Abteilung II

Seehäfen und Seeschiffahrtsstraßen

(für die gewerbliche und die Sportschiffahrt und den Fischfang)

zu Thema 2.1:

Thema des deutschen Berichts

Die Düneninsel Wangerooge im Kräftefeld äußerer Einwirkungen und ihrer aktiven und passiven Verteidigungsmöglichkeiten

Berichterstatter:

Dipl.-Ing. Gert Frels, Wasser- und Schiffahrtsamt Wilhelmshaven

Zusammenfassende Vorbemerkungen

Die Nordseeinsel Wangerooge verdankt ihre Existenz der durch Gezeiten und meteorologische Verhältnisse bestimmten Sedimentwanderung im Küstenvorfeld von West nach Ost. Periodische Änderungen im meteorologischen Kräftespiel führen zeitweise an exponierten Stränden zu einer deutlich negativen Bilanz im Sandhaushalt einzelner Abschnitte bei ausgeglichener Gesamt-Sedimentbilanz der Insel. In diesen Phasen ist die Standsicherheit einzelner Buhnen und Deckwerke sehr gefährdet.

In den vorliegenden Kapiteln wird untersucht, ob diese passiven Schutzsysteme – insbesondere die Buhnen – nach heutigen Gesichtspunkten als optimal gelten können, verbesserungsbedürftig sind oder zur eigenen Sicherheit eines aktiven Schutzes in der bekannten Art der Strandvorspülungen bedürfen.

Lösungswege werden aufgezeigt, deren Details insbesondere hinsichtlich der Konstruktionsmerkmale der Bauwerke hier jedoch unbehandelt bleiben müssen. Ebensowenig können im vorgegebenen Rahmen die Kosten der einzelnen Maßnahmen besprochen werden. Auch werden die Ausnahmeereignisse besonders hoher Wasserstände mit ihrer zerstörenden Wirkung auf unbefestigte Dünen und Inselbereiche nicht berücksichtigt.

Meeresströmungen und Tideabläufe

Die Nordsee ist als Randmeer des Atlantischen Ozeans den dort herrschenden Gezeiten mit den bekannten Ungleichheiten in zeitlichen Abläufen und Höhen unterworfen. Der mittlere Hub der halbtägigen Gezeiten entlang der See- und Wattseite der Insel beträgt rd. 2,8 m. Die Nipp- und Springtiden weichen hiervon in der Höhe um etwa 0,6 m ab.

Wie alle Ozeane unterliegt die Nordsee einem säkularen mittleren Meeresspiegelanstieg, der wie in der praktisch tidefreien Ostsee für den mittleren Wasserstand (MW) in den vergangenen 100 Jahren zu 16 cm ermittelt wurde. Der mittlere Tidehochwasserstand (MThw) der Nordsee im Untersuchungsgebiet Wangerooge stieg dagegen im gleichen Zeitraum um etwa 20 cm. Dieses Maß wurde vom ermittelten Wert von 25 cm am Pegel Wilhelmshaven-Alter Vorhafen abgeleitet. Für die zukünftige Entwicklung des hier seit über 130 Jahren beobachteten geradlinig verlaufenden Anstiegs liegen keine Hinweise auf eine Trendänderung vor. Es sinken lediglich seit 1950 die mittleren Tideniedrigwasser (MTnw) um einige Zentimeter leicht ab. Die Umkehr dieser Trends in der Entwicklung des Niedrigwassers ist als überörtliche Erscheinung festgestellt und beruht nicht auf anthropogenen Eingriffen in die morphologischen oder hydrologischen/hydaulischen örtlichen Gegebenheiten.

Verlauf der Gezeiten der Nordsee im Bereich der Insel Wangerooge ist linksdrehend mit einem Reststrom von i.M. 4 – 9 km/Tide in Richtung Ost, gemessen am Inselsockel 1,5 m über Grund in der Tiefe von SKN – 5 m bei schwachen umlaufenden Winden. Diese östlich gerichteten Tide-Restströme haben unter Mitwirkung vorherrschender Westwinde eine östlich resultierende Versetzung von Sedimenten am Inselsockel und von Insel zu Insel im Strandbereich über Gaten hinweg zur Folge.

Die Erfahrungen mehrerer vergangener Jahrzehnte ließen einen Rhythmus von Jahren mit reichlich Sandzufuhr und ausgesprochenen Mangelsituationen in Strandbereichen der Insel erkennen. Einen zeitlichen Abstand dieser Erscheinungen von etwa 7 Jahren meinten Inselbewohner nach langjährigen Beobachtungen festgestellt zu haben. Die Suche nach Hinweisen auf die Ursache dieser wiederkehrenden Ereignisse ließ Wind als möglichen Faktor erscheinen.

Die Untersuchung der Sturmfluthöhen, gemessen am Pegel Wilhelmshaven-Alter Vorhafen, bestätigen die Abhängigkeit dieser Vorgänge von Sturmeinwirkungen. Aus den maximalen Pegelständen von 1940 bis 1988 wurden die reinen Windstauwerte ermittelt. Sturmflutereignisse mit Werten $\geq 1{,}30$ m Windstau wurden aufgetragen und ihre Ganglinie zur besseren Beurteilung geglättet (Anl. 1). Es zeigt sich in der Tat eine Periode von i.M. etwa 7 Jahren. Die Suche nach der Ursache dieser Periodizität der Starkwinde war bisher erfolglos. Eine Abhängigkeit von den Sonnenfleckenhäufigkeiten mit der bekannten Wiederkehr von 11 Jahren ist offenbar nicht gegeben. Mögliche zur Zeit noch nicht bekannte Variationen im Verlauf der unser Wetter beeinflussenden Strahlströme der höheren Atmosphäre könnten jedoch hier einen Einfluß ausüben.

Die Bauwerke als passiver Schutz der Sandinsel Wangerooge

Mit dem Bau von Buhnen wurde ein bewegliches fortwährend den Kräften der Natur nachgebendes und sich anpassendes Platen- und Dünensystem statisch ausgerichtet. Infolge der Festlegung zeigten sich bald die bekannten Erscheinungen wie Kolkungen, die Entwicklung strandparalleler Rinnen sowie Lee-Erosionen als Folge derartiger Wasserbauten. Diese wiederum zogen weitere bauliche Maßnahmen bestehend aus Buhnen und Buhnenverlängerungen nach sich. Diese Abfolge wird deutlich bei Betrachtung der Entstehungszeiten einzelner Buhnengruppen der Anl. 2. Die erste größere Buhnengruppe von einer kurzen Buhne H bis zur Buhne I (1875 bis 1884) verursachte durch Zurückhaltung von Wandersedimenten auf ihrer Lee-Seite Sandmangel, der zur Konstruktion einer weiteren Buhnengruppe veranlaßte. Eine dritte Buhnengruppe folgte der zweiten aus gleichen Gründen. Gleiches Bild bieten die verschiedenen Deckwerkbauten. Sechs Abschnitte, zwischen 1874 und 1928 erbaut, reihen sich von West nach Ost immer in Lee des Vorgängers aneinander.

Die ersten im neunzehnten Jahrhundert angelegten Buhnen und Schutzwerke waren nach einer Serie schwerer Sturmfluten Maßnahmen zum Erhalt eines Restbestandes an Inselsubstanz. Ihre Bauweise entwickelte sich. Sie wurde jeweils den gemachten Erfahrungen angepaßt. Leichten Buschzäunen folgten rasch Steindämme leichter, später schwerere Bauwerke auf Buschunterlage mit Natursteinabdeckung. Als Material für Deckwerke standen vom Festland gelieferte Ziegelsteine (Klinker) und Zement zur Verfügung. Als Betonzuschlag diente Dünensand.

Die Buhnenlängen und -neigungen wurden allgemein der Strandsituation angepaßt. Von der Wurzel im jeweiligen Dünendeckwerk bis zur SKN-Linie waren die Hauptbuhnen zwischen 200 und 400 m lang. Ihre Neigung entsprach dem Strandgefälle. Die Kronenhöhe überragte den nassen Strand etwa 0,5 m.

Diese nur nach Naturbeobachtungen und mit heimischen Baumaterialien entwickelten Bauweisen führten innerhalb einiger Jahrzehnte zu einer merklichen Stabilisierung der Reststubstanz der Insel und nach fünfzig Jahren zu einer bis dahin noch nicht registrierten hochwasserfreien Inselgröße.

Hierzu hatten neben den schützenden Buhnen und Deckwerken auch Sandfangmaßnahmen auf nur bei höheren Wasserständen überfluteten Stränden in Lee des befestigten Inselkerns einen beträchtlichen Anteil beigetragen. Sand aus trockenfallenden Stränden verdriftet in erheblicher Menge in Folge der vorherrschenden westlichen Winde an das östliche Inselende.

Nach heutigen Gesichtspunkten beurteilt, bietet das Gesamtsystem der Buhnen und Deckwerke, obgleich aus Fragmenten entstanden, eine gute Ausgangssituation für eine weitere Verbesserung des Inselschutzes. Hierzu zählen die Anpassung unterschiedlicher Buhnenlängen an eine gemeinsame Streichlänge. Insbesondere sind die Buhnen B, H und V zu kürzen, andere zu verlängern und in ihrer Neigung den Strand-

verhältnissen anzupassen. Diese Maßnahmen sind vor dem Hintergrund der Entwicklung der Inselmorphologie in den vergangenen einhundert Jahren detailliert auszuarbeiten.

Das Sonderbauwerk „Buhne H"

Keine weitere Buhnen hat in ihrem näheren und weiteren Umfeld so wirkungsvolle Umgestaltungen in den Strömungsabläufen mit ihren folgenden morphologischen Veränderungen ausgelöst wie diese. Sie wurde in den Jahren 1938 bis 1941 in 1 bis 6 m Wassertiefe unter SKN in einer Länge von rd. 1.500 m quer in das Harle Gat hineingebaut.

Die Dove Harle, eine zweite Tiderinne zwischen Nordsee und den Wattgebieten hinter den Inseln, hat man dabei geschlossen. Mit der Höhe der Krone auf etwa SKN wurde der Fließquerschnitt im Mittel um über ein Viertel verbaut.

Man hoffte damals, auf diese Weise die einige Meter im Jahre betragende stetige ostwärtige Verlagerung des Seegatts Harle zum Schutz der Insel zu stoppen. Insbesondere wurde jedoch eine Schwenkung der Harle-Achse aus der Richtung Nord/Süd nach Nordwest/Süd angestrebt und vorausgesagt. Der Anlandungsbereich für von Westen heranwandernde Sandplaten sollte dadurch weiter in diese Richtung zum Ausgleich der negativen Sandbilanz im äußersten Westen der Insel verlagert werden (Anl. 3).

Das Ziel, den weiteren Verlagerungsdruck der Harle-Rinne nach Osten aufzuheben, wurde erreicht, obgleich der Kriegsausbruch den angestrebten hochwasserfreien Ausbau der Buhne verhinderte. Das weitere Ziel, die Schwenkung des Seegatts, wurde zwar auch erreicht, die erwartete Auswirkung auf die Platenanlandung blieb jedoch aus.

Im Laufe der folgenden Jahrzehnte zeigten sich viele Entwicklungen negativer Art sowohl für die Insel als auch für ihr näheres und ferneres Umfeld. Diese Vorgänge sollen hier näher beschrieben werden.

Die Auswirkungen der Buhne H auf Strömungsabläufe und die Morphologie des Umfeldes

Das 1.500 m lange Bauwerk Buhne H mit der Kronenhöhe auf SKN liegt quer im Tidestrom der Harle. Der ursprüngliche Querschnitt wurde um 25% bei Tideniedrigwasser und 13% bei Tidehochwasser verkleinert. Die bei der Überströmung entstehende hohe Geschwindigkeit hat an den Buhnenflanken zu tiefen Kolken von über 10 m unter SKN geführt.

Die Buhne H wirkt als Sohlschwelle wie ein unvollkommener Überfall mit einer maximalen Stauwirkung von etwa 15 cm sowohl bei Flut als auch bei Ebbe. Der Egalisierung und Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit auf der gesamten Buhnenlänge folgte eine flächenhafte Erosion durch den Flutstrom F auf etwa 2 qkm (Anl. 5). Hier sedimentierten vor dem Bau der Buhne nach der Flut bis zum Eintritt der Ebbeströmung zwischenzeitlich Sande der West-Ost-Drift. Die Bereiche nördlich und südlich der Engstelle zwischen den Inseln dienten als derartige Zwischenlager für Sande auf der Wanderung. Kennzeichnend sind die von Tiderinnen umflossenen Sandbänke M und B, die bis oberhalb SKN aufwuchsen. Tideströme und küstenparallele Brandungsströmungen des vorherrschenden Seeganges aus westlichen Richtungen übernahmen den weiteren Transport der Sedimente, bis sie östlich von Bereich B in die Strandzonen übergeleitet wurden und ihre Schutzfunktionen ausübten (Anl. 6).

Mit dem Bau der Buhne H wurde jedoch dieser Zyklus gestört. Das Zweirinnensystem mit seinen unterschiedlichen Transportfunktionen für Sedimente – Flutrinne/ Ebberinne – wurde unterbrochen. Der dreißig Minuten kürzere Flutstrom fließt schneller als der Ebbestrom. Aus diesem Grunde suspendierte Sande überwandern die Buhne nach Süden. Das anschließend abfließende Ebbewasser ist praktisch frei von sandigen Suspensionen. Nur ein Teil nimmt seinen Weg zurück durch die verbliebene Seegattrinne Harle. Südlich der Buhne werden heute nicht unbedeutende Sandmengen zurückgehalten und hinterwandern den Osten Spiekeroogs und Wangerooge. Hier füllen sie das ehemals weiter verzweigte Prielsystem C auf, vergrößern und erhöhen einzelne Platen D oder werden bei Starkwinden in einer Westdrift über die Watten hinweg in die Jade getrieben (Anl. 4).

Auch nördlich der Buhne H veränderten sich die morphologischen Verhältnisse bereits erheblich. Die Einengung der Tideströme auf eine Rinne mit der freigestellten Stauwirkung der Buhne muß auch – jedoch kaum nachweisbar – zum Abfluß von erheblichen Ebbewassermengen über die westlich gelegenen Watten und Gaten geführt haben, da sich die von der Transportkraft des Ebbestromes abhängige Ausdehnung des Riffbogens im Delta des Harlegatts verkleinerte. Die seeseitige Tiefenlinie 3 m unter SKN verlagerte sich innerhalb von 48 Jahren nach dem Buhnenbau um nahezu 1.000 m nach Süden.

Das Buhnenbauwerk stellt trotz der nicht hochwasserfreien Kronenlage eine Verlängerung der Insel nach Westen dar. Damit wurde der Füllungsschwerpunkt des Wattgebietes hinter Wangerooge relativ zum westlichen Inselende weiter nach Osten verschoben. In der Folge neigte sich die Ein- bzw. Ausflußrichtung des Harlestromes bisher um rd. 35 Grad nach Westen und erodierte dabei wellenbrechende Flachwassergebiete (Anl. 3). Mit der Öffnung des Gatts zur Hauptseegangsrichtung und Stoßrichtung des Flutstromes sowie der Schrumpfung des schützenden Riffbogens setzte dann der besondere Angriff auf den Westkopf der Insel ein. Die starke Neigung der Harle nach Westen verursachte seinerzeit obendrein eine Streckung des Riffbogens. Eine Verteilung der von Westen heranwandernden Sedimentmengen auf längere Strecke mit tieferem Riffniveau war die Folge.

Eine weitere Veränderung der Strömungsabläufe im Untersuchungsgebiet ist das Auftreten der Stromrinne „Strandbalje" S nördlich der Buhne H vor dem Nordweststrand (Anl. 5). In ihr wurden in Dauermessungen über zwei Wochen bei unterschiedlichen Windrichtungen ausschließlich Flutstromrichtungen F gemessen. Diese einsinnig gerichtete Strömung verursacht die Buhne H mit ihrer aufstauenden Wirkung: Im Verlauf der Flut entsteht mit der Vergrößerung des Strömungsquerschnitts oberhalb der Buhne eine Absenkung des Wasserspiegels mit der entsprechenden Strömungsrichtung zur Buhne hin, Eine Ebbe-Rückströmung wurde nicht festgestellt.

Im südlichen Umfeld der Buhne sind ebenfalls deutliche Veränderungen zu erkennen. Der Südwest-Strand SW der Insel liegt nach der Erosion seiner Vorstrandbereiche zwischen Harle und Dove Harle im Angriff der vorherrschenden Winde aus West bis Südwest (Anl. 5).

Tieferes Wasser und größere Streichlänge führen hier zu höheren Wellen mit mehr Brandungsenergie. Der Flutstrom verdriftet die so erodierten Sande südwärts, wo sie vor der Hafeneinfahrt W Flut- und Ebbestrom-Barren bilden. Die kürzlich zur Verhinderung dieser Auswirkung erhöhte und verlängerte Buhne W zeigt hiergegen keine Wirkung (Anl. 5).

Die Schwenkung der Harle-Rinne beeinflußt ebenfalls noch das Festland. Im Schwenkungssektor wurden die jeweiligen Wattgebiete erodiert. Die Folge war und ist die Entstehung von Abbruchkanten am Vorland SM des Landesschutzdeiches in der jeweiligen Stoßrichtung des Flutstromes mit den Brandungswellen aus Nordwest.

Die in Lee der Schwenkungsrichtung liegenden Gebiete sandeten auf, so daß sich die morphologische Wasserscheide hinter der Insel Spiekeroog weiter nach Osten in den Bereich der Zufahrt des Hafens Harlesiel verlagerte. Hier mußte bereits eine rd. 1.000 m lange Verlängerung der bestehenden künstlichen Zufahrt geschaffen werden.

Die Problematik von Strandvorspülungen zum Schutz von Inselbefestigungen

Zwar bietet die aus der Sturmflutanalyse gewonnene Kenntnis über die regelmäßige Wiederkehr von Sandmangelsituationen im Westen der Insel ein Mittel zur Abschätzung der Eintrittszeit eines derartigen Ereignisses. Es ist jedoch auch weiterhin nicht zu vermeiden, daß nur selten die optimale Wirkung einer Vorspülung erreicht wird. Sei es, daß die Maßnahme zu frühzeitig erfolgt, dann ist die Sandmenge im Bedarfsfall schon aufgebraucht, ehe sie wirksam werden kann. Im gegensätzlichen Fall wäre sie ebenfalls überflüssig gewesen.

Es muß also zum richtigen Zeitpunkt, d.h. kurzfristig vor Eintritt möglicher Zerstörungen an den Schutzwerken, die richtige Sandmenge am richtigen Ort eingebracht sein.

Hierzu muß ein ausreichend großer Vorrat an spülfähigem Material mit entsprechender Schutzwirkung in technisch zu handhabender wirtschaftlicher Entfernung bereitliegen.

Außerdem dürfen der Maßnahme keine verzögernden administrativen Vorschriften (Entwurf, Ausschreibung, Entscheidungsfindung) im Wege stehen. Da die Durchführung der Spülung mit den heutigen Geräten in höchstem Maße witterungsabhängig ist, muß hier mit nicht vorhersehbaren Störungen der Maßnahme gerechnet werden.

Die oben aufgeführten Einschränkungen in der Durchführung und Wirksamkeit einer derartigen Baumaßnahme erfordern eine erhebliche Überdimensionierung der Spülmengen, wenn sie ausreichend im richtigen Moment schützen sollen.

Es bleibt die Frage offen, ob wegen der unterschiedlich starken Ausprägung einer Sandmangelphase Zerstörungen überhaupt hätten erwartet werden müssen.

Ein optimal dimensioniertes passives Schutzsystem sollte daher in der Lage sein, die tatsächlichen Mindermengen an sich zu binden oder die zeitlich begrenzte Mangelsituation bautechnisch ertragen zu können.

Für die Insel Wangerooge sind folgende Kriterien für die Beurteilung von Strandvorspülungen und die Möglichkeiten der Bereitstellung von Sandmengen zu betrachten:

Sandentnahme seeseitig der Insel

In Anl. 7 zeigen Pfeile die oberhalb der Linie SKN - 4 m gelegenen Zonen der strandparallelen und strandnahen Wanderung der Sedimente für den natürlichen Aufbau der Insel und ihre Unterhaltung. In diesen Bereich dringen in ruhigen Wetterlagen durch Tide und Dünungswellen bewegte Sande aus dem inselfernen Wanderweg unterhalb der Linie SKN -5 m am Fuß des Inselsockels ein. Die Entnahme von Sand aus diesen tieferen Bereichen wäre zu vertreten, wenn nicht die Schwierigkeiten aus Witterung und der verhältnismäßig großen Entfernung dagegen sprächen. Eine Baggerung im Raum oberhalb SKN - 4 m scheidet von vornherein aus.

Die dortige Entnahme bedeutet bereits die Beseitigung von Sanden mit Schutzfunktion in einer Mangelsituation mit ihren einhergehenden vermehrten Seegangswirkungen. Dies würde für die Insel eine „kannibalische" Vorgehensweise bedeuten.

Deutlich zeigt Anl. 3 diese Verlagerung einer Entnahmestelle von A nach B. Diese Wanderung von Mangelgebieten erfolgt ebenso wie die der Überschußbereiche mit im Mittel 300 m je Jahr, wie bereits KRÜGER vor über 50 Jahren entdeckte. Die Gewinnungsstelle liegt im Vorstrand der Insel und wandert dabei in absehbarer Zeit als Defizitbereich in die Nähe des trockenen Strandes und der dort angelegten Inselschutzwerke.

Sandentnahme auf der Wattseite der Insel

Südlich der Insel finden sich oberflächennah lediglich Schluffe und Schlicke. Geeignetes Material des Inselbausandes mit Korngrößen zwischen 0,15 und 0,25 mm Durchmesser stehen nur in tieferen Lagen in nicht ausreichenden Mengen an.

Die wiederholte Entnahme von Material für Verspülungen und Deichbauten können durch die geringe natürliche Ablagerung von Ersatzmaterial, wie festgestellt ist, nicht ausgeglichen werden.

Ein Rückzug der Insel auf höhere Wattbereiche im Süden in Zeiten zukünftigen möglicherweise weiter angestiegenen mittleren Wasserstandes wird durch diese Verhinderung einer ausreichenden Watterhöhung stark eingeschränkt.

Sandentnahme auf dem Ostende der westlichen Nachbarinsel Spiekeroog

Hier liegt Inselbaumaterial im Überfluß. Die Überführung ausreichender Mengen in die Mangelbereiche von Wangerooge mittels Dükerleitung ist technisch mit entsprechend hohem finanziellen Aufwand gegen Seegang und Strömung möglich. Auch läßt sich an die Rückführung der Sedimente in die West-Ost-Wanderung durch Einspülen in die Ebbeströmung denken. Auf diese Weise kann jedoch nicht planmäßig in Mangelsituationen eingegriffen werden. Die Maßnahme wäre auf lange Dauer anzulegen, um das allgemeine Sedimentvolumen auf dem natürlichen Wanderweg zu erhöhen.

Zunächst müßte der Buhne H durch Ab- bzw. Umbau die Wirkung als Sandfang genommen werden, so daß die Hinterwanderung der Insel durch die Sedimente mit ihrer zunehmenden Verschlechterung der Hafenverhältnisse am Festland und auf der Insel unterbleibt.

Die Mobilisierung von Sanden aus dem Spiekerooger Osten oder aus dem Südbereich Wangerooges würde jedoch die Sedimentfracht der West-Ost-Wanderung sehr anreichern und Auswirkungen auf die Baggermengen in der Fahrrinne der Jade mit sich bringen.

Sandentnahme auf dem Ostende der Insel Wangerooge

Die Reaktivierung sedimentierten Materials aus diesem Sanddepot A in Anl. 7 durch Rückführung in die Mangelzonen im Westen der Insel und damit in den natürlichen West-Ost-Wanderweg wäre – sofern kostengünstig – eine umfeld- und umwelterträgliche ideale Lösung. Der Transport mittels Pumpstationen und Rohrleitungen in die westlichen Mangelgebiete könnte über die Südseite der Insel erfolgen.

Abzweigungen in Bereiche mit erwünschter Aufhöhung – wie Badestrand vor dem Ort Wangerooge oder im Süden der Insel als Schutz vor Sturmfluten und zur Erweiterung der gesamten hochwasserfreien Flächen – wären einzurichten. Wandersande könnten aus der West-Ost-Drift abgezogen werden und die Baggerungen in der Jade-Fahrrinne vermindern.

Verbesserungsmöglichkeiten des Inselschutzes und die kurz- und langfristig zu erwartenden Auswirkungen

Der heutigen zeitweiligen Bedrohung der Strandsicherheit der Schutzbauwerke der Insel Wangerooge aufgrund des periodisch auftretenden Defizits an Sanden in Bereichen besonders hohen Energieumsatzes ist mit technischen Maßnahmen aus folgenden theoretischen Lösungsansätzen und deren Kombinationen zu begegnen.

1) Der an der Insel entlang wandernde Sedimentstrom ist zu verzögern, um möglichst große Anteile seiner Fracht vorübergehend dort zur Zwischenlagerung zu veranlassen, wo seine Sandmassen schützen sollen. Veränderungen im Mengenangebot dieses Inselbaustoffes wurden bisher nicht beobachtet. Die meteorologisch bedingte Geschwindigkeit des Sandumsatzes ist durch Optimierung des Buhnensystems zu verringern.

2) Die Standfestigkeit der Schutzwerke ist zu erhöhen. Hierzu zählen insbesondere tiefreichende Flankensicherung der Buhnen und Verstärkung ihrer Köpfe als Schutz bei herannahenden Rinnen und Strandbaljen in Sandmangelsituationen.

3) Deckwerke und Buhnen sind durch künstliche Sandzufuhr als aktiver Schutz vor Zerstörung zu bewahren, wenn ausreichende Vorsorge durch Maßnahmen nach 1) und 2), also Verbesserung des Gesamtsystems aller Einzel-Buhnen mit ihren Längen, Höhen, gegenseitigen Abständen, Neigungen und ihrer Standfestigkeit sowie die notwendige Stabilität der Deckwerke aus technischen oder finanziellen Gründen noch nicht erreicht werden konnte.

Unter Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte kommen bei der Erhaltung und Unterhaltung der Insel Wangerooge im wesentlichen folgende drei Vorgehensweisen in Betracht:

1. Die heutige Situation wird unverändert beibehalten, d.h. es werden nur Unterhaltungsarbeiten durchgeführt.

   Die Folgen werden in der Verschärfung der bereits geschilderten negativen Entwicklungen liegen. Hierbei wirkt sich besonders die weitere West-Schwenkung der Harle aus. Der Verlagerungsdruck der Harle nach Osten wird weiterhin im positiven Sinne durch den Kopf der Buhne H aufgenommen.

2. Erhöhung der Buhne H auf mittleres Tidehochwasser entsprechend der ursprünglichen Planung.

   Die Entwicklungen wie unter 1. werden sich noch stärker ausprägen. Zusätzlich wird der Aufstau durch die Buhne H erhöht, die Strömung in der Strandbalje verstärkt und erstmals entlang der Buhne zum Buhnenkopf hin auftreten. Das Seegatt Blaue Balje (östlich der Insel Wangerooge) wird mit größeren Durchflußmengen belastet. Der Verlagerungsdruck dieses Seegatts auf den relativ schwachen Hauptdammkopf von Minsener Oog wächst. Der Übertritt von Flutwasser aus den Seegatten Harle und Blaue Balje in die Jade mit entsprechender Sedimentführung wird sich verstärken.

   Südlich der Buhne H könnte im Schutz dieses Bauwerks eine als positiv anzusehende Sandablagerung mit einer Schutzfunktion für den Südweststrand erfolgen.

3. Ein Durchbruch der Buhne H in Verbindung mit der Längenanpassung und Verstärkung einzelner Buhnen.

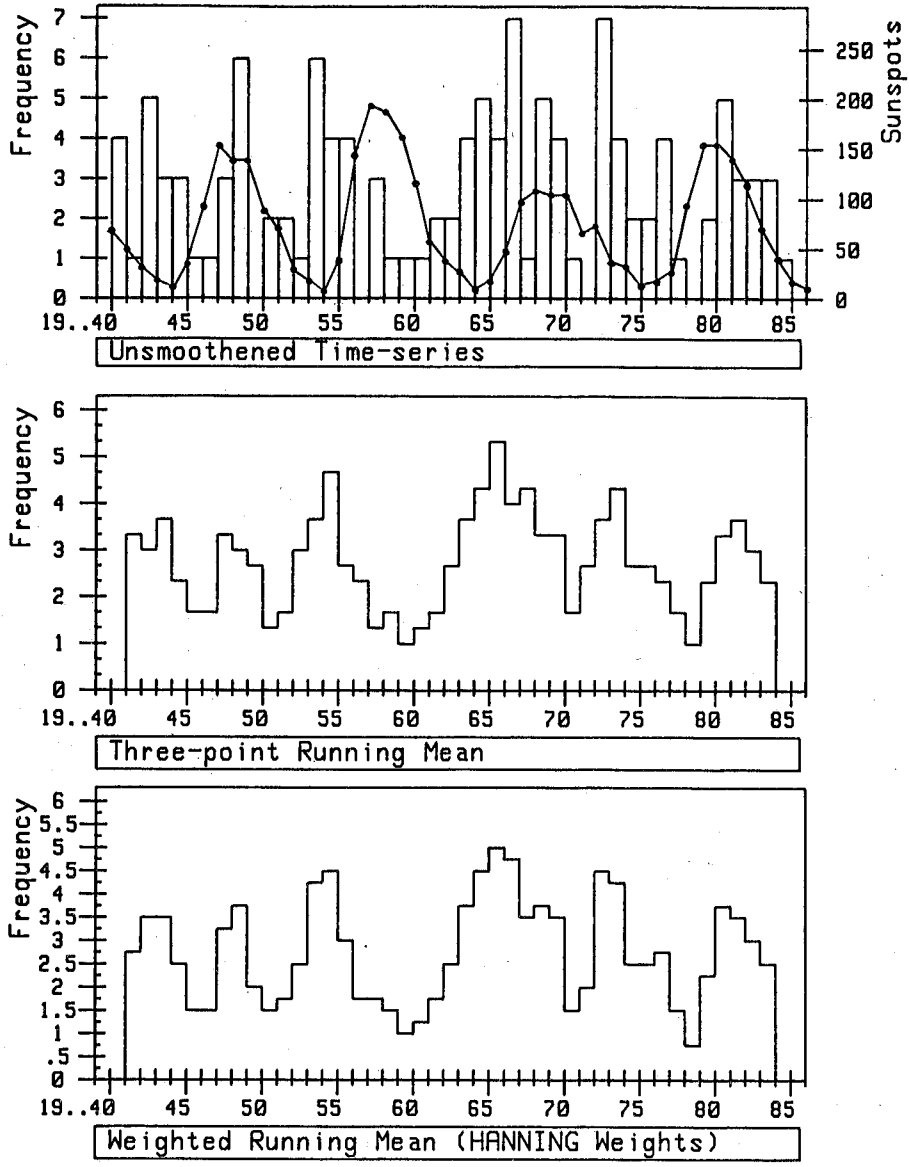
   Der Durchbruch sollte etwa 400 m breit sein und zwischen Station 400 bis Station 800 angelegt werden. Der Kopf bei Station 400 ist so widerstandsfähig auszubilden wie der heutige Kopf der Buhne H. Die verbleibende Buhne H von der Wurzel bis Station 400 ist nach den Regeln des Seebuhnenbaus herzurichten. Die Dove Harle kann ihrer ehemaligen Funktion zur Wattenfüllung hinter Wangerooge wieder gerecht werden. Sie wird zusammen mit der Strandbalje Transportrinne für Sedimente in nördliche Richtung. Das Seegatt Harle schwenkt zurück in nördliche Richtung, die Stauwirkung der Buhne H wird aufgehoben, da die Dove Harle wieder Tiderinne wird. Das Buhnensystem am Westkopf kann gemeinsam den Verlagerungsdruck nach Osten aufnehmen. Im übrigen entfallen alle Nachteile, wie unter 1. aufgelistet.

Da das heutige Inselschutzsystem mit seinen geschilderten Mängeln keine brauchbare Dauerlösung sein kann, ein weiterer Ausbau der Buhne H aus Gründen zu hoher Kosten ausgeschlossen werden muß, ist die dritte Vorgehensweise zu verfolgen.

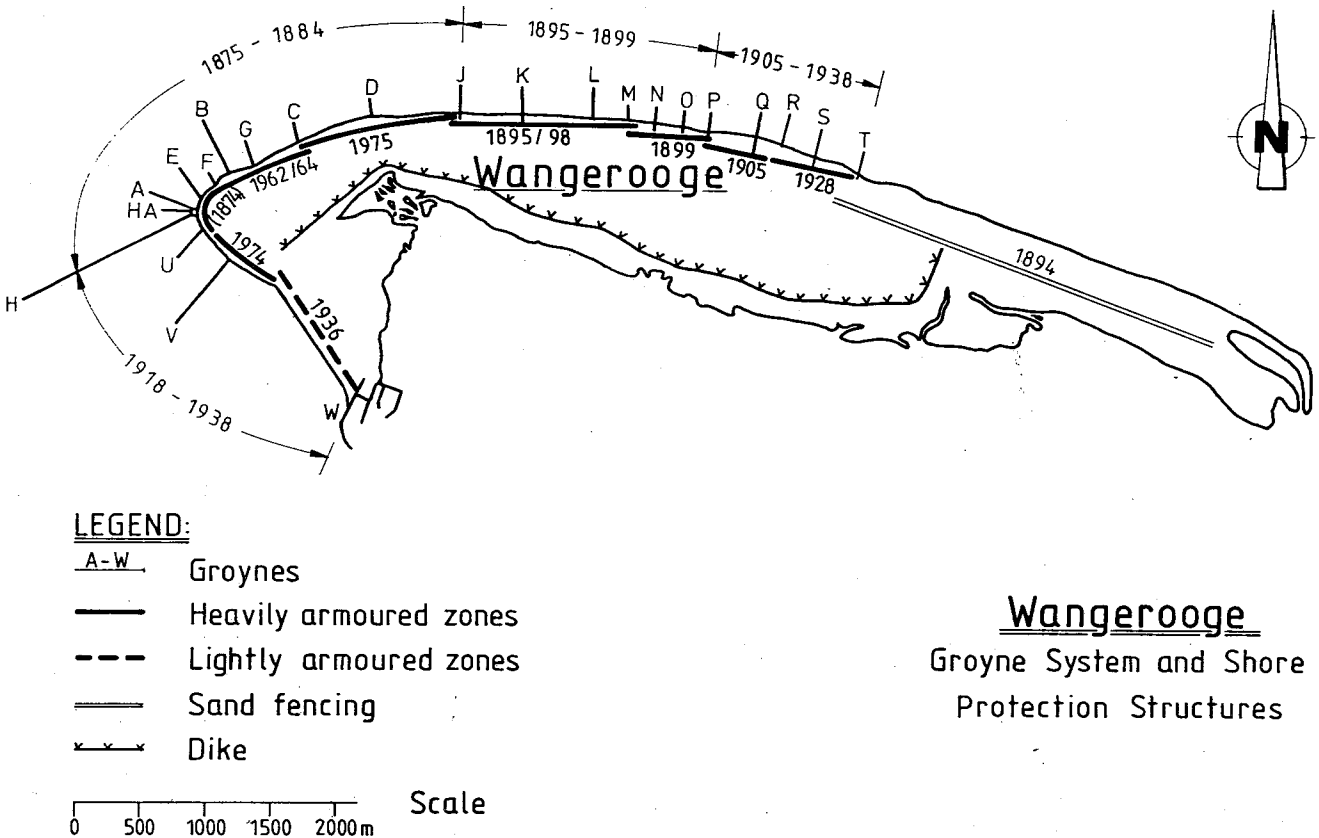
Nachwort

Für die Beurteilung der Inselsituation und die Erarbeitung von Vorschlägen für einen zukünftigen Inselschutz wurden zahlreiche Schwimmkörperbahnen aufgezeichnet, Dauerstrommessungen durchgeführt, Sandwanderungsuntersuchungen mit radioaktiven und fluoreszierenden Tracern vorgenommen sowie Bodenproben analysiert. Ebenso wurden die Ergebnisse intensiver Land- und Seevermessungen im vorliegenden Bericht verarbeitet.

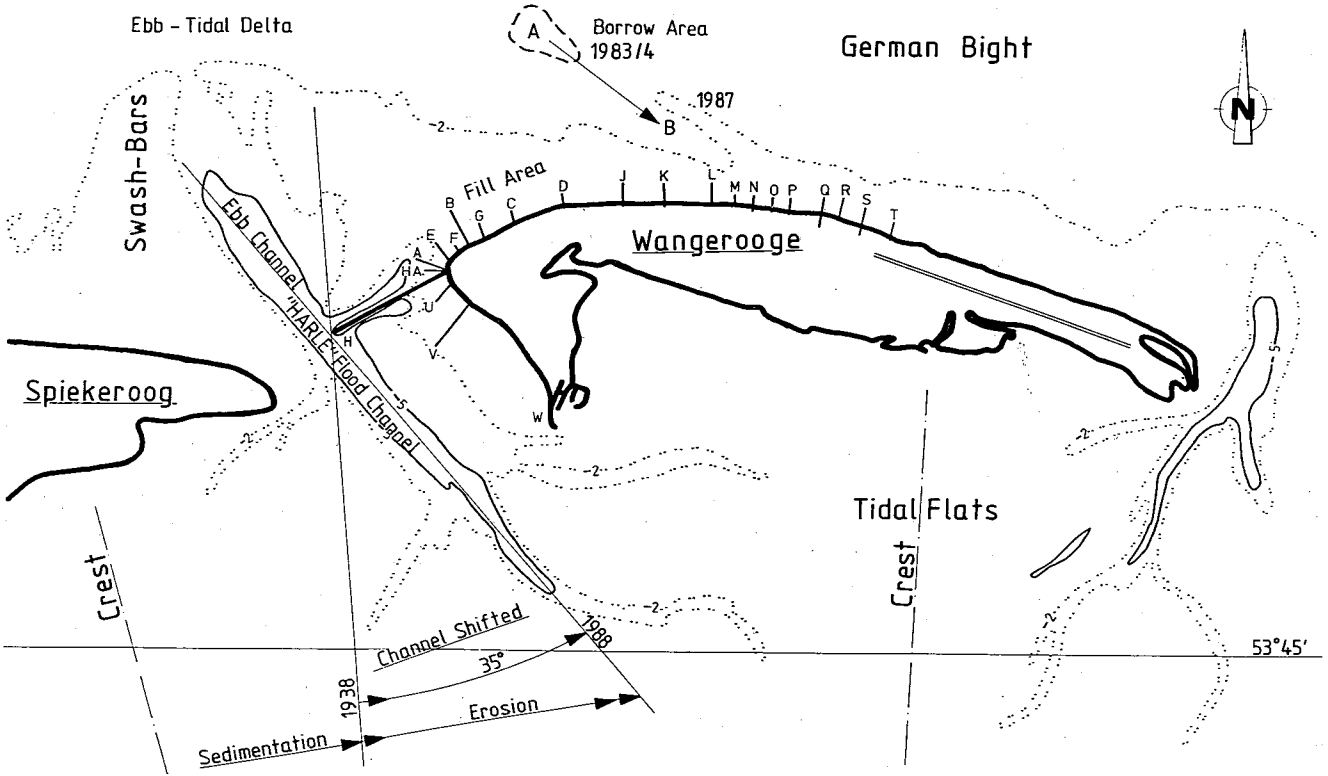
Zu dem Problem des Inselschutzes wurden seit langem viele Berichte verfaßt und ebenso viele kontroverse Meinungen geäußert. Jetzt beginnt jedoch die Zeit, die baldiges Handeln erfordert.



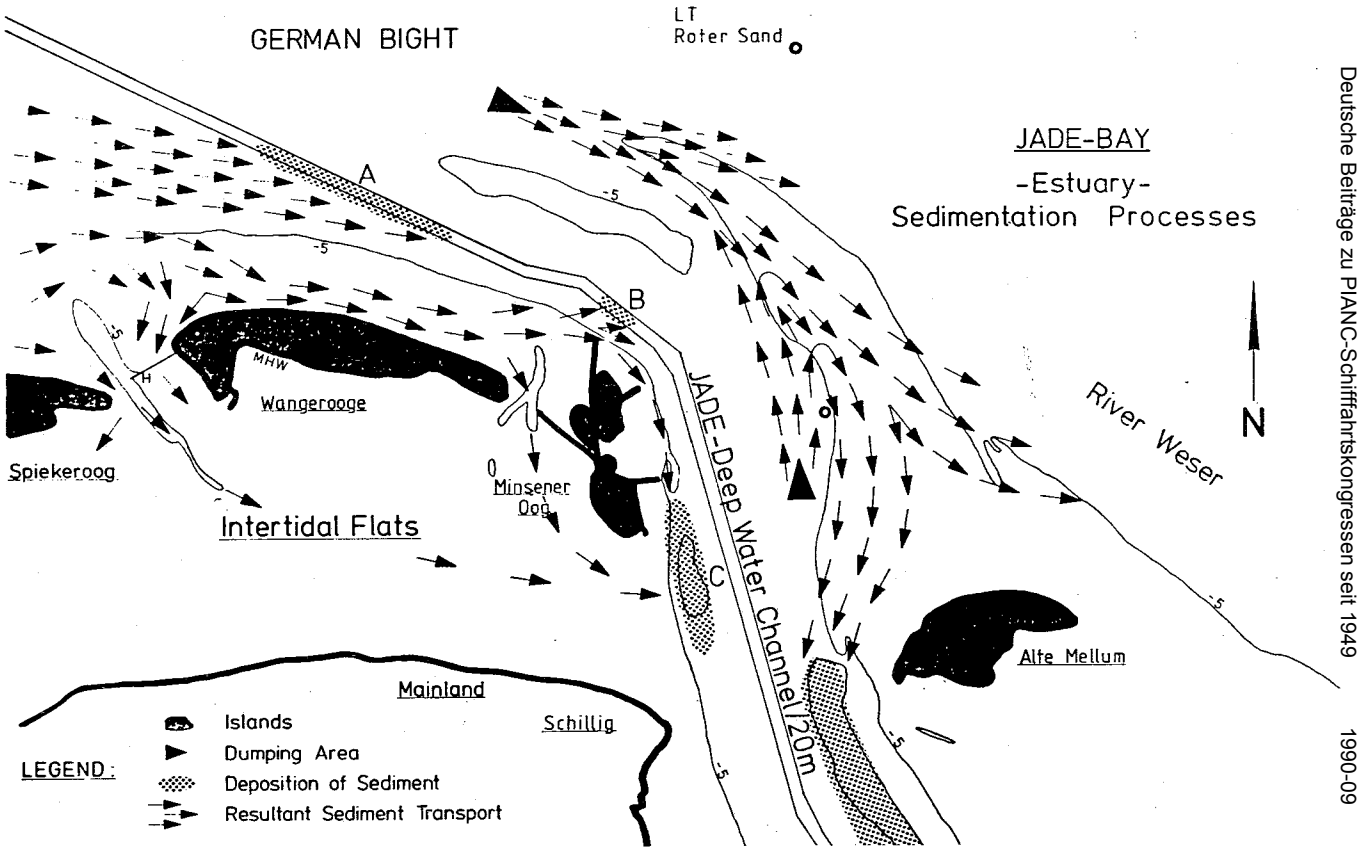
Anl. 1 : Die Ganglinie der Häufigkeit von Sturmtiden mit Windstau ≧ 130 cm am Pegel Wilhelmshaven – Alter Vorhafen. Der oberen Grafik wurde die Ganglinie der mittleren Sonnenfleckenzahl überlagert.



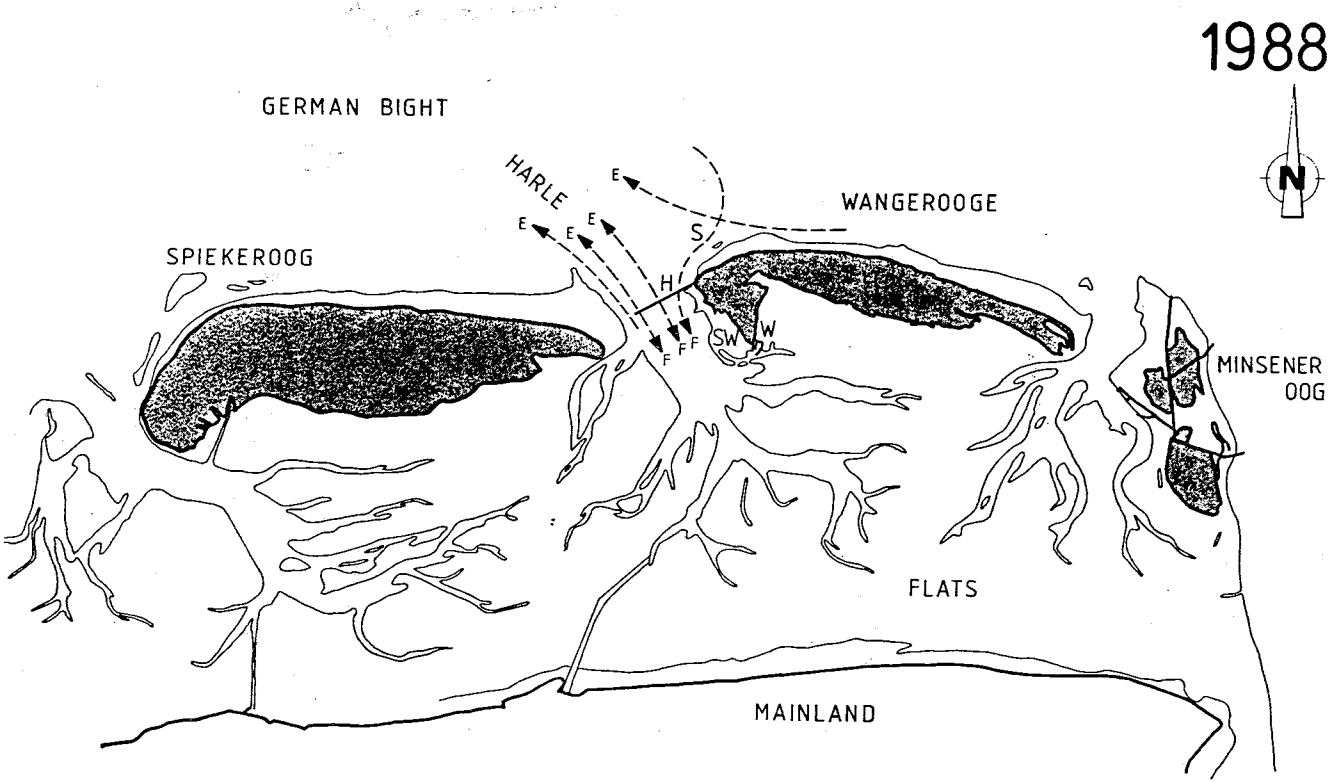
Anl. 2 : Das Buhnen- und Deckwerkssystem der Insel Wangerooge



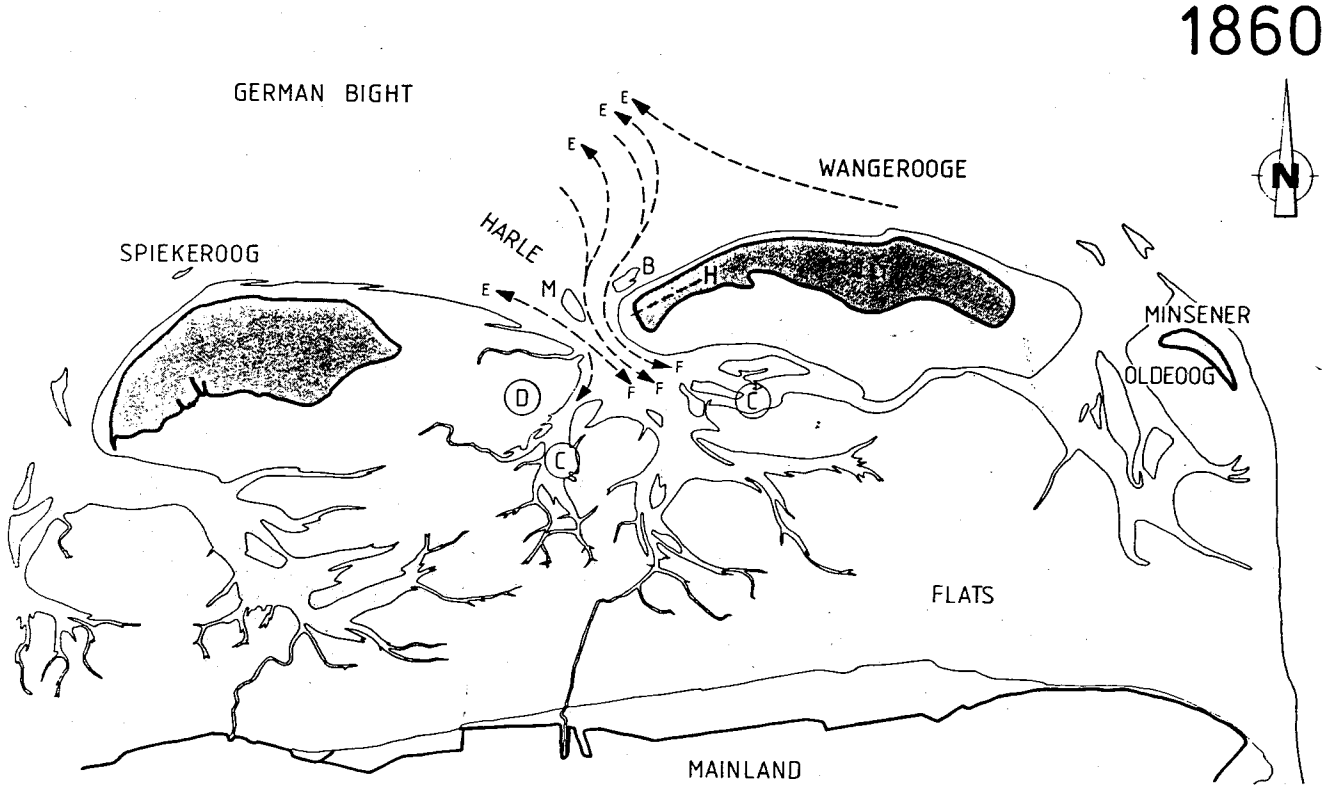
Anl. 3 : Schwenkung der Harle nach dem Bau der Buhne H, Entwicklung der Sandentnahmestelle A auf der Seeseite Wangerooges



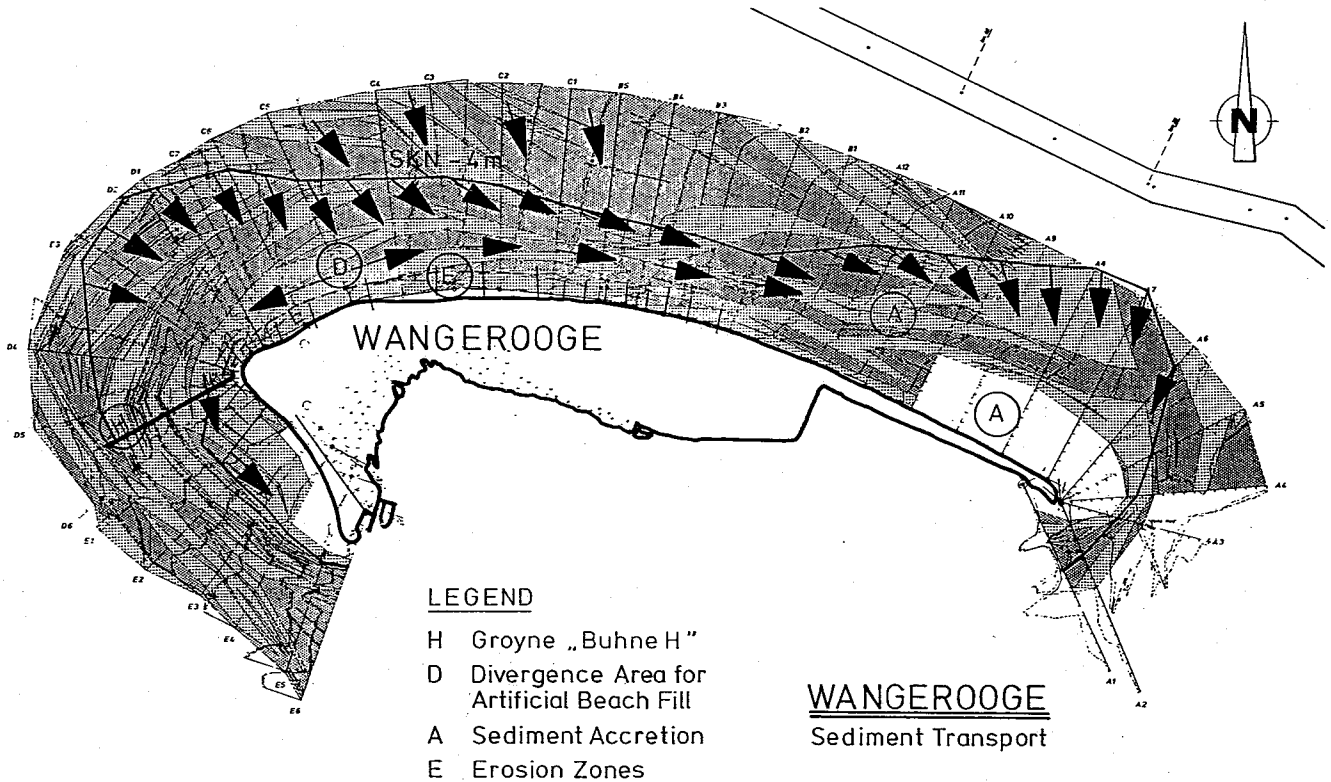
Anl. 4 : Resultierende Sedimentbewegungen um Wangerooge in der West-Ost-Wanderung



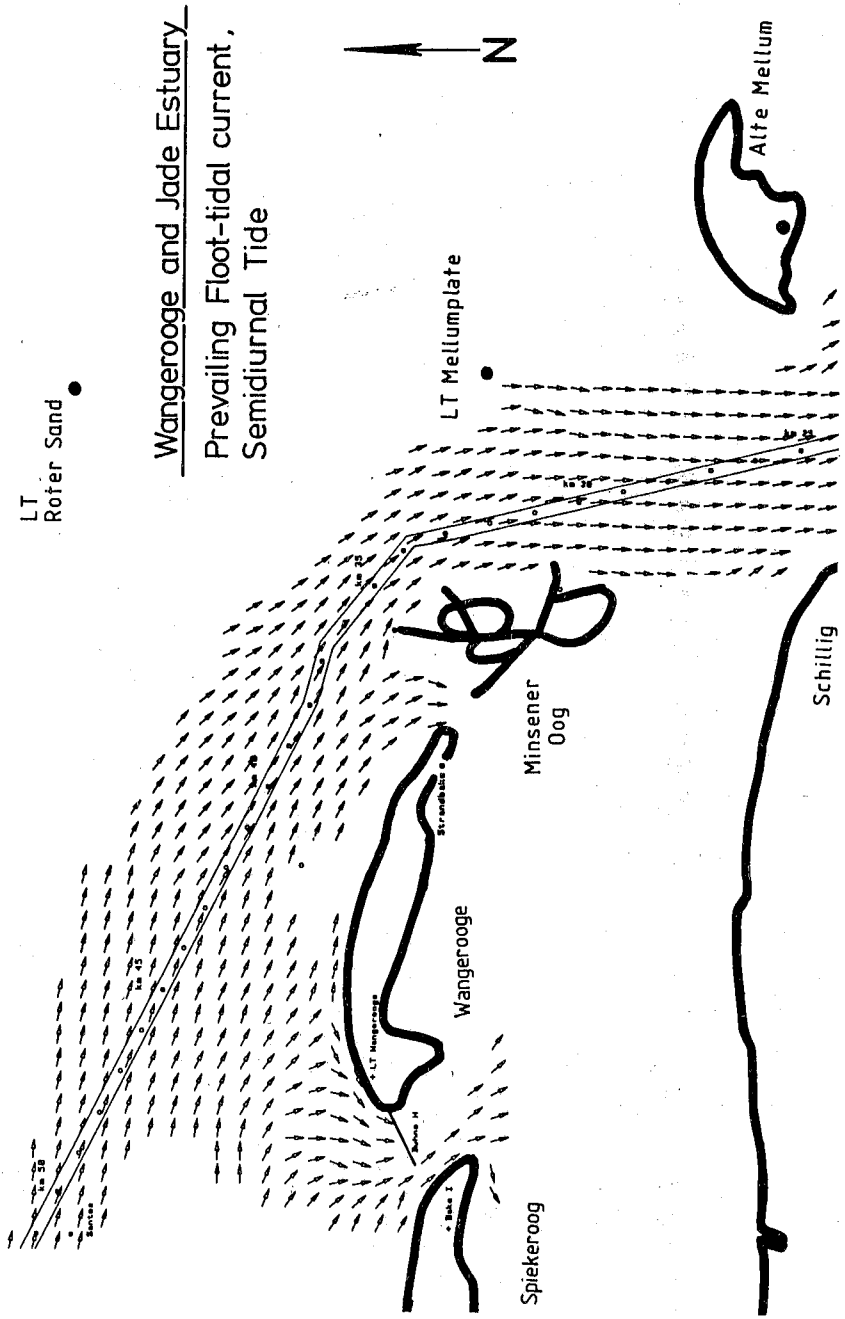
Anl. 5 : Der heutige Verlauf der Tideströme im Harle Gat



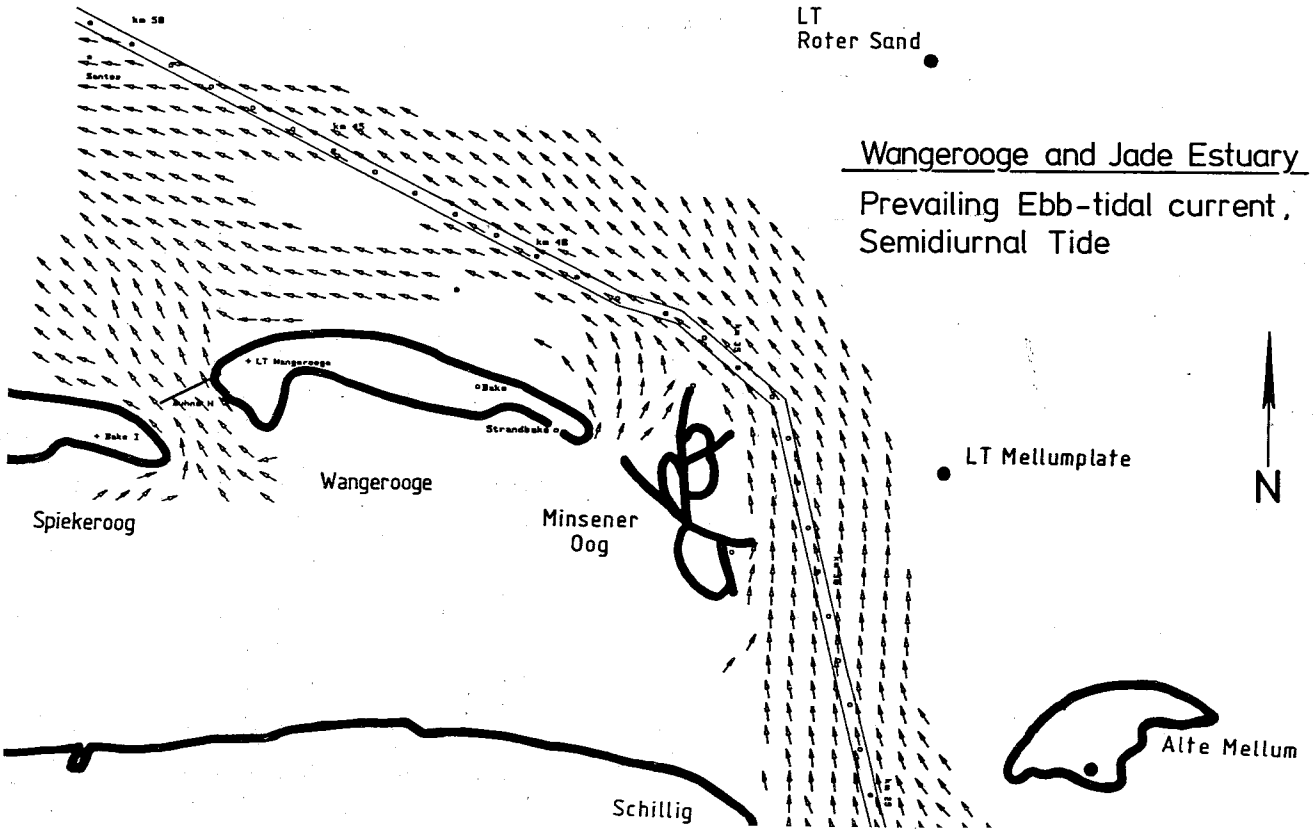
Anl. 6 : Der Verlauf der Tideströme im Harle Gat um 1860



Anl. 7 : Strandnaher Wanderweg der Sedimente und Höhenveränderungen des Vorstrandes 1985 zu 1984 (+ –)



Anl. 8 : Richtungen der Tideströme bei Wangerooge: Flut



Anl. 9 : Richtungen der Tideströme bei Wangerooge : Ebbe