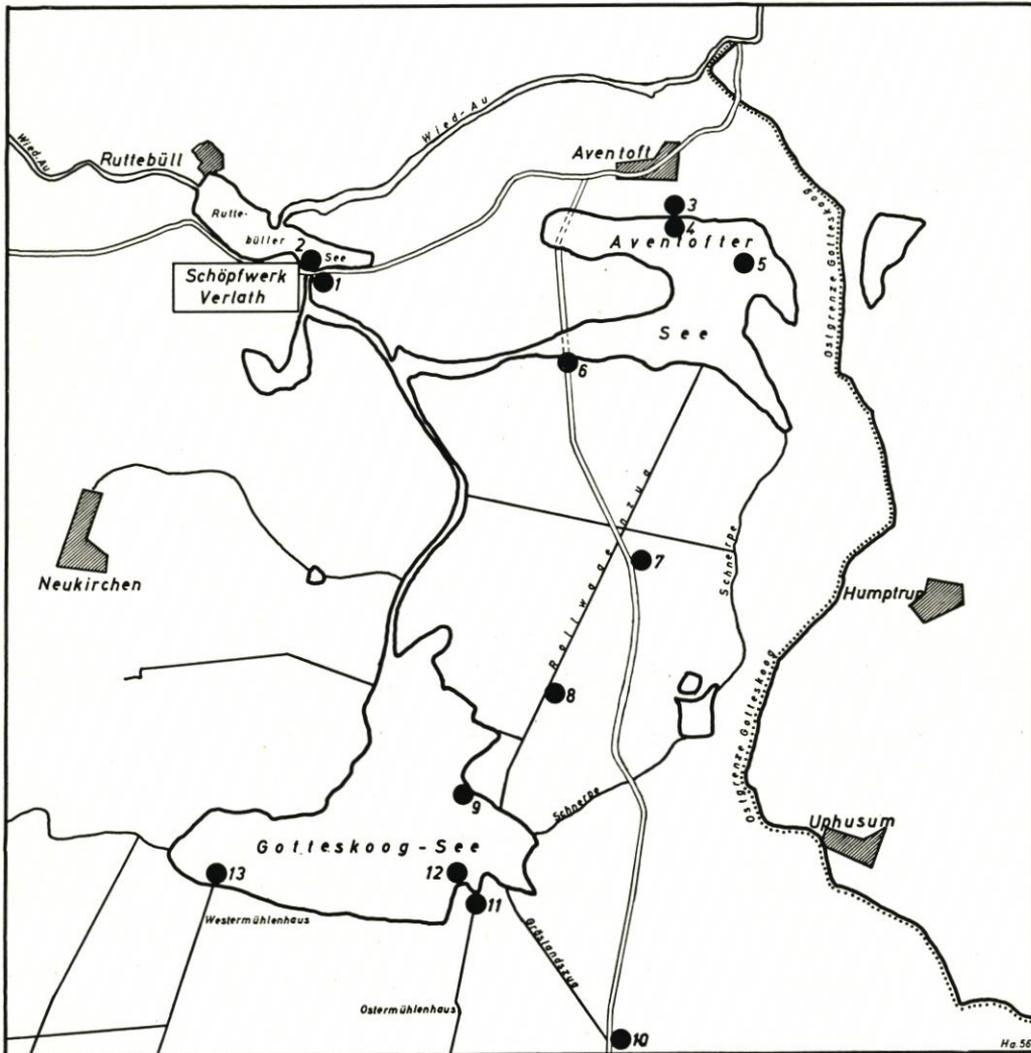


Abb. 27. Die Verteilung der Stationen 1 bis 13 des hydrographischen Dienstes im Gotteskoog

ein Untersuchungszeitraum von 1938 bis 1956, also von fast zwanzig Jahren vor. Während dieser ganzen Zeit ist die künstliche Entwässerung niemals unterbrochen gewesen. Die Wasser-spiegelabsenkung ist von 1939 ab bis zum Jahre 1953 ständig gesteigert worden. So umfaßte die Wasserfläche des Avenloffer-Sees 1926 rund 200 ha, heute dagegen nur noch 11 ha, der Gotteskoog-See ging von 500 auf 300 ha zurück (FISCHER, 1955). Von 1953 ab wird der

Spiegel konstant gehalten. Da alle Stationen des hydrographischen Dienstes (bis auf Station 7 und 11) auf direktem Wege an den Hauptvorfluter beim Schöpfwerk Verlatth angeschlossen sind, sollte man unter normalen Verhältnissen zu der Annahme berechtigt sein, durchweg einheitliches Wasser und in jeder Spalte der Tabelle einigermaßen gleichwertiges Zahlenmaterial zu finden. Die Tabelle 7 zeigt jedoch das Gegenteil! Wir wollen versuchen, den dafür verantwortlichen Ursachen mit Hilfe graphischer Auftragungen auf die Spur zu kommen, und wählen dafür die Salzbelegung in den beiden Rest-seengebieten Aventofter-See und Gotteskoog-See.

b. Die Salzbelegung im Gotteskoog-See

Auf Abbildung 28 sind die von 1939 bis 1956 (Tabelle 7) gefundenen Salzwerte in Blockdiagrammen dargestellt. Der höchste Wert wurde im Februar 1955, der absolut niedrigste im März 1955 festgestellt. Verhältnismäßig hohe Werte zeigen die Analysen vom August und September 1953, vom Juni 1954 und 1955 und vom Oktober 1956. Man sollte auf Grund der Erfahrungen in anderen Marschgebieten annehmen, daß die Sommerwerte grundsätzlich höher liegen als die Winterwerte, da wir den an sich aussüßend wirkenden Niederschlägen einen für den Salzhauhalt eines Gewässers entscheidenden Einfluß beizumessen pflegen. Da diese Sommer-Winter-Beziehung offensichtlich nicht besteht, erweitern wir in Abbildung 28 die Darstellung der Salzwerte um die zeitlich entsprechende Darstellung

Tabelle 7
Die Salzgehaltswerte (‰ NaCl) an den 13 Stationen des hydrographischen Dienstes von 1939 bis 1956 (vgl. Lageplan, Abb. 27)

Stations-Nummer und Gegend	Spalte:															
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
Wasserprobe vom:	VII. 16. II. 1939	II. 21. VIII. 1941	IX. 9. IX. 1953	5. I. 1953	13. IV. 1954	8. VI. 1954	19. VI. 1954	15. II. 1954	30. III. 1955	2. VI. 1955	29. VII. 1955	3. XI. 1955	26. III. 1956	10. X. 1956	3. XII. 1956	
1 Verlatth, innen	—	—	3,01	—	0,83	1,38	1,77	1,37	0,88	0,68	1,77	1,93	1,05	0,96	0,73	1,03
2 Verlatth, außen	—	—	—	—	0,90	0,86	1,00	0,71	0,77	0,18	0,49	0,16	1,29	1,14	0,49	0,92
3 Aventoft, Pegel	—	—	0,92	—	1,84	0,73	0,62	0,25	0,55	0,16	0,13	1,25	0,93	0,16	0,59	0,62
4 Aventoft, Stelzug	—	—	—	—	1,33	0,31	1,20	0,51	0,31	0,27	1,77	0,53	0,31	0,64	0,92	—
5 Aventoft, See	1,70	—	9,43	—	9,16	7,16	7,16	2,25	1,46	trocken	8,01	trocken	2,02	6,17	8,60	9,81
6 Straßenbrücke	—	—	—	—	1,10	0,61	1,27	—	0,70	0,40	0,46	0,61	0,81	0,46	0,58	0,71
7 Graben an der Straße	—	—	—	—	1,57	0,79	0,75	—	1,35	0,27	0,11	0,57	1,47	1,20	0,27	0,90
8 Rollwagenguz bei Hattersbill	—	—	3,12	—	1,53	5,08	6,69	6,08	2,02	0,98	2,16	4,07	3,22	1,20	1,57	—
9 Gotteskoog-See, NO	—	—	—	—	1,63	1,85	4,56	4,61	9,02	0,46	2,63	4,65	2,99	0,85	4,00	—
10 Gräsländzug	—	—	—	—	0,70	0,66	1,59	6,44	6,65	1,38	0,51	2,74	3,71	1,74	0,92	2,43
11 Graben bei Grönländ	—	—	—	—	0,29	0,40	—	4,04	0,71	0,24	1,93	4,15	0,79	0,27	1,00	—
12 Gotteskoog-See, SO	4,00	3,50	6,42	—	—	—	—	6,17	11,22	1,00	5,39	trocken	3,57	4,34	6,15	1,62
13 Gotteskoog-See, SW	—	—	—	—	—	—	—	—	0,75	0,71	2,52	5,07	4,83	0,94	3,62	—

← ‰ NaCl →

der Niederschlagswerte. Der unserem Untersuchungsgebiet nächstgelegene Regenschirm des Wetterdienstes steht im benachbarten Niebüll⁷⁾.

Unsere Betrachtung umfaßt vergleichsweise die Blockdiagramme der Salzwerte und darunter die jeweils entsprechenden Blockdiagramme der Regenwerte. Im Juli 1939 hatten wir hohe Niederschläge und vermuteten daraufhin niedrige Salzkonzentrationen, fanden aber hohe Salzwerte! Dasselbe gilt für August und September 1953, für Januar und Juni 1954,

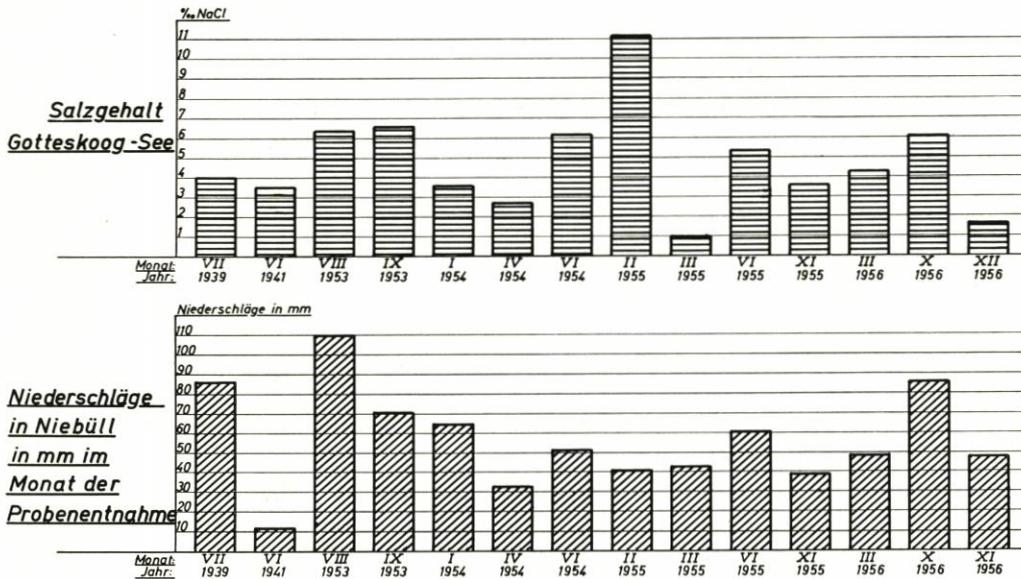


Abb. 28. Der Salzgehalt im Wasser des Gotteskoog-Sees von 1939 bis 1956 und die zeitlich entsprechenden Niederschläge

für Juni 1955 und für Oktober 1956. In diesen Monaten erkennen wir nicht nur keine Einflußnahme der Niederschläge auf den Salzgehalt des Wassers im Gotteskoog-See, sondern der Salzgehalt liegt paradoxerweise bei erhöhten Niederschlägen höher.

c. Die Salzbewegung im Aventofter-See

Auch Abbildung 29 zeigt in der oberen Reihe die Blockdiagramme der Salzwerte von 1939 bis 1956 (Tabelle 7), in der unteren Reihe die Niederschlagswerte. Im Vergleich zum Gotteskoog-See (Abb. 28) liegen die Salzwerte im Aventofter-See im großen und ganzen höher. Das gleiche gilt, wie oben dargelegt wurde, von den Salzwerten des Bodenwassers. Vergleicht man allgemein die Sommerwerte mit den Winterwerten, so liegen alle gemessenen Sommerwerte (Juli 1939, Juni 1954 und Juli 1955) weit unter den Werten von Herbst, Winter und Frühjahr (August und September 1953; Januar und April 1954; März und November 1955; März, Oktober und Dezember 1956). Was bei der vorangegangenen Betrachtung der Gotteskoogwerte schon deutlich erkennbar war, zeigt sich bei der kritischen Betrachtung der Aventofter Werte mit noch größerer Kraft. Auch hier bedarf die Darstellung der Salzwerte der entsprechenden Ergänzung durch die Niederschlagswerte. Sie sind in der untersten Reihe der Abbildung 29 wiedergegeben. Nahmen wir bei der Erörterung der Gotteskoogwerte nur die

⁷⁾ Sämtliche Angaben über die Niederschläge wurden von der Wetterdienststelle Husum zur Verfügung gestellt, wofür auch an dieser Stelle gedankt sei.

Niederschlagswerte des Monats in die Diskussion hinein, an dem die Wasserprobe entnommen wurde, so nehmen wir hier auch den jeweiligen Niederschlagswert des Vormonats zusätzlich hinzu, denn es könnte der Einwand erhoben werden, daß den Niederschlägen des Vormonats gegenüber dem Analysenmonat größere Bedeutung für den Salzgehalt beizumessen wäre. Somit zeigen die Kolumnen im unteren Teil der Abbildung 29 die Niederschlagswerte zeichnerisch getrennt zu je zwei Monaten vereint.

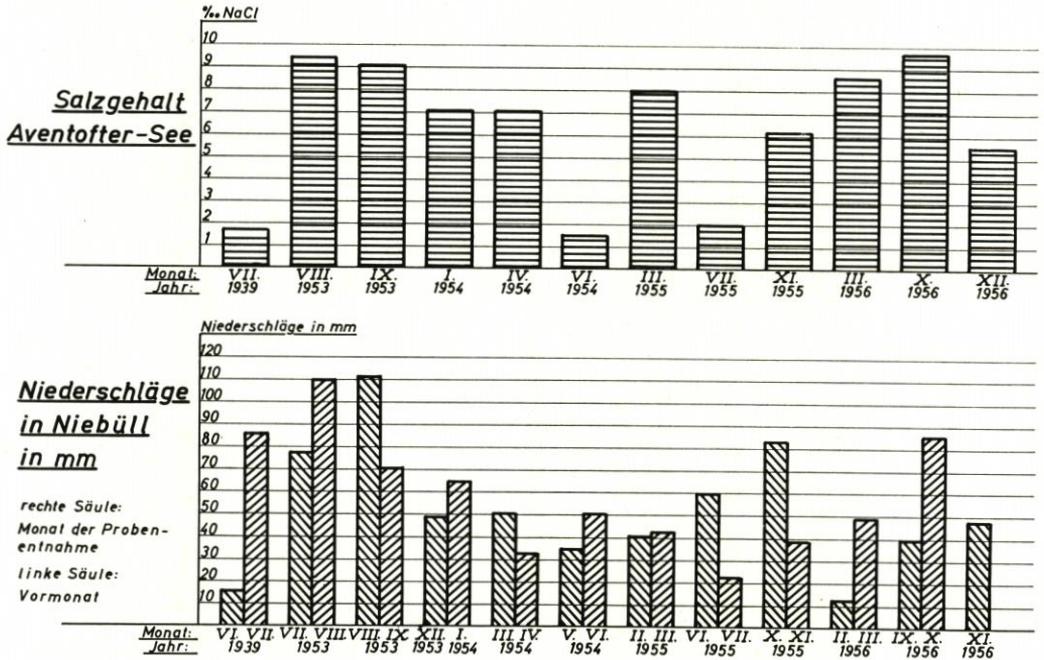


Abb. 29. Der Salzgehalt im Wasser des Aventotter-Sees von 1939 bis 1956 und die zeitlich entsprechenden Niederschläge

Der Umfang einer ins einzelne gehenden Erörterung würde im Rahmen dieses Aufsatzes zu groß werden; es seien daher nur einige wenige, besonders hervorspringende und kennzeichnende Punkte herausgegriffen.

Die höchsten Niederschläge wurden im Juli, August und September 1953 verzeichnet. Setzt man dazu die darüber liegenden Salz-Diagramme der betreffenden Monate in Beziehung, so befremden uns auch hier die außerordentlich hohen Salzwerte mit über 9 ‰ NaCl. Ähnliches gilt für Oktober/November 1955 und für September/Okttober 1956. Dieses klare Mißverhältnis tritt etwas abgeschwächt, aber immer noch deutlich im Dezember 1953/Januar 1954, März/April 1954 und November/Dezember 1956 in Erscheinung.

Setzt man ferner annähernd gleiche Niederschlagswerte in Beziehung zu den zeitlich entsprechenden Salzwerten, so ergibt sich auch hier kein verständliches Bild, denn den annähernd gleichen Regenwerten von Mai plus Juni 1954 mit 86 mm, von Februar plus März 1955 mit 84 mm und von Juni plus Juli 1955 mit 84 mm stehen außerordentlich verschiedene Salzwerte, nämlich 1,46 ‰, 8,01 ‰ und 2,02 ‰ gegenüber.

Doch diese Anomalien treten nicht allein in den beiden Restseen auf.

Unter den Wasserläufen und Sielzügen des Gotteskooges springen nach der Tabelle 7 sowohl der im Jahre 1622 ausgehobene „Rollwagenzug“ als auch der „Gräslandzug“ mit

ihren zeitweilig sehr hohen Salzwerten aus der Reihe. Im „Rollwagenzug“ liegt die fragliche hydrographische Dauerstation (8) im Gebiet der Hattersbüllhallig. Laut Spalte VI, VII, VIII und XII der Tabelle 7 wurden an Station 8 Salzwerte bis über 6 ‰ im offenen Wasser gemessen; im „Gräslandzug“ (Station 10 der Tabelle) laut Spalte VII, VIII und XII bis über 4 ‰. Auch diese Werte entziehen sich genauso wie die vorher erörterten der beiden Seen einer landläufigen Erklärung.

d. Bewertung der Ergebnisse des hydrographischen Dienstes

Die dem gesunden Vorstellungsvermögen und den bisherigen Erfahrungen widersprechenden Ergebnisse der vorangegangenen Abschnitte a bis c zwingen nunmehr zum Versuch einer kritischen Gesamtbewertung und zur Einengung der Fragestellung.

Es konnte der Nachweis geführt werden, daß

- a) die Heterogenität der Salzwerte in den beiden Restseen Aventoft-See und Gotteskoog-See zum Charakteristikum dieser Gewässer gehört;
- b) ihr Salzgehalt im Sommer niedriger ist als im Herbst, Winter und Frühjahr;
- c) trotz höchster Niederschläge in einzelnen Fällen gleichzeitig auch die höchsten Salzwerte gefunden und
- d) andererseits bei gleichhohen Niederschlägen ganz verschiedene Salzgehalte nachgewiesen wurden.

Alle vier hier zusammengefaßten, durch Analysen erwiesenen Problemkreise stehen — wie nachgewiesen werden konnte — mit den in normalen Marschgebieten gemachten Erfahrungen hinsichtlich der Salzbewegung im freien Wasser und in den Böden im Widerspruch. Die biologischen Befunde (Abb. 14 bis 26) und die Diatomeenlisten auf S. 130 und 131, die chemischen Analysen und hydrographischen Tabellen (Tab. 1 bis 7 und Abb. 28 und 29) haben zwar eindeutig die Versalzung nachgewiesen, es aber nicht in allen Fällen vermocht, die zahlreichen Unstimmigkeiten zu erklären und die Schwankungen im Salzgehalt kausal zu deuten. Dennoch haben wir mit Hilfe dieser Unstimmigkeiten die Fragestellung einengen können. Wenn nämlich die Niederschläge praktisch keinen Einfluß mehr auf den Salzgehalt der Gewässer haben, können wir nur noch das im Untergrund vorhandene Wasser zur Erklärung heranziehen, und wir erinnern uns der Hinweise auf das versalztes Grundwasser bei LANGMAACK (1909); HECK (1932); HANSEN (1936) und DITTMER (1939, 1940, 1948, 1952 S. 165/6, 1953, 1954 S. 214 und 1954 a). Diese Hinwendung zum Grundwasser erfolgt im Rahmen unserer Erörterungen zwangsläufig unter dem Druck der biologischen, chemischen und meteorologischen Daten. Die möglichst vielseitig durchgeführten Analysen zwingen uns, die Leistung der Schöpfwerke als so weitgehend zu bewerten, daß die Niederschläge schon während ihres Fallens sofort abgepumpt werden. Sie werden damit aus dem Wasserhaushalt des Gotteskooges praktisch ausgeschaltet, bevor sie überhaupt wirksam werden können. Sie können sich nicht auswirken, weil der Grundwasserüberdruck im Boden infolge der tiefen Absenkung des Wassers in den Kanälen und Restseen zu groß ist, denn das Wasserspiegelgefälle von der benachbarten Nordsee zum künstlich erniedrigten Wasserspiegel der Restseen im Gotteskoog beträgt — bezogen auf das TmW (Tidemittelwasser) — rund zwei (!) Meter. Das heißt mit anderen Worten, daß das tiefere Grundwasser der gesamten Niederung und der angrenzenden Gebiete die Oberhand gewonnen hat und den nach dem Abpumpen verbleibenden Wasserhaushalt der Restgewässer durchweg allein beherrscht. Nur so findet das rätselhafte Bild vom Salzspiel im Gotteskoog seine Erklärung; auch zum Beispiel die oben erwähnte Heterogenität im Salzgehalt, der je nach der Stärke des Aufstiegs bzw. Austretens an verschiedenen Punkten eines und desselben Gewässers mehr oder weniger großen unregelmäßigen Schwankungen unterworfen ist (Tabelle 7). Die Ergründung

der Ursachen für den örtlich verschieden starken Aufstieg des Grundwassers und die von uns nachgewiesenen Schwankungen im einzelnen bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten.

IV. Folgerungen für die Landeskulturmaßnahmen

Die Folgerungen, die der Melioration durch die oben dargelegten biologischen, bodenkundlichen und chemischen Befunde und deren Abhängigkeit vom Grundwasser nahegelegt werden, sind an sich einfacher, ihrem Wesen nach aber grundsätzlicher Art. Sie bedingen zur wirklichen Behebung der Versalzung die planvolle und dauernde Einschaltung des Süßwassers. Sie bedeuten mithin eine Abkehr vom bisher ausschließlich betriebenen Meliorationsverfahren, nämlich der einseitigen Entwässerung, ja, sie bedingen zum Teil eine Umkehr. Lassen wir an dieser Stelle IWERSEN (1954) sprechen:

„Die Anlage von Speicherbecken zur Süßwasserversorgung (auch zur Erhaltung des Süßwasserüberdrucks in salzgefährdeten Gebieten) kann zweckmäßig“ ... in einem „Teil früherer Seengebiete, die inzwischen für Kultivierungszwecke entwässert sind, erfolgen.“

IWERSEN kannte unsere Analysen und teilte unsere Sorge um die Gesundung der Böden.

Wie eingangs erwähnt, befassen sich unsere Untersuchungen mit den tief gelegenen Flächen. Glücklicherweise ist die Salzproblematik in den höher gelegenen Teilen des Gotteskooges nicht unmittelbar vorhanden, sofern nämlich die oberflächlich gelagerte Kleidecke (Marschboden) mächtig genug ist, um die Kulturen gegen das auch dort in größerer Bodentiefe vorhandene Salzwasser abzuschirmen. In diesen durch natürliche Kleiaufgaben abgeschirmten Gebieten haben sich die Entwässerungsmaßnahmen im Gotteskoog durchaus als segensreich erwiesen. Aber alle Gebiete, die nicht auf diese Weise abgeschirmt sind, bleiben salzgefährdet, und so gesehen erlangen die Salzprobleme im Gotteskoog über ihre örtlich gebundene Existenz hinaus symptomatische Bedeutung hohen landeskulturellen Ranges und bekunden eindringlich, daß es in der Landschaft eine natürliche Ordnung gibt, deren Zusammenhänge vom Menschen nicht ungestraft aufgehoben oder über ein zulässiges, sorgfältig abzuwägendes Maß hinaus gestört werden dürfen (WEINOLDT u. SUHR, 1951, S. 8). Die heute der sichtbaren Versalzung anheimgefallenen Flächen belaufen sich im Gotteskoog nach einer im Rahmen vom „Programm Nord“ durchgeführten Kartierung auf immerhin noch 170 ha. Nicht einbegriffen sind die noch vegetationslosen, fortschreitend im Trockenfallen begriffenen Flächen der beiden Restseen, die zusätzlich mit rund 100 ha angesetzt werden können. Diese insgesamt 270 ha umfassenden Flächen können durch weitere Entwässerung nur noch geschädigt, d. h. salzvergiftet, durch Bewässerung mit anzustauendem Süßwasser aber in einen Haushalt dauerhafter Gesundung eingebaut werden.

Das Gotteskoog-Problem wird also nicht durch ein starres Entweder-Oder gelöst, sondern durch eine differenzierende Melioration, durch eine Wasserregelung mit verschiedenen Vorzeichen.

Die im allgemeinen vorwiegend technisch orientierten Landeskulturmaßnahmen sollten die historisch, landschaftlich und biologisch verankerten Zusammenhänge nicht außer Acht lassen und sich bereits bei ihren Planungsaufgaben zur Ertragssteigerung der Ergebnisse der landschaftskundlichen, geologischen und biologischen Forschung bedienen, darüber hinaus sich aber auch damit abfinden, daß nicht auf allen Böden unseres Landes „Weizen“ gebaut werden kann. Das Wasser ist zwar der bedeutsamste aller Faktoren, aber ein Faktor mit mannigfaltigen — positiven wie auch negativen — Wirkungsformen im Mosaik der Kultivierungsfragen. Das im großen Aufgabenkreis der Landeskultur wirksame Wasser bedarf stets, d. h. in Zeiten des Bedarfs und in Zeiten des Überflusses, einer sinnvollen und abgestimmten Führung.

V. Zusammenfassung

Im ersten Hauptabschnitt, I, 1 bis 3, wird in gedrängter Form das mitgeteilt, was zum Verständnis der späteren Salzproblematik notwendig ist, die Landschaftsgeschichte. In der Nacheiszeit dehnten sich weit- und flachgelagerte Talsandebenen nach Westen. Die tieferen Teile vermoorten, Eichen- und Birkenwälder breiteten sich aus und der Mensch der Steinzeit hinterließ hier seine ersten Spuren. Mit der flandrischen Transgression rückte die Nordsee heran und formte aus Talsandebenen, Mooren und flachen subglazialen Rinnen ein Wattenmeer. Tiefgelegene Watten, breite Priele, Halligbildungen mit Warfsiedlungen kennzeichnen von jetzt ab das ganze im Schutz der Wiedingharde gelegene Gebiet des späteren Gotteskooges als eine morphologisch stark gegliederte Wattenmeerlandschaft. Mit der Eindeichung in den Jahren 1562—66 wird die Umwandlung der Wattenmeerlandschaft in eine überschwemmte Niederungslandschaft eingeleitet. Mehr als 5000 ha, das sind zwei Drittel der gesamten Koogsfläche, bestanden bei der Eindeichung aus nicht deichreifem Wattland, das infolge seiner Tiefenlage nach der Bedeichung mit Süßwasser überstaut wurde. Tausende Hektar konnten also nicht oder nur beschränkt genutzt werden. Dieser Zustand dauerte bis zum Jahre 1928, das sind über 360 Jahre.

Im zweiten Hauptabschnitt, II, 1 bis 2, wird die künstliche Entwässerung des Gotteskooges durch die beiden Schöpfwerke bei Südwesthörn und bei Verlath erörtert. Es werden zum erstenmal Zahlen über die im Laufe der Jahre erreichten Wasserspiegelabsenkungen und über die ins Meer gepumpten Süßwassermengen bekannt. Die Seeböden fallen trocken; die 360 Jahre vom Süßwasser bedeckt gewesenen Watten können zum erstenmal in landwirtschaftliche Bearbeitung genommen werden. Auf allen Flächen des Gotteskooges, die eine ausreichende alluviale Kleiauflage (Marschbildung) haben, hat sich die Entwässerung als segensreich erwiesen, dagegen nicht auf den Flächen, die einen solchen naturgegebenen, gegen das Grundwasser abschirmenden Schutzmantel nicht besitzen.

Im dritten Hauptabschnitt, III, 1 bis 2 a—d, steht die heutige Versalzung des Gotteskooges im Mittelpunkt der Erörterungen. Große Teile der von 1929 ab fortschreitend trockenangepumpten Seeböden wurden erneut von einer ausgesprochenen Salzflora besiedelt. Der im Boden vorhandene Salzgehalt wurde in den Jahren 1939 bis 1956 chemisch untersucht. In den oberflächennahen Schichten wurden sommerliche Salzausblühungen registriert und Höchstwerte von 230 ‰ NaCl im Bodenwasser festgestellt. Die 1935 zum erstenmal festgestellten Halophyten sind auch noch 1956, also nach zwanzigjähriger Pumpzeit, vorhanden.

Der siebzehn Jahre umfassende hydrographische Dienst ermöglicht an Hand von Tabellen und graphischen Darstellungen die Diskussion der Salzbewegung in allen offenen Gewässern des Gotteskooges, besonders des Aventoftter-Sees im Norden und des Gotteskoog-Sees im Süden. Die gefundenen Salzgehaltswerte werden zu den Niederschlägen in Beziehung gesetzt. Die Untersuchungsergebnisse stehen im Widerspruch mit den Erfahrungen in normalen, der Entwässerung unterworfenen Marschgebieten. Im Gotteskoog liegen grundsätzlich andere Bedingungen vor. Durch die große Pumpleistung der Schöpfwerke wird das Wasser der Niederschläge sofort wieder ins Meer gepumpt und damit von vornherein aus dem Wasserhaushalt des Gotteskooges ausgeschaltet. Die verbliebenen Restgewässer des Gotteskooges konnten durch biologische und chemische Analysen eindeutig als Brackwasser gekennzeichnet werden. Der verbleibende Wasserhaushalt der tief gelegenen, trockenangepumpten Seeböden wird vom versalzten Grundwasser des Talsandes gespeist.

Es gibt landschaftlich bedingte und biologisch wie chemisch erkennbare Grenzen der Melioration. Daraus ergibt sich zwangsläufig zum Beispiel für die tiefgelegenen Teile des Gotteskooges die Abkehr von den zur Zeit bestehenden, nur technisch orientierten Meliorationsmaßnahmen und die Zuwendung zu einer auch biologisch ausgerichteten Landeskultur.

VI. Schriftenverzeichnis

1. ANDRESEN, L.: Bäuerliche und landesherrliche Leistung in der Landgewinnung im Amte Tondern bis 1630. Westküste II, 2/3, 1940.
2. BANTELMANN, A.: Vorläufiger Bericht einer Landschaftskunde des Gotteskooges. Unveröffentlichtes Manuskript, 1935.
3. BEEKOM van, C. W. C. und andere: Reclaiming land flooded with salt water. Netherld. Journ. agric. Science 1, 3, 1953.
4. BROCKMANN, Chr.: Die Diatomeen als Leitfossilien in Küstenablagerungen. Westküste II, 2/3, 1940.
5. BROCKMANN, Chr.: Die Watt-Diatomeen der schleswig-holsteinischen Westküste. Abh. Senckenberg. Naturf. Ges. 478, 1950.

6. BRÜCKNER, E.: Beiträge zur Soziologie und Ökologie westdeutscher Halophytenstandorte der Wetterau. Ber. Oberh. Ges. Natur- u. Heilkunde 26, 1954.
7. CHRISTIANSEN, W.: Salz droht! Die Heimat 56, 6, 1949.
8. CHRISTIANSEN, W. und STEINBERG, K.: Binnenland-Salzwiesen der nordfriesischen Marsch. Die Küste 1956.
- 8a. DELOFFRE, G.: The leaching of chlorides in the regions of Dunkerque and le Verdon flooded with Salt Water in 1944. Transact. Internat. Congr. Soil Science Amsterdam 1, 1950.
9. DITTMER, E.: Die Grundwasserverhältnisse in der nordfriesischen Marsch und die Gefahr der Versalzung der Niederungen. Amtlicher Bericht der Forschungsstelle Westküste vom 12. Juli 1939. (Unveröffentl.)
10. DITTMER, E.: Wasserversorgung des Gotteskooges. Amtlicher Bericht der Forschungsstelle Westküste vom 9. Juli 1940. (Unveröffentl.)
11. DITTMER, E.: Die Küstensenkung an der schleswig-holsteinischen Westküste. Forschung und Fortschritte 17/18, 1948.
12. DITTMER, E.: Die nacheiszeitliche Entwicklung der schleswig-holsteinischen Westküste. Meyniana I, 1952.
13. DITTMER, E.: Die Grundwasserverhältnisse der schleswig-holsteinischen Marschen und deren Versalzung. Amtl. Bericht d. Forschungsstelle Westküste vom 10. Dez. 1953. (Unveröffentl.)
14. DITTMER, E.: Der Mensch als geologischer Faktor an der Nordseeküste. Eiszeitalter und Gegenwart 4/5, 1954.
15. DITTMER, E.: Zur Geschichte der Landschaft und der Warften Nordfrieslands. Jaarversl. Vereenig. Terponderzoek, Groningen 1954 a.
16. DITTMER, E.: Die Versalzung des Grundwassers an der schleswig-holsteinischen Westküste. Die Küste 1956.
17. FEEKES, W.: De pioniervegetatie van de eerste groote Zuiderzeedrooglegging „De Wieringermeerpolder“. Naturwet. Tijdskr. XVIII, 1936.
18. FISCHER, O.: Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste, III Das Festland, 7, Hydrographie des Küstengebietes. Berlin 1955.
19. GRUNERT, H.: Die Marschbildungen an der deutschen Nordseeküste. Berlin 1913.
20. HANSEN, F.: Das „Rillkollegium“ vom Gotteskoog. Die Heimat 46, 1, 1936.
21. HANSEN, F.: Am Nordzipfel des Gotteskoogsees. Die Heimat 46, 1, 1936 a.
22. HECK, H.-L.: Das Grundwasser im Zusammenhang mit dem geologischen Bau Schleswig-Holsteins. Berlin 1932.
23. HERRMANN, F.: Über den physikalischen und chemischen Aufbau von Marschböden und Watten verschiedenen Alters. Westküste, Kriegsheft 1943.
24. IWERSEN, J.: Das Problem der Kultivierung eingedeichter Watten. Die Küste 1, 1953.
25. IWERSEN, J.: Die Folgemaßnahmen im „Programm Nord“. Inform. Institut f. Raumforschung, Bonn 47—50, 1954.
26. JOHANNSEN, A.: Versalzung des Grundwassers. Flensburger Tageszeitung, März 1956.
27. KÖNIG, D.: Die Chromosomenverhältnisse der deutschen Salicornien. Planta, Arch. f. wiss. Botanik 29, 3, 1939.
28. KÖNIG, D.: Standortuntersuchungen auf einem Vorlandrasen an der schleswig-holsteinischen Westküste bei Husum. Biolog. Zentralblatt 68, 11/12, 1949.
29. LANGMAACK, J.: Bohrprofil bei der Genossenschaftsmeierei Rodenäs. Jb. Nordfr. Verein 5, 1908/9.
30. KOLUMBE, E., P. LEVSEN, OHLE und UTERMÖHL: Untersuchungen im Bottsclotter See im Oktober 1937. Unveröffentlichter Bericht.
31. LEVSEN, P.: Vegetations- und Bodenwasseruntersuchungen im Kleiseerkoog. Unveröffentl. Bericht, 1942.
32. NIENBURG und KOLUMBE, E.: Das Neufelder Watt im Elbmündungsgebiet. Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel 1931.
33. PETERSEN, M.: Die Versalzung der schleswig-holsteinischen Marschen in wasserwirtschaftlicher Sicht. Die Küste 1956.
34. RAABE, E. W.: Salzsäuren in der nordfriesischen Marsch. Ztschr. Schleswig-Holstein 11, 1954.
35. SCHEER, K.: Die Bedeutung von Phragmites communis Trin. für die Fragen der Küstenbildung. Probleme der Küstenforschung im südl. Nordseegebiet, Band V, 1952.
36. STOCKER, O.: Beiträge zum Halophytenproblem II. Ztschr. f. Botanik 17, 1925.
37. STOCKER, O.: Salzpflanzen. Handwörterbuch d. Naturwiss., Jena 1933.
- SUHR, H.: Siehe unter Nr. 46, WEINNOLDT und SUHR, 1951.

38. THAMDRUP, E.: Untersuchungen über die Grundwasserverhältnisse auf Skalling. Medd. fra Skalling-Laboratoriet I, 1935.
39. TÜXEN, R.: Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. Mitt. Flor. soziolog. Arb.-Gem. Niedersachsen 3, 1937.
40. TÜXEN, R.: Ein einfacher Weg zur nachträglichen Feststellung von Entwässerungsschäden. Mitt. Flor.-soziolog. Arb.-Gem. NF 3, 1952.
41. VAN VEEN, J.: Die Versalzung der niederländischen Marschen und ihre Bekämpfung. Die Küste 1956.
42. VERHOEVEN, B.: Soil Moisture Studies in view of Salt Movement Control. North-Eastern Polder Admin., Kampen 1950. (Unveröffentl.)
43. VERHOEVEN, B.: Het wisselen op korte afstand van het chloorgehalte in geïnundeerde gronden. Landbouwkundig Tijdschrift 62, 4/5, 1950 a.
44. VERHOEVEN, B.: Over de Zout- en Vochthuishouding van geïnundeerde Gronden. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 59, 5, 1953.
45. VERHOEVEN, B.: Ontzilting van gronden die met zout water overstroomd zijn geweest. Natuurkund. Voordrachten N.R. 32, 1954.
46. VRIES de, D. M. und ZIJLSTRA, K.: Over het plantkundig graslandonderzoek op vroegeren Zuiderzeebodem. Vlaamsch Nat.-en Geneeskdg. Congres Leuven 6—9, 1934.
47. VRIES de, D. M.: Plantengezelschappen als Kenteeken van het Keukenzoutgehalte van den Bodem. Nederl. Kruidkundig Arch. 45, 1935.
48. WEINNOLDT, E. und SUHR, H.: Wasserwirtschaft zwischen Nord- und Ostsee. Kiel 1951.
49. WOHLBERG, E.: Biologische Kulturmaßnahmen mit dem Queller (*Salicornia herbacea* L.) zur Landgewinnung im Wattenmeer. Westküste I, 2, 1938.
50. WOHLBERG, E. und PLATH, M.: Produktionsbiologische Untersuchungen auf eingedeichten Wattflächen. Die Küste II, 1, 1953.
51. WOHLBERG, E.: Bericht über den Stand der Untersuchungen im Gotteskoog. Amtlicher Bericht der Forschungsstelle Westküste vom 5. Oktober 1953. (Unveröffentl.)
52. WOHLBERG, E.: Das Watt schreibt unsere Geschichte. Ztschr. Ostfriesland 3, 1955.
53. WOHLBERG, E.: Salzwiesen am Porrendeich (Eiderstedt) 1941. (In Vorbereitung.)
54. ZUUR, A. J.: Over de ontzilting van den bodem in de Wieringermeer. 1938.
55. ZUUR, A. J.: Drainage and reclamation of lakes and of the Zuiderzee. Soil Science U.S.A., 74/1, 1952.
56. „Programm Nord“. Auswertung der moorstratigraphischen Aufnahmen im Gotteskoog. Amtliches Sitzungsprotokoll vom 11. März 1955. (Unveröffentl.)
57. „Versalzung des Gotteskooges und Quellervegetation nicht erwiesen.“ Kieler Nachrichten 292, S. 5, 15. Dez. 1954.