Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

Die Strandaufspülung Norderney 1951-1952 und ein Plan zu ihrer Fortführung

Von Johann Kramer

I. Einführung 107
II. Die Strandaufspülung 1951—1952 110
1. Schätzung der erforderlichen Sandmengen und technische Durchführung . . . 110
2. Strandentwicklung nach der Aufspülung 114
3. Ergebnisse der Strandaufspülung 1951—1952 120
III. Plan einer fortlaufenden Strandaufspülung 129
1. Ergänzung des ungenügenden natürlichen durch künstlichen Sandtransport . . 129
2. Fördermengen und Sandentnahme 132
3. Stellungnahme der Arbeitsgruppe Norderney zum Plan einer jährlichen Sandaufspülung 136
IV. Zusammenfassung und Schlußbetrachtung 137
V. Schriftenverzeichnis 138

I. Einführung

Seitdem begonnen wurde, die dem Angriff der See stark ausgesetzte Insel Norderney (Abb. 1) vor weiterem Abbruch zu bewahren, sind dort ausgedehnte Inselschutzwerke entstanden, die mit umfangreichen Planungen verbunden waren. Vor ungefähr hundert Jahren mußte die weitere Abnahme des Strandes und die Zerstörung der Dünenkette verhindert werden, in deren Schutz sich der Badeort Norderney seit Anfang des 19. Jahrhunderts entwickelt hatte. Das erste Dünenschutzwerk von rund 900 m Länge, das in den Jahren 1857 und 1858 um die Westspitze der Insel gelegt worden war, mußte im Laufe der Zeit mehrmals verlängert werden. Davor wurden Buhnen gebaut, um den Strand zu erhalten und zu verhindern, daß sich Längspriele bildeten, welche die Standfestigkeit des Deckwerkes gefährdet hätten. Nachdem um 1900 einige Buhnen mit weit vorgeschobenen Köpfen an der Westspitze der Insel zu sogenannten Unterwasserbuhnen ausgebaut worden waren, die den weiteren Abbruch des Inselsockels unterhalb NN —4,0 m (Abb. 2) durch das sich ostwärts verlagernde Seegat verhinderten, konnte man im Laufe der letzten Jahrzehnte erkennen, daß auf die Dauer ein ausreichender Inselschutz allein durch Deckwerke und Buhnen nicht zu erreichen sein würde. Nach wie vor nahm der Strand (Vorstrand, nasser und trockener Strand) oberhalb des Inselsockels bis zum Deckwerksfuß ständig an Breite und Höhe ab. Deshalb wurden in den dreißiger Jahren die ersten größeren Untersuchungen begonnen, um die Ursachen des Strandabbruchs zu erkennen und Grundlagen für weitere Planungen zur Inselsicherung zu schaffen. Das Ergebnis waren verschiedene Vorschläge, die darauf zielten, die ungünstigen Wirkungen der Naturkräfte oder ihre Ursache zu beseitigen. Die entworfenen Lösungen wurden gutachtlich behandelt und im Modell überprüft, ohne daß jedoch bis zum Jahre 1939 die bestehenden Inselschutzwerke durch eine größere Baumaßnahme erweitert werden konnten. An den Buhnen und Deckwerken traten in den Nachkriegsjahren erhebliche Schäden ein, deren Entstehung infolge der mangelnden Unterhaltung während der Kriegsjahre und nachher sowie durch die weitere Abnahme des Strandes begünstigt worden war. Sie gaben den Anlaß, daß von der Forschungsstelle Norderney die Untersuchungen mit der Zielsetzung, Planungen für eine Inselschutzmaßnahme von längerer und möglichst dauernder Wirksamkeit zu gewinnen, im Jahre 1949 verstärkt wieder aufgenommen wurden. Das Ergebnis

Aufnahme Plan u. Karte, Münster/W.

Abb. 1. Luftbild des Westteiles der Insel Norderney 1951 mit Riffgürtel, Ostende von Juist und Watten

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

dieser Arbeiten war schließlich die Wiederinstandsetzung der Inselschutzwerke und deren Verlängerung nach Osten während der Jahre 1949 bis 1954. Nunmehr sind ein Dünendeckwerk und um den ehemaligen Flugplatz eine senkrechte Uferwand von zusammen rund 6 km Länge vorhanden, vor denen sich 32 Buhnen in die See hinaus erstrecken. Der Bau der Schutzwerke — von Beginn bis zum gegenwärtigen Stand — und ihre konstruktive Gestaltung sind von PEPER (1955/56) beschrieben worden.

Zum Bericht über die Untersuchungen des Jahres 1949 (gekürzt veröffentlicht von THILO und KURZAK 1952) wurde von der Arbeitsgruppe Norderney des Küstenausschusses Nord- und Ostsee gutachtlich Stellung genommen (ARBEITSGRUPPE 1952) und die darin enthaltenen Vorschläge zum Schutz der Insel behandelt. Darüber hinaus wurde von den Gutachtern als beste Sicherung für die bestehenden Schutzwerke und damit für die Insel, die am schnellsten, sichersten und mit den geringsten Kosten ausführbar sei, empfohlen, durch Aufspülung von Sand den Strand künstlich wiederherzustellen. Die aus dem tiefliegenden Strand herausstehenden Buhnen und Deckwerke würden hierdurch mit Sand eingedeckt werden. Außerdem würde eine Aufspülung zeitweise zu einem

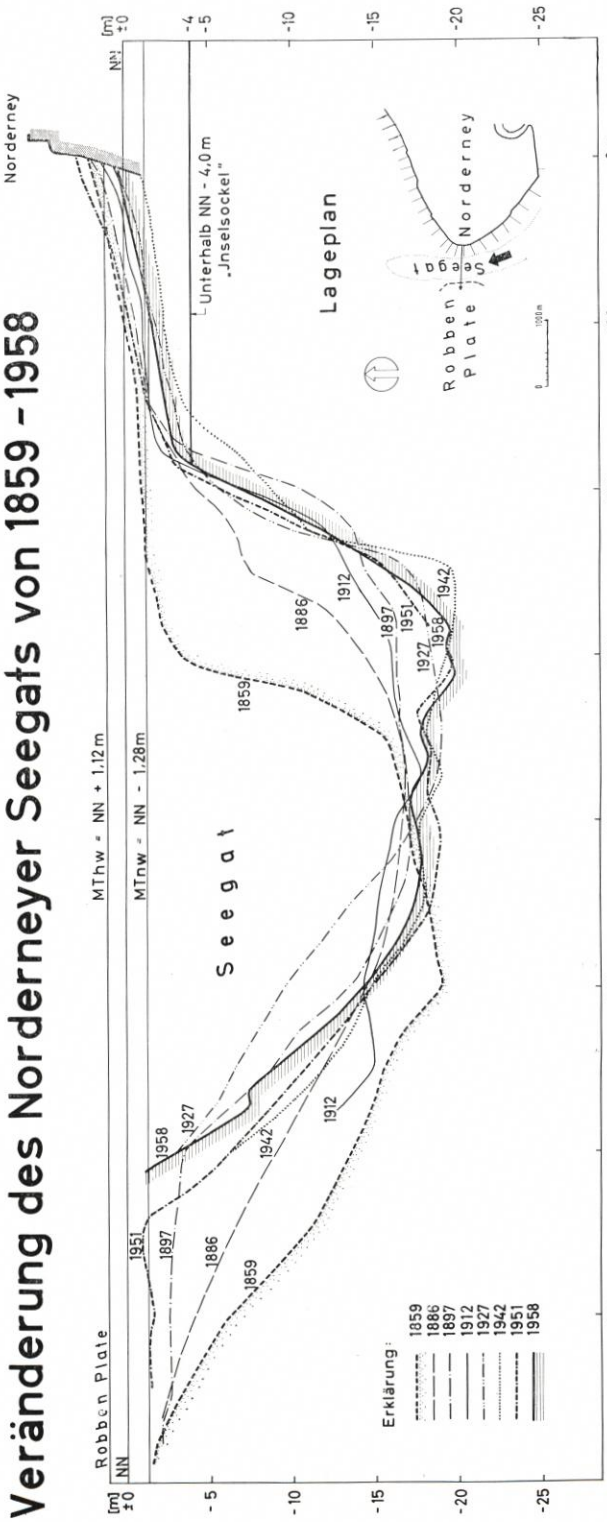


Abb. 2. Veränderungen des östlichen Teiles des Norderneyer Seegats (Hauptstromrinne) von 1859 bis 1958

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

hochwasserfreien Strand am Westende der Insel führen und damit gleichzeitig die Existenzgrundlage des Badeortes Norderney verbessern.

Seit der Aufspülung, die entsprechend den im Gutachten enthaltenen Vorschlägen in den Jahren 1951—1952 ausgeführt wurde, und auch seit dem Bau neuer Deckwerke und Buhnen von 1949 bis 1954 ist eine Reihe von Jahren vergangen, während der die Veränderungen des Strandes beobachtet werden konnten. Anhand dieser Beobachtungen ist es nunmehr möglich, das Ergebnis der Strandaufspülung zu beurteilen. Dagegen wird über den Erfolg der Verlängerung der Strandschutzwerke wegen der kurzen Zeitspanne erst in späteren Jahren ein vollständiges Urteil abgegeben werden können, zumal in der Zwischenzeit diesem Strandbereich aus dem Riffbogen heraus größere Sandmengen zugeführt worden sind, welche die Wirkung der Buhnen auf den Strand überdecken.

Außerdem konnten die vergangenen Jahre wiederum genutzt werden, um die Erkenntnisse über das Problem des Inselschutzes von Norderney weiter zu vertiefen und nach einer — auch wirtschaftlich tragbaren — Maßnahme zu suchen, durch die der Strand der Insel Norderney vor weiterem Abbruch bewahrt und im begrenzten Umfange wiederhergestellt werden kann.

II. Die Strandaufspülung 1951—1952

1. Schätzung der erforderlichen Sandmengen und technische Durchführung

Mit der Strandaufspülung Norderney wurde von der bisherigen „klassischen Bauweise" des Inselschutzes mit Deckwerken und Buhnen abgewichen. Der Plan einer Aufspülung war, zum Teil auch für Fachkreise, zunächst ungewöhnlich. Vor allem bestanden hinsichtlich der Funktion der Aufspülung, die ausschließlich die Sandverluste am Strande, die in der vorhergehenden Zeit eingetreten waren, ausgleichen sollte, erhebliche Unklarheiten. Der Aufspülung wurde von vornherein nur eine begrenzte Lebensdauer zugesprochen, da sie den herrschenden Naturkräften unterworfen war und nur deren Wirkungen ausgleichen, aber nicht deren Ursachen verhindern oder beseitigen konnte. Wesentlich erschien den Gutachtern auch, daß eine Aufspülung kein Hindernis für andere spätere Maßnahmen darstellte.

Erfahrungen über die künstliche Aufhöhung von Inselstränden an der deutschen Küste lagen derzeit nicht vor, wie auch solche des Auslandes, wo man bereits seit etwa zehn Jahren Strände aufgespült hatte, hier unbekannt waren. Die Erfahrungen mit den seit etwa 1930 an der Weser und Elbe ausgeführten Ufervorspülungen konnten nur für die Technik der Spülung herangezogen werden.

Um die für die Auffüllung des Strandes notwendige Sandmenge errechnen zu können, wurden die Jahresreihen 1897—1950 der Strandvermessungen ausgewertet, die zwar nicht vollständig, doch, um die Sandmenge zu bestimmen, ausreichend vorhanden waren. Der zeitliche Beginn lag so, daß die am Weststrand hergestellten Unterwasserbuhnen bereits wirksam waren, indem sie den weiteren Abtrag des Inselsockels verhinderten, so daß man sich auf die Veränderungen oberhalb — 5,0 m NN (im Gutachten — 3,50 m SKN, bezogen auf MSpTnw = — 1,50 m NN, festgesetzt durch das Deutsche Hydrographische Institut 1949) und bei geringeren Tiefen auf den Bereich oberhalb der größten vorhandenen Tiefen beschränkte. Die Sandmengenänderungen wurden im Gutachten (Arbeitsgruppe 1952) für fünf Strandabschnitte A bis E (Abb. 3) berechnet, in denen ein unterschiedliches Verhalten erkennbar war. Da ab 1930 Vermessungen für alle Strandabschnitte vorliegen, konnte für den Zeitraum 1930—1950 eine Gesamtbilanz gezogen werden (s. folgende Tabelle):

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

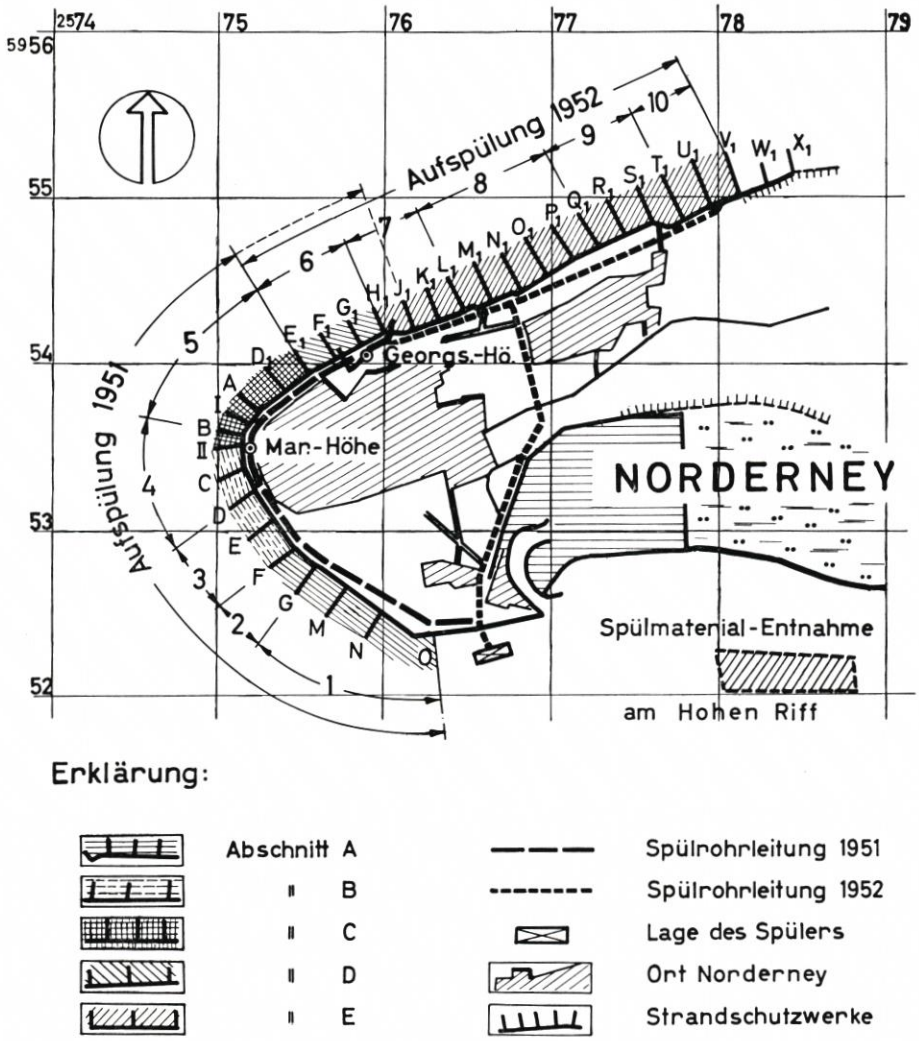


Abb. 3. Aufspülung 1951—1952. Lageplan der Sandentnahme, des Spülers und der Spülrohrleitungen sowie Einteilung der Strandabschnitte

Veränderungen 1930—1950

Abschnitt A	Zunahme	114 000 m³
Abschnitt B	Abnahme	6 000 m³
Abschnitt C	Abnahme	17 000 m³
Abschnitt D	Abnahme	245 000 m³
Abschnitt E	Abnahme	923 000 m³
	Abnahme	1 191 000 m³

Von der gesamten Strandstrecke waren somit von 1930 bis 1950 oberhalb — 5,0 m NN 1 191 000 — 114 000 = 1 077 000 m³ abgetragen worden.

Der jährliche Sandverlust nach Wiederherstellung eines hochwasserfreien Strandes wurde im Gutachten in den Abschnitten A bis E auf 0 + 5 000 + 15 000 + 16 000 + 54 000 =

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

90 000 m³ geschätzt, wovon 36 000 m³ auf die Strandabschnitte A bis D entfielen. Für den Abschnitt E, wo die weitere Entwicklung infolge des dort gleichfalls empfohlenen Baues von Buhnen am wenigsten zu übersehen war, wurde ein jährlicher Verlust von 54 000 m³ angenommen. Es wurde kein Anzeichen dafür gesehen, daß sich der Sandverlust nach der Aufspülung wesentlich über dieses Maß hinaus steigern würde.

Der Strand sollte wieder in den Zustand versetzt werden, wie er um die Jahrhundertwende vorhanden war. Der hochwasserfreie Strand hatte damals eine durchschnittliche Breite von 40 m und eine mittlere Höhe von 1,5 m über MThw (MThw der Jahresreihe 1937—1955 = NN + 1,12 m). Die Böschungsneigung betrug oberhalb MThw 1 : 22 bis 1 : 35, verflachte sich im Bereich zwischen MThw und MTnw (MTnw der Jahresreihe 1937—1955 = NN — 1,28 m) auf 1 : 30 bis 1 : 50 und wurde unterhalb MTnw wieder steiler mit Neigungen bis zu 1 : 7, im Mittel etwa 1 : 20. Für die Ermittlung der aufzubringenden Sandmengen wurde oberhalb MTnw eine Böschung 1 : 30 und darunter von 1 : 20 zugrunde gelegt. Die Höhe der Aufspülung wurde mit + 0,9 m MThw in 25 m Breite angenommen, so daß sich mit der anschließenden Böschung 1 : 30 ein 52 m breiter hochwasserfreier Strand ergab.

Um den Strand in diesen Abmessungen wieder aufzufüllen, wurden als notwendige Sandmengen errechnet:

Abschnitt A	mit	940 m Länge	109 680 m³
Abschnitt B	mit	740 m Länge	133 130 m³
Abschnitt C	mit	600 m Länge	209 900 m³
Abschnitt D	mit	715 m Länge	267 450 m³
Abschnitt E	mit	2 150 m Länge	519 100 m³
		Insgesamt:	1 239 260 m³

Ausgehend von rund $1{,}25 \cdot 10^6$ m³ mit einem Zuschlag von 25 % für Auflockerung bei Schutenmaß und für Verluste während des Spülens waren rund $1{,}55 \cdot 10^6$ m³ Sand zu baggern. Je nach der Spülweite wurden die Kosten mit 1,50 bis 2,00 DM/m³ (Preisstand 1950) geschätzt, so daß als Gesamtkosten der Aufspülung rund 2,8 Mill. DM angesetzt werden mußten.

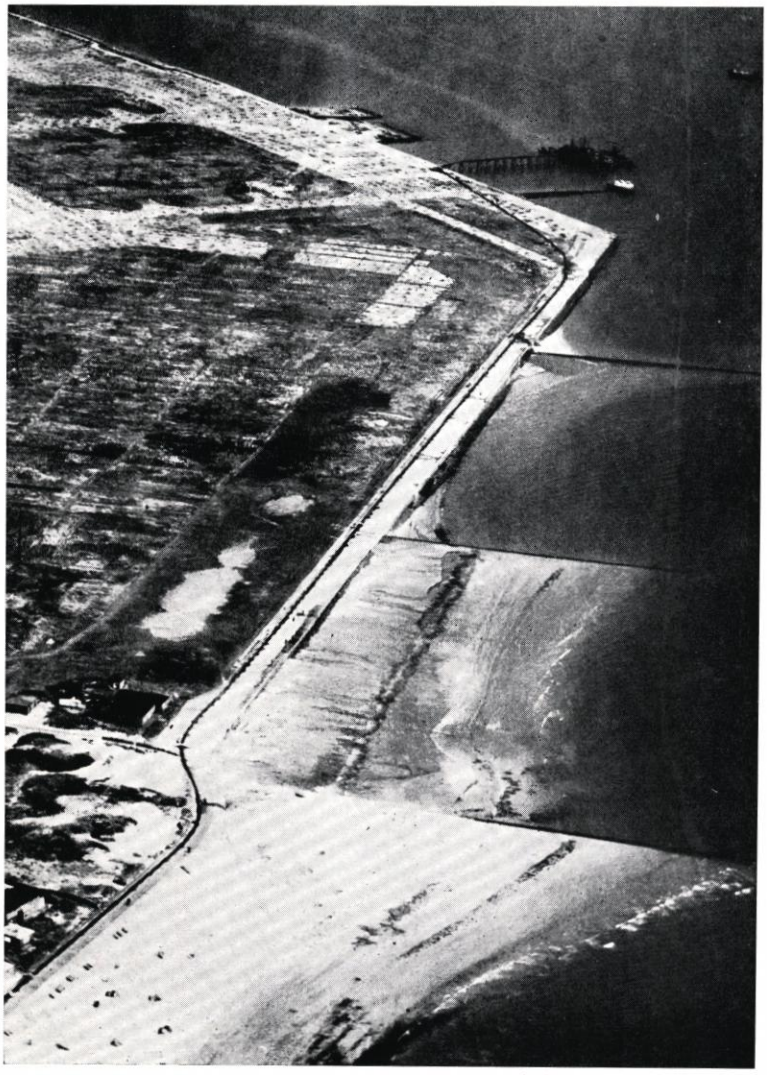
Auf die technische Durchführung der Strandaufspülung, die von Peper (1955/56) dargestellt worden ist, soll hier kurz der Vollständigkeit halber eingegangen werden. Sie wurde in zwei Jahren vorgenommen, zwischen Buhne O und J_1 wurde vom 25. 4. bis 28. 8. 1951 und zwischen Buhne E_1 und V_1 vom 13. 5. bis 15. 7. 1952 (Abb. 3) aufgespült. Im ersten Bauabschnitt führte die Rohrleitung auf der Strandmauer entlang und im zweiten Bauabschnitt quer über die Insel. Im Jahre 1951 wurden nach Schutenmaß 1 043 800 m³ und im Jahre 1952 772 700 m³ verspült. Die wöchentliche Höchstleistung betrug rund 100 000 m³.

Der Sand wurde mit zwei Eimerkettenbaggern südöstlich des Hafens, am Hang des Hohen Riffs, gebaggert und in Schuten zum Spüler transportiert. In einer Verdünnung von 1 Teil Sand auf 6 bis 7 Teile Wasser wurde der Sand vom Spüler (Abb. 4) angesaugt und durch eine Druckleitung aus Stahlrohren von 60 bis 70 cm Durchmesser verspült. Für die weitesten Entfernungen von rund 5 km mußten zwei Spüler hintereinander geschaltet werden, wodurch die Druckleistung des ersten Spülers von 4 auf 6 bis 7 Atmosphären erhöht werden konnte, um den Fließwiderstand in der Rohrleitung zu überwinden.

Für den Spülvorgang (Abb. 5) in den Buhnenfeldern war sehr bald die technisch günstigste Lösung gefunden. Von dem ursprünglichen Plan, vor dem Deckwerk einen horizontalen, hochwasserfreien Streifen mittels Spüldeichen und Spülbecken zu schaffen, wurde abgegangen, da die entstehende Kante sehr schnell von der Brandung zerstört war. Es wurde dann mit durchgehender Strandneigung aufgespült, wobei der hochwasserfreie Strand abschnittsweise entstand. Zu-

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

nächst ließ man das Sand-Wasser-Gemisch aus zwei Rohröffnungen von der Höhe der Wandelbahn aus in das Buhnenfeld abfließen. War die gewünschte Lage der Niedrigwasserlinie erreicht, so wurde eine Rieselleitung, die über die ganze Buhnenfeldbreite reichte, eingesetzt, um eine gleichmäßige Aufhöhung der Strandfläche oberhalb zu erhalten. Die Ausflußöffnungen der Riesel-



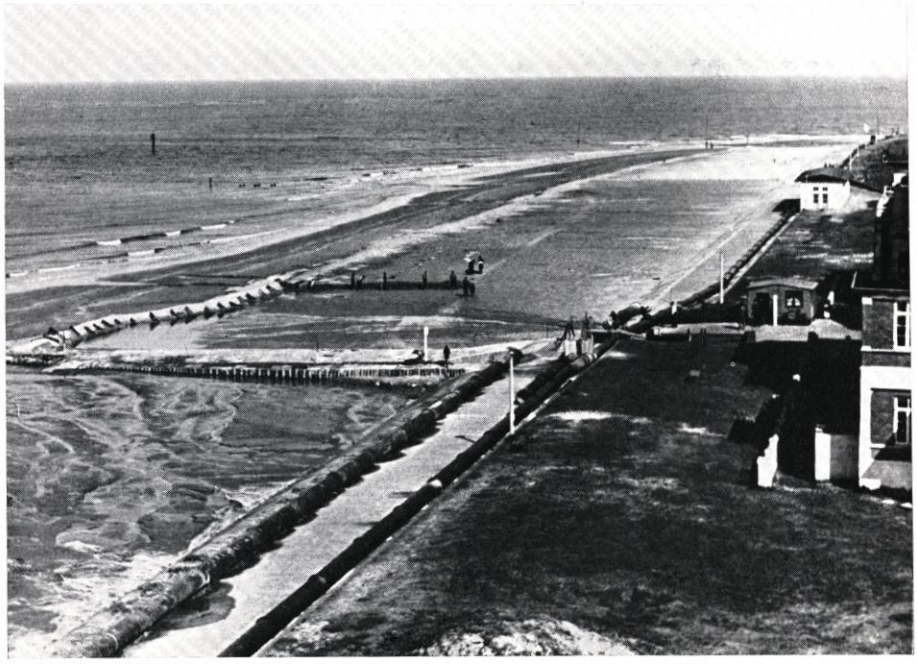
Aufnahme: PH. HOLZMANN AG

Abb. 4. Luftbild während der Aufspülung 1951 mit Spüler, Rohrleitung und Teil des bereits aufgespülten Südweststrandes, Blickrichtung nach Südosten

leitung, 0,30 m breit und 0,15 m hoch, waren in Abständen von etwa 2,50 m in den Rohren ausgeschnitten. Die Rieselleitung wurde einige Stunden vor Niedrigwasser abgeschaltet, um den Sand nicht unnötig in die Strömung vor dem Buhnenkopf zu leiten. In der Zwischenzeit konnten noch nicht aufgespülte Felder aus je zwei Rohröffnungen beschickt werden. Nach der Aufspülung war

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

zunächst ein rund 100 m breiter hochwasserfreier Strand geschaffen, der während des Sommers als Badestrand benutzt werden konnte, jedoch im unmittelbaren Einflußbereich des Seegats im folgenden Winter bereits verlorenging.



Arch. Aufn. Nr. 392, Forschungsstelle Norderney

Abb. 5. Aufnahme während der Aufspülung 1951 an der Westseite der Insel mit Buhne E, davor Rieselleitung in Betrieb, dahinter Spülung in Spülbecken mit Spüldeichen

2. Strandentwicklung nach der Aufspülung

Bereits vor der Aufspülung wurden zusätzliche Strandvermessungen und andere Beobachtungen begonnen und nachher in regelmäßigen Abständen wiederholt. Die Ergebnisse liegen für nunmehr acht und sieben Jahre — Stand vom Frühjahr 1959 — vor:

1. Nivellitische Vermessungen des Strandes oberhalb MTnw und Lotung des Vorstrandes unterhalb MTnw bis in die tiefe Rinne des Seegats oder — 5,0 m NN an der Nordwestseite der Insel. Die Vermessung des Vorstrandes bis zur Tiefenlinie — 5,0 m NN ist ausreichend, da der Inselsockel unterhalb — 4,0 m NN — durch Unterwasserbuhnen festgelegt — seit 1900 keine Veränderungen zeigt. Der Sand, welcher während der Aufspülung in den Bereich unterhalb dieser Tiefenlinie abfloß, wurde durch die Strömung des Seegats sofort weitertransportiert.
2. Jährliche fotografische Aufnahmen des aufgespülten Strandes in festgelegten Richtungen, die ein anschauliches Bild der Veränderungen geben.
3. Kornanalysen von Sandproben, die an der Baggerstelle und aus verschiedenen Buhnenfeldern unmittelbar nach der Aufspülung entnommen worden sind. Durch Wiederholung wurde die zeitliche Änderung der Kornzusammensetzung des auf den Strand gespülten Sandes bestimmt, der der Sortierung durch Brandung und Wind unterworfen ist.

Um die Strandveränderungen übersichtlich darstellen zu können, wurde der aufgespülte Bereich in Abschnitte mit gleichartiger Entwicklung zusammengefaßt, die sich abzeichneten,

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

nachdem die Profilaufnahmen mehrfach wiederholt worden waren. Im Sommer 1951 wurde in die Abschnitte 1 bis 6 (Abb. 3) und darüber hinaus in das Buhnenfeld H_1 — J_1 Sand verspült. Da jedoch im Abschnitt 6 während des Winters 1951/52 erhebliche Sandmengen verlorengingen, überwiegend durch Umlagerung in die östlich anschließenden, noch tief liegenden Buhnenfelder, wurde der Abschnitt 6 im Sommer 1952 erneut aufgespült. Als Gesamtmengen ergeben sich für den Bereich der Aufspülung 1951 (Abschnitte 1—5) und den Bereich der Aufspülung 1952 (Abschnitte 6—10):

Bereich Aufspülung 1951		Bereich Aufspülung 1952	
Spülsandmenge	1 043 800 m³	Spülsandmenge	772 700 m³
Abzügl. Abschnitt 6	263 400 m³	Zuzügl. Abschnitt 6	263 400 m³
Abzügl. Buhnenfeld H_1—J_1	19 100 m³	Zuzügl. Buhnenfeld H_1—J_1	19 100 m³
Gesamtmenge (Tab. I)	761 300 m³	Gesamtmenge (Tab. I)	1 055 200 m³

Anhand der jährlich vermessenen Strandprofile können durch Vergleich mit dem Ausgangszustand die aufgespülten Sandmengen und die Sandverluste berechnet werden, wozu im Mittel je Buhnenfeld vier Profile mit einem Abstand von rund 50 m verfügbar sind. Die Sandmengen ergeben sich, indem die Differenzflächen der zu vergleichenden Profile planimetriert und mit der zugehörigen Strandbreite multipliziert werden. Die Summierung ergibt die Menge je Buhnenfeld bzw. Abschnitt (Tabelle I). Nach oben werden die berechneten Volumen durch das Deckwerk und seitlich durch die Buhnen begrenzt. Die untere Grenze ist für die „Mengen oberhalb MTnw" die MTnw-Linie. Für die „Gesamtmengen" ist sie der Übergang vom Unterwasserstrand zum steileren Hang des Seegats oder dort, wo die größeren Tiefen weiter vom Strand entfernt sind, die Tiefenlinie — 5,0 m NN. Für die zeitliche Änderung wird von der Sandmenge ausgegangen, die nach der Aufspülung auf dem Strand verblieben und gleich 100 % gesetzt ist, so daß die Differenz (Tabelle I, Spalte 2 abzüglich Spalte 3) der Spülverlust ist. In den Spalten 4 bis 13 und 15 bis 26 sind die in den Abschnitten verbliebenen Sandmengen und die auf Spalte 3 bzw. 14 bezogenen Prozentsätze aufgeführt. Die Summen in den Bereichen der Aufspülung 1951 und 1952 sind getrennt angegeben, da in einer Zusammenfassung (weiteren Mittelbildung) die sehr unterschiedlichen Strandverhältnisse verdeckt werden.

Die Berechnung der Sandmengen oberhalb MTnw ist genauer als die der Gesamtmengen möglich, da für erstere nur nivellitische Messungen und für die letzteren zusätzlich Lotungen benutzt werden, deren Meßpunkte mittels Sextanten bestimmt werden. Vor allem dort, wo das Seegat verhältnismäßig nahe dem Strand liegt und der Unterwasserstrand stärker geneigt ist, wirken sich Lagefehler stärker aus. Die Mengenangaben oberhalb MTnw sind daher für die Beurteilung der Strandentwicklung zuverlässiger.

In der Abbildung 6 sind die Ergebnisse der Sandmengenberechnung graphisch dargestellt (vgl. Tab. I):

a) Die prozentuale Entwicklung der Aufspülung 1951 und 1952, wobei die in den Strandabschnitten 1 bis 5 bzw. 6 bis 10 unmittelbar nach der Aufspülung verbliebenen Sandmengen mit 100 % angesetzt sind.
b) Die Änderungen der Sandmengen in den Abschnitten 1 bis 5 in absoluten Größen.
c) Die Änderungen der Sandmengen in den Abschnitten 6 bis 10 in absoluten Größen. Eingetragen sind außerdem die Zeitdauer der Platenanlandung an den Nordstrand sowie die Beendigung der Buhnenbauten in den Strandabschnitten 8 bis 10, um deren Einfluß auf die Strandentwicklung erkennen zu können.

Die Abbildung 6 zeigt, daß im Bereich der Aufspülung 1951 der Strand zunächst schneller, später langsamer abgetragen wurde. Anfänglich nahm der nach der Sandauffüllung überhöhte

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

Tabelle I
Gesamtsandmengen

Abschnitt	Aufgespülte Sandmengen Schutenmaß	Nach Aufspülung	Herbst 1951	Frühj. 1952	Herbst 1952	Frühj. 1953	Herbst 1953	Frühj. 1954	Herbst 1954	Frühj. 1955	Frühj. 1956	Frühj. 1957
	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	147,4 110 %	134,1 100 %	106,7 79 %	100,2 75 %	84,3 63 %	79,8 60 %	84,0 63 %	83,2 62 %	80,4 60 %	94,0 70 %	87,8 65 %	74,8 56 %
2	9,8 61 %	16,1 100 %	16,1 100 %	28,7 181 %	28,9 181 %	22,4 137 %	27,8 175 %	26,8 166 %	25,9 162 %	22,4 137 %	11,4 71 %	6,9 43 %
3	61,8 102 %	60,8 100 %	67,0 110 %	49,4 81 %	56,8 93 %	48,9 80 %	50,5 83 %	47,3 78 %	44,2 72 %	39,2 64 %	38,4 63 %	41,0 67 %
4	155,9 145 %	107,4 100 %	88,3 82 %	67,8 63 %	76,6 72 %	68,5 64 %	66,4 62 %	56,9 53 %	48,4 45 %	39,8 37 %	28,8 27 %	25,8 24 %
5	386,4 172 %	224,6 100 %	189,9 85 %	148,0 66 %	152,0 70 %	146,0 65 %	143,8 64 %	134,9 60 %	126,0 56 %	111,4 49 %	106,0 47 %	95,6 43 %
Bereich*) Aufspülung 1951	761,3 140 %	543,0 100 %	468,0 86 %	394,1 73 %	398,6 73 %	365,6 67 %	372,5 68 %	349,1 64 %	324,9 60 %	306,8 56 %	272,4 50 %	244,1 45 %
6	380,9 174 %	219,4 100 %			191,9 87 %	173,0 79 %	152,2 69 %	131,3 60 %	110,6 50 %	110,5 50 %	95,1 43 %	80,7 37 %
7	210,2 185 %	113,3 100 %			84,2 74 %	44,6 39 %	26,0 23 %	7,4 7 %	—11,2 —10 %	23,4 22 %	—7,0 —6 %	—27,0 —24 %
8	202,6 123 %	164,4 100 %			235,0 143 %	273,3 166 %	279,3 170 %	285,3 174 %	291,4 177 %	306,1 187 %	334,6 204 %	431,5 262 %
9	220,6 138 %	159,7 100 %			155,6 97 %	162,5 102 %	180,3 113 %	198,1 124 %	216,0 136 %	230,9 144 %	255,9 160 %	265,8 166 %
10	40,9 290 %	14,1 100 %			18,8 133 %	21,8 155 %	31,4 223 %	41,0 290 %	50,6 360 %	78,8 560 %	85,8 610 %	97,0 688 %
Bereich*) Aufspülung 1952	1 055,2 157 %	670,9 100 %			685,5 102 %	675,2 101 %	669,2 100 %	663,1 99 %	657,4 98 %	749,7 112 %	764,4 114 %	848,0 126 %

Spülmenge im Jahr 1951: 1 043 800 m^3
Verblieben nach Aufspülung 1951: 732 500 m^3
Spülverlust 1951: 311 300 m^3

*) siehe Text.

und unnatürlich steile Strand oberhalb MTnw, der dem Brandungsangriff am meisten ausgesetzt war, besonders stark ab. Vom Herbst 1951 an trat eine ungefähr gleichlaufende Abnahme der Sandmenge oberhalb MTnw und der Gesamtmenge ein. Bis 1954 wurden die Änderungen zweimal jährlich beobachtet — ab 1955 einmal im Jahr —, so daß während der Sommermonate 1952 ein Stillstand und 1953 sogar eine geringe Zunahme festgestellt werden konnten. Eine unterschiedliche Entwicklung während der Sommer- und Wintermonate war auch — wie der Augenschein zeigte — in den letzten Jahren vorhanden. Die Berechnung der Gesamtsandmenge wurde von 1958 an aufgegeben, da diese — wie bereits erwähnt — unsicher ist, und die Veränderungen unterhalb der MTnw-Linie nach mehreren Jahren nicht mehr mit der Aufspülung in Verbindung gebracht werden können. Außerdem sollte vermieden werden, daß durch übermäßige Angabe rechnerisch ermittelter Werte das Bild des tatsächlichen Strandzustandes, der in erster Linie von den Verhältnissen in den ungünstigsten Buhnenfeldern abhängt, verdeckt wird.

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

Tabelle I
Sandmengen oberhalb MTnw

Nach Aufspülung	Herbst 1951	Frühj. 1952	Herbst 1952	Frühj. 1953	Herbst 1953	Frühj. 1954	Herbst 1954	Frühj. 1955	Frühj. 1956	Frühj. 1957	Frühj. 1958	Frühj. 1959
10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3	10^3m^3
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
125,0	97,5	91,1	75,2	70,7	74,9	76,9	69,0	73,0	71,4	63,0	62,0	65,0
100 %	78 %	73 %	60 %	57 %	60 %	62 %	55 %	58 %	57 %	50 %	50 %	52 %
11,8	11,8	24,4	24,6	18,1	23,5	22,3	20,8	16,9	8,4	6,4	4,4	3,1
100 %	100 %	207 %	207 %	153 %	199 %	189 %	176 %	143 %	71 %	54 %	37 %	26 %
46,7	52,9	35,3	42,7	34,8	36,4	29,0	30,2	22,5	23,7	27,3	25,7	27,7
100 %	113 %	76 %	91 %	74 %	78 %	62 %	65 %	48 %	51 %	58 %	55 %	61 %
80,7	61,6	41,1	49,9	41,8	39,7	33,9	30,8	21,7	15,6	17,5	16,4	16,7
100 %	76 %	51 %	62 %	52 %	49 %	42 %	38 %	27 %	19 %	22 %	20 %	21 %
133,5	98,8	56,9	60,9	54,9	52,7	47,8	48,1	35,0	30,7	25,4	19,4	21,9
100 %	74 %	43 %	46 %	41 %	39 %	36 %	36 %	26 %	23 %	19 %	14 %	16 %
397,7	322,6	248,8	253,3	220,3	227,2	209,9	198,9	169,1	149,8	139,6	127,9	134,4
100 %	81 %	63 %	64 %	55 %	57 %	53 %	50 %	43 %	38 %	35 %	32 %	34 %
92,5			72,2	52,4	48,5	35,5	40,8	29,1	27,1	26,1	13,9	20,0
100 %			78 %	57 %	52 %	38 %	44 %	31 %	29 %	28 %	15 %	22 %
89,8			68,1	28,3	23,4	14,2	16,6	0,0	— 3,8	2,8	— 3,3	— 3,1
100 %			76 %	31 %	26 %	16 %	18 %	0 %	— 4 %	3 %	— 4 %	— 3 %
104,2			123,7	154,1	149,1	166,4	183,3	157,6	179,2	190,1	202,1	218,6
100 %			119 %	148 %	143 %	160 %	176 %	151 %	172 %	182 %	194 %	210 %
66,9			49,4	46,1	53,2	61,9	80,9	84,9	101,2	102,4	101,2	113,2
100 %			74 %	69 %	79 %	92 %	121 %	127 %	151 %	153 %	151 %	169 %
12,8			6,7	7,2	3,5	11,2	19,9	27,7	53,3	71,1	70,5	78,6
100 %			54 %	58 %	28 %	91 %	162 %	225 %	433 %	577 %	551 %	614 %
366,2			320,1	288,1	277,7	289,2	341,5	299,3	357,0	392,5	384,4	427,3
100 %			87 %	79 %	76 %	79 %	93 %	82 %	97 %	107 %	105 %	117 %

Spülmenge im Jahr 1952:	772 700 m³
Verblieben nach Aufspülung 1952:	513 000 m³
Spülverlust 1952:	259 700 m³

Um die Strandverhältnisse im Hinblick auf eine genügende Eindeckung der Strandschutzwerke beurteilen zu können, ist die Errechnung der Sandmenge oberhalb MTnw geeigneter, die bis 1959 fortgesetzt worden ist, auch wenn diese Mengenänderungen teilweise von der Aufspülung unabhängige Entwicklungen wiedergeben. Die Sandmenge oberhalb der MTnw-Grenze ist im Mittel der Abschnitte 1 bis 5 bis zum Frühjahr 1959 bis auf 34 % zurückgegangen, wobei in den einzelnen Abschnitten, wie die Tabelle I zeigt, erhebliche Unterschiede sind. So sind im Abschnitt 3 noch 61 % und im Abschnitt 5 noch 16 % des nach der Aufspülung vorhandenen Sandes (Spalte 3) verblieben. Insgesamt zeigen die Sandmengenänderungen in den einzelnen Abschnitten (Abb. 6b) einen ungefähr gleichartigen Verlauf. — Wenn die Sandmengen oberhalb MTnw (Abb. 6a, Tab. I) von 1958 bis 1959 von 32 % auf 34 % zugenommen haben, so ist darin lediglich eine Auswirkung der günstigen Wetterlage während dieses Zeitraums zu sehen. Auf ähnliche Zunahmen während der Sommermonate wurde im vorhergehenden Absatz hingewiesen. Für die zukünftige Entwicklung ist mit Sicherheit zu er-

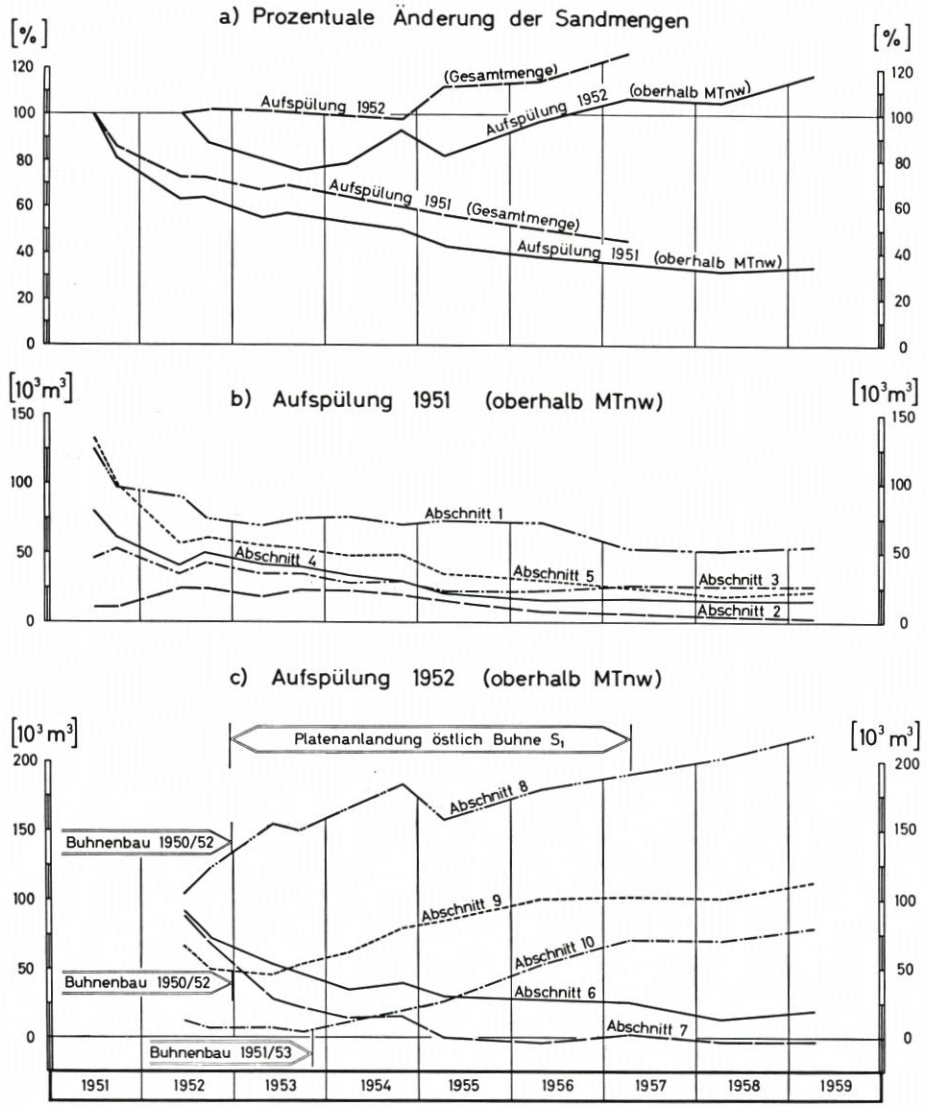


Abb. 6. Veränderungen der Sandmengen am Strand nach der Aufspülung 1951—1952

warten, daß der Strand weiter abnimmt, da die die Sandverluste verursachenden Naturkräfte im Aufspülungsbereich 1951 unverändert wirksam sind.

Im Bereich der Aufspülung 1952 nahm die Sandmenge oberhalb MTnw bis zum Herbst 1953 zunächst schneller und dann langsamer ab, weil auch hier der nach der Aufspülung überhöhte hochwasserfreie Strand stärker abgetragen wurde. Vom Herbst 1953 ab begann im Mittel dieses Aufspülungsbereichs eine Zunahme. Der Strandzustand vom Frühjahr 1959 ist:

Abschnitt 6: 22 % mehr als vor der Aufspülung
Abschnitt 7: 3 % weniger als vor der Aufspülung
Abschnitt 8: 210 % mehr als vor der Aufspülung

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

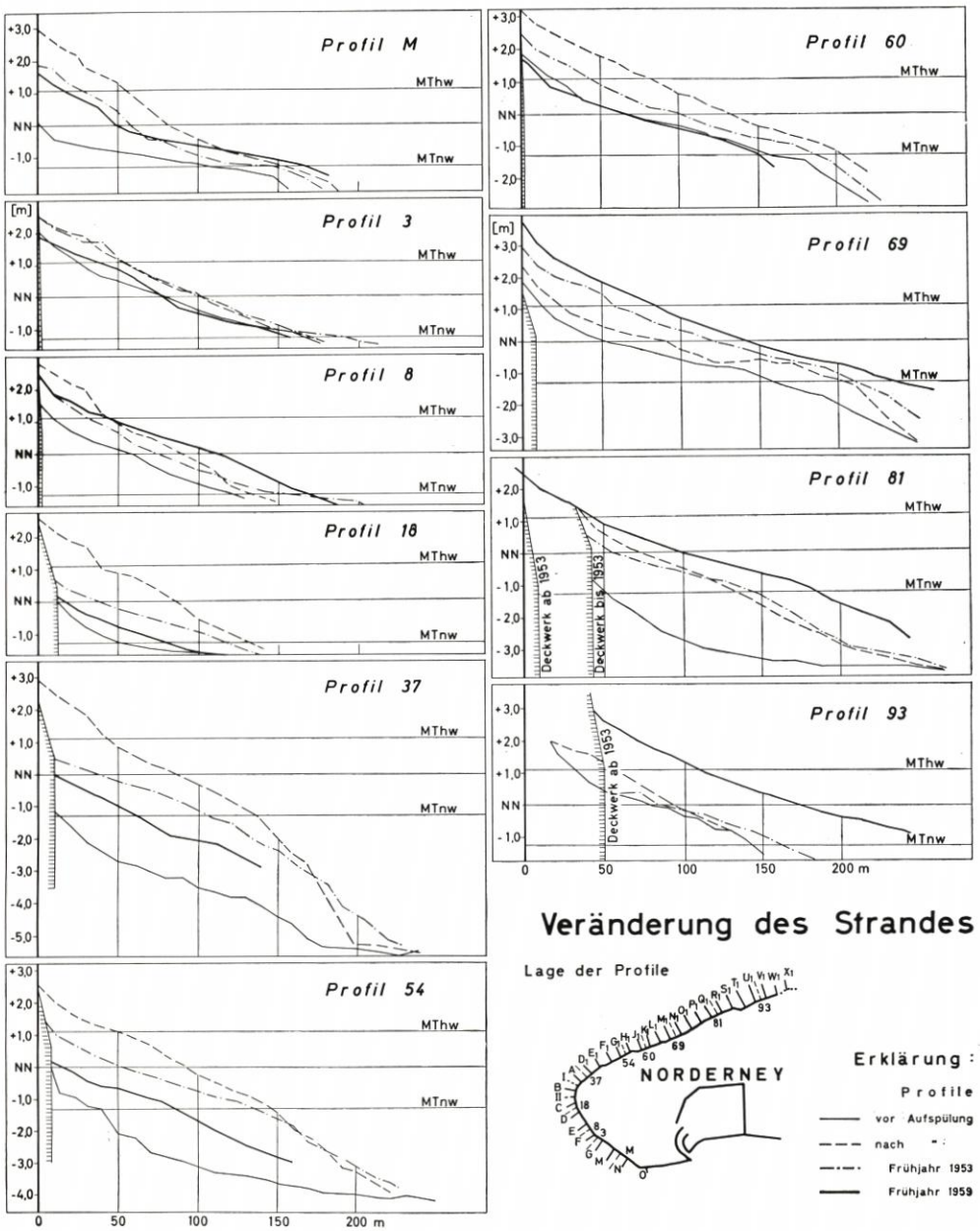


Abb. 7. Höhenänderungen in den Strandprofilen

Abschnitt 9: 169 % mehr als vor der Aufspülung
Abschnitt 10: 614 % mehr als vor der Aufspülung.

Die Zunahme der Gesamtsandmengen begann unmittelbar nach der Aufspülung, besonders stark vom Herbst 1954 an, so daß zur Zeit der letzten Berechnung im Frühjahr 1957 im Mittel 126 % der nach der Aufspülung vorhandenen Menge — mit einer Streuung in den

einzelnen Abschnitten von + 688 % bis — 24 % — vorhanden waren. Das Anwachsen der Sandmengen auf ein Mehrfaches der anfänglichen Mengen, wobei zu berücksichtigen ist, daß es sich im Abschnitt 10 nur um eine kleine Ausgangsmenge handelt, darf nicht als Auswirkung der Aufspülung angesehen werden. Hierauf wird noch eingegangen werden.

Der Versuch, eine Abhängigkeit zwischen Tidewasserständen (Sturmfluten) und Sandmengenänderungen zu ermitteln, war ergebnislos. Der Grund dafür ist der zeitlich große Abstand der Sandmengenberechnungen. In den Zwischenzeiten werden kurzzeitige Schwankungen infolge häufig wechselnder Windrichtung, Brandungsstärke und Wasserstände, die für den Transport des Sandes am Strand maßgebend sind, ausgeglichen, so daß die Einzelwirkungen nicht erfaßt werden können.

Von den jährlich gemessenen Strandprofilen sind einige, die für den zugehörigen Strandabschnitt kennzeichnend sind, aufgetragen (Abb. 7). Die Strandhöhen für vier Zeitpunkte werden gegenübergestellt:

1. Strandhöhen vor der Aufspülung,
2. Strandhöhen nach der Aufspülung 1951 bzw. 1952,
3. Strandhöhen vom Frühjahr 1953, nachdem die anfänglichen größeren Sandverluste infolge des nach der Aufspülung überhöhten Strandes abgeklungen sind,
4. Strandhöhen vom Frühjahr 1959.

Im einzelnen ist zu den Veränderungen der Strandprofile zu bemerken: In Profil M trat nach der Aufspülung nur oberhalb MTnw eine Abnahme ein. Die Profile 3 und 8 zeigen einen guten Strandzustand an. Das Profil 18 hat fast wieder den Zustand wie vor der Aufspülung erreicht. Im Profil 37, wo der Strand vor der Aufspülung vollständig unterhalb MTnw lag, hat er bis 1959 ungefähr auf eine Mittellage zwischen der Höhe vor und nach der Aufspülung abgenommen, dagegen ist im Profil 54 diese Mittellage bereits unterschritten. Eine Strandhöhe, die etwas unter der vor der Aufspülung liegt, weist das Profil 60 auf. Die Profile 69, 81 und 93 zeigen infolge der starken natürlichen Ansandung einen höheren Strand als vor der Aufspülung. — Die Strandneigungen sind im allgemeinen flacher als vor der Aufspülung (KRAMER 1957). Jedoch stellt sich dort, wo die Strandhöhe vor der Aufspülung wieder erreicht worden ist, auch die frühere Strandneigung wieder ein. Daraus ist die Abhängigkeit von Strandhöhe, Strandneigung und Wellenwirkung ersichtlich.

Aus der Reihe der jährlichen fotografischen Aufnahmen geben die Abbildungen 8 bis 23 den Zustand an verschiedenen Stellen des Strandes vor und zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Aufspülung wieder (Lage vgl. Abb. 3).

Die Veränderungen der Kornverteilung des verspülten Sandmaterials wurden anhand von Proben bestimmt, die an der Baggerstelle Hohes Riff und im Aufspülungsbereich 1951 — unmittelbar nach Beendigung der Aufspülung beginnend — entnommen wurden (KRAMER 1957). Zwei Monate nachher war bereits die Auswaschung des Feinanteils des abgelagerten Sandes zu erkennen. Da die Sortierung des Spülmaterials sehr bald abgeschlossen war, wurden keine weiteren Proben entnommen. Im Sommer 1957 entsprach die Zusammensetzung der Strandsande wieder den natürlichen Verhältnissen, wie erneute Kornanalysen ergaben.

3. Ergebnisse der Strandaufspülung 1951—1952

Insgesamt wurden im Jahre 1951 zwischen den Buhnen 0 bis J_1 1 043 800 m³ und im Jahre 1952 zwischen den Buhnen E_1 und V_1 772 700 m³ Sand verspült, so daß sich eine Gesamtmenge von 1 816 500 m³ Sand ergibt. Von dem verspülten Sand waren unmittelbar nach Abschluß der Arbeiten 1951 noch 732 500 m³ und 1952 noch 513 000 m³ auf dem Strand verblieben. Dadurch war ein Sandgewinn des Strandes von insgesamt 1 245 500 m³ zu ver-

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

Abb. 8
Strand im Buhnenfeld
D–E
1951

Abb. 9
Strand im Buhnenfeld
D–E
1952

Abb. 10
Strand im Buhnenfeld
D–E
1958

Arch. Aufn. Nr. 770, 765 u. 1463, Forschungsstelle Norderney

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

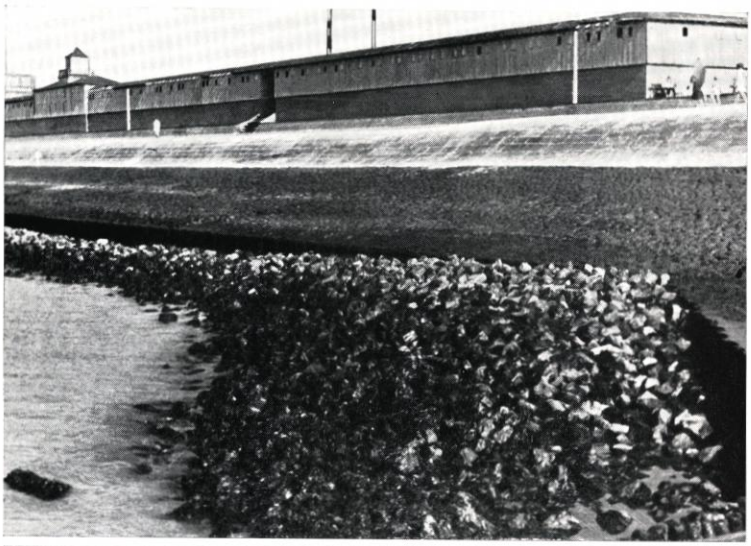


Abb. 11
Strand im Buhnenfeld
E_1–F_1
1951

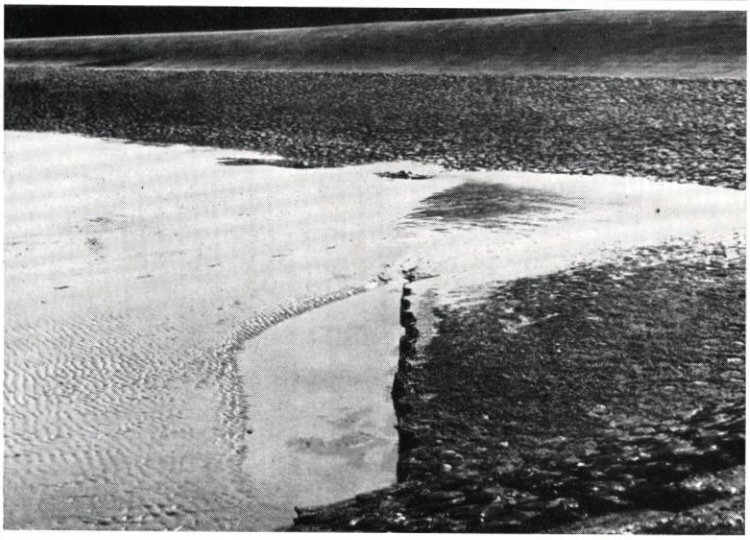


Abb. 12
Strand im Buhnenfeld
E_1–F_1
1953

Abb. 13
Strand im Buhnenfeld
E_1–F_1
1958

Arch. Aufn. Nr. 771, 944 u. 1463, Forschungsstelle Norderney

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

Abb. 14
Buhne G_1 und Strand
1951

Abb. 15
Buhne G_1 und Strand
1952

Abb. 16
Buhne G_1 und Strand
1958

Arch. Aufn. Nr. 772, 767 u. 1463, Forschungsstelle Norderney

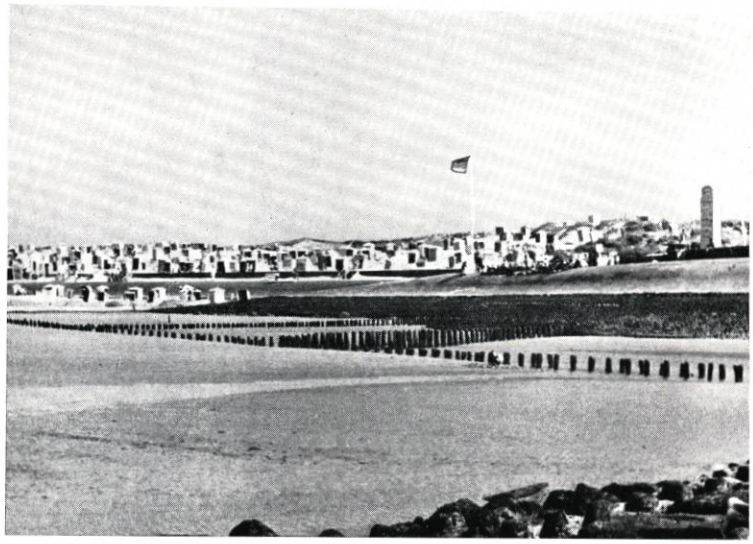


Abb. 17
Strand im Buhnenfeld
H_1–J_1
1950

Arch. Aufn. Nr. 772, Forschungsstelle Norderney

Abb. 18
Strand im Buhnenfeld
H_1–J_1
während der Aufspülung
1951

Arch. Aufn. Nr. 767, Forschungsstelle Norderney

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

Arch. Aufn. Nr. R 58, Forschungsstelle Norderney

Abb. 19
Strand im Buhnenfeld H_1–J_1 während der Verbreiterung der Deckwerksvorlage 1954

Arch. Aufn. Nr. 1463, Forschungsstelle Norderney

Abb. 20
Strand im Buhnenfeld H_1–J_1 1958

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

Abb. 21
Blick von der hohen Düne am Ostende der Schutzwerke nach Westen. Abschlußbauwerk aus dem Strand herausstehend
1954

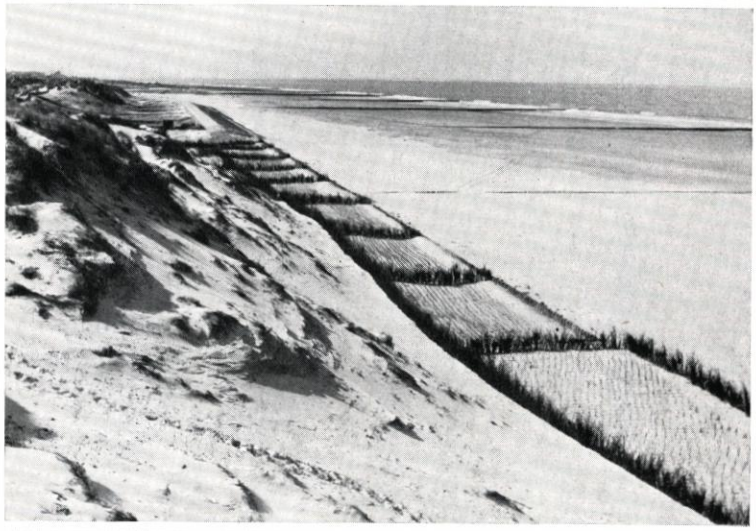


Abb. 22
Blick von der hohen Düne am Ostende der Schutzwerke nach Westen. Abschlußbauwerk übersandet
1957

Abb. 23
Natürliche Übersandung des Dünendeckwerks (Schrägprofil), 1958. Blick auf das Deckwerk und Buhnenfeld Q_1–N_1 nach Osten mit im oberen Teil übersandeten Buhnen

Arch. Aufn. Nr. 1163, R 71 u. R 71/36, Forschungsstelle Norderney

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

zeichnen. Die fehlenden Mengen von 311300 m³ im Jahre 1951 und 259700 m³ im Jahre 1952 waren die Spülverluste, die für 1951 rund 30% und für 1952 rund 34% — auf die Gesamtmenge bezogen rund 31% — der verspülten Sandmenge ausmachten. Die Verluste entsprechen damit ungefähr dem im Gutachten der Arbeitsgruppe mit 25% geschätzten Zuschlag zum für die Strandauffüllung notwendigen Sandbedarf. — Wenn die für die auf dem Strand verbliebenen Sandmengen vorstehend angegebenen Zahlen nicht mit den in der Tabelle I, Spalte 3, angegebenen übereinstimmen, so deshalb, weil der Strandabschnitt 6 aus den bereits erwähnten Gründen in beiden Jahren aufgespült wurde. Die Sandverluste des Strandes im Abschnitt 6 vom Sommer 1951 bis 1952 sind daher in die Tabelle eingegangen. Dadurch unterscheiden sich die Mengenangaben.

Die Gesamtkosten der Aufspülung 1951—1952 betrugen 3454000,— DM. Daraus ergibt sich ein Preis von 1,90 DM/m³ Sand, wenn von der insgesamt verspülten Menge ausgegangen wird. Wird jedoch die auf dem Strand unmittelbar nach der Aufspülung verbliebene Sandmenge zugrunde gelegt, so ist der Preis 2,77 DM/m³.

Im Verlauf der vergangenen acht und sieben Jahre nach der Aufspülung hat eine unterschiedliche Entwicklung der Strandabschnitte eingesetzt. Im Bereich der Aufspülung 1951 sind im Frühjahr 1959 noch rund 34% der Menge oberhalb der MTnw-Grenze vorhanden. Im Aufspülungsbereich 1952, der sich ungefähr mit dem Strandabschnitt E des Gutachtens deckt, hat eine günstigere Entwicklung begonnen, die jedoch nicht mehr als Auswirkung der Aufspülung angesehen werden darf. Sie muß im Zusammenhang mit der Platenanlandung aus dem Riffbogen und dem Ausbau der Schutzwerke gesehen werden. In der Abbildung 6 ist der Versuch gemacht, die Abhängigkeit der Strandänderungen von der Sandzufuhr aus einer besonders weit westlich auf den Strand treffenden Plate und von der Verlängerung des Buhnensystems nach Osten darzustellen. Das starke Anwachsen der Sandmengen in den Strandabschnitten 8 bis 10 deutet auf die Sandzufuhr aus der Sandplate hin, die bereits früher (Homeier und Kramer 1956) behandelt wurde. Sie ist Ausdruck des Sandtransports im Riffbogen (Gaye und Walther 1935), der in etwa 3,5 bis 4,0 km Entfernung vom Westkopf der Insel auf den Strand trifft. Den Sandmengen der Strandabschnitte ist die Fertigstellung der Buhnen zugeordnet. Hierbei ergibt sich, daß die Strandzunahme sowohl mit dem Beginn der Platenanlandung in den Abschnitten 8, 9 und 10 einsetzt als auch ungefähr mit der Fertigstellung der Buhnen im jeweiligen Strandabschnitt zusammenfällt. Daher sind die Einflüsse von Platenanlandung und Buhnenwirkung auf die günstige Entwicklung des ostwärtigen Strandes gegenwärtig noch nicht zu unterscheiden. Diese zu trennen, wird erst nach Ablauf längerer Jahre möglich sein, wenn die Auswirkungen der letzten Platenanlandung abgeklungen sind oder sich eine solche wiederholt hat. Ein Vergleich mit der Strandentwicklung anderer Inseln, wo ähnliche Verhältnisse vorliegen, berechtigt jedoch anzunehmen, daß die Anlandung der Plate für die günstige Strandentwicklung ausschlaggebend ist. In der gleichen Richtung liegt die aus den Untersuchungen der letzten Jahre (Kramer und Homeier 1955) und auch an anderen Orten (Lamprecht 1957) gewonnene Erkenntnis, daß ein Buhnensystem zwar in der Lage ist, den ständigen Sandverlust am Strand zu vermindern, ihn aber nicht ohne Sandzufuhr im gleichbleibenden Zustand zu erhalten vermag.

Wenn die im Gutachten (Arbeitsgruppe 1952) für die Zeit nach der Aufspülung geschätzten Sandverluste mit den nachher beobachteten verglichen werden, ist zu beachten, daß sich geschätzte Werte, die zwar aus langjährigen, aber doch unvollständigen und teilweise ungenauen Strandaufnahmen (Bezugshorizont) ermittelt sind, und Mengenwerte gegenüberstehen, die aus kurzzeitigen, engmaschigen Strandvermessungen errechnet sind. Eine solche Schätzung ist auch mit Unsicherheiten behaftet, die in der nicht bekannten Kornzusammensetzung des

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

Spülgutes, der Wirkung des instand gesetzten und erweiterten Buhnensystems, der Häufigkeit von erhöhten Wasserständen und Sturmfluten und deren Dauer und Angriffsrichtung auf die einzelnen Strandabschnitte sowie in der Wirkung von Eis liegen. Alle diese Faktoren lassen höchstens eine Voraussage in Größenordnungen zu, so daß die seinerzeit geschätzte Menge deshalb auch nur als Anhalt genommen werden darf, zumal die nötigen Erfahrungen über die Bewährung einer solchen Vorspülung an der Küste erst später gesammelt werden konnten.

Weiterhin sind bei einem Vergleich der geschätzten und beobachteten Verluste die bis zum Frühjahr 1953 hohen Sandverluste unberücksichtigt zu lassen, die dem nach der Aufspülung zunächst überhöhten Strand zuzuschreiben sind. Die Sandmengen des Frühjahrs 1953, durch welche die Strandschutzwerke genügend eingedeckt waren, sind denen des Jahres 1957 gegenübergestellt. Von 1958 an ist die Ermittlung der Gesamtmengen — wie bereits ausgeführt — aufgegeben worden, weil die Sandmengenänderungen unterhalb der MTnw-Linie nicht mehr als Auswirkung der Aufspülung angesehen werden können, sondern auf die sonst wirksamen Naturkräfte zurückgeführt werden müssen. Die Gegenüberstellung ergibt:

Strand-abschnitt	Beobachtete jährliche Änderungen der Gesamtsandmengen m^3	Vorher geschätzte jährliche Änderungen der Gesamtsandmengen m^3
A	— 5 100	—
B	— 10 800	— 5 000
C	— 15 800	— 15 000
D	— 21 700	— 16 000
Σ A—D	— 53 400	— 36 000
E	+ 66 300	— 54 000

Die Verluste der Strandabschnitte A bis D, die eine gemeinsame Tendenz zeigen, sind getrennt von denen des Abschnitts E angegeben, wo die Entwicklung anderen Einwirkungen unterlag. Von 1953 bis 1957 war die jährliche Abnahme in den Abschnitten A bis D:

Frühjahr 1953 bis Frühjahr 1954 — 58 200 m^3 Sand
Frühjahr 1954 bis Frühjahr 1955 — 63 100 m^3 Sand
Frühjahr 1955 bis Frühjahr 1956 — 49 800 m^3 Sand
Frühjahr 1956 bis Frühjahr 1957 — 42 700 m^3 Sand.

Die sich abzeichnende Verringerung der jährlichen Verluste innerhalb von vier Jahren zeigt, daß sie der Schätzung der Arbeitsgruppe für die Strandabschnitte A bis D von 36 000 m^3/Jahr Sandverlust, dem Mittelwert von zwanzig Jahren, zukünftig in der Größenordnung entsprechen werden.

Für die Beurteilung des wirtschaftlichen Ergebnisses der Aufspülung ist ein Vergleich mit den Kosten angebracht, die für den Inselschutz hätten aufgewandt werden müssen, falls eine Strandaufspülung nicht ausgeführt worden wäre. Wenn der Strandbereich östlich der Buhne L_1 (Strandabschnitte 8 bis 10) außer Betracht gelassen wird, wozu die gegenwärtige Entwicklung berechtigt, bietet sich als Vergleichsmöglichkeit eine bauliche Lösung an, die früher (Forschungsstelle 1949) erörtert worden ist und sich wie die Aufspülung darauf beschränkt, der Wirkung der Naturkräfte entgegenzutreten. Es handelt sich um die Verstärkung der Schutzwerke und ihre Hinabführung bis zu einer Tiefenlinie, unterhalb der kein Inselabbruch mehr eintreten würde. Bei den gegenwärtigen Strandverhältnissen liegt der Inselsockel unterhalb der Tiefenlinie — 4,0 m NN fest. Im Falle der weiteren Strandabnahme würden die ungehindert auflaufenden und am Schutzwerk brandenden Wellen den Sand unterhalb dieser Tiefenlinie

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

abtragen. Annahmen gehen dahin, daß ein Beharrungszustand bei ungefähr — 7 m NN eintreten würde. Wenn auch die Baukosten einer solchen Lösung nicht mit den Kosten der Aufspülung verglichen werden können, darf doch mit Sicherheit angenommen werden, daß die jährlichen Unterhaltungskosten der dann schweren dynamischen Beanspruchungen ausgesetzten Deckwerke und Buhnen, die hoch aus dem Strand herausstehen würden, höher sind als die Kosten der Aufspülung auf die Zeit ihrer Wirkung umgerechnet. Wenn daher die Kosten der Aufspülung von rund 3,5 Millionen DM auf ihre zeitliche Wirksamkeit bezogen werden, ist festzustellen, daß sie von Erfolg war und eine technisch geeignete und wirtschaftliche Lösung darstellt, denn die weitere Zerstörung der Inselschutzwerke wurde damals verhindert, und diese sind seither genügend mit Sand eingedeckt, um ihre Standfestigkeit zu erhalten. Die gleichzeitige Verbesserung des Badestrandes war eine erwünschte Nebenwirkung. Mit der Abnahme der aufgespülten Sandmengen wurde von vornherein gerechnet, da das Kräftespiel am Strand durch die Aufspülung nicht beeinflußt wurde. Erkennbar ist, daß sich mit Abnahme der Strandhöhe die jährlichen Verluste verringern, jedoch ist mit der gegenwärtigen Höhenlage des Strandes eine Grenze erreicht, unterhalb der die Strand- und Dünenschutzwerke nicht mehr ausreichend mit Sand eingedeckt sind. Es muß infolgedessen nunmehr entschieden werden, durch welche Maßnahmen der Inselschutz zukünftig gewährleistet werden soll.

III. Plan einer fortlaufenden Strandaufspülung

1. Ergänzung des ungenügenden natürlichen durch künstlichen Sandtransport

Im Gutachten vom 20. 8. 1950 (Arbeitsgruppe Norderney 1952) wurde bereits auf die Möglichkeit hingewiesen, die Sandverluste nach der ersten Aufspülung durch Nachspülungen in Zeitabständen von mehreren Jahren auszugleichen. Nachdem das Ergebnis der Aufspülung 1951—1952 dahingehend beurteilt ist, daß sie ein zweckmäßiges Verfahren darstellt, den Strand am Westende der Insel Norderney zu erhalten, ist der Anlaß gegeben zu untersuchen, ob zukünftig ein ausreichender Inselschutz durch künstliche Sandzufuhr zum Strand gewährleistet werden kann. Auch Erfahrungen des Auslands (Kramer 1957), wo in den vergangenen Jahren mehrfach Strände an der Küste durch einmalige oder wiederholte Aufspülungen wiederhergestellt oder erhalten worden sind, sprechen dafür zu prüfen, ob der eingeschlagene Weg fortgesetzt werden kann.

Der unveränderte Bestand eines Sandstrandes bedingt, daß sich Sandabtrag und Sandzufuhr ausgleichen. Die Vorgänge, die Sandabtrag und Sandzufuhr bewirken, sind im Bericht der Forschungsstelle von 1950 (Thilo und Kurzak 1952) ausführlich behandelt. Der Sandstrom entlang der Küste verläuft im Seegebiet vor Norderney in den in der Abbildung 24 dargestellten Bahnen. Vom Westen her trifft der ostwärts verfrachtete Sand auf das Seegat vor Norderney und wird hier in eine bogenförmige Bewegung innerhalb des Riffgürtels (Abb. 25) umgelenkt. Die Transportrichtung des Sandes resultiert aus den überwiegend west-ostwärts gerichteten Tideströmungen entlang den Inseln (Reststrom) und der in der tiefen Seegatrinne unmittelbar vor Norderney vorherrschenden, nach Norden gerichteten Ebbeströmung, die durch die Wasservertriftung südlich und nördlich von Juist bei Westwindlagen verstärkt wird (Köritz 1954).

Der Sand aus dem Riffgürtel trifft etwa 3,5 km östlich der Westspitze auf den Nordstrand der Insel. Von hier wird er durch Strömung und Wind zum überwiegenden Teil nach Osten und in geringerer Menge nach Westen verfrachtet, wobei die Grenze ungefähr das

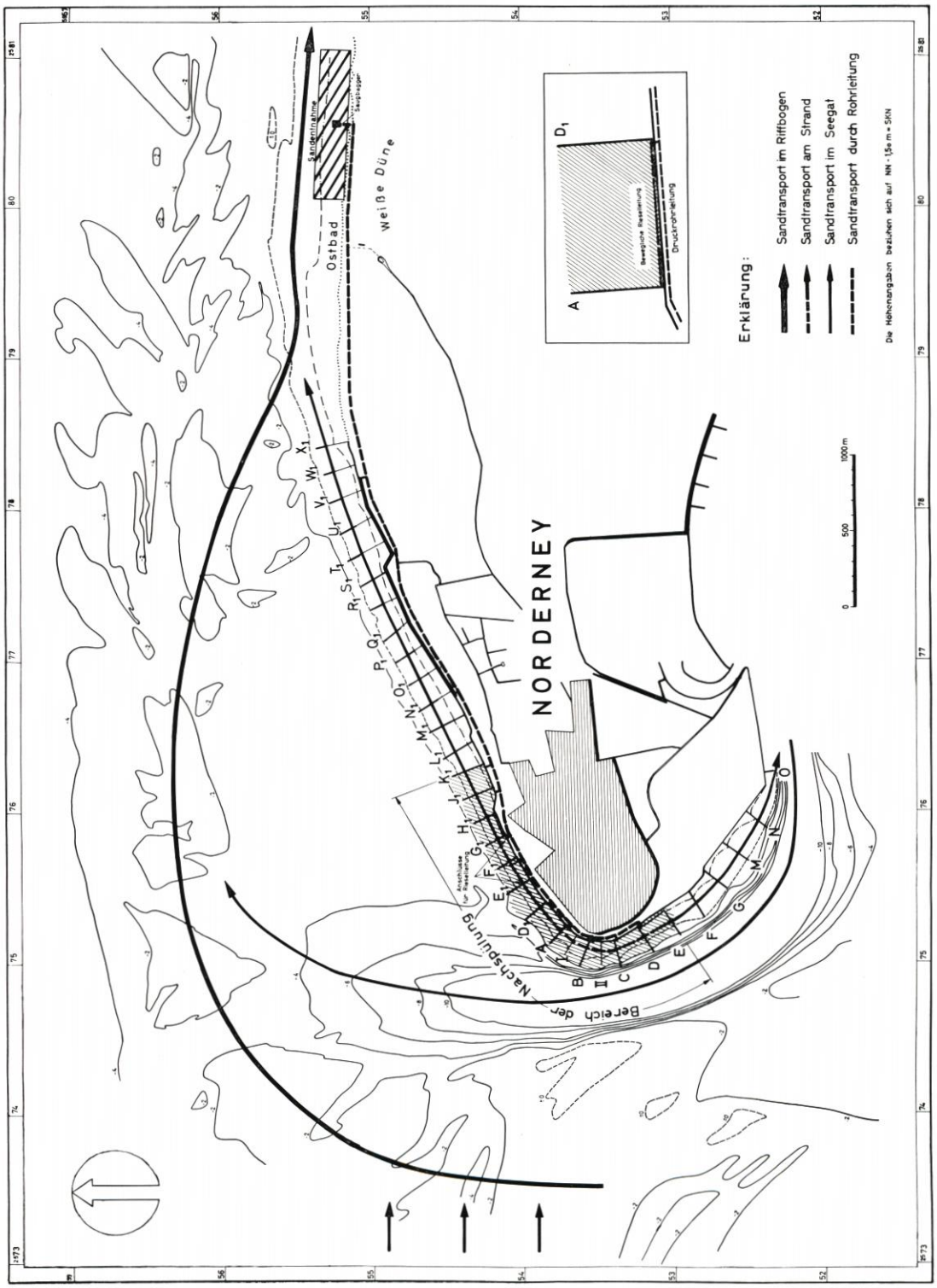


Abb. 24. Natürlicher Sandtransport im Seegebiet vor und vorgeschlagener künstlicher Sandtransport auf der Insel Norderney

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

Arch. Aufn. Nr. 1362, Forschungsstelle Norderney

Abb. 25. Luftaufnahme des Riffgürtels 1938. Blick über das Ostende von Juist, den Riffgürtel und den Westkopf von Norderney

Buhnenfeld H_1—J_1 bildet, ohne daß dort die Zufuhr ausreicht, um die Verluste auszugleichen. Der westlich anschließende Strandbereich, dem nur sehr geringe Sandmengen zufließen, die vom Riffgürtel her das Seegat durchqueren und in keiner Weise den durch Brandung auftretenden Sandverlust ausgleichen, ist daher ein ausgesprochenes Sandmangelgebiet.

Der Erfolg der seit etwa hundert Jahren angelegten Inselschutzwerke ist, daß die Dünenkante vor weiterem Rückgang gesichert werden konnte. Durch die um 1900 hergestellten Unterwasserbuhnen wurde der „Inselsockel" unterhalb der Tiefenlinie — 4,0 m NN seither erhalten (Abb. 2). Der Strand oberhalb dieser Tiefenlinie bis zum Fuß des Deckwerks konnte jedoch nicht vor Abbruch bewahrt werden, weil in diesem Bereich, in dem der Strand überwiegend durch Brandung Sand verliert, die Buhnen nicht die erwartete Wirkung zeigten (Kramer und Homeier 1954). Wenn der Weg des am Westende der Insel abgetragenen Sandes verfolgt wird, ergibt sich (Abb. 24), daß er vom nördlichen Strandbereich nach Osten und vom südlichen nach Südosten in das Riff Gat — von dort wiederum zum Riffgürtel — verfrachtet wird. Das geht aus verschiedenartigen Untersuchungen (Forschungsstelle Norderney 1949) hervor und läßt sich auch aus den Beobachtungen der Sandverlagerung am Strand nach der Aufspülung 1951—1952 ableiten.

Die Grundlagen für den Ausgleich der ungenügenden natürlichen durch künstliche Sandzufuhr sind demnach:

1. Der Sand aus dem Sandtransport entlang der Küste wird der Insel ostwärts des Ostendes der Schutzwerke durch die Sandbänke des Riffgürtels zugeführt.
2. Die Sandzufuhr zum Strand am Westende der Insel ist nicht ausreichend, um die dortigen

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

Verluste auszugleichen. Der Sandverlust beschränkt sich auf die Strandbreite vom Fuß der Deckwerke bis zur Tiefenlinie – 4,0 m NN (Inselsockel).

3. Das vom Strand abgetragene Sandmaterial wird wieder an den Riffgürtel abgegeben. Wenn die fehlende natürliche durch künstliche Sandzufuhr ersetzt wird, indem aus dem Anlandungsbereich des Riffgürtels Sand zum Westende der Insel gefördert wird, fließt das Material wieder zur Entnahmestelle zurück, so daß ein Kreislauf entsteht.
4. Um zu verhindern, daß in dem durch Nachfüllung zu erhaltenden Strandbereich der Sandverlust über das jetzige Maß hinaus wächst, sind die Schutzwerke im bestehenden Umfange zu erhalten.

Von diesen Voraussetzungen ausgehend, ist eine Anlage zu untersuchen, die den Sand vom Anlandungsbereich an der „Weißen Düne" zum Westende der Insel über eine mittlere Entfernung von 6 km fördern muß, um den Ausgleich zwischen Sandverlust und Sandzufuhr am Strand herzustellen und dort eine gleichbleibende Strandbreite und Strandhöhe zu erhalten.

2. Fördermengen und Sandentnahme

Aus dem Verhalten der Strandaufspülung 1951—1952 und den Erfahrungen des Auslandes (Kramer 1957) geht hervor, daß für den Bestand einer künstlichen Strandaufspülung vor allem folgende Überlegungen maßgebend sind:

1. Die Körnung des Spülsandes soll gleich oder möglichst gröber als die des von Natur am Strand abgelagerten Sandes sein. Je gröber die Körnung ist, desto langsamer geht der Sandabtrag vor sich.
2. Der zu erhaltende Strand ist nicht höher zu legen, als es für die zugedachte Aufgabe notwendig ist, um den Brandungsabtrag bei Sturmfluten möglichst gering zu halten.
3. Die Neigung des aufgespülten Strandes soll möglichst der natürlichen entsprechen, um auch dadurch den Sandverlust zu vermindern.

Der Sand für die Aufspülung 1951—1952 wurde am Hohen Riff (Abb. 3) mit Eimerkettenbaggern gewonnen. Da diese bei stärkerem Seegang nicht mehr arbeitsfähig sind, mußte der Entnahmeort auch nach dem Gesichtspunkt bestimmt werden, durchgehend arbeiten zu können, was im Schutze der Insel Norderney möglich war. Der dort gebaggerte Sand war feiner als der am Strand natürlich vorhandene (Abb. 26), so daß die unter Punkt 1 gestellte Bedingung nicht eingehalten werden konnte.

Der für eine zukünftige Strandaufspülung vorgesehene Entnahmeort an der Weißen Düne (Abb. 24) liegt in dem Strandbereich, der einen Sand aufweist, der im Mittel eine gröbere Körnung als der natürliche Strandsand im aufzuspülenden Bereich hat (Abb. 26). Von der Kornverteilung her gesehen, wird die Entnahmestelle auf der Nordseite der Insel am geeignetsten sein, die im Bereich der Sandanlandung an den Strand liegt, wo ungefähr das gröbste Korn vorhanden ist (Akkermann 1955). Hinzu kommt, daß der Strand hier an der „Weißen Düne" keinerlei Tonanteil hat. Der mit diesem Sand nachgespülte Strand wird daher nicht die dunkle Färbung aufweisen, die der 1951—1952 mit tonhaltigem Wattsand aufgefüllte Strand hatte. — Zur Darstellung der Siebbänder ist zu bemerken, daß die Sandproben, die den natürlichen Strandsand charakterisieren, 1957 entnommen sind. Die Kornverteilung hat sich hier seit 1951—1952 wieder entsprechend den natürlichen Bedingungen eingestellt, was durch fortlaufende Beobachtungen bestätigt wird.

Der Spülbetrieb erforderte 1951—1952 zeitweise zwei Eimerkettenbagger und zwei Spüler sowie lange Druckrohrleitungen. Auch um diese aufwendige Baustelleneinrichtung auszunutzen, mußte eine möglichst große Sandmenge verspült werden. Das trug dazu bei, den Strand mit unnatürlich steiler Böschung über das für die Sicherung der Insel notwendige Maß

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

hinaus aufzuhöhen, was im Gegensatz zu den Punkten 2 und 3 steht. Die Sandverluste durch Brandung waren daher im ersten Winter nach der Aufspülung 1951—1952 verhältnismäßig hoch und der hochwasserfreie Strand an der Westspitze der Insel sehr bald wieder verloren.

Ein überhöhter Strand mit ungewöhnlich starken Verlusten kann vermieden werden, wenn die künstliche Sandzufuhr nicht in zeitlich größeren Abständen ausgeführt und dann wegen der Kosten der Baustelleneinrichtung mit einer übergroßen Auffüllung verbunden wird.

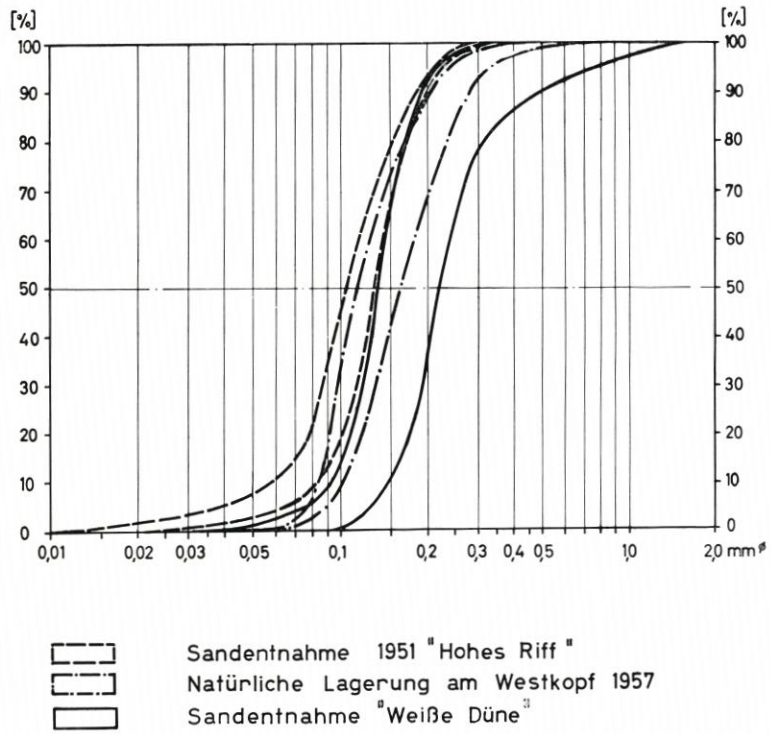


Abb. 26. Kornverteilung der Sande aus der Sandentnahme 1951, der natürlichen Lagerung am Westende der Insel und der vorgesehenen Sandentnahme für eine fortlaufende Sandnachspülung

Werden die Verluste dagegen jährlich ausgeglichen, wobei von einer für den Inselschutz ausreichenden Strandhöhe auszugehen ist, so werden die Verluste und damit die Sandzufuhr bei gleichbleibender Strandhöhe am geringsten sein. Nachspülungen in zeitlich größeren Abständen führen zu einem Pendeln der Strandhöhe zwischen einer maximalen und einer minimalen Lage, die zwar kurzzeitig zu einer (unnötig) starken Überdeckung der Schutzwerke führt, aber zwischenzeitlich ungenügend ist.

Zur Festlegung einer durch Sandnachspülung zu erhaltenden Strandhöhe können die Sandmengenänderungen am Strand nach der Aufspülung 1951—1952 ausgewertet werden. Als ausreichend ist die Strandhöhe im Frühjahr 1953 anzusehen (Abb. 7), denn sie erfüllt folgende Bedingungen:

1. Am West- und Nordweststrand der Insel, wo Sand künstlich zugeführt werden muß, waren 1953 der Deckwerksfuß und die Buhnen für den Inselschutz genügend mit Sand eingedeckt.
2. Die Strandneigung entspricht etwa der natürlichen, die sich auch bei tieferen Strandlagen einstellt.

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

3. Die Strandhöhe am Deckwerksfuß liegt unterhalb MThw, so daß bei Sturmfluten der Sandverlust durch Brandung weniger stark sein wird.

Von der Strandhöhe des Jahres 1953 auszugehen, bietet sich auch deshalb an, weil die jährlichen Sandverluste nach der Aufspülung 1951—1952 zunächst sehr stark und ab 1953 ungefähr jährlich gleichbleibend waren (vgl. Abschn. II. 3.). Die Sandverluste betrugen im Mittel von 1953 bis 1957 in den Abschnitten 1 bis 6 (Gutachten Abschn. A bis D) rund 53 000 m³ Sand jährlich. Wenn diese Sandmenge mit einem Zuschlag für den teilweise der Zufuhr bedürfenden Abschnitt 7 jährlich wieder nachgefüllt wird, kann erwartet werden, daß innerhalb begrenzter Schwankungen, die durch wechselnde meteorologische Bedingungen verursacht werden, der Strand auf gleichbeibender Höhe gehalten wird. Vorzusehen wäre eine Sandzufuhr von jährlich rund 60 000 m³. Dabei ist unberücksichtigt, daß das gröbere Material im geringeren Umfange abgetragen werden wird.

Wenn es auch möglich sein würde, den Sand ausschließlich den an der Westspitze der Insel gelegenen Buhnenfeldern zuzuführen, weil er von dort auf natürliche Weise in die südlich und östlich anschließenden Buhnenfelder weitergetragen wird, würden bei diesem natürlichen Längstransport doch unnötig große Verluste eintreten. Die Sandzufuhr ist daher zweckmäßig auf einen größeren Strandbereich zu verteilen — etwa zwischen den Buhnen E bis J_1 (Abb. 24) —, zumal dadurch die Kosten der Förderanlage nur unwesentlich anwachsen. Bei einer solchen Ausdehnung des Spülbereichs wird in die benachbarten Buhnenfelder, in denen eine geringere Sandzufuhr nötig ist, Sand durch Brandung und Strömung ohne übergroße Verluste verfrachtet werden.

Die jährliche Nachfüllung des Strandes mit 60 000 m³ Sand bedingt das Verspülen einer größeren Menge, weil die Spülverluste hinzutreten, denn ein Teil des zu verspülenden Sand-Wasser-Gemisches fließt unmittelbar in das Meer ab. Der Spülverlust kann auf Grund der Erfahrungen während der Aufspülung 1951—1952 mit 35 % angesetzt werden, so daß die jedes Jahr zu fördernde Sandmenge 60 000 + 21 000 = 81 000 m³ beträgt.

Eine jährliche Sandzufuhr von abgerundet 80 000 m³, die am günstigsten ist, weil dann die insgesamt im Laufe der Zeit notwendige Fördermenge am geringsten bleibt, ist deswegen anzustreben, weil für den Förderbetrieb eine feste Anlage geschaffen werden muß. Denn nach Umstellung der Strandunterhaltung auf die künstliche Sandzufuhr muß die hierzu notwendige Einrichtung ständig betriebsbereit sein, um plötzliche Sandverluste so schnell wie möglich ausgleichen zu können, da dann die Sicherung der Insel von der künstlichen Sandzufuhr abhängig ist. Eine solche Daueranlage ist am vorteilhaftesten zu bemessen und zu betreiben, wenn sie auf jährlichen Betrieb abgestellt wird. Eine feste Anlage muß auch deshalb geschaffen werden, weil für die Sandförderung entlang der Nordseite der Insel das herkömmliche Gerät weniger geeignet ist. Bei einer Daueranlage, für die auch im Gegensatz zur wiederholt zu errichtenden Anlage die häufigen Auf- und Abbaukosten eingespart werden können, kann in der Gestaltung auch Rücksicht auf den Kurbetrieb genommen werden.

Der Sand wird so weit östlich entnommen, daß auch bei wechselnder Lage des Riffanlandungspunktes der stetige Sandnachschub gesichert ist. Ein ausreichender Sandnachschub ist dort vorhanden, da dem Strand aus dem Riffbogen jährlich mit Sicherheit 130 000 m³ und schätzungsweise weitere 130 000 bis 180 000 m³ Sand zufließen (Homeier und Kramer 1956).

Das von der Entnahmestelle zum Weststrand geförderte Sandmaterial wird, nachdem es wieder vom Strand abgetragen worden ist, erneut dem Riffbogen zugeführt und letztlich wieder an der Entnahmestelle angelandet (Abb. 24). Es wird also ein zusätzlicher Sandkreislauf neben der großräumigen Sandbewegung im Seegebiet vor Norderney erzeugt. Daß sich die Sandentnahme ungünstig auf den ostwärts anschließenden Strand auswirkt, ist

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

nicht zu befürchten, da die jährlich zu entnehmende Menge nur ein Teil des aus dem Riffbogen zugeführten Sandes ist. Außerdem wird eine Verminderung der Zufuhr nach „Auffüllung" des zusätzlichen Kreislaufs beendet sein, weil das entnommene Sandmaterial zur Ausgangsstelle zurückfließt. Für den im guten Zustand befindlichen breiten Strand an der „Weißen Düne" (Abb. 27) und den rückwärtigen Dünengürtel sind daher keine nachteiligen Folgen zu erwarten.

Um die Strandhöhe des Jahres 1953 wiederherzustellen, auf deren Erhaltung der Betrieb der Anlage zur fortlaufenden Nachspülung abzustellen wäre, ist es notwendig, in den ersten Jahren nach Aufnahme des Betriebes ein Mehrfaches der jährlichen Menge von 80 000 m³ zu

Arch. Aufn. Nr. 38 a, Forschungsstelle Norderney

Abb. 27
Strand an der „Weißen Düne" 1958. Blick von der Niedrigwasserlinie über den breiten Strand zur Dünenkette

fördern. Die Fehlmengen von 1953 bis zum Beginn des Betriebes werden zusätzlich auf den Strand zu bringen sein. Der praktische Betrieb wird zeigen, welche Abweichungen sich ergeben. Vor allem läßt sich nicht übersehen, welche Sandmengen eingespart werden können, weil der zu fördernde Sand grobkörniger und damit lagebeständiger ist als der natürliche Strandsand.

Wenn auch nicht auf die technische Durchbildung der Förderanlage eingegangen werden soll, so dürfte nach den bisherigen Untersuchungen das Spülverfahren am vorteilhaftesten sein. Der Sand wäre durch einen kleineren Saugbagger, der bei Sturmfluten aus dem Baggerloch am Strand vor der Weißen Düne herausgezogen und in den Vordünen abgestellt werden kann, oder mittels einer Schrapperanlage zu gewinnen. Vom Saugbagger bzw. der Schrapperanlage wäre das Spülgut wegen der großen Entfernung über Zwischenpumpen zum Westende der Insel zu fördern. In einer Daueranlage könnte der Betrieb weitgehend automatisiert werden, wodurch Personal eingespart wird und die Betriebskosten gesenkt werden.

Die Entnahme mittels Saugbagger oder Schrapper setzt voraus, daß der Sand in genügender Mächtigkeit ansteht. Da Bohrungen an der Weißen Düne gleichartigen marinen Sand bis −30,0 m NN und darunter nachweisen, kann ohne Schwierigkeiten Material bis zu 10 m Tiefe entnommen werden. Als Entnahmegebiet ist eine Fläche von 1000 m × 200 m vorgesehen (Abb. 24). Hier können 1000 · 200 · 10 = 2 Mill. m³ Sand gewonnen werden, die 25 Jahresmengen entsprechen, auch wenn in der Zwischenzeit keinerlei Sand dem Baggerloch zu-

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

fließt. Eine Tiefe von 10 m wird im praktischen Betrieb nicht entstehen, da dies durch das Nachfließen des Sandes unterhalb des Wasserspiegels in das Baggerloch (Schwimmsand) verhindert wird. Sollten durch den nachfließenden Sand die Randdünen in Mitleidenschaft gezogen werden, so dürften sich daraus keine Gefahren für die Insel ergeben, da der Dünengürtel in diesem Strandbereich sehr breit ist. Auch ließe sich die jeweilige Entnahme innerhalb des vorgesehenen Bereiches so legen, daß die Schäden an der Randdüne gering bleiben.

Das gesamte Entnahmegebiet wird jedoch vermutlich nicht benötigt werden, weil sich durch die Sandzufuhr aus den Strandriffen und durch Sandstäubung bereits bei einer kleineren Entnahmefläche Sandzufuhr und Baggermenge ausgleichen werden. Besonders durch Sturmfluten wird dem Baggerloch Sand von den Strandriffen her zugeführt werden.

Die Baukosten einer festen Spülanlage sind im Vergleich mit anderen bisher erörterten Vorschlägen zur dauernden Inselsicherung niedrig. Die jährlichen Betriebskosten dürften auf lange Sicht etwa den Kosten entsprechen, die einerseits zur Unterhaltung einer sonst für den Inselschutz notwendigen Großmaßnahmen aufgewandt werden müssen und andererseits bei der Unterhaltung der vorhandenen und dann ausreichenden Schutzwerke eingespart werden können.

Der fortlaufende Ersatz der Sandverluste an Seestränden als Mittel zur Stranderhaltung ist bisher in Europa nicht angewandt worden. In Amerika und Südafrika sind dagegen bereits mehrere Anlagen in Betrieb (KRAMER 1957), die jedoch in der Gesamtanordnung von der geplanten abweichen.

3. Stellungnahme der Arbeitsgruppe Norderney zum Plan einer jährlichen Sandaufspülung

Die Arbeitsgruppe Norderney des Küstenausschusses Nord- und Ostsee trat im Februar 1958 in Norderney zusammen. Dort wurde ihr über die Strandentwicklung nach der Aufspülung 1951—1952 und über die Ergebnisse neuerer Untersuchungen zur Frage des Inselschutzes berichtet. Weiterhin wurden die baulichen Pläne zur Sicherung der Insel, wie die Verlängerung der Buhne E (ARBEITSGRUPPE NORDERNEY 1952, WASSER- U. SCHIFFAHRTSAMT NORDEN 1953, HANNOVERSCHE VERSUCHSANSTALT 1957), der Aus- und Umbau der vorhandenen Inselschutzwerke sowie der vorbeschriebene Plan zur fortlaufenden Strandaufspülung erörtert. Von der Wiedergabe der Einzelheiten, die nicht im unmittelbaren Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit stehen, kann hier abgesehen werden.

Die Arbeitsgruppe*) faßte als Ergebnis ihrer Beratungen zusammen:

„Feststellungen und Empfehlungen

der Arbeitsgruppe Norderney des Küstenausschusses Nord- und Ostsee betr. Sicherungsarbeiten für den Sockel der Insel Norderney, beschlossen am 16. 2. 1958 nach einer Besichtigung der Inselschutzwerke und nach Vorträgen von Mitgliedern der Forschungsstelle Norderney über die Strandentwicklung und die geplanten weiteren Baumaßnahmen.

1. Die Untersuchungen der Forschungsstelle Norderney haben in den letzten Jahren keine

*) Teilnehmer:

Von der Arbeitsgruppe:	Professor Dr.-Ing. HENSEN
	Präsident Dr.-Ing. WALTHER
	Präsident i. R. Dr.-Ing. E. h. PLATE
	Regierungsbaudirektor Dr.-Ing. LÜDERS
	Oberregierungs- u. -baurat i. R. SCHUMACHER
	Oberregierungsbaurat ROLLMANN
Vom Küstenausschuß:	Der Vorsitzende: Professor Dr.-Ing. E. h. Dr.-Ing. AGATZ
	Der Leiter des Arbeitsausschusses: Reg.Baudirektor i. R. HENSEN

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

grundsätzlich neuen Erkenntnisse gegenüber den früheren Auffassungen gebracht. Sie ergaben aber eine wertvolle Verfeinerung der bisherigen Ergebnisse und eine Bestätigung der von der Arbeitsgruppe Norderney erwarteten Strandveränderungen.

2. Grundsätzlich ist erwiesen, daß die Sandaufspülungen in den Jahren 1951/52 zweckentsprechend waren. Die Schätzung der zu erwartenden Sandverluste nach der Aufspülung hat sich im großen ganzen bestätigt.
3. Die Verlängerung der Buhne E ist baulich durchdacht worden; ihre zweckmäßigste Bauweise wurde durch Modellversuche vorbereitet. Die technische Ausführung bietet keine besonderen Schwierigkeiten. Die Baukosten werden mindestens etwa 25 Mill. DM betragen. Gegenwärtig gibt es aber noch keinen Anlaß, diesen Bau als dringlich zu empfehlen.
4. Eine Änderung des Buhnensystems (Länge und Höhe der Buhnen) verspricht keinen sicheren Erfolg. Eine Vorspülung von Sand wird den gewünschten Erfolg sicherer bringen.
5. Die von der Forschungsstelle vorgeschlagene, im Ausland bereits an verschiedenen Stellen bewährte, wiederholte Sandvorspülung ist die wirtschaftlichste Möglichkeit zur Inselsicherung. Ihr Vorteil ist, daß jeweils die am meisten gefährdeten Buhnenfelder mit Vorrang und sofort nach einem größeren Sandverlust aufgespült werden können, wobei man vielleicht mit kleineren Sandmengen als bei Aufspülungen in zeitlich größeren Abständen auskommen wird.
6. Die Entnahmestelle für den zu verspülenden Sand sollte weiter nach Osten, als von der Forschungsstelle vorgeschlagen, gelegt werden. Der Sand sollte flächenhaft aus dem trockenen und nassen Strand und nicht von einer Brücke aus dem Vorstrand entnommen werden. Maßgebend sind hierfür folgende Gründe:
   a) Es muß die technische Möglichkeit geschaffen werden, jederzeit Sand aus dem Strand zu entnehmen und an gefährdete Stellen zu spülen. Diese Möglichkeit muß auch im Winter vorhanden sein, damit die durch Sturmfluten eingetretenen Sandverluste — wenn notwendig — sofort ersetzt werden können.
   b) Die von der Forschungsstelle vorgeschlagene Entnahmestelle könnte später vielleicht im Sandmangelgebiet liegen.
   c) Die Kosten dieser Anlage werden wahrscheinlich geringer sein als die Sandentnahme von einer jährlich neu zu setzenden Brücke aus.
7. Hauptziel aller Untersuchungen muß die Sicherung des Inselsockels sein. Die Forschungsstelle sollte daher weiterhin die Veränderungen des Strandes und auch der weiträumigen Umgebung der Insel laufend überwachen. Die Frage der Wasservertriftung über das Juister Watt muß weiter verfolgt werden, da die bisher ermittelten Zahlen noch mit einem Fehler von ± 30 % behaftet sind. Die Sandwanderung sollte ebenfalls weiter untersucht werden. Die Arbeitsgruppe ist der Auffassung, daß den Naturkräften nicht mit Gewalt begegnet werden darf.
8. Die Dünendeckwerke sind in ihrer gegenwärtigen Ausführung zu erhalten. Bei notwendigen Erneuerungen ist die Höhe des Wellenauflaufes zu berücksichtigen."

Zu Punkt 6 ist zu bemerken: Wenn eine weiter östlich gelegene Sandentnahme empfohlen wird, so deshalb, weil der vor der Arbeitsgruppe erläuterte Plan von einer westlicheren Entnahmestelle ausging. Ebenfalls unterschied sich deren technische Durchbildung von derjenigen, deren Grundzüge im vorhergehenden Abschnitt umrissen sind. Auch sind die unter Punkt 6 a—c gegebenen Empfehlungen in der vorliegenden Ausarbeitung berücksichtigt worden.

IV. Zusammenfassung und Schlußbetrachtung

Die Vorgeschichte, Voruntersuchungen sowie die technische Durchführung der Strandaufspülung 1951—1952, die als zweckmäßiges technisches Verfahren empfohlen worden war, den seinerzeit sofort nötigen Inselschutz wiederherzustellen, wurden behandelt. Die mit den Veränderungen des Strandes verbundenen Änderungen der aufgespülten Sandmengen wurden angegeben und die vor der Aufspülung geschätzten und nachher beobachteten Sandverluste gegenübergestellt. Die Aufspülung hat ihre Aufgabe erfüllt und kann als wirtschaftliche Insel-

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

schutzmaßnahme angesehen werden. Die Strandabnahme nach der Aufspülung, die von vornherein erwartet wurde, da die den Abtrag des Strandes bewirkenden Naturkräfte durch eine solche Maßnahme nicht beeinflußt wurden, ist inzwischen so weit fortgeschritten, daß über die nunmehr zu treffenden weiteren Inselschutzmaßnahmen entschieden werden muß.

Für den zukünftigen Inselschutz wurde ein Plan zur Fortsetzung der Aufspülung 1951 bis 1952 durch jährlich zu wiederholende Sandaufspülungen entwickelt. Die für die Erhaltung des Strandes notwendigen Sandmengen und der Ort für die Sandentnahme konnten bestimmt werden. Durch eine jährlich zu betreibende Dauerspülanlage soll ein „Sandkreislauf" zwischen dem Westende der Insel mit Sandverlusten und dem Sandanlandungsgebiet auf der Nordseite der Insel an der „Weißen Düne" geschaffen werden. Von der Arbeitsgruppe Norderney des Küstenausschusses Nord- und Ostsee wurde zu dem Plan einer fortlaufenden Sandnachspülung Stellung genommen und als zweckmäßiges Vorhaben zur Inselsicherung bezeichnet, das erfolgversprechender und wirtschaftlicher als die anderen in den letzten Jahren erörterten baulichen Maßnahmen angesehen wird.

Dem Vorschlag, einen ausreichenden Inselschutz zukünftig durch fortlaufende Strandnachspülungen zu schaffen, liegt auch die Erkenntnis zugrunde, daß anzustreben ist, Mißstände als Wirkungen von Naturkräften möglichst dort zu beseitigen, wo sie auftreten. In dieser Weise vorzugehen, erscheint erfolgversprechender, als in mehr oder weniger großer räumlicher Entfernung Eingriffe vorzunehmen, die außerdem zu vorher nicht abschätzbaren und möglicherweise später nicht mehr zu kontrollierenden, unerwünschten Wirkungen führen können — zu deren Beseitigung wiederum zusätzliche Aufwendungen notwendig sind. Außerdem verstößt eine Sandaufspülung nicht gegen das Naturgeschehen, sondern fügt sich ihm ein, indem die ungenügende natürliche durch eine künstliche Sandzufuhr ergänzt wird. Die nachteiligen Wirkungen der Naturkräfte werden dadurch ausgeglichen, aber ihre Wirkungen nicht verhindert oder deren Ursachen beseitigt, wie es durch andere Vorschläge zum Inselschutz erreicht werden soll. Eine Daueranlage zur fortlaufenden Sandnachspülung hat jedoch mit den anderen Plänen die Zielsetzung gemeinsam, dem Strand Sand zuzuführen. Unterschiedlich ist nur der einzuschlagende Weg, wobei das „Spülverfahren" von der „klassischen Seebautechnik" abweicht. Die Strandunterhaltung durch fortlaufende Nachspülung bedingt einen „Betrieb", durch den ebenfalls ein Bauwerk — eine Sandauffüllung kann als solches, wenn auch von kurzer Lebensdauer, bezeichnet werden — geschaffen wird, dessen Funktion jedoch richtig aufgefaßt werden will.

V. Schriftenverzeichnis

Akkermann, M.: Die Umlagerungen des Sandes im Seegebiet vor Norderney und auf der Insel. Forschungsstelle Norderney, Jahresber. 1955, Bd. VII, 1956. Dienstbericht.

Arbeitsgruppe Norderney des Küstenausschusses Nord- und Ostsee: Gutachtliche Stellungnahme zu den Untersuchungen über die Ursachen der Abbruchserscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney sowie zu den zum Schutze der Insel vorgeschlagenen bautechnischen Maßnahmen. Die Küste, Jg. 1, H. 1, 1952.

Forschungsstelle Norderney: Die Ursachen der Abbruchserscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney und die Beurteilung der zum Schutz der Insel vorgeschlagenen bautechnischen Maßnahmen. Forschungsstelle Norderney, Jahresber. 1949, Bd. I, unveröffentlicht.

Forschungsstelle Norderney: V. Zusammenstellung von Unterlagen für die Arbeitsgruppe Norderney des Küstenausschusses Nord- und Ostsee. 1958, unveröffentlicht.

Fülscher: Über Schutzbauten zur Erhaltung der ost- und nordfriesischen Inseln. Berlin 1905.

Gaye, J.: Entwicklung und Erhaltung der ostfriesischen Inseln. Zentralbl. d. Bauverw. H. 22, 1934.

Die Küste, 7 (1958/1959), 107-139

GAYE, J. u. WALTHER, F.: Die Wanderung der Sandriffe vor den ostfriesischen Inseln. Die Bautechnik. H. 41. 1935.

GAYE, J. u. WALTHER, F.: Bericht über Schutzbauten zur Erhaltung der ostfriesischen Inseln Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog und Spiekeroog in der Zeit von 1900 bis 1928. Norden/Norderney 1929, unveröffentlicht.

HANNOVERSCHE VERSUCHSANSTALT FÜR GRUNDBAU UND WASSERBAU: Modellversuche für die Verlängerung der Buhne E. Unveröffentlichter Versuchsbericht, 1957.

HOMEIER, H. u. KRAMER, J.: Verlagerung der Platen im Riffbogen vor Norderney und ihre Anlandung an den Strand. Forschungsstelle Norderney, Jahresber. 1956, Bd. VIII. Dienstbericht.

KÖRITZ, D.: Quantitative Untersuchung der Wasservertriftung über das Juister Watt. Forschungsstelle Norderney, Jahresber. 1954, Bd. VI. Dienstbericht.

KRAMER, J.: Künstliche Wiederherstellung von Stränden unter besonderer Berücksichtigung der Strandaufspülung Norderney 1951/52. Forschungsstelle Norderney, Jahresber. 1957, Bd. IX. Dienstbericht.

KRAMER, J. u. HOMEIER, H.: Die Auswirkung der Inselschutzwerke auf die Strandentwicklung im Westteil von Norderney. Forschungsstelle Norderney, Jahresber. 1954, Bd. VI. Dienstbericht.

PEPER, G.: Die Entstehung und Entwicklung der Inselschutzwerke auf Norderney mit besonderer Berücksichtigung der Bauten der letzten Jahre. N. Arch. Niedersachsen, Bd. 8 (13), Heft 3, 1955/56.

THILO, R. u. KURZAK, G.: Die Ursachen der Abbruchserscheinungen am West- und Nordweststrand der Insel Norderney. Die Küste, Jg. 1, H. 1, 1952.

WASSER- UND SCHIFFAHRTSAMT NORDEN: Entwurf für die Verlängerung der Buhne E auf Norderney um 1000 m (Südwestbuhne). Norden 1953, unveröffentlicht.