

---

Technische Universität Dresden  
Institut für Geographie

Die Morphologie der  
Glowe-Bucht  
im Hinblick auf lokale Erosionsphänomene

Diplomarbeit  
vorgelegt von: Matthias Mossbauer

Betreuer:  
Dipl. Ing. K. Sommermeier  
Staatliches Amt für Umwelt und Natur Rostock

Prof. Dr. D. Faust  
Technische Universität Dresden

mit Unterstützung von:  
Dr. P. Fröhle,  
Dr. F. Weichbrodt  
Institut für Wasserbau / Universität Rostock

# 1 Vorwort

Jede Veränderung der Küstenzone bedeutet eine Veränderung des Lebensraumes der ansässigen Bevölkerung. Damit potentielle Gefahren erkannt werden können ist es notwendig, die Vorgänge und Gegebenheiten des Küstentraumes zu untersuchen um für die Zukunft gerüstet zu sein. In der Bucht vor der Ortschaft Glowe auf der Insel Rügen sind seit etwa 50 Jahren verstärkt Veränderungen des Uferverlaufs und der Strandsituation zu beobachten. Die Umgestaltungen des Strand- und Vorstrandbereiches bringen zahlreiche Probleme für den Küstenschutz und den Tourismus mit sich. Um deren Ursachen zu ergründen und die sich daraus ergebenden Probleme zu bewältigen ist eine ganzheitliche Erfassung aller Faktoren, welche den Verlauf des Ufers beeinflussen, notwendig.

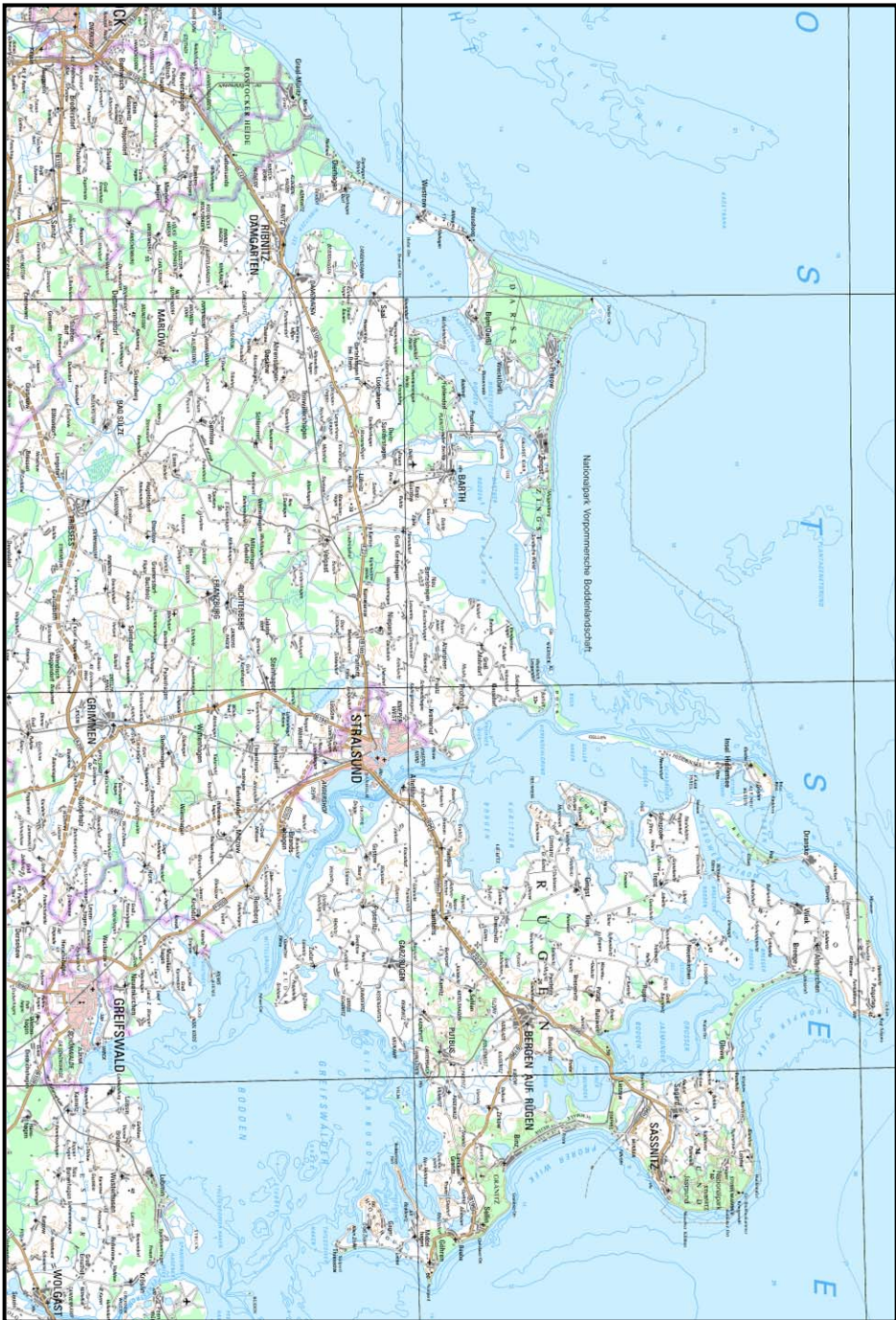


Abbildung 1: Die Küstenlandschaft Mecklenburg-Vorpommerns von Rostock bis Rügen. Im nordöstlichen Teil des Kartenausschnittes befindet sich die Tromper Wiek mit dem Untersuchungsgebiet Glowe-Bucht. Quelle: Auszug aus TK 50

## 2 Inhalt

<b>1</b>	<b>VORWORT</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INHALT</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>PROBLEMSTELLUNG UND ZIEL DER ARBEIT</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>DIE GLOWE-BUCHT UND DAS LANDSCHAFTSGEBIET TROMPER WIEK</b>	<b>12</b>
4.1	DIE GLOWE-BUCHT .....	12
4.2	DIE GRENZEN DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES .....	13
4.3	ENTSTEHUNGSGESCHICHTE .....	14
4.4	NATURRÄUMLICHE AUSSTATTUNG .....	16
<b>5</b>	<b>DIE HEUTIGE KÜSTENGESTALT</b> .....	<b>18</b>
5.1	DIE FLACHKÜSTE .....	18
5.1.1	Die Flachküsten der südlichen Ostsee .....	18
5.1.2	Die Flachküste vor Glowe .....	19
5.1.2.1	<i>Trockener Sand</i> .....	20
5.1.2.2	<i>Nasser Sand</i> .....	23
5.1.2.3	<i>Küstendünen</i> .....	23
5.2	DIE STEILKÜSTE .....	25
5.2.1	Die Steilküsten der südlichen Ostsee .....	25
5.2.2	Die Steilküste im und östlich des Untersuchungsgebietes .....	26
5.3	DER VORSTRAND .....	29
5.3.1	Die Vorstrände der südlichen Ostsee .....	29
5.3.2	Der Vorstrand der Glowe-Bucht .....	29
5.3.3	Tiefenverhältnisse .....	32
5.3.4	Sandriffe .....	33
5.4	ZUSAMMENFASSUNG DER KÜSTENGESTALT IM UNTERSUCHUNGSGEBIET .....	35
<b>6</b>	<b>METEOROLOGISCHE / HYDRODYNAMISCHE RANDBEDINGUNGEN</b> ....	<b>37</b>
6.1	DAS KLIMA IM UNTERSUCHUNGSGEBIET .....	37
6.2	WINDVERHÄLTNISSE .....	38
6.3	SEEGANG .....	41
6.3.1	Vorbetrachtung .....	41
6.3.2	Seegang in der Glowe-Bucht .....	42
6.3.2.1	<i>Simulation des Wellenausbreitung mittels SWAN</i> .....	43
6.3.2.2	<i>Untersuchungsergebnisse</i> .....	44
6.4	STRÖMUNGSVERHÄLTNISSE .....	48
6.4.1	Modelle .....	49
6.4.2	Auswertung von Literatur .....	50
6.4.3	Praktische Untersuchungen .....	54
6.4.3.1	<i>Vorbetrachtungen</i> .....	54
6.4.3.2	<i>Untersuchungsmethode</i> .....	54
6.4.3.3	<i>Messmethode</i> .....	55
6.4.3.4	<i>Die Messboje</i> .....	55



6.4.3.5	<i>Messergebnisse</i> .....	58
6.4.3.6	<i>Strömungssituation bei westlichen Winden</i> .....	60
6.4.3.7	<i>Strömungen bei nördlichen Winden</i> .....	62
6.4.3.8	<i>Strömungen bei östlichen Winden</i> .....	64
6.4.4	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	67
<b>7</b>	<b>DIE KÜSTENENTWICKLUNG IM UNTERSUCHUNGSGBIET</b> .....	<b>69</b>
7.1	SEDIMENTTRANSPORT AN SANDIGEN KÜSTEN.....	70
7.1.1	Längstransport .....	72
7.1.2	Quertransport.....	73
7.2	DARSTELLUNG DER KÜSTENENTWICKLUNG ANHAND VON BILDERN .....	73
7.2.1	Küstenentwicklung auf Höhe des KKM 43.600.....	75
7.2.2	Veränderungen am Königshörn seit 1938.....	77
7.2.3	Veränderungen des Weststrandes der Glowe-Bucht .....	79
7.2.4	Luftbildvergleich .....	82
7.2.5	Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse .....	83
7.3	EINFLUSS ANTHROPOGENER BAUWERKE AUF DIE KÜSTENENTWICKLUNG .....	85
7.3.1	Die Folgen der Errichtung einer ersten Steinmole am Königshörn .....	86
7.3.2	Die Marina Glowe .....	88
7.4	HEUTIGE ENTWICKLUNGSTENDENZEN .....	90
7.4.1	Die Glowe-Bucht im Kontext der Küstenentwicklung von Nord-Rügen .....	90
7.4.2	Die Sedimentdynamik im Untersuchungsgebiet.....	92
7.5	SANDTRANSPORT DURCH ÄOLISCHE PROZESSE .....	98
7.5.1	Einführung.....	98
7.5.2	Sandtransport in der Glowe-Bucht .....	99
<b>8</b>	<b>KÜSTENSCHUTZMAßNAHMEN IN DER GLOWE-BUCHT</b> .....	<b>100</b>
8.1	WASSERSEITIGE MAßNAHMEN .....	100
8.1.1	Buhnen .....	100
8.1.2	Strandaufspülungen / Strandaufschüttungen.....	100
8.2	LANDSEITIGE MAßNAHMEN .....	101
8.2.1	Deich .....	101
8.2.2	Geotextilbauwerke.....	102
8.2.3	Dünen .....	102
8.2.4	Küstenschutzwald.....	102
8.3	KRITISCHE BEWERTUNG DER KÜSTENSCHUTZMAßNAHMEN .....	102
<b>9</b>	<b>THEORETISCHER ANSATZ ZUR ERKLÄRUNG DER STRANDVERHÄLTNISSE</b> .....	<b>104</b>
9.1	DAS ZETA-BUCHT KONZEPT .....	104
9.2	ANWENDUNG DER THEORIE AUF DEN SEESTRAND DER GLOWE-BUCHT.....	105
9.3	UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE .....	108
<b>10</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>110</b>
<b>11</b>	<b>DANKSAGUNG</b> .....	<b>114</b>
<b>12</b>	<b>LITERATUR</b> .....	<b>115</b>
<b>13</b>	<b>GLOSSAR</b> .....	<b>118</b>

<b>14</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>121</b>
14.1	BEAUFORT SCALA .....	121
14.2	KÜSTENKILOMETRIERUNG .....	122
14.3	KÜSTENNAHE STRÖMUNGEN .....	123
14.3.1	Westliche Winde .....	123
14.3.2	Nördliche Winde.....	124
14.3.3	Östliche Winde .....	125
14.4	SEDIMENTWANDERUNG.....	126
14.5	KÜSTENSCHUTZBAUWERKE .....	127
14.6	GEOLOGIE.....	127

## Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: DIE KÜSTENLANDSCHAFT MECKLENBURG-VORPOMMERNS VON ROSTOCK BIS RÜGEN. QUELLE: AUSZUG AUS TK 50.....	3
ABBILDUNG 2: DIE STRANDENTWICKLUNG IM UNTERSUCHUNGSGEBIET IM VERGLEICH QUELLE: AUTOR (NACH VERMESSUNGSDATEN DES STAUN ROSTOCK).....	10
ABBILDUNG 3: BUCHTENENTWICKLUNG BEI VERLÄNGERUNG EINES WELLENBRECHERS AM BEISPIEL DES HAFENS IN OXFORD / OREGON. QUELLE: DEAN, DALRYMPLE (2002) S. 13 .....	11
ABBILDUNG 4: DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET GLOWE-BUCHT VON WESTEN AUS GESEHEN. QUELLE: AUTOR .....	13
ABBILDUNG 5: DIE INSELKERNE WITTOW (LINKS OBEN) UND JASMUND (RECHTE SEITE) MIT DER SIE VERBINDENDEN NEHRUNG SCHAABE. QUELLE:AUSZUG AUS TK 50.....	15
ABBILDUNG 6: DER ÜBERGANG DER SCHAABE ZU JASMUND IM 3D MODELL (20 FACH ÜBERHÖHT). QUELLE: AUTOR (NACH VERMESSUNGEN DES STAUN ROSTOCK) .....	16
ABBILDUNG 7 DIE SCHAABE MIT DER IHR ANGESCHLOSSENEN GLOWE-BUCHT UND DEM INSELKERN WITTOW AUS DEM WELTRAUM BETRACHTET. QUELLE: ANHAND VON SATELLITENBILDERN DES STAUN ROSTOCK.....	17
ABBILDUNG 8: SCHNITT DURCH EINE FLACHKÜSTE QUELLE: DUPHORN (1995), S. 82 .....	19
ABBILDUNG 9: FLACHKÜSTE GLOWE (KKM 43.800). QUELLE: AUTOR.....	20
ABBILDUNG 10: STEINPFLASTER AN DER FLACHKÜSTE GLOWE IN DER NÄHE DES SPORTBOOTHAFENS (MÄRZ 2007). QUELLE: AUTOR .....	22
ABBILDUNG 11: DÜNENKLIFF GLOWE IM MÄRZ 2007 (KKM. 43.400). QUELLE: AUTOR .....	24
ABBILDUNG 12: STEILUFER DAS GESCHIEBEMERGELKLIFF DES KÜSTENABSCHNITTS CA. 150M WESTLICH DES KÖNIGSHÖRN. QUELLE: AUTOR .....	26
ABBILDUNG 13: PROFIL EINER STEILKÜSTE (SCHEMATISCH), QUELLE: DUPHORN (1995), S. 83.....	27
ABBILDUNG 14: KLIFF KÖNIGSHÖRN IM MÄRZ 2007. QUELLE: AUTOR .....	28
ABBILDUNG 15: DIE GLOWE-BUCHT IN DER 3D-SIMULATION (CA. 10FACH ÜBERHÖHT). 3D MODELLATION: AUTOR (NACH VERMESSUNGSDATEN DES STAUN ROSTOCK).....	30
ABBILDUNG 16: MATERIALENTNAHMESTELLEN FÜR SCHÜRFPROBEN. QUELLE: KOHLHASE (1996) (VERÄNDERT), S. 12 .....	31
ABBILDUNG 17: BATHYMETRIE DER GLOWE-BUCHT. QUELLE: AUTOR (NACH VERMESSUNGSDATEN DES STAUN ROSTOCK AUS 2007).....	32
ABBILDUNG 18 (LETZTE SEITE): PROFILSCHNITT DURCH DÜNE, STRAND UND SCHORRE IN DER GLOWE-BUCHT (KKM 43.400). QUELLE: STAUN ROSTOCK (VERÄNDERT).....	35

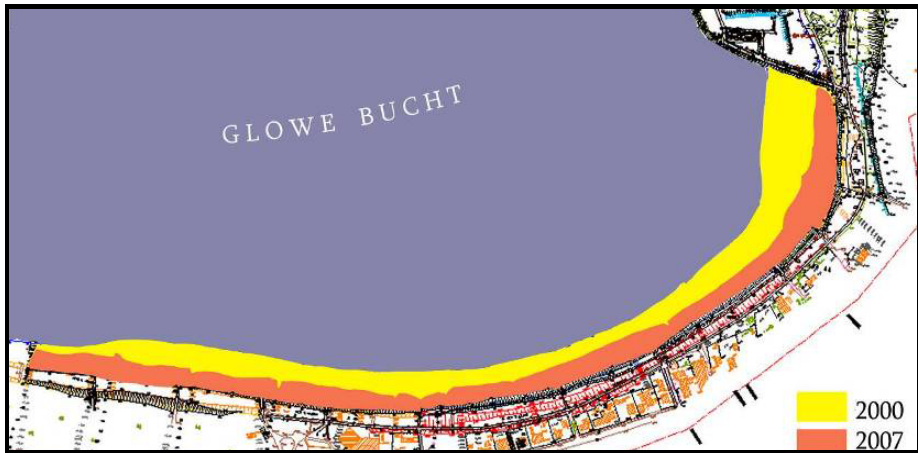
ABBILDUNG 19: KLIMADIAGRAMM FÜR DIE STATION ARKONA (1964-1990). QUELLE: WWW.KLIMADIAGRAMME.DE (STAND 12.12.2007) .....	37
ABBILDUNG 20: HÄUFIGKEITSVERTEILUNG FÜR WINDSTÄRKE DER STATION VARNKEVITZ/RÜGEN IM ZEITRAUM 1997-2004. QUELLE: AUTOR (NACH WINDDATEN DES STAUN ROSTOCK).....	38
ABBILDUNG 21: HÄUFIGKEITSVERTEILUNG FÜR WINDRICHTUNG DER STATION VARNKEVITZ/RÜGEN IM ZEITRAUM 1997-2004. QUELLE: AUTOR (NACH WINDDATEN DES STAUN ROSTOCK) .....	39
ABBILDUNG 22: DER SEEGANG IN DER GLOWE-BUCHT BEI WIND DER STÄRKE 6 AUS WNW. (SOMMER 2007). QUELLE: AUTOR .....	41
ABBILDUNG 23: ERGEBNISSE DER WELLENSIMULATION (SEEGANG AUS NORDEN) FÜR DIE GLOWE-BUCHT. QUELLE: AUTOR (MIT FREUNDLICHER UNTERSTÜTZUNG DES INSTITUTES FÜR WASSERBAU DER UNIVERSITÄT ROSTOCK) .....	45
ABBILDUNG 24: ERGEBNIS VON MODELLUNTERSUCHUNGEN ZUR STRÖMUNGSSCHARAKTERISTIK DER GLOWE-BUCHT. QUELLE: SCHINKE (1968), S. 44 .....	50
ABBILDUNG 25: DAS STRÖMUNGSMUSTER DER TROMPER WIEK BEI NORDWIND UND NORDOSTWIND. QUELLE: AUTOR (NACH PLEWE 1940).....	51
ABBILDUNG 26: STRÖMUNGSMUSTER BEI SCHWACHEN BIS MÄßIGEN STROMGESCHWINDIGKEITEN IN DER GLOWE-BUCHT. QUELLE: AUTOR (NACH GELLERT (1965) S. 27, LUFTBILD: MIT FREUNDLICHER UNTERSTÜTZUNG DER UNIVERSITÄT ROSTOCK) .....	52
ABBILDUNG 27: VERÄNDERUNG DES STRÖMUNGSMUSTERS BEI DER ERHÖHUNG DER STRÖMGESCHWINDIGKEIT. QUELLE: AUTOR (NACH GELLERT (1965) S. 27, LUFTBILD: MIT FREUNDLICHER UNTERSTÜTZUNG DER UNIVERSITÄT ROSTOCK).....	53
ABBILDUNG 28: KONSTRUKTIONSSKIZZE.....	56
ABBILDUNG 29: KONSTRUKTIONS-SKIZZE DER MESSBOJE „DANA“, QUELLE: AUTOR .....	58
ABBILDUNG 30: MESSBOJE UND BEGLEITBOOT IM HAFEN GLOWE. QUELLE: AUTOR .....	59
ABBILDUNG 31: MESSUNGEN IN DER GLOWE-BUCHT BEI WINDSTÄRKE 6-7. QUELLE: AUTOR (MIT FREUNDLICHER UNTERSTÜTZUNG DER UNIVERSITÄT ROSTOCK).....	61
ABBILDUNG 32: DAS DANA-MESSYSTEM IM EINSATZ. QUELLE: AUTOR.....	62
ABBILDUNG 33: STRÖMUNGEN BEI NÖRDLICHEN WINDEN (STÄRKE 5). QUELLE: AUTOR (MIT FREUNDLICHER UNTERSTÜTZUNG DER UNIVERSITÄT ROSTOCK).....	63
ABBILDUNG 34: STRÖMUNGEN BEI ÖSTLICHEN WINDEN (STÄRKE 7-8). QUELLE: AUTOR (MIT FREUNDLICHER UNTERSTÜTZUNG DER UNIVERSITÄT ROSTOCK).....	65
ABBILDUNG 35: PHYSIOGRAPHISCHE EINHEITEN MIT OFFENEM UND GESCHLOSSENEM SYSTEM. QUELLE: KOHLHASE (1992).....	70
ABBILDUNG 36: KÜSTENLÄNGSTRANSPORT, QUELLE: KURATORIUM FÜR FORSCHUNG IM KÜSTENINGENIEURWESEN (1993), S. 177 .....	72
ABBILDUNG 37: DAS OSTSEEBAD GLOWE AUF EINER POSTKARTE DER 30ER JAHRE. QUELLE: DOKUMENTATIONSSTELLE STAUN ROSTOCK .....	74
ABBILDUNG 38: DER STRAND VON GLOWE AUF HÖHE DES KKM 43.600 (SCHÄTZUNG) IM SOMMER 1936: QUELLE: DOKUMENTATIONSSTELLE DES STAUN ROSTOCK.....	75
ABBILDUNG 39: DER STRAND VON GLOWE AUF HÖHE DES KKM 43.600 (SCHÄTZUNG) IM JAHR 1960. QUELLE: BENCARD (1996), S. 245 .....	75
ABBILDUNG 40: DER STRAND VON GLOWE AUF HÖHE DES KKM 43.600 IM JAHR 1973. QUELLE: BENCARD (1996), S. 246.....	76
ABBILDUNG 41: DER STRAND VON GLOWE AUF HÖHE DES KKM 43.600 IM JAHR 2007. QUELLE: AUTOR. ....	76
ABBILDUNG 42: BLICK NACH WESTEN ZUM KÖNIGSHÖRN (1938). QUELLE: DOKUMENTATIONSSTELLE DES STAUN ROSTOCK .....	78
ABBILDUNG 43: BLICK NACH WESTEN ZUM KÖNIGSHÖRN (2007). QUELLE: AUTOR.....	78

ABBILDUNG 44: WESTSTRAND DER GLOWE-BUCHT 1938. QUELLE: DOKUMENTATIONSSTELLE DES STAUN ROSTOCK.....	80
ABBILDUNG 45: WESTSTRAND DER GLOWE-BUCHT 1958. QUELLE: DOKUMENTATIONSSTELLE DES STAUN ROSTOCK.....	80
ABBILDUNG 46: DER WESTSTRAND DER GLOWE-BUCHT 2007 QUELLE: DOKUMENTATIONSSTELLE DES STAUN ROSTOCK.....	81
ABBILDUNG 47: SCHRÄGLUFTAUFNAHME AUF EINER POSTKARTE DES SEEBADES GLOWE AUS DEN 30ER ODER 40ER JAHREN. QUELLE: DOKUMENTATIONSSTELLE DES STAUN ROSTOCK.....	82
ABBILDUNG 48: SCHRÄGLUFTAUFNAHME AUF EINER AKTUELLEN POSTKARTE (2007) DES SEEBADES GLOWE. QUELLE: ANSICHTSKARTENVERLAG FOTO-STAVGINSKI.....	83
ABBILDUNG 49: VERÄNDERUNG DES UFERVERLAUFS VON 1936 BIS HEUTE (SCHEMATISCH). QUELLE: AUTOR (AUF GRUNDLAGE VON TK) .....	84
ABBILDUNG 50 (LETZTE SEITE): VERÄNDERUNGEN DER TIEFENVERHÄLTNISSE IN DER GLOWE- BUCHT VON 1958-68. ANSTELLE DES HAFENS EXISTIERTE DAMALS EINE STEINMOLE AUS DEN 40ER JAHREN. QUELLE: GELLERT (B) (1991) (VERÄNDERT) S.371 .....	88
ABBILDUNG 51: DER HAFEN GLOWE. QUELLE: VERMESSUNGEN DES STAUN ROSTOCK (VERÄNDERT).....	88
ABBILDUNG 52: IM HAFEN GLOWE. QUELLE: AUTOR .....	89
ABBILDUNG 53: POTENTIELLE TRANSPORTLEISTUNGEN FÜR FEINMATERIAL IM KÜSTENGEBIET NORDRÜGEN, QUELLE: AUTOR (NACH FRÖHLE 2007), S. 38/39 .....	90
ABBILDUNG 54: DURCH SEDIMENTWANDERUNGEN VERURSACHTE PROFILVERÄNDERUNGEN DER SCHORRE IN DER GLOWE-BUCHT (2002-2007). QUELLE: AUTOR (AUS VERMESSUNGEN DES STAUN ROSTOCK BERECHNET) .....	92
ABBILDUNG 55 (LETZTE SEITE): SEDIMENTWANDERUNG IN DER GLOWE-BUCHT. QUELLE: AUTOR (LUFTBILD MIT FREUNDLICHER UNTERSTÜTZUNG DER GEMEINDE GLOWE).....	94
ABBILDUNG 56 (LETZTE SEITE): SCHNITT DURCH DIE GLOWE-BUCHT AM KKM 43.600, QUELLE: STAUN ROSTOCK (VERÄNDERT) .....	97
ABBILDUNG 57: MÖGLICHE SEDIMENTWANDERUNG IM UNTERSUCHUNGSGEBIET BEI NÖRDLICHEN WINDEN UND ENTSPRECHENDER KÜSTENSTRÖMUNG LAUT FACHLITERATUR. QUELLE: AUTOR (NACH GELLERT (1965 /1991)).....	97
ABBILDUNG 58: STRAND UND SCHORRE DER GLOWE-BUCHT UND ANGRENZENDER KÜSTENABSCHNITTE. QUELLE: GOOGLE-EARTH (STAND 10.11.07) .....	98
ABBILDUNG 59: WIRKUNG VON STRANDAUFSPÜLUNGEN IN DER GLOWE-BUCHT. QUELLE: ANSICHTSKARTENVERLAG FOTO-STAVGINSKI.....	101
ABBILDUNG 60: SKIZZE ZUR VERANSCHAULICHUNG DER WERTE IN DER BERECHNUNGSFORMEL. QUELLE: SILVESTER / HSU (1991), S. 217 .....	105
ABBILDUNG 61: DIE GLOWE-BUCHT VON WESTEN AUS BETRACHTET. DEUTLICH ZEICHNET SICH DIE ZETA-FORM AB. QUELLE: STAUN ROSTOCK.....	106
ABBILDUNG 62 (NÄCHSTE SEITE): ANWENDUNG DES ZETA-BUCHT-KONZEPTS AUF DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET. QUELLE: AUTOR .....	108

## Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: ERGEBNISSE DER SIEBUNTERSUCHUNGEN IM GEBIET DER GLOWE-BUCHT. QUELLE: KÖHLHASE (1996), S. 12 .....	31
TABELLE 2: WINDSTATISTIK FÜR DIE STATION VARNKEVITZ/RÜGEN VON 1997 BIS 2004. QUELLE: AUTOR (NACH WINDDATEN DES STAUN ROSTOCK).....	40
TABELLE 3: WINDWIRKLÄNGEN FÜR DIE GLOWE-BUCHT. QUELLE: KÖHLHASE (1996), S. 7 .....	42
TABELLE 4: SEEGANGSSTATISTIK TROMPER WIEK FÜR EINE WASSERTIEFE VON 10 M (RICHTUNGEN NW, NNW: WASSERTIEFE 5 M), QUELLE: KÖHLHASE (1996), S. 9.....	43
TABELLE 5: SEEGANG IN DER TROMPER WIEK INFOLGE DIFFRAKTION BEI NORDWESTLICHEN WINDEN. QUELLE: KÖHLHASE (1996), S. 11 .....	43
TABELLE 6: MESSERGEBNISSE DER VERSUCHE BEI WNW-WIND (STÄRKE 6-7), QUELLE: AUTOR.....	61
TABELLE 7: MESSERGEBNISSE DER VERSUCHE BEI N-WIND (STÄRKE 5), QUELLE: AUTOR.....	63
TABELLE 8: MESSERGEBNISSE DER VERSUCHE BEI ONO-WIND (STÄRKE 7), QUELLE: AUTOR.....	65

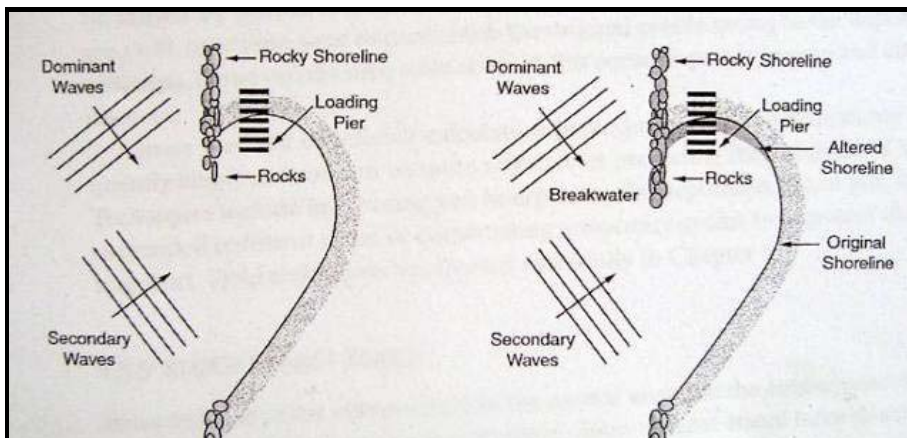
### 3 Problemstellung und Ziel der Arbeit



**Abbildung 2: Die Strandentwicklung im Untersuchungsgebiet im Vergleich** (links oben im Bild die angrenzenden Hafentmolen). Quelle: Autor (nach Vermessungsdaten des STAUN Rostock)

Das ca. 1000 m lange Ufer der Glowe-Bucht ist im Rückgang begriffen. An dem Flachküstenabschnitt fanden im Jahr 2000 umfangreiche Küstenschutzmaßnahmen in Form von Sandaufspülungen statt. Nach 6 Jahren ist ein großer Teil dieses Sandes ausgewaschen und der Strand ca. 50% schmaler geworden. Die Abrasion von Sedimenten konzentriert sich im Küstenabschnitt vor der Ortschaft Glowe auf den Flachwasserbereich und ein Gebiet südlich eines kleinen Sportboothafens. Ungeklärt ist der Weg des Sandes aus der Bucht und Verbleib des abgetragenen Materials. Ebenfalls im Dunklen liegen die genauen Antriebskräfte des Strandverlustes in der Glowe-Bucht. Durch Ihre eher geschützte Lage gegen anbrandende Wellen aus den Hauptwindrichtungen sollte das Untersuchungsgebiet eigentlich einen für Küstenströmungen und Seegang beruhigten Raum darstellen, in dem dann akkumulative Tendenzen zu Tage treten wie in Abbildung 3 dargestellt ist. Diese beschreibt zwar die Entwicklung des Hafens Oxford, kann aber mit den Bedingungen in Glowe verglichen werden: Die Darstellung im linken Teil der Grafik entspricht schematisch der Situation vor dem Bau des Sportboothafens. Durch die neu errichteten Molen wurden Bedingungen wie im rechten Teil des Bildes geschaffen. Doch stellt sich in Glowe keine Akkumulation am Ufer ein. Die Bucht bildet einen Küstenabschnitt an dem abrasive Vorgänge überwiegen - ein Zustand der viele Fragen aufwirft.

<sup>1</sup> nach Vermessungsdaten berechnet



**Abbildung 3: Buchtenentwicklung bei Verlängerung eines Wellenbrechers am Beispiel des Hafens in Oxford / Oregon.** Durch die erhöhte Schutzwirkung für das Ufer der Bucht lagert sich Material hinter der verlängerten Mole ab. Die Anordnung des Hafens und die Form der Bucht sowie primäre und sekundäre Wellenanlaufung in Glowe stimmen mit der Grafik in etwa überein – aber im Untersuchungsgebiet kommt es zu Landverlusten. Quelle: Dean, Dalrymple 2002

Ziel dieser Diplomarbeit soll die Beschreibung der morphologischen Gestalt und Entwicklung des Untersuchungsgebietes sowie der während der Geomorphogenese wirksamen exogenen und endogenen Prozesse sein. Durch den Erkenntnisgewinn werden mögliche Ursachen für die Uferabbrüche vor der Ortschaft Glowe aufgezeigt.

Der erste Teil der Arbeit besteht aus einer Beschreibung des Küstenraumes Glowe-Bucht sowie aller Formbildenden Faktoren. Dafür wurde Literatur aus Büchern, Fachzeitschriften und zum Teil unveröffentlichten Gutachten ausgewertet. Die unveröffentlichten Gutachten stammen aus der Dokumentationsstelle des STAUN Rostock.<sup>2</sup> Weiterhin wurden Informationen aus Luft- und Satellitenbildern, alten Fotos und Postkarten des Untersuchungsgebietes verwendet und in den Text teilweise mit übernommen.

Lücken in der Literatur wurden mit eigenen Untersuchungen geschlossen. Zur Analyse der Wellenausbreitungen in der Glowe-Bucht gelang es, aus Vermessungsdaten der Glowe-Bucht ein digitales 3D-Modell des Seegebietes vor Glowe mit dem PC-Programm SURFER zu erstellen. In diesem Entwurf wurden die Vermessungsdaten trianguliert und linear interpoliert. So entstand eine 3D-Simulation des Untersuchungsgebietes mit einer Auflösung von 10 x 10 Metern, welche als Grundlage für die numerische Ermittlung der

<sup>2</sup> STAUN - Staatliches Amt für Umwelt und Natur



Seegangparameter in der Glowe-Bucht mit Hilfe des Programmsystems SWAN (Simulating Waves Near Shore) genommen wurde.

Zur Untersuchung der Strömungen in der Glowe – Bucht wurde ein Messgerät in Form einer Boje entwickelt und gebaut. Der Kurs des Messinstruments wurde mittels GPS aufgezeichnet und auf einer Karte dargestellt. Weiterhin stand über den gesamten Zeitraum der Untersuchungen ein geräumiger VW-Bus zur Verfügung, welcher für die Reisen in das Untersuchungsgebiet genutzt wurde.

In diese Arbeit sind auch meine persönlichen Beobachtungen und Erfahrungen an der Küste sowie Gespräche und Vorträge von Fachleuten in Theorie und Praxis des Küstenschutzes und der Küstenentwicklung eingeflossen. Kontakte mit dem Bürgermeister und Hafenmeister von Glowe sowie seit langer Zeit im Ort wohnender Personen brachten weitere Informationen in Wort und Bild, welche in den Text mit eingingen.

## **4 Die Glowe-Bucht und das Landschaftsgebiet Tromper Wiek**

### **4.1 Die Glowe-Bucht**

Glowe liegt auf Rügen, genauer gesagt an der Tromper Wiek, einer lang gezogenen bis zu 16 km breiten Meeresbucht an der südlichen Ostsee. An den Ufern der Wiek sind, bis auf wenige Ausnahmen, alle Landvorsprünge und Unregelmäßigkeiten durch Küstenausgleichsprozesse beseitigt worden, so dass die Küste in einem weiten Bogen gleichmäßig nach Nordwesten bis zum Kap Arkona schwenkt. Grob betrachtet wird die Tromper Wiek landseitig von drei Landmassen, zwei ehemalige Inseln und eine Nehrung, begrenzt, die durch natürliche Küstenausgleichsprozesse zusammengewachsen sind.

Die Inseln wurden an ihren Ufern durch die Kräfte des Meeres abgetragen. Wind und Wellen haben die dabei frei gewordenen Sedimente abtransportiert und zwischen den Inselkernen abgelagert. Westlich des kleinen Ortes Glowe befindet sich diese Landenge, die so genannte Schaabe, welche die Inselkerne Wittow und Jasmund verbindet. Wittow bildet mit dem Kap Arkona den nördlichsten Punkt Rügens und reicht bis zur Ortschaft Breege. Jasmund liegt südöstlich von Wittow, die Siedlung Glowe markiert den westlichsten Punkt dieses alten Inselkerns. Die Schaabe schafft nun eine natürliche Brücke zwischen den einst getrennten Inseln. Die Landmasse Jasmund hat an seinem westlichen Ende noch einen markanten Vorsprung



**Abbildung 4: Das Untersuchungsgebiet Glowe-Bucht von Westen aus gesehen.** Die Bucht schwingt sich in einem weiten Bogen zum Hafen Glowe am Königshörn, welcher im Hintergrund zu sehen ist (Frühling 2007). Quelle: Autor

nach Norden. Dieses Kap hat den Namen „Königshörn“ und modelliert eine Bucht vor Glowe aus der sonst ausgeglichenen, schwach geschwungenen Küstenlinie der Tromper Wiek.

## 4.2 Die Grenzen des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet hat eine Gesamtgröße von etwa 0,7 km<sup>2</sup> und umfasst das unmittelbare Hinterland sowie Strand und Vorstrand der Glowe-Bucht, wobei etwa 75 % auf Strand und Schorre entfallen. Es erstreckt sich in etwa von 13,4610° im Westen bis 13,4715° im Osten (WGS 84 Koordinatensystem)<sup>3</sup>. Es ist zu betonen, dass diese Grenzen nicht scharf gezogen werden können weil bei der Entwicklung und Form der Schnittstelle zwischen Luft, Boden und

---

<sup>3</sup> aus TK ermittelt

Wasser auch die angrenzenden Uferabschnitte eine Rolle spielen. Nach Norden gibt es keine klare Abgrenzung des Untersuchungsgebietes – die Betrachtung und Interpretation der Naturverhältnisse erfolgt bis zu einer Wassertiefe von 10 m welche in etwa 1.500 m Uferentfernung erreicht wird.. In diese Diplomarbeit werden vorrangig Aspekte der Küste und ihrer exogenen, formbildenden Faktoren beschrieben. Das Hinterland wird nur überblicksartig betrachtet um die Entwicklungen am Ufer zu erklären.

Im Kartenbild hat das Untersuchungsgebiet eine viereckige Form mit einer Ausdehnung von 1,1 km in ost-westlicher Richtung und 1,5 km von Nord nach Süd. Die Grenzen des Untersuchungsgebietes sind in der beigelegten topographischen Karte „Glowe und Umgebung“ eingezeichnet.

### 4.3 Entstehungsgeschichte

Um die Entstehung der Küstenregion vor dem Seebad zu verstehen, ist es erforderlich die Morphologie der Nehrung Schaabe zu erläutern, da der Aufbau der Nehrung mit der Entstehung der Glowe-Bucht einhergeht. Wie im Text bereits erwähnt wurde, verbindet die Schaabe die ehemaligen Inselkerne Jasmund und Wittow. Allerdings ging die Entwicklung dieser Nehrung nicht einfach als gleichmäßiger Wachstumsprozess von den beiden Inselkernen aus, es war nicht nur eine einfache Schar- und Hakenbildung im Seegangsschatten der Pleistozängebiete. Vielmehr bildete sich die Landmasse aus mehreren gleichaltrigen Wachstums- und Anlandungsformen des Raumes zwischen Arkona und dem Königshörn. Nach dem Abschmelzen der Eismassen der letzten Kaltzeit begann die Erosion der Inselkerne. Das abgetragene Material gelangte im Seegangsschatten der Landmassen wieder zur Ablagerung. Die Sedimente stammen zum größten Teil von Wittow<sup>4</sup> und weniger vom Diluvialkern Jasmund. Zusätzlich wurde noch Material aus dem Seeraum zugeführt und im Gebiet zwischen Jasmund und Wittow abgelagert.<sup>5</sup>

Die Akkumulation der marinen Sedimente führte zur Hakenbildung an den Kernen, welche anfänglich nach Südosten und dann nach Westen wuchsen. Vorerst bestand am Übergang zum Hochland Jasmunds, dem heutigen östlichen Teil der Ortschaft Glowe, weiterhin eine Öffnung.

---

<sup>4</sup> Vgl. BRAUKHOFF 1966, S. 4 ff

<sup>5</sup> Vgl. PLEWE 1940, S.38 ff

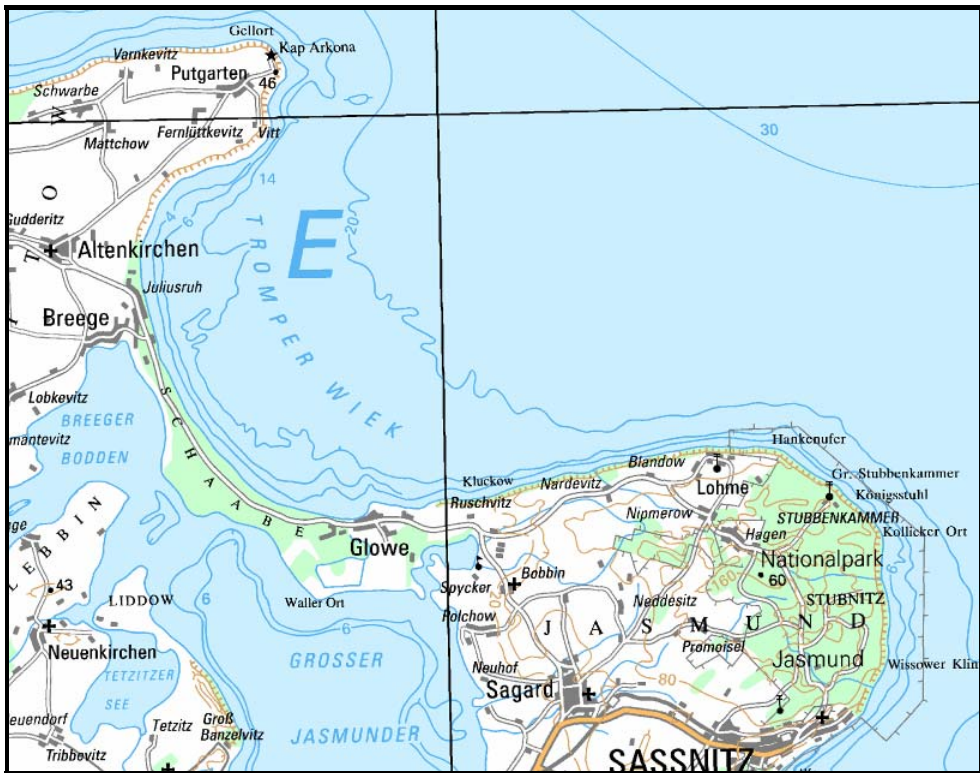


Abbildung 5: Die Inselkerne Wittow (links oben) und Jasmund (rechte Seite) mit der sie verbindende Nehrung Schaabe. Quelle: Auszug aus TK 50

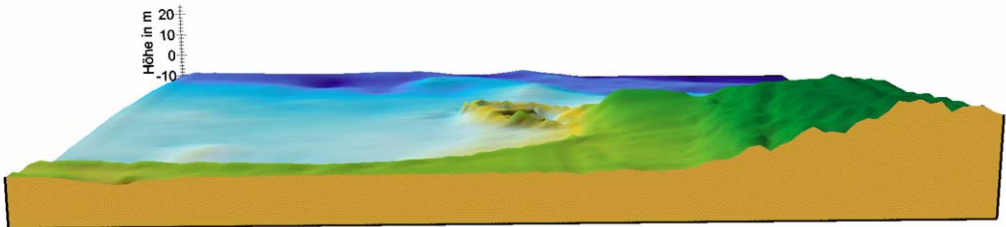
Hier herrschte ein erheblicher Wasserstrom zwischen der offenen Ostsee und den inzwischen fast vollständig abgeschnürten Boddengewässern, welcher diese Rinne lange Zeit offen hielt. Die vollständige Schließung der Landbrücke zwischen Wittow und Jasmund erfolgte im 12. Jhd. südlich des heutigen Seebades. Zunächst bildete sich eine Niederung aus Meersand, welche noch von vielen Gräben und Rinnen durchzogen war und bei Sturmfluten häufig überflutet wurde. Erst im Jahr 1863/64 wurde diese Schwachstelle in der Küstenlinie mit einem Deich befestigt und so gegen Wassereintritt aus der offenen Ostsee geschützt. Als Konsequenz der Entwicklungen besteht das Hinterland der Bucht aus einer vollständig ebenen, oberflächlich vertorfte Sandfläche, die zur See hin durch einen Dünendeich abgeriegelt ist.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Vgl. GEYER – LEINFELDER 1995, S. 34

BRAUKHOFF (1966) zieht für die weitere Küstenentwicklung mehrere Möglichkeiten in betracht:

*„Es ist damit zu rechnen, dass mit dem Abschluss der Entwicklung der Küstenraum in den normalen Angriff des Meeres kommt. Dieser normale Angriff bedeutet Rückgang [...] aber es ist auch der andere Fall denkbar, dass die Entwicklung dieses Küstenabschnittes noch nicht abgeschlossen ist, also zur Anlandung neigt.“<sup>7</sup>*

Das aus der gleichmäßig geschwungenen Uferlinie herausragende Königshörn ist ein sichtbares Zeugnis des noch nicht ganz ausgeglichenen Küstenverlaufs in der Tromper Wiek. Mit der Errichtung des Sportboothafens an dieser Stelle wurde durch den Bau der Steinmolen ein weiteres Zurückweichen des Ufers gehemmt und das Küstensystem damit gezwungen, einen anderen Weg der Anpassung des Küstenverlaufs an die Hydrodynamik zu gehen.



**Abbildung 6: Der Übergang der Schaabe zu Jasmund im 3D Modell (20 fach Überhöht).** Die flache Landschaftsgestalt der Nehrungen hebt sich gegen das hügelige Profil des pleistozänen Inselkerns ab. In der Mitte der Abbildung befindet sich das Seebad Glowe mit Hafen (Molen sind braun im Hintergrund dargestellt). Quelle: Autor (nach Vermessungen des STAUN Rostock)

## 4.4 Naturräumliche Ausstattung

Das Landschaftsgebiet rund um die Tromper Wiek mit den beiden pleistozänen Inselkernen Wittow und Jasmund und der Nehrung Schaabe bildet ein vielfältiges Relief.

Während die Kerne landschaftlich abwechslungsreich gestaltet sind, bietet die holozäne Nehrung Schaabe ein eher eintöniges Bild in Hinsicht auf die Vielfältigkeit der Bodenbildung und die Vegetation. Auf diesem Landstrich stockt ein Kiefernforst, welcher auch als Küstenschutzwald dient. Der Wald erstreckt sich vor allem auf älteren Dünen und Strandwällen und gehört zur

---

<sup>7</sup> BRAUKHOFF 1966, S. 5

mitteleuropäischen Gesellschaft der Weißmoos-Kiefernwälder (*Leucobryo-Pinetum*). Der Küstenschutzwald unterscheidet sich deutlich von den Forsten des Binnenlandes. Physiognomisch fallen besonders der niedrige Wuchs von *Pinus silvestris* und ihre eigentümliche Kronenform auf. Die Krautschicht wird durch die Krähenbeere (*Empetrum nigrum*) gebildet, weshalb der Wald auch als Krähenbeeren-Kiefernwald (*Empetro-Pinetum*) bezeichnet werden kann.<sup>8</sup>

Auf dieser im Holozän entstandenen Landmasse sind Sand-Humus-Böden und Braunpodsole verbreitet, auf welchen die beschriebenen Kiefernwälder gedeihen

Auf den Höhenzügen Jasmunds stocken und stockten reiche Buchen- und Buchenmischwälder auf unterschiedlichen Substraten bei denen es sich um



**Abbildung 7 Die Schaabe mit der ihr angeschlossenen Glowe-Bucht und dem Inselkern Wittow aus dem Weltraum betrachtet.** Die Grenze des geologischen Ausgangssubstrates und der anschließenden Bodenbildung zeichnet sich in der Landnutzung ab. Im Gegensatz zu den mit Kiefernwäldern bestandenen Sandböden der Schaabe (als dunkelgrüne Flächen erkennbar) sind die Mergelböden des Glazialkerns ackerbaulich oder als Weideflächen genutzt. Quelle: anhand von Satellitenbildern des STAUN Rostock

<sup>8</sup> Vgl. GELLERT 1965, S. 124 ff

Parabraunerden, Fahlerden, Rendzina, Schreibkreide und Staugleye handelt.<sup>9</sup> Die fruchtbaren Böden der flachwelligen Landstriche des Gebietes sind heute gerodet und ackerbaulich genutzt.

## 5 Die heutige Küstengestalt

Allgemein können an der deutschen Ostsee drei Küstentypen unterschieden werden. Zum einen gibt es aktive und unter dauernden Abbruch stehende Kliffküsten. An ihnen wird die Uferlinie immer weiter zurückverlegt und das anfallende Abbruchmaterial der Brandung zur Weiterverfrachtung überlassen.

Die Wellenenergie übernimmt in der Regel nur die Rolle des Abtransports der Rutschmassen am Klifffuß und der erneuten Überflutung. Als Beispiel für aktive Steilküsten kann der Uferabschnitt östlich des Königshörn im Untersuchungsgebiet angeführt werden.

Als zweiten Küstentyp gibt es Steilküsten ohne aktiven Uferabbruch. Diese Schnittstellen zwischen Land und Wasser sind oft durch einen breiten Vorstrand und vor gelagerte Sandriffe gekennzeichnet. Die Riffe dämpfen die Wellenenergie, bevor die Wogen das Ufer erreichen, und schützen dieses somit vor dem Abtrag. Inaktive Kliffe sind begrünt und oft baumbestanden. Auf diese Weise sind sie visuell von aktiven Steilufeln unterscheidbar.

Als dritte Küstenform sind Anlandungsküsten zu nennen. Sie sind durchweg Flachküsten, die oft Ansatzpunkte für Haken und Nehrungen bieten<sup>10</sup>. Wichtigstes Merkmal dieser Ufer ist eine positive Sedimentbilanz. Diese Küstenform findet sich beispielhaft am Seeufer der Schaabe.

### 5.1 Die Flachküste

#### 5.1.1 Die Flachküsten der südlichen Ostsee

An der südlichen Ostsee entstand diese Küstenform aus dem Abrasionsmaterial der benachbarten Steilküsten. Flachküsten sind alle relativ gleich aufgebaut – eine Unterteilung nach Untertypen findet nicht statt<sup>10</sup>. Die Strände der Flachküsten bestehen aus Sedimenten, welche von erodierten Steilküsten stammen. Als Lieferanten für diese Sedimente kommen im Raum Glowe die Inselkerne Jasmund und Wittow in Frage, welche aus Geschiebemergel und Kreide bestehen. Durch den Abtrag eines Steilufers

---

<sup>9</sup> Vgl. LIECKE, MARCHINEK 1995, S. 288

<sup>10</sup> Vgl. HENDL, LIECKE 1997, S. 211



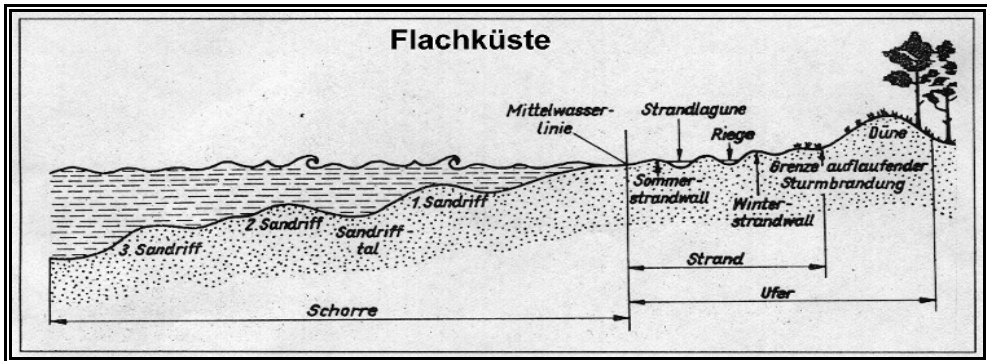


Abbildung 8: Schnitt durch eine Flachküste (schematisch) Quelle: DUPHORN 1995

aus Kreide wird sehr wenig Sand frei.<sup>11</sup> Folglich scheiden Küstenabschnitte mit Kliffen aus diesem Material als Lieferanten für die Aufschüttung der Flachküstenabschnitte in der Tromper Wiek aus. Steilküsten aus Geschiebemergel liefern bei Ihrer Abrasion durch die See Material unterschiedlicher Korngrößen: von Tonen, über Sande und Kiese bis hin zu Steinen und Blöcken. Sande und Kiese gelangen durch küstenparallelen Transport zu den Flachküsten, Steine und Blöcke bleiben vor Ort und bilden den für Steilküsten aus Geschiebemergel typischen vorgelagerten Steinstrand. Die Feinkornfraktion, welche Schluffe und Tone beinhaltet, wird aus dem unmittelbaren Uferbereich ausgewaschen und in größeren Tiefen deponiert.<sup>12</sup>

Sandstrände bilden eine Naturform, die sich laufend dem Seegang anpasst. Konstante Unterwasserprofile entstehen nur bei unverändertem Seegang. Die Natur ist bestrebt ein Gleichgewicht zwischen den Elementen herzustellen und passt die Strandform in dieses System ein. Da sich aber die Wellenbewegung und der Wasserstand in der südlichen Ostsee ständig ändern „hinkt“ der Ausgleichsprozess der aktuellen meteorologischen und hydrologischen Entwicklung ständig etwas hinterher.

### 5.1.2 Die Flachküste vor Glowe

Die Flachküste der Glowe-Bucht ist die Fortsetzung der ausgedehnten wenig geneigten Sandstrände der nordwestlich gelegenen Nehrung Schaabe, welche sich nahtlos an die Küste des Untersuchungsgebietes anschließt. Der über 800 m lange Sandstrand ist in den Sommermonaten ein beliebtes Touristenziel. Er

<sup>11</sup> Vgl. PLEWE 1940, S. 6

<sup>12</sup> Vgl. PLEWE 1940, S. 32 ff



**Abbildung 9: Flachküste Glowe (KKM 43.800).** Quelle: Autor

wird als Badestrand und für Wassersportaktivitäten genutzt und kann in zwei Teile untergliedert werden: Einen Bereich bildet der trockene Sand, den anderen der nasse Sand. Auf dem trockenen Teil des Sandkörpers findet eine äolische Umlagerung von Sedimenten statt. In Abhängigkeit von der Windstärke, dem Strandprofil, und der Korngröße und damit dem Gewicht der einzelnen Sandkörner wird Sand vom Strand in die Dünen verlagert. In der Zone des nassen Sandes wird die Verlagerung von den Kräften des Wassers gesteuert. Auf- und ablaufende Wellen lösen im Bereich des nassen Sandes Transportvorgänge aus.

#### **5.1.2.1 Trockener Sand**

Die Zone des trockenen Sandes reicht vom Dünenfuß bis zum Spülsaum der Wellen und hat eine Breite von ca. 15m (KKM<sup>13</sup> 43.300) bis 30m (KKM 44.000)<sup>14</sup>. Am Strand von Glowe war im Frühjahr 2007 Folgendes zu beobachten: Der Strand der Bucht besteht aus feinem Sand mit wenigen eingestreuten Kiesbänken. Größere Steine finden sich nicht. Die

<sup>13</sup> KKM = Küstenkilometer (Küstenkilometrierung im Anhang)

<sup>14</sup> Die Werte gelten für Normalwasserstände

Strandneigung ist flach. Die Auswertung von 3 Strandprofilen im Bereich der Küstenkilometern (KKM) 43.400 bis 44.000 (aus einer Vermessung im Januar 2007) ergab eine Strandneigung von 4° bei KKM 43.400, 3° bei KKM 43.600 und 2,5° bei KKM 44.000 (nähe Hafen). Die Strandneigung geht also in Richtung des Königshörn (KKM 44.500) zurück. Mit Abnahme des Gefälles im Uferverlauf in Richtung der Marina eine geringe Verbreiterung des Strandes einher.

Das Bild im Frühling kommt einem natürlichen Strandprofil mit der Sortierung der Sande durch Wind- und Wassereinwirkung sicher näher als eine Betrachtung im Sommer. Die Intensive Nutzung des Strandes als Badestrand und der Bau von „Sandburgen“ führt zu einer intensiven Durchmischung des Sedimentkörpers bis auf eine geschätzte Tiefe von bis zu 20 cm.

Im Spätsommer war von den eingestreuten Kiesbänken, welche am Anfang des Jahres noch hervortraten, nichts mehr zu sehen. Vielmehr glich der Strand, mit Ausnahme des Spülsaumes, einem homogenen Sandkörper. Dies geht einerseits auf die anthropogene Durchmischung zurück, andererseits treten im Sommer selten Sturmfluten und Hochwasserereignisse auf, welche die sonst trockene Zone des Strandes formen und Kiesbänke aufschütten können.

Etwa 200 Meter vor der Hafemole finden sich im Uferbereich immer mehr Steine und die Strandneigung verflacht sich merklich und wirkt unausgeglichen. Der Strand besteht nicht mehr nur aus mehr oder weniger gleichgroßen Sandkörnern wie im Buchtenscheitel, sondern das Kornspektrum reicht von Schluff bis zu Blöcken. 100 Meter vor dem Hafen tritt Geschiebemergel in ca. 20 cm dicken Bänken durch das Profil des Strandes, welcher hier zum Teil mit Steinen bedeckt ist. Der anstehende Geschiebemergel ist allem Anschein nach Lieferant der Schluffe, Sande und Steine in diesem Strandabschnitt. Außerdem zeigt der Mergel den Anfang des Diluvialkerns Jasmund an, welcher hier die Oberfläche durchbricht und nach Osten hin aufsteigt. Das Freilegen des Geschiebemergels an einer Flachküste zeigt nach Meinung des Verfassers eindeutig das Zurückweichen der Wasserlinie in diesem Gebiet an. Der Steinstrand, teilweise mit großen Blöcken, ist das Ergebnis selektiven Transports nach der Erosion des hier anstehenden Geschiebemergels. Feinkörnige Bestandteile des Ausgangsmaterials, wie zum Beispiel Sande und Tone, wurden durch die Kräfte des Wassers erodiert und abtransportiert. Größere Kornfraktionen, zu denen die Steine und Blöcke gehören, waren für den Transport im Brandungsstrom zu schwer und blieben in diesem Strandabschnitt zurück. Diese Sortierung der



**Abbildung 10: Steinpflaster an der Flachküste Glowe in der Nähe des Sportboothafens (März 2007).** Quelle: Autor

Sedimente führt zur Häufung der zurückgebliebenen Grobkornfraktion an Uferabschnitten, an welchen Abrasion vorherrscht. Die vielen schweren Steine panzern das darunter liegende Material gegen die Einwirkungen der See ab und schützen den Strand teilweise vor der Auswaschung durch das Meer.

Der trockenen Sand wird aber nicht einzig durch marine sondern auch durch äolische Prozesse ver- und umgelagert.

Die Auswehungen durch den Wind werden erst nach Austrocknung der Oberfläche durch darüber wehende Winde und die Sonneneinstrahlung möglich. An touristisch genutzten Stränden spielt sicher auch die Überformung durch den Menschen eine Rolle. So sorgen die zahlreichen „Sandburgen“ für eine Veränderung des Reliefs des normalerweise eben gelagerten Sandes. Diese anthropogene Umgestaltung fördern Turbulenzen und Luftwirbel auf dem Strand und begünstigen damit dessen Ausblasung durch den Wind.<sup>15</sup> (siehe hierzu auch Kap. 7.5.2) Die Korngrößen in der Zone des trockenen Bereiches des Strandes fallen feiner aus als am nassen Sand und sind nicht ganz einformig: Zwar dominiert der reine Sandstrand, doch treten nicht nur an den

---

<sup>15</sup> Vgl. GELLERT 1965, S. 35 f.

Ansatzstellen der Schaabe, sondern auch im Uferverlauf kleine, scharf begrenzte Geröllstrandwälle auf.<sup>16</sup>

### **5.1.2.2 Nasser Sand**

Die Zone des nassen Sandes beschränkt sich auf den Spülsaum, welcher von den brechenden Wellen immer wieder mit Wasser benetzt wird.<sup>17</sup> Dieser Bereich ist üblicherweise relativ schmal gegenüber dem trockenen Sand. Dagegen bedeckt bei Sturmfluten nasser Sand den ganzen Strand, was eine ganzheitliche marine Formung des Sandgürtels vor der Düne zur Folge hat. Der Spülsaum in der Glowe-Bucht ist abhängig von der Wellenhöhe 1-3 m breit.<sup>18</sup> Eine Besonderheit des nassen Sandes ist dessen Bedeckung mit Resten von abgestorbenem Blasentang, welcher auf den Steinfeldern der Tromper Wiek in Tiefen von bis zu 10 m ausgezeichnet gedeiht.<sup>19</sup> Der Blasentang stirbt nach einer Vegetationsperiode ab und lagert sich im Spülsaumbereich des Strandes an. Das birgt zum einen Probleme für den Tourismus, da die Pflanzenreste bei ihrer Verrottung Faulgase produzieren. Zum anderen sind die angespülten Pflanzenreste ein Indikator für die durch die Schutzwirkung der Hafentmolen in Teilen der Bucht reduzierte Seegangsenergie. An Uferabschnitten im Wellenschatten der Molen, konkret handelt es sich hier um den Bereich zwischen KKM 44.100 KKM 43.600, können sich diese hartnäckig halten.

Massive Abtragungs- und Umlagerungsprozesse Bereich scheinen hier deswegen auf wenige Sturmereignisse, eventuell kombiniert mit erhöhten Wasserständen, begrenzt zu sein, bei welchen die durch das Hafentmolenwerk verminderte Wellenenergie für Materialumlagerungen ausreicht.

### **5.1.2.3 Küstendünen**

Küstendünen begrenzen Meeresufer landwärts und beziehen ihren Sand allgemein von dem ihnen vorgelagerten Strand. Sedimente, aus welchen die Dünen aufgebaut sind, sind etwas besser verrundet und manchmal feiner als der Strandsand.<sup>20</sup> Im Allgemeinen handelt es sich um Korngrößen um 0,25 mm Durchmesser. Die Windgeschwindigkeit ist von größter Bedeutung für die Genese von Küstendünen. Sie kommen am häufigsten in den gemäßigten,

---

<sup>16</sup> Vgl. PLEWE 1940, S. 5 ff

<sup>17</sup> Vgl. FÜCHTBAUER 1988, S. 236

<sup>18</sup> nach eigenen Beobachtungen

<sup>19</sup> Vgl. PLEWE 1940, S. 34

<sup>20</sup> Vgl. FÜCHTBAUER 1988, S. 240 f.



**Abbildung 11: Dünenkliff Glowe im März 2007 (KKM. 43.400).** Quelle: Autor

mittleren Breiten vor, wo es eine starke Tätigkeit von Wetterfronten und Gebiete mit aktivem Sandangebot gibt.<sup>21</sup> Die Dünen im Untersuchungsgebiet „bestehen durchweg aus reinen Quarzsanden. Ihnen sind nur wenige andere Minerale beigemischt, wie sie bei der Verwitterung der Gesteine und der Auswaschung des Moränenmaterials der benachbarten Inselkerne übrig bleiben“.<sup>22</sup> Die Küstendünen in der Glowe-Bucht haben Ihren Ursprung in anthropogenen Küstenschutzmaßnahmen: Vor 30 – 40 Jahren gab es keine Sanddünen in Glowe. Ein Steinwall aus den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts schützte das Ufer bei Sturmfluten vor Auswaschung. Der Strand davor hatte aufgrund des Uferrückgangs eine sehr geringe Breite, was eine Aufwirbelung und Auswehung von Feinmaterial und damit auch den Aufbau von Dünen behinderte.<sup>23</sup> Im Rahmen mehrerer Küstenschutzmaßnahmen wurden über 250.000 m<sup>3</sup> klastische Sedimente feiner Korngröße auf Strand und Schorre verbracht. Der Sandkörper verbreitete sich enorm und es standen

---

<sup>21</sup> Vgl. GOUDI 1995

<sup>22</sup> GELLERT 1965, S.39

<sup>23</sup> nach Unterlagen der Dokumentationsstelle des STAUN Rostock

größere Mengen trockenem Sandes für die äolische Verfrachtung zur Verfügung. Westliche Winde verlagerten die Körner in den Bereich des Steinwalles, welcher uferparallel vor der Strandpromenade verlief, und bildeten die heutigen, ca. 1-2 m hohen Dünen. Der Sandkörper wurde im Laufe der Jahre auf natürliche Weise von Strandhafer besiedelt und so gefestigt.<sup>24</sup>

Teilweise wird der Sandkörper bei erhöhten Wasserständen erodiert. Ein kleines Dünenkliff, welches sich durch den starken Rückschnitt des Ufers während der Sturmflut vom 01.11.2006 gebildet hat, war im März 2007 noch gut zu sehen. Es erscheint als eine ca. 1,5 m hohe Stufe. Abbildung 11 wurde an der Außengrenze des Untersuchungsgebietes aufgenommen. Bei dieser Düne handelt es sich nicht, wie weiter oben im Text beschrieben, um eine natürliche Vollform, welche eine künstliche Steinpackung überlagert, sondern um eine Sturmflutschutzanlage.

## 5.2 Die Steilküste

### 5.2.1 Die Steilküsten der südlichen Ostsee

Die Steilküsten haben eine besondere Bedeutung als Gerüstelement der Ufer der Ostsee. An Kliffen wirken die Kräfte des Meeres abrasiv auf die anstehenden Gesteine ein. Als Hauptursache für die Entstehung von Steilufern gilt die Brandung, wenngleich nur 20% der Kräfte den Strand erreichen. Die übrigen 80% werden beim Brechen der Wellen auf den vor gelagerten Sandriffen bereits vernichtet. Zusätzlich wirken an aktiven Steilküsten auch noch Prozesse des inneren Kliffzerfalls. Damit sind nicht-marine Zerstörungs- und Abtragungsprozesse gemeint, welche von anstehenden Sedimenten und deren Lagerung abhängen.<sup>25</sup> Durch die Hydrodynamik werden die aufbereiteten Sedimente dann sortiert und selektiv abtransportiert. Steine und Blöcke bleiben dabei meist am Ort, während Kiese, Sande und Tone mit den Strömungen und Seegang verfrachtet werden. Steilküsten können also Material für den Aufbau benachbarter Flachküstenabschnitte liefern und dienen praktisch als „Aufhänger“ für benachbarte Uferbereiche. Aus diesem Grund erfolgt im nächsten Kapitel eine Beschreibung des Steilküstenabschnitts östlich des Untersuchungsgebietes. Dieser gehört laut Definition zwar nicht mehr zum Untersuchungsgebiet, ist aber für die Entwicklung des benachbarten Uferbereichs von Wichtigkeit.

---

<sup>24</sup> Beschreibung nach Aussagen der Verwaltung des Ortes Glowe

<sup>25</sup> Vgl. DUPHORN, 1995, S. 57 f.





**Abbildung 12: Steilufer Das Geschiebemergelkliff des Küstenabschnitts ca. 150m westlich des Königshörn.** Dieses Steilufer hat eine Höhe von ca. 10 m. In der Mitte des Bildes ist die dem Mergel untergelagerte rügener Schreibkreide zu sehen, welche hier linsenförmig angeschnitten wird. Der Strand besteht hier aus gerundeten Geröllen und Blöcken, welche die Steilwand bei Normalwasser vor Brandungserosion schützen. Nur bei erhöhten Wasserständen, wie z.B. während einer Sturmflut, erreichen die Wellen die Steilwand, und lassen das Ufer damit aktiv werden. Die dadurch freigesetzten klastischen Sedimente werden nach ihrem küstenparallelen Transport teilweise auch in die Glowe-Bucht verlagert. (März 2007) Quelle: Autor

## 5.2.2 Die Steilküste im und östlich des Untersuchungsgebietes

An ihrem östlichen Ende wird die Glowe-Bucht durch das Kliff des Königshörn begrenzt. Die Kliffe entstehen durch das Zurückweichen der Uferlinie und dem damit verbundenen Anschnitt des eiszeitlichen, zum Teil aus Schreibkreide und Geschiebemergel bestehenden Inselkerns Jasmund. Dieser reicht von Stubbenkammer bis zum dem Landvorsprung, welcher der Glowe-Bucht einen Abschluss gibt. Hier taucht er unter den Meeresspiegel ab bzw. vollzieht einen scharfen Knick nach Süden. Beträgt die Höhe des Steilufers bei Stubbenkammer gute 100 Meter, so ist das Kliff 200 m östlich des Königshörn kaum noch 10 Meter hoch. Am Hörn wird die Kreide teilweise von

Geschiebemergel überlagert der die hier bis auf den Meeresspiegel abgesunkene Kreideoberfläche um rund 10 Meter überragt.

Der Mergel enthält einen größeren Anteil an unregelmäßig verteilten Geschieben die bis zu kubikmetergroßen Blöcken reichen. „*Hinzu kommt ein hoher Gehalt grauer Kalksteine. Feuersteine, Kreide, Kalksteine und kristalline Gesteine machen den Hauptteil des Geschiebestandes des am Kliff von Königshörn anstehenden Geschiebemergels aus*“.<sup>26</sup>

Bei der Abrasion von Kreidesedimenten wird kaum Sand freigesetzt. Das Steilufer aus Mergel wird bei entsprechend hohen Wasserständen und Seegangsstärken aktiv und liefert dann in geringem Umfang sandige Sedimente für den Küstenlängstransport.<sup>27</sup> Dieser Transport ist nach Westen gerichtet.<sup>28</sup> Steine und Blöcke, welche aus dem Geschiebemergel herausgelöst werden, verbleiben am Kliffuß und bilden einen Steinstrand von 10 – 15 Metern Breite. Diese Steinpackung schützt das Steilufer bei normalem Seegang und moderaten Wasserständen wirksam vor Abtrag. Etwa 70 m östlich des Königshörn schwindet die Höhe des Kliffs bis auf ca. 1,5 Meter. Hier besteht die Steilwand aus Geschiebemergel. Der Strand dieses Küstenabschnitts wird aus gerundeten Geröllen, Kiesen und Sanden gebildet und misst etwa 15 – 20 Meter in der Breite.

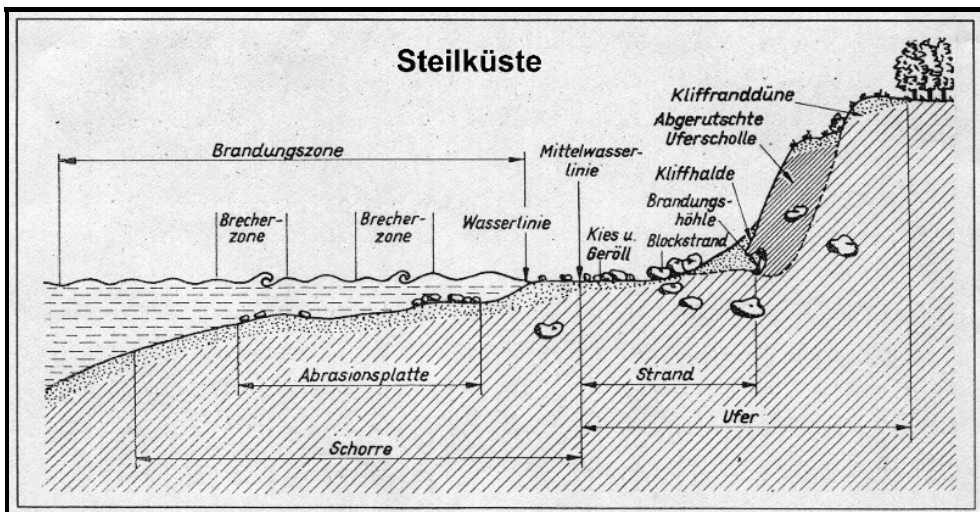


Abbildung 13: Profil einer Steilküste (schematisch), Quelle: DUPHORN 1995

<sup>26</sup> GELLERT 1965, S. 65

<sup>27</sup> Vgl. SCHINKE 1968, S. 4 f.

<sup>28</sup> Vgl. KOHLHASE 1996, S. 16 ff; FRÖHLE 2007, S.39



**Abbildung 14: Kliff Königshörn im März 2007.** Das Steilufer ist an der Landspitze etwa 1,20 m bis 1,50 m hoch und besteht aus Geschiebemergel, welcher örtlich von rügener Schreibkreide unterlagert wird (KKM. 44.600). Quelle: Autor

Das Kliff des Königshörn ist laut Fachliteratur das einzige gute Beispiel für das massive Zurückweichen der Küste in der Tromper Wiek. Beobachtungen und Recherchen vor über 60 Jahren führten zu folgenden Ergebnissen:

*„Wirklich unter Abbruch steht am ganzen Nordstrand nur das Kliff von Königshörn, wo zwei Geschiebemergel die in Meeresspiegelhöhe anstehende Kreide um 9 m überragen. Diese begrenzte Stelle mag im Laufe der letzten 50 Jahre um 50 m zurückgewichen sein. Die früher hier stehende Rettungsstation musste abgebrochen und verlegt werden, ihr Fundament ist größtenteils bereits abgestürzt, nachdem zu Anfang des Jahrhunderts noch ein zweispänniger Wagen vor der Station hätte wenden können. Hier hat die Sturmflut von 1904 und 1913/14 auf engem Raum verheerend gewirkt, während die übrige lange Küste nur unwesentlich oder gar nicht gelitten hat. Nach Aussage der Fischer soll aber vor etwa 100 Jahren an dieser Stelle noch kein Kliff gestanden, vielmehr ein sanfter Hügel sich ins Meererstreckt haben, und selbst vor diesem Hügel soll noch eine kleine Schafweide gelegen haben.“<sup>29</sup>*

Das Steilufer östlich von Glowe war also in den letzten 100 Jahren aktiv und im Rückgang begriffen. Damit stand nach dem küstenparallelen Abtransport

---

<sup>29</sup> PLEWE 1940, S. 10 f.

der freigewordenen feinkörnigen Materialien an dem Strand vor der Ortschaft Sand zum Erhalt der Uferlinie zur Verfügung. Dieser Materialfluss kann heute nicht mehr in diesem Umfang gewährleistet werden: Zum einen ist das Kliff am Königshörn heute stark zurückgewichen und auch in seiner Höhe geschrumpft. Zum anderen verhindert die Steindecke aus Restsedimenten am Strand bei Normalwasser die Abrasion des Ufers. Dadurch werden heute weniger Sedimente frei welche potentiell für den Strandaufbau in der Glowe-Bucht zur Verfügung stehen könnten.

Das Kapitel 7.2.2 schildert die Entwicklung des Steilküstenabschnitts weiterführend anhand von alten und neuen Fotografien.

## **5.3 Der Vorstrand**

### **5.3.1 Die Vorstrände der südlichen Ostsee**

Als Vorstrand wird derjenige Teil einer Küste definiert, welcher unterhalb der Wasserlinie liegt. Die Entwicklung von Vorstrandprofilen ist durch viele, sich gegenseitig beeinflussende Parameter geprägt.

An sandigen Küsten, wie denen der südlichen Ostsee treten großräumige Transportprozesse auf, die durch ein Zusammenspiel von Wellenangriff und Strömungen ausgelöst aber auch durch die Form der Unterwasserlandschaft die und Korngrößenzusammensetzung der transportierten Sedimente beeinflusst werden. Da der Vorstrand dem Sandstand in der Bucht direkt vorgelagert ist, korrespondieren die Materialverlagerungen im Ufer und Schorrenbereich miteinander.

Weiterhin hat das Profil des Vorstrands Einfluss auf die in das Ufer eingetragene Seegangenergie und die daran gekoppelten Umlagerungsprozesse, was eine Beleuchtung der Naturverhältnisse am Unterwasserstrand nötig macht.

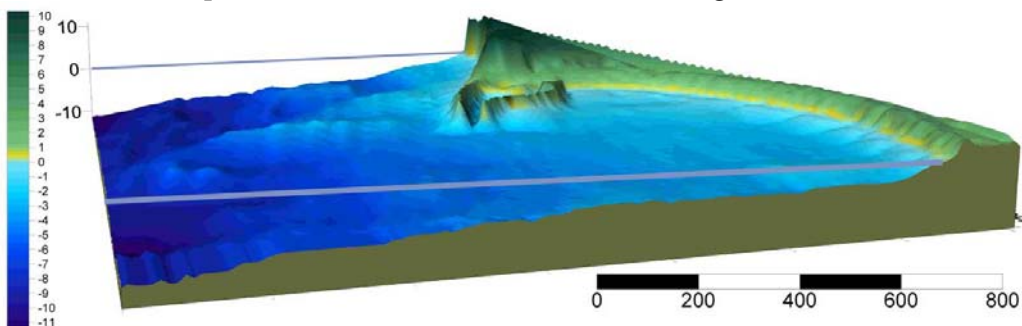
### **5.3.2 Der Vorstrand der Glowe-Bucht**

Der Seeboden ist ebenso wie die landseitig anstehenden Uferabschnitte aufgebaut. Zur Beschreibung des Unterwasserstrandes wird zwischen festem Untergrund und einer Auflage aus Lockersedimenten unterschieden. Während der feste Untergrund von lokal anstehenden Gesteinen gebildet wird, können die aufliegendem Lockergesteine verfrachtet werden und so lokale enklavische Vorkommen bilden.

Der feste Untergrund besteht aus Kreide und unterschiedlich alten Mergeln die in ganz unübersichtlicher Lagerung nebeneinander auftreten.<sup>30</sup> Elemente des festen Untergrundes bilden, bis auf wenige Ausnahmen, nur im Bereich des Steilufers am Königshörn Teile des Unterwasserstrandes.

Der Verlauf der Tiefenlinien innerhalb der Bucht wird durch den Zug des Seestrandes der Schaabe und dem ihm vor gelagerten Sand sowie durch das Kap Königshörn und dem hier errichteten Hafen mitbestimmt.

Im Bereich der Schorre vor dem Steilufer östlich des Hafens Glowe sind in exponierten Lagen oft nur noch Restsedimente in Form von Steinen und Blöcken erhalten. Die aus dem Uferabbruch stammenden feineren Korngrößen wurden von diesem der Wellen- und Strömungsenergie besonders stark ausgesetzten Küstenabschnitt abtransportiert. Hier berichtet PLEWE von einem dichten Steinpflaster mit einer örtlich begrenzten, dünnen

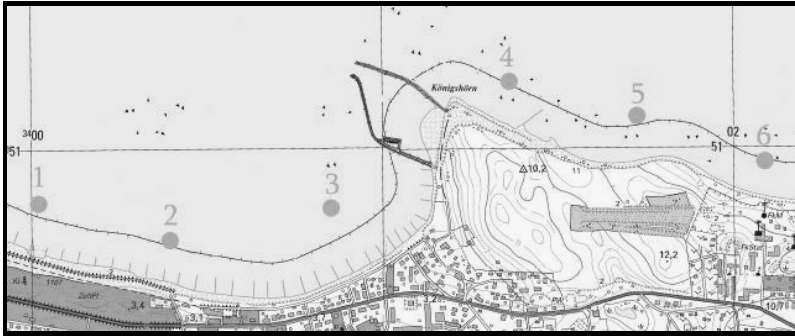


**Abbildung 15: Die Glowe-Bucht in der 3D-Simulation (ca. 10fach überhöht).** Die Darstellung reicht bis in eine Tiefe von -11m und zeigt die unterschiedlichen Neigungswinkel und das Profil des Unterwasserstrandes. An der Steilküste im Hintergrund der Grafik fällt der Seeboden wesentlich stärker ein und ist stärker profiliert als im Flachküstenabschnitt im Vordergrund. Vor dem Königshörn (KKM.44.500) wird die -5m Tiefenlinie nach 350 m erreicht. In der Glowe-Bucht selbst (KKM 43.400) ist die -5m Isobathe ca. 850 m vom Ufer entfernt. 3D Modellation: Autor (nach Vermessungsdaten des STAUN Rostock)

Auflage aus wandernden Sedimenten. Diese Stein- und Blockfelder enden westlich des Steilufers und gehen dann langsam in Sand über.<sup>31</sup> Die Korngrößenverteilung der Sande auf der Schorre wurde überblicksartig in sechs Schürfproben durch das Institut für Wasserbau Rostock (IWR) im Jahr 1996 bestimmt. Siebproben ergaben, dass die Sande westlich von Glowe im Übergangsbereich zur Schaabe deutlich feiner sind als das Material östlich des Königshörn vor dem Steilufer (vgl. Tabelle 1). Im Schorrenabschnitt vor der Kliffküste Jasmunds herrschen im wesentlichen Grobsande,

<sup>30</sup> Vgl. PLEWE 1940, S. 12 f.

<sup>31</sup> Vgl. BRAUKHOFF 1966, S 5 ff



**Abbildung 16: Materialentnahmestellen für Schürfproben.** Quelle: KOHLHASE 1996 (verändert)

PROBE	d50 [mm]	U [-]	d10 [mm]	d90 [mm]
1	0,206	2,4	0,096	0,573
2	0,106	1,6	0,707	0,214
3	0,170	2,1	0,089	0,237
4	0,733	2,3	0,358	1,968
5	0,713	2,1	0,366	0,988
6	0,722	2,4	0,335	2,721

**Tabelle 1: Ergebnisse der Siebuntersuchungen im Gebiet der Glowe-Bucht.** (Quelle: Kohlhase 1996)

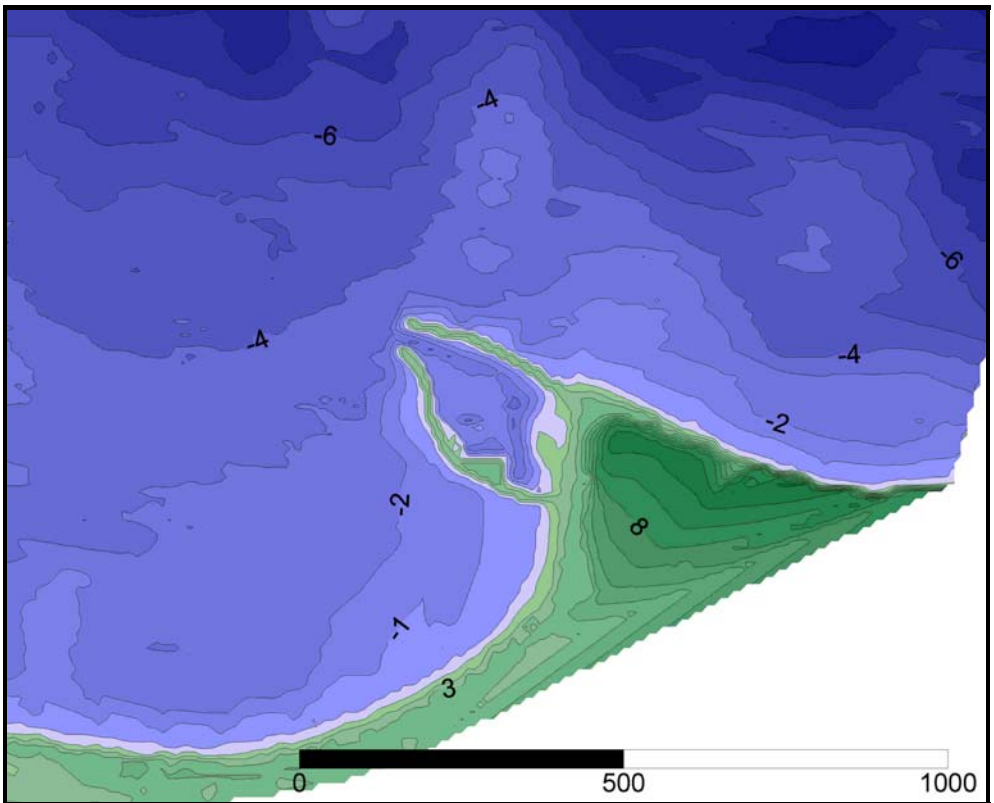
im Vorstrand der Schaabe Fein- und Mittelsande vor.<sup>32</sup> Es ist anzunehmen, dass die Charakteristik der Lockersedimente in der Glowe-Bucht durch Strandaufspülungen im Zuge von Küstenschutzmaßnahmen überprägt wurden, da hier zwischen 1989 und 2000 über 250000 m<sup>3</sup> Sand in die Bucht eingebracht<sup>33</sup> und dieses Material größtenteils vom Strand abradiert und in vermutlich tieferes Wasser umgelagert worden ist.

Das Profil und die Beschaffenheit des Vorstrand des Untersuchungsgebietes hat Einfluss auf die in das Ufer eingetragene Wellenenergie und dient als Transportfläche und Depositionsgebiet für die am Strand verloren gegangenen Sedimente. Durch das schwache Vorstrandgefälle wird eine gute Dämpfung des einlaufenden Seegangs erreicht. Einen genaueren Blick in die Seegangcharakteristik des Untersuchungsgebietes bietet das Kapitel 6.3.

<sup>32</sup> Vgl. KOHLHASE 1996, S. 13

<sup>33</sup> nach Unterlagen der Dokumentationsstelle des STAUN Rostock

### 5.3.3 Tiefenverhältnisse



**Abbildung 17: Bathymetrie der Glowe-Bucht.** Quelle: Autor (nach Vermessungsdaten des STAUN Rostock aus 2007)

Die Lage des Untersuchungsgebietes an der Nahtstelle von einem glazialen Inselkern und einer Nehrung macht sich in der Gestaltung des Unterwasserhanges bemerkbar.

Allgemein ist aus dem Kartenbild ein unterschiedliches Gefälle des Unterwasserstrandes zu entnehmen. Der östliche Teil rund um das Königshörn ist relativ steil, der westliche Abschnitt in Richtung Schaabe ist dagegen flacher. Das bedeutet, dass auf der Höhe des Königshörn eine Verschiebung der Tiefenlinien in Richtung See eintritt.

*„Der im Untersuchungsgebiet unterhalb von -4 m NN angenähert küstenparallele Tiefenlinienverlauf wird durch die untermeerischen, nach NW gerichteten Ausläufer des Königshörn sowie eines weiteren etwa 0,8 km*



*westlich davon gelegenen Abrasionsrestes gestört, die sich schwach buhlenartig auf dem Unterwasserhang abzeichnen“.<sup>34</sup>*

Das Relief der Glowe-Bucht reicht also nur bis in ca. 4 m Wassertiefe und das Gefälle des Unterwasserhanges ist senkrecht zur Küste gesehen keinesfalls gleichmäßig sondern wird mit zunehmender Entfernung vom Ufer bis zur -4 m Isolinie zunächst immer geringer. Danach fällt der Seeboden stärker – das ist aus der Schaarung der -5 m bis -9 m Tiefenlinien zu erkennen. Auffällig seicht ist die Bucht im Zwickel zwischen der Flachküste und der Südmole des Hafens. Hier rückt die -2 m Tiefenlinie weit vom Ufer ab. Das ist, nach Meinung des Verfassers, auf die Schutzwirkung des Hafens vor Seegang und Strömung zurückzuführen was die Deposition von Feinmaterial auf dem Unterwasserstrand zur Konsequenz hat.

### 5.3.4 Sandriffe

Natürliche Riffe, die sich durch Seegang, Strömung und Wasserstand bilden, sind dynamische Vollformen. Das Material, aus dem Riffe aufgebaut sind, stammt vom Seegrund selbst und aus dem Abbruch eines im Rückgang befindlichen Kliffs.

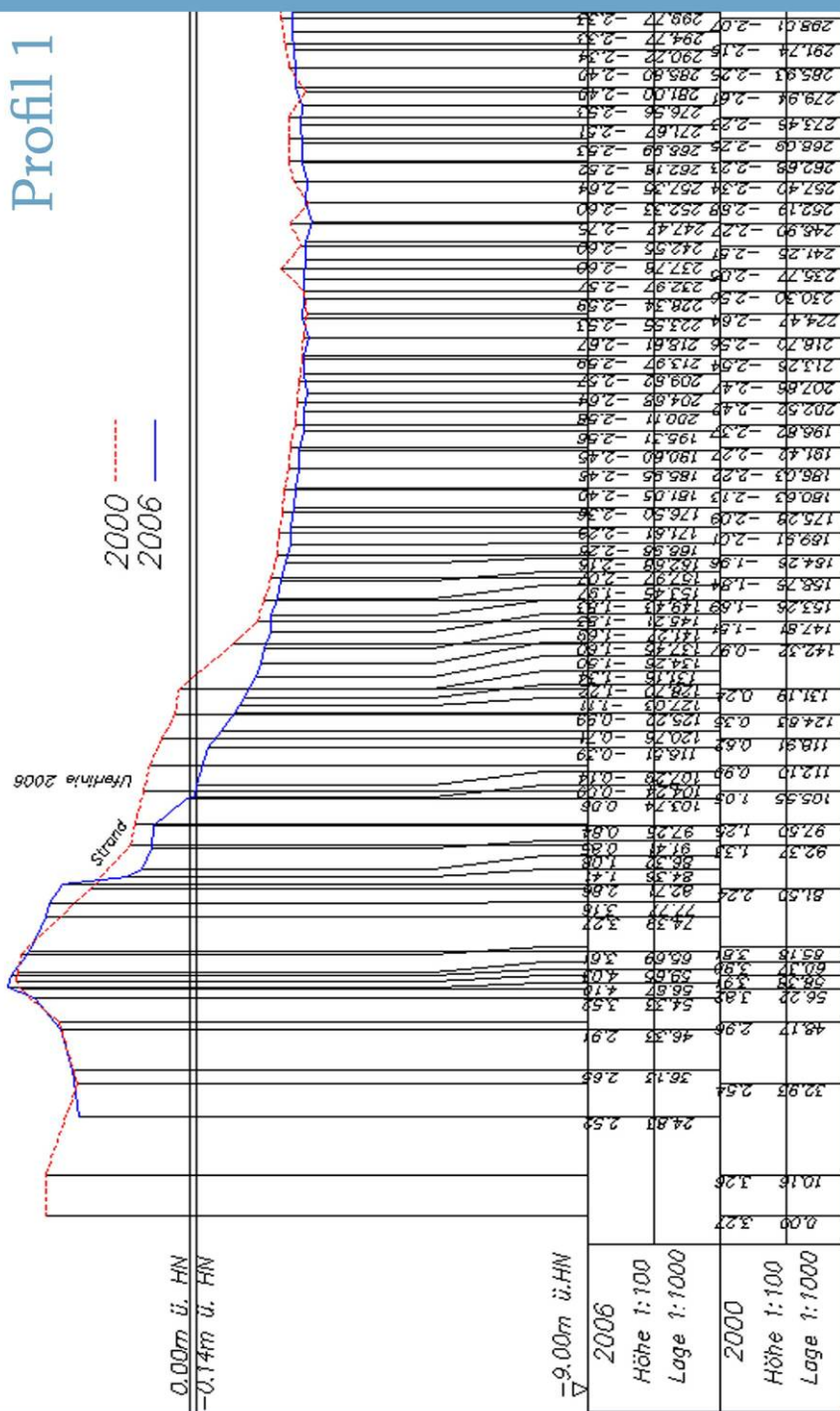
Wenn sich die Uferlinie verlagert, folgt meist das gesamte Riffsystem nach. An Riffen vor einer Küste wird bei Normalwetterlagen die ankommende Seegangsenergie häufig schon weitgehend umgewandelt, sodass nur noch eine Restenergie in die strandnahe Brandungszone eingetragen wird. Bei erhöhtem Wasserspiegel, beispielsweise bei Sturmfluten, geht die Schutzwirkung der Riffe für den Strand fast vollständig verloren. Die Wellen treffen nun ungedämpft auf das Ufer und können mit ihrer Brandungsenergie in kurzer Zeit viel Material an einer Küste umlagern.

Der Vorstrand in der Glowe-Bucht wurde stark durch die Aufspülungen zum Küstenschutz im Jahr 2000 überprägt. Auswertung von Fachliteratur<sup>35</sup> über die Bucht aus den 60er bis 90er Jahren zeichnet ein Bild ohne die Sandvorspülungen und damit einer „etwas natürlicheren“ Küste, auch wenn schon damals anthropogene Bauwerke und Küstenschutzmaßnahmen das Untersuchungsgebiet beeinflussten. Die Schorre der Glowe-Bucht war an einigen Stellen mit Kiesen bedeckt. Mehrfach waren buchtwärts verlaufende Sandbänke an den Strand angelagert.

<sup>34</sup> SCHINKE 1968, S. 6

<sup>35</sup> Vgl. Schriften von PLEWE, GELLERT, BRAUKHOFF, SCHINKE, KOHLHASE, FRÖHLE, u.a.

# Profil 1



**Abbildung 18 (letzte Seite): Profilschnitt durch Düne, Strand und Schorre in der Glowe-Bucht (KKM 43.400).** Die Grafik zeigt zwei unterschiedliche Vermessungen (Jahre 2000, 2006) in denen die Erosionscharakteristik der Glowe-Bucht zutage tritt. Der Uferverlust reicht bis in eine Tiefe von etwa 2,5 m. Der Schnitt aus dem Jahr 2000 zeigt die Küste unmittelbar nach einer Sandaufspülung. Die Neigung des Vorstrandbereichs ist bis in eine Tiefe von ca. 2 m durch die Küstenschutzmaßnahme erhöht (1,5°) danach fällt der Seeboden nur noch sehr wenig ein. Sechs Jahre später ist das Gefälle des Unterwasserstrandes geringer (1,2°) und wirkt insgesamt ausgeglichener, die Wasserlinie ging um etwa 37 m zurück. Quelle: STAUN Rostock (verändert)

Vor dem Strand waren auf dem Meeresgrund bis zu 100m lange und 0,5m hohe Sandbänke zu finden, die durch Spülrinnen voneinander getrennt wurden.<sup>36</sup> Diese Riffzone erstreckte sich am östlichen Ende des Untersuchungsgebietes, sprich auf der Schorre, die der Schaabe vorgelagert ist, bis zu 350m vom Ufer entfernt. Direkt in der Glowe-Bucht ging die Riffzone bis auf eine Breite von 100 – 150m zurück. Vor dem Strand waren und sind auch heute noch nur zwei Riffzüge vorhanden. GELLERT beobachtete dass das zweite, seewärts gerichtete Sandriff in längeren Zügen entwickelt war als die landwärts gelegene Sandformation.

Die Form und Ausprägung der Riffe wird zweifellos durch das Hafengebäude nachhaltig verändert. Eine Auswertung von Daten der Schorrenvermessung vom Frühjahr 2007 zeigt folgendes Bild: Im Bereich zwischen Hafen und Buchtenscheitel existieren zwei Sandriffstaffeln in einer Entfernung von 80 – 100 Metern vor der Uferlinie. Die Riffe fallen bei Niedrigwasser trocken und schließen damit die Bucht gegen die offene Ostsee ab. Die Riffe sind außerordentlich lagestabil. Luftbilder aus dem Zeitraum zwischen 1996-98 (Abbildung 55), also vor dem Neubau des Sportboothafens, sowie zwischen 2002 und 2006 zeigen die beiden Riffe als gelbliche Sandzüge die sich deutlich vom dunkleren Meeresgrund abheben.

Die Lage der Sandkörper hat sich bis heute nicht wesentlich geändert, während der Strand stark zurückgewichen ist.

## 5.4 Zusammenfassung der Küstengestalt im Untersuchungsgebiet

Der Küstenabschnitt im Untersuchungsgebiet Glowe-Bucht liegt im Übergangsbereich einer holozänen Nehrung zu einem pleistozänen Inselkern. und wird durch eine Flachküste gebildet, welche dann in ein Steilufer übergeht.

---

<sup>36</sup> Vgl. GELLERT 1991 (B), S. 370

Der etwa 800 m lange und etwa 15-30 m breite Strand der des Flachküstenabschnittes besteht aus feinem Quarzsanden mit wenigen eingestreuten Kiesbänken, und reicht bis zu einem kleinen Sportboothafen. Etwa 200 m vor der Marina verändert sich das Bild der Flachküste: Hier reich das Kornspektrum am Ufer von Tonen und Schluffen bis zu Blöcken. Diese Materialien sind Restsedimente von hier erodierten Geschiebemergeln des Inselkerns Jasmund, welcher an dieser Stelle beginnt. Durch selektiven Sedimenttransport hat sich an einigen Stellen des Sandstrandes ein Steinpflaster gebildet, welches das Ufer gegen anbrandende Wellen schützt.

Eine Besonderheit in der Glowe-Bucht sind starke Ansammlungen am Flachküstenabschnitt von abgestorbenem Blasentang im Spülsaum der Wellen, welcher in der Nähe der Hafentmolen liegt. Da die Pflanzenreste sich bei intensiver Brandung nicht im Spülsaum halten würden, kann dies als Indikator für die Dämpfung der Seegangenergie am Ufer durch den Wellenschatten der Marina gelten.

Östlich des Hafens wird das Ufer von einer Steilküste eingenommen. Diese besteht aus Geschiebemergeln über rügener Schreiekreide. Auf Höhe des Seebades Glowe taucht der Mergel unter den Meeresspiegel ab. Damit ist eine stetige Verringerung der Höhe des Kliffs verbunden. Direkt im Anschluss zum Hafen weist dieses nur noch eine Höhe von etwa 1 m auf. Die Steilküste wird bei erhöhtem Wasserstand, beispielsweise während einer Sturmflut, abgetragen. Das beweist das frisch angeschnittene Steilufer ohne Vegetation. Der vorgelagerte Strand ist etwa 10 – 15 m breit und aus Kiesen, Geröllen und Blöcken aufgebaut. Diese stammen aus abgebrochenen Uferpartien. Die Gerölle und Blöcke sind Restsedimente, welche für den Abtransport zu schwer sind und deswegen nach ihrer Freisetzung durch Uferabtrag am Strand liegen bleiben. Die großen Steine bilden verbreitete eine dichte Packung und schützen Strand und Steilufer gegen weitere Abrasion.

Der Seeboden des Vorstrandes entspricht im Wesentlichen den Charakteristika der Ufer. Vor der Steilküste besteht er aus Kreide und Mergel mit stellenweise dünner Auflage aus feinkörnigen Sedimenten, vor der Flachküste sind Sanden und Kiese auf der Schorre vorherrschend.

## 6 Meteorologische / hydrodynamische Randbedingungen

### 6.1 Das Klima im Untersuchungsgebiet

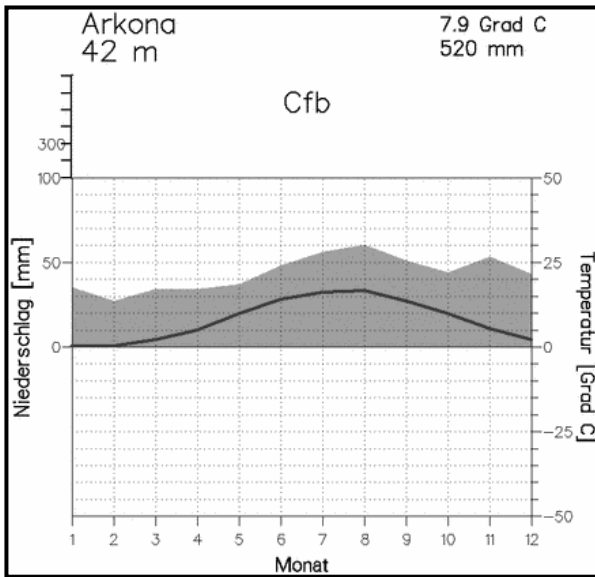


Abbildung 19: Klimadiagramm für die Station Arkona (1964-1990).  
Quelle: [www.klimadiagramme.de](http://www.klimadiagramme.de)  
(Stand 12.12.2007)

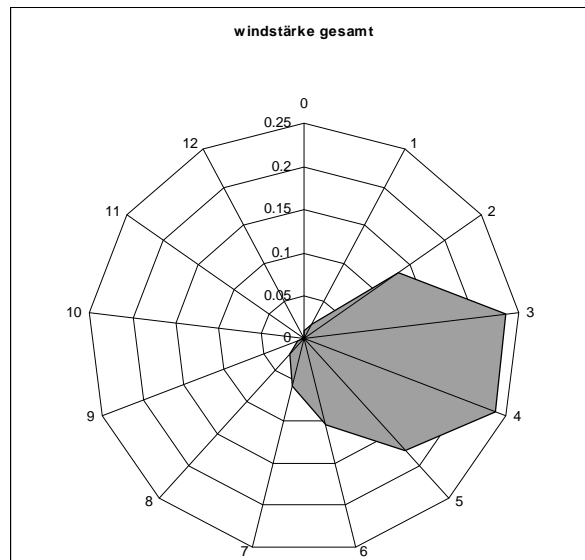
Das Klima Rügens und damit auch das Klima des Untersuchungsgebietes wird durch die maritime Lage im Norden Deutschlands und durch die Westwinddrift der Nordhemisphäre geprägt. Diese westliche Höhen- und Bodenströmung liegen zwischen dem subtropischen Hochdruckgürtel und den kalten polaren bis subpolaren

Luftmassen. Das westliche Höhenwindfeld befindet sich im Mittel über Zentral- und Südkandinavien. Es sind vor allem die Lage, die Stärke und die Krümmung dieser Westdrift in der Höhe, die entscheidend das Klima und die Wetterprozesse über der Ostsee beeinflussen. Die Strömung unterliegt allerdings großen zeitlichen Schwankungen. Die Intensität der Schwankungen ist mit der winterlichen Vertiefung bzw. der sommerlichen Abschwächung sowie der kurzzeitigen Variation des kalten Polarwirbels verbunden. Am Boden hat das beständige Tiefdrucksystem bei Island und der weniger stationäre Hochdruckkomplex bei den Azoren Einwirkung auf das Wettergeschehen im Ostseeraum. Davon ist insbesondere die südliche Ostsee betroffen, da hier im Gegensatz zum Norden die westlichen Luftströmungen mit atlantischem Tiefdruckwetter überwiegen.<sup>37</sup>

<sup>37</sup> Vgl. DUPHORN 1995, S. 60 f.

## 6.2 Windverhältnisse

Die Tromper Wiek, in welche die Bucht vor Glowe eingliedert ist, hat trotz ihrer 16km breiten Öffnung zur See bei vielen Windrichtungen eine ausgesprochene Leelage zu vorherrschenden Winden. Gegen die NW-Winde liegt sie weitgehend im Schutz von Wittow, gegen W- und SW- Winde in dem der Schaabe. Die hohen Küsten von Jasmund schirmen die Tromper Wiek gegen Luftbewegungen der Atmosphäre aus östlichen und südöstlichen Richtungen ab.<sup>38</sup> „Das hat zur Folge, dass auf der Seeseite der Schaabe häufig ablandige Wind auftreten, wobei die Windstärke am Strand infolge der Schattenwirkung der Dünen und des Uferwaldes oft um 2 Beaufortgrade geringer ist als in windoffenen Bereichen der Schaabe.“<sup>39</sup> Um die Windverhältnisse in der Glowe-Bucht zu beurteilen, wurden Winddaten der Jahre 1997 bis 2004 ausgewertet, die vom STAUN<sup>40</sup> Rostock freundlicherweise kostenlos zur Verfügung gestellt wurden. Die Daten enthielten Angaben zur Windgeschwindigkeit und Windrichtung. Die Verarbeitung von über 64000 Datensätzen führte zu einer Windstatistik, die in Tabelle 2 und Abbildung 21 dargestellt ist.

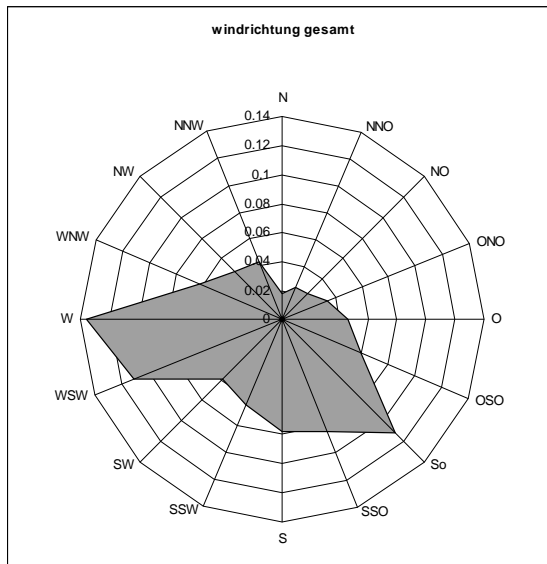


**Abbildung 20: Häufigkeitsverteilung für Windstärke der Station Varnkevit/Rügen im Zeitraum 1997-2004.** Quelle: Autor (nach Winddaten des STAUN Rostock)

<sup>38</sup> Vgl. PLEWE 1940, S. 4

<sup>39</sup> GELLERT 1965, S. 18

<sup>40</sup> STAUN – Staatliches Amt für Umwelt und Natur



**Abbildung 21: Häufigkeitsverteilung für Windrichtung der Station Varnkevit/Rügen im Zeitraum 1997-2004.** Quelle: Autor (nach Winddaten des STAUN Rostock)

Am häufigsten treten Winde aus westlichen und südwestlichen sowie aus östlichen Richtungen in Glowe auf. Sie wehen laut Statistik an rund 80% aller Tage im Jahr.

Bei diesen Wetterlagen ist der Wind in der Glowe-Bucht ablandig und das Ufer damit relativ gut gegen marinen Energieeintrag geschützt. Winde der Richtung NW bis ONO, die auflandig sind, Wellengang verursachen und damit Energie in Strand und Schorre eintragen sind mit knapp 19% Anteil eher selten.

Für die Küstenentwicklung in der Glowe-Bucht sind nach Meinung des Verfassers, die Starkwindereignisse aus nordwestlichen und nördlichen Richtungen von außerordentlicher Wichtigkeit. Bei dieser Windrichtung verlieren die Molen des Sportboothafens am Königshörn ihre schützende Wirkung vor Wellengang am Strand von Glowe, sodass dieser von den Kräften des Meeres voll getroffen wird. Die durch die Brandung eingetragene Energie könnte zum Sedimenttransport genutzt werden. Dadurch ließe sich der Uferverlust erklären. Statistisch gesehen kommen Starkwindereignisse der Richtungen N, NNW und NW (ab 5 Bf.<sup>41</sup>) mit einer Wahrscheinlichkeit von 5,95% aber nur selten vor.

<sup>41</sup> nach Beaufort Scala – siehe Anhang

**Summe - ID      Richtung (Kompass)**

Windstärke (bft)	N	NNO	NO	ONO	O	OSO	So	SSO
0	0.04%	0.02%	0.02%	0.02%	0.03%	0.04%	0.29%	0.13%
1	0.04%	0.06%	0.07%	0.03%	0.04%	0.13%	0.61%	0.37%
2	0.29%	0.39%	0.43%	0.35%	0.39%	0.78%	3.31%	2.75%
3	0.28%	0.35%	0.53%	1.14%	1.24%	1.84%	4.33%	3.35%
4	0.33%	0.44%	0.55%	1.02%	1.58%	2.16%	2.21%	1.45%
5	0.43%	0.59%	0.47%	0.41%	0.95%	0.90%	0.36%	0.27%
6	0.27%	0.31%	0.31%	0.27%	0.33%	0.14%	0.03%	0.04%
7	0.11%	0.14%	0.13%	0.08%	0.02%	0.00%	0.00%	0.01%
8	0.02%	0.05%	0.02%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
9	0.00%	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
10	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
11	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
12	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>1.80%</b>	<b>2.35%</b>	<b>2.53%</b>	<b>3.34%</b>	<b>4.58%</b>	<b>6.00%</b>	<b>11.14%</b>	<b>8.37%</b>

S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Gesamtergebnis
0.08%	0.04%	0.02%	0.01%	0.04%	0.03%	0.03%	0.03%	0.87%
0.14%	0.07%	0.06%	0.06%	0.07%	0.07%	0.09%	0.05%	1.95%
1.22%	0.74%	0.50%	0.37%	0.71%	0.38%	0.34%	0.30%	13.27%
2.62%	1.91%	1.39%	1.05%	1.54%	0.75%	0.59%	0.56%	23.46%
2.39%	1.97%	1.82%	2.23%	2.61%	1.05%	0.97%	0.84%	23.61%
1.05%	1.32%	1.55%	2.71%	3.34%	1.22%	0.96%	0.90%	17.45%
0.23%	0.34%	0.48%	2.69%	2.47%	1.03%	0.72%	0.70%	10.35%
0.03%	0.03%	0.06%	1.50%	1.71%	0.85%	0.53%	0.44%	5.66%
0.00%	0.00%	0.01%	0.47%	0.79%	0.46%	0.25%	0.33%	2.40%
0.00%	0.00%	0.00%	0.07%	0.22%	0.24%	0.10%	0.11%	0.75%
0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.05%	0.06%	0.04%	0.03%	0.19%
0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.01%	0.00%	0.01%	0.03%
0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%
<b>7.77%</b>	<b>6.42%</b>	<b>5.88%</b>	<b>11.17%</b>	<b>13.56%</b>	<b>6.17%</b>	<b>4.62%</b>	<b>4.30%</b>	<b>100.00%</b>

**Tabelle 2: Windstatistik für die Station Varnkevit/Rügen von 1997 bis 2004.** Quelle: Autor (nach Winddaten des STAUN Rostock)



## 6.3 Seegang

### 6.3.1 Vorbetrachtung



**Abbildung 22: Der Seegang in der Glowe-Bucht bei Wind der Stärke 6 aus WNW.** Die geringe Wellenhöhe ist auf die Schutzwirkung der Schaabe bei dieser Windrichtung zurückzuführen (Sommer 2007). Quelle: Autor

Unter Seegang werden im Allgemeinen die vom Wind erzeugten Oberflächenwellen der Meere verstanden. *„Wellen sind für die Geomorphologie von Stränden und Küsten entscheidend, da sie den größten Teil des Energieinputs in ein Strandsystem einbringen“*.<sup>42</sup> Der Seegang wird von Windgeschwindigkeit, Windwirklänge und Wassertiefe des Gewässers bestimmt.<sup>43</sup> Er besteht aus vielen verschiedenen Einzelwellen mit unterschiedlicher Wellenlänge, Wellenperiode, Wellenhöhe und Wellenrichtung. Die Wellenlänge ist dabei die Entfernung zwischen zwei Wellenbergen. Die Wellenperiode ist die Zeit, die zwischen den Durchgängen zweier Wellenberge an einem festen Ort vergeht. Die Wellenhöhe ist die Höhendifferenz zwischen dem Wellenkamm und dem Wellental.

Der Seegang hat seinen Ursprung in der Reibung sich bewegender Luftmassen mit der Wasseroberfläche. Nimmt der Wind an Stärke zu, vergrößert sich die Reibung und die Wellen werden höher. Neben dem Andauern des Windes ist die Wirklänge (Fetch) ein weiterer wichtiger Faktor. Damit ist diejenige Strecke gemeint, auf die Windeinwirkung auf die

<sup>42</sup> GOUDI 1995, S. 207

<sup>43</sup> Vgl. GIERLOFF, Emden 1980

Wasserfläche stattfindet. Die Wellenhöhe ergibt sich weiterhin aus der Größe des vom Wind beeinflussten Seegebietes, der Windstärke und der Dauer der Beeinflussung. Die effektiven Windwirklängen für den Bereich Glowe / Tromper Wiek für eine Wassertiefe von 10 m sind in Tabelle 4 dargestellt. Im Tiefwasser sind die Wellenhöhe, -periode und -richtung ausschließlich von den Parametern Windgeschwindigkeit, Windwirklänge, Dauer der Windeinwirkung und mittlerer Windrichtung abhängig. Damit entspricht die mittlere Wellenlaufrichtung im Tiefwasser der mittleren Windrichtung. Diese Situation ändert sich mit dem Übergang vom Tiefwasser zum Flachwasser. Die Wogen werden mit abnehmender Wassertiefe zunehmend

Windwirklänge Tromper Wiek / Glowe, Wassertiefe 10m					
	N		NE	E	
Windwirklänge in km	74	81	115	300	250

**Tabelle 3: Windwirklängen (fetch) für die Glowe-Bucht.** Quelle: Kohlhasse 1996

vom Relief des Meeresbodens beeinflusst, was sich in geringeren Wellenhöhen, kürzeren Wellenperioden und veränderten Wellenlaufrichtungen ausdrückt.<sup>43</sup> Der Charakter des Seegangs einer Küste bestimmt zusammen mit der Korngröße der lokalen Lockersedimente das Profil eines Strandes, weil brechende Wogen die vorher gleichmäßig gerichtete Wellenenergie in hochturbulente Wasserbewegungen wandeln, welche große Transportleistungen erbringen können. Es kommt so zur Umlagerung sonst stabil gelagerter Sedimentpartikel in der Brechungszone.<sup>44</sup> Die Wellenbewegung ist weiterhin die treibende Kraft von Strömungen, welche Materialien längst von Ufern verfrachten.<sup>45</sup>

### 6.3.2 Seegang in der Glowe-Bucht

Für die Lösung der beschriebenen Problemstellung am Seestrand der Glowe-Bucht ist es notwendig, auf das Seegangsklima des Untersuchungsgebietes näher, einzugehen da brandende Wellen den Sedimenttransport auf Strand und Schorre beeinflussen.<sup>46</sup>

Der Seegang ist in der Tromper Wiek und in der Glowe-Bucht infolge der Schutzlage gegen westliche und südliche Winde oft geringer als auf der offenen Ostsee. *„So kann auf der Ostsee außerhalb der der Tromper Wiek oft Seegang 3*

<sup>44</sup> Vgl. DEAN, DALRYMPLE, 2002, S. 35

<sup>45</sup> Vgl. GOUDI 1995, S. 207 ff

<sup>46</sup> Vgl. SCHRADER 1977, S. 457

oder 4 (leicht bzw. mäßig bewegte See) beobachtet werden, während in Teilen der Bucht Seegang 0 (Glattwasser) auftritt<sup>47</sup>.

Für Wellen aus nördlichen und nordöstlichen Richtungen gibt es keine Abschirmungseffekte, sodass der Seegang am Ufer wirksam werden kann.

Wellenhöhenklassen [m]	NW [%]	NNW [%]	N [%]	NNE [%]	NE [%]	ENE [%]	E [%]	Periode [s]
0,00-0,25	3.83	1.85	0.56	0.42	0.31	0.41	1.19	1.5
0.025-0.5	1.2	0.72	0.76	0.43	0.33	0.45	1.45	2.5
0.5-0.75			0.89	0.52	0.47	0.66	2.1	3.2
0.75-1			0.64	0.45	0.5	0.76	2.39	3.7
1-1.25			0.29	0.29	0.43	0.7	2.09	4.3
1.25-1.5			0.08	0.14	0.28	0.52	1.41	4.8
1.5-1.75			0.01	0.05	0.14	0.3	0.74	5.4
1.75-2				0.01	0.06	0.19	0.3	5.8
2-2.25					0.02	0.01		6.2
Summe	5.03	2.57	3.23	2.31	2.54	4	11.67	

**Tabelle 4: Seegangsstatistik Tromper Wiek für eine Wassertiefe von 10 m** (Richtungen NW, NNW: Wassertiefe 5 m), Quelle: KOHLHASE 1996

### 6.3.2.1 Simulation des Wellenausbreitung mittels SWAN

Um die Abschirmungseffekte der Mole des Sportboothafens gegen den Seegang abschätzen zu können, wurde aus Vermessungsdaten der Glowe-Bucht (Stand: Januar 2007) ein digitales 3D Modell des zu untersuchenden Seegebietes erstellt. In diesem Modell wurden die Vermessungsdaten trianguliert und linear interpoliert. So entstand eine 3D-Simulation mit einer Auflösung von 10 x 10 Metern, welche als Grundlage für die numerische Ermittlung der Seegangparameter in der Glowe-Bucht unter Anwendung des

Wellenhöhe [m]	NW [%]	NNW [%]
0,00-0,25	3.35	1.31
0.025-0.5	1.43	1.08
0.5-0.75	0.25	0.15
0.75-1		0.03
Summe	5.03	2.57

**Tabelle 5: Seegang in der Tromper Wiek infolge Diffraction bei Nordwestlichen Winden.** Quelle: KOHLHASE 1996

<sup>47</sup> Vgl. GELLERT 1965, S. 25

Programmsystems SWAN (Simulating Waves Near Shore) diene. Die mit diesem numerischen Entwurf berechneten Seegangparameter beinhalten die durch Windwirklänge und Windgeschwindigkeit eingetragene Energie sowie die Veränderung des Seegangs durch die Flachwassereffekte Refraktion, Shoaling, Wellenbrechen und Reibung.<sup>48</sup>

Für die Berechnungen wurden Werte für Wellenhöhen, Wellenperioden und Wellenlaufrichtungen aus einer Seegangsstatistik<sup>49</sup> benutzt. Die Ergebnisse wurden in einer Grafik ausgegeben.

### **6.3.2.2 Untersuchungsergebnisse**

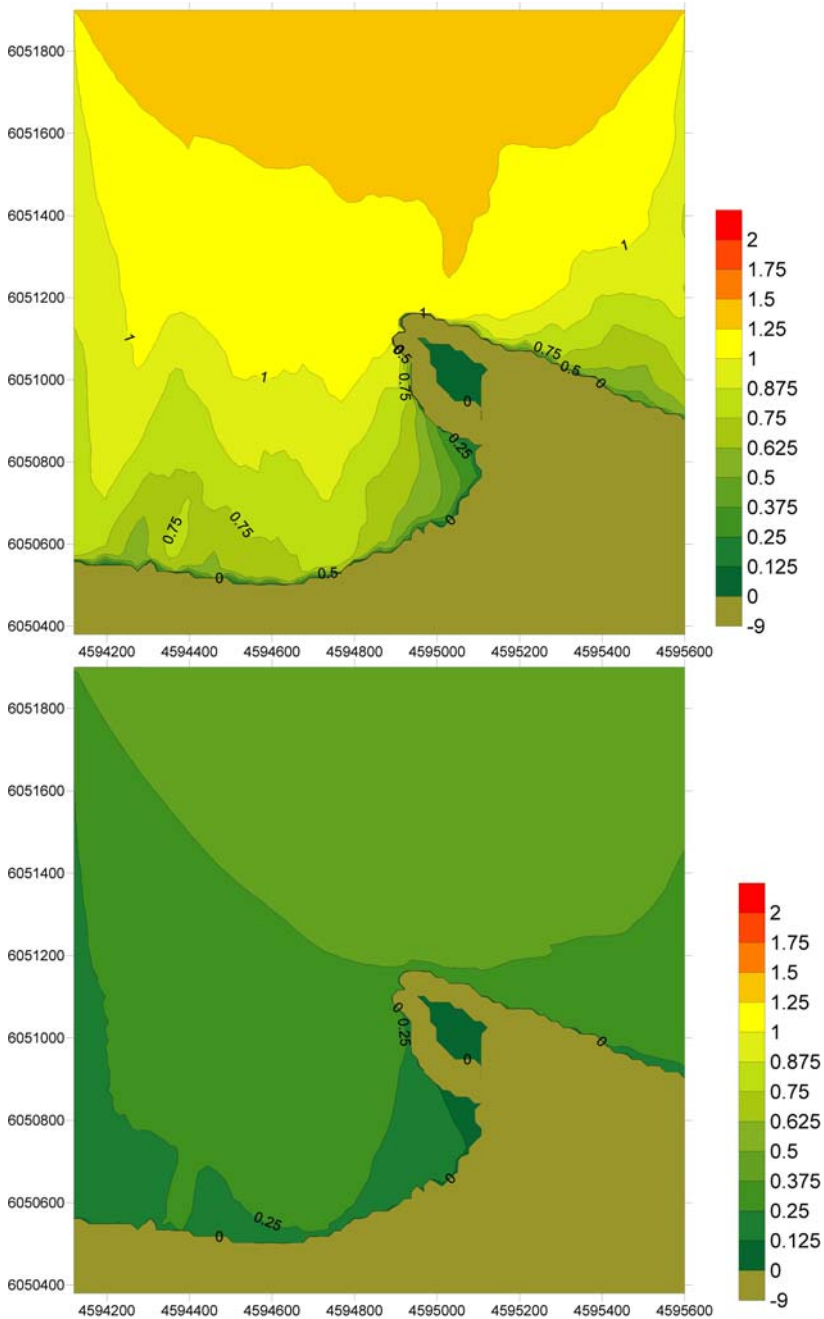
Die Beeinflussung des Seegangs durch die Molen des Hafens Glowe ist nicht zu vernachlässigen. Die Wirkung besteht in einer Verminderung der Wellenhöhe und der Veränderung der Laufrichtung.

Die Modifikationen der Höhe gestalten sich folgendermaßen: Bei Winden aus nördlichen Richtungen liegt der Wirkungsbereich der Wellenbrecher zwischen Sportboothafen und etwa KKM 43. 600. Auch wenn laut Abbildung 23 noch ein gewisser Prozentsatz an Brandung den Strand erreicht, werden die Wellen in einer Zone, die im Buchtenscheitel endet, durch das Hafenbauwerk deutlich reduziert. So geht die Wellenhöhe von 75 cm in 1m Wassertiefe (KKM 43.600) auf 0,25 m (KKM 44.100) zurück. Die Isolinie für 0,875 m hohe Wellen springt von etwa 150 m Uferentfernung (KKM 43.700) auf 300 m (KKM 43.900). Die Seegangbelastung von Strand und Schorre nimmt also von der Südmole des Hafens in Richtung Buchtenscheitel zunächst immer weiter zu und erreichen ihr Maximum an einem Strandabschnitt, welcher etwa zwischen KKM 43.600 und KKM 43.400 liegt. Im weiteren Uferverlauf Richtung Westen nehmen dann die Wellenhöhen in Ufernähe wieder ab. Dies ist auf eine Untiefe geologischen Ursprungs zurückzuführen. Sie befindet sich auf Höhe des KKM 43.100 und bewirkt eine lokale Verminderung des Seegangs. Dadurch liegt die Isolinie für 0,75 m Wellenhöhe auf der Abbildung 22 in ca. 200 m (KKM 43.200) statt ca. 20 m (KKM 43.500) Uferentfernung. Die Wellenhöhen am Ufer dürfen aber nicht überinterpretiert werden, da es durch die triangulare Interpolation der Vermessungsdaten, welche die Grundlage für die Simulation war, in Ufernähe zu einem leicht von der Natur abweichenden Geländeprofil kommen kann. Abweichungen machen sich im flachen Wasser besonders

---

<sup>48</sup> Vgl. MAI, DAEMRICH 2005 S. 60

<sup>49</sup> Vgl. Statistik des IWR in: KOHLHASE 1996, S. 9 f.



**Abbildung 23: Ergebnisse der Wellensimulation (Seegang aus Norden) für die Glowe-Bucht.** Rechts mit einer eingesteuerten Wellenhöhe von 1,4 m und einer Periode von 4,8 s, linke mit einer Wellenhöhe von 0,75 m und einer Periode von 3,2 s. Quelle: Autor (mit freundlicher Unterstützung des Institutes für Wasserbau der Universität Rostock)

Bemerkbar, weil bei durch einen Interpolationsfehler schnell aus Wasserfläche festes Land wird – anders als in Simulationsgebieten mit größeren Wassertiefen, wo geringe Unregelmäßigkeiten kaum Einfluss auf die Wellenausbreitung haben.

Bei einer eingesteuerten Wellenhöhe von 0,7 m aus Norden, welche laut Statistik an 0,68% aller Tage im Jahr im Untersuchungsgebiet vorherrscht, ist das Ergebnis dem weiter oben im Text beschriebenen ähnlich. Durch die verminderte Ausgangswellenhöhe ist die gesamte Seegangsbelastung in der Bucht freilich geringer. Zu Abschattungseffekten durch das Hafengebäude kommt es auch in dieser Simulation. Bei Nord- bzw. Nordwestwind ergibt sich ein ähnliches Bild: durch die veränderte Wellenaufrichtung können die Hafengebäude ihre Rolle als Protektoren gegen den Seegang aber nicht mehr so gut erfüllen wie bei Winden aus Nordwest. Die Schutzwirkung beschränkt sich bei zunehmender westlicher Wellenaufrichtung auf den Strandbereich, welcher in unmittelbarer Nähe zu den Hafengebäuden liegt.

Hinsichtlich der Wellenaufrichtung haben die Molen eine noch größere Wirkung: Hier reicht der Einfluss des Steindammes bis zum KKM 43.300. Die Wellenorthogonalen werden durch diesen gekrümmt und treffen dadurch in einem stumpferen Winkel auf das Ufer. Simulationen der Richtungen N, NNO, NO und O ergaben einen nahezu Küstennormalen Wellenanlauf für den Strand östlich des KKM 43.200. Die Abweichung der Wellenaufrichtung von der Ufernormalen betrug bei N fast  $0^\circ$  und bei O etwa  $10^\circ$ . Die Werte für NNO und NO lagen entsprechend dazwischen. Auf Strand und Schorre westlich der KKM 43.200 erlischt die Wirkung der Molen allmählich und die Wellenorthogonalen entsprechen der Wellenaufrichtung aus der offenen Ostsee.

Die Simulation mit dem SWAN-Modell erbrachte schlussendlich nur befriedigende Ergebnisse, weil der Wellenanlauf im Modell immer nur an einer Kante des zu untersuchenden Seegebietes eingesteuert werden kann. Bei einem recht kleinen Simulationsterrain wie der Glowe-Bucht ergaben sich bei Wellengang aus Nordwest und Nordost Randeffekte, welche das Endergebnis verfälschen. Genauere Untersuchungen, welche aber den Rahmen dieser Arbeit sprengen würden, wären nötig, um die Wellenausbreitung im Untersuchungsgebiet besser zu verstehen.

In diesem Fall helfen Fachliteratur und persönliche Beobachtungen weiter: Bei Winden aus nordwestlichen bzw. westlichen Richtungen liegt die Glowe-Bucht im Wind- und Wellenschatten von Wittow, bei Winden aus südöstlichen Richtungen in dem von Jasmund. Der aus nordwestlichen

Richtungen um das Kap Arkona bzw. aus südöstlichen Richtungen um Jasmund herum in die Tromper Wiek gelangende Seegang wird abhängig von der Anlaufrichtung durch Diffraktionseffekte abgemildert. Die zu erwartende Abminderung beträgt bei Nordnordwestwind ca. 45% bezogen auf die Ausgangswellenhöhen. Bei Nordwestwind ist mit einer Abmilderung auf 30% der ursprünglichen Wellenhöhe (gemeint ist die Höhe der Wellen auf der offenen Ostsee) zu rechnen. Analog dazu können die Veränderungen für die Wellenhöhen aus südwestlichen Richtungen betrachtet werden.<sup>50</sup>

Allgemein dürfte die Wellenbewegung vor Glowe nicht extreme Kräfte und damit heftigen Sedimenttransport erzeugen, weil zum einen die Bucht gegen starken Seegang der Hauptwindrichtungen aus der offenen Ostsee relativ gut abgeschottet ist und zum anderen weil der Unterwasserstrand ein geringes Gefälle hat. Dies war auch während zahlreicher Aufenthalte in Glowe im Sommer 2007 zu sehen. Auch bei stärksten Winden aus westlichen Richtungen (7 nach Bf.<sup>51</sup>) liefen am Strand nur Wellen mit einer geschätzten Höhe von 20 – 30 cm ans Ufer. Es fand kaum Aufwirbelung von Körnern in der Brandungszone statt. In einiger Uferentfernung waren die Wellen etwas größer und erreichten maximal 90 cm Höhe. Trotzdem ließ es sich in einem offenen, kleinen Boot noch gefahrlos arbeiten.

Ganz anders bei Seegang aus Norden: Schon nach einer Windwirkdauer von etwa einer Stunde (Windstärke 5-6) türmen sich bis zu 1,20 m hohe Wellen in der Glowe-Bucht.<sup>52</sup>

Die flach geneigte Schorre hat zur Folge dass der Seegang eine breite Zone zur Verfügung hat in der die Wellenenergie in die Küste eingetragen wird. Die Aufwirbelung der Sandkörner durch die Brandung konzentriert sich also nicht in einem Gebiet, sondern wird stark gestreut, was einen recht niedrigen punktuellen Kräftebetrag durch die brandenden Wellen zur Folge haben müsste. Eine andere Situation ergibt sich während einer Sturmflut: Durch die erhöhten Wasserstände reichen die Wellen bis an die recht steilen Küstenschutzdünen. Der Energieeintrag durch Seegang konzentriert sich damit auf einen schmalen Uferbereich, was an den entsprechenden Stellen eine starke Überformung der Küste zur Folge hat.

In der Nähe der südlichen Hafemole war die Brandung äußerst gering. Aber ausgerechnet hier konzentriert sich der Strandverlust in der Glowe-Bucht

---

<sup>50</sup> Vgl. KOHLHASE 1996, S. 6 ff

<sup>52</sup> nach eigenen Beobachtungen

besonders stark. Die geringe Seegangstätigkeit in der Nähe des Wellenbrechers lässt sich neben den Modellrechnungen auch durch das Vorhandensein von abgestorbenem Seetang im Spülsaum der Wellen und im Bereich des nassen Sandes nachweisen, welche sich bei starker Wellenaktivität nicht hier halten könnten und ausgewaschen würden.

Im Untersuchungsgebiet Glowe korrelieren Uferrückgang und Energieeinträge von winderzeugten Wellen nicht ohne weiteres miteinander. In der durch das Hafengebäude beruhigten Zone zeigt eine extrem geringe Neigung des Unterwasserstrandes und nach Meinung des Verfassers leichte Akkumulationstendenzen an, diese übertragen sich aber nicht auf das Ufer, welches dort, wie bereits beschrieben, zurückgeht.

## 6.4 Strömungsverhältnisse

Als Meeresströmungen werden in der Natur vorwiegend horizontale Wasserbewegungen in einem Gewässer bezeichnet. Die in zeitlicher wie auch in räumlicher Hinsicht zu beobachtenden Veränderlichkeiten von Strömungsgeschwindigkeit und -richtung sind ihre wichtigste Eigenschaft. Um die Problemstellungen in der Glowe-Bucht zu lösen, ist es nötig, Theorie und Beobachtungen aus der Natur in Übereinstimmung zu bringen.<sup>53</sup> Durch die Einwirkung von Winden können in der südlichen Ostsee drei verschiedene Strömungsarten auftreten: Zum einen Driftströme, welche durch Windschubkräfte verursacht werden, zum anderen Brandungsströme, die ihren Ursprung in den brandenden Wellen haben. Zum dritten sind Gefälleausgleichsströmungen zu nennen. Sie entstehen durch den Ausgleich von Wasserspiegelschwankungen.

Driftströme erzeugen großräumige, weite Wasserflächen umfassende Strömungsfelder. Treibende Kraft dieser Strömungen ist die Windenergie, welche durch Reibung des Wassers mit der Luft auf das Wasser übertragen wird, Wind- und Strömungsrichtung stimmen überein. *„In Küstennähe wird er [der Strom, d. Verf.] durch Stauerscheinungen allgemein in eine küstenparallele Richtung abgelenkt und ergibt die relativ gleichförmige Küstenströmung“*.<sup>54</sup>

Die Richtung und Geschwindigkeit von Brandungsströmungen ist vom Auftreffwinkel und der Höhe der Wellen sowie der Beschaffenheit und

---

<sup>53</sup> Vgl. SCHARNOW 1978

<sup>54</sup> SCHINKE 1968, S. 17



Neigung des Unterwasserstrandes abhängig. Sie sind auf eine küstenparallele Zone geringer Breiter beschränkt und keinesfalls auf längeren Strandabschnitten in ihrer Geschwindigkeit räumlich und zeitlich mit der Küstenströmung übereinstimmend. Die maximalen Geschwindigkeiten von Brandungsströmungen treten in der Hauptbrechungszone der Wellen auf. Minima werden an der Wasserlinie, am Übergang zwischen Strand und Schorre, erreicht. Von denen in ein Ufer induzierten, vom Wind herrührenden Energien ist die der Brandungsströme für sämtliche Abrasions- und Akkumulationsvorgänge im Strand- und Vorstrandbereich die bedeutendste.<sup>55</sup>

### 6.4.1 Modelle

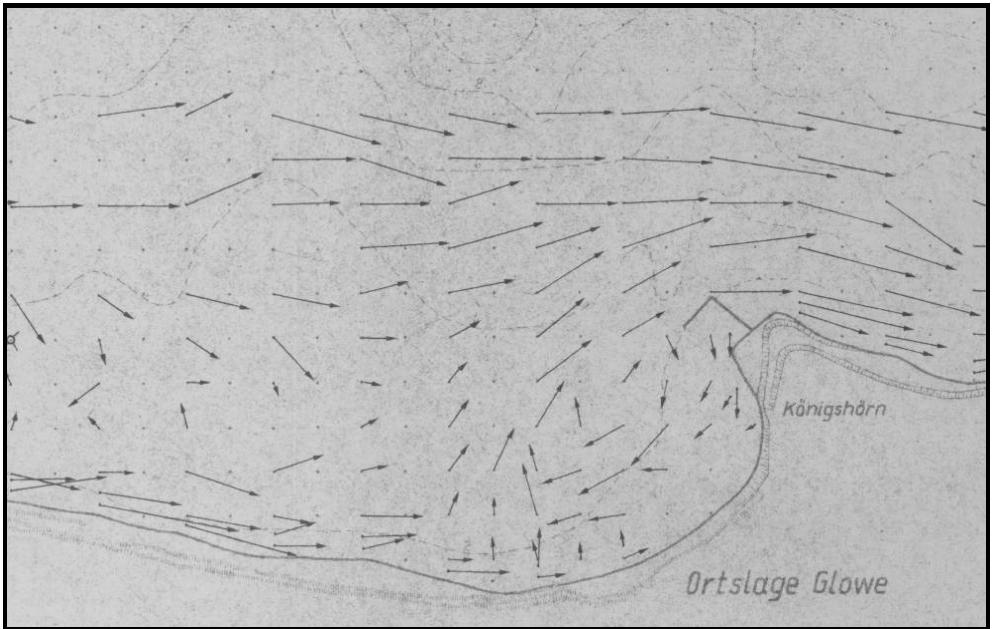
Als theoretisches Modell können Untersuchungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser und Grundbau, Potsdam im Jahr 1968 herangezogen werden. Für diese Modellversuche wurde ein Ausschnitt der Tromper Wiek im Bereich der Glowe-Bucht im Maßstab 1:50 in einem Wasserbecken mit einer Ausdehnung von 50 x 100 Metern nachgestaltet.

Das Strömungsbild des simulierten Wellenanlaufs in die Glowe-Bucht aus Richtung NW, der einzigen Richtung bei der die anlaufenden Wellen auf die gesamte Küste der Glowe-Bucht direkt auftreffen, hat eine lokalspezifische Charakteristik: Als Konsequenz des Wellenanlaufes (in Modell) entsteht im Westteil des Untersuchungsgebietes eine Zone mit einem ostwärts gerichteten Brandungsstrom. Dieser erlischt vor dem Weststrand der Bucht, wo der Wellenanlauf nahezu rechtwinklig zur Wasserlinie erfolgt, bzw. wird er hier in küstennormale Richtung abgelenkt, da im östlichen Teil der Glowe-Bucht eine ihm entgegen gerichtete Walzenströmung geringer Ausdehnung besteht. Die Ursache für diese rotierende Wasserbewegung liegt darin, dass das Königshörn samt dem dort errichteten Hafen für die allgemein Richtung Osten verlaufende Wasserbewegung einen Staupunkt darstellt, an dem aus dem Hauptstrom ein Teil abgespalten wird. Etwa 700 m westlich der Marina treffen Brandungsstrom und Walzenströmung aufeinander und erzeugen eine zur offenen Ostsee gerichtete Wasserbewegung, die in einiger Entfernung vom Ufer dann unter Beschleunigung und Richtungsänderung in den vor dem Königshörn in den Ostteil des Untersuchungsgebietes laufenden Strom aufgeht.<sup>56</sup>

---

<sup>55</sup> Vgl. SCHINKE 1968, S. 21 f.

<sup>56</sup> Vgl. SCHINKE 1968, S. 35



**Abbildung 24: Ergebnis von Modelluntersuchungen zur Strömungscharakteristik der Glowebucht.** Simuliert wurde ein Wellenanlauf aus NW bei Normalwasserstand. Unter diesen Bedingungen entwickelt sich eine Walzenströmung im Küstenabschnitt zwischen Hafen und Weststrand der Bucht, welche einen küstennormalen Sedimenttransport verursachen kann. Quelle: SCHINKE (1968)

## 6.4.2 Auswertung von Literatur

Vor Winden aus südlichen Richtungen ist der Raum Glowe, bedingt durch seine geographische Lage, geschützt, sodass sich bei diesen Wetterlagen kaum Strömungen entlang der Küste entwickeln können. Nur Winde aus nördlichen, westlichen und östlichen Richtungen sind im Stande das Wasser in der Glowebucht erwähnenswert in Bewegung zu bringen.

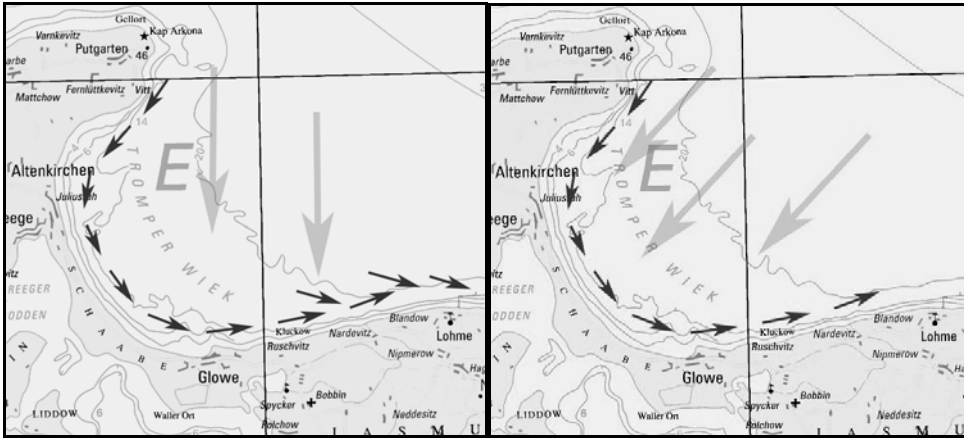
Starke Driftströmungen treten bei Stürmen aus westlichen Richtungen an der Nordküste von Rügen vor Kap Arkona auf, welche teilweise nach Süden in die Tromper Wiek abgelenkt werden.<sup>57</sup> PLEWE (1940) erwähnt dazu: „Die Tromper Wiek ist kein in sich geschlossenes Strömungssystem, sondern wesentlich abhängig von den Strömungen in der freien Ostsee, die ihrerseits wieder ganz unabhängig sein können von den jeweils über Nordostrügen wehenden Winden“.<sup>58</sup>

<sup>57</sup> Vgl. GELLERT 1965, S. 23 ff

<sup>58</sup> PLEWE 1940, S. 29

Die windinduzierten Wasserbewegungen der offenen Ostsee schwächen sich aber im Bereich der Glowe-Bucht ab. „In Buchten - beispielsweise in der Tromper Wiek - kommt es dabei zu örtlichen Strömungen, die sehr stark von der Windrichtung abweichen, ihr teilweise sogar entgegengerichtet sind“.<sup>59</sup>

Bei Luftmassenbewegungen aus den Richtungssektoren West bis Nordost stellt sich vor dem Ufer der Schaabe, und damit in Teilen der Glowe-Bucht, eine uferparallele Strömung ein, welche nach Südosten gerichtet ist, bei Ost- und Südostwinden kehrt sich diese Situation vor Glowe um.<sup>60</sup>



**Abbildung 25: Das Strömungsmuster der Tromper Wiek bei Nordwind und Nordostwind** welches die Strömungen vor der Ortschaft Glowe (Bildmitte unten) mit beeinflusst. Quelle: Autor (nach PLEWE 1940)

Das Königshörn mit dem dort angelegten Hafen bremst diese Küstenparallelströmung im ufernahen Bereich aus. Untersuchungen ergaben Stromgeschwindigkeiten von 6 cm/s in der Bucht selbst und 12 cm/s vor dem Königshörn bei Windstärke 4 Bf. Die Messungen wurden 200 – 280 m vor dem Ufer durchgeführt.<sup>61</sup> Bei linearer Zunahme der Strömungsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Windzunahme würden Winde der Stärke 10 Bf. Driftströmungen von etwa 30 cm/s im Bereich der Glowe-Bucht zur Folge haben. Erst ab dieser Strömungsgeschwindigkeit ist Materialtransport an sandigen Küsten möglich.<sup>62</sup> Es würden also nur bei

<sup>59</sup> GELLERT 1965, S. 26

<sup>60</sup> Vgl. GELLERT 1965, S. 26 f.

<sup>61</sup> Vgl. SCHRADER 1977, S. 456

<sup>62</sup> Vgl. GRIESSEIER, VOLLBRECHT 1955



**Abbildung 26: Strömungsmuster bei schwachen bis mäßigen Stromgeschwindigkeiten in der Glowe-Bucht.** Quelle: Autor (nach GELLERT 1965, Luftbild: Mit freundlicher Unterstützung der Universität Rostock)

stärksten Winden Transportprozesse auftreten, was aber aufgrund der schnellen Auswaschung des Strandes im Untersuchungsgebiet eher unwahrscheinlich ist, denn Stürme der Stärke 10 – 12 Bf. wehen nur an 0,24 % aller Tage im Jahr.<sup>63</sup> Die raschen Veränderungen der Uferlinie müssen folglich also noch weitere Ursachen haben.

GELLERT (1965) kommt in der Frage der Strömungsmuster vor Glowe zu folgendem Schluss: Aufgrund des am Königshörn errichteten Molenbauwerk können keine Strömungen aus östlichen Richtungen in die Glowe-Bucht eindringen. Von Nordwesten kommende Wasserbewegungen werden, wenn sie relativ schwach sind, vor der Glowe-Bucht abgelenkt. Nur starke Strömungen können in die Bucht eindringen und einen so genannten Neerstrom bilden (vgl. Abbildung 27). Dies hat die Auswaschung von Strandsedimenten bei Starkwind und eine nicht gewährleistete Nachlieferung von feinen, klastischen Materialien bei moderaten Wind- und damit Strömungsstärken zur Konsequenz.

<sup>63</sup> nach Windstatistik Arkona (siehe Kap.6.2)



**Abbildung 27: Veränderung des Strömungsmusters bei der Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit.** Quelle: Autor (nach GELLERT 1965, Luftbild: Mit freundlicher Unterstützung der Universität Rostock)

Einen Wasserstau effekt mit entsprechender Ausgleichsströmung beschreibt auch SCHRADER (1977): Das Abbremsen der Küstenparallelströmung durch das Königshörn führt zu einem Wasserstau in der Bucht bei Winden aus westlichen Richtungen. Dieser Stau muss durch eine entsprechende Wasserbewegung ausgeglichen werden. Das geschieht durch einen Strom nahe dem Ufer.

Da diese Schlussfolgerungen sich auf Untersuchungen stützen, die vor dem Bau der Hafentmolen durchgeführt wurden, ist anzunehmen, dass die beschriebenen Wasserstau effekte und Ausgleichsströmungen bei Westwinden in der Glowe-Bucht durch die Marina noch verstärkt werden. Die neuen Wellenbrecher sind größer und länger dimensioniert als die alte Mole, wodurch die Bucht einen wirksameren Abschluss nach Osten bekommen hat. Die Angaben von GELLERT und PLEWE beziehen sich überdies nur auf Vermutungen zur Strömungscharakteristik. Die wenigen Messwerte von SCHRADER enthielten keinen Richtungsvektor und keine Angaben zur Windrichtung. Diese bruchstückhafte Datenlage und die Erkenntnisse aus den Modelluntersuchungen von SCHINKE ließen eine praktische Strömungsuntersuchung in der Glowe-Bucht sinnvoll erscheinen.

## 6.4.3 Praktische Untersuchungen

### 6.4.3.1 Vorbetrachtungen

Die Morphologie des Strandes vor Glowé wird entscheidend durch die in der Bucht herrschenden Strömungen beeinflusst. Aufgrund der mangelnden Genauigkeit der fachwissenschaftlichen Angaben zur Strömungsdynamik war eine Überprüfung der Situation in der Natur notwendig. Für die Untersuchung wurde ein Gebiet festgelegt, welches sich zwischen dem Hafen und KKM 43.300 befindet. Das Gebiet umfasst insgesamt etwa 0,27 km<sup>2</sup>.

*„Obwohl die physikalischen Zusammenhänge weitgehend geklärt sind, ist es kaum möglich, die Strömungen eines solchen Gebietes theoretisch [...] oder durch Modellversuche hinreichend zu erfassen. Um zu quantitativen Ergebnissen zu gelangen, d.h. die Strömungen eines bestimmten Punktes im Gewässer nach Stärke, Richtung und zeitlichen Ablauf anzugeben, bleibt nur der Weg der unmittelbaren Beobachtung“.*<sup>64</sup>

Ausgangspunkt der Überlegungen war die Annahme eines Neerstroms vor Glowé bei NNW bzw. Nordwinden in einer Modellsimulation aus dem Jahr 1968 (vgl. Abbildung 24). Nach Meinung des Verfassers ist die ufernahe Ausgleichsströmung in Richtung des Buchtenscheitels ein entscheidender Faktor für den Sedimenttransport im seichten Bereich des Vorstrandes. Diese küstennormale Strömung im Buchtenscheitel könnte einen Erklärungsansatz für den Verbleib des in der Bucht aufgespülten Sandes und damit für den Uferrückgang in der Glowé-Bucht bilden. Wenn die küstennormale Wasserbewegung wie in den Modellversuchen existiert (siehe hierzu auch Strömungsbild der Bucht in Abbildung 27) und ausreichend stark ist, könnte diese Sedimente als Bodenfracht oder in Suspension quer über die Bucht bis zum Ende der Molen des Sportboothafens verfrachten. Von diesem Punkt aus müssten die transportierten Materialien dann in tieferem Wasser zwischen den Steinfeldern vor dem Königshörn verstreut werden.

### 6.4.3.2 Untersuchungsmethode

Zur Messung von Meeresströmungen gibt es grundsätzlich zwei Ansätze, die auf unterschiedliche Prinzipien zurückgreifen: Zum einen kann an vielen festen Punkten der dreidimensionale Strömungsvektor gemessen werden. Daraus wird dann ein Stromfeld mit Strömungslinien ermittelt und dargestellt.

---

<sup>64</sup> KURATORIUM FÜR KÜSTENINGENIEURWESEN (1993), S. 162

Diese Methode ist sehr aufwändig, da an jedem Messort im Untersuchungsgebiet ein einzelner Strömungsmesser aufgestellt werden müsste. Zum anderen besteht zur Strömungsmessung in Gewässern die Möglichkeit, die Wasserbewegung durch das Verfolgen des Weges eines einzelnen Wasserteilchens über ein genügend langes Zeitintervall zu ermitteln.<sup>65</sup> Nach genügend vielen Versuchsdurchgängen kann aus den Bahnkurven der Einzeluntersuchungen ein Strömungsbild erstellt werden. Im Rahmen dieser Arbeit kam die Methode der Verfolgung der einzelnen Wasserteilchen zur Anwendung. Zwar war auch für diese Untersuchungsmethode kein Messgerät vorhanden, aber es schien mit bescheidenen finanziellen Mitteln möglich, eines zu konstruieren. Nach Recherchen fiel die Wahl auf ein Messgerät in Form einer Boje.

#### **6.4.3.3 Messmethode**

In der Praxis liefen die einzelnen Messversuche folgendermaßen ab: Die Messboje wurde an einer bestimmten Stelle im Gewässer ausgebracht, von der Strömung erfasst und abgetrieben. Nach einer bestimmten Zeit wurde sie wieder eingeholt, die aufgezeichneten Daten vom Kurs des Schwimmkörpers ausgelesen und anschließend ausgewertet. Dieser Vorgang wurde an mehreren Punkten der Bucht wiederholt, bis ausreichend zuverlässige Aussagen über die Strömungssituation des Untersuchungsgebietes gemacht werden konnten.

#### **6.4.3.4 Die Messboje**

Um das Strömungsbild der Bucht vor Glowe zu erforschen wurde eine Driftboje entworfen, die den Wasserbewegungen folgt und diese dadurch anzeigt. Der Kurs des Messgerätes sollte möglichst digital gespeichert werden, um die Datenauswertung zu erleichtern.

Die Messungen mit einer Boje entsprechen folgendem Wirkungsprinzip: Der Wasserwiderstand, den ein still stehender Körper in einer bewegten Flüssigkeit hat, wird genutzt, um das Messgerät in exakt derselben Geschwindigkeit driften zu lassen. Ist dieser Zustand erreicht, ist die relative Geschwindigkeit der Boje zum Strom gleich null.

Nun sind aber die Kräfte der Meeresströmungen, die den Kurs des Schwimmkörpers bestimmen, nicht die einzigen, die auf den Körper der Boje wirken. Wind und Wellenenergie können zu erheblichen Kursverfälschungen

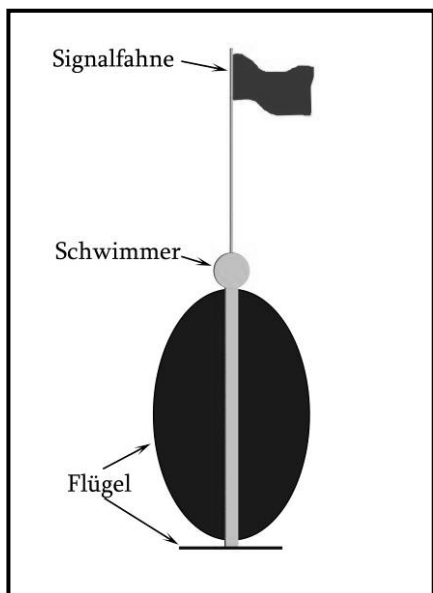
---

<sup>65</sup> Vgl. SCHARNOW 1978, S. 33

führen. Dieser Umstand machte folgenden Konstruktionsgrundsatz notwendig: maximaler Wasserwiderstand, minimaler Wind- und Wellenwiderstand. Als Konsequenz dieses Grundsatzes musste der größte Teil des Messgerätes unter Wasser liegen und der über die Wasseroberfläche ragende Teil der Boje möglichst strömungsgünstig gestaltet werden.

#### 6.4.3.4.1 Erster Prototyp

Um Basiserfahrungen mit Messbojen zu sammeln, entstand zunächst ein erster Prototyp. Diese Konstruktion bestand noch zum überwiegenden Teil aus Holz, hatte im oberen Teil einen Auftriebskörper aus Styropor und war mit einer Metallplatte am Fuß der Boje beschwert, um eine stabile aufrechte Lage im Wasser zu garantieren. Die Gesamtkonstruktion war etwa 3,5 kg schwer, hatte



eine maximale Höhe von 1,20 m und eine Breite von ca. 45 cm. Um einen großen Wasserwiderstand zu erreichen, wurden vier Flügel angebracht, die jeweils um 90° versetzt am unteren Teil des Messgerätes angebracht waren. Die Metallplatte am unteren Ende der Boje erfüllte neben ihrer Aufgabe als Gegengewicht noch eine weitere Funktion: Durch ihre horizontale Montage wirkte sie wie ein horizontaler Flügel und dämpfte damit die vertikalen Schaukelbewegungen bei Wellengang.

**Abbildung 28: Konstruktionskizze des ersten Prototyps**, Quelle: Autor

Die Messboje lag gut und stabil im Wasser, die Abdrift durch Wind war schon bei diesem ersten Typ gering. Große Wellen wirkten sich aber durch den geringen Tiefgang von knapp 60 cm noch zu stark auf den Kurs des Schwimmkörpers aus. Ein Problem war auch die nicht vorhandene Möglichkeit Messtechnik in die Boje einzubauen. Diese Mängel sollten mit dem Bau eines zweiten Messgerätes behoben werden.

#### 6.4.3.4.2 Zweiter Prototyp

Bei der Konstruktion der zweiten Boje sollte unter anderem die Möglichkeit bestehen, Technik wasserdicht im Messinstrument transportieren zu können.



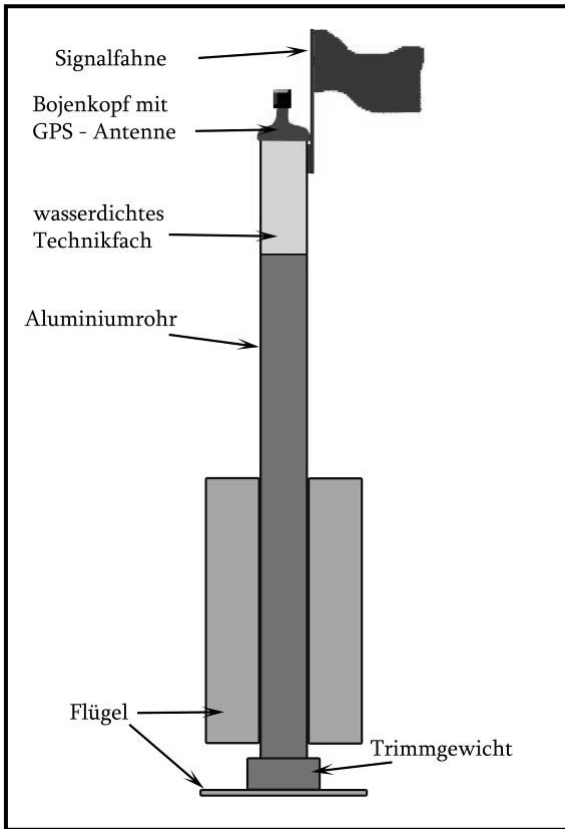
Weiterhin sollte der Tiefgang gesteigert werden, um die Abdrift durch Wellengang zu verringern. Für den Korpus wurden Kunststoffrohre mit einem Durchmesser von 10 cm gewählt. Im unteren Teil der Boje wurden vertikal ausgerichtete Flügel installiert, die, wie beim ersten Prototypen, jeweils um 90° versetzt waren. Übernommen wurde auch die horizontale Metallplatte am Fuß des Messinstruments. Im abnehmbaren Oberteil der Boje gelang der Einbau eines GPS-Gerätes, welches von der Universität Rostock freundlicherweise kostenlos zur Verfügung gestellt wurde. Nach einem Messversuch werden die Daten per Funk von diesem Gerät an einem Computer übertragen und können dann ausgewertet werden.

Abschließend wurde die Konstruktion mit ca. 2 kg schweren Gewichten ausgetrimmt, bis der gewünschte Tiefgang erreicht war. Der zweite Prototyp hatte ein Gesamtgewicht von ca. 7 kg, war mit Signalfahne 1,92 m hoch und maximal 50 cm breit.

Das Driftgerät bewährte sich bei Tests. Schwachstellen zeigten sich im Bereich des Technikfaches im oberen Teil Schwimmkörpers: Trotz intensiver Bemühungen gelang es nicht, es ganz wasserdicht zu konstruieren und das GPS-Gerät damit vor aggressivem Seewasser zu schützen. Weiterhin erwies sich die Boje aus Kunststoffrohr als nicht robust genug. Es war zu befürchten, dass sie beim wiederholten Einsatz in schwerer See ernsthaft beschädigt oder zerstört würde. Um störungsfreies Arbeiten bei rauer See zu garantieren, wurde eine baugleiche Messboje entworfen, welche aus widerstandsfähigeren Materialien bestand und garantiert wasserdicht war.

#### 6.4.3.4.3 Messboje Typ „DANA“

Die finale Konstruktion der Driftboje wurde auf den Namen „DANA“ getauft (DiplomArbeitsNaturmessungsApparatur). Der Korpus besteht aus Aluminiumrohr mit einer Wandstärke von 1 mm und 13 cm Durchmesser. Zur Erhöhung des Wasserwiderstands wurden Rohre gleichen Durchmessers und Materials wie die des Korpus jeweils um 120° versetzt an die Boje geschweißt. Im oberen Teil des Messgerätes befindet sich ein geräumiges, wasserdichtes Fach für den Data-Logger. Damit Messdaten aus dem Logger per Funk ausgelesen werden können, ohne die Boje zu öffnen, besteht der Kopf der Konstruktion aus robustem, dickem Gummi, welchen die Funksignale durchdringen können. Auf dieser Gummikappe sitzt die Halterung für die GPS-Antenne.



**Abbildung 29: Konstruktions-  
skizze der Messboje „DANA“,  
Quelle: Autor**

Getrimmt wird die Boje einerseits durch eine ca. 5 cm starke Aluminiumplatte, welche den unteren Abschluss der Konstruktion bildet, und zusätzliche Metallgewichte, welche je nach gewünschtem Tiefgang am Fuß des Driftgerätes montiert werden können. Mit den Trimmgewichten hat die Konstruktion eine Gesamtmasse von etwa 10 kg.

### **6.4.3.5 Messergebnisse**

Für die Auswertung der Messdaten, welche die Messboje lieferte, wurden die mit dem GPS erhaltenen Koordinaten zunächst mit freundlicher Unterstützung der Universität Rostock auf einem Luftbild dargestellt (vgl. Abbildung 31, Abbildung 33, Abbildung 34). Der Kurs wurde durch Punkte markiert, welche die Position des Schwimmkörpers in einem Intervall von 45 Sekunden markieren. Danach wurden die Strömungsgeschwindigkeit aus dem Abstand, welcher zwischen dem Auslegen und Einholen der Boje liegt und der mit Hilfe der GPS-Koordinaten ermittelt wurde, und mit Hilfe der Gesamtzeit des jeweiligen Einzelversuches berechnet. Für die Ermittlung der Strömungsgeschwindigkeit wurde also eine geradlinige Bahn des Driftkörpers vorausgesetzt.



Abbildung 30: Messboje und Begleitboot im Hafen Glowe. Quelle: Autor

#### 6.4.3.6 Strömungssituation bei westlichen Winden

Die Messungen mit der Driftboje „DANA“ erfolgten bei Windstärke 6-7<sup>66</sup> aus der Richtung WNW. Insgesamt wurde das Messgerät an sechs Punkten in der Glowe-Bucht ausgesetzt. Der leicht ablandige Wind verursachte bei Westnordwestwind nur sehr geringen Wellengang mit leichter Brandung am Ufer. Die Wellenhöhe betrug während der Untersuchungen etwa 0,5 m (im zentralen Teil der Bucht) bis etwa 1 m (vor der Hafeneinfahrt). Das Seegebiet liegt bei diesen Windbedingungen also im Schutz der Nehrung Schaabe.

Die Versuche bei Westwind weisen eine Besonderheit auf: Bei diesen Messungen war die Strömungsboje noch nicht voll ausgereift. Die Flügel für den Wasserwiderstand erwiesen sich als zu klein, was eine erhöhte windverursachte Abdrift zur Folge hatte. Aus diesem Grund wurden einzelne Werte einer später beschriebenen Korrektur unterzogen.

Die praktischen Versuche führten zu folgendem Ergebnis – Entsprechend der Windrichtung stellt sich auch die Strömungsrichtung in der Bucht ein: Es kommt zu einer Wasserbewegung nach Osten. Diese durch den leicht ablandigen Wind verursachte Driftströmung nimmt mit steigender Uferentfernung zu (vgl. Messpunkte 4, 5, 6 in Tabelle 6). Es wurden ungefähr 70 m vor dem Strand etwa 10 cm/s und im zentralen Teil der Bucht etwa 16 cm/s gemessen. Diese Driftströmung schwächt sich im östlichen Teil der Bucht immer mehr ab, um kurz vor dem Hafen fast ganz auf Null zurückzugehen (vgl. Messpunkt 3 in Tabelle 6) – die hier ermittelten 6,5 cm/s können zu einem großen Teil auf die weiter oben im Text beschriebenen Messfehler durch das noch nicht voll ausgereifte Messgerät umgelegt werden.

Es ist anzunehmen, dass das Erlöschen des Driftstromes in diesem Bereich auf die von GELLERT (1965) und SCHRADER (1977) erwähnten Wasserstaueffekte in der Bucht zurückzuführen ist. Die Topografie und das Hafengebäude geben der Bucht einen wirksamen Abschluss nach Osten und hemmen so den küstenparallelen Driftstrom. Diese Hemmung der Wasserbewegung verursacht vor dem Hafengebäude eine Ausgleichströmung nach Norden (vgl. Messung 1, 2 in Tabelle 6) welche eine Geschwindigkeit von etwa 5,4 – 6,8 cm/s hat. Bei diesen Zahlen handelt es sich um so genannte Korrekturwerte, bei denen nur der Bewegungsvektor nach Norden in die Berechnung der Geschwindigkeit mit eingeht. Die Drift in östliche Richtung wird bei den Korrekturwerten als Messfehler gewertet.

---

<sup>66</sup> Messung vom 31.07.07



**Abbildung 31: Messungen in der Glowe-Bucht bei Windstärke 6-7.** Quelle: Autor (mit freundlicher Unterstützung der Universität Rostock)

Es ist aber anzunehmen, dass in der Natur die Strömung nach Nordnordosten gerichtet ist. Somit liegt die tatsächliche Strömungsgeschwindigkeit an dieser Stelle der Bucht zwischen den ermittelten (13,8 (Messung Nr. 2) bzw. 10,89 cm/s (Messung Nr.1)) und den korrigierten Geschwindigkeiten.

Messung Nr.	Geschwindigkeit [cm/s]	Dauer [min,s]	Anfang Breite	[WGS-84] Länge	Ende Breite	[WGS-84] Länge	Distanz [m]
1	10,89 (6,84)*	5,20	54.574715	13.465208	54.574912	13.465629	34,85
2	13,8 (5,4)*	20,10	54.574108	13.463544	54.574697	13.465936	167,39
3	6,5	5,20	54.572534	13.466544	54.574096	13.466368	21,01
4	16,53	28	54.572413	13.461029	54.572172	13.464858	248,09
5	10,27	15,45	54.571235	13.463018	54.570684	13.464188	97,1
6	13,22	19,2	54.571029	13.457463	54.570666	13.45976	153,36

\*Korrekturwert

**Tabelle 6: Messergebnisse der Versuche bei WNW-Wind (Stärke 6-7),** Quelle: Autor

#### 6.4.3.7 Strömungen bei nördlichen Winden



**Abbildung 32: Das DANA-Messsystem im Einsatz.** Quelle: Autor

Bei Nordwind<sup>67</sup> der Stärke 5 Bf. wurden Naturmessungen an fünf Orten in der Glowe-Bucht durchgeführt. Danach mussten die Versuche aufgrund von zu starkem Seegang und technischen Problemen abgebrochen werden. Die Messergebnisse wurden in Abbildung 33 zusammengestellt. Für die Messungen bei Nord- und Ostwind wurde die Driftboje mit Zusatzflügeln ausgestattet. Dadurch steigerten sich der Durchmesser des Gerätes unter Wasser von etwa 40 auf über 90 cm und der Wasserwiderstand damit auf ein vielfaches des anfänglichen Wertes.

Die Strömung in der Bucht stimmt bei Nordwind nicht mit dem Wellenanlauf und der Windrichtung überein. Das ist auf die Strömungscharakteristik der Tromper Wiek zurückzuführen, in welche die Wasserbewegungen im Untersuchungsgebiet eingegliedert sind: Laut Fachliteratur<sup>68</sup> entsteht, wie in Abbildung 25 zu sehen ist, bei Nordwind eine küstenparallele Ostströmung entlang der Schaabe und Wittow. Diese streift auch die Glowe-Bucht und lenkt den Wasserstrom im Untersuchungsgebiet zunächst in östliche Richtung

---

<sup>67</sup> Messung vom 12.10.07

<sup>68</sup> Vgl. PLEWE 1940, S. 30



**Abbildung 33: Strömungen bei nördlichen Winden (Stärke 5).** Quelle: Autor (mit freundlicher Unterstützung der Universität Rostock)

(vgl. Messung 2, 3, 4 in Tabelle 7). Es entsteht somit ein ähnliches Strömungsmuster wie bei Westwind. Auch kommt es zu den im letzten Abschnitt beschriebenen Wasserstauerscheinungen vor dem Oststrand des Seebades. Die entsprechende Ausgleichsströmung in Hafennähe ist bei Nordwind gegen Wind- und Wellenanlauf gerichtet mit einem Unterschied: sie ist viel stärker als bei WNW. Dies drückt sich vor allem in den Korrekturwerten der Strömungsgeschwindigkeiten, welche ausschließlich die nördliche Komponente des Bewegungsvektors beinhalten, aus.

Messung Nr.	Geschwindigkeit [cm/s]	Dauer [min,s]	Anfang Breite	[WGS- 84] Länge	Ende Breite	[WGS-84] Länge	Distanz [m]
1	11(8,8)*	4,30	54.5754	13.46479	54.575614	13.465068	29,7
2	5,4	18	54.573851	13.463435	54.573638	13.464278	59,23
3	7,43	6,15	54.572093	13.459229	54.571895	13.459495	27,89
4	5,21	16,30	54.57143	13.462044	54.571048	13.462499	51,58
5	3,46	6,45	54.571008	13.463711	54.570881	13.463732	14

\*Korrekturwert

**Tabelle 7: Messergebnisse der Versuche bei N-Wind (Stärke 5),** Quelle: Autor

Der Maximalwert für die erste Messung beträgt 6,84 cm/s bei starkem bis steifem Wind aus WNW (ca. 45 km/h), der für mäßigen bis frischen Nordwind (ca. 28 km/h) etwa 8,8 cm/s. Geht man von einem linearen Verhältnis zwischen Windgeschwindigkeit und Strömung aus, erzeugt 45 km/h starker Wind aus Norden einen 14 cm/s schnellen Ausgleichstrom – mehr als doppelt so schnell wie bei Westnordwestwind.

Auffällig gestaltet sich der Driftversuch bei Nordwind: Der Kurs der Boje verläuft zunächst relativ geradlinig nach OSO um dann kurz vor dem Ende der Messung auf ONO zu schwenken. Eventuell markiert dieser abrupte Richtungswechsel den westlichen Anfang des Ausgleichsstromes in Richtung Hafeneinfahrt. Dies deckt sich mit der Lage eines Sandriffes, welches sich quer durch die Bucht in Richtung Hafen zieht (siehe hierzu Kap. 5.3.4).

Wie im ersten Versuch nimmt die Strömungsgeschwindigkeit mit zunehmender Ufernähe ab. Sie sinkt konkret von 7,43 cm/s (ca. 400 m Uferentfernung) auf 3,46 cm/s in der Nähe des Strandes. Zwischen dem Oststrand der Bucht und der Südmole des Hafens sind keine Messungen vorhanden. Wegen hohem Wellengang und technischen Problemen mussten die Versuche leider abgebrochen werden.

Diese Datenlücke kann durch Interpretation der vorhandenen Untersuchungen und Beobachtungen bei westlichen Winden, welche teilweise in Analogie zu denen bei Nordwind stehen, geschlossen werden.

Vor den Oststrand der Glowé-Bucht sind keine starken Strömungen zu erwarten, denn hier kommt es vor dem Hafen, ähnlich wie bei Westwind, zu Wasserstauerscheinungen des windinduzierten, annähernd küstenparallelen Driftstroms. Das Königshörn und die Molen der Marina schaffen einen wirksamen Abschluss der Bucht nach Osten und bremsen die beschriebene Wasserbewegung auf einen minimalen Wert ab.

Außerdem treffen die Wellen bei Nordwind annähernd küstenparallel auf das Ufer und erzeugen somit keinen Brandungsstrom.<sup>69</sup>

#### **6.4.3.8 Strömungen bei östlichen Winden**

Am 24.10.2007 wurden Strömungsmessungen an insgesamt sechs Stellen vor Glowé durchgeführt. Zu dieser Zeit wehte der Wind aus Ostnordost mit der Stärke 7-8 Bf. Bei dieser Windrichtung schirmen die Hafemolen der Marina Glowé die Bucht gegen Seegang ab. Nur durch die Refraktion laufen Wellen

---

<sup>69</sup> Vgl. SILVESTER, HSU 1993, S. 211 f.





**Abbildung 34: Strömungen bei östlichen Winden (Stärke 7-8).** Quelle: Autor (mit freundlicher Unterstützung der Universität Rostock)

mit abgemilderter Höhe an den Strand. Auf der offenen Ostsee betrug die Wellenhöhe etwa zwei Meter, im zentralen Teil des Untersuchungsgebietes waren die Wogen nur noch etwa einen Meter hoch.

Die Strömungssituation bei östlichen Winden unterscheidet sich grundlegend von der bei West- und Nordwind: Die Drift ist nach Südwesten gerichtet.

Messung Nr.	Geschwindigkeit [cm/s]	Dauer [min,s]	Anfang Breite	[WGS-84] Länge	Ende Breite	[WGS-84] Länge	Distanz [m]
1	21,27(28,8)*	22,3	54.576217	13.465435	54.574833	13.46167	287,15
2	10,13	15,45	54.574727	13.464525	54.573962	13.463839	95,8
3	9,3	29,15	54.57304	13.465348	54.572119	13.463347	164,58
4	5,9**	30,45	54.572643	13.466962	54.571704	13.466409	110,25
5	6,05	18	54.571241	13.464042	54.57095	13.46315	65,39
6	11,9	6,45	54.571366	13.460298	54.571219	13.459594	48,2

\*Maximalwert, \*\*zeitweise Grundberührung

**Tabelle 8: Messergebnisse der Versuche bei ONO-Wind (Stärke 7),** Quelle: Autor

Die Strömung vor dem durch die Hafentmolen geschützten Oststrand ist mit 5,9 cm/s nur sehr gering. Die Messungen gestalteten sich hier aber schwierig, weil dieser Teil der Bucht zu seicht für die Driftboje war. Der Schwimmkörper hatte teilweise Grundberührung, was die Ergebnisse eventuell verfälscht.

Der durch die Schutzwirkung der Marina strömungsberuhigte Küstenabschnitt reicht mindestens bis zur Messstrecke Nr. 5. Hier trieb das Messgerät in 18 Minuten mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 6,05 cm/s nur 65 m weit. Bei Untersuchung Nr. 6, welche etwa 150 m weiter westlich durchgeführt wurde, verdoppelte die windinduzierte Wasserbewegung ihren Wert gegenüber Messung 5 auf 11,9 cm/s. Dieser Teil der Bucht liegt damit offensichtlich nicht mehr im Strömungsschatten des Hafens.

Bemerkenswert hoch sind die Geschwindigkeiten des Wassers nördlich der Molen. Messung Nr. 1 ergab eine mittlere Geschwindigkeit von 21,27 cm/s, in den ersten drei Minuten trieb der Schwimmkörper sogar mit 28,8 cm/s(!) durch die Ostsee. Diese Werte haben ihren Ursprung in einem kräftigen Brandungsstrom, welcher an der Steilküste östlich des Hafens entsteht, und einer Düsenwirkung der Molen selbst. Ostwind erzeugt in der Tromper Wiek die höchsten Wellen (vgl. Kap. 6.3.2). Die schräge Anlaufrichtung des Seegangs am Steilufer Jasmunds und die intensivierte Brandung am Ufer durch einen steilen Unterwasserstrand, begünstigen starke ufernahe Strömungen. Die Marina am Königshörn verengt mit ihren Wellenbrechern den Seeraum für die westwärts gerichtete Wasserbewegung und drängt den Strom leicht nach Norden ab – es kommt zu einer Düsenwirkung und damit zur Geschwindigkeitserhöhung. Nach dem nördlichen Passieren der Wellenbrecher fächert sich die Strömung auf: Teilweise wird sie in die Bucht vor dem Seebad gelenkt, der Hauptstrom fließt aber in Richtung WSW auf das Ufer der Schaabe zu. Das Einschwenken wird durch die Messung Nr. 2 und Nr. 3 erfasst. Mit 10,13 cm/s bzw. 9,3 cm/s liefern diese moderate Geschwindigkeitswerte. Derjenige Teil der Strömung, welcher in die Bucht abknickt, ist also noch etwa halb so schnell wie der Ausgangsstrom in Messung Nr. 1.

Zusätzlich veranschaulicht wird die Strömungscharakteristik im Untersuchungsgebiet durch die Abbildung 34. Das den Messwerten unterlegte Luftbild wurde zufällig bei Ostnordostwind aufgenommen, das ist der Wellenrichtung auf dem Foto zu entnehmen. Die bei dieser Windrichtung, wie beschrieben, intensivierte Brandung wirbelt vor dem Steilufer Jasmunds feinkörnige Sedimente auf, welche dem Wasser auf dem Bild eine gelbliche

Trübung verleihen. Diese zieht sich wie ein Band nördlich der Hafentmolen entlang und markiert damit die ungewöhnlich schnelle Strömung, welche in Messung Nr. 1 erfasst wurde. Nach dem Passieren der Wellenbrecher teilt sich der Strom des eingefärbten Wassers fächerförmig in südliche Richtungen auf und der erst relativ scharf begrenzte Bereich des mit Feinkornfraktionen beladenen Wassers nimmt eine schwer abzugrenzende, flächige Gestalt an.

#### 6.4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Um die Strömungscharakteristik der Glowe-Bucht zu erfassen, wurden bei allen Windrichtungen, welche im Untersuchungsgebiet Wellengang erzeugen können, Messungen mit einer selbst konstruierten Driftboje durchgeführt.

Dabei ergaben sich im Wesentlichen zwei unterschiedliche Strömungsmuster: Das Eine wird durch eine nach Südosten gerichtete Driftströmung aus der Tromper Wiek, das Andere durch einen starken Brandungsstrom der Kliffküste östlich des Königshörn beeinflusst.

Die charakteristischen Driftströme entstehen bei Winden aus nördlichen und westlichen Richtungen in der Tromper Wiek und treffen mit einem Winkel von etwa 70° auf das Ufer vor dem Seebad. Da die Bucht durch das Königshörn und den davor angelegten Hafen einen wirksamen Abschluss nach Osten bekommt, staut sich das Wasser hier. Dieser Umstand führt zu einer Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit in Ufernähe und einem nordwärts gerichteten Ausgleichsstrom vor den Molenköpfen der Marina.

Bei Ostwind schwenkt ein vor der Steilküste Jasmunds entstehender, starker Brandungsstrom teilweise in die Glowe-Bucht ein. Dieser zieht sich dann vom Hafen aus quer über das Gewässer, um etwa auf Höhe des KKM 43.500 auf das Ufer zu treffen. Hier geht er in den Brandungsstrom der östlichen Schaabe über und folgt dann küstenparallel dem Ufer.

Auffällig ist, dass vor dem Oststrand der Glowe-Bucht keine starken Strömungen auftreten. Weder die Driftströme aus der Tromper Wiek noch der Brandungsstrom von den Ufern Jasmunds können diesen durch das Hafengebäude geschützten Küstenabschnitt erreichen.

Die in Modellversuchen entdeckte Neerströmung in der Bucht<sup>70</sup> (vgl. Kap. 6.4.1) bei Westwind wurde nicht nachgewiesen. Das kann mehrere Ursachen haben: Zum Einen entwickeln sich bei dieser Windrichtung nur sehr schwache Driftströmungen in der Tromper Wiek und der Glowe-Bucht, zum Anderen

---

<sup>70</sup> Vgl. SCHINKE 1968, S. 27 ff

verlaufen diese, anders als im Modell von SCHINKE, in südöstlicher Richtung und nicht genau nach Osten. Eventuell tritt die auch von GELLERT (1968) beschriebene Walzenströmung (vgl. Abbildung 27) nur bei sehr starken Winden aus West bis Nord und damit kräftigen Driftströmungen auf. Die zur Überprüfung notwendigen Driftversuche auf der offenen Ostsee sind jedoch wegen eines sich schnell aufbauenden Wellengangs bei diesen Wetterbedingungen nur noch unter schwersten Bedingungen möglich.

Die Anzahl der Strömungsmessungen in der Glowe-Bucht blieben im Rahmen dieser Diplomarbeit leider begrenzt. Dieser Umstand ist dem im Sommer und Herbst 2007 ungünstigen Wetterverhältnissen zuzuschreiben. So wehten ab Juli bis Oktober praktisch drei Monate lang vorrangig Winde aus südwestlichen Richtungen, welche in Glowe, wie weiter oben im Text beschrieben, ablandig sind, und laut Fachliteratur keine relevanten Wasserbewegungen in der Bucht erzeugen können. Nur einmal traten Winde aus Richtung Norden und aus Richtung Osten auf.

Als Hindernis erwies sich auch der hohe organisatorische Aufwand, bevor eine Messung überhaupt durchgeführt werden konnte: Für die Versuche wurden mindestens zwei Personen und ein Begleitboot benötigt. Da es nicht gelang, vor Ort ein Boot zu mieten, wurde ein 4 m langes Wasserfahrzeug mit 25-PS-Motor freundlicherweise von der Universität Rostock zur Verfügung gestellt, welches allerdings in Rostock untergebracht war und für jeden Messtag erst nach Glowe und zurück transportiert werden musste. Die Fahrt in das Untersuchungsgebiet (130 km) sowie das Zuwasserlassen des Begleitbootes kosteten viel Zeit, sodass bei günstigen Windbedingungen nur zwei bis drei Stunden pro Tag für das Aussetzen der Boje zur Verfügung standen. Dieser Zeitraum ist für die Erfassung des Strömungsmusters bei einer speziellen Windsituation viel zu kurz bzw. das Messgebiet ist zu groß, um ein vollständiges Bild von den atmosphärisch verursachten Wasserbewegungen zu erhalten.

Überhaupt erwies es sich als großer Nachteil, „nur“ eine Driftboje auslegen zu können. Für einen effizienten Ablauf der Messungen wären nach Meinung des Verfassers mindestens drei bis vier Schwimmkörper nötig.

Auch das Wasserfahrzeug erwies sich für das Wellenverhältnis der Ostsee als zu klein. Bei Winden aus nördlichen Richtungen türmen sich in der Bucht schnell Wellenberge von bis zu 1,5 m. Bei diesen Bedingungen wird das Arbeiten in einem kleinen offenen Boot, zumal bei niedrigen Wasser- und Lufttemperaturen im Oktober, schnell zur Gefahr. Die Strömungsmessungen bei Nordwind mussten aus diesem Grund leider vorzeitig abgebrochen werden.

Um ein Seegebiet vom Ausmaß der Glowe-Bucht auf seine lokalen Küstenströmungen zu untersuchen, ist ein hoher technischer und finanzieller Aufwand nötig. In Kombination mit auf die Versuche bezogenen sehr unglücklichen Windverhältnissen im Sommer und Herbst 2007 und der relativ einfachen technischen Ausstattung können die Untersuchungsergebnisse lediglich Einblicke in die Charakteristik der lokalspezifischen, windverursachten Küstenströmungen vor dem Seebad Glowe bieten.

## 7 Die Küstenentwicklung im Untersuchungsgebiet

An der Formbildung des Strandes der Glowe-Bucht wirken Komponenten aus vier verschiedenen Bereichen mit. Zu allererst die Lithosphäre mit ihren lokalen Fest- und Lockergesteinstypen. Dazu kommen die Einflüsse der Atmosphäre durch Niederschläge, Winde und Temperaturen. Die Bewegungen der Lufthülle der Erde induzieren ihrerseits Energien in die ozeanische Hydrosphäre, welche sich in Wellen und Strömungen ausdrücken und so formbildend im Untersuchungsgebiet wirken. Letztlich gestaltet auch der Mensch aktiv die Küstenentwicklung und die Morphologie der Bucht vor der Ortschaft Glowe. Die Anthroposphäre besteht hier aus einem künstlich errichteten Hafen, wasserseitigen und landseitigen Küstenschutzmaßnahmen in der Glowe-Bucht.

*„Erscheinen Landschaftsformen im Binnenland als etwas Beständiges, so unterliegen demgegenüber gerade die Küstenstreifen einem natürlichen, ständigen Formen- und Gestaltwandel [...] Es ist das stete Streben nach einer natürlichen Gleichgewichtseinstellung zwischen endogenen dynamischen Prozessen, kurz- und langfristigen Wasserstandsschwankungen, den Wirkungen des einlaufenden Seegangs, den morphologischen Formen und der sedimentologischen Ausbildung des Meeresbodens, was als Antrieb für diese ständige Umformung wirkt“<sup>71</sup>*

In diesem Kapitel sollen im Wesentlichen drei Kernfragen beantwortet werden: Woher kommen die Sedimente, welche den Flachküstenabschnitt Glowe-Bucht gestalten? Wie und in welche Gebiete wird Material transportiert und welchen Einfluss hat das am Königshörn errichtete Hafenbauwerk auf die

---

<sup>71</sup> HUPFER et al, S. 243

Küstengestalt? Der anschließende Abschnitt erklärt zunächst einige Grundlagen zum Materialtransport an sandigen Küsten.

## 7.1 Sedimenttransport an sandigen Küsten

Brandungsküsten, so wie die vor dem Seebad Glowe, sind dynamische Naturräume, welche sich den angreifenden hydrodynamischen Kräften anpassen.

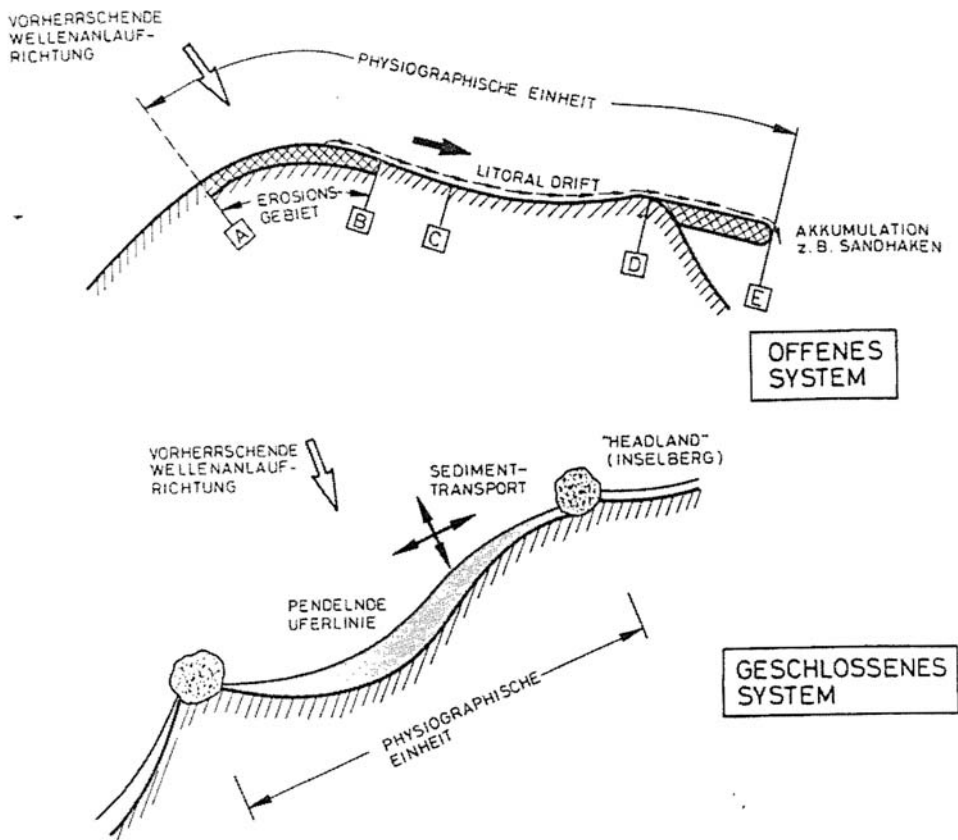


Abbildung 35: Physiographische Einheiten mit offenem und geschlossenem System.  
Quelle: Kohlhasse 1992

„In der Verbindung mit morphologischen Veränderungen einer sandigen Brandungsküste [...] ist der aus der Geomorphologie stammende Begriff *physiographische Einheit gebräuchlich*“.<sup>72</sup> Die Tromper Wiek bildet eine physiographische Einheit aus den Inselkernen Jasmund und Wittow, zwischen denen sich die Nehrung Schaabe spannt. Die Veränderungen im Küstenraum durch den Sandtransport entlang eines Ufers hängen entscheidend davon ab, ob es sich bei der Betrachtung der Küste als eine physiographische Einheit um ein geschlossenes oder ein offenes System handelt.<sup>73</sup>

Ein geschlossenes Sandsystem wird durch einen Küstenabschnitt repräsentiert, welcher durch Landvorsprünge gegen einen Sedimentverlust an benachbarte Küstenabschnitte geschützt ist. Diese in

Abbildung 35 „Headlands“ genannten, markanten Uferabschnitte sind Endbarrieren für Sedimentverfrachtungen. Die den Transport hemmenden Landformen können durch Inselberge oder Halbinseln aus morphologisch hartem Material gebildet werden, zwischen welchen sich eine halbmondförmige Bucht mit Sandstränden erstreckt. Innerhalb dieser Buchten pendeln die Sedimente je nach vorherrschenden Seegangsverhältnissen hin und her.

Offene Systeme haben keine Endfestpunkte. Material, welches durch den küstenparallelen Transport an eines der Enden des Küstenabschnittes gelangt, wird aus dem System abtransportiert und geht für Strand und Schorre verloren.<sup>73</sup> (Welches System die Glowe-Bucht repräsentiert, klärt das Kap. 7.4.1.)

Dabei werden Veränderungen im Küstenprofil, wie sie auch in der Topographie stattfinden, hauptsächlich durch die freiwerdende Seegangsenergie der brandenden Wellen und die lokalen Küstenströmungen verursacht. Diese Verfrachtungen können entsprechend ihrer Bewegungsrichtung in zwei unterschiedliche Kategorien eingeteilt werden: in Längstransport und Quertransport. Für wissenschaftliche Untersuchungen werden die beiden Bewegungsrichtungen getrennt voneinander betrachtet, in der Natur laufen sie jedoch immer simultan ab.<sup>74</sup>

---

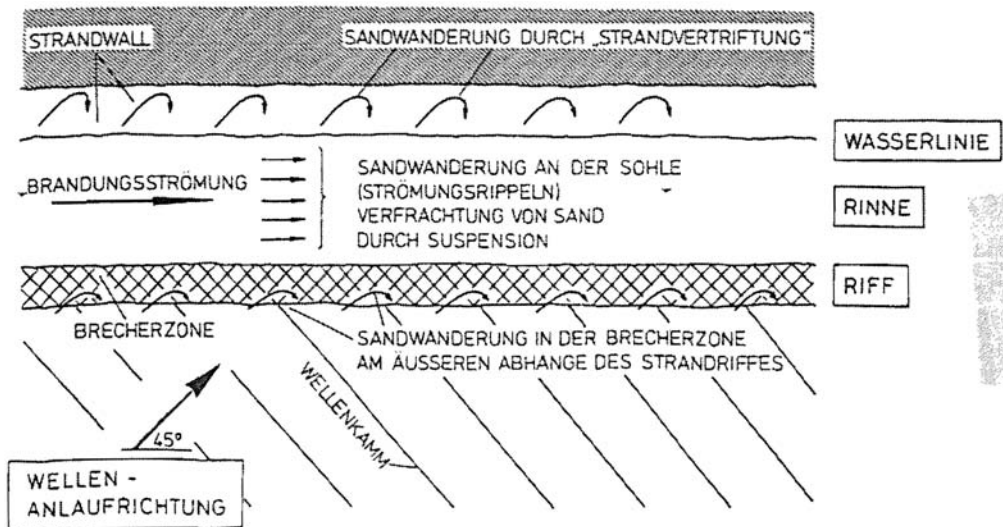
<sup>72</sup> KOHLHASE 2003, S. 5

<sup>73</sup> Vgl. Kuratorium für Küsteningenieurwesen 1993, S. 177

<sup>74</sup> Vgl. DEAN, DALRYMPLE 2002, S. 212 f.

## 7.1.1 Längstransport

Die uferparallele Verlagerung von Sedimenten, welche zu Küstenerosion oder Anlandungen führen kann, entsteht durch welleninduzierte Längsströmungen und erfolgt auf unterschiedliche Art und Weise: als Bodenfracht durch das Rollen der Körner über den Seegrund, als Suspensionsfracht, die einen schwebenden Transport mit der Strömung bezeichnet, und als Spülfracht im Spülsaum der Wellen. Diese drei Bewegungsarten ergeben gemeinsam den Gesamttransport, wobei Details zur genauen Aufteilung in die einzelnen Bewegungsmodi in der Fachliteratur offen bleiben.<sup>75</sup> „It is not entirely clear which of these motions predominates for various wave conditions, sediment types and locations on the profile or even whether it is important to distinguish the different mechanisms”.<sup>76</sup> Allgemein kann aber eine Zunahme eines möglichen Längstransportes mit größer werdenden Wellenhöhen angenommen werden, wobei viele mittelstarke Winde größere Umformungen im Küstenbereich bewirken können, als das wenige Sturmereignisse vermögen.<sup>77</sup>



**Abbildung 36: Küstenlängstransport,** Quelle: Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen 1993

<sup>75</sup> Vgl. DEAN, DALRYMPLE 2002, S. 218 ff

<sup>76</sup> DEAN, DALRYMPLE 2002, S. 218

<sup>77</sup> Vgl. KURATORIUM FÜR KÜSTENINGENIEURWESEN 1993, S. 173 f.



Die küstenparallelen Materialverlagerungen können, abhängig vom Wellenanlauf in strandnormaler Perspektive nach rechts oder links auftreten. In der Fachliteratur ist stets der so genannte Nettotransport angegeben, welcher die in eine Richtung resultierende Sedimentwanderung pro Jahr bezeichnet.

### 7.1.2 Quertransport

Während der Küstenlängstransport durch die uferparallele Strömung bei schrägem Auftreffen des Seegangs auf das Ufer entsteht, ist der Quertransport das Resultat aus dem An- und Rücklauf des Wassers in der Brandung, wodurch eine auf den Strand zu- und vom Strand weggerichtete, alternierende Strömung entsteht.<sup>78</sup>

Der Quertransport verursacht dabei charakteristische mittelfristige Veränderungen des Strandprofils, ohne dass Material aus dem System verloren geht. *„Durch das Brechen der Wellen werden Sedimente aufgewirbelt und [...] über die Brecherzone verteilt, schwebend und sohnah im Profil umgelagert“.*<sup>79</sup> Damit ist die saisonale Umgestaltung des Sandkörpers durch oft stürmische Winter, in denen ein Nettotransport vom Strand auf die Schorre, und eher ruhigere Sommermonate mit Anlandungsvorgängen gemeint. Das von Strand abtransportierte Material ernährt die Sandriffe des Unterwasserstrandes vor einem Ufer.<sup>80</sup> Für diese „spontanen“ Umlagerungen mit anschließender Rückverlagerung der Sedimente wurde der Begriff der „dynamischen Stabilität“ einer Uferlinie geprägt.<sup>81</sup> Schlussendlich ist es der kontinuierliche Sedimenttransport entlang eines Küstenabschnittes, welcher die Gestalt der Schnittstelle zwischen Land, Lufthülle und Wasser langfristig prägt – auf diesen soll im Rahmen dieser Arbeit näher eingegangen werden

## 7.2 Darstellung der Küstenentwicklung anhand von Bildern

Die Entwicklung des Küstenabschnittes Glowe-Bucht kann mit historischen und aktuellen Bildern veranschaulicht werden. Hierfür wurden Aufnahmen der Jahre 1936 bis 2007 herangezogen. Ein Teil der Bilder besteht aus alten und

---

<sup>78</sup> Vgl. KOHLHASE 2003, S. 8

<sup>79</sup> Vgl. KURATORIUM FÜR KÜSTENINGENIEURWESEN 1993, S. 173 f.

<sup>80</sup> Vgl. DEAN, DALRYMPLE 2002, S. 232

<sup>81</sup> Vgl. SILVESTER, HSU 1993, S. 205 f.



**Abbildung 37: Das Ostseebad Glowe auf einer Postkarte der 30er Jahre.** Quelle: Dokumentationsstelle Staun Rostock

aktuellen Postkartenmotiven, hinzu kommen Fotos aus Bau- und Uferdokumentationen der Glowe-Bucht<sup>82</sup>. Die Motive älterer Aufnahmen wurden mit heutigen, aus ähnlicher Perspektive aufgenommenen Fotos verglichen. Als Referenzpunkte für den Vergleich von altem und neuem Bildmaterial wurden der Baumbestand, charakteristische Landschaftsobjekte und die Bebauung im Ort mit herangezogen. Hier zeigten sich erste Schwierigkeiten: In einem Zeitrahmen von 1936 bis 2007, also 71 Jahren, ändert sich das Erscheinungsbild der Vegetation und des Ortsbildes beachtlich. Wo sich früher kleine Fischerhütten in Holzbauweise befanden, stehen heute Häuser aus Stein. Die großen, alten Bäume der 30er Jahre sind heute verschwunden, dafür stehen an anderen Stellen inzwischen gewachsene, große Exemplare. Diese und andere Umstände behindern einen exakten Vergleich von aktuellem und altem Fotomaterial. Dennoch werden die in der Literatur beschriebenen Veränderungen der Uferlinie in und um Glowe auf diese Weise gut sichtbar.

---

<sup>82</sup> Sämtliche historische Aufnahmen stammen aus der Dokumentationsstelle des STAUN Rostock, Luftbilder wurden von der Gemeinde Glowe freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

## 7.2.1 Küstenentwicklung auf Höhe des KKM 43.600



**Abbildung 38: Der Strand von Glowe auf Höhe des KKM 43.600 (Schätzung) im Sommer 1936:** Quelle: Dokumentationsstelle des STAUN Rostock

Dieser Strandabschnitt liegt im zentralen Teil der Glowe-Bucht. Zur Verfügung standen vier Fotos aus den Jahren 1936, 1960, 1973 und 2007. Die Bilder zeigen die Uferentwicklung vor der Ortschaft und dokumentieren die Wirkung von lokalen Küstenschutzmaßnahmen.



**Abbildung 39: Der Strand von Glowe auf Höhe des KKM 43.600 (Schätzung) im Jahr 1960.** Quelle: BENCARD 1996



**Abbildung 40:** Der Strand von Glowe auf Höhe des KKM 43.600 im Jahr 1973. Quelle: BENCARD 1996.

Die Abbildung 38 entstand im Jahr 1936. Zu sehen ist ein etwa 30-70 m breiter Sandstrand, der in eine natürliche Düne übergeht. Küstenschutzmaßnahmen waren nicht nötig, denn es handelte sich hier um einen Uferabschnitt mit akkumulativen Tendenzen. 1960 (Abbildung 39) ist der Strand viel schmaler und der Abstand zwischen Düne und Wasserlinie kleiner geworden. Der Uferverlust war aber noch nicht so kritisch, dass Küstenschutzmaßnahmen getroffen werden mussten.



**Abbildung 41:** Der Strand von Glowe auf Höhe des KKM 43.600 im Jahr 2007. Quelle: AUTOR.

1973 (Abbildung 40) spitzt sich die Uferentwicklung stark zu. Eine touristische Nutzung als Badestrand war nicht mehr möglich und Maßnahmen zum Erhalt der Uferlinie mussten getroffen werden. Dazu zählten 22 Buhnen mit einem Abstand von jeweils 50 m sowie eine Steinpackung vor dem Deich der Ortschaft. Im Hintergrund des Fotos ist der Strand der Schaabe zu erkennen. Dort hielt sich relativ viel Sand. Die Erosionsprobleme blieben also auf die Glowe-Bucht beschränkt.

2007 (Abbildung 41) befindet sich durch umfangreiche Sandaufspülungen wieder ein Strand vor der Ortschaft. Die Steinpackung der 70er Jahre ist unter einer Düne verschwunden, welche im Bild links zu sehen ist. Die auf der Düne ohne menschliches Zutun abgelagerten Flugsande begrünt sich auf natürliche Weise mit Strandhafer, welcher die Vollform heute zusätzlich stabilisiert. Die im vorherigen Bild zu sehenden Buhnen liegen in diesem Bild unter dem Wasserspiegel. Außerdem ist die Bucht heute gleichmäßiger geschwungen als noch in den 60er Jahren und ein Vorsprung der Uferlinie (zweites Bild / Hintergrund) vollständig abgetragen. Deutlicher wird dies im Vergleich der Luftbilder von Glowe im Kapitel 7.2.4.

## 7.2.2 Veränderungen am Königshörn seit 1938

Die östliche Grenze des Untersuchungsgebietes bildet das Königshörn. Hier standen zwei Aufnahmen aus den Jahren 1938 und 2007 für einen Vergleich der Uferlinien zur Verfügung.

1938 ist der Landvorsprung viel deutlicher ausgeprägt. Unmittelbar am Hörn gewinnt das Kliff noch einmal an Höhe, um dann nach Süden abzuknicken. Der Strand wird durch eine Steinpackung aus Restsedimenten gebildet, die Blöcke von beträchtlicher Größe enthalten, und das Ufer offenbar wirksam vor Abrasion schützen, denn das Steilufer im Vordergrund ist begrünt und damit inaktiv. Dies ist auch an der relativ flachen Hangneigung des Kliffes zu erkennen, welche sich erst nach längerer Lagestabilität einer Küste einstellt. Im Mittelgrund des Fotos wird die Steilküste aktiv. Die Strandbreite verringert sich und frisch abgebrochener Geschiebemergel ist zu sehen. Das Fotomaterial deckt sich mit Beschreibungen von PLEWE (1940) welcher das Königshörn als einen stark im Rückgang begriffen Küstenabschnitt beschreibt.

2007 hat sich die Steilküste verändert: Das Ufer ist im ganzen Bildausschnitt aktiv im Rückgang begriffen. Der Steinstrand schützt die Küste nur bei Mittelwasser, während eines Sturmhochwassers erreichen die



**Abbildung 42: Blick nach Westen zum Königshörn (1938) (Die Pfeile geben Referenzpunkte an).** Quelle: Dokumentationsstelle des STAUN Rostock

brechenden Wellen das Geschiebemergelkliff und tragen dieses ab. Als Referenzpunkte zum Vergleich des Bildmaterials dienen drei große Findlinge, welche ein charakteristisches Dreieck bilden. Lagten die Steine 1938 noch auf dem Strand oder im flachen Wasser, befinden sie sich heute in ca. 10-15 m



**Abbildung 43: Blick nach Westen zum Königshörn (2007) (Die Pfeile geben Referenzpunkte an).** Quelle: Autor

Entfernung von der Wasserlinie. Die Steilküste am äußersten Ende des Königshörn ist verschwunden. Hier breitet sich heute ein flacher Kiesstrand aus. Die Küste ist seit 1938 also zurückgewichen. Außerdem ist ein Teil der großen Steine, welche noch 1938 den Strand säumten, verschwunden. Es ist anzunehmen dass diese in den 40er Jahren gezangt<sup>83</sup> wurden, um eine 150 m lange Steinmole am Königshörn zu errichten. Vorausgesetzt dass diese Annahme zutrifft, wurde dem Ufer auf diese Weise ein natürlicher Schutz vor brandenden Wellen genommen, was den Uferrückgang beschleunigt haben könnte.

### 7.2.3 Veränderungen des Weststrandes der Glowe-Bucht

Dieser Vergleich bildet wegen der um 180° gedrehten Kameraposition die Gegenperspektive zur Darstellung aus Kap. 7.2.1. Die Perspektive der Aufnahmen ist nach Osten gerichtet. Links im Hintergrund befindet sich das Königshörn, im vorderen Teil der Fotos ist jeweils der Badestrand der Ortschaft zu erkennen. Referenzpunkte für die Gegenüberstellung sind Baumbestand und die Bebauung. Auf den Fotos ist zu sehen wie die Uferlinie erodiert wird. Zwischen 1938 und 1958 weicht der Strand besonders stark zurück. Bezogen auf die durch Pfeile markierten Bäume liegt der Landverlust in 20 Jahren bei mehreren Dekametern.

1938 (Abbildung 44) existierte im Glowe noch ein breiter Sandstrand, welcher touristisch genutzt wurde. Küstenschutzmaßnahmen in Form von Buhnen oder einem Deich waren nicht vorhanden und wohl auch nicht nötig. Im Mittelgrund sind Landungsbrücken für Fischerboote zu erkennen. Da die Anleger nicht besonders lang sind, die Fischerboote aber zum Teil größeren Tiefgang haben, war die Glowe-Bucht damals vermutlich noch nicht so flach wie heute. Das Kliff des Königshörn ist ohne Bewuchs – ein Zeichen für eine aktive Steilküste, die Sedimente für den Flachküstenabschnitt bereitstellen kann. Im Allgemeinen vermittelt Abbildung 44 den Eindruck eines Küstenabschnitts ohne abrasive Problemstellungen.

1958 (Abbildung 45) ist die Strandsituation vor dem Ort stark verändert: Der breite Strand ist weitgehend ausgewaschen worden. Die Strandneigung hat zugenommen und ist an vielen Stellen unausgeglichen. An dem Strandabschnitt,

---

<sup>83</sup> gezangt = Steine werden mit einer großen Zange aus dem Wasser gehoben



**Abbildung 44: Weststrand der Glowe-Bucht 1938 (Die Pfeile geben Referenzpunkte an, die einen Vergleich mit der Abb. 45 erlauben ).** Quelle: Dokumentationsstelle des STAUN Rostock

welcher sich in der Mitte des Fotos befindet, wurde der Sandkörper besonders stark dezimiert. Allgemein scheint sich der Buchtenscheitel um einige Dekameter landwärts verlagert zu haben und eine Nutzung als Badestrand ist nicht vorhanden. Das ist ersichtlich an der Vegetation, welche ungestört auf dem Sand gedeiht.



**Abbildung 45: Weststrand der Glowe-Bucht 1958 (Die Pfeile geben Referenzpunkte an, die einen Vergleich mit Abbildung 44 erlauben).** Quelle: Dokumentationsstelle des STAUN Rostock





**Abbildung 46: Der Weststrand der Glowe-Bucht 2007 (Der Pfeil gibt einen Referenzpunkt an, der einen Vergleich mit Abbildung 45 erlaubt).** Quelle: Dokumentationsstelle des STAUN Rostock

Im Sommer 2007 (Abbildung 46) bietet sich wiederum ein neues Bild: Durch Küstenschutzmaßnahmen konnte die Wasserlinie wieder um einige Meter zur See hin verlagert werden (erkennbar am Abstand des markierten Hauses zum Ufer). Um den Sandverlust in der Bucht zu dämpfen, wurden Bühnen im Vorstrandbereich gerammt, Sand aufgespült und eine Düne angelegt, die den Ort bei Sturmfluten vor Überschwemmung schützt. (Das markierte Haus liegt heute hinter diesem Sandkörper) Die Steilküste des Königshörn ist zurückgegangen – über das Ausmaß kann nur spekuliert werden, da Vegetation das Kliff verdeckt. Es ist inaktiv, da vollständig begrünt, und fällt damit für die Nachlieferung von klastischen Sedimenten in die Bucht aus. Eine Nutzung des Gewässers als Naturhafen ist aufgrund von Ansandungen auf dem Unterwasserstrand und eine damit einhergehende Tiefenverringernng nicht mehr möglich. Der Strand kann aber, infolge von Sandaufspülungen in den Jahren 1989 und 2000, heute wieder als Badestrand genutzt werden. Allgemein wirkt die Küste sehr „aufgeräumt“. Dies ist das Ergebnis der Überprägung des Naturraums durch den Menschen.

## 7.2.4 Luftbildvergleich

Für einen Luftbildvergleich wurden alte und aktuelle Postkarten als Luftbilder verwendet. Da die Aufnahmehöhen, Blickwinkel und Bildausschnitte verschieden sind, kann die Auswertung nur recht allgemeine Ergebnisse liefern.

Ein Motiv stammt aus den 30er oder 40er Jahren des letzten Jahrhunderts (Abbildung 47), das andere wurde schätzungsweise in einem Zeitraum von 2004 bis 2007 (Abbildung 48) aufgenommen. Als Referenzpunkte dienen zwei markante große Häuser (weiße Pfeile).

Augenfällig ist die Modifikation des Strandabschnittes, welcher in Abbildung 47 ganz links zu sehen ist: Auf der alten Aufnahme befindet sich hier ein Landvorsprung, der seine Ursache in einer Geschiebemergeldurchtragung im sonst homogenen Sandkörper der Nehrung Schaabe hat. Die kleine Landzunge grenzt die Glowe-Bucht buhnenartig von den Stränden der Schaabe ab. An dieser Stelle treten Sandstauereffekte auf, welche vor der Ortschaft einen breiten Strand bilden. Hinter dem Hindernis weicht die Uferlinie zurück und die Zone des trockenen Sandes verschmälert sich drastisch. Diese Anomalie kann als Lee-Effekt gewertet werden, welcher durch einen nach Westen (also in den Bildhintergrund) gerichteten Sedimenttransport verursacht wird. Auf der aktuellen Postkarte fehlt diese Landzunge – und damit auch der durch den



**Abbildung 47: Schrägluftaufnahme auf einer Postkarte des Seebades Glowe aus den 30er oder 40er Jahren. Quelle: Dokumentationsstelle des STAUN Rostock**



**Abbildung 48:** Schrägluftaufnahme auf einer aktuellen Postkarte (2007) des Seebades Glowe. Quelle: Ansichtskartenverlag Foto-Stavjinski

Sandstau bedingte breite Strand vor dem Seebad. Der Weg für den Sand aus der Bucht ist frei - die Abrasion kann ungehindert ablaufen.

## 7.2.5 Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse

Die Fotos veranschaulichen die Entwicklung der Glowe-Bucht zu einem Küstenabschnitt mit starkem Uferrückgang, welcher durch Küstenschutzmaßnahmen bis heute stabilisiert werden muss.

Die Luftbilder der Glowe-Bucht zeigen eine Veränderung im Verlauf der Uferlinie, welche in der Literatur bisher nicht auftaucht: in der Vergangenheit gab es noch einen Landvorsprung in der sonst gleichmäßig geschwungenen Küstenlinie der Bucht. Dieser befand sich auf Höhe des KKM 43.300 und ragte buhlenartig mehrere Dekameter in die Bucht hinein. Die geologische Wurzel dieses Landvorsprungs bildete eine Durchragung von Geschiebemergel durch die hier lokal anstehenden Sanddecken der Nehrung Schaabe.<sup>84</sup> Diese kleine

<sup>84</sup> Vgl. SCHINKE 1968, S. 30 ff



**Abbildung 49: Veränderung des Uferverlaufs von 1936 bis heute (schematisch).** Die grünlich eingefärbten Flächen deuten den Uferverlauf vor etwa 70 Jahren an. Vor einem kleinen Landvorsprung (links unten) treten Sandstau (gelb) dahinter Materialmangel (rot) zu tage was einen breiten Strand vor dem Seebad und ein Zurückweichen des Ufers vor der Schaabe zur Konsequenz hatte. Quelle: Autor (auf Grundlage von TK)

Landzunge ist heute bis auf eine Erhebung auf dem Unterwasserstrand vollständig abgetragen. Als Zeugnis dieser Entwicklung finden sich an dieser Stelle heute nach eigenen Beobachtungen Steine von Faust- bis Blockgröße auf der Schorre.

Es ist anzunehmen, dass sich bei einem Nettosedimenttransport in westliche Richtung (siehe dazu auch Kap. 7.4) vor dieser Vollform das küstenparallel verfrachtete Material teilweise staute.

Für diese Vermutung spricht der breite Sandstrand, welcher sich östlich der Durchragung befand, und das sehr schmale Ufer, welches sich westlich daran anschloss. Der schmale Strandsaum ist nach Meinung des Verfassers auf Lee-Effekte zurückzuführen – das den breiten Sandstrand vor der Ortschaft bildende Material fehlte an diesem Uferabschnitt.

Eine weitere Ursache für den damaligen Sandreichtum in der Bucht könnte das in den 40er Jahren noch sehr aktive Kliff am Königshörn sein. Durch den Abbruch des aus Geschiebemergel bestehenden Steilufers wurden größere Mengen Sand frei, welche nach ihrem marinen Abtransport dem Sandstrand vor Glowe zur Verfügung gestanden haben müssten.

Die Kombination von Materialstau vor einem Hindernis und reichlicher Nachlieferung aus schnell zurückweichenden Steilufers könnte die auf alten Postkarten und Bildern abgebildete Strandsituation erklären.

Heute ist der Landvorsprung, wie schon beschrieben, fast komplett abgetragen und stellt somit für die wandernden Sande auf der Schorre kein Hindernis mehr dar. Der Weg aus der Bucht ist also „frei“. Hinzu kommt, dass das stark dezimierte Kliff am Königshörn kaum noch Material für den Strandaufbau bereitstellt und der Transport in die Bucht durch das Hafengebäude erschwert wird (vgl. Kap. 7.3.2).

Die heutigen Landverluste in der Glowe-Bucht sind also teilweise, neben weiteren negativen Folgen des Hafengebäudes (vgl. hierzu Kap. 7.3), das Ergebnis von normalen Küstenausgleichsprozessen an der Außenküste Mecklenburg-Vorpommerns. Die Minimierung des Materialstromes von der aktiven Kliffküste Jasmunds zum Flachküstenabschnitt Glowe-Bucht und die Erosion eines Landvorsprungs, welcher die Lockersedimente in der Bucht zurückhält, bereiten die natürliche Grundlage für das Zurückweichen des Ufers im Untersuchungsgebiet.

### 7.3 Einfluss anthropogener Bauwerke auf die Küstenentwicklung

Die Bucht in Glowe wird in der Literatur im Jahr 1938 als „*idealer Fischerhafen, der den Booten bei fast jeder Wetterlage guten Schutz bietet*“<sup>85</sup>, beschrieben. In dieser Zeit gab es, mit Ausnahme weniger Holzstege, in der Bucht keinerlei Hafengebäude.<sup>86</sup> Eine natürliche Steinzunge im flachen Wasser, welche sich vom Königshörn ca. 70 m in westlicher Richtung erstreckte, schützte die Bucht vor Seegang aus Nordosten.

---

<sup>85</sup> PLEWE 1940, S. 23

<sup>86</sup> Vgl. PLEWE 1940, S. 18

### 7.3.1 Die Folgen der Errichtung einer ersten Steinmole am Königshörn

Einen ersten Eingriff in die Küstenentwicklung und damit in die Wasser- und Materialbewegungen erfuhr die Glowe-Bucht durch die Errichtung einer Mole aus lose aufeinander geschichteten Steinen im Jahr 1938. Die Mole diente als Schutz einer Landebrücke für die Motorschiffe der lokalen Küstenschifffahrt und wurde 1952 noch einmal erweitert. *„Durch dieses insgesamt 160 m lange, bei 100 m linksseitig abgewinkelte [...] Bauwerk erhielt die Glowe-Bucht im Norden einen wirksamen Abschluss“*.<sup>87</sup>

Schon kurze Zeit nach der Errichtung des Steindammes zeigten sich Tiefenänderungen in der Bucht, welche nicht im Interesse der Schifffahrt und des Tourismus waren. Im Leebereich der Steinmole setzte eine intensive Akkumulation ein, die zu einer raschen Verringerung der Wassertiefe direkt hinter dem Bauwerk und einer allgemeinen Versandung des Ostteils der Glowe-Bucht führte. Die Versandung hatte schließlich die Aufgabe des errichteten Hafens zur Folge. Es trat aber noch ein weiterer Effekt auf, der durch den damals neu gebauten Steindamm verursacht wurde: *„Bedingt durch den Stau der Wassermassen bei Stürmen und grobem Seegang aus W bis NW in der Bucht und die dadurch intensivierete Brandung wurde der ehemals sandige Badestrand vor dem Ort Glowe in wenigen Jahren fast vollkommen ausgewaschen sowie [...] um fast 20 m zurückverlegt“*.<sup>88</sup>

Der Steindamm verursachte aber nicht nur einen Wasserstau bei Westwinden, welcher die Auswaschung von Sedimenten aus der Bucht zur Folge hatte, sondern hemmte auch eventuelle Ansandungen am Strand vor Glowe bei mittlerem Seegang.<sup>89</sup> Doch es kam nicht nur an der Wasserlinie zur Abrasion von sandigen Sedimenten, auch das Relief der Schorre veränderte sich: *„Deutlich kann man bei niedrigen Wasserständen [...] Ansätze von Sandbänken sehen, die sich als buchtabsperrende Barren vom Strand in Richtung auf den Kopf des Steindammes durch die Bucht ziehen. Gemeinsam mit der Versandung der Bucht erschweren sie in fortschreitendem Maße den Fischereifahrzeugen die Einfahrt in die Bucht“*.<sup>90</sup>

---

<sup>87</sup> GELLERT 1991 (B), S. 370

<sup>88</sup> GELLERT 1991 (B), S. 371

<sup>89</sup> Vgl. GELLERT 1965, S. 28

<sup>90</sup> GELLERT 1965, S. 47

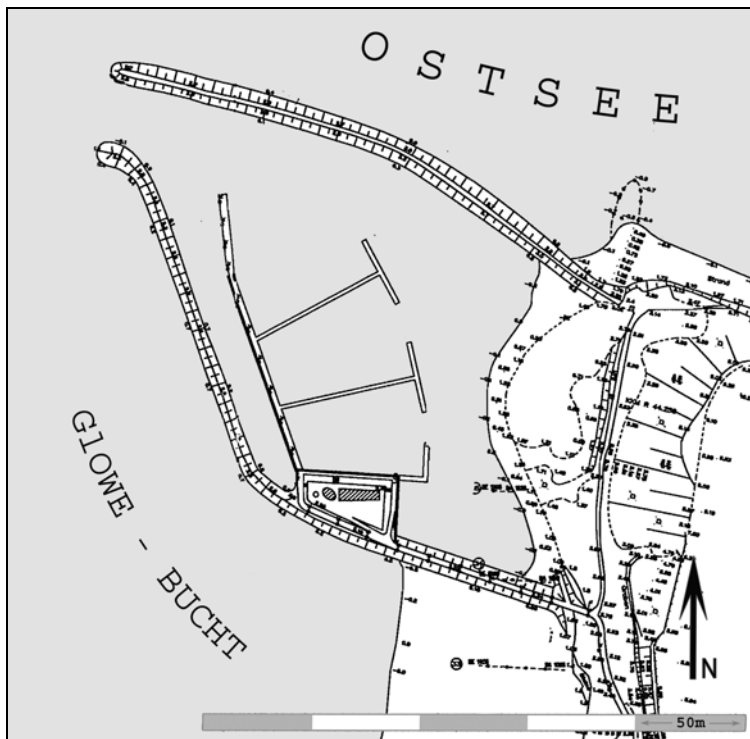


**Abbildung 50 (letzte Seite): Veränderungen der Tiefenverhältnisse in der Glowe-Bucht von 1958-68. Anstelle des Hafens existierte damals eine Steinmole aus den 40er Jahren. Quelle: GELLERT (B) 1991 (verändert)**

Die in der Literatur beschriebene Sandbank ist auch auf einem Bild (vgl. Abbildung 55) zu erkennen, welches in den 90er Jahren, also über 40 Jahre nach der Errichtung des Steindammes, aufgenommen wurde. Die Änderungen der Tiefenverhältnisse von 1957 bis 1968 zeigt die Abbildung 50.

### 7.3.2 Die Marina Glowe

Zur besseren Nutzung der wirtschaftlichen Potentiale des Sportboottourismus in Mecklenburg-Vorpommern wurde 1998/99 am Königshörn ein Sportboothafen für Küstensegler mit 81 Liegeplätzen<sup>91</sup> gebaut



**Abbildung 51: Der Hafen Glowe.** Quelle: Vermessungen des STAUN Rostock (verändert)

<sup>91</sup> Vgl. MINISTERIUM FÜR ARBEIT, BAU UND LANDESENTWICKLUNG MV 2004, S. 3 f





**Abbildung 52: Im Hafen Glowe.** Neben dem Sportboottouristen nutzen auch Fischer die Liegeplätze. Quelle: Autor

und damit der gestiegenen Nachfrage an Liegeplätzen für Motor- und Segelboote Rechnung getragen.<sup>92</sup> Die Wassersportanlagen und das Hafenbecken schützen zwei Molen vor Seegang: die eine im Norden an der Stelle des in den 50er Jahren errichteten Steindammes, die andere im Südwesten. Die nördliche und südwestliche Steinmole reichen je etwa 250 m in die Glowe-Bucht hinein. Durch die Wellenbrecher hat die Glowe-Bucht einen wirksamen Schutz vor marinem Energieeintrag durch Seegang aus Nordosten bekommen. Dies wird besonders deutlich am Oststrand des Seebades: Untersuchungen (vgl. Kap. 6.4.3.5) zeigen, dass in diesem Küstenabschnitt keine oder nur noch sehr schwache Küstenströmungen entstehen können. Doch dieser Schutz erzeugt keine positive Sedimentbilanz am Ufer der Bucht.

Die Ursachen dafür werden im Kapitel 7.4.2 „Die Sedimentdynamik“ weiterführend erläutert.

<sup>92</sup> Vgl. KELLETAT 1998, S. 69

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Bemühungen den guten Naturhafen, welchen die Glowe-Bucht noch bis in die 30er Jahre des vorigen Jahrhunderts abgab, mit Molenbauwerken zu verbessern zu Veränderungen in der Küstenentwicklung der Glowe-Bucht geführt haben, welche sich nicht mit den Interessen der Schifffahrt und der Gemeinde Glowe decken.

## 7.4 Heutige Entwicklungstendenzen

### 7.4.1 Die Glowe-Bucht im Kontext der Küstenentwicklung von Nord-Rügen

Um die Küstenentwicklung in der Glowe-Bucht zu verstehen, ist es notwendig die marinen Sedimentbewegungen vor Nord-Rügen und der Tromper Wiek mit zu betrachten. Das Untersuchungsgebiet ist in seiner Genese mit dem Sedimenthaushalt der Tromper Wiek verflochten.

Diese stellt nach Meinung des Verfassers eine physiographische Einheit dar, welche einen halboffenen Charakter hat, weil Material von außen in die Wiek transportiert wird, dieses dann aber in der Bucht zur Ablagerung gelangt und aus dem System nicht wieder verloren geht. Das zeigen Untersuchungen der Universität Rostock zur Sedimentdynamik vor Rügen aus dem Jahr 2007<sup>93</sup>

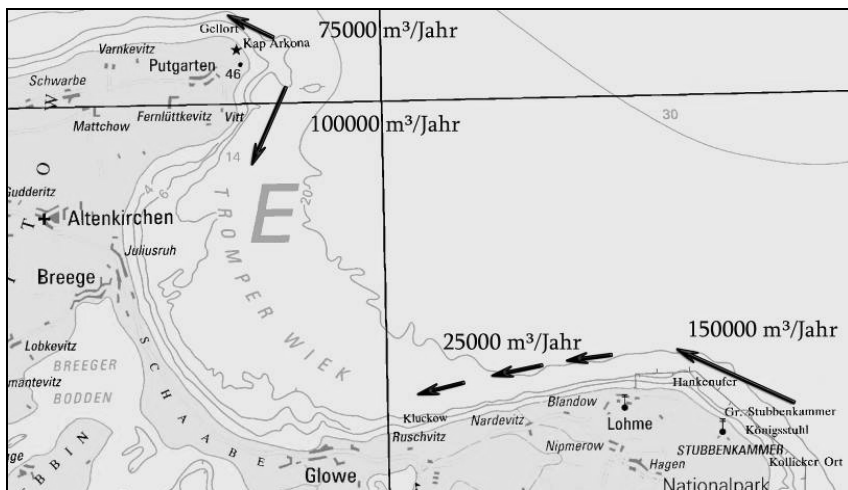


Abbildung 53: Potentielle Transportleistungen für Feinmaterial im Küstengebiet Nordrügen, Quelle: Autor (nach Fröhle 2007)

<sup>93</sup> Vgl. FRÖHLE 2007

welche sich mit lokalen Beobachtungen der Schorre und der Sandriffstrukturen sowie Luftbildauswertungen des Zentralen Geologischen Institutes Reinkenhagen aus dem Jahr 1988<sup>94</sup> decken. Eine Zusammenfassung dieser beiden Gutachten, das eine „analog“ durch Luftbildauswertung und Beobachtungen vor Ort, das andere digital erstellt, zeichnet folgendes Bild: Es findet ein Sedimenttransport in der Tromper Wiek statt. Konkret handelt es sich um potentielle Mengen von 100000 m<sup>3</sup>/a aus Norden entlang von Wittow und 25000 m<sup>3</sup>/a<sup>95</sup> pro Jahr aus Richtung Osten vom Inselkern Jasmund kommend.

Potentielle Werte ergeben sich aus theoretischen Rechnungsmodellen, welche alle exogenen und endogenen Einflussfaktoren auf die Sedimentverfrachtung mit einbeziehen und daraus eine Transportrichtung und Transportmenge ermitteln. Die Ergebnisse sind als nach Wind- und Wellenklima mögliche Kapazitäten zu verstehen und bezeichnen nicht den tatsächlichen Materialversatz in einem Jahr. An den Steilküsten vom Kap Arkona bis nach Juliusruh dominiert Abrasion bzw. die Durchfrachtung von erodiertem Gestein die Entwicklung von Ufer und Unterwasserstrand.

Die sich nun südöstlich anschließende Nehrung wird durch mehrere uferparallel angeordnete Riffkörper im Bereich des Unterwasserstrandes gekennzeichnet. Hier kommen die aus nördlicheren Schorrenabschnitten herantransportierten Materialien gemeinsam mit den am Strand aufgearbeiteten Sedimenten zur Ablagerung.<sup>94</sup> In relativ geschützter Lage akkumulieren hier offensichtlich größere Materialmengen.

Das Seegebiet, welches sich westlich von Glowe erstreckt, kann als Durchfrachtungs- und Abrasionszone ohne erkennbare dominierende Materialtransportrichtung charakterisiert werden.

Östlich der Ortschaft und des Königshörns verläuft, laut vorliegendem geologischem Gutachten<sup>94</sup>, der Materialversatz hauptsächlich von Ost nach West. Dies wird durch Computerberechnungen aus dem Jahr 2007 der Universität Rostock bestätigt.<sup>96</sup>

---

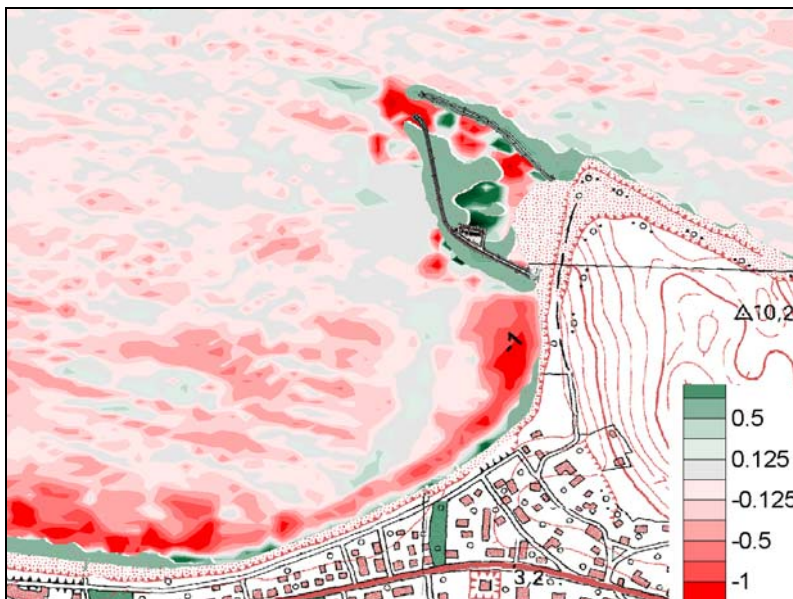
<sup>94</sup> Vgl. ZENTRALES GEOLOGISCHEN INSTITUT REINKENHAGEN 1988, S. 24

<sup>95</sup> Vgl. FRÖHLE 2007, S. 38 f.

## 7.4.2 Die Sedimentdynamik im Untersuchungsgebiet

Doch was bedeutet die Sedimentdynamik der Tromper Wiek für die Glowe-Bucht und das Ufer vor der Ortschaft? In die Bucht wird von Osten her durch einen brandungsbedingten Küstenparallelstrom, der entlang des Inselkerns Jasmund verläuft, Material eingetragen. Dieser hat aber mit etwa 25000 m<sup>3</sup>/a nur eine geringe Nettotransportkapazität.<sup>96</sup>

Die treibende Kraft dieses Materialversatzes ist ein brandungsbedingter Küstenparallelstrom, der bei eigenen Strömungsmessungen in der Nähe der Nordmole während NNO-Wind der Stärke 7-8 nach Bf. Strömungsgeschwindigkeiten von 28,8 cm/s aufwies. Er ist auf Luftbildern, die bei dieser Windrichtung aufgenommen wurden, aufgrund einer Trübung des Wassers, die ihre Ursache in aufgewirbelten Sedimenten hat, zu sehen (vgl. Abbildung 34:). Doch dieser Strom wird durch anthropogene Küstenveränderungen beeinflusst.



**Abbildung 54:** Durch Sedimentwanderungen verursachte Profilveränderungen der Schorre in der Glowe-Bucht (2002-2007). Der Materialverlust konzentriert sich auf den Spülsaum der Wellen und in einem Uferabschnitt, welcher sich südlich an den Hafen anschließt. Hier wurde der Seeboden um bis zu 100 cm tiefer gelegt. Quelle: Autor (aus Vermessungen des STAUN Rostock berechnet)

<sup>96</sup> Vgl. FRÖHLE 2007, S. 39

Möglicherweise wirken die Hafenmolen eher zerstörerisch auf den Strand vor der Ortschaft. Die Wellenbrecher bewahren zwar das Ufer vor hohem Seegang, gleichzeitig schneiden sie dem Strand jedoch die Sedimentzufuhr ab. Laut Literatur<sup>97</sup> wird Feinmaterial aus Richtung Königshörn nach Südwesten in die Bucht transportiert. Ohne das künstliche Bauwerk würde die Verlagerung vermutlich nahe am Ufer und küstenparallel erfolgen und könnte somit den Oststrand der Bucht mit Feinmaterial versorgen. Durch die Marina aber wird der Sedimentstrom westlich des Königshörn zunächst küstennormal nach Nordwesten abgelenkt, um dann erst im Buchtenscheitel wieder auf das Ufer zu treffen. SILVESTER und HSU bemerken zu diesem Phänomen: „*However, if the upcoast supply of material is cut off, an ever present problem these days, the bay will become more indent until litoral drift ceases*“.<sup>98</sup> Wenn einem Küstenabschnitt die Materialversorgung abgeschnitten wird, ist ein Uferrückgang dementsprechend unvermeidbar.



<sup>97</sup> Vgl. ZENTRALES GEOLOGISCHES INSTITUT REINKENHAGEN 1988, S. 23

<sup>98</sup> Vgl. SILVESTER, HSU 1993, S. 211

**Abbildung 55 (letzte Seite): Sedimentwanderung in der Glowe-Bucht.** Das Luftbild stammt aus den 90er Jahren. Anstelle des Hafens existierte damals ein Mole, welche eine ähnliche Wirkung entfaltete. Der Sedimentstrom wird durch den Wellenbrecher küstennormal abgelenkt und trifft erst wieder im Buchtenscheitel auf das Ufer. Der genaue Punkt des Zusammentreffens von Materialstrom und Strand wird durch eine plötzliche Strandverbreiterung (Mitte des Bildes) angezeigt. Der Weg des Feinmaterials vor dem Seebad wird durch eine Sandbank, welche sich quer durch die Bucht zieht, markiert. Quelle: Autor (Luftbild mit freundlicher Unterstützung der Gemeinde Glowe)

Am Oststrand existiert eine nach Westen gerichtete Sedimentbewegung.<sup>99</sup> Doch warum wird das Material im Jahresmittel zum Buchtenscheitel und nicht in Richtung Hafen transportiert, wo sich der Sand im Seegangsschatten vor den Molen ablagern und einen breiten Strand bilden könnte? Die Lösung der Frage ergibt sich aus dem hauptsächlich Wellenanlauf. Eine Materialverfachtung nach Osten setzt Seegang aus Westen mit einem entsprechend kräftigen Brandungsstrom voraus. Da aber die westlichen Winde in der Glowe-Bucht keinen hohen Wellengang erzeugen, kann der Transport von Sand im Spülsaum der Wellen als gering angenommen werden. Bei Winden aus N bis ONO wird dagegen viel Energie durch den Seegang in den Sandkörper des Untersuchungsgebietes eingetragen, weil sich bei diesen Richtungen hohe Wellen aus der offenen Ostsee in der Bucht ausbreiten (vgl. Kap. 6.3.2). Die Wellenorthogonalen laufen schräg aus Osten an das Ostufer der Bucht. Daraus resultiert ein lokal erzeugter Brandungsstrom in Richtung Westen, welcher den Bereich zwischen Hafen und Buchtenscheitel ausräumt. Um diesen Strom zu quantifizieren ist eine genaue Betrachtung des Seegangs in der Glowe-Bucht sinnvoll.

Die Untersuchungsergebnisse der numerischen Simulation der Wellenausbreitung (vgl. Kap. 6.3.2.2) liefern für nördliche bis östliche Winde aber einen fast küstennormalen Wellenanlauf (maximale Abweichung 10°). Damit scheint die Entwicklung eines intensiven Brandungsstromes am Ostufer der Bucht schwer möglich. Die beschriebene Situation trifft also eher nach einer Sandaufspülung zu, denn durch das „Auffüllen“ des Ufers und die damit verbundene Strandverbreiterung und erhöhter Strandneigung, wird der Auftreffwinkel des Seegangs auf den Strand vergrößert und die Breite der Wellenbrechzone verkleinert.

Nach Abschluss der Küstenschutzmaßnahme laufen die Wellen bei nördlichen Winden schräger ans Ufer als vor der Strandaufspülung, was einen intensivierten Küstenparallelstrom zur Konsequenz hat. Außerdem erreichen größere Brecher das Ufer, weil der durch die Aufspülung verbreiterte

---

<sup>99</sup> Vgl. GELLERT 1991, S. 278 ff

Sandkörper nicht mehr so gut durch die Wellenbrecher des Hafens geschützt werden kann und der Unterwasserstrand ein größeres Gefälle bekommt. Auch wird die Seegangsenergie in einen relativ schmalen Bereich der Küste intensiviert eingetragen, was zum raschen Abtrag des Ufers führt. Mit Zurückweichen der Wasserlinie werden der Küstenparallelstrom und die daran gebundenen Materialumlagerungen dann zunehmend abgeschwächt.

Die Abrasion von Strand und Schorre reicht nur bis in eine Tiefe von etwa 1,5 m. Das ist Vermessungen aus den Jahren 2000 und 2006/07 zu entnehmen und nach Meinung des Verfassers auf einen Transport durch eher kleinere Wellen zurückzuführen. Diese „kleineren Wellen“ sind die Folge der Schutzwirkung der Hafenmolen.

Die beschriebene Sedimentwanderung wird nicht durch andere Küstenströmungen überlagert. Drift- und küstenparallele Brandungsströme von benachbarten See- und Uferbereichen werden durch die Marina effektiv abgeschirmt, das ergaben die im Rahmen dieser Arbeit praktischen Untersuchungen zur Strömungscharakteristik der Glowe-Bucht.

Zum Küstenparalleltransport in der Glowe-Bucht kommt auch noch die küstennormale Verfrachtung von Material hinzu, die sich bei Starkwinden vom Strand in Richtung Schorre vollzieht. GELLERT (1965) merkt an, dass nur sehr starke Wasserbewegungen, welche bei hohem Seegang entstehen, in die Glowe-Bucht eindringen können.<sup>100</sup> *„Das hat aber zur Folge, dass bei stärkeren Strömungen im Innern der Hafenbucht Feinmaterial von der Küste weggeschwemmt wird, während bei schwächerer Strömung keine Nachlieferung von Nordwesten her erfolgen kann“*.<sup>100</sup> Damit ist eine eventuelle Materialergänzung am Strand durch Zufuhr von Sedimenten aus dem Gebiet der Schaabe gemeint.

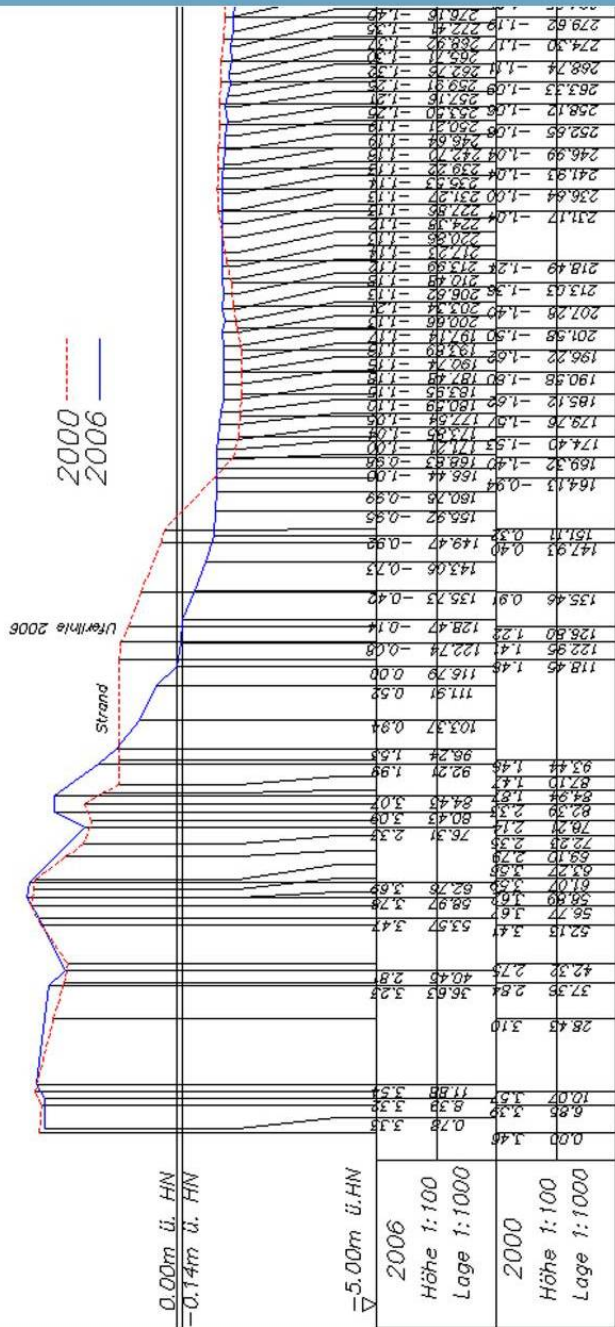
Weil Abrasionsprozesse naturgemäß an Anlagerungen von Material an einem anderen Ort gebunden sind, stellt sich die Frage, wohin der am Strand abgetragene Sand schließlich gelangt. Dies kann wegen der Komplexität der Thematik (welche den Rahmen dieser Diplomarbeit sprengen würde) und weitgehend fehlenden Informationen in der Fachliteratur nur vermutet werden.

Eine erste Erklärung bietet das Profil 2 (vgl. folgende Abbildung) in welchem eine Verflachung des Vorstrandbereichs und damit ein möglicher Ablagerungsbereich des am Strand abradierten Materials zu erkennen ist.

---

<sup>100</sup> Vgl. GELLERT 1965, S. 28

# Profil 2





**Abbildung 56 (letzte Seite): Schnitt durch die Glowe-Bucht am KKM 43.600, Quelle: STAUN Rostock (verändert)**

Dieses Akkumulationsgebiet ist allerdings zu klein, um den Verbleib aller am Strand ausgewaschenen Sedimente zu erklären.

Eine zweite Möglichkeit besteht im küstennormalen Abtransport des Materials in tiefere Bereiche der Tromper Wiek durch den in Modellversuchen<sup>101</sup> ermittelten Neerstrom in der Glowe-Bucht (vgl. Kap. 6.4.1 und 6.4.2).

Der Sedimentstrom zieht in nordöstlicher Richtung diagonal in Richtung Hafen durch die Bucht um sich nach dem Passieren der Marina abzuschwächen und die mitgeführten Sedimente im tieferen Wasser nördlich der Marina zu deponieren.<sup>102</sup> Ein geologisches Gutachten kommt zu dem Schluss, dass „*im Seebereich vor Glowe eine Materialabgabe bedingt durch oszillierende Bewegungen in Richtung See nicht ausgeschlossen werden kann*“.<sup>103</sup> Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass diese küstennormale Strömung bei Naturmessungen (vgl. Kap. 6.4.3.5) nur im Hafenbereich nachgewiesen werden konnte.



**Abbildung 57: Mögliche Sedimentwanderung im Untersuchungsgebiet bei nördlichen Winden und entsprechender Küstenströmung laut Fachliteratur.** Durch eine küstennormal ausgerichtete Strömung wird Feinmaterial quer durch die Bucht transportiert und nördlich des Hafens in tieferem Wasser deponiert. Quelle: Autor (nach GELLERT (1965 /1991))

<sup>101</sup> Vgl. SCHINKE 1968, S. 19 ff

<sup>102</sup> Vgl. GELLERT 1991 (B), S. 378 f.

<sup>103</sup> Vgl. ZENTRALES GEOLOGISCHES INSTITUT REINKENHAGEN 1988, S. 23



**Abbildung 58: Strand und Schorre der Glowe-Bucht und angrenzender Küstenabschnitte.**  
Quelle: Google-earth (Stand 10.11.07)

Eine dritte Möglichkeit zur Klärung der Deposition des Abrasionsmaterials wird durch die Betrachtung der Abbildung 58 deutlich: Etwa 3 km westlich der Glowe-Bucht breitet sich auf dem Unterwasserstrand eine geschlossene Sanddecke aus, die durch die helle Färbung der Schorre zu erkennen ist. Der Vorstrand der Glowe-Bucht und des sich östlich anschließendem Steilufers von Jasmund wird dagegen von Stein- und Kiesdecken gebildet (dunkle Flecken), auf denen nur einzelne Sandfelder zu sehen sind. Diese Beobachtung entspricht auch den Beschreibungen von PLEWE (1940). In Kombination mit dem in der Literatur<sup>104</sup> beschriebenen nach Westen gerichteten Sedimenttransport für die östliche Schaabe und der Hauptwellenanlaufrichtung scheint eine Verfrachtung der vor Glowe erodierten Materialien zu den Sandfeldern vor der Nehrung möglich.

## **7.5 Sandtransport durch äolische Prozesse**

### **7.5.1 Einführung**

Die Erosionsarbeit des Windes geschieht auf folgende Weise: Sandkörner, welche lose auf dem Strand liegen, werden durch den vorbeistreichenden Wind in die Luft gehoben oder am Boden entlang gerollt. Dabei werden die feinsten Partikel zuerst in die Luft gehoben und ausgeblasen. Dafür sind Winde nötig, die wenigstens mit mäßiger Geschwindigkeit wehen. Die Körner werden aber nur kurz in die Luft gehoben, beschreiben eine gekrümmte Flugbahn und

---

<sup>104</sup> Vgl. FRÖHLE 2007, S. 39; ZENTRALES GEOLOGISCHES INSTITUT REINKENHAGEN 1988, S. 23

fallen dann in einem flachen Winkel wieder zu Boden. Dort stoßen sie mit anderen Körnern zusammen, wodurch die klastischen Sedimente erneut in die Luft geschleudert werden.<sup>105</sup> Die Saltation reicht nur in Höhen von maximal zwei Metern, wobei die meisten Körner nur jeweils immer wenige Dezimeter weit springen.<sup>106</sup> Am massivsten wird der Bereich des trockenen Sandes einer Küste von zuvor beschriebenen Deflation und anderen äolischen Prozessen überprägt.<sup>107</sup> Als sekundärer Transportprozess ist noch das Rollen der Körner, angetrieben durch die Schübe der schräg zu Boden fallenden Sande, zu nennen.

## 7.5.2 Sandtransport in der Glowe-Bucht

Der Seestrand der Glowe-Bucht wird auch durch äolische Materialtransporte überformt. Voraussetzung dafür sind Winde mit mindestens der Stärke 4 nach der Beaufort-Scala.

Als Folge des Sandfluges hat sich entlang des gesamten Strandes der Bucht eine natürliche Düne von 1-2 m Höhe vom Hafen bis zum Küstenkilometer 43.300 entwickelt, welche heute begrünt und damit relativ lagestabil ist.<sup>108</sup> Um die Ausblasungen durch den Wind in Grenzen zu halten, werden am Strand vor der Ortschaft im Winter Sandfangzäune aufgestellt. Hinter diesen Zäunen bilden sich dann kleine Sanddünen die die Ausblasung von klastischen Sedimenten behindern.<sup>109</sup>

Da aber keine wissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse zum windverursachten Materialtransport in der Glowe-Bucht vorhanden sind, und alle Informationen mündlichen Aussagen zur Quelle haben, kann über Transportraten nur spekuliert werden. Auch der genaue Einfluss der äolischen Sedimentverfrachtung auf die gesamte Strandentwicklung im Untersuchungsgebiet kann nicht eindeutig bestimmt werden. Selbst bei einem gewissen Einfluss auf die Sedimentdynamik bleibt die Verfrachtung auf die, im Vergleich zum restlichen Gebiet der Glowe-Bucht, recht schmale Zone des trockenen Sandes am Strand beschränkt

---

<sup>105</sup> Vgl. STRAHLER, STRAHLER 1999, S. 461

<sup>106</sup> Vgl. TRENHAILE 1997, S. 281

<sup>107</sup> Vgl. MADER 1995, S. 19

<sup>108</sup> nach Aussagen der Gemeindeverwaltung Glowe

<sup>109</sup> nach eigenen Beobachtungen

## 8 Küstenschutzmaßnahmen in der Glowe- Bucht

Dünen- und Uferabbrüche im Bereich der östlichen Schaabe und der Glowe-Bucht erforderten immer wieder technische Maßnahmen zur Stabilisierung dieses Küstenabschnittes.

Die Mittel zur Sicherung bestanden und bestehen aus passiven und aktiven Küstenschutzmaßnahmen. Konkret handelt es sich dabei im Untersuchungsgebiet um Deckwerke, Geotextilbauwerke und Deiche als landseitige und Aufspülen bzw. Aufschütten von Sanden auf Strand und Schorre sowie Errichtung von Buhnen als wasserseitige Maßnahmen.

### 8.1 Wasserseitige Maßnahmen

#### 8.1.1 Buhnen

Infolge der Errichtung einer ersten Steinmole am Königshörn (vgl. Kap. 7.3.1) verschlechterte sich die Strandsituation in der Glowe-Bucht dramatisch, was die Errichtung von Küstenschutzbauwerken erforderlich machte. Neben der Instandsetzung des Deiches und einer Strandaufschüttung wurden im Jahr 1968/69 22 Buhnen auf einer Länge von 1,1 km gerammt. Der Abstand und die Länge der Buhnen wurden auf 50 m festgelegt.

Durch diese Maßnahme stellte sich eine Strandverbreiterung von ca. 10 m ein. Im Jahr 1980/81 wurden weitere Buhnen in westlicher Richtung gebaut und die Gesamtzahl damit auf 35 erhöht.<sup>110 111</sup>

#### 8.1.2 Strandaufspülungen / Strandaufschüttungen

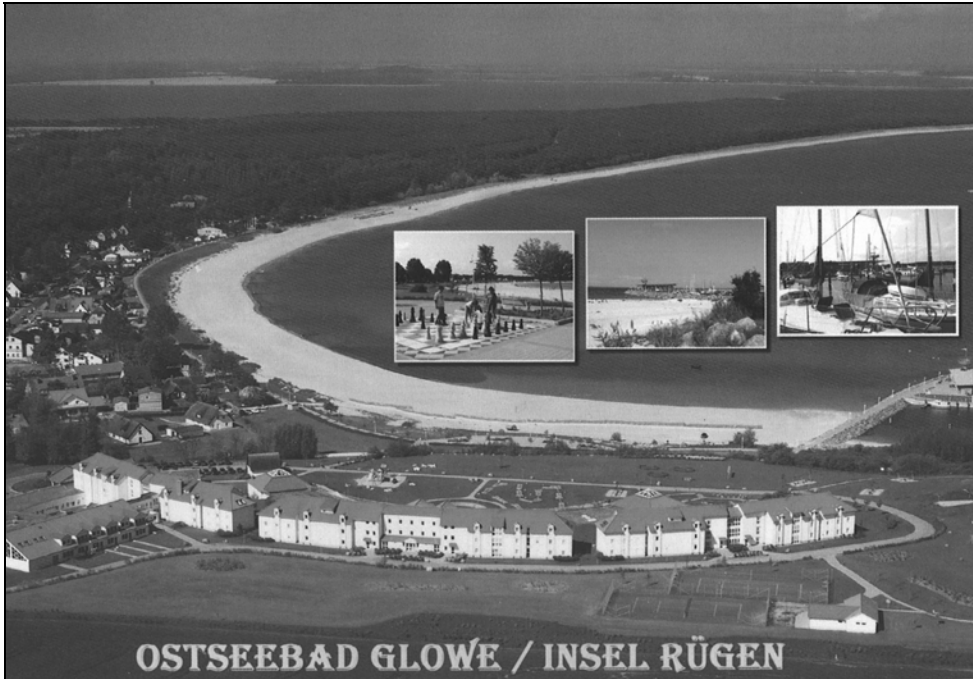
Die Küstenentwicklungen in der Glowe-Bucht machten in der Vergangenheit mehrere Ergänzungen des Sandes auf Strand und Schorre nötig. Laut Literatur wurden erstmals im 1966/67 7.500 m<sup>3</sup> Sand zur Verbesserung der Strandverhältnisse auf den Strand vor der Ortschaft verbracht. Sandaufspülungen erfolgten in den Jahren 1989 und 2000 (151.000 m<sup>3</sup> bzw. 104.424 m<sup>3</sup>).<sup>112</sup> Zusätzlich wurde der beim Bau der Marina Glowe gewonnene Baggeraushub (ca. 15.000 m<sup>3</sup>) im Strand- und Schorrenbereich westlich der

---

<sup>110</sup> Vgl. STAATLICHES AMT FÜR UMWELT UND NATUR 2000

<sup>111</sup> Vgl. BENCARD 1996, S. 245 ff

<sup>112</sup> Vgl. Bestandsliste der Küstenschutzbauwerke MV, STAUN Rostock



**Abbildung 59: Wirkung von Strandaufspülungen in der Glowe-Bucht.** Dieses Bild ist ein Postkartenmotiv und wurde kurz nach der letzten Aufspülung aufgenommen (schätzungsweise aus dem Jahr 2000-2002). Es zeigt einen bis zu 70 m breiten Sandkörper vor dem Seebad. Die Erosion wird bei einem Vergleich mit Abbildung 48 deutlich. Quelle: Ansichtskartenverlag Foto-Stavinski

Hafenmole eingebracht. Weiterhin erfolgten in der Vergangenheit immer wieder kleinere Aufschüttungen nach großen Sturmflutereignissen.<sup>110113</sup>

## 8.2 Landseitige Maßnahmen

### 8.2.1 Deich

Die ersten Schutzbauwerke wurden vermutlich Anfang des 20. Jahrhunderts auf einer Länge von 700 m errichtet. Der Deich begann am Königshörn und endete am westlichen Ende des Ortes, wo er in die natürlichen Dünenzüge der Schaabe übergang. 1966/67 erfolgte eine Deichinstandsetzung auf 550 m Länge und die Kronenhöhe wurde bis auf 3,36 NN gelegt. Nach weiteren Sturmflutereignissen, welche den Damm beschädigten, wurde das Küstenschutzbauwerk 1970 mit einer Deckwerk in Form einer

<sup>113</sup> Vgl. BENCARD 1996, S. 245 ff

Granitsteinpackung am Fuß des Deiches zusätzlich gegen die abrasiv wirkenden Kräfte der Brandung gesichert.<sup>110 111 114</sup>

### **8.2.2 Geotextilbauwerke**

Im Jahr 2002 wurde vor der Gaststätte „Ostseeperle“ (KKM 43.300), welche unter Denkmalschutz steht, ein 160 m langer Geotextildamm<sup>115</sup> errichtet, um das Gebäude bei Sturmfluten vor Beschädigungen zu bewahren.<sup>110</sup>

### **8.2.3 Dünen**

Entlang des gesamten Ufers der Glowe-Bucht haben sich zwischen Strand und dem Weg der Uferpromenade natürliche Sanddünen gebildet. Das Material hierfür stammt vom vorgelagerten Strandabschnitt, an welchem äolische Umlagerungsprozesse bei Winden ab der Stärke 4 Bf. auftreten und das ausgewehrte Feinmaterial hier deponiert wird (siehe hierzu auch Kap. 7.5.2). Diese Düne ist heute größtenteils begrünt. Eine weitere natürliche Ausdehnung der Dünenlandschaft wird durch das Aufstellen von Sandfangzäunen am Strand behindert.<sup>116</sup>

### **8.2.4 Küstenschutzwald**

Am westlichen Ende der Glowe-Bucht befindet sich ein Küstenschutzwald mit einer Breite von durchschnittlich 205 m. Die Anpflanzungen, welche aus Kiefer, Birke, Traubeneiche und Schwarzkiefer bestehen, wurden im Jahr 1866 begonnen und bis 1957 beständig fortgeführt.<sup>117</sup>

## **8.3 Kritische Bewertung der Küstenschutzmaßnahmen**

Die Bemühungen die Uferlinie zu halten scheinen sich in den letzten Jahrzehnten zu verdichten. Im Untersuchungsgebiet Glowe-Bucht kommt eine breite Palette von Maßnahmen zum Tragen: Bühnen und Deichbau kombiniert mit einer Aufspülung von Sanden zur Strandverbreiterung.

---

<sup>114</sup> Vgl. Bestandsliste der Küstenschutzbauwerke MV, STAUN Rostock

<sup>115</sup> Geotextil: große, mit Sand gefüllte Textilbehälter werden übereinander geschichtet und anschließend mit Sand bedeckt

<sup>116</sup> nach eigenen Beobachtungen und Aussagen der Gemeindeverwaltung Glowe

<sup>117</sup> Vgl. STAATLICHES AMT FÜR UMWELT UND NATUR 2000

Dieser umfangreiche Küstenschutz hat auch eine Schattenseite: Der in den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts errichtete Deich mit einem Deckwerk aus Granitsteinen liegt heute zwar unsichtbar unter einer Düne, er legt aber den Uferverlauf in der Glowe-Bucht unverrückbar fest. Das dynamische System Küste trifft so auf eine statische Bebauung, was einen natürlichen Küstenausgleich erheblich behindert.

Auch sollten zukünftige Küstenschutzmaßnahmen, insbesondere das Aufspülen von Sand, sensibler als in der Vergangenheit geplant und die Uferform mehr der natürlich-stabilen angepasst werden.

Durch eine künstliche Strandverbreiterung würde die aktuelle Wasserlinie, die durch küstennormalen Wellenanlauf entsteht, weit in die Bucht hinein und damit aus dem Schutz der Hafentmolen heraus geschoben werden. Die Folge wäre eine erneute schräge Angriffsrichtung des Seegangs und somit eine Destabilisierung des Ufers, zumal der „neue Strand“ schnell wieder verloren ginge. Das hat die letzte Aufspülung aus dem Jahr 2000, welche in sechs Jahre fast komplett ausgewaschen wurde, eindrucksvoll gezeigt. Ein besserer Uferschutz wird also nicht durch künstliche Materialzufuhr, sondern durch eine „Normalisierung“ des Wellenanlaufs erreicht.<sup>118</sup>

---

<sup>118</sup> Vgl. SILVESTER, HSU, S. 209

# 9 Theoretischer Ansatz zur Erklärung der Strandverhältnisse

## 9.1 Das Zeta-Bucht Konzept

Sandige Küsten richten ihre Gestalt nach den auf sie wirkenden Kräften durch Seegang und Strömungen aus. In der Fachliteratur wird eine immer wiederkehrende Uferform, die so genannte Zeta-Bucht (nach dem griechischen Buchstaben ζ), beschrieben.<sup>119</sup> Diese Buchten bilden sich, wenn ein Sandstrand von einem Landvorsprung aus morphologisch hartem Gestein begrenzt wird. Diese Landspitzen verändern mittels Diffraktion die Richtung des auf die Küste treffenden Seegangs und formen damit die Küstenlinie. Zeta-Buchten lassen sich in drei Teilbereiche untergliedern: Ein lang gezogener, gestreckter Strandabschnitt geht in eine gekrümmte Uferlinie in Form einer logarithmischen Spirale über, um dann halbkreisförmig die Bucht abzuschließen.

Zeta-Buchten kommen ubiquitär an Küsten aller Ozeane vor und bilden auch die Ufer von Seen und Flüssen.

Die Form dieser Uferlinie kann modellhaft durch Berechnungen bestimmt werden. Voraussetzung dafür ist die Kenntnis der Hauptanlaufrichtung des Seegangs und die Gewissheit, dass die Bucht sich in einem stabilen Zustand befindet. Hierfür gibt es mehrere Indikatoren: Zuallererst muss vorausgesetzt werden können, dass die Küstenlinie nicht weiter zurückschreitet bzw. sich die Bucht so weit eingekerbt hat, dass die Wellen durch die Refraktion nur noch küstennormal an das Ufer laufen. Durch diesen küstennormalen Wellenschlag erlischt dann die Litoraldrift vor dem Strand der Bucht, was einen Materialtransport in der Brandungszone unmöglich macht. Zusätzlich dürfen keine Sedimente von benachbarten Küstenabschnitten in die Bucht verfrachtet werden, damit sich Zeta-Buchten bilden.<sup>120</sup> Erst wenn dieser Zustand erreicht ist, kann die theoretisch optimale Ausformung der Küste berechnet werden.

---

<sup>119</sup> Vgl. SILVESTER, HSU, S. 199 ff

<sup>120</sup> Vgl. SILVESTER, HSU 1993, S. 209



## 9.2 Anwendung der Theorie auf den Seestrand der Glowe-Bucht

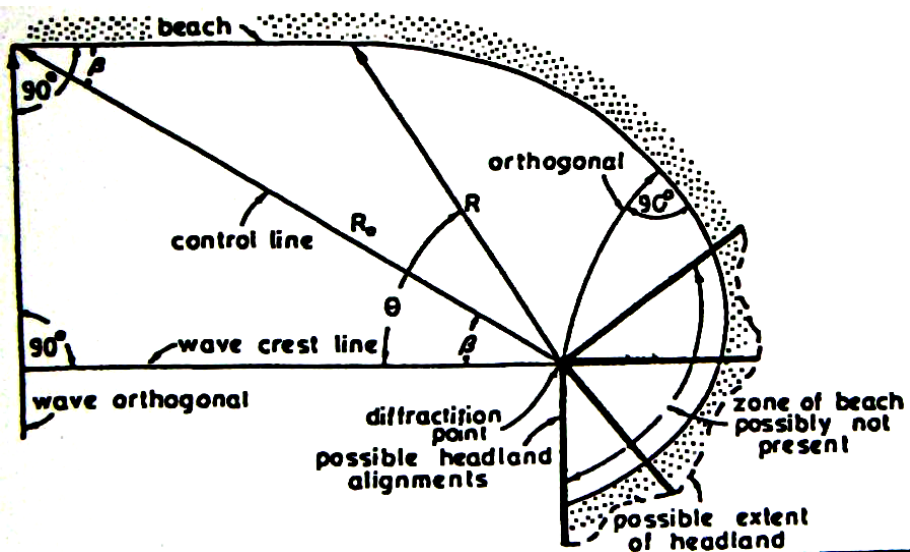


Abbildung 60: Skizze zur Veranschaulichung der Werte in der Berechnungsformel.  $R_0$  beträgt in der Natur des Untersuchungsgebietes 780 m, das „headland“ wird durch den im Jahr 2000 gebauten Hafen vor der Ortschaft gebildet. Quelle: Silvester / Hsu 1991

Die Naturverhältnisse im Untersuchungsgebiet entsprechen der Ausformung der Uferlinie nach der Zeta-Theorie: Der Hafen stellt einen morphologisch widerstandsfähigen Landvorsprung dar, an welchem sich ein Sandstrand anschließt, der sich der lokalen exogenen Wellen- und Strömungscharakteristik angleichen kann. Die Molen der Marina schneiden den Uferabschnitt, welcher sich westlich an den Hafen anschließt, von einem Sedimentstrom aus östlicher Richtung ab und die Litoraldrift ist nur noch vom durch Refraktion gebeugten Seegang abhängig (vgl. Kap. 7.3.2). Die Wellenanlaufrichtungen aus der offenen Ostsee sind begrenzt (siehe Kap. 6.3.2), was ihre Bestimmung erleichtert. In die Berechnungen der Hauptdirektion des Seegangs im Untersuchungsgebiet gingen die Auswertung der Wetterdaten aus Kap. 6.2 und die Art und Weise seiner Ausbreitung in der Bucht aus Kap. 6.3.2 ein.

Für die Ausformung sind nach der Zeta-Bucht-Theorie allein die in der Ostsee lokal windinduzierten Wellen verantwortlich. Swell spielt in Binnenmeeren dabei keine Rolle. Nach einer Seegangsstatistik (vgl. Kap. 6.3.2)



**Abbildung 61: Die Glowe-Bucht von Westen aus betrachtet. Deutlich zeichnet sich die Zeta-Form ab. Quelle: STAUN Rostock**

kommt nur ein Wellenanlauf aus nördlichen bis östlichen Richtungen in der Glowe-Bucht zum Tragen. Sturmereignisse aus Norden sind laut Windstatistik (vgl. Kap. 6.2) sehr selten, aber bei diesem Wellenanlauf sind die Abschattungseffekte der Hafentmolen in der Bucht nicht so stark, so dass eine relativ intensive Brandung und damit ein starker Materialtransport denkbar sind.

Für die Berechnungen wurde ein Winkel von  $14,5^\circ$  verwendet. Dieser Wert simuliert einen Wellenanlauf aus N bis NNO, bei dem sich der Seegang ohne Einfluss durch das Kap Arkona entwickeln kann, welches nördlich der

Glowe-Bucht liegt, und ist identisch mit Uferverlauf, der sich westlich des Untersuchungsgebietes anschließenden Strände der Nehrung Schaabe.

Die numerische Ermittlung der Form der Uferlinie erfolgte nach einer Formel, in welche die Ausrichtung der Wellenkämme (wava crest line), die Länge der Radien zwischen dem Wellenbrechpunkt und der Wasserlinie sowie die Verhältnisse der Winkel  $\beta$  und  $\theta$  eingehen. Zusätzlich erscheinen noch die Korrekturfaktoren  $C_0$ ,  $C_1$  und  $C_2$ , die nach dem Winkel  $\beta$  festgelegt werden.<sup>121</sup>

$$R/R_0 = C_0 + C_1 (\beta/\theta) + C_2(\beta/\theta)^2 \quad (\text{aus: SILVESTER und HSU 1993})$$

Zur Entwicklung dieser mathematischen Gleichung heißt es bei SILVESTER und HSU (1993): „*It was found that an equation to this order was sufficient to obtain bay outlines which matched actual bays extremely well for the complete periphery*“.<sup>122</sup> Die Korrekturfaktoren wurden also empirisch aus Vermessungen in der Natur entwickelt und dann mathematisch verallgemeinert, um die Uferform von Buchten auf ihrer gesamten Länge rechnerisch zu ermitteln. Als „headland“ gilt im Untersuchungsgebiet der Hafen Glowe. Der Diffraktionspunkt liegt vor den Molenköpfen der Marina.<sup>123</sup>

Die Kontrolllinie  $R_0$  markiert den Beginn einer Zeta-Bucht. Er liegt dort, wo die Beeinflussung der Wellenausbreitung durch den die Bucht bildenden Landvorsprung erlischt. Dieser Punkt wurde durch Datenauswertung der numerischen Simulation der Seegangbelastung (vgl. Kap. 6.3.2.1) ermittelt und liegt im Untersuchungsgebiet etwa auf Höhe des KKM 43.300. Die Kontrolllinie  $R_0$  ist in der Glowe-Bucht etwa 775 m lang.<sup>124</sup>

Für die Berechnungen der Küstenform wurden auch alternative Eingangswerte für die Formel verwendet (Kontrolllinien verschiedener Längen und Winkel). Diese brachten aber offensichtlich falsche Ergebnisse (Uferlinie lag in den Berechnungen teilweise 350 m südlich der heutigen). Das Berechnungsmodell von SILVESTER und HSU bedingt einen küstennormalen Wellenanlauf in der Peripherie der Bucht und konnte deshalb nicht für andere Seegangsrichtungen eingesetzt werden.

<sup>121</sup> Vgl. SILVESTER, HSU 1993, S. 222

<sup>122</sup> SILVESTER, HSU 1993, S.19

<sup>123</sup> ermittelt durch Auswertung von Luftbildern

<sup>124</sup> ermittelt aus TK

## 9.3 Untersuchungsergebnisse

Der mathematisch bestimmte Uferlauf des Seestrande entspricht relativ genau den Verhältnissen in der Natur. Die natürliche Wasserlinie folgt dem berechneten mit nur wenigen Metern Abweichung. Damit entspricht die Form der Glowe-Bucht theoretisch dem formbildenden Faktor Wellengang (aus Richtung ONO) und der Strand befindet sich nach SILVESTER und HSU 1993 in einem Gleichgewicht. Nur in unmittelbarer Nähe des Hafens weicht die Mittelwasserlinie des Untersuchungsgebietes von der berechneten Kurve ab. Dies hat nach Meinung des Verfassers seine Ursache in den Abschattungseffekten der Südmole, welche durch einen Knick in dem Wellenbrecherbauwerk hervorgerufen werden (siehe

Das Ufer der Glowe-Bucht befindet sich nach Berechnungen mit der Zeta-Bucht-Formel in einer potentiell stabilen Lage. Wenn die theoretischen Untersuchungsergebnisse mit den Verhältnissen in der Natur übereinstimmen, sind weitere Uferabbrüche in Zukunft nicht mehr zu erwarten. Es bleibt jedoch abzuwarten, ob die lokalen Erosionsphänomene damit tatsächlich ein Ende finden.

Das Zeta-Bucht-Konzept ist ein rein mathematischer Ansatz und geht nicht auf Küstenschutzmaßnahmen und die lokale Geologie ein – Abweichungen von der rechnerisch sich im Optimum befindlichen Uferform erscheinen deshalb wahrscheinlich. Die Wellenanlaufrichtung NNO entspricht nicht der hauptsächlichen Seegangbelastung im Untersuchungsgebiet. Zwar ist die Schutzwirkung der Wellenbrecher für den Strand der Glowe-Bucht bei östlichen Winden erheblich höher, diese treten aber laut KOHLHASE (1996) aus der Richtung NO und O dreimal häufiger auf als aus der Richtung N und NNO (Wellenhöhen jeweils über 1 m). Man könnte dementsprechend von einem Materialtransport ausgehen, der nicht besonders intensiv ist, dafür aber häufiger stattfindet. Die Untersuchungsergebnisse der Wellensimulation mittel SWAN (vgl. Kap. 6.3.2.2) ergaben einen fast küstennormalen Wellenanlauf für die Glowe-Bucht mit einer maximalen Abweichung von  $10^\circ$  bei Ostwind. Demnach müsste bei der heutigen Uferform des Untersuchungsgebietes nur noch ein sehr schwacher Brandungsstrom auftreten und entsprechend wenig Material verfrachtet werden.

**Abbildung 62 (nächste Seite): Anwendung des Zeta-Bucht-Konzepts auf das Untersuchungsgebiet.** Die Wellenbrechlinie wurde parallel zum Strand der Schaabe gelegt.  $R_0$  beträgt 780 m. Die errechnete Uferlinie (gelb) stimmt mit der natürlichen überein. Nur in unmittelbarer Nähe zum Hafen weicht sie, vermutlich wegen der Schutzwirkung der Südmole und des flachen Unterwasserstrandes, ab. Quelle: Autor



Plausibel wäre deshalb eine Abschwächung der zukünftigen Strandverluste im Untersuchungsgebiet auf ein Minimum im Jahresmittel, denn durch die zunehmende Einkerbung wird der Küstenparallelstrom immer geringer. Das hieße, dass sich in Zukunft die Strandsituation vor dem Seebad mit Küstenschutzmaßnahmen zunehmend besser entschärfen ließe, als das in der Vergangenheit der Fall war – eine beruhigende Vorstellung.

## 10 Zusammenfassung

Glowe liegt auf Rügen an der Tromper Wiek, einer lang gezogenen bis zu 16 km breiten Meeresbucht an der südlichen Ostsee. Allgemein betrachtet wird die Tromper Wiek landseitig von drei Landmassen begrenzt, die durch natürliche Küstenausgleichsprozesse zusammengewachsen sind: zwei Inseln und eine Nehrung. Westlich des Ortes Glowe befindet sich die Nehrung, oder so genannte Schaabe, welche die Inselkerne Wittow und Jasmund verbindet. Die Landmasse Jasmund hat an seinem westlichen Ende noch einen markanten Vorsprung nach Norden. Dieses Kap hat den Namen „Königshörn“ und modelliert eine Bucht vor der Ortschaft aus der sonst ausgeglichenen, schwach geschwungenen Küstenlinie der Tromper Wiek.

Die Küste im Untersuchungsgebiet ist eine Flachküste und bildet die Fortsetzung der ausgedehnten wenig geneigten Sandstrände der Nehrung Schaabe. Der Strand der Bucht hat eine flache Neigung und besteht aus feinem Sand mit wenigen eingestreuten Kiesbänken. Er wird im Osten durch das Königshörn und einen dort errichteten Sportboothafen begrenzt. Jenseits der Marina wird das Ufer von einer Steilküste aus Geschiebemergel über Kreide gebildet.

Die ca. 1000 m lange Flachküste der Glowe-Bucht ist im Rückgang begriffen. Die Abrasion von Sedimenten konzentriert sich auf den Flachwasserbereich und ein Gebiet südlich eines kleinen Sportboothafens. Sie bewirkte einen Rückgang der Wasserlinie um bis zu 50 m in sechs Jahren (2000-2006) und ist auf küstenparallele und küstennormale Materialverfrachtungen zurückzuführen, welche durch lokale Küstenströmungen angetrieben werden.

Die Tromper Wiek besitzt keinen eigenen Strömungscharakter, sondern ist an das windinduzierte Bewegungssystem des Wassers der Ostsee mit angebunden, welches maßgeblich durch Windrichtung und Windstärke beeinflusst wird. Vor Winden aus südwestlichen und südlichen Richtungen ist der Raum Glowe gänzlich geschützt, so dass sich bei diesen Wetterlagen kaum

Strömungen entlang der Küste entwickeln können. Nur Winde aus nördlichen und östlichen Richtungen sind in der Lage, das Wasser in der Wiek und damit in der Glowe-Bucht in Bewegung zu bringen.

Naturmessungen mit einer selbst konstruierten Messboje ergaben zwei unterschiedliche, windrichtungsabhängige Strömungsmuster. Bei westlichen und nördlichen Winden wird die Bucht von südöstlich gerichteten Driftströmen gestreift, welche durch das Königshörn und den dort errichteten Hafen abgebremst werden. Der dadurch verursachte Wasserstau in der Bucht führt vor den Wellenbrechern der Marina zu einer Ausgleichströmung nach Norden, während vor dem Ufer des Untersuchungsgebietes nur schwache Wasserbewegungen auftreten. Bei östlichen Winden lenkt ein starker Brandungsstrom, der am Steilufer Jasmunds entsteht, teilweise in die Bucht ein. Dieser erreicht aber erst am Weststrand vor dem Seebad das Ufer, weil er am Königshörn zunächst nach Norden abgedrängt wird. Am Ostufer vor Glowe entsteht dadurch ein vor Wasserbewegungen aus der offenen Ostsee geschützter Küstenraum, in dem nur brandende Wellen Strömungen und damit Materialtransporte verursachen können.

Die Wellenausbreitung wurde mit Hilfe der Universität Rostock durch das numerische Modell SWAN simuliert. Dabei konnten Schutzeffekte der Hafentmolen für Strand und Schorre vor dem Seebad aufgezeigt werden, welche auf der Abschirmung der Bucht vor hohen Wellen aus der offenen Ostsee beruhen. Wichtiger als die Reduzierung der Wellenhöhe scheinen Diffraktionseffekte des Seegangs und die damit verbundene Richtungsänderung der Wellenorthogonalen zu sein, was zu annähernd küstennormalem Auftreffen der Wellen auf das Ufer führt. Hierbei spielt die jeweilige Windrichtung nur eine untergeordnete Rolle. Bei einer Änderung der Windrichtung um  $90^\circ$  (von Norden nach Osten) beträgt die Veränderung der Laufrichtung der Wellen in der Bucht nur  $10^\circ$ . Diese maximalen  $10^\circ$  bilden einen schwachen Brandungsstrom nach Westen, welcher nur wenig Material am Ufer transportieren kann. Die Molen stellen also einen gewissen Schutz für den Strand dar.

Das Hafentmolenwerk hat aber noch einen weiteren Einfluss auf die Morphologie des Untersuchungsgebietes: Die Wellenbrecher der Marina ragen etwa 250 m in die Glowe-Bucht hinein. Dadurch wird ein für die Strandernährung wichtiger Materialstrom, der vom Steilufer Jasmund kommt, nach Norden abgedrängt, was insbesondere dem Oststrand vor dem Seebad die Sedimentzufuhr abschneidet. Dadurch führt hier schon ein relativ geringer Nettotransport nach Westen zum Uferabbruch. Das ergab die Auswertung von

aktueller Fachliteratur zur Sedimentbewegung an der Außenküste von Nordrügen in Kombination mit wissenschaftlichen Arbeiten zur Gestalt und Entwicklung dieses und benachbarter Küstenabschnitte der letzten 60 Jahre. Der Vergleich von historischen und aktuellen Bildmaterialien zeigte, dass die negative Sedimentbilanz in der Bucht auch auf eine verminderte Nachlieferung von Sanden aus Abbruchmaterial des benachbarten Steilufers zurückzuführen ist. Außerdem wurde eine Landzunge, welche in der Bucht die Funktion einer Sandfalle besaß und auf Höhe des KKM 43.200 lag, seit etwa 1940 komplett zurückgeschnitten. Dadurch kann am Strand erodiertes Material ungehindert die Bucht verlassen. Die Erosionsprobleme vor Glowe beruhen demnach neben anthropogenen Einflüssen (Hafenbau) auch auf natürlichen Küstenausgleichsprozessen. Die natürlichen Küstenveränderungen bewirken ein geringeres Sedimentangebot für den Strand und einen schnelleren Materialaustritt aus der Bucht. Der Hafen sorgt dafür, dass die ohnehin spärliche Materialnachlieferung den Strand der Glowe-Bucht nicht mehr erreicht.

Wohin der am Strand von Glowe abgetragene Sand schließlich gelangt, kann nur vermutet werden. Es werden drei Möglichkeiten in Betracht gezogen: Zum Einen eine Verfrachtung in das Seegebiet nördlich des Königshörn mit anschließender Deposition in tiefern Bereichen des Unterwasserstrandes, zum Anderen ein Materialtransport nach Westen mit einer Ablagerung auf der Schorre der mittleren Schaabe. Als drittes Akkumulationsgebiet kommt der Vorstrand der Glowe-Bucht selbst in Betracht. Dies wurde aus Veränderungen der Tiefenverhältnisse in den letzten Jahren geschlossen.

Doch wie könnte die zukünftige Küstenentwicklung aussehen? Um diese Frage zu klären, wurde die ideale, d.h. stabile, Uferlinie der Glowe-Bucht mathematisch berechnet. Die natürliche Küstenlinie folgt der berechneten mit nur wenigen Metern Abweichung. Damit entspricht die Form der Glowe-Bucht theoretisch den natürlichen, formbildenden Faktoren und der Strand befindet sich der Theorie zufolge in einem Gleichgewichtszustand. Da in die Berechnung aber nicht alle in Glowe vorkommenden exogenen Einflüsse auf den Sedimenttransport eingehen können, sollte das Ergebnis nur als eine von mehreren möglichen zukünftigen Entwicklungen gesehen werden.

Tatsächlich verlangsamte sich in den letzten Jahren die Abrasion am von der Diffraktion des Seegangs beeinflussten Ufer mit zunehmender Einkerbung der Bucht, aufgrund eines dann zunehmend küstennormalen Wellenanlaufs am Strand. Hinzu kommt ein besserer Schutz vor Seegang durch die Hafentmolen bei einem zurückverlegten Ufer. Wenn auch die Abtragungsprozesse



wahrscheinlich nicht ganz zum Erliegen kommen werden, so schwindet zumindest deren Intensität.

## 11 Danksagung

Mein Dank gilt allen genannten und ungenannten Unterstützern der Arbeit, insbesondere meinen beiden Betreuern Dipl. Ing. K. Sommermeier und Prof. Dr. D. Faust für die Anregung zur Bearbeitung des Themas. Bei Dr. F. Weichbrodt, Dipl. Ing. Christian Schlamkow und Dr. P. Fröhle vom Institut für Wasserbau sowie Dipl. Ing. Matthias Naumann vom Institut Geodäsie und Geoinformatik der Universität Rostock möchte ich mich für die fachliche und technische Unterstützung bei den Driftversuchen und Wellensimulationen im Rahmen dieser Arbeit bedanken.

Eine große Unterstützung stellte auch die mir von Vilma Schmidt gestattete Nutzung des Archivs des STAUN Rostock dar. Großes Entgegenkommen erfuhr ich überdies von Anja Klee und dem Bürgermeister von Glowe, U. Radeisen, bei der Bereitstellung von Literatur, Fotos und anderen Arbeitsmaterialien.

Dana Weiss übernahm freundlicherweise die Durchsicht des Textes.

## 12 Literatur

- BENCARD, J.** (1990): *Der Küstenschutz an der Ostseeküste Mecklenburg-Vorpommerns 1945 bis 1990*. Band 2: die Außenküste der staatlichen Ämter für Umwelt und Natur Stralsund und Ückerküste: 432 S.
- CARTER, R.** (1991): *Coastal Environments*. -3. Auflage, academic press, London: 617 S.
- DEAN, R., DALRYMPLE, R.** (2002): *Coastal Processes with Engineering Applications*. Cambridge Univ. Press, Cambridge: 475 S.
- DUPHORN, K.**(1995): *Die deutsche Ostseeküste*. - in: Sammlung geologischer Führer BD 88, Stuttgart: 281 S.
- FÜCHTBAUER, H.**(1988): *Sedimente und Sedimentgesteine*. -4. überarb. Auflage, Schweizerbart, Stuttgart: 1141 S.
- FÜHRBÖTER, A., Dette, H.** (1975): *Naturuntersuchungen an Brandungsströmungen*. -Die Küste, Jg. 27: 1-7
- GELLERT, F. (b)** (1991): *Die Sandriffe vor dem Seestrand der Schaabe (Nord – Rügen) und die Entwicklungen in der Glowe Bucht*. -Wissenschaftliche Zeitung der Brandenburgischen Hochschule, Jg. 35, Heft 4: 367 – 376
- GELLERT, F.** (1991): *Die Morphologie des Seestrandes der Schaabe im Spiegel des Anuellen Wechsels von Starkwinden und Seegang*, -Wissenschaftliche Zeitung der Brandenburgischen Hochschule, Jg. 35, Heft 4: 377 – 382
- GELLERT, F.** (1965): *Glowe und Umgebung – Physisch-geographischer Exkursionsführer*. Gutenberg Buchdruckerei und Verlagsanstalt, Potsdam: 160 S.
- GERBHARDT, H., GLASER, R., RADTKE, U., REUBER P.** (2007): *Geographie – Physische Geographie und Humangeographie*. Spektrum Akad. Verlag, München: 1096 S.
- GEYER, F., LEINFELDER, R. (Hrg.)** (1988): *Die Deutsche Ostseeküste*. -in: Sammlung Geologischer Führer Band 88, Stuttgart: 281 S.
- GIERLOFF – EMDEN, H. G.** (1980): *Lehrbuch der Allgemeinen Geographie*. Bd.5/1, Geographie des Meeres, Ozeane und Küsten: Berlin, New York: 93 S.
- GOUDIE, A.**(1995): *Physische Geographie – Eine Einführung*. -3. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg: 402 S.
- GRIESSEIER, H, VOLLBRECHT, K.** (1955): *Untersuchungen und Beobachtungsergebnisse über einige Gesetzmäßigkeiten im litoralen Geschehen*. -Acta Hydrophysica Bd. 2, Heft 3, o. S
- HENDL, M., LIEDTKE, H.** (1997): *Lehrbuch der Allgemeinen Physischen Geographie*. -3. überarb. und erw. Auflage, Perthes, Gotha: 866 S.
- KATZUNG, G. (Hrg.)** (2004): *Geologie von Mecklenburg-Vorpommern*. Schweizerbart, Stuttgart: 580 S.
- KELLETAT, D.** (1998): *German Geographical Coastal Research – The last decade*. Inst. für Wiss. Zusammenarbeit, Tübingen: 448 S.
- KELLETAT, D.** (1999): *Physische Geographie der Meere und Küsten: eine Einführung*. 2. neubearb. und erw. Auflage, Teuber, Stuttgart: 258 S.
- KOHLHASE, S.** (2003): *Wasserbau 3 und 4 / Teil 2 – Umdruck zur Vorlesung*. Universität Rostock, Rostock: 265 S.
- KOHLHASE, S.** (1992): *The Need to Monitor the Coastal Response to Structural Interventions*. Proc. Seminar on Causes of Coastal Erosion in Sri Lanka, Colombo: o.S.

- KOS`YAN, R.D., PYKHOV, N.V., EDG, B.L.** (2000): *Coastal Processes in Tideless Seas*. American Society of Civil Engineers, Reston/Virginia: 316 S.
- HUPFER P., HARFF, J., STERR, H., STIGGE, H., KURATORIUM FÜR FORSCHUNG IM KÜSTENINGENIEURWESEN (Hrg.)** (2003): *Die Wasserstände an der Ostseeküste*. Boyens, Heide: 331 S.(=Die Küste, Jg. 2003, Heft 66)
- KURATORIUM FÜR FORSCHUNG IM KÜSTENINGENIEURWESEN (Hrg.)** (1993): *Empfehlungen für die Ausführung von Küstenschutzbauwerken*. Boyens, Heide: 541 S. (=Die Küste, Jg. 1993, Heft 55)
- LESER, H.** (1997): *Wörterbuch allgemeine Geographie*. vollkommen überarbeitete Ausg., Dt. Taschenbuchverlag, München: 1037 S.
- LIEDTKE, H., MARCINEK, J.** (1995): *Physische Geographie Deutschlands*. 2. durchges. Aufl., Perthes, Gotha: 559 S.
- MADER, D.** (1995): *Aeolian and Adhesion Morphodynamics and Phytoecology in Recent Coastal and Inland Sand and Snow Flats and Dunes from mainly North Sea and Baltic Sea to Mars and Venus*. Lang, Frankfurt/Main: 1232 S.
- MAI, S., DAEMRICH, K.-F.** (2005): *Seegangsberechnungen zur Ermittlung der Höhen der Inseldeiche Juist und Wangerooge*. -Tagungsband zum 5. FZK – Kolloquium, Hannover: S. 57-63
- BRUNOTTE, E., GEBHARDT, H., MEURER, M., MEUSBURGER, P.**(2001): *Lexikon der Geographie*. 1. Band. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin: 426 S.
- MINISTERIUM FÜR ARBEIT, BAU UND LANDESENTWICKLUNG MV (Hrg.)** (2004): *Standortkonzept für Sportboothäfen an der Ostseeküste*. Schwerin: 239 S.
- MINISTERIUM FÜR BAU, LANDESENTWICKLUNG UND UMWELT MV. (Hrg.)** (1995): *Generalplan Küsten- und Hochwasserschutz Mecklenburg-Vorpommern*. Schwerin: 108 S.
- PLEWE, E.** (1940): *Küste und Meeresboden der Tromper Wiek (Insel Rügen)*. –Geologie der Meere und Binnengewässer, 4. Band, Borntraeger, Berlin: 1-41
- SCHÄFER, A.** (2005): *Klastische Sedimente – Fazies und Sequenzstratigraphie*. Spektrum Akademischer Verlag, München: 414 S.
- SCHARNOW, U.** (1978): *Grundlagen der Ozeanologie*. Transpress Verl. für Verkehrswesen, Berlin: 434 S.
- SCHRADER, F.** (1977): *Strömungsverhältnisse in der Glowe – Bucht (Tromper Wiek)*. - Wissenschaftliche Zeitschrift der Pädagogischen Hochschule „Karl Liebknecht“ Potsdam, Jg. 21, Heft 3, Potsdam: 455 – 461
- SILVESTER, R., HSU J. R.** (1993): *Coastal Stabilization – Innovative Concepts*. PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs / New Jersey: 578 S.
- STRAHLER A.H., STRAHLER A.N.** (1999) : *Physische Geographie*. UTB für Wissenschaft, Stuttgart: 680 S.
- TIEPOLT, L., SCHUMACHER, W.** (2002): *Empfehlungen für die Ausführung von Küstenschutzwerken*. Boyens, Heide: 589 S.(=Die Küste, Jg. 2002, Heft 65, S. 215-230)
- TRENHAILE, A.S.** (1997): *Coastal Dynamics and Landforms*. Clarendon Press, Oxford: 366 S.
- ULE, W.** (1909): *Geographie von Mecklenburg*. Strecker & Schröder, Stuttgart: 139 S.
- WEISS, D.:** *Das Küstenschutzkonzept von Mecklenburg – Vorpommern*. -Zeitschrift für Geologische Wissenschaften, Band 28, Heft 6: 635 – 646
- ZARNCKE, T.** (2000): *Küstenschutz an sandigen Rückgangsküsten Mecklenburg-Vorpommerns*. -Wasser und Abfall Jg. 2000, Heft 4: 44-47

### Internet:

**KALLENRODE, M. B.:** Ozeane und Küsten, (vgl. [http://www.sotere.uni-osnabrueck.de/Lehre/skript/ozeane\\_kuesten.pdf](http://www.sotere.uni-osnabrueck.de/Lehre/skript/ozeane_kuesten.pdf)) [03.11. 2007]

**DIESING, M.** (2003): Die Regeneration von Materialentnahmestellen in der südwestlichen Ostsee unter besonderer Berücksichtigung der rezenten Sedimentdynamik, Kiel: 168 S. (vgl. auch [http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation\\_diss\\_755](http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation_diss_755)) [20.11. 2007]

### Unveröffentlichte Gutachten aus der Dokumentationsstelle des STAUN Rostock:

**AMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, BERLIN** (1966): Küste und Küstengewässer – Fachausdrücke und Begriffserklärungen TGL 92-010. Berlin: 19 S.

**BRAUCKHOFF, D.** (1966): *Die geologischen Verhältnisse im Raum Glowe und die Schlussfolgerungen für Schutzmaßnahmen.* Wasserwirtschaftsdirektion Küste – Warnow – Peene, Rostock: 15 S.

**DIEKMANN, R.** (1994): Ausbau der Zufahrt zum Seehafen Rostock – 14,5 m Ausbau des Seehafens – Auswirkung auf die Küstenmorphologie. Wasser und Schifffahrtsamt Stralsund, Hamburg: 79 S.

**FRÖHLE, P.** (2007): *Sportboothäfen an der Außenküste Mecklenburg – Vorpommerns – Abschlussbericht.* Institut für Umweltingenieurwesen / Universität Rostock, Rostock: 74 S.

**KOHLHASE, S.** (1996): Gutachterliche Stellungnahme zu möglichen Einflüssen des Hafens Glowe auf den Küsten- und Hochwasserschutz. IWR Rostock AS Wismar, Wismar: 24 S.

**SCHINKE, [ ]** (1968): *Bericht über Modelluntersuchungen der Strömungsverhältnisse im Seegebiet der Glowe – Bucht.* Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau, Potsdam: 48 S.

**STAUN ROSTOCK / KLEE, A.** (2006): *Bestandsliste der Küstenschutzbauwerke Mecklenburg – Vorpommern.* Rostock, o. S.

**STAUN ROSTOCK / ABT. KÜSTE** (2000): Strandvorspülung Glowe – Genehmigungs- und Ausführungsplanung, Rostock: o. S.

**ZENTRALES GEOLOGISCHES INSTITUT REINKENHAGEN** (1988): Küstensedimentdynamik Nordrügen – Usedom, Reinkenhagen: 19 – 24

## 13 Glossar

- ABRASION:** Brandungswirkung am Ufer des Meeres und der Seen, also die abtragende Wirkung des schwingenden Wassers einschließlich des aufgearbeiteten Gesteinsmaterials <sup>125</sup>
- AUSGLEICHSKÜSTE:** ursprünglich stark gegliederte Küste mit einem Wechsel von mehr oder weniger weit geschwungenen bis fast geradlinigen Flach- und Steilküstenstrecken, die durch Materialtransport einem ausgeglichenem Verlauf zustrebt <sup>125</sup>
- AUSSENKÜSTE:** Küstenraum, der an die offene See angebunden ist und an der die daran gebundenen Seegangerscheinungen in vollem Ausmaß zutage treten <sup>126</sup>
- BRANDUNG:** Deformation der Wellenbewegung infolge abnehmender Wassertiefe<sup>110</sup>
- BRANDUNGSSTROM:** durch brandenden Seegang verursachte Strömung<sup>110</sup>
- DIFFRAKTION:** Änderung der Fortpflanzungsrichtung der Wellen durch ein festes Hindernis <sup>125</sup>
- DRIFTSTRÖMUNG:** durch tangential an die Wasseroberfläche angreifende Windschubkräfte verursachte Strömung <sup>125</sup>
- FLACHKÜSTE:** aus holozänen Ablagerungen, wie Dünen, Flugsandfeldern, marinen Sedimenten und Torf, aufgebaute Küste, bei der das Land allmählich zum Meer hin abfällt <sup>125</sup>
- HAKEN:** lange, meist schmale, durch marine Anlandungen an Kernlandküsten entstandene Neulandbildung, die in eine Bucht hineinwächst <sup>125</sup>
- INSELKERN:** geomorphologisch relativ widerstandsfähige Bestandteile von Inseln, an welche sich jüngere marine Sedimente anlagern können, in Flachmeeren oft durch die Aufragung von älteren Gesteinen gebildet. Hier können einzelne Kerne auch durch Sedimentschüttungen verbunden werden.<sup>125</sup>
- KLIFF:** Steilküste welche durch Brandungserosion in Locker- oder Festgesteinen gebildet wurde. Bei der Bildung von Kliffen wirken marine Abtragungs- und Abtransportprozesse zusammen und bilden so ein Steilufer. Der Neigungswinkel hängt von der Härte, Lagerung und Art des Substrates ab. Vor einer Kliffküste ist meist eine → *Schorre* entwickelt <sup>125</sup>
- KÜSTE:** Übergangsraum zwischen Meer und Festland welcher aus Strand und Schorre besteht. An dieser Schnittstelle beeinflussen sich meteorologisch, ozeanologisch, und biologisch wirksame Prozesse.<sup>126</sup>

---

<sup>125</sup> Vgl. LESER 1997

<sup>126</sup> Vgl. TGL 92- 010

**KÜSTENNORMAL:** Richtung, welche in einem 90° Winkel zur Ausrichtung der Uferlinie steht.<sup>125</sup>

**LÄNGSTTRANSPORT:** bezeichnet die Verfrachtung von Material im Küstenverlauf

**LITORALDRIFT:** Strömung, die durch schräg zum Ufer brandende Wellen entsteht und küstenparallel fließt<sup>125</sup>

**MARIN:** alle Erscheinungen, die sich unter Einwirkung des Meeres sich bilden oder gebildet haben<sup>125</sup>

**NEERSTROM:** von einer Hauptströmung abzweigende und dieser entgegengesetzt gerichtet verlaufende Wasserbewegung<sup>125</sup>

**NEHRUNG:** Schmale, lang gestreckte Landzunge welche durch starken, küstenparallelen Sandtransport an gezeitenlosen Küsten gebildet wird. Nehrungen schneiden Meeresbuchten oder Ästuar ganz oder teilweise von der offenen See ab so dass sich, wie an der südlichen Ostsee Boddengewässer dahinter bilden. Nehrungen sind wichtige Vollformen für den Küstenausgleich<sup>127</sup>

**REFRAKTION:** Ablenkung der Wellenrichtung durch den Untergrund in Analogie zum SNELLSchen Lichtbrechungsgesetz, welches die Richtungsänderung an der Grenzfläche zweier Medien unterschiedlicher Dichte beschreibt<sup>129</sup>

**SANDRIFF:** von starken Brandungsvorgängen und dadurch bedingter Brandungsströmung geschaffene uferparallele Längsbauf orm<sup>125</sup>

**SCHORRE:** auch „Abrasionsplattform“ genannte, flach Seewärts geneigte Flachform vor der Uferlinie die die Fortsetzung des Ufers unter dem Meeresspiegel bildet, entweder als Schnittfläche im Anstehenden oder als Akkumulationsform aus abgelagerten Sedimenten ausgebildet<sup>128</sup>

**SEEGANG:** winderzeugte, durch Wellen unterschiedlicher Abmessungen und Perioden gebildete unregelmäßige Bewegung der Wasseroberfläche<sup>125</sup>

**SHOALING:** Veränderung der Wellenhöhe, Wellenlänge und die Abnahme der Wellengeschwindigkeit bei einem strandnormalen Einlaufen des Seegangs<sup>129</sup>

**STEILKÜSTE:** aus pleistozänem Material oder Gesteinen älterer Formationen, wie Kreide, aufgebaute Küste mit steilem Abhang zum Meer, oft der unmittelbaren Einwirkung des Seegangs ausgesetzt<sup>130</sup>

**STRANDWALL:** einige Dezimeter bis über einen Meter hohe, durch auflaufende Brandung gebildete, langgestreckte Aufschüttungsform des Strandes<sup>125</sup>

**WASSERLINIE:** Schnittlinie der Wasserfläche mit der festen Erdoberfläche<sup>125</sup>

---

<sup>127</sup> Vgl. FÜCHTBAUER 1988

<sup>128</sup> Vgl. MEUSBURGER 2001

<sup>129</sup> Vgl. KURATORIUM FÜR KÜSTENINGENIEURWESEN (1993), S. 55

<sup>130</sup> Auszug aus TGL 92-010

---

## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich zur Anfertigung der vorliegenden Arbeit keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel und keine nichtgenannte fremde Hilfe in Anspruch genommen habe.

Ort: Rostock

Datum: .....

Unterschrift: .....



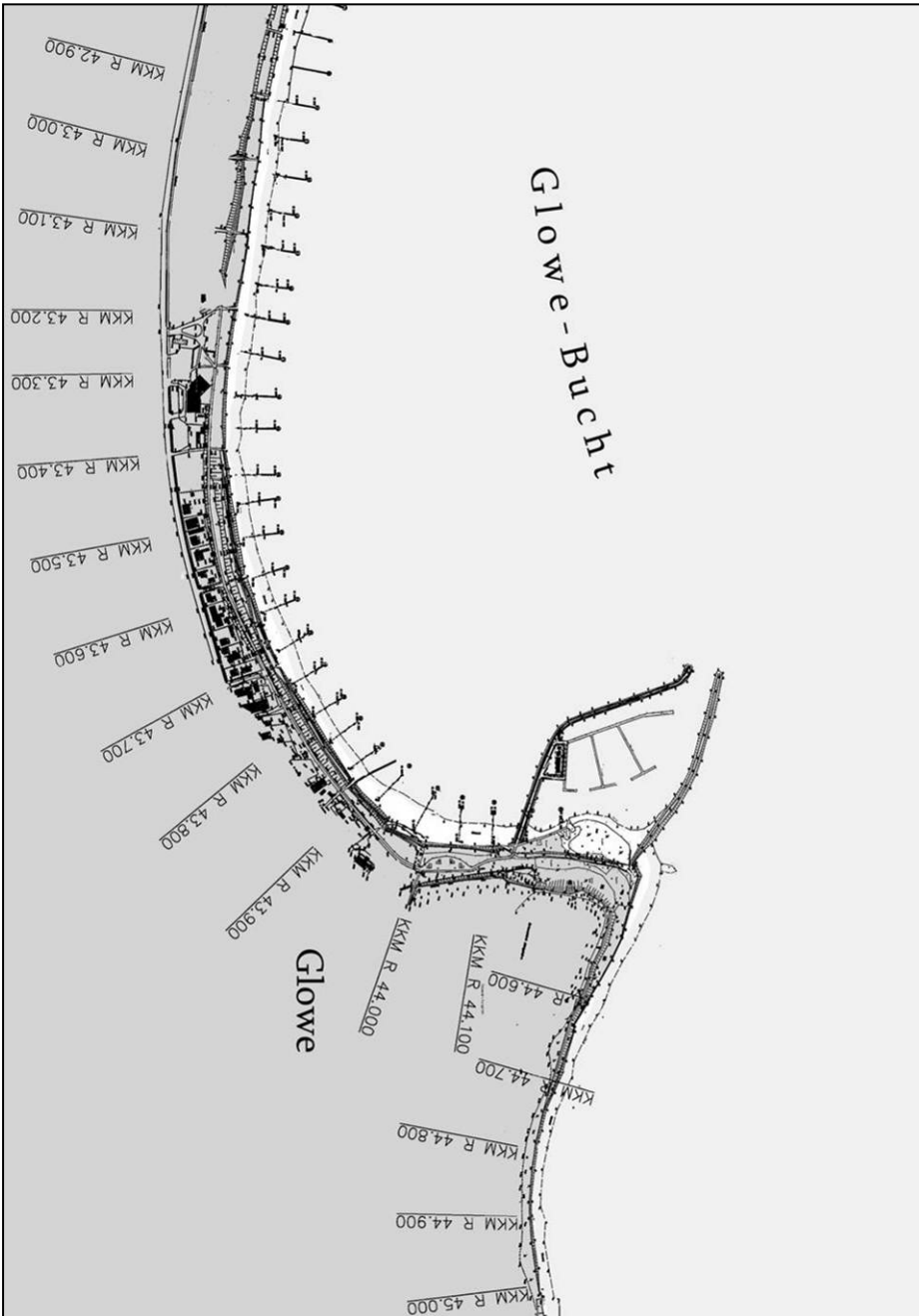
# 14 Anhang

## 14.1 Beaufort Scala

Beaufort	Knoten	km/h	m/s	Bezeichnung	Kennzeichen auf dem Wasser
0	0-1	0-1	0-0,3	Windstille	spiegelglatte Wasseroberfläche
1	1-3	1-5	0,3-1,5	leiser Zug	kleine schuppenförmige Kräuselwellen ohne Schaumkämme
2	4-6	6-11	1,6-3,3	leichte Brise	kleine Wellen, Kämme sehen glasig aus brechen jedoch nicht
3	7-10	12-19	3,4-5,4	schwache Brise	Kämme beginnen zu brechen, vereinzelt kleine Schaumköpfe
4	11-16	20-28	5,5-7,9	mäßige Brise	Wellen werden länger, weiße Schaumköpfe schon ziemlich verbreitet
5	17-21	29-38	8,0-10,7	frischer Wind	mäßige Wellen, überall weiße Schaumkämme
6	22-27	39-49	10,8-13,8	starker Wind	Bildung großer Wellen beginnt, Kämme brechen und hinterlassen größere weiße Schaumflächen
7	28-33	50-61	13,9-17,1	steifer Wind	Wellen türmen sich, der beim Brechen entstehende weiße Schaum bildet Streifen in Windrichtung
8	34-40	62-74	17,2-20,7	stürmischer Wind	mäßig hohe Wellenberge, Wasser beginnt zu fliegen, ausgeprägte Schaumstreifen
9	41-47	75-88	20,8-24,4	Sturm	hohe Wellenberge, dichte Schaumstreifen in Windrichtung, See beginnt zu rollen
10	48-55	89-102	24,5-28,4	schwerer Sturm	sehr hohe Wellenberge mit langen brechenden Kämmen, dichter Schaum, See rollt schwer und stoßartig
11	56-63	103-117	28,5-32,6	orkanartiger Sturm	außergewöhnlich hohe Wellenberge, Kanten der Wellenkämme werden überall zur Gischt zerblasen
12	>63	>117	>32,6	Orkan	Luft mit Schaum und Gischt gefüllt, See vollständig weiß, die Sicht ist sehr stark herabgesetzt

Quelle: [www.harzergss.de/downloads/beaufort.pdf](http://www.harzergss.de/downloads/beaufort.pdf)

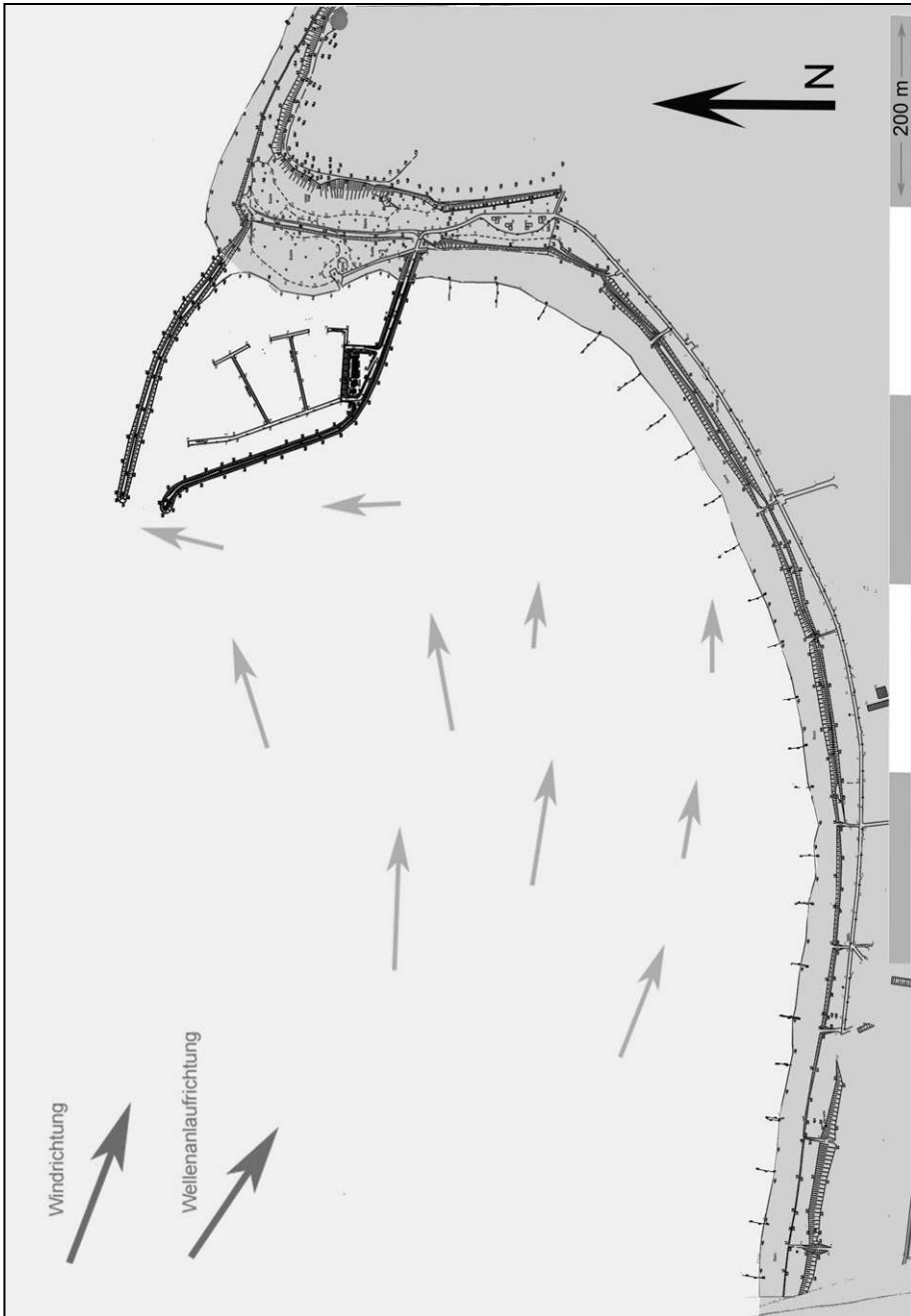
## 14.2 Küstenkilometrierung



Quelle: Autor

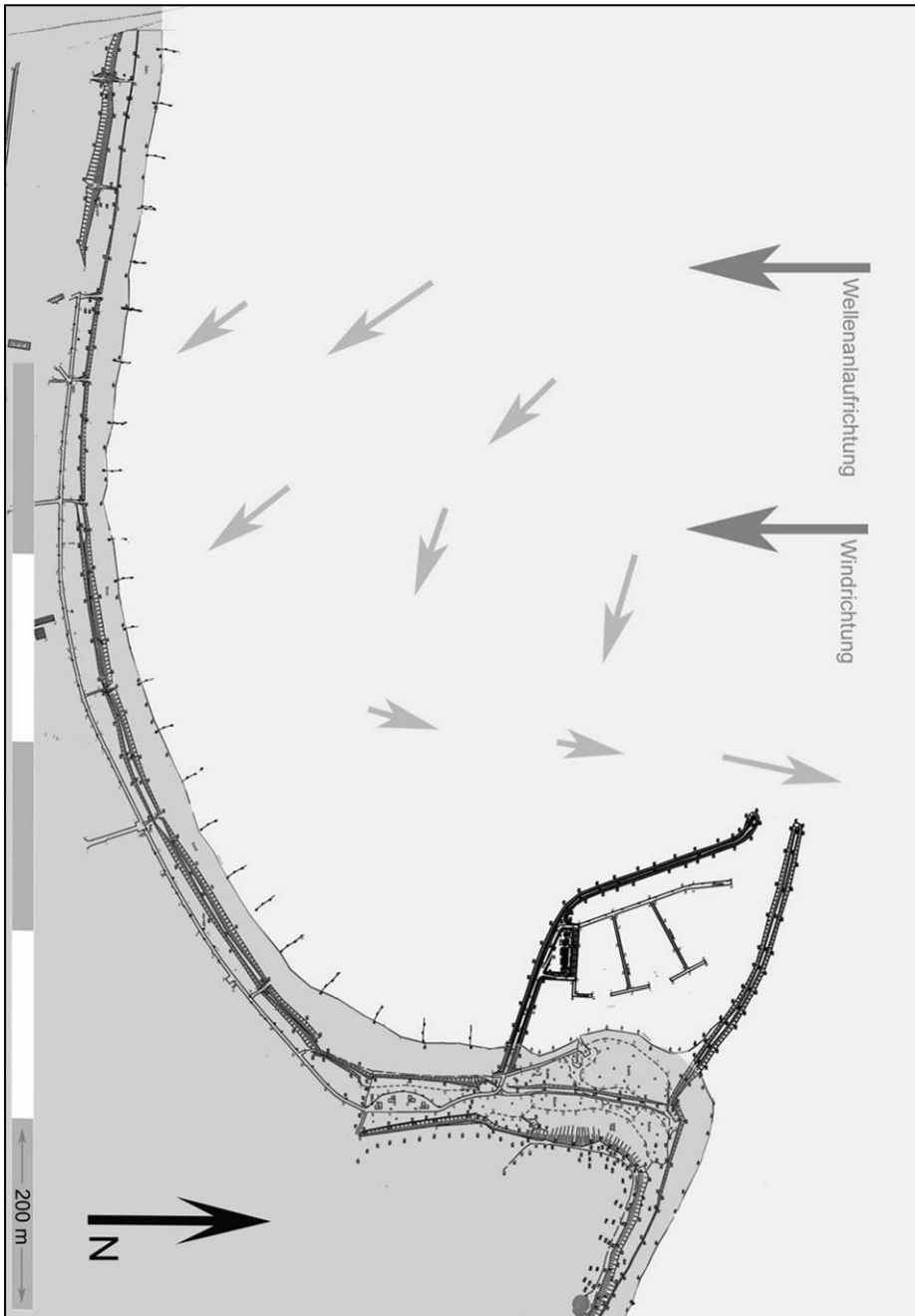
## 14.3 Küstennahe Strömungen

### 14.3.1 Westliche Winde



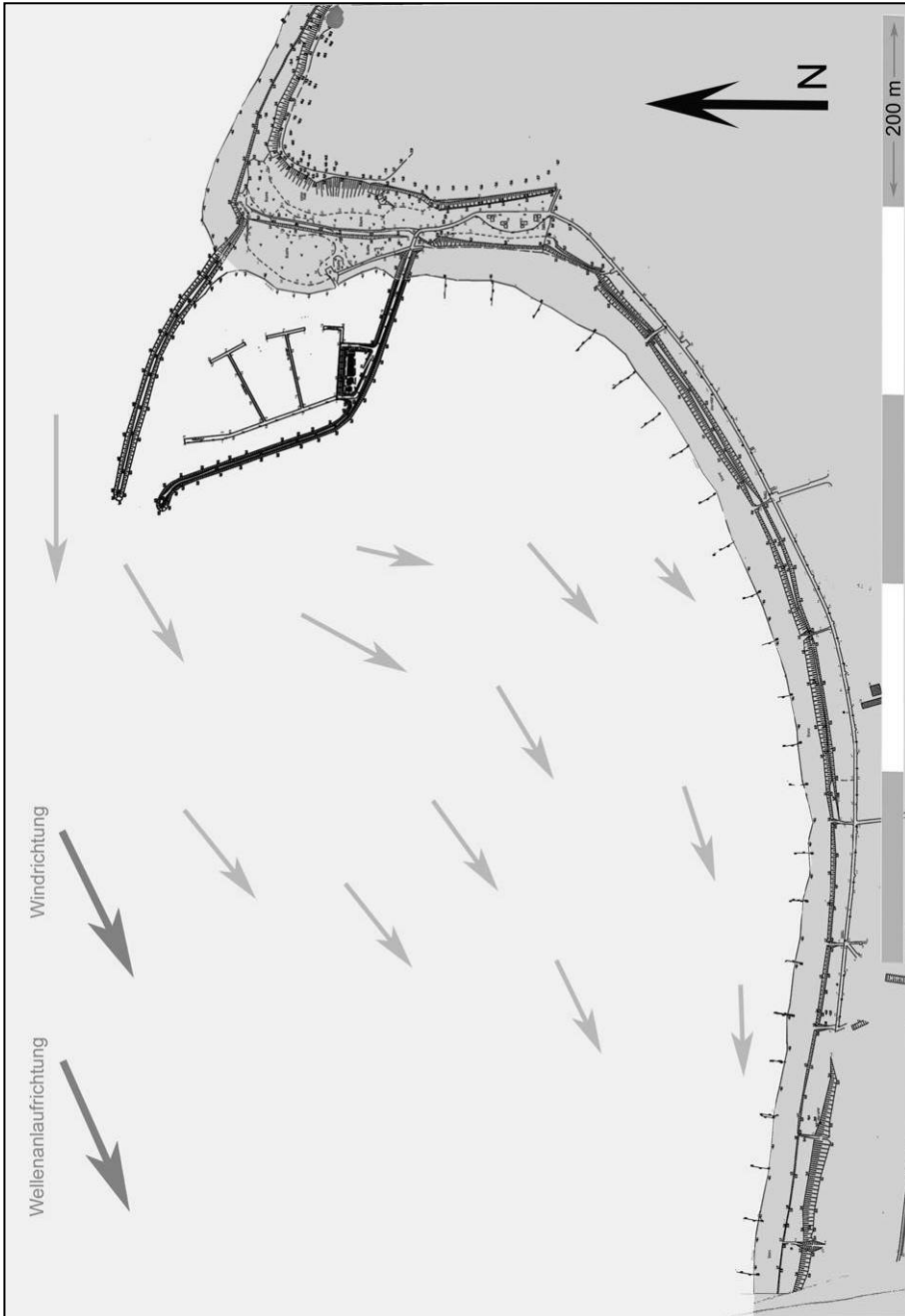
Quelle: Autor

### 14.3.2 Nördliche Winde



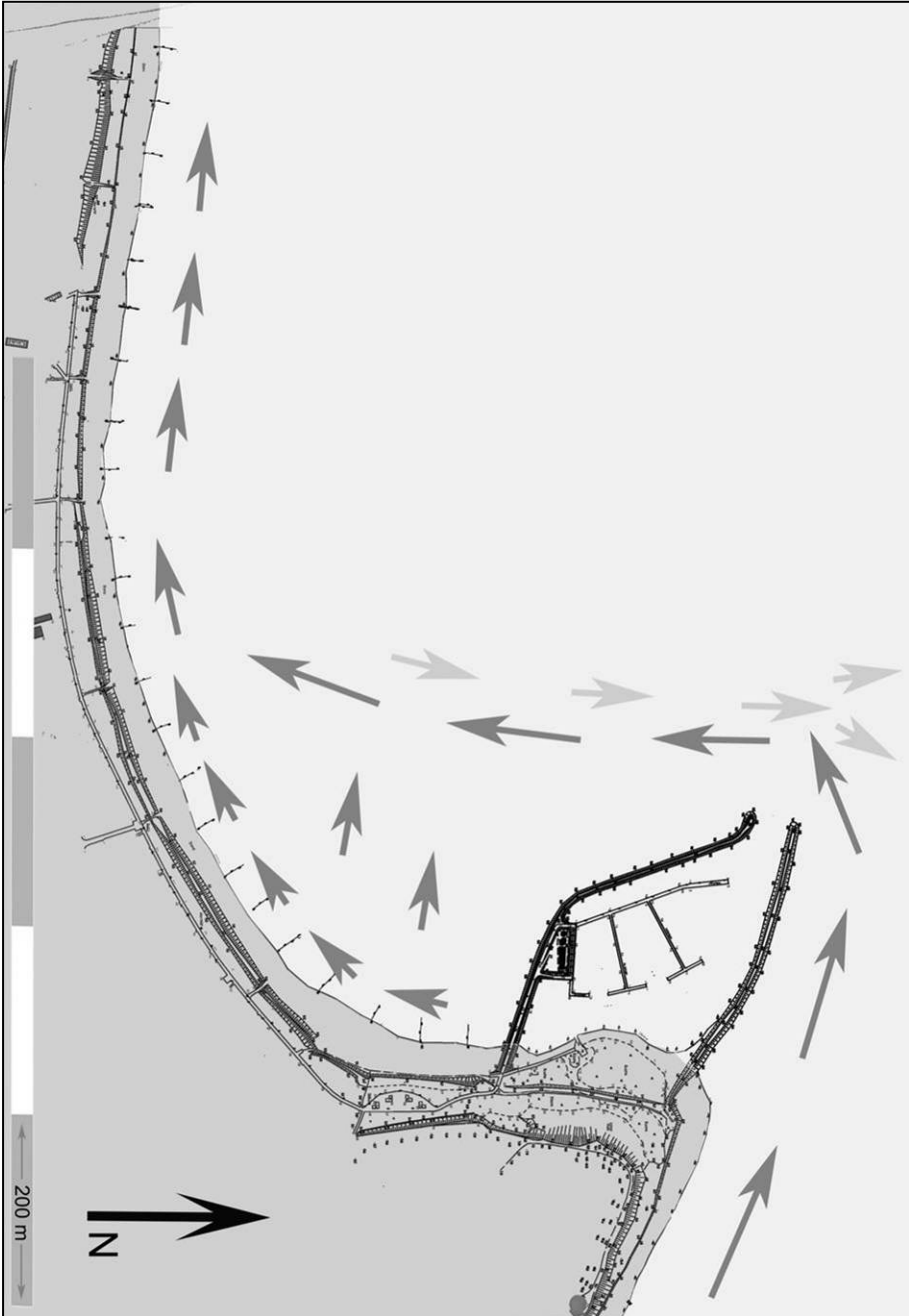
Quelle: Autor

### 14.3.3 Östliche Winde



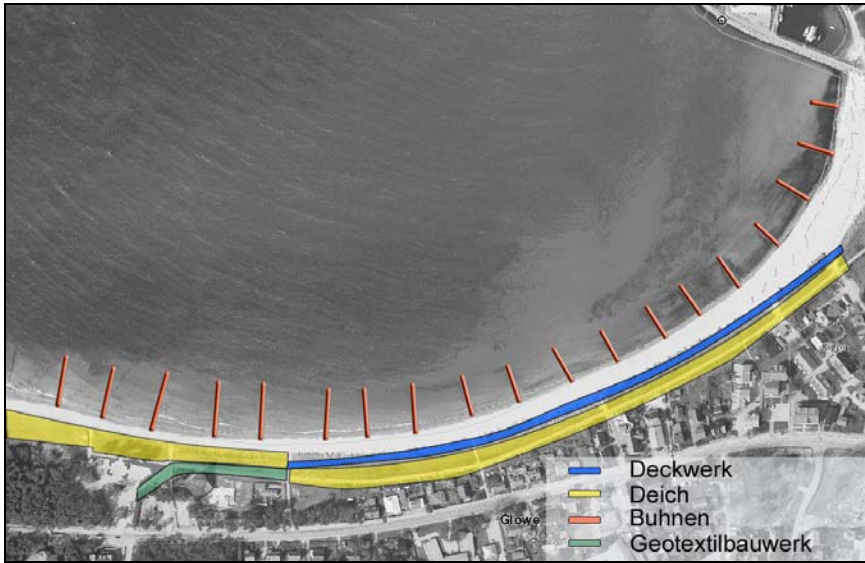
Quelle: Autor

## 14.4 Sedimentwanderung



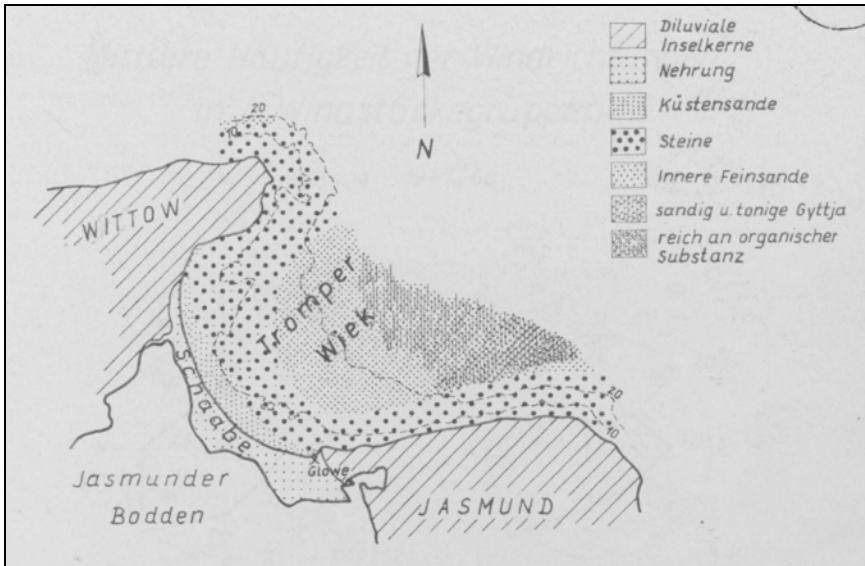
Quelle: Autor

### 14.5 Küstenschutzbauwerke



Quelle: Autor

### 14.6 Geologie



Quelle: PLEWE (1940)

---

Kontakt:

Matthias Mossbauer  
Bodderwech 2  
19079 Zietlitz  
[m.mossbauer@freenet.de](mailto:m.mossbauer@freenet.de)