

Die Versalzung der schleswig-holsteinischen Marschen in wasserwirtschaftlicher Sicht

Von Marcus Petersen

Inhalt

I. Einleitung	146
II. Bisherige Wasserregelung in der Marsch	146
1. Entwässerung durch Siele	146
2. Entwässerung durch Schöpfwerke	147
3. Versorgung mit Trink- und Tränkwasser	147
4. Artesische Brunnen	148
III. Folgen der bisherigen Regelung in den tief gelegenen Marschgebieten	148
1. Senkung des Grundwasserspiegels	148
2. Versalzung des Grundwassers	149
a) Biologische Untersuchungen	149
b) Geologische Untersuchungen	149
c) Hydrologische Untersuchungen	150
d) Umfang der Vegetationsschäden	150
IV. Maßnahmen gegen die Versalzung	151
1. Versickerung auf der Geest	151
2. Versickerung in der Marsch	151
3. Verschuß der artesischen Brunnen	152
4. Abriegelung der Bodenentnahmestellen hinter den Deichen	152
5. Neuanlage bzw. Verlegung der Wasserwerke	152
6. Versorgung der Inseln und Halligen	154
V. Schlußbemerkung	154
VI. Schriftenverzeichnis	155

I. Einleitung

Die Zunahme der Bevölkerung und der Industrie sowie die Intensivierung der Landwirtschaft lassen die Ansprüche an die Menge und die Güte des Wassers in beunruhigendem Maße wachsen. Auch der schmale Landstreifen Schleswig-Holstein zwischen der Nord- und Ostsee wurde von dieser Entwicklung erfaßt.

Die Steigerung der Lebensbedürfnisse sowie der industriellen und landwirtschaftlichen Erzeugung stellen hier erhebliche zusätzliche Anforderungen an die Wasserregelung für die Landwirtschaft und für die Trink- und Brauchwasserversorgung. Das trifft vor allem für die Marschen im Westen des Landes zu, von denen hier die Rede sein soll.

II. Bisherige Wasserregelung in der Marsch

1. Entwässerung durch Siele

Der Deichbau zwang schon frühzeitig zu einer Wasserregelung in den Marschen. Der durch jede Flut der Nordsee unterbrochene Abfluß des Binnenwassers bedingte die Anlage von sich selbsttätig schließenden und wieder öffnenden Gezeitensielen und Schleusen in den Seedeichen.

Die frühere Bewirtschaftungsweise der Marsch konnte es nicht verhindern, daß weite Gebiete über mehrere Tage oder gar Wochen vom Binnenwasser überschwemmt wurden. Diese Überschwemmungen waren (und sind zum Teil auch heute noch) möglich, wenn Perioden hoher Tideniedrigwasser bei Sturmfluten mit Perioden starker Niederschläge zusammenfielen. Dann konnte weder das Eigenwasser aus der Marsch selbst noch das durch die Marsch entwässernde, schnell hinzukommende Niederschlagswasser der hoch gelegenen Geest in die Nordsee abfließen. Es mußte also in den Marschniederungen aufgefangen und vorübergehend gespeichert werden. Da aber hier keine besonderen Speicherräume zur Verfügung standen, breiteten sich die Wassermassen mehr oder weniger weit über die Fennen aus.

Neuerdings erfordert eine intensive Nutzung der Marsch ein grundlegend anderes Verhältnis von Ackerland zu Grünland als bisher, wobei das Grünland mehr und mehr dem Acker weichen muß. Ackerboden verträgt keine Überschwemmungen. Außerdem muß der Grundwasserstand für Ackerland sehr viel niedriger gehalten werden als für Grünland. Infolgedessen muß das Binnenwasser von diesen Flächen, die bisher zeitweise und notgedrungen natürliche Speicherräume waren, ferngehalten werden. Die wasserwirtschaftlichen Anlagen wurden und werden jetzt darauf umgestellt, das Geestwasser über die meist bedachten Vorfluter unschädlich durch die Marsch hindurch an den Landesschutzdeich heranzuleiten, um es alsbald zusammen mit dem Niederschlagswasser in der Marsch durch Siele in die Nordsee abzugeben.

Diese Art der intensiven Wasserregelung in der Marsch erfordert also allgemein eine Senkung des Grundwasserspiegels. Damit ist aber ein mehr oder weniger starkes Setzen oder Sacken des Bodens verbunden, je nachdem wie stark der Wasserfaktor im Boden verkleinert wird und welcher Art der Boden ist. Das zeigt sich sehr deutlich im moorigen Gelände. In solchen Gebieten muß nach geraumer Zeit eine Korrektur der zunächst gewählten Sollwasserstände vorgenommen werden, um die seitens der Landwirtschaft gestellten Forderungen an die Wasserhaltung hinreichend erfüllen zu können.

In den tief gelegenen Marschgebieten ergibt sich schließlich die Notwendigkeit einer Senkung des Grundwasserspiegels mit Hilfe von Schöpfwerken.

2. Entwässerung durch Schöpfwerke

Wo Überschwemmungen von den Niederungen ferngehalten werden sollen, um diese landwirtschaftlich besser nutzen zu können, muß das Binnenwasser schnell fortgeschafft werden, insbesondere, wenn übermäßig viel Wasser anfällt. Da aber die Fließgeschwindigkeit im Vorfluter bei unveränderten Niedrigwasserständen der Nordsee einerseits und niedriger zu halten den Wasserständen in den Kögen andererseits abnimmt, tritt schließlich der Fall ein, daß das Wasser an der Mündung des Vorfluters durch Pumpen künstlich gehoben werden muß. Meist werden mehrere Pumpen unterschiedlicher Leistungsfähigkeit in einem Schöpfwerk angeordnet, damit der Pumpbetrieb je nach dem Anfall des Binnenwassers möglichst wirtschaftlich gestaltet werden kann.

3. Versorgung mit Trink- und Tränkwasser

Eine weitere Beanspruchung der Menge und der Güte des Wassers betrifft die Versorgung der Marschen mit Trink- und Tränkwasser. Bis vor kurzem begnügte man sich mit einfachen Mitteln. Man benutzte das Oberflächenwasser aus den Gräben, Graften, Kuhlen und Fethingen zum Tränken des Viehs und teilweise auch als Trinkwasser, wenn keine Zisternen vorhanden waren. Gegen die bekannten Verunreinigungen auch der Zisternen waren die Bewohner der

Marsch sicherlich bis zu einem bestimmten Grade immun. Außerdem wurde das Trinkwasser vor dem Gebrauch gekocht. Wie weit Krankheiten auf den Genuß solchen Wassers zurückzuführen waren, dürfte heute kaum noch feststellbar sein. THIELE und RATSCHKO (1954) haben die Mängel einer Trinkwasserversorgung aus Zisternen und Gräben für die schleswig-holsteinische und SCHEMEL (1950) auch für die niedersächsische Marsch aufgezeigt.

Mit der Zunahme der Bevölkerung und der Steigerung der Ansprüche an das Wasser machten sich, besonders in niederschlagsarmen Zeiten wie im Spätsommer des Jahres 1947 (HECK, 1948; WEINNOLDT und SUHR, 1951) gleich zwei Engpässe bemerkbar. Es reichte weder die Menge, noch genügte die Güte des Wassers.

Brauchbares Grundwasser kann unter der verhältnismäßig dünnen Kleidecke der Marsch nur noch an wenigen Stellen, nämlich in der Nähe des Geestrandes erschlossen werden.

4. Artesische Brunnen

In verschiedenen Gebieten hat eine nennenswerte Verlagerung der Gefälleverhältnisse durch unsachgemäße Grundwasser-Erschließungen stattgefunden (HECK, 1948). Beim Bohren nach gutem Grundwasser in der Nähe des Geestrandes hatte man Wasser gefunden, das ohne Benutzung einer Pumpe über Flur frei austrat. Diese Wasserversorgung zeigte sich so preisgünstig, daß einzelne landwirtschaftliche Betriebe bis zu dreißig und mehr sogenannte artesischen Brunnen schlagen ließen. Das Wasser wird als Trink- und Tränkwasser, als Kühlwasser in Milchkellern, ja sogar zum Füllen von Parzellengräben benützt, um Kosten für Einzäunungen zu sparen. Daß es nachher zum Teil durch die Schöpfwerke künstlich wieder entfernt werden muß, trägt zur Erhöhung der Pumpkosten bei. Diese werden ja aber von einer größeren Gemeinschaft getragen. Da es sich in den meisten Fällen um eine Wasserverschwendung handelt, fand in den letzten Jahren eine planmäßige Kartierung der Brunnen mit dem Ergebnis statt, daß in der schleswig-holsteinischen Marsch aus 1100 Brunnen schätzungsweise 50 000 m³/Tag laufend, ohne Unterbrechung frei austreten (VINCK, 1955 a und 1955 d). Von dieser Menge könnte eine Großstadt von 500 000 Einwohnern versorgt werden, wenn wir den Bedarf mit 100 Liter je Kopf und Tag zugrunde legen. Weiter konnte festgestellt werden, daß sich die Ergiebigkeit von artesischen Brunnen stellenweise infolge ihrer übermäßig großen Anzahl auf kleinem Raum erheblich verminderte. Der Druck des süßen Grundwassers (hohe Geest — niedrige Marsch) ließ infolge des frei ausfließenden artesischen Grundwassers nach und das salzige Grundwasser konnte nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren allmählich weiter auf die Geest zurücken.

III. Folgen der bisherigen Regelung in den tief gelegenen Marschgebieten

Die Oberfläche der Marsch breitet sich keineswegs so eben aus, wie sie meist empfunden wird. Die jüngsten Köge liegen bis 2 m über dem mittleren Meeresspiegel (etwa auf NN). Auch die dithmarscher und ein Teil der eiderstedter Marschen haben etwa diese Höhenlage. Nach Norden fällt die Marsch dagegen stellenweise bis etwa NN — 1,50 m und die Elbmarschen im Süden sogar bis über NN — 2 m ab (vgl. Höhenplan der Marschen und Watten Schleswig-Holsteins bei PETERSEN, 1954).

1. Senkung des Grundwasserspiegels

Die mit der stärkeren Nutzung der Marschen verbundene Senkung des Grundwasserspiegels brachte in Schleswig-Holstein im großen und ganzen die erhofften Vorteile für die land-

wirtschaftlichen Betriebe. Lediglich in den unter dem Meeresspiegel gelegenen Gebieten der nordfriesischen und eiderstedter Marsch mit salzigem Grundwasser stellten sich Vegetationsschäden dort ein, wo die Kleidecke nur wenige Dezimeter beträgt oder gar nicht vorhanden ist.

2. Versalzung des Grundwassers¹⁾

Im allgemeinen stößt man in der Marsch auf salziges Grundwasser. Diese Tatsache allein braucht noch nicht zu beunruhigen, solange keine Schäden durch Salzwasser auftreten.

a) Biologische Untersuchungen

Aus dem Jahre 1927 haben wir eine Beobachtung zu vermerken, die zunächst nur einigen wenigen Forschern bekannt wurde: LEVSEN fand [nach RAABE (1954)] erstmalig Salzpflanzen in den Bongsieler Kögen. Auch CHRISTIANSEN und STEINBERG stellten Untersuchungen über die Binnenlandsalzwiesen an²⁾.

Unabhängig von diesen Untersuchungen begann die Forschungsstelle Westküste den Fragen nach Ursache und Wirkung der Versalzung planmäßig nachzugehen. WOHLBERG (1941) untersuchte 1938 die Binnendeichsalzwiesen im eiderstedter Adolfskoog zwischen Simonsberg und Ülvesbüll in biologischer und hydrographischer Hinsicht. Um dieselbe Zeit rückten auch der Aventoftter See und besonders der Gotteskoogsee in das Blickfeld. Die Inbetriebnahme von Schöpfwerken brachte die angestrebte Senkung der Seespiegel, und die vom Wasser freigegebenen Marschflächen konnten in Kultur genommen werden. Mit dem Senken des Wasserspiegels verschwanden dann die Reth- und Binsenbestände; sie wurden zum Teil aber von Salzpflanzen verdrängt. Diese Entwicklung zeichnete sich schon vor dem Kriege deutlich ab und veranlaßte den damaligen Oberpräsidenten der Provinz Schleswig-Holstein, die Forschungsabteilung Westküste beim Marschenbauamt Husum mit der planmäßigen Wasser- und Bodenuntersuchung im Gotteskoog-Gebiet zu beauftragen. Die Ergebnisse der biologischen und bodenkundlichen Untersuchungen finden wir in dem Aufsatz von WOHLBERG in diesem Heft.

Ferner liegen pflanzensoziologische Kartierungen nordfriesischer Grünlandflächen mit Versalzungsanzeichen unveröffentlicht im Botanischen Institut der Universität Kiel, welche im Rahmen der ERP-Grünlandkartierung in den Jahren 1951—1953 durchgeführt wurden.

Eine Übersichtskarte der Vegetation der Insel Pellworm, welche zahlreiche und z. T. umfangreiche Salzstellen enthält, wurde von KÖNIG in den Jahren 1952/53 als Vergleichsgrundlage angefertigt. Sie befindet sich im Landesamt für Wasserwirtschaft — Dezernat Gewässerkunde — in Kiel.

b) Geologische Untersuchungen

Die geologischen Grundlagen für die Beurteilung des Salzproblems in den schleswig-holsteinischen Marschen verdanken wir der langjährigen Tätigkeit des Geologen beim Marschenbauamt Husum — Forschungsstelle Westküste —, E. DITTMER (1956³⁾). Voraussetzung für die richtige und zutreffende Beurteilung der Grundwasserverhältnisse in einem bestimmten Marschgebiet ist die Kenntnis der Tiefenstruktur des Grundwasser-Speicherraums, seiner Größe und Lage und weiter des Zuflusses an Grundwasser. Die Kleidecke der Marsch gilt für die Versickerung von Niederschlagswasser nahezu als undurchlässig. Sie ist im Westen der schleswig-holsteinischen Marsch im allgemeinen am mächtigsten und streicht nach der Geest zu keilförmig aus. In den früheren Seegebieten des Gotteskooges und bei Aventoft fehlt der Klei stellenweise ganz; hier treten die diluvialen Sande und der Torf unmittelbar an die Oberfläche. Unter der Kleidecke befinden sich die Grundwasserleiter aus diluvialen Sanden und Kiesen. Sie haben

¹⁾ Die Versalzung durch Salzstöcke ist hier nicht behandelt.

²⁾ Vgl. den Aufsatz von CHRISTIANSEN und STEINBERG in diesem Heft.

³⁾ Vgl. den Aufsatz von DITTMER in diesem Heft.

einerseits Verbindung mit der hohen sandigen Geest und werden von hier mit Süßwasser gespeist, andererseits stehen sie in unmittelbarer Verbindung mit der Nordsee. Zehn bis dreißig und mehr Meter tief in die Watten eingekerbte Stromrinnen reichen bis nahe an die Deiche des Festlands und der Inseln und bringen das salzige Nordseewasser in die unmittelbare Nähe der Marsch.

c) Hydrologische Untersuchungen

In Nordfriesland ist offensichtlich das verhältnismäßig labile Gleichgewicht der Salz-Süßwassergrenze erheblich gestört worden, als das Gefälle bzw. der Druck des von Westen vordringenden Salzwassers durch die künstliche Absenkung des Grundwassers in der bedeihten Marsch vergrößert wurde. Auf der andern Seite kann eine gewisse Schwächung des hydrostatischen Süßwasserdrucks von der Geest her durch die vermehrte Entnahme von Grundwasser für die Wasserversorgung, durch die artesischen Brunnen sowie durch die verkürzte Aufenthaltszeit des Niederschlagswassers auf der Geest erklärt werden, wovon wiederum eine geringere Versickerungsmöglichkeit abhängt.

Die Beträge, die für das natürliche Ansteigen der Nordsee-Wasserstände in die Rechnung eingeführt werden können, sind klein. Dieser überörtliche Vorgang konnte erst in jüngster Zeit durch Auswertung von langjährigen Wasserstandsbeobachtungen erkannt werden. Mit dem bloßen Auge kann man eine solche Entwicklung nicht wahrnehmen (LÜDERS, 1936; HENSEN, 1938; HAHN und RIETSCHEL, 1938; GAYE, 1951).

Wenn auch die einzelnen Faktoren gering sein mögen, so kann ihr Zusammenwirken in ein und derselben Richtung im Laufe der Zeit doch eine wesentliche Verschiebung der Grenze Süßwasser — Salzwasser verursachen.

Hinzu kommt, daß die tägliche und jahreszeitliche Ungleichheit der Wasserstände an der Nordseeküste hydrodynamisch und un stetig auf die Gleichgewichtslage der Salz-Süßwassergrenze einwirkt. Das Gefälle von West nach Ost, d. h. von See nach Land, war früher nur gelegentlich, nämlich bei erhöhten Außenwasserständen, vorhanden, also zu Zeiten, in denen im allgemeinen auch reichlich Niederschläge fielen und die Marschen teilweise überstaut waren. Heute besteht infolge der künstlichen Absenkung des Grundwassers für die niedrig gelegenen Gebiete ein dauernder Höhenunterschied zwischen Außen- und Binnenwasserstand bis zu etwa 2 m, der sich bei MThw auf etwa 3,50 m und bei höchsten Sturmfluten bis zu etwa 7 und 7,5 m erhöhen kann. VINCK (1955c) und MAGENS (1955) konnten durch Untersuchungen an verschiedenen Beobachtungsstellen den Einfluß der Tide auf den Grundwasserstand in den Kögen der Marsch erklären. Die höheren Außenwasserstände wirken stärker als die unter dem mittleren Grundwasserstand liegenden. Der Einfluß steigt mit der Größe des Druckes und der Belastungsfläche und mit der Dauer des Druckgefälles.

d) Umfang der Vegetationsschäden

Über den Umfang der mit Salzpflanzen bestandenen Gebiete wurden Erhebungen angestellt, um die Bedeutung für landwirtschaftliche Nutzflächen abschätzen zu können.

Dabei handelt es sich um Flächen von zusammen etwa 750 ha. Verglichen mit der 219 000 ha großen Marschfläche (ohne die Elbmarschen) und verglichen mit den früheren großen Überschwemmungsgebieten, zu denen diese tiefgelegenen Teile wohl ausnahmslos gehörten, braucht uns die Zahl von 750 ha zur Zeit nicht sonderlich zu beunruhigen.

In zahlreichen Arbeiten haben Wissenschaftler das Problem der Grundwasserversalzung in den tief gelegenen schleswig-holsteinischen Marschen unmittelbar oder mittelbar behandelt. Die wichtigsten Beiträge sind in den Schriftenverzeichnissen von WOHLBERG (1956) für die biologisch-chemisch-bodenkundliche Seite, von DITTMER (1956) für die geologische und vom Verfasser in diesem Aufsatz für die hydrologisch-wasserwirtschaftliche Seite mitgeteilt.

Zusammenfassend können wir danach feststellen, daß die Entwicklung bis zum heutigen Zustand erkannt ist. Ebenfalls haben wir eine Vorstellung von der wirtschaftlichen Bewertung der Grundwasserversalzung gewonnen. Zweifellos haben menschliche Eingriffe in den natürlichen Wasserhaushalt den Vorgang gefördert und beschleunigt.

IV. Maßnahmen gegen die Versalzung

Aus dieser Erkenntnis ergibt sich die Verpflichtung, der Grundwasserversalzung entgegenzuwirken, wo es eben möglich ist. Denn es ist noch keineswegs zu übersehen, wieweit räumlich die Versalzung im Extrem fortschreiten kann und welche natürlichen unterirdischen Süßwasserspeicher dabei in Mitleidenschaft gezogen werden können. Deshalb hat das Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Schleswig-Holstein — Abteilung Wasserwirtschaft — bereits im Jahre 1951 gefordert, daß „die vom Standpunkt der Landwirtschaft dringend erforderliche Entwässerung der tiefgelegenen Marschen“ Rücksicht zu nehmen habe „auf die Gefahren des Salzwasseranstieges aus dem nur in geringer Tiefe unter der Oberfläche der Marsch anstehenden salzigen Grundwasser“ (WEINNOLDT und SUHR, 1951).

Folgende Verfahren sind geeignet, der Versalzung entgegenzuwirken:

1. Versickerung auf der Geest

Es ist richtig, daß das schädliche Binnenwasser in niederschlagsreichen Zeiten abgeführt werden muß. Aber es sollte so langsam wie möglich geschehen. Leider läßt die Bodenform im Westen des Landes Schleswig-Holstein die Anlage von Talsperren nicht zu. Um das Wasser auf lange Sicht sinnvoll bewirtschaften zu können, wird der normale Abfluß von der Geest durch Stauanlagen auch in den kleinsten Geestwasserläufen gebremst werden müssen. Der längere Aufenthalt des Wassers auf der Geest fördert die Versickerung in den Untergrund und damit die Grundwasserneubildung, begünstigt die Verdunstung und verringert damit den Abfluß (Mengenverhältnisse anzugeben, ist heute noch nicht möglich). Stauanlagen haben weiter den Vorteil, daß sie die unerwünschte Ausräumung eines Gewässerbettes (Erosion) verhindern.

2. Versickerung in der Marsch

Möglichkeiten zur Versickerung von Oberflächenwasser in den Untergrund bieten sich in niedrig gelegenen Gebieten ohne oder mit geringer Kleidecke, indem solche Gebiete als Süßwasserspeicherbecken ausgewiesen, hergerichtet und betrieben werden. Dabei wäre ein möglichst hoher Wasserstand in den Becken — mindestens für die Dauer der Trockenzeiten — anzustreben. Der Wasserspiegel sollte nicht unter NN + 0,20 m abfallen, um möglichst lange ein starkes hydrostatisches Gefälle zum Tidemittelwasser (vor der schleswig-holsteinischen Westküste = etwa NN ± 0,0 m) hin zu erhalten.

Beispiele: Bottsclotter See bei Bongsiel,

das Gotteskoog-Gebiet,

die geplanten Speicherbecken westlich von Bongsiel,

Speicherbecken in der Eidermündung nach dem Vorschlag von KREY (1926), das etwa den niederländischen Maßnahmen im Rahmen des Deltaplanes ähneln würde (vgl. VAN VEEN, in diesem Heft).

Auf Anregung von DITTMER wurde geprüft, ob das Niederschlagswasser in der Marsch künstlich versickert werden könne und ob damit große Süßwasserspeicher im sandigen

Untergrund geschaffen werden könnten⁴⁾. Dabei wurde weiter untersucht, ob eine Entlastung der Entwässerungsanlagen wie Siele und Schöpfwerke durch Versickerung, insbesondere bei Binnenhochwasser, erreichbar sei. Der Versuch mußte leider mit negativem Erfolg abgebrochen werden, da die Brunnenfilter nach kurzer Zeit verschlammten, wie DITTMER (1956) selbst feststellen konnte, weil das versickerte Wasser zu viele tonige Bestandteile enthielt.

3. Verschuß der artesischen Brunnen

Inzwischen wurden Maßnahmen eingeleitet, die auf den Verschuß der Laufbrunnen bzw. die Regelung der Entnahme abzielen. Da das Verschließen vor allen Dingen bei beschädigten oder zerstörten Brunnenrohren auf Schwierigkeiten stoßen kann, stellte VINCK (1955b) mehrere Vorschläge zur Diskussion.

4. Abriegelung der Bodenentnahmestellen hinter den Deichen

Bodenentnahmestellen für Deichverstärkungen werden meist unmittelbar hinter den Landeschutzdeichen angeordnet. Ein sogenanntes „Püttloch“ entsteht dadurch, daß zunächst die Kleidecke und dann der Sand bis beispielsweise 5 und 10 m Tiefe abgebaut wird, so daß nachher das salzige Grundwasser diesen Raum beherrscht; denn der Grundwasserleiter steht ja mit dem Meerwasser unmittelbar in Verbindung. Da der Abfluß des Salzwassers in das Grabensystem und nach den Schöpfwerken hin nicht erwünscht ist, müssen solche „Püttlöcher“ als abgeschlossene Becken, d.h. ohne Abfluß, ausgebildet werden, eventuell mit niedrigem Ringdeich umgeben. Dasselbe kann für solche Wehlen zutreffen, die schon vor Jahrhunderten bei Sturmfluten durch Fortspülen des Deiches und seines Fundaments entstanden und die heute noch mit salzigem Wasser gefüllt sind.

5. Neuanlage bzw. Verlegung der Wasserwerke

Im Hinblick auf das Vordringen der Grundwasserversalzung in die Bereiche der in der Marsch gelegenen Wasserwerke und auf die Versorgung der gesamten Marsch mit gutem Trink- und Brauchwasser wurde es notwendig, die Standorte der Wasserwerke zu überprüfen. Man kam zu dem Ergebnis, daß der durch vermehrte Entnahme gestörte hydrostatische Süßwasserdruck von der Geest in die Marsch u. a. dann wieder verbessert werden kann, wenn die Wasserwerke zum Teil wesentlich weiter nach Osten auf die Geest verlegt werden.

Die Marsch von der Geest aus mit gutem Trink- und Brauchwasser für Mensch und Vieh zu versorgen, ist eine Notwendigkeit, die sich auch aus den zunehmenden Ansprüchen an das Wasser überall ergibt (WITT und PETERSEN, 1955). Dazu dienen Gruppenwasserversorgungen. Sie machen die Trinkwasserversorgung der Marsch unabhängig von dem versalzten Grundwasser.

Durch die Fernwasserleitungen kann gleichzeitig im Bedarfsfall eine ausreichende Menge guten Wassers auch für die Bewässerung der Äcker und Weiden zur Verfügung gestellt werden. Als Bewässerungsverfahren in der Marsch verdient die künstliche Beregnung vor allen anderen

⁴⁾ Nach dem Aufsatz von VAN VEEN in diesem Heft werden in den Niederlanden außerordentliche Leistungen auf diesem Gebiet vollbracht. Über eine Entfernung von 46 und 80 km wird Rheinwasser in die *Dünen* bei Den Haag gepumpt und dort versickert.

Verfahren den Vorzug. Der Einstau von Süßwasser aus den Vorflutern in die Gräben dürfte bei drainiertem Ackerland kaum zu empfehlen sein, da mit einer Verstopfung gerechnet werden muß. Der Einstau von Salzwasser ist für Pflanzen und Vieh gefährlich. Wie weit das Wasser in den Süßwasser-Speicherbecken oder Vorflutern zur Beregnung verwendet werden kann, muß von Fall zu Fall besonders geprüft werden, wie Versuche in den Niederlanden gezeigt haben (vgl. VAN VEEN in diesem Heft).

An der schleswig-holsteinischen Westküste werden jetzt Gruppenwasserversorgungen und Wasserwerke nach geologischer Beratung durch die Forschungsstelle Westküste von den Wasserbeschaffungsverbänden Zug um Zug ausgebaut. Alte Wasserwerke, die für kleinere Abnehmerkreise und ohne Wissen um das Vordringen der Salz-Süßwassergrenze erstellt worden sind, werden zum Teil von den größeren Verbänden übernommen. Von Norden nach Süden reihen sich die Wasserwerke etwa wie folgt aneinander:

Dreiharden (Kreis Südtondern). Versorgung des Gebietes „Programm Nord“.

Vorgesehene Förderung etwa 1 700 000 m³.

Nieüll in Lindholm (Kreis Südtondern) wird stillgelegt, da bei verstärkter Förderung die Gefahr der Versalzung besteht (284 000 m³)⁵⁾.

Bredstedt (Kreis Husum). Nach mündlicher Mitteilung von DITTMER wird der Bedarf aus einem Vorkommen gedeckt werden können, das neuerdings einige Kilometer östlich des Wasserwerks erbohrt wurde. Die Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen (123 000 m³).

Husum beliefert das Stadtgebiet und die nähere Umgebung einschließlich Finkhaushallig (1 148 000 m³).

Platenhörn (Kreis Eiderstedt) versorgt die Stadt Tönning (166 000 m³). Da die Salz-Süßwassergrenze nur 1,5 km vom Wasserwerk entfernt liegt, mußte das Wasserwerk für die Wasserversorgung des Kreises Eiderstedt nach

Rantrum auf die Geest des Kreises Husum gelegt werden.

Tating (Kreis Eiderstedt) lediglich für das Dorf Tating und den Tümlauer Koog (18 000 m³).

Es soll von der Gruppenwasserversorgung Eiderstedt übernommen werden.

Lunden-Hennstedt und Umgebung (Kreis Norderdithmarschen) versorgte 1955 neun Gemeinden und Friedrichstadt mit zusammen 11 750 Einwohnern und 12 600 Großvieheinheiten (125 000 m³, 1956 etwa das Dreifache).

Borgholz (Kreis Norderdithmarschen) beliefert die Stadt Wesselburen, das Nordseebad Büsum und einen größeren Teil des Kreises in der Marsch. Auch hier liegt die Salz-Süßwassergrenze nur 1,5 km vom Wasserwerk entfernt, so daß die Leistungsfähigkeit begrenzt bleiben wird (JOHANNSEN, 1954).

Heide und Süderholm gehören der Stadt Heide (818 000 m³).

Nordhastedt (Kreis Norderdithmarschen). Industrie-Wasserwerk der Deutschen Erdöl AG (DEA) in Hemmingstedt (1 500 000 m³).

Meldorf (Kreis Süderdithmarschen) unterliegt ebenfalls der Versalzungsgefahr. Die Erschließung eines leistungsfähigen Wasservorkommens ist in Vorbereitung (250 000 m³).

St. Michaelisdonn (Kreis Süderdithmarschen) versorgt die Stadt Marne und einige benachbarte Köge (326 000 m³).

Kudensee (Kreis Süderdithmarschen) für Brunsbüttel und einen kleinen Teil der Wilstermarsch (11 000 m³). Die Verlegung auf die Geest und Erweiterung für Süderdithmarschen ist vorgesehen. Die Vorarbeiten sind noch nicht abgeschlossen.

Wilster (Kreis Steinburg) (206 000 m³) beliefert die Stadt Wilster und die nördliche Wilstermarsch zusammen mit Kudensee.

⁵⁾ Die eingeklammerten Werte bedeuten die Jahresförderung 1955.

Glückstadt in Kremperheide (Kreis Steinburg) versorgt Glückstadt und den Wasserbeschaffungsverband „Unteres Störgebiet zu Beidenfleth“, d. h. den südlichen Teil der Wilstermarsch (1 380 000 m³).

Horstmühle (Kreis Steinburg) wird die Krempermarsch bedienen.

Elmshorn (Kreis Pinneberg) beliefert Elmshorn und die Seestermüher Marsch (1 493 000 m³).

Haseldorfer Marsch (Kreis Pinneberg) ist in Vorbereitung für 9500 Einwohner.

Wenn sämtliche Wasserwerke und Rohrnetze nach frühestens zehn Jahren fertiggestellt sein werden, wird die Festlandsmarsch gut mit Wasser versorgt sein. Die Anzahl der Wasserwerke ist verhältnismäßig groß, aber durchaus in dem Wasservorkommen begründet. Eine Konzentration der Entnahme an einer Stelle würde den offensichtlich begrenzten Vorrat an Grundwasser in weitaus stärkerem Maße in Anspruch nehmen als hier Grundwasser überhaupt neu gebildet werden kann, so daß Wasserklemmen folgen müßten.

6. Versorgung der Inseln und Halligen

Eine besondere Regelung ist für die Inseln und Halligen erforderlich. Während auf Sylt die Wasserwerke Westerland und Kampen ebenfalls am Geestrand liegen, fördern die Werke List und Hörnum Dünenwasser. Die Insel Föhr wird ihren Bedarf durch Verteilung der Entnahmen an mehreren Orten des Geestkernes decken müssen, da sonst auch hier mit der Gefahr der Versalzung gerechnet werden muß. Für die Insel Nordstrand ist eine Gruppenwasserversorgung in Vorbereitung, welche das Wasser von der Stadt Husum beziehen soll. Schwierig wird die Versorgung der Insel Pellworm, die nur von einem Wasserwerk auf dem Festland beliefert werden kann. Planungen zielen darauf hin, elastische Kunststoffrohre durch das Watt und den Wattstrom Norder Hever zu verlegen. Ob die Hoffnungen, die an diese Möglichkeit geknüpft werden, sich erfüllen, muß noch durch eingehende Untersuchungen geklärt werden. Soweit die Halligen durch Dämme mit dem Festland verbunden sind, wird der Verlegung von Rohrleitungen, eventuell aus Kunststoffen, nichts im Wege stehen. Die übrigen Halligen werden sich vorerst noch weiter in der herkömmlichen Weise des Regenwassers bedienen müssen.

Ob sich die verhältnismäßig hohen Kosten für die Versorgung der Inseln und Halligen mit Süßwasser durch Entsalzung des Meerwassers ermäßigen lassen, wird unter Umständen von der Entwicklung der Entsalzungsverfahren abhängen. Technisch ist dieses Problem bereits auf verschiedene Weise gelöst worden (VINCK, 1953 und 1956). Als Anhalt für die Kosten zum Entsalzen von Meer- und Brackwasser gibt PRESSEL (1956) für deutsche Verhältnisse Beträge von 1,00 bis 1,50 DM je m³ Wasser an. Die Entwicklung werden wir auch auf diesem Gebiete mit der nötigen Umsicht weiter zu beobachten haben.

V. Schlußbemerkung

Da niemand die weitere Entwicklung der Versalzung abschätzen kann, muß den Grundwasserbeobachtungen weiterhin erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet werden. Die Veränderungen der Salz-Süßwassergrenze sind auch in Zukunft sehr sorgfältig zu verfolgen.

Die Aufenthaltszeit des Wassers auf dem Land und im Boden ist infolge der Beschleunigung des Abflusses von starken Niederschlägen zu kurz geworden. Das bedeutet eine Verlängerung der Wassermangelzeiten. Aufgabe der verantwortlichen Fachleute ist es, sich über die vorteilhaften und nachteiligen Wirkungen der geplanten und ausgeführten Maßnahmen Klarheit zu verschaffen.

Die entscheidende Frage, welche Lösung die volkswirtschaftlich günstigste ist, wird man sich allerdings immer wieder von neuem vorlegen müssen. Nach herkömmlichen privatkapitalistischen Gesichtspunkten ist den großen wasserwirtschaftlichen und landeskulturellen Problemen nicht mehr beizukommen. Insofern hat auch hier eine grundlegende Verschiebung der Werte und Maßstäbe stattgefunden. Als wichtigster Faktor bleibt in jedem Falle zu bedenken, welche Lösung von der Natur ohne Überraschungen für uns angenommen wird. Dies setzt eine sorgfältige planmäßige Beobachtung der Naturvorgänge voraus.

VI. Schriftenverzeichnis

1. CHRISTIANSEN, W. und STEINBERG, K.: Binnenlandsalzwiesen der nordfriesischen Marsch. Die Küste 1956.
2. DITTMER, E.: Entwässerung der Marsch durch Sickerbrunnen? Wasser und Boden, H. 9, S. 310 bis 311, 1956.
3. DITTMER, E.: Die Versalzung des Grundwassers an der schleswig-holsteinischen Westküste. Die Küste 1956.
4. FISCHER, O.: Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste, III. Teil, Das Festland, 7, Hydrographie des Küstengebietes. Berlin 1955.
5. GAYE, J.: Die Wasserstandsänderungen in der Ostsee und in der Nordsee in den letzten hundert Jahren. Die Wasserwirtschaft, Sonderheft, S. 1—5, 1951.
6. HAHN u. RIETSCHEL: Langjährige Wasserstandsbeobachtungen an der Ostsee. IV. Balt. Hydrolog. Konf. Deutschland, Hauptbericht 13, 1938.
7. HECK, H.-L.: Das Grundwasser im Zusammenhang mit dem geologischen Bau Schleswig-Holsteins. Berlin 1932.
8. HECK, H.-L.: Die hydrogeologischen Grundlagen für die künftige Wasserwirtschaft in Schleswig-Holstein. Das Gas- und Wasserfach 89, H. 5, S. 145—151, 1948.
9. HENSEN, W.: Über die Ursachen der Wasserstandshebungen an der deutschen Nordseeküste. Die Bautechnik, S. 8—11, 1938.
10. JOHANNSEN, A.: Hydrogeologische Übersichtskarte 1:500 000, Blatt Schleswig. Remagen 1954.
11. KREY, H. D.: Gutachten über die zweckmäßigste Lösung der Eiderabdämmung. Unveröffentl. Bericht vom 25. 10. 1926.
12. LÜDERS, K.: Über das Ansteigen der Wasserstände an der deutschen Nordseeküste. Zentralblatt d. Bauverw., S. 1386, 1936.
13. MAGENS, C.: Über den Einfluß der Gezeiten auf das Grundwasser. Die Wasserwirtschaft, H. 11, S. 277—279, 1955.
14. PETERSEN, M.: Über die Grundlagen zur Bemessung der schleswig-holsteinischen Landesschutzdeiche. Die Küste 3, 1/2, S. 153—180, 1954.
15. PRESSEL, F.: Die Verfahren zum Entsalzen von Meer- und Brackwasser. VDI-Zeitschr. 98, 1, S. 9—13, 1956.
16. RAABE, E. W.: Salzsäuren in der nordfriesischen Marsch. Monatsschr. Schleswig-Holstein, H. 11, 1954.
17. SCHEMEL, R.: Wasserversorgung der deutschen Marschengebiete. Das Gas- und Wasserfach 91, H. 20, S. 1—6, 1950.
18. STOESSEL, H.: Die Versorgungswasserwirtschaft in Schleswig-Holstein im Zusammenhang mit der wirtschaftlichen Entwicklung. Das Gas- und Wasserfach 95, H. 10, S. 310—315, 1954.
19. THIELE, H. u. RATSCHKO, H.: Über Trinkwasser aus Zisternen. Ztschr. f. Hygiene 138, S. 332 bis 356, 1954.
20. VEEN, J. van: Die Versalzung der niederländischen Marschen und ihre Bekämpfung. Die Küste 1956.
21. VINCK, Fr.: Neue Wege der Wasserversorgung in den Marschen? Bauamt und Gemeindebau, H. 11, S. 347—48, 1953.
22. VINCK, Fr.: Ursachen, Umfang, Bedeutung und Bekämpfung der Grundwasserversalzung in Schleswig-Holstein. Bes. Mitt. z. Deutschen Gewässerkundl. Jahrb. Nr. 12, S. 45—53, 1955a.
23. VINCK, Fr.: Artesische Brunnen ... eine Gefahr für den Grundwasserschutz. Bohrtechnik-Brunnenbau, H. 10, 1955b.

24. VINCK, Fr.: Über den Einfluß der Tide auf den Grundwasserstand. Die Wasserwirtschaft, H. 5, S. 131—133, 1955c.
25. VINCK, Fr.: Wie kann sich die Gemeinde ihren Wasserschatz erhalten? Bauamt und Gemeindebau, H. 5, 1955, und die Niedersächsische Landgemeinde Nr. 4/5, 1955.
26. VINCK, Fr.: Kosten der Wasserentsalzung. Gesundheits-Ingenieur, H. 15/16, S. 257—258, 1956.
27. WEINNOLDT, E. u. SUHR, H.: Wasserwirtschaft zwischen Nord- und Ostsee. Kiel 1951.
28. WITT u. PETERSEN, M.: Wasserwirtschaftliche Probleme Schleswig-Holsteins im Rahmen der Landesplanung. Raumforschung und Raumordnung, H. 2, 1955.
29. WOHLBERG, E.: Bericht über den Stand der Untersuchungen im Gotteskoog. Unveröffentl. Bericht v. 5. 10. 1953.
30. WOHLBERG, E.: Die Versalzung im Gotteskoog (Nordfriesland) nach biologischen und chemischen Untersuchungen. Die Küste 1956.
31. WOHLBERG, E.: Salzwiesen am Porrendeich (Eiderstedt) 1941. (In Vorbereitung.)