

Die Schutzarbeiten auf den Ostfriesischen Inseln*)

Von Hans-Heinrich Witte

Summary

In the beginning author reports on the morphological development of the east-frisian islands Borkum, Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog, Spiekeroog and Wangerooge. He proves the necessity of the island's bank defence. The reciprocity of the buildings of the island protection, the development of shoals and the strain of the buildings of coastal defence is interpreted. The efficacy of the island protection for the stability of the estuaries of Ems and Jade is discussed too. Further author reports on the natural protection of the islands (cultivation of dunes) as well as the artificial protection (construction of groynes and bank defences). This essay includes the time from the beginning of artificial island defence, about 100 years ago, to the present time.

Author describes the varieties of the different groyne- and bank-defence-constructions and their success or failure. Finally he reports on the beach embankment Norderney, representing an efficient method of dynamical island protection.

Inhalt

I. Einleitung	69
II. Situation	
1. Borkum	71
2. Juist	71
3. Norderney	73
4. Baltrum	74
5. Langeoog	75
6. Spiekeroog	76
7. Wangerooge	77
III. Die Notwendigkeit des Inselschutzes und seine Entwicklungsstufen	77
IV. Der natürliche Inselschutz	80
V. Der künstliche Inselschutz	85
1. Vorbemerkung	
2. Bühnen	
a) Bauweisen von 1815 bis 1925	86
b) Bauweisen von 1925 bis zur Gegenwart	90
c) Die Unterhaltung der Bauwerke	94
d) Kritik der Bauweisen und ihrer Wirkung	98
3. Uferparallele Dünenschutzwerke	
a) Der Bau von Dünenschutzwerken	100
b) Die Unterhaltung der Bauwerke	114
c) Kritik der Bauweisen und ihrer Wirkung	116
4. Strandaufspülung	118
VI. Zusammenfassung und Ausblick	119
VII. Schriftenverzeichnis und Bildnachweis	122

*) Anmerkung des Herausgebers: Der nachfolgende Aufsatz stellt einen Bilanzbericht über Schutzmaßnahmen an den Ostfriesischen Inseln von den Anfängen bis zur Gegenwart dar. Er stützt sich zum Teil auf die unveröffentlichten Bilanzberichte über den Küstenschutz auf den Inseln: Borkum (KATTENBUSCH 1950), Memmert, Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog und Spiekeroog (THILO 1953), Wangerooge (LÜDERS 1951).

Der Verfasser ergänzt diese Berichte anhand neuer Erfahrungen und durch eigene kritische Betrachtungen.

I. Einleitung

Zwischen der Ems und der Jade liegt die Kette der Ostfriesischen Inseln Borkum, Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog, Spiekeroog und Wangerooge¹⁾ (Abb. 1, siehe Anhang). Die Inselkette, eine Fortsetzung der Westfriesischen Inseln, bildet den nördlichen Abschluß eines 6 bis 10 km breiten Wattengürtels, der dem Festland an der ostfriesischen Küste vorgelagert ist. Die Küstenlinie verläuft von der Leybucht aus nordostwärts. Auch die Inseln sind von West nach Ost gesehen nordwärts gestaffelt.

Über die Lage und das Aussehen der Inseln geben historische Quellen erst ab Mitte des 16. Jahrhunderts Auskunft. Die Kette der Düneninseln war aber schon Jahrhunderte vorher vorhanden. Die Inseln sind alluviale Sandbildungen (Schwemmsandinseln ohne Festlandkern), sie haben seit ihrer Entstehung mannigfache Veränderungen durchgemacht²⁾. Die Sandinseln wurden zum Teil zerrissen, verlagert, zerstört und wieder neu gebildet. Beispiele hierfür sind der Untergang der kleinen Insel „Das alte Oog“ zwischen Spiekeroog und Wangerooge (9 und 20) und der Untergang der Insel „Buise“ kurz vor 1700. Die Wattinsel „Bant“³⁾, die in den morphologischen Zustandskarten der Emsmündung von 1720 noch eingetragen ist (35) und um 1780 aufgegeben werden mußte, ist ebenfalls zu nennen.

Außer den großen, meist durch die Gewalt verheerender Sturmfluten herbeigeführten Umbildungen sind aus kartographischen Untersuchungen Verlagerungen der Inseln nachweisbar, d. h. Abbruch an den Westköpfen und Anlandung an den Ostenden. BACKHAUS (4) ermittelte, daß etwa ab 1650 im Bereich der Strände die in Tabelle Nr. 1 eingetragenen Veränderungen eingetreten sind, die, obwohl nicht in jedem Fall exakt belegbar, doch einen Anhalt geben für den Umfang dieser Verlagerungen.

Tabelle 1
Veränderungen der Inseln am West- und Ostende

Insel	Abnahme am Westende (m)	Zunahme am Ostende (m)
Borkum	1200	2500
Juist	900	4100 ^{*)}
	Zunahme!	
Norderney	500	5000
Baltrum	4350	1400
Langeoog	900	550
	Zunahme!	
Spiekeroog	1400	6000
Wangerooge	2000	4200

*) LANG (35) wies eine Zunahme im Osten von rd. 5000 m nach.

Die zu Beginn des 19. Jahrhunderts einsetzende Entstehung von Memmert-Sand und die heute im Abtrag befindliche niederländische Insel Rottumeroog sind ähnliche, auf gleichen Ursachen beruhende Erscheinungen.

¹⁾ Die Inseln Memmert und Lütje Hörn, südlich von Juist, die sich erst später entwickelt haben, und die Strandinsel Minsener Oog, südostwärts von Wangerooge, auf der Strombauten für das Fahrwasser nach Wilhelmshaven gebaut worden sind, werden nicht behandelt.

²⁾ Eingehend berichtet u. a. BACKHAUS über die Entwicklung der Ostfriesischen Inseln (4).

³⁾ Bant lag zwischen Juist und dem Norderland.

Die Veränderungen der Inseln am West- und Ostende führten früher zu der Vorstellung einer West-Ost-Wanderung der Ostfriesischen Inseln. Heute kann mit Sicherheit angenommen werden, daß an der Küste und im Küstenvorfeld Kräfte wirksam sind, die für eine ständige Sandzufuhr sorgen, die aber auch gleichzeitig besonders die Westköpfe der Inseln angreifen. Auf Grund vieler Beobachtungen und der Auswertung von Einzelercheinungen an den Inselküsten ist die Sandzufuhr, der die Entstehung der Inselkette und ihre Erhaltung zu verdanken ist, einer nach Osten gerichteten Materialbewegung zuzuschreiben. Die Dynamik der Sandbewegung, die Transportrichtung und die Transportmenge haben nach heutigen Erkenntnissen ihre Ursache in den Tideströmungen, in den durch die überwiegend westlichen Winde erzeugten Triftströmungen, dem Seegang, der Brandung und schließlich auch den Corioliskräften⁴⁾.

Die genannten Kräfte und deren Wirkung, die zu kennen für einen erfolgversprechenden Inselchutz Voraussetzung ist, werden überlagert durch örtliche hydraulische Vorgänge in den Seegaten.

Während die Sandwanderung an den Nordstränden der Ostfriesischen Inseln ziemlich regelmäßig in West-Ost-Richtung verläuft, wird die küstenparallele Materialbewegung vor den Seegaten (Lücken zwischen den Inseln) durch die starken Strömungen in den tiefen Rinnen der Seegaten gestört, es kommt zur Bildung von Platen und Riffbögen⁵⁾. Durch die engen Seegaten wird das Wattengebiet⁶⁾ zwischen den Inseln und der Festlandküste durch den Flutstrom gefüllt und nach Kenterung wieder entleert. Zu jedem Seegat gehört ein Flutspeicherraum im Wattengebiet, dessen westliche und östliche Grenzen durch Wasserscheiden, die sogenannten „Hohen“, getrennt sind. Hierbei ist es für die Westköpfe der Inseln von Bedeutung, ob der Flutspeicherraum westlich oder ostwärts des Seegats überwiegt, denn entsprechend verläuft die Strömungsrichtung im Seegat. Die Strömungsrichtung und die Strömungsstärke im Seegat wiederum bestimmen sowohl die Größe der seeseitigen Ausbuchtung der Riffbögen und damit die für jede Insel wesentliche Lage des Bogen-Ansandungsbereiches am Strand als auch das Ausmaß der vorher beschriebenen Abbrüche an den Westköpfen der Inseln.

Neben diesen Vorgängen sind für die Inselbildung und für die Erhaltung des Strandes und der Dünen die Sandbestäubung und die Vegetation von Bedeutung.

Das Problem der Sandbewegung ist noch nicht restlos gedeutet. Ungewißheit herrscht unter anderem noch darüber, welche Kräfte überwiegend die Sandbewegung beeinflussen, wie die Bewegungsweise des Sandes – besonders in den Riffbögen – vor sich geht, ob der Sandtransport nur entlang den Inseln stattfindet oder ob auch ein Transport aus der freien See anzunehmen ist (39). Die Bedeutung dieser Vorgänge für den ganzen Küstenraum veranlaßte die Deutsche Forschungsgemeinschaft, in ihrem Schwerpunktprogramm „Sandbewegung im deutschen Küstenraum“ die Sandbewegung auf breiter Grundlage zu erforschen. Im Rahmen des Schwerpunktprogramms sind für den Bereich der Ostfriesischen Inseln zwei von der Forschungsgemeinschaft geförderte Untersuchungen im Gange, die weitere Aufschlüsse über die Sandbewegung vor den Seegaten und über die Bewegungsvorgänge in den Riffbögen erwarten lassen⁷⁾.

⁴⁾ Die Corioliskräfte erzeugen auf der nördlichen Erdhalbkugel eine Rechtsablenkung aller Strömungen.

⁵⁾ Siehe GAYE/WALTHER, „Die Wanderung der Sandriffe vor den Ostfriesischen Inseln“ (10).

⁶⁾ Unter „Watt“ ist das bei mittlerem Tideniedrigwasser (MTnw) trockenfallende, bei mittlerem Tidehochwasser (MThw) überflutete Gebiet zu verstehen.

⁷⁾ LUCK, Unterwasserfernsehen im Seegebiet von Norderney und KATTENBUSCH, Serienbefliegung der Riffbögen vor den Ostfriesischen Inseln.

II. Situation

1. Borkum

Borkum ist durch seine Lage an der Emsmündung seit je besonders starken Angriffen ausgesetzt. Im Laufe der Jahrhunderte sind die Ausmündungen der Ems in die freie See vielen Veränderungen unterworfen gewesen, die sich auf die Insel Borkum auswirkten. Bedeutung für die mit der Tide ein- und ausströmenden Wassermengen haben die Westerems, die Borkum tangential berührt, und das Hubertgat, das frontal auf die Insel zuläuft. Die Osterems, östlich von Borkum, kann für die Situation der Insel außer Betracht bleiben, denn sie ist kein Mündungstrichter der Ems, sondern das Seegat für das Juister Wattengebiet⁸⁾.

Für Borkum ist das große Sandbankgebiet, dessen äußerer Teil das Borkum-Riff heißt, von Bedeutung. Durch den von West nach Ost gerichteten Küstenstrom kommen mittransportierte Sandmengen zum Teil am Hohen Riff, einer nordwestlich vor Borkum gelegenen, bei Niedrigwasser trockenfallenden Sandbank, zur Ablagerung. Sobald das Hohe Riff eine gewisse Ausdehnung und Höhe erreicht hat, werden durch Seegang und Brandung aufgewühlte Teile des Riffes von dem Flutstrom teils ostwärts, teils auf den Strand weiterbefördert.

Das Heranwandern des Sandes zum Strand hin geschieht – wie auch auf den übrigen Ostfriesischen Inseln – in der Hauptsache in zusammenhängenden Riffen. Vor den inselwärts wandernden Riffen befinden sich gewöhnlich Flut- und Ebberinnen, die sich infolge der Riffwanderung auf den Strand zu verlagern und sich zu mehr oder minder tiefen und gefährlichen Strandgatjen oder Strandprieln entwickeln können. Eine solche Situation führte 1933 vor der Anlandung des „Borkum Platje“ zu dem Bau von Unterwasserbuhnen, über die noch berichtet wird.

Seit etwa 1964 sind in diesem Gebiet wieder Veränderungen erkennbar, die möglicherweise auf eine weitere Riffanlandung schließen lassen (Abb. 2).

2. Juist

Die Insel ist im Laufe der letzten 200 Jahre im Osten sehr stark angelandet. Die Ursache hierfür dürfte das Verschwinden der Insel Buise sein, die von zwei Stromrinnen, dem „Busegat“ und der „Norderney“ (das spätere „Norderneyer Seegat“), umklammert und „zermahlen“ (10) wurde und um 1690 unterging.

Juist ist eine der wenigen Ostfriesischen Inseln, die im Westen seit langer Zeit keinen Abbruch gehabt hat, sondern sogar Anlandungen erfuhr. Der Grund hierfür liegt in der günstigen Gestaltung der Osterems, des der Insel zugehörigen Seegats. Das Seegat Osterems hat verhältnismäßig geringe und sich über einen großen Querschnitt verteilende Tideströmung, wodurch der vom Juister Riff ostwärts vertriftete Sand bereits vor dem Westkopf der Insel und nicht – wie bei den östlich anschließenden Inseln – weiter östlich abgelagert wird. Die bei Sturmfluten entstehenden Abbrüche am Strand und an den Dünen können hierdurch immer wieder ausgeglichen werden.

Wie auf allen Ostfriesischen Inseln haben die Sturmfluten auch auf Juist in der Vergangenheit verheerend gewirkt. Besonders die Fluten im 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts zerstörten wiederholt die Siedlungen mit ihren Kirchen, verursachten Einbrüche am Nordstrand

⁸⁾ Ausführlich wird hierüber in diesem Heft in dem Aufsatz „Ems und Jade“ berichtet.

Nach der schweren Februarsturmflut 1825 erholte sich der Nordstrand verhältnismäßig schnell. Ab 1901 setzte ein Dünenabbruch am Nordstrand ein. Ursache dieser Strandabnahme war vermutlich ein nach Osten vorbeiwanderndes Riff mit Begleiterscheinungen, wie sie bereits bei Borkum erwähnt wurden. Es ist verständlich, daß diese Situation an die Gefahren der früheren schweren Fluten erinnerte und zu Schutzmaßnahmen Veranlassung gab. Die Strandverluste wurden bald wieder aufgefüllt. Seitdem ist der Juister Strand wieder ausreichend mit Sand versorgt (Abb. 3).

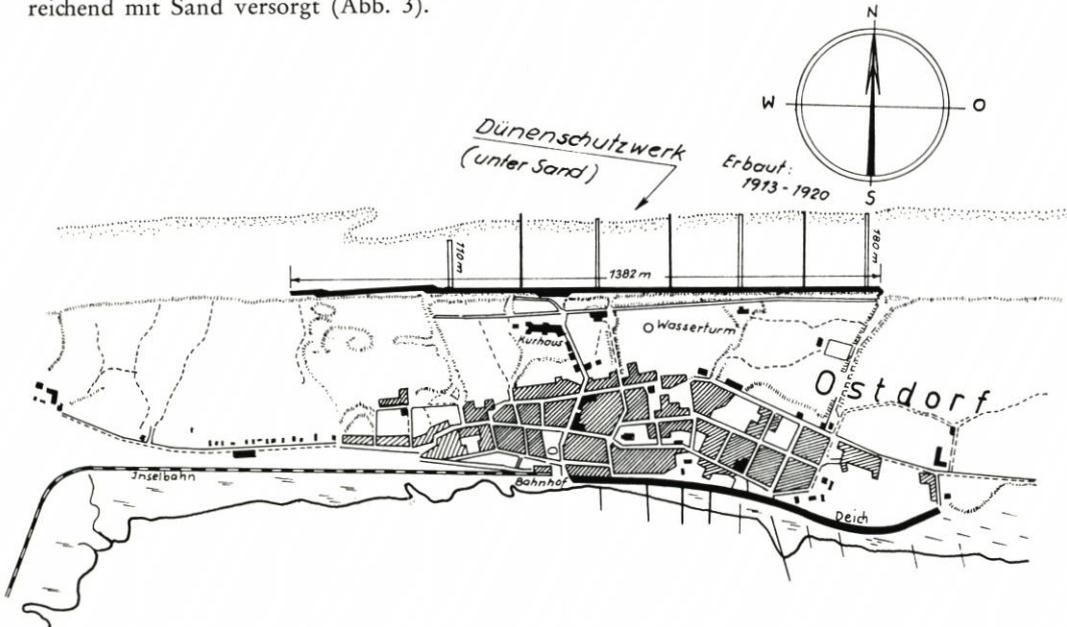


Abb. 3. Schutzwerke auf der Insel Juist

3. Norderney

Norderney war noch bis etwa 1820 eine Insel, deren Westkopf gut mit Sand versorgt wurde. Bald danach begannen jedoch die Abbrüche am West- und Nordwestkopf. Die Tendenz hält noch an.

Der Grund für diese Entwicklung liegt in der Veränderung und völligen Umgestaltung des Seegebietes zwischen Juist und Norderney, die durch den Abtrag der Insel Buisse eingeleitet wurde.

Buisse, zwischen Juist und Norderney gelegen, hat etwa von 1690 an als dünen tragende Insel aufgehört zu existieren. Als Plate bestand sie noch eine Zeit fort. Das trichterförmig sich nach Westen stark erweiternde Juister Watt, das hinsichtlich des Inselschutzproblems als zu Norderney gehörig betrachtet werden muß, hatte um 1700 noch drei voneinander getrennte Gaten: Das am weitesten westlich gelegene Kalfamergat, das Busetief, hier zum Unterschied des heutigen Busetiefs besser Busegat genannt, und die „Norderney“ oder auch „Norder Diep“. Zwischen dem Norderneyer Gat und dem Busegat lag die Sandbank „der Buse“. Anhaltende West-Ost-Sandvertriftung, verbunden mit der Ostausdehnung der Insel Juist, führten zur Versandung des Kalfamergats und des Busegats, das nach Nordwest gerichtet war. Schließlich verschwand das Busegat vollständig, und sein wattseitiger Teil, das Busetief, fand Anschluß an das jetzige Norderneyer Seegat.

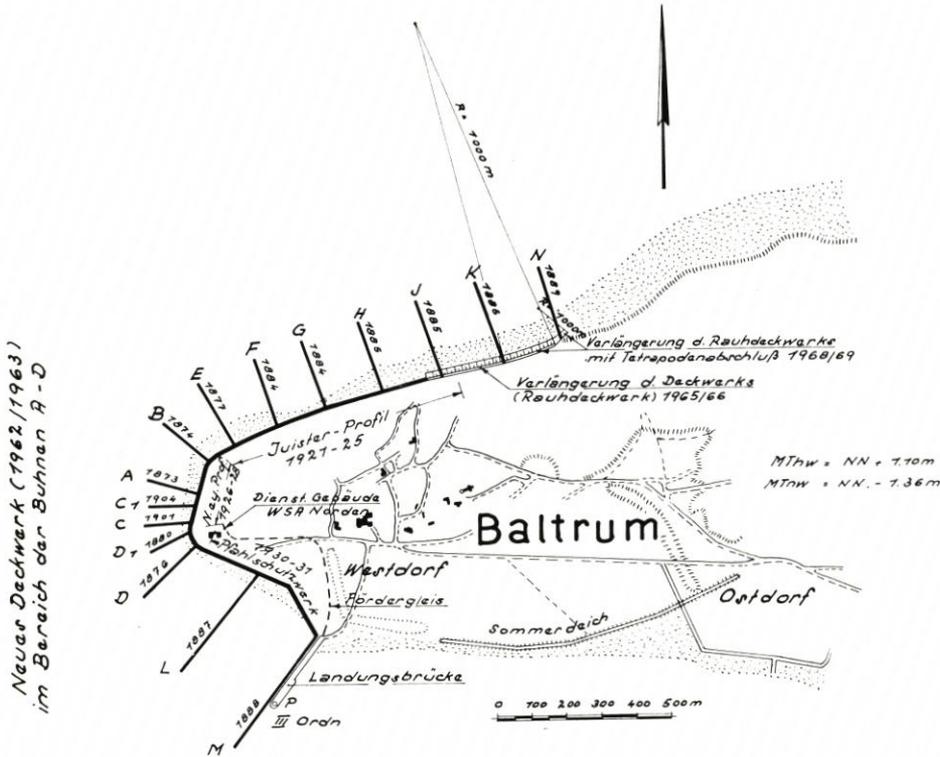


Abb. 5. Schutzwerke auf der Insel Baltrum

5. Langeoog

Die Insel hat sich etwa ab 1740 – seit dieser Zeit liegen Karten über die Insel vor – nur gering verändert. In dem Seegat Accumer Ee überwiegt der Anteil des Flutspeicherraumes östlich des Seegats sehr stark, es beträgt nach Gaye und Walther (10) etwa 85 % des gesamten Einzugsgebiets. Der Hauptebbstrom ist daher nach Nordwesten gerichtet, erst im nördlichen Teil wird die Stromrinne durch den von Westen nach Osten über Riffe bewegten Sand leicht nach Norden abgelenkt.

Die Sturmfluten im 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts verursachten große Schäden; sie sind der Anlaß gewesen, daß die Insel 1721 von ihren Bewohnern vorübergehend verlassen wurde (4). Die Fluten durchbrachen die Insel (großes und kleines Sloop)⁹⁾ und rissen im Westen und Nordwesten große Strand- und Dünenflächen weg. Verheerend muß sich in Langeoog auch der Sandflug ausgewirkt haben, der Anlaß zur mehrfachen Verlegung der zunächst noch kleinen Siedlungen gewesen sein soll (4).

Die Accumer Ee ist gewissen periodischen Umgestaltungen unterworfen, deren Ursachen hier nicht behandelt werden können. E. HOMEIER (16) weist zwei Extremzustände nach:

- a) Breites Seegat mit Aufspaltung der tiefen Rinne durch Bildung einer Mittelplate und Ver-ringerung der Räumkraft,

⁹⁾ Unter Sloop versteht man einen durch Sturmflut entstandenen Durchbruch durch die Dünenkette.

b) Einschnürung des Seegats und Zunahme der Räumkraft.

Im Fall a) verläuft der Riffgürtel im flachen Bogen von Insel zu Insel; dadurch wird das Westende Langeoogs gut mit Sand versorgt, während im Fall b) der Riffbogen weiter gespannt ist und die Sandanlandungszone weiter nach Osten rückt. Langeoogs Strandverhältnissen kommt außerdem die nach Süden zurückspringende Festlandsküstenlinie zugute, denn hierdurch vergrößert sich der Flutspeicherraum im Wattengebiet östlich der Accumer Ee. Die Entwicklung zwischen den Extremlagen und diese selbst lassen nach heutiger Sicht keine Tendenz zu stärkeren Angriffen auf den Westkopf erkennen. Schutzbauten erübrigen sich daher.

6. Spiekeroog

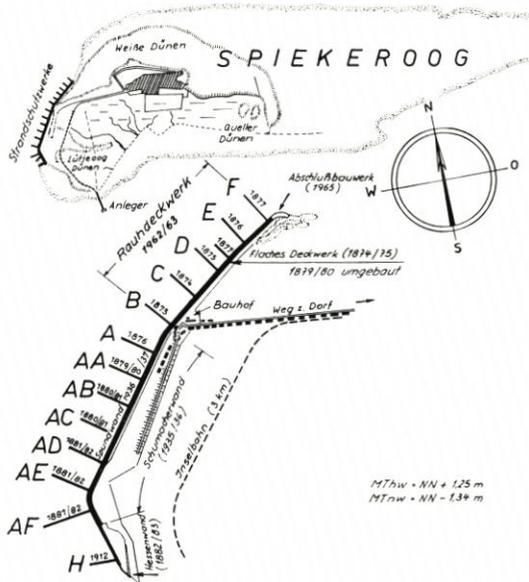


Abb. 6. Schutzwerke auf der Insel Spiekeroog

Spiekeroog hat ähnlich wie Juist im Osten erheblich zugenommen, siehe Tabelle Nr. 1. So liegt das östliche Ende von Spiekeroog heute dort, wo früher das Westende Wangerooges lag¹⁰⁾. Die große Zunahme im Osten Spiekeroogs steht im Zusammenhang mit dem Verlanden der Harlebucht, deren größte Ausweitung etwa um 1200 nach Süden bis einige Kilometer nördlich Jever angenommen werden darf. Durch die Verlandung mit schrittweiser Eindeichung der Harlebucht, die bereits im 16. Jahrhundert begann und Ende des 19. Jahrhunderts abgeschlossen war, verlor die Harle einen großen Teil ihres Flutspeicherraumes, und infolgedessen verringerte sich auch die Kraft der Ebbeströmung. Die nach Osten wandernden Sandmengen wurden nicht mehr seewärts abgedrängt, sondern sie setzten sich in der Alten Harle zwischen Spiekeroog und dem ehemaligen Oldeoog ab, wodurch die alte Harlerinne versandete und die Harle sich weiter ostwärts eine Rinne suchen mußte. Der Anwuchs im Osten Spiekeroogs veränderte zwangsläufig das Wattengebiet. Die Wattenscheide hinter Spiekeroog verlagerte sich nach Osten, und der Einfluß der östlichen Wattfläche auf die Otzumer Balje nahm erheblich zu. Die Hauptströmung der Otzumer Balje, die bis dahin nach Nordosten setzte, hart am Westkopf der Insel, erhielt nun den Haupttebestrom aus dem östlichen Wattengebiet, der Schill Balje, und drängte das Gat nach Westen ab, so daß die Otzumer Balje nun im Prinzip der Accumer Ee gleicht. Hieraus erklärt sich auch, daß die Schutzwerke auf Spiekeroog nicht bis zum Nordstrand – wie beispielsweise auf Borkum und Norderney – verlängert werden mußten (Abb. 6).

¹⁰⁾ Die Ausdehnung Spiekeroogs nach Osten und die Abnahme Wangerooges im Westen ist zu rekonstruieren durch die sogen. „Goldene Linie“, die als Grenze zwischen Oldenburg und Ostfriesland auf einer 1667 gefertigten Karte in goldener Farbe dargestellt wurde und mit kartographischen Angaben versehen ist.

7. Wangerooge

Ähnlich wie die bisher beschriebenen Inseln hat auch Wangerooge große Veränderungen durchmachen müssen. Der westliche ehemalige Hauptteil der Insel, „das Westturmdorf“, wurde 1854 durch die Flut zerstört. Die Fundamente des alten Westturms, dessen Grundsteinlegung 1597 erfolgte und der 1914 gesprengt wurde, sind heute ein Bestandteil der Bühne B im Bereich der Bühnenwurzel. Eine ältere Siedlung Wangerooges mit der St. Nikolauskirche, die um 1580 durch die Flut zerstört wurde, lag noch weiter nordwestlich.

Das Zurückweichen des Westkopfes, die Verlagerung nach Süden und letzten Endes auch das Zerreißen der Insel durch die Sturmfluten in der Mitte des 19. Jahrhunderts, stehen in unmittelbarer Verbindung mit dem Verlanden und der anschließenden Eindeichung der Harlebucht, der auch das Anwachsen des Ostendes der Insel Spiekeroog und die Abdrängung des Seegats Harle nach Osten zuzuschreiben ist. Mit der Abdrängung der Harle nach Osten und der starken Ostausdehnung Spiekeroogs vergrößerte sich das Einflußgebiet des Watts westlich der Harle, wodurch sich die Ausmündungsrichtung des Seegats mehr und mehr von Nordwest nach Nord verlagerte.

Das Herumschwenken der Harle hatte wiederum zur Folge, daß die Sandanlandung aus dem Riffgürtel sich weiter nach Osten verschob und der Westkopf nicht mehr ausreichend mit Sand versorgt wurde.

Von 1900 an bildete sich unmittelbar vor dem Westkopf der Insel eine zweite Seegatrinne aus, die „Dove Harle“. Die Rinne vertiefte sich und drohte zum Hauptseegat zu werden. Nach dieser Entwicklung bahnten sich für Wangerooge ähnliche Verhältnisse an wie am Westkopf von Norderney, und sie gaben Veranlassung zur Verlängerung der Bühne H und zu den Baumaßnahmen am Westkopf (Abb. 7).

III. Die Notwendigkeit des Inselschutzes und seine Entwicklungsstufen

Als etwa von 1850 an begonnen wurde, einige besonders stark angegriffene Inseln an der ostfriesischen Küste künstlich zu schützen, geschah dies noch allein aus der Sorge heraus, die Ansiedlungen auf den Inseln zu sichern und den Strand zu erhalten. Die Strandabnahme und Dünenabbrüche in der Nähe der damals noch kleinen Seebäder bedrohten die Existenz der Inselbewohner, deren Haupterwerbsquelle mehr und mehr der Badebetrieb geworden war.

Die Bedeutung des Inselschutzes als Objektschutz besteht heute in verstärktem Umfange fort, denn auf allen Inseln sind inzwischen im Interesse des Fremdenverkehrs umfangreiche Kur- und Badeanlagen errichtet worden. Hinzu kommt für die Inseln Borkum, Norderney und Wangerooge die Investition hoher Werte für die dort aufgebauten Leuchtfeuerstationen (Tabelle Nr. 2). Die überörtliche Bedeutung des Inselschutzes wurde erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts in vollem Umfange erkannt.

Eine Kette von Düneninseln vor der ostfriesischen Küste würde sich wahrscheinlich auch ohne künstliche Schutzmaßnahmen erhalten haben; die Größe der Inseln, ihre Lage (und ihre Anzahl) würden aber weiterhin – wie in den Jahrhunderten vor 1850 – ständigen Verlagerungen und Veränderungen ausgesetzt sein. In die Veränderungen würde zwangsläufig auch das Wattengebiet mit einbezogen, es würden sich neue Seegaten bilden, während andere versanden würden; das Rinnensystem, die Baljen und Priele, müßten sich den veränderlichen Strömungsverhältnissen anpassen.

Mit der Festlegung der Inseln durch einen nun seit über 100 Jahren betriebenen künstlichen Inselschutz sind die großförmigen Veränderungen im wesentlichen zum Stillstand ge-

Tabelle 2 (Angaben über die Inseln)

Insel	Größe (qkm)	Einwohner 1956	Einwohner 1966	Leuchtturmfestung errichtet im Jahr	Seebad seit	Zahl der Kurgäste 1956	Zahl der Kurgäste 1966	Seegat, das den Inselchutz beeinflußt (jeweils westlich der Insel)	Festland-Gegenhafen
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Borkum	32,5	5137	6187	1879	1850	46 732	59 278	Tidestrom Ems mit Westerns u. Hubertgat	Emden-Außenhafen
Juist	13,0	1720	2759	—	1840	34 964	53 191	Ostereems	Norddeich
Norderney	23,5	6465	8711	1873/74	1797	90 747	111 549 ¹⁾	Norderneyer Seegat	Norddeich (Norddeich ²⁾)
Baltrum	6,5	425	460	—	1898	12 340	23 286	Wichter Ee	Bensersiel
Langeroog	20,5	2024	2608	—	1850	29 433	45 546	Accumer Ee	Neuharlingersiel
Spiekeroog	19,1	781	887	—	1840	13 245	15 867	Orzumer Balje	Harlesiel
Wangerooge	6,1	1640	2089	1855/56	1804	34 653	34 621	Harle	Harlesiel

1) 1969 sind 46 600 Kraftfahrzeuge zw. Norddeich und Norderney mit modernen Autofähren transportiert worden.

2) Seit 1970 auch Neßmersiel.

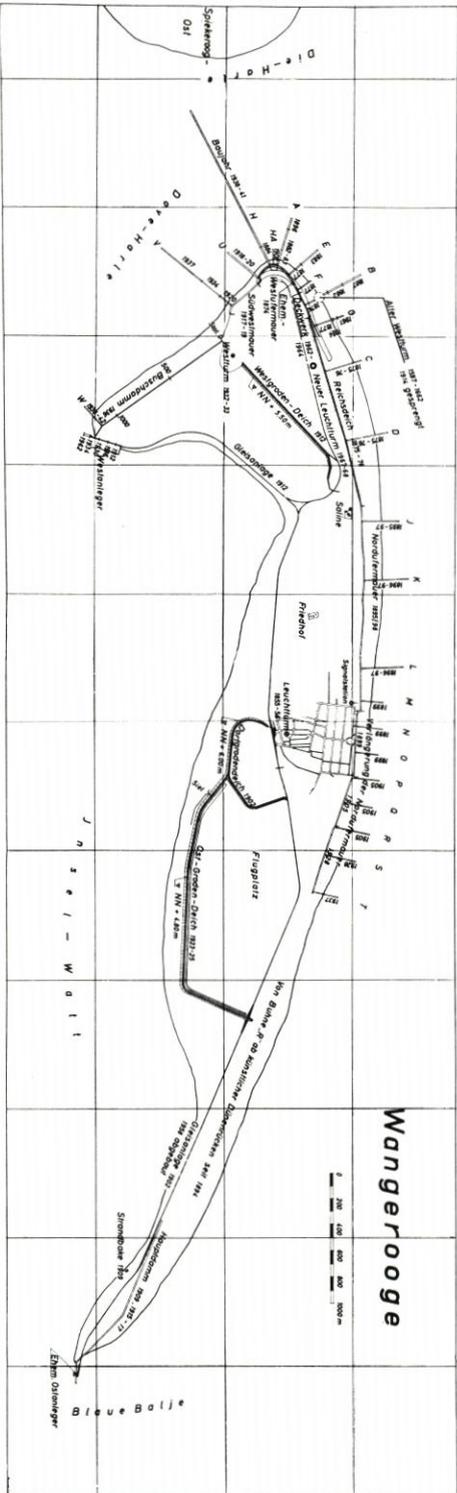


Abb. 7. Schutzwerke auf der Insel Wangerooge

kommen, und es ist im ostfriesischen Küstenraum allerdings künstlich ein annähernd stabiler Zustand vorhanden, der für die Festlandküste und für das Wattengebiet von großer Bedeutung ist.

KRÜGER (31) wies bereits 1922 darauf hin, daß die der ostfriesischen Küste vorgelagerte Inselreihe auf dem dahinter liegenden Watt den Seegang vermindert und daher in einer Entfernung von der eigentlichen See Neulandbildung ermöglicht¹¹⁾. Ausführlich haben GAYE/WALTHER (11) über die Bedeutung für den Schutz der Festlandküste berichtet. Sie haben nachgewiesen, daß vom Westen der Insel Juist bis zum Osten von Wangerooge die Kraft der Wellenangriffe bei Sturmfluten vom Wattengebiet und von der Festlandküste auf 64 % der Küstenlänge durch die Inseln vollständig abgehalten, auf 19 % der Küstenlänge durch die hochwasserfreien Sände zum großen Teil gebrochen und auf 17 % im Bereich der Seegaten stark geschwächt werden. Aus dem Zustand der Festlandküste ist die Schutzwirkung der Inseln auch zu erkennen, denn an Küstenstellen, an denen eine Insel den Hauptangriff der Sturmwellen abhält, ist Landanwachs entstanden, während im Bereich der Seegaten die Baljen und Priele das Wasser bei Flut stärker gegen die Küste führen, so daß hier kein Anwachs entstehen konnte. Die Erhaltung der Festlandküste erfordert daher in den ungeschützten Bereichen erhebliche Aufwendungen, während es im Schutz der Inselkette gelungen ist, große Flächen Neuland zu gewinnen, wie die Verlandung der Hilgenrieder Bucht, der Harlebucht und auch der Leybucht.

Über die besondere Bedeutung des Schutzes der Insel Borkum als Eckpfeiler im Mündungsgebiet der Ems und des Schutzes der Insel Wangerooge, deren Befestigung eine der Grundlagen des Jadeausbaues bildet, wird an anderer Stelle dieses Heftes ausführlich berichtet.

Die Erhaltung einer festen Lage der Inseln durch Schutzwerke, durch die auch die Seegaten und die Rinnensysteme im Wattengebiet, von geringen Veränderungen abgesehen, festgelegt werden, ist auch die Voraussetzung für die Aufrechterhaltung des Schiffsverkehrs in den Wattenfahrwassern und besonders in den Zufahrten zu den kleineren Küstenhäfen, über die nicht nur der Personen- und Güterverkehr mit den Inseln abgewickelt wird, sondern die auch als Fischerei- und Umschlaghäfen für den ostfriesischen Raum an Bedeutung gewonnen haben (62)¹²⁾,¹³⁾.

Die Schutzarbeiten auf den Ostfriesischen Inseln haben in der geschichtlichen Entwicklung 5 Stufen durchlaufen:

1. Schutz der Randdünen durch Förderung und Lenkung des Sandflugs und durch Anpflanzung (natürlicher Inselchutz).
2. Beeinflussung des Dünenvorstrandes durch den Bau von Strandbuhnen (und folgende: künstlicher Inselchutz).
3. Festlegung der Randdünen durch Dünendeckwerke.
4. Abweisung der Stromrinnen vom Inselsockel durch den Bau von Strombuhnen.
5. Künstliche Zufuhr von Sand durch Strandaufspülung.

Die Maßnahmen zu 1-5 gelangen auch heute noch je nach Art und Stärke des Meeres-

¹¹⁾ Auch C. WOEBKEN stellt in „Deiche und Sturmfluten“, 1924, fest: „Wo eine Insel vorgelagert ist, findet man Anwachs, wo nicht, Abbruch“, (im Schrifttum nicht aufgeführt).

¹²⁾ Schließlich ist noch auf die Bedeutung der Inseln hinzuweisen, die sie schon seit Jahrhunderten für die Seeschifffahrt hatten. So spielten die charakteristischen Dünengruppen auf den Inseln im 16. Jahrhundert als Erkennungs- und Orientierungszeichen für die Schifffahrt eine wichtige Rolle, sie waren in den Seekarten als sogenannte „Vertonungen“ dargestellt. Wichtige Schifffahrtszeichen waren auch die Türme der Inselkirchen.

¹³⁾ Ausführlich von A. W. LANG geschildert in: „Geschichte des Seezeichenwesens“. Der Bundesminister für Verkehr, Bonn 1965.

angriffs einzeln oder gemeinsam zur Anwendung. Sie umfassen Arbeiten, die ausschließlich an den gefährdeten Strandbereichen auf den Inseln selbst durchgeführt werden.

Für die Notwendigkeit des Schutzes von Wangerooge kam noch hinzu, daß durch den Bau eines Kriegshafens in Wilhelmshaven (seit 1853) das Jedefahrwasser an Bedeutung gewann. Aus Sorge, durch ein „Hineinwandern“ Wangerooes in die Jade könnte das Fahrwasser verwildern (31), sah sich die damalige Preußische Marine 1874 veranlaßt, die Sicherung der Insel im Zusammenhang mit dem Jadeausbau zu verstärken.

Die besondere Bedeutung und Rechtfertigung des Schutzes der Inseln seien so zusammengefaßt: Der Inselchutz ist notwendig

- a. als Objektschutz (Seezeichen – Kur- und Badeanlagen),
- b. zum Schutz der Festlandküste und zur Förderung des Landanwachses,
- c. zum Erhalt eines Beharrungszustandes des Wattgebietes (Verkehr auf den Wattenfahrwassern, Entwässerung des Marschenlandes, und
- d. zum Erhalt eines möglichst stabilen Zustandes der Emsmündung (Borkum) und des Jedefahrwassers (Wangerooge).

Nachdem erkannt wurde, welchen Einfluß die Seegaten, ihre Richtung und ihre Wasserführung auf die Inseln ausüben, liegt es nahe, auch das Wattengebiet mit in das aktive Inselchutzproblem einzubeziehen. In verschiedenen Veröffentlichungen werden Maßnahmen erörtert, die Flutspeicherräume im Wattengebiet so zu ordnen, daß der Strom bei Ebbe in allen Seegaten nach Nordwest gerichtet ist. Durch Maßnahmen dieser Art könnte u. U. der Sandmangel an den Westköpfen von Norderney, Baltrum und Wangerooge beseitigt werden. Möglichkeiten einer solchen Einwirkung wären die Durchdämmung des Juister und des Norderneyer Watts zur Verbesserung des Schutzes von Norderney oder bezüglich Wangerooge der Verbau der Blauen Balje. Eingriffe dieser oder ähnlicher Art, die in jüngster Zeit im Zusammenhang mit einer landfesten Verbindung zwischen dem Festland und der Insel Norderney wieder diskutiert werden (40), sind – abgesehen von den sehr erheblichen Kosten – nur realisierbar, wenn alle Folgeerscheinungen für den Küstenschutz, die Schifffahrt, die Fischerei, die Entwässerung des Marschenlandes und für den Inselchutz klar erkannt sind.

IV. Der natürliche Inselchutz

Der von der Natur geschaffene Schutz für die Inseln sind die vorderen Dünen (Randdünen). Sie zu erhalten ist eine Hauptaufgabe des Inselbuches, denn künstliche Schutzbauten sind sehr teuer und ihre Wirkung kann statt zu Verbesserungen auch zu Strandverlusten führen.

Seit Beginn der Inselbesiedlung bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts waren die Randdünen der einzige seeseitige Schutz der Inseln. Mit ihrer Erhaltung, Unterhaltung und Pflege begannen die Schutzarbeiten auf den Inseln. Diese ersten Inselbucharbeiten, die sich nur auf Strandbereiche erstrecken konnten, die bei normaler Tide trocken blieben, umfaßten die Förderung und Steuerung von Sandanwehungen durch das Setzen von Buschzäunen je nach der Hauptwindrichtung und Örtlichkeit wechselnd, parallel zum Strand oder auch senkrecht dazu, das Anpflanzen von Helm, die Strohbestickung, das Auflegen von Buschpackwerk und die Beseitigung von Windrissen in den Dünen.

In dem Tagebuch des Dünenwärters E. O. JANSSEN, der von 1868 bis 1893 auf der Insel Spiekeroog tätig war¹⁴⁾, wird über den damaligen Inselbuch berichtet. Für die Helmbepflanzung wurden außer den Strandarbeitern, die täglich 2,50 Mark verdienten, auch die Haus-

¹⁴⁾ Bücherei des WSA Norden.

haltungen verpflichtet. Jedem Haus wurde eine Strecke von 800 m zugewiesen, wofür insgesamt 600 Mark bewilligt wurden. Der Helm mußte verhältnismäßig weit vom Südwesten der Insel antransportiert werden. Zur Sicherung der Helmpflanzungen wurden Buschhecken gesetzt. Eine besondere Sorge bereiteten auch damals die Kaninchen, die über Nacht junge Anpflanzungen wieder vernichteten, so daß besondere Verteilungsmaßnahmen durchgeführt werden mußten.

Außer dem Schutz der Randdünen durch Helmpflanzung und Setzen von Buschhecken wurden auch größere Maßnahmen zum Schutz der Inseln durchgeführt.

FÜLSCHER (9) berichtet, daß auf der oldenburgischen Insel Wangerooge um das Jahr 1783 der Versuch gemacht wurde, einen Dünenbruch durch Dünenengewinnung wieder zu schließen.

In der Februar-Sturmflut 1825 hatte sich das Timmermannsgat, das die Insel Baltrum durchteilte, stark vergrößert. Der Durchbruch wurde 1826 durch einen 150 m langen, rd. 2,5 m hohen Sanddamm geschlossen.

Im Jahre 1832 wurde auf Spiekeroog ein 390 m langer und 1,60 m hoher Sanddeich in etwa südwestlicher Richtung vom Baubüro aus angelegt. Der Damm wurde an der südlichen Seite mit Soden abgedeckt und zwischen den Sodenreihen mit Helm bepflanzt. Nach einer schweren Sturmflut (1./2. 11. 1833) wurde der Damm schwer beschädigt und deshalb im folgenden Jahr auf 2,20 m erhöht. Nach seiner erneuten Zerstörung wurde 1869 weiter rückwärts ein neuer Damm gebaut, und 1874/75 wurde etwa in Linienführung des ersten Dammes dort eine Steinböschung errichtet.

Im Bilanzbericht Borkum (24) wird von KATTENBUSCH berichtet:

„1807 wurde angeregt, durch das ‚Glopp‘ zwischen dem West- und Ostland, welches sich in den letzten Jahren stark aufgehöhht hat, eine Verbindung auszuführen. 1833 war dann versucht worden, mit einemmal durch Helm- und Strohpfanzungen über die ganze Breite zwischen West- und Ostland hinweg eine Verbindungsdüne zu ziehen. Diese Arbeit wurde jedoch 1834 wieder zunichte gemacht. Man beschränkte sich in den Jahren danach wieder darauf, von beiden Seiten Pflanzungen vorzutreiben. Die Lücke zwischen beiden Sporen betrug 1848 nur noch 73 Ruten¹⁵⁾, 1854 aber wieder 160 Ruten. Erst 1862 wurde die Absicht, in einem Jahr einen Dünenwall quer über die ganze trennende Sandfläche zu ziehen, wieder aufgenommen, 1330 Taler dafür bereitgestellt, und, beginnend am 5. April 1864, trotz mancher Schwierigkeiten und Zwischenfälle, in dem einen Sommer 1864 ein so hoher, das West- und Ostland verbindender Dünenwall aufgezogen, daß er standfest wurde. Bei passenden Windrichtungen hat man dabei durch Aufreißen des Strandes mit Eggen dem Sandtreiben nachgeholfen.“

In dem Bilanzbericht über den Inselfchutz auf den Ostfriesischen Inseln schreibt THILO (54), daß im Jahre 1651 auf Juist durch die Petriflut die Hammerbucht als regelrechter Durchbruch entstanden ist, der von 1868 bis 1877 auf der Südseite der Insel durch einen ähnlichen Damm wie auf Spiekeroog beseitigt wurde. In den Jahren von 1929 bis 1931 wurde die Hammerbucht, die an der Nordseite noch bestand, durch einen geradlinigen Damm geschlossen, der ausschließlich durch geschicktes Setzen von Buschzäunen entstand. Der hochwasserfrei gewordene Hammerdeich wurde von 1932–1935 durch rd. 10 000 m³ Sand, der aus den benachbarten Dünen angefahren wurde, verstärkt.

Hinter dem „Hammerdeich“ ist eine Wasserfläche erhalten geblieben, die sich allmählich entsalzt hat und nun zu einem Süßwassersee geworden ist, an dessen Ufer sich eine Süßwasserflora entwickelt hat, die – zum Naturschutzgebiet erklärt – auf jeden Inselbesucher besonders ansprechend wirkt. Vor dem Hammerdeich ist heute ein breiter, hochwasserfreier Strand vorhanden.

¹⁵⁾ Früheres deutsches Längenmaß; hier die Hannoversche R. = 16 Fuß = 4,674 m.

Die sogenannte Muschelfelddüne auf Borkum ist durch ähnliche Maßnahmen entstanden.

Über eine weitere Maßnahme berichtet THILO (54): „So ist im Jahr 1911 mit der Schließung des großen Sloops in der Mitte der Insel Langeoog begonnen worden. Heute steht hier eine hohe und dicht begründete Düne, deren steile und gradlinige Südböschung nur noch ahnen läßt, daß diese Düne einstmals künstlich hochgezogen worden ist.“

Die Beseitigung der beiden Dünendurchbrüche auf Wangerooge durch den Bau des sogenannten Reichsdeiches im Jahre 1874 und die Dünengewinnungsarbeiten im Südwesten und vor dem Reichsdeich sowie der künstlich gewonnene Dünenrücken im Osten der Insel stellen ebenfalls Leistungen großen Ausmaßes dar.

Die Insel Memmert ist ein weiteres Beispiel der Dünenbildung durch Dünenpflege. Der Memmertsand, der in den Karten erst verhältnismäßig spät erscheint, kann als Sandhaken der Insel Juist angesehen werden, ähnlich wie der Flinthörn für Langeoog. Erst etwa ab 1866 wird der Memmert als größere hochwasserfreie Sandplate mit Dünengruppen dargestellt, und seit dieser Zeit hat sich die Insel bis heute in ihrer Ausdehnung mindestens verzehnfacht. Ohne ständige Pflege und Steuerung der Sandanwehungen wäre diese Entwicklung nicht möglich gewesen.

In der Pflege der Randdünen bedient man sich auch heute noch gleicher, zumindest ähnlicher Methoden, wie sie vorstehend geschildert werden. Großen Einfluß auf den Dünenbau übten die Veröffentlichungen von GERHARD, P. (13), VAN DIEREN und R. TÜXEN (56) aus.

Fehlschläge im Dünenbau treten heute nur noch selten auf. Wenn man einst noch feststellen mußte: „Unsere ganze natürliche Seeweher ist nicht dank des Menschen, sondern trotz des Menschen von Pflanzen aufgebaut worden (56)“, so ist sich heute jeder Wasserbauer der Bedeutung der Pflanzengesellschaften für die Entstehung und Erhaltung der Dünen bewußt.

Als Beispiel für die Beseitigung einer durch Sturmflut entstandenen Steilkante und der Festlegung einer Randdüne sei hier ein Kurzbericht des seit 35 Jahren auf der Insel Borkum tätigen Baumeisters Scharfe angeführt.

„Zur Herstellung einer etwa 1:4 bis 1:5 geneigten Böschung werden die Steilkanten abgestoßen und einplaniert. Parallel zum neuen Dünenfuß werden in einem Abstand von 6 bis 12 m – je nach Breite des Vorstrandes – 1 oder auch 2 Sperren, auch Busch oder Latten, bis 1,0 m über den Strand eingebaut. Dann werden die Vorpflanzfelder in einer Breite von 6 bis 12 m mit Reith, ebenso dicht wie mit Helm, bestickt. Die Ver-

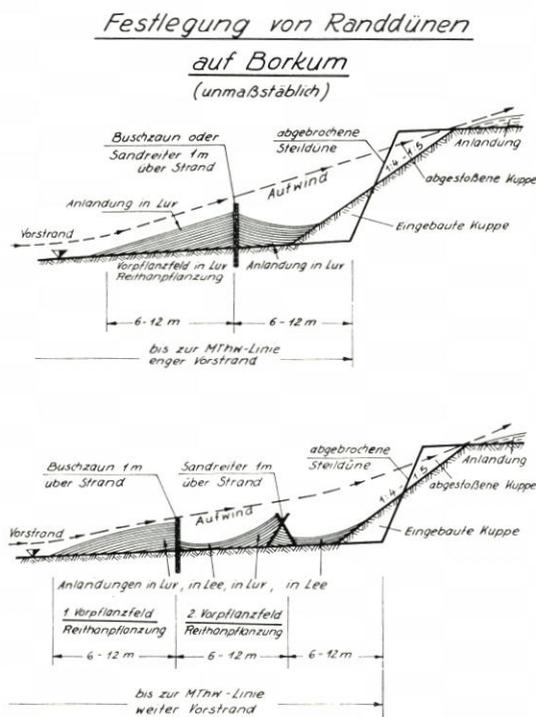


Abb. 8

sandung erfolgt schnell, wobei die aufgewehten Sandmengen zuerst in Lee hinter den Sperren anlanden. Die Vorpflanzfelder in Luv füllen sich dabei ganz allmählich – mit dem Anwuchs in Lee – in der ganzen Breite auf. Dieser Arbeitsgang wird in den Monaten Mai bis August durch-

geführt, während der eigentliche Lebendbau mit Helm in der Zeit von April bis September in der fast fertigen und gut abgelagerten Randdünenfläche vorgenommen werden kann. Dies ist der günstigste Pflanztermin, da das Keimen der sandfangenden Pflanzen (*Elymus arenarius* = Strandroggen, *Ammophila arenaria* = Strandhafer und *Ammophila baltica* = Baltischer Strandhafer) im Herbst liegt, so daß die wichtigen frischen Knötchen an den Stecklingen weiter

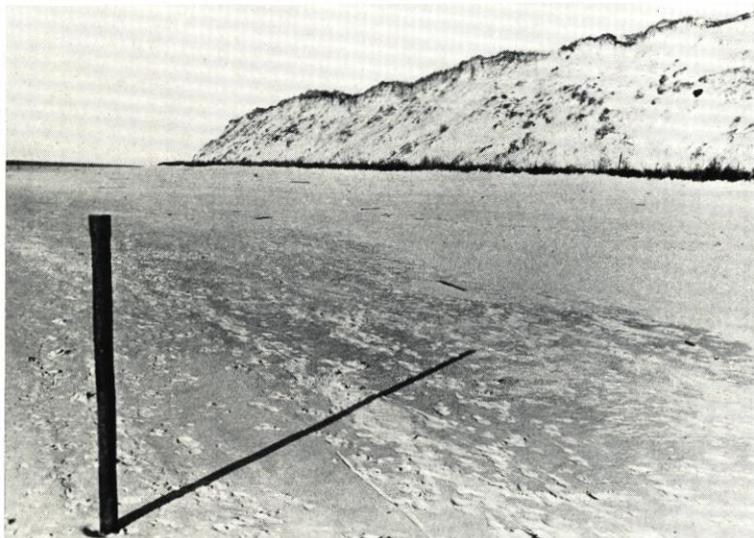


Abb. 9
Dünensteilkante auf
Spickeroog mit Fuß-
Buschhecke



Abb. 9a
Sandfangezaun aus
Simonit auf Wangerooge
zur Vordünengewinnung

treiben können. Die spontane und vollständige Deckung der Böschungsdüne von Luv nach Lee tritt nicht ein, und ebenso kann die Sandzufuhr aus luvseitigen Sandreserven nicht gesperrt werden. Durch den Aufwind werden die Ablagerungen in den luvseitigen, tiefer liegenden Feldern gezielt abgesetzt, und ebenso können bei starken – um 180° – gedrehten Winden von Land her die oben auf der Krone abgesetzten Verwehungen zurücktransportiert und ebenfalls abgelagert werden. In diesem Wechsel entstehen vom Vorstrand bis zur Dünenkrone 1:5 bis 1:8 geneigte Böschungen, bei denen überhöhte Wasserstände nur wenig Schaden anrichten.“

Eine Systemskizze des geschilderten Vorganges zeigt, ähnlich wie bei KRÜGER (33), die Abb. 8, und der Schutz einer Dünensteilkante ist aus Abb. 9 ersichtlich¹⁶⁾.

Seit zwei Jahren werden auf den Inseln Memmert, Norderney, Spiekeroog und Wangerooge Versuche mit Kunststoffzäunen aus Simonit anstelle von Sandfangzäunen aus Buschheken angestellt. Es handelt sich hierbei um Kunststoffmatten, die, in beliebiger Länge aufgerollt, geliefert werden. Sie sind in ihrer Bauart den Buschheken nachgebildet; sie haben oval durchstanzte Öffnungen, durch die der Flugsand abgebremst hindurchgelangt und zur Ablagerung gezwungen wird. Den Matten wurde der wirtschaftliche Vorteil zugesprochen, daß sie nach entsprechender Anwendung wieder gezogen und somit beliebig oft verwendet werden können. Als bisheriges Ergebnis scheint festzustehen, daß die Höhe der Matten für den Erfolg ihrer Verwendung ausschlaggebend ist. Die Verwendung von 80 cm hohen Matten hat sich auf Spiekeroog nachteilig ausgewirkt, weil die Matten zur weiteren Verwendung buchstäblich ausgegraben werden mußten, wodurch die angewehrte Düne wieder gestört wurde. Mit 40 cm hohen Matten wurden dagegen auf Wangerooge gute Ergebnisse erreicht. Ein abschließendes Urteil ist noch nicht möglich (Abb. 9a).

Durch das systematische Bepflanzen der Randdünen werden diese zwar festgelegt, gleichzeitig wird hierdurch aber in die natürliche Dünenbildung eingegriffen, und betroffen werden hiervon die leeseitigen Dünenhänge, die nicht mehr mit Sand versorgt werden, den die Helmpflanzen als Nährstoffzufuhr zum Wachstum benötigen. Das gleiche trifft für Strandabschnitte zu, auf denen auch die luvseitigen Randdünenabhänge mangels ausreichenden hochwasserfreien Vorstrandes keine Sandzufuhr mehr erhalten. Zur Förderung des Wachstums ist in diesen Bereichen eine künstliche Düngung erfolgversprechend.

Das Leichtweiß-Institut der Technischen Hochschule Braunschweig hat 1965 eine junge Helm-Anpflanzung am sogenannten Hochstrand von Norderney nach einem im Institut entwickelten Verfahren mit einer Mineraldüngungskombination versehen. Die Suspension, die aufgespritzt wurde, enthielt eine Beimengung von Wasserglas, welches die Sandoberfläche vorübergehend verfestigte. Das Ergebnis war sehr zufriedenstellend (45).

Wie in den früheren Jahren werden auf Strandabschnitten, die geringeren Angriffen unterliegen, auch heute noch Sanddämme gebaut, da sie wirtschaftlich sind und verhältnismäßig schnell hergestellt werden können. So ist 1966 auf Borkum zur Schließung niedriger Dünen-täler am Südstrand in Verlängerung des Rauheckwerks ein 460 m langer Sanddamm als Randdüne aufgespült worden. Die benötigte Sandmenge wurde durch einen Saugbagger aus den Bühnenfeldern gewonnen und durch eine Rohrleitung an Ort und Stelle eingespült.

Dünenschutz ähnlicher Art wurde im Jahre 1965 auf Norderney durchgeführt. Eine Randdünenfläche, auf dem Lageplan Abb. 4 als Hochstrand bezeichnet, war im Laufe der letzten 3 Jahre so stark ausgeweht, daß sich erhebliche Gefahren für den Bestand der Dünenschutzwerke anbahnten. Die ausgewehrte Fläche wurde mit 4600 m³ Sand wieder aufgehöhht, 20 cm stark mit Klei abgedeckt, angesät und zum Teil mit Platten für Abstellflächen (Strandkörbe) und Zuwege versehen.

Die Randdünen werden an vielen Strandbereichen während jeder Saison durch Trampelpfade beschädigt. Wirksam kann diesen Gefahren nur begegnet werden, wenn eine ausreichende Anzahl von befestigten Überwegen zum Strand geschaffen werden.

Der natürliche Inselchutz hat heute trotz hochentwickelter Technik die gleiche Bedeu-

¹⁶⁾ Bemerkenswert sind in diesem Zusammenhang die Dünenschutzarbeiten auf den niederländischen Inseln, bes. Vlieland und Terschelling. Dort werden Sandflugdünen in Fortsetzung der natürlichen Vorstrandneigung (1:50 bis 1:70) mit Planierraupen bis zur erforderlichen Höhe aufgeschoben.

tung wie früher. Auf jeder Insel sollte daher ein erfahrener, durch Tradition mit den besonderen Inselverhältnissen verbundener und geschulter Stamm an Arbeitern erhalten bleiben.

V. Der künstliche Inselfchutz

1. Vorbemerkung

Die Flut am 2. Weihnachtstag 1854 vollendete die völlige Zerstörung des Westturmdorfes auf Wangerooge. Nachdem durch die Häufigkeit der Sturmfluten bereits zu Beginn des 19. Jahrhunderts auf fast allen Inseln große Strandabnahmen eingetreten waren, mag die Zerstörung des Westturmdorfes auf Wangerooge auf die Inselbewohner und die Staatsdienststellen alarmierend gewirkt und zu der Erkenntnis geführt haben, daß mit der bisherigen Dünenbepflanzung allein die Inselfiedlungen nicht geschützt werden können. Hinzu kam noch, daß um

Tabelle 3

Zeittafel über den Beginn der Inselfchutzwerke

Insel	Beginn der Buhnenbauten	Beginn des Baues von Dünenschutz- werken	Anzahl der heute vorhan- denen Buhnen	Länge der heute vorhandenen Dünenschutz- werke (m)	Länge der zu unterhaltenden Randdünen (km)
1	2	3	4	5	6
Borkum	1869	1874	32	4 712	8,4
Juist	1914 ²⁾	1913 ³⁾	7	1 382	10,5
Norderney	1860 ¹⁾	1857	32	6 350	8,5
Baltrum	1873	1873	15	1 325	3,0
Langeoog	—	—	—	—	12,5
Spiekeroog	1873	1874	12	1 797	5,5
Wangerooge	1874 ²⁾	1874	23	4 618	7,2
Summe	—	—	121	20 184	55,6

¹⁾ 2 Buschbuhnen, die 1846 gebaut wurden, sind nach kurzer Zeit wieder zerstört worden.

²⁾ 10 Buschbuhnen, die 1818/1834 gebaut wurden, sind 1850 aufgegeben worden.

³⁾ Buhnen und Dünenschutzwerke liegen seit Fertigstellung (1920) unter Sand.

1850 auf den Inseln (Baltrum erst 1898) staatlich anerkannte Seebäder eingerichtet wurden und die Inselbewohner hierdurch einen neuen Erwerbszweig gefunden hatten. Sie fühlten sich in ihrer Existenz bedroht, wenn es nicht gelang, Strand und Randdünen wirksam zu schützen. Aber auch der Staat hatte Interesse daran, die in seinem Eigentum stehenden Grundstücke zu schützen und war nun bereit, öffentliche Mittel für den Bau von künstlichen Schutzwerken zur Verfügung zu stellen.

In den folgenden Abschnitten werden die Schutzwerke auf den Inseln beschrieben, worunter die Buhnen (Strand- und Strombuhnen) und die Dünenschutzwerke (Wände, Mauern usw.) aller Bauarten zu verstehen sind. Da über die Entwicklung der Schutzwerke auf den Inseln ausführliche Einzelberichte vorliegen (24, 44, 54), können unter Verzicht auf Einzelheiten die Schutzwerke und ihre Bauweise insgesamt für alle Inseln beschrieben werden. In einem weiteren Abschnitt wird als eine besondere Methode des künstlichen Inselfschutzes die Strandaufspülung behandelt.

2. Buhnen

Im folgenden werden sowohl Strandbuhnen, die in erster Linie der Erhaltung und Mehrung des Sandstrandes dienen, als auch Strombuhnen, die vornehmlich die zur Küste drängenden erodierenden tiefen Ströme abweisen sollen, beschrieben.

Die Untergliederung in die Zeiträume von Beginn des Buhnenbaues bis etwa 1925 und von 1925 bis zur Gegenwart ist dadurch begründet, daß im zweiten Zeitabschnitt Material und Bauweisen der Buhnen sich wesentlich gegenüber dem ersten Zeitabschnitt geändert haben. Der Beschreibung der Bauweisen folgt abschließend eine Beurteilung ihrer Wirkung.

a) Bauweisen von 1815 bis 1925

Buschbuhnen ohne Steinabdeckung

Die ersten Strandbuhnen an den Ostfriesischen Inseln wurden von 1815 bis 1834 auf Wangerooge zur Sicherung des Leuchtturmes gebaut. Es war dies der erste tastende Versuch, der Strandabnahme durch künstliche Maßnahmen zu begegnen. Die 10 Wangerooger Buhnen wurden aus Busch (ohne Steinabdeckung) hergestellt, sie sind durch die Sturmfluten von 1854/55 restlos vernichtet worden. Die 2 ersten leichten Buschbuhnen auf Norderney (1846) hielten sich ebenfalls nur wenige Jahre.

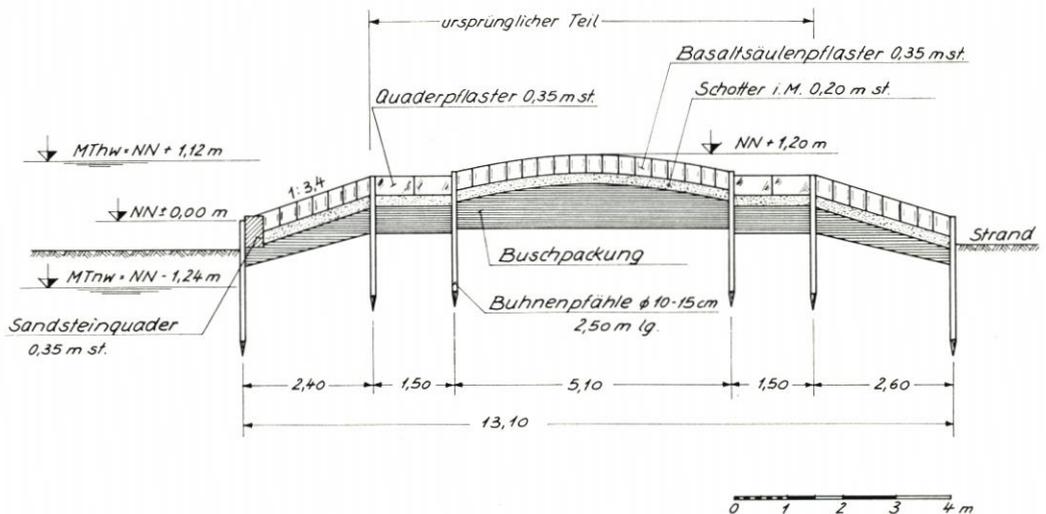


Abb. 10. Steinbuhne auf Norderney (Norderneyer Bauart)

Steinbuhnen „Norderneyer Bauart“

Das erste massive Dünenschutzwerk auf Norderney (1857) wurde kurz nach Fertigstellung durch eine merkliche Abnahme des Strandes infolge Prielbildung gefährdet. Die Situation veranlaßte zum Bau schwerer Steinbuhnen, die seither als Steinbuhnen Norderneyer Bauart bekannt sind (Abb. 10).

Von 1860 bis 1867 wurden auf Norderney 7 Buhnen gebaut. Die Buhnen erhielten eine

Länge von 190 m bis 215 m, ihr gegenseitiger Abstand beträgt das 1- bis $1\frac{1}{2}$ fache der Länge, die Bühnenwurzeln schließen an die Strandschutzmauer an und liegen etwa 1,25 m über Mittel-tidehochwasser, und die Köpfe 30 cm über Mitteltidenniedrigwasser. Besonders günstig ist der weiche Übergang zum Strand, der durch Seitenbermen an den Bühnen ermöglicht wird und ein sanftes Überströmen gewährleistet (Abb. 11).

Nachdem sich die Norderneyer Bühnen bewährt hatten, wurden von 1873 bis 1904 auf Baltrum 15, von 1873 bis 1888 auf Spiekeroog 12 und von 1874 bis 1910 auf Wangerooge 20 Bühnen in dieser oder nur geringfügig abgewandelter Bauart – z. T. mit geringeren Abmessungen – errichtet.



Abb. 11
Steinbühne auf Norder-
ney (Bühne G 1)

In dem Bilanzbericht von KATTENBUSCH (24) ist ein Artikel der Ostfriesischen Zeitung vom 4. 3. 1869 wiedergegeben, der für die Insel Borkum der Anstoß zum Bau von Schutzwerken war. Der Artikel schildert eine Situation, die Ende der 60er Jahre auf fast allen Ostfriesischen Inseln herrschte:

„Insel Borkum, 2. März. Unsere Dünen an der Nordwestseite, worüber wir schon verschiedene Male geklagt haben, sind abermals in den letzten Stürmen wieder so arg mitgenommen, daß an einzelnen Stellen 20 bis 25 Fuß (etwa 5,80 bis 7,30 m) abgespült ist. Dieselben stehen an dieser Stelle jetzt senkrecht wie eine Mauer. Der letzte Rest des Strauchwerks, welches im vergangenen Sommer zum Schutz gegen die Wellen eingegraben war, ist jetzt auch weggerissen. Erhalten wir einmal eine ähnliche Flut wie 1863, so könnten wir erwarten, daß unsere schönen Gärten und Wiesen durch die Meeresfluten überschwemmt und vernichtet werden. Bei der kleinsten Baake ist die hohe Außenseite schon gänzlich fort und hat früher öfters bei einem Sturm die Flut die jetzige Höhe der Dünen an dieser Stelle weit überragt. Geschieht nicht bald etwas Energisches, ähnlich wie auf Norderney, die Dünen zu befestigen und die Strömung vom Strande abzulenken, so hat unsere Insel eine trostlose, armutsvolle Zukunft vor sich.“

Steinbühnen „Borkumer Bauart“

Von 1869 bis 1877 wurden auf Borkum 12 Bühnen gebaut. Hier wurde eine leichtere Bauart, die „Steinbühne Borkumer Art“ gewählt, weil mit einem baldigen Wiederanwachsen des Strandes gerechnet wurde. Einen Querschnitt in Bühnenmitte zeigt die Abb. 12.

Beim weiteren Ausbau des Bunnensystems auf Borkum von 1879 bis 1906 am Südwest- und Nordweststrand ist die stärkere Norderneyer Bauart gewählt worden. Lediglich die beiden Bühnen 24 und 25 wurden wieder leichter gebaut (1,50 m breit, ohne Bermen), weil der Südweststrand noch nicht im Angriff lag.

Bei den Steinbühnen leichter und auch schwererer Bauart stellten sich bald Schäden ein, weil sie für die Beanspruchung bei stark abnehmendem Strand keine ausreichende Seitensicherung hatten. Zum Schutz gegen ein völliges Auseinanderbrechen mußten viele Bühnen durch zusätzliche Bermen gesichert werden. Den Querschnitt einer solcherweise gesicherten Bühne zeigt die Abbildung 19.

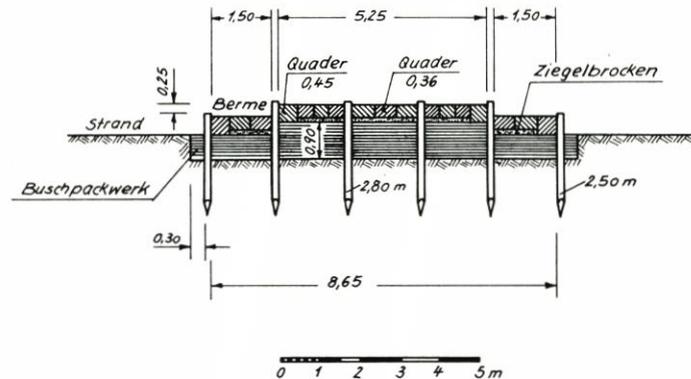


Abb. 12. Steinbühne Borkumer Bauart (1869-1872)

Weitere Schäden traten an den Köpfen der Bühnen ein. FÜLSCHER (9) berichtet, daß vor den besonders gefährdeten Köpfen der Baltrumer Bühnen alte Schiffskörper versenkt und mit Steinen und Senkfaschinen gegen Auftrieb gefüllt wurden.

Die immer weiter fortschreitende Abnahme des Vorstrandes konnte durch den Bau von Strandbühnen nicht aufgehalten werden. Besonders kraß entwickelten sich die Verhältnisse am Westkopf von Norderney, denn die Seegatrinne hatte sich stark vertieft, dicht zu den Bühnenköpfen hin verlagert und begann nun, die Bühnenköpfe abzarbeiten.

In den Jahren 1898 bis 1900 wurden daher 5 Bühnen am Westkopf der Insel Norderney durch 80 m bis 115 m lange Sinkstückvorlagen mit Steinabdeckung bis unter die MTnw-Linie verlängert, um die Seegatrinne abzudrängen. Die Unterwasserverlängerung der Bühnen (Strombühnen) hat sich bewährt. Die Seegatrinne rückte nicht weiter inselseitig vor, die Kolke verfüllten sich wieder, und die obere Grenze des Inselsockels, die bei 2,50 m unter Seekartennull (SKN) anzusetzen ist, liegt seither fest. Strandfördernde Auswirkungen oberhalb MTnw traten jedoch in den kritischen Strandbereichen nicht ein. Im Jahresbericht der Forschungsstelle Norderney haben KRAMER und HOMEIER hierüber ausführlich berichtet (28).

Über 2 wesentliche Beispiele hinsichtlich des Baues von Unterwasserbühnen auf Borkum (ab 1933) und über die Verlängerung der Bühne H auf Wangerooge (ab 1938) wird noch berichtet.

Einreihige hölzerne Pfahlbühnen

Diese Bühnen entsprechen einer Bauart der Ostsee und finden auf den Ostfriesischen Inseln nur in geringem Umfange Verwendung. Die erste Bühne dieser Art entstand 1906 als

Zwischenbuhne am Nordstrand von Borkum. Es folgten in den Jahren von 1914 bis 1916 4 weitere am Südstrand von Borkum, 3 auf Juist (1913 bis 1920) und 1 Pfahlbuhne auf Norderney (1917) (Abb. 13 u. 14). Mit Ausnahme der 3 Juister Buhnen, die seither unter Sand liegen, mußten alle übrigen Pfahlbuhnen in den 50er Jahren verstärkt werden.

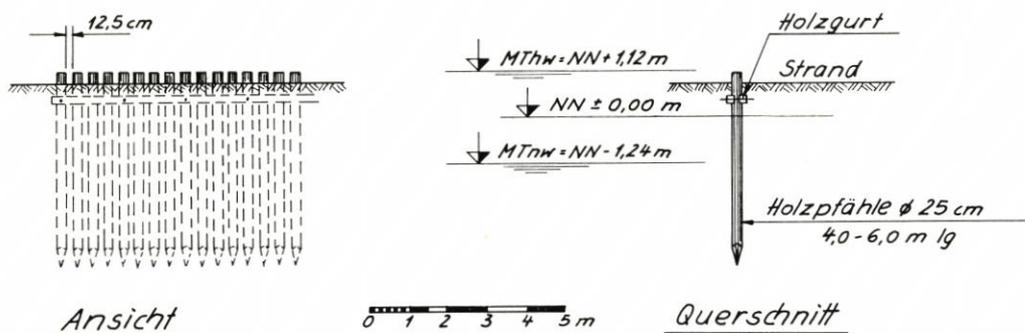


Abb. 13. Einreihige hölzerne Pfahlbuhne auf Norderney

2 Pfahlbuhnen in aufgelöster Bauweise wurden 1960/61 als Abschluß des Buhnensystems am Südstrand von Borkum gebaut. Buhnen ähnlicher Art hatten sich auf Norderney bewährt. Die Pfähle wurden nicht dicht an dicht, sondern jeweils mit Pfahlstärke-Abstand gerammt, um zum ungeschützten Strand hin einen weichen Übergang herzustellen. Die Buhnen sind

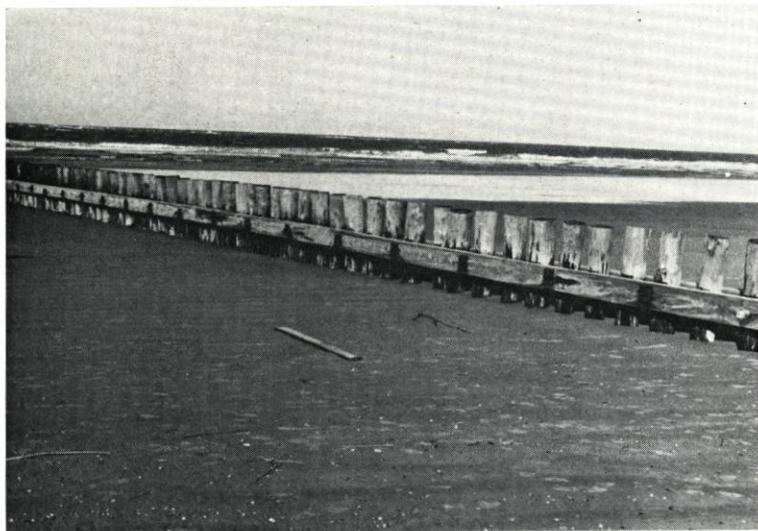


Abb. 14
Einreihige hölzerne
Pfahlbuhne auf Norderney
(Blick vom Strand)

während der Sturmflut Februar 1962 schwer beschädigt worden, und durch anhaltende Strandabnahme ging der Landanschluß in den folgenden Jahren verloren. 1968 sind die Anschlüsse der Buhnen 29 und 30 in Kastenbauweise neu hergestellt worden, während die Buhne 31 aufgegeben werden mußte. Ein Neubau wird in Erwägung gezogen.

Zweireihige hölzerne Pfahlbuhnen

Auf Borkum wurde 1907 eine zweireihige Pfahlbuhne als Hilfsbuhne zwischen den Buhnen 4 und 5 gebaut, und eine weitere zweireihige Pfahlbuhne entstand 1915 auf Norderney. Beide Buhnen mußten nach kurzer Zeit verstärkt werden. Die 1930 gebaute zweireihige Pfahlbuhne auf Wangerooge liegt zur Zeit gut unter Sand.

b) Bauweisen von 1925 bis zur Gegenwart

Kastenbuhnen

Von den bisher geschilderten Buhnen hat sich die Norderneyer Steinbuhne als die günstigste durchgesetzt. Auf Strandgebieten wechselnder oder gar abnehmender Höhenlage haften der Bauweise jedoch Mängel an, weil, wie oben schon erwähnt, keine ausreichende Sicherung der Buhnenlängsseiten vorhanden ist, bzw. diese mit großem Kostenaufwand durch immer weitere Anbauten von Seitenbermen hergestellt werden muß.

In Abweichung von der bisherigen durchlässigen Bauweise entstand auf Borkum 1925 die erste undurchlässige Buhne als Kastenbuhne (Buhne 15a). Die Seitenwände des Kastens (2,50 m breit) wurden in Spundwandbauweise hergestellt (aus Kiefer). Die Außenseiten der Spundwände sind durch Packlagen weich zum Strand hin ausgebildet, die Vorlagen sollten gleichzeitig vor Holzschädlingen schützen. Die Buhne hat sich in den darauffolgenden harten Wetterlagen bewährt.

Durch die zunehmenden Sandverluste am Nordstrand von Borkum drohten die dort von 1869 bis 1906 gebauten Steinbuhnen völlig zu verfallen. Auf Grund der guten Erfahrung mit der Kastenbuhne 15a (siehe oben) wurden die Steinbuhnen 1, 2, 5 und 7 sowie 18 aufgegeben und durch 6 Kastenbuhnen in dichter Bauweise ersetzt, in jeweils 10 m Abstand von den alten Buhnen (1927/28). Man verwendete kieferne, diese nun teerölgetränkt, und eiserne Spundbohlen. Der Spundwandkasten erhielt eine Breite von 4 bis 6 m, alle 7 m wurde der Spundwandkasten durch Querwände unterteilt und die Längswände gegenseitig verankert. Besondere Sorgfalt verwendete man auf die Dichtung der Fugen zwischen den hölzernen Bohlen, um ein Auslaufen des Füllsandes zu verhindern. Bei weiteren Neubauten als Ersatz abgängiger Pfahl- und Steinbuhnen wird auf Borkum überwiegend die Kastenbauweise verwendet. Nach 1945 wurden auf Borkum 7 Buhnen dieser Bauweise und 1 Buhne auf Norderney errichtet. Die Kästen wurden mit Sand, teilweise auch mit Betonbrocken oder sonstigem Trümmergut, zum Teil auf Buschmatten als Unterlage, gefüllt und mit Basaltsäulen auf einer 20 bis 40 cm starken Splitt- und Schotterunterlage abgeplästert.

Die Buhnenköpfe sind gegen Auskolkung durch kräftige Sinkstücke mit Steinschüttung geschützt (Abb. 15).

Einwandbuhnen

Der Bau von Kastenbuhnen auf Borkum führte zu einer weiteren Buhnenbauweise, der Einwandbuhne.

Bei Einbruch des Winters und Einstellung der Arbeiten konnte bei zwei Kastenbuhnen auf großer Länge nur eine Längsseite des Kastens gerammt werden. Die einwandigen Teile zeigten nach Wiederaufnahme der Arbeiten keine Beschädigungen und keinerlei nachteilige Wirkungen. Da die einwandigen Buhnen wesentlich geringere Baukosten erfordern, lag es nahe, aus Gründen

der Ersparnis nun auch einwandige Buhnen zu bauen. Buhnen dieser Art entstanden auf Borkum, Norderney und auf Baltrum. Zur besseren Versteifung erhielten die Einzelwände an beiden Seiten eine Verholmung (Abb. 16).

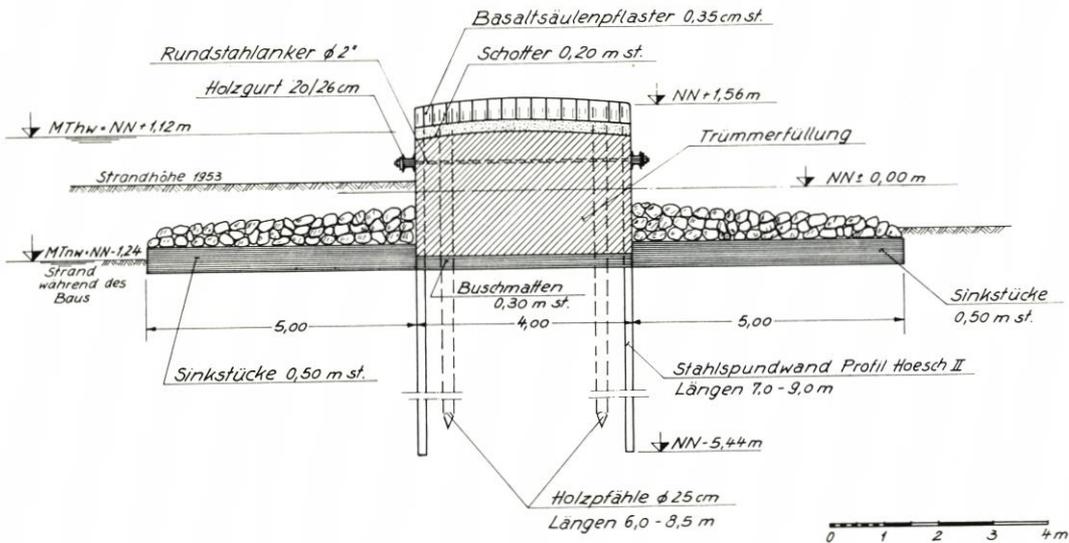


Abb. 15. Kastenbuhne S 1 auf Norderney (1952)

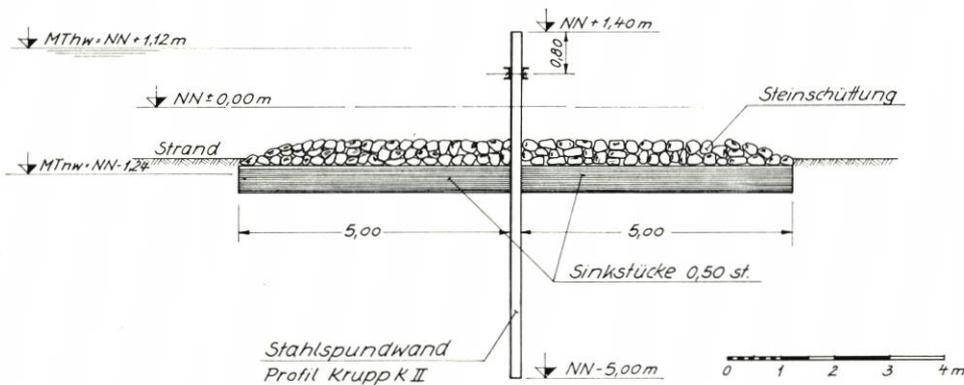


Abb. 16. Einwandbuhne aus Stahlpundbohlen auf Norderney, Buhne P 1 (1951)

Kombinierte Kasten- und Einwandbuhnen

Die beschränkte Verwendbarkeit von Einwandbuhnen stellte sich bei den in den Jahren von 1933/34 auf Norderney gebauten Zwischenbuhnen heraus, die am Westkopf an einem stark im Angriff liegenden Strandabschnitt mit wechselnden Strandhöhen und starker Brandung gebaut waren. Die Bohlen der einwandigen Buhnen unterlagen durch Sandschliff einer so starken Abnutzung, daß beide Zwischenbuhnen bereits 1951 auf rd. 50 m Länge erneuert werden mußten.

Eine wirtschaftlich günstige und den Strandverhältnissen besser anzupassende Bauweise ist die Kombination zwischen Kasten- und Einwandbuhne, d. h., Kopfteil als Strombuhne in Kastenform mit landseitigem Anschluß als Einwandbuhne.

Nach der schweren Sturmflut von 1949 wurde das Buhnensystem auf Norderney nach Osten um 12 Buhnen erweitert (Buhnen M 1 bis X 1), eine Maßnahme, zu der die Arbeitsgruppe Norderney im Küstenausschuß Nord- und Ostsee in der „Gutachtlichen Stellungnahme“ (3) geraten hatte. In diesem Strandabschnitt hatten sich durch ständige Sandverluste Wassertiefen von mehr als 3 m bei Niedrigwasser eingestellt.

Der Bau dieser 12 Buhnen (davon eine als durchgehende Kastenbuhne, siehe weiter oben) war mit großen Schwierigkeiten verbunden (Sturmflutschäden während der Bauausführung), über die PEPPER ausführlich berichtet hat (50).

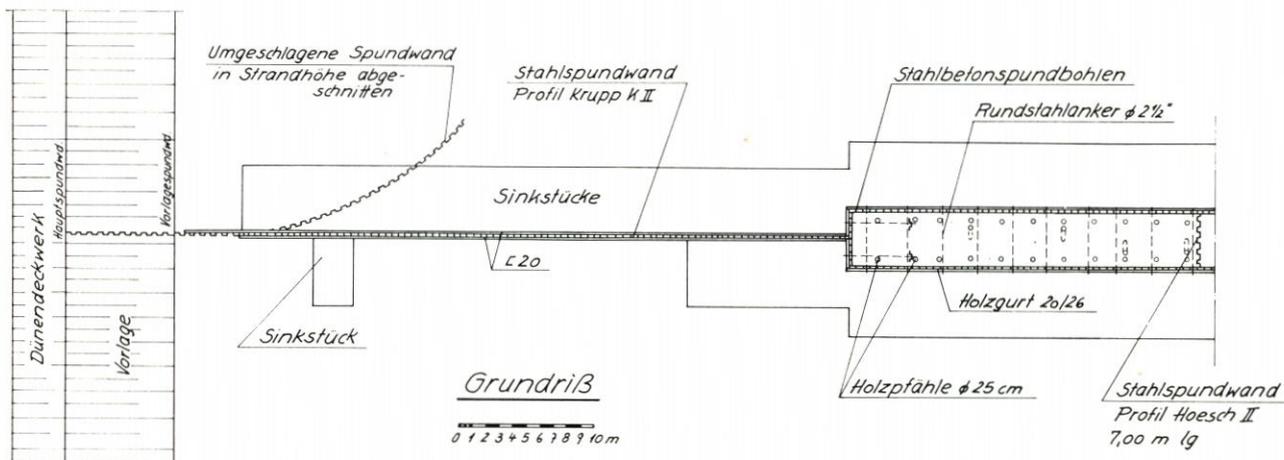


Abb. 17. Kombinierte Einwand- und Kastenbuhne P 1 auf Norderney (1951)

Die Bauweise der Buhnen ist unterschiedlich. 1950 verwendete man für die ersten 6 Buhnen im einwandigen Abschnitt Stahlspundbohlen und für die Kästen, die 1951 bis 1953 vorgebaut wurden, vorgespannte Betonspundbohlen. Die weiteren Buhnen auf Norderney erhielten dann sowohl im einwandigen wie auch im Kastenprofil Betonspundbohlen (Abb. 17).

Die 8 kombinierten Kasten- und Einwandbuhnen auf Borkum, die von 1930 bis 1954 gebaut wurden, entsprechen im wesentlichen der in Abb. 17 gezeigten Konstruktion, lediglich der Übergang vom einwandigen Teil zum Kasten wurde (im Grundriß) nicht rechtwinklig, sondern hydraulisch günstiger, in Form eines spitzen Dreiecks ausgeführt.

Eine Abweichung der kombinierten Kasten- und Einwandbuhne entstand auf Norderney. Die ursprünglich (1952) als einreihige Pfahlbuhne in aufgelöster Bauweise hergestellten Buhnen W 1 und C 1, mit einem halben Pfahldurchmesser (W 1) und einem ganzen Pfahldurchmesser (X 1) als Zwischenraum, mußten 1954 durch einen Kasten, ebenfalls aus Holzpfählen, am Kopf verstärkt werden.

Unterwasserbuhnen

In dem Bilanzbericht über die Inselfchutzmaßnahmen auf Wangerooge (LÜDERS und WITTECKE, 44) wird der oldenburgische Oberbaudirektor O. LASIUS aus einer Veröffentlichung „Wangerooge und seine Seezeichen“ hierzu folgendermaßen zitiert: „Ein Versuch, die Strom-

rinne zwischen der Insel und dem Riff durch Faschinenwerke zu coupieren, mißlang im Frühjahr 1837, später wurde der Zweck erreicht, als man die Balge an beiden Enden zugleich durchdämmte und vollzog sich dort nach wenigen Jahren eine vollständige Vereinigung des Riffs mit der Insel, die nun während zweier Jahrzehnte sich ungetrübter Sicherheit erfreut.“ Man könnte, so stellen die Verfasser des Bilanzberichtes fest, diese „Coupierungen“ als die Vorläufer der Unterwasserbuhnen ansehen.

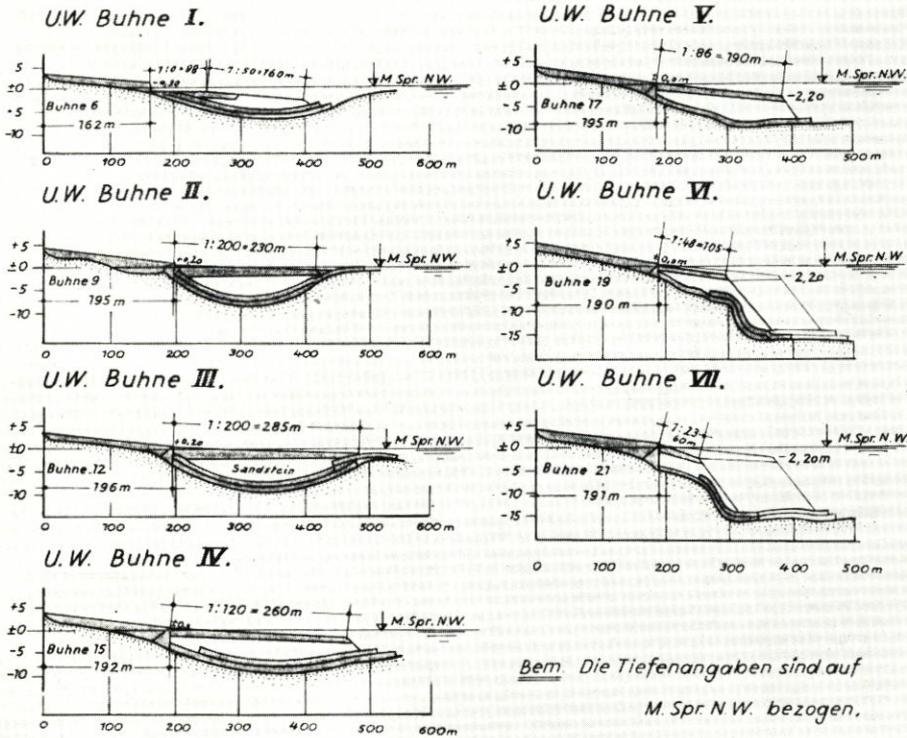


Abb. 18. Längsschnitte der Unterwasserbuhnen I-VII auf Borkum

Über die Unterwasserverlängerungen einiger Buhnen auf Norderney wurde oben berichtet. Ausgeprägter als dort begann 1933 am Westkopf von Borkum auf Veranlassung des für den Uferschutz auf Borkum zuständigen Referenten im Reichsverkehrsministerium, Ministerialrat Rudolf Schmidt, der Bau von Unterwasserbuhnen. Die Situation, die zu diesen Bauten Veranlassung gab, ist im Abschnitt II, 1 dargestellt. Kurz zusammengefaßt ging es darum, das Strandgärtle durch Vorverlegen der Buhnen-Streichlinie vom Strand abzudrängen. Auf Abbildung 18, die dem Bilanzbericht von Kattenbusch (24) entnommen wurde, sind die Längsschnitte der Unterwasserbuhnen I bis VII dargestellt. Die Unterwasserbuhnen schließen an die dort vorhandenen Strandbuhnen an. Sie bestehen aus schweren Sinkstückvorlagen mit Steinkörpern.

Nach den ersten 4 Unterwasserbuhnen (I bis IV), die von 1933 bis 1936 gebaut wurden, folgten in den Jahren von 1937 bis 1938 die Unterwasserbuhnen V bis VII. Mit dem Bau der letztgenannten Buhnen wurde der Zweck verfolgt, den Strom der Westerems, die unmittelbar vor der Insel Tiefen von 35 m aufweist, von dem Inselsockel abzuhalten.

Das Unterwasserschutzsystem mußte in den folgenden Jahren noch um die Unterwasserbuhnen VIII und IX (1939 – durch Krieg unterbrochen – bis 1950) und schließlich 1962 durch die Unterwasserbuhne X erweitert werden.

Der Verbau des Strandgatjes am Nordweststrand durch die Unterwasserbuhnen I bis IV war erfolgreich; das Gatje versandete und das Borkumer Platje landete an. Insgesamt gesehen schützen die 10 Unterwasserbuhnen auf Borkum den Inselsockel, indem sie als Strombuhnen den Flut- und Ebbestrom aus der unmittelbaren Inselnähe ablenken.

Die Unterwasserbuhnen IV und V auf Borkum sind in Höhe der Bühnenköpfe 15 und 17 im Jahre 1937 durch ein Unterwasserlängswerk mit Oberkante etwa auf Mitteltideniedrigwasser verbunden worden. Die Bauweise des Längswerks entspricht derjenigen der Unterwasserbuhnen. Eine besondere Wirkung dieses Bauwerks ist jedoch nicht zu erkennen.

Verlängerung der Buhne H auf Wangerooge

Die Buhne H am Westkopf von Wangerooge (Abb. 7) ist mit den ersten Bühnenbauten nach Norderneyer Bauart 1877 als Strandbuhne gebaut worden. Nach dem Vorbau im Jahre 1884 hatte sie eine Länge von 290 m.

Wie bereits ausgeführt, hatte sich die Harle unter gleichzeitiger Ostausdehnung der Insel Spiekeroog nach Osten verlagert, wobei sie im nördlichen Teil aus bisher nordwestlicher Richtung in eine nördliche umschwenkte. Gleichzeitig bildete sich unmittelbar vor den Strandschutzwerken des Westkopfes – etwa ab 1910 – eine zweite Seegatrinne, die „Dove Harle“, die sich von Jahr zu Jahr mehr vertiefte, ihre Wasserführung vergrößerte und zur Hauptseegatrinne zu werden drohte.

Um diese Entwicklung zu unterbinden, ist in den Jahren von 1938 bis 1940 die Buhne H um 1170 m bis an die Ostseite der Harle verlängert worden.

Nach dem Entwurfsquerschnitt sollte die Krone auf Mitteltidehochwasser liegen. Durch den Krieg bedingt konnte die Buhne jedoch nur bis etwa 0,50 m über Mitteltideniedrigwasser ausgebaut werden.

Die erhofften Wirkungen der Bühnenverlängerung traten bald in Erscheinung. Die Harle drehte wieder nach Westen zurück und nahm an Wassertiefe zu, die „Dove Harle“ bildete sich zurück und die Strandverhältnisse verbesserten sich (36).

Von 1962 bis 1964 mußte die Buhne an vielen Stellen wieder aufgehöhrt werden, da die Krone durch Strömung, Brandung und Eisgang z. T. erheblich – besonders im Durchflußbereich der „Doven Harle“ – abgetragen worden war.

Die heutigen Verhältnisse im Bereich der Harle und am Westkopf Wangerooes zeigen, daß die Kronenhöhe der Buhne H etwa auf Mitteltideniedrigwasser mutmaßlich ausreichend ist, denn die Harle ist nach Westen abgedrängt und die „Dove Harle“ ist als morphologisch gestaltende Kraft anscheinend ausgeschaltet. Ob durch eine Erhöhung auf Mitteltidehochwasser die Strandverhältnisse am Westkopf noch weiter verbessert werden können, oder ob aus Gründen einer wirtschaftlicheren Unterhaltung eine Höherlegung der Bühnenkrone anzustreben ist, wird z. Z. noch untersucht.

c) Die Unterhaltung der Bauwerke

Die Strandabnahmen auf allen mit Bühnen geschützten Inseln erforderten meist schon kurz nach der Herstellung der Bühnen große Aufwendungen zur Verstärkung der Seitenbermen und

der Bühnenköpfe (Abb. 19). Wie aus der Tabelle Nr. 4 zu ersehen ist, mußten im Laufe der folgenden Jahrzehnte viele Bühnen durch solche in stärkerer Bauweise ersetzt und zum Teil auch aufgegeben werden, andere wurden durch Verstärkungen in ihrer Substanz erhalten.

Die kostspieligste Sicherung der Bühnen im Unterhaltungswege ist das Einfassen der Bermen durch Spundwände, eine Maßnahme, die in großem Umfange in den dreißiger Jahren auf Baltrum durchgeführt wurde. Eine weitere ebenfalls aufwendige Sicherung ist das Einrammen einer Spundwand in Bühnenlängsachse (Abb. 20).

Bei den Stahlspundwänden treten erhebliche Zerstörungen durch den Sandschliff auf. Durch Aufschweißen von 1,00 m hohen Blechen im Bereich der Sandschliffzone kann die Lebensdauer der Bohlen erheblich verlängert werden (24). Diese einfache und wenig kostspielige Methode, die von DETTMERS¹⁷⁾ angegeben wurde, sollte an keiner Stahlspundwand in Sandschliffgebieten fehlen.

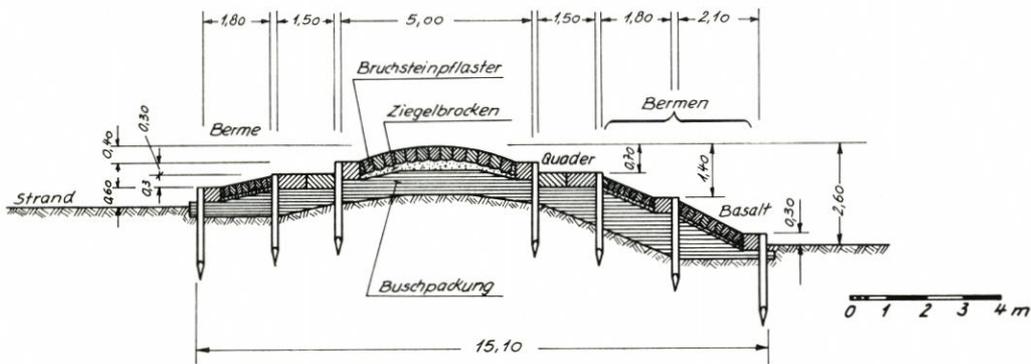


Abb. 19. Seitlich verstärkte Steinbühne, Bühne 5 auf Borkum (Norderneyer Profil)

In zunehmendem Umfang wird im Seewasserbau Bitumen verwendet¹⁸⁾. Der Asphaltverguß von Schüttsteinbühnen, so auf Spiekeroog 1957, hat nicht immer befriedigt. Es mag daran gelegen haben, daß keine gute Umhüllung der Steine erreicht wurde, und daß die Schüttsteine nicht ausreichend sauber und trocken waren¹⁹⁾.

Das Bestreben, die Bühnenflanken zu dichten und ein Herausschlagen der Schüttsteine zu verhindern, führte 1959 auf Wangerooge zu Versuchen mit Colcrete-Mörtel²⁰⁾.

Schwierigkeiten treten – ähnlich wie bei dem Bitumenverguß – dann auf, wenn die Seitenböschungen der Bühnen in der MTnw-Linie liegen und dem Wellenschlag ausgesetzt sind. 1966 und 1967 sind bei der Instandsetzung der Bühnen A und B auf Wangerooge sogenannte Injektionsbetonmatten verwendet worden (Abb. 21). Die Matten bestehen aus einem Nylongewebe und ähneln einer zunächst noch ungefüllten Matratze, die mit besonderen Abstandshaltern,

¹⁷⁾ Oberregierungsbaurat DETTMERS, Vorstand des für die Insel Borkum zuständigen Wasser- und Schiffsamtes Emden vom 1. 3. 1937–8. 5. 1945.

¹⁸⁾ Über die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von Bitumen, gemischt mit Mineral und Füllern (Bitumensand, Bitumensplitt, Sandasphalt, feiner und grober Asphaltbeton), siehe Nr. 52, 57 und Nr. 63 des Schrifttums.

¹⁹⁾ Ähnliche Erscheinungen sind auch an dem westlichen Leitdamm in der Zufahrt zum Hafen Norddeich zu beobachten, dessen Steinabdeckung im Jahre 1954 mit einem Bitumeneinguß versehen wurde.

²⁰⁾ Der Colcrete-Mörtel (Colgrout) wird in Sondermischern mit hoher Umdrehungszahl aufbereitet und hat ohne Beigabe von Zusätzen kolloidale Eigenschaften.

Tabelle 4

Bauweise, Baujahr und Anzahl der Seebühnen

Insel	Borkum	Juist	Norderney	Baltrum	Spiekeroog	Wangerooge												
Bauweise	Baujahr Erst- bau noch han- den	Erst- bau noch han- den	Baujahr Erst- bau noch han- den	Baujahr Erst- bau noch han- den	Baujahr Erst- bau noch han- den	Baujahr Erst- bau noch han- den												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	Buscbühnen ohne Steinabdeckung	—	—	—	—	—	1846	2	—	—	—	—	1912	2	—	1815/34	10	—
B	Steinbühnen (Borkumer Bauart)	1869/77 1894 1916	12 2 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C	Steinbühnen (Norderneyer Bauart)	1879/1906	13	1913/20	4	4	1861/1914 1948	13	14	1873/1904	15	14	1873/88	12	12	1874/1910 1920/42	18	4
D	Einreihige hölzerne Pfahlbühnen	1906 1914/16 1960/61	1 4 2	1913/20	3	3	1917	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
E	Zweireihige hölzerne Pfahlbühnen	1907	1	—	—	—	1915	1	1	—	—	—	—	—	—	~1930	1	—
F	Kastenbühnen	1925 1927/61	1 13	—	—	—	1952	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
G	Einwandbühnen	1934/35/49	4	—	—	—	1933/34	2	1	1949	1	1	—	—	—	—	—	—
H	Kombinierte Kasten- und Einwandbühnen	1930-54 1968	8 2	10	—	—	1948 1950/53 1952/54	2 9 2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
J	Unterwasser- bühnen u. Bühnen- verlängerung	1933/47 1950 1961/62	8 1 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Gesamtzahl	—	32	—	—	7	—	—	32	—	—	15	—	—	12	—	—	23

in diesem Falle von 8 cm Länge, versehen sind. Die Matten werden auf der Steinböschung ausgelegt, am Böschungsfuß, notfalls mit Taucherhilfe, verankert und anschließend mit Colcrete gefüllt. Im Schutze solcher Matten können die Steinböschungen dann bis zum Fuß mit Colcrete vergossen werden. Die Bauweise hat sich bewährt. Ihre Anwendung verspricht bei stärkerem



Abb. 20
Buhne F auf Baltrum
mit Spundwand in
Buhnenlängsachse



Abb. 21
Verlegen von Injektions-
betonmatten bei der
Instandsetzung der
Buhne A und B auf
Wangerooge (1967)

Wellenschlag jedoch keinen Erfolg mehr, da das Festlegen der Matten am Böschungsfuß Schwierigkeiten bereitet. Für die Instandsetzung von Steinbuhnen, die ständig einem starken Wellenschlag ausgesetzt sind, müssen neue Methoden entwickelt werden. Es wird z. Z. untersucht, ob sich Matten aus Maschendrahtgeflecht, die mit Schotter oder Schüttsteinen gefüllt werden, sog. Gabionen, zur Sicherung der Buhnenflanke eignen.

Die Unterhaltung der Buhnen erfordert ein ständiges Beobachten der Strandentwicklung, damit Veränderungen frühzeitig erkannt und geeignete Gegenmaßnahmen rechtzeitig eingelei-

tet werden können. Die kritischen Strandbereiche an den Westköpfen der Inseln werden daher im Frühjahr jedes Jahr auf festliegenden Profilen bis etwa 800 m seeseitig gepeilt. Die Ergebnisse werden in Zeit/Weg-Pläne eingetragen, so daß die Strandentwicklung anschaulich abzu- lesen ist. Bei den nicht im Angriff liegenden Nord-, Ost- und Südstränden genügen Peilungen in größeren Zeitabschnitten. Jährlich von festliegenden Punkten aufgenommene Fotoaufnahmen vervollständigen die Beobachtungen. Eine vorzügliche Hilfe im Erkennen der Strandverhältnisse sind außerdem turnusmäßige Luftbildaufnahmen bei Niedrigwasser (Abb. 45).

d) Kritik der Bauweisen und ihrer Wirkung

Auf allen Ostfriesischen Inseln (ohne Langeoog) sind in den letzten rd. 100 Jahren Seebuhnen sehr unterschiedlicher Bauweise gebaut worden, von denen heute, nach vielen Umbauten, insgesamt 121 Buhnen vorhanden sind und feste Schutzsysteme bilden. Auf Borkum, Norderney, Baltrum, Spiekeroog und Wangerooge sind die Buhnen an den Westenden der Inseln errichtet worden, wo sich die stärksten Angriffe und Abbrüche zeigten. Abweichend hiervon wurden die Buhnen auf Juist, dessen Westkopf gut mit Sand versorgt wird, an der Nordseite der Insel gebaut, weil hier ein Inseldurchbruch zu befürchten war.

Die ersten Buhnen sollten den Sandstrand in möglichst großer Breite erhalten und ihn bei eingetretenen Verlusten wieder aufbauen. Diese den Strandbuhnen zugesprochene Aufgabe versagt auf Strandgebieten, die in einem Sandmangelgebiet liegen, d. h. dort, wo auf Grund ungünstiger örtlicher Verhältnisse keine natürliche Sandzufuhr stattfinden kann.

Anhaltende Strandverluste zwangen schließlich, die Stromrinnen, die sich immer näher an die Inselsockel angelegt hatten, abzuweisen, indem man die Strandbuhnen verlängerte, verstärkte und z. T. als Unterwasserbuhnen bis zu den Stromrinnen vorstreckte; die Strandbuhnen wurden dadurch zu Strombuhnen. Die inzwischen erstellten Bauwerke sind dieser Aufgabe gerecht geworden, denn die Stromrinnen konnten in einigen Bereichen völlig abgedrängt oder es konnte ein weiteres Vordringen der Rinnen verhindert werden, so daß die Inselsockel vor weiterem Abtrag geschützt sind.

Die Bauweise der Strombuhnen bereitet auf Grund der dem Seebau heute zur Verfügung stehenden Mittel – sowohl in der Ausführung wie im Material – keine Schwierigkeit, weil die von ihnen zu erfüllende Aufgabe stromabweisende Werke verlangt, über deren Ausbildung keine Unklarheit besteht. So haben sich beispielsweise die Bauweisen, die bei der Herstellung der Unterwasserbuhnen auf Borkum Verwendung fanden, und die Kastenbuhnen mit einwandigem Landanschluß als Strombuhnen gut bewährt.

Als Strandbuhne hat sich auf Stränden mit geringer Höhenänderung die breite und flache Norderneyer Steinbuhne – von diesem Typ sind 62 Buhnen vorhanden – gut bewährt. Es ist hierbei anzustreben, auch die Seitenböschungen flach und rauh auszubilden, damit Brecher und Rippströmungen keine Auskolkungen verursachen. Auf Stränden mit veränderlicher Höhe mußten eine große Anzahl der Steinbuhnen durch Spundwände seitlich gesichert werden, während andere, so besonders auf Borkum, durch stärkere Bauweisen (Kastenbuhnen) ersetzt wurden.

Einreihige und zweireihige hölzerne Pfahlbuhnen eignen sich nur für Strandabschnitte, wo genügend Sandzufuhr vorhanden ist. Die dichten Einwandbuhnen aus Stahl- oder Betonspundbohlen haben sich ebenfalls nur auf Strandabschnitten bewährt, die zur Anlandung neigen. Hochstehende Wände, gleichgültig ob aus Stahl- oder Betonspundbohlen, sind Fremdkörper im Strand, sie widersprechen der Forderung, daß die Buhnen einen möglichst weichen und brandungsmildernden Übergang zum Strand hin bilden sollen.

Obwohl echte Vergleiche fehlen, sind anscheinend die Betonbohlen den Stahlspundbohlen

überlegen. Die im Jahre 1951 auf Norderney bei dem Bau der Buhnen V 1, P 1 und R 1 gerammten 68 Stahlbetonspundbohlen von 7 m Länge, einem Querschnitt von 23/50 cm und der Betongüte B 450, teils vorgespannt, teils schlaff bewehrt, haben an Festigkeit bis heute nichts eingebüßt. Die Bohlen weisen bis heute keine Zerstörungserscheinungen auf. Die Beanspruchung ist allerdings in den letzten Jahren geringer geworden, da sich der Strand aufgehöhht hat. Den Vorteilen von der Materialseite her stehen jedoch zwei wesentliche Nachteile bautechnischer Art gegenüber. Aus Stahlbetonbohlen läßt sich nur schwer – besonders im Seebereich – eine gut ausgerichtete und insbesondere dicht schließende Wand herstellen; so erforderte die Dichtung der aus Stahlbetonbohlen hergestellten Kastenbuhnen auf Borkum aufwendige Maßnahmen. Zum anderen benötigen die schweren Betonbohlen eine Baustelleneinrichtung, die hier besonders kostspielig ist.

Außer durch die Form, die Bauweise und das Material wird die Wirkung der Buhnen von folgenden Systemmaßen beeinflusst (siehe Tabelle Nr. 5):

1. Länge der Buhnen (Spalte 3).
2. Neigung der Buhnen in Längsachse (Spalte 4).
3. Gegenseitiger Abstand der Buhnen in Feldmitte (Spalte 5).
4. Verhältnis der Buhnenlänge zur Buhnenfeldbreite (Spalte 6)²¹⁾.
5. Höhe der Wurzel über MThw (Spalte 7).
6. Höhe des Buhnenkopfes über MTnw (Spalte 10).

Für das Buhnensystem auf Spiekeroog sind die obengenannten Werte (Zustand an einem Meßtag im Jahre 1966) in Tabelle 5 eingetragen. Positive Werte in den Spalten 9 und 12 bedeuten, daß die Wurzeln und die Köpfe der Buhnen unter Sand liegen. Mit Ausnahme der Buhne AF, die in den Spalten negative Werte hat, sind die übrigen Werte positiv, der Vorstrand liegt also auf der angestrebten Höhenlage. Die Klammerwerte in den Spalten 8 und 11 sind Meßwerte vom Februar 1968; hiernach ergeben sich Werte in den Spalten 9 und 12, die sehr viel ungünstiger sind. Die Strandlage von 1966 scheint die Systemwerte der Buhnen zu rechtfertigen, die von 1968 läßt dagegen Zweifel aufkommen, ob die Buhnen in ihrer Lage und Höhe richtig liegen. Die Unsicherheit in der richtigen Anordnung eines Buhnensystems und in der Festlegung der Buhnenhöhen und ihrer Neigung nach See hin entsteht aus dem Auf und Ab der Strandhöhe von einem Extrem zum anderen.

Auf Strandabschnitten mit bleibender guter Sandversorgung, dem einen Extrem, erübrigen sich sowohl Strand- wie auch Strombuhnen (Juist und Langeoog). Das andere Extrem sind Strände in konstanten Sandmangelgebieten. Als ausgeprägtes Beispiel zeigen die Verhältnisse am West- und Nordweststrand von Norderney, daß die Buhnen den Sandverlust wahrscheinlich verzögern, auf die Dauer aber nicht verhindern können. Hier haben sich Buhnen bewährt, die mit Unterwasserverlängerungen den in solchen Strandabschnitten üblichen, hart am Vorstrand entlang führenden Küstenstrom soweit wie möglich vom Inselsockel abdrängen und sich im übrigen der natürlichen Strandlage anpassen, die in gewissen Zeitabständen durch künstliche Sandzufuhr (vgl. Abschnitt V, 4) mit vertretbarem Kostenaufwand wieder hergestellt werden kann.

Zwischen diesen beiden Extremen pendelt der Strandbereich auf den Inseln. Nach Zeiten ausreichender Sandversorgung folgen solche, in denen der Strand an Höhe wieder abnimmt. Für diese Strandbereiche lassen sich – zumindest nach den Erfahrungen mit den Buhnenbauten auf den Ostfriesischen Inseln – keine allgemeingültigen Angaben für die weiter oben unter 1) bis 6) genannten Systeme angeben. Ein Vergleich der vorhandenen Buhnensysteme mit den

²¹⁾ Hier nur als Vergleichswert für die Buhnensysteme auf den übrigen Ostfriesischen Inseln eingetragen.

verschiedenen Strandlagen läßt erkennen, daß die Buhnen in diesen Bereichen jeweils der natürlichen Strandlage angepaßt werden müssen.

Die natürliche Strandlage, die auf den Inseln auch abschnittsweise noch unterschiedlich ist, kann nur unter Auswertung langjähriger Strandpeilungen (Zeit-Weg-Pläne) festgelegt werden.

3. Uferparallele Dünenschutzwerke

a) Der Bau von Dünenschutzwerken

Da ein aktiver Inselchutz, unter Förderung der Strandzunahme, durch den Buhnenbau nicht erreicht wurde, blieb auf allen Ostfriesischen Inseln, auf denen zu Beginn der 60er Jahre des vorigen Jahrhunderts Seebuhnen gebaut worden sind, der Strand an den besonders im Angriff liegenden Westköpfen weiterhin im Abtrag. Obwohl besonders durch die bis zu den Stromrinnen vorgebauten Buhnen die Inselsockel gesichert werden konnten, führten die Sandverluste im Vorstrand zu stärkeren Angriffen auf die Randdünen, deren weitere Zerstörung die Inseln mit den darauf inzwischen errichteten Anlagen ernsthaft gefährdet haben würden. Aus diesem Grunde war man schon früh zu Maßnahmen gezwungen, die der Sicherung der Dünenfauna dienen sollten. Dünenschutzwerke – gleich welcher Bauweise – sind lediglich Verteidigungswerke, die eine Erosion des Strandes nicht verhindern können.

In der Tabelle Nr. 6 sind die Bauweisen und die Entstehungszeit der Dünenschutzwerke eingetragen, soweit Angaben hierüber vorlagen.

Die leichten Bauweisen

Faschinenspreitlage ohne Steinabdeckung

Die Befestigung der Randdünenböschungen durch eine Faschinenspreitlage, die in den Jahren von 1864 bis 1867 auf Norderney ausgeführt wurde, stellt die leichteste Bauweise dar, sie mußte bereits 1884 durch stärkere Werke ersetzt werden.

Diese bestanden aus einer mit Stroh bestickten Kleiböschung, auf der eine Faschinendecke, durch Flechtzäune und Pfähle befestigt, aufgelegt war.

Steinböschung

In stärkerer Bauweise wurden in den Jahren von 1873 bis 1876 auf Baltrum und Spiekeroog die seeseitigen Dünenhänge durch Steinböschungen auf Buschbettung mit Pfahlwänden geschützt (Abb. 22). Eine flacher geneigte Steinböschung auf Ziegelschotter ohne Pfahlwände auf Wangerooge zeigt die Abb. 27. Diese Pflasterböschung ist in den folgenden Jahrzehnten abwärts zum Fuß wie aufwärts zur Krone hin erweitert und verstärkt worden, worüber weiter unten noch berichtet wird.

Die genannten Steinböschungen haben einen großen Unterhaltungsaufwand erfordert. Mit Ausnahme der Wangerooger Böschung, die endgültig erst nach der Februarsturmflut 1962 ersetzt wurde, mußten die befestigten Böschungen auf Baltrum und Spiekeroog knapp 10 Jahre nach ihrer Errichtung durch stärkere Schutzwerke ersetzt werden.

Tabelle 5
 Bühnen auf Spiekeroog
 (Längen, Neigung, Abstände mit Höhenangaben)
 - Zustand 1966 -

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ldf. Nr.	Bezeichnung	Länge (m)	Neigung	Abstand (m)	Verhältnis Länge zu Abstand	Höhe der Wurzel	auf MThw bezogen Strandhöhe an der Wurzel	Differenz (8) - (7) cm	auf MTnw bezogen Höhe des Kopfes	Strandhöhe am Kopf	Differenz (11) - (10) cm
1	AF	221	~ 1:50	175 ¹⁾	~ 1:0,9	+ 75	+ 10 (+ 159)	- 65 (+ 84)	+ 30	- 70 (+ 27)	- 100 (- 3)
2	AE	177	1:50	125	~ 1:0,8	+ 105	+ 155 (+ 161)	+ 50 (+ 56)	+ 35	+ 75 (+ 50)	+ 40 (+ 15)
3	AD	151	~ 1:50	130	~ 1:0,9	+ 95	+ 145 (- 1)	+ 50 (- 96)	+ 60	+ 95 (- 42)	+ 35 (- 102)
4	AC	156	~ 1:50	130	~ 1:0,9	+ 25	+ 175 (- 63)	+ 150 (- 88)	+ 45	+ 110 (- 54)	+ 65 (- 99)
5	AB	153	~ 1:50	130	~ 1:0,9	+ 15	+ 140 (- 95)	+ 125 (- 110)	+ 40	+ 95 (- 66)	+ 55 (- 106)
6	AA	140	~ 1:50	140	1:1	+ 25	+ 135	+ 110	± 0	+ 110	+ 110
7	A	140	~ 1:50	150	~ 1:1	+ 75	+ 155	+ 80	- 15	+ 120	+ 135
8	B	145	1:50	160	~ 1:1,1	+ 75	+ 180	+ 105	+ 35	+ 105	+ 70
9	C	152	1:50	165	~ 1:1,1	+ 80	+ 195	+ 115	+ 35	+ 135	+ 100
10	D	146	1:50	150	1:1	+ 85	+ 210	+ 125	+ 35	+ 125	+ 90
11	E	154	1:50	150	1:1	+ 90	+ 310	+ 220	+ 35	+ 95	+ 60
12	F	146	1:50			+ 120	+ 305	+ 185	+ 35	+ 70	+ 35

MThw = NN + 1,25 m

MTnw = NN - 1,34 m

1) In Feldmitte.

2) Klammerwerte = Zustand Februar 1968.

F	Steilprofile (Juister Profile)	—	—	—	1913/20	1382	1916/17 1919	300 250	—	1922/23	630	—	—	—	—	
						1382					630					
G	Steilprofile aus Stahl- od. Beton- spundbohlen	—	—	—	—	—	1915/16	1500	—	—	—	1935/36	727	—	—	
								1500					727			
H	Deckwerke	1953/54	255	—	—	—	1938 1949 1951 1952 1953	100 500 400 250 500	—	—	—	—	—	—	—	
								1750								
J	Rauhdeckwerke	1956 1963	200 407	—	—	—	1960	760	—	1965/66	240	1962/63 1965	560 50	1962/64	998	
								¹⁾ —					610		998	
K	Kombinierte Dünenschutzwerke	—	—	—	—	—	1962/63 1965/66	1020 495	¹⁾ ¹⁾	—	—	—	—	—	—	
	Gesamtlänge:	—	4712	—	—	—	1382	—	—	—	—	—	1325	—	1797	—
								6350								4618

¹⁾ Erweiterung des vorhandenen S-Profiles.

²⁾ Instandsetzung.

Pfahlwerke

Das von Holland übernommene uferparallele Pfahlenschutzwerk, das 1874 auf Borkum und Norderney, 1878 auf Spiekeroog und 1883 in größerer Länge auf Baltrum errichtet wurde, besteht aus einer oben in 2 m Höhe durchbrochenen, im übrigen dichten Pfahlwand, die in ei-

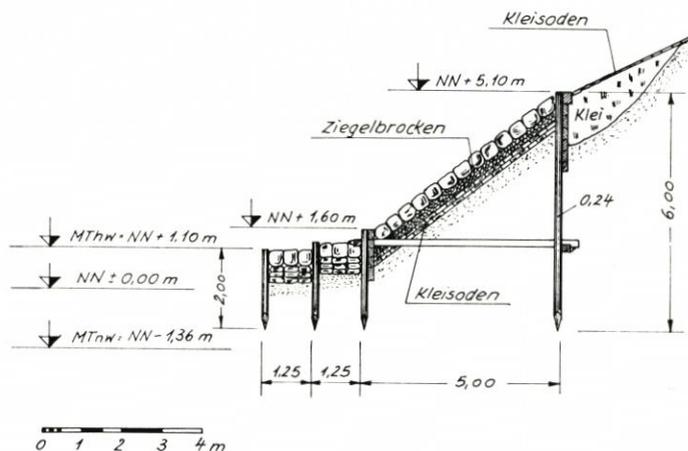


Abb. 22. Steinböschung auf Buschbettung mit Pfahlwänden auf Baltrum (1873-1875)

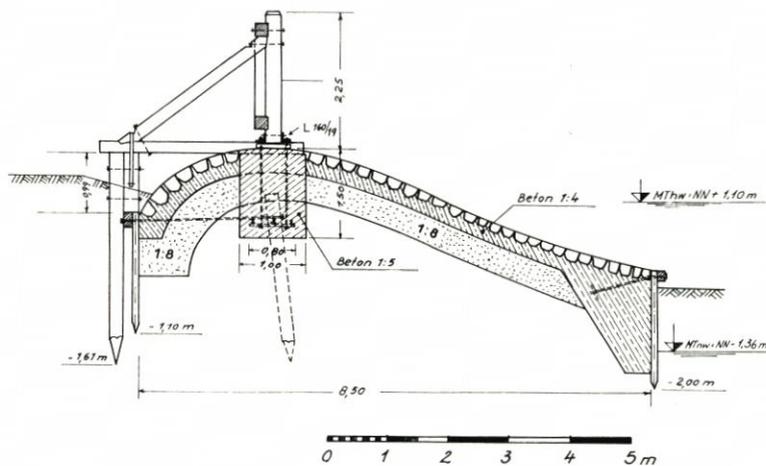


Abb. 23. Pfahlschutzwerke auf Baltrum (1930/31)

nem Steindamm steht (Abb. 23). Trotz Verstärkung der Pfahlwand (durch eine rückwärtige Absteifung) und des Steindammes (durch Fußpundwände) wurden die Werke auf Borkum 1881 und auf Norderney 1897 zerstört. Mit den Pfahlenschutzwerken auf Spiekeroog und Baltrum verhielt es sich ähnlich, sie wurden etwas später ersetzt. Lediglich an einem weniger im Angriff liegenden Strandabschnitt im Südwesten von Baltrum, zwischen den Bühnen D und M, ist das Pfahlwerk, nachdem es 1931 völlig umgebaut wurde, beibehalten worden.

Die schwere (Massiv-)Bauweise

Norderneyer S-Profil

In den folgenden Jahrzehnten wurden überwiegend Dünenschutzwerke in Massivbauweise verschiedenster Art gebaut.

Die erste Strandschutzmauer auf den Ostfriesischen Inseln wurde 1857 in 975 m Länge auf Norderney zwischen den Bühnen D und E 1 errichtet. Die Mauerform ist seither als das Norderneyer S-Profil (doppelt gekrümmter Querschnitt) bekannt; konstruktive Einzelheiten sind aus Abb. 24 zu entnehmen. Von dem 1857 gebauten Schutzwerk, das in der nachfolgenden Zeit unverändert blieb, wurde in der Februar-Sturmflut 1962 der Abschnitt zwischen den Bühnen

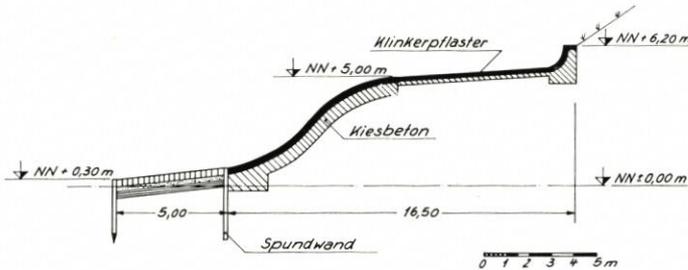


Abb. 24. Norderneyer S-Profil

A bis E 1 zerstört, der übrige Teil steht heute noch. Lediglich an der Vorlage und an dem sogenannten Promenadenweg (Berme) sind Verstärkungen und Instandsetzungsarbeiten erforderlich geworden. Auf Norderney wurde in den Jahren 1883, 1897 und 1916 für die Befestigung der Randdünen weiterhin das langgestreckte S-Profil gebaut.

Die guten Erfahrungen mit dem S-förmig ausgebildeten Dünendeckwerk führten zu weiteren Anwendungen auf den anderen Ostfriesischen Inseln. Nachdem auf Baltrum die zerstörten Pfahlschutzwerke zunächst durch ein Steilprofil ersetzt wurden (siehe Seite 108), wurde der Strand zwischen Bühne D 1 und östlich Bühne B in den Jahren 1926/28 durch das Norderneyer S-Profil gesichert.

Auf Borkum ist das dort entwickelte halbsteile Profil (siehe Seite 106) beginnend ab 1935 in rd. 1900 m Länge in das „Norderneyer S-Profil“ umgebaut worden.

Halbsteile Profile

Nach den schweren Beschädigungen der Pfahlschutzwerke wurden auf Borkum von 1875 bis 1910 rd. 3900 m Dünenschutzwerke neu gebaut. Es wurde ein halbsteiles Profil gewählt, das einer Stützmauer ähnelt. Der Querschnitt ist in Abb. 25 dargestellt. Die Mauer besteht aus „Dünensandbeton“ mit 20 kg/cm² Druckfestigkeit und einer Klinkerrollschicht-Verblendung. Der kleine Krümmungsradius der Mauer mit dem 60 cm hohen senkrechten Aufsatz sollte die auflaufenden Wellen schadlos abweisen.

Nach der schweren Sturmflut im März 1878 ließ die Querschnittsform jedoch Nachteile erkennen. Die Wellen wurden beim Anprall auf die Mauer durch den oberen senkrechten Abschluß hochgeschleudert, so daß erhebliche Spritzwassermengen nicht nur die unter 1:5 geneigte

Abpflasterung, sondern auch die anschließende Randdüne beschädigten. Bei weiteren Bauten wurde die Mauerkrone höhergelegt und der 60 cm hohe, bisher senkrechte Mauerteil abgerundet.

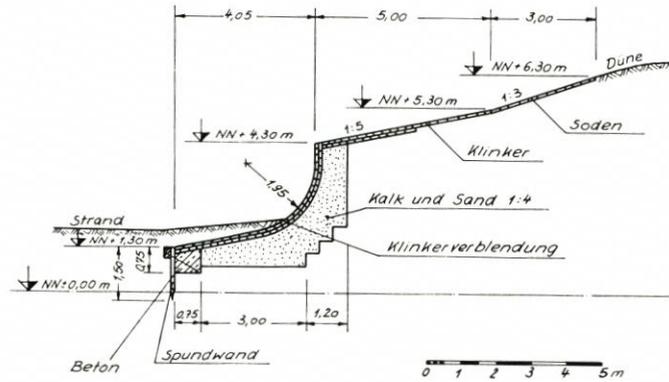
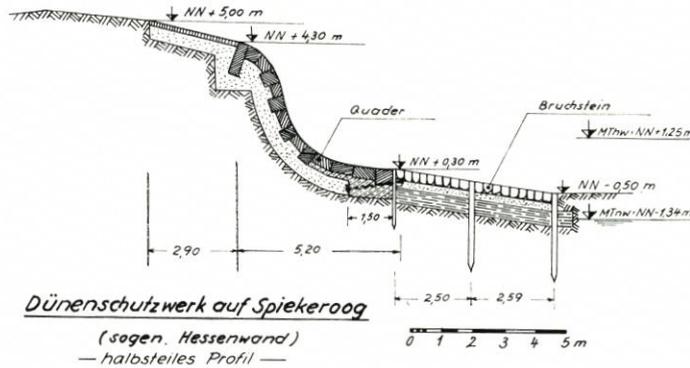


Abb. 25. Halbsteiles Profil auf Borkum (1875 und 1876)



Dünenschutzwerk auf Spiekeroog
(sogen. Hessenwand)
— halbsteiles Profil —

Abb. 26

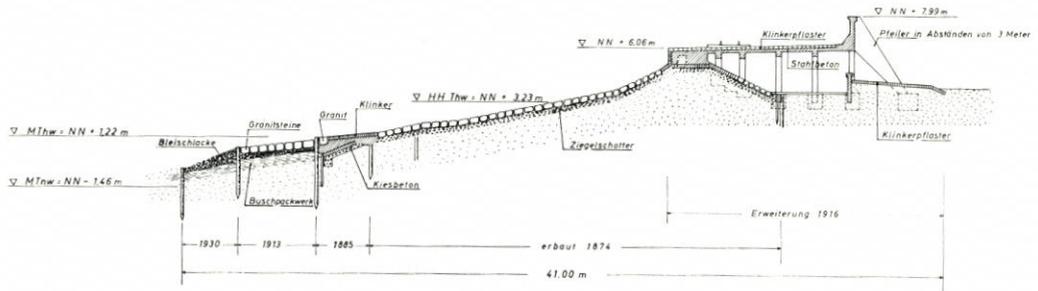


Abb. 27. Ehemaliges Deckwerk am Westkopf von Wangerooge, zerstört am 16./17. 2. 1962

Auf Spiekeroog ist mit dem Bau massiver Stützmauern 1879 begonnen worden, nachdem die 1874/75 gebauten Steinböschungen sich als nicht haltbar erwiesen hatten. Die hier gewählte Bauweise ist ebenfalls ein halbsteiles Profil, obwohl auch eine gewisse Angleichung an die S-Form des Norderneyer Profils angestrebt worden ist, indem der für Borkum zunächst

gewählte senkrechte obere Teil der Mauer abgeflacht wurde. Nach diesem Querschnitt sind 1881 und 1882 weitere Abschnitte gebaut worden. Der im Süden bis zum Anschluß an die „Hohe Düne“ gebaute Abschluß erhielt eine Verblendung aus Sandsteinquadern, die aus Hessen geliefert und von dortigen Arbeitern verlegt wurden. Die Dünenschutzmauer heißt seitdem „Hessenmauer“, sie steht heute noch (Abb. 26).

Auf Wangerooge zwangen 1895 Abbrüche am Nordstrand zum Bau der sogenannten Nordufermauer (ehemals Reichsmauer). Der Querschnitt entspricht etwa dem halbsteilen Borkumer Profil. Bei dem weiteren Bau von Schutzmauern auf Wangerooge wurde dieser Querschnitt beibehalten, so bei der „Oldenburger Mauer“ (1899, 1905 und 1928) und der „Südwestufermauer“ (1916 bis 1918). Im Jahre 1916 wurde auf Wangerooge die im Jahre 1874 gebaute Steinböschung am Westkopf, die Westufermauer – hierüber wurde weiter oben berichtet –, durch eine Stahlbetonkonstruktion (Abb. 27) erweitert. Anlaß dieser Verstärkung waren die Zerstörung des kleinen Wellenbrechers und ein Mauereinbruch auf 10 m Länge. Das Aufbett mit Wellenbrecher sollte das Überschlagen der Wellen verhindern.

Steilprofil (Juister Profil)

Auf Juist waren in den Jahren von 1902 bis 1907 die Randdünen im Bereich des Kurhauses um 27 m abgebrochen; der Abstand von der Steilkante der Randdüne bis zum Kurhaus betrug 1907 nur noch 57 m. Diese Situation gab Veranlassung, in den Jahren von 1913 bis 1920 eine 1382 m lange Schutzmauer zu bauen.

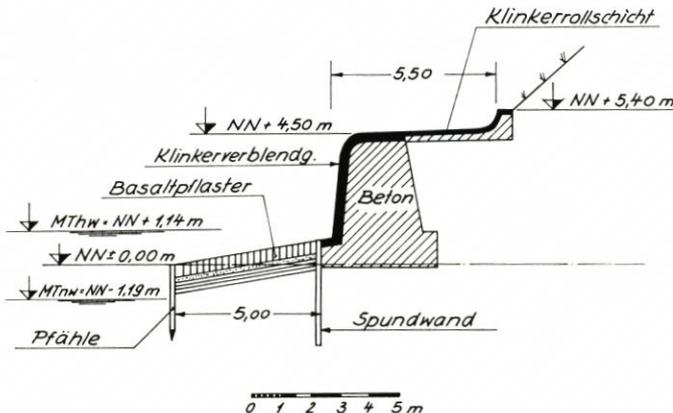


Abb. 28. Juister Profil – Steilprofil

Erstmalig kam hier ein Steilprofil („Juister Profil“) mit einem von dem vorherbeschriebenen grundsätzlich abweichenden Querschnitt (Abb. 28) zur Ausführung. Von der annähernd lotrechten Mauer erwartete man, daß sie bei Freilegung an den Enden und bei Hinterspülungen noch standfest blieb. Einer Bewährungsprobe ist die Juister Mauer nicht ausgesetzt gewesen, denn kurz nach ihrer Fertigstellung sandete sie ein. Heute liegen Mauer und Bühnen unter einer hohen Randdüne, und ein breiter, trockener Vorstrand hält alle Gefahren ab.

Weitere Steilprofile entstanden auf Norderney. In den Jahren 1916/1917 bauten Marinepioniere zwischen den Bühnen Q 1 und R 1 die 300 m lange „Marinemauer“. Sie mußte, wie PEPER (50) berichtet, förmlich in den Sand eingegraben werden, und sie stand zunächst ohne

Anschluß an die Kette der übrigen Schutzwerke, denn sie sollte nur die hinter ihr gelegenen Befestigungswerke der Küstenabwehr schützen.

Außer der „Marinemauer“ ist im Jahre 1919 auf Norderney zwischen den Bühnen L 1 und P 1 noch eine weitere 250 m lange Steilmauer gebaut worden.

Die Zerstörung der Pfahlschutzwerke auf Baltrum, deren Unterhaltung große Kosten verursacht hatte, führte in den 20er Jahren dazu, das Schutzwerk östlich der Bühne E bis



Abb. 29
Dünenschutzwerke auf
Baltrum, im Vorder-
grund Steilprofil, im
Hintergrund S-Profil

Bühne J durch das Juister Steilprofil (Abb. 29) zu ersetzen. Die Mauer hat inzwischen erheblich an Standfestigkeit eingebüßt, so daß geplant ist, in den nächsten Jahren als Ersatz ein 1:4 geneigtes Rauhdeckwerk zu bauen. Es wird erwartet, daß die Strandverhältnisse hierdurch günstig beeinflusst werden.

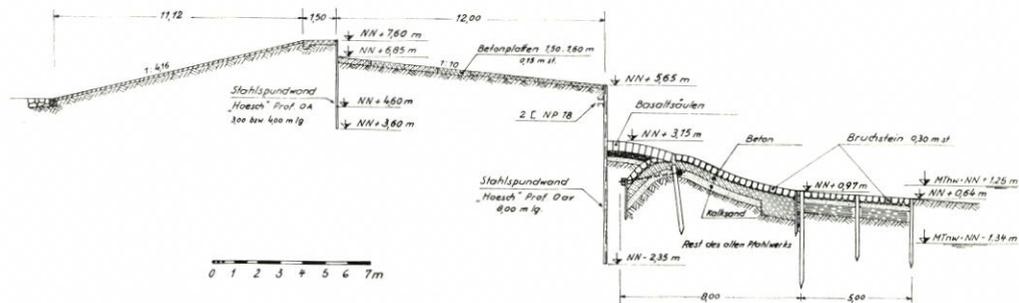


Abb. 30. Steilprofil auf Spiekeroog (Schumacherwand)

Steilprofile aus Stahl- oder Betonspundbohlen

Von der Militärverwaltung ist auf Norderney in den Jahren 1916/17 zum Schutz des im Südwesten der Insel gebauten Flugplatzes von Bühne G bis zur westlichen Hafentmole auf 1465 m Länge eine Spundwand mit Basaltvorlage errichtet worden. Im östlichen Teil bis zur

Hafenmole wurden Stahlspundbohlen und im nordwestlichen Teil Betonspundbohlen gerammt. Der Abschnitt aus Stahlspundbohlen von westlich der Buhne O bis hart östlich des heutigen Lloydanlegers ist 1962 nach Hinterspülung in der Februarsturmflut in ein geböschtes Deckwerk umgebaut worden, die übrigen Abschnitte sind noch gut erhalten.



Abb. 31
Steilprofil auf Spiekeroog,
Ansicht vom Strand



Abb. 32
Steilprofil auf Spiekeroog,
Blick auf Wandelbahn und Strand

Ein weiteres Steilprofil aus Stahlspundbohlen ersetzte 1935/36 auf Spiekeroog das zerstörte Pfahlschutzwerk zwischen den Buhnen B (Giftbude) und südlich Buhne AF (Abb. 30 und 31). Im Abschnitt dieser sogenannten „Schumacherwand“ wechseln Perioden völliger Einsandung mit solchen anhaltender Strandverluste bis zur Freilegung der gepflasterten Vorlage, so daß dann die Wand auf 2,50 m frei steht. Dieser Zustand ist zur Zeit wieder eingetreten, und schon bei mittleren Sturmfluten werden große Wassermengen hochgeschlagen und beschädigen die rückwärtige Düne, die sich trotz ständiger Pflege nicht entwickeln kann (Abb. 32).

Deckwerke

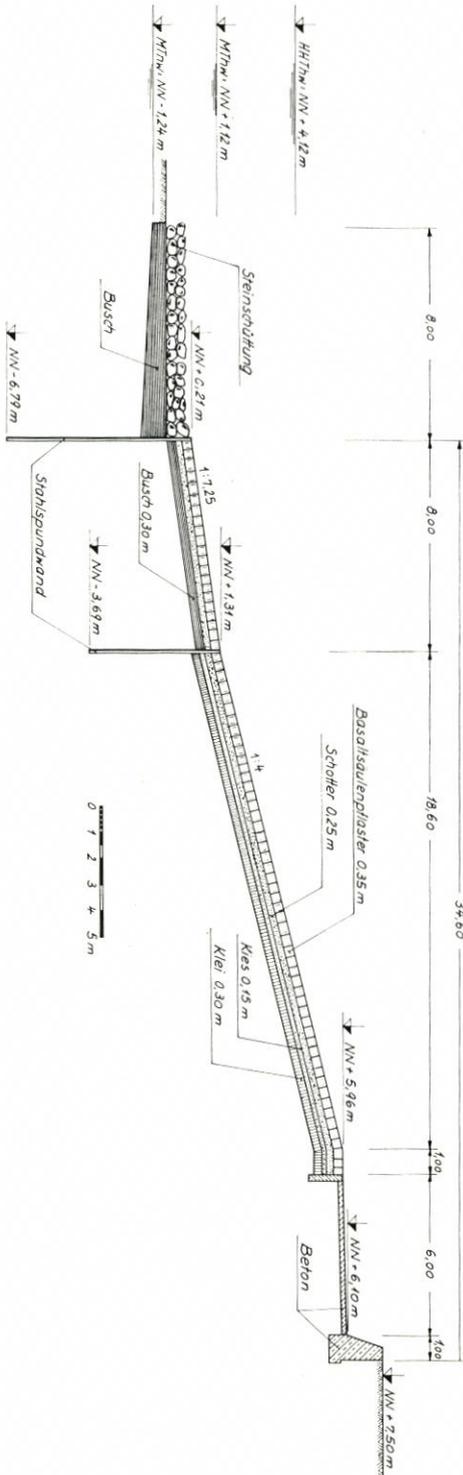


Abb. 33. Deckwerk auf Norderney, Neigung 1:4

Als 1938 Sturmfluten den Ostabschluß der „Marinemauer“ auf Norderney zerstörten, wurde – erstmalig auf den Ostfriesischen Inseln – als Ersatz ein 100 m langes, 1:4 geneigtes Deckwerk gebaut; es erhielt eine Kleidichtung als Unterlage und wurde als Basaltdecke auf Schotter und Kies hergestellt (Abb. 33).

Die guten Erfahrungen mit dem o. a. 1938 gebauten 100 m langen Deckwerk in der Neigung 1:4 führten, als die Sturmflut Januar 1949 auf Norderney das infolge einer sehr tiefen Strandlage vielfach unterhöhlte Dünschutzwerk (S-Profil) zerschlug, zu der Entscheidung, die Sturmflutlücke ebenfalls mit einem 1:4 geneigten Deckwerk zu schließen. Die Notwendigkeit, noch im selben Jahr den Sturmflutschaden zu beseitigen, die Schwierigkeit, für die Dichtung der 500 m langen Strecke Klei vom Festland heranzuschaffen sowie ein Kostenvergleich ergaben eine eindeutige Entscheidung für eine Dichtungsunterlage aus Asphalt anstelle einer Kleischicht.

Nach 1949 wurden in den Jahren 1951 bis 1953 weitere Deckwerke dieser und ähnlicher Art auf Norderney und 1953 und 1954 auf Borkum gebaut. Als Neigung ist einheitlich 1:4 beibehalten worden. Für die Deckwerke auf Norderney wurden in den Jahren 1951 bis 1953 verschiedene Versuche ausgeführt unter Verwendung von Grobsplitt und Feinsplitt mit Bitumen; schließlich wurde der Einußdecke als dichtende Schicht der Vorzug gegeben. Näheres hierüber schildert PEPER (50).

Das flach geneigte Deckwerk hat sich heute weitgehend durchgesetzt. Die „Allgemeinen Empfehlungen für den deutschen Küstenschutz“ haben wesentlich dazu beigetragen, daß bei Neuplanungen von Inselnschutzwerken die gewonnenen Erfahrungen Allgemeingut der Wasserbauer geworden sind. So schreibt die Arbeitsgruppe „Küstenschutz“ des Küstenausschusses

Nord- und Ostsee in ihrem Bericht vom 1. 8. 1955 (2): „Bei Strandgebieten mit starkem Brandungsangriff ist ein etwa 1:4 geneigtes Deckwerk zu empfehlen.“

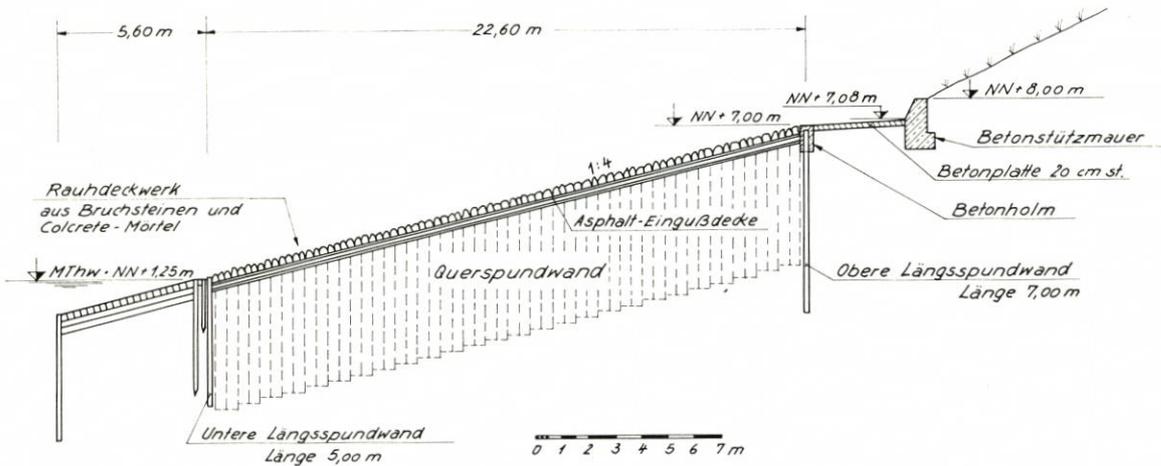


Abb. 34. Rauhdeckwerk auf Spiekeroog (zwischen Buhne B und F)

Rauhdeckwerk

Die Wirkung flach geneigter Deckwerke wurde bei den nächsten Neubauten noch dadurch verstärkt, daß die Oberfläche statt glatt so rauh wie möglich ausgebildet wurde. Als erstes Bauwerk dieser Art entstand auf Borkum ein 1:4 geneigtes Rauhdeckwerk, das 1956 in 200 m Länge am Südstrand in Verlängerung des in den Jahren 1953/54 erstellten leichteren Deckwerkes gebaut wurde. Die Erfahrungen in der Anwendung von Asphalt für die Deckwerke auf Norderney sowie die auf Borkum entwickelte Bauweise eines Deckwerkes mit rauher Oberfläche führten daher zu der 1956 auf Borkum und erstmalig auf den Ostfriesischen Inseln angewandten Kombination „Rauhdeckwerk in Asphaltbauweise“ (5). Man konnte hierbei auf Erfahrungen zurückgreifen, die 1954 bei dem Bau eines schweren Dünendeckwerkes auf der Insel Sylt vor der Ortschaft Westerland gemacht wurden. Die Rauhmigkeit wurde durch das Setzen unterschiedlich langer Basaltsäulen (30 cm und 50 cm) erzielt, die – etwa 10 cm hoch – durch einen Asphaltinguß mit der tragenden Dichtungsschicht fest verbunden wurden. Die im Jahre 1963 auf Borkum-Südstrand gebaute Deckwerksverlängerung von 420 m gleicht dem vorgeschriebenen Querschnitt.

Auf Spiekeroog (1962/63 – Abb. 34 und 35) und auf Baltrum (1965/66 – Abb. 36) sind erstmalig Rauhdeckwerke aus Porphyrsteinen gebaut worden, die durch ihre unregelmäßige Höhe und ihre gezackte Form eine gute Rauhmigkeit ergeben. Als Dichtung wurde eine Asphalt-Eingußdecke eingebaut und als Vergußmasse Colcrete-Mörtel (Colgrou) verwendet. Durch die Baumaßnahme auf Spiekeroog (1962/63) wurde ein Teil des in den Jahren 1879/80 gebauten halbsteilen Profils zwischen den Bühnen A–D, das bei der Februar-Sturmflut 1962 zerstört wurde, ersetzt.

Die Februar-Sturmflut 1962 zerstörte auch das Schutzwerk am Westkopf von Wangerooge (die Westufermauer). Das neue Deckwerk²²⁾ reicht von Buhne U bis etwa Buhne C. Es hat ab

²²⁾ Planung und Bau des Deckwerkes werden ausführlich von MOSEKE, POPKEN und BERNHARD in der STRABAG-Schriftenreihe, 8. Folge 2, „Arbeiten aus den Jahren 1964–1967“ geschildert (im Schrifttum nicht aufgeführt).

Buhne U auf 210 m Länge eine Kronenhöhe von NN + 9,00 m (7,78 m über Mitteltidehochwasser). Anschließend fällt die Kronenhöhe nach Land zu auf NN + 8,00 m ab. Das Deckwerk (Abb. 37 und 38) besteht ab Buhne U auf 210 m Länge aus Granitbruchstein mit Colcreteverguß auf einer Schottereingußdecke. Oberhalb des auf NN + 5,00 m angenommenen Ruhewasserstan-



Abb. 35
Rauhdeckwerk auf
Spiekeroog mit
Colcrete-Verguß



Abb. 36
Rauhdeckwerk auf
Baltrum mit Wurzel
einer Steinbuhne

des wurde der Steinbelag rauh ausgebildet. Die anschließende rund 790 m Deckwerkslänge wurde in Asphaltbauweise hergestellt, weil der Baubetrieb bei dieser Bauweise weitestgehend mechanisiert werden konnte und sich hierdurch nicht unerhebliche Zeit- und Kostenersparnisse einstellten. Die Rauhgigkeit bei dem Asphaltbetondeckwerk wurde erreicht, indem dreieckige Zementbetonsteine (Beverkoppen) mit Mastix auf die fertige Asphaltdecke aufgeklebt wurden. Beide Deckwerksausbildungen zeigen bisher keinerlei Schäden und Abnutzungserscheinungen.

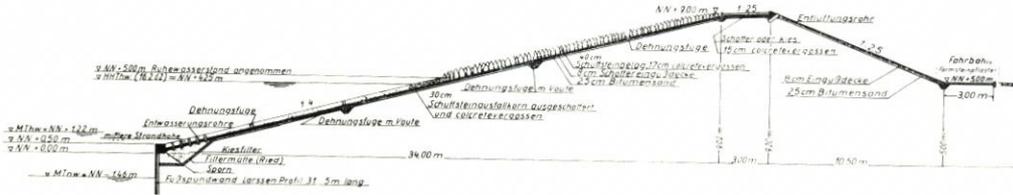


Abb. 37. Rauhdeckwerk am Westkopf von Wangerooge, Regelquerschnitt „A“

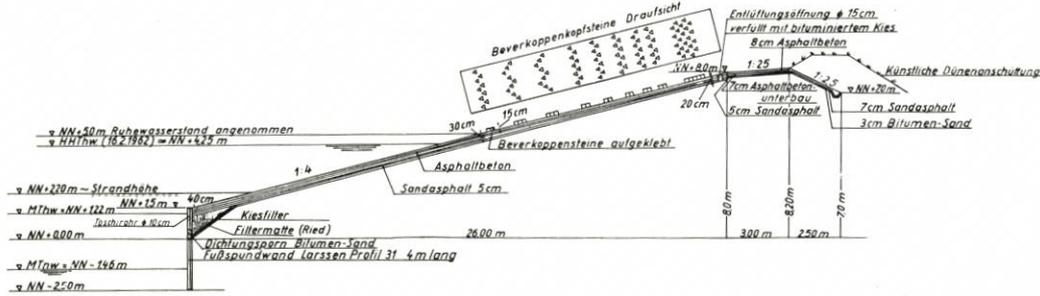


Abb. 38. Rauhdeckwerk am Westkopf von Wangerooge, Regelquerschnitt „B“

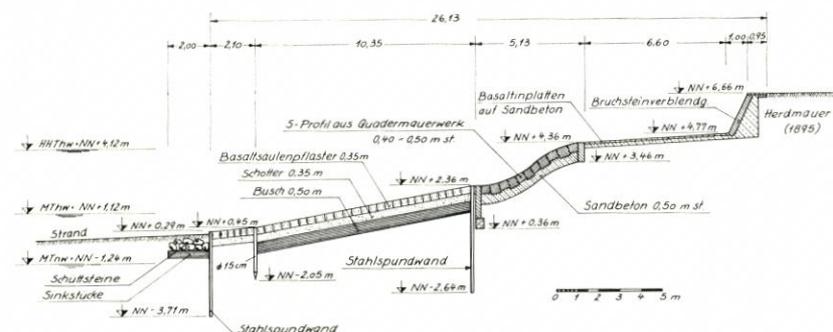


Abb. 39. Verstärktes Norderneyer S-Profil zwischen Buhne D und E 1 (1857/58, verstärkt 1932-1937)

Kombinierte Dünenstützwerke

Eine weitere Bauweise wird als kombiniertes Dünenstützwerk bezeichnet, eine Bauweise, die sich aus der Erhöhung und Verbreiterung vorhandener Stützwerke zwangsläufig ergeben hat (Abb. 39). Die Februar-Sturmflut 1962 hinterstülpte das S-Profil auf Norderney im Bereich der Buhnen A bis H 1, auf einer Strandlänge von 1020 m. Die Schäden hinter dem Stützwerk – auf der sogenannten Kaiserwiese – waren erheblich. Das Stützwerk in Form eines S-Profiles hatte standgehalten, die inselständig anschließende schwach geneigte 6,70 m breite Berme (Wandelbahn) und die fast senkrecht ansteigende Abschlußmauer mit Oberkante auf NN + 6,85 m, das sind 5,73 m über MThw, wurden zerstört. Der in den Jahren 1962/63 durchgeführte Erweiterungsbau ersetzte die an das erhalten gebliebene S-Profil anschließende

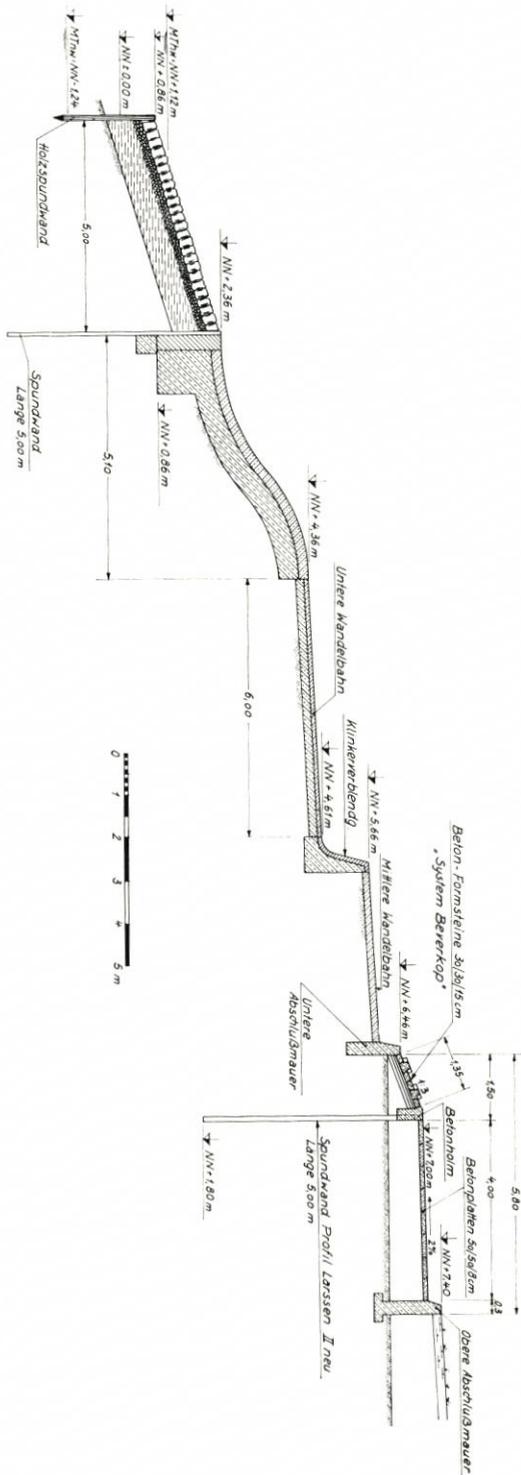


Abb. 40. Kombiniertes Deckwerk auf Norderney zwischen Bühne H 1 und L 1

Wandelbahn durch Betonplatten mit einer rückwärtigen Spundwandsicherung. Statt der vormals fast steilen Abschlussmauer wurde ein 1:3 geneigtes Rauhdeckwerk eingebaut, dessen Oberkante auf NN + 7,00 m liegt. Den rückwärtigen Abschluß bildet eine Spundwand, die als Holm ein Abschlussmäuerchen trägt mit der Oberkante auf NN + 7,30 m. Das 1:3 geneigte obere Deckwerk ist durch das Aufsetzen von Betonformsteinen rauhs ausgebildet.

Eine ähnliche Bauweise wurde auf Norderney für die Höherlegung des Schutzwerkes im Bereich der Bühnen H 1 und L 1 (Januskopf/Café Cornelius) gewählt. Die Abbildungen 40 und 41 zeigen den Erweiterungsbau Januskopf/Café Cornelius, der so geplant ist, daß – unter Verzicht auf die mittlere Wandelbahn – das Rauhdeckwerk in gleicher Neigung bis auf die untere Wandelbahn heruntergezogen werden kann.

b) Die Unterhaltung der Bauwerke

Die zahlreichen Veränderungen, die im Laufe der vergangenen rd. 100 Jahre an den Schutzwerken durchgeführt worden sind, gehen aus der Tabelle Nr. 4 hervor. Hierin sind die Verstärkungen der Vorlagen, die strandseitige Verbreiterung und die im Laufe der Jahre erforderlich gewordene Höherlegung einzelner Schutzwerkabschnitte sowie deren rückwärtige Absicherung nicht aufgeführt.

Einige größere Unterhaltungsarbeiten seien hier genannt:

Auf Borkum mußten in den Jahren 1928 bis 1964 von rund 3,8 km Vorlagen rund 2,5 km neu gebaut werden. Die bisher 2 m langen hölzernen Vorlagebohlen wurden durch 2,5 bis

3,0 m lange Stahlspundbohlen ersetzt und die Vorlagebreite von bisher 2,50 m auf 5,0 m, streckenweise auf 6,0 m, 10,0 m und 12,0 m vergrößert. Ähnlich mußte auf den übrigen Inseln verfahren werden, da durch die ständige Strandabnahme die Schutzwerke ihren Halt verloren hatten und einzustürzen drohten.

Von den insgesamt 3870 lfdm. Schutzwerken auf Borkum, die von 1875 bis 1910 als halbsteile Profile gebaut worden waren, wurden von 1935 bis 1965 insgesamt 1870 lfdm. als

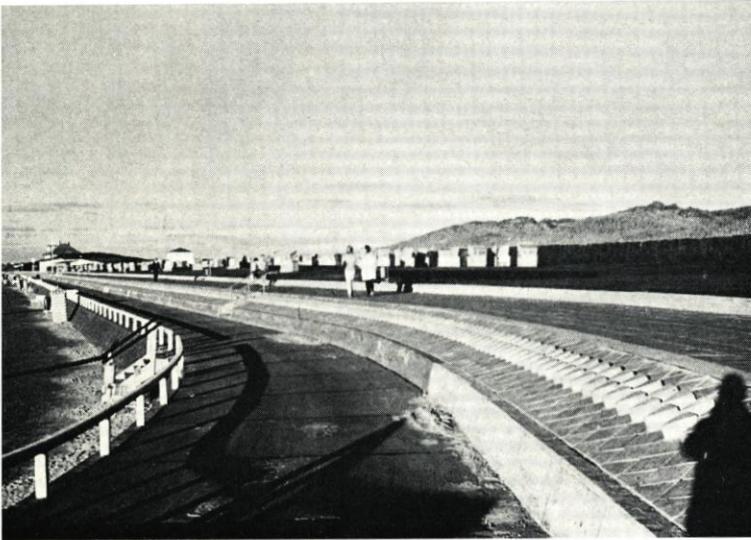


Abb. 41
Kombiniertes Deckwerk
auf Norderney (Blick
vom Januskopf)

leichtgeneigtes S-Profil (Norderneyer Bauart) umgebaut. Der Querschnitt im Bereich des neuen S-Profiles besteht aus einem Sattlerrücken aus Kiesbeton und Mauerbrocken und die darüberliegende S-förmige Schale, i. M. 0,60 m stark, aus Injektionsbeton.

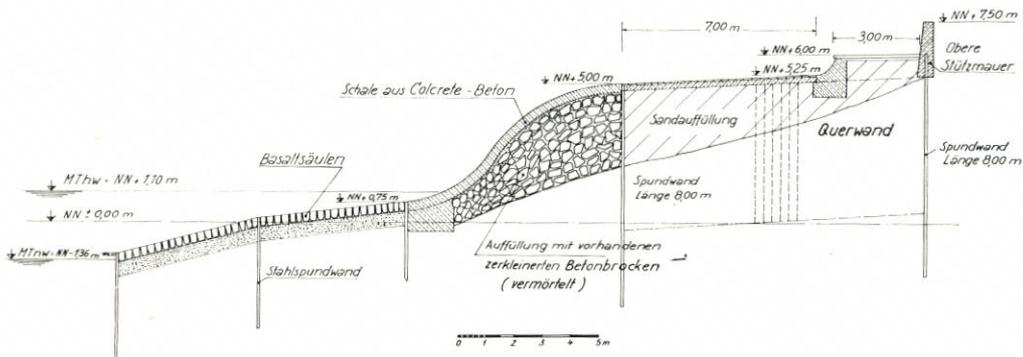


Abb. 42. Instandgesetztes Deckwerk auf Baltrum zwischen Buhne A und D

Der Wiederaufbau des Schutzwerkes nach der Februar-Sturmflut 1962 zwischen Buhne A und D auf Baltrum wurde in Angleichung an die vorbeschriebene Borkumer Bauweise durchgeführt (Abb. 42).

Die umgebauten Dünenschutzwerke und die neuerbauten Deckwerke und Rauhdeckwerke haben sich gut bewährt, sie erforderten bisher keine Unterhaltung.

c) Kritik der Bauweisen und ihrer Wirkung

Von den leichten Bauweisen (Faschinenspreitlagen, Steinböschungen auf Buschbettung und Pfahlwerke) A-C der Tabelle Nr. 6 ist nur noch ein 250 m langes Pfahlwerk auf Baltrum (Baujahr 1931) vorhanden.

Die steilen Profile in Massiv- und Spundwandbauweise haben sich in Strandzonen mit starken Wellenangriffen nicht bewährt. Sie können zwar so stark ausgebildet werden, daß sie schwersten Seeangriffen widerstehen. Die lotrechte Wand ist aber nicht in der Lage, die Reflexion auflaufender Wellen zu verhindern, so daß bei dieser Bauweise ein besonders starker Angriff auf die Sohle und durch überschlagenden Gischt auf die anschließende Düne ausgeübt wird.

Die halbsteilen Profile haben sich auf Strandstrecken, die starken Angriffen ausgesetzt sind, ebenfalls nicht bewährt. Die auf Borkum und Wangerooge noch vorhandenen Profile dieser Bauart liegen an einem gut mit Sand versorgten Strand, so daß sie z. Z. keinen starken Belastungen ausgesetzt sind.

Das „Norderneyer S-Profil“ hat sich gut bewährt. Es schützt heute auf Borkum, Norderney und Baltrum insgesamt 5,4 km Länge der Inselküsten.

Das geneigte Deckwerk, insbesondere mit rauher Oberfläche, ist allen anderen Bauweisen überlegen, denn es bremst die Auflaufhöhe des Schwall und verlangsamt den Sog. Es erfordert jedoch eine größere Fläche, die unmittelbar vor den Inselsiedlungen nicht immer zur Verfügung steht.

An den Enden der Dünenschutzwerke entstehen Erosionsschäden. Diesen Erscheinungen der Lee-Erosion an den Übergängen von der befestigten zur unbefestigten Randdüne entgegenzuwirken, ist mit sehr unterschiedlichen Maßnahmen versucht worden.

Nachdem der Schutzwerkbau am Südstrand von Borkum in den Jahren 1891-1896 zwischen den Bühnen 24 und 25 zum Abschluß gekommen war, nahm hier der Strand stark ab. 1937 wurde daher zwischen Bühne 25 und 25a ein hölzernes Längswerk (Parallelwerk) gebaut. Die hölzerne Konstruktion wurde 1946 zunächst durch eine Spundwand und 1949 durch ein halbhohes Deckwerk (OK auf 1,40 m über MThw) aus Pflasterböschung mit Fußspundwand ersetzt. Das halbhohes Deckwerk hat den weiteren Strandabbruch unmittelbar an der Übergangsstelle zwar verhindert, das Dünenschutzwerk mußte aber dann trotzdem 1956 und 1963 nach Südosten verlängert werden. Auch mit dieser Verlängerung ist noch kein endgültiger Stillstand der Strand- und Dünenverluste erreicht. Die negative Strandentwicklung der Jahre 1967/1969 wird mutmaßlich dazu führen, das Deckwerk noch um rd. 600 m nach Südosten zu verlängern.

Ähnliche Verhältnisse führten am Ostabschluß von Baltrum 1956/1957 zum Bau eines 75 m langen Längswerks, das aber wegen starker Auskolkung 1965 abgebrochen und durch einen kegelförmigen Abschluß ersetzt wurde. Auch dieses Abschlußbauwerk brachte die Erosion nicht zum Stillstand. 1967 wurde dann versucht, mit einem Deckwerk aus Kunststoffasern²³⁾ einen möglichst weichen Übergang zu finden. Ein Erfolg war diesen Maßnahmen jedoch nicht beschieden, die Randdüne blieb weiterhin stark in Abtrag. Um einen Durchbruch der in diesem Strandabschnitt sehr schmalen Randdüne zu verhindern, wurde das Rauhdeckwerk 1968/69 um 150 m nach Osten verlängert. Zur Verringerung von Erosionsschäden wurde am Deckwerksende ein 50 m langer leicht seewärts gekrümmter Abweiser aus Tetrapoden gebaut (Abb. 44).

Die Wirkung dieses Abweisers bleibt abzuwarten. HENSEN stellte bei Auswertung der Modellversuche über den Strandabbruch an den Küsten von befestigten Küstenstrecken (14)

²³⁾ Gemisch aus PVC (Polyvinylchlorid und Polyäthylen, Abfallprodukt, das bei der Herstellung von Verpackungsmaterial anfällt.

fest, daß „Lee-Erosion eine Folge von Materialmangel ist und wohl durch keine rein bauliche Maßnahme verhindert werden kann“. Dies dürfte dann zu der Schlußfolgerung führen, und die Verhältnisse am Ostende der Schutzwerke auf Borkum und Norderney bestätigen es, daß die Dünen auf den Ostfriesischen Inseln bis ins Riffanlandungsgebiet mit Deckwerken zu schützen sind.



Abb. 43
Sturmflut am 17. 1. 1949
auf Norderney

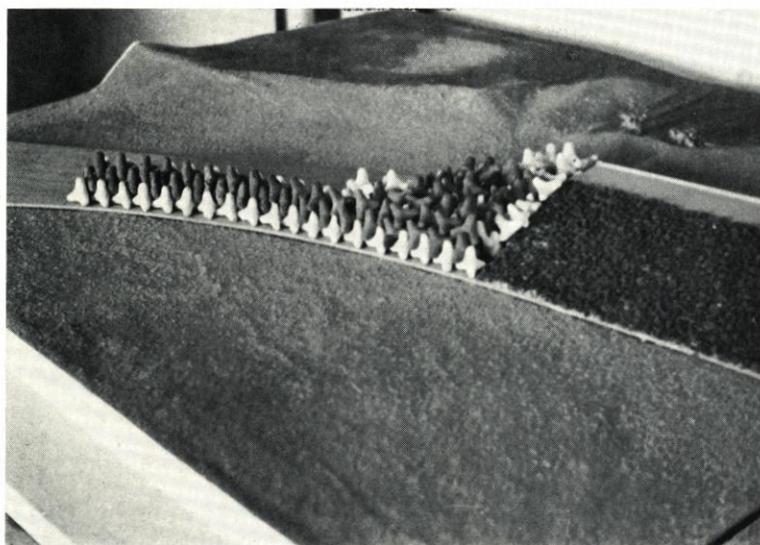


Abb. 44. Abweiser aus
Tetrapoden auf Baltrum,
Modellaufnahme

Die Dünenschutzwerke sind hinsichtlich ihrer Schutzwirkung den Deichen der Festlandküste vergleichbar. Dort wie hier ist hinsichtlich des Schutzes die Deich- bzw. Deckwerkshöhe von wesentlicher Bedeutung.

Das erste Schutzwerk auf Norderney (1857) erhielt eine Kronenhöhe von NN + 4,70 m, d. s. 3,58 m über Mitteltidehochwasser. Schon nach wenigen Jahren mußte das Schutzwerk um

rd. 2,00 m erhöht werden. Ähnlich verhielt es sich mit den Schutzwerken auf den übrigen Inseln. Die anschließende Tabelle Nr. 7 gibt eine Übersicht über die Höhe der Schutzwerke an den besonders im Angriff liegenden Westköpfen der Inseln.

Tabelle 7

Maßgebende Wasserstände und Höhe der Schutzwerke an exponierten Stellen, auf NN bezogen

Insel	MTnw (m)	Jahres- reihe	MThw (m)	Jahres- reihe	HHThw (m)	Zeit	Höhe der Schutz- werke NN + m
Borkum	- 1,26	1956/65	+ 0,96	1956/65	+ 3,83	16. 2. 1962	+ 7,00
Norderney	- 1,24	1956/65	+ 1,12	1956/65	+ 4,12	16. 2. 1962	+ 7,40
Baltrum	- 1,36	—	+ 1,10	—	+ 4,12	16. 2. 1962	+ 7,50
Spiekeroog	- 1,34	—	+ 1,25	—	+ 4,32	16. 2. 1962	+ 8,00
Wangerooge	- 1,48	—	+ 1,26	—	+ (4,20)	16. 2. 1962	+ 9,00 ²⁴⁾

4. Strandaufspülung

Über die Ursachen der Abbrucherscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney sowie zu den zum Schutze der Insel vorgeschlagenen seebautechnischen Maßnahmen berichteten THILO und KURZAK (55). Der Bericht befaßt sich mit den Maßnahmen, über die seit einigen Jahren im Zusammenhang mit dem Norderneyer Schutzproblem diskutiert wurde:

- a) Damm vom Ostende Juist zum Festland,
- b) Südwestdamm,
- c) Damm von Norderney durch das Riffgat zur Steinplate,
- e) Damm durch das Seegat zur Robbenplate (K 4),
- f) Ausbaggerung des Spaniergats.

Die Arbeitsgruppe Norderney des Küstenausschusses nahm hierzu in einem Gutachten vom 24. 8. 1950 Stellung (3). Als beste Sicherung für die vorhandenen Schutzwerke und damit für die Insel Norderney wurde die Aufspülung von Sand empfohlen. Es sei dies die am schnellsten, sichersten und mit den geringsten Kosten auszuführende Methode.

Über die erste Strandaufspülung auf Norderney von 1951 bis 1952 hat KRAMER ausführlich berichtet (27). Es wurden von Buhne O bis Buhne V 1 insgesamt rd. 1,8 Mio. m³ Sand aufgespült. Die Verluste während des Spülens betragen i. M. 31 %. Der Sand wurde am Hohen Riff, südöstlich des Norderneyer Hafens mit Eimerkettenbaggern gewonnen, in Schuten zu einem Spüler westlich des Lloydanlegers geschleppt und von hier mittels Rohrleitung (\varnothing 60 cm) zum Strand gespült. Die Strandaufspülung hat sich bewährt.

²⁴⁾ Die Deckwerkhöhe von NN + 9,00 m am Westkopf von Wangerooge ergab sich aus der Addition folgender Werte:

- | | |
|---|--------|
| a) maßgebender Sturmflutwasserstand (Ruhespiegel), der sich aus dem höchst vorausberechneten Springtidehochwasser, dem bisher beobachteten höchsten Windstau und dem säkularen Anstieg zusammensetzt. | 5,00 m |
| b) Wellenaufschlag, für die PILON (51) ein Berechnungsverfahren angegeben hat. | 3,97 m |
| | 8,97 m |

Mit der gewählten Deckwerkhöhe von NN + 9,00 m, die im Vergleich zu den übrigen Deckwerken sehr groß erscheint, ist der besonders exponierten Lage des Wangerooger Westkopfes Rechnung getragen worden.

1961 und 1964 wurde auf Norderney versucht, den Strand durch das Einbringen von Kies zu stabilisieren. 1961 wurden zwischen Buhne A und Buhne I rd. 7200 t Kies der Körnung 3–30 mm eingebracht. Nach der Februar-Sturmflut 1962 waren die Schäden an der Wandelbahn oberhalb dieses Bühnenfeldes auffallend geringer als an der Wandelbahn der anschließenden Bühnenfelder, und es stellte sich die Frage, ob dies ein positives Ergebnis der Kieseinbringung war. 1964 wurde daher ein weiterer Versuch mit intensiver Vor- und Nachbeobachtung durchgeführt. Hierbei wurden zwei Bühnenfelder mit rund 10 000 t Kies (Körnung 3–15 mm) angereichert. Um die Transportwege des Kieses verfolgen zu können, wurden rd. 5,5 t Kies mit drei verschiedenen lumineszierenden Farbstoffen versehen. Die Auswertung ergab, daß der Kies, trotz Erhöhung der Bühnenwurzeln, über sie hinweg und um die Bühnenköpfe herum vertrifft wurde.

MÜLLER und RUCK (46) stellten zu dieser Maßnahme abschließend fest, „daß mit der Methode einer Kiesaufschüttung am Westkopf von Norderney zwar grundsätzlich ein wirksamer Erfolg erzielt werden könnte, wenn der Kies in gewissen Zeitabständen ergänzt würde. Gegen die Anwendung von Kiesaufschüttungen spricht jedoch einmal die Verfrachtung des eingebrachten Materials in westlicher und östlicher Richtung in Strandgebiete, die das Nordseebad Norderney für den Badebetrieb wegen ihrer Ortsnähe dringend benötigt“.

Die Sandverluste am Westkopf von Norderney zwangen 1967, 15 Jahre nach der ersten, zu einer weiteren Strandaufspülung. Die Sollprofile, die erreicht wurden, sahen am Deckwerksfuß eine Höhe von rd. 1,50 m über Mitteltideniedrigwasser vor mit einer seeseitigen Neigung von etwa 1:20. Durch die Aufspülung 1951/52 wurde aber eine Strandlage angestrebt, wie sie um die Jahrhundertwende vorhanden war, d. h. ein hochwasserfreier Strand mit einer Breite von 25 m und einer Höhe am Deckwerksfuß von 0,90 m über Mitteltidehochwasser. Hiervon wurde bei der Aufspülung 1967 jedoch bewußt abgewichen, weil die über Mitteltidehochwasser aufgespülten Sandmengen besonders starken Verlusten ausgesetzt waren. 1967 wurden in die Bühnenfelder am Westkopf von Buhne E bis J 1 insgesamt 215 000 m³ Sand gespült. Die Sandentnahme besorgte ein Cutter-Bagger aus einer Entnahmestelle 250 m see-seitig der Buhne G 1. Durch eine Rohrleitung mit \varnothing 20 cm drückte der Cutter den Sand auf die Strandabschnitte. Über das Ergebnis dieser Aufspülung wird noch berichtet werden.

Am Südstrand von Borkum wurden im Juni/Juli 1969 rd. 30 000 m³ Sand aufgespült. Der Strandbereich im Anschluß an das 1963 gebaute Rauhdeckwerk, das den Abschluß der Dünenschutzwerke nach Süden bildet, hat in den letzten Jahren an Höhe verloren, die Randdüne ist teilweise bis zu 100 m abgetragen worden und der Fuß des 1966 aufgespülten Sanddammes liegt nun unmittelbar im Angriff. Die Wirkung der Aufspülung bleibt abzuwarten, von ihr wird es abhängen, ob eine weitere Verlängerung des Deckwerkes nach Südosten notwendig ist.

VI. Zusammenfassung und Ausblick

Die Schutzarbeiten auf den Ostfriesischen Inseln sind notwendig für die Erhaltung der auf ihnen geschaffenen baulichen Anlagen und zum Erhalt eines Beharrungszustandes der Ems- und Jademündung, des Wattengebietes mit den Zufahrten zu den kleineren Küstenhäfen und der Anlagen zur Entwässerung des Marschenlandes. Die Inselkette schützt die Festlandküste und fördert den Landanwuchs.

Der Bühnenbau, der ab 1861 intensiv betrieben wird, schützt nach der notwendigen Verlängerung zum „Strom“ hin die Inselsockel vor weiterem Abtrag. Von den beschriebenen Bauweisen hat sich auf lagestabilen Stränden die Steinbuhne Norderneyer Bauart, auf unstablen Stränden die Kastenbuhne bewährt.

Der Bau von Strandwerken zum Schutz der Randdünen beginnt auf Norderney 1857, auf den übrigen Inseln einige Jahre später im Anschluß an die Bühnenbauten. Die leichteren Werke





Abb. 45. Luftbildaufnahme von Juist bis Spiekeroog, aufgenommen am 10. 9. 1951

müssen sehr bald durch schwerere ersetzt werden. Den steilen und halbsteilen Profilen zeigt sich das geneigte „S-Profil Norderneyer Bauart“ überlegen. Noch wirkungsvoller als dieses ist ein 1:4 geneigtes Deckwerk mit rauher Oberfläche.

Die Erhaltung der nicht befestigten Randdünen und deren Pflege ist eine wesentliche Aufgabe des Inselsschutzes.

Bei Stränden mit unausgeglichenem Sandhaushalt bewährt sich die Strandaufspülung.

An den Westköpfen der Inseln, die keine Sandzufuhr aus den Riffbögen erhalten, sind heute folgende Schutzwerke vorhanden:

auf Borkum 32 Buhnen und 4,7 km Deckwerke,
auf Norderney 32 Buhnen und 6,4 km Deckwerke,
auf Baltrum 15 Buhnen und 1,3 km Deckwerke,
auf Spiekeroog 12 Buhnen und 1,8 km Deckwerke,
auf Wangerooge 23 Buhnen und 4,6 km Deckwerke.

Hinzu kommen noch 7 Buhnen und 1,4 km Deckwerke am Nordstrand von Juist, die eingesandet sind.

Die Frage nach Aufwand und Erfolg dieser Schutzwerke kann man rückblickend, wie LORENZEN (38) schreibt,

„nur vom Gesamtergebnis her beantworten, denn eine Einzelmaßnahme mag aus der Zeit ihrer Ausführung und aus den für diese Zeit geltenden Gegebenheiten richtig gewesen sein; ob wir sie heute als richtig oder falsch ansehen, ergibt sich erst aus dem Stand der Erkenntnisse und Möglichkeiten in unseren Tagen“.

Nicht alle Strandschutzbauten entsprechen (44a) den heutigen Erkenntnissen.

Die Vielfalt der Naturkräfte, denen – wie aufgezeigt wurde – besonders die Inselküsten ausgesetzt sind, erfordern ein wachsames Beobachten der Wirkungen dieser Kräfte, damit bei möglicher nachteiliger morphologischer Entwicklung rechtzeitig eingegriffen werden kann.

Zu erkennen ist ferner, daß der Inselsschutz untrennbar verbunden ist mit dem Schutz der Festlandküste, mit den Verkehrsbelangen der See-, Küsten- und Wattenschifffahrt, mit der Entwässerung des Marschenlandes und letztlich mit dem Wirtschaftsleben Ostfrieslands. Die Inseln, das Wattengebiet und die Festlandküste bilden eine Einheit.

VII. Schriftenverzeichnis

1. AKKERMANN, „Die Umlagerungen des Sandes im Seegebiet vor Norderney und auf der Insel.“ Forschungsstelle Norderney, Band VII, Jb. 1955, S. 11–37.
2. Arbeitsgruppe Küstenschutz im Küstenausschuß Nord- und Ostsee, „Allgemeine Empfehlungen für den deutschen Küstenschutz.“ Die Küste 1955.
3. Arbeitsgruppe Norderney im Küstenausschuß Nord- und Ostsee. „Gutachtliche Stellungnahme zu den Untersuchungen über die Ursachen der Abbruchserscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney sowie zu den zum Schutz der Insel vorgeschlagenen sebautechnischen Maßnahmen.“ Die Küste 1952, H. 1.
4. BACKHAUS, H., „Die ostfriesischen Inseln und ihre Entwicklung“, Provinzial-Institut für Landesplanung und Niedersächsische Landes- und Volksforschung, Hannover-Göttingen, Reihe A I/Band 12, 1943.
5. BRAUN, W., „Bau eines schweren Dünendeckwerks in Asphalt-Basaltbauweise auf der Insel Borkum.“ Bitumen 19 (1957) 9, S. 176–182.
6. Bundesanstalt für Gewässerkunde, „Der biologische Wasserbau.“ Koblenz, 1964. E. Ulmer Verl. Stuttgart.
7. DE THIERRY, G., siehe unter Nr. 8.
8. FRANZIUS, O., und DE THIERRY, „Gutachten über die zur Erhaltung und Wiedergewinnung des Norderneyer Strandes zu ergreifenden Maßnahmen.“ Mit Stellungnahmen von Bormann und Brandt, Bücherei der WSD Aurich, 1927/28.
9. FÜLSCHER, „Über Schutzbauten zur Erhaltung der Ost- und Nordfriesischen Inseln“, Z. f. Bauwesen (1905), S. 305, 527, 681.

10. GAYE, J./WALTHER, F., „Die Wanderung der Sandriffe vor den ostfriesischen Inseln“, Die Bautechnik, XIII. Jg., 1935.
11. GAYE, J./WALTHER, F., „Bericht über Schutzbauten zur Erhaltung der ostfriesischen Inseln in den Jahren 1900–1928.“ Nicht veröffentlicht, Bücherei des Wasser- und Schiffsamtes Norden. Norden, den 20. Jan. 1929.
12. GAYE, J., „Die Entwicklung und Erhaltung der ostfriesischen Inseln“, Deutsche Wasserwirtschaft 30 (1935) 2, S. 21–27 und 3, S. 52–55.
13. GERHARD, P., „Handbuch des deutschen Bühnenbaues“, Berlin 1900.
14. HENSEN, W., „Modellversuche über den Strandabbruch an den Enden von befestigten Küstestrecken – Lee-Erosion.“ Mitteilungen der hannoverschen Versuchsanstalt für Grund- und Wasserbau, H. 10, 1957, S. 80–116.
15. HIBBEN, J. A., „Die Schutzbauten auf der Insel Borkum.“ Die Bautechnik 13, 1935, 53, S. 691–712.
16. HOMEIER, H., „Die Entwicklung des Westteiles von Langeoog seit Beginn des 18. Jahrhunderts.“ Forschungsstelle Norderney, Band VII, Jb. 1955, S. 38–68.
17. HOMEIER, H., „Die morphologische Entwicklung der Insel Spiekeroog und die Auswirkungen der Strandschutzwerke.“ Forschungsstelle Norderney, Band XII, Jb. 1960, S. 49–79.
18. HOMEIER, siehe unter Nr. 28.
19. HUNDT, C., „Beitrag zur Frage des maßgebenden Sturmflutseeganges vor einem Deich am Watt. Beispiel: Büsum.“ Die Küste 1962, H. 2, S. 136–145.
20. JANSSEN, Th., „Über die Kräfte, die die ostfriesischen Inseln, insbesondere den östlichen Sandstrand der Insel Spiekeroog, gestalten.“ Bergland-Druckerei in Schweidnitz, Diss. 1933.
21. JANSSEN, Th., „Grundlagen und Stand des Norderneyer Inselchutzproblems.“ Manuskri. Bücherei des Wasser- und Schiffsamtes Norden.
22. JANSSEN, Th., „Buhnen mit Asphaltverguß im ostfriesischen Küstenraum.“ Bitumen Jg. 21, 1959, 3, S. 60–64.
23. JANSSEN, Th., „Die ostfriesischen Watten als Verkehrs- und Wirtschaftsgebiet.“ Bücherei des WSA Norden, 1954.
24. KATTENBUSCH, E., „Bilanzbericht über 80 Jahre Küstenschutz auf der Nordseeinsel Borkum 1869 bis 1949.“ Mns., Bücherei der WSD Aurich, Aurich 1950.
25. KATTENBUSCH E./LUCK, G., „Serienbefliegung der Riffbögen vor den ostfriesischen Inseln.“ Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, 12. Jg., H. 6, 1968.
26. KÖRITZ D., „Quantitative Untersuchung der Wasserverfrachtung über das Juister Watt.“ Forschungsstelle Norderney, Band VII, Jg. 1954, S. 39–50.
27. KRAMER, J., „Die Strandaufspülung Norderney 1951–1952 und ein Plan zu ihrer Fortführung.“ Die Küste 1958/59, S. 107–139.
28. KRAMER, J./HOMEIER, H., „Die Auswirkung der Inselchutzwerke auf die Strandentwicklung im Westteil von Norderney“, Forschungsstelle Norderney, Band VI, Jb. 1954, S. 15–38.
29. KRAMER, J./LUCK, G./MÜLLER, C. D., „Stellungnahme zur versuchsweisen Stranderhöhung durch Kies am Westkopf von Norderney.“ Forschungsstelle Norderney, Band XIV, Jg. 1962, S. 27.
30. KRAUSE, H., „Quantitative Schilluntersuchungen im See- und Wattengebiet von Norderney und Juist und ihre Verwendung zur Klärung hydrographischer Fragen.“ Archiv für Molluskenkunde, Band 79, 1950.
31. KRÜGER, W., „Die Jade, das Fahrwasser Wilhelmshavens, ihre Entstehung und ihr Zustand.“ Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft, Bd. 4, 1921.
32. KRÜGER, W., „Riffwanderungen vor Wangerooge.“ Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft, Bd. 16, 1937/38.
33. KRÜGER, W., „Die heutige Insel Wangerooge, ein Ergebnis des Seebaues.“ Aus: „Wangerooge, wie es wurde, war und ist.“ Landesverein Oldenburg für Heimatkunde und Heimatschutz, Bremen 1929.
34. KURZAK, G., siehe unter Nr. 55.
35. LANG, A. W., „Untersuchung zum Gestaltungswandel des Emsmündungstrichters von der Mitte des 16. Jahrhunderts bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts.“ Bücherei der WSD Aurich, Aurich 1954.
36. LANG, A. W., „Untersuchungen über die Entwicklung des Raumes Minsener Oog.“ Bücherei der WSD Aurich, Aurich 1960.
37. LANG, A. W., „Das Juister Watt.“ Schriften der wirtschaftswissenschaftlichen Gesellschaft zum Studium Niedersachsens, N. F. Band 57, Bremer Horn 1955.

38. LORENZEN, J. M., „Hundert Jahre Küstenschutz an der Nordsee“, Die Küste 1955.
39. LUCK, G., „Unterwasser-Fernsehen im Seegebiet von Norderney.“ Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, 12. Jg., H. 6, 1968.
40. LUCK, G., „Straßendamm Festland-Norderney.“ Neues Archiv für Niedersachsen, Band 17, 1968, H. 4.
41. LUCK, siehe unter Nr. 25.
42. LUCK, siehe unter Nr. 29.
43. LÜDERS, K., „Die Wirkung der Buhne ‚H‘ in Wangerooge-West auf das Seegat ‚Harle‘.“ Die Küste 1952, H. 1.
44. LÜDERS/WITTECKE, „Bilanzbericht über die Inselschutzmaßnahmen auf Wangerooge.“ Bücherei des Wasser- und Schiffsamtes Wilhelmshaven, 1951.
- 44a. MAGENS, C., „Seegang und Brandung als Grundlage für Planung und Entwurf im Seebau und Küstenschutz.“ Mitteilungen der Hannoverschen Versuchsanstalt für Grundbau und Wasserbau, H. 14, 1958.
45. MICHAELIS, H., „Stellungnahme zur versuchsweisen Begründung des Hochstrandes auf Norderney.“ Forschungsstelle Norderney, 1966, nicht veröffentlicht.
46. MÜLLER, C./RUCK, K. W., „Das Verhalten von geschüttetem Kies am Sandstrand.“ Norderney u. Kiel 1965 (nicht veröffentlicht).
47. MÜLLER, C., siehe unter Nr. 29.
48. NIEBUHR, W., „Über die neuere Entwicklung der Außenems und ihre vermutlichen Ursachen.“ Die Küste 1952, H. 1.
49. PETERSEN, M., „Das deutsche Schrifttum über Seebuhnen an sandigen Küsten“, Die Küste 1961.
50. PEPPER, G., „Die Entstehung und Entwicklung der Inselschutzwerke auf Norderney mit besonderer Berücksichtigung der Bauten der letzten Jahre.“ Neues Archiv für Niedersachsen, 1955/56, H. 3, S. 175-196.
51. PILON, J. J., „Wellenbremsende Konstruktionen bei Uferschutzwerken in Asphaltbauweise in Holland und ihre wirtschaftliche Bedeutung.“ Bitumen 22, 1960, H. 3, S. 57-64.
52. ROSE, D., „Bitumen im Wasserbau“, BP AG, Hamburg, 1964.
53. RUCK, K. W., siehe unter Nr. 46.
54. THILO, R., „Bilanzbericht über den Inselschutz auf den ostfriesischen Inseln.“ Mns. Bücherei des WSA Norden, 1953.
55. THILO, R./KURZAK, G., „Die Ursachen der Abbrucherscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney.“ Die Küste 1952, H. 1.
56. TÜXEN, R., „Die Dünenlandschaft der ostfriesischen Inseln und ihre Pflanzendecke.“ Mns., Bücherei der WSD Aurich, Aurich 1948.
57. ASBECK, W. F. van, bearbeitet und übersetzt von Dempvolf, R.: „Bitumen im Wasserbau“, Shell Petroleum Co. Ltd., London 1955.
58. WALTHER, F., „Die Gezeiten und Meeresströmungen im Norderneyer Seegat“, Diss., Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1934.
59. WALTHER, F., siehe unter Nr. 10.
60. WALTHER, siehe unter Nr. 11.
61. WITTECKE, siehe unter Nr. 44.
62. WITTE, H. H., „Die Häfen an der ostfriesischen Küste.“ Hansa 10, 1966, Nr. 23.
63. ZITSCHER, F. F., „Bilanzbericht über die Verwendung von Asphalt im Seebau.“ Bitumen 24, 1962, 7, S. 138-145.
64. ZITSCHER, F. F., „Betonbauwerke für Seebuhnen und Küstenschutzanlagen.“ Beton, 1967.

Bildnachweis

WSA Norden: 1, 3, 4, 5, 6, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 22, 23, 24, 26, 28, 30, 33, 34, 39, 40, 41, 42, 43, 44.
 WSA Emden: 2, 12, 18, 19, 25.
 WSA Wilhelmshaven: 7, 9a, 21, 27, 37, 38.
 Bauing. Scharfe (Borkum): 8.
 Forschungsstelle Norderney: 9, 11, 20, 29, 31, 32, 35, 36.
 Plan und Karte GmbH, Münster: 45.

