

# Die Küste

ARCHIV  
FÜR FORSCHUNG UND TECHNIK  
AN DER NORD- UND OSTSEE

ARCHIVE  
FOR RESEARCH AND TECHNOLOGY  
ON THE NORTH SEA AND BALTIC COAST



3950-A-2012-0000048

# Die Küste

ARCHIV  
FÜR FORSCHUNG UND TECHNIK  
AN DER NORD- UND OSTSEE

ARCHIVE  
FOR RESEARCH AND TECHNOLOGY  
ON THE NORTH SEA AND BALTIC COAST

HERAUSGEBER:  
KURATORIUM FÜR FORSCHUNG IM KÜSTENINGENIEURWESEN

Heft 49 – 1990

DRUCK UND KOMMISSIONSVERLAG:  
WESTHOLSTEINISCHE VERLAGSANSTALT BOYENS & CO. HEIDE I. HOLST.

ISSN 0452-7739  
ISBN 3-8042-0522-4

Anschriften der Verfasser dieses Heftes:

HOLLMER, UWE, Dipl.-Ing., Wasser- und Schiffsamt Tönning, Postfach 60, 2253 Tönning; JANKE, KLAUS, Dr., Biologische Anstalt Helgoland, 2192 Helgoland; LINDEMANN, HUBERT, Dipl.-Ing., Amt für Land- und Wasserwirtschaft, Postfach 11 51, 2210 Itzehoe; RÖBEN, JOHANN, Dipl.-Ing., Wasser- und Schiffsamt Nord, Postfach 44 67, 2300 Kiel; ROHDE, HANS, Dr.-Ing., Ligusterstieg 10, 2083 Halstenbek; ROSS, PETER-HELMUT, Dr., Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein, Mercatorstr. 7, 2300 Kiel; SCHINDLER, JOHANNES, Dipl.-Ing., Amt für Land- und Wasserwirtschaft, Postfach 11 51, 2210 Itzehoe; SIEFERT, WINFRIED, Prof. Dr.-Ing., Strom- und Hafenanbau, Ref. Hydrologie Unterelbe, Lentzkai, 2190 Cuxhaven; SPAETH, CHRISTIAN, Prof. Dr., Universität Hamburg, Bundesstr. 55, 2000 Hamburg 13; THIEMANN, JÜRGEN, Dipl.-Ing., Wasser- und Schiffsamt Nord, Postfach 44 67, 2300 Kiel.

---

Die Verfasser sind für den Inhalt der Aufsätze allein verantwortlich. Nachdruck aus dem Inhalt nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet: Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen.

Vorsitzender: Ministerialrat Dr.-Ing. Günter Hovers, Robert-Schuman-Pl. 1, 5300 Bonn 2.

Geschäftsführer: Dr.-Ing. Heinz WISMER, Hindenburgufer 247, 2300 Kiel.

Schriftleiter: Dr.-Ing. Harald GÖHREN, Dalmannstraße 1-3, 2000 Hamburg 11.

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort . . . . .	V
SPAETH, CHRISTIAN, Prof. Dr. Zur Geologie der Insel Helgoland . . . . .	1
SIEFERT, WINFRIED, Prof. Dr.-Ing. Tide, Windstau, Seegang im Raume Helgoland . . . . .	33
JANKE, KLAUS, Dr. Die Lebensgemeinschaften im Felswatt von Helgoland: Einzigartige Vielfalt an Deutschlands Nordseeküste . . . . .	47
ROSS, PETER-HELMUT, Dr. Beitrag zur Ingenieurgeologie Helgolands . . . . .	71
HOLLMER, UWE, Dipl.-Ing. Helgolands Schiffsfahrtszeichen . . . . .	81
ROHDE, HANS, Dr.-Ing. Die Pegel auf Helgoland . . . . .	125
THIEMANN, JÜRGEN, Dipl.-Ing. Die Geschichte der Hafenanlagen der Insel Helgoland bis 1952 . . . . .	141
RÖBEN, JOHANN, Dipl.-Ing. Hafenbau auf Helgoland nach dem 2. Weltkrieg . . . . .	187
SCHINDLER, JOHANNES, Dipl.-Ing. LINDEMANN, HUBERT, Dipl.-Ing. Bau und Instandsetzung kommunaler Hafen- und Uferanlagen der Insel Helgoland seit 1952 . . . . .	205
THIEMANN, JÜRGEN, Dipl.-Ing. Zur Geschichte der Südwest-Schutzmauer der Insel Helgoland . . . . .	237



Freigegeben von der Bez.-Reg. Weser-Ems unter Nr. 4-1701/15

Vorwort zu dem Sonderheft „Helgoland“  
in der Schriftenreihe „Die Küste“

Seit dem 9. August 1890 gehört die vor der Weser-, Elbe- und Eidermündung gelegene Insel Helgoland zu Deutschland.

An diesem Tag übergab der britische Gouverneur Sir Arthur Barkly die Insel an den deutschen Staatsminister von Bötticher. Einen Tag später nahm der deutsche Kaiser Wilhelm II. die Insel für Deutschland in Besitz.

Grundlage für diese Inselübernahme war die vorherige Abtretung der deutschen Kolonie Wituland und anderer deutscher Ansprüche in Ostafrika an England.

Das Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI) möchte mit diesem Sonderheft in seiner Schriftenreihe „Die Küste“ mit Beiträgen aus den Fachgebieten der Geologie, Hydrobiologie, Hydrologie und des Bauingenieurwesens das Bild der Geschichte der Insel Helgoland abrunden und die besondere Bedeutung dieser einzigartigen Hochseeinsel für das Küsteningenieurwesen unterstreichen.

Helgoland ist für viele Naturwissenschaftler und Küsteningenieure eine ständige Herausforderung. Die im KFKI zusammenarbeitenden Verwaltungen werden Helgoland auch in Zukunft besondere Aufmerksamkeit widmen.

Der Vorsitzende des Kuratoriums für  
Forschung im Küsteningenieurwesen  
Dr.-Ing. GÜNTER HOVERS

# Zur Geologie der Insel Helgoland

Von CHRISTIAN SPAETH

## Zusammenfassung

Anlässlich der hundertjährigen Zugehörigkeit Helgolands zu Deutschland wird die besondere geologische Situation der Insel und ihre Erforschungsgeschichte in einem Abriss dargestellt. Dabei wird auch die submarine mesozoische Gesteinsfolge nach neuen litho- und biostratigraphischen Erkenntnissen aus forschungstauerischen Profilaufnahmen übersichtsartig erläutert.

Der durch phasenhafte Bewegungen permischer Salzmassen im Untergrund geprägte tektonische Baustil des Felskomplexes wird anhand neuerer seismischer Ergebnisse erörtert.

## Summary

*On the occasion of Heligoland having become a part of Germany for a hundred years an overview is given of its specific geological situation. The course of development of geoscientific research of the island is outlined.*

*The submerged mesozoic sedimentary succession is briefly reviewed using litho- and biostratigraphical results recently obtained by research skin divers. Based on new seismic evidence, the episodic movements of the underlying Permian salt masses and their influence on the tectonic characteristics of the rock complex are discussed.*

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	1
1.1 Allgemeiner Überblick zur geologischen Situation des Inselkomplexes . . . . .	2
2. Geowissenschaftliche Erforschungsgeschichte . . . . .	4
3. Die mesozoischen Sedimentgesteine des Felssockels . . . . .	8
3.1 Die Gesteinsfolge der Trias . . . . .	8
3.1.1 Buntsandstein . . . . .	8
3.1.2 Muschelkalk . . . . .	16
3.2 Die Gesteinsfolge der Kreide . . . . .	17
3.2.1 Unterkreide . . . . .	17
3.2.2 Oberkreide . . . . .	19
4. Tertiär . . . . .	20
5. Quartär . . . . .	20
6. Überblick zur Tektonik und Strukturentwicklung . . . . .	24
7. Zur weiteren geologischen Erforschung Helgolands . . . . .	27
8. Schriftenverzeichnis . . . . .	30

## 1. Einleitung

Seit die Nordseeinsel Helgoland 1890 deutsches Hoheitsgebiet wurde, sind beträchtliche Veränderungen ihrer äußeren Gestalt vor sich gegangen. Rege Bautätigkeit für zivile, in weit stärkerem Maße aber für militärische Zwecke vor dem Ersten und bis weit in den Zweiten Weltkrieg hinein – sowie die jeweils anschließende Zerstörung der aufgebauten Festungsanlagen – haben das Aussehen der Insel stark überformt.

Trotz der vielen menschlichen Eingriffe tritt die Einzigartigkeit dieses felsigen Naturdokuments mitten in der Nordsee in seinem geologischen Aufbau dem Besucher nach wie vor großartig und eindrucksvoll entgegen.

Der geologischen Besonderheit der roten Felsmasse und ihres Untergrundes ist es allein zu verdanken, daß diese mit keiner anderen vergleichbare Nordseeinsel allen natürlichen Zerstörungsaktivitäten und sogar menschlichen Vernichtungsversuchen bisher widerstehen konnte.

Zur Erfüllung des Wunsches, daß das auch in aller Zukunft so bleiben möge, trägt in jedem Fall die immer verbesserte Kenntnis der langfristig wirkenden geologischen Vorgänge und damit des erdgeschichtlichen Werdeganges von Helgoland bei.

Die geowissenschaftliche Erforschung des Helgoländer Raumes ist keineswegs abgeschlossen. Neue Erkenntnisse über den Inselkomplex und seinen Untergrund wurden erst in jüngster Zeit gewonnen. Die nachfolgende Übersicht ist seinem geologischen Aufbau gewidmet.

### 1.1 Allgemeiner Überblick zur geologischen Situation des Inselkomplexes

Die über den Nordseespiegel aufragenden roten Sandsteinschichten Helgolands lassen ein deutlich höheres Alter erkennen, als sämtliche den nord-, ost- und westfriesischen Küsten der weiteren Umgebung vorgelagerten Inseln aufweisen. Die einzige Felseninsel der Deutschen Bucht stellt in ihrem sichtbaren Triasgestein einen Teil des erhalten gebliebenen Deckgebirges über den im tieferen Untergrund akkumulierten Steinsalz- und Gipsmassen dar, die das Zechsteinmeer der Permzeit vor über 250 Millionen Jahren in der Folge mehrfacher Eindunstungszyklen als Evaporitgesteine hinterließ.

Diese auch im Untergrund des festländischen Raumes Nordwestdeutschlands weit verbreiteten Salzmassen des Zechsteins (Ober-Perm, von etwa 260–250 Millionen Jahren vor heute) reagierten unter der Auflast der darüber folgenden jüngeren Ablagerungen des Mesozoikums (Erdmittelalter) plastisch, nachdem sie eine Mächtigkeit von rund 1000 m erreicht hatten. Damit setzten von der jüngsten Trias-Zeit an langsame Fließvorgänge in den tiefliegenden Salzlagern ein, die in allmählich entstehenden Auswanderungs- und Akkumulationsbereichen zur Bildung verschiedenartiger Salzstrukturen und zur Verformung des überlagernden Deckgebirges führten.

In vielen Regionen Nordwestdeutschlands kam es damit zum Aufstieg des spezifisch leichten Salzes auf Schwäche- und Bruchzonen der überlagernden Schichtgesteine. Es bildeten sich die Salzkissen, Salzhorste und Salzstöcke, die die Deckschichten aufbeulten und deformierten oder diese als „Diapire“ durchstießen und randlich steil aufrichteten. Die mobil gewordenen Salzmassen preßten vielerorts auch die ihnen eingelagerten Anhydrite, Gipse und Dolomite des Zechsteins aus der Tiefe mit herauf, wie sie z. B. in Lüneburg oder Bad Segeberg heute noch zugänglich sind und hier seit alters her fälschlich als „Kalkberge“ bezeichnet wurden. Derartige Salzstrukturen setzen sich weitläufig im Untergrund der südlichen Nordsee fort. Als Insel verdankt allein Helgoland diesen Vorgängen der Salzbewegung im Untergrund seine Heraushebung in der jüngeren geologischen Vergangenheit. „Normalerweise“ wäre der Buntsandstein hier erst in etwa 3000 m Tiefe anzutreffen.

Mit der als Felsmasse heute allein über die Wasserlinie aufragenden Platte des Mittleren Buntsandsteins wurden zugleich die darunterliegenden Schichtfolgen des Unteren und die

nach Nordosten zu überlagernden Sedimente des Oberen Buntsandsteins (Röt) sowie die darauffolgenden Ablagerungen des Muschelkalks und der Kreideschichten emporgehoben.

Die bis 60 m hohe Buntsandsteininsel erreicht mit den Hafengebäuden im Südteil annähernd 2200 m Länge und mit dem an der Nordostseite künstlich gewonnenen Unterland nahezu 800 m Breite. Ursprünglich umfaßte sie ohne künstliche Bauten nur etwa 0,3 Quadratkilometer Landoberfläche (vergl. Abb. 1).

Die heute fast vollständig künstlich durch Dammbauten befestigte Flugsandinsel der „Düne“ ist von festen Muschelkalk- und Kreidesteinen unterlagert. Sie hat eine ungefähre Länge von 900 m und ist gegen 1200 m breit. Durch die in den Rötschichten ausgespülte



Abb. 1. Übersichtskarte des Inselraumes Helgoland mit Verbreitung der untermeerischen Gesteinsfolgen (verändert, nach einer Luftbildvorlage entwickelt von BRUUN-PETERSEN u. KRUMBEIN, 1975)

Rinne, der 800 m breiten Reede, ist sie von der südwestlich anschließenden Felseninsel getrennt.

Helgoland liegt im Bereich von 54° 11' nördlicher Breite und 7° 53' östlicher Länge von Greenwich und ist damit das am weitesten vom Festland entfernte deutsche Inselgebiet (ca. 45 km bis zur Halbinsel Eiderstedt in Schleswig-Holstein und etwa 50 km bis zur Küste Ostfrieslands).

## 2. Geowissenschaftliche Erforschungsgeschichte

Nach zahlreichen Darstellungen Helgolands auf Seekarten und in teilweise phantastischen Berichten vom 16. bis in das 18. Jahrhundert traten mit der Entwicklung der geologischen Wissenschaften in Europa besonders in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts „geognostische“ Beschreibungen der Insel in den Vordergrund. Mit dem Verschwinden der bis etwa 1715 noch über die Wasserlinie aufragenden hellen Felsmasse der „Witten Klippe“ im Nordwesten der heutigen Düne war zugleich der Abbau von deren Gipsen und Kalkgesteinen des Mittleren Muschelkalks erloschen. Jedoch erregten auch danach immer wieder die auf dem Dünenstrand angespülten Gesteinsbrocken des Muschelkalks und der Kreideschichten mit ihren Mineralien- und Fossileinschlüssen das Interesse der Inselbesucher und der gelehrten naturwissenschaftlichen Fachwelt der damaligen Zeit.

Vor allem aus den zumeist tonig-mergelig ausgebildeten Ablagerungen der älteren Kreidezeit („Neokom-Tone“) wurden seit jeher, wie heute noch, goldglänzende Pyritkonkretionen („Mummegold“) oder ebenfalls in diesem Material erhaltene Fossilien zahlreicher vorzeitlicher Organismengruppe besonders in den winterlichen Sturmperioden auf den Strand verfrachtet.

Bereits 1841 beschrieb F. A. ROEMER erstmals mehrere Arten von Unterkreide-Fossilien Helgolands wissenschaftlich. Durch die noch immer gültigen Artbeschreibungen wurde Helgoland bereits vor gut 150 Jahren zur Typlokalität einer Reihe von biostratigraphisch wichtigen Leitformen der westeuropäischen Unterkreide.

VOLGER (1846) veröffentlichte eine Vergleichsstudie der geognostischen Verhältnisse von Helgoland, Lüneburg, Segeberg, Lägerdorf, Elmshorn und Schwarzenbek. Ohne genauere Kriterien zu kennen, verglich der Autor Helgoland erstmals mit den genannten Lokalitäten, die mehr oder weniger eindeutig als unterirdische Salzvorkommen bekannt waren.

WIEBEL (1848) nahm 1844/45 eine Karte des Helgoländer Gebietes auf, führte genauere Vermessungen durch und stellte grundlegende Überlegungen zum geologischen Aufbau der Insel und ihrer durch Erosion ständig abnehmenden Größe in Vorzeit und Gegenwart an. Aus den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts liegen eine Reihe von Publikationen zur Paläontologie und Geologie Helgolands vor.

Nachdem die Insel 1890 im Austausch gegen Abtretung kolonialer Vorrechte im ostafrikanischen Wituland und im Sultanat Sansibar („Sansibar-Vertrag“) an die britische Krone zu Deutschland gekommen war, arbeiteten zunächst die Geologen der ehemaligen Königlich Preußischen Geologischen Landesanstalt und der Humboldt-Universität von Berlin aus auf Helgoland.

In der Veröffentlichung von DAMES (1893) über die Gliederung der „Flötzformationen Helgolands“ wurden die unteren sichtbaren Schichten des Buntsandstein-Felsens als „Zechsteinletten“ noch dem Perm zugeordnet, da bis dahin keine Funde von Trias-Fossilien bekannt geworden waren.

A. VON KOENEN (1904) vergleicht in einer grundlegenden Untersuchung die Helgoländer Unterkreide-Ammoniten mit gleichalten Fossilfaunen des norddeutschen Festlands.

Von 1903 bis 1913 publiziert W. WOLFF von Berlin aus über verschiedene Aspekte der Geologie Helgolands und gibt dabei eine geologische Kartenaufnahme des Inselraumes wieder.

Noch vor dem Ersten Weltkrieg, aber bereits während des intensiven Ausbaus der Insel zur Seefestung, beschreibt SCHRÖDER (1914) das bekannte, 51 cm lange Schädelfragment des großen fossilen Amphibs *Parotosaurus helgolandiae* aus dem roten Felsgestein. Dieses eindrucksvolle Dokument, das heute wohlbehalten im Naturkunde-Museum der Humboldt-Universität in Berlin aufbewahrt wird, hatte bedeutenden Anteil an der geologischen Einstufung der tieferen roten Schichtfolge Helgolands in den Buntsandstein der Unter-Trias. Deren oberer Abschnitt konnte erst von NAUMANN (1924) durch eigene Fossilfunde der Muschel *Nayadites* („*Gervilleia*“) *murchisoni* (GEINITZ) ebenfalls dem (Mittleren) Buntsandstein zugeordnet werden.

Prof. W. ERNST kommt das Verdienst zu, von Hamburg aus als erster Geowissenschaftler bei extremem Niedrigwasser im Jahre 1926 die gesamte, sonst nicht freifallende Schichtenfolge der hohen Unterkreide (Apt- und Albstufe, „Gault“) systematisch aufgenommen und beprobt zu haben. Die Ansprache der Gesteine und die Bestimmung der von ihm erstmals horizontweise aus ihrer Abfolge geborgenen Leitfossilien veröffentlichte ERNST (1927) in einer noch heute anwendbaren und gütigen Gliederung.

Zu der als Schutzmaßnahme gegen den Brandungsangriff geplanten Errichtung eines Deckwerkes im Nordwesten der Düne führte GRUPE im gleichen Jahr geologische Voruntersuchungen der unterlagernden Trias- und Kreidgesteine mit Hilfe zahlreicher, bis 10 m tiefer Flachbohrungen durch. GRUPE (1929) beschrieb die Lagerungsverhältnisse von Muschelkalk- und Kreideschichten und gab seiner Veröffentlichung eine anschauliche geologische Karte bei.

Bereits bevor im Jahre 1938 die Tiefbohrung Helgoland 1 (Reichsbohrung 503) vom Oberland aus abgeteuft wurde, veröffentlichte Prof. P. SCHMIDT-THOMÉ (1937; 1938) die Ergebnisse seiner Untersuchungen über den tektonischen Bau und die morphologische Gestaltung Helgolands aufgrund des selbst von ihm aufgenommenen kleintektonischen Gefügeinventars in den Buntsandstein-Felsen. Allein daraus konnte er Helgoland eindeutig als Salzstruktur identifizieren.

Im Zusammenhang mit der Erkundung einheimischer Kohlenwasserstoff-Lagerstätten, die vielfach an die nordwestdeutschen Salzstrukturen gebunden sind, wird dann auf der Suche nach wirtschaftlich gewinnbaren Vorräten von Erdöl und Erdgas 1938 die erste und bisher einzige Tiefbohrung Helgoland 1 von der Insel aus niedergebracht. In dieser Hinsicht blieb die Bohrung zwar ohne Erfolg, erlaubte jedoch mit einer Endteufe von 3010 m unter dem Oberland erstmalig einen Einblick in die unterlagernden Schichtfolgen und erbrachte zugleich den eindeutigen Beweis, daß das Zechsteinsalz im Untergrund die Heraushebung der Deckgebirgsschollen bewirkt hatte.

Die weitere geologische Erforschung Helgolands wurde durch den Zweiten Weltkrieg verhindert. Erst der glücklicherweise fehlgeschlagene Versuch der britischen Marine, den Buntsandstein-Felsen durch die am 18. 4. 1947 ausgelöste elektrische Fernzündung der in ihn eingelagerten Munitionsbestände von 4610 Tonnen für immer zu zerstören, konnte zugleich geophysikalisch ausgewertet werden (SCHULZE u. FÖRTSCH, 1950). Dieses Vorhaben, eines der größten künstlich ausgelösten Erdbeben, war bereits ein Jahr im voraus erdweit den seismologischen Meßstationen mitgeteilt worden. Die ungeheure Druckwelle wurde noch in 1000 km Entfernung registriert. Sehr deutlich wurde der Ausschlag auf dem Göttinger Seismometer aufgezeichnet sowie in Leipzig, Jena und Stuttgart festgestellt. Die künstlichen

Erdbebenwellen wurden an der Grenze Erdkruste/Erdmantel in 35 und mehr km Tiefe gebrochen und gaben durch die unterschiedlichen Laufzeiten in den verschiedenartigen Gesteinen erstmals auswertbare Informationen über den tiefen Untergrund des ganzen nordwestdeutschen Raumes (REICH, 1950).

Trotz der versuchten Vollsprengung der Insel blieb Helgoland erhalten; die Schichten des Buntsandsteins mit ihren eher weichen und mürben Wechselfolgen toniger und sandiger Lagen hatten die gewaltige Druckwelle der Explosion wie ein Puffer gedämpft und „verschluckt“. Die evakuierten Bewohner konnten jedoch erst ab 1952 wieder zurückkehren, da die Insel noch bis 1951 der britischen Royal Air Force als Übungsziel für Bombenabwürfe vorbehalten blieb.

Unmittelbar nach den Sprengungen war es von geowissenschaftlicher Seite fast ausschließlich O. PRATJE vom Deutschen Hydrographischen Institut in Hamburg aus erlaubt worden, das schwer beschädigte Helgoland zu betreten. Erste Feststellungen über die äußerlich veränderte Felsmasse wurden von ihm kurz darauf veröffentlicht (PRATJE, 1949).

Weitere Darstellungen der vor allem durch das Absprengen des Südteils des Oberlandes entstandenen großen Schäden gibt u. a. SCHMIDT-THOMÉ (1952). Die ebenfalls in diesem Jahr geflogene Luftaufnahme (HANSA-Luftbild, 1952) zeigt die von bis zu 10 Tonnen schweren Sprengbomben zersiebte, kraterbedeckte Oberfläche Helgolands und der Düne.

Mit dem Wiederaufbau Helgolands kehrten Ende der fünfziger Jahre auch die wissenschaftlichen Einrichtungen wie Vogelwarte und Biologische Anstalt auf die Insel zurück und unterstützten die wieder in Angriff genommenen geologisch-paläontologischen Forschungsarbeiten und Fachexkursionen.

SINDOWSKI (1958) und WURSTER (1960) untersuchten im Mittleren Buntsandstein Schüttingsrichtungen und Schrägschichtungsgefüge. MEMPEL (1960) beschrieb geringe Vorkommen von Uran- und Vanadium-Verbindungen, die an den auffälligen, oft kreisrunden Bleichhöfen um diese Einlagerungen herum im roten Sandstein leicht zu erkennen sind. BOIGK (1961) teilt die Ergebnisse der stratigraphischen Neuaufnahme des Mittleren Buntsandsteins mit, dessen Gliederung in Niedersachsen nun auch auf Helgoland übertragbar wurde.

HARTUNG (1965) gibt einen Überblick über den erdgeschichtlichen Werdegang Helgolands nach dem damaligen Stand der Kenntnisse über dessen tieferen Untergrund. Der erste und im Buntsandstein bisher einzige Fund eines charakteristischen Gaumenzahnes des fossilen Lungenfisches *Ceratodus* sp. wird von KRUMBEIN u. WILCZEWSKI (1973) aus dem höheren Teil der Felsklippe beschrieben.

Neben den Arbeiten im Buntsandstein Helgolands rückt mit Ende der sechziger bis in die späten achtziger Jahre vor allem die Erforschung der heute nur noch untermeerisch anstehenden Kreide des Inselkomplexes erneut in den Vordergrund des geowissenschaftlichen Interesses. Dazu wurden Arbeiten veröffentlicht u. a. von: HILTERMANN u. KEMPER (1969), BARTENSTEIN u. KAEVER (1973), KEMPER, RAWSON, SCHMID u. SPAETH (1974), SCHMID u. SPAETH, 1978; 1980; 1981; 1984), STÜHMER, SPAETH u. SCHMID (1982; 1986). Die besonders auf die bis dahin weitgehend unbekanntere Oberkreide ausgerichteten Arbeiten der drei letztgenannten Autoren wurden ab 1977 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanziell unterstützt.

Die bereits durch HOFFMANN (1822) und in der Folgezeit häufiger angegebenen Kupfervererzungen in den Lagen des Mittleren Buntsandsteins der Insel wurden zusammen mit neueren Tauchfunden frühgeschichtlicher Rohkupferplatten (vergl. Abb. 10) erneut untersucht und von STÜHMER, SCHULZ, WILLKOMM u. HÄNSEL (1978) sowie von SCHULZ (1981) umfassend beschrieben.

In einer Oberflächenkarten- und Profildarstellung faßte SCHMIDT-THOMÉ (1982) die bis



Abb. 2. Felsturm am Nordende der Insel, isoliert durch 1974 erfolgten Gesteinsausbruch der zwischenliegenden Schichten. Volpriehausen- und Detfurth-Folge (oben) mit hellen „Katersand“-Lagen. (Foto SPAETH)

etwa 1980 erzielten Untersuchungsergebnisse über den geologischen Aufbau Helgolands zusammen. Fünf Jahre danach erscheint der Geologische Führer Helgolands von SCHMIDT-THOMÉ (1987), der die voraufgegangene Ausgabe von PRATJE (1923) ablöst.

Inzwischen erneut durchgeführte geophysikalische Untersuchungen der Tiefenstockwerke unter dem Meeresgebiet der Deutschen Bucht ergaben auch über geologischen Bau und Entstehung Helgolands neue Erkenntnisse (BINOT, 1988). Gleichzeitig mit der erneuten

geophysikalischen Erkundung der Umgebung wurden auf dem Helgoländer Felssockel selbst in den Jahren von 1986 bis 1988 durch taucherische Unterwasserarbeiten der Geologen von der Technischen Universität München im Südwesten der Insel (Gürtel-Bereich) geologische Detailkartierungen durchgeführt (v. GRAFENSTEIN et al., im Druck).

Neuen geowissenschaftlichen Forschungsergebnissen zur Kreide Helgolands mit Beiträgen von mehr als 12 in- und ausländischen Autoren ist ein derzeit im Druck befindlicher Einzelband des Geologischen Jahrbuchs (A 120) gewidmet, mit dessen Erscheinen demnächst zu rechnen ist.

### 3. Die mesozoischen Sedimentgesteine des Felssockels

Die Schichtgesteinsfolgen Helgolands sind durch langfristig wirksame Akkumulationsvorgänge des Zechsteinsalzes im Untergrund gegenüber ihrer Umgebung teils weit über 1000 m aus der Tiefe emporgehoben worden. Im Inselraum tritt davon der Untere Buntsandstein als ältester Abschnitt nur untermeerisch auf, über der Wasserlinie heute ausschließlich Mittlerer Buntsandstein.

Wieder nur submarin ist der Obere Buntsandstein (Röt), der, ebenfalls unter ständiger Wasserbedeckung, konkordant von Unterem Muschelkalk überlagert wird. Mittlerer und möglicherweise Oberer Muschelkalk folgen in teils reduzierter Mächtigkeit. Unter Ausfall der obersten Partien sowie des ganzen Keupers und der gesamten Juraschichten greifen die Ablagerungen der tiefen Unterkreide diskordant auf die Schichten des höheren Muschelkalks über. Tonige und mergelig-kalkige Unterkreidesedimente gehen nach oben in die hellen, kalkigen Gesteinsfolgen der Oberkreide über. Ablagerungen des Tertiärs fehlen im Inselraum völlig, treten jedoch in mehreren Kilometern Entfernung untermeerisch auf (Vergleiche zum Folgenden Tabelle 1, S. 22/23).

#### 3.1 Die Gesteinsfolge der Trias

Altmesozoische Schichten der Trias treten im Inselgebiet Helgolands als besonders mächtige, meist rote Buntsandstein-Folgen auf. Sie werden von den marinen Muschelkalk-Ablagerungen der Mitteltrias überlagert. Die jüngste Folge der Abteilung Oberer Muschelkalk dürfte durch die Transgressionsvorgänge im Jungmesozoikum (Kreidezeit) abgetragen worden sein oder war möglicherweise nicht vollständig entwickelt. Obertrias der germanischen Fazies des Keupers ist im engeren Inselraum nicht anzutreffen (Vergl. hierzu und zum Nachfolgenden Tabelle 1).

##### 3.1.1 Buntsandstein

Die bisher auf die Ergebnisse der Tiefbohrung Helgoland 1 von 1938 beschränkte Kenntnis des Unteren Buntsandsteins (su) von Helgoland konnte in allerjüngster Zeit durch Unterwasseraufnahmen im Südwesten der Insel erheblich erweitert werden (BÖHMER, 1988). Dabei ergaben sich für den unteren Abschnitt dunkelbraune tonige Silt- und Feinsandsteine. Darüber wurden im höheren Bereich helle braunrote Tonsteine mit grün-grauen Entfärbungsflecken beobachtet. In dieser insgesamt rund 200 m mächtigen Folge ließen sich bis zu 30 % Karbonatgehalt feststellen. Die im Bohrprotokoll von 1938 genannten oolithischen Horizonte (Rogenstein) waren taucherisch jedoch nicht zu erkennen.



Abb. 3. Nordspitze Helgolands mit „Langer Anna“ und 1974 entstandenem kleinerem Felsturm. Rechts Vogelfelsen ohne Schutzmauer. Dunklere Serie des mittleren Buntsandsteins: Volpriehausen-Folge, darüber Detfurth-Folge. In beiden Serien ist die Schichtung durch helle „Katersand“-Lagen betont. (Foto SPAETH)

Die eindrucksvoll über den Meeresspiegel aufragende rote Schichtfolge des Mittleren Buntsandsteins (sm) von Helgoland ist bereits von BOIGK (1960) erstmalig detailliert untersucht und mit den von ihm aufgestellten Ablagerungs-Großzyklen des Solling- und Leineberglandes verglichen worden. Dementsprechend treten an der Nordwestspitze der Insel als tiefstes Schichtglied des sm die dunkleren, rotbraunen Ton- bis Feinsandsteine der oberen „Volpriehausen-Folge“ hervor, die fast ganz den Einzelfelsen der „Langen Anna“, das Wahrzeichen Helgolands, aufbauen. Zusammen mit den rund 150 m unter Wasser ausstreichenden tieferen Lagen dürfte die gesamte Volpriehausen-Folge auf Helgoland etwa 185 bis 200 m Schichtmächtigkeit umfassen (BOIGK, 1961; BÖHMER, 1989).

In diesen Lagen zeigen die Schichtoberseiten häufig polygonale „Netzleisten“ im Zentimeter- bis Dezimeterbereich, die sich im seitlichen Anschnitt als die etwas gröberkörnigen Ausfüllungen ehemaliger Trockenrisse erkennen lassen. Diese nach unten spitz zulaufenden Ausfüllungen sind in den meisten Schichten durch die spätere Setzung des tonreichen, ehemals aufgerissenen Sediments mehr oder weniger stark seitlich verbogen (vergl. Abb. 4).

Sie dokumentieren ein häufiges Trockenliegen des Ablagerungsraumes, da sie sich unter Wasser nicht bilden können. Demgegenüber sprechen die sehr zahlreich ausgebildeten, oft nur cm-starken Lagen mit Rippelschichtung für eine zeitweise Wasserbedeckung. Sowohl die im Querschnitt asymmetrischen Strömungsrippeln mit flacherem Luvhang als auch die symmetrisch gebauten Oszillationsrippeln geben im anstehenden Gestein deutliche Hinweise auf wechselnde Fließ- und Windrichtungen im Sedimentationsgebiet (vergl. Abb. 5).

Die wenigen Fossilienfunde im Buntsandstein der Insel beschränken sich auf Steinkerne der wasserlebenden krebsverwandten Gliederfüßler wie „Estherien“ (*Isaura* sp.) und nicht

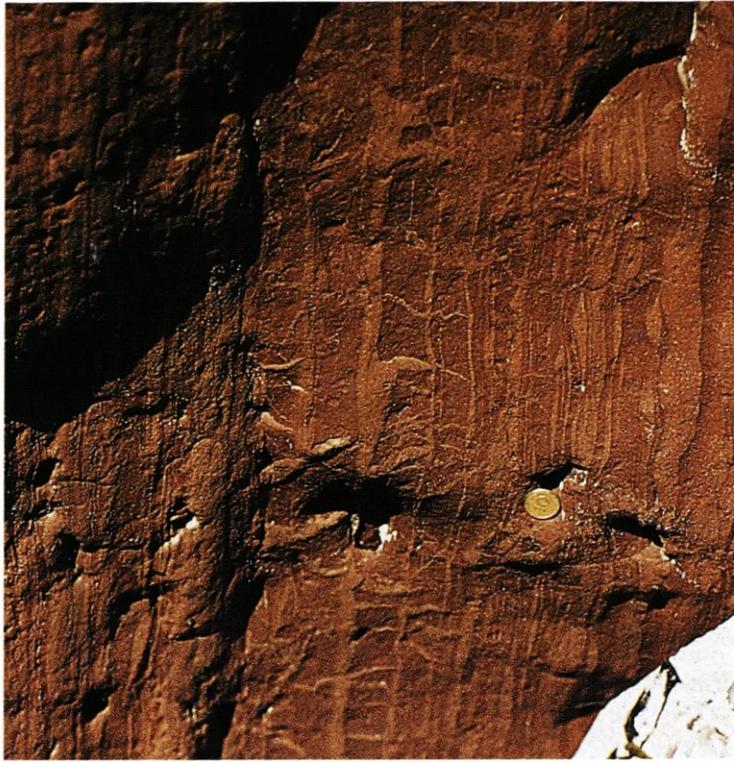


Abb. 4. Lagen gefüllter und durch Setzung verbogener Trockenrisse im mittleren Buntsandstein. Felsbasis der „Langen Anna“. (Foto SPAETH)

bestimmbare Ostrakoden („Muschelkrebse“) sowie der seltenen Muschelexemplare von *Nayadites* („*Gervilleia*“) *murchisoni* (GEINITZ) die auch oft noch als „*Avicula*“ bezeichnet werden und Brack- bis Salzwasser bewohnt haben dürften. Da diese Muschelgattung erst von der Trias an existiert, trugen die ersten Funde auf Helgoland mit dazu bei, auch diesen unteren Abschnitt des roten Felsens dem Buntsandstein zuzuordnen.

Für zeitweise Übersalzung und Eindunstung der flachen Wasserbedeckung sprechen Pseudomorphosen nach Steinsalz- und Gipskristallen (feines Sediment füllte die durch Auflösung dieser Kristalle entstehenden Hohlräume auf und prägte so die einstigen Umrisse im Gestein ab), (vergl. Abb. 9).

Aus den höchsten Lagen der Volpriehausen-Folge stammt der bekanntgewordene, gut 50 cm lange Schädeloberteil des urtümlichen großen Amphibs *Parotosaurus helgolandiae* (SCHRÖDER, 1914), eines „Stegocephalen“.

Einem gegenüber den tonreichen roten Silt- und Feinsandsteinlagen der sm-Folge andersartigen Sedimentationsablauf verdanken die lokal so bezeichneten auffälligen hellen „Katersande“ ihre Entstehung. Diese charakteristischen bis mehrere Dezimeter Dicke erreichenden Einlagerungen in die roten Serien verdeutlichen weithin das Einfallen der Schichten und auch Verwerfungen in den Felswänden. Die nähere Betrachtung dieser Fein- bis Mittelsandlagen läßt häufig ein ausgeprägtes Schrägschichtungsgefüge erkennen. Offensichtlich wurden die Katersande aus stärker strömendem Wasser und in viel kürzeren Zeiträumen abgesetzt als die unter- und überlagernden tonreichen, meist roten Schichten. Von einigen Autoren sind die allgemein wenig verfestigten Katersande allerdings auch als fossile Dünenbil-



Abb. 5. Herabgestürzter Buntsandstein-Block mit fossilen Rippelmarken (Strömungsrippeln) auf einer Schichtfläche. Nordspitze Helgolands (Länge des sichtbaren Maßstabs: 70 cm). (Foto SPAETH)

dung angesehen worden, obwohl die weitaus meisten Kennzeichen gegen diese Auffassung sprechen. Zwei dieser zusammen mehr als drei Meter Mächtigkeit erreichenden Katersandlagen bilden die Unterbank der überlagernden „Detfurth-Folge“, die mit hellrot- bis violettrosafarbenen Tonsteinlagen und Sandsteinbänken die obere Partie der Klippen aus Mittlerem Buntsandstein aufbaut. Auch die Oberbank in der Detfurth-Folge ist weitgehend als mächtige Katersandlage entwickelt. In einem losen Gesteinsstück aus diesem Profilabschnitt wurde der linke obere Gaumenzahn des hoch spezialisierten fossilen Lungenfisches *Ceratodus* sp. gefunden und damit erstmalig für den Buntsandstein nachgewiesen (KRUMBEIN u. WILCZEWSKI, 1973).

Außer den hellen Katersanden finden sich vor allem im höheren Teil der Detfurth-Folge scharf abgegrenzte, hell-grünlich-graue Lagen, die durch Ausbleichung der roten Silt- und Tonsteine entstanden sind. Hier spielen die unterschiedlichen Gehalte an rotfärbenden Eisenoxidhydraten und deren Löslichkeit eine Rolle.

Die beiden höheren Einheiten des sm, die „Hardeggen-“ und darüber die „Solling-Folge“ lassen sich an der Nordost-Steilkante der Felseninsel, in der Umgebung des Sportplatzes identifizieren. Beide Einheiten enthalten ebenfalls helle Sandsteineinlagerungen, z. B. den Basissandstein der Hardeggen-Folge, über der die abschließende Solling-Folge einsetzt. Nach neuen Untersuchungsergebnissen (BINOT u. RÖHLING, 1988) kann für den Mittleren Buntsandstein im Inselbereich Helgolands eine Mächtigkeit von etwas über 400 m als zutreffend angesehen werden.

Besonders im nördlichen Klippenbereich sowie im vorgelagerten Felswatt (vergl. Abb. 6) finden sich der Schichtung folgende, oft auch wolkeförmig verteilte Imprägnationen einer Kupfervererzung im ringsum ausgebleichten Buntsandstein. Auch Überzüge sowie Kleinkristalle von Sekundärmineralien des Kupfers wie Azurit (tiefblau) und Malachit (grün) treten häufiger in



Abb. 6. Ausschnitt des nördlichen Helgoländer Felswatts auf der Brandungsplattform (Abrasionsterrasse) im Buntsandstein östlich des Nord-Schutzdammes bei Niedrigwasser. Die Schichtköpfe sind weitgehend von großen Algen (Seetang) bewachsen. (Foto K. JANKE)

drusenartigen kleineren Hohlräumen u. a. neben blaugrünem Chrysokoll (Kieselkupfer) auf. In der Form dichter dunkler Adern oder Lagen handelt es sich um Anreicherungen von Rotkupfer-Erz oder Cuprit (vergl. Abb. 7). Dieses dunkle Erz findet sich auch als merklich schwere kleinere Brandungsgerölle in Spalten und Vertiefungen des Felswatts zusammengespielt.

Sehr selten sind wenige mm große Stückchen von gediegenem Kupfer im Gestein, das beim Aufschlagen von Geröllen an seinem metallischen Glanz erkennbar ist.

Die nach 1951 bei Räumarbeiten auf dem südlichen Helgoländer Felssockel gefundenen runden bis ovalen Rohkupferplatten von 2–4 cm Dicke und bis zu 50 cm Durchmesser stellen nach Untersuchungen von H. D. SCHULZ (1978) Gußkuchen dar, die auf der Insel erschmolzen wurden. Dieses Rohkupfer enthält neben eingeschlossenen Buntsandstein-Stückchen auch Reste von Holzkohle, die eine Radiocarbon-Datierung ermöglichten. Danach wurden die Gußkuchen vor  $710 \pm 100$  Jahren, also im 11. bis 12. Jahrhundert, wahrscheinlich als Zwischenprodukte zur Weiterverarbeitung und Legierung mit anderen Metallen (? zur Bronzeherstellung) gefertigt und sind vermutlich in einer Sturmflut versunken (vergl. Abb. 10).

Durch Vergleiche des charakteristischen Begleitelement-Spektrums mit zahlreichen europäischen und überseeischen Kupfererzen konnte SCHULZ (1979) eindeutig Helgoländer Erz als Ausgangsmaterial identifizieren. Das hier angewendete, auch schon im Mittelalter übliche hüttenmännische Verfahren, von der durch Wassergüsse abgeschreckten Oberfläche der Metallschmelze herunter „das Kupfer zu Scheiben zu reißen“, wird eindrucksvoll durch die aneinandergelegten, unterschiedlich großen Rohkupferplatten dokumentiert (SCHULZ, 1978). Die kesselartige Vertiefung im Gestein, die die Schmelze enthielt, ist durch die Aufeinander-



Abb. 7. In Schichtlage verbreitetes Rotkupfererz (Cuprit) im Basisbereich der Detfurth-Folge mit Ausbleichung des Buntsandsteins um Sekundärmineral-Niederschläge (Malachit). Nordküste. (Hammerlänge: 50 cm). (Foto SPAETH)

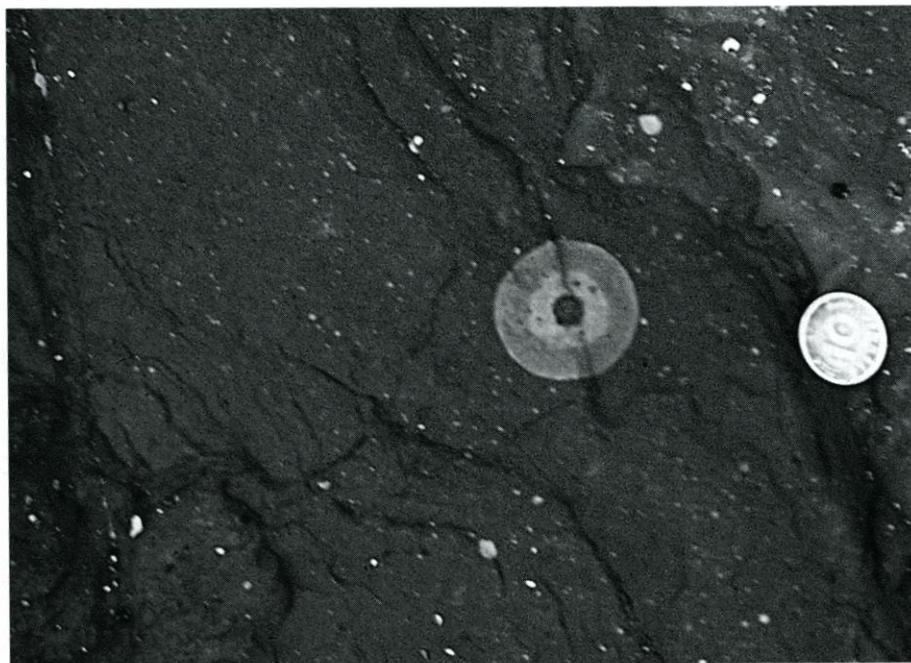


Abb. 8. Zonarer Bleichhof um kleine Einlagerung von Schwermetallerz im Buntsandstein. Lose Gesteinsplatte im nördlichen Klippenbereich. (Als Maßstab: 10-Pf-Münze.) (Foto SPAETH)

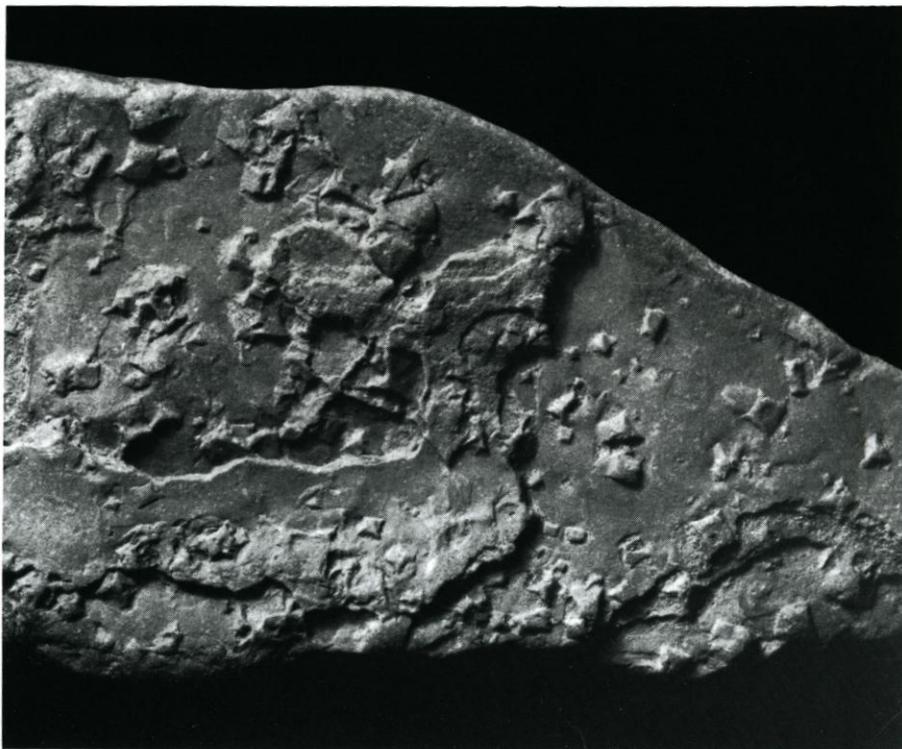


Abb. 9. Abprägung aufgelöster kleinerer Steinsalz-Kristalle (Steinsalz-Pseudomorphosen) im Buntsandstein als Anzeichen für Austrocknung einer salzhaltigen Wasserbedeckung. Lose unter den Südwestklippen gefundenes Gesteinsplättchen (Maßstab: 1 cm). (Foto LIERL)

folge der zum Boden hin kontinuierlich abnehmenden Plattendurchmesser bis zum Endstück, dem „König“, rekonstruierbar. Auch die zugehörige Verhüttungsschlacke konnte bei späteren Nachforschungen geborgen werden.

Der Obere Buntsandstein oder Röt (so) taucht nicht über dem Wasserspiegel auf und läßt sich auch bei taucherischen Arbeiten nur schwierig ansprechen. Die allgemein weichen, tonigen Schichten wurden in der als „Reede“ bezeichneten, rund 800 m breiten Rinne zwischen Felseninsel und Düne seit deren Trennung 1720/21 von der Nordsee ausgeräumt und sind heute weitgehend von einer Gerölldecke verhüllt. Gelegentlich werden untermeerisch jedoch eingelagerte Gipse als größere Flächen freigespült.

Zu den typischen Rötgips-Vorkommen, die u. a. bei Bauarbeiten an der Nordostmole nachgewiesen wurden, kommen an Evaporitgesteinen in der weiteren Umgebung der Insel außerdem Steinsalzlager bis 90 m Mächtigkeit hinzu, die sich sowohl nach Bohrergebnissen als durch seismische Befunde rund 20 km südlich Helgolands feststellen ließen.

Entsprechend seiner Lagerung und der Ausstrichsbreite unter der Reede kann eine ursprüngliche Gesamtmächtigkeit von etwa 200 m für den Oberen Buntsandstein Helgolands angenommen werden.

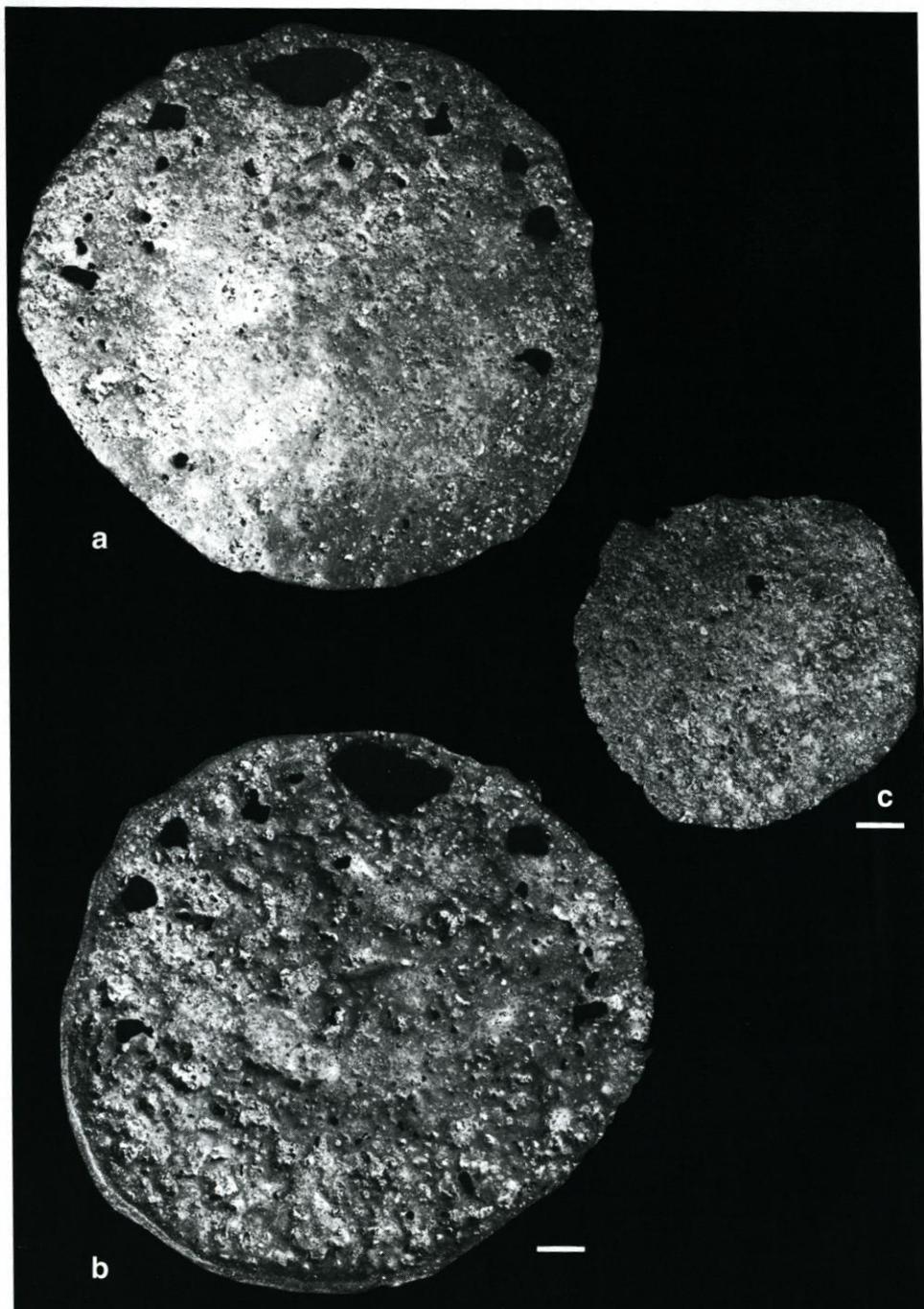


Abb. 10. Plattenförmige Gußkuchen aus Rohkupfer, das bis in das 12. Jahrhundert aus Helgoländer Kupfererz auf der Insel erschmolzen wurde. Tauchfunde südöstlich Helgoland: a) randlich blasig durchbrochene Platte, Oberseite; b) Unterseite derselben Platte; c) kleinere Rohkupferplatte, Oberseite (Maßstablänge: 4 cm). (Foto LIERL)

## 3.1.2 Muschelkalk

Wie auf dem Festland bildet auch der Muschelkalk von Helgoland einen morphologischen Anstieg über den weicheren Schichten des Röt. Im gesamten Inselraum heute nur untermeerisch anzutreffen, ragte noch bis 1720 deutlich Muschelkalk über die Wasserlinie auf. Nordwestlich der Düne wird mehrfach seit dem späten Mittelalter bis zu seiner endgültigen Zerstörung das „Wittkliff“ oder die „Witte Klippe“ beschrieben, die aus Gipsen und hellen Mergeln des Mittleren Muschelkalks sowie möglicherweise überlagernden Folgen bestanden hat.

Die festen Lagen von grüngrauen Kalken und kalkigen Mergeln mit einzelnen, wenige cm starken Schillkalk-Bänken bauen insgesamt die um 80 m mächtige Folge des Unteren Muschelkalks (mu) auf. Sein untermeerischer Ausstrich bildet im südwestlichen Randbereich der Düne den ersten Klippenbogen, der den Inselkern mit langer, im Luftbild gut erkennbarer Fortsetzung nach Nordwesten umgibt.

Nach taucherischen Profilaufnahmen von TSE (1983) sind in die mergeligen Kalke mehrfach rötliche, plastische Mergeltone eingeschaltet, die vereinzelt Gipslagen enthalten. Diese gegenüber den typischen Wellenkalken und plattigen Kalklagen der Festlandsvorkommen deutlich unterschiedliche Ausbildung des mu dürfte auf den hier vermutlich randnahen Ablagerungsraum im Muschelkalkmeer zurückzuführen sein. Rund 700 km westlich sind z. B. in England keine marinen Muschelkalksedimente mehr abgelagert worden.

Die auch als Strandgerölle verbreiteten härteren Fossilbänken zeigen häufig Schalenpflaster auf den Schichtflächen („Lumachellen“) und sind oft von Brachiopoden („Terebrateln“, wie meistens *Coenothyris vulgaris*), Gastropoden („Meeresschnecken“, u. a. *Loxonema* sp., *Omphaloptycha* sp.) und Muschelresten verschiedener Arten (besonders der Gattung *Myophoria*) erfüllt. Im Vergleich mit dem mu des norddeutschen Festlandes finden sich auf Helgoland erheblich mehr Knochenreste und Zähne fossiler Meeresreptilien wie Rippen- und Wirbelteile von *Nothosaurus* sp., *Cymatosaurus* sp. sowie Knochen und Pflasterzähne von *Placodus* sp. in den festen plattigen Geröllen.

Der Mittlere Muschelkalk (mm) entstammt allgemein wieder einem salinaren Ablagerungsmilieu. Auf Helgoland erreichte der mm nach jüngsten Aufnahmen von Unterwasserprofilen annähernd 70 m Schichtmächtigkeit (DAUT, 1988; LIPP, 1990).

Die Gesteinsfolge setzt sich im wesentlichen aus dünnplattigen Wechsellagen von dolomitischen Mergeln, Dolomiten und Gipsen zusammen, zu denen im oberen Abschnitt dünne, dunkle Tonlagen hinzutreten. Die ursprünglich in der Schichtfolge mit enthaltenen Steinsalzablagerungen sind unter dem Meeresboden tiefgründig ausgelaugt, wurden jedoch in der weiteren Umgebung von Helgoland in Tiefbohrungen mit durchschnittlich 10 m Mächtigkeit angetroffen (BINOT et al., 1986).

Die mächtigeren Gipslagen, die einst die „Witte Klippe“ aufbauten, sind heute bei Tauchgängen nur gelegentlich als fest anstehende, glatte Gesteinsflächen zu erkennen, da sie meist von den ständig umgelagerten Sand- und Geröllmassen verhüllt werden. Grau-weiße, feinkörnige Gipsbrocken mit anhaftenden Dolomitmergelresten finden sich bisweilen zwischen den Geröllen auf dem Nordstrand der Düne. Seltener sind Stücke mit grobspätigen Gipskristallen unter den Strandgeröllen.

Die jüngsten Neuuntersuchungen des Helgoländer Muschelkalks durch DAUT (1988) und LIPP (1990) haben im submarinen Ausstrich bisher keine deutliche Abgrenzung von Mittlerem zu Oberem Muschelkalk (mo) im Schichtprofil ergeben. Die obersten 10 m der Gesteinsfolge lassen sich keineswegs mit den entsprechenden Profilabschnitten des südöstlich anschließenden Festlandes vergleichen. Zwar sind die höchsten 4 m der bei Helgoland feststellbaren

Lagen des Muschelkalks fester und bilden eine deutlich verfolgbare untermeerische Schicht-rippe, lassen sich jedoch nach ihrer teilweise dolomitischen Gesteinsausbildung in keiner Weise in das vom Festland bekannte lithologische Gliederungsschema des mo (Trochitenkalk – Ceratitenschichten) einpassen. Der von PHILIPPI (1901) beschriebene Fund eines Ceratiten (Leit-Ammonoideen des mo) ist nach Verlust des einzigen Originalstückes vor vielen Jahren bisher nicht nachvollziehbar gewesen.

Die durch DAUT (1988) im Gürtel-Bereich südwestlich Helgolands untersuchten Lagen ergaben eine Restmächtigkeit des Mittleren Muschelkalks von nur 20 bis 30 m und ein völliges Fehlen der härteren dolomitischen Partien im obersten Abschnitt des Profils nordwestlich der Düne (LIPP, 1990). Damit bleibt eine stratigraphische Abgrenzbarkeit des Oberen Muschelkalks vom mo weiterhin zweifelhaft. Bisher ist auch nicht gesichert, welcher Anteil der ursprünglich abgelagerten höchsten Muschelkalkfolge einer möglichen Abtragung anheimfiel, bevor oder während die Transgression der Unterkreide einsetzte.

Auf der als fester feinkörniger Dolomit (-Arenit) entwickelten graugrünen obersten Muschelkalklage ist nordwestlich der Düne der submarine Ausstrich der Transgressionsfläche nach LIPP (1990) meistens gut verfolgbar. Auch von kreidezeitlichen Meeresorganismen oft beidseitig angebohrte plattige Gerölle aus dieser Muschelkalkbank charakterisieren die Transgressionslage, über der unter Ausfall von Keuper (Obertrias) und völligem Fehlen jurazeitlicher Sedimente die dunklen, weichen Tone der Unterkreide diskordant auflagen.

### 3.2 Die Gesteinsfolge der Kreide

Mit einer rund 75 Millionen Jahre umfassenden Schichtlücke überlagert die Kreidefolge den höheren Muschelkalk im Inselraum Helgolands. Aufschlüsse oberhalb der Wasserlinie existieren nicht, doch treten nordwestlich der Düne bei Niedrigwasser eine harte Bank der Unterkreide-Schichten sowie ein Teil der festen, hellen Kalkfolge der Oberkreide als äußere Klippenzüge hervor. Südwestlich der Buntsandstein-Insel läßt eine bedeutende Verwerfung im Gürtel-Bereich Unter- und Oberkreide an Unteren Buntsandstein angrenzen.

Die insgesamt rund 300 m mächtige Kreidefolge ist lückenhaft entwickelt, allerdings konnten – mit Ausnahme ihrer tiefsten und höchsten Abschnitte – inzwischen sämtliche Stufen nachgewiesen werden (SPAETH u. SCHMID, 1984).

Neuere Untersuchungsprogramme in der submarinen Kreide Helgolands wurden in den vergangenen Jahren besonders auch auf die bisher wenig bekannte Oberkreide-Schichtfolge der Insel ausgerichtet. Außer durch untermeerische Profilbeprobung konnten biostratigraphische Zonennachweise auch anhand der reichhaltigen Strandgeröllsammlungen Helgoländer Kreidefossilien und -gesteine geführt werden (STÜHMER, SCHMID u. SPAETH, 1986).

#### 3.2.1 Unterkreide

Stellenweise setzen auf der angebohrten, unterlagernden Muschelkalkbank die dunklen, fetten „Neokom“-Tone der tieferen Unterkreide (kru) erst über einem basalen, kalkig gebundenen Feinkonglomerat mit Brauneisengeröllen ein. Durch v. GRAFENSTEIN et al. (im Druck) wurde diese Lage im Kreidegebiet südwestlich Helgolands als wenige Zentimeter bis Dezimeter starker Horizont anstehend nachgewiesen. Das geologische Höchstalter dieses Transgressionshorizontes konnte von PROHASKA (1988) mit Hilfe von Mikrofossilien mit

großer Wahrscheinlichkeit als Ober-Valangin-Stufe und damit als tiefste marine Unterkreide Norddeutschlands festgelegt werden.

Das Feinkonglomerat geht im Südwesten Helgolands nach oben zu in bis zu 5 m erreichenden, stark sandigen Mergel über, der neben Quarzkörnern auch Brauneisen-Ooide und -Gerölle führt. Die darauf folgenden grauen, tonigen Schichten konnten bereits von BARTENSTEIN u. KAEVER (1973) aufgrund der reichlich enthaltenen Mikrofossilien-Leitformen sicher der hohen Hauterive-Stufe zugeordnet werden. Diese dunklen, teilweise mergeligen Tone gehen nach oben zu in die blättrig geschichteten Lagen („Blättertone“) des höheren Unter-Barrême über. Auch der tiefere Abschnitt der mittleren Barrême-Stufe ist nach (Makro-)Leitfossilien wie Ammoniten- und Belemnitenarten sowie nach Mikrofaunen belegt.

Die tonigen Folgen der Hauterive- und Barrême-Stufe erreichen zusammen um 40 m Mächtigkeit. Sie enthalten die von Helgoland bekannten reichen Fossilfaunen, die besonders in den winterlichen Sturmperioden ausgewaschen und vor allem auch auf den Nordstrand der Düne transportiert werden können.

Einige typische Fossilformen aus diesen Schichten sind die verschiedenen Zonen-Leitarten von Ammoniten der Gattungen *Platylenticeras*, *Endemoceras*, *Sibirskites* im Hauterive und der Familie der Crioceratiten im Barrême. Die im allgemeinen kleinen bis mittelgroßen Ammoniten liegen in der Form der Steinkernerhaltung vor (Sediment-Ausfüllung der ursprünglich hohlen Gehäusekammern und späterer Auflösung der Kalkschalen). Riesenformen von Ammoniten der Sibirskiten-Gruppe mit Gehäusedurchmesser von über 90 cm fanden sich in großen flachen Kalkkonkretionen, die den Hauterive-Tonen vereinzelt eingelagert sind.

Die häufigsten Materialien der Fossiliensteinkerne sind Pyrit (Schwefelkies) und Phosphorit (Calciumphosphat). Der Pyrit enthält hier fast immer größere Anteile der Markasit-Modifikation, deren wasseranziehende Eigenschaft in den Sammlungen Helgoländer Unterkreidefossilien zum mehr oder weniger raschen Zerfall der Stücke unter Bildung schwefliger Säure führen. Dagegen sind die häufig schwarz glänzenden Phosphoritfossilien sehr stabil, wie z. B. die Steinkerne der Muschel *Thracia phillipsii* ROEMER oder der weithin bekannten „Helgoländer Katzenpfoten“ (isolierte Ausfüllungen einzelner Hohlkammern von Ammonitengehäusen).

Die festen Calcit-Rostren der Belemniten („Donnerkeile“) treten mit zahlreichen Leitformen stellenweise geradezu massenhaft ausgespült und umgelagert auf. Viele weitere Fossilformen aus den Unterkreideschichten Helgolands wurden bei STÜHMER et al. (1982) auf Fototafeln dokumentiert.

Nach einer weiteren Schichtlücke im unteren Bereich der Apt-Stufe folgt über den „Neokom“-Tonen die bis zu einem Meter Stärke erreichende feste Bank des Fischschiefers. Dieses bitumenhaltige, feingeschichtete Sedimentgestein entstammt einem sauerstoffarmen (anoxischen) Ablagerungsmilieu. Im nassen Zustand zeigt es eine schwarz-graue, nach Trocknung hellgraue Farbtonung und ist auf Helgoland mit der regionalen Dialektbezeichnung „Töck“ belegt. Die oft großen plattigen Strandgerölle lassen sich gut nach der Schichtung aufspalten und zeigen neben meist flachgepreßten Ammonitengehäusen in Pyriterhaltung nicht selten Reste einer charakteristischen Fischfauna (TAVERNE, 1981).

Über dem Töck folgen nordwestlich der Düne 2 m gelber (unterer) und roter (oberer) Kalkmergel, die bereits von W. ERNST (1927) nach dem zahlreichen enthaltenen und daher namengebenden Belemniten *Neobibolites ewaldi* (v. STROMB) als „Ewaldi-Kreide“ von Helgoland beschrieben wurden. Über diesen, auch durch Mikrofossilien gut in das Apt einstuftbaren Lagen folgt nach einer weiteren Schichtlücke die ebenfalls von ERNST (1927) so benannte „Graue Minimuskreide“ in transgressiver Überlagerung. Die hierin sehr häufigen kleinen

Individuen des namengebenden Leit-Belemniten *Neohibolites minimus* (MILLER) weist die maximal 1,30 m mächtige harte Kalkbank zusammen mit Funden leitender Ammoniten als der Alb-Stufe – und damit der höchsten Unterkreide – zugehörig aus. Wegen ihrer besonderen Festigkeit und Härte bildet die Graue Minimus-Kreide einen markant hervortretenden, weit nach Nordwesten verfolgbaren Klippenzug.

Die wegen mehrerer Schichtlücken und Kondensationshorizonte im Vergleich zum Festland geringmächtige Unterkreide erreicht nur bis 45 m und ist im Südwesten Helgolands noch stärker reduziert.

### 3.2.2 Oberkreide

Bei Helgoland liegen die Schichten der Oberkreide (kro) fast durchweg in heller Kreidekalk-Ausbildung vor, überwiegend als typische Schreibkreide mit Lagen von Feuerstein-Konkretionen. Im unteren Abschnitt sind teils rötlich gefärbte Bruchschillkalke („Bioskalkarenite“) sowie einzelne dünne schwärzlich-graue und feingeschichtete Lagen von Sapropliten („Faulschlamm-Gesteine“) eingeschaltet. Die sonst allgemein schlecht erkennbare und bereits von vornherein nur schwach überlieferte Schichtung der Kreidekalke läßt nach der Ausstrichbreite unter Berücksichtigung ihres Einfallens auf eine Gesamtmächtigkeit von etwa 260 m schließen.

Obwohl auch die Oberkreide Helgolands durch verstärkte Heraushebung des Sedimentationsraumes während der Ablagerungszeit in einigen Abschnitten weit geringermächtig entwickelt ist als etwa in Südwestholstein oder im dänischen Raum (z. B. im Dänisch-Polnischen Trog, wenige 100 km östlich), konnten in den letzten Jahren sämtliche Stufen vom Cenoman bis zum Maastricht biostratigraphisch nachgewiesen werden (SPAETH u. SCHMID, 1984). Verbindliche Mächtigkeitsangaben für die einzelnen Oberkreidestufen Helgolands sind derzeit jedoch noch nicht zu machen, da im Inselraum bisher keine Tiefbohrungen durch die Kreide abgeteuft wurden und die Profilaufnahme unter Wasser in der weitgehend schichtungslosen Gesteinsfolge äußerst schwierig ist.

Das Cenoman ist mit seinen an der Basis rötlichen Schichten durch eine Reihe von nachgewiesenen Leitfossilien gut abgrenzbar. Obwohl Oberkreide-Ammoniten äußerst selten sind, finden sich andere Zonenleitformen wie der Belemnit *Neohibolites ultimus* (D'ORBIGNY) und die Muschelarten *Aucellina gryphaeoides* (Sow.) und *Inoceramus crippsi* (Mant.) im tieferen Teil. Aus dem mittleren und höheren Abschnitt sind besonders die charakteristischen Seeigelleitformen des Cenomans bezeichnend. Im Grenzbereich sowie auch im unteren Abschnitt der überlagernden Turon-Stufe treten bis 15 cm starke Lagen feingeschichteter dunkelgrauer bis schwarzer Saproelite (auch als „Schwarzschiefer“ oder „black shales“ bezeichnet) in den weißen Kreidekalken auf. Diese auch auf dem südöstlich angrenzenden Festland weithin bekannten bituminösen Einlagerungen enthalten flachgedrückte Inoceramen der Gattung *Mytiloides*, die mit verschiedenen Arten die Alterszuordnung sichert.

Auch das Mittel- und Ober-Turon ist mit seinen teilweise mergeligen Kalken gut durch die Inoceramen-Leitarten und die artenreichen Seeigelfaunen gliederbar. Von besonderem Interesse sind die Brachiopoden-Vergesellschaftungen des Ober-Turon, die sich mit ähnlichen Formen des englischen Turons vergleichen lassen.

Die im Mittel-Turon beginnende Feuersteinführung weist mit einer braunroten, ausschließlich von Helgoland bekannten Varietät eine regionale Besonderheit auf. Die inzwischen auch taucherisch aus der anstehenden Schreibkreide geborgenen braunroten Feuersteine zeigen typischerweise eine Farbzonierung von (innen) Rot mit einem schwarzen umgebenden

Hof und einer äußeren grauweißen Rinde. Vor allem die im roten Feuerstein verkieselten erhaltenen Seeigelarten *Sternotaxis planus* (Mant.) und *Infulaster excentricus* (Woodw.) lassen eine Einstufung dieses Horizontes in das höhere Mittel-Turon zu.

Ebenso ist das Unter-, Mittel- und Ober-Coniac als nächstfolgende Stufe durch Leitformen irregulärer Seeigel der Gattung *Micraster* („Herzigel“) und durch die charakteristische Inoceramenart *Volviceramus involutus* (SOWERBY) sowie durch reguläre Seeigel der Gattung *Tylocidaris* mit keulenförmig aufgetriebenen Stacheln in teils kalkarenitischer („kalksandiger“) Ausbildung bestens belegt. Die Schreibkreideentwicklung der überlagernden Santon-Stufe läßt sich mit Hilfe kleiner, sehr spezialisierter (irregulärer) Seeigel wie *Hagenowia infulasteroides* (WRIGHT) sowie durch die Entwicklungsreihe der Belemnitenarten von *Goniotenthis westfalica westfalica* (SCHLÜTER) zu *Goniotenthis granulata* (BLAINVILLE) gut gliedern und abgrenzen. Auch der auftretende kleine Belemnit *Actinocamax verus* (SCHLÜTER) charakterisiert das Mittel- und Ober-Santon. Besonders typisch für den oberen Abschnitt ist das Auftreten einzelner Kelchplatten des ehemals frei schwimmenden Crinoiden („Seelilie“) *Marsupites testudinarius* (SCHLOTH).

In den überlagernden, Feuerstein führenden Schreibkreidefolgen des Unter-Campan tritt als Endglied der Belemniten-Entwicklungsreihe *Goniotenthis quadrata* (Blainv.) durchgehend auf. In Feuersteinerhaltung finden sich als Seeigel-Leitformen die kleinen Individuen von *Offaster pilua* (Lam.) sowie die erheblich größeren Formen wie *Echinocorys conica* (AGASSIZ) und die weiter in das Ober-Campan hinaufreichende Art *Echinocorys subglobosa*. Auch hohes Ober-Campan ist durch die („Herz“-)Seeigel-Leitform *Micraster grimmensis* nachgewiesen.

Als Nachweis der höchsten Oberkreide können auf Helgoland einige Rostren der Belemnitengattung *Belemnella* angesehen werden, die bisher allerdings nur aus Strandgeröllen der tieferen Mastricht-Stufe vorliegen.

#### 4. Tertiär

Ablagerungen des Tertiärs (t) sind im Inselraum Helgolands nicht erhalten. Durch die Aufwölbungsvorgänge des Deckgebirges über dem sich akkumulierenden Zechstein-Salz dürften die herausgehobenen Tertiärschichten abgetragen worden sein. Nach BINOT (1986; sowie im Druck) überlagert bereits 2 km südwestlich Helgolands Alttertiär die in einer Graben-Einbruchsstruktur seismisch nachgewiesene Oberkreide (vergl. Abb. 14).

Gelegentlich finden sich auf den Dünenstränden typische Feuersteine mit eingeschlossenen Seeigelresten aus der Dan-Stufe des ältesten Alttertiärs. Bei diesen seltenen Funden handelt es sich jedoch mit größter Wahrscheinlichkeit um eiszeitliche Geschiebe aus dem nordöstlich benachbarten Festlandsraum.

#### 5. Quartär

Die jüngere geologische Geschichte Helgolands wurde im Eiszeitalter vor allem dadurch geprägt, daß die Gletscher des nordischen Inlandeises den Inselraum zuletzt während der Saalekaltzeit, bis vor etwa 125 000 Jahren überfahren hatten. Eindeutige Zeugen dieses Vorganges sind geringmächtige Moränen, deren Geschiebemergel mit einzelnen nordischen Findlingen als Relikte erhalten sind.

Nach dem Abschmelzen des Saale-Inlandeises stieg mit dem Einsetzen der Eem-Warm-

zeit (von rund 125 000 bis 115 000 Jahren vor heute) der Meeresspiegel wieder an. In dieser eemzeitlichen Nordsee war Helgoland Teil einer weitläufigen Insel, auf der sich ein Süßwassersee erstreckte. Die dunkelbraunen, verfestigten Sedimente, die dieser Binnensee hinterließ, enthalten zwischen Torf- und Gytja-Ablagerungen („Halbfaulschlamm“ in Seen) Reste von Pflanzen sowie Süßwasserschnecken und -muscheln. Nach plattigen Strandgeröllen wird die heute meeresbedeckte Folge, die in über 6 m Wassertiefe u. a. noch im Nordhafen ansteht, auch als „Süßwasser-Töck“ bezeichnet.

Die eingetiefte Lagerung dieser Sedimente läßt darauf schließen, daß sie sich in einem

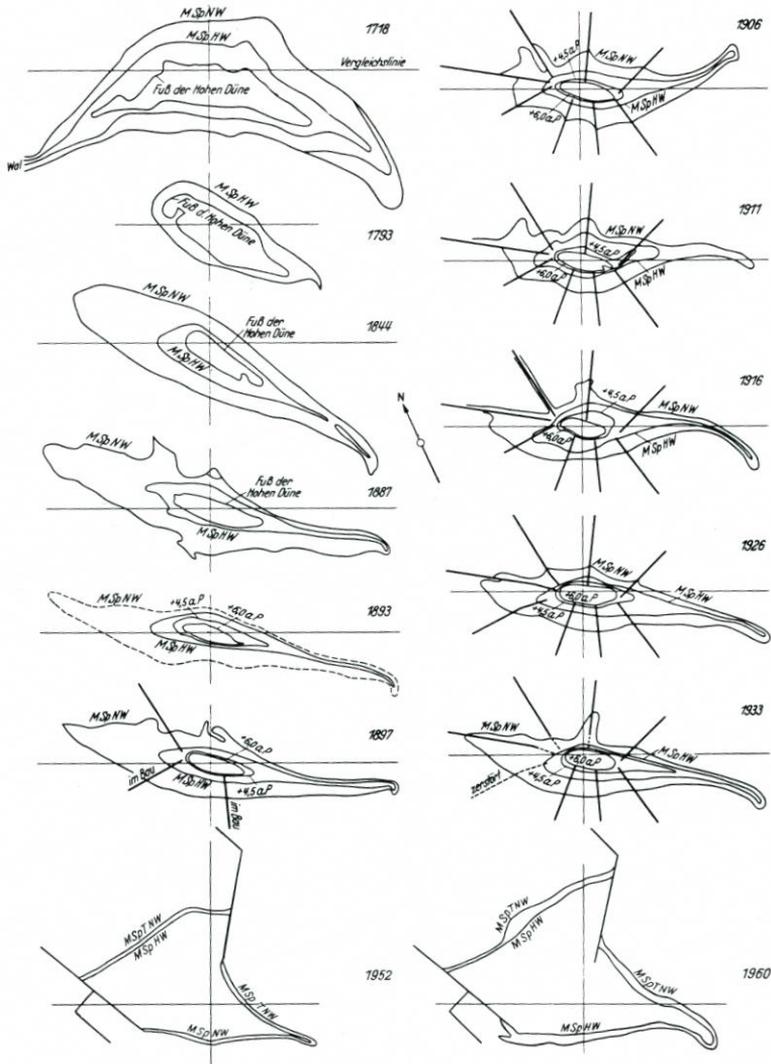


Abb. 11. Die Umrißveränderungen der Helgoländer Düne seit 1738 (nach BÄHR, 1938; zusammengestellt von WÜRSTER, 1961). (Nordrichtung beachten!)

Tabelle 1. Übersicht zum geologischen Aufbau Helgolands

Gliederung und Alter	Jahre vor heute (Beginn)	Erdgeschichtliche Ereignisse	Ablagerungen bei Helgoland
<b>Quartär</b>			
Holozän (qh)		Einwirkung des Menschen Entstehung der Insel in heutiger Gestalt Abtauen des Eises	
Pleistozän (qp)	10 000		Flugsandaufwehung der Düne
	2 Mio.	Mehrmalige Vorstöße und Rückzüge des nordischen Inlandeises	„Süßwasser-Töck“ der Eem-Warmzeit, Moränen der Saale-Kaltzeit
<b>Tertiär</b>			
	65 Mio.	Heraushebung Helgolands durch die aufsteigenden Salzmassen	keine Ablagerungen im Inselraum
<b>Kreide</b>			
Oberkreide (kro)		Ablagerungen unter Meeresbedeckung	ca. 260 m weiße feste Schreibkreide mit Feuersteinlagen
Unterkreide (kru)	95 Mio.	Ablagerungen unter Meeresbedeckung	ca. 3,5 m graue, gelbe und rote Kalle ca. 40 m dunkle fossilreiche Tone und Mergel

135 Mio.  
 Schichtlücke von ca. 75 Mio. J. (Keuper und Jura fehlen völlig im Inselraum)  
 Muschelkalk (m) ca. 10 m dolomitische Mergel mit  
 mo (?) festeren Kalcken  
 mm ca. 60 m weiche Mergelkalke mit  
 Ton- und Gipseinlagerungen  
 mu ca. 80 m mergelige Wellenkalke mit  
 Fossilbänken

210 Mio.  
 Ablagerungen unter Meeresbedeckung  
 Vordringen des Meeres in das germanische  
 Triasbecken

210 Mio.  
 Abtragungsmassen der umliegenden Hochgebiete  
 unter aridem Klima  
Hauptinsel  
 sm ca. 350 m hell-violette und dunkel-  
 rote, ± tonige Sandsteine mit hellen,  
 mürben Katersandlagen

225 Mio.  
 Zurückweichen des Meeres  
 su ca. 380 m tonige Gesteine  
 (Schichtfolge nur von Tauchgängen,  
 aus Tiefbohrung und seismisch  
 bekannt)

235 Mio.  
 Ablagerungen unter Meeresbedeckung und  
 - Eindunstung, Entstehung der später mobilen  
 Salzmassen  
 (z 2-7 nur aus Bohrung bekannt)

Perm  
 Rotliegendes (ro)

durch unterirdische Auslaugung (Subrosion) von Salzlagern des oberen Buntsandstein (Röt) entstandenen Erdfallsee bildeten. Nach STREIF (in: BINOT et al., 1986) weisen die Ergebnisse der Pollenanalyse wie auch die größeren Pflanzenreste darauf hin, daß der Helgoländer Raum in der Eemzeit weithin bewaldet gewesen sein muß. Möglicherweise reichte in diesem Zeitabschnitt sogar eine Landverbindung von Westholstein als eine weit nach Westen ausgreifende Halbinsel des Festlands bis hierher (BEHRE, 1970).

Nach Absinken des Nordseespiegels während der (jüngsten) Weichsel-Kaltzeit auf etwa 110 m unter das heutige Niveau setzte mit deren Abklingen vor etwa 12 000 Jahren ein stetig zunehmender Wiederanstieg bis in das frühe Holozän (Nacheiszeit, „Jetztzeit“) ein. Besonders zwischen rund 8700 und 7100 Jahren vor heute stieg die Nordsee mit über 2 m je Jahrhundert kontinuierlich um 30 m auf die heutige 15-m-Tiefenlinie an. Zwischen 7100 und 6500 Jahren vor heute verringerte sich die Anstiegsrate auf durchschnittlich 65 cm pro Jahrhundert, sank danach auf unter 35 cm und unterlag dann bis zu Beginn des 13. Jahrhunderts unserer Zeitrechnung mehrfach Schwankungen bis zum Erreichen etwa des heutigen Meeresspiegels.

Die jüngste morphologische Gestaltung des seit etwa 10 000 Jahren als eigenständige Insel existierenden Helgoland ist durch Sturmflutmarken der letzten 300 Jahre und Pegelaufzeichnungen über mehr als 150 Jahre verfolgbar.

Die heutige Brandungsterrasse im Südwesten und Norden der Buntsandstein-Felsen wie auch die meeresbedeckten Klippenzüge im Muschelkalk- und Kreide-Ausstrich der nordöstlichen Umrandung des Inselkomplexes haben sich erst in geologisch jüngster Zeit bis in die Gegenwart hinein ausgebildet. Vor etwa 1000 Jahren dürfte die derzeitige Inselform bereits in ihren Grundzügen entwickelt gewesen sein.

Ältere Angaben über den Erosionsfortschritt schwanken zwischen 3 m und 15 m pro Jahrhundert (BROHM, 1907). Bauliche Schutzmaßnahmen haben sich seit fast 100 Jahren stabilisierend ausgewirkt und die natürliche Abtragung Helgolands beträchtlich eingeschränkt (KRUMBEIN, 1975).

Die im Zusammenhang mit dem Ausbau Helgolands zur Seefestung durch Dammbauten im Nord- und Südabschnitt besonders seit Anfang der vierziger Jahre stabilisierte Düne wird heute nur von Sturmfluten vor allem an ihrer Südseite stärker angegriffen.

Allein das spitz nach Osten bis Südosten ausgezogene Ende der Düne, die „Aade“ ist unbefestigt geblieben und hat seit den ersten Aufzeichnungen von 1718 bis heute ständigen Umlagerungen durch Meeresströmungen unterlegen (vergl. Abb. 11 nach BAHR, 1938).

## 6. Überblick zur Tektonik und Strukturentwicklung

Der Aufbeulungsvorgang im Deckgebirge durch die sich im Untergrund anreichernden und allmählich aufsteigenden Salzmassen bewirkte einen Ausweitungsbau mit bezeichnenden tektonischen Erscheinungsformen in den verstellten Schichtfolgen des Helgoländer Felssockels (vergl. Abb. 12).

Die Aufnahmen der tektonischen Strukturen in den tonreichen Folgen des Mittleren Buntsandsteins von Helgoland vor den Sprengungen weisen nach SCHMIDT-THOMÉ (1937; 1987: Abb. 39; 47) eindeutig auf den Ausweitungsbau im Felssockel hin. Die mit 16–20° nach Nordosten einfallende Schichtenplatte zeigt als angehobenes Deckgebirgssegment den leicht bogenförmigen Verlauf („Umlaufendes Streichen“) der Klippenzüge im Nordwesten der Düne (vergl. Abb. 1).

Die kleineren, meist steilstehenden Verwerfungen erreichen nur in einem Ausnahmefall

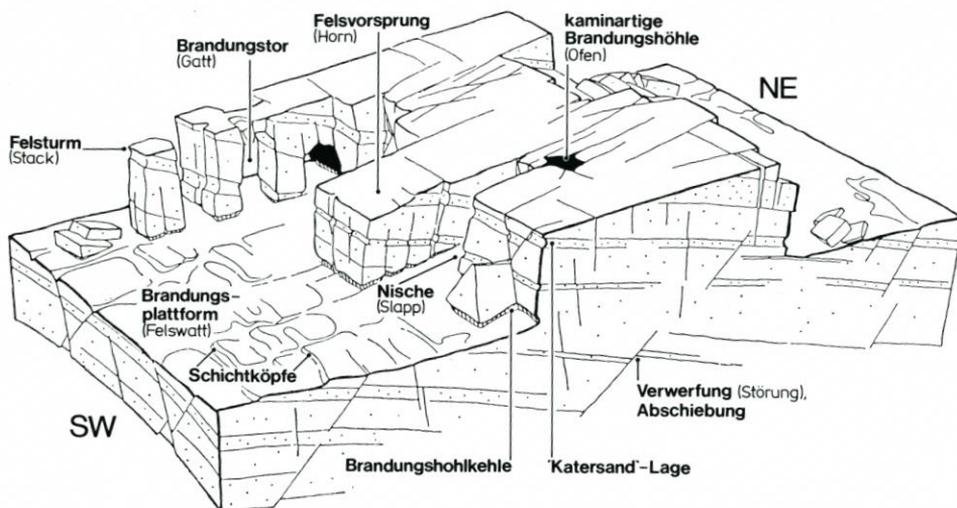


Abb. 12. Blockbild-Übersicht der tektonisch bedingten Felsformen des Buntsandsteins an der südwestlichen Helgoländer Steilküste durch Brandungswirkung. (Verändert nach WURSTER, 1962)

Versatzbeträge von mehr als 8 m und liegen im Durchschnitt weit darunter. Wie bei den ebenfalls steilstehenden Kluftsystemen überwiegt auch bei den Verwerfungen eine mehr oder weniger senkrecht zur Längsachse der Beulenstruktur verlaufende Richtung, so daß diese als Querabschiebungen bezeichnet werden (vergl. Abb. 13).

Nur untergeordnet und mit weit geringeren Verwerfungsbeträgen als ausnahmsweise 6 m treten kleinere Längsabschiebungen mehr oder weniger parallel zur Struktur-längsachse im Felssockel auf.

Durch Detailaufnahmen der kleintektonischen Gefüge in den Felsen Helgolands und Vergleich derselben mit denen aus den Deckschichten des damals gut bekannten Salzstockes von Hoheneggelsen-Mölme in Niedersachsen konnte SCHMIDT-THOMÉ (1937; 1938) erstmals indirekt den Nachweis erbringen, daß Helgoland ebenfalls durch Aufwölbung des Daches über einem Salzkörper entstanden ist. Diese geologische Deutung wurde noch im Jahr der Veröffentlichung durch die Tiefbohrung Helgoland 1 (RB 503) bestätigt, die nach 718 m Buntsandstein über 2280 m Steinsalz durchteufte und darin bei 3010 m eingestellt wurde.

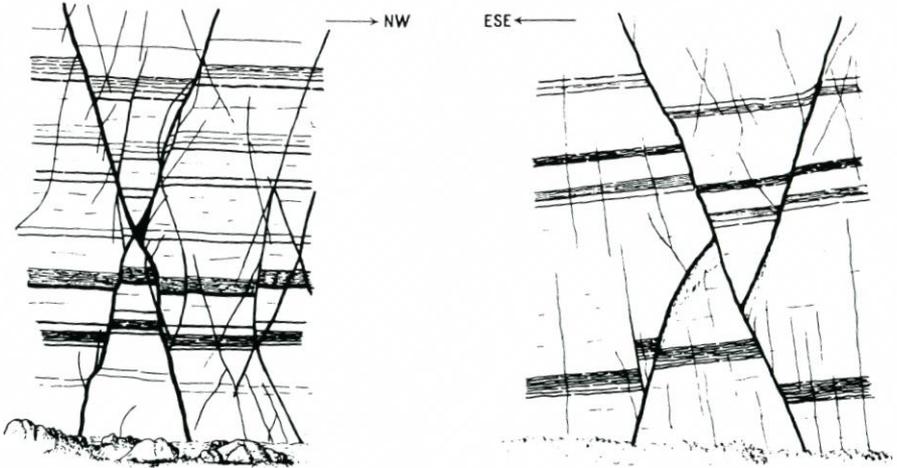
Bezeichnend für die aufbeulungsbedingte Dehnungstektonik ist das reiche Formeninventar an tektonischen Trennflächen im Helgoländer Buntsandstein-Felsen. Die durch den Raumgewinn bei der Aufwölbung bedingten Verwerfungen („Störungen“) sind ausnahmslos als Abschiebungen ausgebildet, deren Versatzbeträge hier vom Dezimeterbereich bis in die Größenordnung hunderter von Metern reichen („Hauptstörung“).

Im Überblick ergibt sich für Helgoland eine insgesamt elliptisch umgrenzte Aufbeulungsstruktur mit umlaufendem Streichen der Gesteinsschichten, deren Längsachse in Nordwest – Südost-Richtung verläuft. Neben einer Anzahl mehr oder weniger radial auf das Zentrum der Heraushebung ausgerichteter Störungen ist das beherrschende tektonische Element eine zur Längsachse parallel verlaufende Abschiebung. Diese verwirft mit einer sich daraus ergebenden Sprunghöhe von stellenweise weit über 500 m südwestlich Helgolands Oberkreide gegen Mittleren Buntsandstein. Daraus wird deutlich, daß nur ein nordöstliches Segment der Gesamtaufwölbung als der heutige Inselkomplex in einer höher aufragende Position emporgehoben wurde. Das noch von WURSTER (1960) und zuletzt von SCHMIDT-THOMÉ (1987) als

eine Hauptverwerfung aufgefaßte, zentrale tektonische Element hat sich nach jüngsten Bearbeitungsergebnissen seismischer Profilerien inzwischen als die nordöstliche Randstörung eines eingesunkenen tektonischen Grabens erwiesen (BINOT, 1986; 1988 sowie im Druck), (vergl. Abb. 14).

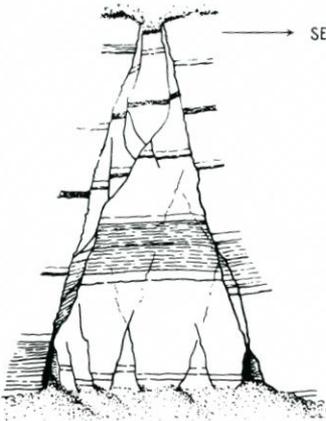
Auch durch taucherische geologische Kartierungen und Schichtaufnahmen in Buntsandstein, Muschelkalk und Kreide der Gürtel-Region im Südwesten der Insel (v. GRAFENSTEIN et al., im Druck) konnte der Grabenrandcharakter der genannten Störung bestätigt werden.

Dieser in etwas geschwungenem Bogen verlaufenden Verwerfung streicht die südwestliche Grabenrandstörung im Abstand von 1,5 bis 3 km annähernd parallel (vergl. Abb. 14).

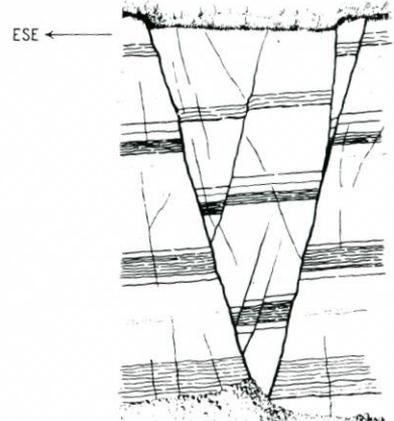


a) Querabschiebungspaar, Bicket Horn

b) Querabschiebungen NE-Küste, obere Schmutzbrücke



c) Querabschiebungspaar, südlich Letje Kark



d) Querabschiebungspaar, Obere Schmutzbrücke

Abb. 13. Verwerfungsformen im Buntsandstein-Fels der Nordost- und Südwest-Steilküste Helgolands  
 a) Zwei sich x-förmig kreuzende Verwerfungen („x-Störung“). b) Ursprünglich gekreuztes Störungspaar mit einer nachträglich fortgeschrittenen Abschiebungsbewegung (nach rechts abwärts), woraus eine „y-Störung“ resultiert. c) Von zwei größeren Abschiebungen begrenzter tektonischer Horst (Mitte). d) An zwei größeren Störungen eingesunkener tektonischer Graben (ohne Maßstab). (Nach SCHMIDT-THOMÉ, 1937; zusammengestellt von WURSTER, 1961)

Nach BINOT (1988 sowie im Druck) kann die gesamte Struktur Helgolands heute als ein Nordwest-Südost gestrecktes Salzkissen mit einem asymmetrisch gelagerten Scheitelgraben identifiziert werden. An dessen Aufbau sind neben den auf mehrere Tausend Meter angereicherten Salzlagern des Zechstein 1 bis 7 auch die tieferliegenden, im Unterelbe- bis Nordsee-raum verbreiteten Salinarfolgen des Rotliegenden (Unter-Perm) beteiligt.

Mit der in der Obertrias (Keuper-Zeit) erreichten Gesteinsauflast wurde das spezifisch erheblich leichtere permische Salz im Untergrund mobilisiert und begann, sich über die jüngeren geologischen Zeitabschnitte hin durch langsame, phasenhafte Fließbewegungen anzureichern und allmählich aufzusteigen. Das Stadium eines der vielen nordwestdeutschen Salzstöcke oder Diapire mit Hindurchpressung von Salzkörpern durch die dabei steil aufgerichteten Deckschichten hat die Helgoländer Struktur dabei noch nicht erreicht. Die Bildung des Salzkissens kann in geologischen Zeiträumen als eine Vorstufe des Diapirstadiums angesehen werden.

Allerdings ist es, nicht zuletzt wegen der Subrosionsvorgänge, sehr schwierig, festzustellen, ob der Salzaufstieg langfristig anhält. Bei Salzstöcken des Festlandes gibt die häufige Bildung von Erdfällen und Einsenkungen der Landoberfläche über unterirdisch ausgelaugten Salzen und Gipsen die augenfälligsten Hinweise auf die geologischen Verhältnisse des Untergrunds. Allgemein wird im niederschlagsreichen Klima des nördlichen Mitteleuropas oberflächennah aufgestiegenes Salz bis in mehrere Zehner Meter Tiefe auf einen etwa konstanten natürlichen Salzspiegel abgelautet. Dabei bilden die teilweise im Salz eingelagerten schwererlöslichen Gipse und Dolomite sowie die unlöslichen Tonanteile sogenannte Residualgesteine (Rückstands-Gesteine), die den Salzkörper als „Mantelgips“ umgeben oder ihm als „Hutgips“ (Caprock) auflagern.

Derartige Residualgesteine des Zechsteins stehen bei Helgoland an der nordöstlichen Grabenrandverwerfung im Gürtel-Bereich in ca. 150 m Tiefe unter dem Meeresboden an; zur Frage der untermeerischen Subrosion sind hier jedoch bisher keine Untersuchungen durchgeführt worden.

An der Helgoländer Struktur haben nach BINOT (1988 sowie im Druck) die stärksten Salzeinwanderungs-Bewegungen in das Salzkissen erst nach der Kreidezeit im Jungtertiär, besonders im mittleren Miozän (zwischen rund 16 und 11 Millionen Jahren v. d. Gegenwart), stattgefunden. Nach den Interpretationen der seismischen Ergebnisse fand in diesem geologischen Zeitraum auch der Einbruch des Scheitelgrabens über dem Salzkissen statt.

## 7. Zur weiteren geologischen Erforschung Helgolands

Auf Helgoland als Felseninsel liegen die Probleme der Erhaltung eines engen und für Deutschland einmaligen Naturraumes dicht aneinander und greifen mit den vielfältigen Fragestellungen von der Geologie aus auf eine Reihe naturwissenschaftlicher und technischer Fachgebiete über.

Die geologischen Voraussetzungen und Möglichkeiten für Schutzmaßnahmen zur Erhaltung von Felseninsel und Düne wurden von KRUMBEIN (1975, 1977) eingehend erörtert. Allerdings wurde zugleich darauf hingewiesen, daß weitere Felsabstürze an den Klippen des Oberlandes praktisch nicht durch technische Maßnahmen verhindert werden können.

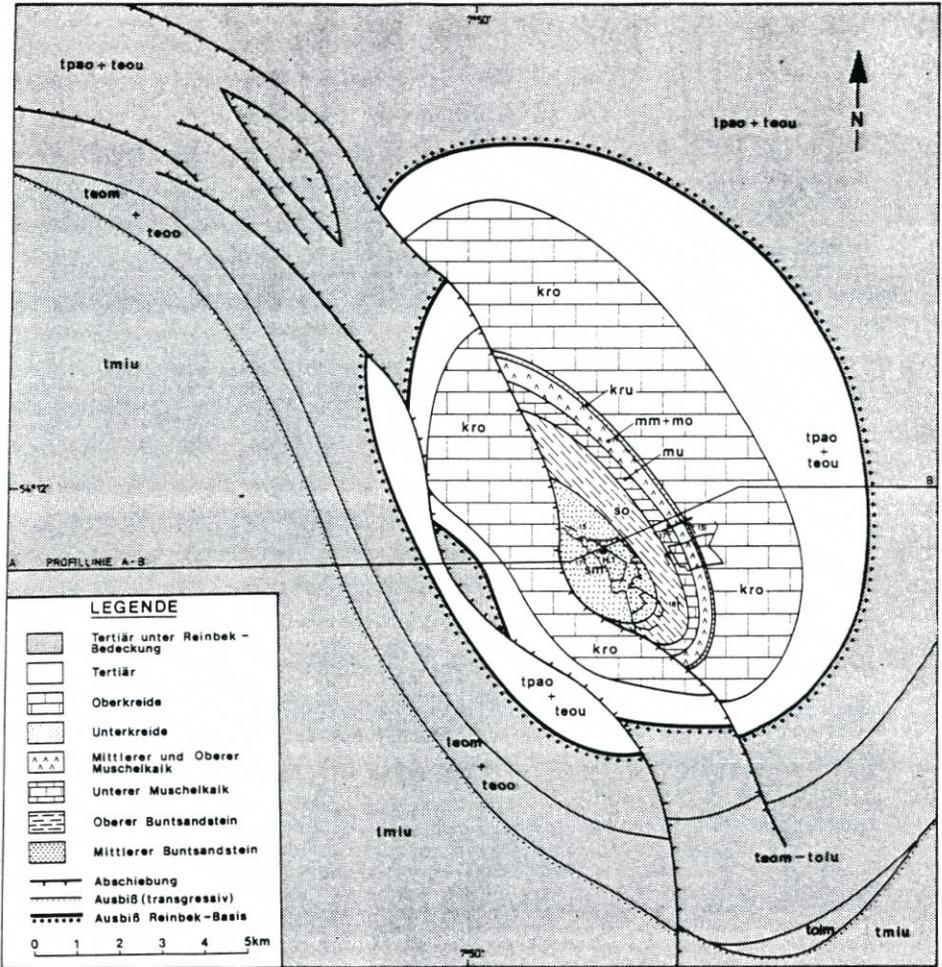
Wegen der natürlichen Klüftigkeit des im ganzen gesehen mürben und wenig verwitterungsresistenten Buntsandsteins ist innerhalb von Jahrzehnten bis Jahrhunderten zu erwarten, daß die steilen Felswände im Südwesten Helgolands hinter der Schutzmauer allmählich von

ihrem eigenen Schutt zugedeckt und in eine mehr oder weniger einheitliche Böschung übergehen werden.

In diesem Zusammenhang werden Untersuchungen zur Festigkeit und fortschreitenden Erosion des Buntsandsteins vor allem an den Vogelfelsen der Insel dringend notwendig. Allein

### ABGEDECKTE GEOLOGISCHE KARTE VON HELGOLAND

– Mittelmiozän (Reinbek) und Jüngerer –



F. BINOT  
BGR, Hannover 1986

Abb. 14. Geologische Übersichtskarte der Salzstruktur Helgoland (Quartärablagerungen abgedeckt). (BINOT, 1986)

Abkürzungen in Abb. 14 und Abb. 15: ro = Oberrotliegendes, z = Zechstein, su = Unterer Buntsandstein, sm = Mittlerer Buntsandstein, so = Oberer Buntsandstein, mu = Unterer Muschelkalk, mm = Mittlerer Muschelkalk, mo = Oberer Muschelkalk, ku = Unterer Keuper, km = Mittlerer Keuper, ko = Oberer Keuper, ju = Lias, kru = Unterkreide, kro = Oberkreide, tpao = oberes Paleozän, teou = unteres Eozän, teom = mittleres Eozän, teoo = oberes Eozän, tolu = unteres Oligozän, tolo = oberes Oligozän, tmiu = unteres Miozän, tmi = Miozän, tmiR = Reinbek, q = Quartär

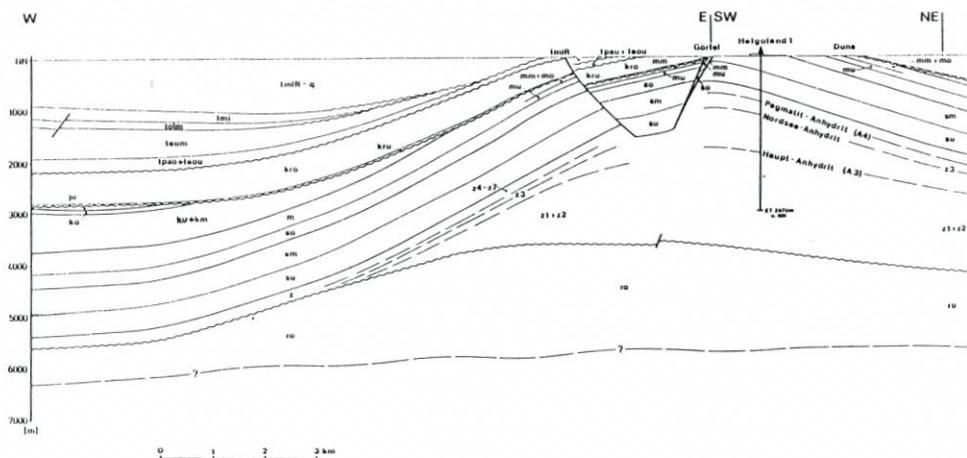


Abb. 15. Geologischer Profilschnitt durch die Salzstruktur Helgoland (s. Legende und Profilinie in Abb. 14, der gegenüber hier ein anderer Maßstab gewählt ist). (Nach BINOT, 1986; Ausschnitt)

diese vorspringenden Felsen sind an ihrem Fuß von der Schutzmauer gegen die See über der Brandungsplattform mit dem Felswatt ausgespart worden. Nur so wird den Jungtieren der in den Gesimsen und Felsnischen brütenden Trottellumme (*Uria aalge*) erleichtert, zum Zeitpunkt des „Lummensprungs“ erstmalig die Felswand zu verlassen und, noch keineswegs flugfähig, sicher im flachen Wasser des Felswatts zu landen. Diese sonst überwiegend an den steilwandigen Küsten des höheren Nordens heimische Seevogelgruppe hat auf Helgoland ihr südlichstes Brutgebiet in Europa, das es unter allen Umständen zu erhalten gilt.

Zugleich geben heute auch nur noch die Vogelfelsen die einmalige Gelegenheit, die über der Abrasionsterrasse in ihren freigelassenen Fuß aus festeren Sandsteinen der Volpriehausen-Folge eingeschnittene charakteristische Brandungshohlkehle einer Felsküste zu beobachten.

Von großem geowissenschaftlichen Interesse ist der Fragenkomplex zur erdgeschichtlichen Datierung der Episoden stärkerer Heraushebung der Deckschichten durch die Mobilisierung der permischen Salzlager im Untergrund des Inselraumes.

Der konkreten Frage, ob Helgoland sich derzeit in geologischen Zeiträumen weiter aus dem Untergrund heraushebt, ließe sich mit verfeinerten Meßmethoden möglicherweise schon gegenwärtig nachgehen. Entsprechend wären auch Untersuchungen über die bisher unbekannte Rate möglicher fortschreitender Subrosion von weitreichendem geologischem Interesse.

Vor allem ist jedoch die noch sehr verbesserungsbedürftige Detailkenntnis der mesozoischen Schichtfolge über dem Salzkissen von besonderer wissenschaftlicher Bedeutung. Immerhin stellt Helgoland den einzigen großen Aufschluß vortertiärer Gesteinsserien im südlichen Nordseebereich dar, der über und unter Wasser Einblick in ein mehr als 1000 m mächtiges Schichtenprofil zuläßt.

Aus rein wissenschaftlichen Gründen wäre es außerordentlich wünschenswert, eine weitere Tiefbohrung als Kernbohrung in den Deckschichten über dem permischen Salz abzuteufen, die als jüngste Gesteinsfolgen auch weitestgehend die Kreideschichten sowie den gesamten unterlagernden Muschelkalk mit erfassen sollte.

Technisch wäre es ohne besondere Schwierigkeiten möglich, den Bohrpunkt weit im Ostteil der Düne, eventuell sogar auf der Aade, anzusetzen. Sollten bohrtechnische Gründe es

erforderlich machen, ließe sich die Schichtfolge in zwei oder möglicherweise auch drei Abschnitte mit einem jeweils weiter südwestlich und damit tiefer im Profil angesetzten Bohrpunkt auflgliedern.

Zu diesem Projekt einer reinen Forschungsbohrung könnte aus dem Arbeitsprogramm „Gemeinschaftsaufgaben der geologischen Landesämter der Bundesrepublik Deutschland“ die wissenschaftliche, technische und finanzielle Unterstützung der Durchführung des Vorhabens in den nächsten Jahren zu erhoffen sein.

Allen zukünftigen Forschungsvorhaben wird die erfreulich vorangeschrittene Planung für den Neubau eines Museums auf Helgoland dienen. Gerade die langfristige Dokumentation geologischer Untersuchungsergebnisse sowie paläontologischer Funde wird auf der Insel selbst von grundlegender Bedeutung für die weitere geowissenschaftliche Erforschung Helgolands sein. Besonders die allen Wissenschaftlern zugängliche und hier sachgerecht konservierbare paläontologische Typensammlung neu aus der Helgoländer Schichtfolge beschriebener Formen und Arten sowie die umfangreichen Gesteins- und Mineraliensammlungen von Helgoland bedürfen dringend einer angemessenen Unterbringung und Ausstellungsmöglichkeit auf der Insel.

Über 45 Jahre nach der Zerstörung des früheren Helgoländer Nordsee-Museums wäre fast 40 Jahre nach Beginn des Wiederaufbaus die Fertigstellung eines neuen Museumsgebäudes dringend zu wünschen, bei dessen Einrichtung auch den einmaligen geowissenschaftlichen Besonderheiten Helgolands angemessen Rechnung getragen werden kann.

## 8. Schriftenverzeichnis

- BAHR, M.: Die Veränderungen der Helgoländer Düne und des angrenzenden Seegebietes. – Jb. Hafenbautechn. Ges., 17, Berlin, 1938.
- BARTENSTEIN, H. u. KAEVER, M.: Die Unterkreide von Helgoland und ihre mikropaläontologische Gliederung. – Senckenb. leth., 54, Frankfurt a. M., 1973.
- BEHRE, K.-E.: Die Flora des Helgoländer Süßwasser-„Töcks“, eines Eem-Interglazials unter der Nordsee. – Flora, 159, Jena, 1970.
- BINOT, F., KOCKEL, F. u. STREIF, H.: Exkursionsführer zur geologischen Helgoland-Exkursion 1986. – 2. Auflage. Bundesanst. f. Geowiss. u. Rohst. mit niedersächs. Landesamt f. Bodenf., 36, Hannover, 1986.
- BINOT, F.: Strukturentwicklung des Salzkissens Helgoland. – Z. dt. geol. Ges., 139, Hannover, 1988.
- BINOT, F. u. RÖHLING, H.-G.: Lithostratigraphie und natürliche Gammastrahlung des Mittleren Buntsandsteins von Helgoland. Ein Vergleich mit der Nordseebohrung J/18-1. – Z. dt. geol. Ges., 139, Hannover, 1988.
- BÖHMER, P.: Erläuterungen zur geologischen und bathymetrischen Karte des Seegebietes südwestlich der Insel Helgoland (Teilgebiet I). Unveröff. Dipl.-Kartierung Techn. Univ. München, 1988.
- BÖHMER, P.: Der Buntsandstein im Seegebiet südwestlich der Insel Helgoland. Zur Problematik der Grenzziehung zwischen Unterem und Mittlerem Buntsandstein. – Unveröff. Dipl.-Arbeit Techn. Univ. München, 1989.
- BOIGK, H.: Ergebnisse und Probleme stratigraphisch-paläogeographischer Untersuchungen im Buntsandstein Nordwestdeutschlands. – Geol. Jb., 78, Hannover, 1961.
- BROHM, A.: Helgoland in Geschichte und Sage. Seine nachweisbaren Landverluste und seine Erhaltung. – Cuxhaven, Helgoland, 1907.
- BRUN-PETERSEN, J. u. KRUMBEIN, W.: Rippelmarken, Trockenrisse und andere Seichtwassermerkmale im Buntsandstein von Helgoland. – Geol. Rdsch., 64, Stuttgart, 1975.
- DAMES, W.: Über die Gliederung der Flötzformationen Helgolands. – Sitz.-Ber. Kgl. Preuß. Akad. Wiss. Berl., 1893 (2), Berlin, 1893.
- DAUT, G.: Erläuterungen zur geologischen und bathymetrischen Karte des Seegebietes südwest-

- lich der Insel Helgoland (Teilgebiet II). – Unveröff. Dipl.-Kartierung Techn. Univ. München, München, 1988 (1988a).
- DAUT, G.: Der Muschelkalk im Seegebiet südwestlich der Insel Helgoland. Palynologische und sedimentpetrographische Bearbeitung. – Unveröff. Dipl.-Arbeit Techn. Univ. München, München, 1988 (1988b).
- ERNST, W.: Über den Gault von Helgoland. – N. Jb. Mineral. Geol. Paläont., Beil.-Bd., B 58, Stuttgart, 1927.
- GRAFENSTEIN, U. VON, BÖHMER, P., DAUT, G., MÜCKE, T. VON, MÜLLER, W. u. PROHASKA, J.: Zur Geologie Helgolands: Unterwasser-Kartierung des Gebietes südwestlich der Insel (im Druck; in: Geol. Jb., A 120).
- GRUPE, O.: Muschelkalk und Kreide und ihre Lagerungsverhältnisse im Untergrund der Düne von Helgoland. – Jb. Preuß. Geol. L. – Anst. Berl., 50 (1), Berlin, 1929.
- HARTUNG, W.: Helgoland – merkwürdigste Insel der Nordsee. – Veröff. Naturforsch. Gesell. Emden, 105 (Festschrift zum 150jährigen Bestehen der Naturforschenden Gesellschaft Emden), 1965.
- HILLMER, G., SPAETH, CH. u. WEITSCHAT, W.: Helgoland. Porträt einer Felseninsel. Hamburg, 1979.
- HILTERMANN, H. u. KEMPER, E.: Vorkommen von Valangin, Hauterive und Barrême auf Helgoland. – Ber. Naturhist. Ges. Hann., 113, Hannover, 1969.
- HOFFMANN, F.: „Vorkommen gediegenen Kupfers bei der Insel Helgoland“ . Schreiben des Herrn Dr. F. Hoffmann, an den Professor Gilbert. – Annalen d. Ph. 70, Leipzig, 1822.
- KEMPER, E., RAWSON, P. F., SCHMID, F. u. SPAETH, C.: Die Megafauna der Kreide von Helgoland und ihre biostratigraphische Deutung. – Newsl. Stratigr., 3, Leiden, 1974.
- KOENEN, A. VON: Über die untere Kreide Helgolands und ihre Ammonitiden. – Abh. K. Gesell. Wiss. Gött., math.-phys. Kl., n. F., 3 (2), Berlin, 1904.
- KRUMBEIN, W. E.: Verwitterung, Abtragung und Küstenschutz auf der Insel Helgoland. – Abh. Verh. Naturwiss. Ver. Hamburg, n. F., 18/19, Hamburg, 1975.
- KRUMBEIN, W. E.: Zur Frage der Verwitterung der Felsmasse der Insel Helgoland. – Abh., Verh. Naturwiss. Ver. Hamburg, n. F., 20, Hamburg, 1977.
- KRUMBEIN, W. E. u. WILCZEWSKI, N.: Eine Dipnoer-Zahnplatte aus dem Buntsandstein Helgolands. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1973, Stuttgart, 1973.
- LIPP, A.: Geologische Unterwasseraufnahme der submarinen Schichtenfolge des Mittleren und Oberen Muschelkalks am Felssockel Helgolands (Profilaufnahme und Kartierung) (T. 1), Untersuchungen zur submarinen Erosion und Sedimentumlagerung bei Helgoland (T. 2). – Unveröffentl. Diplomarbeit Univ. Hamburg, Hamburg, 1990.
- MEMPEL, G.: Neue Funde von Uranium-Vanadium-Kernen mit Entfärbungshöfen. – Geol. Rdsch., 49, Stuttgart, 1960.
- MEYER, D.: Bibliographie zur Geologie und Paläontologie von Helgoland. – Mitt. Geol.-Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 63, Hamburg, 1987.
- NAUMANN, E.: Beitrag zur Kenntnis der Trias von Helgoland. – Jb. Preuß. Geol. L.-Anst., 45, Berlin, 1925.
- PHILIPPI, E.: Die Ceratiten des oberen deutschen Muschelkalkes. – Palaeont. Abh., 8 (= n. F. 4), Jena, 1901.
- PRATJE, O.: Geologischer Führer für Helgoland und die umliegenden Meeresgründe. – Sammlung geol. Führer, 23, VII, Berlin, 1923.
- PRATJE, O.: Das veränderte Helgoland. – N. Arch. Landes- u. Volkskde. Niedersachs., 1948, Bremen-Horn, 1949.
- REICH, H.: Geologische Ergebnisse der seismischen Beobachtungen der Sprengung auf Helgoland. – Geol. Jb., 64, Hannover, Celle, 1950.
- ROEMER, F. A.: Die Versteinerungen des norddeutschen Kreidegebirges. Hannover, 1841.
- SCHMID, F. u. SPAETH, Ch.: Zur Altersstellung des braunroten Kreide-Feuersteins von Helgoland. – N. Jb. Geol. Paläont., Mh., 1978, Stuttgart, 1978.
- SCHMID, F. u. SPAETH, Ch.: Erster Nachweis von Schwarzschiefern im Unter-Turon Helgolands (Nordsee, NW-Deutschland). – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1980, Stuttgart, 1980.
- SCHMID, F. u. SPAETH, Ch.: Feuerstein-Typen der Oberkreide Helgolands, ihr stratigraphisches Auftreten und ihr Vergleich mit anderen Vorkommen in NW-Deutschland. – Staringia, 6, Niederlandse Geologische Vereniging, Heerlen, 1981.

- SCHMID, F. u. SPAETH, Ch. (Hrsg.): Die Kreide der Nordseeinsel Helgoland (NW-Deutschland). (Im Druck; erscheint als Einzelband A 120 in Geol. Jb.).
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: Der tektonische Bau und die morphologische Gestaltung von Helgoland aufgrund einer Untersuchung der kleintektonischen Erscheinungsformen. – Abh. Verh. Naturwiss. Ver. Hamburg, n. F., 1, Hamburg, 1937.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: Helgoland und Hoheneggelsen-Mölme, ein Vergleich zweier saxonischer Aufwölbungen. – Geol. Rdsch., 29, Stuttgart, 1938.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: Die Sprengungen auf der Insel Helgoland. – Sprengtechnik, 1952, Mannheim, 1952.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: Geologische Karte von Helgoland mit Erläuterungen. – Geol. Jb., A 62, Hannover, 1982.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: Helgoland, seine Düneninsel, die umgebenden Klippen und Meeresgründe. – Sammlung geol. Führer, 82, Berlin, Stuttgart (Borntraeger), 1987.
- SCHROEDER, H.: Ein Stegocephalen-Schädel von Helgoland. – Jb. K. Preuß. Geol. L.-Anst. Berl., 33 (2), Berlin, 1914.
- SCHULZ, H. D.: Kupfer-Verhüttung auf Helgoland zur Wikinger-Zeit. – Umschau 79 (1979), H. 12, 1979.
- SCHULZ, H. D. u. TAUCHGRUPPE KIEL: Der Steingrund bei Helgoland – Restsediment einer saalezeitlichen Endmoräne. – Meyniana, 35, Kiel, 1983.
- SCHULZE, G.-A. u. FÖRTSCH, O.: Die seismischen Beobachtungen bei der Sprengung auf Helgoland am 18. 4. 1947 zur Erforschung des tieferen Untergrundes. – Geol. Jb., 64, Hannover, Celle, 1950.
- SINDOWSKI, H.-H.: Schüttungsrichtungen und Mineralprovinzen im westdeutschen Buntsandstein. – Geol. Jb., 73, Hannover, 1958.
- SPAETH, Ch. u. SCHMID, F.: Helgoland. Stratigraphie und Fossilfaunen, Tektonik und morphologische Entwicklung des Inselkomplexes. – In: DEGENS, E. T., HILLMER, G. u. SPAETH, Ch. (Hrsg.): Exkursionsführer Erdgeschichte des Nordsee- und Ostseeraumes. Hamburg, 1984.
- STÜHMER, H., SCHULZ, H., WILLKOMM, H. u. HÄNSEL, B.: Rohkupferfunde vor Helgoland. – OFFA-Berichte u. Mitt. Urgeschichte, Frühgeschichte u. Mittelalter-Archäologie, 35, Neumünster, 1978.
- STÜHMER, H., SPAETH, Ch. u. SCHMID, F.: Fossilien Helgolands. – Teil 1: Trias und Unterkreide. (Niederelbe-Verlag) Otterndorf, 1982.
- STÜHMER, H., SCHMID, F. u. SPAETH, Ch.: Fossilien Helgolands. – Teil 2: Oberkreide. (Niederelbe-Verlag) Otterndorf, 1986.
- TAVERNE, L.: Les Actinoptérygiens de l'Aptien inférieur (Töck) d'Helgoland. – Mitt. Geol. Paläont., Inst. Univ. Hamburg, 51, 1981.
- TSE, PING HONG: Die submarine Schichtenfolge des Unteren Muschelkalkes von Helgoland (Profilaufnahme und Kartierung). – Unveröffentl. Dipl.-Kartierung Univ. Hamburg, 1983.
- VOLGER, G. H. O.: Beiträge zur geognostischen Kenntnis des norddeutschen Tieflandes. 1. Über die geognostischen Verhältnisse von Helgoland, Lüneburg, Segeberg, Läggedorf und Elmshorn in Holstein und Schwarzenbek im Lauenburgischen nebst vorangehender Übersicht der orographischen und geognostischen Verhältnisse des norddeutschen Tieflandes. – X, Braunschweig, 1846.
- WIEBEL, K. W. M.: Die Insel Helgoland. Untersuchungen über deren Größe in Vorzeit und Gegenwart vom Standpunkte der Geschichte und Geologie. – Abh. a. d. Gebiete d. Naturwiss., 2 (1), IV, Hamburg, 1848.
- WOLFF, W.: „Geologische Beobachtungen auf Helgoland“. – Z. dt. geol. Gesellsch., 55: Mber.: Berlin, 1903.
- WOLFF, W.: Zur Geologie von Helgoland. – Jb. K. Preuß. Geol. L.-Anst. Berlin, 32 (1), Berlin, 1913.
- WURSTER, P.: Kreuzschichtung im Buntsandstein von Helgoland. – Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg, 29, Hamburg, 1960.
- WURSTER, P.: Geologisches Porträt Helgolands. – Die Natur 70, 7/8, Schwäbisch-Hall, 1962.

# Tide, Windstau, Seegang im Raume Helgoland

Von WINFRIED SIEFERT

## Zusammenfassung

Die küstenfernste deutsche Insel mit ihrer Düne ist den Naturgewalten in besonderer Weise ausgesetzt. Es liegt eine ganze Reihe von Untersuchungen zum Tide-, Sturmflut- und Seegangsgeschehen vor. Hier können lediglich einige Schwerpunkte beleuchtet werden, die die besondere Bedeutung der Insel in ihrer Lage für das Küsteningenieurwesen aufzeigen.

## Summary

*The most offshore German Island and its dune are particularly endangered by nature's forces. There exists an extensive number of investigations related to tides, storm surges and sea states. Only some major points of interest which are of special significance for the island and for coastal engineering in general could be treated here.*

## Inhalt

1. Hochseeinsel Helgoland . . . . .	33
2. Tideuntersuchungen im Raum Helgoland . . . . .	34
3. Windstau und Sturmfluten . . . . .	40
4. Seegang . . . . .	43
5. Schriftenverzeichnis . . . . .	46

### 1. Hochseeinsel Helgoland

Von vielen deutschen Küstenorten aus bestehen – außer im Winter – regelmäßige Schiffsverbindungen nach Helgoland. Diese sind vor allem von Touristen stark frequentiert, u. a. um eine „zünftige Seereise“ zu machen. Unterwegs kann man dann zeitweise, wenn weder die Küste noch die Felseninsel zu sehen sind, den Eindruck gewinnen, daß man sich „mitten auf dem Meer“, zumindest aber „mitten auf der Nordsee“, befindet. Und fast immer machen einem – der Autor spricht hier aus eigener Erfahrung! – die erwarteten, aber doch gefürchteten Wellen erheblich zu schaffen, auch wenn man sich dies in der ersten halben Stunde noch nicht eingestehen will. So denkt man oft schon auf der Hinfahrt mit Grausen an die Rückfahrt, um allerdings meistens festzustellen, daß dann alles gar nicht so schlimm ist.

Der Gast merkt schnell, daß auf Helgoland „ein anderer Wind weht“ als an der Küste, daß die Wellen höher sind, daß das Klima anders ist, eben das Reizklima einer Hochseeinsel.

Anders ist das schon, wenn man sich eine Karte der gesamten Nordsee ansieht und Helgoland sucht (Abb. 1): Die Insel liegt nicht etwa „mitten im Meer“, sondern „ganz unten rechts in der Ecke“. Insoweit muß „Hochsee“ sicher relativiert werden. Aber das ist schließlich nicht anders mit der küstennahen Insel Sansibar, gegen die man Helgoland vor 100 Jahren eingetauscht hat!

Der Eindruck wird erst genauer, nimmt man eine Karte der Deutschen Bucht zur Hand (Abb. 2). Vergleicht man darauf die Lage Helgolands mit derjenigen der anderen Nordseein-

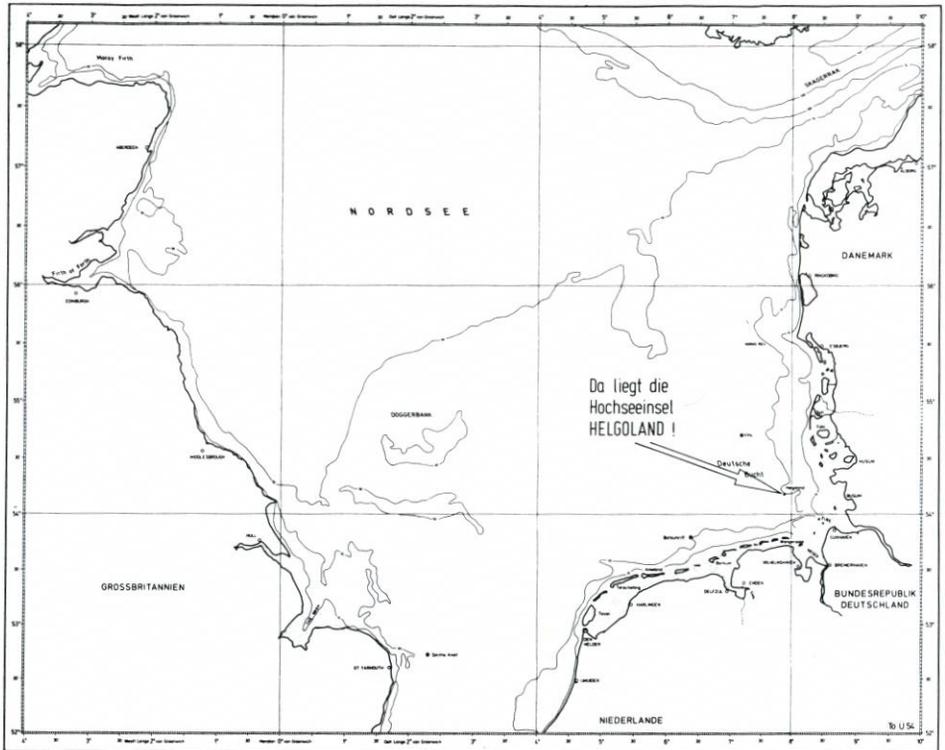


Abb. 1: Wo Helgoland in der Nordsee liegt

seln, so zeichnet sie sich in der Tat durch ihre Küstenferne aus. Dies gilt natürlich auch aus hydrologischer Sicht bzw. der des Küsteningenieurwesens, was aber nun beileibe keine neue Erkenntnis ist, wie man dem Beitrag ROHDES in diesem Heft entnehmen kann. Dazu kommt als weitere Besonderheit, daß die Insel nicht „auf Sand gebaut“ ist, sondern auf einem Salzstock ruht (bzw. sich bewegt). Aber darauf wird später zurückzukommen sein.

Da der Felsen, wie noch stärker die Düne, wie viele Küsten der Weltmeere im Abbruch liegen, müssen sie geschützt werden. Um dazu die für Helgoland wie für die Umwelt besten Lösungen zu finden, bedarf es umfassender Kenntnisse über das natürliche Geschehen, will man dem Wahlspruch

NATURA NON VINCITUR NISI PARENDO

gerecht werden, der besagt, daß man die Natur nicht besiegen kann, außer man unterwirft sich ihren Spielregeln.

## 2. Tideuntersuchungen im Raum Helgoland

Von verschiedenen Plätzen an der Nordseeküste liegen erste Wasserstandsbeobachtungen schon aus dem 17. und 18. Jahrhundert vor. Im 19. Jahrhundert wuchs die Erkenntnis, daß genauere Analysen des Tideablaufes nur über die Einbeziehung küstenferner Daten möglich

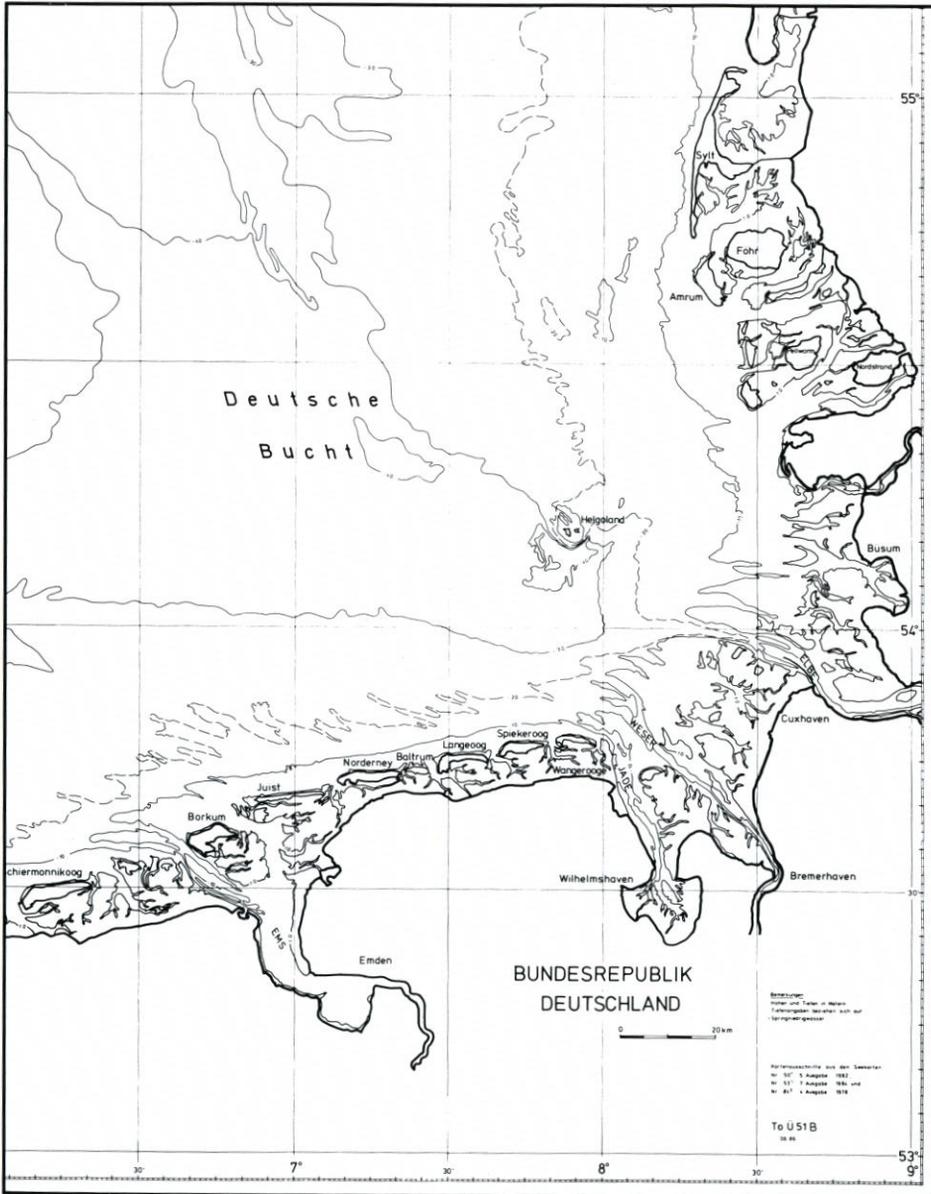


Abb. 2: Deutsche Bucht mit Helgoland

werden konnten. Entsprechende Bemühungen wurden schließlich forciert und führten dann ja auch zum Erfolg, wie ROHDE in diesem Heft berichtet.

Aber allein das Registrieren oder Auswerten der Hoch- und Niedrigwasserhöhen Thw und Tnw läßt nur wenig Schlüsse auf den Tideablauf selbst und die damit wechselnden Wasserstands- und Strömungsveränderungen zu.

Frühe Versuche, wissenschaftliche Auswertungen von Gezeitenbeobachtungen vorzulegen, gibt es aus den 30er Jahren des vorigen Jahrhunderts durch WHEWELL, der aus Beobach-

tungen an den Küsten eine Darstellung der Flutstundenlinien erstellte; theoretische Betrachtungen größeren Umfangs gingen nicht ein. Aber es dauerte bis in die 20er und 30er Jahre dieses Jahrhunderts, bis erste zusammenfassende Darstellungen gegeben wurden<sup>1</sup>. STERNECK begann theoretische Ursachenforschung begleitend mit Gezeitenbeobachtungen. Er hatte bereits 1920 bei seiner Arbeit über den Atlantischen Ozean auch die Nordsee behandelt und dabei eine Flutstundenlinien-Karte erstellt, in der zwei Amphidromien<sup>2</sup> im Bereich der Nordsee zu sehen sind, wenn man von der südwestlichen, zumeist als Hoofden-Amphidromie bezeichneten, absieht.

MERZ legte 1923 eine Gezeitenkarte der Nordsee vor, entwickelt nach Küstenbeobachtungen und zahlreichen Hubbeobachtungen in der freien Nordsee. In dieser Karte fehlt die zuvor bei STERNECK dargestellte nördliche Amphidromie in der Nordsee. Basierend auf dieser von MERZ vorgelegten Auswertung von Mondflutintervall und Tidehub hat SCHUMACHER Isohypsenkarten (Linien gleicher Wasserstände zu bestimmten Zeiten) für die Nordsee erstellt, weil er diese Darstellungen als wichtige Interpretationshilfe zum Tidegeschehen erkannt hatte.

Obwohl TAYLOR bereits 1922 das Vorhandensein zweier Amphidromien, einer nördlichen und einer südlichen, rechnerisch nachgewiesen hatte, wurde dieser Umstand noch über Jahre bezweifelt. Auch THORADE ging 1931 immer noch nicht von dem Vorhandensein einer nördlichen Amphidromie aus. Ein Nachweis durch Gezeitenbeobachtungen vor der norwegischen Küste ist bei nur geringem Tidehub und immer vorhandenem Seegang außerordentlich schwierig. Der Tidehub liegt dort im Größenbereich der Fehlergrenze der Beobachtungen.

Die von DEFANT 1923 und PROUDMAN und DOODSON 1924 herausgegebenen Gezeitenkarten zeigen hingegen beide unabhängig voneinander zwei Amphidromien. Beide legten die damals schon durchaus bekannten Gezeitenströmungen für die Erstellung zugrunde.

Die Tideverhältnisse um Helgoland werden ausschließlich durch die südliche Amphidromie bestimmt. Genauere Aussagen dazu waren allerdings erst etwas später möglich:

Im Jahre 1933 hat MÖLLER eine äußerst umfangreiche Arbeit über das Tidegebiet der Deutschen Bucht veröffentlicht. Zuvor war sie schon mit einer Flutstundenlinien-Karte auf dem Geographentag in Breslau 1925 in Erscheinung getreten. In dieser neueren Arbeit sind Tidebeobachtungen von 400 Stationen von der freien Nordsee (mit etwa 10 Positionen im Raum Helgoland) bis an die Flutstromgrenzen der größten Ströme bearbeitet worden. Die der Arbeit zugrunde liegenden Daten stammen aus einem Zeitraum von fast 100 Jahren (1835 bis 1932), größtenteils sind es Pegelbeobachtungen. Im Bereich der freien Nordsee und im Küstenvorfeld wurden Lotungen vorgenommen.

Nach Ende des II. Weltkrieges setzte die rasche Verbreitung von Elektronenrechnern ein, mit deren Hilfe man die Lösung der Gezeitenproblematik über die allgemeinen Bewegungsgleichungen und die Kontinuitätsgleichung zu erreichen suchte. Schon 1948 veröffentlichte HANSEN eine Darstellung der Flutstundenlinien für die sog. halbtägige Mondtide, die die Verhältnisse in der Nordsee bestimmt. Heute gibt das DEUTSCHE HYDROGRAPHISCHE INSTITUT rechnergestützte Gezeitenkarten für die Nordsee heraus. Diese Rechnerauswertung wird auf der Basis von Messungen an ca. 120 Pegelstandorten, die als Randwerte dienen, vorgenommen.

---

<sup>1</sup> Die folgenden Ausführungen zu diesem Thema basieren im wesentlichen auf der Zusammenstellung in der Diplomarbeit von Herrn F. SPINGAT beim Leichtweiß-Inst. der TU Braunschweig, 1990, die im Rahmen eines KFKI-Projektes angefertigt wurde.

<sup>2</sup> Amphidromien sind sog. Drehtiden, die auf Grund der Bewegung der Wassermassen überall auf der Erde auftreten. In ihren Knotenpunkten ist der Wasserstand stets gleich.

Eine für die südöstliche Nordsee seit MÖLLER nicht wieder versuchte flächenhafte Auswertung von Pegelbeobachtungen wurde 1985 von SIEFERT und LASSEN vorgelegt. Abb. 3 zeigt die Positionen der dort ausgewerteten Stationen im Raum Helgoland und wie sie durch weitere Untersuchungen in einem KFKI-Nachfolgeprojekt bis 1989 ergänzt wurden.

Die Daten von insgesamt rd. 230 Positionen stammen aus dem Zeitintervall 1975 bis 1986 und sind Schreibpegelaufzeichnungen, im weiteren Bereich des Küstenvorfeldes Druckpegelbeobachtungen entnommen. Erstmals sind stündliche Isohypsen dargestellt worden, was die Arbeit zur umfangreichsten Veröffentlichung aus beobachteten Wasserständen macht.

Abb. 4 zeigt die mittlere Tidekurve für Helgoland, in der Höhe bezogen auf NN. Da die Insel bisher immer noch nicht an das deutsche Höhennetz angeschlossen ist, wurde dies indirekt über Vergleiche von Mittelwasserhöhen von LASSEN (1990) erreicht. Die Beziehung zwischen dem alten „Helgoländer Null“ (HN) und NN lautet danach:

$$\text{HN} = \text{NN} + 25,7 \pm 1,3 \text{ cm}$$



Abb. 3: Tidemeßpositionen im Raume Helgoland (nach SIEFERT u. LASSEN, 1985; ergänzt)

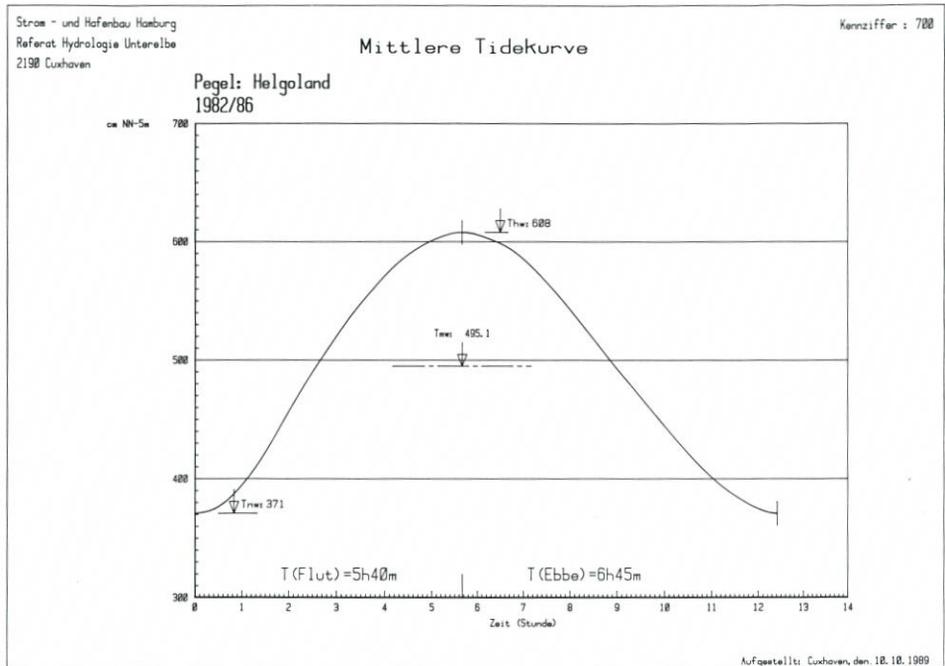


Abb. 4: Mittlere Tidekurve für Helgoland (Ergebnis aus dem KFKI-Projekt „Tide und Windstau in der südöstlichen Nordsee“)

Das  $M_{Sp}Thw$  liegt rd. 1 dm über dem  $MThw$ , das  $M_{Sp}Tnw$  rd. 2 dm unter dem  $MTnw$ .

Zur langfristigen Entwicklung der Helgoländer Wasserstände ergeben die Untersuchungen in einem gerade abgeschlossenen KFKI-Projekt, berechnet für den Zeitraum von 1911 bis 1987, hochgerechnet auf 100 Jahre:

$MTmw$ : rd. 8 cm/Jh. Anstieg

$MThw$ : rd. 14 cm/Jh. Anstieg

$MTnw$ : rd. 9 cm/Jh. Abfall

Die Beträge sind deutlich kleiner als an der Küste. Dort muß allerdings – nach neuesten Untersuchungen nun doch wieder – eine Landsenkung von 5 bis 10 cm/Jh. gegengerechnet werden, die bisher bei Auswertungen des dortigen Trends nicht berücksichtigt wurde.

Damit scheint Helgoland (wenn es denn einmal präzise höhenmäßig angeschlossen sein sollte und diese Höhe in kurzen Zeitabständen kontrolliert würde) ein sehr gut geeigneter Standort zur Feststellung säkularer Veränderungen, ohne Beeinflussung durch Baumaßnahmen und Küstensenkung, werden zu können. Ob die örtliche Tektonik von Einfluß ist, ist allerdings noch unsicher (Vergl. Beitrag von SPAETH in diesem Heft).

Vordergründig scheint ein Vergleich der flächenhaften Tideverhältnisse um 1930 (bei MÖLLER) mit denen von heute möglich zu sein. Immerhin verbleiben bei ihr nach Abzug der Pegel in den Flußgebieten ca. 235 Pegel- bzw. Lotungspositionen, die hier von Interesse sind. Aber leider nimmt MÖLLER keine Fehlerabschätzung vor. Man kann bei den Schreibpegeln zwar davon ausgehen, daß bei ordnungsgemäßem Betrieb die Qualität der Daten mit heutigem Pegelmateriale vergleichbar ist; damit sind die möglichen Fehlergrößen durch zahlreiche Beiträge zur Fehlerbetrachtung bestimmbar. Schwieriger gestaltet sich aber die Fehlerabschät-

zung von Lotungen: Gelotet wurde vor Anker liegend mit Klavierdraht mittschiffs an Backbord und Steuerbord sowie achtern etwa alle 10 Minuten, wobei eine Einzelpeilung aus ca. 30 Einzelablesungen in sehr kurzen Abständen bestand. Diese Werte wurden dann alle gemittelt. Als besondere Schwierigkeiten werden der teilweise 3 m hohe Seegang und der Einfluß der Meeresbodentopographie genannt. Ob solche Daten überhaupt für eine Auswertung dieser Art herangezogen werden sollten, kann zumindest angezweifelt werden. Eine brauchbare Bestimmung von mittlerem Tidehub, auf jeden Fall aber von Flut- und Ebbedauern, ist so nicht möglich. Ob und wie meteorologische Einflüsse berücksichtigt worden sind, geht aus der Arbeit auch nicht hervor.

Die noch nicht veröffentlichten Ergänzungen zu SIEFERT und LASSEN (1985) über das Tidegeschehen lassen den Tideablauf für die innere Deutsche Bucht gut nachzeichnen. So zeigen Abb. 5 und 6 die mittleren Verhältnisse um 1980 im Raume Helgoland an Hand der Parameter MThw und MTnw (Abb. 5) bzw. der Eintrittszeitdifferenzen der Thw und Tnw gegenüber Borkum (Abb. 6).

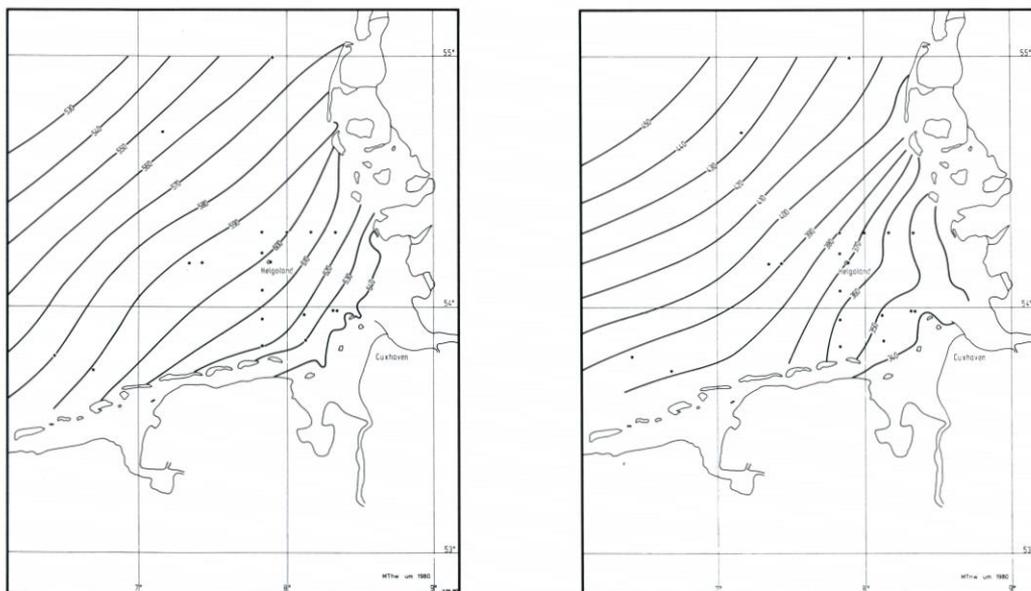


Abb. 5: Linien gleicher MThw- und MTnw-Höhen, bezogen auf NN -5 m (Quelle: wie Abb. 4)

Für die ersten beiden gilt die Annahme, daß an den höhenmäßig nicht angeschlossenen Positionen das MTnw überall gleich hoch, und zwar auf der Höhe Helgolands liegt.

Die zugehörigen Strömungsverhältnisse können dem umfangreichen Atlas des DEUTSCHEN HYDROGRAPHISCHEN INSTITUTS (1983), der auf der Basis von Messungen und Rechnungen zusammengestellt wurde, entnommen werden. Als Beispiel zeigt Abb. 7 die Höchstgeschwindigkeiten, die in Oberflächennähe praktisch ohne Windeinfluß auftreten. Sie sind im Raum Helgoland durchweg West-Ost gerichtet, was mit dem Fortschritt der Eintrittszeiten auf Abb. 6 korrespondiert.

Die vorherrschenden Tideströmungen zwischen der Hauptinsel und der Düne (Nord- und Südreede) verlaufen in südöstlicher Richtung als Flutstrom und in nordwestlicher Richtung als Ebbstrom, wobei der Flutstrom stärker als der Ebbstrom ist. Dauerstrommessungen ergaben Flutstromgeschwindigkeiten bis 0,8 m/s und Ebbstromgeschwindigkeiten bis

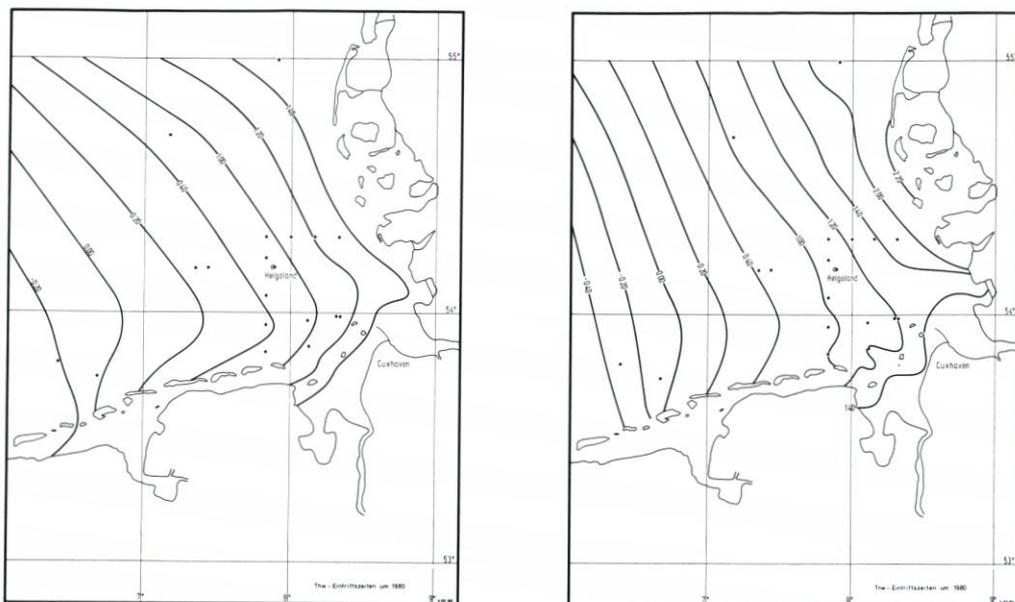


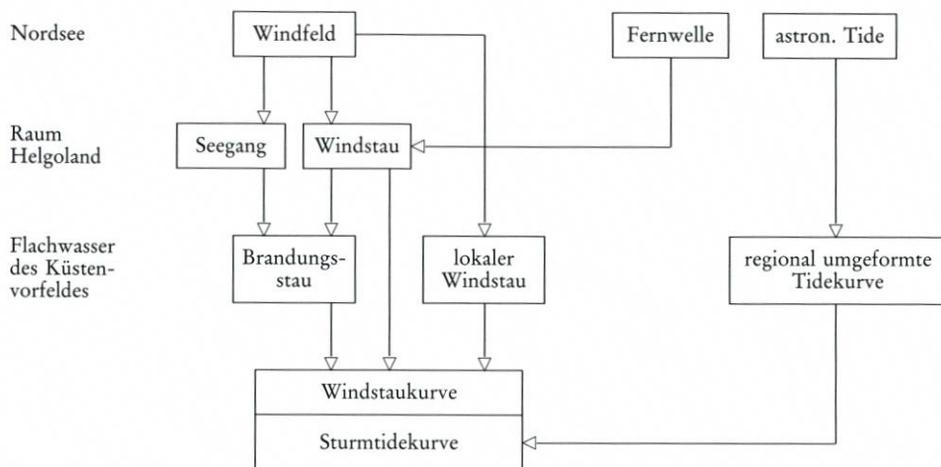
Abb. 6: Linien gleicher Thw- und Tnw-Eintrittszeiten (Quelle: wie Abb. 4)

0,7 m/s. Diese Strömungsgeschwindigkeiten reichen aus, um eine Sandbewegung auszulösen, deren resultierende Richtung entsprechend der größeren Flutstromgeschwindigkeit nach Südosten gerichtet ist. Diese Sandbewegung ist schon 1939 von BAHR erwähnt worden (FÜHRBÖTER u. DETTE, 1986).

### 3. Windstau und Sturmfluten

Die Größe des Windstaus kann als das entscheidende Kriterium zur Beurteilung einer Sturmflut gelten. Exakt gesehen ist der Windstau die durch den Wind verursachte Wasserspiegeländerung. Oft wird er auch als Differenz zwischen astronomischer Tide und eingetretenem Wasserstand definiert. Hierbei enthält der Windstau auch Werte aus Luftdruckänderungen, Temperaturschwankungen, Eigenschwingungen des Meeres und Fernwellen. Im Bereich des Küsteningenieurwesens hat sich eine Ermittlungsweise für den Windstau herauskristallisiert, bei der der Windstau aus der Differenz der mittleren Tidekurve und dem eingetretenen Wasserstand ermittelt wird, wie aus Abb. 8 ersichtlich. Die bereits genannten Abweichungen werden dann durch die astronomisch bedingten Schwankungen vergrößert. Diese Vereinfachung scheint für den Raum Helgoland allemal gerechtfertigt, da die astronomisch bedingten Wasserstandsschwankungen nicht erheblich sind (s. Kap. 2).

Der Windstau im Bereich der südöstlichen Nordsee wird maßgeblich von dem über der gesamten Nordsee liegenden Windfeld beeinflusst. Die wichtigsten Parameter sind Wirklänge, Stärke, Richtung sowie Dauer des Windes. Die prinzipiellen Anteile des Windstaus und damit einer Sturmflut in der Deutschen Bucht und im Küstenvorfeld zeigt das folgende Schema:



Eine genaue quantitative Bestimmung dieser einzelnen Anteile ist noch nicht möglich, wie zahlreiche Untersuchungen zu diesem Thema zeigen.

SIEFERT und LASSEN (1985) haben erstmals mit sogenannten Windstau-Kennlinien gearbeitet. Das dahinter stehende Gedankenkonzept besagt: Der Windstau verhält sich im Flachwassergebiet umgekehrt proportional zur Wassertiefe. Bei gleichbleibenden Windverhältnissen wäre der Windstau bei Pegelstationen im tiefen Wasser wie bei Helgoland demnach nahezu konstant, wenn keine anderen Wirkungen das Ergebnis beeinflussen. Im Flachwasserbereich gewinnt die Topographie des Meeresbodens hingegen zunehmend an Bedeutung. Sie bedingt, zusammen mit der geographischen Lage, ein unterschiedliches, jeweils für den betrachteten Ort charakteristisches Windstauverhalten. Um dieses örtlich verschiedene Verhalten aufzuzeigen, sind die Windstau-Kennlinien eine gute Hilfe, da spezifische Unterschiede sehr deutlich dargestellt werden können. Als Beispiel ist auf Abb. 9 die Kennlinie für Helgoland, bezogen auf Alte Weser (der südöstlichste Punkt auf Abb. 3), dargestellt. Sie sagt aus, daß der Windstau bei Helgoland 80 bis 100 % dessen bei Alte Weser erreicht, wobei das Minimum kurz vor Thw liegt. Bemerkenswert bleibt, daß die Windstauzunahme bis zum Rand des Küstenvorfeldes relativ gering ist, vergleicht man sie mit der Abnahme der Wassertiefe.

Im Rahmen des KFKI-Programms DEBEX' 81 (WIESE, 1982) sind in der Deutschen Bucht nördlich von Helgoland nach Osten in Richtung Eiderstedt und nach Süden in Richtung Wangerooge Hochseepegel ausgesetzt worden. Fünf davon haben die Sturmflutereignisse vom 23. bis 25. 11. 81 mitgeschrieben. Die Daten wurden zur Analyse des Windstaus über die Kennlinien verwendet. Als Bezugsort wurde der Pegel Helgoland-Binnenhafen gewählt.

Es zeigt sich, daß der Windstau an den Hochseepegeln ca. 90 bis 110 % des Windstaus am Pegel Helgoland-Binnenhafen beträgt. Bei den beiden Sturmfluten sind die geringsten Unterschiede zwar kurz vor Thw zu erkennen, alle Pegel zeigten aber ein weitgehend gleichmäßiges Verhalten über die gesamte Tide. Als Mittel ergeben sich die folgenden Werte:

Ort	Sturmflut vom	
	24. 11. 81	25. 11. 81
Helgoland-Nord	1,06	1,06
Helgoland-Süd	0,98	0,96
Schlüsseltonne	1,02	1,02

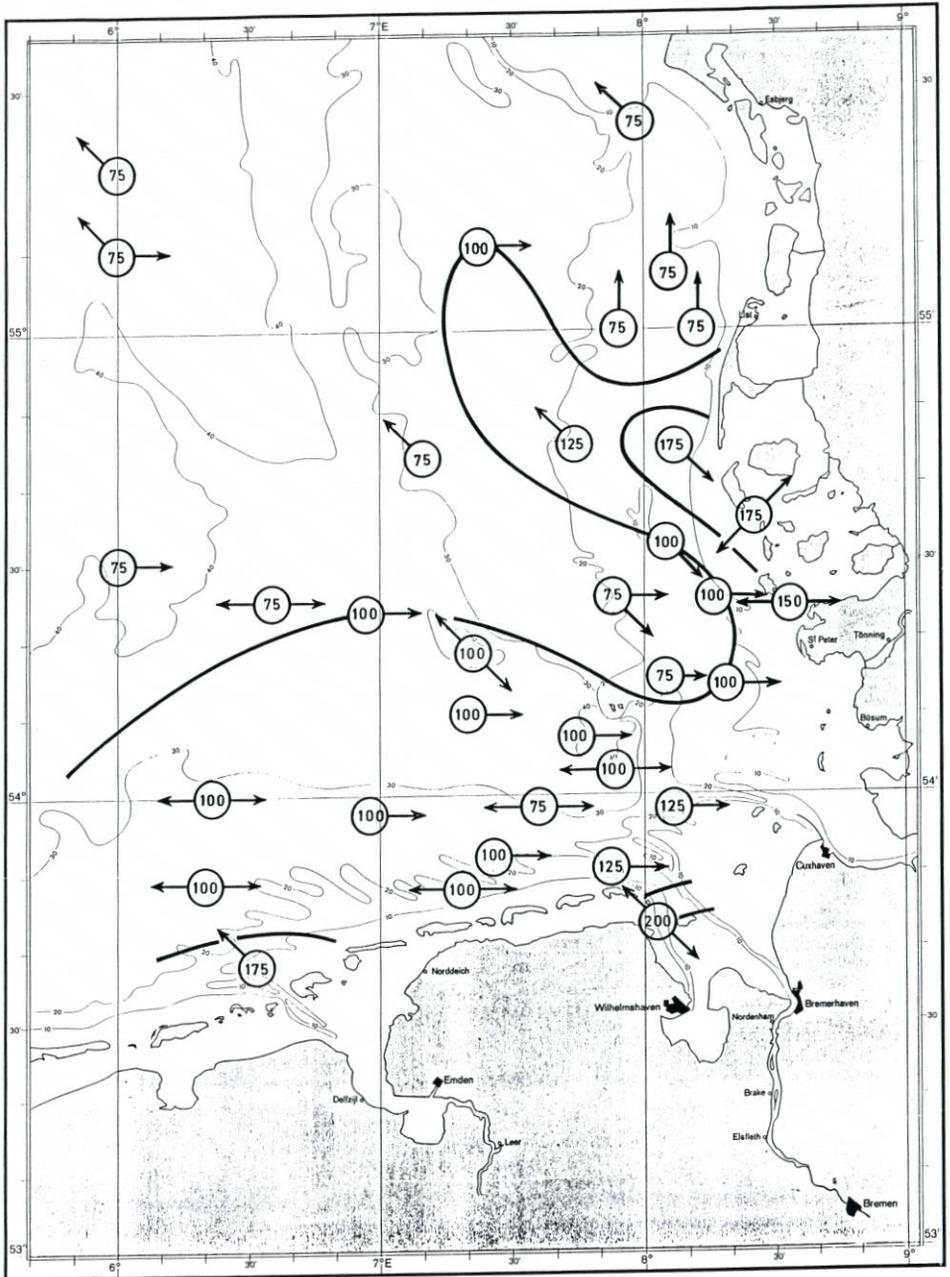


Abb. 7: Maximale Strömungsgeschwindigkeiten in cm/s in Oberflächennähe ohne Windeinfluß (aus Dt. HYDR. INST., 1983)

Danach ist der Windstau nördlich von Helgoland sogar noch geringfügig höher als der Windstau in Helgoland-Binnenhafen. Möglicherweise zeigt sich hier eine gewisse Leelage des Pegels Helgoland. Ansonsten ist davon auszugehen, daß der Windstau in diesem Bereich der südöstlichen Nordsee durch den Windstau von Helgoland charakterisiert wird.

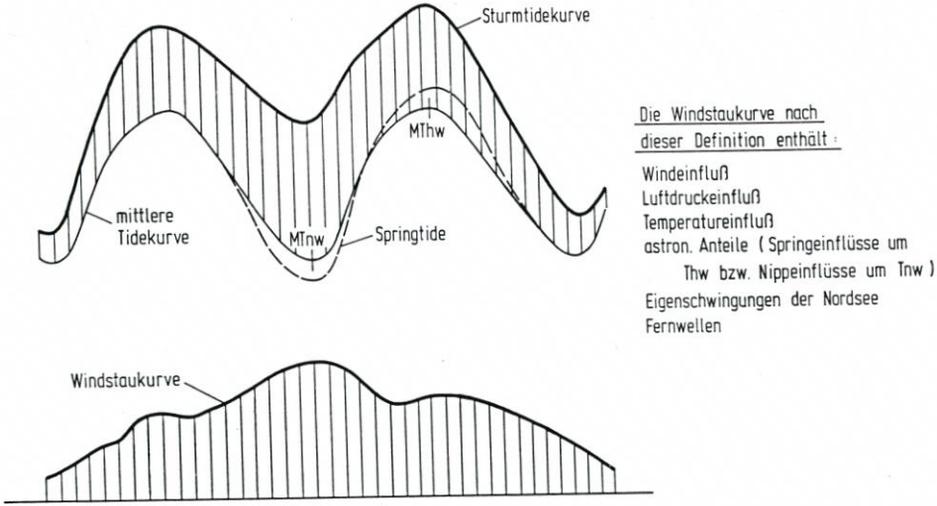


Abb. 8: Definition der hier verwendeten Windstaukurve

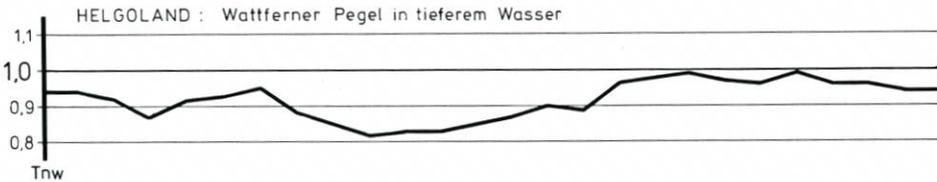


Abb. 9: Windstau-Kennlinie Helgoland zu Alte Weser; die Linie zeigt das Verhältnis der Windstaugrößen über die Tide (aus SIEFERT und LASSEN, 1985)

Der Vollständigkeit halber sei abschließend erwähnt, wie hoch (bezogen auf Helgoländer Null) die bisher höchsten gemessenen Sturmfluten aufliefen:

16. 2. 1962:	3,60 m HN
21. 1. 1976:	3,44 m HN
3. 1. 1976:	3,40 m HN

Diese Höhen (umgerechnet auf NN, s. o.) liegen rd. 1,0 bis 1,5 m niedriger als etwa in Cuxhaven.

#### 4. Seegang

Oft sind kontinuierliche Aufzeichnungen von Wasserständen und Wind die einzig verwertbaren Unterlagen, aus denen Kenntnisse über die Seegangintensität abgeleitet und als Hilfe bei Planungsaufgaben berücksichtigt werden können. Entsprechend wurde z. B. im Leichtweiß-Institut der TU Braunschweig für die exponierte Lage der Insel Helgoland in der südlichen Nordsee trotz fehlender Wellenaufzeichnungen aus dem unmittelbaren Seegebiet um Helgoland über Wellenbeobachtungen auf den Feuerschiffen in der Deutschen Bucht sowie über Wind-Wellenkorrelationen und Anwendung von Wellenvorhersageverfahren das Wellenklima vor Helgoland abgeschätzt.

Seit kurzer Zeit laufen nun auch Seegangsmessungen im Raum Helgoland durch das

DHI, ohne daß darüber bereits Daten veröffentlicht wurden. Insel und Düne sind bei ihrer exponierten Lage starkem Seegangsangriff ausgesetzt; die Düne liegt allerdings bei den vorherrschenden Sturmflagen im Lee der Hauptinsel und ihrer künstlichen Fortsetzungen im Norden (Nordmole) und Süden (Hafenanlagen). Dennoch wird sie auch bei diesen Windlagen von Wellen angegriffen, die durch Diffraktion (Wellenbeugung in kreisförmigen Bahnen um ein Hindernis) um die Hauptinsel gelangen und auf ansteigendem Seegrund außerdem noch der Refraktion (Wellenbeugung durch abnehmende Wassertiefe) unterworfen sind, wie FÜHRBÖTER und DITTE (1986) nachgewiesen haben.

Ein frühes Beispiel für intensive Beschäftigung mit dem Seegangsklima gibt ECKHARDT (1929)<sup>3</sup>. Er schreibt u. a.:

„Beim Beginn des Hafenbaues im Jahre 1908 wurden Beobachtungen über Wellenlänge, Wellengeschwindigkeit und Wellenhöhe angestellt auf dem Gebiete, das vor der zu errichtenden Westmole in Wassertiefen von etwa 5 m bei Hochwasser lag, um Anhaltspunkte für den zu erwartenden Wellenangriff auch für die Mole in größeren Tiefen zu bekommen. Zum Messen von Länge und Geschwindigkeit der Wellen wurden westlich der Linie, auf der die gegen die Hauptsturmrichtung schützende Westmole errichtet werden sollte, zwei Reihen von Bojen in Wassertiefen von 4 bis 6 m bei Hochwasser rechtwinklig zueinander verlegt. Die Bojen jeder Reihe lagen 100 m weit voneinander entfernt. Mittels einer Stoppuhr wurde beobachtet, welche Zeit eine Welle brauchte, um von einer Boje zur anderen zu gelangen.

In vielen Fällen konnte die Richtung der Wellen durch Peilung mittels des Kompasses oder durch Winkelmessung von einer festgelegten Basis aus bestimmt werden. Zur Höhenmessung diente eine Säule aus Quadranteisen, die inmitten des Bojensystems errichtet war. Sie war ähnlich wie eine Pegellatte verschiedenfarbig unterteilt, so daß man recht gut beurteilen konnte, wie hoch die Wellen an der Säule aufliefen.

Bei den ersten Beobachtungen stellten wir bei Windstärke 6 und Windrichtung WSW Wellenlängen von etwa 45 m und eine Höhe<sup>4</sup> von 1,2 m fest. Spätere Messungen ergaben Längen von 58 bis 73 m und Höhen von 1,6 bis 2 m. Diese Wellen dürfen nicht als freischwingende Wellen angesehen werden, da sie über flachem Grund gemessen worden sind und schon an der Steilkante des untermeerischen Sockels, etwa 300 m vorher, gebrandet hatten.

Bei einem Südweststurm Stärke 8 wurden Längen bis zu 100 m gemessen. Die Höhen müssen über 3 m betragen haben. Bei einem wenige Tage später einsetzenden Südweststurm Stärke 9 wurden Wellenlängen bis zu 110 m gefunden. Die höchsten Wellen vor der Mole erreichten annähernd 5 m.

Die besten und sichersten Wellenbeobachtungen wurden durch Photogrammetrie erzielt. Zu den Wellenaufnahmen dienten zwei Phototheodolite der Firma Zeiß in Jena, die 250 mm Brennweite hatten und für Platten von 12 × 30 cm Größe eingerichtet waren. Die beiden Instrumente wurden auf der Südspitze von Helgoland in einem Abstande von 28 m voneinander, etwa 45 m über dem Wasserspiegel auf festen Mauerpfeilern aufgestellt. Ihre Verschlüsse wurden elektrisch gleichzeitig gelöst, und die beiden Negative lieferten Bilder, die in einem Stereoskop plastisch wirkten und im Stereokomparator zu Wellenkarten ausgewertet werden konnten. Diese geben die Höhen, Längen und Richtungen der Wellen an und lassen auch ihre Form erkennen. Man ersieht aus diesen Schnitten, wie die Wellen mit flacher werdendem Wasser steiler werden und in welcher Form sie über die Mole gingen.“

Später (1956) berichtet derselbe Autor über ein Erlebnis während einer schweren Sturmflut im Jahre 1916:

„Da hörte ich plötzlich einen dumpfen, schweren Knall, ähnlich dem, den wir vom Abfeuern der schweren Geschütze auf dem Oberlande kennengelernt hatten. Ich sah unwillkürlich nach Norden, so daß ich auch die ganze Flucht der um diese Zeit 400 m langen Bekrönungsmauer der Westmole vor Augen hatte. Mit dem dumpfen Aufpralle des nächsten Brechers auf die Mole sah ich nun ganz deutlich, wie an vielen Stellen der unteren Fuge der Bekrönungsmauer in Höhe von

<sup>3</sup> Der Verfasser bedankt sich bei Herrn BD Thiemann für den Hinweis auf diese Arbeit

<sup>4</sup> Da es sich um Wellenschätzungen handelt, ist diese etwa gleich der kennzeichnenden Wellenhöhe  $H_{1/3}$

+5,25 m weißer Gischt über die hier liegende Fahrbahn hinter der Mole spritzte. Nach dem nächsten Brecher stand die ganze Flucht der Mauer, die vorher doch eine Gerade gewesen war, in einer Zickzacklinie. Ich habe einen Augenblick geglaubt, nicht richtig zu sehen, aber beim nächsten Brecher wußte ich, daß das, was ich gefürchtet hatte, eingetreten war: daß die ganze untere Fuge der Brüstungsmauer in 400 m Länge und 1,65 m Breite dem Wellenstoße nachgegeben hatte und auf ihrer ganzen Länge und Breite aufgerissen war.“

ECKHARDT (1956) faßt seine Erfahrungen dahingehend zusammen, daß sich die Wellen nur solange nach der Uferlinie einstellen, als der Einfluß des Windes auf sie gering ist. Wird aber der Wind zum Sturm, dann stellen sich die Wellen auf die Richtung des Windes ein, d. h., sie laufen vor dem Winde.

Zwar lassen sich Diffraktionen und Refraktionen mit den modernen Hilfsmitteln der heutigen Elektronenrechner durchaus berechnen, doch ist gerade der Seegrund um Helgoland denkbar schlecht für die Anwendung solcher Rechenverfahren geeignet, weil er eine außerordentlich reich gegliederte Topographie aufweist und daher für die Eingabe der Randbedingungen erhebliche Programmierarbeit und Speicherkapazität verlangt. Dennoch ist es FÜHRBÖTER und DETTE (1986) gelungen, auch ohne Messungen auf dem eingangs skizzierten Wege verlässliche Bemessungsgrundlagen für die Düne zu schaffen<sup>5</sup>.

Entscheidend für die Seegangsverhältnisse ist natürlich der Wind. So zeigt die folgende Tabelle die Richtungen der Starkwinde und Stürme mit einer eindeutigen Häufung im Sektor SSW bis WNW:

Richtungen, aus denen vorwiegend Starkwinde mit Bft  $\geq 8$  auftreten,  
in Stunden je Jahr (Wetterstation Helgoland)

Richtung	langjähriges Mittel
NO	3,0
ONO	5,4
S	4,9
SSW	10,5
SW	5,7
WSW	9,1
W	10,5
WNW	8,1

Als weiteres Beispiel wird auf Abb. 10 die Verteilung der Windrichtungen während der hohen Sturmfluten der 1970er Jahre gegeben. Bei erhöhten Wasserständen ist danach vornehmlich mit Seegang aus WSW bis WNW zu rechnen, wo zugleich das Maximum der Sturmhäufigkeit liegt.

Hinzu kommt die große Bedeutung der Verweilzeit hoher Wasserstände. Für die Schadenswirkung einer Sturmflut ist nämlich nicht allein die Höhe des Scheitelwasserstandes maßgebend, sondern auch die Zeit, die sich der Wasserstand um diesen Scheitelwert aufgehalten hat (FÜHRBÖTER, 1979). Beispielsweise hatten die Sturmfluten vom Februar 1962 und vom November 1981 erheblich höhere Verweilzeiten unterhalb des Scheitelwasserstandes als die Sturmflut vom 3. 1. 1976, bei der sie relativ kurz war.

Das führt zu berechneten kennzeichnenden Wellenhöhen  $H_{1/3}$  bis zu 6 m aus WNW bis

<sup>5</sup> Der Verfasser ist den Autoren für die Einsicht in unveröffentlichte Unterlagen und wichtige Hinweise sehr dankbar.

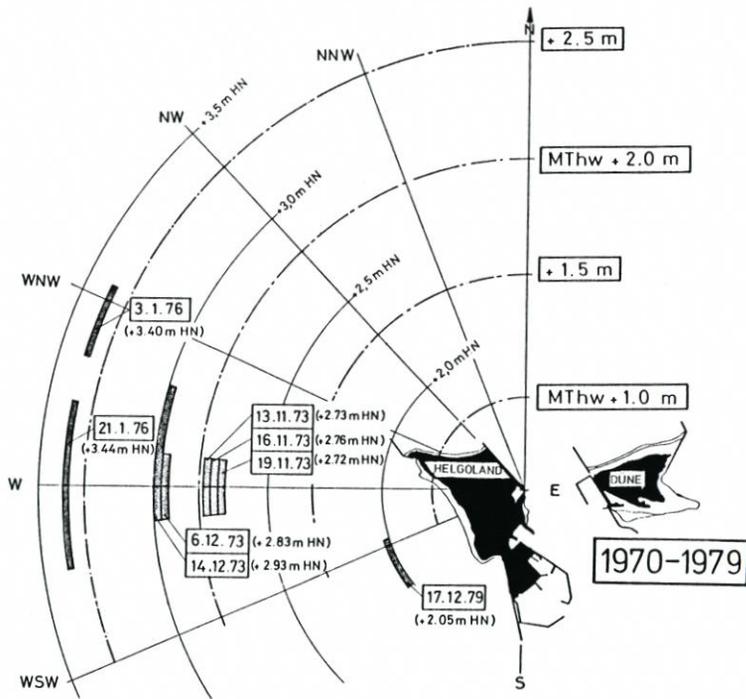


Abb. 10: Windrichtungen auf Helgoland während der hohen Sturmfluten der 1970er Jahre (aus FÜHRBÖTER und DETTE, 1986)

N bei mittleren Perioden von 8 bis 9 s. Beides sind Werte, die an der deutschen Nordseeküste nirgends erreicht werden.

## 5. Schriftenverzeichnis

- DT. HYDROGR. INST.: Die Strömungen in der Deutschen Bucht. Eigenverlag, Hamburg, 1983.
- ECKHARDT, A.: Erfahrungen über Wellenwirkung beim Bau des Hafens in Helgoland. Jb. der Hafenbautechn. Ges., 1929.
- ECKHARDT, A.: Wellenstoß auf Hafensmolen. Beobachtungen auf Helgoland. Die Bautechnik, H. 12, 1956.
- FÜHRBÖTER, A.: Über Verweilzeiten und Wellenenergien. Mitteilungen des Leichtweiß-Inst. der TU Braunschweig, H. 65, 1979.
- FÜHRBÖTER, A. u. DETTE, H. H.: Zur Entwicklung der Düne Helgoland. Die Küste, H. 43, 1986.
- LASSEN, H.: Örtliche und zeitliche Variationen des Meeresspiegels in der südöstlichen Nordsee. Die Küste, H. 50, 1989.
- MÖLLER, L.: Das Tidegebiet der Deutschen Bucht – Die Vertikalkomponente der Gezeiten. Veröff. des Inst. für Meereskunde, geogr.-wiss. Reihe, H. 23, E. S. Mittler und Sohn, Berlin, 1933.
- SIEFERT, W. u. LASSEN, H.: Gesamtdarstellung der Wasserstandsverhältnisse im Küstenvorfeld der Deutschen Bucht nach neuen Pegelauswertungen. Die Küste, H. 42, 1985.
- WIESE, H.-W.: Messungen der Wasserstände in der Deutschen Bucht während DEBEX '81. Intermaritec, 1982.

# Die Lebensgemeinschaften im Felswatt von Helgoland: Einzigartige Vielfalt an Deutschlands Nordseeküste

Von KLAUS JANKE

## Zusammenfassung

Dieser Artikel gibt einen Einblick in die Lebensgemeinschaften in der Spritzwasser-, Gezeiten- und oberen Dauerflutzone der Insel Helgoland. Als Beispiel für die an Deutschlands Nordseeküste einzigartige Besiedlung werden die Tiere und Pflanzen im Nordost-Felswatt vorgestellt. Die Besiedlungsmuster im Übergang von Meer und Land zeichnen sich durch eine deutliche Vertikalzonierung der Arten aus. Die Vegetation der Spritzwasserzone ist im Vergleich zur Umgebung äußerst spärlich. Im unteren Bereich wird sie von Grünalgen der Gattung *Blidingia* dominiert. Die (artenarme) Gemeinschaft der Tiere in diesem Bereich gehört fast ausschließlich zum terrestrischen Lebensformkreis. Das obere Eulitoral wird von einem flächendeckenden Bestand der Grünalgen *Enteromorpha* spp. bestimmt. Typische Faunenvertreter sind die Strandschnecke (*Littorina saxatilis*), Flohkrebse (*Chaetogammarus marinus*, *Gammarus salinus*, *Hyale nilsonii*) und Seepocken (*Elminius modestus*, *Semibalanus balanoides*). Die Lebensgemeinschaft des mittleren Eulitorals wird von Miesmuschelbänken (*Mytilus edulis*) und der gemeinen Strandschnecke (*Littorina littorea*) dominiert. Die spärlich wachsende Algenvegetation wird durch mehrjährige Tange der Gattung *Fucus*, dem Knorpeltang (*Chondrus crispus*) und der Teerkrustenalge (*Ralfsia verrucosa*) repräsentiert. Das untere Eulitoral wird fast vollständig vom Sägerang (*Fucus serratus*) bedeckt. Viele kleinere Makroalgen (z. B. *Cladophora* spp., *Chondrus crispus*, krustenbildende Rotalgen) bilden unter dem Dach seiner Phylloide ein artenreiches Vegetationsmosaik aus. Die begleitende Fauna zeichnet sich durch eine gegenüber höheren Bereichen deutlich ansteigende Diversität aus. Neben den typischen eulitoralischen Formen besiedeln auch viele Formen aus dem Sublitoral diesen Bereich. Auf den Thalli der *Fucus*-Algen bildet sich eine spezifische Phytalfauna aus. Zu den Leitformen der Makrofauna gehören diverse Formen von Polypenstöckchen (Hydrozoa), die Strandkrabbe (*Carcinus maenas*) sowie als Phytalbewohner die flache Strandschnecke (*Littorina mariae*), der Posthörnchenwurm (*Spirorbis spirorbis*) und das Rotdornige Moostierchen (*Flustrellidra hispida*). Das obere Sublitoral wird von einer dichten Besiedlung des Fingertanges (*Laminaria digitata*) bestimmt. In seinem Lichtschatten gedeiht eine artenreiche Rotalgenflora, während kleinere Braun- und Grünalgen zurücktreten. Die im Eulitoral dominanten Faunenbestandteile treten im oberen Sublitoral völlig zurück. Stattdessen etabliert sich eine artenreiche Tierwelt aus dem sublitoralischen Formenkreis. Zu ihnen gehören neben vielen weichhäutigen Formen (Anthozoa, Nudibranchia, Ascidae) z. B. die Tote Manneshand (*Alcyonium digitatum*), der Taschenkrebs (*Cancer pagurus*), der Eßbare Seeigel (*Echinus esculentus*) und der Gemeine Seestern (*Asterias rubens*). Die Gezeitenzone und angrenzende Räume sind als ein Lebensraum zu charakterisieren, in dem sich eine an Arten verarmte marine Lebensgemeinschaft etabliert hat. Nur wenige (aber dominante) Formen bleiben in ihrer Verbreitung auf diesen Bereich beschränkt. Die vertikalen Zonierungsmuster werden in ihrer Entstehung und Erhaltung sowohl durch abiotische Faktoren (Dauer des Trockenfallens, Morphologie der Umgebung, Beschaffenheit des Untergrundes, Exposition gegenüber Wellenschlag), als auch durch biologische Wechselwirkungen (Konkurrenz um den Lebensraum, Fressaktivität der Weidegänger bzw. Beutegreifer) beeinflusst.

## Summary

This paper deals with the communities at the rocky shores of the island of Heligoland. As this island represents the only rocky shore of the entire German North Sea coast the biological communities differ totally from those at the German West coast (i.e. Wadden Sea). The algae and macrofauna both show vertically zoned distribution patterns. Both the lower supralittoral and

upper intertidal regions are dominated by green algae (*Blidingia*, *Enteromorpha*). Diversity of the fauna is very low. Some typical representatives are the rough periwinkle *Littorina saxatilis*, gammaridean amphipods (*Chaetogammarus marinus*, *Gammarus salinus*, *Hyale nilsonii*) and barnacles (*Semibalanus balanoides*, *Elninius modestus*). The mid intertidal region is dominated by musselbeds (*Mytilus edulis*) and the grazing snail *Littorina littorea*. Algal vegetation (*Fucus* spp., *Ralfsia verrucosa*, *Chondrus crispus*) is very sparse. The lower intertidal region is dominated by an almost total cover of *Fucus serratus* and an increasing number of undercover algae (*Cladophora* spp., *Chondrus crispus*, various encrusting red algae). Typical macrofaunal settlers on the ground are hydrozoan colonies (*Dynamena pumila*, *Laomedea flexuosa*), the common periwinkle *Littorina littorea* and the green crab *Carcinus maenas*. Species directly associated with *Fucus serratus* are *Littorina mariae*, *Spirorbis spirorbis* and *Flustrellidra hispida*. Dominant macroalgal settlers in the upper sublittoral are *Laminaria* spp. The ground is also settled either by encrusting or foliose red algae, while smaller species of brown and green algae vanish. The holdfasts of the kelp represent a preferential habitat for smaller macrofauna species and show extremely high diversity. Besides, some species restricted exclusively to the sublittoral (i.e. adult specimen of *Alcyonium digitatum*, *Pagurus bernhardus*, *Cancer pagurus*, *Echinus esculentus*, *Asterias rubens*), reach their upper limits. In conclusion, the intertidal rocky shore communities at Helgoland can be characterized as sublittoral communities of decreasing diversity. There are only a small amount of species that are specialized to live exclusively within the intertidal zone. Vertical patterns of zonation are both affected by abiotic factors (period of emersion, morphology, smoothness of substrate, exposure to wave action) and biological interactions (competition for space, herbivory, predation).

## Inhalt

1. Einführung . . . . .	48
2. Die Lebensgemeinschaften im Nordost-Felswatt von Helgoland . . . . .	50
2.1 Die Spritzwasserzone: das Supralitoral . . . . .	51
2.2 Die Gezeitenzone: das Eulitoral . . . . .	53
2.2.1 Das obere Eulitoral: die <i>Enteromorpha</i> -Zone . . . . .	53
2.2.2 Das mittlere Eulitoral: die <i>Mytilus</i> -Zone . . . . .	55
2.2.3 Das untere Eulitoral: die <i>Fucus-serratus</i> -Zone . . . . .	56
2.3 Das Schaufenster ins Sublitoral: die Priele . . . . .	60
2.4 Das obere Sublitoral: die <i>Laminaria</i> -Zone . . . . .	60
2.5 Das Nordost-Felswatt: zonierter Lebensraum im Übergang vom Meer zum Land . . . . .	64
3. Schriftenverzeichnis . . . . .	69

## 1. Einführung

Helgoland, die einzige Felseninsel an Deutschlands Nordseeküste, bietet für die biologischen Meereskundler ein hochinteressantes und einmaliges Betätigungsfeld. Rund um die Insel werden die Klippen von einer für die südliche Nordsee einzigartigen Artenfülle an Tieren und Pflanzen besiedelt. Erst die Felsenküsten am Englischen Kanal sowie in Norwegen und Schweden können mit einer vergleichbaren (und noch größeren) Mannigfaltigkeit der unterseeisch lebenden Bewohner aufwarten. Für die Existenz der außergewöhnlichen Formenvielfalt der Meerestiere und -pflanzen rund um Helgoland gibt es zwei primäre Gründe: erstens der im Vergleich zur Küste relativ konstante Salzgehalt des Meerwassers und zweitens die Beschaffenheit des Untergrundes. Das soll näher erläutert werden. Die weitaus meisten Meeresorganismen besitzen nur begrenzte Möglichkeiten, ihren körpereigenen Ionenhaushalt gegenüber dem Außenmilieu zu kontrollieren. Viele Arten sind sogar völlig isotonisch gegenüber dem sie umgebenden Meerwasser. Solche Formen können in den durch Flüsse (Ems, Weser, Elbe, Eider etc.) ausgesüßten heimischen Küstengewässern keine festen Bestände bilden. Besonders die Fortpflanzungsfähigkeit wird durch den niedrigen Salzgehalt

stark eingeschränkt. Dieses Phänomen ist im übrigen auch aus der gegenüber dem Ozeanwasser (34–35 ‰) stark ausgesüßten Ostsee bekannt. Die Erniedrigung des Salzgehaltes in den Gewässern rund um Helgoland (28–32 ‰) aber fällt vergleichsweise gering aus und liegt für viele Meeresorganismen noch innerhalb ihrer Toleranzspanne. Marine Lebensgemeinschaften, die auf hartem Felsenboden angesiedelt sind, unterscheiden sich grundsätzlich von denen der weichen Sedimentböden, wie sie z. B. in der gesamten südlichen Nordsee vorkommen. Organismen, die auf oder in direkter Assoziation mit unterseeischen Felsen leben, siedeln im Gegensatz zu den Bewohnern der Weichböden vornehmlich auf dem Substrat und nicht in ihm. Ein besonders anschauliches Beispiel für eine Infauna sind die unzähligen Würmer, Mollusken und Krebse im heimischen Wattenmeer. Die typischen Charakterformen der Hartbodenbewohner haben im Laufe ihrer Entwicklungsgeschichte Anpassungsmechanismen erworben, die ihnen die Möglichkeit eröffnen, entweder fest am Boden anzuwachsen und damit standorttreu zu leben, oder aber durch wirkungsvolle Klammer- und Haftorgane auch frei beweglich an der Oberfläche zu überdauern, ohne daß sie dabei Gefahr laufen, durch Wasserströmungen von ihrem angestammten Lebensraum verdriftet zu werden. Bei Helgoland sind es besonders die festsitzenden (sessilen) Formen, die die Lebensgemeinschaften am unterseeischen Teil des Felssockels prägen. Am auffälligsten erscheinen dem Betrachter zweifelsohne die großen Tangwälder, die bei niedrigem Wasserstand teilweise trockenfallen. Mit ihnen und dem harten Untergrund hat sich in direkter Assoziation auch eine außerordentlich formenreiche Tierwelt angesiedelt.

Die außergewöhnlich formenreiche Meeresfauna und -flora rund um die Insel war in naturwissenschaftlichen Kreisen bereits frühzeitig bekannt. So reicht die Tradition der Helgoländer Algenforschung bereits (wenn auch noch nicht streng organisiert) bis in die zweite Dekade des 19. Jahrhunderts zurück (näheres dazu siehe MOLLENHAUER u. LÜNING, 1988). Auch die Zoologen erkannten schon bald die besondere Bedeutung des Standortes Helgoland für die biologische Meeresforschung. Bereits Ende des 19. Jahrhunderts veröffentlichte DALLA TORRE (1889) die erste Zusammenfassung der bei Helgoland vorkommenden Makrofauna. Die Erkenntnis der Meereskundler um die einzigartige Bedeutung des Standortes Helgoland für die Meeresforschung in Deutschland fand ihren naturwissenschaftlich notwendigen (und den politischen Umständen genehmen) Niederschlag bereits zwei Jahre nach der Eingliederung der Insel in das Deutsche Reich. 1892 wurde die „Königliche Biologische Anstalt Helgoland“ (heute „Biologische Anstalt Helgoland“) zur Erforschung des Meeres und insbesondere der Gewässer um Helgoland gegründet (HEINCKE, 1894). Ihr war ursprünglich auch die Vogelwarte Helgoland angeschlossen, die jedoch nach dem Zweiten Weltkrieg abgetrennt und in einen anderen Geschäftsbereich überführt wurde. Diese für Deutschland bis heute einzigartige „Meeresstation“ wurde in den Weltkriegen samt dem angeschlossenen Aquarium zweimal völlig zerstört, aber auch beide Male sowohl wiederaufgebaut als auch in ihrer Größe und Funktion erweitert. Auch daran läßt sich die Bedeutung der Insel und ihrer Forschungsstation für die deutsche Meeresforschung bemessen.

Die artenreichen Lebensgemeinschaften rund um die Insel boten den fest auf der Insel akkreditierten Wissenschaftlern vor der Haustür (und den bis heute ständig in großer Zahl anreisenden Studenten und Gastforschern aus aller Welt) ein wahres Dorado an Forschungsobjekten. Die Fülle der hier beheimateten Formen ist so umfangreich, daß trotz jahrzehntelanger Forschungstätigkeit bis heute keine auch nur annähernd vollständige Dokumentation der marinen Flora und Fauna rund um Helgoland vorliegt. Stattdessen werden ständig neue Formen beobachtet (z. B. KORNMANN, 1986) oder das Verschwinden altbekannter Arten festgestellt (KORNMANN u. SAHLING, 1977).

Ein besonderes Interesse finden bis heute bei den auf Helgoland arbeitenden Forschern

und Studenten die Lebensgemeinschaften in der Gezeitenzone des Felssockels, des sogenannten „Felswatts“, welches die Insel als eine große, flache Terrasse im Westen und Norden umgibt (siehe HAGMEIER, 1930; NIENBURG, 1930; LÜNING, 1970; JANKE, 1986, 1987, 1990; KORNMANN u. SAHLING, 1977, 1983). Man unterteilt das Felswatt in zwei große Bereiche; das westlich der Insel und der weit über die Inselspitze hinausgezogenen NW-Mole gelegene Westwatt und das östlich (im Wellenschutz der Mole) gelegene Nordost-Felswatt (Abb. 1).

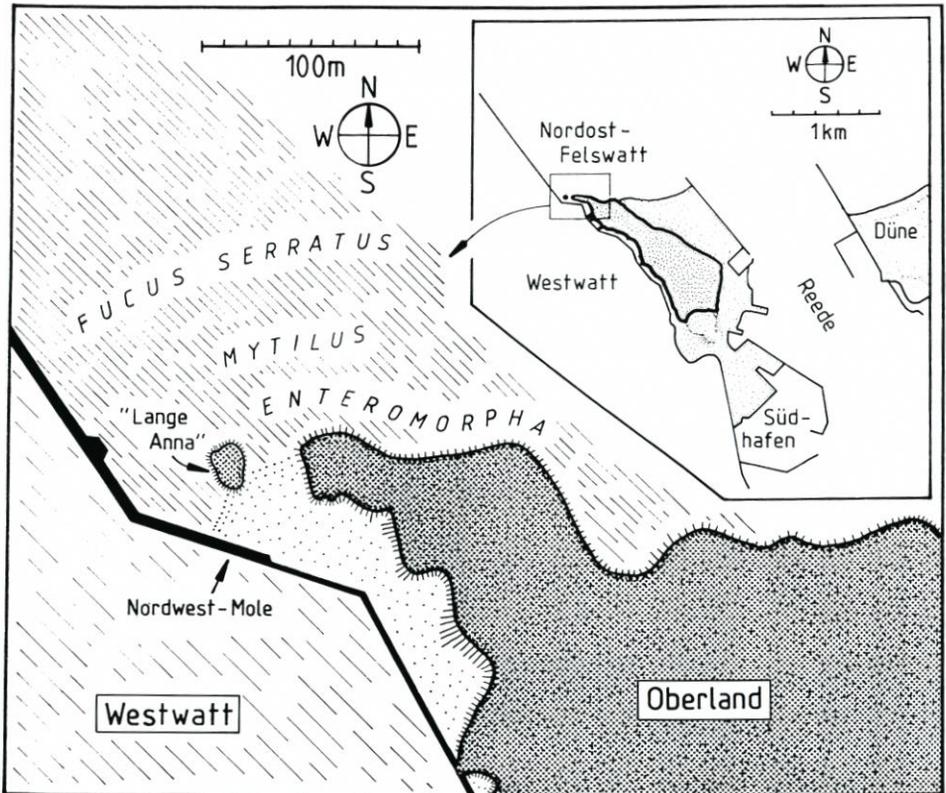


Abb. 1. Das Nordost-Felswatt von Helgoland (verändert nach JANKE, 1990)

Während das Westwatt nur an wenigen Tagen des Monats begangen werden kann, fällt die Terrasse im Norden der Insel fast jeden Tag frei. Dieser Umstand ermöglichte es, die Lebensgemeinschaften des Nordost-Felswatts in den letzten Jahren näher zu beschreiben und deren Besiedlungsstruktur zu untersuchen (GILLANDT, 1979; JANKE, 1986, 1990; KORNMANN u. SAHLING, 1977, 1983; LANGE, 1970; LÜNING, 1970). Die Tiere und Pflanzen, die diesen in Deutschland einzigartigen Lebensraum im Übergang von Meer und Land besiedeln, sollen im folgenden näher vorgestellt werden.

## 2. Die Lebensgemeinschaften im Nordost-Felswatt von Helgoland

Bei einem ersten Besuch der Abrasionsterrasse im Gezeitenbereich der Helgoländer Nordseite fällt sofort die vertikale Zonierung verschiedener Vegetationsgürtel ins Auge.



Abb. 2. Das Nordost-Felswatt bei extrem niedrigem Wasserstand. Auf der linken Seite erkennt man die Nordwest-Mole. Blickrichtung N/NW (Juni 1984; aus JANKE, 1986)

Dieses Phänomen findet sich überall auf der Welt an felsigen Meeresküsten (und Hafentmolen), sobald an diesen Orten ein ausgeprägter Tidenhub stattfindet (siehe z. B. LEWIS, 1964; STEPHENSON u. STEPHENSON, 1972). Eine wesentliche Ursache dieser vertikalen Zonierung ist der Litoralgradient, innerhalb dessen die Organismen für eine unterschiedliche Dauer im Rhythmus der Tide trockenfallen oder überspült werden. Organismen mit einer höheren Resistenz gegenüber Austrocknung können auch noch höhere Bereiche der Gezeitenzone besiedeln, während empfindlichere Formen ohne spezielle Anpassungsmechanismen nur auf tiefer gelegene Areale beschränkt bleiben (ohne auch überhaupt nicht aus der Dauerflutzone in die Gezeitenzone vordringen). Bei genauerer Betrachtung wird man zusätzlich beobachten, daß auch die unregelmäßige Skulpturierung der Abrasionsterrasse einen Einfluß auf die Verteilung der Organismen hat. Die charakteristische Oberflächenstruktur erklärt sich aus der Entstehung der Insel (z. B. HILLMER et al., 1979; SCHMIDT-THOMÉ, 1937, WURSTER, 1962; siehe Abb. 3).

## 2.1 Die Spritzwasserzone: das Supralitoral

Als Spritzwasserzone bezeichnet man den Bereich direkt oberhalb der mittleren Hochwasserlinie (MHL). Sie wird zwar nur selten (bei schweren Stürmen) vom Wasser überspült, doch durch die Gischt der ständig auf den Felsen auflaufenden Wellen bleibt sie ständig benetzt. In ihrem Bereich herrscht hohe Luftfeuchtigkeit und Salzkonzentration. Die Spritzwasserzone wird an Felsküsten zumeist von Flechten (z. B. *Verrucaria*, *Caloplaca*, *Xanthoria*, *Anaptychia*, *Ochrolechia* u. *Lecanora*) besetzt, die innerhalb dieser Zone ihrerseits vertikale Zonierungsmuster ausbilden. Auf Helgoland treten diese Flechten nur an alten Molenwänden aus hartem Beton oder Basalt (und auch auf dem Überland!) auf. Der erosive Buntsandstein

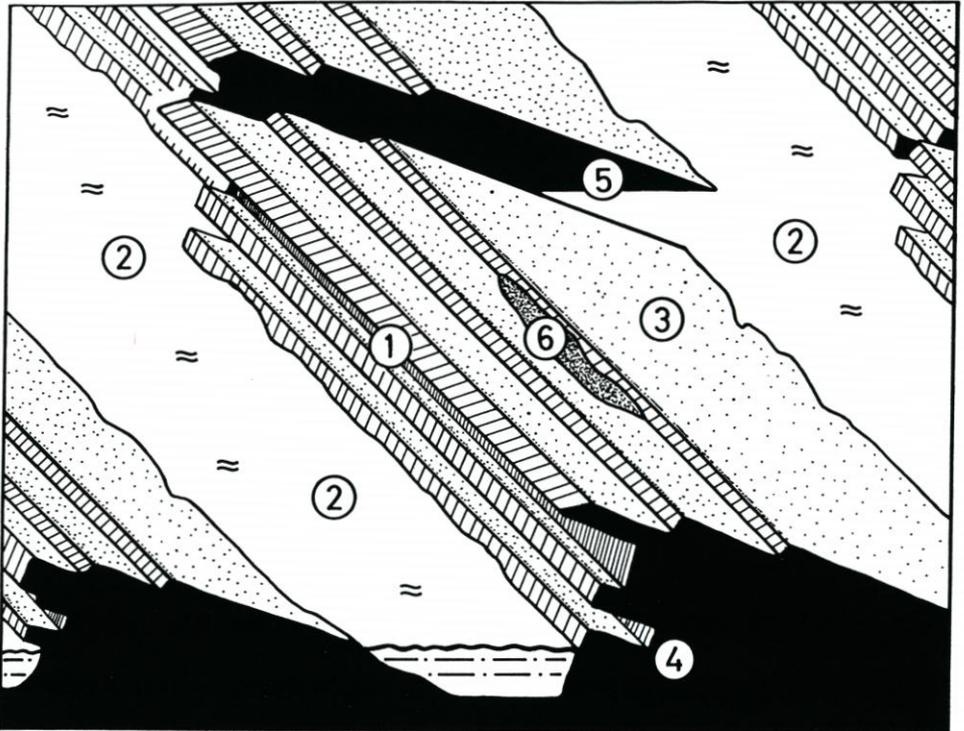


Abb. 3. Schematische Darstellung der Oberflächenstruktur im Helgoländer Felswatt. 1 Schichtkopf; 2 Priel; 3 Schichtfläche; 4 Schichthöhle; 5 Verwerfung; 6 Schillablagerung (vergleiche auch Abb. 7; aus JANKE, 1986)

erlaubt jedoch keine Ansiedlung dieser sehr langsam wachsenden Formen. Auch die typischen Blaualgenrasen (*Calothrix*, *Chroococcus*, *Plectonema*) nehmen hier keine aspektbeherrschende Rolle ein. Untere Bereiche der Spritzwasserzone werden jedoch bereits von einigen Makroalgen besiedelt. Die höchste Verbreitung (jedoch nur lokal begrenzt an einigen Molenwänden) erreichen die flachen grünen Polster von *Prasiola stipitata*. Diese Meeresalge kann wochenlanges Austrocknen oder intensive Benetzung durch Süßwasser (Regen) ohne Schaden überstehen (KORNMANN u. SAHLING, 1977). Besonders häufig siedeln auf dem Buntsandstein fädige Grünalgen der Gattung *Blidingia*. An der Nordwestmole werden sie zudem von austrocknungsresistenten Rotalgen wie *Porphyra* spp. (Hauttange) und *Bangia atropurpurea* begleitet. In den vom oberen Klippenhang herabgestürzten Schuttkegeln leben charakteristische Gliedertiere, wie man sie fast überall im Übergang von Land und Meer findet. Zu ihnen gehören einige terrestrische Asselarten (*Oniscus* spec), Tausendfüßler (*Scolioplanes* spec) und die überall an den europäischen Felsküsten weitverbreitete Familie der Felsenspringer (*Thysanura*). Auf Helgoland ist diese Gruppe durch die Art *Petrobius brevistylis* vertreten (JANKE, 1986; LARINK, 1967). Bei niedrigen Wasserständen kann man zwischen Mai und September beobachten, wie die äußerst beweglichen Tiere auch bis in die obere Gezeitenzone hinabwandern. Überall auf den Grünalgen krabbeln zudem winzige, kräftig rot gefärbte Milben (*Molgus litoralis*). Mit dem rhythmisch wechselnden Wasserstand lassen auch sie sich auf der Kahlhaut bis in die obere Gezeitenzone hinab- und hinauftreiben.

## 2.2 Die Gezeitenzone: das Eulitoral

Unter dem Begriff Gezeitenzone i.e.S. wird der Bereich zwischen der mittleren Hochwasser- (MHW) und mittleren Niedrigwasserlinie (MNW) bezeichnet. Der Tidenhub und damit die vertikale Ausdehnung der Gezeitenzone beträgt auf Helgoland ca. 2,4 m. In Anlehnung an die sich mit dem Litoralgradienten verändernde Besiedlung teilt sich im Nordost-Felswatt die Gezeitenzone in drei unterschiedliche Bereiche: das obere, mittlere und untere Eulitoral. Diese werden im folgenden getrennt vorgestellt.

### 2.2.1 Das obere Eulitoral: die *Enteromorpha*-Zone

Leitform der oberen Gezeitenzone ist der nach ihr benannte dichte Grünalgenrasen der Gattung *Enteromorpha* (Chlorophyceae, siehe Abb. 4). Er reicht an einigen Stellen direkt bis an den Fuß der steil aufragenden Felsklippe und schließt sich an vielen Stellen nahtlos an den darüberliegenden Grünalgensaum der Gattung *Blidingia* an. Die *Enteromorpha*-Besiedlung entwickelt sich in jedem Frühjahr neu, erreicht schon im Frühsommer eine fast vollständige Bedeckung des Untergrundes und bricht zum Ende des Winters (nach heftigen Stürmen auch schon im Spätherbst) wieder zusammen. Nur wenige andere Makroalgen kommen neben diesen Grünalgen vor. Neben einigen verstreuten Vorkommen der Hauttange (*Porphyra* spp.) siedelt in diesem Bereich auch bereits in kleinen versprengten Beständen der zu den Braunalgen gehörige Spiraltang (*Fucus spiralis*, Phaeophyceae).

Nicht nur die Flora, auch die Fauna dieser Zone setzt sich nur aus vergleichsweise wenigen Arten zusammen (Abb. 5). Neben dem bereits erwähnten Felsenspringer *Petrobius brevistylis* lebt auf den Kahmhäuten der verstreut vorkommenden Gezeitentümpel der



Abb. 4. Die *Enteromorpha*-Zone im Nordost-Felswatt von Helgoland. Blickrichtung E (Juli 1986; aus JANKE, 1987)

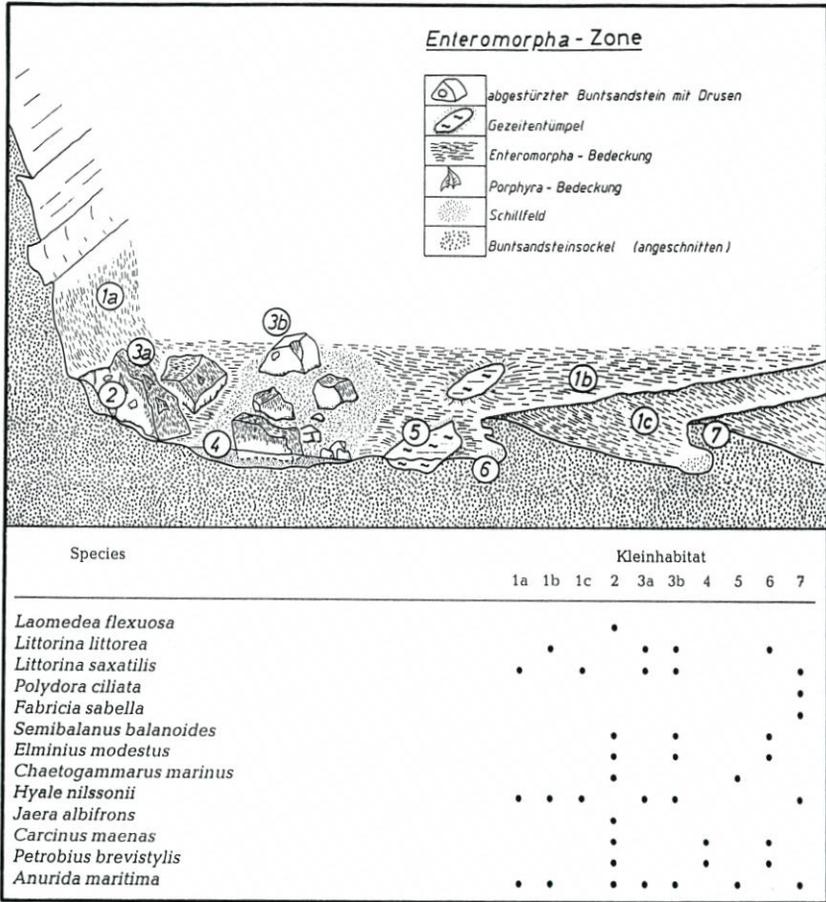


Abb. 5. Kleinräumige Verteilung der Makrofauna in der *Enteromorpha*-Zone. 1a *Enteromorpha*-Rasen am Steilhang; 1b *E.*-Rasen auf (annähernd) waagerechten Flächen; 1c *E.*-Rasen auf den Schichtflächen; 2 Höhlen unter abgestürzten Felsbrocken; 3a bewachsene Oberflächen der Felsblöcke; 3b nackte Oberflächen der Felsblöcke; 4 Sand- und/oder Schillfeld; 5 Gezeitentümpel; Fußregion des Schichtkopfes (Minipriel); 7 Schichtkopf (verändert nach Janke, 1986)

Collembole *Anurida maritima*. Ein echtes Bindeglied zwischen den terrestrischen und marinen Asseln (Isopoda) stellt die Klippenassel (*Ligia oceanica*) dar (GRUNER, 1965), die besonders häufig auch in den Ritzen der Molen den Tag überdauert, bevor sie in der Dunkelheit hervorkommt und auf Nahrungssuche geht. Als eine typische marine Leitform des oberen Eulitorals sind die Spitze Strandschnecke (*Littorina saxatilis*) sowie die in die Verwandtschaft der Krebse (Crustacea) gehörenden Gemeine und Australische Seepocke (*Semibalanus balanoides*, *Elminius modestus*, beide Cirripedia) zu erwähnen. Alle drei Formen leben auf dem exponierten nackten Felsen. Die äußerst beweglichen Flohkrebs (Gammaridae) *Gammarus salinus* und *Chaetogammarus marinus* verharren in der Zeit des Trockenfallens dagegen unter Geröllsteinen und in tiefen Ritzen. Die eng verwandte Form *Hyale nilssonii* versteckt sich wiederum im Geflecht des *Enteromorpha*-Rasens. An diesem Standort leben auch die Larven der Mondsüchtigen Gezeitenmücke (*Clunio marinus*, Chironomidae), die an ein ständiges Leben in der Gezeitenzone angepaßt sind, und der in einigen

Bereichen große Wohnröhren-Polster bildende Wurm *Fabricia sabella* (Polychaeta). Ungewöhnlich spärlich werden im oberen Eulitoral die Gezeitentümpel besiedelt. In der Regel findet man hier lediglich einige fädige Grünalgen. Die Makrofauna meidet die Tümpel, weil Temperatur und Salzgehalt durch starke Bestrahlung, Verdunstung oder Niederschlag ungewöhnlich hohen Schwankungen unterliegen. Außerdem lagern sich häufig von der Flut eingespülte Großalgen in den Mulden ab. Die sich anschließenden mikrobiellen Zersetzungsprozesse führen zu starker Sauerstoffzehrung in den Gezeitentümpeln.

### 2.2.2 Das mittlere Eulitoral: die *Mytilus*-Zone

Im mittleren Bereich der Abrasionsterrasse verändert sich die Besiedlung gänzlich gegenüber dem oberen Eulitoral. Die Grünalgenrasen verschwinden völlig und weichen einer sehr dichten Besiedlung durch die Miesmuscheln (*Mytilus edulis*), die sich mit ihren Byssusfäden direkt am Untergrund festheften und dichte Bänke bilden (Abb. 6). Als erfolgreiche



Abb. 6. Ausschnitt aus einer Miesmuschelbank (*Mytilus edulis*) im mittleren Eulitoral. Die Oberflächen der Muschelschalen werden von Strandschnecken (*Littorina littorea*) beweidet. Bei den abgebildeten Makroalgen handelt es sich um Säge tang (*Fucus serratus*, rechts) und Blasen tang (*F. vesiculosus*, links; Juli 1986)

Konkurrenten um den Besiedlungsraum verdrängen sie die Großalgen, bieten im Gegenzug auf ihren Schalen jedoch ein sekundäres Substrat zur Ansiedlung an. Spärliche Vorkommen des Spiral- (*Fucus spiralis*), Blasen- (*F. vesiculosus*) und des Säge tanges (*F. serratus*) bestimmen die Algenvegetation im mittleren Eulitoral. Hinzu kommen vereinzelte Ansiedlungen des Knorpeltanges (*Chondrus crispus*, Rhodophyceae). Freie Oberflächen des Buntsandsteins und auch große Teile der (älteren) Muschelschalen werden zudem von der flachen Teerkrusten-Braunalge (*Ralfsia verrucosa*) überzogen. Der gesamte Bereich des mittleren Eulitoral wird

intensiv von der Gemeinen Strandschnecke (*Littorina littorea*) beweidet. Sie erreicht auf Helgoland im Vergleich zu anderen europäischen Küsten außergewöhnliche Größen (max. Gehäusehöhe bis 5 cm) und eine sehr hohe Populationsdichte (bis zu 1000 Ind./m<sup>2</sup>, mittlere Dichte etwa 100 Ind./m<sup>2</sup>). Mit ihrer Raspelzunge grasen die Schnecken den Untergrund von Kieselalgen (*Diatomeen*) und jungen Trieben der Großalgen ab und begrenzen so zusätzlich die Ansiedlung und Entwicklung eines reichhaltigen Algenteppichs in der mittleren Gezeitenzone (JANKE, 1990, vergleiche auch Abb. 15). Die Überflächen der *Fucus*-Bestände werden von der nahe verwandten Flachen Strandschnecke (*Littorina mariae*) beweidet. Als eine weitere sehr typische Schnecke in diesem Bereich soll unbedingt die Nordische Purpurschnecke (*Nucella lapillus*) erwähnt werden. Sie gehörte ursprünglich zum festen Faunenbestandteil des Helgoländer Felswatts, befindet sich aber seit einigen Jahren im Rückgang und kann heute nur noch an einigen Stellen in einer für die Fortpflanzung notwendigen Populationsdichte angetroffen werden. Da die Tiere eine direkte Entwicklung (in abgesetzten, flaschenförmigen Konkons) durchlaufen, ist ihr Bestand auf der Insel stark gefährdet. Die Purpurschnecke lebt räuberisch und bohrt die Schalen und Gehäuse von Miesmuscheln und Seepocken an. In der *Mytilus*-Zone sind die Seepocken (*Elminius modestus*, *Semibalanus balanoides*) nur versprengt anzutreffen, so daß man annehmen darf, daß sich die Raubschnecken auf Helgoland vornehmlich von den Miesmuscheln ernähren. Neben einigen wenigen Austernfischern (*Haematopus ostralegus*) müssen die Miesmuscheln in diesem Litoralniveau außer der Purpurschnecke wahrscheinlich nur noch die Strandkrabbe (*Carcinus maenas*) als Fressfeind fürchten. Ihre hohe Bestandsdichte ist in diesem Bereich der Gezeitenzone deshalb auch nicht verwunderlich. Bei näherer Betrachtung handelt es sich bei allen dominanten Formen des mittleren Eulitoral um Formen, die in ihrer Verbreitung im wesentlichen auf die Gezeitenzone beschränkt bleiben. Alle begleitenden (meist sehr kleine) Formen (über 50 Arten) zusammen tragen nur einen geringen Anteil zur Gesamtbiomasse in diesem Bereich bei.

### 2.2.3 Das untere Eulitoral: die *Fucus-serratus*-Zone

Die Besiedlung im unteren Eulitoral kann man als eine an Arten verarmte sublitorale Lebensgemeinschaft beschreiben. Einige charakteristische eulitorale Formen sind jedoch auch weiterhin vertreten. Der gesamte untere Gezeitenbereich der Abrasionsterrasse wird im Nordosten der Insel von einem dichten Tangteppich des Sägeranges (*Fucus serratus*) bedeckt (Abb. 7). Dieser fällt innerhalb einer Tide etwa für 2–3 Stunden trocken. Im Schutz seiner „Blätter“ (Phylloide) kann sich ein feuchtes, lichtgeschütztes Mikroklima bilden, in dem auch viele sublitorale Formen für eine gewisse Zeit des Trockenfallens überleben können. Fädige Grünalgen (z. B. *Cladophora rupestris*, *C. sericea*, *Acrosiphonia arcta* und andere) halten zusätzlich kleine Wasserreservoirs zurück und bieten somit einigen sublitoralen Zwergformen, wie z. B. Hydropolyten (Hydrozoa), Kleinschnecken (Rissoacea), Moostierchen (Bryozoa), Borstenwürmern (Polychaeta) und Kelchwürmern (Kamptozoa), einen geeigneten Standort zur Besiedlung an. Im Schutz des Sägeranges siedeln auch krustenbildende Rotalgen (div. Arten) und der bereits erwähnte *Chondrus crispus*.

Mit der schützenden Besiedlung durch den Sägerang nimmt auch das Artenspektrum der Fauna schlagartig zu. So siedeln am Boden eine Vielzahl sessiler Tiere, deren Hauptverbreitung zumeist in der Dauerflutzone liegt. Zu den typischen Formen gehören der Brotkrumenschwamm (*Halichondria panicea*), etliche Arten von Moostierchen (Bryozoa, z. B. *Electra pilosa*, *Cryptosula pallasiana*, *Alcyonidium* spp.), Kolonien von nackten und beschalteten Hydropolyten (Hydrozoa, z. B. *Coryne pusilla*, *Clava multicornis*, *Dynamena pumila*,



Abb. 7. Ausschnitt aus dem unteren Eulitoral des Nordost-Felswatts. Der Sägetang (*Fucus serratus*) bildet einen dichten Algenteppich über dem Untergrund. Links erkennt man ein trockengefallenes Prielbett, vorne eine Verwerfung. Blickrichtung N (Mai 1984, vergleiche auch Abb. 3; aus JANKE, 1987)

*Laomedea flexuosa*) sowie die sehr auffälligen, röhrenbauenden Posthörnchenwürmer (Polychaeta, Spiroridae) und Seepocken (besonders *Balanus crenatus*). Daneben besiedeln auch viele freilebende Formen den Boden unterhalb des *Fucus*-Daches. Zu ihnen gehören die Käferschnecken (*Lepidochitona cinerea*, Polyplacophora), eine große Zahl von Polychaeten (z. B. der Seeringelwurm *Nereis pelagica*), Flohkrebse (Amphipoda, z. B. *Jassa falcata*). Asseln (Isopoda, z. B. *Jaera albifrons*), die bereits erwähnten Strandkrabben und natürlich auch weiterhin die Gemeine Strandschnecke. Nähere Angaben zum Vorkommen und zur Verteilung der häufigsten Formen der Makrofauna wurden in Abb. 8 zusammengestellt (vollständige Angabe siehe JANKE, 1986). Eine besondere Erwähnung verdient eine Lebensgemeinschaft, die sich in ihrem Vorkommen nicht auf den Untergrund beschränkt, sondern sich die „Phylloide“ der Makroalgen als Siedlungssubstrat zueigen gemacht haben. Besonders charakteristisch ausgeprägt ist im Helgoländer Felswatt die Besiedlung von *Fucus serratus* (Abb. 9). Eine solche „Phytalfauna“, wie man die in direkter Assoziation mit Makroalgen lebende Tiergemeinschaft bezeichnet, kann sowohl aus sogenannten Opportunisten, die das Substrat nur zufällig gewählt haben (und somit auch an deren Stellen im Felswatt vorkommen), als auch aus Spezialisten, die in ihrer Verbreitung ausschließlich auf die Tange beschränkt bleiben, bestehen. Zu letzteren Formen gehören z. B. das Rotdornige Moostierchen (*Flustrellidra hispida*), die flache Grübchenschnecke (*Lacuna pallidula*), die flache Strandschnecke (*Littorina mariae*) und eine Art der Posthörnchenwürmer (*Spirorbis spirorbis*). Andere Formen leben zwar ständig auf Algen, sind aber in ihrer Verbreitung nicht auf eine oder sehr wenige Tangarten beschränkt. Als Beispiele sollen an dieser Stelle die körnige Meerassel (*Idotea granulosa*) und die Becherqualle (*Craterolophus convolvulus*) genannt werden. Eigenartigerweise nutzen die Tiere im Felswatt, ob nun direkt mit den Makroalgen assoziiert oder nicht, kaum die Pflanzen für ihre Ernährung. Höchstens einige junge Triebe



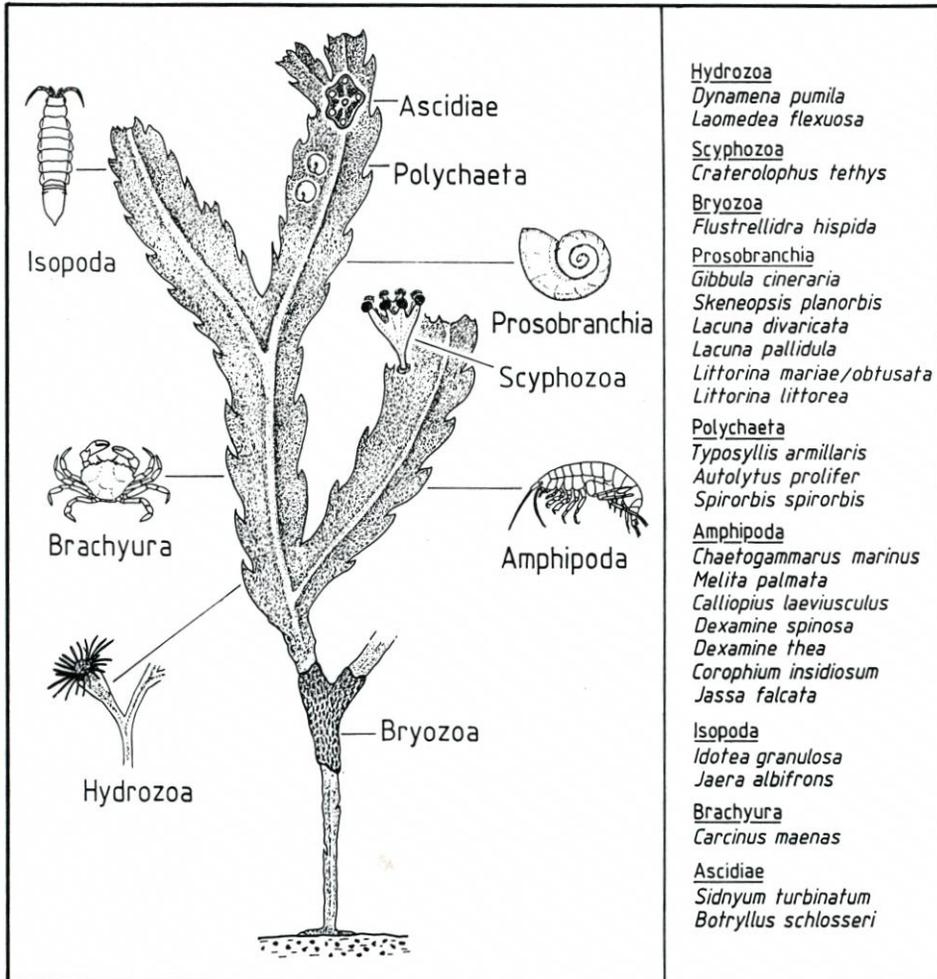


Abb. 9. Die Phytalfauna des Sägerangs (*Fucus serratus*) im Nordost-Felswatt von Helgoland (aus JANKE, 1986)

oder die Oberfläche der Thalli werden von einigen Asseln und Schnecken angeknabbert bzw. abgegrast. Die ungemein energiereiche Ressource „Tangwald“ bleibt als Nahrungsquelle weitgehend ungenutzt. Auch dieses Phänomen läßt sich überall auf der Welt beobachten, und es gibt tatsächlich nur eine einzige Ausnahme dieser Regel: Einige wenige Tangwälder in der Litoralzone Mittelamerikas sowie Asiens und Australiens werden von den seltenen Seekühen (*Sirenia*) in „großem Stil“ beweidet.

Schließlich sollen auch die Formen erwähnt werden, die im Helgoländer Buntsandstein Wohnhöhlen und -gänge anlegen. Es sind dies insbesondere die Bohrmuschel *Hiatella*

Abb. 8. Kleinräumige Verteilung der Makrofauna in der *Fucus-serratus*-Zone. 1 Schichtfläche; 2 Schichtkopf; 3a Prielpfütze; 3b Gezeitentümpel; 4 Schillfeld; 5a Buntsandsteinscholle (Aufseite); 5b Buntsandsteinscholle (Unterseite); 6a *Fucus serratus*; 6b *Cladophora rupestris*; 6c *Cladophora sericea*; 6d *Chondrus crispus*; 6e *Corallina officinalis* (nach JANKE, 1986)

*gallicana* (syn. *H. rugosa*) und der Borstenwurm *Polydora ciliata*. Die Bohrmuschel legt eine blind endende Wohnröhre an, die sich durch das Wachstum und die damit verbundene Bohraktivität der Muschel im hinteren Bereich ständig erweitert. *Polydora ciliata* legt dagegen mit seinen kräftigen Grabborsten eine U-förmige Wohnröhre an, die an beiden Schenkeln an der Oberfläche mündet. Die Besiedlungsdichte der Würmer ist an einigen Stellen so dicht, daß sie wesentlich zur Abtragung des oberflächlichen Buntsandsteins beitragen. Man kann *Polydora* jedoch auch in den Gehäusen der Strandschnecken finden. Zuweilen sind die Gehäuse älterer Tiere so stark durchlöchert, daß Teile des Weichkörpers hervortreten.

### 2.3 Das Schaufenster ins Sublitoral: die Priele

Die auf die See hinausführenden Priele (siehe auch Abb. 2 u. 3) bilden den direkten Übergang zum Sublitoral. Durch sie dringen viele Organismen der Dauertauchzone direkt bis ins Felswatt vor, zumal das Bett der Priele in den unteren Bereichen nur selten freifällt oder dort zumindest große Wasserlachen zurückbleiben, in die sich empfindliche Tiere zurückziehen können. Die Leitform des mannigfaltigen Algenbewuchses ist eine aufrechte und als verzweigtes Bäumchen wachsende Kalkrotalge: das Korallenmoos (*Corallina officinalis*). Die am Fuß ständig untergetauchten Schichtköpfe und die Unterseiten der vielen dort anzufindenden Buntsandstein-Schollen bieten ideale Standorte für empfindliche Formen, die nur wenig Lichteinfall und geringe Wasserbewegung vertragen. Deshalb sind die Buntsandstein-Schollen charakteristischerweise auf der Oberseite von lichtliebenden Algen und auf der Unterseite von einer reichhaltigen Kleinf fauna besiedelt (Abb. 10). In diesen Bereich dringen aus dem Sublitoral z. B. so empfindliche Formen wie der Wimpernkalkschwamm (*Scypha* [= *Sycon*] *ciliata*), der Röhrenkalkschwamm (*Leucosolenia botryoides*) und auch der Gallertschwamm (*Halisarca dujardini*) vor. Sehr auffällig ist überhaupt das Auftreten vieler an der Körperoberfläche weichhäutiger Formen wie z. B. Blumentiere (Anthozoa, z. B. *Urticina felina*, *Metridium senile*, *Sagartiogeton undatus*), Meeresnacktschnecken (Nudibranchia, *Archidoris pseudoargus*, *Coryphella* spp.) und Seescheiden (Ascidiae, *Botryllus schlosseri*, *Clavelina lepadiformis*, *Sidnyum turbinatum*) zu beobachten. Charakteristische Besiedler sind auch die Aschgraue Kreisel schnecke (*Gibbula cineraria*), der Dreikantröhrenwurm (*Pomatoceros triqueter*) und die Meerwarze (*Verruca stroemia*, Cirripedia). In den Prielen finden auch die Stachelhäuter (Echinodermata) ihre obere Verbreitungsgrenze. Regelmäßig stößt man auf Jungformen des Gemeinen Seesternes (*Asterias rubens*) und des Strandigels (*Psammechinus miliaris*), die einen schnellen Tod sterben, sobald sie freifallen. Die Priele sind auch die Kinderstube vieler Taschen- (*Cancer pagurus*) und Furchenkrebse (*Galathea squamifera*). Gelegentlich trifft man auch einmal auf eine junge Seespinne (*Hyas araneus*). Während der Zeit niedriger Wasserstände bleiben in den Wasserlachen auch kleine Grundfische zurück und erwarten dort die nächste Flut. Zu ihnen gehören z. B. der Butterfisch (*Pholis gunnellus*), der Seeskorpion (*Myoxocephalus scorpius*) die Aalmutter (*Zoarces viviparus*) und Fünfbartelquappe (*Ciliata mustela*).

### 2.4 Das obere Sublitoral: die *Laminaria*-Zone

Die Charakterformen des oberen Sublitorals sind die großen Tange der Gattung *Laminaria* (siehe LÜNING, 1970). Bei ihnen fallen auch bei mittleren Springtidenniedrigwasser nur die Phylloide für kurze Zeit frei (Abb. 11). In dem Bereich, der zumindest bei sehr extremen



Abb. 10. Besiedlung einer im unteren Prielbett liegenden Buntsandsteinscholle (Unterseite, Kleinhabitat 3b in Abb. 8). Das Bild zeigt *Halisarca dujardini* (unten rechts), *Cryptosula pallasiana* (unten links), *Fabricia sabella*-Polster (oben links u. rechts), *Pomatoceros triqueter* (unten links), *Spirorbis*-Würmer (oben links u. rechts), *Sidnyum turbinatum* (oben Mitte), *Botryllus schlosseri* (3 Klone, Mitte links u. rechts), *Didemnum maculosum* (zentrale u. untere Mitte); Juli 1984 (aus Janke, 1986)



Abb. 11. Obere *Laminaria*-Zone im Nordost-Felswatt. Während extrem niedriger Wasserstände fallen die Phylloide von *L. digitata* teilweise trocken

Niedrigwasserständen noch mit den Gummistiefeln zu erreichen ist, wächst vornehmlich der Fingertang (*Laminaria digitata*). An einigen Stellen tritt daneben auch der Zuckertang (*L. saccharina*) auf. Erst in größerer Tiefe wird die Hauptbesiedlung durch den Palmentang (*L. hyperborea*) bestimmt. Der vergleichsweise eintönigen Algenbesiedlung in der Gezeitenzone weicht im oberen Sublitoral eine außerordentlich formenreiche Vegetation (LÜNING, 1970; KORNMANN u. SAHLING, 1977). Unter dem Dach der Laminarien-Phylloide entwickeln sich insbesondere Rotalgen (Rhodophyceae) sehr gut. Einige Formen wachsen als zierliche Sträucher (z. B. *Plocamium cartilagineum*, *Polysiphonia urceolata*, *Ceramium rubrum*), andere bilden großflächige Thalli aus (z. B. *Phyllophora* spp., *Delsessieria sanguinea*, *Membranoptera alata*), und eine dritte Gruppe schließlich bildet, wie zuvor bereits erwähnt, flache Kalkkrusten aus (*Lithothamnium* spp., *Lithophyllum* spp., *Phymatolithon* spp.). Einige Rotalgen besiedeln sogar die Stiele der großen *Laminaria*-Algen (SCHULTZE et al., 1990). Grünalgen (*Ulva* spp., *Chaetomorpha melagonium*, *Pryopsis* spp.) und Braunalgen (z. B. *Lomentaria* spp., *Desmarestia viridis*) treten dagegen deutlich zurück. Auch in der Zusammensetzung der faunistischen Besiedlung stellen sich deutliche Änderungen ein (Abb. 12). Die typischen eulitoralischen Formen treten in diesem Bereich völlig zurück. Bereits in der oberen *Laminaria*-Zone fehlen die Strandschnecken, Miesmuscheln und bereits erwähnten Formen der Seepocken. Die Littorinen als Weidegänger auf den Phylloiden der großen Tange werden z. B. endgültig von der Aschgrauen Kreiselschnecke (*Gibbula cineraria*) abgelöst. Für die flache Grübchenschnecke (*Lacuna pallidula*) erscheint die nahe verwandte, spitzere Form *Lacuna divaricata*. Am Boden treten weitere sessile Formen (besonders Moostierchen) hinzu. Die vagile Fauna wird besonders durch eine Vielzahl von Flohkrebse (Amphipoda) und Borstenwürmern (Polychaeta) bereichert. Große, markante Formen, die für die Besiedlung am Helgoländer Felssockel zwar sehr typisch sind, aber bereits hier ihre obere Verbreitungsgrenze finden, sind der Eßbare Seeigel (*Echinus esculentus*), die Schwimmkrabbe (*Liocarcinus holosatus*) und die in die Verwandtschaft der Korallen (Anthozoa) gehörige Tote Manneshand (*Alcyonium digitatum*). Der berühmte Helgoländer Hummer (*Homarus gammarus*) verirrt sich nur ausnahmsweise einmal in die obersten Bereiche der Dauerflutzone. Auch die erwachsenen Einsiedler- (*Pagurus bernhardus*) und Taschenkrebse finden hier ihre obere Verbreitungsgrenze. Die Jungtiere der beiden letztgenannten Formen besiedeln jedoch regelmäßig auch Gezeitentümpel, Priele und Wasserlachen in der Gezeitenzone. Ein besonders interessantes Mikrohabitat stellen die Wurzelkrallen (Rhizoide) des Fingertanges dar (Abb. 13). In den Räumen zwischen den einzelnen Haftarmen bilden sich neben Wohnröhrenpolstern von Flohkrebse (*Jassa* spp., *Corophium insidiosum*) und/oder Borstenwürmern (*Polydora ciliata*, *Fabricia sabella*) auch stattliche Exemplare des Brotkrumenschwammes. Auch die Tangrose (*Sagartia elegans*) nutzt diesen geschützten Standort genauso für sich aus. Die Haftarme der Wurzelkrallen werden sehr häufig von Kolonien der Moostierchen oder koloniebildenden Hydropolypen bewachsen. Im Inneren der Haftorgane verstecken sich räuberisch lebende Arten wie die Borstenkrabbe (*Pilumnus hirtellus*) oder der Schwimmende Meeresringelwurm (*Nereis pelagica*).

Abb. 12. Kleinräumige Verteilung der Makrofauna in der *Laminaria*-Zone. 1 Schichtfläche; 2 Schichtkopf; 3 Prielsohle; 4a Buntsandsteinscholle (Aufseite); 4b Buntsandsteinscholle (Unterseite); 5a *Cladophora rupestris*; 5b *Fucus serratus*; 5c *Halidrys siliquosa*; 5d *Chondrus crispus*; 5e *Ceramium rubrum*; 5f *Polysiphonia violacea*; 5g *Corallina officinalis*; 5h *Laminaria digitata* (Phylloid Cauloid); 5i *L. digitata* (Rhizoid; verändert nach JANKE, 1986)





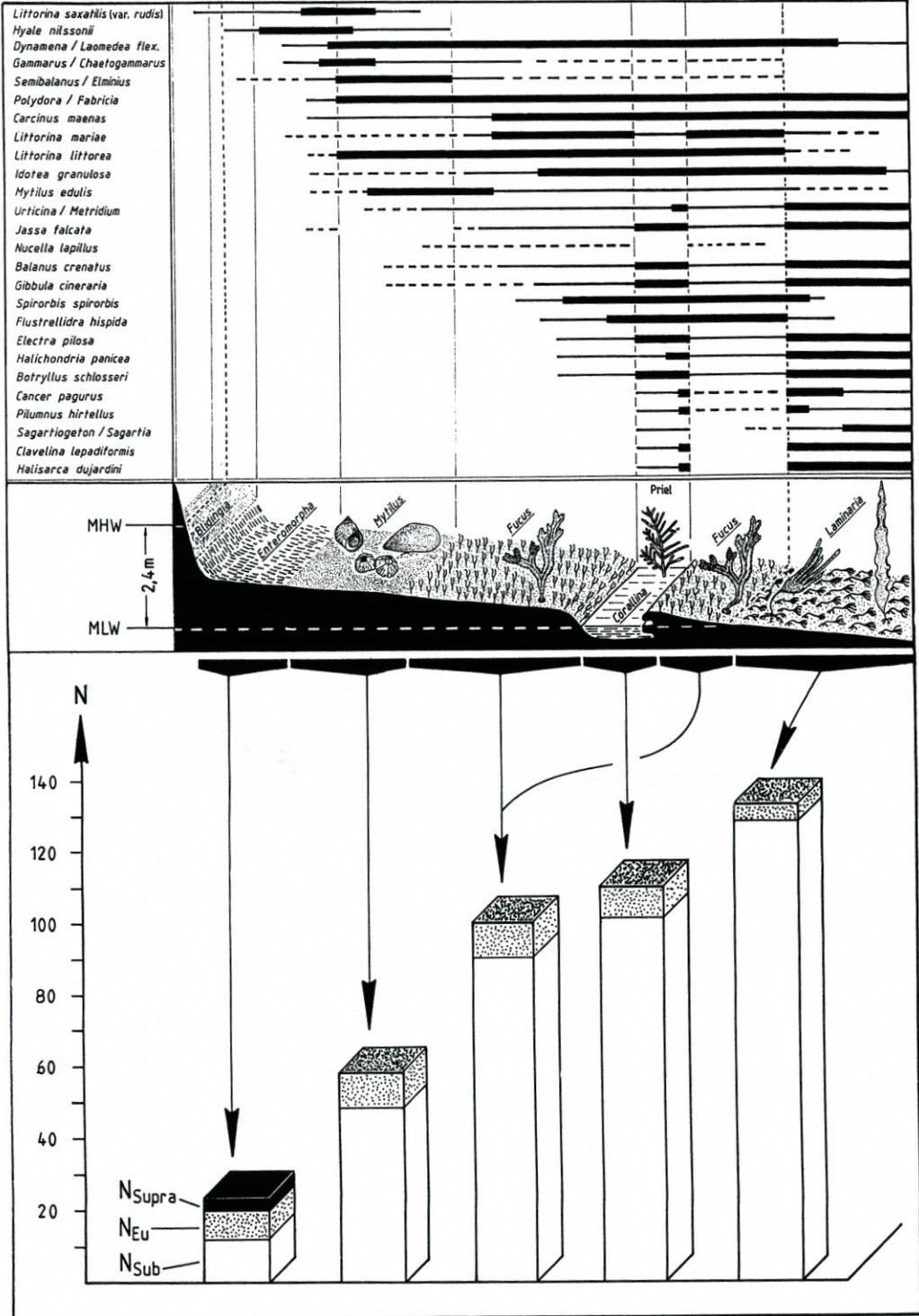
Abb. 13. Trockengefallene Wurzelkralle von *Laminaria digitata* im Nordost-Felswatt. Zwischen den einzelnen Haftarmen erkennt man dichte Röhrenpolster von *Polydora ciliata*, *Fabricia sabella*, *Corophium insidiosum* und *Jassa falcata* (August 1984; aus JANKE, 1986)

## 2.5 Das Nordost-Felswatt: zonierter Lebensraum im Übergang vom Meer zum Land

Eine nähere Betrachtung der Lebensgemeinschaften im Helgoländer Felslitoral fördert für den Betrachter nicht nur eine außergewöhnliche Artenvielfalt, sondern auch eine sehr charakteristische Verteilung der Organismen zutage. Mit wenigen Ausnahmen besiedeln die Organismen (für jede Art) definierte Litoral-niveaus und/oder Substrate (z. B. Buntsandstein, Algen; Abb. 14 oben). Die Bedeckung des Untergrundes durch ein dichtes Dach von Makroalgen ermöglicht es vielen Formen, aus der Dauertauchzone in die obere Gezeitenzone vorzudringen (Abb. 14 unten). Der Organismenbestand im mittleren Eulitoral wird dagegen von wenigen, aber in großer Individuenzahl auftretenden Charakterformen des Eulitorals bestimmt. Im oberen Eulitoral treten nur noch sehr wenige marine Arten auf. Stattdessen wandern während der Zeit niedriger Wasserstände einige terrestrische Formen in die obere Gezeitenzone ein.

Für die Wissenschaftler übt das Felswatt zumindest aus zwei Gründen eine große Anziehungskraft aus. Erstens findet man nirgendwo sonst in Deutschland (neben einer solchen Algenvielfalt) so viele zoologische taxonomische Großgruppen nebeneinander. Zum

Abb. 14. Besiedlungsmuster charakteristischer Makro-Organismen in der Gezeitenzone von Helgoland (Nordost-Felswatt). Oben: Vertikalverteilung der Makrofauna in Abhängigkeit von Litoral-niveau und Algenbewuchs. Unten: Zusammensetzung der Makrofauna in Abhängigkeit vom Litoral-niveau.  $N_{\text{supra}}$  Arten mit überwiegender Verbreitung im Supralitoral (max. 3),  $N_{\text{Eu}}$  Arten mit überwiegender Verbreitung im Eulitoral (max. 16),  $N_{\text{sub}}$  Arten mit überwiegender Verbreitung im Sublitoral (max. 153; verändert und ergänzt nach JANKE, 1986)



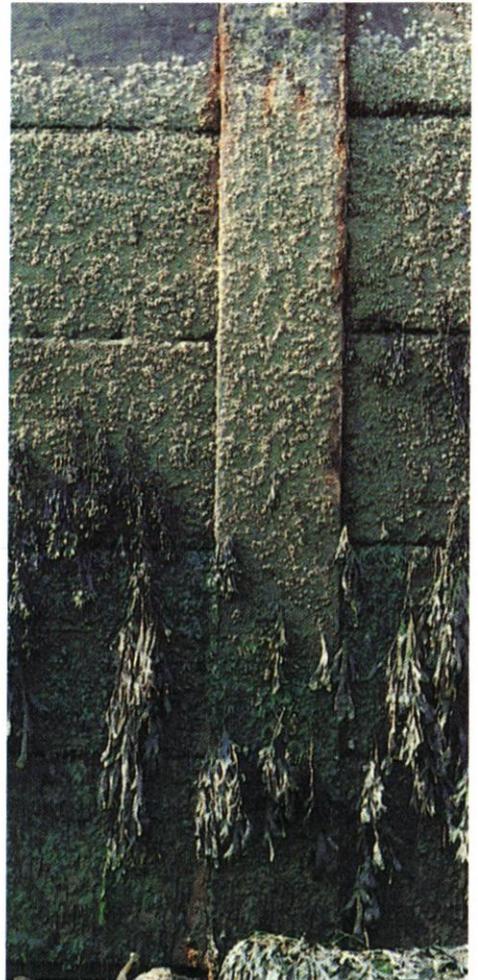
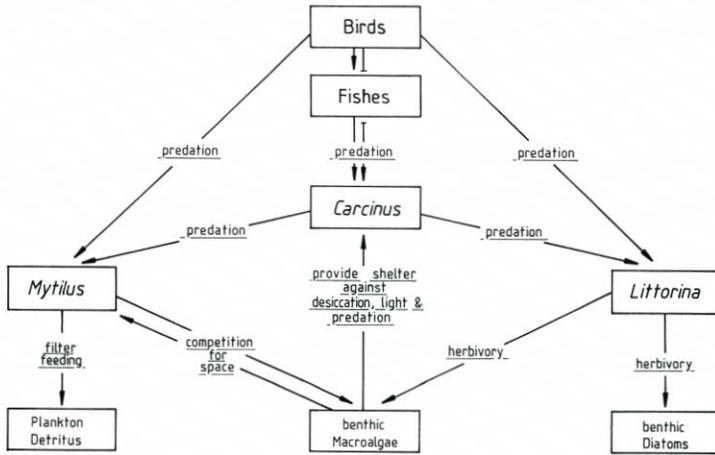
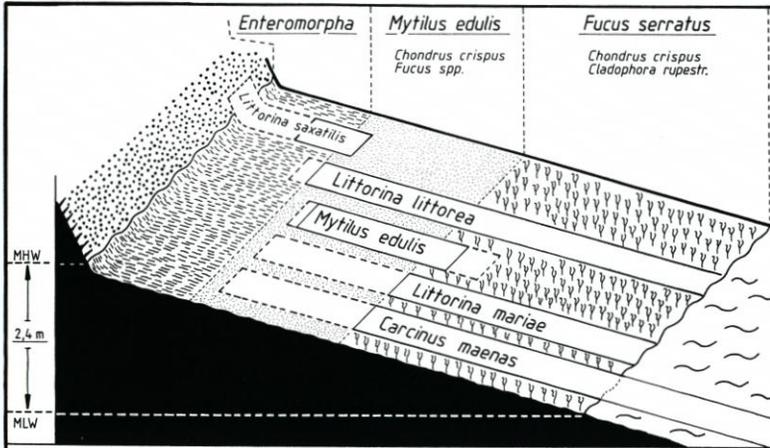


Abb. 15. Die Besiedlung in der Gezeitenzone der Nordwestmole. Die unterschiedliche Besiedlung wird durch die unterschiedliche Exposition gegenüber Wellenschlag hervorgerufen. Links: Ostseite (geschützt). Zonierung der Makroalgen in drei Säumen (oben *Blidingia/Porphyra*-Gürtel; Mitte *Fucus spiralis/F. serratus*-Gürtel; unten *Cladophora/Ulva/Ceramium*-Zone). Rechts: Westseite (exponiert). Die *Blidingia/Porphyra*-Besiedlung des oberen Eulitoral weicht einem dichten Seepockengürtel (*Semibalanus balanoides/Elminius modestus*). Die Algengürtel des unteren und mittleren Eulitoral (s.o.) sind gegenüber dem geschützten Standort nur spärlich entwickelt (aus Janke, 1986)

Abb. 16. Besiedlungsstruktur und biologische Wechselwirkungen im Nordost-Felswatt von Helgoland. Oben: Vertikalzonierung der dominanten Arten. Mitte: Biologische Wechselwirkungen zwischen den dominanten Arten und deren Vernetzung mit den Primärproduzenten Plankton, Großalgen (macroalgae), Diatomeen (diatoms). Unten: Biologische Vertikalzonierung und besiedlungssteuernde Faktoren im Nordost-Felswatt von Helgoland. Den biologischen Leitformen (dominant species) sind in Abhängigkeit vom Gezeitenenniveau (tide level) die jeweilige relative Bedeutung der biologischen Wechselwirkungen (biological interactions), der individuelle physiologische Stress (physiological stress) bei Pflanzen (plants) und Tieren (animals) sowie die bedeutenden physikalischen Faktoren (main physical factors) gegenübergestellt. Herbivory = Freßaktivität der Weidegänger, Predation = Freßaktivität der Beutegreifer; Space Occupation = Besetzung des Siedlungsraumes (abgeleitet und verändert nach JANKE, 1990; HARTNOLL u. HAWKINS, 1983)



TIDE LEVEL	DOMINANT SPECIES	BIOLOGICAL INTERACTIONS	PHYSIOL. STRESS	MAIN PHYS. FACTORS
MHW	<i>Blidingia</i> spp.		Animals	environmental fluctuations water movement light
upper	<i>Enteromorpha</i> <i>L. saxatilis</i> <i>L. littorea</i>	Space Occupation by Green Algae		
mid	<i>Fucus</i> spp. <i>L. littorea</i> <i>Mytilus edulis</i> ( <i>Carcinus m.</i> )	Herbivory by <i>Littorina</i> Space Occupat. by <i>Mytilus edulis</i>		
lower	<i>Fucus serratus</i> <i>L. littorea</i> <i>L. mariae</i> <i>Carcinus m.</i>	Space Occupation by Macroalgae Predation by <i>Carcinus maenas</i>	Plants	
MLW	<i>Laminaria</i> spp. <i>Carcinus</i> , <i>Cancer</i>			

zweiten läßt sich in diesem Lebensraum eindrucksvoll demonstrieren, wie sich die Besiedlung entlang eines Gradienten (in diesem Falle das vertikale Niveau) wandelt. Am Beispiel der Besiedlung im Helgoländer Felswatt läßt sich aber auch deutlich ablesen, wie wenig verzahnt eigentlich die Lebensgemeinschaften vom Meer zum Land trotz der erstaunlichen räumlichen Nähe sind. Viele aus dem Meer stammende Bewohner der Gezeitenzone haben in ihrer Entstehungsgeschichte zwar Anpassungsmechanismen erworben, die es ihnen erlauben, auch für längere Zeiten trockenzufallen, doch die für ein Leben an Land grundsätzlich notwendigen physiologischen Anpassungen sind bei ihnen nicht entwickelt (siehe z. B. NEWELL, 1979; KRONBERG, 1983). Ein Überleben der Organismen in den oberen Bereichen der Gezeitenzone und der Spritzwasserzone bedeutet für die meisten, sich unter widrigen Bedingungen abzukapseln und zeitweilig die Stoffwechselfvorgänge einzuschränken oder sogar gänzlich einzustellen. Die Gezeitenzone stellt somit eine „phylogenetische Sackgasse“ dar. In der Evolution geschah die Eroberung des Landes ja auch, wenn man einmal von wenigen Ausnahmen absieht (z. B. die Asseln), über den Umweg durch die Ästuare und Süßgewässer.

Es wäre jedoch falsch anzunehmen, daß die Vertikalzonierung der Lebensgemeinschaften an dieser Küste in ihrer Ausprägung ausschließlich von abiotischen Faktoren, wie z. B. der Zeit des Trockenfallens oder der Exposition gegenüber Wellenschlag (JANKE, 1986, siehe auch Abb. 15), gesteuert würden. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, daß auch die Organismen selbst wesentlich die Besiedlungsstruktur beeinflussen (JANKE, 1990). Reduziert man die Vertikalzonierung der Organismen auf die wesentlichen, dominanten Formen (Abb. 16 oben), so läßt sich zwischen ihnen zunächst ein Netz der möglichen Beziehungen entwickeln (Abb. 16 Mitte). Diese Hypothese wurde dadurch geprüft, daß in Freilandversuchen verschiedene Kombinationen der vermeintlich bedeutsamen Organismen (in natürlicher Populationsdichte) in allen drei Gezeitenzonen gemeinsam in Käfigen gehalten bzw. gezielt ausgeschlossen wurden. Die Ergebnisse zeigten, daß auch biologische Wechselwirkungen (Konkurrenz um den Lebensraum, Aktivität der Weidegänger und Beutegreifer) die Besiedlungsmuster verändern. Die relative Bedeutung jeder einzelnen Form von biologischer Wechselwirkung ändert sich entlang des Litoralgradienten (Abb. 16 unten). Selbst in einem Lebensraum mit so deutlich und extrem schwankenden Umweltbedingungen wie dem hier beschriebenen kontrollieren die Bewohner im bedeutenden (aber nicht ausschließlichen) Umfang die Besiedlungsstruktur und damit auch ihre Umwelt. Zum Erhalt der Lebensgemeinschaften in ihrer natürlichen Ausprägung bedarf es deshalb des Schutzes des gesamten Lebensraumes und demnach besonders auch der Populationen der dominanten Organismen (Strandschnecken, Muscheln, Strandkrabben, mehrjährige Braunalgen), bei denen man bei einer flüchtigen Betrachtung den Schutzstatus zunächst nicht für unbedingt notwendig halten würde.

Zur Besiedlungsstruktur der Lebensgemeinschaften in der Dauerflutzone rund um Helgoland existieren bis heute lediglich fragmentarische Angaben. Es liegt nach den bisherigen Kenntnissen jedoch nahe, daß die Komplexität der dort beheimateten Lebensgemeinschaften ebenfalls von einem komplexen System abiotischer Faktoren einerseits und biologischen Wechselwirkungen andererseits kontrolliert wird. Die Einsicht, daß es sich bei den Lebensgemeinschaften rund um Helgoland um ein biologisch einzigartiges Kleinod innerhalb der deutschen Hoheitsgewässer handelt, mündete im April 1981 in der Einrichtung des „Naturschutzgebiet Helgoländer Felssockel“ in den Grenzen des vormaligen Hummerschutzgebietes. Das Areal umfaßt 5138 ha und stellt somit das größte Naturschutzgebiet in Schleswig-Holstein dar, wenn man vom „Nationalpark Wattenmeer“ absieht. Die wirtschaftliche Nutzung ist nur im Rahmen der über Jahrhunderte gewachsenen (angemeldeten) Stellnetz-, Korb- und Reusenfischerei erlaubt. Mit den Schutzbestimmungen wurden die Störungen von Land her zwar eingedämmt, Gefahr aber droht den Tieren und Pflanzen rund um die Insel in

erster Linie aus dem offenen Meer. Viele der beschriebenen Organismen durchlaufen in ihrer Jugendphase nämlich ein pelagisches Larvenstadium und werden so mit den Strömungen ver- und angetrieben. Hohe Konzentrationen an giftigen Fremdstoffen schädigen nicht nur die erwachsenen Organismen und deren Fortpflanzungserfolg, sie töten zunächst einmal die meist viel empfindlicheren Larvalstadien. Damit die „biologischen Schätze“ rund um Helgoland auch weiterhin erhalten bleiben, ist demnach eine Sanierung und langfristige Reinhaltung der Nordsee von unbedingter Notwendigkeit.

### 3. Schriftenverzeichnis

- DALLA-TORRE, K. W. VON: Die Fauna von Helgoland. Zool. Jb. (Syst. ökol. Geogr. Tiere) Jg. 4, Bd. 1, 1889.
- GILLANDT, L.: Zur Ökologie der Polychaeten des Helgoländer Felslitorals. Helgoländer wiss. Meeresunters., Jg. 32, Bd. 1, 1979.
- GRUNER, H. E.: Krebstiere oder Crustacea. Vol. 5. Isopoda. Tierwelt Dtl., Bd. 51, 1965.
- HAGMEIER, A.: Die Besiedelung des Felsstrandes und der Klippen von Helgoland. Teil 1. Der Lebensraum. – Wiss. Meeresunters. (Abt. Helgoland), Jg. 15, H. 18a, 1930.
- HAWKINS, S. J. u. HARTNOLL, R. G.: Grazing of intertidal algae by marine invertebrates. Oceangr. Mar. Biol., Vol. 21, 1983.
- HEINCKE, F.: Die Arbeiten der Biologischen Anstalt Helgoland im Jahre 1893. Wiss. Meeresunters. (Abt. Helgoland), Bd. 1, H. 1, 1894.
- HILLMER, G., SPAETH, CHR. u. WEITSCHAT, W.: Helgoland – Portrait einer Felseninsel. Rasch Verlag, Bramsche, 40 pp., 1979.
- JANKE, K.: Die Makrofauna und ihre Verteilung im Nordostfelswatt von Helgoland. Helgoländer Meeresunters., Jg. 40, Bd. 1, 1986.
- JANKE, K.: Die Makrofauna im Felswatt von Helgoland. Natur u. Museum, Jg. 117, H. 3, 1987.
- JANKE, K.: Biological interactions and their role for community structure in the rocky intertidal of Helgoland (North Sea). Helgoländer Meeresunters., Jg. 44, Bd. 2, 1990.
- KORNMANN, P.: *Porphyra yezoensis* bei Helgoland – eine entwicklungsgeschichtliche Studie. Helgoländer Meeresunters., Jg. 40, Bd. 2, 1986.
- KORNMANN, P. u. SAHLING, P.-H.: Meeresalgen von Helgoland. Helgoländer wiss. Meeresunters., Jg. 29, Bd. 1, 1977.
- KORNMANN, P. u. SAHLING, P.-H.: Meeresalgen von Helgoland: Ergänzung. Helgoländer Meeresunters., Vol. 36, Bd. 1, 1983.
- KRONBERG, I.: Die Ökologie der Schwarzen Zone im marinen Felslitoral – Monographie eines extremen Lebensraumes. Diss. Univ. Kiel, 1983.
- LANGE, H.: Die Algenzonierung im Litoral und Sublitoral um Helgoland. Natur u. Museum, Jg. 100, H. 4, 1970.
- LARINK, O.: Zur Ökologie des küstenbewohnenden Machiliden *Petrobius brevistylis* (Thysanura, Insecta). Helgoländer wiss. Meeresunters., Jg. 18, Bd. 1, 1968.
- LEWIS, J. R.: The ecology of rocky shores. English University Press, London, 1964.
- LÜNING, K.: Tauchuntersuchungen zur Vertikalverteilung der sublitoralen Helgoländer Algenvegetation. Helgoländer wiss. Meeresunters., Jg. 21, H. 3., 1970.
- MOLLENHAUER, D. u. LÜNING, K.: Helgoland und die Erforschung der marinen Benthosalgen. Helgoländer Meeresunters., Jg. 42, Bd. 3–4, 1988.
- NEWELL, R. C.: Biology of intertidal animals. Marine ecological Surveys Ltd, Faversham, 1979.
- NIENBURG, W.: Die Besiedelung des Felsstrandes und der Klippen von Helgoland. Teil 2. Die Algen. Wiss. Meeresunters. (Abt. Helgoland), Jg. 15, H. 19, 1930.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: Der tektonische Bau und die morphologische Gestaltung von Helgoland. Abh. Verh.naturwiss. Ver. Hamburg, Bd. 1–2, 1937.
- SCHULTZE, K., JANKE, K., KRÜSS, A. u. WEIDEMANN, W.: The macrofauna and macroflora associated with *Laminaria digitata* and *L. hyperborea* at the island of Helgoland (German Bight, North Sea). Helgoländer Meeresunters., Jg. 44, Bd. 1, 1990.
- WURSTER, P.: Geologisches Portrait Helgoland. Die Natur, Jg. 70, H. 1, 1962.

# Beitrag zur Ingenieurgeologie Helgolands

Von P.-H. Ross

## Zusammenfassung

Helgoland mußte 1952 seinen Wiederaufbau auf einem durch Bombenabwürfe und Sprengung völlig verwüsteten Untergrund beginnen. Die hierzu hilfreichen wesentlichen bodenphysikalischen Parameter der Gesteine werden im Kap. „Gesteinseigenschaften“ mitgeteilt. Die verschiedene Ausbildung der Klippenmorphologie läßt sich durch eine Kombination aus Gesteins- härte, Schichteinfallen und Tektonik erklären. Infolge einer hohen inneren Elastizität des Bunt- sandsteins führte die Großsprengung von 1947 nicht zu einer völligen Vernichtung der Insel. Bei ermittelten Scherfestigkeiten von etwa  $16\,500\text{ kN/m}^2$  wäre ohne Berücksichtigung von Verwitterungseinflüssen und Tektonik der Bau von Hochhäusern unmittelbar an der Kliffkante möglich. Bei Drainage von Sickerwässern hat das Hangschuttmaterial bei Böschungswinkeln bis zu  $45^\circ$  stets die zu fordernde Sicherheit von  $n > 1,1$ .

Ingenieurgeologische Aufnahmen waren die Grundlage zur Fußsanie rung der „Lange Anna“. Die angestrebte Gesamterhaltung erfordert jedoch weitere Maßnahmen. Hierfür sind Vergleiche mit der erfolgten Sanierung der „Barbarine“ im Elbsandsteingebirge/Sachsen hilfreich.

Die Vorschläge des Leichtweiß-Institutes/Braunschweig zur Sicherung der bisher unge- schützten Nordflanke werden vorgestellt und diskutiert. Wegen seines hohen naturwissenschaftli- chen Wertes ist der natürliche Zustand dieses letzten intakten Felsabschnittes mit seinem vorgela- gerten Felswatt zu bewahren. Für den Erhalt der Gesamtheit: Felssockel, Inselkliffs und Düne ist ein umfassender Naturschutz erforderlich.

## Summary

*In 1952 reconstruction of Heligoland which had been completely destroyed by bombs and explosions was started. The main geophysical characteristics are given in the chapter "rock properties". The different morphology of the rock-shore can be explained by the various rock hardness and tectonics. Caused by the high inner elasticity of the sandstone, the great explosion of 1947 did not lead to an total destruction of the island. Without consideration of influence of weathering and tectonic, shear strengths of  $16\,500\text{ kN/m}^2$  would allow building of tall houses directly near the cliffs. If percolating waters are drained, boulder material of slopes with angles up to  $45^\circ$  always have the demanded safety factor on  $n > 1.1$ .*

*Geological investigation formed the basis for the restoration of the toe of the "Lange Anna". For the preservation of the hole monolith, additional measures must be undertaken. Helpful are comparisions with the restored rock "Barbarine" in the Elbsandstone-mountains.*

*The recommendations of the Leichtweiss-Institute/Braunschweig to secure the presently unprotected northern flank are presented and discussed. Because of its high value to natural science, the natural state of this last intact rock site with its sublittoral regions should be saved. To secure the whole ensemble of littoral rock cliffs and the dune-island, comprehensive natural protection measures are necessary.*

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	72
2. Gesteinseigenschaften . . . . .	72
3. Standfestigkeit der Felsböschungen . . . . .	74
4. Sanierung der „Lange Anna“ . . . . .	75
5. Schutz der Insel-Nordflanke? . . . . .	77
6. Schriftenverzeichnis . . . . .	79

## 1. Einleitung

Auf der Insel Helgoland verhält sich einiges anders als auf dem Festland. Während sich Bauleute Schleswig-Holsteins bzw. Norddeutschlands, also auf dem „Festland“, bei Gründungen überwiegend mit nicht oder nur wenig festen Sanden und Geschiebemergel herum-schlagen müssen, hat Helgoland als einziger Standort des Küstenraumes felsigen Untergrund, also wirklich „festes Land“ zu bieten.

Helgoland als hervorragender Seestützpunkt war schon relativ früh (1811) das Ziel vorwiegend militärisch ausgerichteter Baumaßnahmen. Als „Krönung“ entstand im 2. Weltkrieg ein weitverzweigtes System von Tunnelanlagen bzw. Kasematten, so daß die Hauptinsel praktisch völlig unterminiert war.

Nach der gewaltigen Detonation am 18. 4. 1947 stand der beginnende friedliche Wiederaufbau ab 1952 vor einem völlig verwüsteten, durch Bombenabwürfe und Sprengungen umgepflügten Baugrund, so daß die Frage aufgeworfen wurde, ob ein Wiederaufbau infolge menschlicher Zerstörungen und weiteren natürlichen Zerfalls überhaupt möglich sein würde. Hier setzten gezielte wissenschaftliche Untersuchungen ein, aus denen im folgenden für den Bereich Ingenieurgeologie einige Beispiele herausgegriffen werden.

## 2. Gesteinseigenschaften

Helgoland und seine Düne sind dichtbesiedelte Inseln, die den Abrasionskräften des Meeres und den Verwitterungskräften der Atmosphäre ausgesetzt sind. Neben der Erforschung des geologischen Aufbaues ist es daher unumgänglich, sich mit den Gesteinseigenschaften auseinanderzusetzen, wenn man durch gezielte Vorsorgemaßnahmen mit gesicherten Kenntnissen den Bestand erhalten will.

Generell besteht das dem Mittleren Buntsandstein zuzurechnende Gestein Helgolands aus einer festeren, unteren, mehr bräunlich gefärbten sandigeren Partie, die den Sockel an der Südwestseite der Insel bildet, und einer oberen Gesteinsgruppe, einem wein- bis ziegelroten, tonreichen Kalkmergel mit muscheligen Bruch. Wegen des Einfallens der Schichten mit ca. 18° nach Nordosten sind auf der Nordostseite der Insel im wesentlichen nur die Gesteine der oberen Serie aufgeschlossen.

Der Grundstoff des Helgoländer Kalkmergels besteht nach Versuchen (GRIPP, DÜCKER, STEINFELD, 1956, unveröff.) zu etwa 15 % aus Ton, zu etwa 30 % aus Fein- und zu etwa 50 % aus Grobschluff. Bei einem Raumgewicht von  $\gamma_f = 2,3 \text{ t/m}^3$  beträgt der natürliche Wassergehalt  $w_n = 6,6 - 8 \%$ . Der Durchlässigkeitsbeiwert liegt bei  $K \leq 10^{-12} \text{ cm/s}$ , der gesunde Fels ist somit als praktisch wasserdicht anzusehen. Seine aus einachsialen Versuchen abgeleiteten Scherfestigkeiten betragen im Mittel:

$$\tau_f = 16\,450 \text{ kN/m}^2$$

Eine Frostempfindlichkeit ist durch Frostsprengung infolge Eisbildung in Spalten gegeben.

Die entsprechenden Parameter für die untere Serie lauten:

Raumgewicht:	$\gamma_f = 2,25 \text{ t/m}^3$
Porenvolumen etwa:	$n = 17,1 \% - 20 \%$
natürlicher Wassergehalt:	$w_n = 3 \% - 7 \%$

Druckfestigkeiten werden mit  $q_u = 60\,000 - 80\,000 \text{ kN/m}^2$  angegeben.

Die Zugfestigkeit beider Gesteinsarten senkrecht zur Schichtung, der Zusammenhalt der

Schichtplatten, beträgt nach Untersuchungen der Fortifikation (BROHM, 1907) nur etwa  $\tau_z = 5 \text{ kp/cm}^2$  ( $500 \text{ kN/m}^2$ ). Die Gesteine zerfielen, nachdem sie wassergesättigt 25 mal einem Frost von  $-11,5 \text{ }^\circ\text{C}$  ausgesetzt und wieder aufgetaut waren.

Der die Hauptinsel umsäumende Kranz jüngerer mesozoischer Gesteine ist nicht direkt aufgeschlossen, sondern liegt unter Wasserbedeckung bzw. unter Dünenansanden verborgen.

Das im Bereich zwischen Insel und Düne verbreitete Röt mit seinen Gips- und evtl. Steinsalzlagen ist als relativ weiches Gestein anzusprechen und erklärt, warum die ehemalige Verbindung zwischen Insel und Düne verlorengehen mußte. Unter den Sanden der Düne werden in Bohrungen und tieferen Baugruben anstehender Unterer, Mittlerer und Oberer Muschelkalk sowie unter Ausfall des Keuper und Jura Schichtglieder der Unteren und Oberen Kreide angetroffen. Das relativ harte Gestein des Muschelkalkes hat zur Ausbildung der nur bei Springtide-Niedrigwasser an wenigen Stellen sichtbaren, schräggestellten Schichtköpfe der Klippen nördlich der Düne geführt. Die Gesteine der Kreide sind insgesamt wieder weniger widerstandsfähig. Am besten lassen sich die Gesteinsunterschiede in Luftbildern erkennen, wie die Aufnahmen in der Arbeit von E. W. GUENTHER (1969) sehr deutlich zeigen.

Da insgesamt über diese Gesteine nur sehr wenige bodenphysikalische Angaben vorliegen, wenden wir uns wieder der Hauptinsel zu.

Für das Verständnis der Verwitterungsvorgänge der Insel sind vor allem die tektonisch erworbenen Eigenschaften ihrer Gesteine von ausschlaggebender Bedeutung. Die Großtektonik Helgolands als Kippscholle eines aus dem tieferen Untergrund emporgedrungenen Salzstockes ist durch die detaillierten Untersuchungen von SCHMIDT-THOMÉ (1937) bekannt. Mit bloßem Auge an den Steilkanten zu erkennen sind das durch die hellen Katersandlagen hervorgehobene schwache Einfallen der  $135\text{--}140^\circ$  streichenden Schichtung nach Nordosten sowie die zahlreichen Klüfte und Verwerfungen. Die Längsklüfte folgen der Richtung des Schichtstreichens, die Querklüfte demgemäß der Südwest-Nordostrichtung.

Feintektonisch ist das Gestein in ähnlicher Weise beansprucht; es ist durch zahlreiche Längs- und Querklüfte oder Haarrisse in zahllose Körper aufgespalten. Jede Gesteinsschicht ist somit verdeckt in etwa würfelige bis parallelepipedische Einzelkörper aufgelöst oder dazu geneigt, sich entsprechend weiter zu zerteilen, sobald der Schichtenverband sich lockert oder zerfällt. Dank einer vorzüglichen Verzahnung wird jedoch der Verband der latenten Teile sehr hartnäckig gewahrt. Das führt u. a. auch dazu, daß bedrohlich überhängende Felspartien längere Zeit an den Kliffs erhalten bleiben.

Die hauptsächlichen Faktoren einer hier besonders intensiv wirkenden Verwitterung sind der Schlagregen, die peitschende Gischt der Brandung, die wechselnde Sonnenbestrahlung mit Erwärmung und Abkühlen in der Nacht, im Winter der Frost als Spalten- und Bodenfrost sowie das Austreten von Schicht- oder Kluftwasser, welches gefrieren kann. Daneben wirkt die Salzsprengung in den zahlreichen Klüften. Kohlensäurehaltige Niederschläge tragen ebenso dazu bei, daß der bindende und verfestigende Kalk aufgelöst und aus dem Gestein ausgewaschen wird. Ja sogar dem Überschallknall von Düsenflugzeugen wird eine entsprechende Wirkung zugeschrieben. Eine große Rolle spielen die enormen Drücke der Brandung bei Sturmflut-Wetterlagen, die sich in den im Kliff entstandenen Verwitterungshohlräumen aufbauen und dabei eine Art von Sprengwirkung erzeugen.

Gesteinseigenschaften in Verbindung mit Tektonik und den Verwitterungserscheinungen haben dazu geführt, daß sich an der Südwestkante ein anderes Bild bietet als an der Nord- und Nordostkante. Das Vorherrschen kalkhaltigen widerstandsfähigen Sandsteins hat auf der Südwestseite (besonders vor den Zerstörungen des 2. Weltkrieges bzw. der Sprengung 1947) zu einer vielfältigen Felsgestaltung mit Brandungshohlkehlen, Gatts und einzelnen Felstürmen „Lange Anna“ geführt, während auf der gegenüberliegenden Inselfseite mit Vorherrschen

## Helgoland, Nordostspitze (schematisch)

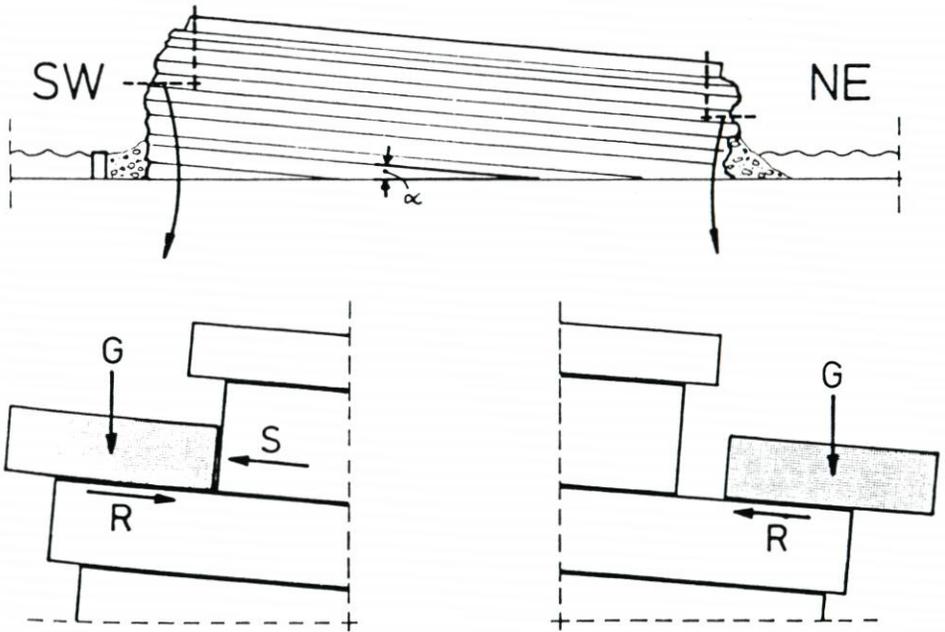


Abb. 1. Ungünstigere Statik des Schichtgefüges an der NE – gegenüber der SW-Seite Helgolands  
A. Fürbörter, T.U. Braunschweig: „Zur Erhaltung der Insel Helgoland“, Braunschweig, 1979

der feinsandigen Mergelkalke und Tonmergel ein kaum gegliederter Küstenverlauf mit (durch künstlichen Vorbau geschützt) Hangschutt entstand (Abb. 1).

Ein weiteres, sehr interessantes Ergebnis war der „Großversuch“ der von den Alliierten beabsichtigten Sprengung der gesamten Insel am 18. 4. 1947 mit etwa 67 000 Tonnen Munition. Zentren der Sprengung der unterirdischen Befestigungs- und Luftschutzwerke waren Süd-, Ost- und Nordspitze: im Süden ein riesiger, tief ausgesprengter Krater mit hohem Ringwall, im Osten die gänzliche Beseitigung der Ostspitze des Oberlandes und im Norden der Auswurf eines langen Sprenggrabens. Im noch begehbaren Stollensystem konnte man die Wirkungsweise der Sprengungen auf den gesunden Fels beobachten. Dabei wurde festgestellt, wie wenig der Sprengimpuls auf den anstehenden Felsen selbst gewirkt hat. Diese Tatsache wurde darauf zurückgeführt, daß dem Gestein mit seinem verzahnten Gefügesystem eine sehr große innere Elastizität beigemessen werden muß.

### 3. Standfestigkeit der Felsböschungen

Die im Labor an einem spaltfreien Zylinderkörper ermittelte Scherfestigkeit (s.o.) kann bei einem großklüftigen System aus mürbem Gestein nur mit etwa 1/10 der im Labor ermittelten Festigkeit angesetzt werden, d. h. etwa  $\tau_f = 1000\text{--}2000 \text{ kN/cm}^2$ . Bei der Beurteilung der Standsicherheit für senkrechte Felskanten durch Ermittlung der senkrechten freien Standhöhe nach FELLENIUS ergibt sich, daß bei einer vorgefundenen Standhöhe der Felskanten zwischen 30 und 40 m nur etwa  $\frac{1}{4}$  des vorausgesetzten Scherwertes ausgenutzt wird, diese

somit theoretisch 174 m betragen könnte. Das heißt, es wäre ohne die Einflüsse der Verwitterung durchaus möglich, an der Felsoberkante noch Hochhäuser zu errichten. Dieser Faktor ist jedoch bisher nicht zu fassen; es ist bis heute nicht annähernd möglich, verlässliche Angaben über die Verwitterungsgeschwindigkeit zu machen. Hinzu kommt der Einfluß der Verwitterungshalden. Laborversuche haben ergeben, daß das natürlich verwitterte Haldenmaterial schon bei Böschungsneigungen von  $50^\circ$  immer standfest sein muß; Böschungen mit Neigungen von bis zu  $45^\circ$  haben stets die zu fordernde Sicherheit von  $n > 1,1$ , wobei durch geeignete Drainmaßnahmen Sickerwasseransammlungen zu vermeiden sind.

#### 4. Sanierung der „Langen Anna“

Durch die „Verordnung zur Sicherung von Naturdenkmälern im Kreis Pinneberg“ vom 15. 10. 1969 wurde die „Lange Anna“ auf Helgoland vom Landrat des Kreises Pinneberg zum Naturdenkmal erklärt, um diesen Felsen als Wahrzeichen Helgolands zu sichern und zu erhalten. Der Felsfuß war jedoch durch Brandungseinwirkung ausgehöhlt, so daß Sanierungsmaßnahmen unumgänglich wurden.

In einem dazu angeforderten Gutachten des Geologischen Landesamtes wurden 1975 vor allem die Fragen des natürlichen Verwitterungsprozesses sowie die daraus resultierenden Möglichkeiten technischer Gegenmaßnahmen untersucht. Im folgenden wird auf die Entstehung der „Langen Anna“, ihre Felseigenschaften, die Verwitterungsformen und auf die aus ingenieurgeologischer Sicht notwendigen Maßnahmen eingegangen.

Eingangs wurde erwähnt, daß infolge der unterschiedlichen Zusammensetzung des Buntsandsteins auf der Südwestseite der Insel eine vielfältige Felsgestaltung wegen des Vorherrschens des kalkhaltigen Sandsteins entstand, auf der gegenüberliegenden Seite jedoch bei feinsandigen Mergelkalken und Tonmergeln ein kaum gegliederter Küstenverlauf. Die widerstandsfähigere untere Serie bildete Brandungshohlkehlen; daraus entstanden die typischen Gatts (Torbögen) und nach Einstürzen der Torbögen als vorläufiges Endstadium einzelstehende Felsmonolithen wie die „Lange Anna“. Der Vorläufer der Langen Anna war eine „Hengst“ genannte, etwa 50 m lange, schmale Felswand, welche durch 3 Durchbrüche auf 4 Beinen zu stehen schien, daher der Name. 1856 erfolgte der Einsturz des Hengstes. Major BROHM (1907) erwähnt, daß Stumpf und Geröll noch vorhanden sind. Das Nathurngatt, ein Torbogen zwischen dem jetzt einzel stehenden Felsen und der Insel ist am 16. 5. 1860 eingestürzt; seit dieser Zeit ist die „Lange Anna“ also Monolith.

Seit der Fertigstellung der Nordmole (1939) wird die „Lange Anna“ gegen Sturmflutbrandung aus südwestlichen bis westlichen Richtungen geschützt; ungeschützt ist sie gegen Wellenangriff aus Nordwest bis Nordost.

Die „Lange Anna“ ist etwa 56 m hoch und hat einen abgerundeten, etwa rhombischen Grundriß; ihr Fußumfang beträgt etwa 71 m. Der Mittlere Buntsandstein am zugänglichen Fuß der „Langen Anna“ wird aus einer plattigen Wechselfolge von Schluff- bis Feinsandstein und Tonsteinen aufgebaut. Die aus Feinsandstein bestehenden, härteren Bänke sind herauspräpariert. Mürbe Katersandlagen sind stärker verwittert und bilden schichtparallele Gesimse.

Die gravierendsten Schäden im Fußbereich der „Langen Anna“ waren auf der Nordseite eine etwa 14 m lange und 1,50–3,70 m hohe Brandungshohlkehle mit etwa 3 m Überhang sowie auf der Südwestseite ein 7 m breiter, maximal 8 m tiefer, sich nach innen verengender, dreieckiger Ausbruch, durch dessen Mitte eine max. 20 cm breite Kluft zieht. Sie war an der Felsaußenseite bis in etwa 6 m Höhe als offene Spalte sichtbar. Wie überall auf der Insel ist der Buntsandstein von zahllosen Klüften und Spalten durchzogen, an denen die ständige Verwit-

terung angreift und damit die Festigkeit des Felsens herabsetzt. Generell war (und ist) die „Lange Anna“ durch eine Kombination folgender Faktoren gefährdet:

durch Wellenangriff besonders bei Sturmflutbrandung, durch ihre Zerklüftung in Verbindung mit Schichtneigung und unterschiedlichem Gesteinsaufbau und durch ständig wirkende Verwitterungsvorgänge.

Es war abzusehen, daß es im Laufe der Zeit zu einer Verbindung der beiden Schwachstellen, der Brandungshohlkehle an der Wasserseite und dem tiefen Ausbruch an der Westseite kommen würde (vgl. Abb. 2).

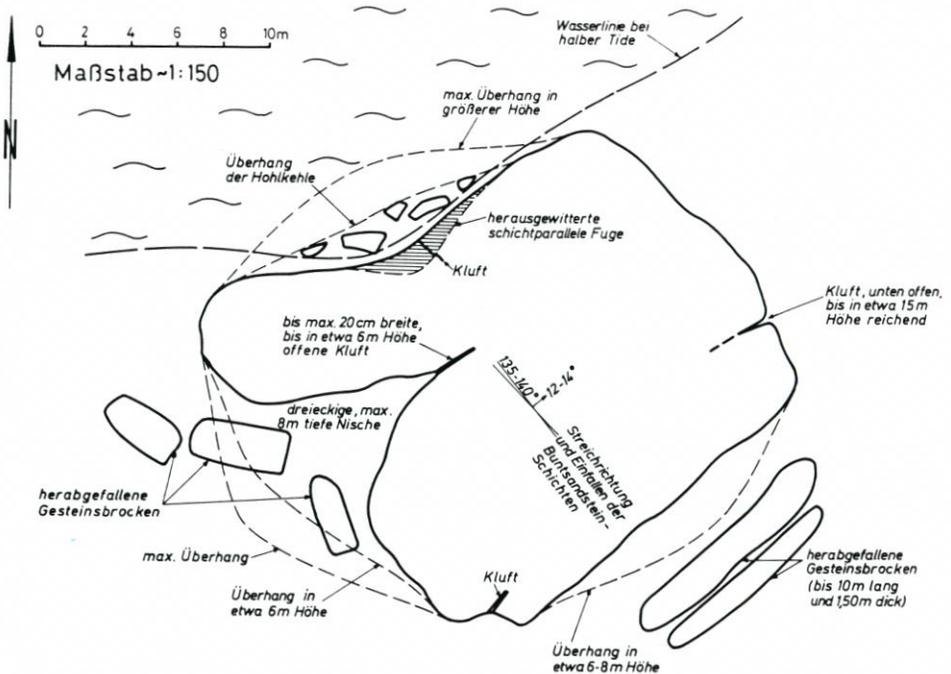


Abb. 2. Grundriß in Höhe des Felsfußes „Lange Anna“  
Gutachten des Geologischen Landesamtes Schleswig-Holstein (P. H. Ross, unveröff., Kiel, 1975)

Hierbei wäre zunächst ein Brandungstor (Gatt) entstanden, wobei das Gewicht der überhängenden Felsmassen auf einem immer kleiner werdenden Felspfeiler konzentriert würde. Wenn dessen Belastbarkeit überschritten ist, wäre zumindest ein großer Teil der „Langen Anna“ zerstört gewesen. Mit der 1979 abgeschlossenen Fußsanierung wurde diese Gefahr zunächst abgewendet (s. Beitrag J. SCHINDLER); die Sanierung des gesamten Felsens steht jedoch noch aus.

Durch ständig angreifende Verwitterung werden weiterhin bestehende Spalten und Klüfte erweitert. Hierbei wirken Eis, Temperaturschwankungen, Salz, Wurzelwachstum, Auswaschen der Trümmer durch Regen und Ausblasen durch Wind. Als besonderer Gefahrenpunkt hat sich eine tief herausgewitterte Katersandlage auf etwa halber Höhe des Felsens herauskristallisiert, an der eine senkrechte Kluft ansetzt, die bis fast zur Spitze reicht. An dieser Stelle ist in nicht allzuferner Zeit ein Aus- bzw. Abbruch größerer Felsmassen zu befürchten.

Als langfristiger Schutz gegen Verwitterungserscheinungen hat sich seit längerem im

Felsbau die Injektionsmethode bewährt. Bei dem vorliegenden speziellen Fall eines freistehenden Felsens muß man sich jedoch darauf beschränken, vorhandene Klüfte mit geringem Druck zu injizieren, um den Gesteinsverband durch Drucksprengung nicht noch weiter zu schwächen. Zur Auswahl des wirkungsvollsten Verfahrens sind genaue Kenntnisse über den Zustand der Felsklüfte und mögliche Wasserzirkulationswege notwendig. Daß derartige Maßnahmen erfolgreich sein können, zeigt das Beispiel des Naturdenkmales „Barbarine“, einer der „Langen Anna“ vergleichbaren, etwa 40 m hohen Felsnadel des Pfaffensteinmassivs (Elbsandsteingebirge, Sachsen), die durch eine Sanierungsmaßnahme im Jahre 1979 mittels Sandsteinverfestiger erhalten wurde. Neben einer wasserabweisenden Wirkung erreichte man mit dem Mittel eine Silikatisierung und somit eine wesentliche Verfestigung des Sandsteins. Zusätzlich verband man durch Klüfte getrennte Teilkörper durch feuerverzinkte Bauklammern miteinander. Ein großes Problem entsteht in Helgoland jedoch durch eine intensive Salztränkung des Gesteins, die naturgemäß bei der „Langen Anna“ besonders hoch ist und dem Verfahren Grenzen setzt.

Alles in allem müssen jedoch aus der Sicht eines Ingenieurgeologen weitere Schritte unternommen werden, um die „Lange Anna“ als letzten Monolith und Wahrzeichen der Insel zu sanieren und zu erhalten.

### 5. Schutz der Insel-Nordflanke?

Von der ursprünglich etwa 7700 m langen natürlichen Steilküste wurde im Laufe der Jahrzehnte der größte Teil durch Küstenschutz, Hafenaufbau und Neulandgewinnung weitgehend geschützt. Nur im Nordosten ist noch eine etwa 600 m lange Strecke von der „Langen Anna“ bis zur Nordmole im Naturzustand. Dieser Steilküste ist das bekannte, biologisch wertvolle Felsenwatt vorgelagert. In Anbetracht eines immer stärker werdenden Steilküstenrückganges und auch im Zusammenhang mit der Sicherung der „Langen Anna“, wurden daher in den 70er Jahren Lösungen gesucht, die den Inselrückgang in diesem Abschnitt verlangsamen bzw. den Erhalt des damaligen Zustandes auf längere Zeit sichern sollten. So hatte z. B. Ende Januar 1976 die „Lange Anna“ durch Abbruch von etwa 2000 m<sup>3</sup> Felsgesteins „Nachwuchs“ in Form einer schlanken Felsnadel bekommen. Ursache hierfür war vermutlich ein plötzlich einsetzender strenger Frost nach vorangegangenen Regentagen während der Januar-Sturmfluten. Auf Luftbildern war die Entstehung dieser Felsnadel infolge durchgehender Längsklüfte und bereits bestehender Pfeilerbildung schon vorgezeichnet und daher absehbar.

Als Ursache für das auf der westlichen Hälfte der Nordflanke besonders heftig angreifende Abbruchgeschehen durch Wellenwirkung und erodierende Strömung ist eine Kombination aus Klüften bzw. Kluftrichtungen und Gesteins Härte anzusehen. Wie auf Abb. 3 deutlich zu erkennen, haben sich Brandungshöhlen durch Materialausbruch an sich unter verschiedenen Winkeln kreuzenden Längsklüften in der insgesamt widerstandsfähigeren unteren Serie des Mittleren Buntsandsteins gebildet. Dadurch ist eine Kombination aus Pfeilern und Hohlräumen entstanden. Durch auftreffende Brandungswellen werden dabei in den wassererfüllten Spalten und Hohlräumen enorme Sprengkräfte erzeugt, denen kein noch so harter Fels auf Dauer widerstehen kann.

Im Jahre 1979 erarbeitete das Leichtweiß-Institut der TU Braunschweig ein Gutachten mit dem Auftrag, Lösungsmöglichkeiten zur Ufersicherung an der Nordflanke zu finden, die folgende Umstände berücksichtigen sollten:



Abb. 3. Teilstück der Nordflanke Helgolands: Unterschiedliche Verwitterungsformen in Abhängigkeit von Klüftung und Gesteinhärte ca. 1974. Foto freundl. von der Gemeinde zur Verfügung gestellt

Reduzierung auf ein Minimum der Auskolkungen und Felsabstürze sowie die Berücksichtigung der Belange des Küstenschutzes, des Umweltschutzes und der Umwelterhaltung.

Vom Leichtweiß-Institut wurden mehrere Vorschläge ausgearbeitet, die aus einem uferparallelen Schutzwerk (wie auf der Südwestseite), einem Parallelwerk als Ufermauer sowie aus Parallelwerken in durchlässiger Schüttstein-Bauweise bestanden. Als Nachteil schälte sich aber heraus, daß mit diesen Lösungen – neben den enormen Kosten – der letzte Kliffabschnitt verschwinden würde, in dem der natürliche Übergang vom Steilufer über die Wasserwechselzone bis zu dem für die deutsche Nordseeküste einzigartigen Felswatt erhalten war.

Unter Berücksichtigung dieser Überlegungen wurden Vorschläge mehrerer Wellenbrecherkonstruktionen gemacht, bei denen die Energie des Seeganges durch eine feste oder geschüttete Mauer vor dem zu schützenden Objekt noch im Wasser reflektiert oder gebrochen wird, so daß – wie in diesem Falle – die natürlichen Übergänge im Wellenschatten erhalten bleiben. Abrasion und Transport gelösten Kliffmaterials wären somit weitgehend verhindert. Die Wellenbrechervorschläge wurden besonders auf die häufigsten, d. h. aus NW bis N auftretenden Windrichtungen und die damit einhergehenden stärksten Wellenangriffe ausgerichtet.

Wird jedoch der freiliegende Kliffuß vor den Ausräumarbeiten der Wellen geschützt, so werden sich im Laufe der Zeit – wie an der Südwestseite – Schuttkegel und -halden bilden, die zwar zu einer Stabilisierung des Steilufers beitragen, letztlich aber doch wieder in das natürliche Geschehen eingreifen.

In Abwägung all dieser Gesichtspunkte hat man sich nach erfolgter Fußsicherung der „Langen Anna“ – nicht zuletzt auch angesichts der enormen Kosten – zunächst für eine Beibehaltung des natürlichen Abbruchgeschehens ausgesprochen. Meer und Atmosphäre

bleiben jedoch von all' diesen Überlegungen unberührt; jährlich holen sie sich ihren unwiederbringlichen Tribut vom Inselgestein, und eines Tages wird man die Fragen des Uferschutzes sicher wieder aufgreifen. So bitter die Inselabbrüche auch sein mögen, wir sollten uns fragen, ob wir uns diesen Verlust unter anderen Wertvorstellungen nicht leisten sollten. Viele Naturwissenschaftler und heimatverbundene Mitbürger, die sich der Natur der Landschaft verantwortlich fühlen, plädieren daher seit langen Jahren für einen umfassenden, längst fälligen strengen Naturschutz der gesamten geologisch-geomorphologischen Einheit aus untermeerischem Felssockel, der Insel und der Düne. Denn Helgoland stellt in der so reliefarmen Landschaft Schleswig-Holsteins mit seinen einzigen Aufschlüssen aus dem Mesozoikum einen einmaligen Höhepunkt dar. Das Felswatt ist eine wesentliche Grundlage für die wichtigen Forschungen der Biologischen Anstalt Helgoland, die internationale Bedeutung hat, und sollte dafür unverändert bleiben.

## 6. Schriftenverzeichnis

- BAHR, M.: Die Veränderungen der Helgoländer Düne und des angrenzenden Seegebietes. – Jb. Hafenbautechn. Ges. 17, Berlin, 1938.
- BOIGK, H.: Ergebnisse und Probleme stratigraphischer Untersuchungen im Buntsandstein Nordwestdeutschlands. – Geol. Jb., 78: Hannover, 1961a.
- BOIGK, H.: Zur Fazies und Erdgasführung des Buntsandsteins in Nordwestdeutschland. – Erdöl und Kohle, Erdgas, Petrochemie, 14: Hamburg, 1961b.
- BROHM, A.: Helgoland in Geschichte und Sage. Seine nachweislichen Landverluste und seine Erhaltung. – 70 S., 36 Abb., 15 Ktn. Cuxhaven-Helgoland. Rauschenplat. 1907.
- GEISSE, A.: Die Erhaltung Helgolands. – Jb. geograph. Ges. Hannover: Hannover, 1928.
- GRIPP, K.: Entstehung und künftige Entwicklung der Deutschen Bucht. – Forsch. u. Fortschr. 19. Jg., Berlin, 1943.
- GRIPP, K., DÜCKER, A. u. STEINFELD, K.: Gutachten über die Gefährdung der Insel Helgoland durch Felsabstürze (unveröff.), Kiel, 1956.
- GRIPP, K.: Erdgeschichte von Schleswig-Holstein. – Neumünster, 1964.
- GRUPE, O.: Muschelkalk und Kreide und ihre Lagerungsverhältnisse im Untergrund der Düne von Helgoland. Jb. preuss. geol. Landesanst. L.: Berlin, 1929.
- GUENTHER, E. W.: Eine neu zusammengestellte Übersichtskarte der Insel Helgoland. – Schr. naturwiss. Ver. Schleswig-Holstein, 39, Kiel, 1969.
- HARTUNG, W.: Helgoland – merkwürdigste Insel der Nordsee. – Festschrift Naturforsch. Ges. Emden zum 150jährigen Bestehen; Emden, 1965.
- HEIDORN, F.: Beitrag zur Exkursion A III (Helgoland) der Deutschen Geologischen Gesellschaft anlässlich der Hauptversammlung in Hamburg 1961 [ungedruckte, vorläufige Mitt.], 1961.
- HILMER, G., SPÄTH, CH. u. WEITSCHAT, W.: Portrait einer Felseninsel. – Geol. Paläont. Inst. Univ. Hamburg, 1980.
- KEMPER, E. u. SCHMID, FR.: Die Megafauna der Kreide von Helgoland und ihre biostratigraphische Deutung. – Newsl. Stratigr., 3, Leiden, 1974.
- KRUMBEIN, W.: Zur Frage der Verwitterung der Felsmasse der Insel Helgoland. – Abh. Verh. naturwiss. Ver. Hamburg, (N. F.) 20, Hamburg, 1977.
- KRUMBEIN, W.: Verwitterung, Abtragung und Küstenschutz auf der Insel Helgoland. – Abh. Verh. naturwiss. Ver. Hamburg, (N. F.) 18/19, Hamburg, 1975.
- LÜTTIG, G., DAMS, DRESCHER, EGGELSMANN, GRUBE, JAEGER, HEIDE, HENTSCHEL, HOFRICHTER, ORTLAM, SCHMITT, STREIF u. TANGERMANN: Geoscience und Environmental Research in the Federal Republic of Germany. – Guide 26th Int. Congr., Paris, 1980.
- PRATJE, O.: Geologischer Führer für Helgoland und die umgebenden Meeresgründe. – Sammlung geologischer Führer, 23, Berlin (Bornträger), 1923.
- PRATJE, O.: Helgoland, das deutsche Felseneiland in der Nordsee. – Z. Aus der Heimat, Stuttgart-Ohringen, 1929.
- PRATJE, O.: Die Stadien in der Entwicklung der Insel Helgoland. – Z. Erdkunde, 2, Lfg. 4-6: Bonn, 1948a.

- PRATJE, O.: Das veränderte Helgoland. – N. Archiv f. Landes-/Volkskunde Niedersachsens: 249–260; Hannover, 1948b.
- PRATJE, O.: Aufbau und Werden der Insel Helgoland. – In: PACKROSZ u. RICKMERS (Hrsg.): Helgoland ruft. – Helgoland, 1952.
- PRIGGE, H. (1980): Farbiges Helgoland. – 5. Aufl. 128 S.; Christians Verl. Hamburg, 1980.
- REICH, H.: Geologische Ergebnisse der seismischen Beobachtungen der Sprengung auf Helgoland. – Geol. Jb., 64, Hannover/Celle, 1950.
- ROSS, P.-H.: Gutachten des Geologischen Landesamtes Schleswig-Holstein zu Erhaltungsmaßnahmen an der „Langen Anna“ Helgoland (unveröffentlicht), Kiel, 1975.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: Der tektonische Bau und die morphologische Gestaltung von Helgoland aufgrund einer Untersuchung der kleintektonischen Erscheinungsformen. – Abh. u. Verh. naturwiss. Vers. Hamburg, N. F. 1, Hamburg, 1932.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: Helgoland und Hoheneggelsen-Mölmme, ein Vergleich zweier saxonischer Aufwölbungen. – Geol. Rdsch. 29, 6, Stuttgart, 1938.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: Geologische Betrachtungen zu einer Tiefenlinienkarte der Umgebung von Helgoland. – Z. Geologie der Meere und Binnengewässer, 31, Berlin, 1939.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: Helgoland vor und nach der Sprengung. – Z. Natur und Volk (Senckenb. naturf. Ges. Frankfurt) 81, 7, Frankfurt, 1951.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: Die Sprengungen auf der Insel Helgoland. – Z. Sprengtechnik (N. F.) Z. für das gesamte Schieß- und Sprengstoffwesen, Mannheim L. 5, 7, Mannheim, 1952.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: Disharmonische Tektonik, Salztektionik. – In: BRINKMANN, R. (Hrsg.) Lehrbuch der Allgemeinen Geologie, Stuttgart (Enke), 1972.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: Geologische Karte von Helgoland mit Erläuterungen. – Geol. Jb. A 62, Hannover, 1982.
- STÜHMER, H. D., SCHULZE, H., WILLKOMM, H. u. HÄUSEL, B.: Rohkupfer-Funde vor Helgoland. – OFFA-Berichte u. Mitt. Urgeschichte, Frühgeschichte u. Mittelalter-Archäologie, 35, Neumünster (Karl-Wacholtz-Verl.), 1978.
- TAVERNE, L. u. ROSS, P.-H.: Fischreste aus dem Töck (Unter-Aptien) von Helgoland. – Meyniana 23, Kiel, 1973.
- WIEBEL, K. W. M.: Die Insel Helgoland. Untersuchungen über deren Größe in Vorzeit und Gegenwart. – Herold, Hamburg, 1848.
- WURSTER, P.: Kreuzschichtung im Buntsandstein von Helgoland. – Mitt. geol. Staatsinst. Hamburg, 29, Hamburg, 1960.
- WURSTER, P.: Geologisches Porträt Helgolands. – Die Natur, 70, 7/8, Schwäbisch Hall, 1962.

# Helgolands Schiffsfahrtszeichen

– von der Feuerblüse bis zum Verkehrssicherungssystem –

Von UWE HOLLMER

## Zusammenfassung

Eines der ersten Feuer der deutschen Nordseeküste stand auf Helgoland. Die Errichtung eines offenen Steinkohlenfeuers („Blüse“) im Jahre 1630 ist Ausdruck der Bedeutung Helgolands für die Schifffahrt.

Als sich die Engländer 1807 der Insel bemächtigt hatten, baute das Trinity House im Jahre 1811 einen „richtigen“ Leuchtturm, ausgerüstet mit Argandschen Lampen und Parabol-Reflektoren und ab 1875 mit einem Fresnel-Apparat I. Ordnung.

Nachdem Helgoland 1890 zu Deutschland gekommen war, ersetzte die preußische Wasserbauinspektion den englischen Turm und richtete 1902 ein Schnellblinkfeuer mit Parabolscheinwerfern und Lichtbogenlampen ein. Helgoland besaß damit das stärkste deutsche Leuchtfeuer. Es fiel dem Bombenangriff im April 1945 zum Opfer.

Bald nach der Freigabe Helgolands im Jahre 1952 nahm die WASSER- und SCHIFFFAHRTS-VERWALTUNG des BUNDES auf dem ehemaligen Flakleitstand ein Hochleistungsdrehfeuer in Betrieb, das mit seinen Scheinwerferlinsen und Xenon-Lampen noch heute allen Ansprüchen eines weitreichenden Seefeuers gerecht wird.

Dieses Feuer wurde 1986/87 – zusammen mit allen übrigen Feuern auf der Insel und der Düne – automatisiert. Alle ortsfesten, elektrischen Feuer der Insel arbeiten autark, werden von der Hauptschaltstelle in Tönning fernüberwacht und können von hier aus ggf. ferngesteuert werden. Tonnen bezeichnen die Fahrwasser und kennzeichnen die Untiefen rund um die Insel.

Die 1984 auf dem Helgoländer Leuchtturm installierte Weitbereichsradaranlage ist Teil des „Verkehrssicherungssystems Deutsche Bucht“. Es erfaßt den Schiffsverkehr im deutschen Küstenverfeld weiträumig, dient der Information und erforderlichenfalls auch der Lenkung.

## Summary

*One of the earliest "lights" at the German North Sea coast was at Heligoland. It was a coal-fired brazier light, and its erection in 1630 reflected the importance of Heligoland for ship traffic.*

*After Heligoland had been taken over by England in 1807, the Trinity House Corporation built a proper lighthouse in 1811. Originally Argand oil lamps and parabolic reflectors were installed. This was replaced in 1875 with a first order Fresnel lens.*

*The island became German in 1890, and the Prussian Coastal Engineering Inspectorate replaced the English lighthouse in 1902. The short flashes of the new lighthouse were produced by electric carbon arcs and revolving parabolic mirrors. Heligoland thus boasted the brightest German light. Bombs destroyed it in April, 1945.*

*Heligoland was made accessible again in 1952. Soon after, the Federal German Waterways and Shipping Administration set up a powerful revolving light on top of a former anti-aircraft tower – the only Heligoland building to have withstood the bombings. That light, with its Xenon discharge lamp and revolving catadioptric lenses, still meets all present day requirements.*

*In 1987 it was converted to an automatic operation, as well as all the other minor lights in Heligoland. Unmanned since, they are monitored from Tönning by the Waterways and Shipping Agency. In addition to the lights, many buoys mark the fairways and treacherous shoals around the island.*

*In 1984, the lighthouse was fitted with long-range radar as part of the new "Vessel Traffic Services (VTS) German Bight". It monitors and – if necessary – guides ships in German North Sea coastal waters in order to prevent marine disasters.*

## Inhalt

1. Einleitung . . . . .	82
2. Die ersten Schiffsfahrtszeichen Helgolands . . . . .	83
3. Die Kohlenblüse (1630-1808) . . . . .	84
4. Heligoland Light House (1811-1902) . . . . .	88
5. Das Schnellblinkfeuer (1902-1945) . . . . .	92
6. Die Nebelschallanlagen . . . . .	100
7. Die Dünenbaken und Dünenfeuer . . . . .	103
8. Betonung, Tonnen- und Bauhöfe . . . . .	107
9. Das Feuerschiff „Helgoland“ . . . . .	112
10. Der Wiederaufbau nach 1945 . . . . .	113
11. Rationalisierung, Automatisierung und Modernisierung . . . . .	117
12. Verkehrssicherungssystem Deutsche Bucht . . . . .	120
13. Schlußwort . . . . .	123
14. Schriftenverzeichnis . . . . .	123

### 1. Einleitung

Wenn man mit dem Schiff aus der Eider kommt, das Eider-Sperrwerk hinter sich hat und die Küste der Halbinsel Eiderstedt mit ihren Kirchen und den Badehäusern von St. Peter langsam dem Auge entschwunden ist, dann ist auch das geschützte, mit roten Spieren- und grünen Spitztonnen bezeichnete Eiderwatten-Fahrwasser verlassen und der Weg frei in die offene See: Kurs 256°, Ziel Helgoland! Vorbei geht es noch an der rot-weiß gestreiften Eideransteuerungs-Leuchttonne und wenig später an der Außeneider-Tonne.

Wer von den Fahrgästen weiß schon, daß hier einst zwei Feuerschiffe auf Position lagen. Die „Eider-Lootsen-Galiote“ (von 1815 bis 1926) und die „Außeneider“ (von 1868 bis 1939) haben der Schifffahrt damals die Einfahrt in die unübersichtliche Eider gezeigt.

Der Decca-Navigator auf der Brücke gibt die Entfernung bis Helgoland an: Noch liegen 19,95 sm vor uns, die Schiffsgeschwindigkeit beträgt 14,7 Knoten. Es wird noch 1¼ Stunden dauern, bis wir auf Helgoland-Reede vor Anker gehen können. Die Sicht ist heute so klar, daß die Insel schon jetzt gut zu erkennen ist, als graues langgestrecktes Trapez, über das der Kirchturm, der Leuchtturm und andere hohe Masten deutlich herausragen. Unser Ziel gewinnt immer mehr Gestalt und Farbe: wir nähern uns der Küste von Helgoland! Auf geradem Kurs steuert das Schiff die gelb-schwarze „Düne-Süd“-Tonne an. Die Toppzeichen zeigen mit der Spitze nach unten, die über dem Radarreflektor angebrachte Laterne leuchtet 6 mal kurz auf und blinkt einmal lang. Fkl (6) + Blk heißt die Kennung offiziell, und der Nautiker erkennt auch bei Nacht, daß er dieses kardinale, schwimmende Schiffsfahrtszeichen südlich passieren muß.

Bei der grünen Leuchttonne 1 dreht das Schiff in die mit Tonnen und der Richtfeuerlinie der Düne bezeichnete Hafeneinfahrt ein, steuert auf die Süd-Reede zu und geht nahe der Landungsbrücke vor Anker. Innerhalb der nächsten Stunde werden auch die anderen Seebäderschiffe aus Büsum, Bremerhaven, Cuxhaven, Hörnum, Norderney und Wilhelmshaven eingetroffen sein und ihre Tagesgäste ausgebootet haben.

In früheren Zeiten haben die Kapitäne kein so „leichtes Spiel“ gehabt, Helgoland zu erreichen. Die technischen Mittel zur Erfüllung der Verkehrssicherung auf Wasserstraßen (wie Tonnen, Leuchttürme, Baken, Feuerschiffe, Nebelschallzeichen, Funkfeuer, Tafelzeichen usw.), die vorhandenen Navigationshilfen an Bord der Schiffe (z. B. Seekarte, Kompaß, Radar, Ortungsanlagen, Lot u. a.) und die der Seeschifffahrt zur Verfügung stehen-



Abb. 1: Ansteuerung Helgoland: Leuchttonne „Düne Süd“

den Informationen (Nautischer Warn- und Nachrichtendienst, Funk, Funkortung, Satellitennavigation) haben heute einen nie zuvor gekannten Standard erreicht.

## 2. Die ersten Schifffahrtszeichen Helgolands

Die Geschichte der Schifffahrtszeichen auf Helgoland ist ein Stück Geschichte der Insel. Sie ist eng verbunden mit der Entwicklung der Seeschifffahrt und der Helgoländer Häfen.

Als herausragender Punkt war die Felseninsel schon in ältester Zeit – als die Deutsche Bucht noch in keinen Segelanweisungen oder Seekarten berücksichtigt wurde und nahezu unbekannt war – ein markantes natürliches Sichtzeichen für die Route von Westeuropa in die Ostsee, die direkt nach Nordjütland um Skagen herum führte.

In Seekarten wurde „Hilghenlande“ schon im 14. Jahrhundert erwähnt, 300 Jahre vor dem Bau des ersten Leuchtfeuers auf der Insel. Ihr Felsen erleichterte bis zum 17./18. Jahrhundert den lebhaften Schiffsverkehr nach und von den Häfen der Weser, Elbe und Eider und trug damit bei zum Aufblühen Hamburgs und Bremens. Nur wenige Segelstunden vor den Flußmündungen ist der 50 m hohe Felsen ein weit sichtbarer Ansteuerungspunkt. Noch vor 150 Jahren segelte man „Helgoland in Sicht“, um von dort aus dann sichere Kurse auf die Flußmündungen abzusetzen.

Andererseits war Helgoland mit seinen untermeerischen Klippen für die Schifffahrt stets ein Gefahrenpunkt und wurde es um so mehr, je öfter er als Ansteuerungspunkt benutzt und die Helgoland-Reede zum Schutz vor Stürmen aufgesucht wurde.

Die ersten „Schifffahrtszeichen“ sind auch auf Helgoland mit Sicherheit natürliche Landmarken gewesen. So wird zum Beispiel in einer Segelanweisung aus der Zeit des auslaufenden 15. Jahrhunderts der „Mönch“, ein alleinstehender Fels im Südwesten der Insel





Bibliothek in Kopenhagen und wurde von P. SAX im Jahre 1638 angelegt – ist u. a. vermerkt: „*Hanc tabulam primum descripsit J. B. Junior*“. Diese Eintragung weist auf JAN BEHREND'S hin, der in diesem Plan den Hügel „Breiberga“, als Standort für seine Feuerbake gekennzeichnet hat. Aus der Karte des JOHANNES MEIER von 1639 geht hervor, daß die Bake auch tatsächlich an dieser Stelle errichtet worden ist.

Die Hälfte der Baukosten für die Feuerblüse übernahm der Herzog und verpflichtete sich, auch Unterhaltungskosten mitzutragen, allerdings mit der Auflage, an ihn auch die Hälfte der Einkünfte aus den „Feuergeldern“ abzuführen. In den herzoglichen Häfen sowie in Hamburg, Stade und Bremen sollten Gebühren in Höhe von 1 Schilling Lübisches pro Last erhoben werden. Trotz vieler Schwierigkeiten gelang es BEHREND'S, die Bake am 2. August 1630 fertigzustellen. Das offen brennende Kohlenfeuer bestand aus einem mit eisernen Rosten versehenen Steinturm als Unterbau und war angeblich in einem Umkreis von 6 Meilen zu sehen.

Weil aber die Einnahmen bei weitem nicht die Unkosten deckten, ging das Feuer nach wenigen Jahren (wahrscheinlich endgültig 1637) wieder ein. An diesem Mißerfolg hatten die Helgoländer tüchtig mitgewirkt. Sie waren um ihre Einnahmen aus dem Lotswesen und den Strandungen besorgt und taten unter dem Vorwand, daß das Kohlenfeuer ihre Häuser gefährden würde, alles, um den Betrieb zu erschweren. So wird von schweren Ausschreitungen der Helgoländer gegenüber Behrends berichtet und der Weigerung der Helgoländer, die Kohlen auf das Oberland zu tragen. Tatsächlich waren es aber doch wohl weniger die örtlichen und technischen Schwierigkeiten als vielmehr der ausbleibende finanzielle Erfolg, den sich Behrends erhofft hatte, daß das Unternehmen scheiterte. Die Tatsache, daß man 1638 erwog, die Feuerbake auf Helgoland wieder in Betrieb zu nehmen (was nicht gelang), läßt vermuten, daß die Bake bis 1637 noch gebrannt hat, dem Jahr, in dem Behrends auch noch als Bakenmeister genannt wird.

35 Jahre später ist von dem Helgoländer Leuchtfeuer wieder die Rede, als die Stadt Hamburg beim Gottorper Herzog einen Vorstoß zum Bau einer neuen Kohlenblüse unternahm. In der Helgoländer Chronik heißt es unter dem 19. September 1673: „*Anstat der bißhere aufgehangenen Laterne, wonach die Seefahrenden bißhere sich regulieret, haben Bürger Meister und Raht zu Hamburg bey Hochfürstl. Durchl. gesucht eine Blüse auf Helgoland zu setzen, . . .*“

Nach langwierigen Verhandlungen wurde 1676 ein quadratischer Steinturm mit eisernem Feuerkorb gebaut und noch im selben Jahr in Betrieb genommen. Als „Blüser“ gelang es der Hamburger Admiralität, die für das Feuer zuständig war, Inselbewohner anzuwerben, so daß auch der Betrieb einigermaßen gesichert war. Die ersten Leuchtfeuerwärter auf Helgoland könnten Jakob Friedrichs und Erich Rickmers gewesen sein, denen im Jahre 1678 von der Hamburger Admiralität die Inspektion über das Feuer gegeben wurde.

Die Steinkohlen für das Feuer wurden aus Schottland geholt. Sie waren wegen des Bitumengehaltes besonders geeignet. Anfangs lag der Verbrauch bei ca. 180 000 kg für etwa 10 000 Reichstaler jährlich. Davon mußten allein 1000 Reichstaler für das Löschen auf Helgoland und den Transport auf das Oberland aufgebracht werden. Hierüber wurde am 15. Januar 1680 „zwischen der löblichen Admiralität in Hamburg und Schiffer Jakob Friedrichs auf Helgoland wegen der Steinkohlen zu der aufgerichteten Feuerblüse ein förmlicher Kontrakt“ geschlossen. In den ersten Jahren wurde das Feuer nur in den dunklen Monaten angezündet. In der Helgolandkarte aus dem Jahre 1757 heißt es u. a.: „*Der Feuer Thurm zum Signal der Schiffenden dienend: auf solchen wird nur 8 Monathe hindurch im Jahr alle Nacht von Steinkohlen ein Feuer angezündet; . . . Eine Baacke somit dem Feuer Thurm eine grade Linie auf den Hohen Stein zeigt, welcher auch bey niedrigster Ebbe unter Wasser lieget und*

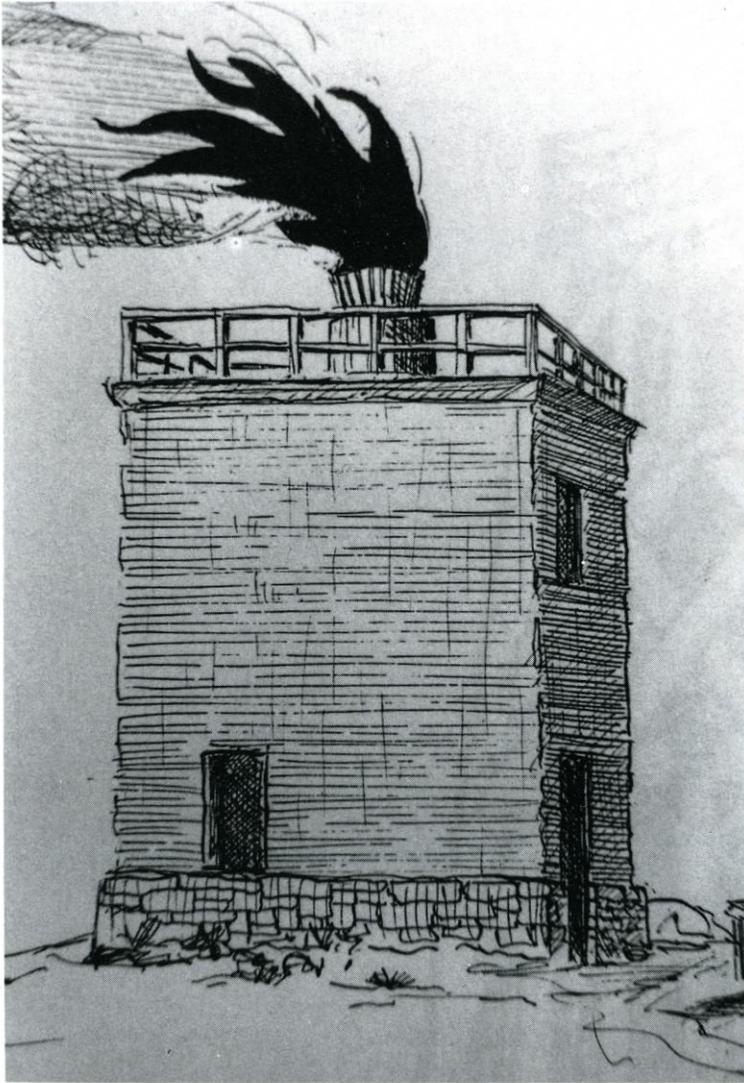


Abb. 4: Feuerblüse, wie sie auf Helgoland ausgesehen haben könnte (1630–1808)

*sehr selten gesehen wird, wie denn auch die beiden Baacken auf der Sand Dühnen ebenso auch diesen nehmlichen Stein zeigen und wonach sich die Schiffers Schaden zu vermeiden in ihrer Farth richten“.*

Als ab 1761 das Feuer ganzjährig brannte, stieg der Verbrauch auf fast 500 000 kg im Jahr. Sturmtage verschlangen die 3- bis 5fache Menge (etwa 40 Zentner) eines ruhigen Tages.

Die Feuerblüse blieb bis zum Jahre 1808 in Betrieb. Abgebrochen wurde der Turm erst 1916, als die Kriegsmarine freies Schußfeld für ihre Geschütze auf dem Oberland benötigte.

Seit dem 5. September 1807 wehte auf der seit mehreren Jahrhunderten von Dänen beherrschten Insel die englische Flagge. Aus den Wirren der napoleonischen Kontinental-sperre hatte sich ein wahrer Geldstrom über die Insel ergossen. Auf der Insel wimmelte es von

Kaufleuten, Spekulanten, Schmugglern und Abenteurern. Die englische Seezeichenverwaltung, das Trinity House, ersetzte die Kohlenbefuerung vorübergehend durch Paraffinkerzen (Kerzenlaternen waren nicht so witterungsabhängig, allerdings wesentlich schlechter zu erkennen als offene Feuer, da die Laternenscheiben schnell verrußten und beschlugen) und ließ im Jahre 1811 einen neuen Turm, einen „richtigen“ Leuchtturm, errichten.

#### 4. Heligoland Light House (1811–1902)

Das Ende des 18. Jahrhunderts war das „Aus“ der offenen Kohlenfeuer, die trotz aller Mängel in der Leuchtintensität und Wartung 200 Jahre das Leuchtfeuerwesen nicht nur auf Helgoland, sondern in ganz West- und Nordeuropa beherrscht hatten.

Zwei Franzosen leiteten mit ihren Erfindungen eine neue Epoche im Leuchtfeuerwesen ein: LAVOISIER mit dem Nachweis (1765), daß ein Licht im Brennpunkt eines parabolischen Reflektors gebündelt und parallel zur Achse abgestrahlt wird, und ARGAND, der einen Ölbrenner, die Petroleumlampe mit Hohldocht im Glaszylinder erfand (1782), die ein verstärktes, helles und rußfreies Licht ergab und gegenüber dem Kohlenfeuer sich als

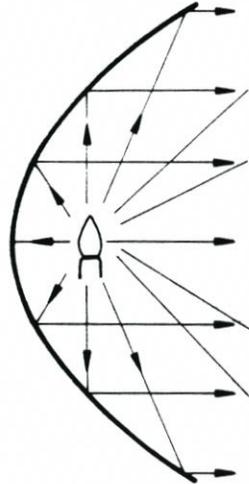


Abb. 5: Strahlenverlauf des Lichtes im Brennpunkt eines Parabolspiegels

erheblich kostengünstigere Lichtquelle erwies. Im Jahre 1811 wurde der neue Leuchtturm auf Helgoland mit dieser Kombination („Reverberen“) aus Argandschen Lampen und Parabol-Reflektoren ausgerüstet und in Betrieb genommen. Der Leuchtapparat bestand aus 24 versilberten Reflektoren in zwei Reihen übereinander und jeweils einer Lampe. Die Sichtweite des Feuers, anfangs 4 Meilen „oder noch etwas weiter“ vergrößerte sich im Laufe der Jahre in dem Maße wie sowohl die Brenner als auch die Spiegel weiter verbessert wurden.

Das runde, 18,3 m hohe Ziegelsteinbauwerk mit halbkugelförmig gewölbter, verglaster Laternenkuppel überragte mit seinem Licht den Meeresspiegel um 67 m. DANIEL ASHER ALEXANDER war seinerzeit der „Consultant Engineer“ für Trinity House. Der Helgoländer Leuchtturm war nach „South Stack“ und „Inner Farne“ sein dritter Turm. Bemerkenswert ist, daß er, der bis dahin immer eine massive Bauweise bevorzugt hatte, für den Helgoländer Turm erstmalig ein Mauerwerk mit Luftschicht („tried a cavity in a masonry tower“)

ausführen ließ. Innere und äußere Wand waren unten jeweils 34 cm stark mit 7,5 cm Hohlraum dazwischen, der sich – wie auch die Wände selbst – nach oben verjüngte. Turm und Wärterhaus schmiegt sich eng aneinander und waren von einer Mauer umschlossen.

Indessen ging die wirtschaftliche Blütezeit mit dem Kieler Frieden von 1814 zu Ende. Für

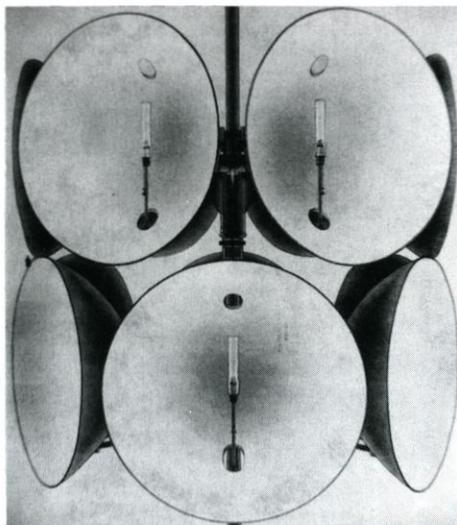


Abb. 6: Argandsche Lampen und Parabolreflektoren eines rotierenden Leuchtfeuers



Abb. 7: Englischer Leuchtturm (1811–1902)

die Insel folgten Jahre der Not und Armut. Das Fischen hatten die Helgoländer verlernt, ihre Boote waren größtenteils verrottet und das Lotsengeschäft hatten die Hamburger und Bremer an sich gezogen. Einziger Lichtblick bedeutete die Gründung des Seebades durch Jacob Andresen Siemens im Jahre 1826. Es war also wieder die See, die den Helgoländern eine neue Einnahmequelle eröffnete. Was allerdings noch fehlte, war ein Hafen. Er wurde besonders für die Helgoländer Boote, die offenen Schaluppen, immer wichtiger, weil der Schutz für sie durch Ausräumung der Reste der in der Silvestersturmflut des Jahres 1720 zerstörten Verbindung zwischen Insel und Düne, des „Woals“, immer geringer wurde. Doch die englische Regierung zeigte trotz mehrfacher Eingaben der Helgoländer Gemeinde wenig Interesse, auf Helgoland zu investieren. Die Insel besaß für England keinen militärischen Wert.

Auf dem Gebiet des Leuchtfeuerwesens gelang dem Franzosen Augustin Fresnel um 1820 die zweite epochemachende Erfindung, der „Glasapparat“, der um einen einzelnen Lichtpunkt in der Mitte (Brennpunkt) der Laterne angeordnet war. Mit diesem rundum wirkenden

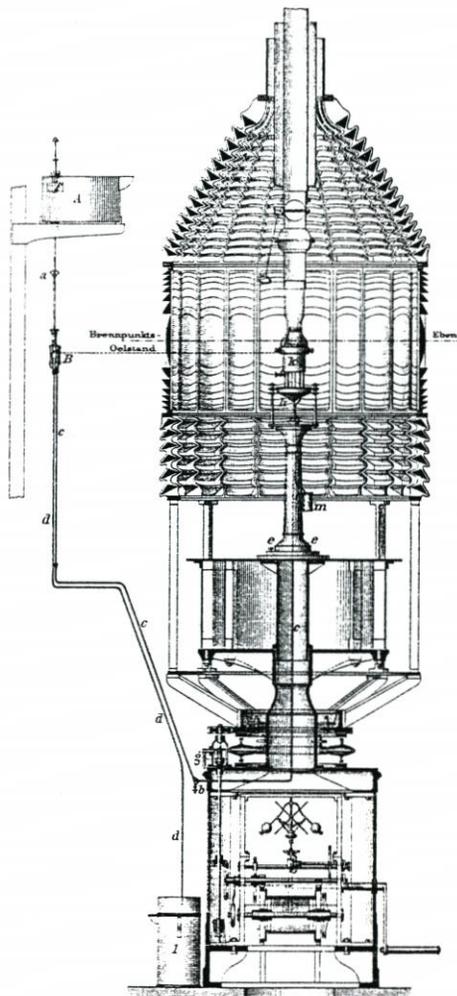


Abb. 8: Fresnelscher Leuchtapparat. Gesamthöhe rd. 5 m

Leuchfeuer hatte er das Problem der Argandschen Parabol-Lampen, die Dunkelbereiche zwischen den Reflektoren, gelöst und verbesserte gleichzeitig die Lichtausbeute gegenüber den Parabolspiegel-Anlagen erheblich. Ein weiterer Vorteil lag darin, daß statt einer großen Lampenzahl mit Parabolspiegeln jetzt eine einzige mehrdochtige Lampe gesetzt werden konnte. Der erste Fresnel-Apparat der Welt wurde 1823 auf Cordouan, der erste große in Deutschland 1846 in Brüsterort bei Königsberg aufgestellt. Auch die Trinity House Corporation verschloß sich dieser Entwicklung nicht und rüstete im Jahre 1875 ihren Turm auf Helgoland mit einem Fresnel-Apparat I. Ordnung (1,84 m Durchmesser und 920 mm Brennweite) und fünfdochtiger Mineralöllampe um. Die 2,41 m hohe, in Frankreich gefertigte Gürtelleuchte mit 43 geschliffenen Glasprismaringen stand der kurz zuvor auf Amrum im Januar 1875 in Betrieb genommenen Optik in ihren Ausmaßen nur wenig nach.

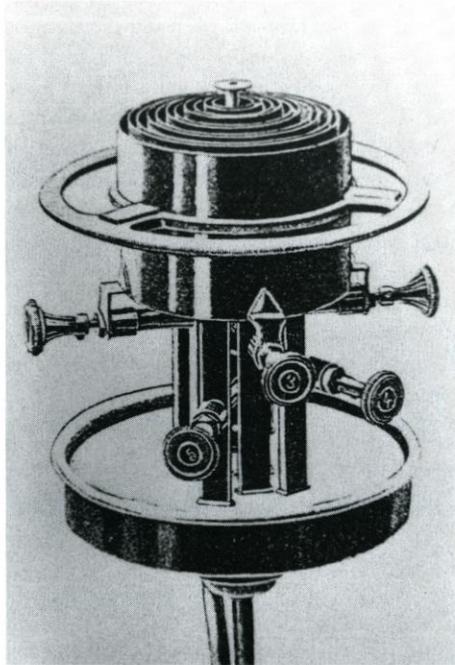


Abb. 9: Fünfdochtiger Ölbrenner

Die geschliffenen Gläser dieser bienenkorbähnlichen Apparate wirken im Mittelteil dioptrisch (die auf sie fallenden Lichtstrahlen werden gebrochen und treten nahezu horizontal aus), im oberen und unteren Teil katadioptrisch (die einfallenden Lichtstrahlen werden teils gebrochen, teils von den äußeren Flächen, die sie unter sehr spitzem Winkel treffen, zurückgeworfen und ebenfalls nahezu horizontal hinausgeleitet).

Die Technik der Leuchfeuer der damaligen Zeit erforderte eine ständige und aufwendige Wartung. Solange das Feuer brannte, mußte stets ein Wärter den Apparat und die Lampe beaufsichtigen. Ein zweiter Wärter hatte sich im Turm oder in der unmittelbar am Turm gelegenen Wohnung zur Verfügung zu halten. Schließlich oblag es den Wärtern damals auch, die Nebelsignalstation zu bedienen. Das bedeutete im vorigen Jahrhundert nicht nur die Wetter- und Sichtverhältnisse ständig zu beobachten, sondern ein umständliches Abfeuern einer mit Schießbaumwolle geladenen Rakete und zwar alle 10 Minuten (später sogar alle

5 Minuten) bis sich der Nebel wieder verzogen hatte. Es war Aufgabe der Frau des wachhabenden Wärters, während dieser Zeit den Leuchtfeuerturm zu versehen.

Am 10. August 1890 wurde Helgoland im Tausch gegen Kolonialrechte in Ostafrika (u. a. Verzicht auf Wituland und Anerkennung der britischen Kolonialherrschaft über Sansibar) dem Deutschen Reich übergeben.

### 5. Das Schnellblinkfeuer (1902–1945)

Nach der Gründung des Deutschen Reiches begann die Kaiserliche Marine sich für die Insel zu interessieren. Als der Deutsche Kaiser, Wilhelm II., Helgoland in Besitz genommen hatte, brach für Helgoland eine völlig neue Zeit an. Das Wirtschaftsleben erholte sich langsam, nicht zuletzt durch die Hafengebäude der Marine (1908–1916) und die Insel-schutzbauwerke, mit denen sich die preußische Wasserbauverwaltung nach 1890 beschäftigte. Auch im Schiffszeichenwesen tat sich um die Jahrhundertwende einiges.

Seit 1873 hatte das Deutsche Reich durch Gesetz die Aufsicht über das Seezeichenwesen übernommen und zwar bis 1893 durch das Reichsamt des Inneren. In Preußen übernahm diese Tätigkeit seit 1879 das Ministerium der öffentlichen Arbeiten, das auf dem „Seezeichen-versuchsfeld“ alle Gebiete des Leuchtfeuerwesens theoretisch behandeln und durch Versuche erproben ließ. Mit den Grundsätzen vom 31. 7. 1887 war auch eine einheitliche Bezeichnung der Fahrwasser und durch die Grundsätze vom 1. 3. 1904 eine Einheitlichkeit in der Behandlung der Leuchtfeuer herbeigeführt worden. Die Zeit, in der jeder Bundesstaat das Leuchtfeuer- und Betonungswesen nach eigenen Bestimmungen verwaltete, war endgültig vorbei. Von 1893 an übte die Marine zusammen mit dem Preußischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten die Aufsicht über das Seezeichenwesen aus, bis dann 1919 das Reichsverkehrsministerium und nach dem 2. Weltkrieg das Bundesverkehrsministerium die Zuständigkeit übernahm.

Zwischen 1898 und 1900 erarbeitete die im Jahre 1884 in Tönning gegründete Königlich

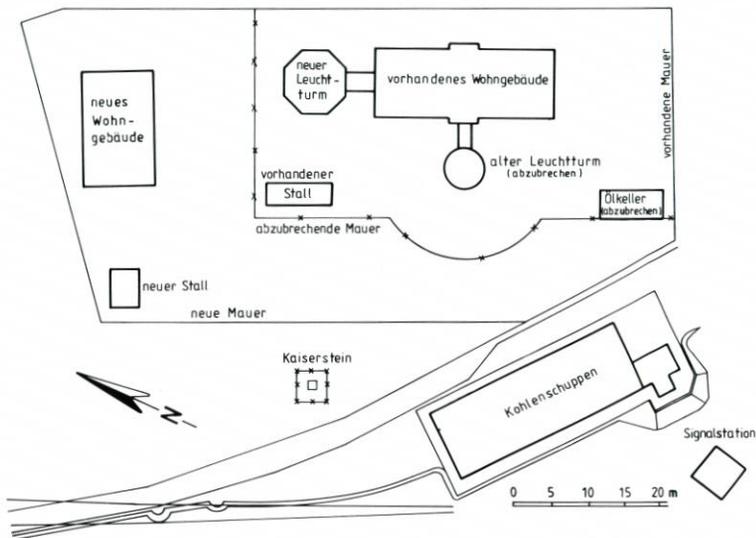


Abb. 10: Leuchtfeuergrundstück mit neuem und altem Turm (1901)

Preußische Wasserbauinspektion den Entwurf eines neuen elektrischen Schnellblinkfeuers für Helgoland. Dieses Feuer sollte das bestehende feste, den damaligen Anforderungen nicht mehr entsprechende Feuer auf dem Oberland, in der Nähe des Kanonenstandes 2, unmittelbar neben dem alten Turm ersetzen.

Für den 36,2 m hohen Turm aus hellgelben Ziegelsteinen mit braunen Bändern einschließlich Laterne und Verbindungsgang zum bestehenden Wärterwohngebäude, für den optischen Apparat mit Lampe, die Stromzuführung, die dynamoelektrischen Maschinen, Dampfmaschinen, Dampfkessel, für das Wärter-Dienstwohngebäude, ein neues Werkstattgebäude, Zisterne, Einfriedigungsmauer und Nebengebäude waren 254 000 Mark veranschlagt. Die Gesamtmaßnahme sollte 1902 fertiggestellt werden.

Mit der Ausführung der Erd- und Maurerarbeiten einschl. Lieferung eines Teiles der Materialien wurde im August 1901 der Bauunternehmer G. Hofmeyer aus Geestemünde beauftragt. Die Lieferung der Klinker für den Leuchtturm hatte die Bauverwaltung bereits im Juni 1901 an die Baumaterialienhandlung Adolf Möller in Altona (39 500 gelbe und 3500 braune Steine für insgesamt 6063 Mark), die Lieferung der Granitwerksteine für den Sockel des Turmes, für das Gesims und die Treppenstufen an die Fa. F. Kolbe, Itzehoe, für 13 700 Mark vergeben.

Mit der Lieferung und der betriebsfertigen Aufstellung der gußeisernen, zylindrischen Laterne mit kegelförmigem Dach wurde die Aktiengesellschaft „Isselburger Hütte“ am 18. November 1901 für 16 855 Mark beauftragt.

Auftragnehmer für den optischen Apparat – Parabolscheinwerfer mit Lichtbogenlampen – wurde die Elektrizitäts-Aktiengesellschaft Schuckert & Co., Nürnberg. Das Ministerium der öffentlichen Arbeiten führte für dieses Sondergebiet ebenso wie für den maschinenbaulichen Sektor die Verhandlungen mit den in Frage kommenden Firmen selbst, zumal in dieser Zeit und auf diesem Gebiet ungewöhnliche Preisinstabilität herrschte. Die lichttechnische Einrichtung bestand aus drei unter 120° versetzt angeordneten unteren Scheinwerfern (und einem oberen als Ersatz für die drei unteren Feuer), montiert auf einem Drehgestell mit elektromotorischem Antrieb, parabolisch geschliffenen und mit Silber belegten Glasspiegeln von 750 mm Durchmesser bei 250 mm Brennweite, horizontalen Nebenschlußlampen, den Zentriervorrichtungen für den Lichtbogen und den Lichtbogen-Beobachtungsapparaten. Das auf 23 Seemeilen Tragweite berechnete Feuer sollte in Abständen von 5 Sekunden einen weißen Blitz von 0,1 Sek. Dauer zeigen. Die Feuerebene war auf 82 m über dem mittleren Hochwasserspiegel festgelegt und so eingerichtet, daß „bei unsichtiger Luft die Stärke des Lichtes auf das Doppelte des gewöhnlichen Maßes gesteigert“ werden konnte. Mit seiner Lichtstärke von 42 000 000 HK\* besaß Helgoland das stärkste deutsche Leuchtfeuer.

Die Kohlen der Bogenlampen mußten etwa alle sechs Stunden erneuert werden. Um dafür das Feuer nicht zu unterbrechen, wurde der Reservescheinwerfer, der 1,2 m höher angeordnet war, mit dreifacher Umdrehungsgeschwindigkeit in Betrieb genommen. Die Charakteristik blieb bis auf die Blitzdauer ( $\frac{1}{30}$  Sek.) unverändert. Bei der Stromerzeugungsanlage, mit der ebenfalls die Firma Schuckert & Co. beauftragt war, handelte es sich um zwei dynamoelektrische Verbundmaschinen, die 216 Amp. Stromstärke bei 65–75 V Spannung leisteten, jede geeignet, den für den Leuchtfeuerbetrieb erforderlichen Strom zu liefern, auf gemeinsamer Welle mit je einer Dampfmaschine (stehende Compound-Receiver-Dampfmaschine mit Anschluß an einen Luftkondensator und 16 PS bei 30 % Füllung und 26 PS bei 50 % Füllung). In Verbindung mit einer Zusatzmaschine konnte die Spannung auf 110 Volt

---

\* Früher übliche Einheit für die Lichtstärke einer Amylacetat-Lampe mit 8 mm starkem Docht und 40 mm Flammenhöhe = 1 HK (Hefner-Kerze).

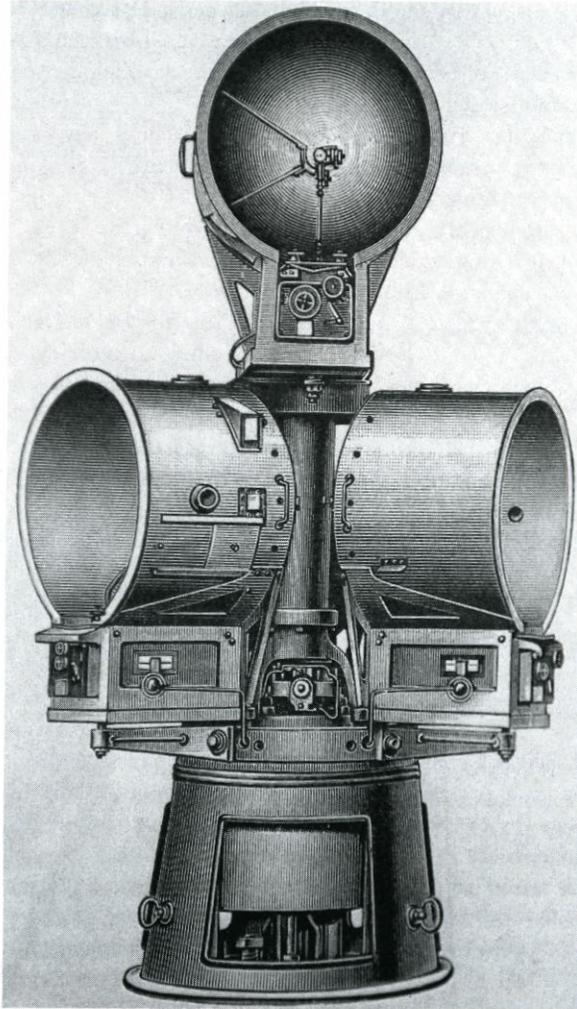


Abb. 11: Optik des elektrischen Drehfeuers

gesteigert und für die Innenbeleuchtung und den Scheinwerfer 150 Ampere abgegeben werden. Diese Anlage, die im schuhsicheren Maschinenraum der Marineverwaltung auf fertigen Fundamenten aufzustellen war und auch von der Marine betrieben wurde, kostete 46 275 Mark. Zur Bedienung des Leuchtfuers waren zwei Wärter eingesetzt, die unter Preußischer Verwaltung standen.

Bei den Wärtern waren elektrische Anlagen und ihr Umgang damit vollkommen unbekannt. Sie hatten aber die Montage der elektrischen Apparate mitgemacht und anschließend einen 6wöchigen Dienst unter Leitung des Firmenmonteurs versehen. Sie konnten danach selbständig arbeiten und „leisteten durchaus Zufriedenstellendes“.

Doch zunächst waren noch hektische Monate der Bautätigkeit zu überstehen. Bereits im März hatte der Minister der öffentlichen Arbeiten aus Berlin das Interesse seiner Majestät, des Kaisers und Königs, an der Baumaßnahme mitgeteilt und um Bestätigung gebeten, daß der neue Leuchtturm auf Helgoland Mitte Juni in Betrieb geht. „Voraussichtlich“, so heißt es im

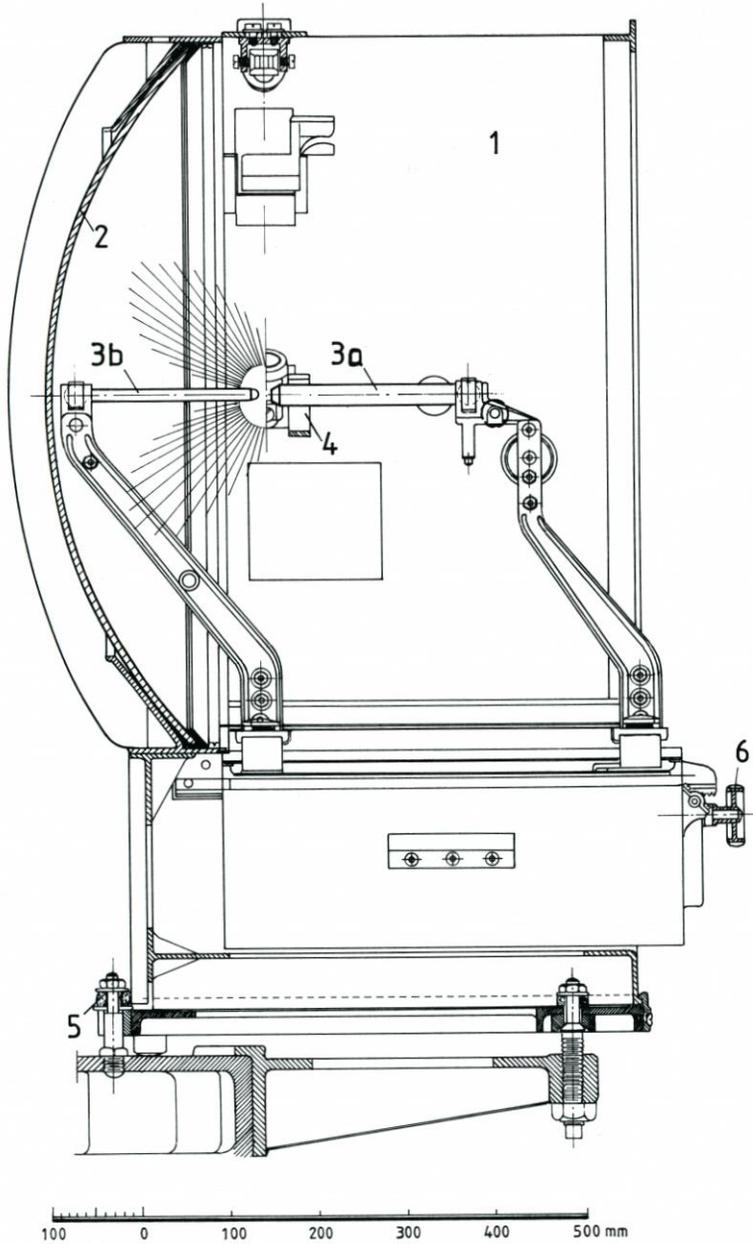


Abb. 12: Schnitt durch einen der unter  $120^\circ$  versetzt angeordneten Scheinwerfer des Schnellblinkfeuers, bestehend u. a. aus: einem Gehäuse (1), dem mit Silber belegten Parabolspiegel (2), der Lampe (3), der Zentriervorrichtung für den Lichtbogen (4), der Einstellvorrichtung für den Scheinwerfer (5). Mit einem Handrädchen (6) wird die Lampe in den Brennpunkt des Spiegels geschoben. Lichtbogen und Nachschub der Kohlen (3a positive Kohle,  $\varnothing$  23 mm, 3b negative Kohle,  $\varnothing$  16 mm) regulieren sich selbsttätig

Erlaß weiter, „dürfte den Absichten Seiner Majestät schon damit Genüge geschehen, wenn zur genannten Zeit neben dem alten das neue Feuer regelmäßig brennen würde“. Ein für den 13. 3. 1902 geplanter Besuch Seiner Majestät Kaiser Wilhelm II. konnte wegen schweren Seegangs nicht verwirklicht werden, so daß sich der Kaiser mit dem Bericht des stellvertretenden Kommandanten von Helgoland begnügen mußte, wonach die Inbetriebnahme des Feuers Mitte Juni als gesichert galt.

In der Folgezeit wurden seitens der Verantwortlichen alle am Leuchtturm beteiligten Unternehmer wiederholt „in geeigneter Weise“ von dem Wunsch Seiner Majestät in Kenntnis gesetzt und auf die Einhaltung der vertraglichen Verpflichtungen – den 10. Juni – hingewiesen.

Eine Kosten- und Ausgabenübersicht mit dem Stand vom 31. 3. 1902 vermittelt einen Überblick über den Baufortschritt zu dem Zeitpunkt:

	Entwurfs- summe Mark	Unter Berück- sichtigung von Einsparungen bzw. Über- schreitungen Mark	Ausgaben bis 31. 3. 1902 Mark
1. Leuchtturm und Laterne	92 000,—	78 000,—	54 052,10
2. Optische Apparate, Lampen, Stromzuführung, Dynamo, elektrische Maschinen, Dampfmaschinen, Kesselanlagen	82 000,—	95 000,—	750,—
3. Erweiterung des dem Reich gehörigen Kohlenschuppens	6 400,—	—	—
4. Wärterwohngebäude für 3 Familien	43 000,—	34 000,—	23 450,—
5. Für Nebenanlagen und Abbrucharbeiten	24 200,—	24 200,—	6 782,76
6. Für Insgemein	6 400,—	22 800,—	3 713,61
7. Einmaliger fester Zuschuß an das Reich	24 800,—	24 800,—	—
	278 800,—	278 800,—	88 748,47

Im Mai 1902 waren dann doch Turm, Laterne, Optik und die elektrischen Einrichtungen soweit fertiggestellt, daß das Feuer am 10. Juni erprobt und am 14. Juni in Dauerbetrieb genommen werden konnte.

Hoher Besuch hatte sich für den 11. Juni im Rahmen einer Westküstenbereisung des Regierungsbezirks Schleswig vom 7. bis 17. Juni 1902 auf Helgoland durch den Technischen Kommissar des Herrn Ministers der öffentlichen Arbeiten angekündigt. Daran nahmen u. a. auch der Geheime Oberbaurat Fülcher und der Regierungs- und Baurat Körte aus Berlin teil. Für den Abend dieses Tages stand die Erprobung des neuen Leuchtturmes auf dem Programm. Seit Anfang Juni lief die Stromerzeugungsanlage im Probebetrieb (sie wurde nach 4 Wochen am 3. Juli abgenommen und die Betriebssicherheit der Maschinenanlage seitens der Kaiserlichen Werft als Voraussetzung für die endgültige Übernahme des Betriebes durch die Kaiserliche Artillerie-Verwaltung ohne größere Beanstandungen bestätigt). Baurat Rhode aus Tönning und seitens der Firma Schuckert & Co. Oberingenieur Krell waren bereits einen Tag zuvor auf der Insel eingetroffen. Die Inbetriebnahme verlief ohne besondere Vorkommnisse. Am 11. 6. wurde vom Festland aus nach Helgoland telegraphiert: „Feuer von Büsumer Deich gut in Sicht“.



Abb. 13: Helgolands dritter Leuchtturm (1902–1945)

Am 16. Juli besichtigte Seine Königliche Hoheit Prinz Heinrich von Preußen das neue Leuchtfeuer. Sein besonderes Augenmerk soll aber mehr der Kontrolle der Wärter, von deren Zuverlässigkeit er nicht überzeugt zu sein schien, gegolten haben als dem Bauwerk selbst. Im übrigen aber wies eine Inschrift auf der Eingangstür zum Leuchtturm darauf hin, daß das Besteigen des Leuchtturms nur Personen mit schriftlicher Genehmigung der Kaiserlichen Kommandantur gestattet würde.

Vier Wochen nach Inbetriebnahme wurde mit dem Abbruch des alten englischen Turmes begonnen. Optik und Laterne waren für den bei Staberhuk auf der Insel Fehmarn geplanten Leuchtturm vorgesehen. Da es nicht gelang, vom Königlichen Bauhof Bredow-Stettin, der



Abb. 14: Leuchtturm und Marine – Signalstation (Foto Schensky)

Versuchsstation für Leuchtfeuer, Spezialisten für die Demontage von Laterne und Optik zu gewinnen, wurde die Fachfirma Wilhelm Weule, Goslar, mit der Demontage des Linsenapparates beauftragt. Die Maschinenfabrik Möhlen & Seebeck erhielt den Auftrag zum Abbau der Laterne. Am 19. September legte der Schiffer Paul Denker mit der „Heinrich Wilhelm“ von Helgoland nach Burgstaken auf Fehmarn ab. An Bord befanden sich die Laterne und optischen Teile des ehemaligen englischen Leuchtfeuers, sauberlich verpackt in Kisten und Säcken zur Wiederverwendung auf dem Leuchtturm Staberhuk.

Während der Bauzeit vom 4. Dezember 1901 bis 24. Juni 1902 brannte auf Helgoland noch ein weiteres Feuer. Weil der neue Leuchtturm und das bei seiner Herstellung benötigte Gerüst das bestehende Leuchtfeuer für Schiffe aus dem Norden teilweise oder vollkommen abdeckten, wurde anfangs vom Baugerüst aus, später dann aus dem Fenster des neuen Leuchtturmes ein Hilfsfeuer gezeigt.

Die Betonung der Gewässer um Helgoland und die auf der Düne stehenden drei Leuchtbaken wurden um die Jahrhundertwende von der Kaiserlichen Marine gegen eine jährliche Entschädigung von 5000 Mark unterhalten und betrieben. Dieser Betrag deckte die Gesamtkosten der Marine nicht. Weil die Marine aber mehr an Bezeichnung benötigte als für die Handelsschifffahrt notwendig war, mußten die zusätzlichen Aufwendungen von ihr selbst getragen werden. Der Leuchtturm, die Bullhornbake, die Raketensignalstation auf dem Oberland sowie die Bakenrichtungsstangen wurden von der Preußischen Wasserbauverwaltung unterhalten und betrieben.

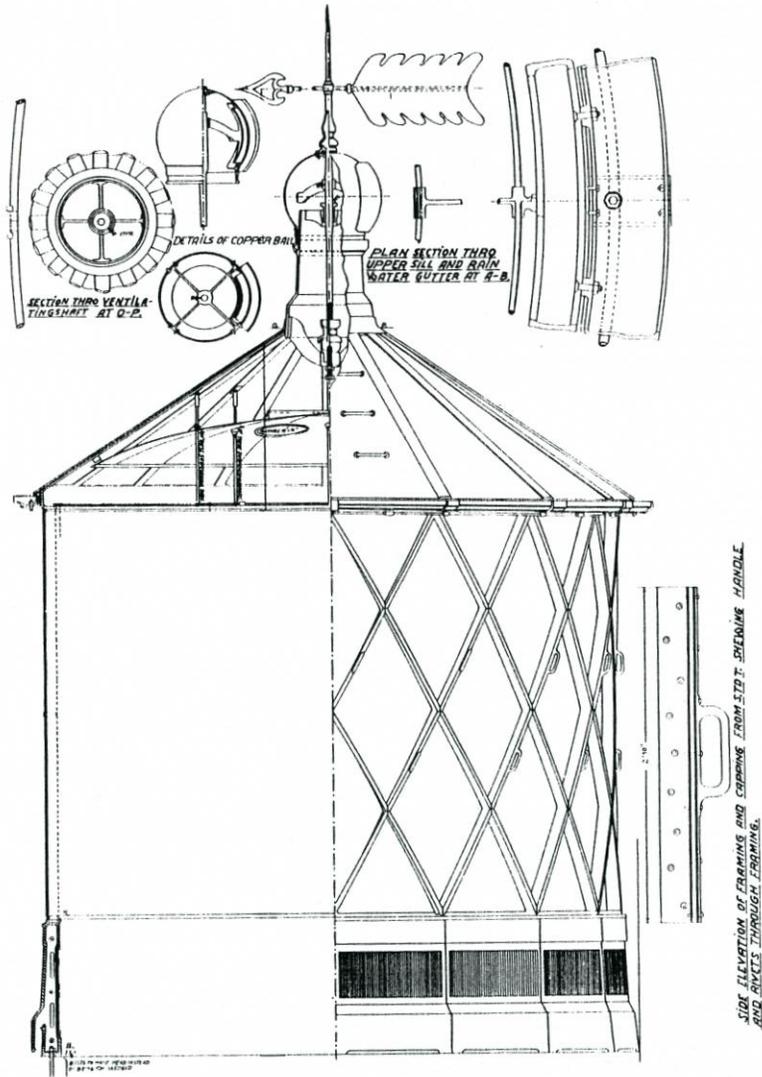


Abb. 15: Konstruktionszeichnung der alten Laterne (Heligoland Lighthouse Lantern), heute auf dem Leuchtturm Staberhuk/Fehmarn

Die Gesamtaufwendungen des Preußischen Staates für den Betrieb und die Unterhaltung der Schiffsfahrtszeichen auf Helgoland wurden 1901 für den Zustand nach Fertigstellung des neuen Schnellblinkfeuers mit 33 500 Mark veranschlagt:

Personalkosten

2 Feuerwärter	2 684,50 Mark
52 Tage Hilfspwärter für Vertretungen	182,— Mark
Betrieb der Raketensignalstation (Frauen der Wärter)	408,— Mark
	<hr/>
	3 274,50 Mark

Sächliche Ausgaben

Bogenlampenkohlen	1 470,— Mark
3000 Raketen	6 000,— Mark
Bauliche Unterhaltung	2 755,50 Mark
	<u>10 225,50 Mark</u>
Kostenerstattung an das Reich für die von der Kaiserlichen Marine betriebenen Kessel- und Maschinenanlagen (Personalsach- und Unterhaltungsanteile)	<u>15 000,— Mark</u>
Entschädigungen an das Reich für Betrieb und Unterhaltung der Leuchtbaken auf der Düne sowie die Unterhaltung der Betonung in den Gewässern bei Helgoland	5 000,— Mark
Insgesamt:	<u><u>33 500,— Mark</u></u>

Der 36,2 m hohe Turm aus hellgelben Ziegelsteinen, verziert mit hellrotem Granit, wurde 1912 schwarz, die Laterne gelb übermalt. Obgleich während des Ersten Weltkrieges kein Schuß auf Helgoland fiel, ordnete das Ministerium der öffentlichen Arbeiten kurz vor Kriegsschluß an, die wertvolle Laterne vor einer etwaigen feindlichen Beschießung der Insel zu sichern. Die Laterne wurde 1918 abgebaut, nach Tönning gebracht und erst 1920 wieder aufgebaut. Einen neuen Anstrich erhielt der Leuchtturm 1924/25: die obere Hälfte rot, die untere weiß, die Laterne grau. Dieser dritte Leuchtturm Helgolands fiel dem Bombenangriff vom 18. April 1945 zum Opfer.



Abb. 16: Die Laterne war von 1918 bis 1920 abgebaut

## 6. Die Nebelschallanlagen

In den Jahren 1905/1906 plante die Verwaltung eine Maschinenanlage für den Betrieb eines Nebelsignals. Die hohen Betriebskosten für die Signalaraketenstation (durchschnittlich wurden im Jahr 2500 Raketen verschossen), die Unzulänglichkeiten dieser Technik und die ständig größer werdenden Schiffsgeschwindigkeiten geboten, einen maschinellen Nebelsignalbetrieb einzurichten. In Frage kam nur eine Anlage, die sich damals noch im Versuchsstadium befand, „eine Sirene neuester Bauart mit Luftbetrieb“ und als „Kraftmaschine“ der Dieselmotor.

Die Hoffnungen, dieses Projekt in den Jahren 1907/08 umzusetzen, erfüllten sich jedoch nicht.

Erst 1912 konnte die Raketensignaleinrichtung auf Helgoland durch ein Nebelsignal (Kolbensirene, Bauart Pintsch) an der Nordspitze der Insel ersetzt werden. 1923 kam als Reserve eine gleiche Sirene hinzu. Die Preßluft wurde aus dem 1200 m entfernten liegenden Maschinenhaus des Leuchtfeuers zugeführt. Ursprünglich wurden die Kompressoren durch die Dieselmotoren der Stromerzeugungsanlage des Leuchtfeuers angetrieben. Nach Stilllegung der eigenen Stromerzeugung im Jahre 1929 erfolgte der Antrieb durch Elektromotoren, die ebenso wie der Leuchtturm von dem 1928 in Betrieb genommenen neuen Elektrizitätswerk (Reichskraftwerk) mit Strom versorgt wurden.

Technische Schwierigkeiten, insbesondere im Winter, und hohe Betriebskosten veranlaßten das Wasserbauamt Tönning im Jahre 1934 zum Ersatz des Preßluftsignals durch Membransender. Die neue Luftschall-Sendergruppe bestand aus vier Elementen mit einer Tonhöhe von 200 Hertz. Sie war mit einer elektromechanischen Leistung von 12 800 W der damals stärkste Luftschall-Membransender der Welt. Das Nebelsignal „Nord“ mit der Kennung des Morsebuchstabens N (— —) warnte die Schifffahrt vor den sich nach Norden auf rd. 3 sm erstreckenden Klippenfeldern.

Anfang der 30er Jahre wurde aus Schifffahrtskreisen der Wunsch nach einer Nebelsignalanlage auch für die Südeinfahrt zur Helgolandreede immer lauter. Wegen der günstigen Fahrwassertiefen wurde die Südeinfahrt trotz der stellenweise nur 130 m vorhandenen Breite und der auf 1,5 sm vorgelagerten Klippenfelder bevorzugt, um schneller in den Schutz der Reede zu gelangen. Und das, obwohl die Südeinfahrt hart an den Trümmern des zerstörten Marinehafens vorbeiführte. Hinzu kam der ständig wachsende Schiffsverkehr von Hochseefischereifahrzeugen, besonders nachdem die Reichsbauverwaltung den ehemaligen Scheibenhafen wieder ausgebaut hatte. Deshalb wurde zusammen mit der neuen Nebelsignalanlage im Norden ein gleichartiges elektrisch betriebenes Luftnebelsignal Süd auf dem stehengebliebenen Ostmolenkopf des ehemaligen Marinehafens errichtet. Dieses Signal lag von der die Einfahrt bezeichnenden Leuchttonne „Helgoland“ rd. 1 sm entfernt. Das Signal – Kennung Morsebuchstabe „S“ (- - -) – erhielt einen Vierfachgruppensender mit der Tonhöhe von 500 Hertz und einer mechanischen Leistung von 2400 W.

Wie das neue, wenn auch zunächst provisorisch eingerichtete Hauptfeuer, konnten auch die Nebelsignale Helgoland Nord und Helgoland Süd noch im Jahre 1952, dem Jahr der Übernahme der Insel von der Besatzungsmacht, zur Sicherung der Schifffahrt wieder in Betrieb genommen werden.

LNS-Anlagen wurden dort errichtet, wo Schifffahrt vor Hindernissen oder Untiefen gewarnt werden sollen. Diese Bedeutung als „Bleib-weg“-Signal haben LNS-Anlagen in dem Maße verloren wie die technische Ausrüstung der Schiffe, insbesondere mit Radar, ständig verbessert wurde.

Hinzu kommt, daß für die Bestimmung des Schiffsortes Schallzeichen nur bedingten Wert haben, weil Abstand und Peilung der Schallquelle nicht zuverlässig ausgemacht werden

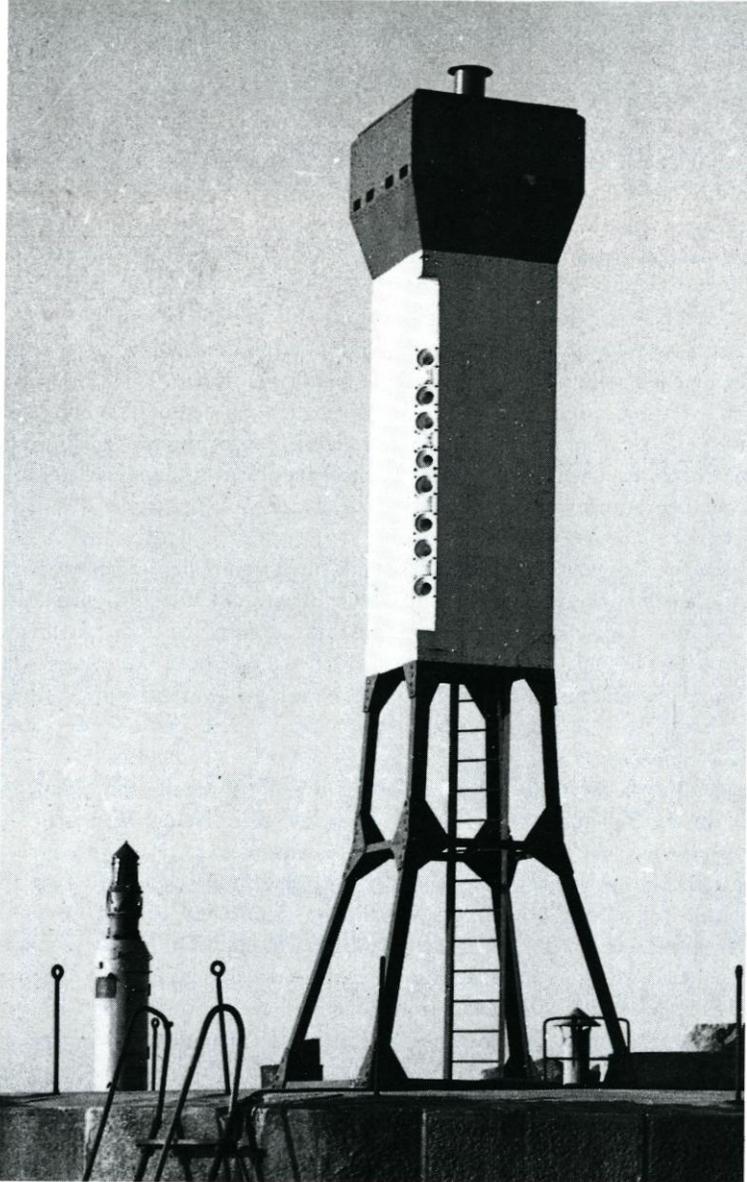


Abb. 17: Nebelschallsender Süd auf dem Ostmolenkopf des Vorhafens (1983 abgebaut)

können (Luft-Echo). Die Nebelschallanlage Nord ist vor einigen Jahren außer Betrieb genommen worden. Im Süden wurde die Anlage wegen der vielen Klein- und Sportbootfahrzeuge, die den Schutz- und Sicherheitshafen anlaufen, inzwischen durch eine neue Schallanlage ersetzt. Gleichzeitig wurde 1985 auf der Mole des Vorhafens ein Nebelfeuer installiert. Es zeigt bei unsichtigem Wetter ein monochromatisches Festfeuer, wird über ein Sichtweitenmeßgerät geschaltet und wie alle Feuer der Insel von der Hauptschaltstelle Tönning aus überwacht. Diese Einfahrtshilfe wird ergänzt durch eine Molenanstrahlung.

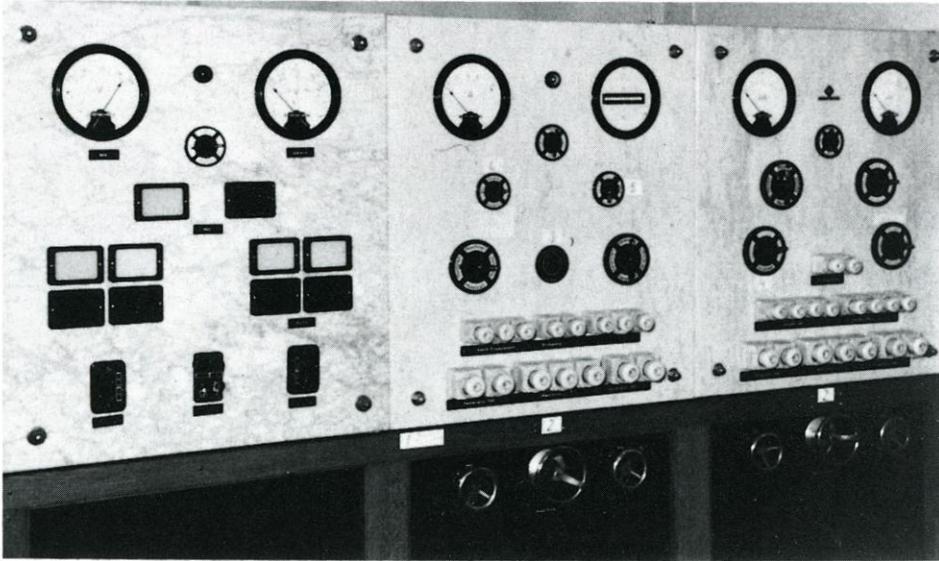


Abb. 18: Schalttafel für die Nebelschallsender Nord und Süd (bis 1980)

## 7. Die Dünenbaken und Dünenfeuer

Von den „kleineren“ Feuern auf Helgoland, dem Richtfeuer des Binnenhafens und der Düne, dem Kabelfeldfeuer, den verschiedenen Molenfeuern sowie dem früheren Wellenbrecher- und dem Bullhornfeuer haben die Schiffsfahrtszeichen auf der Düne hervorragende Bedeutung. Nord- und Südzufahrt können wegen ihrer Richtung nur von hier aus bezeichnet werden. Kein Wunder, daß vor 500 Jahren auch die ersten Seezeichen Helgolands auf der heutigen Düne aufgestellt wurden, mehr als 100 Jahre vor dem Bau der Kohlenblüse. Aus anfänglich einfachen Masten (1532) wurden später (1663) dann hölzerne Balkengerüste, die die Schifffahrt an den gefährlichen Klippen vorbei in den Schutzbereich der Insel führten.

Mitte des 19. Jahrhunderts bestand die Bezeichnung der zur Helgoländer Reede führenden Fahrwasser, die Nord- und die Südeinfahrt, aus zwei Richtlinien, die durch drei Baken gebildet wurden, die Ostbake als gemeinsame Oberbake, die Nordbake als Unterbake für die Nordeinfahrt und die Westbake als Unterbake für die Südeinfahrt. In einer Bekanntmachung für Seefahrer aus dem Jahre 1846 teilt Trinity House, London, mit, daß sie auf „Sandy Island“ drei neue, schwarz angestrichene und mit Dreieck-Toppzeichen versehene Baken aufgestellt habe, weil die alten verfallen waren.

Die Reichsmarine ersetzte 1898 die hölzernen Unterbauten durch eiserne Gittermasten und gründete die Ost- und Nordbake auf eiserne Schraubenpfähle. Außerdem erhielten die Baken ölgespeiste Seelaternen, so daß ein Einsteuern auf die Reeden auch bei Dunkelheit möglich wurde. Die Westbake wurde im Jahre 1908 in die damalige Niedrigwasserlinie vorgeschoben und, weil sie nun stärkerem Seeangriff ausgesetzt war, auf eisenummantelten Betonpfählen, die bis auf den Muschelkalk hinabreichten, errichtet. Diese drei im Jahre 1919 von der Reichswasserstraßenverwaltung übernommenen, unbewachten und gasbetriebenen Leuchtbaken bezeichneten außerdem mit ihren Sektoren das Kabelfeld zwischen Düne und Hauptinsel, die Loreleybank und die Reede östlich der Düne.

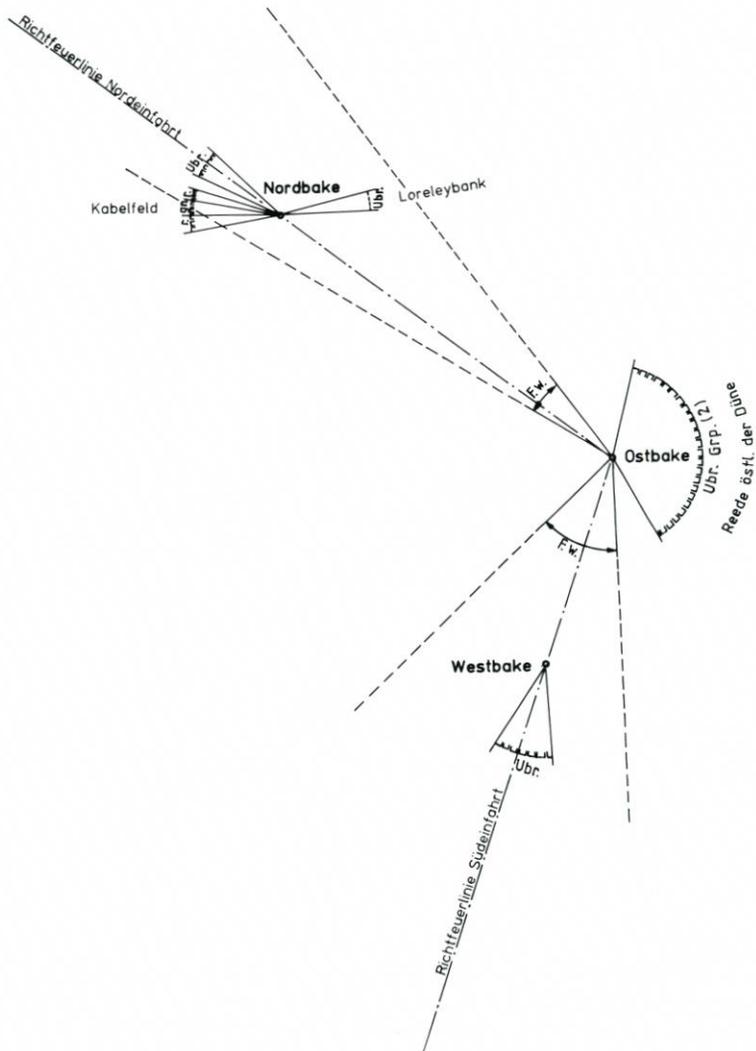


Abb. 19: Feuersystem Düne bis zum Jahre 1931/32

Anfang der 30er Jahre war der bauliche Zustand der Baken so schlecht geworden, daß sie erneuert werden mußten. Auch waren sie, insbesondere die Nordbake, durch den fortschreitenden Dünenabbruch bedroht. Ursprünglich in der „Hohen Düne“ gelegen, waren die Gründungspfähle schon 1922 durch eingerammte Eisenbahnschienen verlängert und nach der Sturmflut im Oktober 1926 durch noch längere Schienen abermals unterfangen worden.

Die Finanzlage des Reiches erlaubte zunächst jedoch nur behelfsmäßige Maßnahmen. So wurden im Winter 1931/32 die Ostbake durch ein billiges Holzgerüst ersetzt und die stark gefährdete Nordbake abgebrochen. Das Richtfeuer der Nordeinfahrt, bis dahin durch Ost- und Nordbake gebildet, wurde durch ein Leitfeuer auf der Ostbake ersetzt. Für den Kabelfeldsektor auf der Nordbake errichtete man ein neues, kleines Feuer auf der Nord-Ost-Seite der Hauptinsel.

Auf den Sektor für die Loreleybank, den die Marine vor dem 1. Weltkrieg auf der



Abb. 20: Alte Ostbake mit ihrem Ersatzbauwerk (1936)

Nordbake eingerichtet hatte, um tiefgehende Kriegsschiffe, die östlich der Düne ankerten oder manövierten, vor der Untiefe zu warnen, konnte verzichtet werden, weil sie in den letzten Jahren vor dem Krieg auf 10 m Tiefe für die Gewinnung von Sand abgebaggert worden war.

1936 endet das Provisorium Ostbake. Die Isseburger Hütte wurde beauftragt, auf der Düne einen zylindrischen, rot-weiß-rot waagrecht gestreiften Turm aus gußeisernen Platten, 4,3 m im Durchmesser und 15,6 m hoch über Gelände zu bauen. Die Westbake wurde im Jahre 1941 als Unterfeuer in eiserner Fachwerkkonstruktion erneuert und 1975 durch einen rot-weißen Rohrmast als Träger für eine Doppellaterne ersetzt.

Die im 2. Weltkrieg und in der Zeit danach an beiden Türmen entstandenen Schäden (am Oberfeuer mußten 18 Ringplatten ausgewechselt und rd. 200 Durchschußlöcher verschweißt werden) erwiesen sich aber als nicht so groß, daß die Feuer auf der Düne nicht schon 1952, dem Jahr der Freigabe Helgolands, saniert und, anfangs gasbetrieben, der Schifffahrt wieder zur Verfügung gestellt werden konnten. Sie wurden 1966/68 elektrifiziert und Ende der 70er Jahre im Rahmen aller bundeseigenen Schifffahrtszeichen an der Küste automatisiert. Abgesetzt von den Feuern entstand auf der Düne für Ober-, Unter- und Molenfeuer eine gemeinsame Schaltstation mit Fernüberwachung vom Hauptfeuer aus und einer eigenen Netzersatzanlage.



Abb. 21: Beseitigung der Kriegsschäden am Stahlurm (1952)

## Leuchteuertechnische Angaben (Stand 1989):

	Düne Ober- und Leitfeuer	Düne Unterfeuer
Feuerträger	: rot-weißer Turm	rot-weißer Rohrmast
Baujahr	: 1936	1975
Bauwerkshöhe über MThw	: 20,11 m	14,26 m
Kennung	: Glt. - 4 s	Glt. - 4 s, gleichgänglich mit dem Oberfeuer
Feuerhöhe über MThw	: 17,31 m	11,45 m
Lichtquelle	: 24 V 250 W	12 V 55 W
Leuchte	: Gürtellinse	Signalleuchte
Baujahr	: 1936	1988
Lichtstärke	: 14 600 cd	8 300 cd
Tragweite	: 11 sm	11 sm

Im 16. Jahrhundert haben die Helgoländer auf der Düne die ersten Schiffsfahrtszeichen errichtet. Sie wurden im Laufe von vier Jahrhunderten den gestiegenen Ansprüchen, der neuesten Technik und dem entsprechenden Vorschriftenstand ständig angepaßt. Für die Helgoland anlaufende Schiffsfahrt haben sie bis heute nicht an Bedeutung verloren.

### 8. Betonnung, Tonnen- und Bauhöfe

Vermutlich sind in den Gewässern um Helgoland schon Mitte des 17. Jahrhunderts Seetonnen unterhalten worden. Nachgewiesen ist allerdings erst die im Jahr 1762 von Hamburg ausgelegte und bis zur Übernahme Helgolands von den Engländern (1807) auch von Hamburg verwaltete Tonne auf dem berüchtigten „Steen“. Wahrscheinlich ist diese Position in der Zeit, als die Insel zu England gehörte, aber wieder eingegangen.

Ende des 19. Jahrhunderts sind, abgesehen von kleineren Bojen im unmittelbaren Inselbereich, zwei Positionen im Bereich der gefährlichen Klippen in der Nordzufahrt mit der – damals unbeleuchteten – Sellebrunntonne (schwarz) und der ebenfalls unbeleuchteten Nathurntonne (schwarz-weiß horizontal gestreift) bezeichnet gewesen.

Von einer Betonnung der Gewässer um Helgoland kann erst Anfang des 20. Jahrhunderts die Rede sein, als die Insel ihren Hafen bekommen hatte und damit die Zahl der die Insel anlaufenden Schiffe erheblich zunahm.

Die Betonnung Helgolands ist deshalb auch wenig geeignet, um die interessante, technische Entwicklung von schwimmenden Schiffsfahrtszeichen aufzuzeigen, wie sie sich für die Flußreviere Ems, Weser, Elbe und Eider seit dem 16. Jahrhundert vollzogen hatte; eine vielgestaltige Entwicklung von einfachen spitzkegelförmigen, hölzernen Hohlgefäßen bis hin zu den heute eingesetzten stählernen Einheitsleuchttonnen.

Als am 7. 11. 1919 das Seezeichenwesen Helgolands – soweit es vom Marine-Lotsen Kommando Wilhelmshaven wahrgenommen worden war – an das Wasserbauamt Tönning übergeben wurde, betraf das die drei Leuchtbaken auf der Düne und die gesamte Betonnung der Helgoländer Gewässer. In diesem Übergangsjahr waren 23 Positionen um Helgoland herum bezeichnet, mit:

- 1 Leuchtheultonne („Sellebrunn“)
- 4 Doppelkonus-Leuchttonnen („Helgoland B“, „Nathurn“, „Düne 02“, „Steingrund S“)

- 1 Glockentonne („Hogstean“)
- 3 Bakentonnen („Düne 01“, „Hogstean“, „Loreleybank S“)
- 11 kleineren Spitz- und Spierentonnen und 3 Ankerbojen.

1930 waren an großen Leuchttonnen die Positionen „D“ und „H.K.“ (die Leuchttonne „H.K.“ bezeichnete Hummerkästen und unterstand nicht der Verwaltung) und weitere 10 Jahre später die Positionen „Düne S“, „Loreleybank“ und die „HSG“ (Hummerschutzgebiet) hinzugekommen.

Zahlenmäßig hat sich an der Betonnung bis heute nicht viel geändert. Um Helgoland liegen heute sieben große Leuchttonnen und 26 unbefeuerte Tonnen zur Bezeichnung des Fahrwassers und Kennzeichnung der Untiefen und Hindernisse.

Bis zum Ende des Ersten Weltkrieges hat die Kaiserliche Marine die schwimmenden Seezeichen um Helgoland herum betreut. Danach nahm das Preußische Wasserbauamt Tönning diese Aufgaben wahr, anfangs von Tönning aus, aber schon wenig später auf dem Gelände und in den Werkstätten seines Bauhofes auf Helgoland. Diese Aufgabenverlagerung nach Helgoland war notwendig geworden, weil der Tonnenhof Tönning den Aufgabenzuwachs aus der Helgoländer Betonnung nicht mehr verkraften konnte. Das Preußische Wasserbauamt diskutierte Anfang der 30er Jahre, als sein Vorhaben, die angekaufte Werft in Tönning zu einem modernen Tonnenhof auszubauen, gescheitert war (1929), die gesamte Großbetonnung – bis auf die Eiderbetonnung – nach Helgoland zu verlagern. Das in Tönning bestehende Tonnenhofgelände war damals nicht genügend erweiterungsfähig, und die Anlagen waren dringend modernisierungsbedürftig. Auf Helgoland, wo die Tonnen derzeit zwar auch behelfsmäßig bearbeitet und untergebracht waren, ergaben sich nach Ausbau des Scheibenhafens und nach Beendigung der Neubauarbeiten des preußischen Uferschutzbüros durch Übernahme einzelner Gebäude und Lagerplätze gute Möglichkeiten, einen Tonnenhof mit besseren Hafen-, Kran- und Geländeverhältnissen einzurichten, als sie damals in Tönning kostengünstig herzustellen gewesen wären. Außerdem standen der Reichs-Seezeichenverwaltung das alte Tages-Elektrizitätswerk und das unterirdische, bombensichere ehemalige Elektrizitätswerk (Zentrale) zur Verfügung.

Doch 1932/33 ließ sich die Herrichtung eines Tonnenhofes auf Helgoland aus Kostengründen nicht verwirklichen. Es blieb bei einer bescheidenen Teilmaßnahme für die Unterbringung der Helgoländer Leuchttonnen, einer Lampenwerkstatt und eines Entrostungsraumes im ehemaligen Marine-Tageselektrizitätswerkes (Tonnenschuppen I) und der Helgoländer Fahrwassertonnen im unterirdischen Elektrizitätswerk (Tonnenschuppen II).

Auf dem Bauhof des Reichsneubauamtes im Südhafengelände wurden die Ausrüstungsanlagen für den Binnenhafen und ab 1933 auch für den Südhafen instandgesetzt und unterhalten.

Die Anlagen des Tonnen- und Bauhofes auf Helgoland wurden Ende des Zweiten Weltkrieges restlos zerstört. Sie hatten den Reichs-, aber auch den Landes-, Neubau- und Unterhaltungsaufgaben gedient: als Bauhof für Maßnahmen zur Sicherung des Inselsockels, der Düne (überwiegend im Auftrage für das Land Preußen und für die Gemeinde Helgoland) sowie zur Unterhaltung der ortsfesten Seezeichen, als Tonnenhof für die Konservierung und Reparatur der schwimmenden Seezeichen. Die Vereinigung aller Seezeichen- und Bauarbeiten in einer Hand hatte sich, nicht zuletzt wegen der guten Auslastung des Personals, der Maschinen und Geräte, hervorragend bewährt.

Nach dem Wiederaufbau übernahm die Helgoländer Außendienststelle des Wasser- und Schiffsamtes Tönning neben den Schiffszeichen-Aufgaben und dem Schutz des Inselsockels auch die Verwaltung der Häfen und Molen der ehemaligen Kriegsmarine (Südhafen und Binnenhafen) als Aufgabe des Bundesministeriums für Verkehr.

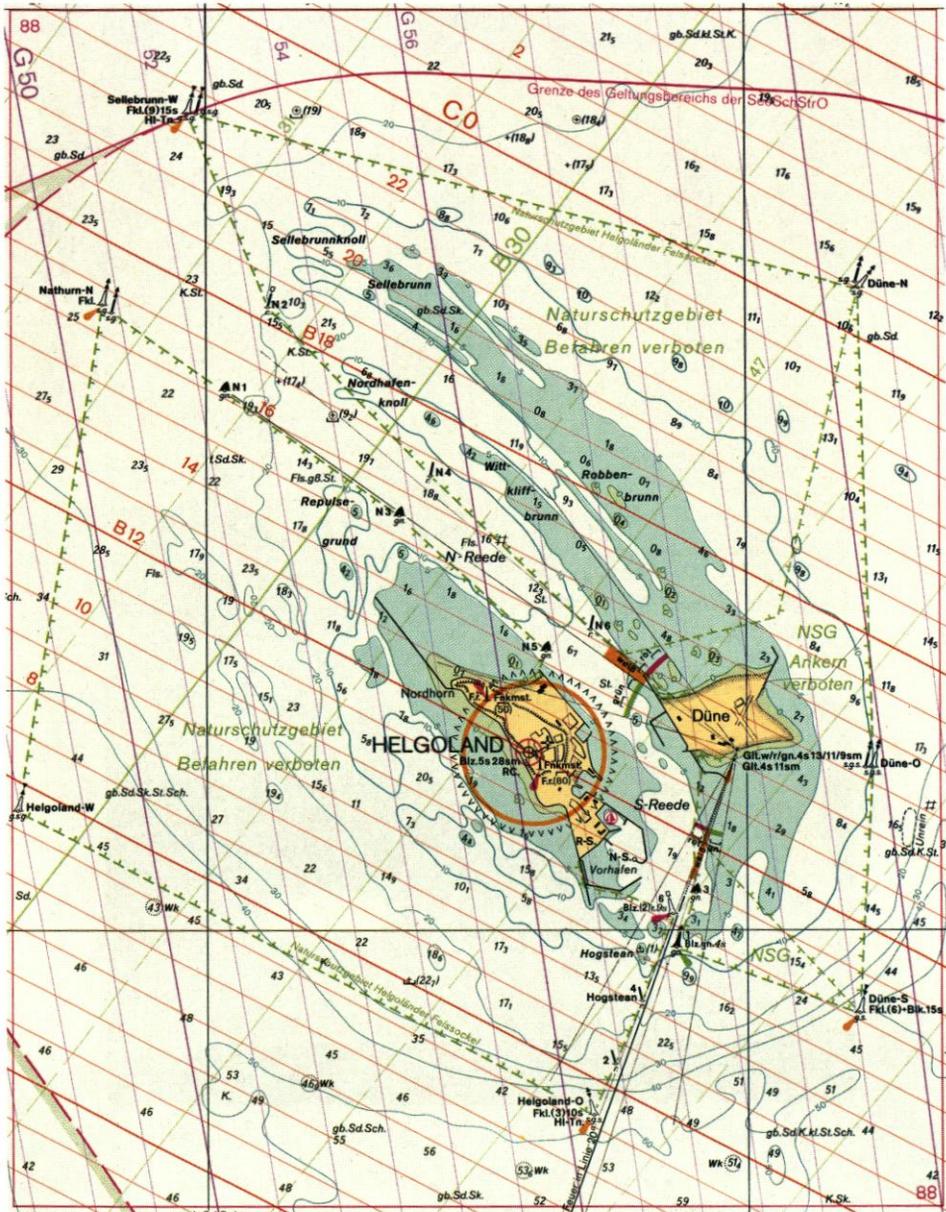


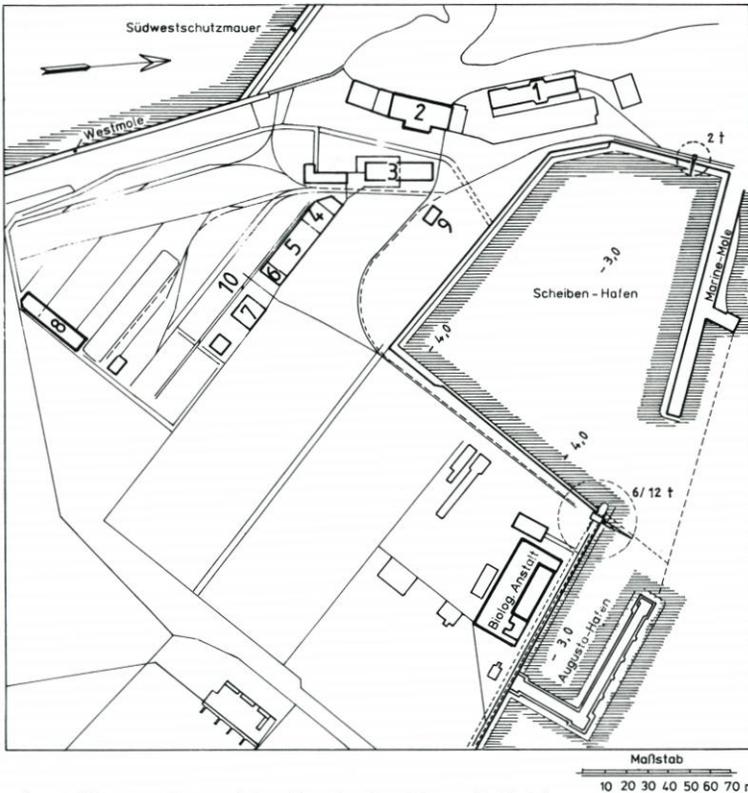
Abb. 22: Ausschnitt aus der Seekarte Nr. 3. Herausgegeben vom Deutschen Hydrographischen Institut, Hamburg, 1987



Abb. 23: Tonnenarbeiten vor Helgoland. Vom Seezeichenschiff „Kapitän Meyer“ wird eine neue „Sellebrunn“ ausgelegt

Helgoland blieb außerdem unverzichtbar für die vorübergehende Winterlagerung von Leuchttönen und als Zufluchtsort für den Tonnenleger selbst, wenn bei Eisgang die Küstenhäfen Tönning und Büsum nicht mehr angelaufen werden konnten. Es war deshalb keine Frage, daß Helgoland auch nach 1952 für die speziellen und vielseitigen Unterhaltungsaufgaben der Wasser- und Schiffsverwaltung des Bundes auf der Insel und wegen der besonderen Verkehrsverhältnisse wieder einen gut ausgerüsteten Tonnen- und Bauhof mit großem Freigelände und geeigneten Werkstätten benötigte.

Als Standort wurde die Südostecke des Südhafens gewählt. Von hier aus hat man einen guten Überblick über den Schutz- und Sicherheitshafen, kann gut die Hafeneinfahrt einsehen,



- 1 Fahrwassertonnen (ehemaliges bombensicheres E.-Werk)
- 2 Leuchttonnen (ehemaliges Tageselekttrizitätswerk)
- 3 Büro
- 4 Instandsetzungswerkstatt, Prüfraum und Lager für Laternen
- 5 Lager
- 6 Schlosserei
- 7 Sägerei
- 8 Lagerschuppen
- 9 Sägerei
- 10 Tonnenfreilager, Ankersteine, Ballastgewichte, Arbeitsplatz

Abb. 24: Tonnenschuppen, Werkstätten und Tonnenlager (1933)

liegt günstig zur Westkaje im Südhafen und zur Südkaje im Vorhafen sowie zum West- und Süddamm.

Der U-förmige Grundriß des Tonnenhofes ist zum Südhafen hin offen, das Dienstwohngebäude steht auf der Vorhafenseite. Daran schließen sich Tonnenhalle und Magazin und rechtwinklig dann die Werkstätten und Lagerräume an. Das Sozialgebäude mit Wohnung für den Platzmeister schließt den Komplex zur Ortschaft hin ab.

Der Außenbezirk Helgoland ist mit den notwendigen Maschinen ausgerüstet, hat als Tonnenhofskran einen leistungsstarken Mobilkran, für Landtransporte einen Unimog und als Seezeichenfahrzeug eine Barkasse.

Dem Leiter des Außenbezirkes stehen eine Verwaltungsangestellte und für den Hafenmeisterdienst drei Bedienstete zur Seite. Die Unterhaltungsarbeiten im Strecken- und Werkstattbereich versehen heute 14 Bedienstete.

### 9. Das Feuerschiff „Helgoland“

In den Jahren von 1913 bis mindestens 1918 hat nördlich vom Steingrund auf der Position  $54^{\circ} 15' N$ ;  $8^{\circ} 4' O$ , etwa 7,2 sm rw.  $58,5^{\circ}$  vom Leuchtturm Helgoland, auf 16 m Wassertiefe ein rotes, dreimastiges Feuerschiff, mit zwei schwarzen Bällen senkrecht übereinander im Großtopp gelegen.

In der Seekarte des Reichs-Marine-Amtes, Berlin, Nr. 88, Ausgabe 1913 ist eingetragen:

Fsch. Helgoland (versw.)

2 F. U – Wss-Gl. N-S

Das FS zeigte zwei feste Feuer und gab bei Nebel und unsichtigem Wetter Signale mit preßluftangetriebenem Horn und Unterwasserglocke.

Dieses Feuerschiff unterstand der Reichsmarine und war versuchsweise ausgelegt.

Es handelte sich um das FS MINSENER SAND (252 BRT, 35,50 m lang und 6,90 m breit, ohne Antrieb, mit 14 Mann besetzt), das von der G. H. Thyen Werft in Brake/Unterweser gebaut und am 21. 03. 1914 abgeliefert worden war. Offenbar hat kurzfristig 1913/14 noch ein anderes Schiff ausgelegen.



Abb. 25: Feuerschiff „Helgoland“ (1913–1918)

1918/19 war das Versuchs-Feuerschiff „Helgoland“ zwischen Libau und Reval eingesetzt und hat nach dem 1. Weltkrieg wieder auf seiner ursprünglichen Position gelegen. Es wurde 1940 eingezogen, diente im 2. Weltkrieg als Hafenschutzboot und wurde später durch Fliegerbomben versenkt.

## 10. Der Wiederaufbau nach 1945

Kurz vor Beendigung des 2. Weltkrieges, am 18. und 19. April 1945, wurde der schwerste Luftangriff auf Helgoland geflogen. Dieser Doppelschlag auf die Insel vernichtete im Unterland nahezu alles, was vom Bombenangriff im Oktober 1944 noch stehengeblieben war. Auf dem Oberland waren mehr als  $\frac{2}{3}$  der Bebauung zerstört, auch alle Seezeichenanlagen und die Bauhöfe. Lediglich der Turm auf der Düne hatte, wenn auch mit Beschädigung, den Krieg und die Jahre danach überstanden. Doch der Kampf der Helgoländer gegen die weitere Zerstörung ihrer Insel dauerte noch sieben lange Jahre. Erst mit der Freigabe am 1. März 1952 konnte der Wiederaufbau beginnen. Helgolands Wert für Schifffahrt und Fischerei stand trotz Vervollkommnung der Küstenbefahrung sowie der Entwicklung der nautischen Hilfsmittel



Abb. 26: Provisorisches Leuchtfeuer auf dem ehemaligen Flakleitstand (1952)

außer Zweifel. Hinzu kam, daß Helgoland sich auch als Standort für Funkortungsanlagen bestens eignete.

Unter der Überschrift „Bundesaufgaben auf Helgoland – Wiederaufbaumaßnahmen im Interesse der Handelsschifffahrt und der Hochseefischerei“ richtete die Wasser- und Schifffahrtsdirektion Kiel im Auftrage des Bundesministers für Verkehr beim Wasser- und Schifffahrtsamt Tönning eine besondere Bauabteilung Helgoland für den Wiederaufbau der Seezeichen sowie der Hafен- und Schutzanlagen ein.

Kaum waren die feierlichen Reden des 1. März 1952 verklungen, die Freigabe-Festgäste hatten die Insel gerade wieder verlassen, da legte der Tonnenleger „Kapitän Meyer“ des Wasser- und Schifffahrtsamtes Tönning die wichtigsten Tonnen zur Bezeichnung der Hafeneinfahrt wieder aus. Mitte April lagen bereits wieder die meisten „Wegweiser“: 4 Leuchtonnen, 4 große Bakentonnen und 20 unbefeuerte Fahrwassertonnen.

Der Flakleitstand, ein Stahlbetonturm mit Klinkerverblendung, 1938 errichtet, der den Krieg als einziges höheres Gebäude überstanden hatte, erwies sich als geeigneter Träger für ein provisorisches Seefeuer. Zusammen mit dem Seezeichenversuchsfeld, damals noch in Brunsbüttel, waren bereits ein Jahr vorher eine hölzerne Laterne und eine Drehoptik so weit



Abb. 27: Am 17. Mai 1952 wurde das Leuchtfeuer wieder in Betrieb genommen. V. li. Bundesverkehrsminister Dr.-Ing. Seeböhm, Vorstand des WSA Tönning Oberregierungsbaurat Dr.-Ing. Bahr, Leiter der Hafенbauabteilung des WSA Tönning auf Helgoland Regierungsbaurat van der Smissen

vorbereitet worden, daß der Bundesminister für Verkehr, Dr.-Ing. Seebohm, das Hauptfeuer Helgoland schon am 17. Mai wieder zünden konnte. Aus 77 m Höhe über dem Meer, nicht ganz so hoch wie früher und mit geringerer Betriebslichtstärke und Tragweite, wurde 10 Wochen nach der Freigabe wieder die charakteristische „5-Sekunden-Blitzkennung“ vom Helgoländer Felsen aus gezeigt.

Ein Diesellaggregat mit Batterie gab die elektrische Energie. Alarm- und Sicherheitsvorrichtungen gewährleisteten auch in der Übergangszeit, daß die Anlage so sicher arbeitete wie das alte Feuer, so daß man sich vor der endgültigen Wiederherstellung dieses Seefeuers zunächst dem Wiederaufbau der zerstörten Hafenanlagen zuwenden konnte.

Seine frühere Höhe von 81,5 m über dem Wasserspiegel und die alte Lichtstärke erhielt das Hauptfeuer dann in den Jahren 1964/65. Die damals bereits getroffenen Überlegungen, das neue Feuer auch in eine Radarsicherung für Elbe und Weser einbeziehen zu können, wurde bei der Konstruktion der Laterne berücksichtigt, indem sie für die Aufnahme einer Radarantenne ausgelegt wurde. Diese Idee ist aber erst 20 Jahre später im Zusammenhang mit dem Verkehrssicherungssystem Deutsche Bucht verwirklicht worden.

Als erstes mußten der Turm um rd. 5 m erhöht und die Kriegsschäden an der Verblendung beseitigt werden.

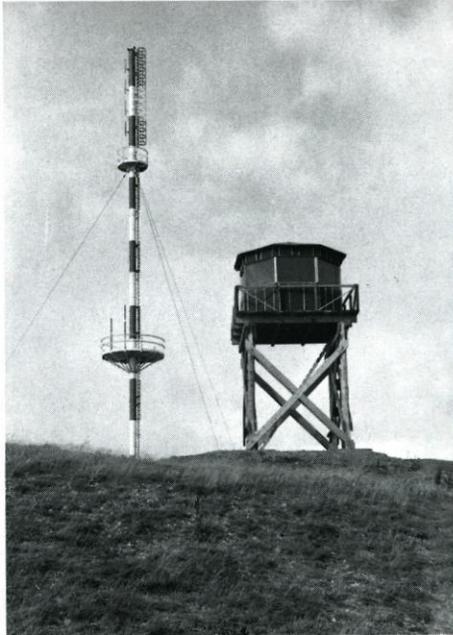


Abb. 28: Ersatzfeuer für die Zeit der Instandsetzungsarbeiten am Leuchtturm

Für die Dauer der Bauzeit wurde etwa 600 m nördlich des Turmes das Feuer vorübergehend auf einem Gerüst installiert. Es zeigte eine rote Blitzkennung. Im neuen Turmkopf, ausgeführt in Stahlbetonbauweise, wurde der rundum verglaste Beobachtungsturm eingerichtet, von dem eine Treppe in ein rundes Zwischengeschoß mit außen herumgeführter Galerie zur Beobachtung der Nachbarfeuer und des freien Seeraumes führt. Vom Zwischengeschoß aus gelangt man in den darüberliegenden Laternenraum.

Mit der Verblendung des ganzen Turmschaftes aus besonders auf Wasserdichtigkeit

geprüften Vormauersteinen und der Vergrößerung der schießchartenartig ausgebildeten Fenster im Turm waren die baulichen Maßnahmen bis auf die leuchtfeuertechnische Einrichtung abgeschlossen.

An die leuchtfeuertechnische Ausrüstung stellte die Wasser- und Schiffsverkehrsverwaltung als Auftraggeber drei Forderungen:

- Die Lichtstärke des Strahlenbündels sollte 25 bis 30 Mill. Candela betragen,
- der Lichtblitz 0,1 s andauern und
- sich alle 5 s wiederholen.

Diesen Bedingungen genügte ein Hochleistungs-Drehfeuer, das noch heute allen Ansprüchen gerecht wird. Auf einem mit Motor angetriebenen Drehtisch sind drei katadioptrische Scheinwerferlinsen von 60 cm Durchmesser im Winkel von  $120^\circ$  angeordnet. Sie werden mit 4 Umdrehungen pro Minute um zwei feststehende, übereinander angeordnete Xenon-Kurzbogenlampen XBO 1600 W/2 (heute 2000 W/Gl.) bewegt. Jedes Linsenfeld (Brennweite 250 mm) ist so geschliffen, daß eine Streuung in den linken und rechten  $90^\circ$ -Sektoren von  $\pm 1,5^\circ$  auftritt, so daß der Blitz ein wenig vor- und nachleuchtet und die Schifffahrt das Feuer leichter auffassen kann. Die oberen und unteren  $90^\circ$ -Sektoren sind ohne Streuung geschliffen. Die zweite Linsenebene, die über den drei unteren liegt, ist genauso ausgeführt und dient als Reserve für den Fall, daß die untere Ebene ausfällt.

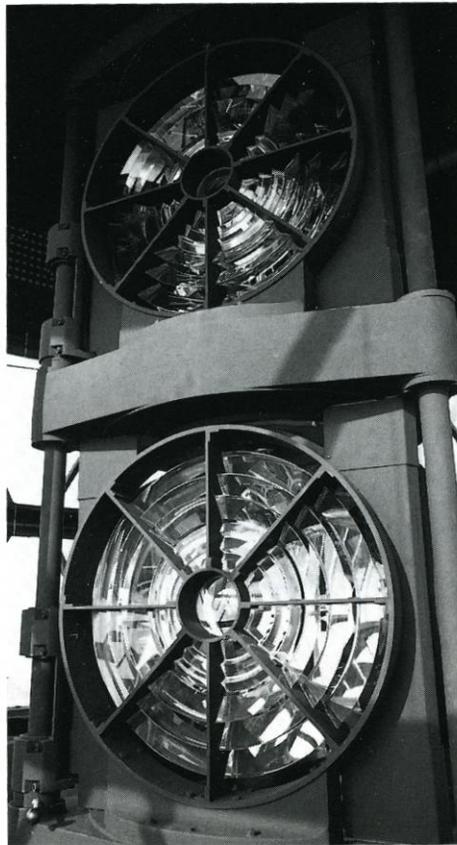


Abb. 29: Scheinwerferlinsen des Hochleistungs-Drehfeuers



Abb. 30: Leuchtturm mit Dienstwohngebäuden (1965)

Das Drehfeuer wird von Asynchronmotoren angetrieben, die durch Elektromagnetskuppungen mit dem Getriebe verbunden sind. Die Betriebslichtstärke der einzelnen Blitze liegt zwischen 2,89 und 3,07 Mio cd. Die Tragweite beträgt 28 sm.

Die Leuchtfeueranlage, von der Firma Siemens, Erlangen, erstellt (die Optik hat die Firma Weule aus Goslar geliefert), kostete seinerzeit rd. 100 000 DM. Sie wurde am 1. August 1965 durch den Bundesminister für Verkehr offiziell in Betrieb gesetzt. Die Kosten für den vorläufigen Ausbau des Flakleitstandes als Leuchtfeuer beliefen sich auf 57 000 DM, für den endgültigen Umbau wurden 340 000 DM aufgewendet. Insgesamt sind für den Wiederaufbau aller Seezeichenanlagen auf Helgoland 3,3 Mio. DM ausgegeben worden.

Helgoland konnte die Aufgaben, die ihm durch seine einzigartige Lage im Zentrum eines der meist befahrenen Gewässer der Welt von Natur zugewiesen sind, jetzt wieder voll erfüllen.

## 11. Rationalisierung – Automatisierung und Modernisierung

Noch bis Mitte der 60er Jahre wurden alle Leuchttürme an der schleswig-holsteinsichen Küste von Leuchtturmwärtern bewacht, so auch auf Helgoland, wo ein regelrechter Schichtdienst durchgeführt wurde. Die Wärter hielten „ihren Turm“ und das Gelände des Leuchtfeuerturmes instand, pflegten Batterien und Maschinenanlagen, warteten Kennungsgeber und reinigten die Optik, ölten Drehantriebe und Wechsellvorrichtungen, beseitigten Mängel und Störungen an den elektrischen und mechanischen Geräten, sorgten für Betriebs- und Verbrauchsstoffe, führten Kontrollbücher, erledigten Abrechnungen und v. a. m. Von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang hielt sich der Wärter in Bereitschaft, um bei Störungen oder Stromausfall schnell eingreifen zu können und beobachtete in regelmäßigen Abständen vom

Leuchtturm aus die Feuer auf der Düne, die Leuchttonnen rund um die Insel sowie die Feuer in den Nachbarrevieren. Die Leuchtfeuerwärter erfüllten ihre verantwortungsvolle Aufgabe mit großer Hingabe und entwickelten unter meist ungewöhnlichen Lebensbedingungen und weil sie oft auf sich allein gestellt waren, große Geschicklichkeit und Vielseitigkeit.

Der letzte Wärter in der 350 Jahre langen Geschichte Helgoländer Leuchtfeuer war Wilhelm Krüß. Er ging nach 30 Jahren Tätigkeit im Leuchtfeuerdienst am 1. August 1986 in den Ruhestand. Sein Dienstposten wurde nicht wieder besetzt. Moderne Technik, Computer, automatische Steuer- und Überwachungseinrichtungen haben seinen Platz eingenommen.

Es waren die ständig steigenden Kosten für den Leuchtfeuerbetrieb und für die Unterhaltung seiner Einrichtungen, die Rationalisierungsmaßnahmen erforderlich gemacht hatten. Außerdem mußte auf höhere Anforderungen, die die Schifffahrt an die Sicherheit und die technischen Einrichtungen stellte, reagiert werden. Das Ergebnis war die Automation des gesamten Schifffahrtszeichenbetriebes und seine Modernisierung.

Im Bereich des Wasser- und Schifffahrtsamtes Tönning wurde damit Ende der 60er Jahre auf Sylt begonnen.

Die Helgoländer Feuer sind 1986/87 zu einem Schaltbezirk mit ferngeschalteten und fernüberwachten Anlagen zusammengefaßt worden. Einbezogen sind alle ortsfesten Seezeichen der Insel:

- das Hauptfeuer
- das Kabelfeld- und Quermarkenfeuer
- das Binnenhafen-Richtfeuer (Ober- und Unterfeuer)
- die Binnenhafen-Einfahrtsfeuer (Bb und Stb)
- die Anstrahlung Ost- und Westdamm
- die Vorhafen-Einfahrtsfeuer (Stb, außen und innen)
- das Vorhafen-Einfahrtsfeuer (Bb)
- die Vorhafen-Einfahrtsanstrahlung (Bb und Stb)
- das Vorhafen-Nebelfeuer
- die Vorhafen-Nebel-Schallanlage (NSA)
- die Helgoland-Düne-Feuer (Ober-, Leit- und Unterfeuer)
- das Helgoland-Düne-Molenfeuer

Zu den technischen Geräten, die im Leuchtturm eingebaut sind und deren elektronischen Anlagen in einer geschirmten Kabine untergebracht sind, gehört außer der Strom- und Notstromversorgung (zwei 30 kVA Aggregate übernehmen bei Netzausfall die Versorgung der Seezeichen, der Sprechfunk- und Radaranlagen) eine Ortssteueranlage, die alle Funktionen, die bis dahin von Hand gesteuert wurden, selbsttätig ablaufen läßt und überwacht. Zustandsänderungen der leuchtfeuertechnischen Anlagen, Betriebs-, Hinweis-, Stör- und Alarmmeldungen werden über ein Fernwirksystem (Geatrans 2100) und eine automatische Durchwahleinrichtung der Bundespost nach Tönning in die dortige Hauptschaltstelle an den Zentralrechner übertragen, wo dann z. B. bei Totalausfall eines Feuers eine Alarmmeldung ausgelöst wird.

Im automatischen Betrieb werden die Feuer durch astronomische Schaltuhren oder Dämmerungsschalter, die Nebelfeuer und Nebelschaltanlagen durch Sichtweiten-Meßgeräte geschaltet. Alle Feuer sind so ausgerüstet, daß ihr Betrieb in vielen Fällen auch dann noch gewährleistet ist, wenn technische Störungen auftreten oder einzelne Geräte ausfallen, d. h., die wichtigsten Baugruppen eines Feuers (z. B. Lampe, Kennungsgeber, Stromversorgung) sind gedoppelt.

Schifffahrtszeichen dienen der Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs. Ihre Ver-

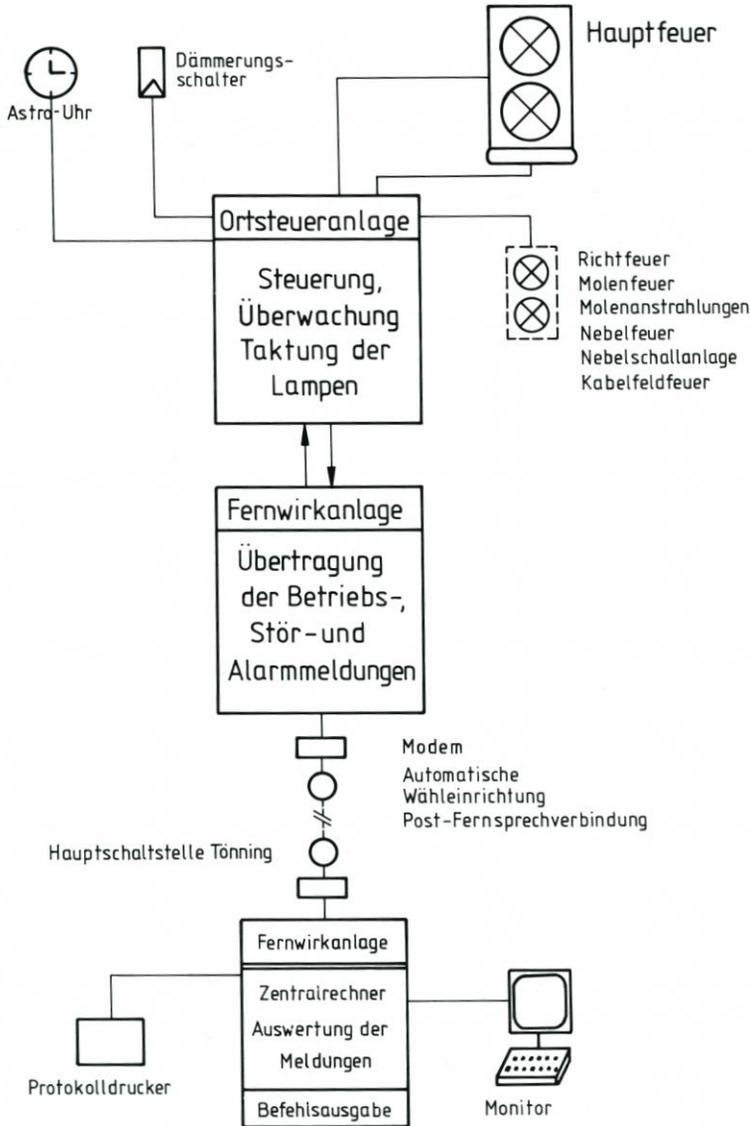


Abb. 31: Schaltblockbild der Feuer auf Helgoland

fügbare hat für die zuständige Behörde den höchsten Stellenwert. Die Modernisierung und Anpassung an neueste Techniken ist eine ständige Aufgabe der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Für die Automatisierung und Modernisierung aller Helgoländer Feuer einschließlich der auf der Düne hat sie 2,5 Mio. DM aufgewendet.

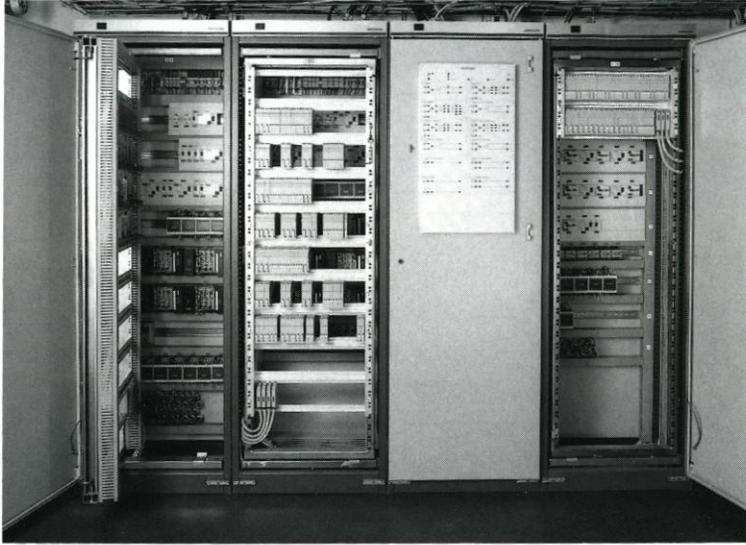


Abb. 32: Elektronische Ortssteueranlage

## 12. Verkehrssicherungssystem Deutsche Bucht

In den Jahren 1983/84 wurde für den Bereich der Deutschen Bucht ein Verkehrssicherungssystem eingerichtet mit dem Ziel, die Schifffahrt im verkehrsmäßig kritischen freien Seeraum zu überwachen, gefährliche Verkehrssituationen im Entstehen zu entdecken und die Schifffahrt zu informieren, zu beraten und notfalls zu lenken.

Dieses Verkehrssicherungssystem Deutsche Bucht ist eine technische Maßnahme zur Verhinderung von Schiffsunfällen in der Deutschen Bucht und zur Verhütung von Gefahren für die Umwelt durch Meeresverschmutzungen.

Zur Überdeckung der inneren Deutschen Bucht wurde auf Helgoland die Küstenfunkstelle „Deutsche Bucht-Revier-Radio“ aufgebaut. Die Sende- und Empfangsantennen sind auf der Südwest-Seite des Leuchtturms in ca. 80 m Höhe montiert, die funktechnischen Anlagen im 10. Stockwerk des Leuchtturms untergebracht. Damit ist die UKW-Bedeckung des östlichen Verkehrstrennungsgebietes bis zu einer Reichweite von 70 km sichergestellt.

Wesentlicher Bestandteil des technischen Konzeptes ist aber das 48 km weit reichende Radar (Weitbereichsradar), mit dem die von Westen kommenden Schiffe etwa 20 km vor dem FS Deutsche Bucht und dem Kreuzungsbereich der „Precautionary Area“ erfaßt werden können. Das Radarbild dieser Anlage wird über eine 9 GHz Richtfunkverbindung zur Verarbeitung in die Revierzentrale Wilhelmshaven übertragen.

Von hier aus erfolgt auch der Informationsdienst, die Verkehrsüberwachung und die Navigationsunterstützung.

Eine Präzisionspeilanlage zur Identifizierung von Zielen und Unterstützung des Beobachters bei Standortbestimmung ergänzt diese Technik.

Der Helgoländer Leuchtturm, wegen seiner Höhe und der vielen Stockwerke ideal als Antennenträger bzw. für die Unterbringung der elektrischen und elektronischen Betriebseinrichtungen geeignet, wurde wieder zur Baustelle.

Die Außenwände des 11. Stockwerkes erhielten eine Vorsatzschale aus Stahlbeton und

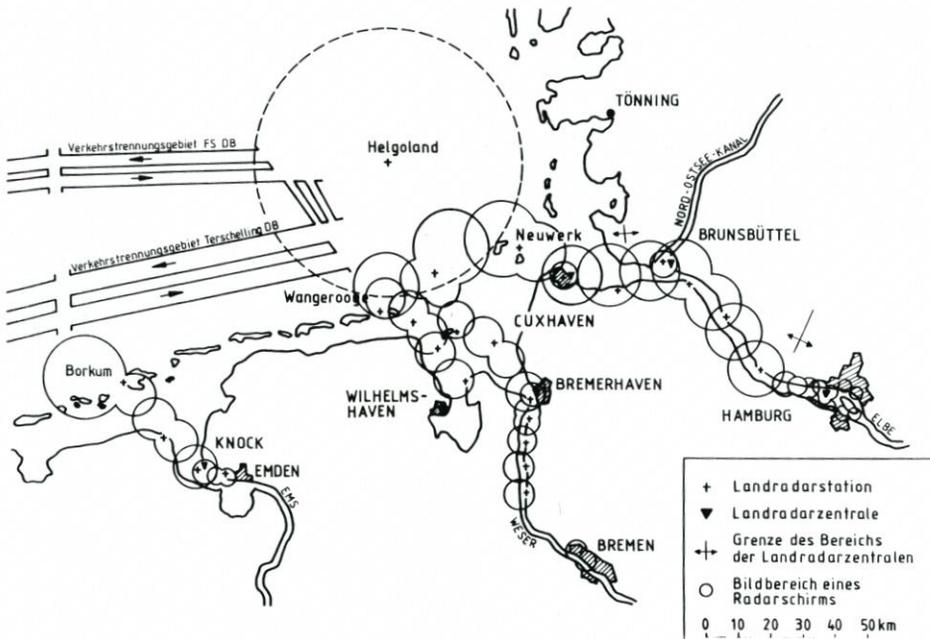


Abb. 33: Verkehrssicherungssysteme an Elbe, Weser, Jade, Ems und in der Deutschen Bucht



Abb. 34: Arbeitsplatz in der Revierzentrale (Foto: AEG)

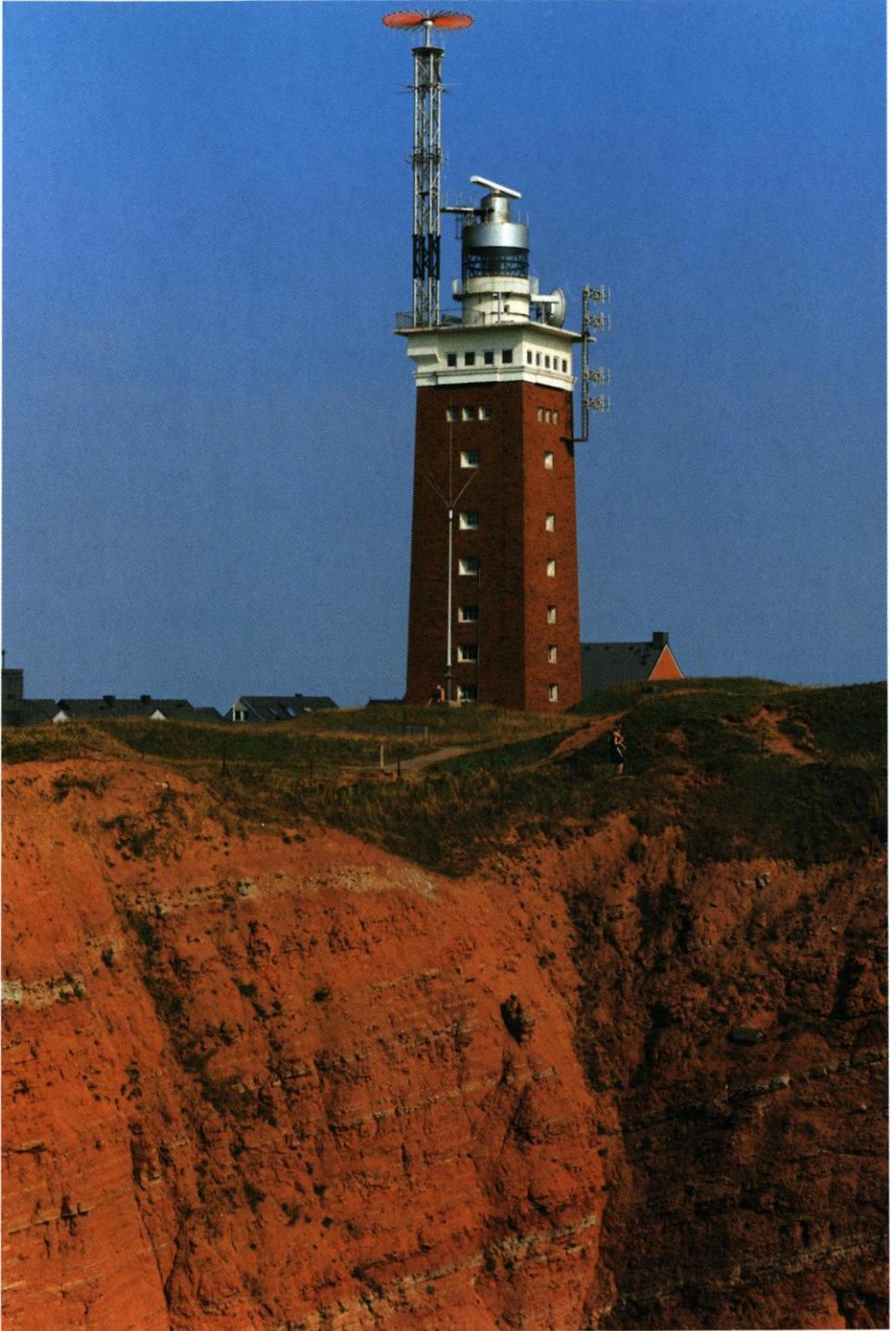


Abb. 35: Seefeuer Helgoland 1990 mit Weitbereichsradar-, Präzisionspeil-, UKW- und Richtfunkantenne

die Decke eine Stahlbetonplattenverstärkung mit 1,20 m Überstand, um die Verankerungselemente für den 19 m hohen Peilantennen-Gittermast, den hydraulischen Kran und die übrigen Antennenkonstruktionen aufnehmen und die statischen und dynamischen Kräfte in die Turmwände einleiten zu können. Auch das Laternendach mußte für den Aufbau des Radaromes mit der Weitbereichsantenne erneuert werden.

Doch die größten baulichen Veränderungen spielten sich im Inneren des Turmes ab, wo praktisch alle Stockwerke für die neue Nutzung der technischen Anlagen umgebaut und für Schalt- und Überwachungsanlagen auch der übrigen Schiffsfahrtszeichenanlagen auf Helgoland hergerichtet wurden.

Am 12. Nov. 1984 hat Bundesverkehrsminister Dr. Werner Dollinger die Weitbereichsradaranlage Helgoland von Wilhelmshaven aus in Betrieb genommen. Für das den neuen Verkehrsstrukturen in der Deutschen Bucht angepaßte technische System ist Helgoland heute und in Zukunft wichtiger Standort zur Sicherung des Schiffsverkehrs in der Deutschen Bucht.

### 13. Schlußwort

„Nautae in tempestatibus terram timent.“ Der alte Seneca spricht aus, was auch heute noch Gültigkeit hat. Solange Schifffahrt besteht, ist die Menschheit verpflichtet, den Seefahrern in ihrem schweren Beruf beizustehen.

Zwar sind die Zeiten, als Leuchtfeuer zu den Weltwundern zählten, längst vorbei. Doch nach wie vor ziehen alte und neue Leuchttürme magisch das Interesse auf sich.

Die Sorge um die Sicherheit der Menschen auf See hat ständig wechselnde Systeme hervorgebracht. Allen Fortschritten der elektronischen Navigation zum Trotz haben und werden auch in Zukunft die visuellen Schiffsfahrtszeichen ihre Bedeutung behalten. Nicht nur die Kleinschifffahrt ist auf sie angewiesen, auch die mit modernster Technik, Satellitennavigation, Funkortung usw., ausgerüstete Großschifffahrt mag auf die optischen Signale nicht verzichten. In brenzligen Situationen ist der Augenschein immer noch sicherer und beruhigender als der ausschließliche Verlaß auf die Instrumente.

„Feuer und Licht für den Weg auf den Meeren“: Die Ithakaer zündeten Feuer an, damit Odysseus den Heimathafen erkannte, und Sostratos aus Knidos baute im 3. vorchristlichen Jahrhundert auf Pharos den Turm der Türme. Heute stehen mehr als 15 000 Leuchtfeuer und 60 000 schwimmende Seezeichen weltweit im Dienste der Schifffahrt.

Einer der großen Leuchttürme steht auf Helgoland. Alle fünf Sekunden ein Blitz

„bedeutet: dort ist ein feuer,  
dort ist der ort wo das feuer ist,  
dort wo das feuer ist ist der ort“.  
(Enzensberger)

### 14. Schriftenverzeichnis

- BAHR, M.: Helgoland, Geschichte seiner Entstehung und Erhaltung, seiner Beziehung zur Schifffahrt und seines Hafens. Friesisches Jahrbuch, Aurich, 1955.  
BAHR, M.: Der Wiederaufbau der Seezeichen und Hafenanlagen von Helgoland. Mitteilungsblatt der Tiefbau-Berufsgenossenschaft, München, Heft 4, 1953.  
BOLZENDAHL'SCHE CHRONIK: Die große Helgoländer Chronik von 761–1723.  
BROHM: Helgoland in Geschichte und Sage. Cuxhaven – Helgoland, 1907.

- BUNDESMINISTER FÜR VERTRIEBENE, FLÜCHTLINGE UND KRIEGSGESCHÄDIGTE: Das besondere Schicksal der Insel Helgoland, Bonn, 1968.
- BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR: Mehr Sicherheit für die Deutsche Bucht. Verkehrsnachrichten der Abt. BW, Bonn, 1984.
- HAGUE, D. u. CHRISTIE, R.: Lighthouses, their architecture, historie and archaeology. Gomer Press, 1975.
- JACOBY, G.: Aus der Geschichte der Leuchtfeuer und Seezeichen. Verl. A. F. Jensen, Kiel, 1929.
- LANG, A. W.: Geschichte des Seezeichenwesens. Verl. Metzcker & Söhne, Jever/Oldenburg, 1965.
- LYNDER, F.: Spione in Hamburg und auf Helgoland. Verlag Hoffmann und Campe, Hamburg, 1964.
- MEYER, G.: Die Entwicklung des deutschen Seezeichenwesens. Zentralblatt der Bauverwaltung, Berlin, 1929.
- PINTSCH, J.: Feste und schwimmende Seezeichen, Berlin, 1900.
- POPPE, F.: Neue Nebelsignalanlagen auf Helgoland. Zentralblatt der Bauverwaltung, Berlin, Heft 26, 1937.
- REICHS-MARINE-AMT: Verzeichnis der Leuchtfeuer aller Meere, Berlin, 1908.
- STEPHAN, W.: Die ältesten Karten der Insel Helgoland und die Errichtung des ersten dortigen Leuchtfeuers im Jahre 1630. Zeitschrift der Gesellschaft für schleswig-holsteinische Geschichte, Bd. 60, 1930.
- WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT TÖNNING: Dienstanweisung für die Leuchtfeuerwärter auf Türmen mit Fresnel-Apparaten und Petroleum-Befuerung, 1893.
- WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT TÖNNING: Akten- und Bildarchiv.
- ZEMKE, F.-K.: Deutsche Leuchttürme, einst und jetzt. Koehlers Verlagsgesellschaft mbH, Herford, 1982.

# Die Pegel auf Helgoland

Von HANS ROHDE

## Zusammenfassung

Bereits 1835 wurde für wissenschaftliche Zwecke ein Pegel auf Helgoland errichtet. Auch der erste Schreibpegel wurde 1880 von der kaiserlich deutschen Admiralität aus wissenschaftlichen Gründen dort aufgestellt. Damals war Helgoland noch britische Kolonie. Die Hintergründe, die zu dem Bau der Pegel führten, werden geschildert. Beim Ausbau von Helgoland zum bedeutenden deutschen Kriegshafen wurde 1909 ein neuer Pegel gebaut. Sein Standort ist im Laufe der Zeit mehrfach geändert worden. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde 1952 ein neuer Pegel in Betrieb genommen, dessen Standort auch mehrfach gewechselt hat. Von 1910 an ist das Beobachtungsmaterial verfügbar. In den Zeiten nach den beiden Weltkriegen wurden die Beobachtungen jeweils für mehrere Jahre unterbrochen.

## Summary

*A tide level gauge for scientific purposes was installed on the island of Heligoland as early as 1835. Also for scientific reasons a tide level recorder was installed by the German Imperial Admiralty in 1880. At that time Heligoland was a British colony. The reasons for the establishment of the gauges are described. A new gauge was erected in 1909 when Heligoland became a large German naval port. The position of this gauge has been changed several times. After World War II a new gauge was installed in 1952. Its position has also been changed several times. The available data dates back to 1910. Following each of the world wars the observations were interrupted for some years.*

## Inhalt

1. Anmerkungen über Tidebeobachtungen vor dem 19. Jahrhundert . . . . .	125
2. Wasserstandsmessungen auf Helgoland 1835 bis 1880 . . . . .	126
3. Die Errichtung des ersten Schreibpegels 1880 und sein Betrieb bis 1909 . . . . .	127
4. Die Pegelanlagen ab 1909 . . . . .	132
5. Schlußbetrachtung . . . . .	138
6. Schriftenverzeichnis . . . . .	139

### 1. Anmerkungen über Tidebeobachtungen vor dem 19. Jahrhundert

Seit wann ein Pegel auf Helgoland besteht und zur regelmäßigen Messung der Wasserstände benutzt wird, ist nicht genau bekannt. Die beiden wichtigsten Gründe für die Einrichtung und den Betrieb von Pegeln im Tidegebiet sind Schifffahrt und Landeskultur. So sind die ältesten Pegel der Neuzeit im nördlichen Europa im 17. Jahrhundert in England eingerichtet worden, das mit seinem großen Kolonialbesitz eine bedeutende Schifffahrtsnation war. In England beschäftigten sich auch bedeutende Wissenschaftler schon zu der Zeit mit der ebenfalls für die Schifffahrt sehr wichtigen Theorie der Gezeiten und benötigten dafür Wasserstandsbeobachtungen an Küstenorten. Für die Niederlande hatten sowohl Schifffahrt als auch Landeskultur größte Bedeutung, und so ist es verständlich, daß der Amsterdamer

Pegel schon in den 80er Jahren des 17. Jahrhunderts eingerichtet wurde und seitdem für regelmäßige Wasserstandsaufzeichnungen benutzt wird. Es gibt vage Anzeichen dafür, daß er schon vor dem 17. Jahrhundert bestanden hat (WAALLEWIJN, 1986).

Auch an der deutschen Nordseeküste muß es schon im 17. Jahrhundert Wasserstandsbeobachtungen gegeben haben. So findet sich in einer englischen Gezeitentafel von 1684 der Hinweis, daß in Hamburg das Thw 3 Std. und 30 Min. nach dem Thw an der London-Bridge eintritt (FLAMSTEAD, 1684). Bereits 1680 hat Johann Heinrich VOIGT in dem Stader Hand- und Reisebüchlein einen „Tidekalender“ veröffentlicht, der die Eintrittszeiten von Hoch- und Niedrigwasser für Stade und Hamburg angibt (LEIVE, 1981). Solche Angaben setzen Wasserstandsbeobachtungen und damit Pegelanlagen irgendwelcher Art voraus. Erste regelmäßige Wasserstandsmessungen für Zwecke der Landeskultur an der deutschen Nordseeküste wurden wohl von Albert BRAHMS ausgeführt, der von 1718 bis 1752 Deich- und Sielrichter in der Sandumer Sprengel im Jeverland am Jadebusen war. Er berichtet darüber in seinem Werk „Anfangs-Gründe der Deich- und Wasser-Baukunst“ (1754 und 1757). Für Helgoland dürften jedoch im 17. und 18. Jahrhundert weder für Zwecke der Schifffahrt noch für die Landeskultur Gründe bestanden haben, einen Pegel einzurichten. Vielmehr ist es sehr wahrscheinlich, daß der erste Pegel auf der Insel 1835 aufgestellt worden ist.

## 2. Wasserstandsmessungen auf Helgoland 1835 bis 1880

Die wissenschaftliche Beschäftigung mit den Gezeiten hatte seit dem 17. Jahrhundert immer große Bedeutung gehabt. Ein englischer Gelehrter, der sich intensiv mit den Gezeiten befaßte, war W. WHEWELL (1794 bis 1866). Zwischen 1833 und 1850 veröffentlichte er in den Philosophical Transactions der Royal Society allein 14 Arbeiten über Gezeiten. Er hatte die Bedeutung gleichzeitiger Tidebeobachtungen an verschiedenen Orten erkannt und im Juni 1834 für 14 Tage solche an zahlreichen Stationen in Großbritannien und Irland ausführen lassen (WHEWELL, 1835). Im Juni 1835 führte er eine entsprechende, aber wesentlich umfangreichere Meßkampagne durch. In der Zeit vom 8. bis 28. Juni 1835 wurden allein in England und Schottland an 318 Orten, in Irland an 219 Orten sowie an zahlreichen Küstenorten anderer europäischer Länder und in Nordamerika Tidebeobachtungen ausgeführt und so auch in Helgoland (WHEWELL, 1836).

Der Pegel, der für das Untersuchungsprogramm von WHEWELL auf Helgoland benötigt wurde, ist wohl erst zu diesem Zweck eingerichtet worden und dürfte der erste Pegel dort gewesen sein. Im Landesarchiv Schleswig ist das Konzept des Schreibens vom 30. Juni 1835 vorhanden, mit dem die Aufzeichnungen über die Tidebeobachtungen nach London geschickt wurden und die „von zwei der erfahrensten Personen auf dieser Insel ausgeführt worden sind“. Es wird in dem Brief weiter gesagt, daß die Rechnung für die Anschaffung und Errichtung der verschiedenen Materialien sowie für die Ausführung der Tidebeobachtungen sobald als möglich übersandt werden würde, was am 8. Juli 1835 erfolgte (Abt. 174 Nr. 76, S. 133).

Wahrscheinlich wird der Pegel aus einer einfachen Latte bestanden haben, auf der ein Maßstab in einer Einteilung nach Zoll und Fuß angebracht war. Es ist nicht bekannt, wo diese Latte gestanden hat und wie und woran sie befestigt war. Wahrscheinlich hat sie am südlichen Strand vor dem Unterland gestanden und war so aufgestellt, daß auch die Höhe relativ niedriger Tnw einwandfrei abgelesen werden konnte. Nicht bekannt ist, ob die Höhenlage des Nullpunktes zu irgendwelchen Festpunkten auf der Insel eingemessen worden war.

Die Ergebnisse der Beobachtungen am Pegel Helgoland sind für die Zeit vom 9. bis 28.

Juni 1835 in einer im Landesarchiv Schleswig vorhandenen Zusammenstellung überliefert (Abt. 402 A 27, Nr. 27). Es sind zweimal täglich Hochwasser- und Niedrigwasserstand in dänischen Fuß und Zoll angegeben sowie die zugehörigen Eintrittszeiten in Stunden und Minuten. Aus den dreiwöchigen Aufzeichnungen ergibt sich ein mittlerer Tidehub in Helgoland von 245 cm (ROHDE, 1976).

Unbekannt ist, ob der Pegel nur für das Meßprogramm von WHEWELL benutzt wurde und was weiter mit ihm geschah. Regelmäßige Wasserstandsaufzeichnungen sind nach dem Juni 1835 von Helgoland nicht mehr überliefert. Es ist aber unwahrscheinlich, daß der Pegel beseitigt wurde. Vielmehr ist zu vermuten, daß er stehen blieb und mindestens gelegentlich für Messungen benutzt worden ist. So sind im Staatsarchiv Hamburg Wasserstandsangaben vom 10. bis 14. April 1844 von Helgoland vorhanden, die täglich für elf bis zwölf Stunden alle 15 Minuten aufgeschrieben wurden (Strom- u. Hafenaufbau I Nr. 219). LENTZ (1873) gibt an, daß von 1854 bis 1866 zahlreiche Hoch- und Niedrigwasserstände in Helgoland beobachtet worden sind. Eine Tidekurve von Helgoland vom 1./2. August 1854 ist überliefert (Abb. 16 bei ROHDE, 1976), und LENTZ (1879) veröffentlicht Tidekurven von Helgoland vom 19. 8. und 26. 8. 1866.

### 3. Die Errichtung des ersten Schreibpegels 1880 und sein Betrieb bis 1909

Ebenso wie der älteste Pegel auf Helgoland aus wissenschaftlichen Gründen errichtet worden ist, war es auch bei dem ersten Schreibpegel. 1874 wurde das Marineobservatorium in Wilhelmshaven als Außensektion des Hydrographischen Büros der Kaiserlichen Admiralität in Berlin gegründet, dessen Leitung Dr. C. BÖRGEN (1843 bis 1909) übertragen wurde und die er 34 Jahre ausgeübt hat (STÜCK u. CAPELLE, 1909). Börgen hatte sich dienstlich mit den Gezeiten der Nordsee zu befassen. Er erkannte sehr bald die große Bedeutung eines selbstschreibenden Pegels auf Helgoland für die Analyse und Vorausberechnung der Tideverhältnisse (BÖRGEN, 1880). Ein Pegel auf Helgoland war auch besonders gut geeignet, um in Verbindung mit den Pegeln an der Festlandsküste das „Mittelwasser des Meeres“ zu ermitteln. Schon bei den allgemeinen Konferenzen der mitteleuropäischen Gradmessung 1864 und 1867 in Berlin war beschlossen worden, an möglichst vielen Küstenpunkten registrierende Pegel aufzustellen, um das Mittelwasser der betreffenden Meere zu bestimmen (HELMERT, 1895). Daher wandte sich Dr. Börgen am 12. Januar 1877 mit dem folgenden Schreiben (Übersetzung\*) an den Gouverneur der britischen Insel Helgoland, Sir H. B. Fitzhardinge MAXSE, in dem die mit dem Betrieb eines selbstschreibenden Pegels angestrebten Ziele dargestellt sind (ROHDE, 1982):

Kaiserliches Observatorium Wilhelmshaven  
An Seine Exzellenz den Gouverneur von Helgoland

Sehr geehrter Herr,

Der Unterzeichnete hat die Ehre, ergebenst mitzuteilen, daß es der Wunsch der Kaiserlichen Admiralität ist, die Erlaubnis zu erhalten, einen selbstschreibenden Tidepegel auf Helgoland zu errichten. Ein Tidemesser auf Helgoland ist von sehr großer Bedeutung zu dem Zweck, einen richtigen Vergleich der mittleren Höhen der Meeresoberfläche mit den Meßorten an der Küste zu

---

\*) Die Übersetzung der verschiedenen Schreiben aus den Kopien der im Archiv des Public Record Office in Kew, Surrey, vorhandenen Originale und zum Teil schwer lesbaren Konzepte hat dankenswerterweise Frau S. Luck, Norderney, übernommen.

erhalten. Solche Berechnungen sind unbedingt notwendig, um die genauen Höhen der Tiden zu bestimmen und um die kontinentalen Hebungen oder Senkungen zu beurteilen, denen die Küsten ausgesetzt sind. Außerdem (und dies ist der Hauptgrund, warum die Kaiserliche Admiralität entschieden hat, im gegenwärtigen Augenblick um die Erlaubnis für die Errichtung eines Pegels zu bitten) ist ein selbstschreibender Pegel auf Helgoland von größter Wichtigkeit, um Kenntnis zu erhalten über die Richtung der Tidewelle an der deutschen Nordseeküste, ein Gegenstand, mit dem sich der Unterzeichnete seit einiger Zeit befaßt hat. Die Kaiserliche Admiralität hat deshalb jetzt den Unterzeichneten gebeten, selbst in persönliche Verbindung mit Eurer Exzellenz zu treten, mit dem Ziel, die Genehmigung zu erlangen, das fragliche Instrument auf Helgoland einzurichten, wie auch in bezug auf den Ort, der für diesen Zweck gewählt ist und die Wahl einer Person, die bereit sein würde, Aufsicht über die Anlage zu übernehmen und die notwendigen Beobachtungen auszuführen und mitzuteilen. Der Unterzeichnete bittet respektvoll Eure Exzellenz, die Zeit festzusetzen, wann es ihm erlaubt sein würde, auf Sie zu warten mit der Aussicht auf eine persönliche Besprechung mit Ihnen über die obengenannten Punkte. Ich habe die Ehre

gez. Dr. C. Børgen  
Direktor des Kaiserlichen  
Observatoriums

Sir MAXSE schrieb am 16. Januar an BÖRGEN in deutscher Sprache, daß er den Antrag an die Regierung in London weiterreichen würde, und machte Vorschläge für ein Treffen mit Dr. BÖRGEN und für eine Ortsbesichtigung auf Helgoland. Am gleichen Tage, dem 16. Januar, ging der deutsche Antrag an den amtierenden Kolonialminister Lord CARNARVON mit folgendem Begleitschreiben (Übersetzung):

Gouverneur Fitz Maxse  
an Lord Carnarvon

Eure Exzellenz,  
ich habe die Ehre, anliegende Übersetzung eines Briefes zu übersenden, den ich von dem Direktor des Kaiserlich-Deutschen Observatoriums in Wilhelmshaven empfangen habe. Ich habe Dr. Børgen geantwortet, daß ich die Bitte der Deutschen Admiralität an Eure Lordschaft weiterleiten würde, und daß ich in Kürze für ein paar Tage nach England reisen müßte und daß es möglich sein würde uns in Bremerhaven auf meiner Rückreise zu treffen, wenn ich vielleicht in der Lage sein werde, Eurer Lordschafts Entscheidung über diesen Gegenstand mitzuteilen. Ich vertraue, daß Eure Lordschaft der Bitte der Deutschen Admiralität entsprechen werden und von der ich die Ehre habe zu berichten, daß keine örtlichen Einwände dagegen bestehen.

Ich habe die Ehre zu sein  
Eurer Lordschaft gehorsamster und untertänigster Diener  
Fitz Maxse

Sir MAXSE hat sich offensichtlich persönlich sehr für die Errichtung des Pegels eingesetzt. Er hat auch noch einen privaten Brief an einen ihm bekannten Beamten im Kolonialministerium geschrieben und ihn gebeten, sich für die Genehmigung einzusetzen. Der Antrag wurde im Kolonialministerium recht positiv beurteilt. Die Bearbeiter dort hatten keine grundsätzlichen Bedenken, den Antrag zu genehmigen. Man erwog auch den Gedanken, den Pegel selbst zu errichten und die Beobachtungen vorzunehmen, um eventuelle Unannehmlichkeiten zu vermeiden. Aber zunächst richtete das Kolonialministerium eine Anfrage an die Admiralität. Diese hatte große Zweifel „ob es wünschenswert sei, einer fremden Regierung zu erlauben, einen Tidepegel auf einer britischen Besetzung zu errichten und zu beobachten“ und fragte seinerseits deswegen beim Außenministerium an. Dieses teilte der Admiralität am 26. Feb. 1877 mit, „daß es vorzuziehen sei, den Tidemesser durch die örtliche Verwaltung zu errichten und zu betreiben.“ In seinem Schreiben an das Kolonialministerium gab die Admiralität die Auffassung des Außenministeriums weiter und berichtete zugleich über den Antrag einer wissenschaftlichen Gesellschaft in Wien vom Oktober 1871, die britische Regierung möchte

einen selbstschreibenden Pegel auf Helgoland einrichten. Da die Kosten dafür auf 700 £ – ohne die Kosten für die Wartung – geschätzt wurden, lehnte es das britische Finanzministerium damals ab, die Kosten zu übernehmen, und die Errichtung des Pegels unterblieb (ROHDE, 1982). Obwohl man auch im Kolonialministerium grundsätzlich der Meinung war, daß es besser wäre, wenn der Pegel von der britischen Verwaltung gebaut und betrieben würde, schreckte man vor den Kosten zurück und kam zu der Überzeugung, daß Deutschland die Genehmigung für den Pegel auf Helgoland erhalten sollte. Das Schreiben vom 9. 4. 1877, mit dem dem Gouverneur von Helgoland diese grundsätzliche Zustimmung gegeben wurde, lautet in Übersetzung:

..... Ich habe mir Gedanken gemacht über Ihr Schreiben Nr. 1 vom 16. Jan. d. J., in welchem dem Ministerium Ihrer Majestät ein Gesuch der deutschen Admiralität unterbreitet wird, die Genehmigung zu bekommen, auf Helgoland einen selbstschreibenden Tidepegel zu errichten.

Das Ministerium Ihrer Majestät gestattet Ihnen, sich mit Dr. Börgen erneut in Verbindung zu setzen, um die Vereinbarungen, die er in seinem Schreiben vom 12. Jan. d. J. vorschlug, in die Tat umzusetzen. Sie werden nicht versäumen, in Ihren Verhandlungen erneut die Notwendigkeit in Erinnerung zu rufen, daß die Vorschriften dergestalt abgefaßt werden, daß dem Gouverneur der Insel volle Kontrolle über den Pegel und über die Person verbleibt, die im Auftrage des Direktors des deutschen Observatoriums diesen betreut. Bevor die Abmachungen endgültig getroffen werden, sollten sie mir unterbreitet werden. Ihre Verbindung mit und Kenntnis von Deutschland wird es Ihnen ermöglichen, eine geeignete Person vorzuschlagen, die nach Ihren Anweisungen die erforderliche Arbeit ausführt, welche nach Dr. Börgens Angaben zur Betreuung der Instrumente notwendig sind und die die Aufzeichnung und Weitergabe der mit dem Pegel gewonnenen Daten vornimmt.....

Gleichzeitig wurde die Admiralität verständigt, daß die Kostenübernahme durch das Kolonialministerium nicht infrage käme. Da man aber die wissenschaftlichen Beobachtungen nicht vereiteln möchte, für die Deutschland die Kosten übernehmen wolle, habe man dem Antrag zugestimmt. Man wolle eine Vereinbarung abschließen, die dem Gouverneur der Insel die volle Kontrolle über den Pegel und das Beobachtungspersonal zugesteht. Diese Vereinbarung ist offenbar zwischen Sir MAXSE und Dr. BÖRGEN ausgehandelt worden, und ihr Entwurf wurde mit dem Bericht des Gouverneurs vom 20. Juni 1877 dem Kolonialministerium zur Genehmigung vorgelegt. Sie hat folgenden Wortlaut (Übersetzung):

Anlage zum Bericht Nr. 23

Entwurf einer Vereinbarung zwischen dem Kaiserlich-Deutschen Observatorium in Wilhelmshaven und der Regierung von Helgoland aus Anlaß der Einrichtung eines selbstregistrierenden Tide-Messers auf Helgoland durch das Erstgenannte.

1. Ihrer Majestät Regierung genehmigt hiermit die Errichtung eines selbstregistrierenden Tide-messers durch die Kaiserlich-Deutsche Admiralität in wissenschaftlichem Interesse auf Helgoland und ist einverstanden, daß ein Einwohner dieser Insel bestellt werden soll, um die Aufsicht zu führen über den genannten Apparat und um die notwendigen Beobachtungen und Berichte zu machen.
2. Die Person, auf die sich der obige Paragraph bezieht, soll durch den Gouverneur der Insel ernannt werden und soll als einer der örtlichen Beamten angesehen werden.
3. Die Stellung des betreffenden Beamten in Hinblick auf seine Verbindung mit der Kaiserlich-Deutschen Admiralität einerseits und mit Ihrer Majestät Kolonialministerium andererseits soll dieselbe sein wie sie jetzt in Kraft ist mit den Telegraphenbeamten hinsichtlich ihrer Stellung zur Telegraphendirektion in Berlin und dem Kolonialministerium. Alle offiziellen Benachrichtigungen insoweit als solche der Wartung und der Beobachtung der fraglichen Apparate gelten, sollen durch den Gouverneur der Insel übermittelt werden und jede bemerkenswerte Veränderung in der Anlage (die unter den Schutz des Gouverneurs gestellt ist) und die diesbezüglichen Berichte sollen diesem Beamten regelmäßig bekanntgegeben werden.
4. Die Originalbeobachtungen, nämlich die Kurven und Aufzeichnungen, die durch das fragliche Gerät gemacht sind, zusammen mit allen ähnlichen Notizen und Beobachtungen sollen im

Eigentum der Kaiserlich-Deutschen Admiralität verbleiben und sollen monatlich dem Kaiserlich-Deutschen Hydrographischen Büro übersandt werden.

5. Die Kontrolle über das Funktionieren der Anlage und die dabei gemachten Beobachtungen sollen im Eigentum des Kaiserlich-Deutschen Observatoriums sein, und diese Dienststelle soll die Anlage in der Regel zweimal im Jahr inspizieren, nämlich einmal im Sommer und einmal in den Wintermonaten. Sollte eine häufigere Inspektion nötig werden, so wird das Observatorium einen speziellen Bericht und Antrag des Kaiserlich-Deutschen Hydrographischen Büros senden, und in jedem Falle einer solchen besonderen Inspektion soll sobald als möglich an den Gouverneur der Insel berichtet werden.
6. Der für die Anlage verantwortliche Beamte wird von der Kaiserlich Deutschen Regierung eine Vergütung von 25 Reichsmark im Monat erhalten.
7. Der für die Anlage verantwortliche Beamte wird durch das Hydrographische Büro der Kaiserlich-Deutschen Admiralität versorgt werden mit Instruktionen über den Gebrauch und die Handhabung des Tidemessers, die Form und Anzahl der notwendigen Berichte und alle anderen Dinge, die mit der Arbeit des Gerätes in Beziehung stehen.

Mit dem folgenden Erlaß vom 9. Juli 1877 (Übersetzung) stimmte das Kolonialministerium der Vereinbarung zu:

Kolonialministerium an Gouverneur Maxse

Ich habe die Ehre, den Empfang Ihres Berichtes Nr. 23 vom 20. 6. zu bestätigen betreffend die Einrichtung eines selbstregistrierenden Tidemessers auf Helgoland durch die Deutsche Admiralität. Ich stimme den Maßnahmen zu, die Sie in Übereinstimmung mit meinen Anweisungen getroffen haben, und ich stimme der Vereinbarung zu, die zwischen Ihrer Verwaltung und der Deutschen Admiralität getroffen worden ist und die die Bedingungen darlegt, unter denen die Regierung Ihrer Majestät eingewilligt hat zu erlauben, daß das Instrument auf der Insel aufgestellt wird.

Es ist anzunehmen, daß die Vereinbarung dann bald danach abgeschlossen wurde. Die Einzelheiten zur Vorgeschichte des von Dr. BÖRGEN veranlaßten Pegels auf Helgoland sind deshalb so ausführlich dargestellt worden, weil es doch eine wohl einmalige Angelegenheit zur damaligen Zeit war, im Ausland eine derartige Anlage zu errichten und zu betreiben und daher die Einzelheiten allgemein interessant sein dürften. Dabei verdient besonders hervorgehoben zu werden, wie schnell über die Angelegenheit entschieden worden ist – erster Antrag 12. Januar, grundsätzliche Zustimmung 9. April, endgültige Zustimmung 9. Juli 1877 –, obwohl auf britischer Seite immerhin drei Ministerien beteiligt waren!

Der Pegel ist allerdings erst im September 1880 in Betrieb genommen worden. Zur Auswahl eines geeigneten Ortes für den Pegel wurde von der Kaiserlichen Admiralität der Wasserbauer G. HAGEN herangezogen (o. V. 1879), der wohl auch den Entwurf und Kostenanschlag für den Pegel aufgestellt hat. Die Kosten erwiesen sich wegen der Abteufung eines Brunnens als Schwimmerschacht und eines 60 m langen Zuleitungsrohres als wesentlich höher als ursprünglich angenommen. Das ist wohl der Grund dafür, daß es bis zur Inbetriebnahme so lange gedauert hat. An dem Südostende des Unterlandes wurde das Pegelhäuschen errichtet (HELMERT, 1895). Diese Pegelstelle ist auf der Seekarte „Helgoland nach den neuen englischen Vermessungen 1887“ eingetragen, die 1890 vom Hydrographischen Amt des Reichsmarineamtes in Berlin herausgegeben wurde. Abb. 1 zeigt einen Ausschnitt aus dieser Karte mit der eingetragenen Pegelstelle.

Als Pegel wurde ein von REITZ entwickeltes Gerät eingesetzt (REITZ, 1876/77). REITZ hatte 1871 ursprünglich ein Gerät gebaut, das die mittlere Wasserstandshöhe einer Tide (Tmw) aufzeichnen konnte. Während das Geodätische Institut an der Ermittlung des Tmw interessiert war, legte die Kaiserliche Admiralität Wert darauf, daß daneben auch die Tidekurve aufgezeichnet wurde. REITZ hat daraufhin sein Gerät erweitert und konnte es 1876 bei einer Ausstellung wissenschaftlicher Instrumente in London vorstellen (HELMERT, 1895).



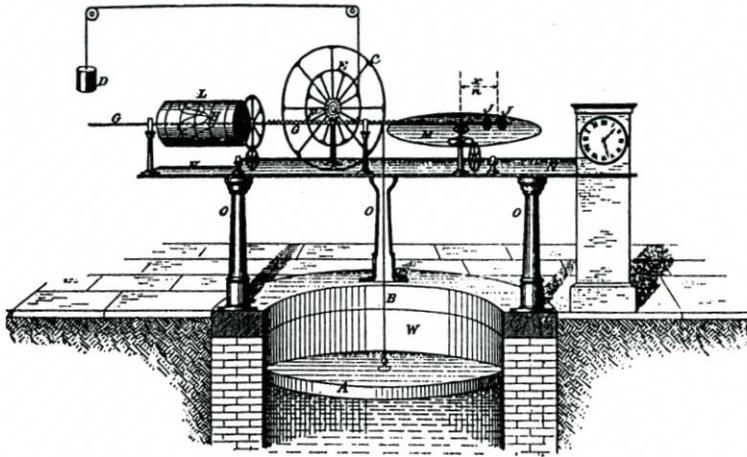


Abb. 2. Der Fluthmesser von F. H. Reitz (1876/77). Rechts im Bild (I, M) ist die Integrierapparatur zur Mittelwertbildung zu erkennen

mittlere Tidehub wird dabei mit 2,06 m, die Flutdauer mit 5 h 40' und die Ebbedauer mit 6 h 45' angegeben. Nach BÄHR (1939) sollen 1893 für die Jahre 1881–1884 Mittelwerte berechnet worden sein. Danach soll der MThb 2,11 m betragen haben. In der Bibliothek des DHI in Hamburg befindet sich ein hektografiertes Heft, in dem stündliche Wasserstandswerte von Helgoland für das Jahr 1886 angegeben sind. Andere entsprechende Hefte enthalten keine Angaben von Helgoland. L. FRANZIUS (1890) hat Tidekurven von 1882 bis 1889 ausgewertet und ermittelt für 1889 einen mittleren Tidehub von 1,84 m, die Flutdauer zu 5 h 44' und die Ebbedauer zu 6 h 41'.

1890 kam Helgoland unter die Hoheit des Deutschen Reiches. Der Pegel wird weiterhin vom Kaiserlichen Observatorium Wilhelmshaven betrieben worden sein, es sind aber keine Beobachtungswerte überliefert. Von 1901 an gab die Preußische Landesanstalt für Gewässerkunde in Berlin jährlich das Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands heraus. Darin ist ab 1901 in dem Verzeichnis der Pegelstellen auch Helgoland erwähnt. Daten sind aber nicht veröffentlicht.

#### 4. Die Pegelanlagen ab 1909

1908 begann der Ausbau der Insel Helgoland zur deutschen Seefestung. Zuerst wurde das „Südhafengelände“ aufgespült, und man baute dann im Laufe der nächsten Jahre Molen und Kajen der verschiedenen Hafenbecken aus (ECKHARDT, 1929), die in Abb. 3 dargestellt sind. Im Zuge dieser Arbeiten wurde auch ein neuer Pegel eingerichtet. Er befand sich in der Nordwestecke des Südhafens (manchmal auch als Innenhafen und U-Boot-Hafen bezeichnet), die von der Nord- und Westkaje des Südhafengeländes gebildet wird (Standort 2 in Abb. 3). Nach dem „Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands“, Jahrgang 1911, sind erstmals vom 1. 11. 1910 an tägliche Wasserstandswerte von Helgoland angegeben. In einer Fußnote heißt es dort: „Der Pegel ist am 1. August 1909 in Betrieb genommen; da er sich aber im Jahr 1910 zeitweise nicht in Ordnung befand, sind Vergleichszahlen vor dem 1. 11. 1910 nicht berechnet worden.“

Im Vorwort zu der vom Hydrographischen Amt der Kaiserlichen Admiralität in Berlin

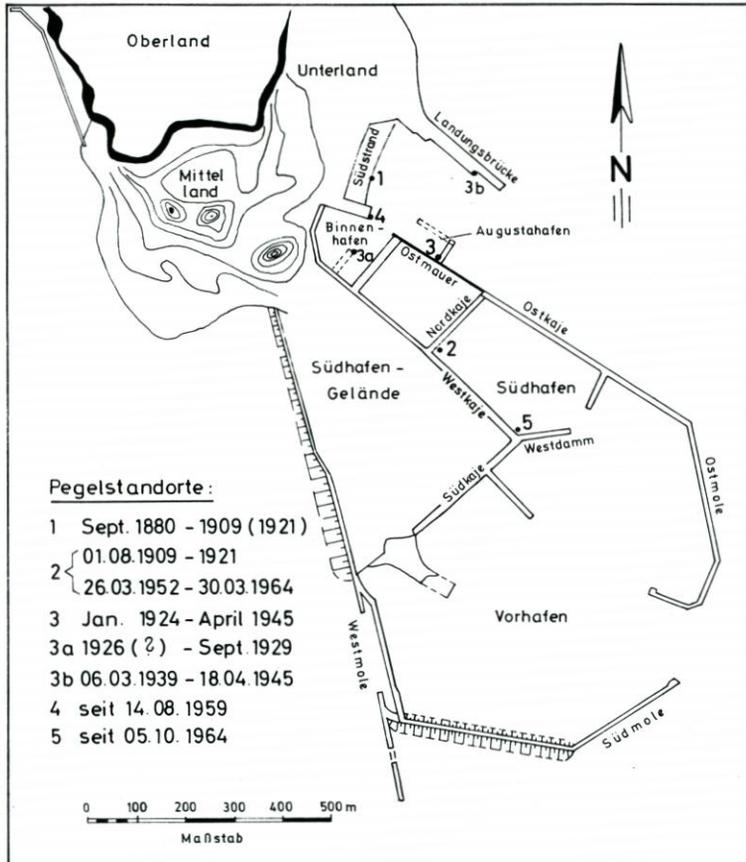


Abb. 3. Lageplan der verschiedenen Pegelstandorte auf Helgoland

herausgegebenen Gezeitentafel für 1914 wird mitgeteilt, daß darin ausführliche Vorausberechnungen für Helgoland aufgenommen worden sind, denen die Ergebnisse des neuen Pegels – wahrscheinlich der Aufzeichnungen der Jahre 1911 bis 1913 – zugrunde lagen. Der für 1914 vorausberechnete MThb war mit 2,32 m, ab 1915 mit 2,24 m angegeben, die Flutdauer mit 5 h 35', die Ebbdauer mit 6 h 50'. Ab 1916 werden in den Gezeitentafeln auch Tidekurven für mittlere Verhältnisse sowie für Spring- und Nippzeiten mitgeteilt. Der neue Pegel war ein Druckluftpegel des Systems Seibt-Fueß (SEIBT, 1897). Überwachende Dienststelle war die Kaiserliche Werft Wilhelmshaven, Bauabteilung Helgoland, und nicht mehr das Marineobservatorium, dem aber die Meßdaten für seine Vorausberechnungen zur Verfügung standen.

Der alte Pegel am Südstrand ist aber offenbar nicht aufgegeben worden. Nach Hinweisen in den im Pegelarchiv des WSA Tönning vorhandenen Akten hat die Gemeinde Helgoland den Pegel am Südstrand des Unterlandes nach 1909 übernommen. Das alte Gerät von REITZ ist irgendwann durch ein Gerät nach dem System Fueß ersetzt worden. Dieser Pegel der Gemeinde wurde 1921 abgebaut, ist also vielleicht bis dahin in Betrieb gewesen. Nach BAHR (1939) sollen die Angaben des alten Pegels recht unzuverlässig gewesen sein, weil das Verbindungsrohr bei starkem Seegang versandete. Dadurch wurden Tnw zu hoch, Thw zu niedrig angezeigt. Diese Schwierigkeiten mögen mit ein Grund für den Neubau des Pegels im

Südhafen gewesen sein. Ein anderer Grund mag sein, daß der Pegel am neuen Ort besser von den staatlichen Dienststellen betreut und betrieben werden konnte.

Der Druckluftpegel im Südhafen hat dort bis zum Februar 1921 bestanden. Kurz vor der Zerstörung der Hafenanlagen (ECKHARDT, 1929) nach dem Ende des 1. Weltkriegs wurde er abgebaut. Die an dem Pegel ab 1. 11. 1910 gemessenen Thw und Tnw sowie deren Eintrittszeiten sind größtenteils in den von der Preußischen Landesanstalt für Gewässerkunde in Berlin herausgegebenen Jahrbüchern für die Gewässerkunde Norddeutschlands veröffentlicht. Von August bis Dezember 1914 und ab Dezember 1918 fehlen aber die Daten (ROHDE, 1982).

Im Laufe des Jahres 1922 verfügte der Regierungspräsident in Schleswig, den Pegel Helgoland wieder in Betrieb zu setzen. Als neuer Standort wurde die Südostecke des Augustahafens an der Ostmauer ausgewählt. Der Standort ist in der 1926 herausgegebenen Seekarte „Binnenreden von Helgoland“ eingetragen (Standort 3 in Abb. 3). Dieses neue Hafenbecken ist nach Zerstörung der großen Anlagen des ehemaligen Marinehafens aus Blöcken der Vorlage der Westmauer neu erbaut worden (ECKHARDT, 1929). Das alte Druckluftpegelgerät von 1909 fand dabei seine Wiederverwendung. Auch die alten Festpunkte wurden weiter benutzt.

Der Pegel wurde im Januar 1924 in Betrieb genommen, aber es sind in den Gewässerkundlichen Jahrbüchern bis 1925 viele Lücken in den Beobachtungswerten vorhanden. Erst ab Abflußjahr 1926 sind wieder vollständige Daten in den Jahrbüchern enthalten.

Der Pegel stand im Eigentum der Reichsfinanzverwaltung und wurde vom Büro für Uferschutzarbeiten des Reichsneubauamtes betrieben. Später – wahrscheinlich um 1936 – übernahm die Marine selbst wieder den Betrieb. Die Deutsche Seewarte und das Wasserbauamt Tönning hatten aber stets Zugriff zu den Beobachtungswerten. In Berichten des Wasserbauamts Tönning wird der Zustand des alten Druckluftpegels als mangelhaft bezeichnet, es kamen häufig Ausfälle vor. Die Beobachtungsdaten wurden dann nach den Aufzeichnungen eines Hilfspegels des Büros für Uferschutzarbeiten an einer Anleгеbrücke im Binnenhafen (früher Scheibenhafen) ergänzt, der hier einige Jahre bis September 1929 in Betrieb war (Standort 3a in Abb. 3).

Pläne des Wasserbauamts Tönning, 1938 einen neuen Pegel zu bauen, wurden aufgegeben, weil die Marine den neuen Pegel selbst errichten wollte. Im März 1939 nahm das Marschenbauamt Heide – Forschungsstelle Büsum – einen neuen Schwimmerschreibpegel System Fueß an der der Gemeinde Helgoland gehörenden Landungsbrücke (Standort 3b in Abb. 3) in Betrieb, der als Forschungspegel bezeichnet wurde. Er wurde bei einem Fliegerangriff am 18. April 1945 zerstört. Schon Ende Februar 1945 war der Pegel im Augustahafen ausgefallen (ROHDE, 1982).

Nach Ende des 2. Weltkriegs war Helgoland jahrelang unbewohnt und wurde zeitweise als alliiertes Übungsgelände für Bombenabwürfe benutzt. Daher konnte kein Pegel auf der Insel betrieben werden, obwohl schon 1949 die Bundesanstalt für Gewässerkunde beim WSA Tönning für die Wiederinbetriebnahme eines Pegels auf der Insel eintrat. Erst am 1. März 1952 kam Helgoland wieder unter deutsche Verwaltung, und der Wiederaufbau begann. Wie es auf Helgoland damals aussah, zeigt Abb. 4.

Schon am 27. März 1952 wurde im Südhafen vom Wasser- und Schiffsahrtsamt Tönning, das für die bundeseigenen Hafenanlagen auf der Insel zuständig ist, ein mechanischer Schwimmerschreibpegel System Wilcke-Fueß in Betrieb genommen; der reguläre Betrieb begann am 1. 11. 1952. Seitdem werden lückenlose Beobachtungswerte im Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch, Küstengebiet der Nord- und Ostsee, veröffentlicht.

Das Pegelrohr war an der Nordkaje, der Lattenpegel an der Westkaje des Südhafens

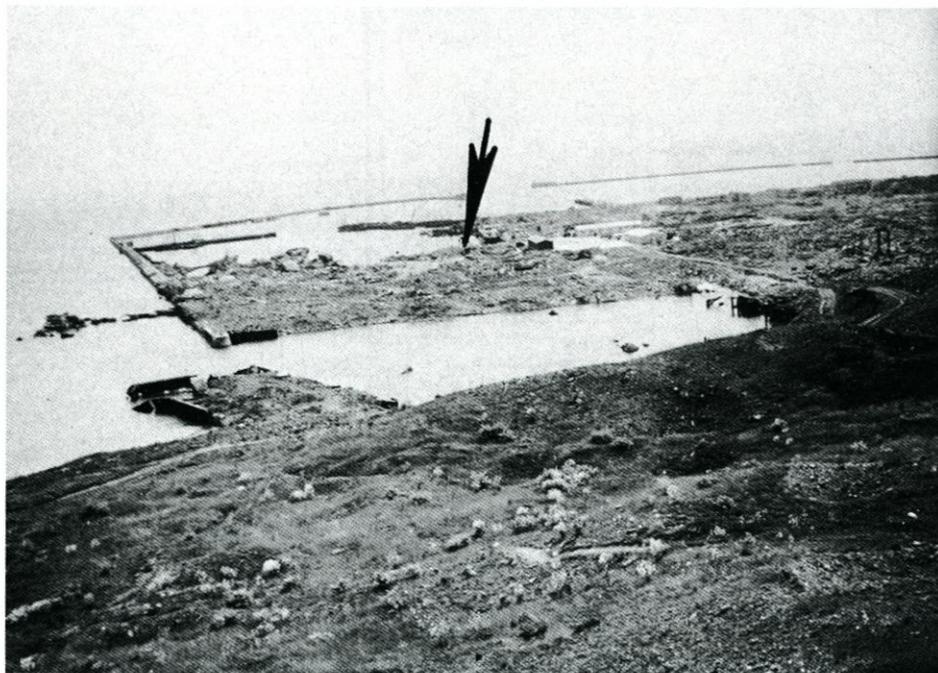


Abb. 4. Blick vom Flakturm, dem späteren Leuchtturm, auf die Hafenanlagen von Helgoland. Aufnahme datum 10. Juni 1952. In Bildmitte Binnenhafenmole und Binnenhafen. Der Pfeil zeigt auf den Standort des Ende März 1952 aufgestellten Pegels



Abb. 5. Das Pegelhaus des 1958/59 an der Binnenhafenmole gebauten Pegels

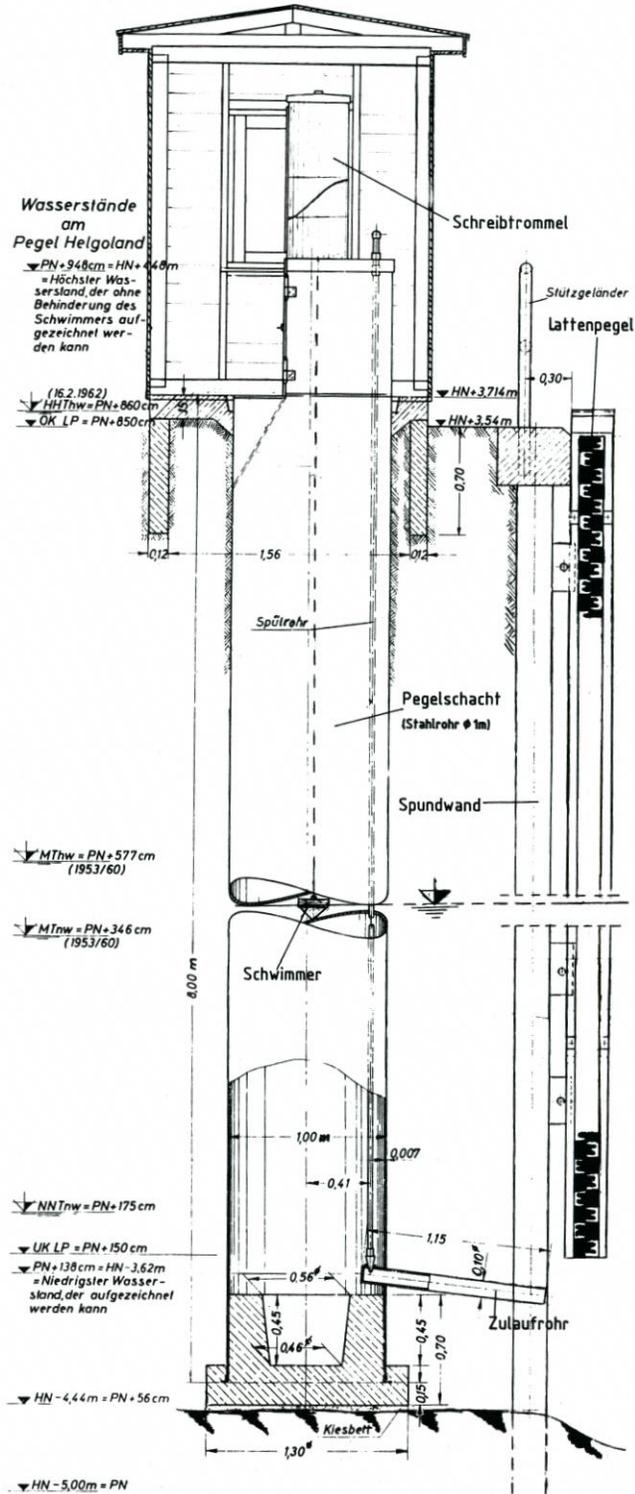


Abb. 6. Schnitt durch die Pegelanlage von 1958/59. HN bedeutet Helgoländer Null

angebracht. Dieser Pegel wurde im November 1953 durch einen elektrischen Fernpegel System Fueß mit Schwimmer und elektrischem Ferngeber 1050 R ersetzt. Das Schwimmerrohr befand sich an der Nordkaje nahe des Winkels mit der Westkaje, etwa 15 m westlich des Standorts des mechanischen Schwimmerpegels. Diese Standorte sind praktisch mit dem Standort 2 aus Abb. 3 von 1909 bis 1921 identisch. Der elektrische Schwimmer-Fernpegel wurde im Oktober 1964 an die aus Westkaje und Westdamm gebildete Ecke des Südhafens verlegt (Standort 5 in Abb. 3) und ist dort weiterhin als Betriebspegel im Einsatz. Die Tidekurven werden im Büro des Hafenmeisters auf dem Südhafengelände aufgezeichnet, im allgemeinen aber nicht ausgewertet.

Nachdem der Wiederaufbau von Helgoland abgeschlossen worden war, sollte der Hauptpegel wieder im Bereich zwischen Landungsbrücke und Binnenhafen eingerichtet werden. Die Planungen dafür dauerten von 1956 bis 1958. Nachdem ursprünglich die Landungsbrücke der Gemeinde als Standort vorgesehen war, wurde schließlich der Kopf der neuen Binnenhafenmole gewählt (Abb. 3, Standort 4). Es kam ein mechanischer Schwimmerschreibpegel System Büsum-Ott zur Verwendung. Dieser Pegel, der vom 14. 8. 1959 an in Betrieb ist, gilt seit dem 1. 11. 1959 als der Hauptpegel Helgoland, dessen Beobachtungsdaten im Gewässerkundlichen Jahrbuch veröffentlicht werden.

Abb. 5 zeigt das Pegelhäuschen dieses Pegels, und in Abb. 6 ist die Pegelanlage im Schnitt dargestellt. Von März 1965 bis September 1979 war hier zusätzlich ein Mittelwertdrucker zeitweise eingesetzt. In Abb. 7 ist zusammengestellt, in welchen Zeiten an den verschiedenen Standorten Pegel auf Helgoland betrieben worden sind.

Im Zuge des Neubaus der Binnenhafenmole, der für 1990/91 vorgesehen ist, muß auch die Pegelanlage neu gebaut werden. Der Standort der neuen Pegelanlage wird dabei um etwa 10 m nach Süden verlegt, bis an die südliche Ecke der Binnenhafenmole. Das Zulaufrohr zum

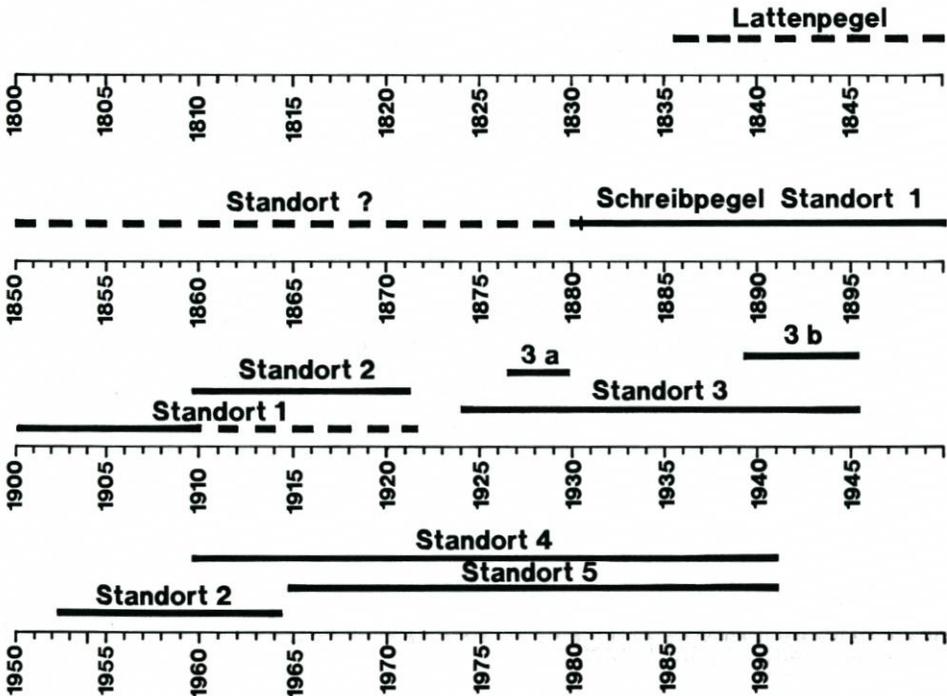


Abb. 7. Betriebszeiten der Pegel an den verschiedenen Standorten

Pegelschacht soll dann an der Südseite der Mole in den Binnenhafen münden und nicht mehr wie bisher vor dem Molenkopf. Im Binnenhafen sind größere Tiefen vorhanden, so daß das Zulaufrohr tiefer gelegt werden kann und kein Trockenfallen bei extremen Tnw mehr befürchtet werden muß. Diese geringe Verschiebung ist für die Vergleichbarkeit der neuen mit den früheren Aufzeichnungen ohne Bedeutung, so daß der Pegelstandort 4 als unverändert angesehen werden kann. Für die Bauzeit wird ein Hilfspegel am Ende der Ostmauer gegenüber dem Pegelstandort 4 errichtet, damit die Beobachtungen nicht unterbrochen werden. Dieser Hilfspegel wird schon einige Zeit vor dem Abbruch der alten Anlage in Betrieb genommen werden und auch einige Zeit nach Fertigstellung der neuen Anlage bis in das Jahr 1992 in Betrieb bleiben.

## 5. Schlußbetrachtung

Die Bedeutung von Helgoland als Pegelort ist schon früh erkannt worden. Kam es bei den ersten Messungen 1835 darauf an, überhaupt Werte über den Tidehub sowie Ebbe- und Flutdauer zu gewinnen, so war später beim Bau des Schreibpegels insbesondere auch die absolute Höhe der Wasserstände wichtig, um – wie es BÖRGEN in seinem Antrag vom 12. Januar 1877 ausdrückte – „einen richtigen Vergleich der mittleren Höhen der Meeresoberfläche mit den Meßorten an der Küste zu erhalten.“ Dazu war ein Anschluß des Pegel-Nullpunkts (PNP) an das Höhennetz des Festlandes erforderlich.

Bereits vor Inbetriebnahme des Pegels wurde 1878 eine erste Höhenübertragung vom Festland nach Helgoland durch das Preußische Geodätische Institut vorgenommen und ein Höhenpunkt, der „Astronomische Pfeiler (A. P.)“, auf dem Oberland beim Alten Leuchtturm hergestellt. Weitere Höhenübertragungen folgten 1881 und 1888. Alle Höhenübertragungen sind ausführlich und mit allen Daten von HELMERT (1895) beschrieben.

Auf den Astronomischen Pfeiler wurde der PNP von Helgoland bezogen. Es zeigte sich aber, daß die Höhe für PNP zu groß war und damit die aufgezeichneten Wasserstände zu klein angegeben wurden. Es sind in den inzwischen vergangenen mehr als hundert Jahren zahlreiche Versuche gemacht worden, die wahre, auf NN bezogene Höhe des PNP zu bestimmen, worüber LOHRBERG (1966, 1980 und 1987) ausführlich berichtet. Auch LASSEN (1989) ist auf die Frage der Höhenlage des PNP von Helgoland eingegangen. Über die von LOHRBERG (1987) erwähnten Satellitenmessungen, die nur ellipsoidische Höhen lieferten, teilt MEISWINKEL (1987) mit, daß es anhand der vorliegenden Geoidmodelle schwerfällt, die Höhen auf NN zu überführen.

Betrachtet man die Satellitenmessungen 1986/87 als Nullmessung, kann auch ohne Bezug auf NN die absolute Veränderung der Höhenlage der betrachteten Festpunkte und damit des PNP Helgoland aus dem Vergleich mit Wiederholungsmessungen festgestellt werden. Solche Wiederholungsmessungen sind im Abstand von 3 bis 5 Jahren geplant (MEISWINKEL, 1987). Man würde dann wissen, ob sich Helgoland z. B. infolge salttektonischer Vorgänge noch hebt und wie groß der Absolutbetrag einer solchen Hebung tatsächlich ist. Entsprechend müßten die Wasserstandsdaten eventuell korrigiert werden.

Es wird sich dann zeigen, ob und wie weit das abweichende Verhalten der in (ROHDE, 1982) dargestellten Ganglinien des MThw und MTnw von den entsprechenden Ganglinien anderer Küstenpegel (ROHDE, 1977) auf eine Hebung der Insel zurückzuführen ist oder andere Ursachen hat. Ist keine Änderung der Höhenlage festzustellen, so lassen sich die am Pegel gemessenen Wasserstandsdaten ohne Korrektur verwenden und für die Ermittlung des säkularen Meeresspiegelanstiegs unmittelbar auswerten.

Wegen der großen Bedeutung, die der relativ küstenferne Pegel Helgoland für die Erforschung der Wasserstandsverhältnisse der Deutschen Bucht und deren Veränderung hat, müssen die Wasserstandsbeobachtungen und deren Auswertungen mit größter Sorgfalt weitergeführt werden. Außerdem bleibt es nach wie vor ein dringendes Erfordernis, den Höhenbezug des PNP von Helgoland zu NN mit größtmöglicher Genauigkeit mit modernen geodätischen Mitteln herzustellen.

## 6. Schriftenverzeichnis

- BAHR, M.: Die Veränderungen der Helgoländer Düne und des umgebenden Seegebietes, J. HTG. Bd. 17, Berlin, 1939.
- BRAHMS, A.: Anfangs-Gründe der Deich- und Wasser-Baukunst. Teil 1 und 2, Aurich 1754 und 1757.
- BÖRGEN, C.: Jahresbericht 1879 über das Observatorium Wilhelmshaven. Vierteljahresschrift d. astronom. Ges., 15. Jg. Leipzig 1880.
- ECKHARDT, A.: Über den Bau des Hafens in Helgoland. Die Bautechnik 1929, H. 37.
- FLAMSTEAD, J.: A correct Tide-table, shewing the true times of High-water at London-Bridge to every day in the year 1684. Phil. Transactions Royal Soc. 1684.
- FRANZIUS, L.: Die Flutherscheinungen zwischen Helgoland und Bremen. Verhandlungen der Ges. deutscher Naturforscher und Ärzte. 63. Versammlung 1890.
- HELMERT, F. R. (Hrsg.): Zenitdistanzen zur Bestimmung der Höhenlage der Nordsee-Inseln Helgoland, Neuwerk und Wangerooge. Veröffentlichungen d. Kgl. Preuß. Geodät. Inst., Berlin, 1895.
- LASSEN, H.: Örtliche und zeitliche Variationen des Meeresspiegels in der südöstlichen Nordsee. Die Küste, H. 50, 1989.
- LEIVE, R.: Beginn des Pegelwesens im Bereich der drei Meilen Alten Landes. Stader Jahrbuch, 1981.
- LENTZ, H.: Von der Fluth und Ebbe des Meeres. Hamburg, 1873.
- LENTZ, H.: Fluth und Ebbe und die Wirkung des Windes auf den Meeresspiegel. Hamburg, 1879.
- LOHRBERG, W.: Die Lage der Nivellementspunkte auf Helgoland zu Normal-Null. Z. f. Vermessungswesen, H. 6, 1966.
- LOHRBERG, W.: Die Höhen der mittleren Tidemittelwasserstände an den Pegeln der Leuchttürme Roter Sand und Alte Weser und auf Helgoland im Vergleich mit denen einiger Küstenpegel an der Nordsee. Dt. Gewässerkd. Mitt. 24, H. 1, 1980.
- LOHRBERG, W.: Pegelnullpunkt Helgoland. Dt. Gewässerkd. Mitt. 31, H. 4, 1987.
- MEISWINKEL, H. G.: Einmessung des Pegels Helgoland über GPS. Z. f. Vermessungswesen, H. 4, 1987.
- REITZ, F. H.: Ein für das Königlich Preussische geodätische Institut der europäischen Gradmessung ausgeführter Fluthapparat. Mitt. der Geograph. Ges. in Hamburg 1876-77.
- ROHDE, H.: Wasserstandsbeobachtungen im Bereich der deutschen Nordseeküste vor der Mitte des 19. Jahrhunderts. Die Küste, H. 28, 1976.
- ROHDE, H.: Sturmfluthöhen und säkularer Wasserstandsanstieg an der deutschen Nordseeküste. Die Küste, H. 30, 1977.
- ROHDE, H.: Zur Geschichte des Pegels Helgoland. Dt. Gewässerkd. Mitt. 26, H. 5, 1982.
- SEIBT, W.: Der selbstschreibende Druckluftpegel System Seibt-Fueß. Zentralbl. d. Bauverw. Nr. 8, 1897.
- STÜCK, E., u. CAPELLE, H.: Carl Nicolai Jensen Börgen. Astronom. Nachr. Bd. 181, 1909.
- WAALWIJN, A.: Het Amsterdamse Peil. In: Drie eeuwen normaal Amsterdams peil. Hrsg. Rijkswaterstaat, Den Haag, 1986.
- WHEWELL, W.: On the results of tide observations made in 1834 at the coast guard stations in Great Britain und Ireland. Phil. Transactions Royal Soc., 1835.
- WHEWELL, W.: On the results of an extensive System of tide observations made on the coasts of Europe and America in June 1835. Phil. Transactions Royal Soc., 1836.
- o. V.: Verhandlungen des wissenschaftlichen Beiraths des Königlich-Preussischen Geodätischen Instituts im Jahre 1879. Berlin, 1879.

# Die Geschichte der Hafenanlagen der Insel Helgoland bis 1952

Von JÜRGEN THIEMANN

## Zusammenfassung

Im Schutz der Felseninsel (Rote Kliff) und der Düne (Witt Kliff) Helgolands dienten die Wasserflächen der Schifffahrt solange als Hafen, bis an der Insel Hafenanlagen errichtet wurden. Solange war auch der Südstrand an der Insel Umschlag- und Lagerplatz sowie Schiffs Liegeplatz. Für die Kaiserliche Marine wurde in den Jahren 1906 bis 1916 der erste Hafen Helgolands gebaut. Erstmals wurde in Deutschland eine große Seebaustelle eingerichtet. Nach dem 1. Weltkrieg mußten die Anlagen nach dem Versailler Friedensvertrag größtenteils wieder beseitigt werden. Die noch nutzbaren Hafenteile dienten der zivilen Schifffahrt. Zunehmende natürliche Zerstörung und fortschreitender Verfall der Bauwerke gefährdeten die Substanz der Insel und der Düne. Teilweise wurden die Hafenanlagen für eine verbesserte Nutzung durch die zivile Schifffahrt erneuert. Danach wuchs wieder das Interesse an einem Marinehafen. Die Reichs- bzw. Kriegsmarine verwirklichte 1936 bis 1943 den Wiederaufbau des Hafens und plante darüber hinaus einen noch größeren Hafen, der jedoch nur im geringen Umfang verwirklicht werden konnte. Am Ende des 2. Weltkrieges wurde die Hafenanlage durch Luftangriffe stark beschädigt und durch die große Sprengung 1947 und durch Übungsbombardierungen in den Folgejahren unbrauchbar gemacht.

In den einzelnen Zeitabschnitten mußten wegen ihrer Zweckbestimmungen aufgrund unterschiedlicher Beanspruchungen und der gewonnenen Erfahrungen verschiedene Baukonstruktionen für Molen, Ufermauern und Kajen gewählt werden. Diese werden im einzelnen vorgestellt.

## Summary

*The rocky island "Rote Kliff" and the dune "Witte Kliff" served as protection for ships until Heligoland's harbours were constructed. Until then, the southern beach of the island served as loading and storage areas as well as for mooring.*

*The first harbours in Heligoland were constructed between 1906 and 1916 for the Kaiser's navy. This was the first time that a large marine construction project took place in Germany. A major portion of this project had to be dismantled after the Treaty of Versailles following WWI. The still usable harbour sections were relegated to non-military shiptraffic. Increasing natural destruction and continuing structural deterioration endangered the island and the dune.*

*The harbours were in part repaired to enhance their use by civilian navigation. Afterwards interest in a military harbour increased. The Reichs- and War Navy rebuilt the harbour between 1936 and 1943 and planned an even larger harbour of which only a small part was completed.*

*The harbour was severely damaged by aircraft attacks toward the end of WWII. It was made useless through the large blast in 1947 and practice bombings in the following years.*

*Different construction measures, such as moles, quays and jetties had to be built during different time periods in order to deal with specific needs, different usage and to take advantage of gained experience. These individual measures are discussed here.*

## Inhalt

1. Einführung . . . . .	142
2. Die Vorgeschichte des Hafens Helgoland . . . . .	143
3. Der Marinehafen von 1906 bis 1918 . . . . .	147
3.1 Die Westmole . . . . .	151

3.2 Die Ostmole . . . . .	154
3.3 Ufermauern, Kajen und Dämme . . . . .	155
3.4 Der Scheibenhafen und das Südhafengelände . . . . .	158
3.5 Die Nutzung des Hafens bis 1918 . . . . .	160
4. Die Zerstörung der Hafenanlagen von 1920 bis 1922 . . . . .	161
5. Der Wiederaufbau der Hafenanlagen von 1928 bis 1943 . . . . .	165
5.1 Die Westmole . . . . .	168
5.2 Die Südmole . . . . .	170
5.3 Die Ostmole . . . . .	173
5.4 West-, Ost- und Süddamm . . . . .	174
6. Das Marinegroßprojekt „Hummerschere“ . . . . .	176
7. Der 2. Weltkrieg und die Nachkriegsjahre bis 1952 . . . . .	182
8. Schlußbemerkung . . . . .	184
9. Schriftenverzeichnis . . . . .	184

## 1. Einführung

Am 10. August 1890 ankerten Fahrgastsschiffe und Fahrzeuge der Kaiserlichen Marine auf der Reede vor Helgoland. Mit einem Beiboot wurde Kaiser Wilhelm II. zu der Landebrücke der Gemeinde Helgoland gebracht, auf der die Insulaner und zahlreiche Gäste ihm einen huldvollen Empfang bereiteten. Der Grund des Kaiserbesuchs war die feierliche Übernahme der von den Engländern an Deutschland abgetretenen Insel. Die Landebrücke war zu dieser Zeit die einzige feste Anlegestelle. Sie diente jedoch nur den im Passagier- und Bäderdienst für das Ein- und Ausbooten eingesetzten Helgoländer Booten. Über diese Brücke verließ Wilhelm II. noch am gleichen Tage nach nur kurzem Aufenthalt wieder die Insel (Abb. 1 und 2).

Der Helgoländer, von jeher beruflich verbunden mit der Seefahrt, vor allem mit der Fischerei, verfügte über eigens zur Ausübung dieser Berufe entwickelte Fahrzeuge. Für ihre Schaluppen, Rodder und Schniggen bestanden keine Anlege- und Festmachemöglichkeiten. Dennoch wurden ohne Hafenanlagen Handel betrieben und Güter für die Versorgung der



Abb. 1: 10. 8. 1890: Kaiser Wilhelm II. besucht die Insel Helgoland. Foto: Archiv M. Knauf, Helgoland

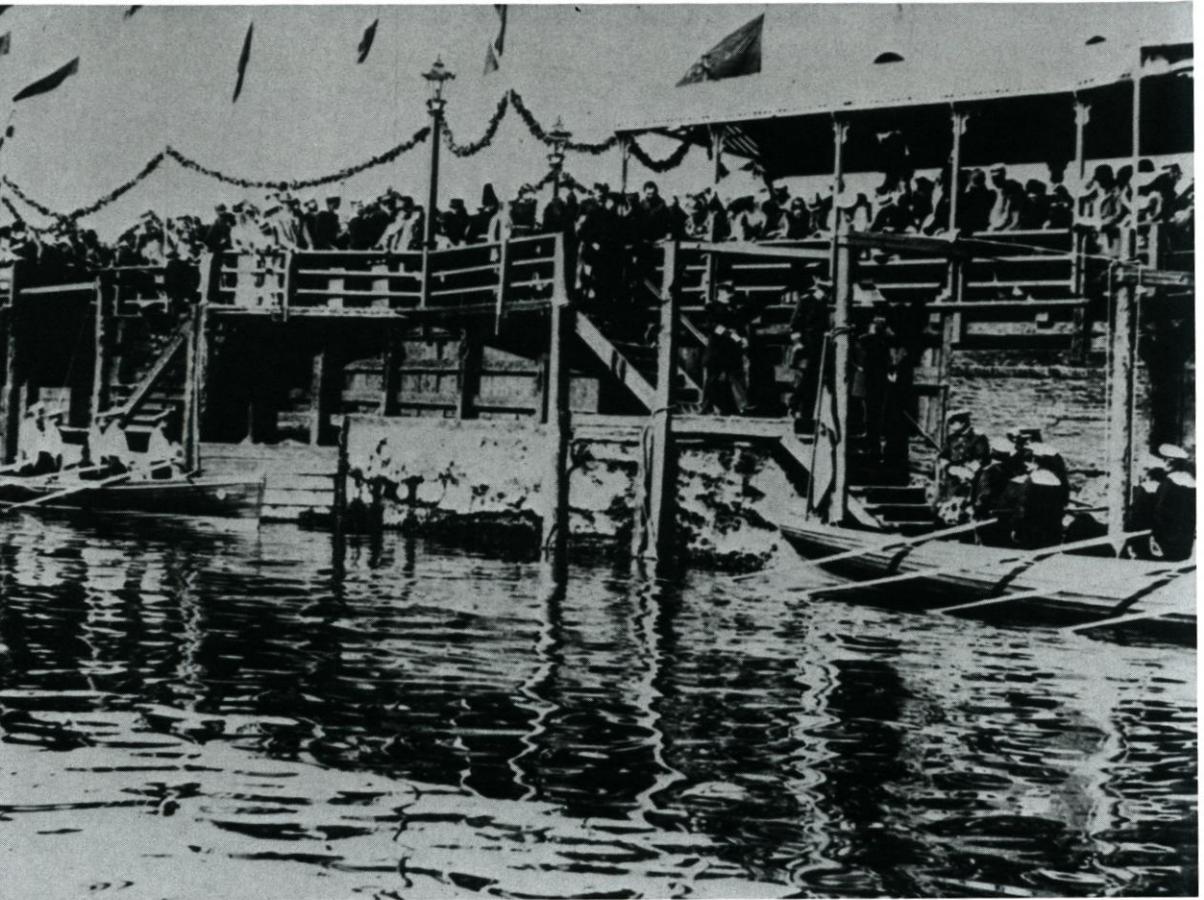


Abb. 2: Gemeinde-Landungsbrücke 10. 8. 1890

Insel umgeschlagen, Fänge aus den Fischgründen um Helgoland und der berühmte Helgoländer Hummer an Land gebracht. Wie dieses möglich war und wie die Hafenanlagen Helgolands für welchen Zweck entstanden sind, darüber soll im folgenden berichtet werden.

## 2. Die Vorgeschichte des Hafens Helgoland

Der rote Buntsandstein-Felsen der Insel Helgoland (Rote Kliff) war mit einer etwa gleich hohen Insel (Witte Klyppe) aus hellen Muschelkalk- und Kreideschichten durch einen Wall („Woal“) aus Buntsandstein-, Feuerstein- und Kalkgeröll solange verbunden, bis die Helgoländer aus wirtschaftlichen Interessen den Kalk der Witte Klyppe mehr und mehr abbauten und dieser Inselteil 1711 einer schweren Sturmflut bis auf wenige Reste zum Opfer fiel (Abb. 3). Die Verbindung schließlich brach in der Silvesternacht 1720/21 bei einer weiteren schweren Sturmflut durch.

Bis zu diesem Zeitpunkt haben das Rote und Weiße Kliff sowie der Wall den vor Helgoland nördlich und südlich des Walls ankernden Schiffen hinreichend Schutz geboten. In



Abb. 3: Neue Landkarte von der Insul Helgelandt, 1649, Joh. Mejer, Husum

alten Seekarten werden diese Wasserflächen als „Nordhafen“ bzw. „Südhafen“ bezeichnet (Abb. 4).

Der fortschreitende natürlicher Abtrag der Verbindung zwischen der Hauptinsel und den Resten der Kalkinsel (heute Düne) veränderte Richtung und Stärke der Tidedrömungen und der Wellen. Diese als „Hafen“ benutzten Wasserflächen boten bei Schlechtwetterlagen nunmehr nur denjenigen Schiffen gefahrlosen Schutz, die mit starkem Ankergeschirr ausgerüstet waren, welches auch auf felsigem Untergrund Halt fand. Anderen Schiffen drohte bei entsprechender Wetterlage ein Abdriften oder eine Strandung an den nahen flachen Unterwasserklippen des Felssockels oder an den Resten der „Witte Klyppe“.

Handelsschiffe und Fischkutter, die in Helgoland Güter anlanden wollten, mußten entweder ihre Waren auf kleine Boote umladen oder fuhren selbst in die Nähe des Strandes am Unterland der Insel, wo die Ware durchs Wasser ans Ufer getragen werden mußte, wenn sie sich nicht mit ihrer Ladung trockenfallen ließen oder bei entsprechendem Wasserstand auf den Strand gezogen wurden. Das Anlandbringen der Waren und der Passagiere wurde durch den Einsatz von Wagen (sogenannte Stechwagen), die über den Strand je nach Tide in das Wasser gerollt wurden, oder durch ins Wasser gebaute kleine Stege verbessert (Abb. 5 und 6).

Der Durchbruch und Abtrag des Verbindungsdammes veränderten mit der Zeit auch die Strände am Unterland der Insel. Diese waren im Laufe der Jahrhunderte durch Abbruch und

Verwitterung des Buntsandstein-Felsens sowie durch von Strömung und Brandung herantransportiertes Sandmaterial entstanden. Anfangs wurden die Strände durch das Material des zerstörten „Woal“ genährt. Später jedoch kam es zunehmend zum Abbruch des Unterlandstrandes. Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken, wurde der nördliche Teil des Strandes mit einfachen hölzernen und stählernen Hochwasser- und Wellenschutzbauten (Bohl- und Palisadenwerke) geschützt.

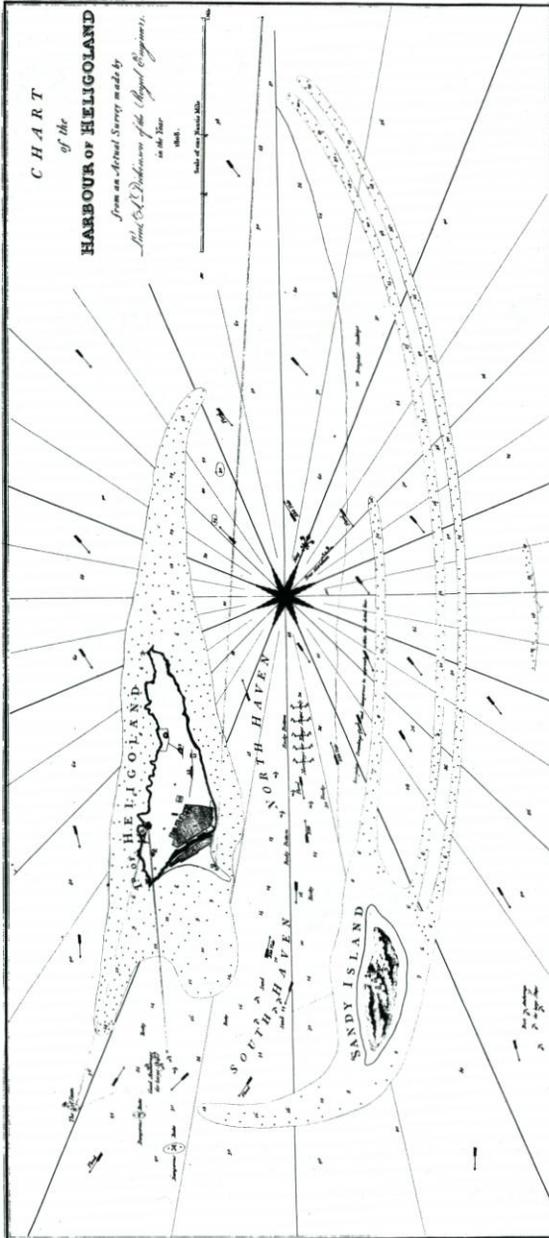


Abb. 4



Abb. 5: Südstrand mit Gemeinde-Landungsbrücke, 1910. Foto: Archiv Schensky, Helgoland

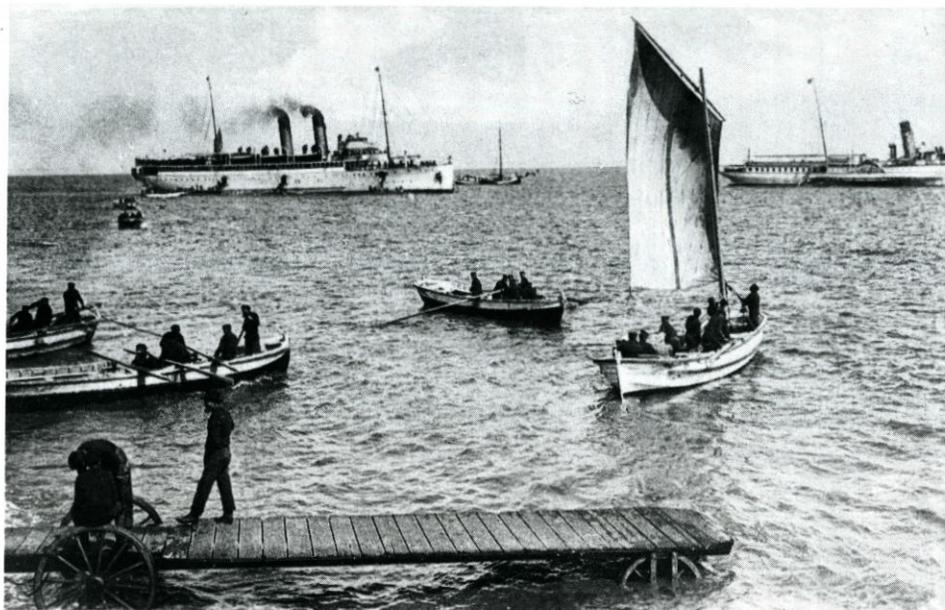


Abb. 6: Südstrand mit „Stechwagen“. Foto: Archiv P.-H. Sahling, Helgoland

Zunehmende Bebauung des Unterlandes erforderte auch Uferschutzmaßnahmen. So wurden im 19. Jahrhundert verschiedene Bauwerke für den Strandschutz mit unterschiedlichen, zumeist negativen Erfolgen errichtet, bis der Bau einer massiven Uferschutzwand verwirklicht werden konnte (Abb. 7).



Abb. 7: Uferschutzwand mit Biologischer Anstalt, 1926. Foto: Archiv Schensky, Helgoland

Der vor allem als Lager- und Landeplatz dienende südliche Teil des Strandes lag teilweise im Schutz dieser Bauwerke. Dieser Schutz wurde 1872 durch den vom englischen Gouverneur MAXSE veranlaßten Bau einer hölzernen, mit Geröll ausgekofferten ersten Brücke, der Gemeindelandungsbrücke, verbessert (Abb. 8, vergl. Abb. 1 und 2). Diese wie eine Bühne wirkende Brücke wurde 1883 verlängert, 1904 durch Sturmfluten teilweise zerstört, wieder instandgesetzt und 1907 wegen zunehmender Versandung durch eine Stahlkonstruktion verlängert. Die stählerne Brücke wurde später mit einer Spundwand dichtgesetzt und durch einen Wellenbrecher nochmals verlängert.

### 3. Der Marinehafen von 1906 bis 1918

Als erste Hafenumschlagsanlage diente die 1892 am südlichen Ende des Südstrandes, etwa 100 m nordöstlich der südlichen Inselfspitze (Sathurn) errichtete, 70 m lange und 6 m breite Mole. Sie bestand aus im Verband gesetzten Granitblöcken als Verblendung und dazwischen eingebrachten Stampfbeton (Abb. 9). Ausschlaggebend für den Bau dieser Mole war der dringende Bedarf für eine Umschlagstelle, vor allem für Baustoffe und Geräte, die für die in dieser Zeit begonnenen Bauten im Rahmen der Fortifikation des Oberlandes der Insel benötigt wurden.



Abb. 8: Gemeinde-Landungsbrücke, 1872. Foto: Archiv P.-H. Sahling, Helgoland

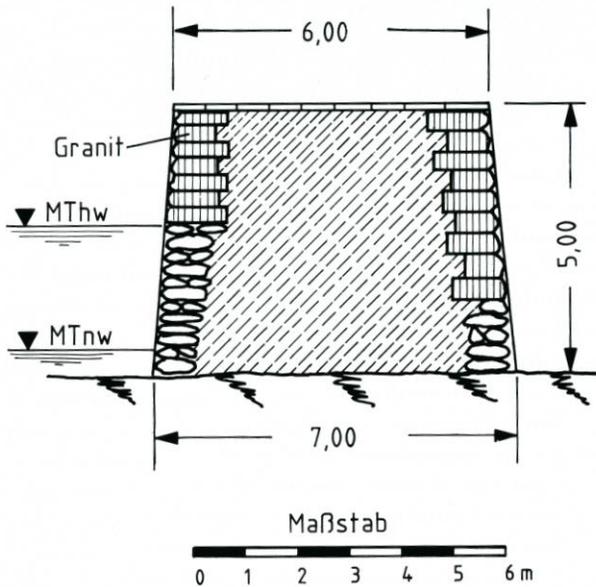


Abb. 9: Querschnitt der ersten Mole, 1892

In der rückwärtigen Verlängerung der Mole konnte bereits 1893 der durch den Felsen zum Oberland getriebene Stollen fertiggestellt werden. Mit einem Schrägaufzug wurden die über See herantransportierten Materialien zum Oberland gebracht (Abb. 10). Schon wenige Jahre später konnte diese Mole (Marinemole genannt) den Bedarf an Liege- und Lagerplätzen

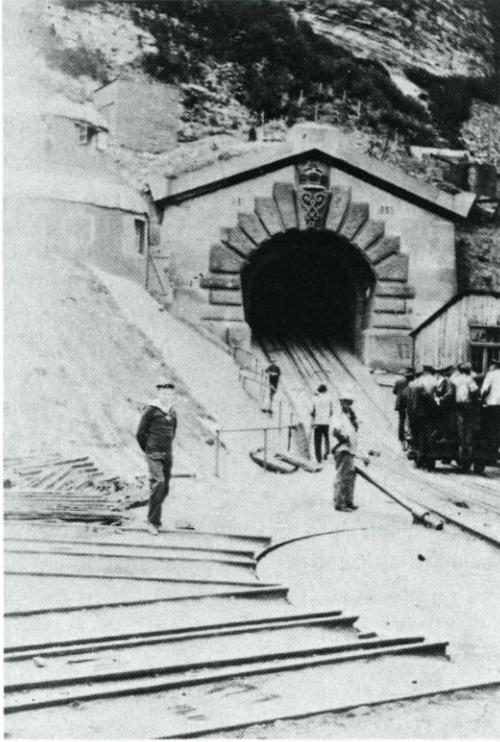


Abb. 10: Eingang zum Stollen mit Schrägaufzug, erbaut 1891/93. Foto: Archiv M. Knauß, Helgoland

nicht mehr decken. Sie wurde 1908 mit Beginn der Baumaßnahmen für den Marinehafen durch eine 40 m lange und 5 m breite stählerne Brücke verlängert. Später wurde diese Mole nochmals verlängert und auch verbreitert.

Um 1890 änderte Wilhelm II. Bismarcks Politik der Europäischen Allianzen mit einem Bruch mit Rußland und einer Annäherung an Großbritannien mit einer kontinental ausgerichteten Wirtschaftspolitik. Ab 1897 nahmen VON BÜLOW und VON TIRPITZ Einfluß auf diese Politik mit dem Grundgedanken, abgestützt auf eine eigene große Flotte, weltweit gegen England offensiv zu werden. Die bestehende Flotte wurde dementsprechend vergrößert. Hierbei hatte die Insel Helgoland mit ihrer vorgeschobenen Lage in der Deutschen Bucht eine besondere Bedeutung.

Die in der Nordsee operierenden Fahrzeuge der Kaiserlichen Marine mußten stets ihre Fahrten so einrichten, daß sie rechtzeitig in die Ausgangshäfen Cuxhaven, Bremerhaven oder Wilhelmshaven oder in die geschützten Flußmündungen zur Versorgung mit Treibstoffen und Nachschubgütern zurückkehrten. Eine Versorgung der unter dem Schutz der Insel Helgoland vor Anker liegenden Marineeinheiten durch längsseits gehende Fahrzeuge war wegen der ständig herrschenden Dünung äußerst schwierig, wenn nicht sogar unmöglich. Das Ankern war zudem durch den felsigen Untergrund erschwert.

Diese Umstände und strategische Gesichtspunkte führten zu dem Plan der Errichtung eines Stützpunktes in Helgoland. Bedeutsam war ferner die Tatsache, daß im Winter die Gewässer um Helgoland nahezu eisfrei blieben. Neben dem militärischen Interesse bestand auch in der Fischerei schon seit langem der Wunsch, die Insel Helgoland mit sicheren

Liegeplätzen zum Schutz gegen Sturm und Seegang dann aufsuchen zu können, wenn ein Fischen auf den Fangplätzen und auch ein Einlaufen in die Flußmündungen erschwert oder mit zu hohem Risiko verbunden waren. Im Vordergrund standen jedoch die militärischen Überlegungen der Marine.

So wurden 1906 bis 1908 verschiedene Möglichkeiten für den Bau eines Marinehafens untersucht. Hierbei mußten die geologischen, meteorologischen und hydrologischen Gegebenheiten und der bisher bereits durchgeführte Uferschutz, die vorhandene Landebrücke und auch die Interessen der Helgoländer, der Fischerei und des Seebades berücksichtigt werden. Diese Fakten führten schließlich zu der Entscheidung, einen Hafen süd- und südöstlich der Insel anzulegen.

Die geologische Struktur des Inselsockels mit flachen Unterwasserklippen war mit ausschlaggebend für die Linienführung der den Hafen umfassenden und schützenden Wellenbrecher. Von der Südspitze der Insel wurde eine auf 900 m Länge in südliche Richtung verlaufende und dann nach Osten abknickende Mole zum Schutz gegen West- und Südweststürme vorgesehen. Zum Schutz der geplanten Hafenbecken und des Hafengeländes vor Nord- und Oststürmen wurde die Ostmole geplant. Die Molen umfaßten eine Hafenfläche von 50 ha. 20 ha sollten als Landfläche, 30 ha als Wasserfläche zur Verfügung stehen. Bedeutsam für die Planung des Hafens an dieser Stelle war auch die bereits vorhandene und für den Umschlag der Baumaterialien nutzbare Marinemole (Abb. 11).

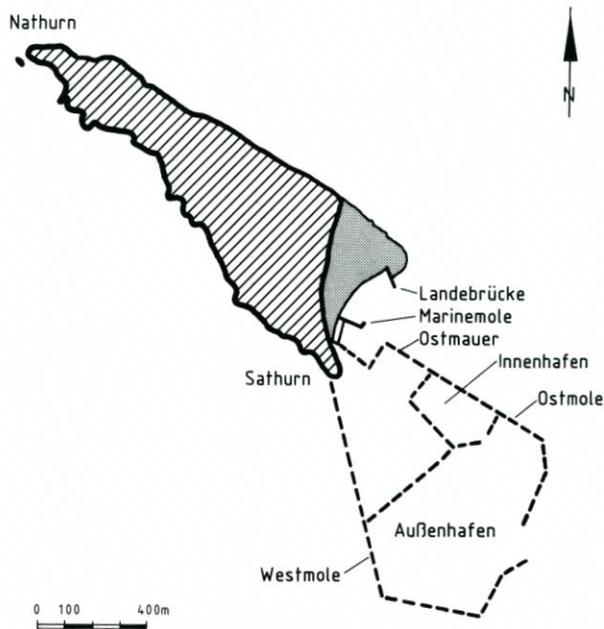


Abb. 11: Planung eines Marinehafens, 1906

Unzureichende Lagermöglichkeiten im Süden zwischen Marinemole und Südspitze der Insel zwangen zunächst zum Bau eines Gerüsts entlang der steil aufragenden Felsen des Südhorn (Sathurn). Dieses Gerüst mußte für den Transport und die hochwasserfreie Lagerung der Baumaterialien und für das Aufstellen von Wohnbaracken solange dienen, bis die angrenzenden Wasserflächen für das spätere Hafengelände aufgespült waren.

## 3.1 Die Westmole

1908 wurde mit dem Bau der Westmole an der Südspitze der Insel begonnen. Auf 440 m Länge wurden zwei parallel verlaufende, 1,5 m breite und je nach Wassertiefe bis zu 2,0 m hohe Fundamentstreifen gelegt. Diese bestanden aus mit Beton gefüllten Säcken, die im Tidebetrieb von Hand auf dem felsigen Untergrund im Verband abgelegt wurden. Diese Methode war eine für damalige Verhältnisse einfache, aber sichere Art der Herstellung von Unterwasserbeton ohne Großgerät bzw. Gerüst.

Zwischen den Fundamentstreifen wurde Schüttbeton eingebracht und dann der Molenkörper aufgesetzt. Dieser bestand auf der Seeseite aus vermauerten Granitquadern, die zugleich als Schalung für den Stampfbeton dienten, nachdem auf der Innenseite eine Holzschalung aufgestellt worden war.

Das Verfahren der Sackbetonfundamente mußte damals dort versagen, wo im tiefen Wasser die Säcke nicht mehr von Hand verlegt werden konnten. So wurde von Station 440 bis 650 der Fundamentbeton von einem Gerüst über Stahltrichter und Rohre eingebracht. Die in den Fels gerammten Stahlträger des Gerüsts dienten teilweise als seitliche Schalungsträger für den Unterwasserbeton.

Der über Niedrigwasser aufsteigende Molenkörper wurde, wie oben beschrieben, aufgebaut. Die so auf 650 m Länge hergestellte Mole wurde entsprechend dem Baufortschritt im Zuge der Aufspülarbeiten zur Herstellung des Hafengeländes hinterfüllt. Dieser von 1908 bis 1912 hergestellte und hinterfüllte Molenabschnitt stellt in seinem Grundaufbau die noch heute vorhandene Westmauer dar (Abb. 12).

Der Baufortschritt in den bisher gewählten Bauweisen litt unter häufigen Unterbrechungen infolge ungünstiger Tiden und Sturmfluten mit Beschädigungen und auch teilweiser Zerstörung des gerade hergestellten Baukörpers. Um dieses beim Weiterbau der Mole zu vermeiden und um den Baufortschritt zu beschleunigen, wurde ab Station 650 das Bauverfahren auf eine Senkkastenbauweise umgestellt. Auch zwangen die inzwischen erreichten große-

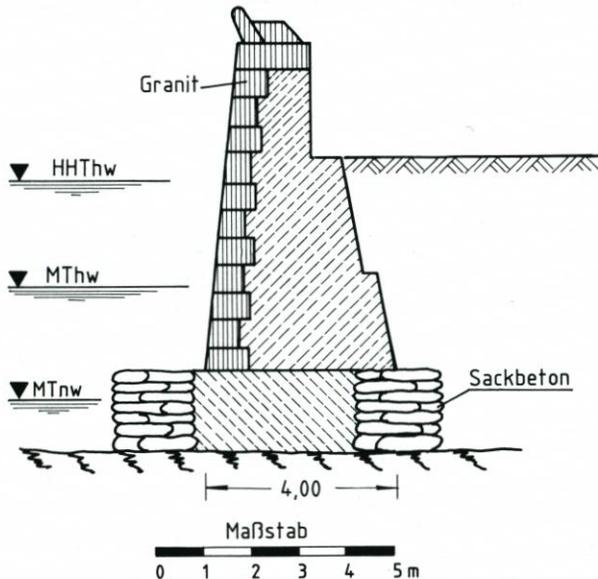


Abb. 12: Querschnitt der Westmole (Westmauer), Station 0-440, 1908

ren Wassertiefen zu einer Änderung des Verfahrens. Aufgrund schlechter Erfahrungen der Marinebauverwaltung bei der Herstellung von Stahlbeton im Seebereich, u. a. in Wilhelmshaven, wurden stählerne Schwimmkästen, und zwar von 20 m Länge, 8 m Breite, 6 bis 11 m Höhe auf Werften in Emden und Kiel gebaut, zur Einbaustelle nach Helgoland geschleppt und durch Fluten an Ort und Stelle abgesetzt. Wegen der langfristig zu erwartenden Korrosion mauerte man die Stahlkästen innen mit Klinker aus. Die Zwischenräume verfüllte man mit Magerbeton. Der obere Molenkörper bestand aus einer beidseitigen Granitquaderverblendung und aus Stampfbeton (Abb. 13).

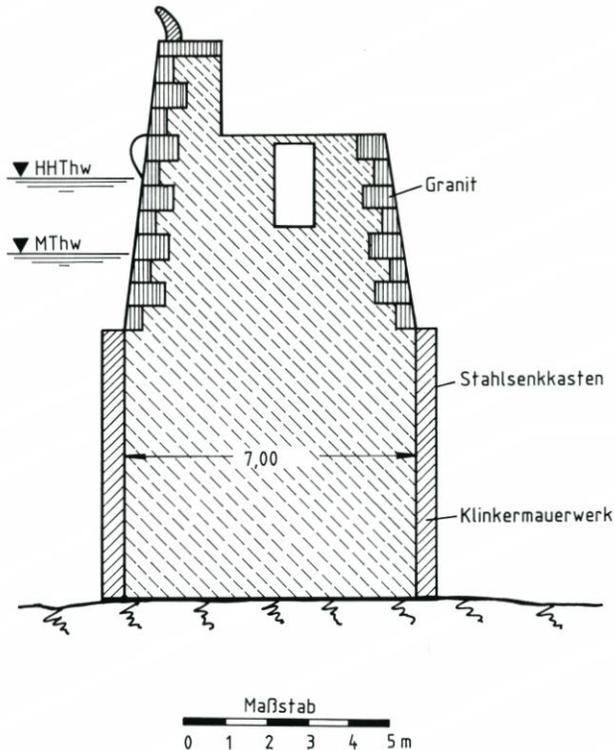


Abb. 13: Querschnitt der Westmole (Senkkastenbauweise) Station 650, 1913/14

Der Nord-Süd-Verlauf der Westmole wurde bei Station 900 in eine WNW-OSO und ab Stat. 1250 in eine SW-NO-Richtung geändert. (Ab Station 900 wurde dieser Molenabschnitt später Südmole genannt.) Die Senkkastenbauweise wurde bis zum Molenkopf an der Hafeneinfahrt (Stat. 1500) beibehalten (Abb. 14).

Das Absenken der Stahlkästen erforderte schwierige Vorarbeiten. Unter Einsatz von Tauchern mußte der felsige Untergrund gereinigt und eingeebnet werden. Zum Ausgleich größerer Höhenunterschiede an der Felssohle waren Felsbaggerungen durch speziell verstärkte Eimerkettenbagger erforderlich. Bei geringeren Höhenunterschieden mußten Ausgleichsschichten durch Schotterschüttungen angelegt werden. Wie sich später herausstellte, waren diese Schüttungen von großem Nachteil, denn bei starker Brandung stellten sich hier Sackungen und Bewegungen der Molenkörper ein.

Während dieser Bauphasen zerstörten abermals Sturmfluten die gerade fertiggestellten Teile der Mole und behinderten den Fortschritt der Arbeiten, die 1913 eigentlich abgeschlos-

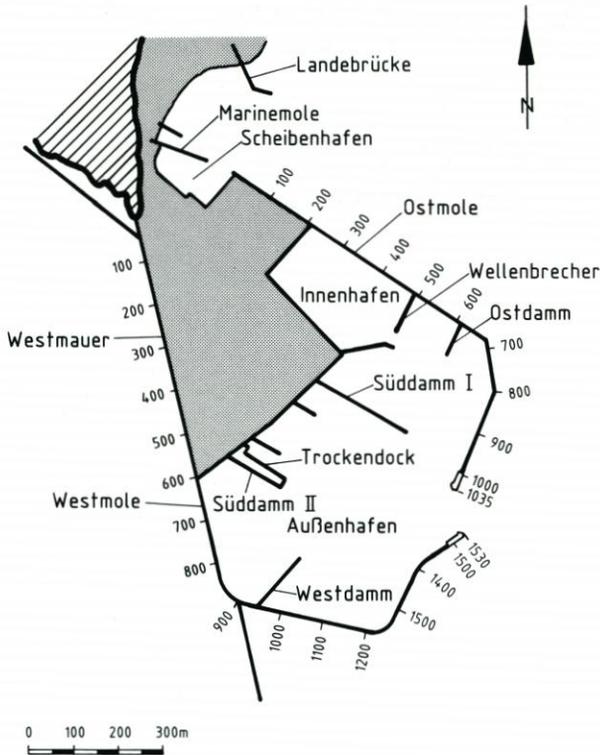


Abb. 14: Der Marinehafen, 1916

sen sein sollten. Überwiegend traten Schäden an der Molenkrone auf. Bei der Wintersturmflut 1913 wurde sogar ein abgesetzter Senkkasten mit 3500 t Gewicht um mehrere Meter verschoben. Die vor der Mole brandenden Wellen überstiegen das Maß der damals der Berechnung zugrundegelegten Größenordnungen. Die Sorge um die Standsicherheit der Mole und um den Bestand des dahinterliegenden, inzwischen bebauten Hafengeländes wuchs. Im Schutz der von der Südspitze der Insel in Richtung Süden vorgetriebenen Westmole war nämlich inzwischen ab 1908 das Hafengelände im großen Maße aufgespült und für die Errichtung von Lagerplätzen, Betriebsstätten, Werkstätten und für den weiteren Ausbau des Hafens baureif gemacht worden.

Um den in der Elbmündung und in der Jade sowie auf der Loreleybank gewonnenen Sandboden in Helgoland aufspülen zu können, mußten planmäßig für die Aufspülung des Hafengeländes Spülfelder angelegt werden. Diese wurden durch Buschdämme, Sinkstücklagen und Faschinenpackwerk gesichert. Abschließend wurden die Landflächen durch Ufermauern eingefaßt.

ECKHARDT berichtet aus eigenem Erleben über die verheerende Wirkung der Sturmflut am 16.2. 1916 und beschreibt, daß eine hohe brandende Welle die Brüstungsmauer der Westmole auf 400 m Länge zum Einsturz brachte bzw. um einige Meter verschob. Teile der Mauer versanken hinter der Mole. Das Hafengelände wurde überströmt, große Schäden entstanden an den bereits errichteten Hafengebäuden.

Als Schadensursache wurde eine mangelhafte Ausbildung der Sohlenfuge oder der Fuge zwischen dem aufgehenden Mauerteil und dem Unterbau der Mole angesehen. Als Folgemaß-



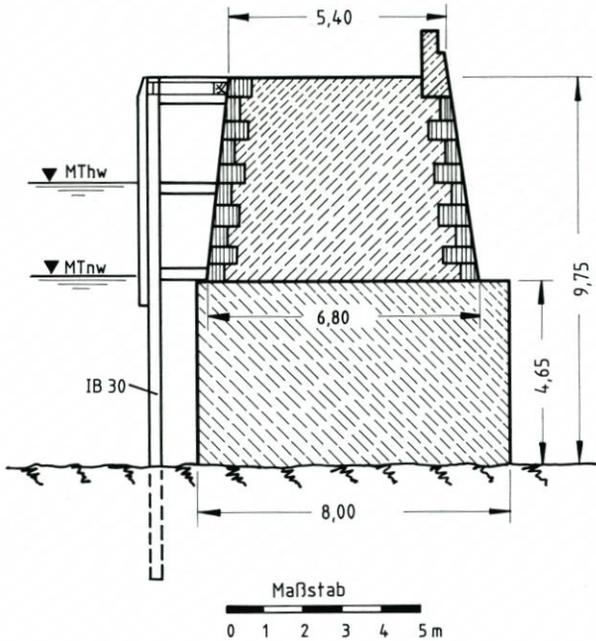


Abb. 16: Querschnitt der Ostmole (Ostkaje), Station 200-500, 1910

Das inzwischen bereits durch Uferwerke und zwei innere Wellenbrecher entstandene, zunächst für Baufahrzeuge bestimmte, aber auch schon von U-Booten benutzte Hafenbecken (sog. „Innenhafen“) war bei Schlechtwetter und Starkwinden aus südlicher Richtung nur bedingt nutzbar. Um diesen Zustand schnellstmöglich zu verbessern, entschloß man sich zu einem Weiterbau der Ostmole zunächst von Station 800 bis zu ihrem Molenkopf (Station 1035) in der beim Westmolenbau gewählten Senkkasten-Bauweise.

Für die Baustoffzufuhr über die bereits fertiggestellte Ostmole überbrückte man die Lücke von Station 500 bis 800 durch ein stählernes Gerüst. Nach Fertigstellung des Molenabschnittes in der Senkkasten-Bauweise wurde dieses Gerüst bis auf die senkrechten Tragpfähle entfernt. Zwischen die Tragpfähle verlegte man massive Betonblöcke von 10 t Einzelgewicht (Abb. 17). Die Lücke zwischen den bisher bereits fertiggestellten Abschnitten der Ostmole konnte so geschlossen werden.

Erst 1916 stand mit der Fertigstellung der den Außenhafen umschließenden Schutzmolen und Wellenbrecher ein geschützter Hafen für die Marine zur Verfügung. Mit Kriegsausbruch 1914 wurden jedoch bereits fertiggestellte Teile der Hafenanlagen in Betrieb genommen.

### 3.3 Ufermauern, Kajen und Dämme

Zeitgleich mit den Aufspülungen wurde der Ausbau des eigentlichen Hafens mit Kajen und Dämmen vorangetrieben. Hier ist besonders die damals oft praktizierte Bauweise der Steinkisten hervorzuheben. Eine Steinkiste, in der Regel 20 m lang, 6 m breit und 5-9 m hoch, bestand aus miteinander senkrecht und waagrecht verzimmerten Rund- und Kanthölzern mit ebenso verzimmerten horizontalen und vertikalen Diagonalverbänden. Dieses Holzgerüst wurde an den Seiten mit Drahtgeflecht oder auch mit Holzbohlen versehen. Auf Position

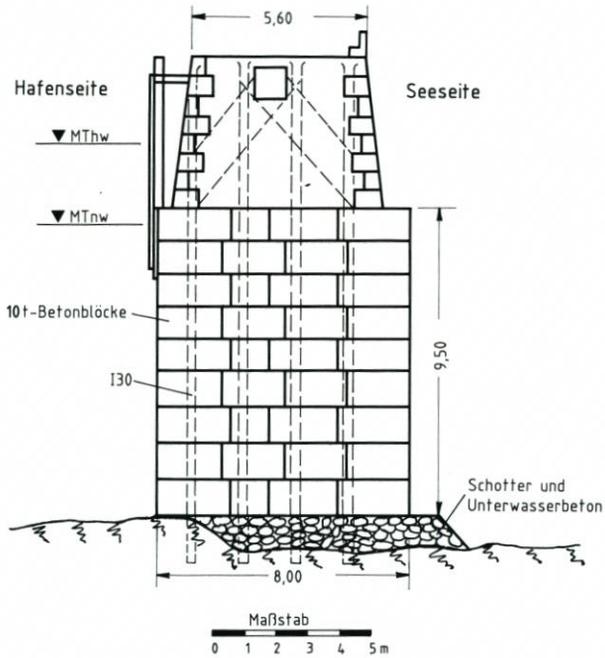


Abb. 17: Querschnitt der Ostmole, Station 500-800, 1914

geschwommen und bei Niedrigwasser abgesetzt bzw. mit Steinen und Geröll beballastet, wurde die Kiste auf ihrer Position weiter verfüllt (Abb. 18).

Mit dieser in Helgoland bevorzugten Bauweise konnten in der ersten Phase des Ausbaus des Hafenbeckens rasch senkrechte Uferwände errichtet werden. Diese Wände konnten nach

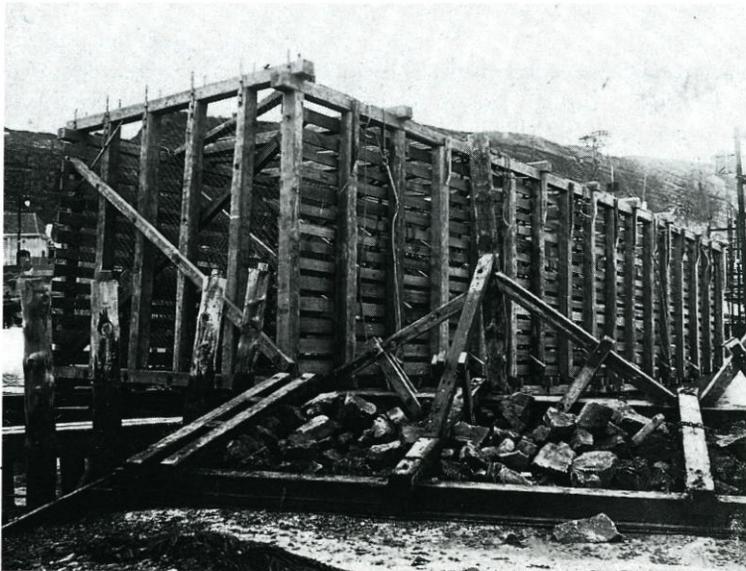


Abb. 18: Steinkasten 1910

ihrer ersten provisorischen Ausrüstung sogleich als Schiffs-liege- und Umschlagsplätze benutzt werden (Abb. 19).

Für den weiteren Ausbau zur endgültigen Kaje wurden Stahlträger vor die Steinkisten gerammt, an diesen verankert, mit Holzbohlen oder Stahlbetonplatten ausgefacht, und der



Abb. 19: Löschstelle (Kies-, Kohleumschlag) Innerer Wellenbrecher, 1914



Abb. 20: Marinehafen mit Trockendock, 1916. Foto: Archiv Stiftung Nordseemuseum, Pinneberg



Abb. 21: Marinehafen (Blick von der Südspitze der Insel), 1916

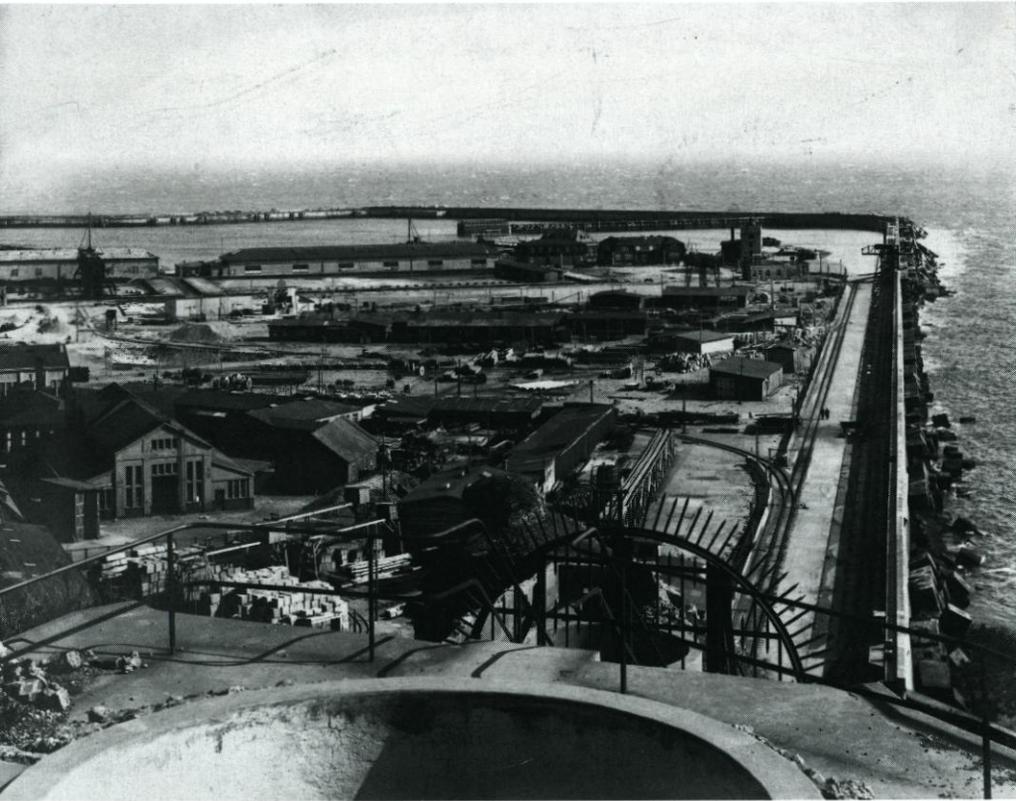
Zwischenraum zwischen Kasten und Wand wurde mit Beton, Sand und Felsgeröll aufgefüllt. In dieser Bauweise sind damals die Wellenbrecher des „Innenhafens“, die West- und Südkaje, der Süddamm I und II sowie der Westdamm an der Südmole und der Ostdamm an der Ostmole erstellt worden (vergl. Abb. 14).

#### 3.4 Der Scheibenhafen und das Südhafengelände

Die Wasserfläche an der Marinemole wurde im Zuge der Aufspülungen des Hafengeländes und der Molenerweiterung durch Uferwerke eingefasst. Die Westseite hatte 1908 bei Beginn der Aufspülung des Hafengeländes ein mit Klinkern abgepflastertes, geböschtes Ufer. Hieran schloß sich nach Süden eine Rampe an, die für das Aufschleppen von schwimmenden Zielscheiben benötigt wurde. Nach diesen Zielscheiben, die dem auf See stattfindenden Übungsschießen der Marineeinheiten dienten, wurde der hier entstandene Hafen „Scheibenhafen“ genannt (heute Binnenhafen).

Das Südostufer dieses Hafens erhielt eine senkrechte Uferwand, die oberhalb des mittleren Tidehochwassers abgeböschet wurde. In den Hafen ragte eine Transport- und Umschlagsbrücke der preußischen Bauverwaltung. Diese Verwaltung war für die Uferschutzmaßnahmen an der Düne und der Felseninsel zuständig.

Nach Fertigstellung der Molen einschl. der seeseitigen Blockvorlagen und der Hafenmau-



ern des Marinehafens und nach Abschluß der Aufspülungen konnte bis 1916 das neue Hafengelände bebaut werden. Die Bebauung richtete sich damals fast ausschließlich nach den Forderungen des Militärs. Lagerplätze und Werkstätten, ein Kraft- und Wasserwerk, Versorgungsleitungen, Gleisverbindungen, Kräne, unterirdische Tankanlagen usw. wurden errichtet.

Um Schiffe in Helgoland reparieren zu können, wurde während des 1. Weltkrieges ein Trockendock mit einer nutzbaren Länge von 110 m und einer Sohlenbreite von rd. 12 m am Südrand des Hafengeländes im westlichen Teil des Außenhafens gebaut (Abb. 20). In diesem Bereich kamen Werkstätten und Lagerplätze sowie Hallen für Wasserflugzeuge hinzu. Insgesamt wurden auf dem Hafengelände etwa 40 Gebäude errichtet (Abb. 21 und 22).

In der Zeit von 1908 bis 1916 wurden für die Hafengebauten einschl. der Hochbauten rd. 265 000 m<sup>3</sup> Beton verbaut. Hierfür war ein Antransport und der Umschlag aller Zuschlagstoffe an den in diesen Jahren erst entstandenen Hafenanlagen erforderlich. Entsprechende Lagerplätze mußten hierfür eingerichtet werden. 1,5 Mio. m<sup>3</sup> Sand wurden aufgespült und rd. 400 000 m<sup>3</sup> Fels mußten gebaggert und abtransportiert werden. In der Hauptbauzeit waren bis zu 1200 Mann auf den Baustellen beschäftigt.

Die Baukosten für alle Baumaßnahmen im Hafen betragen rd. 40 Mio. Goldmark. Der Bau der Festungswerke wie Bunker, Stollen, Geschützstellungen usw. auf dem Ober- und Unterland sowie im Hafenbereich haben Kosten in Höhe von 30 Mio. Goldmark verursacht (ECKHARDT, 1929).

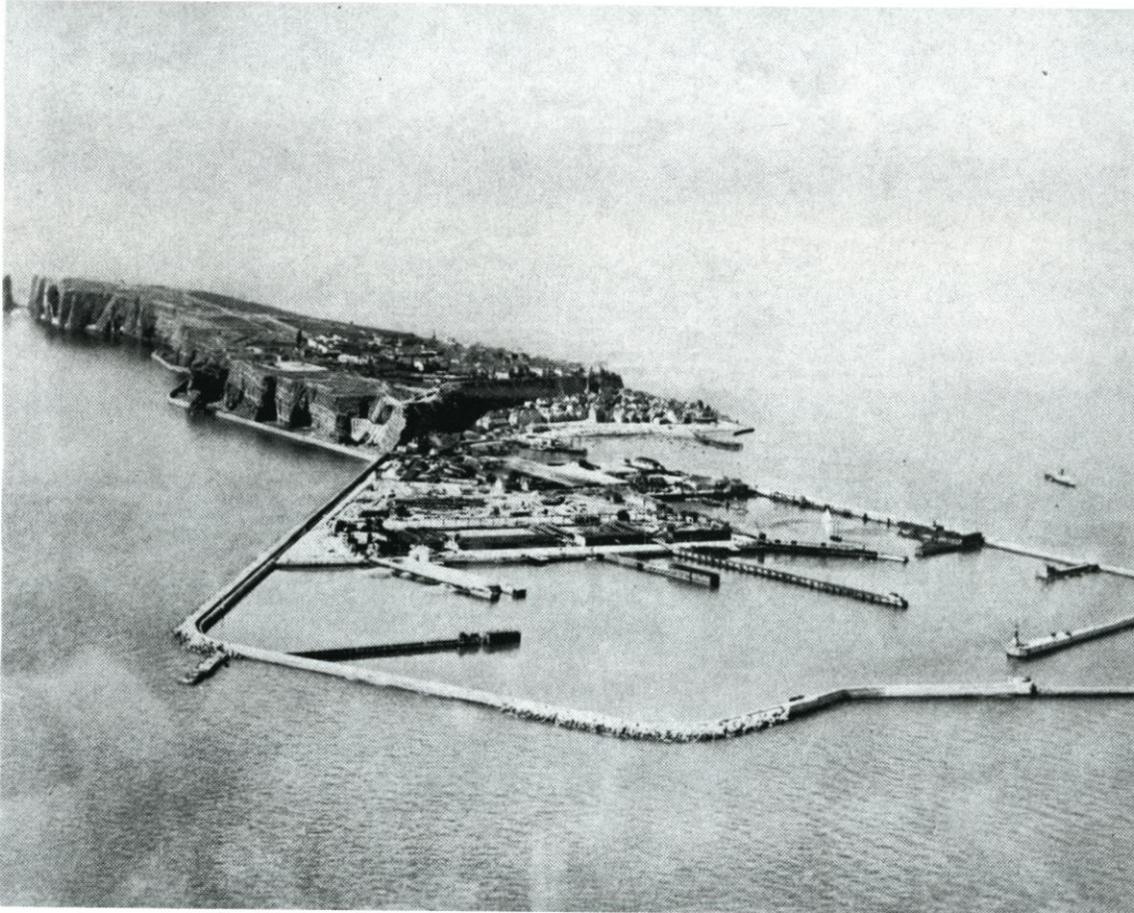


Abb. 22: Luftaufnahme vom Marinehafen, 1918

### 3.5 Die Nutzung des Hafens bis 1918

Der Planung des Marinehafens Helgoland lag hauptsächlich die Idee eines Stützpunktes für kleine Marineeinheiten wie Torpedoboote, U-Boote, Versorgungsfahrzeuge usw. zugrunde. Hierfür wurden Kajen in einer Gesamtlänge von 1800 m benötigt. Über diese neuen Kajen wurde dann auch der Umschlag von Materialien für die im großen Umfang durchzuführende Fortifikation der Insel und des Hafens sowie von Versorgungs- und Nachschubgütern getätigt.

Wenn auch in erster Linie der neue Hafen für militärische Zwecke benutzt wurde, so war er auch für kleine Handelsschiffe und Fischerboote dann von großer Bedeutung, wenn bei Schlechtwetter diese Schiffe zwangsläufig Schutz unter Helgoland suchen mußten und ausnahmsweise auch in den Hafen einlaufen durften.

Während des 1. Weltkrieges zählte man bis zu 100 Marinefahrzeuge, die an einem Tage im Hafen zur Reparatur, Versorgung und Ausrüstung lagen (Abb. 23 u. 24). Auf der Insel und im Hafen waren zeitweise 4000 Soldaten stationiert.

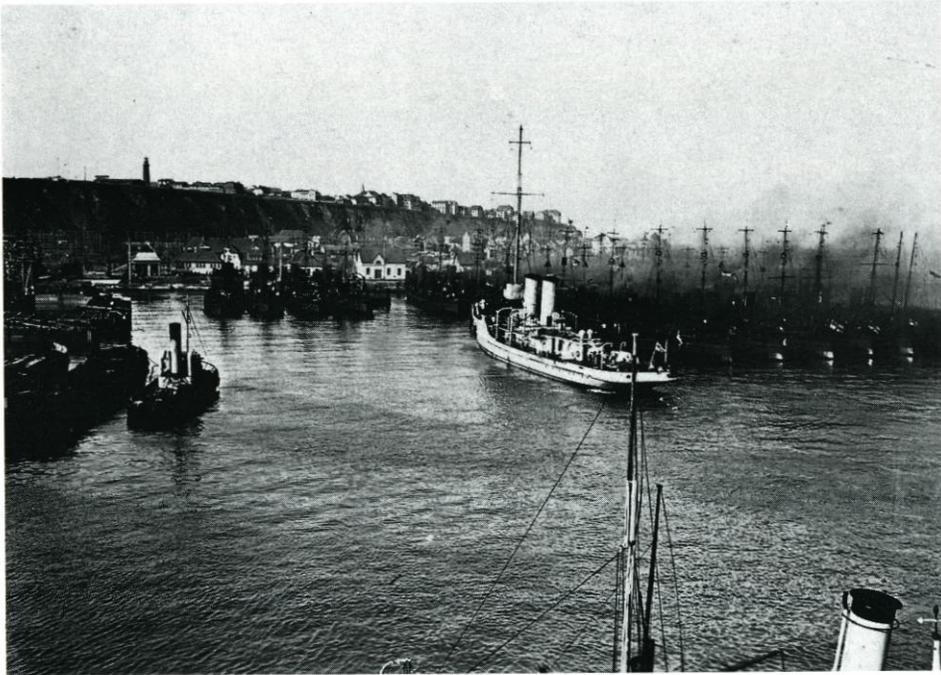


Abb. 23: Marinehafen (Innenhafen)

Am 1. 8. 1914 wurde auf Helgoland die Mobilmachung für den 1. Weltkrieg verkündet. An diesem Tage mußte die Zivilbevölkerung die Insel verlassen. Erst im Dezember 1918 konnte sie auf die Insel zurückkehren. Seegefechte fanden um Helgoland nur am 28. 8. 1914 statt. Insel und Hafen blieben von zerstörenden Kriegseinwirkungen verschont.

#### 4. Die Zerstörung der Hafenanlagen von 1920 bis 1922

Am Ende des 1. Weltkrieges wurde dem Deutschen Reich im Versailler Friedensvertrag u. a. auferlegt, den Marinestützpunkt Helgoland und die auf der Insel vorhandenen militärischen Festungsanlagen zu beseitigen. Wegen der großen Bedeutung dieses Vertrages für die Zukunft des Hafens wird der Art. 115 auszugsweise zitiert:

„Die Befestigungen, militärischen Anlagen und Häfen der Insel Helgoland und der Düne sind unter Kontrolle der Regierungen der verbündeten Hauptmächte von der Deutschen Regierung auf eigene Kosten innerhalb einer von den genannten verbündeten Regierungen festgesetzten Frist zu zerstören.

Unter „Häfen“ sind zu verstehen: Die Nord-Ostmole (gemeint Ostmole), der Westdamm (gemeint Westmole), die äußeren und inneren Wellenbrecher, die Geländeteile, die innerhalb dieser Wellenbrecher dem Meere abgewonnen sind, ebenso alle Anlagen, Befestigungen und Marine- und Militärbauten, vollendet oder in der Herstellung begriffen, soweit sie innerhalb der Linien liegen, die die nachstehenden Positionen verbinden (es folgen Koordinatenangaben, und es wird auf einen Plan der britischen Admiralität Bezug genommen). Deutschland darf weder diese Befestigungen, noch militärischen Anlagen, noch diese Häfen, noch irgendein ähnliches Werk wieder einrichten.“

Nach diesen Bestimmungen mußten die Hafenanlagen beseitigt, die Festungsanlagen und die militärische Infrastruktur zerstört werden. Nach besonderer Anweisung eines interallii-



Abb. 24: U-Boote im Innenhafen, 1914. Foto: Archiv Schensky, Helgoland

ten Überwachungsausschusses, der im Januar 1920 auf der Insel eintraf, mußten die Deutschen die Demontage nach einem genauen Zeitplan selbst durchführen. Man war bestrebt, die harten Bedingungen des Versailler Vertrages zu mildern. Es gelang nicht, den Überwachungsausschuß davon zu überzeugen, daß nach den auferlegten umfangreichen Zerstörungen der Bestand der Insel sowie der Düne gefährdet und der bisherige Schutz für die Handelsschiffe und Fischereifahrzeuge nicht mehr gegeben sei. In zähen Verhandlungen konnte jedoch erreicht werden, daß das Hafengelände nur teilweise abgetragen werden mußte.

Der Scheibenhafen wurde von der Demontage ausgenommen. Von der Westmole durften zunächst nur 100 m, von der Ostmole 500 m stehenbleiben. Weitere Verhandlungen ergaben später, daß von der Westmole (Westmauer) 350 m erhalten werden konnten. Der Ostmolenkopf blieb als Schiffsfahrtszeichen stehen, und von der Ostmole im Bereich von Station 500 bis 800 konnten die unteren Betonblöcke liegenbleiben (Abb. 25 u. 26, vgl. Abb. 17).

Die innerhalb von drei Jahren durchzuführenden Spreng- und Abbrucharbeiten konnten so terminiert werden, daß die hierfür eingesetzten schwimmenden Baufahrzeuge bis zum Ende der Maßnahmen ausreichend Schutz hinter den noch jeweils vorhandenen Teilen der Molen und Dämme fanden. Zum Schluß mußte die noch verbliebene, durch Trümmer bereits eingeeengte Hafeneinfahrt zwischen dem Ostmolenkopf und den Trümmern der Südmole mit Betonblöcken gänzlich blockiert werden. Den Umfang der oft schwierigen Arbeiten und das Ausmaß der Zerstörung sowie bautechnischen Details schildern NÜBLING und BARELMANN, (1924) (Abb. 27, 28).

Neben den Molen, Kajen, Dämmen und dem Trockendock mußten im Hafengelände fast sämtliche Hochbauten, Versorgungsanlagen, Treibstofftanklager usw. zerstört und die Trümmer abtransportiert werden. Nur wenige militärische Einrichtungen, wie Teile eines Kraft-

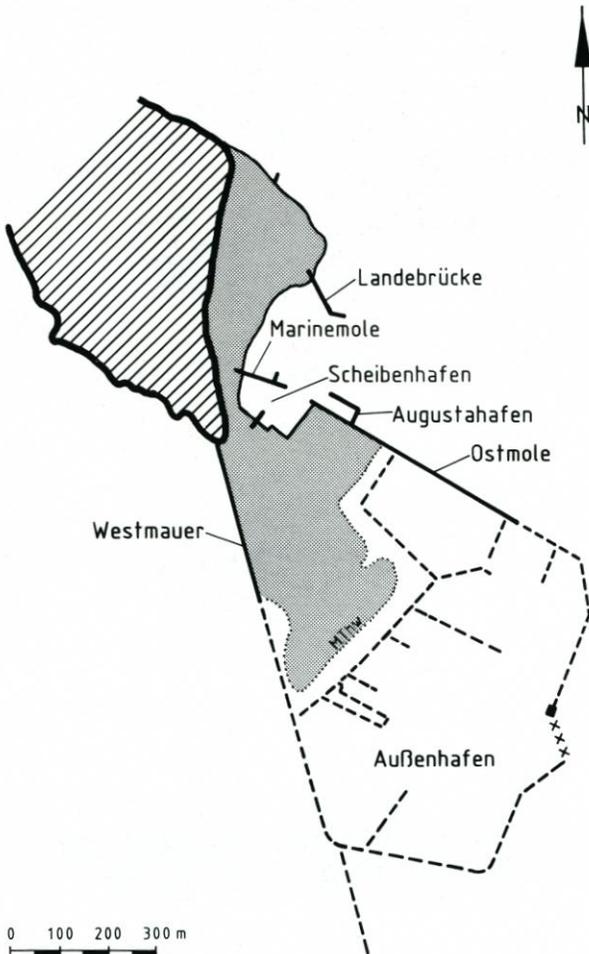


Abb. 25: Lageskizze vom Marinehafen nach der Demontage, 1922

werks und des Wasserwerks, die für wichtige zivile Einrichtungen unentbehrlich waren, konnten erhalten werden.

Für die in Helgoland beheimateten Fischerei- und Börteboote und für die in Helgoland Schutz suchenden Fahrzeuge konnte bis 1924 zusätzlich zum Scheibenhafen am nördlichen Ende der Ostmole im Schutz eines neu geschaffenen, 10 m breiten und 125 m langen, rechtwinklig angeordneten Dammes (20-t-Blöcke der ehemaligen Westmole) ein kleiner Hafen mit 2800 m<sup>2</sup> Wasserfläche geschaffen werden. Nach dem Forschungsschiff „Augusta“, der diesem Hafen benachbarten Biologischen Anstalt, wurde dieser Hafen „Augustahafen“ benannt (Abb. 29).

Trotz umgestalteter Uferwände und Vertiefung des ehemaligen Scheibenhafens konnte hier der Liegeplatzbedarf nur teilweise gedeckt werden. Es kam vor, daß bei Schlechtwetter bis zu 100 Fischkutter und Boote in diesen Häfen Schutz fanden. Da die Hafenanlagen des ehemaligen Marinehafens unbenutzbar blieben, traten zeitweise wieder die Verhältnisse ein,

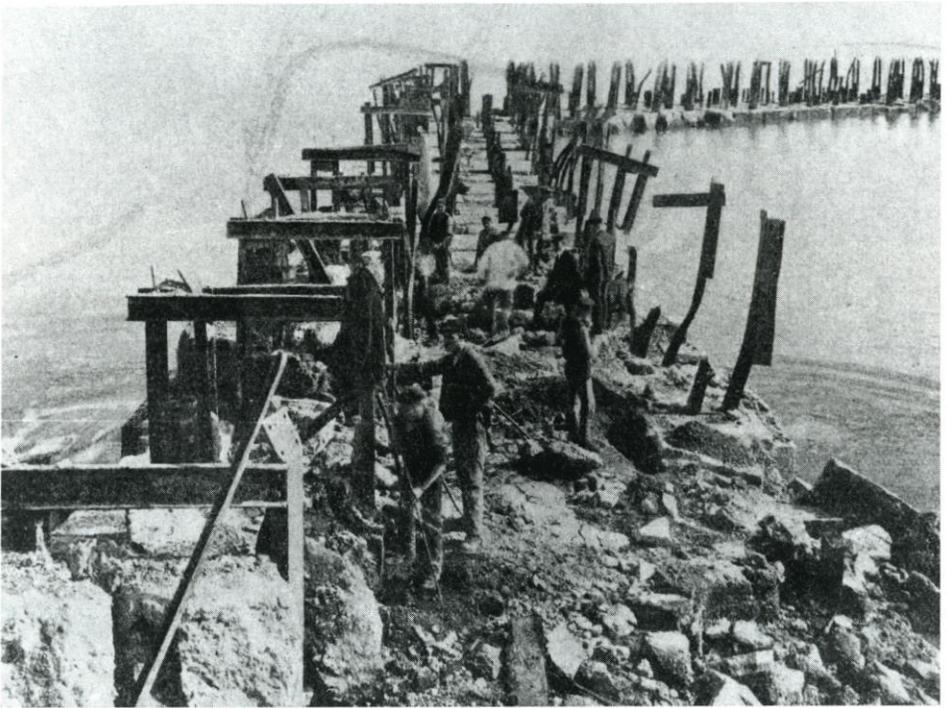


Abb. 26: Zerstörung der Ostmole, 1920/22

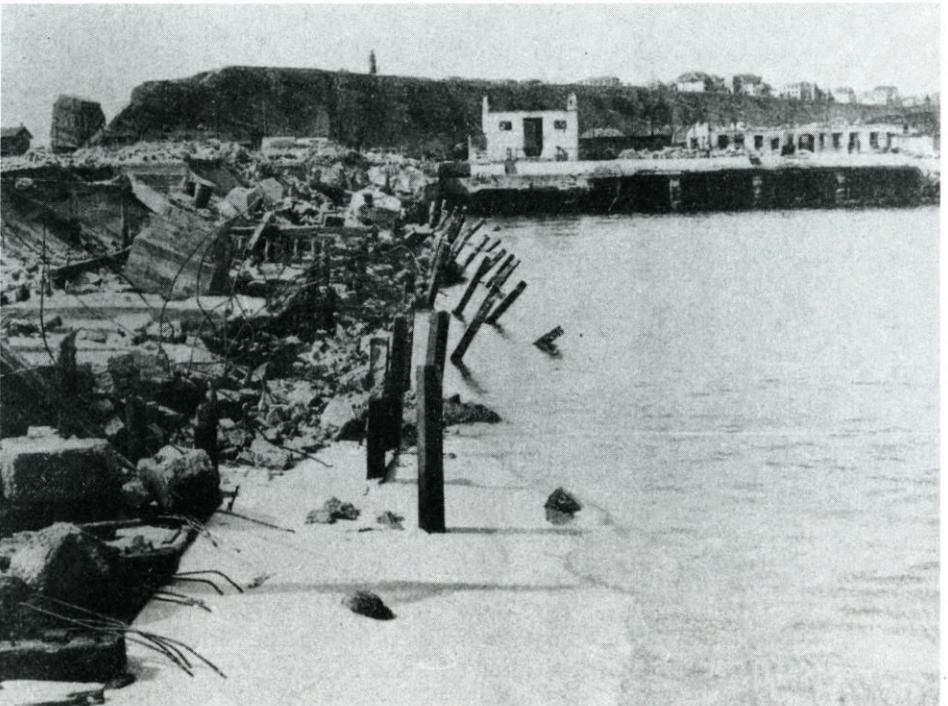


Abb. 27: Zerstörte U-Bootskaje im Innenhafen (Westkaje), 1920/22

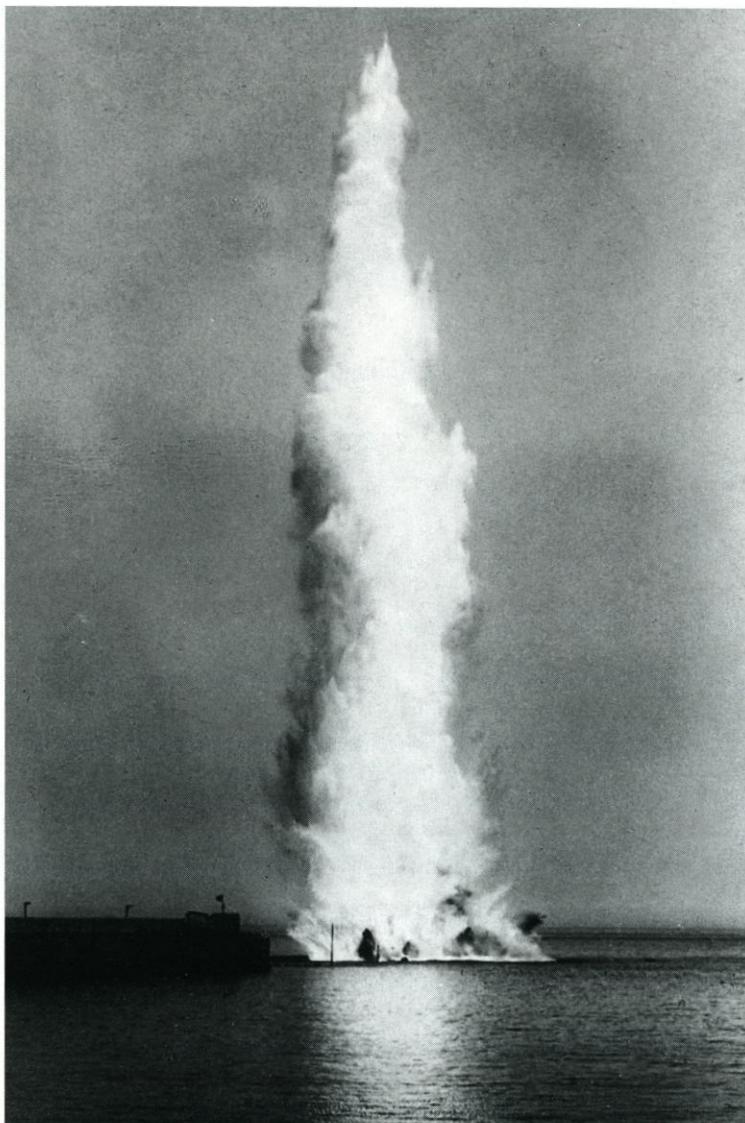


Abb. 28: Sprengung einer Mole, 1920/22. Foto: Archiv M. Knauß, Helgoland

die vor dem Bau des Marinehafens bestanden, wenn die Fahrzeuge im Schutz der Insel oder der Düne auf der Reede ankern mußten.

##### 5. Der Wiederaufbau der Hafenanlagen von 1928 bis 1943

Die nach dem 1. Weltkrieg von 1920 bis 1922 durchgeführte Demontage der Hafenanlagen, insbesondere der Wellenschutzwerke wie West- und Ostmole, hatte zur Folge, daß die



Abb. 29: Der Scheibenhafen, 1928. Foto: Archiv P.-H. Sahling, Helgoland

noch vorhandenen Anlagen den natürlichen Zerstörungen durch Tideströmung und Wellenangriff preisgegeben waren.

Wenige Jahre später fiel die Entscheidung der zivilen Reichsfinanzbauverwaltung, Sicherungsarbeiten durchzuführen, um den weiteren Verfall der Hafenanlagen zu verhindern. So konnte 1928 bis 1930 auf den Trümmern der ehemaligen Westmole (Westmauer) von Station 300 bis 600 eine neue Westmauer errichtet werden. Die Trümmer wurden beidseitig durch Spundwände eingefasst, die Betonbrocken abgeglichen und hierauf die nach der Sprengung unversehrt gebliebenen Betonblöcke der ehemaligen Westmole gesetzt (Abb. 30). Das Wassersturzbett wurde wieder instand gesetzt.

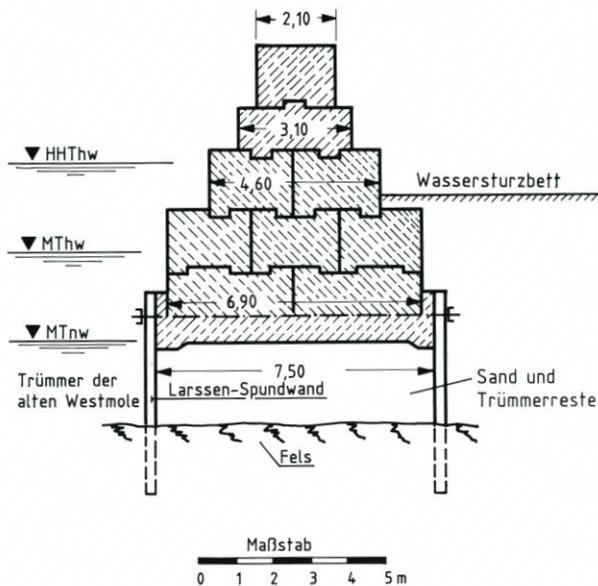


Abb. 30: Querschnitt der Westmauer, Station 300-600, 1929

Ab 1933 konnten die Sicherungsmaßnahmen im verstärkten Umfang fortgeführt werden. An der Südseite des Hafengeländes entstand eine neue Südkaje in zwei verschiedenen Bauweisen (Abb. 31 und 32). In dieser Zeit konnte auch der Innenhafen (heute Südhafen) nach Wiederherstellung der Westkaje (Abb 33) und nach einer Teilräumung der blockierten Hafeneinfahrt des Außenhafens wieder genutzt werden.

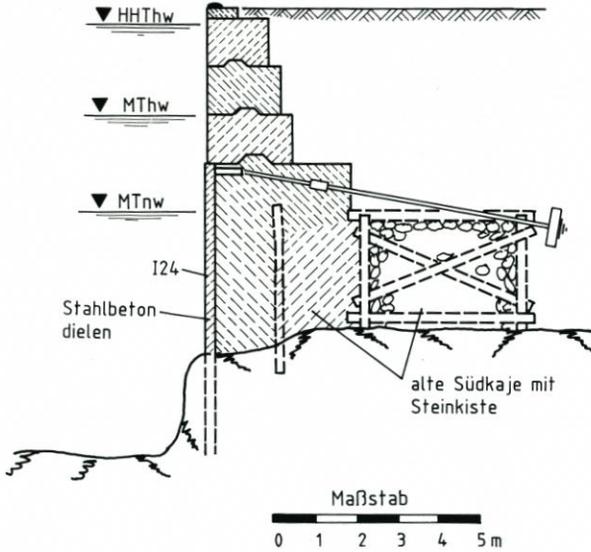


Abb. 31: Querschnitt der Südkaje, 1933/35

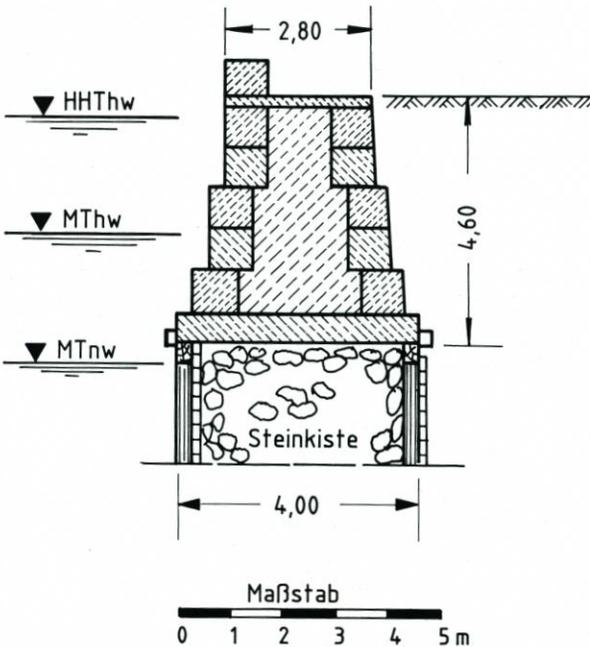


Abb. 32: Querschnitt der westlichen Südkaje, 1933/35

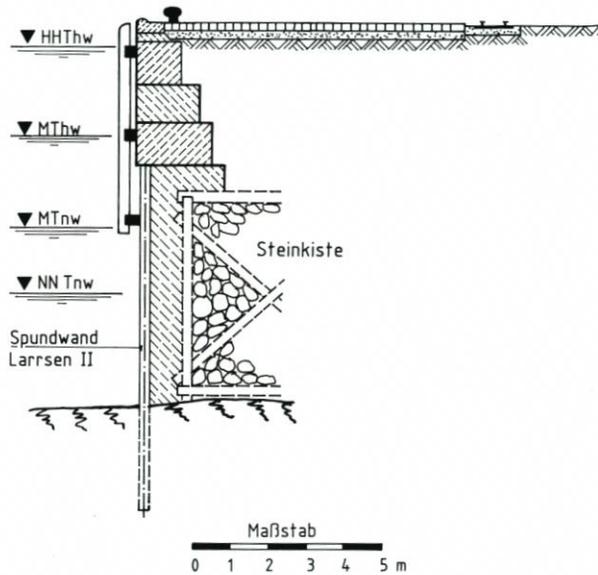


Abb. 33: Querschnitt der Westkaje, ehemals U-Bootkaje, 1935

### 5.1 Die Westmole

Grundlage der Wiederaufbauplanung der Marinebauverwaltung ab 1936 war die Hafenanplanung von 1906. Wegen des großen Zerstörungsgrades mußten die West- und Südmole ab Station 600 auf ganzer Länge einschl. des Molenkopfes neu errichtet werden. Für den Wiederaufbau des ersten Teils der Westmole mußten Teile der alten Mole einschl. der zerstörten Stahlsenkkästen beseitigt werden. Hierfür war der Einsatz von Tieföffel-Schwimmbaggern, von denen es in der benötigten Größe und Leistung nur wenige Exemplare weltweit gab, notwendig.

Abweichend vom Verlauf der ersten Westmole plante man ursprünglich für die zweite Westmole eine Verlängerung in südliche Richtung über die Station 850 hinaus mit einem südlichen Molenkopf bei Station 1065 auf 10 m Wassertiefe. Dieses Vorhaben konnte wegen unvorhergesehener Gründungsschwierigkeiten nur teilweise verwirklicht werden (Reste dieses Molenabschnittes sind heute noch erhalten (Abb. 34)). Ab Station 850 der Westmole wurde die neue Südmole hafenseitig parallel zu den Trümmern der alten Westmole errichtet. Nach etwa 400 m schwenkt diese in eine nordöstliche Richtung bis zum Molenkopf der Hafeneinfahrt (s. Abb. 39).

Für den Bau der neuen West- und Südmole verzichtete man auf eine Senkkastenbauweise wegen der beim Bau der ersten Molen insbesondere bei Schlechtwetter gemachten negativen Erfahrungen. Eine Schwergewichtsmauer, bestehend aus auf Helgoland gefertigten besonders konstruierten unbewehrten Betonblöcken von 100 t Einzelgewicht, wurde gewählt. Die Form eines Betonblockes und den gewählten Molenquerschnitt zeigt Abb. 35.

Für die Fertigung der Blöcke wurde im Hafengelände eine Betonfabrik eingerichtet. Den Transport und den Einbau der Blöcke bewerkstelligten eigens hierfür entwickelte schienengebundene, dieselelektrisch angetriebene Großkräne. Die aufeinandergesetzten und sich verzahnenden Betonblöcke sollten ein monolithisches Bauwerk ergeben. Die größten Schwierigkei-



Abb. 34: Reste der verlängerten Westmole, 1940/41 (Zustand 1989)

ten traten bei der Vorbereitung der Gründungssohle ein, nämlich beim Räumen der Trümmer und Glätten der Felssohle. Weitere Probleme gab es beim Einbringen des Unterwasser-Schüttbetons und bei dem Absetzen der Gründungsblöcke (s. u.).

Für die Bemessung der neuen Molen wurden Wellen von 180 m Länge und von 6 m Höhe zugrunde gelegt. Diese Wellengrößen ermittelte man aus den schon 1911 auf Helgoland durchgeführten Wellenmessungen (ECKHARDT 1930; 1956).

Aus der damals zur Verfügung stehenden Literatur wurden verschiedene Bemessungen für Wellenbelastungen auf senkrechte Wände und Vergleichsrechnungen an bereits bestehenden Bauwerken des In- u. Auslands durchgeführt. Die Helgoländer Molen wurden nach SAINFLOU bemessen (FRANK, 1944).

Beim Bau des über die Station 850 in südliche Richtung hinaus verlängerten Teils der Westmole traten unerwartete Gründungsschwierigkeiten auf. Während bis zu diesem Zeitpunkt die Bauwerke überwiegend auf dem untermeerischen Helgoländer Felssockel gegründet wurden, traf man nunmehr überraschend auf dunkelgrauen, mergeligen weichen Ton. Durch geologische Untersuchungen wurde festgestellt, daß diese Bodenart eine Mächtigkeit bis zu 40 m annehmen kann. Es handelte sich um den seinerzeit bereits auf der Düne festgestellten Skit-Mergelton. Dieser wurde im Bereich des Buntsandstein-Felsens nicht vermutet.

Für die Gründung des Molenkörpers mußte das Verfahren geändert werden. Anstatt des Unterwasserbetons kam wieder eine Schotterschüttung zur Ausführung. Seegang und Strömung verursachten jedoch Unterspülungen und demzufolge kam es zu Setzungen der 100-t-Blöcke. Die Sturmfluten im Herbst 1940 zerstörten Teile dieser Westmole. Die Betonblöcke wurden bis zu mehrere Meter gegeneinander verschoben und setzten sich infolge starker Unterspülungen und Kolkbildungen.

Nach umfangreichen Reparatur- und Sicherungsarbeiten – teilweise mußten die 100-t-Blöcke durch 10-t-Blöcke ersetzt werden – konnte dieser Molenabschnitt noch um 45 m

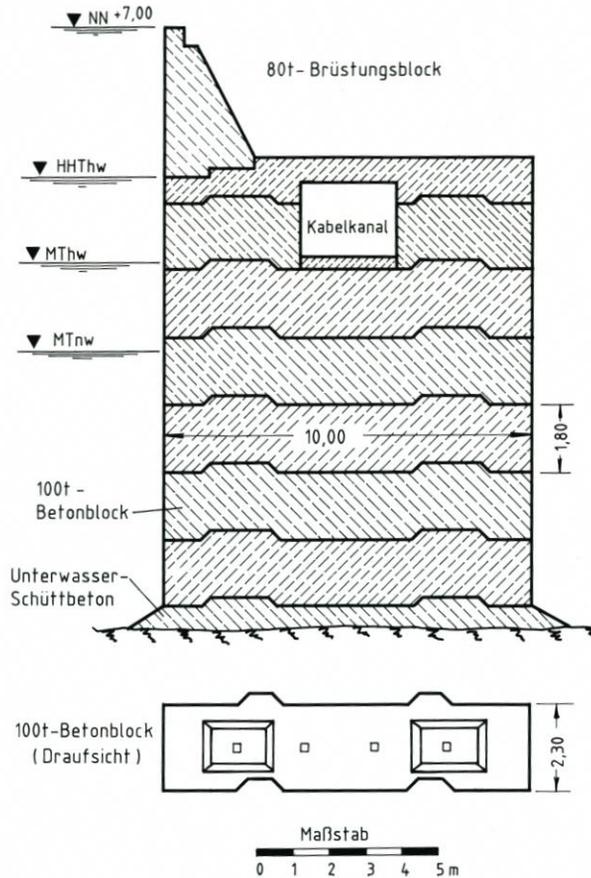


Abb. 35: Querschnitt der Westmole, Station 650–1000, 1939/41

verlängert werden. 1942 schließlich mußte der Bau dieser südlichen Verlängerung der Westmole wegen der dringend erforderlichen Südmole eingestellt werden.

## 5.2 Die Südmole

Betonblöcke bis zu 100 t Einzelgewicht waren wie bei der Westmole die wichtigsten Konstruktionsteile dieser Mole. Ihr erster Teil wurde schwächer als die alte Mole dimensioniert, da er später hinterspült werden sollte, was jedoch nie durchgeführt wurde (Abb. 36). Im zweiten Teil mußten die Betonblöcke größtenteils in größerer Wassertiefe gegründet werden. Dieser Teil war bis zum Molenkopf als freistehende Schwergewichtsmauer konzipiert. Die Abmessungen sind aus dem Querschnitt Abb. 37 ersichtlich.

Der Molenkopf wurde um 2 m verbreitert. Für seinen Unterbau wurden die für die Verlängerung der Westmole nicht mehr benötigten, 10 m langen 100-t-Blöcke verwendet. Diese Blöcke wurden über ihre Aussparungen mit dem Untergrund durch Rundeseisen als Dübel verbunden und die Hohlräume ausbetoniert. Der Kopf wurde mit Granitblöcken verblendet und örtlich aufbetoniert.

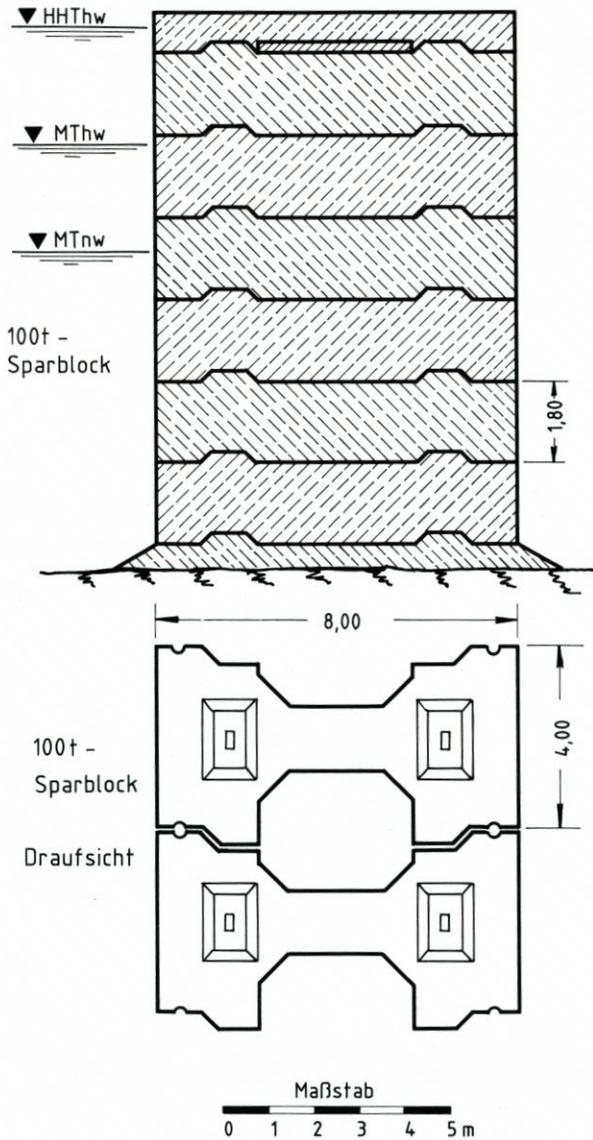


Abb. 36: Querschnitt der Südmole, 1. Teil

Das gewählte Bauverfahren, mit Großbetonblöcken ein monolithisches Bauwerk zu erzielen, setzte eine gute Lagerung des Gründungsblockes voraus. Für diesen Block wurde eine spezielle Form entwickelt, die eine gute Verbindung mit dem Unterwasser-Fundamentbeton gewährleisten sollte. Die Einbaumethode wird wie folgt beschrieben: Ein Stahlrahmen mit den Abmessungen eines Gründungsblockes wurde abgesenkt, eingemessen, und Hilfsfundamente zwischen Rahmen und Felssohle wurden durch Taucher eingepaßt. Nach Entfernen des Rahmens konnte der Gründungsblock abgesenkt werden. Nach Absetzen mehrerer Gründungsblöcke nebeneinander wurde über ein Spezialgerüst der Fundamentbeton durch die Aussparungen der Blöcke eingebracht. Als seitliche Schalung dienten vorübergehend

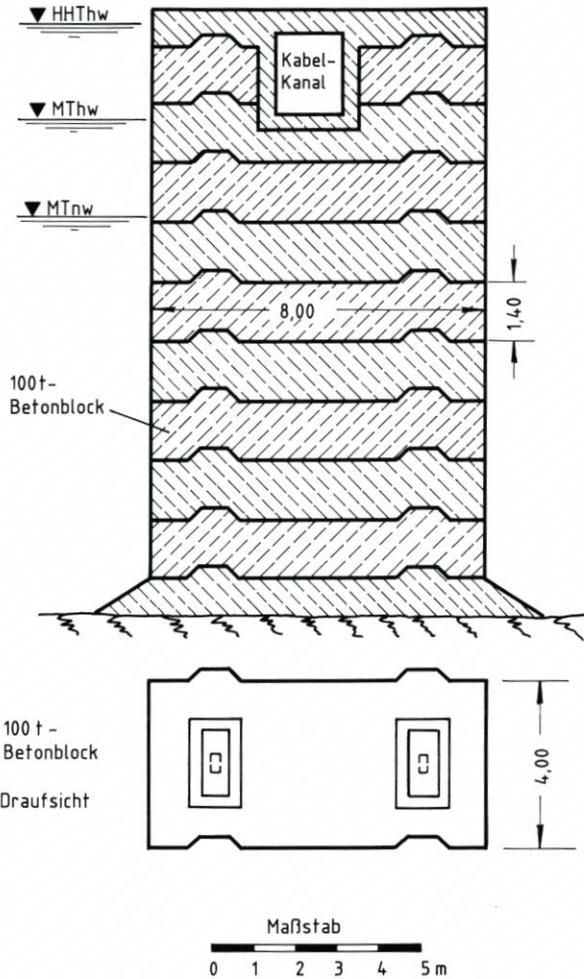


Abb. 37: Querschnitt der Südmole, 2. Teil

abgesetzte 10-t-Blöcke oder auch Sackbetonlagen. Man versprach sich von diesem Verfahren eine wesentlich verbesserte Haftung zwischen Fertigteil und Felssohle gegenüber der früher ausgeführten Schotterschüttung und eine wesentlich verbesserte Auflage des Gründungsblockes.

Sturmflutschäden an der neuen West- und Südmole hatten zur Folge, daß see- und hafenseitig vor die Molen 10-t-Blöcke gesetzt und gestürzt wurden. Diese sollten zum einen nach den damals beim Bau der Hafenanlagen gesammelten guten Erfahrungen die Wellenenergie vernichten bzw. abmindern und zum anderen Unterspülungen und Kolke im Sohlenbereich verhindern.

## 5.3 Die Ostmole

Dem Wiederaufbau der West- und Südmole ging der Bau der Ostmole voraus bzw. es liefen später die Aufbaumaßnahmen an den Molen zeitlich parallel. So war die Baustelle für den Wiederaufbau der Ostmole die erste Seebaustelle im Wiederaufbauprogramm ab 1936. Da der Schutz der Westmole anfangs noch fehlte, mußten unter schwierigen Bedingungen die Baumaßnahmen durchgeführt werden. Hierbei wurden zugleich wertvolle Erfahrungen für den Bau der anderen Molen gesammelt.

Die Ostmole, die nach der Demontage 1920/22 im Innenbereich auf 500 m Länge und mit dem Molenkopf erhalten blieb, wurde anfangs in der Trasse der alten Mole wieder errichtet. Mit hohem Aufwand mußten hier Trümmerreste wie Beton- und Stahlteile beseitigt werden (s. Abb. 26). Abweichend von dem Bauverfahren der West- bzw. Südmole wurde die neue Ostmole in Anlehnung an die Bauweise der alten Ostmole des Bereichs von Station 500 bis 800 errichtet. In den Fels gerammte Breitflansch-Stahlträger mit Rammtiefen von 1,0 bis zu 3,0 m dienten als Tragfahle des Gerüstes, das für den Einbau des Unterbetons und der Betonblöcke notwendig war. Die Betonblöcke wurden nach Einbringen des Unterwasserbetons zwischen die Träger gesetzt (Abb. 38).

Ab Station 760 wurde für den Wiederaufbau die Trasse der alten Mole wegen des zu hohen Aufwandes für die Beseitigung der Reste dieser Mole verlassen. Die Ostmole erhielt

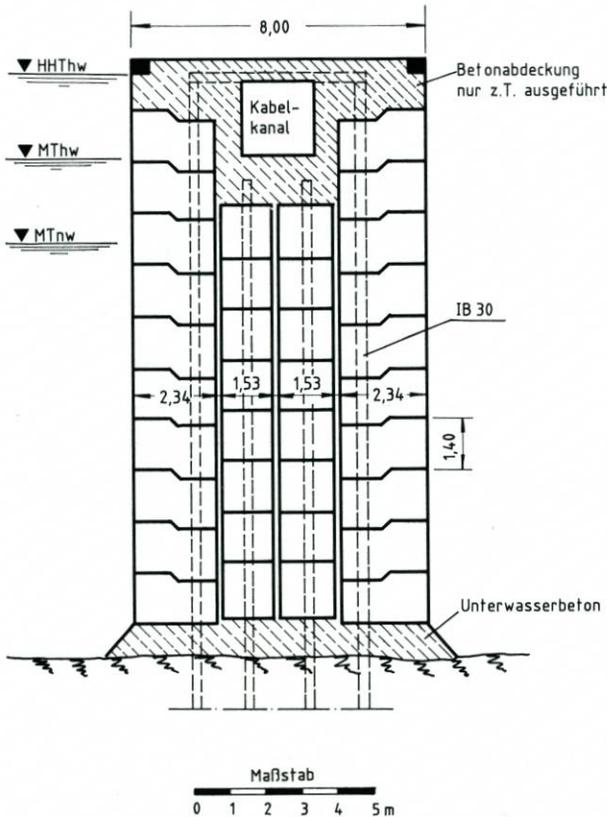


Abb. 38: Querschnitt der Ostmole, 1939

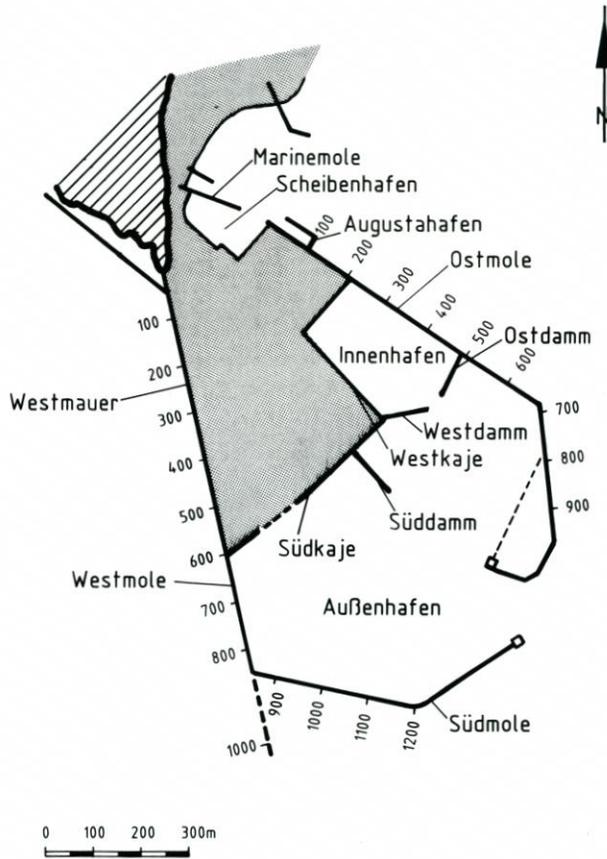


Abb. 39: Lageplan Marinehafen, 1940

dann den noch heute vorhandenen abgeknickten Verlauf. Der 1922 erhalten gebliebene Ostmolenkopf konnte als Abschluß der Ostmole und als Hafeneinfahrtsbauwerk einbezogen werden (Abb. 39).

#### 5.4 West-, Ost- und Süddamm

Zum Wiederaufbauprogramm der Marine gehörten neben dem Molenbau auch die Wiederherstellung der für den Schutz des Innenhafens unverzichtbaren inneren Wellenbrecher (West- und Ostdamm), der Ausbau der Westkaje (U-Bootskaje), der Bau der Südkaje (Fliegerkaje) und des Süddammes.

West- und Ostdamm wurden nicht wieder in der damals gewählten Steinkisten-Bauweise errichtet, sondern man wählte eine Fangedamm-Spundwandkonstruktion (Abb. 40). Die Spundbohlen (Larssen IV) konnten von einem Hilfsgerüst etwa 1,0 bis 1,50 m tief in den Fels gerammt werden. Die gegenseitige horizontale Verankerung wurde über NW angebracht. Die Spundwandkästen, mit Felsbaggertgut, Sand und Geröll aufgefüllt, wurden mit einer 70 cm starken Stahlbetonplatte abgedeckt. Als obere Aussteifung des Kastens dienten Peiner Breitflanschträger. Die Spundwand-Bauweisen auf felsigem Untergrund haben sich in dieser Zeit in

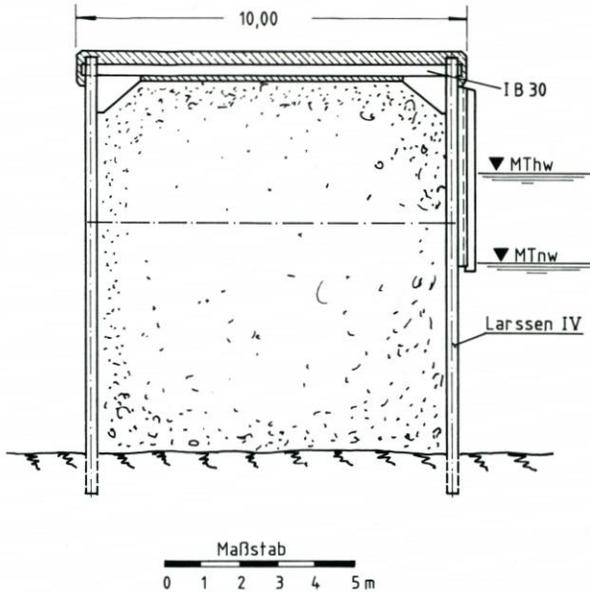


Abb. 40: Querschnitt des West- und Ostdammes, 1936

Helgoland bewährt. Über die an diesen Bauwerken später eingetretenen Schadensereignisse wird in diesem Heft von RÖBEN berichtet.

Mit Fertigstellung der Süd- und Ostmole und einer dadurch erreichten wesentlichen Beruhigung des Außenhafens entstand 1940 senkrecht zur Südkaje der Süddamm, 125 m lang und 7,80 m breit, mit beidseits angeordneten Liegeplätzen. Nach dem Senkkastenprinzip wurden Stahlbetonkästen auf ein Schotterbett abgesenkt. Der Schotter wurde mit einem hierfür konstruierten Gerät eingebracht und unter Wasser planiert.

Für den ersten Teil des Süddammes setzte man an Land gefertigte Betonkästen unterschiedlicher Abmessungen mit 100 t Einzelgewicht mit einem Kran übereinander ins Wasser. Der so zusammengefügte, unten 8,10 m, oben 7,80 m breite und 8,70 m hohe Gründungsteil wurde teilweise mit Beton beballastet, auf Position geschwommen, auf das Schotterbett abgesenkt und später mit Sand verfüllt (Abb. 41). Nach Einbau des aus Einzelteilen zusammengesetzten ersten Senkkasten stand für den Weiterbau des Süddammes ein 1600-t-Schwimmdock zur Verfügung. In diesem Schwimmdock konnten zwei Senkkästen von je 25 m Länge zugleich im ganzen hergestellt werden. Konstruktion und Abmessungen der vier Senkkästen des zweiten Teils zeigt Abb. 42.

Nach Auffüllung wurden auf die Senkkästen beider Bauarten Betonblöcke gelegt und diese ausgemauert bzw. ausbetoniert. Ein begehbare Kabelkanal diente der Aufnahme diverser Versorgungsleitungen. Kranschienen wurden eingepflastert, Reibhölzer, Poller und Haltekreuze installiert. Ab 1943 konnte der Süddamm von größeren Einheiten mit einem Tiefgang bis zu 6,50 m benutzt werden.

Zusätzlich zu den ursprünglichen Wiederaufbauplänen wurde ein Zerstörerliegeplatz gefordert. Dieser entstand in der Trasse der ehemaligen Ostmole zwischen der neuen Ostmole und dem Ostmolenkopf (s. Abb. 39). Zwei Stahlbeton-Großdalben wurden aus den auch für den Süddamm verwendeten kleinen Senkkästen errichtet und mit Fertigbetonblöcken überbaut. Ein Dalben erhielt über eine 50 m lange Stahlbrücke Verbindung zur Ostmole.

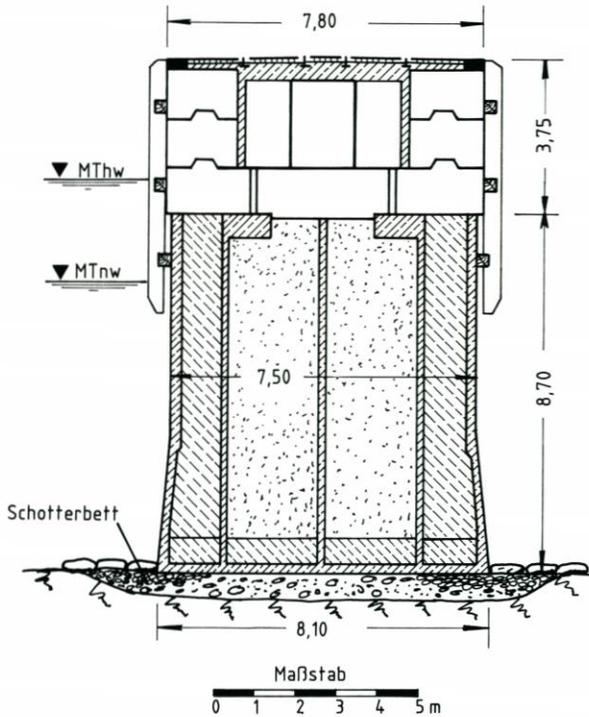


Abb. 41: Querschnitt des Süddammes, 1. Teil, 1939

Der 1936 begonnene Wiederaufbau der Hafenanlagen umfaßte auch die Wiederherrichtung des Hafengeländes. Zur Marinehafeninfrastruktur gehörten Betriebs-, Versorgungs- und Verkehrsanlagen. Für die Marineverwaltungen mußten Büro- und Wohnunterkünfte geschaffen werden. Neben diesen waren für die umfangreichen Baumaßnahmen Baustelleneinrichtungen mit Lagerplätzen, Werkstätten, Betonfabriken usw. erforderlich.

Die langfristig angelegten Aktivitäten im Hafen für den Wiederaufbau änderten sich mit Beginn des 2. Weltkrieges. Der Südhafen mußte so schnell wie möglich zu einem Stützpunkt für U-Boote, Vorpostenboote, Minensuchboote u. a. aus- und umgebaut werden. Als einschneidende Maßnahme ist der damals befohlene beschleunigte Bau eines U-Bootbunkers im nordöstlichen Teil des Südhafens zu nennen. Dieser Bunker, „Nordsee III“ genannt, stand ab Winter 1941/42 für die Aufnahme von 6 großen oder 18 kleinen U-Booten bereit (Abb. 43).

## 6. Das Marinegroßprojekt „Hummerschere“

Bereits 1937 wurde in der Marineführung eine Erweiterung der Hafenanlagen über das Wiederaufbauprogramm hinausgehend untersucht und ein Großprojekt beschlossen. Der nach wie vor für strategisch wichtig gehaltene Stützpunkt Helgoland sollte noch größere Bedeutung dadurch erlangen, daß unter Einbeziehung des nordöstlichen Teils des untermeerischen Felssockels und der Düne ein größeres Hafengelände, weitere Schiffsliegeplätze, besser geschützte Reeden, Flugplatzanlagen und u. a. m. geschaffen wurden.

Im Rahmen der Maßnahmen zum Schutz des Nord- und Südstrandes bzw. des bebauten Unterlandes wurde 1928 nördlich des Unterlandes eine etwa 300 m lange, den Insellfuß

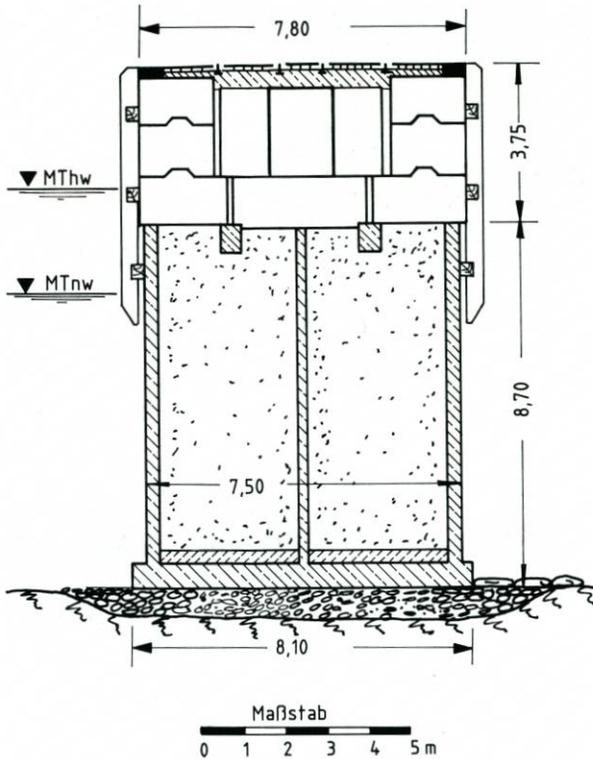


Abb. 42: Querschnitt des Süddammes, 2. Teil, 1940

schützende Mauer, die Nordost-Schutzmauer, errichtet. Dieses Bauwerk war 1937 das einzige Bauwerk im nord-östlichen Bereich der Insel. Vor dieser Mauer befand sich die bei Niedrigwasser trockenfallende, in östlicher Richtung flach geneigte Felsterrasse. Auf der 5-m-Tiefenlinie wurde die östliche Begrenzung des neuen Nordost-Geländes mit dem Bau einer Uferschutzmauer (Nord-Ost-Bohlwerk) vorgesehen. Die südliche Begrenzung dieses Geländes stellte später die nördliche Uferwand des hier geplanten NO-Hafens dar.

Auch in diesem Inselbereich war der anstehende Fels rammfähig. So wurde für den Bau der Molen bzw. der späteren Ufermauern eine Gerüstbauweise gewählt. Breitflanschträger wurden jochweise gerammt und ausgesteift. Landseitig wurden zwischen den Flanschen Holzbohlen, seeseitig Rund- bzw. Kanthölzer eingelassen und die Joche mit hölzernen Querschotten ausgesteift. Der Zwischenraum wurde mit Schüttsteinen, Felsgeröll und Sand aufgefüllt. Vor dem Stahlgerüst wurde später wasserseitig eine Spundwand gerammt, horizontal verankert und das Bauwerk für Schiffsliegeplätze ausgestattet (Abb. 44). In größeren Wassertiefen wurde die Steinkistenbauweise gewählt.

Mit dem Bau der Molen bzw. Mauern wurde wasserseitig das mit dem Baufortschritt aufgespülte Gelände gesichert. Bis 1939 entstand das NO-Gelände, auf dem zunächst zur Entlastung des Südhafens Materiallager, Unterkünfte usw. eingerichtet wurden. Für die weiter vorgesehenen Ausbaumaßnahmen war auch in diesem Bereich ein Bauhafen erforderlich; der Nordost-Hafen entstand. Später wurden auf dem Nordost-Gelände Kasernen und Übungsplätze errichtet.

Für den Bau der Nordmole (Inseldamm Nord), die zunächst dem verbesserten Schutz der



Abb. 43: U-Bootbunker „Nordsee III“, 1941/42. Foto: Dyckerhoff u. Widmann, Hamburg

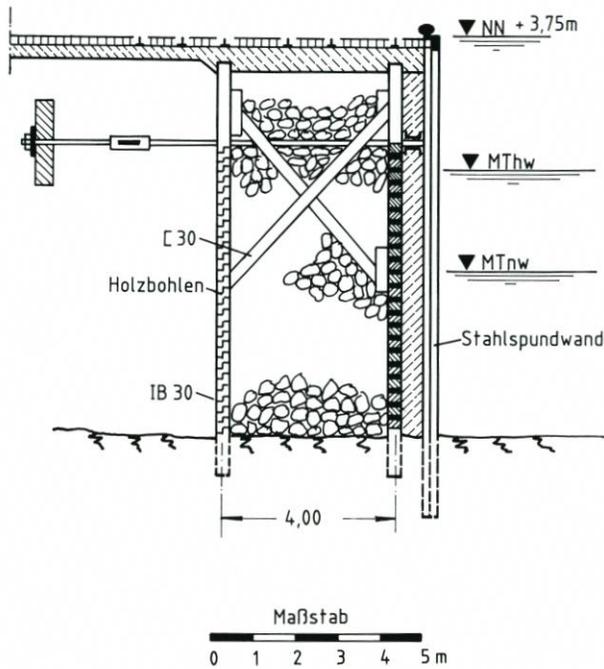


Abb. 44: Querschnitt der Nord-Ostkaje des Nordosthafens, 1939





Abb. 46: Inseldamm Nord, Zustand 1989

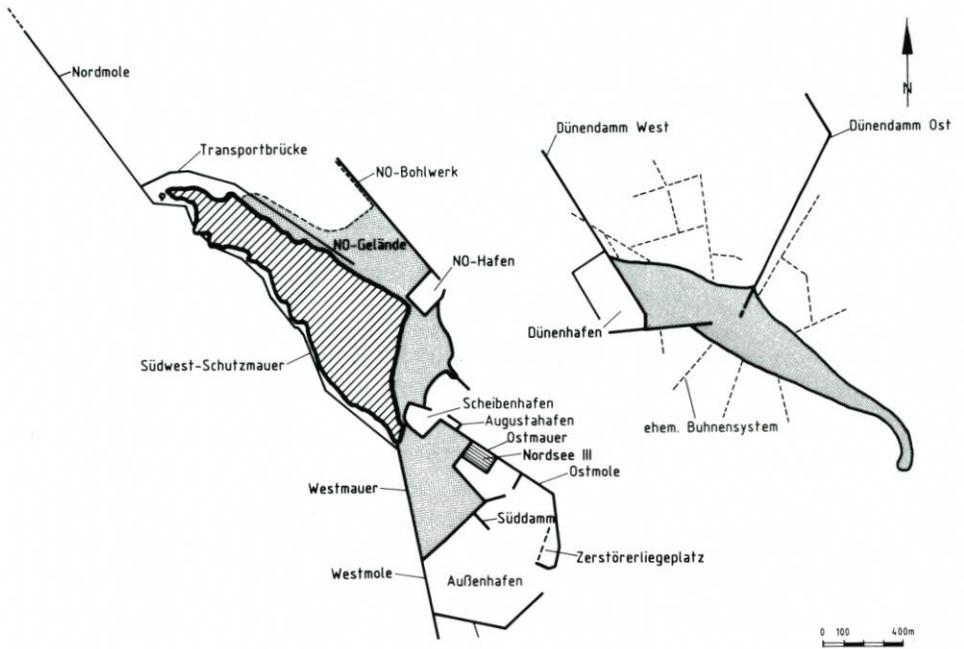


Abb. 47: Lageplan Marinehafen, 1943

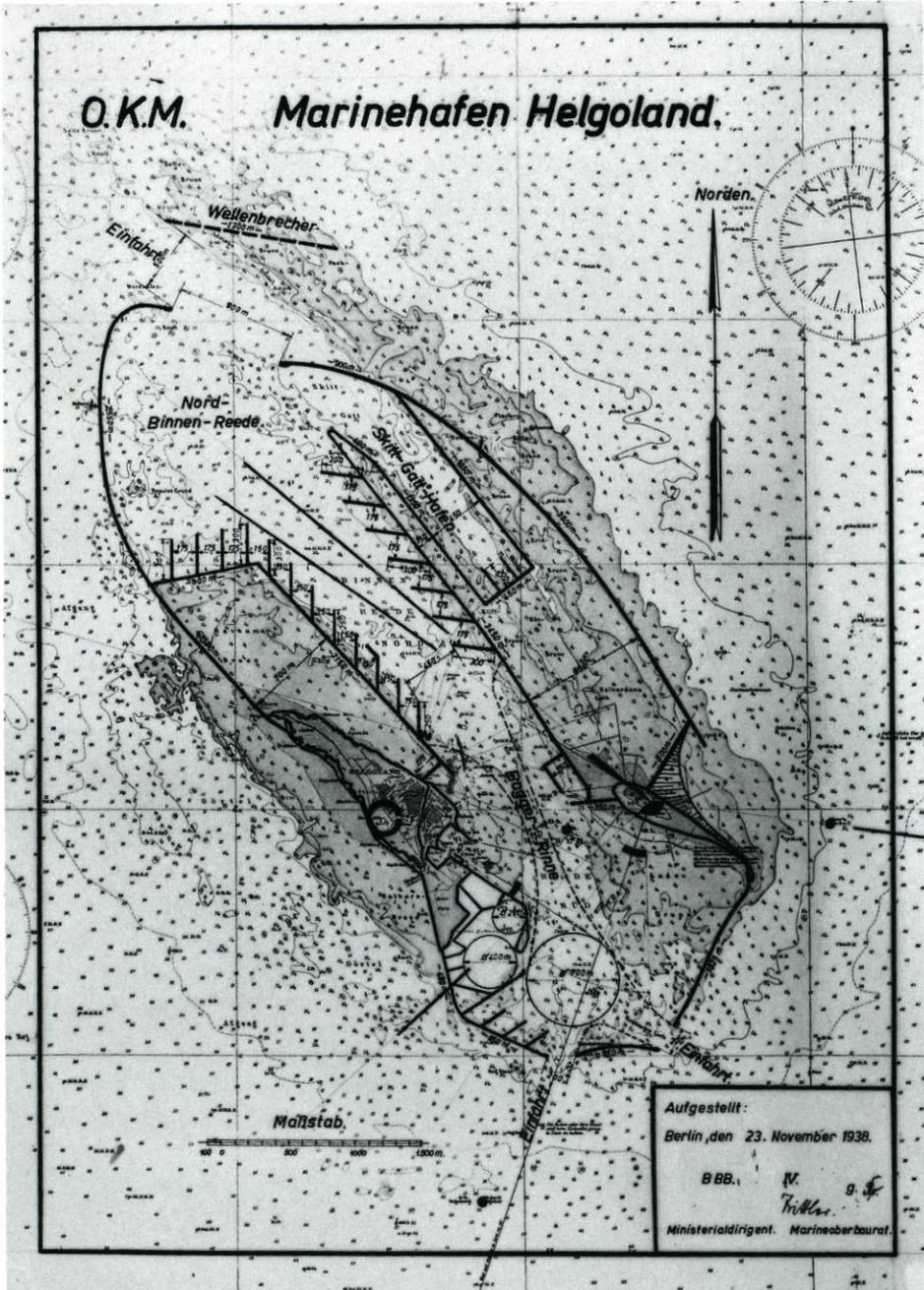


Abb. 48: Großprojekt „Hummerschere“, Planung 1938

Hafenbaumaßnahmen rd. 441 000 m<sup>3</sup> Beton, 32 000 t Stahl, 9000 m<sup>3</sup> Holz eingebaut. 1,3 Mio. m<sup>3</sup> Fels wurden gebaggert und 5,6 Mio. m<sup>3</sup> Sand wurden aufgespült. Die Hochbaumaßnahmen umfaßten 247 000 m<sup>3</sup> umbauten Raum. Bei den Aufräumarbeiten zu Beginn des Wiederaufbaus und während der laufenden Arbeiten mußten an den zerstörten Molen und Ufermauern insgesamt rd. 285 000 m<sup>3</sup> Trümmerreste beseitigt werden. Die Kosten für den Wiederaufbau der Hafenanlage sollen 70 Mio. RM betragen haben.

## 7. Der 2. Weltkrieg und die Nachkriegsjahre bis 1952

Während bis kurz vor Ausbruch des Krieges der Wiederaufbau und der weitere Ausbau des Flottenstützpunktes der Kriegsmarine vorangetrieben werden mußten, gingen die Bauarbeiten später wegen der zunehmenden militärischen und baulichen Aktivitäten in den von den Deutschen besetzten Gebieten des Auslandes zurück. In den ersten Kriegsjahren diente Helgoland als Stützpunkt und als Versorgungs- und Nachschubbasis der in der Nordsee operierenden Kriegsmarine. Minenleger, Minenräumboote und Schnellboote liefen den Hafen an.

Im ersten Kriegswinter 1939/40 erhielt der Hafen Helgoland besondere Bedeutung. In diesem Winter stellten sich in den Flußmündungen außergewöhnliche Eisverhältnisse ein, die verhinderten, daß die U-Boote und andere Einheiten zu den Festlandshäfen zurückkehrten. Die Gewässer um Helgoland und der Hafen selbst blieben nahezu eisfrei. Dieses Ereignis war mit entscheidend für weitere Ausbaumaßnahmen.

Später verlagerten sich die Aktivitäten der Marine in die besetzten Häfen Skandinaviens



Abb. 49: Luftaufnahme von der Sprengung der Insel am 18. 4. 1947

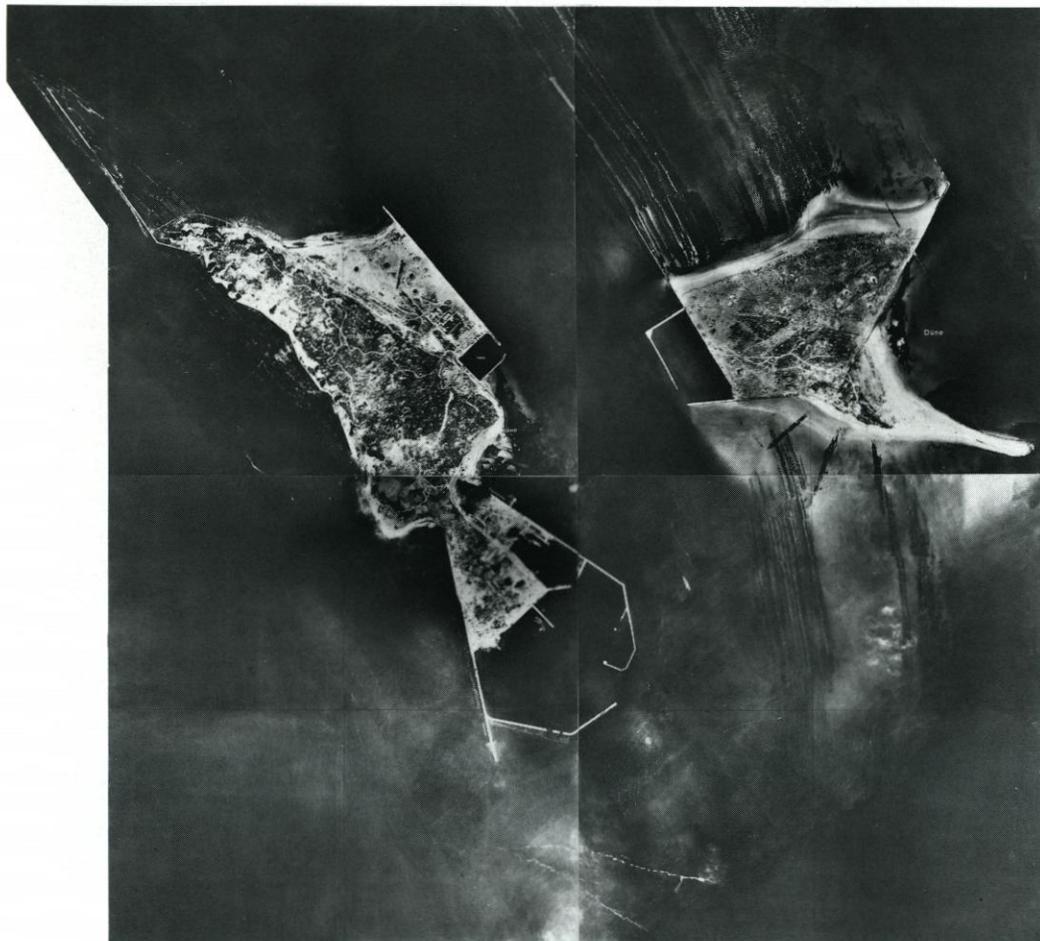


Abb. 50: Luftaufnahme 1. 7. 1952

und der Atlantikküste. Mit der Verlagerung der Kriegshandlungen in andere Gebiete sank auch die Bedeutung des Hafens Helgoland. Dieses änderte sich wieder nach der Invasion der alliierten Streitkräfte an der französischen Atlantikküste. Kriegshandlungen der Marine fanden im Nahbereich Helgolands nicht statt.

Der Seebäderverkehr nach Helgoland nahm im Verlauf der Kriegsjahre und mit Zuspitzung der militärischen Lage mehr und mehr ab. Die Fischerei konnte in den Gewässern um Helgoland solange ausgeübt werden, bis deren Verminderung dieses zum Teil unmöglich machte oder die Schiffe durch Luftangriffe bei ihrer Arbeit behindert oder zerstört wurden. Wegen der Flottenansammlungen und der starken Befestigungsanlage mußten die Helgoländer am 13. Mai 1941 einen überraschenden Luftangriff durch britische Flugzeuge über sich ergehen lassen. Am 15. 5. 1943 zerstörten amerikanische Flugzeuge Wohnhäuser und versenkten Fischerboote auf der Reede. Am 15. 10. 1944 fand ein Bombenangriff statt, der ein Großfeuer auf dem Unterland verursachte.

Zum Kriegsende, am 18. 4. 1945, erlitt Helgoland den schwersten Luftangriff (7000 Bomben), bei dem die militärischen Einrichtungen und die Hafenanlagen sehr stark und die

Wohnbebauung fast vollständig zerstört wurden. Nach diesen Bombenangriffen mit Außerbetriebsetzung sämtlicher Versorgungsanlagen mußte die Zivilbevölkerung, die die Bombardierung in den Felsstollen überlebte, am 20. 4. 1945 die Insel verlassen. Später wurde das noch anwesende Militär zum Festland verschifft. Eine kleine Gruppe blieb zurück und übergab am 11. Mai 1945 die Insel den britischen Streitkräften.

Am Ende des 2. Weltkrieges lagerten in den Bunkern, Kasematten und Stollen größere Mengen Munition. Mit den kurz nach Kriegsende begonnenen Aufräumarbeiten gingen die Demontage der noch erhaltenen oder in Resten noch vorhandenen Marineanlagen und der Abtransport der Einrichtungsgegenstände einher. Die vorhandenen Bunker und Stollen, insbesondere im südlichen Teil der Insel, wurden wieder zugänglich gemacht. Sie dienten neben dem U-Bootbunker als Munitionssammelstellen. Insgesamt sollen 6700 t Munition (4000 Torpedoköpfe, 9000 Wasserbomben und 91 000 Granaten) auf der Insel eingelagert worden sein. Diese wurden bezündet und am 18. 4. 1947 von einem britischen vor Helgoland auf Seeposition befindlichen Kabelleger zur Detonation gebracht (Abb. 49). Diese Detonation verwandelte den südlichen Teil der Insel und Teile des Hafengeländes in eine riesige Kraterlandschaft. Bis zum 29. Februar 1952 diente die verwüstete Insel noch als Ziel für Bombenabwürfe der britischen Luftstreitkräfte (Abb. 50).

## 8. Schlußbemerkung

In der wechsellvollen 50jährigen Geschichte konnten sich die Hafenanlagen Helgolands in den Naturgewalten der Nordsee nur teilweise bewähren. Sturmflutereignisse forderten den planenden und bauausführenden Ingenieur stets aufs neue heraus. Die Zerstörungen durch Menschenhand jedoch waren von noch größerer Tragweite für den Hafenanbauer. Auf den Trümmern der alten Anlagen mußte Neues geschaffen werden, und wieder waren Bewährungsproben zu bestehen, so auch mit Freigabe der Insel durch die Engländer, nach der am 1. 3. 1952 der 2. Wiederaufbau der Hafenanlagen begonnen werden konnte.

Die Geschichte der Hafenanlagen Helgolands hat entscheidend auch die Geschichte der Insel und das Schicksal der Helgoländer geprägt.

## 9. Schriftenverzeichnis

- BAHR, M. u. POPPE, G.: Das neue Uferschutzwerk am Unterlande von Helgoland. Zeitschrift: Die Bautechnik, 15. Jg., H. 20, 1937.
- BAHR, M.: Die Veränderungen der Helgoländer Düne und des umgebenden Seegebietes. Jahrbuch der HTG, Bd. 17, 1938.
- BAHR, M.: Helgoland, Geschichte seiner Entstehung und Erhaltung seiner Beziehungen zur Schifffahrt und seines Hafens. Friesisches Jahrbuch, Aurich, 1955.
- BROHM: Helgoland in Geschichte und Sage. Verlag A. Rauschenplat, Cuxhaven-Helgoland, 1907.
- ECKHARDT, A.: Über den Bau des Hafens in Helgoland. Zeitschrift: Die Bautechnik, 7. Jg., H. 37, 1929.
- ECKHARDT, A.: Wellenstoß auf Hafensmolen, Beobachtungen auf Helgoland. Zeitschrift: Die Bautechnik, H. 12, 1956.
- ECKHARDT, A.: Erfahrungen über Wellenwirkungen beim Bau des Hafens Helgoland. Jahrbuch der HTG, Bd. 12, 1930/31.
- EILMANN, H. W.: Die Ufermauer an der Nord-Ost-Seite von Helgoland. Zeitschrift: Die Bautechnik, H. 8, 1949.
- FLÜGEL, H.: Die Insel Helgoland – Werden – Vergehen – Wiederaufbau. Zeitschrift: Die Weser, H. 6/7, 1961.

- FLÜGEL, H.: Betonarbeiten für Hafen- und Uferschutzbauten auf Helgoland. Zeitschrift: beton; H. 8, 1971.
- FLÜGEL, H.: Die Hafengebäudearbeiten der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung auf Helgoland 1958 bis 1968 (unveröff.).
- FRANK, FR.: Bau der West- und Südmole in Helgoland. Zeitschrift: Der Bauingenieur, 26. Jg., H. 9, 1951.
- FRANK, FR.: Die gigantischen Hafengebäude Helgolands. Der Helgoländer, Nr. 201, 1981.
- FRANK, FR.: Krieg und Frieden auf Helgoland. Der Helgoländer, Nr. 207, 1981.
- FRANK, FR.: Der Bau des Hafens von Helgoland, 1943/44 (unveröff.).
- FRANK, FR.: Bericht über die bei den Molen- und Ufermauerbauten bei dem 1936 bis 1943 ausgeführten Hafengebäudebau von Helgoland gemachten Erfahrungen. (unveröff.) 1944.
- FRIEDRICHS, K.: Umkämpftes Helgoland. Verlag M. Knauß, Helgoland, 1988.
- GRÜN: Die Hafenanlagen in Helgoland, ihr Bau und ihre Zerstörung. Tonindustrie-Zeitung Jg. 1928.
- LANG, A. W.: Historisches Seekartenwerk der Deutschen Bucht. Karl Wachholtz-Verlag, Neumünster.
- NÜBLING, M. u. BARELMANN, H.: Zerstörung der Festung und des Hafens auf Helgoland. Zeitschrift für das Bauwesen, 74. Jg., H. 7-9, 1924.
- RICKMERS, H. P., RÖPER, C. u. HUSTER, H.: Helgoland, Schicksal einer Heimat, 75 Jahre Deutsch. Niederelbeverlag, Otterndorf, 1965.
- SIEBS u. WOHLBERG: Helgoland und die Helgoländer. Verlag: Ferdinand Hirt, Kiel, 1953.
- BUNDESMINISTER DES INNEREN: Helgoland – westliche Grenzprobleme Kehl. Dokumente deutscher Kriegsschäden, Bd. IV/3, Bonn, 1971.
- WASSER- UND SCHIFFFAHRTS-DIREKTION NORD, KIEL: Div. Bauakten und Handsammlungen.

### Bildnachweis

- Foto-Archiv M. Knauß, Helgoland: Abb. 1, 10, 28
- Foto-Archiv P.-H. Sahling, Helgoland: Abb. 6, 8, 29
- Foto-Archiv Schensky, Helgoland: Abb. 5, 7, 24
- Fa. Dyckerhoff und Widmann, Hamburg: Abb. 43
- Stiftung Nordseemuseum Pinneberg: Abb. 20
- Die Vorlagen für die Abbildungen 18, 19, 21, 23, 24 wurden dem Manuskript zu Eckhardt, 1929 (siehe Schriftenverzeichnis) entnommen.
- Die Druckunterlagen für die Aufnahmen Abb. 2 und 3 stellte der Niederelbe-Verlag H. Hurter, Otterndorf, freundlicherweise zur Verfügung.

# Hafenbau auf Helgoland nach dem 2. Weltkrieg

Von JOHANN RÖBEN

## Zusammenfassung

Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes hatte ab 1952 mit der Rückgabe Helgolands die Aufgabe, die zerstörten Hafenanlagen wieder aufzubauen. Im folgenden Beitrag werden diese Arbeiten aus den Jahren 1952–1975 an den einzelnen Bauwerken beschrieben. Ab 1980 wurden die Anlagen des Schutz- und Sicherheitshafens Helgoland auf ihren baulichen Zustand untersucht. Daraus resultierte ein umfangreiches Grundinstandsetzungsprogramm. Die bisher an einzelnen Hafenbauwerken durchgeführten Arbeiten werden beschrieben.

## Summary

*When Heligoland became accessible again in 1952, the German Federal Administration of Water ways and Shipping had to reconstruct the port facilities destroyed during the war. This paper deals with port reconstruction and repair in Heligoland between 1952–1975. Since 1980 the structural condition of the shelter port has been thoroughly examined. As a result, a comprehensive refurbishing programme was initiated. The portion of the programme which has been completed are described in detail.*

## Inhalt

1. Das Wiederaufbauprogramm . . . . .	188
1.1 Einleitung . . . . .	188
1.2 Wiederaufbau der einzelnen Hafenbauwerke . . . . .	188
1.2.1 Westmauer . . . . .	188
1.2.2 Wassersturzbett . . . . .	190
1.2.3 Westmole . . . . .	190
1.2.4 Südmole . . . . .	192
1.2.5 Ostmole . . . . .	194
1.2.6 Ostmauer . . . . .	195
1.2.7 Binnenhafen . . . . .	195
1.2.7.1 Binnenhafenmole . . . . .	197
1.2.7.2 Südwest- und Westkaje . . . . .	197
1.2.7.3 Südostkaje . . . . .	198
1.2.8 Südhafen . . . . .	199
1.3 Schlußbetrachtung . . . . .	199
2. Grundinstandsetzung der Anlagen im Schutz- und Sicherheitshafen Helgoland . . . . .	200
2.1 Einleitung . . . . .	200
2.2 Instandsetzungsarbeiten an einzelnen Bauwerken . . . . .	200
2.2.1 Ostkaje . . . . .	200
2.2.2 West- und Ostdamm . . . . .	202
2.2.3 Südkaje . . . . .	203
2.2.4 Westkaje . . . . .	204
2.3 Ausblick . . . . .	204
3. Schriftenverzeichnis . . . . .	204

## 1. Das Wiederaufbauprogramm

### 1.1 Einleitung

Mit der Rückgabe von Helgoland an die Bundesrepublik Deutschland am 1. 3. 1952 fiel der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes die Aufgabe zu, die Insel wieder zu einem Stützpunkt und Nothafen für die Schifffahrt und Fischerei auszubauen.

Wegen der völligen Zerstörung der Ortschaft und der damit fehlenden Wohnmöglichkeiten wurde zunächst ein Wohnschiff im Hafen stationiert, von dem aus die ersten Vorarbeiten durchgeführt wurden. Bevor mit den eigentlichen Arbeiten zur Wiederherstellung der Anlagen begonnen werden konnte, mußte das Gelände geräumt werden. Land- und Wasserflächen waren mit Trümmern, Wracks, verkohlten Balken und verbogenen Eisen übersät, zwischen denen, zum Teil an den unglücklichsten Stellen, Blindgänger, manchmal sogar Minen gefunden wurden. Insgesamt mußten bis zum Sommer 1952 2000 t Wrackteile aller Art und 10 000 m<sup>3</sup> Betontrümmer geborgen und beiseite geschafft werden, um die Westkaje im Südhafen teilweise wiederherzustellen und dahinter eine Fläche zum Löschen der Baustoffe usw. frei zu bekommen.

Gleichzeitig wurde im Südhafengelände ein Barackenlager erstellt, in das Arbeiter untergebracht wurden und in dem sich die Diensträume der Hafenaufbaubehörde Helgoland des Wasser- und Schifffahrtsamtes Tönning befanden. Von dieser Ausgangsbasis konnten ab 1953 planmäßig die Wiederaufbauarbeiten der einzelnen Bauwerke in Angriff genommen werden.

### 1.2 Wiederaufbau der einzelnen Hafenaufbauwerke

#### 1.2.1 Westmauer

Bis auf einige Bombentreffer war die Westmauer nach dem Kriege im wesentlichen unversehrt geblieben. Diese Schadensstellen wurden 1953 durch „Ortbetonplomben“ ausgebessert, so daß eine weitergehende Instandsetzung aufgrund anderer Prioritäten zurückgestellt werden konnte.

Bei Beginn der Instandsetzungsarbeiten im Jahre 1959 zeigte sich die Granitverblendung (Station 0–350) – abgesehen von einigen lokalen Schadstellen – gut erhalten, während die rückwärtige Betonschürze durch Korrosion der Träger abgeplatzt und die Mauerkrone stark beschädigt war. Um das Bauwerk möglichst monolithisch auszubilden, wurden in die Granitverblendung in Abständen von 1,25 m Anker (l = 4,80 m, Ø 26 mm) eingezogen und eine neue Krone, die auch die Rückseite der Geländeoberkante umfaßt, aufbetoniert (Abb. 1). Dieser Kernbeton in B 300 wurde zunächst in Blöcken von 10 m eingebracht. Nachdem sich aus Zwängungen Risse gezeigt hatten, wurde die Blocklänge über 8 m schließlich auf 6 m reduziert. Bei einem Gang über die Westmauer sind heute noch die Risse in den großen Blöcken zu sehen. Der anschließende Abschnitt zwischen Station 350 und 600, der zwischen 1928–1930 in Blockbauweise auf einem Betonfundament zwischen Spundwänden wiederhergestellt worden war, zeigte äußerlich die wenigsten Schäden, so daß es ausreichend erschien, lediglich die Fugen zwischen den einzelnen Blöcken zu reinigen, neu zu verfüllen und an sonstigen kleinen Schadstellen „Betonkosmetik“ vorzunehmen.

Außerdem waren in den Jahren 1939–41 25-t-Betonblöcke als Wellenbrecher vor dem Bauwerk verstürzt worden, so daß davon auszugehen war, daß dieses Bauwerk die Sturmfluten abwehren würde.

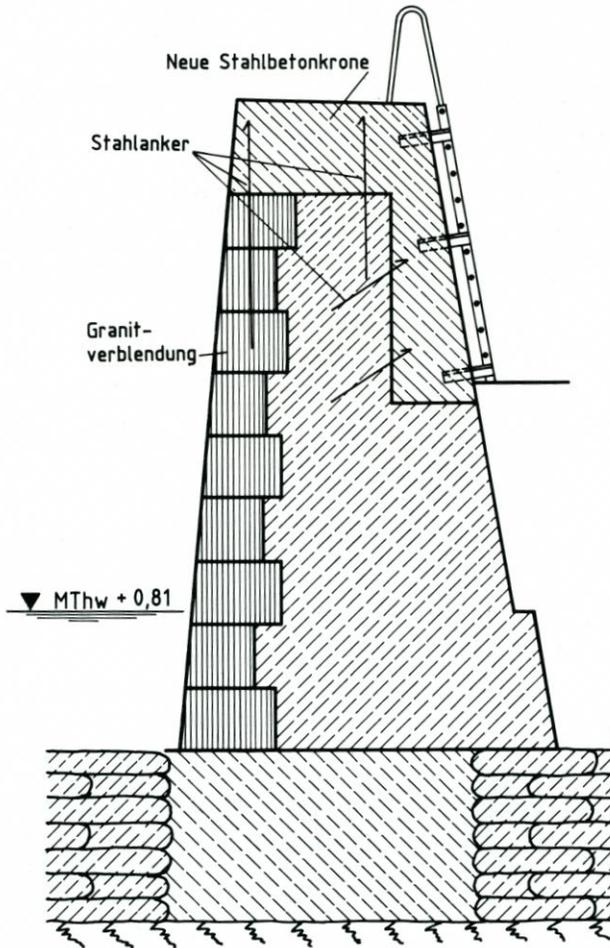


Abb. 1: Querschnitt der Westmauer (Stat. 0–350)

Nach der Sturmflut vom 16./17. 2. 1962, die für Helgoland eine Steigerung von 60 cm des bisher bekannten höchsten Wasserstandes brachte, der bis zum heutigen Tage nicht wieder erreicht wurde, zeigten sich Klaffungen und Abplatzungen in den Fugen. Eine genaue Untersuchung des besonders gefährdeten Bereiches ergab außerdem durchgehende Risse in den oberen Fertigteilblöcken, so daß ein Verbund und damit ein massives Bauwerk nicht mehr vorhanden war.

Es war deshalb erforderlich, die gesamte Mauer auf der nach dem 2. Weltkrieg bisher nicht besonders instandgesetzten Strecke (Station 350–600) zu erneuern. Dazu wurden in den Jahren 1962 und 1963 die beiden oberen Blockreihen abgetragen und anschließend eine neue Betonkrone aufbetoniert. Die Verbindung zu den unversehrten Blöcken bzw. zum Fundament wurde durch im Abstand von 50 cm eingezogene Anker ( $\varnothing 24$  mm) hergestellt (Abb. 2). Die Blocklänge wurde wegen der Erfahrungen beim Bau des ersten Abschnittes auf 6 m festgelegt. Zur weiteren Verstärkung der Mauer wurden außerdem seeseitig 120 Betonblöcke von 20 t Gewicht in die vorhandene Blockvorlage eingebaut.

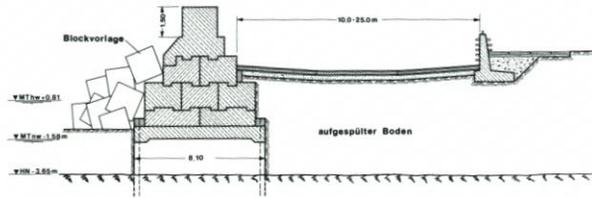


Abb. 2: Querschnitt der Westmauer (Stat. 350–600) mit Wassersturzbett

Insgesamt hat sich die Bauweise der Westmauer in den zurückliegenden Jahrzehnten bewährt; dennoch sind zukünftig die aufgetretenen Risse zu dichten bzw. auszupressen und Abplatzungen bzw. Kantenabbrüche nach gründlichem Schutz freiliegender Bewehrungsstäbe instandzusetzen.

### 1.2.2 Wassersturzbett

Von der ehemaligen Wasserablaufrinne waren bei Beginn der Wiederaufbauarten nur noch Reste vorhanden; überall lagen Betontrümmer, und nur zwei kleine Abschnitte zeigten noch die ehemalige Bauweise.

Im Zuge des ersten Bauabschnittes an der Westmauer (Station 0–350) im Jahre 1959 war das Abbruchmaterial rd. 10 m hinter der Westmauer zu einem Wall aufgetürmt worden, und mit Trümmern wurde die Sohle dieser Ablaufrinne befestigt. Später sollte diese Sohle durch Aufbringen einer Schwarzdecke in ihre endgültige Form gebracht werden.

Durch die ungeheure Wucht der Wassermassen bei der Sturmflut 1962 wurde das so vorhandene, noch provisorische Bauwerk total zerstört. Betonplatten und Trümmer waren im ganzen Südhafengelände verstreut, und hinter der Westmauer waren Kolke entstanden. Da das Wasser nicht geordnet abfließen konnte, stand das Gelände 30 bis 40 cm unter Wasser.

Um ähnliche Überflutungen, verbunden mit Auskolkungen an der Westmauer, zukünftig zu verhindern, war es erforderlich, ein Bauwerk zu planen, das zum einen die überschlagenden Wassermassen aufnehmen konnte, zum anderen aber auch durch eine sichere Gründung eine rückwärtige Gefährdung der Westmauer ausschloß. Das neue Wassersturzbrett hat deshalb im ersten Abschnitt zwischen Station 0 und 100 eine Breite von 10 m, die sich bis zum Einlauf im Vorhafen auf 25 m vergrößert. Diese Größe wurde aus Beobachtungen und damit verbundenen Schätzungen der überschlagenden Wassermassen ermittelt. Gegründet wurde das Wassersturzbett auf einem 30 cm starken Unterbau aus Betonbrocken, der mit Sand eingeschlämmt wurde. Darauf wurde auf einem Sandplanum die eigentliche Sohle, Stahlbetonplatten von 5 × 5 m Seitenlänge und 30 cm Stärke, verlegt. Die Platten haben an der Westseite das Fundament der Westmauer und an der Landseite den Fuß einer Winkelstützmauer, die den Abschluß der Konstruktion bildet, als Auflager (Abb. 2). Bei den nach 1962 aufgetretenen Sturmfluten, so z. B. 1976 und 1981, hat die dargestellte Konstruktion des Wassersturzbettes die überschlagenden Wassermassen abgeführt und ein Überfluten des Südhafengeländes verhindert (Abb. 3).

### 1.2.3 Westmole

Die in Blockbauweise unter Verwendung von 100 t schweren Elementen hergestellte Westmole schien die Kriegseinwirkungen so gut überstanden zu haben, daß 1953 kleinere Instandsetzungsarbeiten an der Brüstungsmauer und ein Abgleichen der Molenplatte für



Abb. 3: Sturmflut am 3. 1. 1976. Schwere Brecher über Westmauer und Wassersturzbett

ausreichend erachtet wurden. Durch die Sturmflut am 16. 1. 1954 wurde die Westmole jedoch auf einer Länge von 125 m völlig zerschlagen. Diese Bresche wuchs durch eine zweite Sturmflut am 22. 12. 1954 auf 210 m. Aus Beobachtungen von Mitarbeitern der Hafenbauabteilung Helgoland ist der Zerstörungsvorgang bekannt. Bei jedem schweren Brecher, der von außen gegen die Mole anlieft, spritzte das Wasser aus sämtlichen Fugen unter hohem Druck heraus. Der Wasserdruck in den Fugen, der durch Reibung sicherlich abnahm, muß an der Seeseite noch bedeutend stärker gewesen sein als an der Binnenseite. Dieser Wasserdruck wirkte natürlich auch nach oben und hat die Blöcke angelüftet. Der gleichzeitig von außen her wirkende waagerechte Druck desselben Brechers hat die Blöcke dann übereinander weggeschoben.

Da die Räumung der Trümmer und Molenreste erhebliche Kosten verursacht hätte, wurde entschieden, die neue Westmole 20m vor dem zerstörten Bauwerk innerhalb des Vorhafens zu errichten. Die Molenreste konnten dabei noch als Blockvorlage dienen (Abb. 4). Wichtige Forderungen beim Neubau waren eine seebeständige, möglichst monolithische Bauweise, die ohne Fugen mit dem Untergrund verbunden werden konnte, um die beschriebenen gefährlichen Auftriebskräfte zu verhindern.

Nach umfangreichen Modelluntersuchungen zu Form und Gestalt im Franzius-Institut der Universität Hannover fiel die Entscheidung zugunsten einer Schwimmkastengründung auf

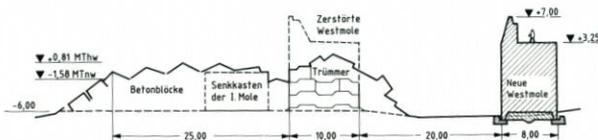


Abb. 4: Lage der Neuen Westmole

vorbereiteten Fundamenten. Die Schwimmkästen haben eine Länge von 28,90 m und eine Breite von 8,0 m. Um den Felsuntergrund zur Aufnahme dieser Schwimmkästen zu erkunden und um Fundamente zu erstellen, wurden zwei Kästen als Druckluft-Arbeitskammern konstruiert. Diese „Taucherglocken“ waren mit 31 m Länge und 10 m Breite etwas größer als die normalen Kästen, damit sie deren Gründungsflächen überspannten.

Der Arbeitsablauf ist prinzipiell in Abb. 5 dargestellt. Zunächst wurde der Untergrund untersucht und von lockerem Material befreit. Danach wurde eine Ringschwelle aus Stahlbe-

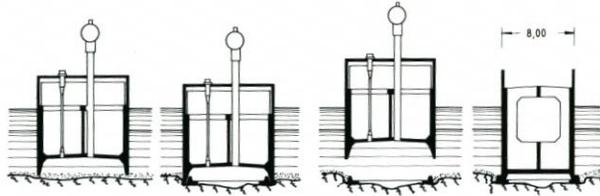


Abb. 5: Arbeitsablauf der Senkkastenbauweise

ton hergestellt, die durch ausgepreßte Anker mit dem Untergrund verbunden war. Nachdem die Arbeitskammer durch Aufschwimmen diese Position verlassen hatte, wurde unmittelbar anschließend ein normaler Schwimmkasten mit den Schneidenunterkanten auf das Fundament abgesenkt. Nachdem die Kästen mit Sand und Steinen verfüllt worden waren, wurde der unter der Sohle befindliche Hohlraum mit dem Kontraktorverfahren ausbetoniert. Die beiden Arbeitskassen wurden zum Schluß am Kopf der Mole abgesetzt und unter Druckluft im Trockenen ausbetoniert. Die Schwimmkästen (insgesamt 7) und 2 Arbeitskammern wurden in der alten Südschleuse Kiel-Holtenau, die als Dock gelenzt worden war, hergestellt und auf dem Seeweg über Nord-Ostsee-Kanal, Elbe und Nordsee mit Schleppern an ihren 108 Seemeilen entfernten Einsatzort gebracht.

Aufgrund der großen Lücke in der alten Mole war es erforderlich, vor den Herbst- und Winterstürmen mit den Absenkarbeiten fertig zu sein. Innerhalb von 6½ Monaten wurde die Schwimmkastenkonstruktion im Jahre 1955 erbaut, so daß die Stürme im Winter 1955–56 vom Vorhafengelände ferngehalten wurden. Mit dem Bau der Brüstungsmauer wurde die neue Westmole fertiggestellt, trotz seitdem erfolgreich dem Sturm aus westlichen Richtungen und trägt damit zur Beruhigung des Vorhafens bei (Abb. 6).

#### 1.2.4 Südmole

Die aus miteinander verzahnten, unbewehrten Betonhohlzellen bestehende Südmole war in den Kriegswirren nicht mehr fertiggestellt worden. Die Hohlzellen waren nicht verfüllt, sondern lediglich mit einer Stahlbetonplatte abgedeckt worden. Durch Kriegseinwirkungen und durch die Sturmflut von 1954 waren zwei Breschen in die Südmole geschlagen worden. Dabei waren die Blöcke in ihren Stegen gerissen, die Bruchstücke hatten sich voneinander gelöst und waren in den Hafen bzw. in die See gestürzt.

Daß die verhältnismäßig leichte Bauweise keine größeren Schäden genommen hat, liegt an ihrer durch die Westmole geschützten Lage und die Sicherung durch eine Blockvorlage, die aus Trümmern der gesprengten ersten Südmole entstanden war. Aufgrund dieser Tatsache konnte die endgültige Sicherung der gesamten Südmole zugunsten anderer, wichtiger Bau-

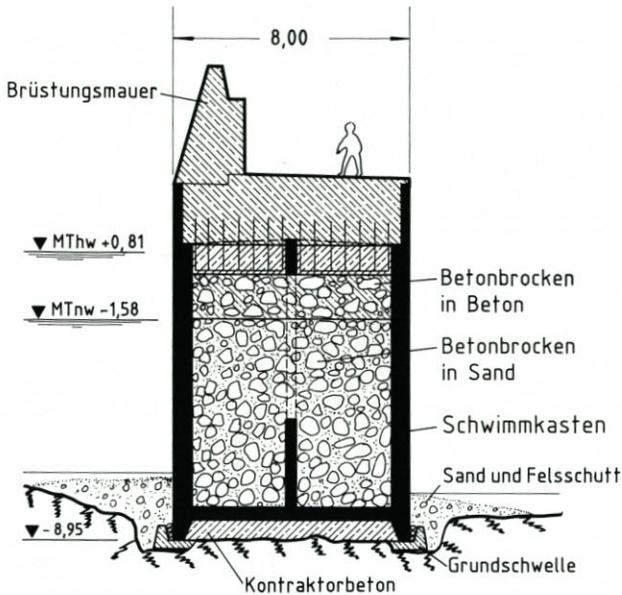


Abb. 6: Die Neue Westmole

maßnahmen zurückgestellt werden. Lediglich die beiden Breschen mußten geschlossen werden. Dazu wurden zunächst die Lücken von Betontrümmern geräumt, um ein möglichst ebenes Planum zu schaffen. Darauf wurden hölzerne Kisten, mit Betonbrocken verfüllt, abgesenkt. Die an Land gezimmerten Kisten hatten eine Breite von 7,0 m, eine Länge von 10,5 m und eine Höhe von 9–10 m. Der Boden dieser Steinkisten wurde lediglich durch Stahldrahtnetz gebildet, um sich den Unebenheiten des Bodens anzupassen. Als obere Abdeckung diente eine Baustahl-Gewebematte, um ein Ausspülen der Betonbrocken aus der Holzkiste zu verhindern.

Um der Konstruktion eine gewisse Sicherheit zu geben, wurde die Hafenseite mit Betonbrocken in der Neigung 1:1,5 angeschüttet. Diese in den Jahren 1955/56 hergestellte und insgesamt als Provisorium anzusehende Bauweise hat die Winter 1956/57 und 1957/58 unbeschadet überstanden. Damit die gesamte Südmole dauerhaft den Sturmfluten widerstehen konnte, wurde die Betontrümmeranschüttung, die bisher nur im Steinkistenbereich bestand, in den Jahren 1958–1960 auf der gesamten Länge vor dem Bauwerk durchgeführt. Neben der hafenseitigen Sicherung wurde auch seeseitig eine Schüttung mit Trümmern mit einer Neigung von 1:2 aufgebracht, die mit Einzelbetonblöcken von 20 t Eigengewicht abgedeckt wurden.

Nachdem diese Anschüttung fertiggestellt war, wurden die Hohlzellen der alten Mole aufgeschlagen und mit Betontrümmern verfüllt. In den Jahren 1961–1963 erhielt die gesamte Südmole als oberen Abschluß eine Stahlbetonplatte mit Brüstungsmauer. Ihre Hauptaufgabe bestand darin, die einzelnen Blöcke bzw. Hohlzellen miteinander zu verbinden.

Eine besondere Schwierigkeit war die Errichtung der Stahlbetonplatte im Bereich der Steinkisten, weil das Holz der Kisten mit der Zeit verfault. Die Stahlbetonplatte in diesem Bereich hat eine Stärke von 2 m und see- und hafenseitig je einen Sporn, der bis unter die Tidehalbwasser-Grenze heruntergeht, um das Faulen zu verhindern. Außerdem wurde das Schüttmaterial der Steinkiste und der Anschüttung mit Injektionsohren so tief wie möglich vermörtelt, um in diesem Bereich eine möglichst große Festigkeit zu erreichen (Abb. 7).

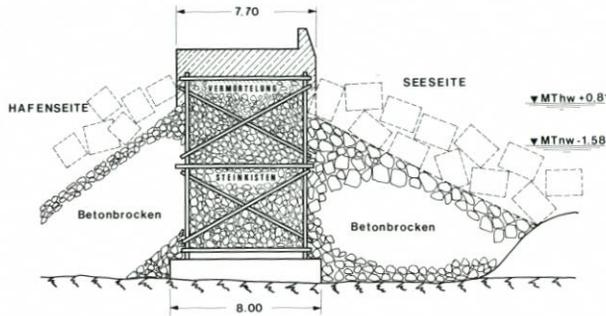


Abb. 7: Querschnitt der Südmole im Bereich der Steinkisten

Zwar liegt die Südmole, wie erwähnt, bei den Großstürmen aus westlichen Richtungen im Schutz der Westmole, dennoch hat sich die erläuterte Bauweise in den letzten 30 Jahren bewährt.

### 1.2.5 Ostmole

Eine ganz andere Lösung ergab sich aus den besonderen Verhältnissen heraus für die Wiederherstellung der Ostmole. Obwohl sie im Kriege ohne Bombentreffer geblieben war, war mit ihrer Instandsetzung bereits 1953 begonnen worden, weil sie streckenweise zunächst noch mehr gefährdet erschien als die vor der Sturmflut im Januar 1954 noch leidlich intakte Westmole. Dies hat seinen Grund darin, daß die Ostmole zu Beginn des letzten Krieges unvollendet geblieben war. Sie besteht aus vier lotrecht und lose nebeneinander stehenden Scheiben, die dadurch gebildet werden, daß einzelne verzahnte Betonblöcke auf in den Untergrund eingerammte I-Träger aufgeschoben wurden. Diese vier Betonblockreihen bzw. Scheiben mit den oben herausragenden I-Trägerenden sollten im oberen Teil mit einer über die ganze Molenbreite reichenden Betonkonstruktion abgedeckt und miteinander verbunden werden. Zu dieser konstruktiv unerläßlichen Verklammerung der einzelnen Teile des Bauwerks miteinander ist es nicht mehr gekommen, so daß die einzelnen Scheiben der angreifenden See ausgesetzt wurden, der sie nicht gewachsen waren. Die Scheiben bildenden Doppel-I-Träger begannen sich so stark durchzubiegen, daß bereits als erste Sicherungsmaßnahme im Jahre 1953 eine Strecke der Mole durch seeseitige Steinschüttung behelfsmäßig abgestützt werden mußte.

Der Plan ging zunächst davon aus, daß es möglich sei, die I-Träger der auseinandergebo- genen Scheiben durch Flaschenzüge wieder in die Sollage zurückzubringen. Dann sollten die Scheiben durch vorgefertigte Stahlbetonrahmen mit  $4 \times 8$  m Seitenabmessungen und 1,50 m Höhe verklammert und nach Abräumen der obersten Blöcke auf den Molenkörper abgesetzt und mit Beton verfüllt werden. Durch die in die Rahmen nach oben hineinragenden Doppel- I-Träger war eine gute Verbindung des Gesamtbauwerks zu erwarten, während die an sich erwünschte Ausfüllung des Zwischenraumes zwischen den einzelnen Blockreihen im unteren Teil der Mole sich als ziemlich schwierig ausführbar erwies.

Diese Arbeiten waren – durch Seegang und Witterung stark gestört – im Gange, als die anfällige Mole bei der Januarflut 1954 an zwei Stellen auf zusammen 80 m Länge auseinanderbrach und bis in Höhe der Niedrigwasserlinie abgetragen wurde.

Damit war wenigstens an diesen Stellen die Instandsetzung in der geplanten Form nicht mehr möglich. Es mußte ein neuer Weg gegangen werden, und zwar möglichst so, daß die zu

diesem Zeitpunkt bereits fertiggestellten Stahlbetonrahmen weiterverwendet werden konnten. Dies führte zu dem Entschluß, die gefährdeten Stellen der Ostmole so zu sichern, daß nur die zwei noch stehengebliebenen Betonscheiben mit dem hier nicht quer-, sondern längsgestellten Stahlbetonrahmen zu einer Dichtungsschürze zusammengefaßt wurden, die beiderseits mit den Trümmern des U-Boot-Bunkers angeschüttet und mit gleichfalls auf und um Helgoland vorhandenen Betonblöcken abgedeckt wurden (Abb. 8). Diese Konstruktion entsprach der bei der Südmole und hat sich bewährt.

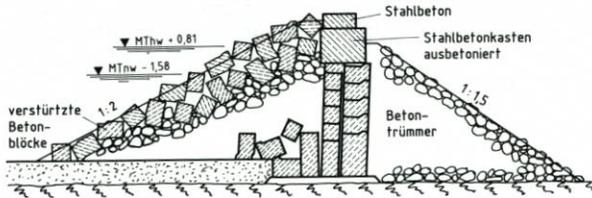


Abb. 8: Querschnitt der Ostmole

### 1.2.6 Ostmauer

Die Ostmauer zwischen Binnenhafen und Südhafen hat durch die Kriegseinwirkung beträchtliche Schäden erlitten. Durch die schwere Sprengung an der Südspitze des Oberlandes und durch die spätere Zerstörung des U-Boot-Bunkers wurde ihr inneres Gefüge gelockert. Beim Abbruch zeigte sich, daß durch diese Erschütterungen und das lagenweise Betonieren in Höhe der Granitquaderstärken waagerechte Risse aufgetreten waren. Die Schwergewichtsmauer hatte in sich keinen Halt mehr, und die oberen Schichten konnten lagenweise abgehoben werden.

Wegen anderer dringender Arbeiten wurde die Instandsetzung erst im Jahre 1964 im Bereich zwischen Binnenhafen und Augustahafenmole begonnen. Die Erneuerung verlief analog der bei der Westmauer, indem die oberen Schichten abgetragen und durch Beton, der in Blöcken von 6 m betoniert wurde, ersetzt wurden. Die Verbindung mit dem ursprünglichen Bauwerk wurde über eingezogene Anker hergestellt. Der übrige Bereich zwischen Augustahafen und Südhafen wurde 1968 saniert. Als oberen Abschluß erhielt das Bauwerk eine Brüstungsmauer.

Die Ostmauer im Bereich der Ostkaje hatte im Bauwerk nur wenige Schäden erlitten, so daß hier örtliche Ausbesserungen ausreichten.

### 1.2.7 Binnenhafen

Nachdem das Schwergewicht in der Wiederaufbauarbeit von 1953 bis 1956 bei den Molen des Vorhafens und der Gemeindelandungsbrücke gelegen hatte, wurde 1957 die Wiederherstellung des Binnenhafens vordringlich (Abb. 9). Außerdem reichte die Kapazität des Südhafens nicht mehr aus, um bei Sturm schutzsuchende, besonders kleine Fahrzeuge aufzunehmen.

Die beginnende Besiedlung des Unterlandes war mit den auftretenden Gefahren bei der Räumung des Binnenhafens wegen der zahlreichen zu erwartenden Blindgänger nicht zu vereinbaren.

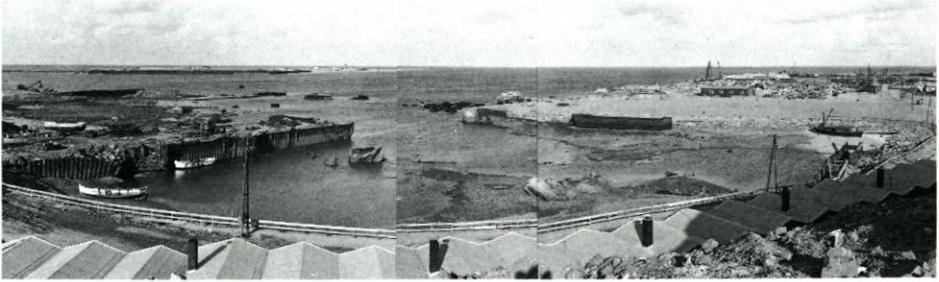


Abb. 9: Panorama des zerstörten Binnenhafens

Gerade die Munitionsfunde bereiteten die größten Schwierigkeiten, die sich der Wiederherstellung des Binnenhafens entgegenstellten. Man muß sich dabei vor Augen führen, daß die Insel übersät war von Blindgängern und deshalb von 1953 bis 1955 eine systematische Bombenräumung durch Umsetzen des Bodens bis auf 4 m Tiefe der Flächen im Unterland und Oberland stattgefunden hatte, die zur Bebauung vorgesehen waren.

Die ersten Häuser auf dem Unterland wurden 1955 erstellt; auf dem Nordostgelände wohnte ein erheblicher Teil der Bauarbeiter, während alle Versorgungsgüter im Südhafen ankamen. Daraus ergab sich ein reger Verkehr zwischen dem Südhafen, dem Unterland und dem Nordostgelände, der nun bei der Räumung des Binnenhafens gefährdet war. Außerdem lagen die am Hang an der Straße entlang des Binnenhafens errichteten Hummerbuden, die Arbeitsschuppen der Helgoländer Fischer, in denen zunächst auch Helgoländer wohnten, im unmittelbaren Gefahrenbereich. Alle diese Probleme mußten zunächst mit der für Helgoland zuständigen Sicherheitskommission des Landes Schleswig-Holstein besprochen werden, um gemeinsam die notwendigen Sicherheitsvorkehrungen festzulegen.

Zunächst wurde dafür gesorgt, daß die Hummerbuden während der Arbeitszeit nicht bewohnt wurden. Weiter wurde bestimmt, daß über Mittag und bei Ankunft des Fahrgastschiffes die Arbeiten unterbrochen werden mußten, damit der normale Verkehr am Binnenhafen vorbeifließen konnte. In der übrigen Zeit war der Fahrzeugverkehr vollkommen unterbunden, während ein Verbindungsweg über das Mittelland und das Gelände am Kringle angelegt wurde, nur um dem Fußgänger den Weg vom Unterland zum Südhafen und umgekehrt zu ermöglichen. Nacharbeit fand nicht statt. Entlang der Hummerbuden wurde eine Splitterschutzwand errichtet, die etwaige Splitter detonierender Bomben oder Granaten abfangen sollte. Diese Splitterschutzwände waren zwischen zwei und dreieinhalb Meter hoch und bestanden aus gepreßten Strohballen von 50 cm Stärke zwischen Holzkonstruktionen, die mit Schrägpfählen abgestützt waren.

Die eigentlichen Arbeiten zur Räumung des Binnenhafens begannen im Spätsommer 1957 und waren zu Beginn der Sommersaison 1958 beendet. Über die Saison hätten die Räumarbeiten nicht durchgeführt werden können, da bei dem starken Publikumsverkehr die notwendige Sicherheit nicht hätte gewährleistet werden können.

Insgesamt sind aus dem Binnenhafen rd. 60 000 m<sup>3</sup> Inselboden, Felsen und Stahlbetontrümmer geräumt worden. Außerdem wurden in der Zufahrtsrinne rd. 25 000 m<sup>3</sup> Trümmer beseitigt. Nicht zu vergessen ist dabei, daß auch verschiedene Schiffswracks im Hafen gehoben werden mußten. Gearbeitet wurde überwiegend mit Raupengreifern, die von extra hierfür errichteten Erddämmen das Material auf Lkw luden. Nur in der Zufahrtsrinne und an der Binnenhafenmole wurde schwimmendes Gerät eingesetzt.

Bei der Räumung des Binnenhafens wurden folgende Blindgänger nach Angabe der Munitionsräumgruppe des Landes Schleswig-Holstein gefunden:

- 17 Stück englische Bomben versch. Größe
- 16 Stück amerikanische Bomben versch. Größe
- 28 Stück Torpedoteile
- 14 Stück 30,5 cm Granaten
- 520 Stück 10,5–17 cm Granaten
- 206 Stück 8,8–3,7 cm Granaten
- 1425 Stück sonstige Munitionsteile
- 10 Stück Wasserbomben

Glücklicherweise hat es keinen schweren Unfall bei der Räumung gegeben.

Zu den Räumarbeiten ist noch zu bemerken, daß gefundene Sprengkörper von den ständig auf der Insel anwesenden Feuerwerkern der Munitionsräumgruppe sofort entschärft wurden. Anschließend wurden die Bomben auf einem besonderen Bombensammelplatz auf der Insel gelagert und zur weiteren Aufarbeitung zum Festland geschafft. Sprengkörper, die nicht aufgearbeitet werden konnten, wurden weit nach Norden in die Nordsee gebracht und unter Wasser gesprengt.

#### 1.2.7.1 Binnenhafenmole

Sobald der Stand der Räumarbeiten es zuließ, wurde mit den Instandsetzungsarbeiten an der Binnenhafenmole begonnen. Hierbei wurden beschädigte Spundbohlen von der Verankerung gelöst, gezogen und durch neue ersetzt, während an anderen Stellen nur eine neue Verankerung und entsprechende Ausrichtung der verzogenen Bohlen ausreichte. Es ist klar, daß das Bauwerk als solches auch heute erkennen läßt, welch schwere Schäden der Krieg verursacht hatte, weil nicht jede einzelne kleine Unebenheit bei dem Nacharbeiten beseitigt werden konnte. Auf der anderen Seite wäre es volkswirtschaftlich nicht zu vertreten gewesen, nur aus Schönheitsgründen eine vollkommen neue Umspundung zu erstellen.

Im Anschluß an die Wiederherstellung der Spundwand an der Binnenhafenmole erhielt sie einen neuen Stahlbetonholm. Die Molenoberfläche erhielt zunächst nur eine Befestigung in 5 m Breite entlang der Betonholme. Die Innenfläche wurde nur eingeebnet. Nach Errichtung eines Zollabfertigungsgebäudes 1960/61 wurde die Abfertigung des Stückgutverkehrs zur Binnenhafenmole verlegt. Da das Lösch- und Ladegeschäft mit starker Geräuschentwicklung verbunden ist, wurde der Umschlag auf elektrisch betriebene, schienengebundene Kräne umgestellt. Mit einer vollen Abdeckung mit Betonplatten von 1,25 m × 1,25 m fanden die Arbeiten an der Binnenhafenmole 1965/66 ihren Abschluß.

#### 1.2.7.2 Südwest- und Westkaje

Während die Südwestkaje noch in einzelnen Abschnitten erhalten geblieben war, war die Ufersicherung an der Westkaje vollkommen zerstört. Es galt daher zu entscheiden, welche Forderungen an den Neubau zu stellen waren und welche technische Lösung den größten Vorteil bot. Für den Versorgungsverkehr war die Binnenhafenmole vorgesehen, so daß an der West- und Südwestkaje zwar das Anlegen, aber nicht der Umschlag möglich sein mußte. Da gerade bei südöstlichen Winden ein verhältnismäßig starker Schwell in den Binnenhafen läuft, war es erwünscht, möglichst eine Konstruktion zu finden, die einerseits das Anlegen der

Schiffe erlaubte, auf der anderen Seite aber auch eine möglichst große Wellenberuhigung erzielte. Die West- und Südwestkaje wurde daher bis auf den Teil der Südwestkaje, der erhalten geblieben war, oberhalb des MTnw geböscht und in Stahlkonstruktion mit hölzernem Bohlenbelag überbaut.

Es wurden zunächst IPB 300 im Abstand von 4 m gerammt, die in einer Höhe von 40 cm über MTnw mittels Platten an Stangen von 8,70 m Länge  $\varnothing$  2'' verankert wurden. Zwischen die Flanschen der IPB 300 wurden Stahlbetondielen eingeschoben, die mit Hartholzkeilen festgekeilt sind und mit entsprechenden Versätzen ineinandergreifen. Die IPB 300 wurden rd. 1,50 m in den gewachsenen Boden gerammt, ein Maß, das sich überall auf Helgoland als möglich erwiesen hat.

Um eine sichere Dichtung zur Hafensohle hin zu haben, liegen die Stahlbetondielen auf einer Sackbetondichtung an der Sohle auf. Die Stahlbetondielen reichen bis zu einer Höhe von 50 cm über MTnw. Während die IPB 300 bis zur Höhe von HN (Helgoländer Null) +3,60 m heraufreichen und mittels eines Querträgers gleichfalls aus IPB 300 einen Überbau tragen, bildet ein Betonholm auf Höhe von 50 cm unter HN den Fuß einer Schüttsteinböschung in einer Neigung von 1:1,5. Auf der Landseite war in dem gleichen Abstand wie auf der Wasserseite vorher gleichfalls ein IPB 300 gerammt worden, der den oberen Querträger aufnimmt und durch eingeschobene Stahlbetondielen den landseitigen Abschluß im Bereich des Ansatzes der Böschung sichert. Die Querträger sind mit dem vorderen IPB 300 durch eine Strecke aus IPB 26 verbunden. Hafenseitig bildet ein IPB 300 den Längsträger, ein zweiter Längsträger liegt in der Mitte des Überbaues. Außerdem sind auf der Landseite und in den Viertelpunkten des Überbaues hölzerne Längsträger 20/30 eingezogen. Die hafenseitigen IPB 300 sind oberhalb des Überbaues mit Hartholz umkleidet und bilden so die Poller. Außerdem befinden sich hafenseitig Reibehölzer von 6,80 m Länge im Format 30 auf 30.

Im Bereich der Südwestseite des Binnenhafens wurden die dort vorgefundenen Spundwandteile soweit wie möglich wieder hergestellt oder einzelne Bohlen neu geschlagen. Außerdem wurde ein an dieser Stelle vorhandener Absatz in der Spundwand zum Bau einer Anlegetreppe mit entsprechendem Podest ausgenutzt. So ist es möglich, bei Bedarf auch mit kleineren Booten Fahrgäste im Binnenhafen ohne Schwierigkeiten an Land zu setzen.

### 1.2.7.3 Südostkaje

Die frühere Ufereinfassung am Südostufer des Binnenhafens war durch die Kriegseinwirkungen derart zerstört, daß die ursprünglich vorgesehene Wiederherstellung in einzelnen Abschnitten unter Verwendung des alten Materials aufgegeben werden mußte. Statt dessen wurde eine neue Spundwand Profil Larßen III gerammt, deren Oberkante auf NN +1,55 lag. An sie schloß sich eine Berme von rd. 3 m Breite an, die in eine Böschung in der Neigung 1:2,5 bis zur vollen Geländehöhe übergang.

Berme und Böschung blieben zunächst aus finanziellen Gründen unbefestigt liegen. Bei Überflutungen der niedrigliegenden Spundwand zeigte es sich aber, daß die Böschung ausgewaschen wurde und sich auch durch die Niederschläge Rinnen einfraßen. Größere Schäden entstanden besonders bei der Sturmflut 1962. Aus diesen Gründen wurde 1963 auf die Spundwand ein Betonholm aufgesetzt und die Berme als Fahrbahn mit quadratischen Betonplatten von 1,25 m Seitenlänge abgedeckt. Ein Betonrandstreifen bildet den Übergang zu der mit quadratischen Betonplatten von 1 m Seitenlänge befestigten Böschung, die als oberen Abschluß einen Betonbordstein erhielt. Die Spundwand wurde außerdem mit Reibepfählen und Steigeleitern ausgerüstet.

### 1.2.8 Südhafen

Der Südhafen war durch Kriegseinwirkungen in seinem ganzen Bereich mit Trümmern übersät. Wie in der Einleitung erwähnt, wurde 1952 zunächst ein einzelner Bereich vor der Westkaje geräumt, um wenigstens dort eine eingeschränkte Umschlagsmöglichkeit zu schaffen. In den folgenden Jahren wurde die systematische Grundräumung durchgeführt. Ein besonderes Problem war dabei der im nordöstlichen Teil des Hafens liegende ehemalige U-Bootbunker (Abb. 10). Bei Kriegsende war dieser Bunker zwar gesprengt worden, die



Abb. 10: Zerstörter U-Boot-Bunker

Trümmer hatten jedoch noch solche Ausmaße, daß ein Abtransport nicht ohne weiteres möglich war. Die großen Brocken wurden deshalb durch Sprengungen weiter verkleinert. Danach konnten die verbleibenden Bruchstücke auf Schuten geladen und abtransportiert werden. Die Trümmer wurden teilweise an Land gelagert, der größte Teil jedoch als Vorschüttung bei den Molen – wie beschrieben – als zusätzliche Sicherung eingebaut.

Mit dem Abbruchfortschritt wurde es erforderlich, die Nordkaje des Hafenbeckens zu sichern. Diese wurde als Kastenspundwand mit aufbetonierter Betonwand hergestellt. Ursprünglich war geplant, die heute noch vorhandene Unreinstelle in der nordöstlichen Ecke des Hafens zu überbauen, um dort eine Umschlagstelle mit Lagerfläche zu schaffen. Aus Kostengründen wurde diese Lösung verworfen. Um aber das Hafenbecken gegen die Bunkerreste abzugrenzen und um Liegeplätze zu schaffen, wurde 1975 die Bootsanlagebrücke erbaut. Sie besteht aus runden, ausbetonierten Stahlpfahljochen, die oben mittels Verbänden und Bohlenbelag als Brücke ausgebildet sind. Mit dieser Maßnahme war das Programm zum Wiederaufbau Helgolands abgeschlossen.

### 1.3 Schlußbetrachtung

Helgoland bot 1952 ein Bild der Zerstörung und Verwüstung. Die Wasser- und Schiffsverkehrsverwaltung des Bundes hat gleich nach der Rückgabe der Insel mit dem Wiederaufbau begonnen und ihn entscheidend mitgeprägt. In den Jahren 1952–1975 sind dabei Kosten in Höhe von ca. 50 Mio. DM entstanden.

Durch die oben im einzelnen beschriebenen Maßnahmen darf nicht der Eindruck entstehen, daß sich hierauf die Tätigkeit beschränkt hat. Vielmehr sind an allen Hafenanlagen und im gesamten Hafengebiet Arbeiten – und seien es nur Aufräumarbeiten – durchgeführt

worden, die für einen gesonderten Bericht nicht spektakulär genug erschienen. Außerdem wurden von der Wasser- und Schiffsverkehrsverwaltung im Auftrage anderer Verwaltungen Arbeiten durchgeführt, über die zum Teil an anderer Stelle berichtet ist.

Das Wasser- und Schiffsverkehrsamt Tönning als Ortsbehörde der Wasser- und Schiffsverkehrsverwaltung des Bundes hat in den Jahren 1952–1965 eine eigenständige Hafenbauabteilung auf Helgoland unterhalten. Mit dem Errichten des Außenbezirkes Helgoland und dem Bezug des dafür errichteten Gebäudes wurde die Hafenbauabteilung aufgelöst. Ab 1965 wurden die Baumaßnahmen von Tönning aus in die Wege geleitet und vor Ort vom zuständigen Außenbeamten betreut.

Seit dem Ende der meisten Wiederaufbauarbeiten sind mehr als 25 Jahre vergangen. Die gewählten Bauweisen haben sich bewährt. Dabei darf man nicht vergessen, unter welchen Schwierigkeiten die Bauwerke entstanden und welchen Einflüssen sie seit der Zeit fortwährend ausgesetzt sind.

## 2. Grundinstandsetzung der Anlagen im Schutz- und Sicherheitshafen Helgoland

### 2.1 Einleitung

Die durch die Kriegs- und Nachkriegsereignisse verursachten Schäden an den Hafenanlagen sind im Rahmen der Maßnahme „Wiederaufbau der Anlagen auf Helgoland“ in den Jahren 1952–1975 weitgehend beseitigt worden. Im Rahmen der Bauwerksinspektion wurden ab 1980 die einzelnen Anlagen eingehend auf ihre Standfestigkeit und Dauerhaftigkeit untersucht. Dazu führte die Bundesanstalt für Wasserbau Ultraschallmessungen zur Bestimmung der Abrostungsrate bei Spundwänden durch. Materialuntersuchungen des Betons und Bestimmungen der Bodenkennwerte waren für die Standsicherheitsberechnungen erforderlich. Um außerdem einen Eindruck von den Bauwerken unter Wasser zu gewinnen, untersuchten Taucher diesen Bereich. Aufgrund der Untersuchungsergebnisse wurde ermittelt, daß einzelne Bauwerke ihre theoretische Lebensdauer erreicht hatten bzw. nicht mehr standsicher waren.

Wegen der in den zurückliegenden Jahren gestiegenen erforderlichen Liegekapazität konnte eine Sperrung einzelner Anlagen nicht hingenommen werden. Deshalb wurde vom Wasser- und Schiffsverkehrsamt Tönning ein Rahmenentwurf für die „Grundinstandsetzung der Anlagen im Schutz- und Sicherheitshafen“ aufgestellt. Im folgenden werden die davon inzwischen durchgeführten Arbeiten beschrieben.

### 2.2 Instandsetzungsarbeiten an einzelnen Bauwerken

#### 2.2.1 Ostkaje

Die Ostkaje des Schutz- und Sicherheitshafens Helgoland bestand aus einer Schweregewichtsmauer mit einer vorgesetzten Stahlträgerkonstruktion – Vorsetzen, Profil IPB 300, und entsprechender Kajenausrüstung (Reibefähle, Steigeleitern) sowie einem 2,0 m breiten Holzbohlenbelag. Die Stahlträger waren mit einer Diagonalabstützung gegen die Ostmole abgestützt. Die durch Kriegseinwirkung verursachten Schäden an den Vorsetzen, die aus den Jahren 1908–1912 stammten und 1934 erneuert worden waren, wurden 1954 mit altbrauchba-

rem Material ausgebessert. Durch die lange Standzeit waren so große Abrostungen entstanden, daß in den Tragpfählen die zulässigen Spannungen überschritten waren. Die bauliche Lebensdauer war damit erschöpft. Um die Verkehrs- und Standsicherheit wiederherzustellen, war die Konstruktion zu ersetzen.

Es boten sich folgende Lösungen an:

1. Ersatz der Vorsetzen durch Stahlbeton mit Reibehölzern und Kajenausrüstung.
2. Ersatz der Vorsetzen durch eine Stahlträgerkonstruktion in der vorhandenen Form.
3. Verstärkung der vorhandenen Konstruktion in den geschwächten Querschnitten unter Ersatz abgängiger Konstruktionsteile.
4. Ersatz der Vorsetzen durch eine Reibeholzanlage und entsprechender Kajenausrüstung.

Unter Abwägung aller Gesichtspunkte und nach Durchführung einer Wirtschaftlichkeitsberechnung wurde die 4. Lösungsmöglichkeit (Reibeholzanlage) als günstigste verwirklicht.

Dazu wurden die Vorsetzen abgebaut und die Tragpfähle gezogen bzw. in Einzelfällen über der Felssohle abgebrannt.

Die Schiffsliegeplätze wurden durch Bongossi-Reibepfähle  $30 \times 30$  cm im Abstand von 5 m wiederhergestellt. Aufgrund der Neigung des bestehenden Molenkörpers wurden sie in einer Neigung 10:1 ausgerichtet. Die Befestigung erfolgte durch am Molenkörper verankerte Reibepfahlbesläge. Die Federwirkung der Konstruktion wurde durch Einbau eines Vierkantgummi-Fenders zwischen Reibeholz und Molenkörper gewährleistet. Ausgerüstet mit Steigeleitern, Schwimmfendern und 100 kN Pollern auf dem Molenkörper war an der Ostkaje damit 1982 das Anlegen von Schiffen wieder möglich (Abb. 11).

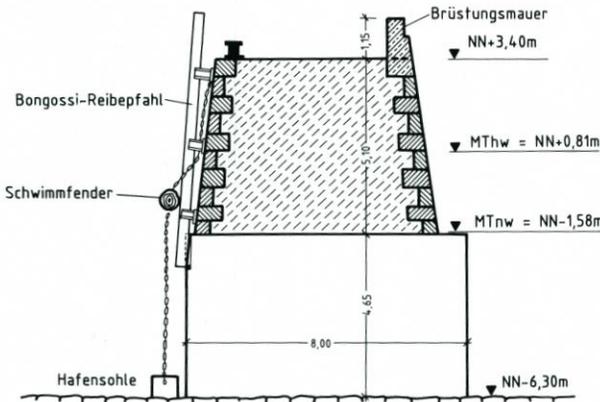


Abb. 11: Vorsetzen an der Ostkaje

Da in der jüngeren Vergangenheit das Sportbootaufkommen stetig zunahm und die Gemeinde Helgoland ein Interesse daran hatte, die Attraktivität des Hafens und damit der Insel zu erhöhen, wird seit 1987 aufgrund einer Vereinbarung zwischen Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes und der Gemeinde jährlich zur Sportbootsaison eine Schwimmsteganlage ausgebracht, die das Liegen und das Anlandgehen wesentlich bequemer macht.



gegenüber einer Stahlspundwand-Konstruktion zu erwarten. Die Kosten der in den Jahren 1983–1986 durchgeführten Maßnahmen betragen ca. 5,3 Mio. DM. Das sind ca. 13 000,- DM pro laufenden Meter.

### 2.2.3 Südkaje

Die im Jahre 1935 hergestellte Südkaje hatte eine Schwergewichtsbaweise mit vorgesetzter Spundwand, die rückwärtig verankert war. Die Gründung bestand bis zur Höhe NN  $\pm 0,0$  aus einer Steinkiste mit Betonhinterfüllung, darüber bis zur Kajenoberfläche aus aufgesetzten Betonblöcken. Örtlich sichtbare Schäden aus Kriegseinwirkungen im oberen Kajenbereich waren durch „Betonplomben“ ausgebessert worden.

Die durchgeführten Taucheruntersuchungen ergaben durch Korrosion und Sprengwirkung in Teilbereichen stark zerstörte Spundwände. Außerdem wurden Hohlräume im Gründungsbereich, Sackungen im Kajenbereich sowie eine Änderung der Sollage in Längsrichtung festgestellt. Aufgrund der beim West- und Ostdamm mit Stahlbetonfertigteiltbauweise gemachten guten Erfahrungen wurde auch in diesem Bereich das dort angewandte Bauverfahren ausgeschrieben.

Da sich in unmittelbarer Nähe das Gebäude des Außenbezirkes Helgoland befindet, war eine Rammung der Tragfähle nicht möglich. Deshalb wurden hier die Stahlbetonfertigteile mit einem anbetonierten Stahlfuß in vorgebohrte Löcher gestellt. Diese Löcher wurden anschließend mit Unterwasserbeton verfüllt. Die rückwärtige Verankerung erfolgte mittels Stahllankern an Ankerwänden. Diese Bauweise hat sich gegenüber der ebenfalls angebotenen Verankerung über Schrägpfahl-Verpreßanker im nachhinein als richtig erwiesen, da bei dem Herstellen der Ankerwände Hindernisse und Hohlräume angetroffen wurden, die eine Einbringung von Schrägpfahl-Verpreßankern unmöglich gemacht hätten.

Mit einer Kajenabdeckung aus Stahlbetonplatten und der üblichen Kajenausrüstung (Poller, Reibepfähle) kann die in den Jahren 1987–1988 hergestellte Südkaje ihre Aufgabe, größere Schiffseinheiten (z. B. MS Mellum) aufzunehmen, gerecht werden (Abb. 13).

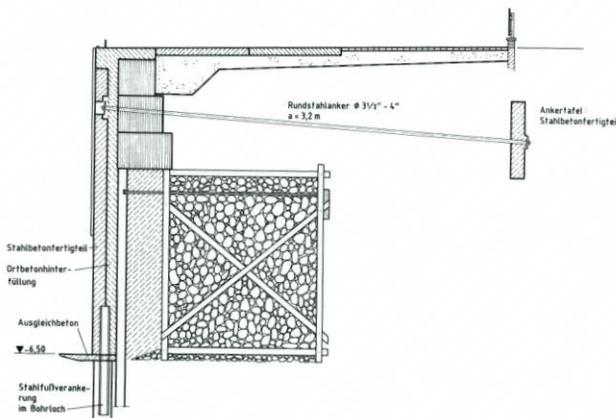


Abb. 13: Querschnitt der Südkaje

#### 2.2.4 Westkaje

Die im Jahre 1935 hergestellte Westkaje hatte wie die Südkaje eine Schwergewichtsbauweise mit vorgesetzter Spundwand. Lediglich die rückwärtige Verankerung fehlte, so daß sich aus den Untersuchungsergebnissen analog zur Südkaje noch dringlicher eine Grundinstandsetzung ergab.

Die Baumaßnahme wurde deshalb analog der der Südkaje durchgeführt. Dabei wurden lediglich Änderungen im Baubetrieb vorgenommen. Während bisher die Fertigteile, die auf dem Festland hergestellt wurden, auf Helgoland bis zum Einbau zwischengelagert wurden, erfolgte der Einbau bei der Westkaje von einem Ponton aus. Da außerdem die ausführende Firma ihre Erfahrungen aus den bisherigen Baumaßnahmen einfließen lassen konnte, wurden die Bauzeit und damit die Baukosten verringert. Die Westkaje mit einer Länge von ca. 228 m wurde innerhalb eines Jahres (Sept. 1988–Dez. 1989) grundinstandgesetzt.

#### 2.3 Ausblick

Die Maßnahme zur „Grundinstandsetzung der Anlagen im Schutz- und Sicherheitshafen Helgoland“ sind mit den beschriebenen Bauarbeiten nicht abgeschlossen. Dem Wasser- und Schiffsamt Tönning als Ortsbehörde der Wasser- und Schiffsverwaltung des Bundes bleibt weiterhin die Aufgabe, das Grundinstandsetzungsprogramm fortzuführen und die bestehenden Anlagen auf Helgoland zu unterhalten, damit die einzigartige Felseninsel Helgoland in der Deutschen Bucht als Anlaufstelle für schutzsuchende Fahrzeug erhalten bleibt.

### 3. Schriftenverzeichnis

- BECKER, BREITSCHWERDT, JENSEN: Die Hafengebäudearbeiten der Wasser- und Schiffsverwaltung des Bundes auf Helgoland. Zeitschrift Die Bautechnik 36. Jg. H. 10, 11, 12, 1959.
- FLÜGEL, H.: Betonarbeiten für Hafen- und Uferschutzbauten. Zeitschrift: beton; H. 8, 1971.
- FLÜGEL, H.: Die Hafengebäudearbeiten der Wasser- und Schiffsverwaltung auf Helgoland 1958 bis 1968 (unveröff.).
- LORENZEN, J. M.: Der Wiederaufbau des Hafens Helgoland nach dem 2. Weltkrieg. Zeitschrift Hansa 101. Jg. Nr. 21.
- SCHENK, W.: Westmole Helgoland. Technische Berichte der Phillip Holzmann AG, 1964.
- WASSER- UND SCHIFFSAMT TÖNNING: Diverse Bauakten und Handsammlungen.

# Bau und Instandsetzung kommunaler Hafen- und Uferanlagen der Insel Helgoland seit 1952

Von JOHANNES SCHINDLER und HUBERT LINDEMANN

## Zusammenfassung

Die heute ca. 1800 Einwohner zählende und stark vom Fremdenverkehr geprägte Gemeinde Helgoland ist im Besitz umfangreicher wasserbaulicher Anlagen in den Uferbereichen der Hauptinsel und Düne. Hierzu gehören vornehmlich Hafenanlagen, Uferschutzwände, Wege, Molen und Buhnen. Mit dem im Jahre 1952 begonnenen Wiederaufbau galt es, diese Anlagen als wesentlichen Teil der Helgoländer Infrastruktur neu zu erstellen oder zu sanieren.

Bau, Betrieb und Unterhaltung dieser Anlagen übersteigen jedoch weit das übliche Maß an technischen Aufgaben für eine Gemeinde von der Größenordnung Helgolands. Entsprechende Baumaßnahmen sind wegen der exponierten Lage der Insel in der Deutschen Bucht sehr kostenaufwendig und schwierig, so daß der Gemeinde staatlicherseits durch Fachverwaltungen und Finanzierungsprogramme umfangreiche Hilfe zuteil wird.

Planung und technische Ausführung dieser Baumaßnahmen werden beschrieben. Dabei werden die Zweckbestimmungen der baulichen Anlagen betrachtet, küstenbedingte Belastungen und damit verbundene konstruktive Probleme aufgezeigt sowie ihre Wechselwirkungen mit den morphologischen und sedimentologischen Entwicklungen der Insel und ihres Umfeldes dargestellt.

## Summary

*Today the community of Heligoland, mainly keyed to tourism, has 1800 inhabitants. Heligoland includes extensive hydraulic construction, such as port facilities, shore protecting structures, piers, and groynes. When rebuilding Heligoland in 1952 these installations had to be reconstructed or repaired as they were an important part of the island's infrastructure. However, the small community of Heligoland's normal technical capacity can not cope alone with the extensive construction, management costs involved. Building projects are extremely expensive and difficult because of the extraordinary location of the island. For these reasons the Heligoland community obtains subsidies and financial support from the administrative authorities of the Federal Republic of Germany and Schleswig-Holstein.*

*The planning and technical construction of these installations are described, their intended use is considered, and the construction problems related to the morphological and sedimentary evolution of the island are given.*

## Inhalt

1. Allgemeines . . . . .	206
1.1 Die Entwicklung der Gemeinde Helgoland . . . . .	206
1.2 Die Bedeutung der kommunalen Hafen- und Uferanlagen für die Infrastruktur der Gemeinde . . . . .	207
1.3 Verwaltungsmäßige und rechtliche Grundlagen . . . . .	211
2. Die Durchführung baulicher Maßnahmen . . . . .	213
2.1 Grundbautechnische Hinweise . . . . .	213
2.2 Nordost-Bohlwerk . . . . .	213
2.3 Nordost-Hafen . . . . .	215
2.4 Promenaden-Bohlwerk . . . . .	219
2.5 Landungsbrücke . . . . .	220

2.6 Klippenrandweg . . . . .	224
2.7 Sicherung der „Langen Anna“ . . . . .	225
2.8 Dünenhafen . . . . .	228
2.9 Strandsicherungsmaßnahmen auf der Düne . . . . .	231
3. Schlußbetrachtung . . . . .	235
4. Schriftenverzeichnis . . . . .	235

## 1. Allgemeines

### 1.1 Die Entwicklung der Gemeinde Helgoland

Die Bedeutung der Helgoländer Hafen- und Uferanlagen für das Gemeinwesen der Insel ist ohne einen kurzen geschichtlichen Rückblick nicht zu verstehen. Daher seien einleitend hierzu einige Anmerkungen gemacht.

Die heute 1800 Einwohner zählende Gemeinde Helgoland nimmt unter den deutschen Gemeinden in mehrfacher Weise eine Sonderrolle ein. Sie blickt auf eine sehr wechselvolle Geschichte zurück. Die ersten Siedlungsspuren finden sich in der Bronzezeit. Durch Aufblühen des Handelsverkehrs in der Deutschen Bucht erlangte Helgoland schon frühzeitig eine erhebliche Bedeutung für die Schifffahrt. Man erkannte, daß sich von Helgoland aus der Seehandel schützen, aber auch unterbinden ließ. Dieser Umstand führte immer wieder zu Veränderungen in der staatlichen Zuordnung der Insel. Zuerst erkannten wohl die Dänen diese Möglichkeit und brachten die Insel in ihren Besitz. Am Ende des 14. Jahrhunderts bemächtigte sich Claus Störtebeker mit seinen „Likedeelern“ der Insel. Sie wurden 1401 vernichtend geschlagen. Die Hansestädte Hamburg und Bremen, die Herzöge des Hauses Schleswig-Gottorp und der König von Dänemark herrschten abwechselnd bis 1807 über die Insel. Die Engländer benutzten sie 1807 als Stapelplatz für Schmuggelware, mit der sie die Kontinentalperre Napoleons zu brechen versuchten. In Erkenntnis der strategischen Bedeutung gab England die Insel auch nach dem Sieg über Frankreich nicht wieder an Dänemark zurück, sondern besiegelte 1824 im Kieler Vertrag den rechtmäßigen Anschluß an England. Im Jahre 1890 tauschte sie das Deutsche Reich gegen Rechte auf Sansibar und in Deutsch-Ostafrika ein, wobei Helgoland der preußischen Provinz Schleswig-Holstein als Landgemeinde zugeordnet wurde.

Heute gehört Helgoland als amtsfreie Gemeinde zum Landkreis Pinneberg. In den früheren Jahrhunderten war das wirtschaftliche Leben der Insel überwiegend auf Handel und Fischerei ausgerichtet. Doch bereits im 19. Jahrhundert entwickelte sich der Fremdenverkehr. 1826 gründete Jacob Andresen Siemens das Seebad Helgoland. Einer der prominentesten Gäste seinerzeit war Heinrich Hoffmann von Fallersleben, der hier 1841 das „Lied der Deutschen“ dichtete.

Die beiden Weltkriege brachten den Fremdenverkehr jeweils völlig zum Erliegen und führten in den Jahren 1914–1918 sowie 1945–1952 zu einer vollständigen Evakuierung der Inselbevölkerung. Im August 1946 wurde Helgoland aus dem Kreis Pinneberg herausgelöst und der britischen Luftwaffe unterstellt. Durch Bombenangriffe der britischen Luftwaffe und durch die große Sprengung am 18. 4. 1947, mit der durch die Zündung von 6700 t Sprengstoff die ganze Insel vernichtet werden sollte, wurden bis auf den Flakturm sämtliche Gebäude zerstört. Damit schien auch zugleich die Geschichte Helgolands zu Ende zu sein. Überraschenderweise hielt jedoch der Helgoländer Felsen der Sprengung weitgehend stand. Lediglich 2 % der gesamten Felsenmasse wurde in die See geschleudert und ging somit der Insel

verloren, wodurch allerdings das Oberland um 7 ha (= 17 % der Fläche vor 1945) reduziert wurde.

Am 1. März 1952 wurde Helgoland nach hartnäckigen und ausdauernden Bemühungen von einzelnen Persönlichkeiten, Verbänden und Behörden der Bundesrepublik Deutschland zurückgegeben. Der Wiederaufbau und die Neubesiedlung begann. Damit nahm auch der Fremdenverkehr als der heute alles bestimmende Wirtschaftszweig Helgolands seinen Neuanfang. Der erste Gast wurde am 13. 7. 1952 begrüßt. Die steile Entwicklung des Fremdenverkehrs wird durch nachfolgende Zahlen verdeutlicht.

Tabelle 1. Entwicklung der Gästezahlen seit 1953

	Tagesgäste	Übernachtungszahlen	Tagesgäste per Schiff	Tagesgäste per Flugzeug
1953	39 100	11 523	—	—
1963	490 391	290 350	—	—
1973	822 276	415 428	808 103	14 173
1983	496 467	296 000	481 279	15 188
1988	478 700	263 000	464 341	14 359

Nach einem deutlichen Höhepunkt in der ersten Hälfte der 70er Jahre ist ein Rückgang sowohl bei den Tages- als auch Übernachtungsgästen nicht zu verkennen. Hierfür gibt es ein breitgefächertes Bündel von Ursachen, das aber nicht Gegenstand weiterer Betrachtung sein soll. Jedoch sei hierzu angemerkt, daß fast alle Bauwerke aus der Zeit der Aufbauphase stammen und somit einen ähnlichen Alterungszustand aufweisen.

Ein hoher Grundinstandsetzungs- und Modernisierungsbedarf ist daher gegeben, der auch für einige Küstenbauwerke zutrifft. In erster Linie ist hier die Landungsbrücke zu nennen, über die nahezu 100 % aller Gäste die Insel betreten und verlassen. Denn nicht nur die per Schiff kommenden Gäste benutzen sie, sondern auch die Flugreisenden müssen bei Ankunft und Abreise den Weg zwischen Hauptinsel und Düne mit der Dünenfähre zurücklegen. Insoweit kommt vor allem dem Neubau der Landungsbrücke eine ganz wesentliche Bedeutung zu.

## 1.2 Die Bedeutung der kommunalen Hafен- und Uferanlagen für die Infrastruktur der Gemeinde

Die Ausgestaltung der Helgoländer Infrastruktur wird im wesentlichen bestimmt von zwei Randbedingungen:

- a) Lage der Insel in hoher See
- b) Fremdenverkehr als stark dominierender Wirtschaftszweig

Dieser Umstand führt dazu, daß durch bauliche Maßnahmen folgende Funktionen sichergestellt sein müssen:

- a) Zugänglichkeit der Insel für Menschen und Waren über den Seeweg
- b) Vorhaltung von Fremdenverkehrs- und Versorgungseinrichtungen im unmittelbaren Küstenbereich und deren Schutz vor den Einwirkungen des Meeres
- c) Sicherung des Badebetriebes durch Erhalt und Verbesserung der Strände

Die Zugänglichkeit Helgolands auf dem Seewege ist zweifelsfrei Ausgangspunkt und Grundlage der wirtschaftlichen Lebensfähigkeit der Gemeinde und ihrer Einwohner. Während sich bis in das 19. Jahrhundert hinein die Schifffahrt von und nach Helgoland im wesentlichen auf den Handel und seine Sicherung konzentrierte, war es mit dem Aufkommen des Kurbetriebes im 19. Jahrhundert erforderlich, die Zugänglichkeit der Insel auf dem Seewege auch für Gäste sicherzustellen, die trotz der damaligen staatlichen Zugehörigkeit zu England überwiegend aus Deutschland kamen.

Dies konnte aber letztlich noch im Rahmen der seinerzeit vorhandenen Anlagen abgewickelt werden, wobei damals wie heute das übliche Ausbooten praktiziert wurde, d. h., daß der Gast mit kleinen Börtebooten von und zu den auf Reede liegenden Schiffen gebracht wurde.

Neben der bisherigen Bedeutung für Schifffahrt, Fischerei und den Fremdenverkehr führte die militärstrategische Lage Helgolands mit der Übernahme durch das Deutsche Reich zum Ausbau der Insel als Kriegshafen, deren Endzustand die 1938 entworfene „Krebssscherenlösung“ sein sollte, und die in der baulichen Verwirklichung bis 1942 für Teilbereiche umgesetzt werden konnte. Als 1952 die Insel total zerstört und ohne Bevölkerung wieder in die Verfügungsgewalt der Bundesrepublik Deutschland gelangte, galt es, vordringlich ihre Zugänglichkeit auf dem Schifffahrtswege wieder sicherzustellen, die letztlich die Voraussetzung für sämtliche Wiederaufbauarbeiten war.

Während Vorhafen, Südhafen und Binnenhafen sowie die Küstenbefestigung an der Westseite Helgolands von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes übernommen wurden, wurde die Gemeinde Helgoland an der Ostseite der Hauptinsel und auf der Düne tätig. Sie führte hier an den entsprechenden Schifffahrts- und Uferanlagen die notwendigen baulichen Maßnahmen durch. Erstaunlicherweise hatte ein Teil der Hafen- und Uferanlagen die zahlreichen Bombardements der britischen Luftwaffe und den großen Sprengungsversuch vom 18.4. 1947 in ihrer Grundsubstanz einigermaßen überstanden. Aber nicht nur die

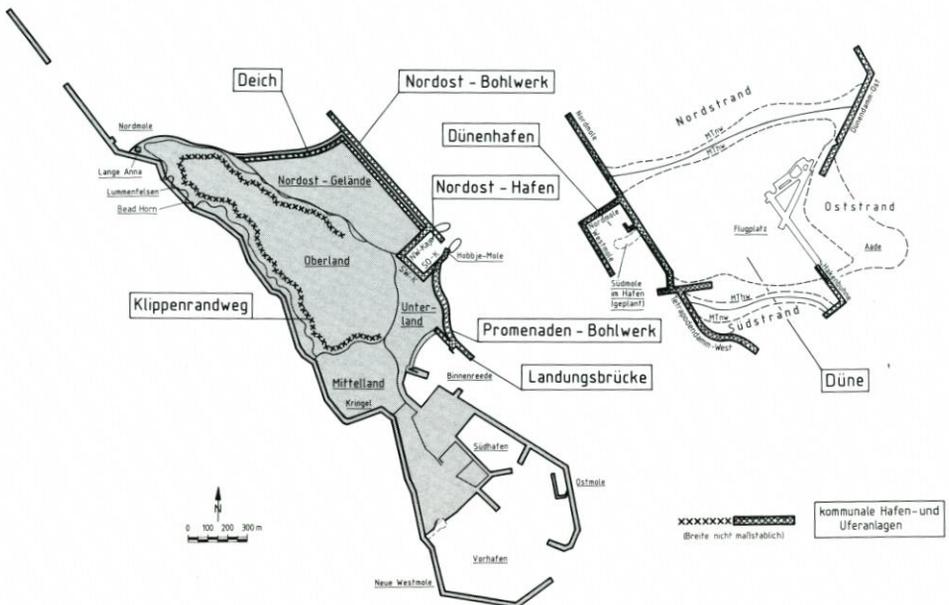


Abb. 1: Hafen- und Uferanlagen der Gemeinde Helgoland

Bombenabwürfe, sondern auch die rund 10 Jahre währende Aussetzung der Unterhaltungsarbeiten bei gleichzeitiger Einwirkung des Meeres hatten schwere Schäden hinterlassen.

Die heute in der Trägerschaft der Gemeinde befindlichen Küsten- und Uferanlagen sind in Abb. 1 dargestellt.

Mit dem geplanten Großkriegshafen des II. Weltkrieges wäre eine ganz erhebliche Erweiterung der Fläche Helgolands verbunden gewesen. Wenn auch diese Planung insgesamt nicht verwirklicht wurde, so ist doch nicht zu verkennen, daß durch die bis 1942 durchgeführten Teilmaßnahmen sowohl die Düne als auch das Unterland auf der Hauptinsel ganz erheblich erweitert worden sind. Die Fragmente des Vorhabens „Krebsschere“, die heute in die insularen Funktionen eingebunden sind, sind in Abb. 2 dargestellt.

Die für die heutige gemeindliche Infrastruktur bedeutsamste Hinterlassenschaft der ehemaligen Kriegshafenplanungen dürfte der Flächenzuwachs von Düne und Nordost-Gelände sein.

Tabelle 2. Flächenzuwachs Helgolands im Zuge der „Krebsscherenlösung“

	1938 Fläche in ha über MSpTnw	1952 Fläche in ha über MSpTnw
Nordost- Gelände	0	21
Düne	40	76

#### Nordost-Gelände:

Auf dem Nordost-Gelände befinden sich heute folgende Einrichtungen:

- Meerwasser-Entsalzungsanlage
- Heizkraftwerk
- Kuranlagen (Kurmittelhaus, Tennis- und Minigolfplatz, Schwimmbad)
- Sportplatz
- Jugendherberge
- Studentenwohnheim
- gewerbliche Lagerfläche
- Trinkwasserreserve durch eine natürlich ausgebildete Süßwasserlinse

Damit beherbergt das Nordost-Gelände ganz wesentliche Einrichtungen für die Versorgungsbetriebe, den Fremdenverkehr und die sonstige gewerbliche Wirtschaft. Ohne derartige Einrichtungen wäre eine moderne Seebädergemeinde, zumal bei der vorgegebenen Insellage, schlichtweg nicht denkbar. Seeseitig ist diese Fläche zum Schutz vor Hochwasser durch einen Deich mit einer Kronenhöhe von NN + 6,00 m eingefafßt. Diesem Deich ist auf der Ostseite wiederum ein 800 m langes Sicherungswerk, das sogenannte Nordost-Bohlwerk, vorgelagert.

#### Düne:

Ebenso wie das Nordost-Gelände ist auch die Düne frei von Wohnbebauung und dient der Helgoländer Infrastruktur durch folgende Anlagen und Einrichtungen:

- Badestrände
- Zeltplatz und Bungalowanlage sowie Versorgungsbetriebe für Gäste

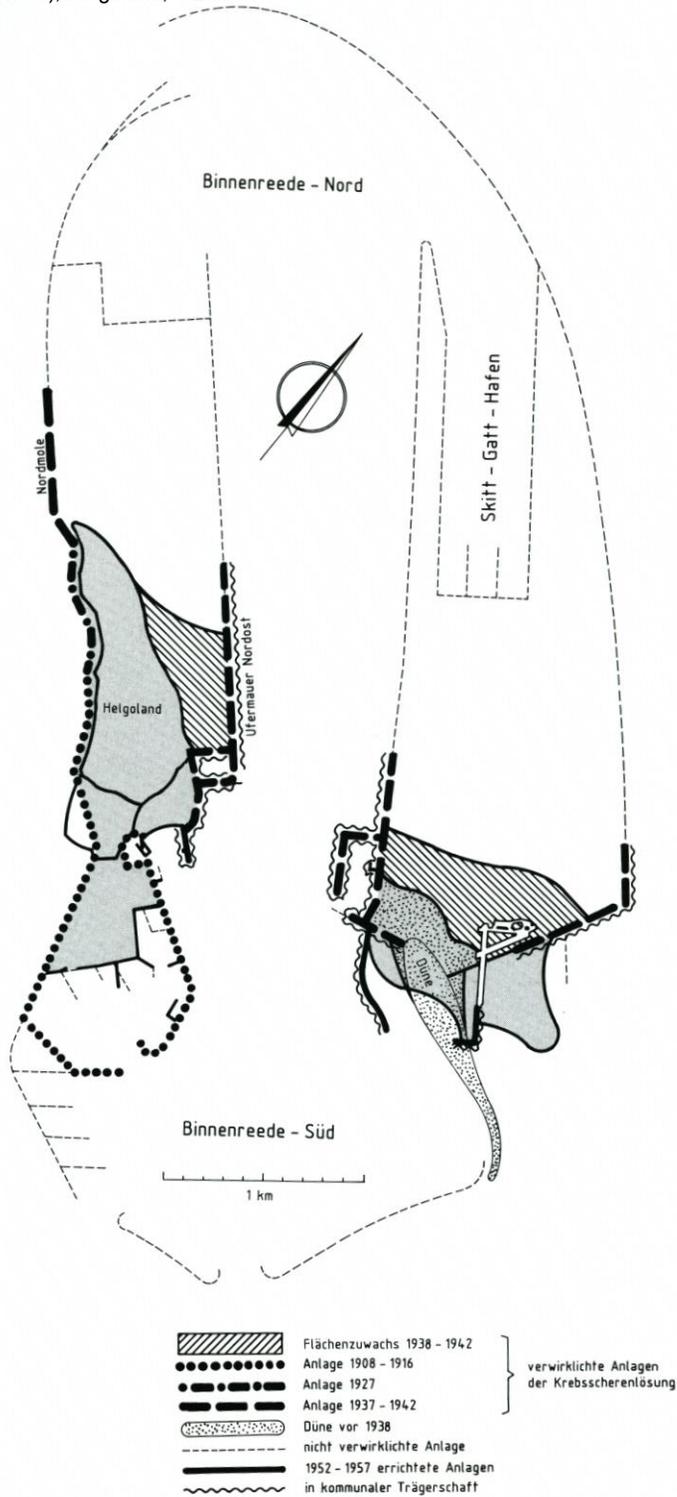


Abb. 2: Planung des Großkriegshafens „Krebsschere“ von 1938 und die daraus der Gemeinde zugewachsenen Flächen und Anlagen

- Flugplatz
- Hafen zur verkehrlichen Anbindung an die 0,9 km entfernte Hauptinsel

#### Sonstige Anlagen:

Zu den im Uferbereich liegenden infrastrukturellen Einrichtungen der Gemeinde zählen außerdem nachfolgende, für die verkehrliche Erschließung der Insel unabdingbare, hafentechnische Anlagen:

- Landungsbrücke
- Nordost-Hafen

Weiterhin befindet sich an der Ostseite des Unterlandes in Scharlage zur See eine Promenade, die durch ein aufwendiges Bohlwerk gesichert wird (sogen. Nordstrand-Bohlwerk).

Darüber hinaus liegt im direkten Einflußbereich der Küste auf dem Oberland der Klippenrandweg, der sowohl in seiner Funktion als Promenade, Wanderweg und Naturlehrpfad als auch wegen seiner einmaligen landschaftlichen Lage mit zu den hervorragenden Helgoländer Sehenswürdigkeiten zählt.

### 1.3 Verwaltungsmäßige und rechtliche Grundlagen

Mit der Rückgabe der Insel in die deutsche Oberhoheit am 1.3. 1952 galt es, als Grundlage der weiteren Entwicklung wieder eine gemeindliche Struktur aufzubauen und damit der angestammten, nach der Evakuierung auf 150 Ortschaften verteilten Inselbevölkerung Helgoland als alte und neue Heimstatt anzubieten. Als Vorläufer einer kommunalen Vertretung wurde 1951 der Helgolandausschuß gebildet. 1952 folgte die Einrichtung einer Gemeindeverwaltung, die bereits 1953 auf die Insel umzog. 1956 wurde der 1951 gegründete Helgolandausschuß durch eine gewählte Gemeindevertretung abgelöst, die am 16. 12. 1956 den ersten Nachkriegs-Bürgermeister wählte. Damit konnte Helgoland die Aufgaben der kommunalen Selbstverwaltung wieder voll wahrnehmen. Da es dieser Gemeindeverwaltung unmöglich gewesen wäre, die im Verhältnis zur Einwohnerzahl der Gemeinde gewaltige Aufbauarbeit allein und aus eigener Kraft zu leisten, wurde ihr umfangreiche Hilfe durch Bund, Land und Kreis zuteil. So trat am 15. 3. 1952 das vom schleswig-holsteinischen Landtag verabschiedete Helgolandgesetz in Kraft, mit dem Helgoland als Aufbaugesbiet festgelegt wurde. Im gleichen Jahr wurde die Helgolandstiftung des deutschen Volkes und die Helgoland-Aufbau GmbH gegründet. Letztere hatte die Aufgabe, den Aufbau technisch zu planen und finanziell zu lenken.

Bereits 1963 wurde die Helgoland-Aufbau GmbH aufgelöst, und die Aufbauarbeiten galten 1965 im wesentlichen als abgeschlossen. In Anbetracht der besonderen Lage Helgolands und der damit verbundenen umfangreichen Aufgaben, die die Finanz- und Verwaltungskapazität der Gemeinde weit übersteigen, war es unumgänglich, in einer neuen Rechtsgrundlage die Finanz- und Verwaltungshilfe für Helgoland als langfristige Aufgabe sicherzustellen. So beschloß am 17. 2. 1966 der schleswig-holsteinische Landtag ein neues Helgolandgesetz, das als Sondergesetz das Gemeindefinanzrecht umfaßt und die Zusammenarbeit mit den örtlichen Sonderbehörden und der Kreisverwaltung des Kreises Pinneberg regelt.

Bezüglich der gemeindeeigenen Hafen- und Uferanlagen übernahm in der Wiederaufbauphase zunächst die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, vertreten durch das Wasser- und Schifffahrtsamt Tönning, in dessen Amtsbereich Helgoland liegt, die Aufbauarbeiten. Herausragende Maßnahme war hierbei die Erstellung einer neuen Landungsbrücke,

über die die Gäste an Land gehen können, die mit den Börtebooten von den auf Reede liegenden Seebäderschiffen hergebracht werden.

Mitte der 70er Jahre ließ das Wasser- und Schiffsamt Tönning seine technische und verwaltungsmäßige Hilfe auslaufen. Letztere übernahm dann schrittweise das Amt für Land- und Wasserwirtschaft Itzehoe. Diese Hilfe wurde in dem Vertrag vom 9. 12. 1985 zwischen der Gemeinde Helgoland und dem Amt für Land- und Wasserwirtschaft Itzehoe (ALW) umfassend geregelt und auch auf die anderen Bereiche der gesamten Wasserwirtschaft ausgedehnt. Gemäß § 1 dieses Vertrages übertrug die Gemeinde dem ALW Itzehoe die technische und geschäftliche Vorbereitung, Durchführung und Abrechnung aller Baumaßnahmen auf den Gebieten Wasserwirtschaft, Küstenschutz und Hafenaufbau.

Der ständige Instandhaltungs- und Umgestaltungsbedarf allein der im Küstenbereich liegenden baulichen Anlagen würde die Möglichkeiten der Gemeinde weit übersteigen. Folgende summarische Angaben der vorhandenen Anlagen mögen den Umfang dieser Aufgabe verdeutlichen:

- 1,9 km Kaimauern und Uferschutzwände
- 2,8 km Molen und Bühnen
- 0,22 km Landungsbrücke
- 1,7 km Badestrand
- 2,6 km Klippenrandweg

Die in diese Anlagen seit 1952 geflossenen Finanzierungsmittel werden in folgender Tabelle wiedergegeben.

Tabelle 1. Finanzierung der kommunalen Hafen- und Uferanlagen Helgolands

Maßnahmen	Bau- ausführung	gesamt	Kosten in Mio. DM			mittel- fristig erforderlich
			finanziert durch Bund	Land	Eigen- leistung und sonstige	
<b>Hauptinsel</b>						
Landungsbrücke	1956/57	2,50	2,50			12,0
Nordost-Bohlwerk	1978/80	21,90	10,95	10,95		1,7
Lange Anna	1979	0,73		0,50	0,23	0,1
Nordost-Hafen:						
- Anlegerampen	1980	1,04		0,35	0,69	
- Kaimauersanierung	1983/87	9,70	2,62	7,08		2,0
Promenaden-Bohlwerk	1986/87	3,57	1,53	2,04		
<b>Düne</b>						
Tetrapodendamm-West	1965	1,24	0,86	0,32	0,06	
	1968	1,20	—	0,65	0,55	
	1974/76	4,26	3,59	0,33	0,34	
Südstrandsicherung	1954	0,29	0,29			
	1974	1,96	1,00	0,50	0,46	
	1982/83	1,79		0,99	0,80	
	1986/87	4,94	2,47	2,47		
Dünenhafen	1987/88	8,22		7,84	0,38	4,8
Summe		63,34	25,81	34,02	3,51	20,6

## 2. Die Durchführung baulicher Maßnahmen

### 2.1 Grundbautechnische Hinweise

Bei dem auf Helgoland anstehenden Buntsandstein handelt es sich bodenmechanisch um verfestigten Schluff mit Beimengungen von Feinsand und Ton (vergl. Beitrag von SPAETH und ROSS in diesem Heft).

Der feste Buntsandstein ist überlagert von weniger tragfesten Schichten aus angewittertem, zerklüfteten Buntsandstein und sandigen bzw. kiesigen oder auch tonigen Auffüllungen, die als tragfähiger Baugrund für Tiefgründungen nicht geeignet sind.

Trotz der hohen Festigkeit (Druckfestigkeit über  $25 \text{ N/mm}^2$ ) ist der feste Buntsandstein rammbaar. Wegen Einlagerung dünner, weicher Schluff- und Tonschichten ist es möglich, Stahlprofile mit Rammbären der mittleren Kategorie, z. B. D 30, bis zu ca. 2,0 m tief in den festen Buntsandstein einzurammen. Damit können die statischen Bedingungen für die Fußauflagerung von Rammelementen im festen Buntsandstein sicher erfüllt werden.

### 2.2 Nordost-Bohlwerk

Das Nordost-Bohlwerk ist zusammen mit dem dahinter liegenden Deich wesentlicher Bestandteil der Hochwasser-Schutzlinie für das Nordost-Gelände. Wie andere Ufersicherungsbauwerke auf Helgoland auch ist dieses Bauwerk im Rahmen des Großprojektes „Krebsschere“ in den Jahren 1937 bis 1939 errichtet worden und sollte das aufgespülte Nordost-Gelände sichern. Das insgesamt rund 800 m lange „Bohlwerk“, bestehend aus 500 m senkrechter Ufereinfassung und zwei Molen in Fangedammkonstruktion, war jedoch seinerzeit nicht vollständig fertiggestellt worden. In Abhängigkeit von den angetroffenen Baugrundverhältnissen war das Bauwerk in Trägergerüst- oder Steinkistenbauweise hergestellt worden. Bei anstehendem Buntsandstein wurden Trägergerüste und in tonigen Bereichen Steinkisten errichtet, von denen aus seeseitig eine Spundwand Larssen IV neu gerammt wurde. Die Hinterfüllung der Spundwand und die Oberflächenbefestigung erfolgte mit Beton.

Die Bedeutung der Schutzfunktion des Nordost-Bohlwerkes, die 1955 durch Bau eines hinterliegenden Deiches vervollständigt wurde, erweiterte sich ganz wesentlich durch die auf dem Nordost-Gelände errichteten infrastrukturellen Anlagen der Gemeinde. Zudem dient der nördliche Teil des Nordost-Geländes als Trinkwasserschutzgebiet. Für die hier vorhandene Süßwasserlinse wirkt das Bohlwerk als Sperre gegen eindringendes salziges Meerwasser.

Die Bausubstanz des Nordost-Bohlwerkes war nach 40 Jahren Lebensdauer durch Schäden aus Kriegseinwirkungen und Korrosion so stark gefährdet, daß seine Sicherungsfunktion nicht mehr gewährleistet war.

1978 wurde mit einer grundlegenden Sanierung begonnen. Für den Hauptbereich des Bauwerkes war die Forderung nach einer wasserdichten Konstruktion maßgebender Planungsparameter. Im Bereich des Seegrundes konnte dieser Forderung durch die Anordnung von sogenannten Räumungsbohrungen Rechnung getragen werden. Überschnittene Bohrungen wurden wasserseitig vor der alten Bohlwerkwand bis auf eine Tiefe von 3 m in den festen Buntsandstein abgeteuft. Die Bohrlöcher erhielten Füllungen aus einem Bentonit-Zement-Gemisch und bildeten so eine dichte Bohrpfilerwand im Seegrund. Die Materialeigenschaften des Bentonit-Zement-Gemisches ermöglichten das anschließende Rammen von Peiner Tragbohlen PSp 500 L bis 900 S mit Füllbohlen PZ 10 S, wobei die Tragbohlen durch Rundstahlanker und Ankertafeln eine rückwärtige Verankerung erfuhren. Die gemischte Peiner Wand

wurde seeseitig mit Stahlbeton-Fertigteilen verkleidet und die so entstandenen Spundwandfelder mit Beton B 25 ausgefüllt.

Die vollständige Betonummantelung des seeseitigen Flansches und des Steges der Peiner



Abb. 3: Schadhafes Nordost-Bohlwerk Mitte der 70er Jahre (Insel-Foto Cohrs)

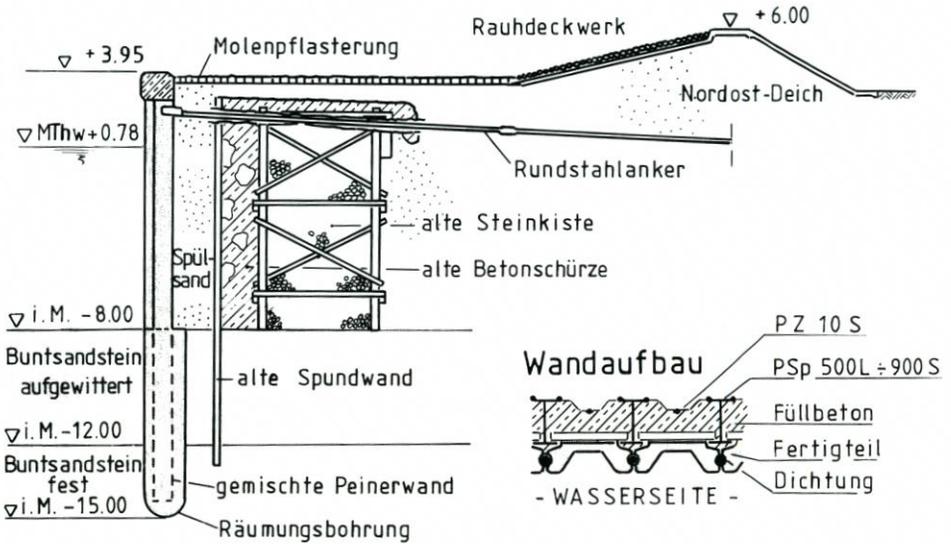


Abb. 4: Querschnitt Nordost-Bohlwerk und dahinter liegender Deich nach der Sanierung 1980

Tragbohlen stellt einen wirksamen Korrosionsschutz dar, um auch hier die für Ufereinfassungen geforderte Mindestlebensdauer von 50 Jahren zu gewährleisten.

Diese quasi dreischalige Bauweise war geeignet, die gestellten Anforderungen auch im Hinblick auf die Dichtigkeit zu erfüllen. Der Raum zwischen alter und neuer Ufereinfassung sowie die Hohlräume in der alten Steinkistenkonstruktion wurden mit Spülsand aufgefüllt. Die Bohlwerksabdeckung erfolgte mit Betonverbundpflaster,  $d = 25$  cm, das an das mit Mastix vergossene Raudeckwerk des Nordost-Deiches anschließt. Der Fangedamm am südlichen Bohlwerksende wurde in senkrechter Bauweise wie im Hauptbereich saniert, jedoch unter Verzicht auf die Räumungsbohrungen, da hier keine Forderung auf Dichtigkeit im Seegrund zu stellen war.

Der nördliche Fangdamm wurde in geböschter Bauweise durch das Verlegen von 8 t schweren Dolossen gesichert. Diese Betonformkörper haben sich durch den „Verzahnungseffekt“ bei den auf Helgoland vorherrschenden starken Beanspruchungen bewährt. Das sanierte Bauwerk wurde im Herbst 1980 von der Gemeinde Helgoland als Bauträger abgenommen.

Als Hauptleistungen sind zu nennen:

2300 t	Peiner Spundwände gerammt
1800 cbm	Beton B 45 für Stahlbeton-Fertigteile
4800 cbm	Beton B 25 und B 35 als Füll- und Holmbeton

Die Gesamtkosten von 21,9 Mio. DM sind je zur Hälfte aus Mitteln des Bundes und des Landes finanziert worden.

Das Nordost-Bohlwerk ist seit dem Abschluß der Sanierung wiederholt in die Schlagzeilen geraten und Gegenstand von Diskussionen auf der Insel geworden. Nach Sturmfluten sind mehrfach Hohlraumbildungen und Einstürze der Molenpflasterung im Bereich zwischen alter und neuer Wand eingetreten, deren Ursache zunächst in Undichtigkeiten der neuen Konstruktion vermutet wurden. Untersuchungen ergaben, daß der Sand aus dem Bereich zwischen alter und neuer Wandkonstruktion nicht seewärts, sondern durch zuvor nicht lokalisierte Löcher in der alten Ufereinfassung in die Steinkiste hinein entzogen wird. Mit den Planungsarbeiten für eine Behebung dieser Schadensursache ist 1989 begonnen worden, so daß eine abschließende und dauerhafte Sanierung dieses bedeutsamen Sicherungsbauwerkes an der Ostflanke der Insel in nächster Zeit zu erwarten ist.

### 2.3 Nordost-Hafen

Der Nordost-Hafen wurde in den Jahren 1938/39 als Bauhafen für den Neubau des Nordost-Bohlwerkes erbaut. Die wesentliche Funktion des Hafens liegt heute darin, daß er als Ausweichhafen für den Ausbootungsverkehr dient. Bei starken Winden aus östlichen bis südlichen Richtungen gehen die Seebäderschiffe weiter nördlich im Schutz der Düne auf Reede, und der Ausbootungsverkehr wird dann nicht über die Landungsbrücke, sondern über den Nordost-Hafen abgewickelt. Zudem dient er als Liegeplatz für zahlreiche auf der Insel beheimatete Boote.

Weiterhin sichern die Kaimauern des Hafens den Bestand der hafennahen Bebauung und haben auf der Nordseite Schutzfunktion für die Süßwasserlinse.

Die Kaimauern wurden mit den für die damalige Zeit auf Helgoland üblichen Bauweisen in der Form erstellt, daß Stahlspundwände vor Trägergerüsten oder Steinkisten in den Buntsandstein gerammt und rückwärtig verankert wurden. Nur die Südwest-Kaimauer weicht

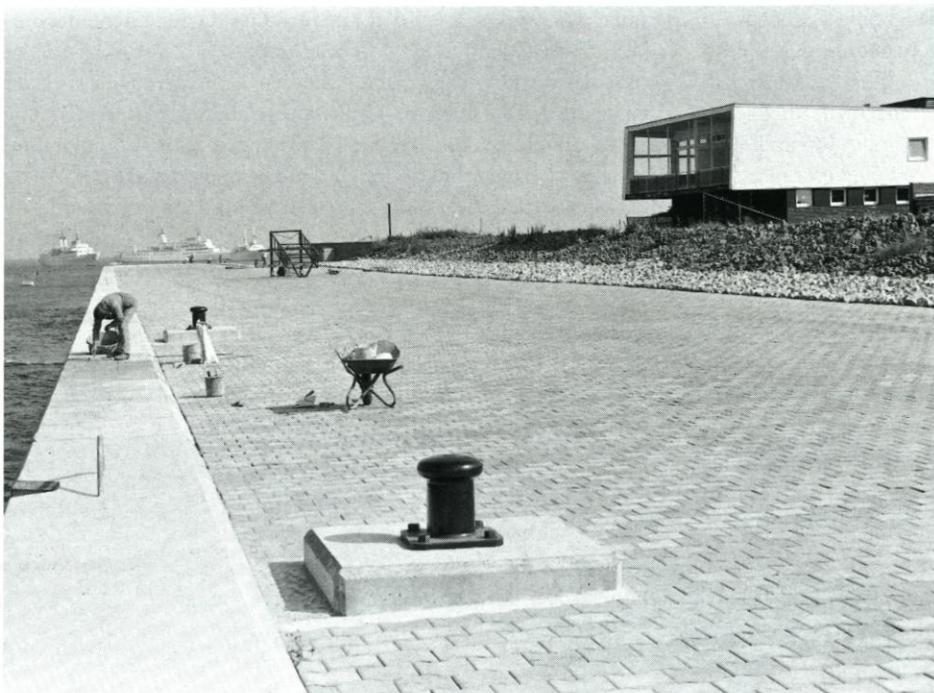


Abb. 5: Das sanierte Nordost-Bohlwerk im Jahre 1980 (Insel-Foto Cohrs)



Abb. 6: Nordost-Hafen mit Blick auf die Südwest-Kaimauer

von dieser Bauweise ab. Hier wurden IPB 300 im Abstand von 4,0 m gerammt und die Wandfelder mit Stahlbetonfertigteilen geschlossen (vergleichbar mit dem „Berliner Verbau“).

Die Mole an der Hafeneinfahrt, genannt Hobbje-Mole, wurde als Fangedamm mit Spundwänden „Larssen IV neu“ hergestellt.

Die 1938/39 errichteten Wandkonstruktionen der Nordwest- und Südost-Kaje sowie der Hobbje-Mole waren durch Kriegseinwirkungen und Korrosion Anfang der 80er Jahre so erheblich geschädigt, daß eine grundlegende Sanierung dieser Bauwerke notwendig wurde. Für die Südwest-Kaimauer wurde hingegen die zu erwartende Lebensdauer nach statischer Untersuchung noch für mindestens zehn Jahre prognostiziert, so daß dieser Wandbereich zunächst von einer Sanierung ausgeklammert werden konnte.

1983 begannen die Sanierungsarbeiten an den Kajen. Nordwest- und Südostkaimauer wurden in der Weise saniert, daß vor die alten Kajen gemischte Peiner Spundwände PSp 502 bzw. 602 mit PZ 612 gerammt wurden, wobei die Verankerung der Tragbohlen mit Verpreßankern  $\varnothing$  70 mm erfolgte. Der Raum zwischen alter und neuer Spundwand wurde mit Beton B 25 (teils als Unterwasserbeton) ausgefüllt. Den oberen Wandabschluß bildet ein 1,20 m breiter Stahlbetonholm. Die neue Kajenabdeckung wurde aus einer 18 cm starken Stahlbetonplatte hergestellt. Für den landseitigen Abschluß an der Nordwest-Kaimauer ist eine Hochwasserschutzwand errichtet worden, die den südlichen Abschluß der Hochwasserschutzlinie um das Nordost-Gelände bildet.

Die Hobbje-Mole wurde durch eine neue Fangedammkonstruktion überbaut. Gemischte Peiner Spundwände PSp 502 bis 702 mit PZ 612 wurden bis 2,0 m tief in den Buntsandstein gerammt und mit einer 40 cm starken Stahlbetonplatte als Molenabdeckung verbunden. Die Hohlräume in der alten Mole füllte man mit eingespültem Sand aus.

Über die Sanierung der Wände hinaus waren Maßnahmen zur Beruhigung der Wasserfläche im Hafenbecken notwendig, um die Verkehrssicherheit für die Schifffahrt zu erhöhen.



Abb. 7: Zerstörter Fangedamm der Hobbje-Mole

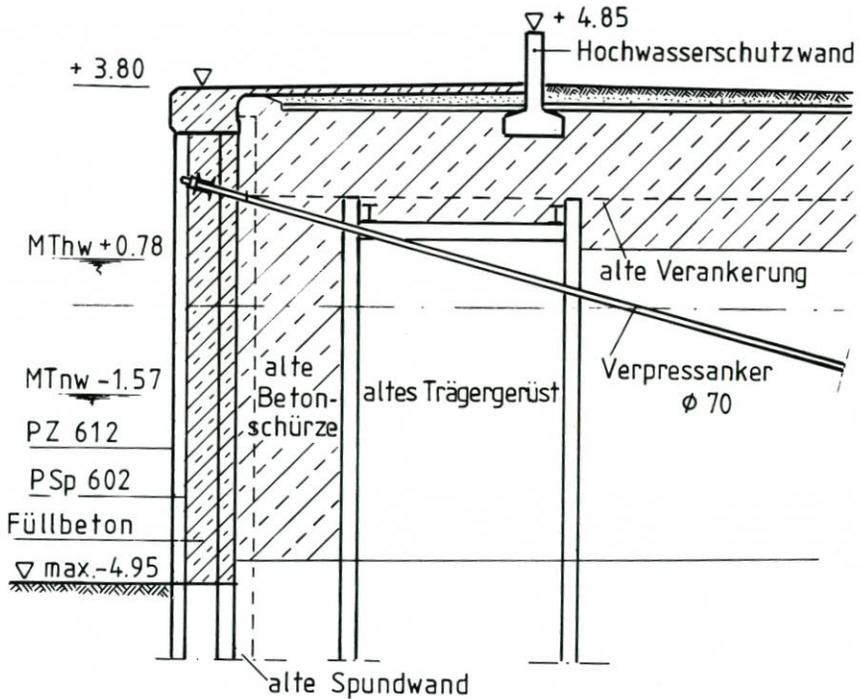


Abb. 8: Querschnitt Nordwest-Kaimauer

Hierfür wurden zur Wellendämpfung im Hafenbecken beiderseits der Hafeneinfahrt Wellenbrecher angeordnet, die auch Schutzfunktion für die Hafeneinfahrt selbst hatten. Die Wellenbrecher bestehen im Kern aus Wasserbausteinen abgestufter Körnung. Für die Deckschicht wurden Dolosse als vorgefertigte Betonformelemente mit 8 t Einzelgewicht gewählt.

In den Hafenecken vor der Südwest-Kaimauer sind zusätzlich Steinschüttungen vorgenommen worden, um eine weitere Beruhigung im Hafenbecken, insbesondere gegen Effekte aus Wellenreflexion, zu erzielen.

Die Baumaßnahme, die aus Finanzierungsgründen in zwei Bauabschnitten durchgeführt werden mußte, wurde 1987 mit Baukosten von 9,70 Mio. DM abgeschlossen.

Von den ausführenden Baufirmen sind dabei folgende Hauptleistungen erbracht worden:

1000 t	Spundwandmaterial gerammt
3000 cbm	Beton eingebaut
525 St.	Dolosse verlegt

Bauträger der 1986/87 durchgeführten Maßnahme war die Gemeinde Helgoland, vertreten durch das ALW Itzehoe; finanziert wurde sie ausschließlich aus Mitteln des Bundes und des Landes.

Als letzter Bauabschnitt wird die Südwest-Kaimauer zu sanieren sein. Mit den Planungsarbeiten hierfür ist im Februar 1990 begonnen worden.



280, die im Rasterabstand von 1,60 m mindestens 1,50 m tief in den festen Buntsandstein gerammt wurden, wobei die Lasten aus Erd- und Wasserdruck durch Stahlbeton-Fertigteilelemente auf die Rammträger übertragen werden. Der Raum zwischen alter und neuer Wandkonstruktion wurde mit Beton der Güte B 25 (z. T. als Unterwasserbeton) ausbetoniert. Den oberen Abschluß der Ufereinfassung bildet ein massiver Stahlbetonholm. In diesen Holm bindet die Wandverankerung ein, die aus Verpreßankern nach DIN 4128 hergestellt wurde. Bei diesen Verpreßankern handelt es sich um bauaufsichtlich zugelassene Daueranker  $\varnothing$  32 mm, die in Neigung 1:2 mit einer Gesamtlänge von 12,0 m eingebaut wurden. Die Anker waren für eine Gebrauchslast von max. 418 KN bemessen. Die Kajenabdeckung wurde als 30 cm starke Ortbetonplatte in B 35 hergestellt.

Durch die vorgesetzten und gegeneinander abgedichteten Fertigteilelemente und den Füllbeton sind die Rammelemente dauerhaft vor Korrosion geschützt.

Die Profilgestaltung der Fertigteilelemente gewährleistet die notwendige Wandrauhigkeit, die sich aus der Lage und Beanspruchung des Bauwerkes infolge Wellenangriffs ergibt.

Die 1986/87 ausgeführten Bauarbeiten wurden wiederholt durch Sturm und Hochwasser behindert. Mehrmals ging die Schalung der Betonholme durch Welleneinwirkung verloren. Es bedurfte großer Erfahrung im konstruktiven Wasserbau, diese Bauarbeiten an solch exponierter Stelle am Ende zur Zufriedenheit von Planer und Bauherr auszuführen.

Die Baukosten von 3,57 Mio. DM wurden aus Mitteln des Bundes und des Landes finanziert.

## 2.5 Landungsbrücke

Die Landungsbrücke, vor dem 2. Weltkrieg „Gemeinde-Anlegebrücke“ genannt, war durch Kriegseinwirkungen, spätere Bombenabwürfe und Sprengungen völlig zerstört.



Abb. 10: Das sanierte Promenaden-Bohlwerk nach der Fertigstellung 1987



Abb. 11: Reste der zerstörten Landungsbrücke 1955

Das Wasser- und Schiffsamt Tönning als örtliche Dienststelle der Wasser- und Schiffsverwaltung des Bundes begann 1954 mit den Planungsarbeiten für den Neubau der Landungsbrücke und übernahm auch 1955/56 die ingenieurmäßige Betreuung der Baudurchführung. Das neue Bauwerk sollte in Abstimmung auf das Gesamtkonzept für das Unterland und zum Schutz des Binnenhafens an gleicher Stelle errichtet werden.

Mit den Bauarbeiten wurde 1955 begonnen. Zur Ausführung kam ein Sondervorschlag der bauausführenden Firma.

Das Bauwerk besteht aus einem Landanschluß in Spundwandbauweise und daran anschließenden drei Schwimmkästen. Während der Landanschluß in das Promenaden-Bohlwerk einbindet, wurden die Schwimmkästen als Mole frei in die See vorgebaut.

Die Schwimmkasten-Bauweise hat sich zwar grundsätzlich im Molenbau auf Helgoland bewährt, bei diesem Bauwerk liegt jedoch die Besonderheit vor, daß man sich nicht für eine feste Verbindung mit dem Seegrund entschieden hatte. Die Schwimmkästen waren vielmehr auf einem Schotterbett abgesetzt worden, bei dem Ebenflächigkeit und gleichmäßige Lagerungsdichte für die Bemessung der Stahlbetonbauteile vorausgesetzt wurden.

Die Schwimmkästen wurden in einem Trockendock im Hamburger Hafen hergestellt und bei ruhiger Wetterlage nach Helgoland geschleppt. Nach dem Absenken wurden die Kästen mit Inselboden verfüllt. Das Bauwerk wurde Pfingsten 1956 seiner Bestimmung übergeben.

Aufgrund auffälliger Schadensmerkmale ist die Standsicherheit der Landungsbrücke im Bereich der Senkkästen 1989 untersucht worden. Bei den vorliegenden Schäden handelt es sich um

- kreuzweise Risse in den oberen Deckenplatten
- umlaufende Risse in Quer- und Längsrichtung
- Zerstörung der Fußsicherungs-Spundwände im Kopfbereich der Landungsbrücke



Abb. 12: Die Landungsbrücke heute

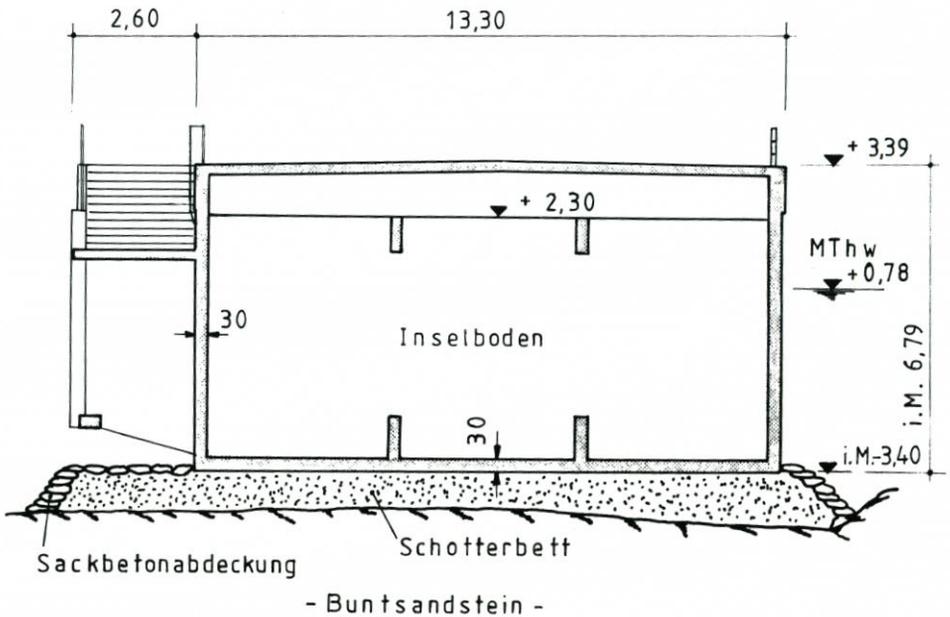


Abb. 13: Querschnitt Schwimmkasten der Landungsbrücke

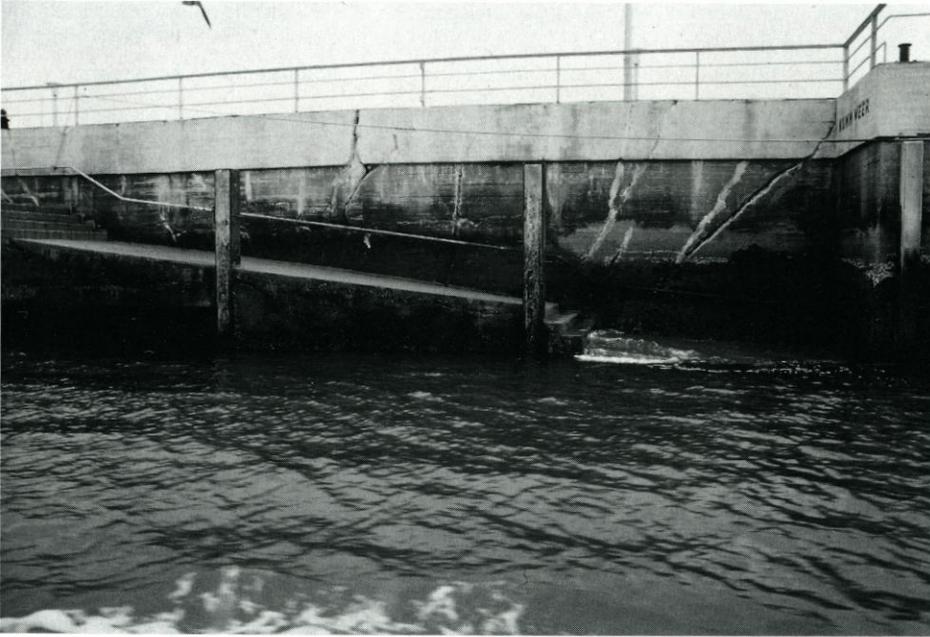


Abb. 14: Rißbild im Kopfbereich der Landungsbrücke

Die Bauweise, Bemessung und Besonderheiten, die sich aus der exponierten Lage des Bauwerkes ergeben, sind maßgebliche Ursachen für die heute gefährdete Standsicherheit des Bauwerkes.

So wurden die Schwimmkästen 1 und 2 bereits beim Ausschwimmen aus dem Trockendock beschädigt. Durch nachträgliche Anordnung von Spanngliedern wurden sie zwar für die Überführung zur Insel wieder stabilisiert, dieses jedoch nicht dauerhaft, da die Spanndrähte nicht vor Korrosion geschützt waren. Demzufolge waren zwei von drei Schwimmkästen zum Zeitpunkt des Absetzens auf dem Schotterbett bereits in der Substanz geschädigt. Insbesondere ihre Lagerungsbedingungen sind entscheidend für den heutigen schlechten baulichen Zustand der Anlage. Infolge der Belastungen aus Strömung und Wellen sind Unterspülungen und vermutlich auch Verdrückungen im Kiesbett entstanden, die zu einer Sattellagerung geführt haben. Für eine solche Lagerung sind die Schwimmkästen weder in Längs- noch in Querrichtung bemessen worden. Die Änderung dieser Lagerungsbedingungen ist als auslösend dafür anzusehen, daß die Kästen durchgebrochen sind.

Aus einer Vergleichsberechnung für die Standsicherheit unter Berücksichtigung von Wellenbeanspruchung haben sich

- Bodenpressungen mit einseitigen Spannungsspitzen und je nach Größe des Wellendruckes mit klaffenden Fugen
- verringerte Kippsicherheiten
- unzureichende Gleitsicherheiten

ergeben.

Die Decken der Landungsbrücke sind im Frühjahr 1989 soweit provisorisch abgestützt worden, daß eine Nutzung bei normalen Wasserständen für einen begrenzten Zeitraum noch

möglich ist. Das Bauwerk wird künftig im Rahmen eines Kontrollprogramms ständig auf Veränderungen hin überwacht.

Mit den Planungsarbeiten für eine äußerst dringliche grundlegende Sanierung bzw. einen Neubau ist im Februar 1990 begonnen worden.

## 2.6 Klippenrandweg

Wenn auch die Anlage von Wegen im allgemeinen nicht zu den küstentechnischen Maßnahmen gerechnet wird, so können jedoch Lage und Umfeld von Wegeanlagen Aspekte beinhalten, die aus der Sicht des Küsteningenieurwesens von Bedeutung sind und daher im Rahmen dieser Arbeit mit erwähnt werden sollten.

Bereits im vorigen Jahrhundert war der Klippenrand für den Kurgast durch einen einheitlich mit Klinker gepflasterten Weg erschlossen, der nach 1945 zerstört und zwischen 1953 und 1956 als Provisorium wiederhergestellt wurde. Die 1956 geplante Befestigung aus rot gefärbtem Asphalt unterblieb, so daß das Provisorium bis 1989 fortbestand.

Grundprinzip bei Erstellung des Weges im 19. Jahrhundert war die Wegeführung am unmittelbaren Klippenrand, um so dem Gast die Helgoländer Klippen als Naturdenkmal zu erschließen. Herausragender Beobachtungswert liegt insbesondere in der von der Hochseefauna geprägten Vogelwelt und dem faszinierenden Erscheinungsbild des Kliffs mit seinem interessanten geologischen Aufbau. Vielfältigste Ausprägungsformen und die Demonstration ständiger, durch Meereskräfte und Witterung verursachter Umgestaltung lassen die Begehung des Klippenrandweges zum herausragenden Erlebnis eines Helgolandbesuches werden.

Vorrangiger Anlaß für den Neubau des Klippenrandweges ist der Umstand, daß der seinerzeit mit sehr bemerkenswertem landschaftsgestalterischen Einfühlungsvermögen angelegte Weg infolge fortschreitender Erosion des Kliffs in mehreren Bereichen dem Ende seiner naturbedingten Lebensdauer zustrebte. An besonders abbruchgefährdeten Stellen mußte er schon mehrfach zurückverlegt werden. Die damit verbundenen bruchstückhaften Baumaßnahmen führten zu einem recht uneinheitlichen Gesamtbild. Zudem war die bisherige Wegbreite für den großen Besucherstrom unzureichend, so daß es zu erheblichen Trittschäden der recht empfindlichen Vegetation des Umfeldes kam.

Die neue Wegetrasse ist im wesentlichen durch den heutigen Klippenverlauf bestimmt worden. Einerseits war der Weg so nah an die Klippenkante zu legen, daß dem Gast möglichst auf dem gesamten Wegeverlauf Einblick in die Tiefe der Klippen geboten wird; andererseits galt es, einen Mindestabstand vom Klippenrand einzuhalten, damit auch ohne schweres Gelände der Weg gefahrlos begehbar bleibt und sein Bestand zumindest mittelfristig gewährleistet ist. Wegen der großen Unterschiede im Abbruchverhalten des Klippenrandes wurde der zukünftige Abstand zum Klippenrand nach der durch Augenschein ermittelbaren Standfestigkeit des jeweiligen Abschnittes festgelegt. Zur Vermeidung größerer Damm- und Einschnittstrecken wurde der Weg überwiegend der natürlichen Topographie angepaßt. Ein rotbrauner Pflasterklinker zur Oberflächenbefestigung soll die landschaftliche Einbindung des Weges nach Farbe und Material vervollständigen.

Ebenfalls wieder angelegt werden die meisten der auf den Hörns befindlichen Aussichtsplätze, die überwiegend durch einen kurzen Stichweg an den Hauptweg angebunden werden. Verbesserte Geländersicherung und Oberflächenfestigung dieser Aussichtsplätze sollen dem starken Besucherstrom Rechnung tragen. Bedauerlicherweise kann die nahezu zum Symbol gewordene Aussichtsplattform auf der Nordspitze mit Blick auf die „Lange Anna“, die bereits

seit 1988 aus Sicherheitsgründen gesperrt werden mußte, nicht wieder hergestellt werden, da der hier sehr stark erodierte Fels keine ausreichende Standsicherheit mehr bietet.

Letztere wäre nur durch umfangreiche Felssicherungsmaßnahmen erzielbar, die jedoch aus Kostengründen nicht in engere Erwägung gezogen werden konnten. Eine auf der Basis des Nordhorns neu errichtete Aussichtsplattform soll als zukünftige Nordspitze des Weges ausgebaut werden. Die Bauarbeiten für diesen Weg begannen im Herbst 1989 und sollen im Frühjahr 1990 abgeschlossen sein. Sie werden sich bei einer Weglänge von 2,6 km auf 1,65 Mio. DM belaufen.



Abb. 15: Klippenrandweg, Bauzustand – Januar 1990 –

### 2.7 Sicherung der „Langen Anna“

Das Helgoländer Wahrzeichen und Naturdenkmal, die „Lange Anna“, ist im Fortbestand gefährdet. Diese Gefährdung der letzten von ehemals in Vielzahl auf Helgoland stehender Felssäulen ergibt sich aus dem Zusammenwirken von

- tektonischen Gegebenheiten, insbesondere einer Gesteinszerlegung in Klufkörper
- physikalisch-chemischer Verwitterung
- Wellenangriff mit der Bildung von Brandungshohlkehlen am Felsfuß

Das Geologische Landesamt erstellte 1973 ein Gutachten, insbesondere zu Fragen des natürlichen Verwitterungsprozesses sowie der Möglichkeit technischer Gegenmaßnahmen. Als geeignete Sanierungsmaßnahmen wurden seinerzeit im Gutachten vorgeschlagen:

- a) Schutz des Felsfußes vor weiterer Zerstörung aus Wellenangriff
- b) Schutz gegen den langsamen, aber steten Verwitterungsvorgang



Abb. 16: Nische an der Westseite der „Langen Anna“

Auffälligste Schäden waren eine ausgedehnte Brandungshohlkehle an der Nordseite und eine tiefe Nische an der Westseite.

Schutzmaßnahmen zur Fußsicherung wurde der Vorrang gegeben, um zunächst die Standsicherheit aus den Gleichgewichtsbedingungen heraus sicherzustellen.

Durch Kabinettsbeschuß vom März 1978 wurde das Interesse des Landes an der Erhaltung des Naturdenkmals „Lange Anna“ durch die Bereitstellung von 500 000,- DM gewürdigt. Diese Mittel waren für Sicherungsmaßnahmen am Felsfuß bestimmt, mit denen im April 1979 begonnen werden konnte.

Vorangegangen war ein Ideenwettbewerb unter Baufirmen, die über einschlägige Erfahrungen mit Bauarbeiten auf der Insel verfügten. Neben der funktionellen Bauwerksausbildung wurde besonderes Augenmerk auf gestalterische Gesichtspunkte gelegt.

Vor Baubeginn wurde die Nord- und Westseite des Felsens zum Schutz vor herabfallenden Gesteinsbrocken durch den Einsatz von Bergsteigern von losem Gestein gereinigt. Trotz dieses „Felsputzens“ mußten Schutzgerüste für die Baudurchführung errichtet werden.

Zur Fußsicherung wurden die Brandungshohlkehle an der Nord- sowie die Nische an der Westseite durch eine Betonplombe verschlossen und die Felsüberhänge dadurch abgestützt. Durch Abrasion und Verwitterung ist das Felswatt an der Nordflanke ständiger Veränderung in der Höhenlänge unterworfen. Zum Schutz vor frühzeitiger Unterspülung der Fußsicherung wurde ein Betonsporn in den Felsgrund eingelassen. Felsanker schufen eine Verbindung zwischen Felsen und Betonplombe, wobei diese Felsanker ( $\varnothing$  28, L = 1,50 m) gleichzeitig als Schalungsanker dienten. Die Schalung bestand aus 12 cm Stahlbeton-Fertigteileplatten der Betongüte B 45. Diese Platten, die sichtbar blieben, wurden zur Anpassung an den Felsen aus rötlich eingefärbtem Beton und mit strukturierter Oberfläche hergestellt. Die „Plombe“ wurde räumlich bewehrt und mit Füllbeton der Güte B 25 betoniert.

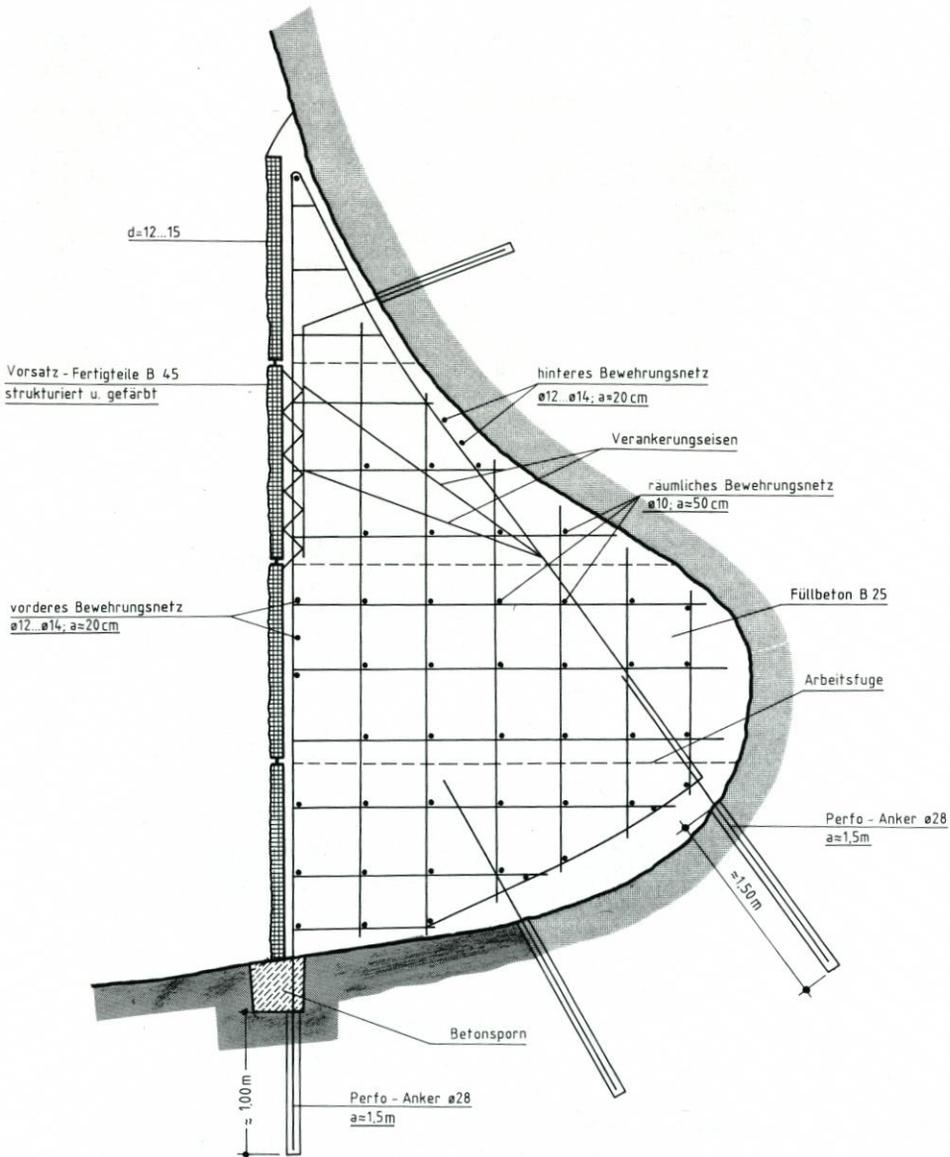


Abb. 17: Querschnitt der Fußsicherung 1979

Die Bauarbeiten selbst waren einfacher Art. Die Lage der Baustelle stellte vielmehr die Besonderheit und den eigentlichen Schwierigkeitsgrad der Baumaßnahme dar. Dieses gilt sowohl im Hinblick auf die Tideabhängigkeit, als auch auf die Baustellenzuwegung und Gewährleistung der Arbeitssicherheit.

Die Baukosten der Fußsicherung betragen 726 000,- DM und wurden finanziert aus Mitteln der Stiftung Naturschutz des Landes Schleswig-Holstein, des Kreises Pinneberg, der Gemeinde Helgoland und des „Vereins zum Schutz der Langen Anna“. Durch diese Baumaßnahme ist nunmehr der Felsfuß im aufgehenden Teil gegen Brandungseinwirkungen nachhal-



Abb. 18: „Lange Anna“ mit gesichertem Fußbereich

tig geschützt. Gegen Abrasion und Verwitterung des Felswattes wird die Sohle der Fußsicherung aber auch künftig anzupassen sein. Darüber hinaus wird es Aufgabe für die Zukunft sein, ein technisches Konzept für eine Felssanierung zu erarbeiten, um den Verwitterungsvorgang zumindest zu verlangsamen und so das Naturdenkmal „Lange Anna“ möglichst lange zu erhalten.

## 2.8 Dünenhafen

Der Dünenhafen ist als Umschlagplatz für die Ver- und Entsorgung der Düne und als geschützter Anlegebereich für die zwischen Düne und Hauptinsel verkehrenden Börteboote von besonderer Bedeutung.

Die Bausubstanz dieser im Rahmen des Marine-Großprojektes „Krebsschere“ in den Jahren 1938 bis 1941 erbauten Hafenanlage war infolge Kriegseinwirkungen und Korrosion stark beschädigt und in weiten Teilen einsturzgefährdet. Damit war insbesondere eine wirksame Sicherung der Düne an der Westseite nicht mehr gewährleistet.

Nach einer vorangegangenen Beurteilung von Standsicherheit und zu erwartender Lebensdauer der vorhandenen Anlagen, die sich auf umfangreiche Untersuchungen der Spundwände insbesondere im Unterwasserbereich stützte, wurde 1987 mit den Planungsarbeiten für eine Sanierung bzw. Neugestaltung des Dünenhafens begonnen.

Durch eine kurzfristige Mittelbereitstellung wurde noch im selben Jahr der Beginn eines 1. Bauabschnittes ermöglicht. Dieser 1. Bauabschnitt mit einem Kostenvolumen von 8,3 Mio. DM umfaßte im einzelnen Arbeiten zur Sanierung und zum Neubau von Molen und Uferkajen.

Die Fangedämme der Nord- und Westmole wurden durch Behebung gravierender Schäden an den Spundwänden im Über- und Unterwasserbereich, die Auffüllung der Molenkästen mit Sand und den Bau einer dauerhaften Betonabdeckung saniert. Mit diesen Sanierungsmaßnahmen soll die Lebensdauer der Fangedamm-Konstruktion für ca. 20 weitere Jahre gesichert werden. Mit Ablauf dieses Zeitraumes wird die Korrosion die Spundwandquerschnitte dann soweit dezimiert haben, daß die heute noch vorhandenen Sicherheitsreserven aufgezehrt sind und ein Neubau der Nord- und Westmole erfolgen muß.

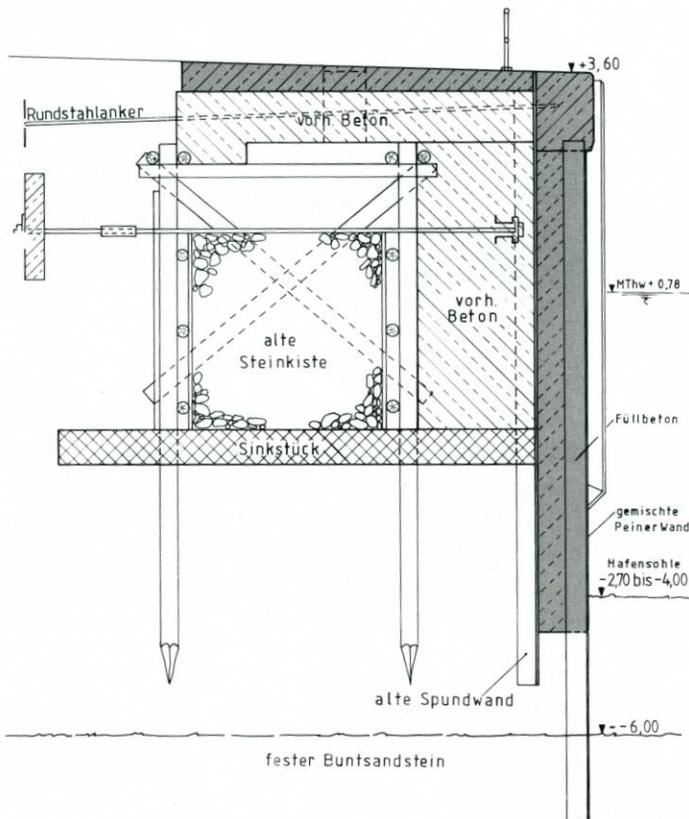


Abb. 19: Querschnitt Schiffsanleger Dünenhafen

Im Bereich der Schiffsanlegestelle waren jedoch die Schäden bereits so erheblich, daß ein Neubau der Uferkaje unumgänglich wurde. Vor die alte Wandkonstruktion wurde eine gemischte Peiner Wand gerammt und der Zwischenraum zwischen neuer und alter Spundwand mit Beton B 25 ausgefüllt, wobei die Tragkonstruktion auch hier mit Rundstahlankern und Ankertafeln eine rückwärtige Verankerung erhielt. In Verbindung mit der neuen Kajenabdeckung aus Stahlbeton wurde so ein sicherer Umschlagplatz für Küstenmotorschiffe der Dünenver- und -entsorgung geschaffen.

Die alte Uferkaje, die das Sicherungsbauwerk der Dünenwestseite darstellte, war unter anderem aus Sturmfluteinwirkung am stärksten beschädigt.



Abb. 20: Zerstörte Kaje an der Westseite der Düne

Durch Vorschüttung einer Böschung aus Wasserbausteinen wurde die teilweise einsturzgefährdete Konstruktion seeseitig gestützt und gesichert. Die Böschung wurde aus Wasserbausteinen in abgestufter Korngröße mit einer Neigung von 1:2 hergestellt. Die aus Norwegen angelieferten Steine hatten in der größten Fraktion ein Einzelgewicht von max. 2,0 t. Die Hohlräume unter der alten, überwiegend bereits eingestürzten Kajenabdeckung, die eine neue Stahlbetonabdeckung erhielt, wurden durch Sandeinspülung aufgefüllt. Die Anordnung einer Hochwasserschutzwand soll das Entstehen rückwärtiger Schäden aus Wellenangriff bei Sturmfluten verhindern.

Die Bauarbeiten konnten zügig, ohne wesentliche witterungsbedingte Unterbrechungen im Mai 1988 abgeschlossen werden. Als Hauptleistungen sind der Einbau von

33 000 t	Wasserbausteinen verschiedener Korngröße
3 300 cbm	Beton
350 t	Spundwandstahl

zu nennen.

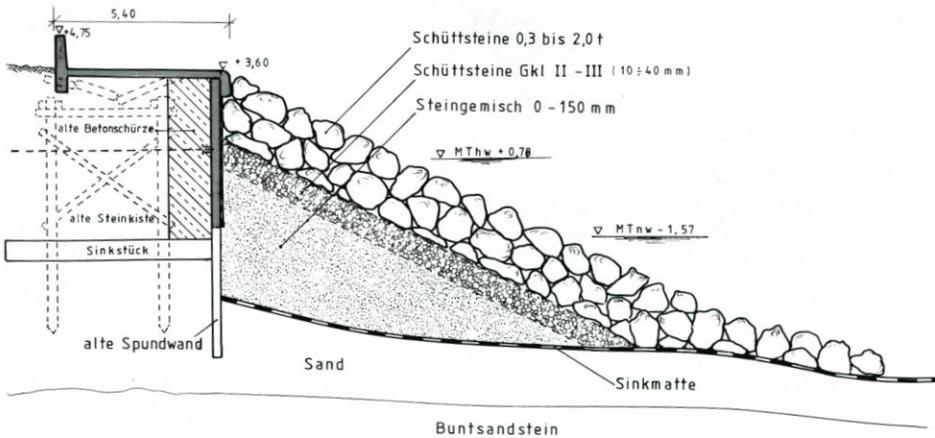


Abb. 21: Querschnitt durch die sanierte Kaje an der Westseite der Düne

In einem noch durchzuführenden 2. Bauabschnitt ist der Bau einer Mole im Hafenbecken geplant. Mit diesem Bauwerk soll eine Wellendämpfung im Hafenbecken erzielt und damit die Funktionsfähigkeit des Dünenhafens verbessert werden. Diese Maßnahme ist notwendig, da die Sicherheit des Dünenfährverkehrs und des Hafenbetriebes bei stärkeren südlichen Winden erheblich eingeschränkt ist.

Die Anordnung und Formgebung dieser Mole im Hafenbecken ist nach den Ergebnissen von Modellversuchen, durchgeführt am Leichtweiß-Institut der TU Braunschweig, festgelegt worden. Die Mole wird als durchlässiges Bauwerk aus Wasserbausteinen mit einem Einzelgewicht von max. 1,5 t errichtet werden. Die Böschungsneigungen werden 1:2 bzw. 1:2,5 seeseitig betragen. Die Baukosten sind in Höhe von 4,5 Mio. DM zu erwarten.

Der Zeitpunkt zur Durchführung des 2. Bauabschnittes ist noch unbestimmt.

## 2.9 Strandsicherungsmaßnahmen auf der Düne

Die Fläche der Düne war durch Erosion und fortschreitende submarine Abrasion des Inselsockels bis zum Jahre 1938 auf 40 ha reduziert (oberhalb MSpTnw) worden.

Im Zuge des Marinegroßvorhabens „Krebsschere“ wurde die Fläche der Düne durch Aufspülmaßnahmen auf das 1,9fache vergrößert und umfaßte am Kriegsende 76 ha. Gesichert war die neu gewonnene Spülfläche durch ein Buhnensystem mit angebondenem Dünenhafen, das mehrere bauliche Ergänzungen gefunden hat.

In den Jahren nach den zwischen 1938 und 1942 erfolgten Aufspülmaßnahmen verbanden sich die Neufläche mit der Altdüne zu einem sowohl morphologisch als auch ökologisch weitgehend geschlossenen System, so daß sich die Düne heute als eine ganzheitliche Naturlandschaft darstellt.

Die Düne unterliegt einer Summe von naturbedingten Kräften, die auf sie einwirken und dabei zu einem ständigen Umgestaltungsprozeß führen. Diese Kräfte mit ihren Wechselwirkungen und den daraus resultierenden Veränderungen wurden von FÜHRBÖTER 1986 eingehend beschrieben.

Wesentliches Merkmal der Veränderungen seit der Umgestaltung 1938/42 ist, daß der Südstrand mit hinterliegender Düne einem fortlaufenden Erosionsprozeß ausgesetzt ist,

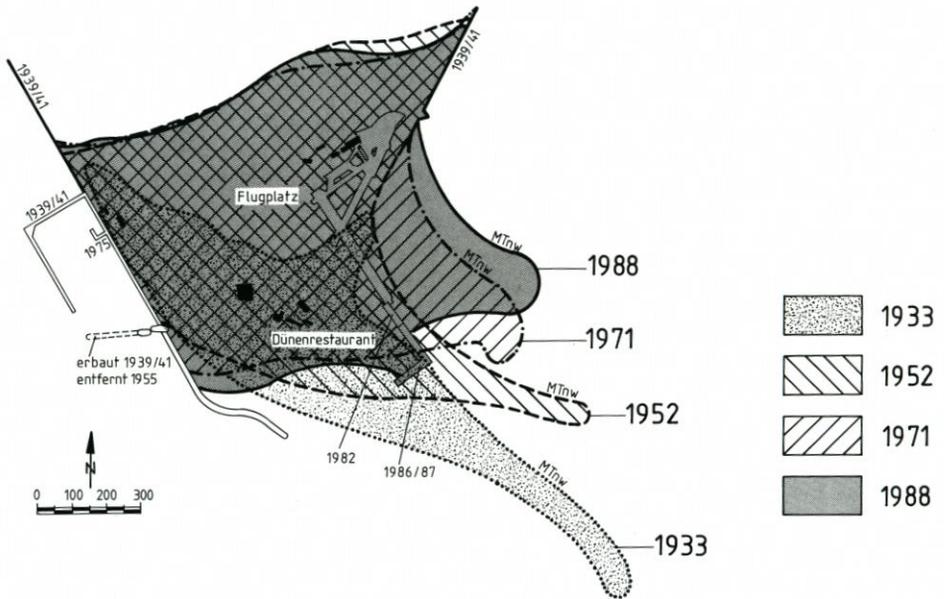


Abb 22: Entwicklung der Uferlinie (MThw) 1933–1988

wobei das derartig mobilisierte Material nach Osten verfrachtet wird und zu einem deutlichen Anwachsen des Oststrandes führt. Der Nordstrand erweist sich hingegen weitgehend lagestabil, während an der Westseite die Uferlinie ohnehin durch Bauwerke festgelegt ist.

Diese vorstehend umrissenen Verhältnisse bedingen es ganz zwangsläufig, daß alle strandverbessernden und dünenichernden Maßnahmen darauf abzielen, die Verhältnisse am Südstrand zu stabilisieren, zumal der Südstrand ein wichtiger Badstrand Helgolands ist und auch mit Dünenrestaurant und Landebahnkopf sturmflutgefährdete Baulichkeiten hinterliegend hat.

Im einzelnen wurden folgende Maßnahmen vorgenommen:

- a) Bau des Tetrapodendamms-West
  - 1965 Errichtung des ersten 250 m langen Teilstückes
  - 1968 Verlängerung um 150 m
  - 1974/76 Verlängerung um weitere 210 m

Dem Bau dieses heute insgesamt 610 m langen Tetrapodendamms ging 1954/55 der Abbruch der Südmole des Dünenhafens voraus. Von diesem Abbruch hatte man sich eine positive Veränderung am Südstrand erhofft, die aber hinter den Erwartungen zurückblieb.

Der Tetrapodendamm brachte für den westlichen Teil des Südstrandes bis in Höhe des Dünenrestaurants für Wasserstände bis etwa über 1,0 m über MThw eine spürbare Schutzwirkung, die im wesentlichen auf einer Reduzierung der Tide- und Brandungsströmung sowie des Wellenangriffs beruht. Offen ist dabei noch die Frage, inwieweit eine mögliche Sandzufuhr von der Südreede her unterbrochen worden ist. Zweifelsfrei setzten vom Dünenrestaurant in Richtung Ost Rückgangerscheinungen ein, die zumindest teilweise auf eine großräumige Lee-Erosionswirkung des Tetrapodendamms zurückgeführt werden müssen (FÜHRBÖTER, 1986).

## b) Hakenbuhne im Anschluß an die Landebahn

- 1982/83 Errichtung eines 75 m langen Teilstückes vom Landebahnkopf in Flucht des westlichen Landebahnrandes mit Sicherung des Landebahnkopfes
- 1986/87 Ausbau zu einer insgesamt 234 m langen, L-förmigen, sandundurchlässigen Hakenbuhne aus Schüttsteinen

Dieses 1982/83 errichtete Teilstück diente in erster Linie dem Erhalt der Landebahn, deren Standsicherheit am seeseitigen Ende gefährdet war. Der zweite Ausbau 1986/87 erfolgte auf der Grundlage einer 1985 vom Leichtweiß-Institut der TU Braunschweig vorgenommenen Modelluntersuchung zur Sicherung des Südstrandes. Ziel dieser Maßnahme war, die Brandungsströmung zu unterbrechen und damit unter gleichzeitiger Verlagerung der Lee-Erosion nach Osten eine Luv-Anlandung zwischen Landebahn und Dünenrestaurant zu bewirken.

Durch Anlage des Hakens galt es, eine starke leeseitige Wellenbeugung zu erzeugen, wodurch beabsichtigt war, daß die Wellen auf den östlich gelegenen Strandabschnitt möglichst senkrecht auftreffen und somit eine Minimierung der Brandungsströmung erreicht wird.

## c) Sandaufspülung am Südstrand

- |                         |             |
|-------------------------|-------------|
| - 1954 Sandauffüllung   | 85 000 cbm  |
| - 1974 Sandaufspülung   | 244 000 cbm |
| - 1976 Sandaufschüttung | 24 000 cbm  |
| - 1987 Sandaufspülung   | 200 000 cbm |



Abb. 23: Luftaufnahme der Düne 1984 (Freigabe Nr. SH 510/84)

Während die Materialzugaben der Jahre 1954, 1974 und 1976 sehr kurzfristig aufgearbeitet und verfrachtet worden sind, dürfte nach Augenschein dem 1987 aufgespülten Sand eine größere Verweilzeit beschieden sein, da durch die östlich gelegene Hakenbuhne eine Stützung des Strandes mit Ausbildung eines lagestabilen Strandbogens erzielt werden konnte.

Sichere und quantifizierende Aussagen der Strandverluste sind jedoch erst nach Durchführung entsprechender Vergleichsmessungen möglich, die im Laufe des Jahres 1990 vom Amt für Land- und Wasserwirtschaft Itzehoe vorgenommen werden.

Der Bestand der Randdünen ist bekanntlich eng mit der Stabilität des Strandes verbunden. Insoweit wirken sich Stabilisierungsmaßnahmen an den Stränden unmittelbar auch auf die Sicherheit der Dünen aus, die wiederum eine wesentliche Bedeutung für den Hochwasserschutz haben und die zudem ein herausragendes Landschaftselement darstellen. Neben den maritimen Kräften unterliegen die Dünen auch äolischen und anthropogenen Einflüssen. Letztere können insbesondere aus dem Fremdenverkehr resultieren und hier bei Überschreitung von Belastungsgrenzen zu erheblichen Schäden führen.

Zur fortlaufenden Pflege der vorderen Dünenkette werden mit dem Regiebetrieb der Gemeinde umfangreiche Sicherungsmaßnahmen durch Bepflanzungen und insbesondere durch Errichtung von Sandfangzäunen aus Reisig vorgenommen. Zudem wird eine dünenverträgliche Lenkung des Badegastes angestrebt.



Abb. 24: Sanierter Südstrand der Düne 1987 (Insel-Foto Cohrs, Freigabe Nr. SH 560/4-7)



Abb. 25: Nordstrand der Düne mit Sandfangzäunen (Januar 1990, Freigabe Nr. SH 1588/1)

### 3. Schlußbetrachtung

Die vorstehend beschriebenen Maßnahmen machen deutlich, daß der Gemeinde Helgoland auch nach der bis 1965 dauernden Aufbauphase ganz erhebliche bauliche Aufgaben im Küsten- und Uferbereich verblieben sind. Einerseits erfordern die in den ersten Aufbaujahren in einem relativ engen finanziellen und zeitlichen Rahmen erstellten Anlagen Sanierungs- und Ergänzungsmaßnahmen. Andererseits ist überall dort, wo sich ständige, naturbedingte Veränderungen der Oberflächengestaltung vollziehen, eine fortlaufende Anpassung an diese Entwicklungen erforderlich. Letzteres trifft insbesondere für Strände und bauliche Anlagen auf der Düne zu. Mittelfristig ergibt sich ein überschläglich errechneter Finanzierungsbedarf von 20,6 Mio. DM. Bund, Land und Kreis werden bei der Erfüllung dieser Aufgabe weiterhin der Gemeinde hilfreich zur Seite treten müssen.

### 4. Schriftenverzeichnis

- BAHR, M.: Anzahl der Felsabstürze auf Helgoland 1899 bis 1955. (unveröff.).  
 BAHR/POPPE: Das neue Uferschutzwerk im Unterland von Helgoland. Die Bautechnik, 15. Jg., H. 20 und 24, 1937.  
 BECHER/BREITSCHWERT/JENSEN: Die Hafenaubarbeiten der Wasser- und Schifffahrts-verw. des Bundes auf Helgoland. Die Bautechnik, 36. Jg., H. 12, 1959.  
 BSF-BÜRO für Sozial- und Freizeitforschung: Gutachten Tourismusentwicklung der Insel Helgoland, 1988.  
 EILMANN, W.: Die Ufermauer an der Nord-Ost-Seite von Helgoland. Die Bautechnik, 26. Jg., H. 8, 1949.  
 FÜHRBÖTER, A.: Gutachten zur Erhaltung der Nordostflanke der Insel Helgoland, 1979.  
 FÜHRBÖTER, A. u. DETTE, H.: Zur Entwicklung der Düne Helgoland. Die Küste, H. 43, 1986.

- FÜHRBÖTER, A., DETTE, H. U. WITTE, K. H.: Modelluntersuchungen zur Sanierung des Dünenhafens Helgoland. Bericht Nr. 599 des Leichtweiß-Institutes TU Braunschweig, 1986.
- GEHRKE, R.: Helgoland im Wandel. Verlag Hansen & Hansen, Münsterdorf, 1989.
- GEIßE, A.: Schutzbauten an der Helgoländer Düne. Zeitschrift für Bauwesen, Jg. 54, 1904.
- Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein: Gutachten zu Erhaltungsmaßnahmen an der „Langen Anna“ Helgoland, 1975.
- JÄCKLE, H.: Stellungnahme zum baulichen Zustand der Landungsbrücke (unveröff.), 1989.
- KRUMBEIN, W.: Verwitterung, Abtragung und Küstenschutz auf der Insel Helgoland, Abh. verh. naturwiss. Ver. Hamburg (HF) 18/19, 1975.
- MOHN, H.: Entwurf Sicherung des Nordstrand-Bohlwerkes, 1985.
- MOHN, H.: Entwurf Dünensicherung – Bereich Südstrand, 1986.
- MOHN, H.: Entwurf Neugestaltung und Sanierung Dünenhafen, 1987.
- MOHN, H.: Entwurf Neugestaltung des Klippenrandweges, 1988.
- PRACK, H.: Entwurf für den Neubau des Nordost-Bohlwerkes auf Helgoland, 1977.
- PRACK, H.: Gutachterliche Untersuchung für die Sicherung der Düne auf Helgoland, 1982.
- PRACK, H.: Entwurf Sanierung des Nordost-Hafens, 1983.
- Wasser- und Schiff.-verw. des Bundes: Vermerk zu einer Ministerbereisung (unveröff.), Akte Wasser- und Schifffahrtsdirektion Kiel, 1957.

# Die Südwest-Schutzmauer der Insel Helgoland

Von JÜRGEN THIEMANN

## Zusammenfassung

Dem Verfall des Buntsandstein-Felsens der Insel Helgoland, insbesondere auf ihrer Westseite, infolge Erosion des Felsfußes durch die Gezeitenströmungen, wechselnde Wasserstände, vor allem aber infolge Wellenschlag konnte durch den Bau einer Schutzmauer entlang der Westflanke der Insel teilweise mit gutem Erfolg Einhalt geboten werden. Schon bald nach der Übernahme der Insel aus dem englischen Besitz (1890) wuchs die Erkenntnis zum Bau einer Schutzmauer. Die Errichtung dieser Mauer dauerte viele Jahre. In diesen Jahren wurde ihre Konstruktion mehrmals geändert. Im 1. Weltkrieg (1914/18) mußten die Arbeiten eingestellt und konnten erst 1927 abgeschlossen werden. Im 2. Weltkrieg (1939/45) wurde die Mauer durch Bombentreffer und 1947 durch Sprengungen beschädigt. Ihre einzelnen Bauphasen und die Wirkungsweise werden geschildert.

## Summary

*The deterioration of the sheer sandstone cliffs of Heligoland Island, especially on its west side, due to erosion of the cliff base by tides, variable water levels and in particular wave action, could be held in check to some extent through the construction of a protective wall on the west side on the island.*

*The necessity of constructing a protective wall became apparent shortly after the takeover of the Island from the British in 1890. The construction of the wall lasted many years during which its plans were changed several times. The work had to be interrupted during WWI (1914/18) and could first be completed in 1927. The wall was damaged by bombs during WWII (1939/45) and explosions in 1947. The various construction phases and effectiveness of the wall are presented.*

## Inhalt

1. Einführung . . . . .	237
2. Die Südwest-Schutzmauer (1903–1927) . . . . .	238
3. Die Kriegs- und Nachkriegsschäden (1939–1950) . . . . .	241
4. Die Wiederherstellung der Südwest-Schutzmauer (1960–1963) . . . . .	242
5. Die Ufersicherung am Kringel . . . . .	245
6. Die Wirkungsweise der Südwest-Schutzmauer . . . . .	247
7. Schlußbemerkung . . . . .	249
8. Schriftenverzeichnis . . . . .	249

## 1. Einführung

Die westliche Küste der Felseninsel ist durch geologische Aufschlüsse und besondere morphologische Gliederungen gekennzeichnet. Tidebewegungen und Wellen haben diesem Teil der Insel eine besonders interessante Form gegeben. Brandungshöhlen und -kehlen, Brandungsnischen (Slapps), Felstore (Gatts), Felsvorsprünge (Hörns) und einzeln stehende Felsfeiler (Stacks) – am bekanntesten ist heute das Nadhuurnstack („Lange Anna“) – zeichnen diese Felsklippen aus.

Zu den durch Meerwasser entstandenen Abbrüchen und Einbuchtungen tritt die Verwitterung des Buntsandsteins. Im Laufe der Zeit kam es zu erheblichen Felsabstürzen und Rutschungen und damit zu Landverlusten des Oberlandes (Abb. 1).

Mit zunehmender Bebauung des Oberlandes, insbesondere durch den Bau von Stollen, Bunkern und Geschützstellungen im Rahmen der 1891 begonnenen Fortifikation, teilweise in unmittelbarer Nähe des Klippenrandes, wuchs die Sorge um den Bestand der westlichen Felsklippe. Diese Sorge führte zu dem Plan, eine massive Uferschutzmauer entlang dem Felsfuß zu errichten.



Abb. 1: Westküste von Helgoland, 1860 (Lithographie von Beer)

## 2. Die Südwest-Schutzmauer (1903–1927)

Bevor die Entscheidung fiel, eine Schutzmauer zu errichten, wurden Lösungsmöglichkeiten gegen die Buntsandstein-Erosion diskutiert. So wurde eine Befestigung des Felsfußes z. B.

durch Ausmauern von Brandungskehlen und Brandungsnischen und eine Oberflächenbefestigung des Geröllhanges vorgeschlagen und auch teilweise ausgeführt.

Zu der Diskussion technischer Lösungsmöglichkeiten trat eine Diskussion über Zuständigkeitsfragen zwischen den militärischen Bauverwaltungen des Reichs und den zivilen Verwaltungsstellen Preußens. Erst 1908 wurde von Kaiser Wilhelm II. bei einem Besuch der Insel entschieden, daß für Maßnahmen des Küsten- und Inselschutzes die Zuständigkeit preußischer Dienststellen gegeben sei.

Im Jahre 1903 wurde bereits von der damaligen, für die Fortifikation zuständigen militärischen Bauverwaltung zwischen dem Blockhorn und dem Siderst Hörn (Spitzhorn) eine Probestrecke einer Schutzmauer angelegt (Abb. 2). Es handelte sich um eine 6 m hohe, aus Betonblöcken (landseitig) und Granitquadern (seeseitig) gebildete Mauer. Die Blöcke dienten gleichzeitig als Schalung für den Schüttbeton. Als Fundament diente der hier anstehende Fels und Schotterbeton, der zugleich den Verbund mit dem Fels herstellte. Die Mauer wurde mit dem anstehenden Felsgeröll bis in Höhe des MThw hinterfüllt (Abb. 3).

An dieser Probestrecke wurde stellenweise der Schüttbeton zwecks Erprobung im Seewasser nicht verblendet. 40 Jahre lang konnte so mit positivem Ergebnis die damals angewandte Betonrezeptur im Verhalten gegenüber Salzwasser begutachtet werden. In den Jahren 1904 bis 1907 kamen weitere kleinere Ufermauerabschnitte in abgeänderter Bauweise mit ausgeprägter seeseitiger Hohlkehle im Bereich des Lummenfelsen (Skitenhorn) und

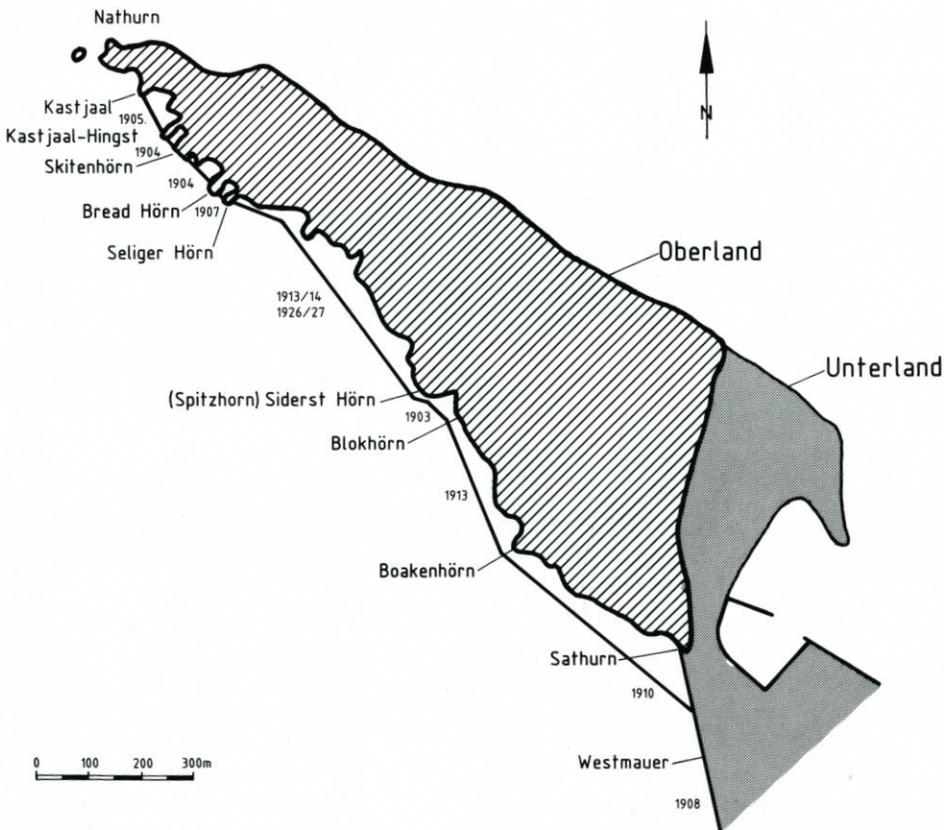


Abb. 2: Die Südwest-Schutzmauer, Lage und Bauzeiten

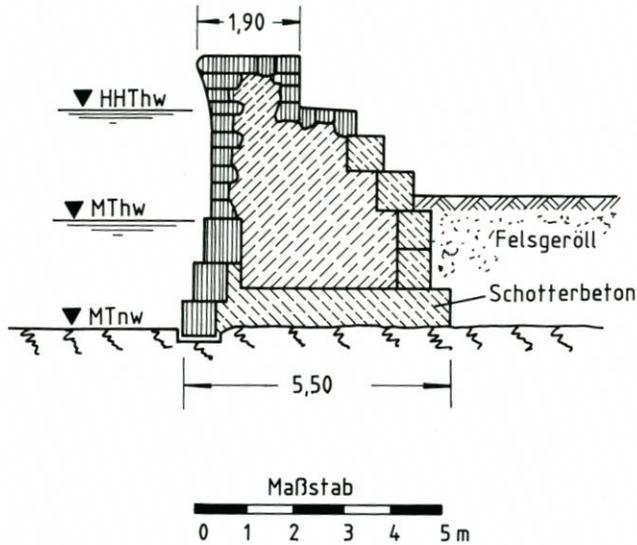


Abb. 3: Querschnitt der Probestrecke der Südwest-Schutzmauer, 1903

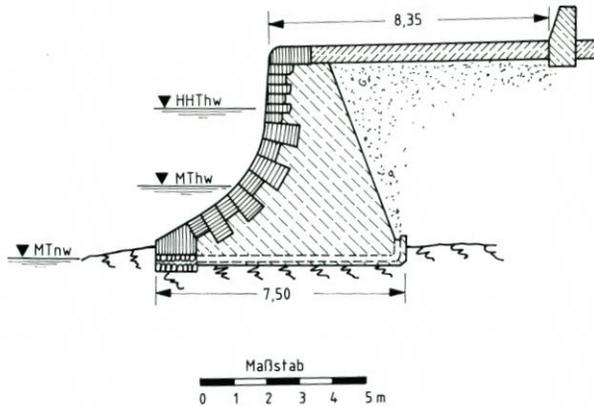


Abb. 4: Querschnitt der Südwest-Schutzmauer, 1904–1907

nördlich davon bis zum Kastjaal und südlich bis zum Bread Hörn und Seliger Hörn hinzu (Abb. 4).

Der Bau des wesentlich größeren Teils der Südwest-Schutzmauer, damals „Preußenmauer“ genannt, begann 1910 an der Südspitze der Insel, etwa bei Station 50 der Westmauer. Dieser Abschnitt endete am Blockhörn, das man zum Jahresende 1913 erreichte. Um den Baufortschritt in diesem Mauerabschnitt zu beschleunigen, setzte man Betonblöcke mit 75 cm Kantenlänge in die Wasserwechselzone auf eine vorher eingebrachte Schotterbetonschicht. Die Seeseite wurde mit Granitquadern und Basaltblöcken verblendet und mit einer Brüstungsmauer versehen. Vergitterte Entwässerungsschächte und Rohre in der Mauer besorgten den Abfluß des sich hinter der Mauer bildenden Oberflächenwassers (Regen, Gischt, Schwallwasser) (Abb. 5).

Im 1. Weltkrieg mußten die Arbeiten an der Mauer eingestellt werden. Sie konnten erst

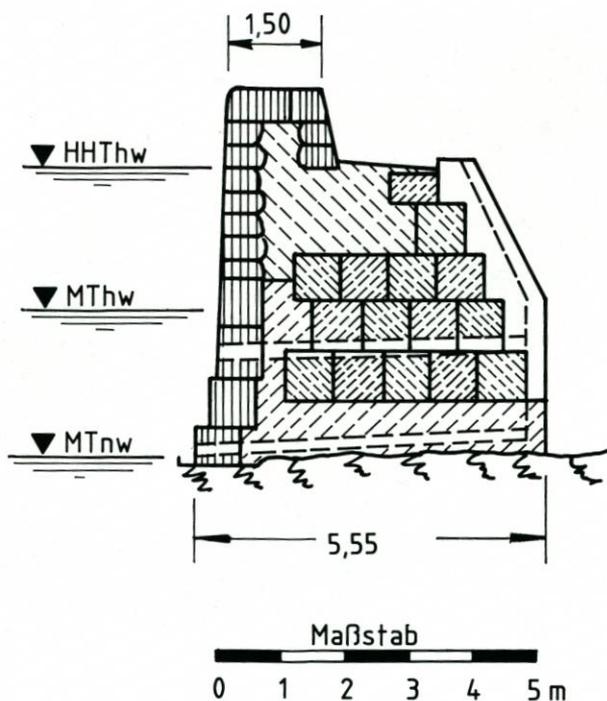


Abb. 5: Querschnitt der Südwest-Schutzmauer, 1910-1914, 1926-1927

1926 fortgeführt und 1927 beendet werden. Ursprünglich war vorgesehen, die Schutzmauer um die Nordspitze der Insel herumzuführen und sie etwa 100 m östlich der Nordspitze enden zu lassen. Diese Absicht wurde jedoch später aufgegeben.

### 3. Die Kriegs- und Nachkriegsschäden (1939-1950)

Die Südwest-Schutzmauer wurde während des 2. Weltkrieges und während der Übungsbombenabwürfe nach dem 2. Weltkrieg in Teilbereichen mit unterschiedlichem Ausmaß beschädigt (Abb. 6). Die 1903 angelegte Probestrecke beim Blockhörn wurde bis auf die Fundamente zerstört. Der größte Schaden trat durch die große Sprengung am 18. 4. 1947 ein, durch die der südliche Teil der Felseninsel zerstört wurde. Die durch die Sprengung gelösten Felsmassen überschütteten den südlichen Teil der Schutzmauer auf 450 m Länge. Teilweise wurde die Mauer in einer Mächtigkeit bis zu 20 m von Geröll überdeckt. Am Boakenhörn waren durch die Sprengung nur die Fundamente der Mauer erhalten geblieben. Nördlich von diesem Bereich sind jedoch wesentliche Teile der Mauer stehengeblieben.

Neben den Bombenschäden wurden umfangreiche Schäden festgestellt, die auf eine mangelnde Unterhaltung und auf die damals gewählte Bauweise zurückzuführen waren. Es zeigte sich z. B., daß die Verblendung mit Granit und Basaltsteinen auf Dauer unzuweckmäßig war. Die Verblendung mit Natursteinen hatte dazu geführt, daß zahlreiche Fugen im Laufe der Zeit durch die Erschütterungen bei Bombenabwürfen, durch die Inselfsprengung und infolge Witterungseinflüsse sich lösten. Auffällig waren die Schäden insbesondere an der Basaltverblendung. Hier muß unterschiedliches Temperaturverhalten von Basalt und Fugen-



Abb. 6: Zerstörte Südwest-Schutzmauer, 1945

mörtel die Ursache der Schäden gewesen sein. Ständig sich ändernde kühle Befeuchtung durch wechselnde Wasserstände und Spritzwasser und anschließendes Trocknen insbesondere bei Sonnenbestrahlung muß die Rißbildung und völlige Loslösung der Basaltverblendung von dem Beton verursacht haben.

#### 4. Die Wiederherstellung der Südwest-Schutzmauer (1960–1963)

Die Wasser- und Schiffsverwaltung des Bundes übernahm 1952 nach der Freigabe der Insel durch die Engländer die Südwest-Schutzmauer in ihre Zuständigkeit. Diese wurde mit Inkrafttreten des Bundeswasserstraßengesetzes in § 8 Abs. 5 reglementiert.

Nachdem die vordringlichen Baumaßnahmen an den beschädigten Hafenanlagen abgeschlossen waren, wurde 1960 die Instandsetzung der Südwest-Schutzmauer eingeleitet. Wegen der hohen Überschüttung kam eine Freilegung und Instandsetzung der Mauer im Bereich der durch die Sprengung entstandenen Geröllhalde nicht in Betracht. Die beschädigten Mauerabschnitte in den übrigen Bereichen wurden in ihrem Querschnitt der alten Bauweise angeglichen, jedoch ausschließlich in Beton ausgeführt. Auf eine Verblendung mit Natursteinen wurde verzichtet.

Die Arbeiten für die Instandsetzung begannen am Boakenhörn und endeten zunächst am Blockhörn. Die Versorgungseinrichtungen (Betonmischanlage etc.) konnten sturmflutfrei auf der Geröllhalde erstellt, die Baustellen mußten teilweise für einen Tidebetrieb eingerichtet werden.

1961 folgte die Instandsetzung der beschädigten Teilbereiche zwischen Blockhörn und Seligerhörn. Hier brauchte größtenteils nur die abgängige Mauerkrone abgestemmt und in

Beton ersetzt zu werden. Die alten Entwässerungseinrichtungen mußten funktionsfähig gemacht bzw. soweit wie möglich wieder hergestellt werden (Abb. 7).

Für die Durchführung der Instandsetzungsmaßnahmen der Mauerabschnitte zwischen den Felsvorsprüngen mußten Stollen durch diese Felsen getrieben werden. Andere Zugänge über das Oberland oder auf dem Seewege schieden aus Kostengründen oder wegen zu großer Wetterabhängigkeit aus.

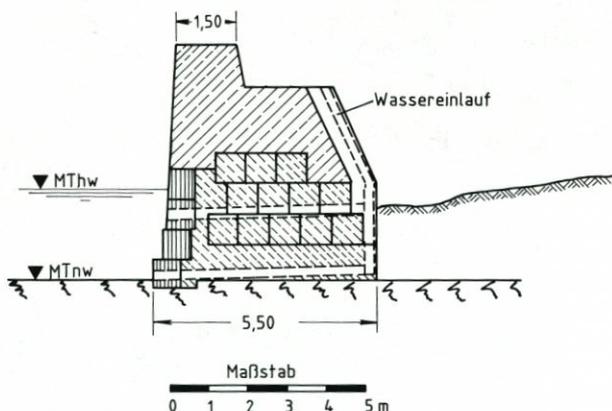


Abb. 7: Querschnitt der Südwest-Schutzmauer nach Instandsetzung, 1961

Während der schweren Sturmflut am 16./17. 2. 1962 hatte die alte und die wieder instandgesetzte Südwest-Schutzmauer eine große Bewährungsprobe zu überstehen. Es waren jedoch keine Schäden zu verzeichnen. Die durch die große Sprengung entstandene Geröllhalde wurde erheblich von der See angegriffen. In diesem Bereich war zu befürchten, daß im Laufe der Zeit immer mehr Material abgetragen wird. Bei Sturmfluten mit extrem hohen Wasserständen bzw. starker Brandung drohte sogar ein Durchbruch der See zwischen Südhafengelände und der Insel bis zum Binnenhafen. Dieser Gefahr hatte man schon 1959 durch einen Damm aus Granitquadern, Betonblöcken und Geröll am nördlichen Ende der Westmauer begegnen wollen. Deutlich wurde die Gefahr während der Sturmflut 1962, bei der große Wassermengen über diesen provisorischen Damm zu dem nur 120 m entfernten Binnenhafen abflossen.

Zum besseren Schutz wurde 1963 auf der Trasse der ehemaligen Südwest-Schutzmauer unmittelbar am Anschluß an die Westmauer auf 80 m Länge eine neue Mauer errichtet. Vor Beginn dieser Maßnahme hoffte man, nach Abräumen der Geröllmassen in diesem Bereich die alte Mauer anzutreffen, um sie soweit wie möglich wiederzuverwenden. Es zeigte sich aber, daß hier nur die unterste Fundamentlage und weit verstreute Brocken auf das alte Bauwerk hinwiesen (Abb. 8). Abb. 9 zeigt den für diesen Abschnitt gewählten Aufbau.

Nach (FLÜGEL, 1971) wurde beim Wiederaufbau der Südwest-Schutzmauer mit Herstellung von 6 bis 8 m langen Abschnitten großer Wert darauf gelegt, Risse im Beton zu verhindern. Man überlegte, wie die in Beton entstehende Wärme vermindert werden konnte. Nach Temperaturmessungen im abbindenden Beton wurde entschieden, erstmals  $C_3A$ -freien Zement unter gleichzeitiger Verminderung der Zementmenge auf  $275 \text{ kg/m}^3$  zu verwenden. Zunächst gab es keine spürbaren Temperaturvermindierungen gegenüber den Messungen im Beton mit  $350 \text{ kg/m}^3$  HOZ. Erst die Verwendung von Süßwasser als Anmachwasser anstelle



Abb. 8: Fundament der alten Südwest-Schutzmauer bei der Westmauer

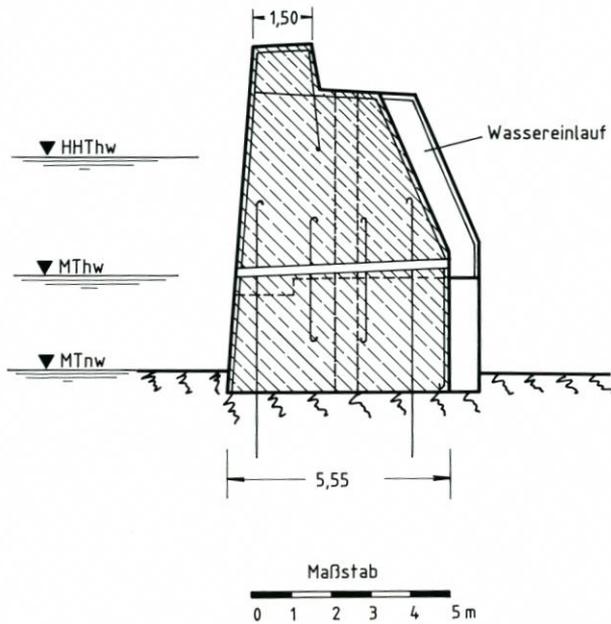


Abb. 9: Querschnitt der Südwest-Schutzmauer, 1963

des Seewassers brachte eine bedeutende Verminderung der Wärmeentwicklung. Laborversuche haben die Erkenntnis vor Ort bestätigt und zugleich ergeben, daß sich zwar die Druckfestigkeiten erhöhten, die Biegezugfestigkeiten aber verminderten.

### 5. Die Ufersicherung am Kringel

Die durch die Sprengung am 18. 4. 1947 entstandene Geröllhalde am Süden der Insel mit einer auf der untermeerischen Felsterrasse auslaufenden Böschung wird „Kringel“ genannt (Abb. 10). Ständig wechselnde Wasserstände, Sturmfluten und hier brandende Wellen verursachten Umlagerungen an der sich nach der Sprengung eingestellten natürlichen Böschung. Es bildete sich ein flacher Geröllstrand aus. Hier bestand mehr und mehr die Gefahr, daß der zum Mittelland aufsteigende Hang durch Umlagerung der unteren Böschung abrutschte. Dies hatte zur Folge, daß der Kringel mit in die Uferschutzmaßnahmen der Insel einbezogen wurde. Entsprechend der sich inzwischen eingestellten Geländeform mußte anstatt einer Schutzmauer ein schweres Deckwerk mit einer zur Fußsicherung angeordneten Stahlpund-

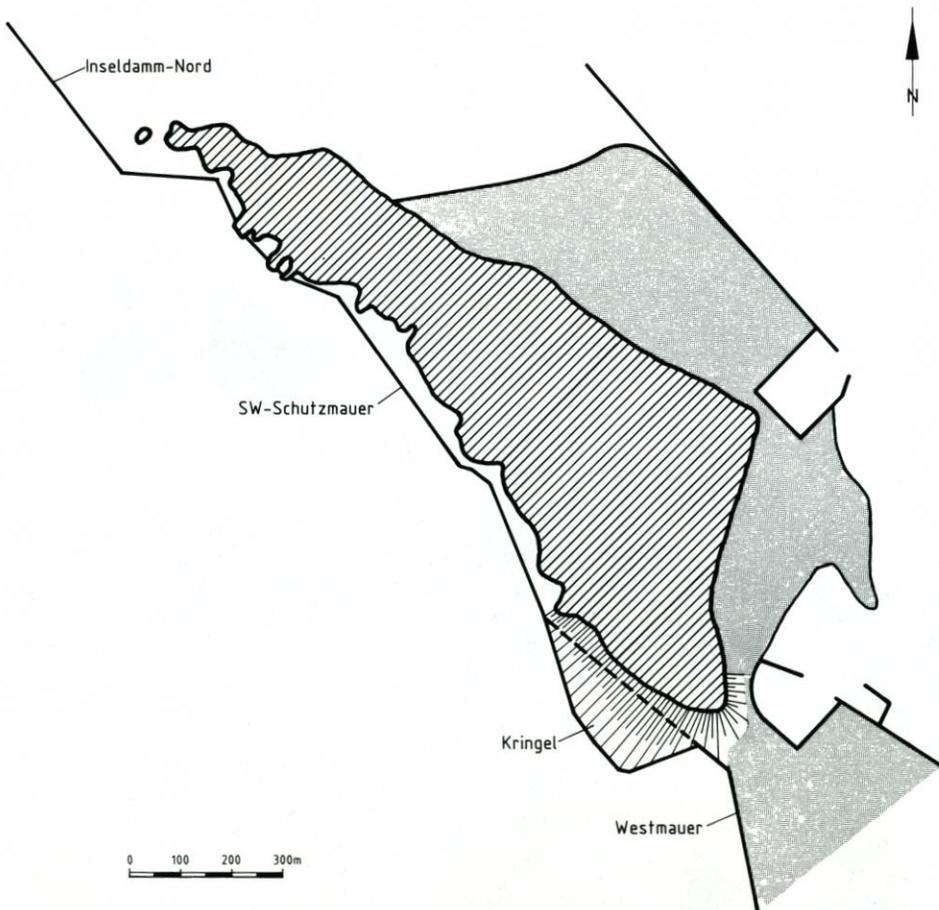


Abb. 10: Lageplan Südwest-Schutzmauer mit Kringel

wand mit Betonholm und Schrägpfahlverankerung angelegt werden. Vor die Spundwand wurden zur Wellenenergievernichtung 7–11 Reihen Tetrapoden von 6-t-Einzelgewicht gesetzt. Landwärts der Spundwand entstand eine 5 m breite mit 18 cm starkem SF-Pflaster befestigte Berme, an die sich ein 1:4 geneigtes Rauhdeckwerk aus SF-Steinen von 18 und 30 cm Stärke anschloß (Abb. 11, 12, 13).

Die Berme wird als Fahrweg für Unterhaltungsmaßnahmen, insbesondere für das Setzen weiterer Tetrapoden benutzt. Der obere Abschluß des Deckwerks sollte durch 2 m lange,

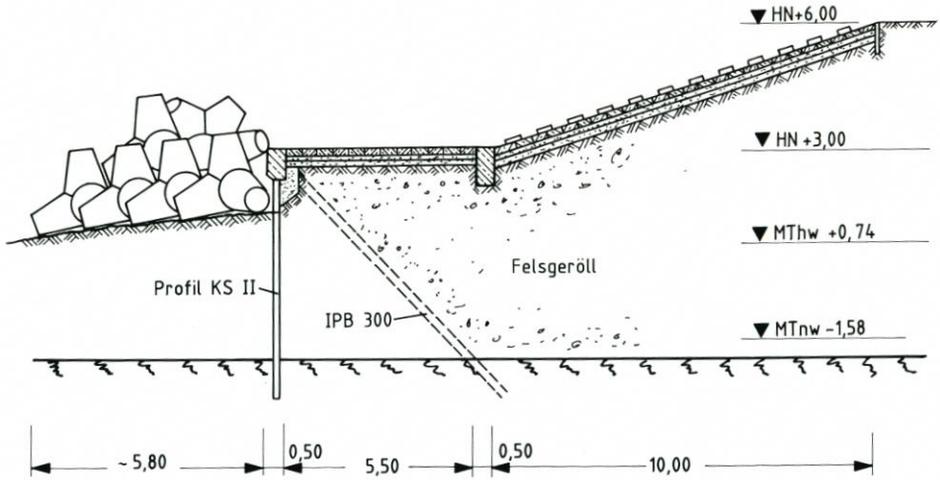


Abb. 11: Querschnitt des Uferdeckwerks am Kringel



Abb. 12: Uferdeckwerk am Kringel, 1965

80 cm breite und 10 cm starke, hochkantgesetzte Betonplatten gesichert werden. In den letzten Jahren entstanden jedoch durch hoch auflaufende Wellen Auskolkungen hinter diesen Platten. Mit Betonblöcken aus ehemaligen Hafenumauern konnte dieser Bereich gesichert werden. Im übrigen hat sich die hier gewählte Bauweise in dieser westlichen Winden exponierten Lage gut bewährt (Abb. 14).

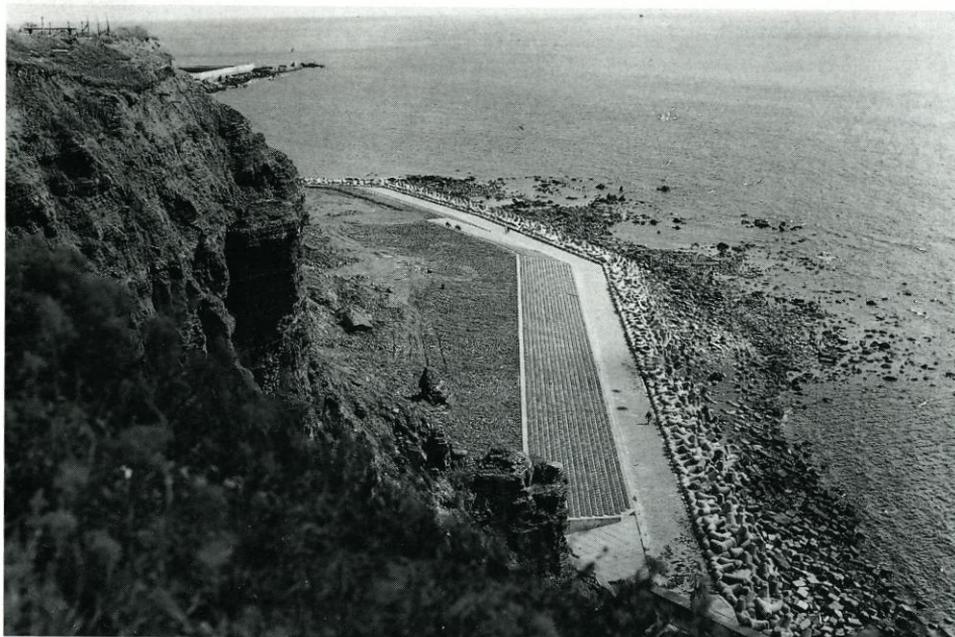


Abb. 13: Blick auf das Uferdeckwerk am Kringel, 1965

## 6. Die Wirkungsweise der Südwest-Schutzmauer

Tideströmung, Seegang und Brandung haben ganz besonders an der Südwestseite der Felseninsel einen erheblichen Einfluß auf die allmähliche Zerstörung dieser Felswand gehabt. Durch den Bau der Südwest-Schutzmauer wurde der direkte Einfluß dieser Faktoren ausgeschaltet. Einige Bereiche der Steilküste sind nach wie vor unverbaut und bleiben den natürlichen Angriffen der See ausgesetzt. Hier ist der direkte Meereseinfluß auf den Buntsandstein weiter zu beobachten. Dennoch kommt es auch in den geschützten Bereichen zu weiteren Abstürzen des Felsmaterials infolge Verwitterung (Regen, Gischt, Frost und Wind).

Mit dem Bau der Mauer war der Zweck verbunden, das abstürzende Material zwischen Felsfuß und Mauer zu fangen. Eine neue, sich natürlich einstellende Böschung zwischen Mauer und Fels und der sich darauf nach und nach bildende neue Hang sollten unter einer natürlichen Begrünung sich verfestigen und den Buntsandstein-Felsen schützen (MANNSDORF, 1926) (Abb. 15).

Da die Mauer in unterschiedlichen Abständen von dem Felsfuß angelegt worden ist, stehen zwischen Fels und Mauer unterschiedliche Grundflächen zur Ausbildung dieses Geröllhangs zur Verfügung. In Teilbereichen hat sich inzwischen hinter der Mauer soviel Material angesammelt, daß sich Schwierigkeiten bei der Abführung des Oberflächenwassers durch die Mauer ergeben haben. Zeitweise, insbesondere bei stärkeren Sturmfluten mit dem



Abb. 14: Uferdeckwerk am Kringsel Blickrichtung Norden, 1987

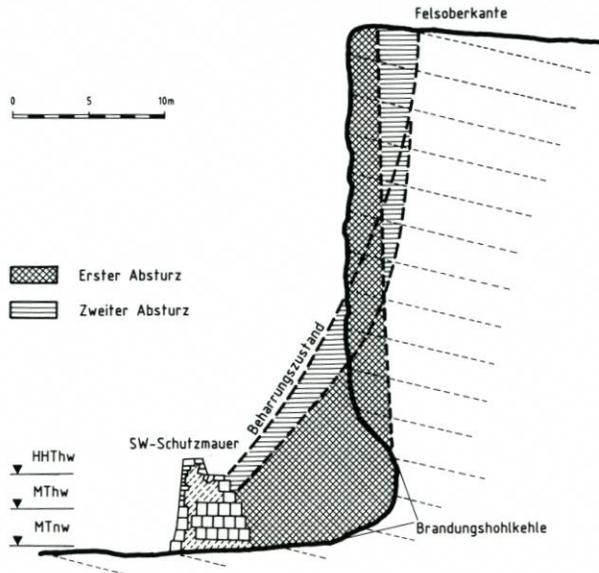


Abb. 15: Wirkungsweise der Südwest-Schutzmauer nach Mannsdorf, 1926

Anfall größerer über die Mauer schlagenden Wassermengen, hat sich eine Längsströmung zwischen Mauer und Fels mit einem Längstransport des Materials ergeben. Dieses hat zur Folge, daß der Fuß des Geröllhanges wieder abgetragen und das Gelände zwischen diesem und der Mauer eingeebnet wird (Abb. 16). Z. Z. wird überlegt, wie dieser Zustand verbessert werden kann.



Abb. 16: Südwest-Schutzmauer Blickrichtung Süden (Foto: 1989)



Abb. 17: Brandung an der Südwest-Schutzmauer (Foto: E. Vauk-Hentzelt)



Abb. 18: Brandung an der Südwest-Schutzmauer (Foto: Clemens)

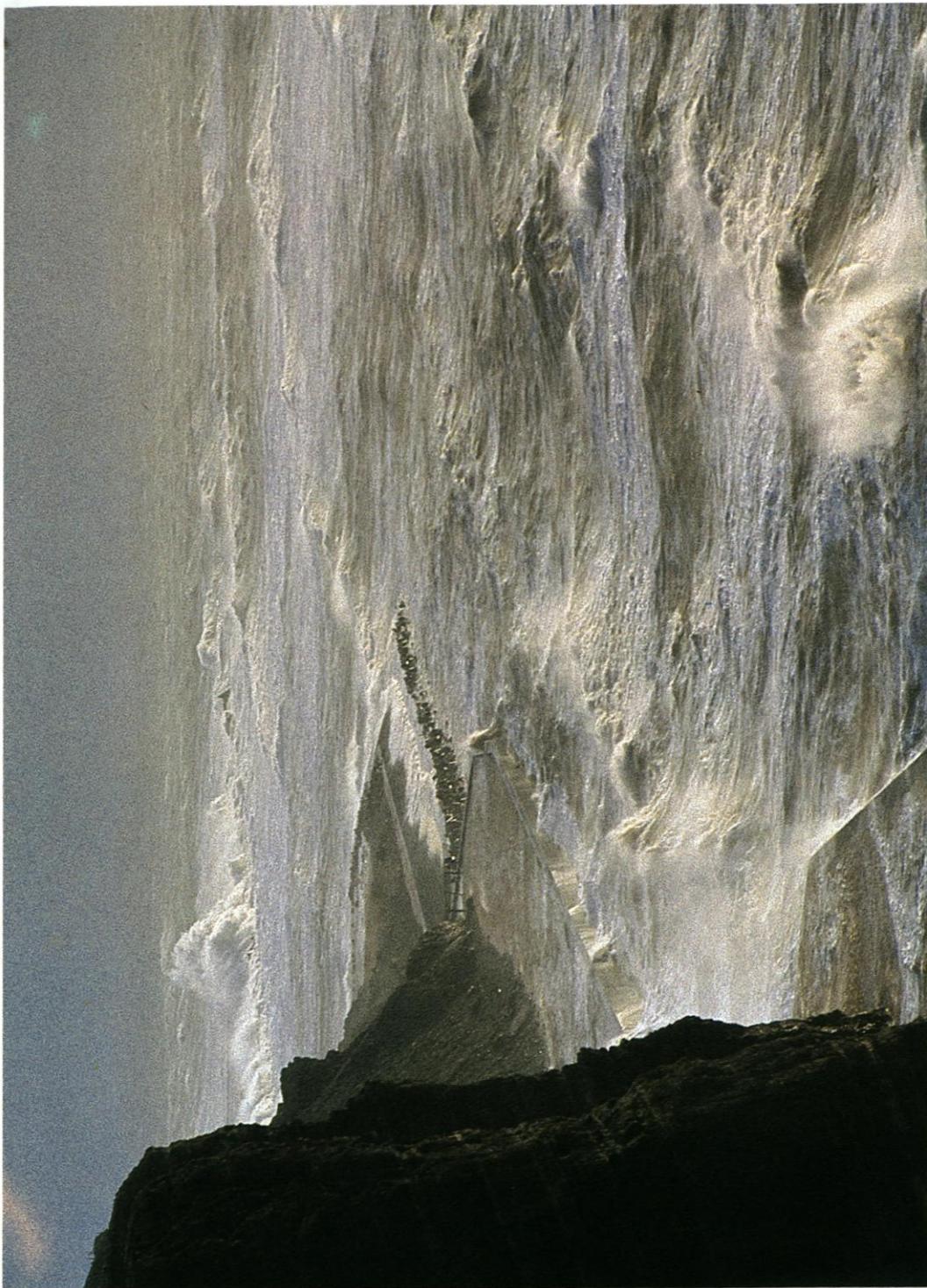


Abb. 19: Südwest-Schutzmauer und Kringel in einer schweren Sturmflut (Foto: E. Vauk-Hentzelt)

Die Wirkungsweise der Mauer ist bei brandenden Wellen, insbesondere bei Sturmfluten, eindrucksvoll zu beobachten (Abb. 17, 18, 19).

### 7. Schlußbemerkung

Der Bau einer Schutzmauer war eine notwendige Maßnahme zum Schutz des Buntsandstein-Felsens an der Südwestseite der Insel. Die natürliche Erosion konnte zwar vermindert werden, sie wird sich aber fortsetzen. Langfristig wird den Einflüssen durch Meer und Wetter kein erfolgreicher Widerstand entgegengesetzt werden können.

Für den Küsteningenieur, Geologen und Biologen daher wird der Erhalt der Steilküste Helgolands als Naturdenkmal immer wieder eine neue Herausforderung bedeuten.

### 8. Schriftenverzeichnis

- BAHR, M.: Helgoland, Geschichte seiner Entstehung und Erhaltung, seiner Beziehungen zur Schifffahrt und seines Hafens. Friesisches Jahrbuch, Aurich, 1955.
- BROHM: Helgoland in Geschichte und Sage. Seine nachweisbaren Landverluste und seine Erhaltung. Verlag A. Rauschenplat, Cuxhaven-Helgoland, 1907.
- FLÜGEL, H.: Betonarbeiten für Hafen- und Uferschutzbauten auf Helgoland. Zeitschrift beton, Heft 8, 1971.
- FLÜGEL, H.: Die Insel Helgoland – Werden – Vergehen – Wiederaufbau. Die Weser, 35. Jahrgang, Heft 6/7, 1961.
- FLÜGEL, H.: Die Wasserbauarbeiten auf Helgoland, 1961 (unveröff.).
- FÜLSCHER: Über Schutzbauten zur Erhaltung der Ost- und Nordfriesischen Inseln. Zeitschrift für das Bauwesen, Jahrgang 55, Verlag W. Ernst und Sohn, Berlin, 1905.
- KREMER, B. P., UND JANKE, KL.: Die Insel Helgoland, Seevögel, Bd. 7, Sonderheft 2, 1986.
- KRUMBEIN, V. E.: Verwitterung, Abtragung und Küstenschutz auf der Insel Helgoland. Naturwissenschaftliche Vereinigung Hamburg, 1975.
- LORENZEN, J. M.: Der Abschluß der Wiederaufbauarbeiten an den Hafen- und Küstenschutzbauten auf der Insel Helgoland. Jahrbuch der HTG, Band 27 und 28, 1962/63, Springer Verlag, 1965.
- MANNSDORF: Die bedrohte Insel, Reclams Universum, Leipzig, 1926.
- SIEBS und WOHLBERG, E.: Helgoland und die Helgoländer, Ferdinand Hirt, Kiel, 1953.
- VAUK, G.: Naturdenkmal Lummefels Helgoland. Niederelbe-Verlag H. Huster, Otterndorf/Helgoland, 1985.