

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Wohlenberg, Erich

Deichbau und Deichpflege auf biologischer Grundlage

Die Küste

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI)

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/100874>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Wohlenberg, Erich (1965): Deichbau und Deichpflege auf biologischer Grundlage. In: Die Küste 13. Heide, Holstein: Boyens. S. 73-103.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Deichbau und Deichpflege auf biologischer Grundlage

Von Erich Wohlenberg

Inhalt:

I. Einleitung	73
II. Der historische Deichbau	
a. Begrünte Deichböschungen und Stackdeiche	74
b. Böschungsverhältnis und Stabilität des Deichkörpers	74
III. Die Herstellung der Grasnarbe im traditionellen Deichbau	
a. Die Sicherung der Seedeichböschungen durch Besodung	77
1. Schnittsoden	77
2. Rollsoden	80
b. Die Sicherung der Außenberme durch Besticken	83
IV. Die biologische Deichpflege im modernen Küstenschutz	86
a. Die standortgerechte Besodung	87
1. Das bisherige Verfahren und seine Nachteile	87
2. Der Soden-Versuchsgarten	89
3. Die Einsaat in besodete Deichböschungen als Narbentest	90
4. Die biologisch ausgerichtete Besodung der Seedeiche	92
b. Die standortgerechte Ansaat nicht besodeter Deichböschungen	92
1. Die Ansaat mit Süßgräsern	92
2. Die Ansaat mit Salzgräsern	95
3. Kultur und Saatwerbung von Salzgräsern	95
c. Narbenpflege im Vorland durch Umbruch und Ansaat mit Salzgräsern	96
d. Tierische Schädlinge im Seedeich	98
V. Zusammenfassung	102
IV. Schriftenverzeichnis	102

I. Einleitung

Die Seedeiche an der Nordseeküste umschließen heute den breiten Gürtel der Seemarschen. Diese wurden in ihren ältesten Zonen zu einer Zeit abgelagert, als der Mensch Deiche weder kannte noch nötig hatte. An hoch gelegenen Uferzonen der Gezeitenströme war um die Zeitwende Beweidung und Ackerbau ohne schützende Deiche möglich. In diese Zeit fällt im großen und ganzen die erste Besitzergreifung der Marsch durch den Menschen. Der damals bereits stärker einsetzende Anstieg des Nordseespiegels und die damit gleichzeitig vor sich gehende Zunahme und Stärke der Sturmfluten setzten dieser ackerbaulichen Nutzung der bis dahin aufgewachsenen Seemarsch ein Ende. Der Mensch blieb zwar auch dann noch Bewohner der Seemarsch, aber er war gezwungen, zum Schutz gegen die Sturmfluten Wohnhügel (Warf, Wurt, in den Niederlanden Terp) zu errichten (BANTELMANN, HAARNAGEL). Damit war jedoch nur für das Leben von Mensch und Tier ein Ausweg geschaffen, der Ackerbau aber kam mehr und mehr zum Erliegen, so daß infolge häufiger Überflutung der Seemarsch mit Brack- oder Salzwasser in der zweiten Hälfte des ersten nachchristlichen Jahrtausends die ackerbauliche Nutzung ganz aufhörte und seitdem für die von der sicheren Höhe der Warfen bewirtschaftete Marsch nur die Weidenutzung als extensive Wirtschaftsform übrigblieb. Diese Siedlungs- und Wirtschaftsform aus der Zeit von vor 2000 Jahren ist noch heute unverändert die einzig mögliche auf den nordfriesischen Halligen.

II. Der historische Deichbau

a. Begrünte Deichböschungen und Stackdeiche

Wann der Mensch den ersten Deich gegen die Nordseefluten errichtete, wissen wir nicht. Da über die Technik des frühesten Deichbaus ohnehin nichts bekannt ist, ist es im Rahmen unseres Themas ohne Belang, ob wir den Beginn vor 1100 oder 900 Jahren ansetzen. Auf jeden Fall aber führten die vom Menschen errichteten Deiche einen grundlegenden Wandel sowohl für die menschliche Existenz als auch für die Nutzung, das heißt für die Bewirtschaftung des durch einen ganz persönlichen Einsatz erstmalig gesicherten Siedlungsraumes herbei. Mögen die ersten Seedeiche (wir kennen ihre Maße aus Deichgrabungen) noch so bescheiden an Querschnitt und Höhe gewesen sein (BUSCH 1939), sie beweisen den Willen des Menschen zur Beherrschung dieser jungen Landschaft am Meer und stellen für alle Zeiten eine kulturgeschichtliche Tat beachtenswerter Größe dar.

Aus den Grabungen, die in alten Bedeichungsgebieten durchgeführt worden sind, kennen wir die Form und Höhe der frühen Deiche. Sie zeigen uns noch heute, daß sie zur Zeit ihrer Errichtung für den Schutz des Landes durchaus ausreichend gewesen sein müssen. Die Grabungen lassen weiter erkennen, daß es „grüne“ Deiche waren, nicht etwa nur einfache nackte Erdwälle, sondern mit ihrer Oberfläche Standorte für eine Pflanzendecke. Das heute in der Tiefe noch erkennbare Bodenprofil ergibt dafür den Beweis, wenn es auch die Frage nach natürlicher oder künstlicher Begrünung, wie sie uns heute interessiert, unbeantwortet läßt.

Im 13. und 14. Jahrhundert setzte eine Zeit verstärkter Sturmfluten ein. Die damaligen Deiche reichten nicht mehr zum sicheren Schutz aus. Es kam zu großen Landverlusten durch Meereseinbrüche entlang der ganzen Marschenküste von den Niederlanden bis nach Dänemark. Man schritt im Deichbau zu Notmaßnahmen, indem man die seeseitige Böschung der hart im Angriff und Abbruch liegenden Deiche mit Holzbollwerken verstärkte. So entstanden als Sekundärform die sogenannten „Stack“-Deiche, deren letzte in Nordfriesland erst im 18. Jahrhundert aufgegeben und durch „Berme“-Deiche (= zur See hin geneigt auslaufende begrünte Erddeiche) als das Werk niederländischer Deichbaumeister vom Ende des 16. Jahrhunderts an ersetzt wurden¹⁾. Der Berme-Deich der Holländer hat seit seiner Einführung bis in unsere Tage — wenn auch mit laufenden Erhöhungen und geringfügigen Veränderungen im Bestick (Böschungsverhältnis) im Laufe der Jahrhunderte — den Schutz der Marschen übernommen. Wir sprechen vom traditionellen Deichprofil.

b. Böschungsverhältnis und Stabilität des Deichkörpers

Der Wasserhaushalt unserer Seedeiche wird vom Grundwasser nicht beeinflusst. Die Bodenfeuchte ergänzt sich nur aus dem Niederschlagswasser und aus dem Tau. Infolge des hohen Gehalts an Ton kann ein gewisser Vorrat an Bodenfeuchte gespeichert werden. Abgesehen von extremen Trockenperioden reicht die Bodenfeuchte zur Versorgung der Grasnarbe aus. In Schleswig-Holstein ist die Bodenfeuchte der meistens ostwärts gerichteten Deich-Innenböschung jener der Deich-Außenböschung weit überlegen. Das gilt insbesondere von den Deichen, deren Errichtung bereits Jahrhunderte zurückliegt. Diese tonigen Deiche haben durchweg eine steile Innenböschung. Seit Jahrhunderten ist die Innenböschung das Stiefkind im Seedeichbau. Erst als bei den Oktober-Sturmfluten des Jahres 1936 auf den Inseln Nordstrand und Pellworm die

¹⁾ Berme = Abschnitt des mit flachem Gefälle auslaufenden Deiches.

Wellen über den Seedeich hinweggingen. BUSCH 1937, HUNDT 1955, die Außenböschung dem Angriff zwar widerstand, die Innenböschung aber durch das über die Deichkrone binnendeichs abströmende Wasser zerstört wurde, erkannte man die verhängnisvollen Gefahrenmöglichkeiten der steilen Innenböschungen. Ein weiterer unüberhörbarer Warnruf kam im Jahre 1953 aus Holland, wo die große Katastrophe durch die Zerstörung der Innenböschungen hervorgerufen wurde. Seitdem wird der Innenböschung erhöhte Aufmerksamkeit gewidmet. Bei den neuesten Deichbauten und bei der Reform der Deichprofile erhält auch die Innenböschung ein flacheres Profil. Wo die Geländeverhältnisse es irgend zulassen, erhält sie eine Neigung von 1 : 3.

Abb. 1.
Deichrutschungen ohne Sturmflut. An einem alten Seedeich der Eidermündung fanden an der nach Norden gerichteten Innenböschung infolge zu großer Steilheit und anderer Ursachen (vgl. Text) umfangreiche, die Standsicherheit des Deiches gefährdende Rutschungen statt

März 1936. Aufn. E. WOHLBERG

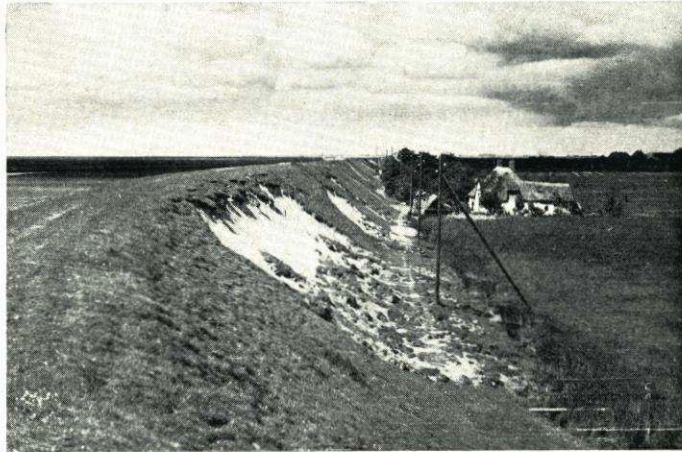


Abb. 2.
Die Innenböschung (wie Abb. 1) nach der Wiederherstellung des Profils und nach dem Andecken mit Rasensoden. Die Steilheit der Böschung läßt die Sicherung selbst durch Besodung nicht zu

Juni 1936. Aufn. E. WOHLBERG



Aber noch immer gibt es Landesschutzdeiche mit sozusagen „antikem“ Profil. An solchen Deichen bedarf es zum Beispiel keiner Sturmflut, um die Gefahren einer zu steilen Innenböschung vor Augen zu führen. Die Abbildung 1 zeigt einen Landesschutzdeich, dessen Innenböschung eine Neigung von weniger als 1 : 1,5 hatte. Nach dem Winter 1935 fanden bei normaler Wetterlage umfangreiche Rutschungen in einem Maße statt, daß der Deich durch den Substanzverlust bedrohlich geschwächt wurde.

Die nähere Untersuchung ergab folgende Befunde:

1. der Deich bestand aus schwerem Klei,
2. die Innenböschung hatte eine Neigung von etwa 1 zu 1,5 oder weniger,
3. die Böschung war nach Norden gerichtet,
4. die Gräser waren lang- und horstwüchsig,
5. das Untergras war ersetzt durch eine geschlossene, bis zu zehn Zentimeter mächtige Moosvegetation,
6. wegen der Steilheit der Böschung war eine Beweidung ausgeschlossen, so daß Verbiß und Vertritt unterblieben, und
7. wegen der Exposition nach Norden und der windarmen Lee-Lage blieb der obere Bodenhorizont bis zu etwa 30 cm Tiefe während des größeren Teiles des Jahres wasserreich bis wasserübersättigt.

Die durch die oben angeführten Umstände bewirkte Wasserübersättigung hatte auf der einen Seite das Bodengefüge gestört und auf der andern die böschunghaltende Kraft der Pflanzendecke überfordert. So führte das eingetretene Mißverhältnis in der Bodenfeuchte zur zunächst nicht erkennbaren Instabilität und schließlich zum Hinabrutschen der Böschung.

Die im darauffolgenden Sommer vorgenommene Ausbesserung dieser Böschungsschäden hatte noch immer mit den gleichen Instabilitätseigenschaften zu kämpfen. Um möglichst sicher zu gehen, wurde die wieder aufgefüllte und profilierte Innenböschung nicht angesät, sondern besodet. Die Abbildung 2 läßt erkennen, daß die frühere Instabilität an den ehemaligen Rutschstellen nicht überwunden war, denn die frisch angedeckten, mit dem Untergrund natürlich noch nicht fest verwachsenen Sodenbahnen klappten infolge erneuter Abscherung des Füllbodens noch im Juni weit auseinander.

Bei den Deich-Neubauten unserer Tage kann man zwar die nach Norden gerichtete Hanglage nicht beseitigen, aber das Profil der Innenböschung ist besonders nach der Februar-Sturmflut 1962 einer grundlegenden Überprüfung unterzogen worden (Bericht der Arbeitsgruppe Küstenschutzwerke im Küstenausschuß Nord- u. Ostsee, 1962, sowie SUHR, 1962), nachdem HUNDT bereits 1955 auf die Notwendigkeit der Böschungsrevision hingewiesen hatte. Heute erhält die Innenböschung eine stärkere Kleiauflage und die wesentlich flachere Neigung von 1 zu 3. Auf diese Weise sind nicht nur die Voraussetzungen für das Gedeihen narbentauglicher Gräser geschaffen, sondern vor allem die Vorbedingungen für eine regelmäßige Beweidung, worin wir die bedeutsamste deichpflegerische Maßnahme sehen. Die intensive Beweidung bewirkt am nachhaltigsten das Fernhalten horstwüchsiger Arten, unterbindet die Entstehung einer luftabschließenden und wasserspeichernden Moosdecke und führt durch den ständigen Weidetrtritt zu einer Festigung des Bodens. Damit dürften die auf der Abbildung 1 wiedergegebenen „Rutschungen ohne Sturmflut“ der Geschichte angehören.

III. Die Herstellung der Grasnarbe im traditionellen Deichbau

Deichbau ist seit altersher „Ingenieur“-Bau. Es sind technische Arbeitsweisen und Gedanken, die in erster Linie den Ablauf des Deichbaus bestimmen.

Die Abwehrkraft des Seedeiches ist aber nicht allein eine Funktion seiner Höhe, seiner Böschungsverhältnisse oder der verwendeten Bodenart, sondern in hohem Maße eine Funktion der Pflanzendecke. Selbst das bestausgeklügelte Deichprofil erliegt sehr schnell dem Angriff der See, wenn die Grasnarbe des Deiches nicht in Ordnung, d. h. nicht immer abwehrbereit ist. Das hat eindringlich die Sturmfluttragödie von 1953 in den Niederlanden gezeigt. Der Seedeich ist ein Lebensraum ganz besonderer Prägung. Die Grasnarbe ist nur dann abwehrbereit, wenn

- a) die Vergesellschaftung der Grasarten den extremen Standortverhältnissen (vgl. S. 92) entspricht und

- b) die Gräser planmäßig durch Beweidung kurz gehalten werden, so daß eine dichte teppichartige Narbe erzeugt wird.

a. Die Sicherung der Seedeichböschungen durch Besodung

Die traditionellen Berme-Deiche wurden bisher aus mehr oder weniger tonhaltigem Marschboden, den man innerhalb oder auch außerhalb der neuen Deichlinie gewann, errichtet. Nach Fertigstellung des voll profilierten Erdkörpers wurden die Böschungen bisher mit Rasensoden angedeckt (Abb. 3—5, 16, 17). Man unterscheidet heute in der Besodungstechnik Schnittsoden und Rollsoden. Rollsoden sind im allgemeinen jedoch erst seit den umfangreichen Ausbesserungsarbeiten im Anschluß an die große Flut vom Februar 1962 in die Deichbaupraxis aufgenommen worden, und zwar aus Gründen der Zeitersparnis und Wirtschaftlichkeit.

1. Schnittsoden

Die im Deichbau verwendeten Soden (Maße: $30 \times 30 \times 10$ cm) werden in der Regel in der Region des höheren Anwachs vor den Deichen (Vorland) gewonnen. Als Pflanzengesellschaft herrscht hier das Festucetum rubrae litoralis mit *Festuca rubra* f. *litoralis* als Hauptbestandbildner vor. Der Bodenaufbau dieser Zone ist tonig oder auch feinsandig mit Tonbeimengungen. Das Hauptmerkmal ist der geschichtete Aufbau unterhalb der Pflanzendecke (Abb. 4). Die Schichtung des Standortes geht auf Sturmflutablagerungen zurück. Die an den geschnittenen Soden auf der Abbildung erkennbaren dunklen Schichten stellen ehemalige Vegetationshorizonte dar, sie sind von tonig-humoser Beschaffenheit; die damit alternierenden hellen Schichten bilden den eigentlichen Zuwachs an Sturmflut-Sediment (WOHLENBERG 1933).

Dieser geschichtete Aufbau der Sode ist von grundlegender Bedeutung für die Güte, d. h. für die bautechnische Qualität der Sode. Eine solche Sode ist von unten bis oben durchwurzelt. Die aufeinanderfolgenden Vegetationshorizonte stehen miteinander im ungestörten biogenen Verband. Die dichte Durchwurzlung des gesamten Profils und somit auch die der geschnittenen Sode ist endlos. An keiner Schichtebene vermag man das Profil horizontal zu trennen (Abb. 4 und 6). Zu der senkrechten Durchwurzlung kommt die horizontale. Entfernt man etwa durch einen mechanischen Spülvorgang alle tonigen und feinsandigen Bestandteile, so verbleibt ein dichtes, fest zusammenhängendes Netzwerk von Pflanzenwurzeln. Hierauf beruht der vom praktischen Deichbau geforderte hohe Bauwert der Sode; wir sprechen vom biotechnischen Bauwert. Die Skala „Bauwert“ ist in erster Linie vom Herkunftsstandort, das heißt von der ursprünglichen Pflanzendecke abhängig. So hat z. B. die *Puccinellia*-Sode (An del) einen weit geringeren Bauwert als etwa die *Festuca*-Sode (Salzrotschwingel).

Die An del-Sode ist naturgemäß — weil genetisch jünger — weniger dicht durchwurzelt, weniger stabil geschichtet und — ihrem Standort entsprechend — stets wasserhaltiger als die *Festuca*-Sode. Man sollte die An del-Sode daher möglichst nur im untersten Bereich der Deichberme verwenden, dort, wo sie sich noch in möglichster Nähe ihres Herkunftsstandortes, d. h. im ständig feuchten und vollmarinen Bereich befindet. Wird sie dagegen an höheren, trockenen Böschungszonen des Deiches verlegt, verliert sie durch Schrumpfung nicht nur einen erheblichen Teil ihres ursprünglichen Volumens, so daß sich die neue Sodendecke nicht schließen kann, sondern sie ist auch dem biologischen Schock nicht gewachsen, der mit der Verlegung aus dem marinen Bereich in den glykischen (ausgesüßten) der oberen Deichböschung zwangsläufig verbunden ist. So sind der Verwendung der An del-Sode bei gewissenhafter Bauauffassung enge Grenzen gesetzt, die gleichermaßen von biologischen wie auch physikalischen Merkmalen aufgerichtet sind. Biologisch, im engeren Sinne ökologisch, weil der Standortwechsel von der vollsalzigen

Abb. 3.
Das Schneiden der Vorland-
soden im Festucetum rubrae
litoralis. Im Hintergrund das
Watt während der Ebbe
Mai 1937. Aufn. E. WOHLBERG



Abb. 4.
Nahaufnahme von exakt ge-
schnittenen Vorlandsoden der
Rotschwengel-Gesellschaft. Tep-
pichartig geschorene Narbe mit
biogen durchwachsenen Sturm-
flutschichten bilden die Qua-
litätsmerkmale dieses Bau-
stoffes. Man beachte den
Schrägschnitt, der die Vor-
bedingung für die seitliche
Bewurzelung der Soden unter-
einander schafft
Mai 1937. Aufn. E. WOHLBERG

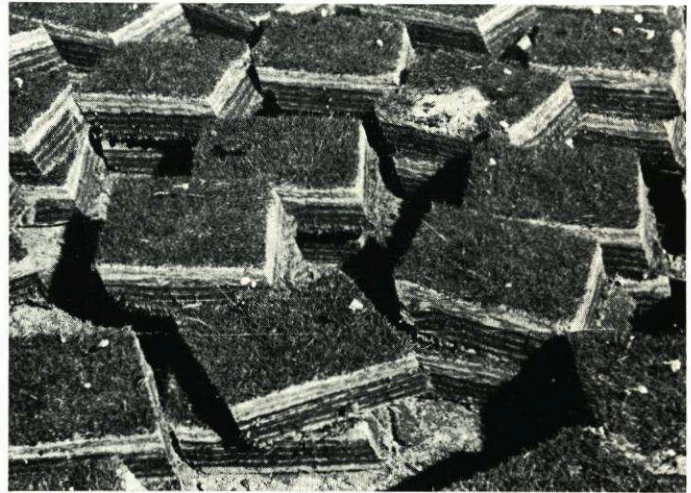
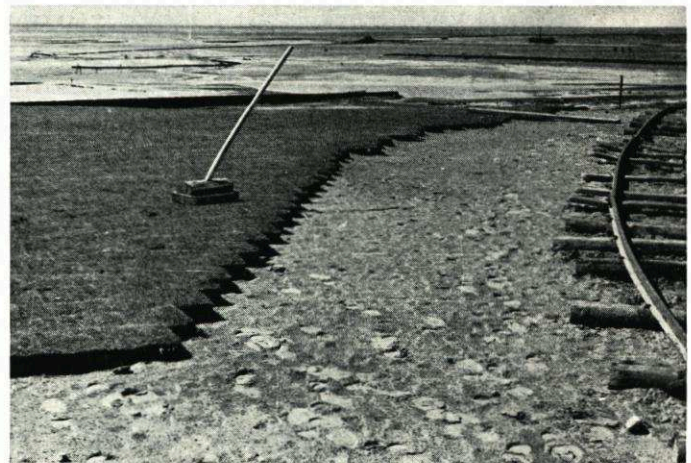


Abb. 5.
Die neu profilierte Deich-
böschung wird mit Soden an-
gedeckt. Im Hintergrund das
Wattenmeer der Melderfer
Bucht
Juni 1936. Aufn. E. WOHLBERG



Andelwiese in die voll ausgesüßte Weidelgrasgesellschaft eine ökologische Valenz erfordert, über die der Andel (*Puccinellia*) nicht verfügt und physikalisch, hier transporttechnisch, weil

- a) die Festigkeit der Andel-Sode meistens zu wünschen übrig läßt und diese auf dem Transport an Formbeständigkeit einbüßt und
- b) der hohe Wassergehalt — bezogen auf das Gesamtvolumen der Sode — in der Hanglage des Deiches zu unerwünschten Schrumpfungen in allen Richtungen des Sodenkörpers führt.

Weit „toleranter“ verhält sich dagegen die Rotschwingel-Sode (*Festuca rubra f. litoralis*), tolerant in biologischer wie auch in technischer Hinsicht. Da die *Festuca*-Gesellschaft bereits aus dem vollmarinen Bereich der Küstenzone herausgewachsen, ihr Salzgehalt also geringer ist



Abb. 6.
Der biotechnische Sodentest an Ort und Stelle am Seedeich an einem mit der speziellen Soden-Sonde gewonnenen Sodenkern. Das auf dem Bild gezeigte Biegen des Kernes demonstriert das formbeständige Verhalten als Merkmal der Güte der untersuchten Sode

Juni 1955. Aufn. C. HUNDT

als der der Andelgesellschaft, ist auch die ökologische Spanne vom gewachsenen Standort bis zur glykischen (ausgesüßten) Hanglage des Deiches, wo sie nach dem Verlegen weiterwachsen soll, wesentlich kleiner. Hinzu kommt, daß *Festuca rubra f. litoralis* nicht nur den physiologischen Entsalzungssprung besser zu ertragen vermag, sondern infolge der Ton-Sand-Schichtung, des geringeren Wassergehaltes und schließlich der außerordentlich dichten Durchwurzelung selbst bei rücksichtslosen Transporten zur Baustelle immer noch formbeständig bleibt und daher ein ideales biologisches Baumaterial darstellt (Abb. 6). Die Holländer fordern von einer guten Sode einen hohen Grad an „stevigheid“ (JONKER 1958). In weidetechnischer Hinsicht ist die Rotschwingel-sode der Andelsode ebenfalls überlegen, denn keine Narbe wird so kurz verbissen und ist so homogen im Aufbau wie die der Rotschwingelsode. Überdies ist ihr geringerer Feuchtigkeitsgehalt gegenüber der Andelsode ein Vorzug von allgemeinbiologischer Bedeutung. Trockenheit in Grenzen ist durchaus kein Nachteil, sondern fördert eine intensive Bewurzelung (JONKER 1958).

Auch bodenkundlich gesehen unterscheiden sich Andel-Sode und Rotschwingel-Sode grundsätzlich. Während sich das Sediment der Andelwiese weitaus noch im reduzierten Zustand be-

findet (blauschwarzes Schwefeleisen), hat die *Festuca*-Sode sozusagen die Kinderstube der marinen Bodenbildung längst hinter sich. Alle Reduktionsstoffe sind im Schichtprofil des *Festucetums* voll oxydiert. Das ist eine Grundeigenschaft der *Festuca*-Sode, die sie streng von der genetisch jüngeren Andel-Sode trennt, ein Merkmal, das ihrem Weiterwachsen am neuen Deichstandort sehr zustatten kommt.

2. Rollsoden

In früheren Jahren befanden sich vor den Seedeichen der Westküste Schleswig-Holsteins noch fast überall junge Anwachsgebiete, also nicht bedeichte Verlandungsgebiete. Meistens konnten die Vorlandsoden zur Ausbesserung der Sturmflutschäden an den Seedeichen an Ort und Stelle gewonnen und in der Regel ohne größere Transportwege zur Bedarfsstelle gebracht werden. Das änderte sich in den dreißiger Jahren dadurch, daß fast alle Anwachsgebiete eingedeicht wurden (PFEIFFER 1938, WOHLBERG 1939). Diese Bedeichungsmaßnahmen führten zu einer bedenklichen Verknappung an Sodengewinnungsgebieten, denn deren Vorhandensein ist eine wesentliche Voraussetzung für die laufende Durchführung des Küstenschutzes. Als Extremfall sei die Insel Pellworm genannt, die durch die Bedeichung des letzten Anwachsgebietes Buphever (Bupheverkoog, 1938) jeglicher Sodengewinnungsgebiete entblößt wurde. Ähnlich war die Entwicklung an verschiedenen Stellen der Festlandsküste. Während die umfangreichen Deichschäden nach den Sturmfluten vom Oktober 1936 noch durch Verwendung von örtlich im benachbarten Vorland gewonnenen Schnitt-Soden behoben werden konnten, war dies nach der großen Flut vom Februar 1962 nicht mehr möglich.

Inzwischen hatte sich die „Rasen-Industrie“ entwickelt. Sie belieferte ursprünglich die Baumaßnahmen im Erdbau des Binnenlandes mit sogenannten Rollsoden. Sportplätze, Kanalböschungen, Gartenanlagen bedienten sich der Angebote, die besonders aus den Niederlanden kamen. Das hierfür verwendete Substrat bestand aus besonders präpariertem Torf. Das Wachstum der eingebrachten Grassaat wurde durch Einlagerung von besonders wachstumsfördernden Düngern im Tempo stark beschleunigt, und die Farbe der jungen Narbe war ein bestechendes Grün, was die Marktfähigkeit begreiflicherweise verlockend steigerte. Das gleichmäßig aufgebaute Torfsubstrat wurde schnell durchwurzelt und widerstand überdies jeglicher Krümelung, so daß der Rasen in weniger als drei Zentimeter Stärke in gleichmäßigen, etwa 25—30 cm breiten Bahnen geschält und mehrere Meter lang gerollt in den Handel gebracht werden konnte. Diese im glykischen Vegetationsbereich des Binnenlandes bewährte Begrünungstechnik war drauf und dran, die an den deutschen Seedeichen nach der Sturmflut von 1962 entstandene Notlage zu nutzen. Da stellte jedoch die genaue Untersuchung der Grasarten und des verwendeten Substrats durch den Verfasser die sachdienliche Verwendung im Seebau in Frage, so daß vor der Verwendung der im Schnellwege und auf Torfbasis hergestellten Rollsoden gewarnt werden mußte.

Unsere Seedeiche sind Landesschutzdeiche, sie haben sozusagen „Hoheitsaufgaben“ zu erfüllen. Es ist nicht damit getan, daß der Deichkörper augenblicklich begrünt wird, sondern daß er gegen erneuten Meeresangriff abwehrbereit begrünt wird. Das aber kann nur durch eine Grasnarbe erreicht werden, deren Artengefüge standortgerecht ist. Die im Laboratorium in Kultur genommenen Probestücke von importierten Rollsoden ergaben jedoch eine Gräserzusammensetzung, die zwar für schnell zu begrünende Parkanlagen bzw. Ausstellungsflächen ausreichend sein mag, weil sie hier in erster Linie dem Auge dienen soll, nicht aber den Schutz der Seedeichböschungen übernehmen kann. Die im Labor zum Sprossen und Blühen gebrachten Rollsodenstücke ergaben zum Beispiel in dem einen Fall einen beherrschenden Anteil am jährigen Rispengras (*Poa annua*), in der anderen Kultur einen merkwürdig hohen Anteil

an geknietem Fuchsschwanz (*Alopecurus geniculatus*). Beide Arten kommen an unsern Seedeichen zwar vor, aber ihre Abundanz und ihr Deckungsgrad dürfen bei einem abwehrfähigen Deich ein bestimmtes Maß nicht überschreiten. Rollsoden dieser Artenzusammensetzung müssen daher im Seedeichbau abgelehnt werden.

Aber die Verwendung von Rollsoden überhaupt anstelle von Schnittsoden bieten besonders heute bei der Verknappung von Arbeitskräften und angesichts des Tempos der Wiederherstellungsarbeiten an den durch die Sturmflut vom Februar 1962 zerstörten Deichen so viele



Abb. 7.
Ein Depot von angefahrenen
Rollsoden an der Verwen-
dungsstelle der mittleren
Deichböschung
Juni 1965. Aufn. E. WOHLBERG



Abb. 8.
Das Ausrollen der Rollsoden
in meterlangen Bändern auf
der zu sichernden und zu be-
grünenden Deichböschung
Juni 1965. Aufn. E. WOHLBERG

Vorteile, daß auf die Rollsoedentechnik schlechthin nicht verzichtet werden kann (Abb. 7 und 8). Statt der importierten Rollsoden auf Torfsubstrat empfahl der Verfasser im Rahmen seiner biologischen Aufgaben an der Küste die Gewinnung von Rollsoden von Grünlandparzellen innerhalb der bedachten Marsch. Es zeigte sich jedoch, daß die Empfehlung „Grünlandparzellen“ nicht genügte. So wurde zum Beispiel festgestellt, daß an verschiedenen Stellen der Küste Rollsoden angedeckt wurden, die zwar von Weiden gewonnen worden waren, aber nicht von Dauerweiden. Die Gräseranalyse und die Nachprüfung am Gewinnungsort zeigten, daß diese Rollsoden von Wechselweiden geschält worden waren. Die Wechselweide aber enthält eine Reihe Grasarten, die zur Horstwüchsigkeit neigen und vor allem keine geschlossene

und intensiv durchwurzelte Narbe bilden. Knauelgras (*Dactylus glomerata*), Wiesenschwingel (*Festuca pratensis*), Wiesenfuchsschwanz (*Alopecurus pratense*), Welsches Weidelgras (*Lolium italicum*), Rotklee (*Trifolium pratense*) u. a. mehr gehören nicht an die Außenböschung unserer Seedeiche.

Rollsoden zum Aendecken der seeseitigen Deichböschungen sollten nur von alten, gepflegten und Jahr für Jahr vorschriftsmäßig beweideten Dauerweiden gewonnen werden, deren Grasbestand dem Lolietum Cynosuretum angehört. Die Hauptgräser dieser Gesellschaft werden vom Deutschen Weidelgras (*Lolium perenne*), dem Kammgras (*Cynosurus cristatus*), dem Wiesenrispengras (*Poa pratensis*), dem Weißklee (*Trifolium repens*) u. a. gestellt. Die hier genannten Arten sind unsere besten Narbenbildner, ihr Artengefüge ist standortgemäß und bei Beweidung durch Schafe (und auch Gänse) liefert ihre Gesamtheit eine teppichartig geschorene und lückenlose Pflanzendecke, die zwar nicht halophil ist, aber doch eine vorübergehende Überflutung mit Meerwasser ohne Schaden ertragen kann.

Nach dieser Empfehlung wird jetzt an der schleswig-holsteinischen Küste verfahren. Die Dicke dieser standortgerechten Rollsoden ist zwar nicht größer als die der Importware, aber ihr Substrat ist tonig, lehmig und entspricht somit genau dem Substrat des zu schützenden Deichkörpers, mit dem es schnell eine Einheit bildet. Wegen ihrer nur geringen Stärke verfügt die Rollsole im Vergleich mit der herkömmlichen Schnittsole (10 cm stark) nur über eine geringe Feuchtigkeitsreserve für die Zeit des Anwachsens an der besonnten Deichböschung. Hiermit ist ein Risiko verbunden, das um so größer ist, je länger die in die Besodungszeit möglicherweise fallende Trockenperiode andauert.

Wie bereits oben angedeutet, war die Zuwendung zur Rollsoden-Technik im Rahmen des Deichbaus angesichts der umfangreichen, 1962 schnellstens zu behebenden Deichschäden aus arbeitstechnischen und Zeitersparnis-Gründen verständlich; ob sie aber im Rahmen der Schutzaufgaben der Seedeiche die an sie gestellten Anforderungen erfüllen wird, kann im Augenblick noch nicht beantwortet werden, da die entsprechenden Untersuchungen noch nicht zum Abschluß gekommen sind. Die althergebrachte Schnittsoden-Technik hat sich in vielen Sturmfluten bewährt. Die Rollsole besitzt nur einen Bruchteil des minerogen bedingten Gewichtes der Schnittsole. Genauso verhält es sich mit Qualität und Masse ihres biogenen Gefüges (Abb. 4 und 6). Ob also die Rollsoden-Technik das Verfahren im Deichbau der Zukunft werden wird, müssen die in der Durchführung begriffenen Spezialuntersuchungen und das Verhalten der Rollsodenböschungen in den kommenden Sturmfluten noch erweisen.

Im älteren Schrifttum über Deichbauten am Meer findet sich eine Bemerkung, der zu entnehmen ist, daß die Verwendung von Rollsoden keine Erfindung unserer Tage und unserer Zeit- und Leutenot ist. So findet sich in der Schrift von HINRICHS (1931) über den 1911 von ihm erbauten Seedeich der Marschen vor der damals noch nordschleswigschen Stadt Riepen (heute Ribe) folgende Bemerkung: „anfangs wurden Soden von 3 cm Stärke verwendet. Diese etwa drei Meter langen Streifen, auf hohem, stark mit Süßgräsern durchsetztem Vorlande gewonnenen Rasenstücke waren recht zähe und ließen sich aufgerollt gut transportieren. Teils sind sie angewachsen, teils nicht.“ Damals wurde diese Methode beim Deichbau Riepen bald fallengelassen und die Schnittsoden-Technik wieder ausschließlich angewendet. So ist es in den seitdem verflossenen reichlich fünfzig Jahren geblieben.

Für unsere Zeit bleibt nur zu wünschen, daß die Rollsoden-Technik die an sie im Deichbau gestellten Erwartungen nicht enttäuscht. Alle weiteren Prognosen bleiben dem Untersuchungsergebnis und besonders den Bewährungsproben der Böschungen in kommenden Sturmfluten vorbehalten.

b. Die Sicherung der Außenberme durch Besticken

Das älteste Verfahren, dem Fuß der grünen Seedeiche gegen den Angriff der Wellen einen erhöhten Schutz zu bieten, darf mit großer Wahrscheinlichkeit in der Methode des Bestickens gesehen werden. „Die Strohbstickung besteht aus einer Spreitlage Stroh, die durch krampfenartig in den Erdboden gedrückte Strohseile festgehalten wird“ (HINRICHS 1931). Wie lange sie bereits im Deichbau und Küstenschutz angewendet wird, ist nicht bekannt.

Die Bestickung findet hier eine kurze Erörterung, weil es sich einerseits um eine Maßnahme handelt, die auf den Schutz der lebendigen, die Sicherung der unteren Deichberme übernehmenden Grasnarbe ausgerichtet und andererseits eng mit der Verwendung von Schnit soden verbunden ist und schließlich, weil es sich um eine gerade in unsern Tagen aussterbende bäuerliche Technik handelt. Die Arbeitsweise im einzelnen kann bei HINRICHS (1931) nachgelesen werden. Dort ist auch das sinnvoll erdachte und durch eine jahrhundertlange Praxis erprobte, einzig notwendige Gerät, die „Sticknadel“, abgebildet (Seite 54 bei HINRICHS²⁾).

Durch Besticken geschützt wird vornehmlich die untere Deichberme, besonders dann, wenn diese frisch besodet worden ist. Die Bestickung soll verhindern, daß die brandende Welle die im Herbst noch nicht genügend angewachsene Sode während der Winterstürme aus dem Verband herauschlägt und der Deichkörper dadurch gefährdet wird.

Das für den Bestickungsvorgang verwendete Material muß handgedroschenes Roggenstroh sein. Hierfür sind zwei Gründe maßgebend, einmal, weil Roggenstroh genügende Länge hat und zum andern, weil es zäh und anschmiegsam ist und sich daher besonders beim „Nähen“ der „Krampen“ bewährt (Abb. 9 und 10). Im gegenwärtigen Zeitalter des Maschinendruschs ist die Beschaffung handgedroschenen Strohs nahezu unmöglich, so daß schon aus diesem Grunde heute die Technik des Bestickens zum Erliegen kommt. So mußte noch in diesem Sommer (1965) auf der Insel Föhr, wo man an verschiedenen Stellen des Seedeiches von Osterlandföhr dringend auf Strohbstickung angewiesen ist, eigens ein Bauer der Föhrer Geest beauftragt werden, seine Roggenparzelle nach alter Weise von Hand abzudreschen, damit ungebrogene Halme am Deichfuß verarbeitet werden konnten³⁾.

Die Strohbstickung bietet gegenüber jeder allein mit technischen, beziehungsweise anorganischen Mitteln durchgeführten Deichsicherung den Vorteil, daß die Spreitlage aus Stroh dem Deichkörper durch das Hindurchwachsen der von der Spreitlage vorübergehend zugedeckten Sodenvvegetation allmählich einverleibt wird. Abbildung 11 läßt diesen wünschenswerten Vorgang der biogenen Verzahnung erkennen. Die Sodenvvegetation ist hier bereits so weit durch die Spreitlage aus Stroh hindurchgewachsen, daß der Näh-Rhythmus zwar noch erkennbar, aber die biologische Sicherung bereits erreicht ist. Das ist der tiefere Sinn des kombinierten Verfahrens von Besodung und Bestickung.

Vor zwanzig Jahren wurde der gegen die See hin auslaufende Deichfuß noch an vielen Abschnitten unserer Küste auf diese Weise gesichert. Heute dagegen wird die Strohbstickung aus den oben genannten Gründen kaum noch durchgeführt, auch weil sie wegen ihrer Wiederholung im Frühjahr und Herbst sehr arbeitsaufwendig ist.

Es spricht für die bäuerliche Herkunft der Methode, daß zum Beispiel auf der Insel Pellworm die Bestickung nicht mit Stroh, sondern mit Reth (*Phragmites communis*) zur Ausführung

²⁾ Der richtigen Darstellung wegen sei jedoch vermerkt, daß die Sticknadel nicht mit einem Brustschutz in das Erdreich gedrückt wird, wie bei HINRICHS beschrieben, sondern durch eine Abwärtsbewegung des Leibes. Der Sticker trägt zum Schutz der Leibmuskulatur einen Ledergurt, der unterhalb des Nabels durch ein nach vorn gewölbtes Lederkissen verbreitert und gepolstert ist.

³⁾ Ähnliches kann vereinzelt von der Festlandküste Nordfrieslands und Dithmarschens berichtet werden.

Abb. 9

Die besonders gefährdete untere Außenberme wird alljährlich durch eine „aufgenähte“ (bestickte) Spreitlage aus Stroh in ihrer Abwehrkraft gegen Wellenangriff verstärkt. Die Strohkrampen werden mit der metallenen stumpfen Schneide des Nähstockes (Stickeisen) durch den Sodenkörper in den Untergrund gedrückt

Juni 1936. Aufn. E. WOHLBERG



Abb. 10.

Eine ordnungsmäßig mit Stroh bestickte Deichberme. Der Einstich des Stickeisens erfolgt etwa alle 15 cm, der Abstand der Krampenreihen liegt durchweg bei 25 cm

Juni 1936. Aufn. E. WOHLBERG

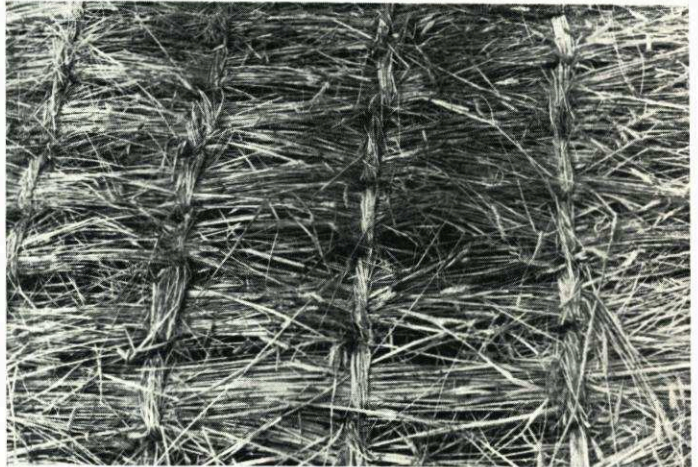


Abb. 11.

Die Strohbestickung wird durch das Hindurchwachsen der Sodenvegetation als organischer Bestandteil in die lebendige Narbe der Deichberme einbezogen. Der biogene Vorgang macht eine Wiederholung der Bestickung überflüssig

Mai 1936. Aufn. E. WOHLBERG





Abb. 12.
Mit Reth bestickte untere Außenberme der Insel Pellworm. Hier verwendet man das in den Gräben und den alten Deichpütten (Erdentnahme) wachsende Schilf (Reth, *Phragmites*)
Dez. 1941. Aufn. E. WOHLBERG



Abb. 13.
Nahaufnahme von der mit Reth bestickten Außenberme. Die Blattmasse vom Schilf ist so groß und so dicht gelagert, daß die darunter liegende Sodenvegetation zum Absterben verurteilt ist
Dez. 1941. Aufn. E. WOHLBERG



Abb. 14.
Die allzu starre, ihrer Blattspreiten durch Erosionswirkung entblößte Rethlage unterliegt schnell der Auflösung. Eine Regeneration der ursprünglich geschützten Sodenvegetation ist nicht möglich, daher keine biogene Einverleibung in den zu schützenden Standort
Dez. 1941. Aufn. E. WOHLBERG

zung kommt. Auf den Marschböden der Insel wird kein Roggen angebaut; Weizen-, Gersten- und Haferstroh aber sind zu kurz und brüchig. Daher nimmt man auf Pellworn das Material, das die Landschaft spendet, nämlich das in den Marschgräben der Insel wachsende Reth. Die Abbildungen 12—15 zeigen die Bestickung mit Reth. Die Rethhalme sind zwar widerstandsfähiger als das weiche Roggenstroh, doch zeigt ihre Verwendung wesentliche Nachteile. Durch den hohen Gehalt an Lignin und Kieselsäure widerstehen sie allzusehr der Verwitterung und damit der Einbeziehung in den Deichkörper während der Vegetationszeit. Der noch größere Nachteil liegt darin, daß die breiten Schilfblätter zusammen mit der Spreitlage der starren Halme den bestickten Standort vollständig gegen das für das Weiterwachsen der Sodenvegetation notwendige Sonnenlicht abdecken. Die Folge davon ist, daß die Vegetation schon im Herbst zum Erliegen kommt und im Frühjahr sich nicht erneuern kann. Es kommt also

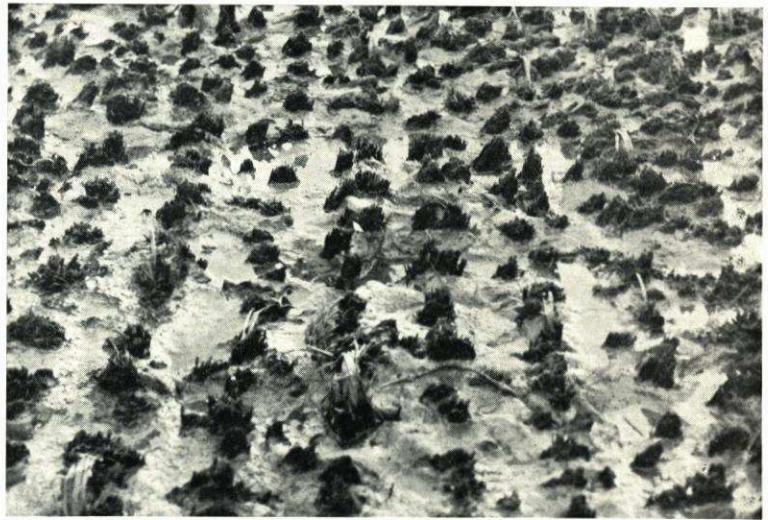


Abb. 15.
Durch Wellenerosion
zerstörte Bestickung an
der unteren Deichberme.

Die an manchen Deichen bis zu zweimal im Jahr wiederholte Bestickung führt schließlich zu einer Mißhandlung des Bodengefüges und damit zu einer Gefährdung des Deichkörpers

Okt. 1935.

Aufn. E. WOHLBERG

nicht zur wünschenswerten biogenen Verzahnung. Die Bestickung mit Reth erschöpft sich somit in einer nur physikalisch zu wertenden und zeitlich sehr begrenzten Schutzwirkung (Abb. 14). Der Bestickungsvorgang bedarf zur Aufrechterhaltung des Deichschutzes ständig der Wiederholung. Zu welchem Grad der Mißhandlung der Deichsubstanz diese Methode schließlich führen kann, zeigt die Abbildung 15. Hier hat die Bestickungsmethode ihre Grenzen bereits überschritten und sollte durch widerstandsfähigere, von der Tradition befreite Schutzmaßnahmen abgelöst werden.

IV. Die biologische Deichpflege im modernen Küstenschutz

Die pflanzensoziologischen Untersuchungen von CHRISTIANSEN (1927) und des Verfassers (1948, 1955) haben gezeigt, daß die Klimax der Deichgesellschaften — ob beweidet oder nicht — oberhalb der Springtide-Grenze vom *Lolieto Cynosoretum* gebildet wird. Unterhalb dieser ökologisch wichtigen Grenze befinden sich im Bereich der unteren Außenberme Zonen mit äußerst wechselnder Salinität. Daher sind in dieser unteren Zone noch salztolerante Gesellschaften wie *Puccinellietum*, *Festucetum rubrae litoralis* und *Agrostidetum stoloniferae* standortgemäß. Diese Zonierung gilt für alle Deiche aus vorwiegend tonigem bzw. tonhaltigem Substrat. Was CHRISTIANSEN (1927) als erster durch floristische Bestandsaufnahmen an den Deichen der Insel Föhr erarbeitet hat, kann pflanzensoziologisch — wenn man von soziologi-

schen Spitzfindigkeiten absieht — im großen und ganzen auf alle Seedeiche übertragen werden. Durch seine bereits im Jahre 1927 erschienene Arbeit über die Vegetation des Föhler Anwachs und der Föhler Deiche, die bis heute nur in Holland (de VRIES 1958) Folgestudien erfahren hat, ist CHRISTIANSEN zum Wegbereiter der Deichsoziologie geworden. Hierauf aufbauend und erweitert durch eigene Analysen auf zahlreichen Deichstandorten an der ganzen Nordseeküste ist das Rüstzeug für neue, biologisch orientierte Methoden gewonnen worden.

Im Ingenieurbau an der Küste, hier in der Deichbaupraxis, ist es jedoch mit bloßen wissenschaftlichen Erkenntnissen nicht getan. Um diese für die Anwendung in der Praxis des Deichbaus nutzbar zu machen, hat der Verfasser im Rahmen der biologischen Untersuchungen der Forschungsstelle Westküste verschiedene Wege beschritten und neue Arbeitsverfahren und Versuchsanordnungen im Gelände der Küste erprobt. Von diesen auf den praktischen Deichbau ausgerichteten Arbeiten seien kurz die folgenden genannt: Biologische Testversuche an Deichböschungen zum Nachweis narbensicherer Grasarten, Anzucht und Saatwerbung von Salzgräsern, standortgemäße Ansaaten auf pflanzensoziologischer Grundlage mit Süß- und Salzgräsern, Verbesserung der Vorlandsvegetation sowie vor allem die standortgemäße Verteilung der verschiedenen Arten von Rasensoden, über deren technischen und ökologischen Bauwert weiter oben bereits berichtet wurde.

a. Die standortgerechte Besodung

1. Das bisherige Verfahren und seine Nachteile

Die altgewohnte Andeckung der Deichböschung mit geschnittenen Rasensoden ist zwar eine biotechnische Maßnahme, aber der technische Betrieb in der Deichbaupraxis bietet wenig Raum für die Beachtung an sich selbstverständlicher biologischer Grundregeln. So blieb die Besodung der Deiche bis zum zweiten Weltkrieg infolge rein schematischer Anwendung noch mit einer Reihe wesentlicher, biologischer Unzulänglichkeiten behaftet. Die Böschung des neu gebauten Deiches wurde noch nicht als „biologischer Standort“ gewertet, daß heißt, man brachte die im Salzwasserbereich geschnittenen Soden willkürlich an die Deichböschung, und zwar ohne Rücksicht auf die Höhenlage am neuen Standort. Mit der Höhenlage der ansteigenden Böschung ändern sich aber schlagartig die Lebensbedingungen für die Gräser. Die im marinen Bereich gewachsenen Soden beherbergen je nach Höhenlage des Ausgangsstandortes entweder die „An-del-Gesellschaft“ (*Puccinellietum*) oder in der Mehrzahl der Fälle die „Rotschwinge-Gesellschaft“ *Festucetum rubrae litoralis* Chr. (oder *Armerieto Festucetum* Br. Bl.) mit *Festuca rubra* form. *litoralis* als Bestandbildner. Durch die Besodung des Deiches wird zwar ein biologischer Vorgang eingeleitet, in der Praxis aber doch mit einer bedenklichen biologischen Zwangsjacke belastet, denn die halophilen Gesellschaften kommen nur zum kleineren Teil an den unteren Abschnitt der Deichböschung, meistens aber nicht auf einen ihrem bisherigen Lebensraum adäquaten Standort. Zum größeren Teil gelangen sie an die eigentliche, höher gelegene Deichböschung und damit in einen glykisch beeinflussten Lebensraum mit grundsätzlich anderen Umweltbedingungen. Diese sollen hier im einzelnen nicht aufgezählt, sondern nur der Salzgehalt des Bodens als entscheidender, im Wege der Besodung sich sofort ändernder Standortfaktor herausgegriffen werden. Was ist die Folge? Bereits nach wenigen Monaten ist der Gehalt der angedeckten Sode an Meersalz durch die Niederschläge, deren Wirksamkeit durch die Hanglage noch verstärkt wird, ausgewaschen. Das durch den Besodungsvorgang „verpflanzte“ *Festucetum* quält sich vom Verlegen an durch die folgenden Jahre, nicht selten Jahrzehnte, ohne Salz dahin, wenn nicht hohe Sturmfluten gelegentlich einen geringen, vorübergehenden Salz-

Abb. 16.
Die Ausgangsvegetation der
angedeckten Soden ist durch
falsche Lagerung bis zur Ver-
wendung fast restlos erstickt.

Der biotechnische Bauwert
solcher Soden ist hoch
problematisch

Mai 1936. Aufn. E. WOHLBERG



Abb. 17.
Hier zeigt sich sehr schwach
die beginnende Regeneration
der durch zu lange währende
Lagerung geschädigten Soden.
Infolge des hohen Salzgehaltes
kommt es nicht zur wünschens-
werten Begrünung durch ein-
wandernde Süßgräser, son-
dern die salzbedürftigen Sali-
cornien siedeln sich auf dem
„offenen“ Standort an

Okt. 1939. Aufn. E. WOHLBERG

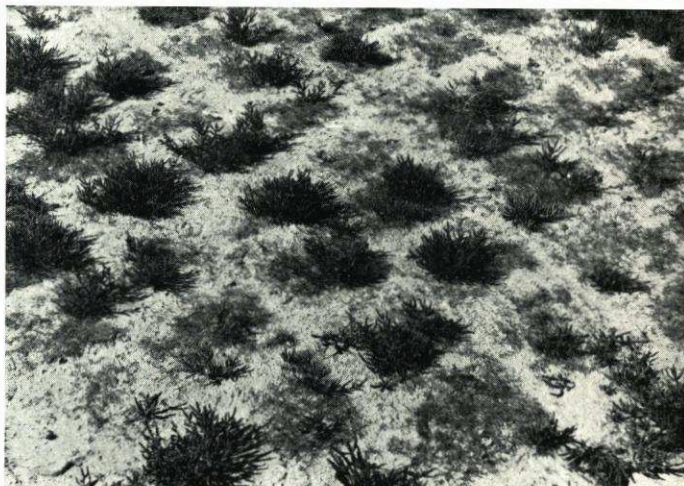
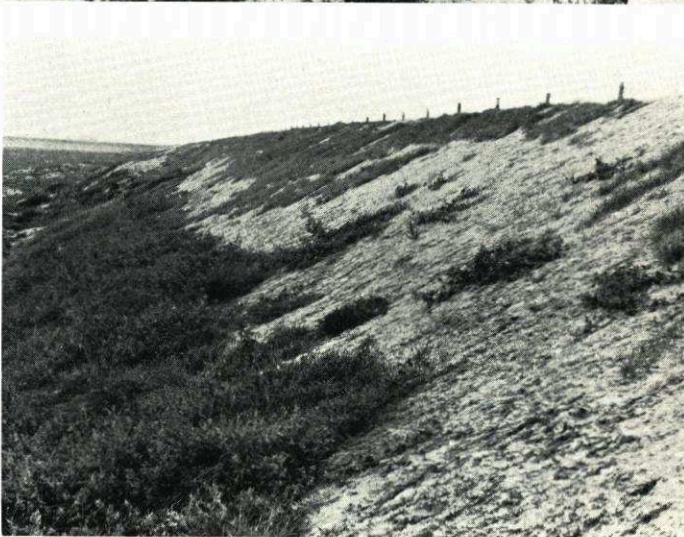


Abb. 18.
Aus der mit „überständigen“
Soden gedeckten neuen Deich-
böschung ist ein Ruderal-
Standort mit einer üppigen
Melden-Vegetation geworden.
Nach ihrer Entfernung erfolgte
eine Neuansaat mit standort-
gerechten Gräsern

Aug. 1936. Aufn. E. WOHLBERG



gehalt wieder herbeiführen. Glücklicherweise ist die Festucetum-Sode selbst diesen extremen Standortveränderungen gegenüber außerordentlich anpassungsfähig. Weder der Salzentzug noch die meistens extrem trockene Hanglage zeigen äußerlich erkennbare Degenerationsmerkmale. Die biologische Umstimmung ist zunächst unsichtbar im Gange. Erst ganz allmählich wird die ursprünglich halophile Sodenvvegetation durch Süßgräser unterwandert. Jahrzehntelange Beobachtungen und Bestandsanalysen haben gezeigt, daß die Unterwanderung durch neue, dem neuen Standort angepaßte Arten ohne Schwächung der Abwehrbereitschaft der Grasnarbe dann am sichersten vor sich geht, wenn der Deich einer planmäßigen Beweidung unterliegt, und zwar einer intensiven Beweidung durch Schafe (LAFRENZ 1957).

Lassen Vertritt und Verbiß zu wünschen übrig, so daß am Deich die Sense zur Hilfe genommen werden muß, um die Pflanzendecke kurz zu halten, dann können Umstimmungserscheinungen, begleitet von tierischen Schädlingen, zur Vernichtung der lebendigen Ausgangsnarbe führen (Abb. 27), wie Verfasser im Bereich der Warfböschungen der Hamburger Hallig nachweisen konnte (WOHLENBERG 1948).

Im technischen Ablauf der Bauarbeiten am Deich sind biologische „Mißhandlungen“ der geschnittenen Rasensoden nicht selten, aus arbeitstechnischen Gründen auch nicht immer vermeidbar. Durch unsachgemäße Lagerung und zu lang währende Stapelung kommt es zum Beispiel vor, daß die Pflanzendecke der fertig geschnittenen und gestapelten Soden infolge nahezu restlosen Abschlusses gegen Luft und Licht abstirbt. Trotzdem werden solche in ihrem biogenen Potential weitgehend geschwächte Soden im Deichbau oft noch verwendet (Abb. 16—18). Je nach dem Grad der Auslöschung ihrer Regenerationskraft bilden solche Stellen durch viele Jahre hindurch eine Gefahr für den Bestand des Seedeiches. Es kommt in solchen Fällen ohne weiteres nicht wieder zur Bildung einer standortgemäßen Grasnarbe, sondern die derart besodete Deichböschung ist zunächst nichts anderes als ein totdurchwurzelter nackter Standort, ein Ruderalstandort mit allen Schattenseiten der möglichen Zufallsgesellschaften (Abb. 18). Hier setzt die Deichpflege auf biologischer Grundlage ein.

2. Der Soden-Versuchsgarten

Wem die Aufgabe gestellt ist, an einem sehr intensiv durch Schafe oder Gänse beweideten, also an einem teppichartig kurz geschorenen Seedeich eine exakte Pflanzenanalyse durchzuführen, weiß, daß dem restlosen Erfassen aller Arten in qualitativer wie quantitativer Hinsicht erhebliche Schwierigkeiten entgegenstehen. Die vollkommene Artenanalyse am Standort „Seedeich“ ist aber unerlässlich, wenn Wege gezeigt werden sollen, die Grasnarbe so widerstandsfähig wie nur irgend möglich zu machen. Das wird nur gelingen, wenn das Artengefüge und der Bodenaufbau vorbildlicher Seedeiche bekannt sind. Um bei dieser Problemstellung ganz sicherzugehen, wurden zwei verschiedene Wege beschritten. Hinter dem Seedeich wurde ein Soden-Testgarten angelegt (Abb. 19). Hierher erfolgte die Übersiedlung von Rasensoden des natürlichen Anwachsens aus Zonen verschiedener Salinität. Der Sodengarten bot den Soden verschiedener Herkunft und verschiedener Artenzusammensetzung gleiche Umweltbedingungen. Der Test hatte passiven Charakter. Er sollte die Degeneration der Naturphase zeigen und den Nachweis der allmählichen Unterwanderung durch Süßgräser erbringen. Der naturgemäß auf mehrere Jahre angesetzte Versuch konnte nach Beginn des Krieges nicht weiter verfolgt werden, blieb also ein Torso.

3. Die Einsaat in besodete Deichböschungen als Narbentest

Beim zweiten Weg war es notwendig, die Fragestellung unmittelbar vom natürlichen Standort, also vom Seedeich selbst beantworten zu lassen. Nur widerstrebend willigte ein Deichverband in die erforderliche Versuchsanordnung ein, weil durch diese eine gleichzeitige Beweidung verhindert werden mußte. Der Versuch bestand nämlich darin, daß einige Deichabschnitte fünf Jahre lang vom März bis Anfang August nicht beweidet werden durften. Etwa 20 m breite Streifen wurden so eingezäunt, daß die weidenden Schafe von der ganzen Deichböschung, also von der Deichkrone bis hinunter zum unteren Abschnitt der Deichberme, ferngehalten wurden. Bereits im ersten Versuchsjahr (1937) konnte das Artengefüge zuverlässig analysiert werden. Es war ein Deich gewählt worden, dessen Grasnarbe beim Deichbau zwei Jahre vorher durch Besodung aus dem Festucetum hergestellt worden war. Die Ausgangsarten mit vorwiegend *Festuca rubra litoralis* waren noch stark vertreten, teilweise aber, besonders im oberen Teil der Böschung, im Aspekt fast ganz verdrängt durch *Lolium perenne* und *Trifolium repens*. Auf Abbildung 20 ist der bodenkundlich und höhenmäßig gleiche Standort (gleiche Ausgangssoden) durch den trennenden Maschendraht halbiert und verrät durch die Üppigkeit des Lolietums dessen an dieser Stelle bereits vorhandene Dominanz über das hier nur noch in degenerierten Resten nachweisbare Festucetum. Das Bild zeigt ferner, wie stark das weidende Schaf den Aspekt auch artlich verändert, denn man hätte nach dem beweideten Vordergrund der Abbildung eine solche einwandfreie Vorherrschaft des Weißkleees nicht vermutet, wie sie hinter dem Draht durch Unterbindung der Beweidung sichtbar wird.

Ein weiteres Ergebnis dieses Versuchsfeldes war die Feststellung einer starken Unterwanderung mit dem Kammgras (*Cynosurus cristatus*). Der stärkste Einwanderer in die Festucetum-Besodung war jedoch das Deutsche Weidelgras (*Lolium perenne*), und zwar konnte überzeugend festgestellt werden, daß *Lolium* unter den Süßgräsern die größte ökologische Breite besitzt. Es konnte nämlich von der Deichkrone noch bis in die an der unteren Böschung ausklingenden *Festuca rubra*-Zone in vitaler Form nachgewiesen werden. Mit anderen Worten, *Lolium perenne* schreckt durchaus nicht vor einem gewissen Salzgehalt im Boden zurück, falls dieser in Trockenzeiten (vermehrte Verdunstung durch Hanglage) nicht allzu stark ansteigt.

Die gleiche Eigenschaft kann nach seiner Ausbreitung an „ausgereiften“ alten Deichböschungen dem Wiesenrispengras (*Poa pratensis*) zugeschrieben werden.

Einen empfindlicheren Salzanzeiger stellt dagegen der Weißklee (*Trifolium repens*) dar. In dem erwähnten Versuchsfeld wurde u. a. ein etwa ein Meter breiter Streifen der gesamten Außenböschung des grünen Deiches ebenfalls von der Krone bis zum unteren auslaufenden Abschnitt der Böschung mit Weißklee nachgesät, d. h. in die bestehende Sodenvvegetation eingesät. Die Abbildung 21 zeigt das Ergebnis: Die Kamera ist von der Deichkrone seewärts gerichtet und läßt im Hintergrund den unteren Bezirk der Böschung erkennen. Man erkennt deichabwärts deutlich die Abnahme an Zahl und Deckungsgrad bis zum Ausklingen der Kleepflanzen. Dort unten, wo das Deutsche Weidelgras (*Lolium perenne*) sich noch bestandsbildend behauptet, erliegt *Trifolium repens* bereits den witterungsbedingten Schwankungen in der Salinität des Bodens.

Die Versuchsergebnisse an diesen natürlichen Standorten konnten im folgenden Jahr (1938) bestätigt werden. Der Ausbruch des Krieges verhinderte leider die Fortführung der Untersuchungen im vorgesehenen vierten und fünften Jahr. Die in den beiden Jahren 1937 und 1938 gewonnenen Ergebnisse reichten jedoch schon aus, dem Deutschen Weidelgras und der Wiesenrispe im Rahmen der Deichbaupraxis den ersten Platz für eine dauerhaft wirksame Narbenbildung zu sichern.

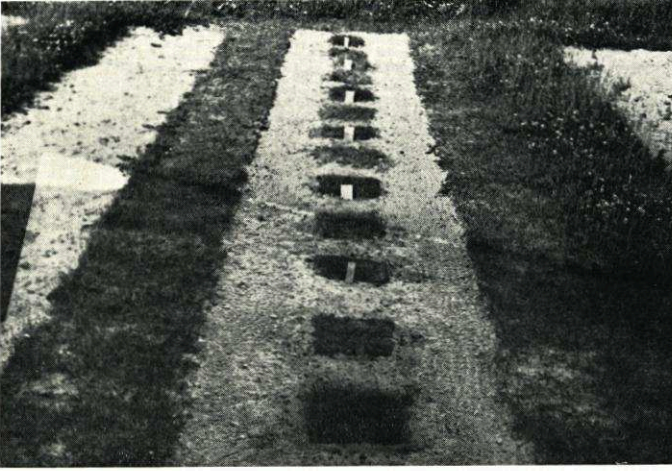


Abb. 19.
Der erste Soden-Versuchsgarten. Hier sind Rasensoden aus biologisch verschiedenen Zonen des Vorlandes (verschiedene Gräserzusammensetzung) in ein neutrales, der Region des marin beeinflussten Vorlandes entrücktes Beet verpflanzt worden, um die weiteren biologischen Veränderungen zu testen
Juni 1937. Aufn. E. WOHLBERG

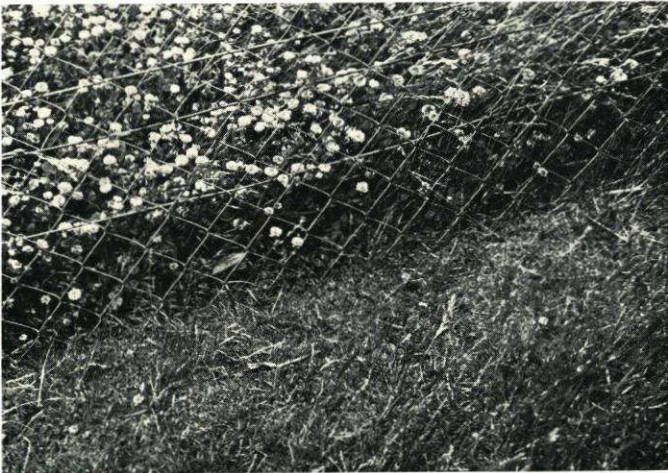


Abb. 20.
Deichböschung aus gleichem Ausgangs-Substrat, im Vordergrund beweidet, hinter dem Maschendraht unbeweidet, läßt die Bedeutung einer intensiven Beweidung durch Schafe für die Narbenbildung erkennen
Juni 1937. Aufn. E. WOHLBERG

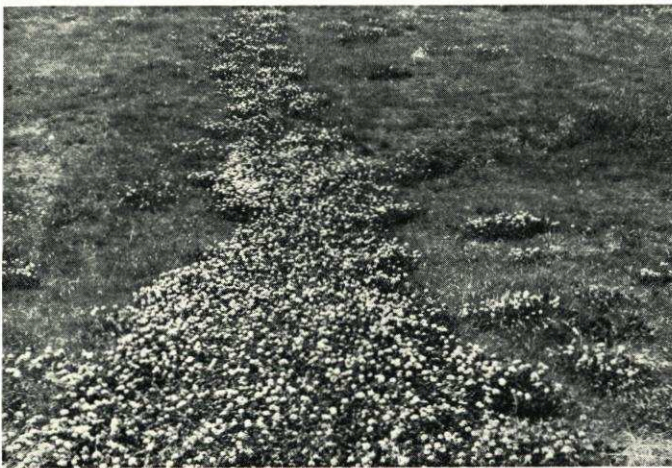


Abb. 21.
Nachträgliche Einsaat von Weißklee (*Trifolium repens*) in einem Streifen von der obersten Deichböschung (vorn) bis zum Deichfuß (hinten) zeigt das Ausklingen des Weißkleees gegen den Deichfuß. An dem unteren Abschnitt der Deichböschung bildet der Salzgehalt des Bodens eine biologische Grenze
Juni 1937. Aufn. E. WOHLBERG

4. Die biologisch ausgerichtete Besodung der Seedeiche

Zu einer ersten praktischen Anwendung der gewonnenen Erkenntnisse bot der im Jahre 1954 durchgeführte Deichbau südlich des Hindenburgdammes (Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog [WOHLENBERG und SNUIS 1955]) eine günstige Gelegenheit. Einer einsichtsvollen Bauleitung war es zu danken, daß zum erstenmal in der Deichbaupraxis die Besodung des profilierten Deichkörpers nach biologischen Gesichtspunkten durchgeführt werden konnte. Was CHRISTIANSEN im Jahre 1927 soziologisch analysiert hatte, konnte an dem neu errichteten Seedeich durch richtige Auswahl und Verteilung der Soden von vornherein berücksichtigt werden. Die schematische Abbildung 22 zeigt den Besodungsplan und das Lichtbild, Abbildung 24, den fertig besodeten Deich. In der unteren, noch marin beeinflussten Deichberme befindet sich ein breiter Streifen Andelsoden (*Puccinellietum*, A auf Abb. 22). In der nach oben daran anschließenden mittleren Deichböschung, die bei Springtiden und Sturmfluten noch im Einflußbereich des Meerwassers zu liegen pflegt, fanden die Rotschwingsoden (*Festucetum rubrae litoralis*, R auf Abb. 22) ihren standortgerechten Platz, und oberhalb dieser Zone wurden Süßgrassoden, die einer Dauerweide hinter dem bisherigen Seedeich entnommen waren (*Lolietum Cynosuretum*), angedeckt (D auf Abb. 22).

Auf diese Weise gelang es, die biologische Umstimmung (WOHLENBERG 1948), d. h. die Entwicklung zur endgültigen Pflanzengesellschaft, in engen Grenzen zu halten und der jungen Grasnarbe von Anfang an einen der Natur des Standortes Rechnung tragenden risikolosen Start zu ermöglichen.

In ähnlicher Weise erfolgte die Erstbesodung des 1959/60 vor Bongsiel errichteten Seedeiches des Hauke-Haien-Kooges.

b. Die standortgerechte Ansaat nicht besodeter Deichböschungen

Die mit der Besodung eines Seedeiches verbundenen Arbeiten sind arbeitsaufwendig und kostspielig. Hinzu kommt, wie oben bereits dargelegt, daß an unserer Küste die Sodengewinnungsflächen vor den Deichen knapp geworden sind. Während im traditionellen Deichbau die gesamte Außenböschung und sogar die Deichkrone besodet wurden, werden heute die neuen Seedeiche, deren Krone bei den jüngsten Küstenschutzarbeiten als Folge der großen Flut vom Februar 1962 höher als NN + 8,00 m liegt, nur in den unteren und mittleren Böschungsbereichen besodet, während die oberen Teile der Böschung von rund drei Meter unterhalb der Krone an durch Ansaat begrünt werden, desgleichen die Krone, Innenböschung und Innenberme (vgl. schematische Abbildung 22). Es werden also nur die Teile des Deiches besodet, die auch bei Sturmflut noch im vermuteten Bereich der angreifenden Wellen liegen.

1. Die Ansaat mit Süßgräsern

Die Ansaat erfolgt mit einem Artengemisch, das sich im Artengefüge des *Lolietums* bewegt. Der oben beschriebene Test der nachträglichen Einsaat verschiedener Arten in eine Deichböschung (Abb. 21) hat gezeigt, daß die Anzahl der tauglichen, d. h. narbensicheren Grasarten nicht groß ist. Vor allem hat der Narbentest ergeben, daß die in der Landwirtschaft üblichen Saatgemenge des Feldfutterbaus einschließlich der Mischung für Wechselweiden für die Schaffung einer abwehrfähigen Deichnarbe nicht brauchbar sind. Außer dem auf Abbildung 21 markant hervortretenden Teststreifen von Weißklee wurden daneben gleichbreite Streifen mit

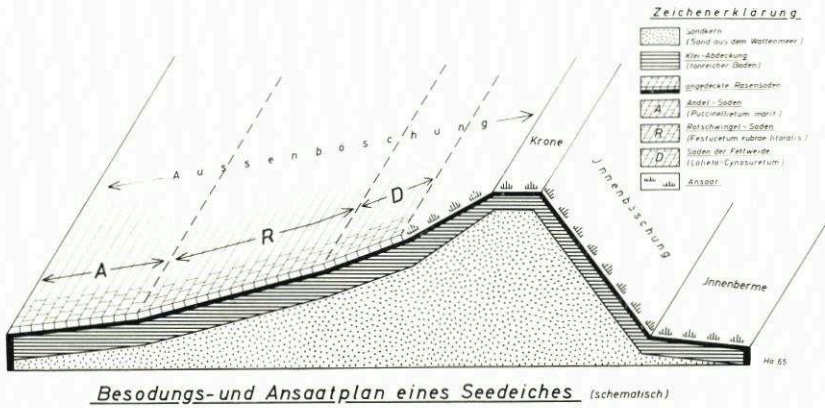


Abb. 22. Schema der Besodung und Ansaat eines modernen Seedeichs. Zuunterst, fast noch im Einflußbereich des Meeres, werden Andel-Soden (*Puccinellia maritima*) angedeckt, daran anschließend im mittleren Bereich der Böschung Rotschwinge-Soden (*Festuca rubra litoralis*), weiter oben als Abschluß der Besodungszone Süßgras-Soden (*Lolieto-Cynosuretum*). Daran anschließend anstelle von Besodung nur noch Ansaat mit standortgerechten Süßgräsern



Abb. 23. Der oberste Abschnitt der Außenböschung des neuen Seedeichs, seine Krone und Innenböschung werden mit biologisch abgestimmten Grasgemischen angesät. Wegen der im Laufe des Tages regelmäßig zunehmenden Seewinde erfolgt die Ansaat von Hand in den frühen Morgenstunden. Die Deichkrone wird beiderseits durch Einfügung eines Sodenbandes gegen Formveränderungen bis zum Aufgehen der Ansaat abgesichert
Juli 1955. Aufn. E. WOHLBERG



Abb. 24. Während der ersten zwei Monate nach der Einsaat müssen die weidenden Schafe vom angesäten Teil der Böschung (links) ferngehalten werden. Bis dahin steht ihnen zur Beweidung nur der besodete Teil der Deichböschung zur Verfügung. Rechts das Wattenmeer mit den Landgewinnungswerken vor dem neuen Deichfuß
Aug. 1955. Aufn. E. WOHLBERG

Rotschwengel, Weißem Straußgras, Kammgras, Deutschem Weidelgras, Wiesenrispengras und Rotem Wiesenklees eingesät. Auch der Rotklee (*Trifolium pratense*) ergab ein dominierendes Wuchsbild, zeigte aber eine hohe Empfindlichkeit gegen Salz im Boden und Frosteinwirkung und wurde bereits im ersten Winter weitgehend dezimiert. Für die biologisch deichpflegerischen Maßnahmen behaupteten ihren Platz die Arten: *Lolium perenne*, *Trifolium repens*, *Poa pratensis*, *Cynosurus cristatus* und *Festuca rubra genuina*. Auf diese Arten beschränken wir nunmehr unsere Ansaatgemische. Wir lösen uns damit zwar von dem streng soziologischen Artengefüge des Lolietums, bewegen uns aber unter Verwendung der Hauptformen doch innerhalb seiner natürlichen Grenzen. Nur so ist dieser Methode im Seedeichbau Erfolg beschieden. Damit gehören die früher angewendeten Saatrezepte mit Lieschgras oder Timothe (*Phleum pratense*), Wiesenschwengel (*Festuca pratensis*), Fioringras (*Agrostis alba*), Knaulgras (*Dactylis glomerata*) der Vergangenheit an. Der Mengenanteil der einzelnen Sorten bedarf der örtlichen Festlegung.

Nach den oben geschilderten Versuchsergebnissen ist die Ansaat unserer beiden jüngsten Seedeiche, des Friedrich-Wilhelm-Lübke-Kooges (1955) am Hindenburgdamm und des Hauke-Haien-Kooges westlich von Bredstedt (1960/61), mit bestem Erfolg durchgeführt worden.

Abbildung 23 zeigt die Ansaat der oberen Böschung und der Krone des Seedeichs vom Lübke-Koog. Da die Kleiabdeckung (Klei = toniger Boden) dem noch salzhaltigen Vorland entnommen worden war, mußte bei der Ansaat der Böschungen noch eine biologische „Sicherung“ eingebaut werden. Wenn auch für die Ansaat möglichst Tage nach einem anhaltenden Regen gewählt wurden, die den Salzgehalt des Bodens schnell unter den für die Keimung der Gräser erforderlichen Grenzwert ermäßigen, so kann starker anhaltender Wind den Salzgehalt unvermittelt wieder in die Höhe schnellen lassen. Aus diesem Grunde wurde das Saatgemenge der Süßgräser durch Beimengung selbstgeernteten salzertragenden Rotschwengels (*Festuca rubra litoralis*)⁴⁾ so weit erweitert, daß die Begrünung trotz der möglichen Salinität sogleich einsetzen konnte.

Die Begrünung der Deichkrone erfolgt zwecks Festigung der Kronenbegrenzung dadurch, daß die Ränder der Krone durch Verlegung je einer einzeiligen Sodenreihe gesichert werden (Abb. 23). Zwischen diesen beiden Sodenzeilen erfolgt im Juli/August die Ansaat vertrittfester Arten. Die Beschränkung auf *Lolium perenne*, *Poa pratensis* und Spuren von *Trifolium repens* hat sich bewährt.

Untersucht man den Artenbestand der Innenböschungen alter Deiche, so herrschen hier sehr oft horstwüchsige Gräser vor wie z. B. das Knaulgras (*Dactylis glomerata*), der Wiesenschwengel (*Festuca pratensis*), das Honiggras (*Holcus lanatus*) und andere. Zum Teil mögen diese narbenuntauglichen Gräser auf die frühere falsch geübte Ansaat zurückzuführen sein. Ein anderer Grund aber liegt im Ausbleiben der Beweidung. Die alten Deiche haben nämlich eine Innenböschung vom Verhältnis 1 : 2, z. T. sogar von 1 : 1,5. Sie sind mithin für die Beweidung zu steil. Selbst die Schafe meiden diese Böschungen oder fressen hier nur gelegentlich bei Unwetter im Windschutz des Deichkörpers; daher das Vorherrschen horstwüchsiger, narbenuntauglicher Gräser (vgl. Seite 75).

Da die letzten Sturmfluten gezeigt haben, daß solche steilen Innenböschungen vom überstürzenden Wasser sehr leicht und schnell erodiert werden — die Horstwüchsigkeit der nicht verbissenen Gräser läßt keine widerstandsfähige Narbe entstehen — haben die modernen Deiche eine flachere Innenböschung erhalten. Das jetzt übliche Böschungsverhältnis von 1 : 3 läßt eine laufende Beweidung eher zu. Wie Abbildung 24 zeigt, wird die Beweidung der angesäten Flächen in den ersten zwei Monaten nach der Ansaat unterbunden. Danach aber ist sie unbedingt erforderlich, da die junge Narbe sich nur durch Vertritt und Verbiß zu einer abwehrbereiten Grasnarbe heranbilden kann.

⁴⁾ Vgl. Seite 95 und 97.

2. Die Ansaat mit Salzgräsern

Bevor die Forschungsstelle Westküste im Jahre 1934 unter anderem ihre biologischen Arbeiten aufnahm, wurden alle durch Sturmfluten oder andere Ursachen herbeigeführten Beschädigungen in der Grasnarbe der Deiche (ganz gleich in welchem Böschungs- [= Höhen-]Bereich des Deiches sie sich befanden) entweder durch Besodung mit Schnittsoden aus dem marinen Anwachs (Vorland) oder durch Ansaat mit Süßgräsern wie Wiesenlieschgras (*Phleum pratense*), Fiorin-gras (*Agrostis alba*), Wiesenschwingel (*Festuca pratensis*), Welschem Weidelgras (*Lolium multiflorum*), Knaulgras (*Dactylis glomerata*), Weißklee (*Trifolium repens*) und Rotklee (*Trifolium pratense*) ausgebessert. Befand sich die auszubessernde Schadstelle im Bereich der unteren Deichberme, mußte die Ansaat infolge des noch salzhaltigen Standortes naturgemäß fehlschlagen. Da Samen von Salzgräsern im öffentlichen Saathandel nicht gekauft werden können, konnte die Begrünung bis dahin nur durch die kostspielige Besodung erreicht werden.

Da es sich bei den Deicharbeiten um Maßnahmen des Staates oder der Deichverbände, also Aufwendungen aus öffentlichen Mitteln handelt, war es fiskalisch sinnvoll, die biologischen Erkenntnisse der modernen Pflanzensoziologie nutzbringend in die technische Deichbaupraxis einzubauen. Auf Grund solcher Überlegungen wurde der Versuch unternommen, in eigener Regie die Samen von den verschiedenen Salzgräsern unseres Küstenvorlandes zu gewinnen. Wenn auch die Verwendung der Soden zur Sicherung der neu errichteten Seedeiche in Zukunft die Hauptbedeutung behalten wird, so gibt es bei Instandsetzungsarbeiten beschädigter Deichböschungen zahlreiche Möglichkeiten für die preisgünstigere Anwendung der Ansaat mit Hilfe von Salzgräsern. Da Vorläufer solcher Arbeiten nicht existierten, mußten neue Wege beschritten werden.

3. Kultur und Saatwerbung von Salzgräsern

Abstehender Salzschwengel (*Atropis distans*)

Im Sommer des Jahres 1938 gelang die erste in größerem Umfang angelegte Werbung von Salzgrassamen. Von einem etwa zwei ha umfassenden, durch Baggerschlick aufgespülten Versuchsfeld konnten 13 Zentner Samen vom abstehenden Salzschwengel (*Atropis distans*) gedroschen werden. Wenn auch diese Art besonders Kahlstellen, beziehungsweise die kahl getretenen Wechsel der weidenden Schafe bevorzugt, so bot sie dank ihrer Salzverträglichkeit einen dringend benötigten Ersatz für die nahe Verwandte, aber kaum samenerzeugende Art *Puccinellia maritima*, den An-del. Die weitere Nutzung dieser Werbepar-zelle wurde durch den Ausbruch des Krieges verhindert.

Salzrotschwengel (*Festuca rubra* fo. *litoralis*) und Gerardsbinse (*Juncus Gerardi*)

Bekanntlich folgt im Landbildungsprozeß auf die An-del-Gesellschaft (*Puccinellietum*) die auf den höher gelegenen, nur noch bei Spring- und Sturmfluten überfluteten Anwachsflächen wachsende Gesellschaft des *Festucetum rubra litoralis*. Der dem natürlichen *Festucetum* adäquate Standort am Seedeich umfaßt den Teil der Deichböschung, der die stärksten Schäden durch heftigen Wellenschlag während der Sturmfluten davonzutragen pflegt (Abb. 22). In dieser äußerst beanspruchten Zone bietet die Neubesodung das sicherste Verfahren. An vielen Stellen genügt aber auch die Ansaat beziehungsweise Nachsaat mit entsprechenden Salzgräsern.

Die Saatwerbung von *Juncus Gerardi*, der Leitart dieser Gesellschaft, hatte nur Bedeutung für das wissenschaftliche Experiment, aber nicht für die Praxis, da der staubfeine Samen der Gerardsbinse sich durch Verwendung von Dreschmaschinen nicht gewinnen läßt, sondern nur im mühsamen Handdrusch.

Anders dagegen die Gewinnung des Hauptbestandbildners dieser Salzgesellschaft, des Salzrotschwingels (*Festuca rubra fo. litoralis*). Seit nunmehr zwanzig Jahren steht diese Art an erster Stelle in unserer Anzucht. Die weitgespannte ökologische Variationsbreite dieser Art hat ihren Samen bereits zu einem in der staatlichen Deichbaupraxis unentbehrlichen biologischen Helfer werden lassen. Die staatlichen Baubehörden und die Deichbauverbände rufen die nötigen Saatmengen laufend bei der Forschungsstelle Westküste ab⁵⁾.

Salzliebendes Straußgras (*Agrostis alba stolonifera*)

Am natürlichen Standort des Festucetum rubrae geht im Bereich seines oberen, ausklingenden Grenzbezirks die Einwanderung des salzliebenden weißen Straußgrases vor sich. Auch in die durch Festuca-Soden gesicherte Deichböschung wandert *Agrostis alba stolonifera* nachträglich ein. Es bildet zwar nicht so reine Bestände wie *Festuca rubra*, leistet aber gerade in der biotechnisch empfindlichen und für den Deichschutz wichtigen Übergangszone vom salzigen Festucetum beziehungsweise Juncetum zum höher gelegenen glykischen Bereich, dem Lolietum, wegen seiner guten Narbenbildung (auch bei starkem, dauerndem Verbiß) außerordentlich wertvolle Dienste. Aus diesem Grunde wurde diese wertvolle Grasart in den Vermehrungsplan aufgenommen.

Die erste Versuchsparzelle für eine Reinkultur von *Agrostis alba stolonifera* wurde erst im vorigen Jahre (1964) angelegt. Erfahrungen über Samenproduktion, Ernte, Drusch und Keimfähigkeit sowie die Anwendung im praktischen Deichbau stehen also noch aus.

Wenn die Vermehrung von *Agrostis* und die Werbung der Saat ebensogut gelingen wie die vom Salzrotschwingel (*Festuca rubra litoralis*), dann sind die biologisch ausgerichteten deichpflegerischen Maßnahmen für den gesamten Salinitätsbereich, also vom vollmarinen Puccinellietum bis zum Beginn des Lolietums, gesichert. Dem praktischen, modernen Deichbau steht alsdann ein Hilfsmittel zur Verfügung, das im traditionellen Deichbau nicht vorhanden war.

c. Narbenpflege im Vorland durch Umbruch und Ansaat mit Salzgräsern

Es gibt Deichböschungen, an denen sich trotz intensiver Beweidung keine gute Grasnarbe erzeugen läßt. Im mittleren Abschnitt der oberen Berme siedelt sich nicht selten die rhizomführende Salzquecke *Agropyrum litorale* an. Ihr Auftreten im Festucetum hängt sehr häufig mit sandigen Sturmflutablagerungen zusammen. Aber auch dort, wo entgegen den gesetzlichen Vorschriften die Spülsäume höherer mittlerer Wasserstände (Springfluten) nicht rechtzeitig fortgeräumt wurden, so daß die von Licht und Luft abgeschlossene Pflanzengesellschaft, meistens das Festucetum, erstickt, siedelt sich mit Vorliebe die Salzquecke an. Die meistens dichten Bestände dieser Art werden vom weidenden Vieh ängstlich gemieden. So entstehen mehr oder weniger ausgedehnte Horste. Die für die Sicherheit des Deiches Verantwortlichen betrachten die Quecke nicht nur als wertloses Futtergras, sondern sehen in ihrem Auftreten als Narbenschmarotzer eine Gefährdung der Deichböschung. Im Bereich der Queckenbestände

⁵⁾ Auch das Ausland ist an diesen salztoleranten Gräsern interessiert. So wurden Dreschproben sowohl nach den USA als auch nach Australien geliefert, um dort in salzgefährdeten Gebieten erprobt zu werden.

bildet sich ein feuchtes Kleinklima, das viele Bodentiere anzuziehen pflegt. Der Deichkörper wird an diesen Stellen nicht von den Schafen festgetreten, da sie die Quecke nicht fressen. Als Folge der ständigen Beschattung und der Besiedlung mit wühlenden Insektenlarven, Spinnen und Würmern ist der Boden stets feucht und locker. Dieser Zustand wird noch verschlimmert, da oft der Maulwurf in dieser Zone der Jagd auf die genannten Bodentiere nachgeht.



Abb. 25.

Ein für Beweidung und Soden-gewinnung nutzloses Vorland. Die Salzquecke (*Agropyrum litorale*) — von uns Küstenleuten „Hartgras“ genannt — ist ein lästiger Narben- und Futterschmarotzer (Bekämpfungsmaßnahmen siehe Text) Juni 1937. Aufn. E. WOHLBERG

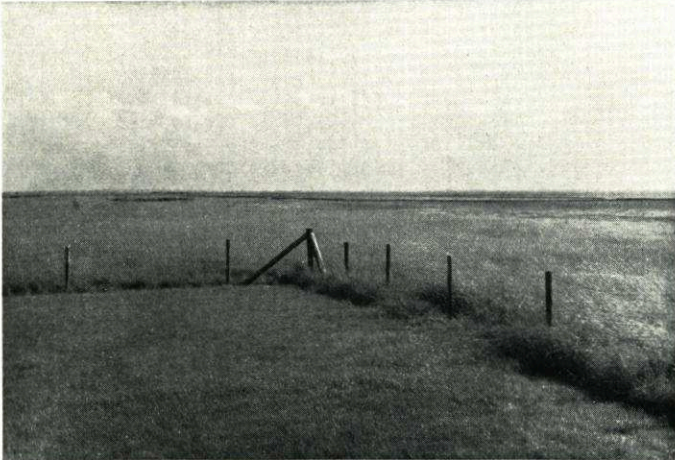


Abb. 26.

Gepflügte und von den Queckenrhizomen befreite Versuchsparzelle wurde zwecks Herstellung einer weidefähigen und gut benarbteten Oberfläche mit dem Salzrotschwengel (*Festuca rubra litoralis*) angesät. Hinter dem Maschendraht das wertlose Vorland mit fast reinem Bestand von *Agropyrum litorale* Juli 1953. Aufn. H. LAFREZ

So kommt es, daß bei Sturmfluten die Quecken-Zone zuerst angegriffen wird. Hier reißen die brandenden Wellen zunächst das Erdreich fort. Stets entstehen hier die ersten Deichschäden, während die Wellen über die glatt verbissene und kurz geschorene Umgebung der Horste ohne Erosionswirkung zunächst hinwegrollen.

Die Bekämpfung der Quecke ist außerordentlich schwierig, weil das zähe Rhizom immer noch in Resten im Boden der Deichböschung verbleibt. Eine wichtige Gegenmaßnahme liegt darin, die Samenzufuhr an die Deiche zu unterbinden. Die Bekämpfung der Salzquecke hat daher bereits auf dem vor den Deichen liegenden Vorland einzusetzen. Wie die von ihr besiedelte Deichböschung, so macht auch das von ihr verseuchte Vorland einen ungepflegten Eindruck. Abbildung 25 gibt eine Vorstellung eines solchen Anwachsgebietes. Die kurz verbissene Umgebung der Queckenhorste wird vom *Festucetum rubrae litorale* besiedelt.

Ein solches Anwachsgebiet hat für den Küstenschutz zweierlei Nachteile. Auf der einen Seite wird die gesamte Samenproduktion bei höheren Wasserständen an die Deichböschungen verdriftet und auf der anderen Seite können in einem solchen Vorland keine Soden geschnitten werden! Es ist also für den Küstenschutz wertlos. Da diese harten langen Horste überdies als Viehfutter vollkommen ausscheiden, ist die wirtschaftliche Last, die dieses Gras den Deichverbänden auferlegt, beträchtlich. Aus diesem Grunde wurde der Versuch unternommen, die lästigen Queckenbestände zu beseitigen, und zwar in diesem Fall durch bäuerliche Maßnahmen. Zum erstenmal in der Geschichte des Deichbaus und der Landgewinnung wurde der Pflug außerhalb des Deiches angesetzt. Nach einem tiefen Umbruch der Vorlandnarbe wurden die Queckenrhizome durch mehrmaliges sorgfältiges Eggen mit der Ackeregge entfernt, danach das Ackerprofil wiederhergestellt und schließlich die Ansaat vorgenommen. Da der Salzgehalt des gepflügten Vorlandbodens noch beträchtlich war, kam nur eine Ansaat mit Salzgräsern in Frage. Nach dem Einbringen des selbst kultivierten Salzrotschwingels wurde die Parzelle angewalzt und sich selbst überlassen, allerdings zunächst unter Fernhaltung der im Anwachsgebiet weidenden Schafe. Der Versuch gelang ausgezeichnet (Abb. 26). Das eingesäte Festucetum hat sich bis heute, zehn Jahre nach der Einsaat, rein erhalten. Die Beweidung erfolgt jetzt wieder normal. Selbst die Gewinnung von Soden ist wieder möglich.

Zwei Faktoren sind für das Gelingen dieser Maßnahme von Bedeutung. Erstens muß die Saat von Salzgräsern zur Verfügung stehen und zweitens ist der Zeitpunkt für das Pflügen so zu wählen, daß während der Keimperiode keine höheren Wasserstände mit Überflutung des gebrochenen Standortes zu erwarten sind.

d. Tierische Schädlinge im Seedeich

Ein Seedeich ist nur dann abwehrfähig, wenn seine Grasnarbe kurz und restlos geschlossen ist. Daher bedarf es kaum der Erwähnung, daß alle wühlenden und im Deichkörper Gänge bauenden Tiere vom Deich zu verbannen sind. Da aber der Deich durch Boden und Begrünung ein mit Leben erfüllter Standort ist, gehören zwangsläufig auch Tiere zum organischen Bestand der Deiche. Bei jeder Sturmflut werden die Schädwirkungen, die durch die Gänge des Maulwurfs, der Mäuse und stellenweise auch durch die Erdhöhlen der Kaninchen verursacht werden, offensichtlich. Den während einer Sturmflut an der Deichböschung auf- und ablaufenden Wellen wird das Eindringen in den Deichkörper zuerst stets durch die Gänge der Tiere ermöglicht (Abb. 28 und 29). Jedes Mäuseloch ist ein Schwächepunkt in der Abwehrkraft der Grasnarbe und des Deiches. Daher gehört die Bekämpfung dieser Tiere zu den wichtigsten deichpflegerischen Maßnahmen. Es ist ein Übelstand unserer aus tonigem, daher fruchtbarem Boden aufgebauten Deiche, daß sie gegen den Herbst hin in fast allen Jahren einen solch starken Graswuchs tragen, daß die pro Flächeneinheit abgestimmte Anzahl Weidetiere nicht in der Lage ist, den Graswuchs zu bewältigen. Anstatt der durch die Beweidung angestrebten kurzgeschorenen Grasnarbe kommt es dann zu einer hohen Pflanzendecke, die den wühlenden Tieren beste Lebensbedingungen bietet⁶⁾. So entstehen die von den Seedeichen her bekannten Mäuseplagen. Die Deichböschung ist dann gezeichnet von einem dichten Gewirr von Laufwechsellern der kleinen Nager. Wenn dann während des ersten Abschnittes einer Sturmflut die Wellen die Deichböschung überbranden, ist nicht selten eine Massenflucht von Mäusen zur Deichkrone hin zu beobachten. Heute versucht man, solcher Mäuseplagen mit Giftpräparaten Herr zu werden. Bei

⁶⁾ Das gleiche gilt von den Unkrautnestern der Ackerdistel und Brennessel, deren laufende Bekämpfung im Rahmen einer vorschriftsmäßigen Beweidung keine besonderen Schwierigkeiten bieten sollte.



Abb. 27.
Hamburger Hallig.
An der seawärts abfallenden
Böschung der Warf konnte
man die Grasnarbe als Ganzes
wie eine tote Filzdecke vom
Untergrund abheben.
Die Larven des Rüsselkäfers
Phyllobius hatten den Wurzel-
hals der Gräser durchgenagt
(aus WOHLBERG 1948)
Okt. 1939. Aufn. E. WOHLBERG



Abb. 28.
Deichböschung nach der Sturm-
flut vom Februar 1962. Die
Sturmflutwellen haben die
Grasnarbe zerstört und den
inneren, von Maulwürfen und
Mäusen durchlöchernten Deich-
kern freigelegt
Febr. 1962. Aufn. E. WOHLBERG

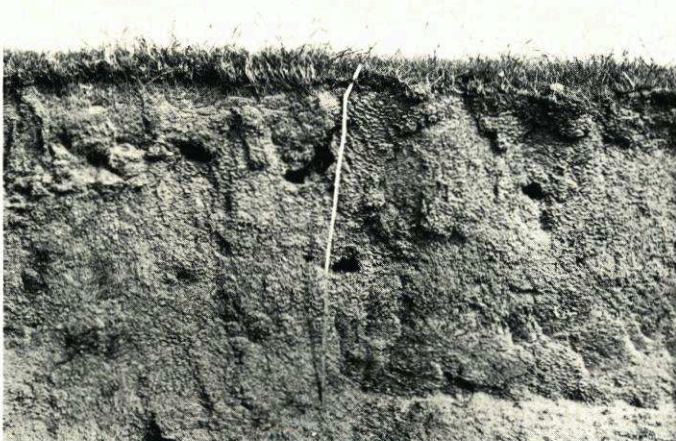


Abb. 29.
Zerstörter Deich bei Husum
nach der Sturmflut vom Fe-
bruar 1962.
Die Gänge des Maulwurfs —
sonst stets der unmittelbaren
Beobachtung entzogen —
wurden im Bereich der Durch-
bruchstelle an der senkrecht
abgestürzten Böschung noch in
einer Tiefe von über 100 cm
unter der Deichkrone ange-
troffen (vgl. Maßstab)
Febr. 1962. Aufn. E. WOHLBERG

der großen Ausdehnung der Seedeiche finden jedoch diese Möglichkeiten der Bekämpfung bald ihre Grenze und es bleibt nur die Erwartung, daß Seuchen oder starke Winter die Plage beenden.

Bei der Bekämpfung des Maulwurfs sind größere Erfolge möglich. Für die Deichverbände sind hinter dem Deich wohnende Hilfskräfte tätig, die über eine außerordentliche Geschicklichkeit im Bedienen der Fallen verfügen. An den mehr sandigen Deichen der dithmarscher Küste, wo der Graswuchs infolge des leichteren Bodens auch im Herbst nicht so üppig ist, bringt es ein Maulwurffänger zu einer Tagesleistung von 30 bis 50 Tieren.

Eine zwar seltenere, aber besonders starke Gefährdung erfährt der Seedeich, wenn das Wildkaninchen in der Deichböschung seine großräumigen Bauten anlegt. Ausgangspunkt für eine Kanincheninvasion sind fast immer hinter dem Deich lagernde Baustoffe, Holz, Steine, Faschinen oder ähnliches. Bei den Deichen, deren Kern aus Klei besteht, ist diese Gefahr geringer als bei sandigen Deichen. Erhöhte Aufmerksamkeit erfordern in dieser Hinsicht unsere modernen Deichbauten, da deren Kern heute nicht mehr aus Klei, sondern aus Sand besteht, der mit Hilfe der Spülbagger aus dem Wattenmeer in die Deichtrasse gespült wird. Nicht zuletzt aus Gründen der Abwehr gegen wühlende Kaninchen ist daher der den sandigen Deichkörper schützende Mantel aus Klei möglichst stark, bis zu 90 und 100 cm, zu bemessen. Ein solcher Kleimantel ist die beste Gegenmaßnahme.

Was für das Wildkaninchen gilt, hat gleiche Gültigkeit für den Fuchs und dessen Bau. Er sucht die Nähe des Seedeiches, weil er mit Vorliebe nach dem Zurücktreten der Flut den Spülsaum nach Aas, angeschwemmten Fischen und Krebsen absucht und hier einen stets reich gedeckten Tisch vorfindet. Als Bekämpfungsmaßnahme führt bei Kaninchen und Fuchs nur der Abschluß zum Erfolg.

Aber nicht nur Maus, Maulwurf, Kaninchen und Fuchs gefährden die Widerstandskraft der Seedeiche, sondern auch die im Verborgenen lebende Kleinfafauna wie Käfer, Spinnen, Würmer sowie alle Arten von Larven und deren bodengebundenen Entwicklungsstadien. Die durch sie sicher schon immer hervorgerufenen Schadwirkungen blieben zunächst noch ungeklärt, weil keine Untersuchungen an Ort und Stelle im Gelände angesetzt wurden.

Im Jahre 1939 wurden in der Grasnarbe an den Warfböschungen der Hamburger Hallig flächenmäßig umfangreiche Verödungen festgestellt. Der Rasen bedeckte zwar noch den Warfkörper, aber die Gräser kränkelten offensichtlich. Sie zeigten eine gelblich-graue Verfärbung. Die nähere Untersuchung klärte die Ursachen (WOHLENBERG 1948). Die Grasnarbe befand sich nicht mehr im Wurzelverband. Man konnte sie mühelos als toten Filz vom Warfkörper abheben (Abb. 27). An der Grenzzone zwischen Wurzelhals und Sproß waren die Gräser durchgenagt. Etwa zehn Millimeter unter der Oberfläche wurde ein dichter Befall weißer beinloser Larven (bis zu 400 je Quadratmeter) als Urheber der Verödung festgestellt. Angesichts der hohen Bedeutung der Grasnarbe für den Schutz der vor dem Meer liegenden Böschungen wirkte dieses Ergebnis der Bodenanalyse alarmierend. Aufschlußreich war die Feststellung, daß nur solche Gräser von der Larve angenommen und vernichtet wurden, die sich als Bestandteil der an die Böschung verpflanzten Sode in der ökologischen Umstimmung befanden, also nur die Salzgräser, deren Widerstandskraft durch den böschungs- und lagebedingten Salzatzug geschwächt war. Bereits eingewanderte Süßgräser wie *Lolium perenne*, *Poa pratensis* und *Agrostis stolonifera* sowie alle Rosettenpflanzen blieben unangetastet. Die Heranzucht der Larven als nicht identifizierbare Bodenstadien zeitigte im Labor das überraschende Phänomen, daß der Rüsselkäfer *Phyllobius piri* L., der bis dahin nur von Obstbäumen des Binnenlandes bekannt war, hier draußen vor der Küste in einem ausgesprochen baumlosen, noch dazu marinen Gebiet der äußersten Nordseeküste seine Entwicklung durchmacht.

Als Bekämpfungsmaßnahme erhielt die biologische gegenüber der chemischen den Vorzug.

Die alte Grasnarbe wurde entfernt und die nackt gewordene Böschung mit standortgerechten Gräsern neu angesät (WOHLENBERG 1948).

Ein anderer Narbenschmarotzer ist die *Tipula*, die bis zu vier Zentimeter lang werdende graue Larve der Wiesenschnake.

Infolge des kurzen Verbisses der Gräser kommt die *Tipula* an unsern Deichen kaum vor. Bei der Besodung des südlich vom Hindenburgdamm 1954 errichteten Seedeiches (Lübke-Koog) mußte jedoch auf Vorlandsoden zurückgegriffen werden, deren Standort nördlich vom Hindenburgdamm liegt. Die landwirtschaftliche Betriebsform der dort hinter dem Deich wohnenden Bauern bringt es mit sich, daß diese das Heu für die Winterfütterung nicht im Koog, sondern im Vorland ernten. Auf diesen Parzellen ist die Beweidung natürlich unterbunden. Durch die jahrzehntelange Nutzung dieser Salzwiesen ausschließlich als Mähland hatte das Gelände allmählich eine rohumusartige Auflage erhalten. Da die Beweidung ausblieb, kam es außerdem weder zur Bestockung der Gräser noch zur Festigung der Oberfläche. In diesem Zustand kamen die hier gewonnenen Soden an die gut durchwärmte, der Sonne zugewandte Böschung des neuen Seedeiches. In kurzer Zeit war die Pflanzendecke dieser Soden von einem Massenvorkommen der *Tipula* aufgezehrt. Da der Salzgehalt des Ausgangsstandortes durch die Hanglage am Deich bereits weitgehend abgenommen hatte, erfolgte als Gegenmaßnahme gegen den *Tipula*-Befall die mechanische Beseitigung der Wiesenstruktur mit nachfolgender Einsaat von Süßgräsern. Auf die kostspielige Neubesodung konnte verzichtet werden.

Durch die vorstehend dargelegten Befunde müssen die Larven des Rüsselkäfers *Phyllobius piri* und der Wiesenschnake *Tipula oleracea* als ausgesprochene Schmarotzer der Grasnarbe und daher als Schädlinge unserer Seedeiche bewertet werden.

Es erhebt sich die Frage, welche Bewertung die hinsichtlich Arten- und Individuenzahl endlose Gemeinschaft der weiteren Kleinf fauna unserer Seedeiche erfahren soll.

Durch die umfangreichen und mühevollen Untersuchungen von HEYDEMANN (1962, 1963) haben wir neuerdings den ersten umfassenden Einblick in die den Seedeich besiedelnde Kleintierwelt erhalten. Was auf botanischem Gebiet seit langem bekannt war, konnte nunmehr auch zoologisch belegt werden, nämlich an der unteren Deichberme eine „halobionte-hygrobionte Tiergruppe“, daran nach oben anschließend im Festucetum rubrae litoralis eine „halophile-hygrophile Gruppe“ und daran anschließend im Agrostidetum-Lolietum-Cynosuretum eine „halotolerante-oligohygrophile Gruppe“ (HEYDEMANN 1963). Auch nach diesen Untersuchungen erweist sich der Seedeich als ein hochspezialisierter Biotop.

Zum Abschluß seiner Untersuchungen hat HEYDEMANN auch die Frage nach der Nützlichkeit und Schädlichkeit der Kleinf fauna gestellt. Mit Recht weist er darauf hin, daß die Ausbildung einer dichten vitalen Grasnarbe von einem Boden großer biologischer Aktivität abhängt. Der bei HEYDEMANN zu findende Schlußsatz „Der größte Teil der Arten und Individuen der behandelten Tiergruppen gehört nicht zu den Schädlingen, sondern ist räuberisch oder an der Bodenaufbereitung tätig und damit nützlich“ bedarf jedoch hinsichtlich der biologischen Abwehrkraft der Deichböschung der Überprüfung. Wie oben dargelegt wurde (Seite 98) ist am Seedeich nicht etwa eine optimale Grasproduktion erstrebenswert, sondern eine durch Verbiß und Vertritt gefestigte Grasnarbe. Einschränkungen in der Vitalität durch starke Beweidung, durch Besonnung und Wasserentzug müssen hingenommen werden, wenn nur die Narbe regenerationsfähig bleibt. Mit anderen, auf den praktischen Deichbau bezogenen Worten, eine kurz verbissene, durch Vertritt gefestigte, dicht geschlossene und somit abwehrfähige Grasnarbe steht der optimalen Entwicklung einer das feuchte Kleinklima bevorzugenden tierischen Lebensgemeinschaft entgegen. Wie oben dargelegt wurde (Seite 96), bieten zum Beispiel die hohen, vom Weidevieh ängstlich gemiedenen Hartgraszonen (*Agropyrum litorale*, vgl. Abb. 25 auf Seite 97) sowie Unkrautnester von Brennesseln und Ackerdisteln der tierischen

Lebensgemeinschaft willkommene Lebensbedingungen, aber für die Abwehrkraft der sturmflutkehrenden Deiche bleiben sie mit dem Menetekel des „Lindenblattes“ belastet.

V. Zusammenfassung

1. Die Bedeutung der Pflanzendecke für die Abwehrkraft der Seedeiche wird herausgestellt. Die Grasnarbe widersteht dem Angriff der Wellen nur dann, wenn der Pflanzenverband durch intensive Beweidung stark verbissen ist und einen teppichartig geschorenen Aspekt liefert.
2. Das Problem der standortgerechten Besodung und Ansaat der Seedeiche wird diskutiert. Vor- und Nachteile der heute üblichen Rollsoden-Technik werden mit der traditionellen Schnittsoden-Technik verglichen.
3. Vor- und Nachteile der althergebrachten bäuerlichen Methode des Bestickens der Deichberme mit Stroh beziehungsweise mit Reth werden erörtert.
4. Der biotechnische Bauwert der Rasensoden wird getestet.
5. Entgegen der bisher willkürlich vorgenommenen wird die biologisch ausgerichtete, d. h. standortgerechte Besodung in den verschiedenen Böschungszonen im Interesse des Küstenschutzes gefordert.
6. Erstmals wurde im Jahre 1937 ein Soden-Versuchsgarten zum Nachweis der auf die Verpflanzung der Sode folgenden Veränderungen im Artengefüge angelegt.
7. Standortgemäße und narbensichere Grasarten werden durch Testversuche an Ort und Stelle am Seedeich ermittelt.
8. Der oberste Abschnitt der Deichböschung, soweit diese Zone nicht mehr direkt von den Sturmfluten berührt wird, die Deichkrone, die Innenböschung und die Innenberme werden durch Ansaat begrünt. Die herkömmlichen, aus dem landwirtschaftlichen Futterbau abgeleiteten Saatgemische werden als narben-untauglich verworfen. Grundlage für die Zusammensetzung standortgerechter Saaten ist die pflanzensoziologische Analyse an alten sturmbewährten Seedeichen.
9. Zwecks Begrünung salzhaltiger Deichböden entfällt die Verwendung von Handelssaatgut. Für die Gewinnung von Salzgrassamen werden die drei wichtigsten, an der Küste vorkommenden Wildgräser auf salzreichen Parzellen in eigene Vermehrung genommen.
10. Mit Hilfe der gewonnenen Salzgras-Saaten können jetzt Böden verschiedener Salinitätsgrade begrünt und mit Erfolg gegen Erosion geschützt werden.
11. Nachdem nunmehr Salzgras-Samen verfügbar sind, können Vorlandflächen, die durch schlechte Narbenbildner verseucht sind, gebrochen und mit geeigneten salztoleranten und narbensicheren Grasarten angesät werden.
12. Die Gefährdung der Deichsicherheit durch die Tierwelt im Seedeich und die erforderlichen Gegenmaßnahmen werden beschrieben.
13. Hohe Graserzeugung am Seedeich fördert die tierischen Lebensgemeinschaften, aber schwächt die Abwehrkraft der Deiche.

Schriftenverzeichnis

- BANTELMANN, A.: Forschungsergebnisse der Marschenarchäologie zur Frage der Niveauveränderungen an der schleswig-holsteinischen Westküste. Die Küste 8, 1960.
- BEEFTINK, W. G.: *Conspectus of the Phanerogamic Salt Plant Communities in the Netherlands*. Biolog. Jaarboek Dodonaea, 1962.
- BUSCH, A.: Bilder von und nach den Oktoberfluten 1936. Die Heimat 1, 1937.
- BUSCH, A.: Alte Deichquerschnitte auf Sylt. Ein Beitrag zu den Fragen der Anfangsentwicklung des Deichbaus. Westküste 2, H. 1, 1939.
- CHRISTIANSEN, W.: Die Außendeichvegetation von Schleswig-Holstein mit besonderer Berücksichtigung von Föhr. Föhrer Heimatbücher Nr. 16, 1927.
- HAARNAGEL, W.: Die Marschsiedlungen in Schleswig-Holstein und im linkselbischen Küstengebiet. Schriftenreihe d. Provinzialstelle f. Marschen- u. Wurtenforschg. Bd. I, 1940.
- HEYDEMANN, B.: Der Einfluß des Deichbaues an der Nordsee auf Larven und Imagines von Carabiden und Staphyliniden. Dt. Ak. d. Landw.wissensch. zu Berlin, 1962.

- HEYDEMANN, B.: Deiche der Nordseeküste als besonderer Lebensraum. Ökologische Untersuchungen über die Arthropoden-Besiedlung. Die Küste 11, 1963.
- HINRICHS, W.: Nordsee-Deiche, Küstenschutz und Landgewinnung. Husum 1931.
- HUNDT, Cl.: Maßgebende Sturmfluthöhen für das Deichbestick der schleswig-holsteinischen Westküste. Die Küste 3, 1955.
- KÖNIG, D.: Standortuntersuchungen auf einem Vorlandrasen an der schleswig-holsteinischen Westküste bei Husum. Biolog. Zentralblatt 68, H. 11/12, 1949.
- Küstenausschuß Nord- u. Ostsee, Arbeitsgruppe Küstenschutzwerke: Empfehlungen für den Deichschutz nach der Februar-Sturmflut 1962. Die Küste 10, 1, 1962.
- LAFRENZ, P.: Über die Pflege und Nutzung des Anwachs und der Deiche an der Dithmarscher Küste. Die Küste 6, H. 2, 1957.
- PFEIFFER, H.: Die Arbeiten an der schleswig-holsteinischen Westküste seit 1933. Westküste 1, H. 1, 1938.
- PRUMMEL, B., JONKER, J. J., DE VRIES, D. M., EDELMAN, T., THIERRY, J. W.: Grasmatt op Dijken. Bericht Koninkl. Nederlands Genootschap voor Landbouwwetenschap Kampen (Nederland) 1958.
- SUHR, H.: Welche Folgerungen zieht das Land Schleswig-Holstein für seinen Hochwasserschutz aus den Erfahrungen mit der Sturmflut vom 16./17. Februar 1962. Wasser und Boden 14, 8, 1962.
- TÜXEN, R.: Die Pflanzengesellschaften Nordwestdeutschlands. Mitt. florist.-soziol. Arb.Gem. Niedersachsen, H. 3, 1937.
- TÜXEN, R.: Die Pflanzengesellschaften des Außendeichslandes von Neuwerk. Mitt. florist.-soziol. Arb.Gem. N. F., H. 6/7, 1957.
- TÜXEN, R., WESTHOFF, V.: *Saginetta maritima*, eine Gesellschaftsgruppe im wechselhalinen Grenzbereich der europäischen Meeresküsten. Mitt. florist.-soziol. Arb.Gem. N. F., H. 10, 1963.
- WOHLENBERG, E.: Das Andelpolster und die Entstehung einer charakteristischen Abrasionsform im Wattenmeer. Wiss. Meeresuntersuchungen Helgoland XIX, 4, 1933.
- WOHLENBERG, E.: Unsere jungen Köge. Meyns Schleswig-Holsteinischer Hauskalender 1939.
- WOHLENBERG, E.: Die Gefährdung einer Halligwarft durch Käferlarven. Verhdl. Deutscher Zoologen in Kiel 1948.
- WOHLENBERG, E.: Sinkstoff, Sediment und Anwach am Hindenburgdamm. Die Küste 2, H. 2, 1954.
- WOHLENBERG, E. und SNUIS, H.: Anwach, Landgewinnung und Deichbau in Nordfriesland. Schr. d. Nissenhauses in Husum, Nr. 3, 1955.