

Die Veränderungen im Steilufer und in der Strandterrasse des Naturschutzgebietes Stoltera bei Warnemünde

Von Erhard Köster

Das einige Kilometer westlich von Warnemünde gelegene Naturschutzgebiet der Stoltera zeichnet sich durch ein diluviales Steilufer mit Stauchungserscheinungen aus. Seine Ablagerungen gehören dem pommerschen Stadium der Weichseleiszeit an. Das Ufer gestattet ein Studium dieser Ablagerungen, deren Lagerungserscheinungen der diluvialgeologischen, und deren Uferveränderungen der geographischen Forschung wertvoll sind.

Aus diesem Grunde wurden von Professor E. GEINITZ dort fast fünf Jahrzehnte lang Beobachtungen angestellt, deren Ergebnisse in verschiedenen Arbeiten veröffentlicht worden sind [(2) 1885, (3) 1903, (4) 1907, (5) 1913, (6) 1914]. Vierzig Jahre nach der letzten Aufmessung vom Jahre 1907 hatte der Verfasser Gelegenheit zu einer neuen Profilaufmessung, durch die die Uferabbrüche und die Veränderungen des Strandes ermittelt werden konnten.

Die Strandzone

Die Stoltera (Abb. 1) leidet unter starker Küstenversetzung, deren Stärke und Richtung vom Wind abhängt. Die Küste der Stoltera verläuft teils N75°W und teils N65°O (alter Teilung). Die auf sie einwirkenden Winde verteilen sich wie folgt:

nach HARTNACK [(8), S. 60]	
und ZANDER [(15), S. 12]	
W	18,3 v. H.
NW	10,2 v. H.
N	6,2 v. H.
NO	10,0 v. H.
O	9,0 v. H.
} zusammen 28,5 v. H.	
} zusammen 19,0 v. H.	
nach KANNENBERG [(9), S. 10]	
W	19,8 v. H.
NW	13,0 v. H.
N	6,1 v. H.
NO	7,2 v. H.
O	13,0 v. H.
} zusammen 32,8 v. H.	
} zusammen 20,2 v. H.	

Durch die mehr aus W als aus O kommenden Winde muß also eine Versetzung nach O erfolgen. Diese Sandwanderung findet sowohl an der Küste als auch in den ihr vorliegenden Sandriffen statt [KÖSTER (10)].

Die Küstenversetzung dem Strandschutz dienstbar zu machen, war Aufgabe der 1889 begonnenen Bühnenbauten, von denen zwischen Warnemünde und dem westlichen Teil der Stoltera achtundvierzig in einem Abstand von 100 Metern errichtet wurden. Diese Einrichtungen erfüllten insofern ihren Zweck, als sie an ihrer Westseite einen Teil des wandernden Sandes auffingen und dadurch den Strand stellenweise vergrößerten. Dieser Sandfang war so stark, daß die Neubildung der Düne bei Warnemünde langsamer als bisher vor sich ging [GEINITZ (4) 1907, S. 4]. Da die Instandhaltung der Bühnen jedoch große Kosten verursachte, wurde sie 1918 eingestellt.

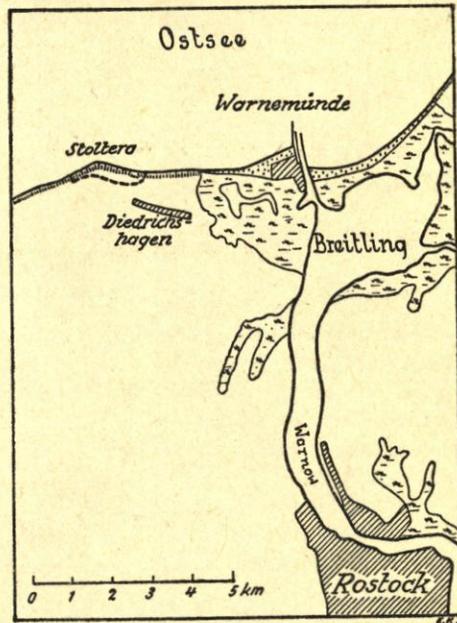


Abb. 1. Lageplan

Die Veränderungen des Strandes zwischen 1907 und 1947 zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1

Strandbreite	1907	1947 ¹⁾	Veränderung
bei Buhne 28	32,5 m	20,0 m	— 12,5 m
29	47,0	18,0	— 29,0
30	32,0	16,0	— 16,0
31	24,0	12,0	— 12,0
32	14,5	11,0	— 3,5
34	10,5	4,0	— 6,5
35	16,0	6,0	— 10,0
36	2,5	3,0	+ 0,5
Stein 0	19,0	26,0	+ 7,0
Buhne 39	14,0	12,0	— 2,0
40	14,0	8,0	— 6,0
41	10,0	8,0	— 2,0
42	7,0	13,0	+ 6,0
Stein V	13,0	15,0	+ 2,0
Buhne 46	13,0	18,0	+ 5,0
Durchschnitt:	17,93 m	12,67 m	— 5,2 m

Der Strand ist von der Durchschnittsbreite von 17,9 Metern auf 12,7 Meter gefallen, während GEINITZ [(4) 1907, S. 4] glaubte, eine Verbreiterung feststellen zu können.

Die Uferabbrüche

Uferabbrüche an Steilufern diluvialen und alluvialen Ursprungs werden durch verschiedene Faktoren verursacht. Diese sind:

Klima und Grundwasser,
Pflanze, Tier und Mensch und
Einwirkung des Meeres.

Das Meer hat den größten Anteil an der Zerstörung des Steilufers. Die Stärke der Abbrüche hängt ab von der Standfestigkeit des Ufers. Diese ist bei diluvialen und alluvialen Ablagerungen im Anschnitt nicht groß. Das Aufbaumaterial der Stoltera besteht aus diluvialen Geschiebemergel mit zwischen- und aufgelagertem diluvialen Sand, Kies, Ton und aufliegendem Lehm. Im Waldgebiet trägt das Diluvium eine Decke von alluvialen Flug-sand (Abb. 2).

Das Klima beeinflusst das Kliff in seiner äußeren Schicht durch Temperaturveränderungen, die im Sommer durch Austrocknen (Trockenrisse, Aufblättern), im Winter durch Gefrieren verschieden durchfeuchteter Schichten Änderungen und Lockerungen im Gefüge hervorrufen.

Die Niederschläge verursachen Auswaschungen (Regenrinnen) oder bringen den stark mit Wasser gesättigten Mergel zum Abrutschen. Die Feuchtigkeit dringt in die Klüfte und Fugen des Mergels ein (Netz von Roststreifen) und lockert den Zusammenhang des Gefüges. Sein Zerfall wird oft beschleunigt durch einen der anderen mitwirkenden Faktoren. Festigkeit und Frostempfindlichkeit des Mergels sind vom Wasseraufnahmevermögen und dieses von der Korngrößenzusammensetzung abhängig.

¹⁾ Die Messung vom Jahre 1947 erfolgte im August bei Normalwasser. Über die Wasserverhältnisse gelegentlich der Messung vom Jahre 1907 war nichts zu ermitteln.

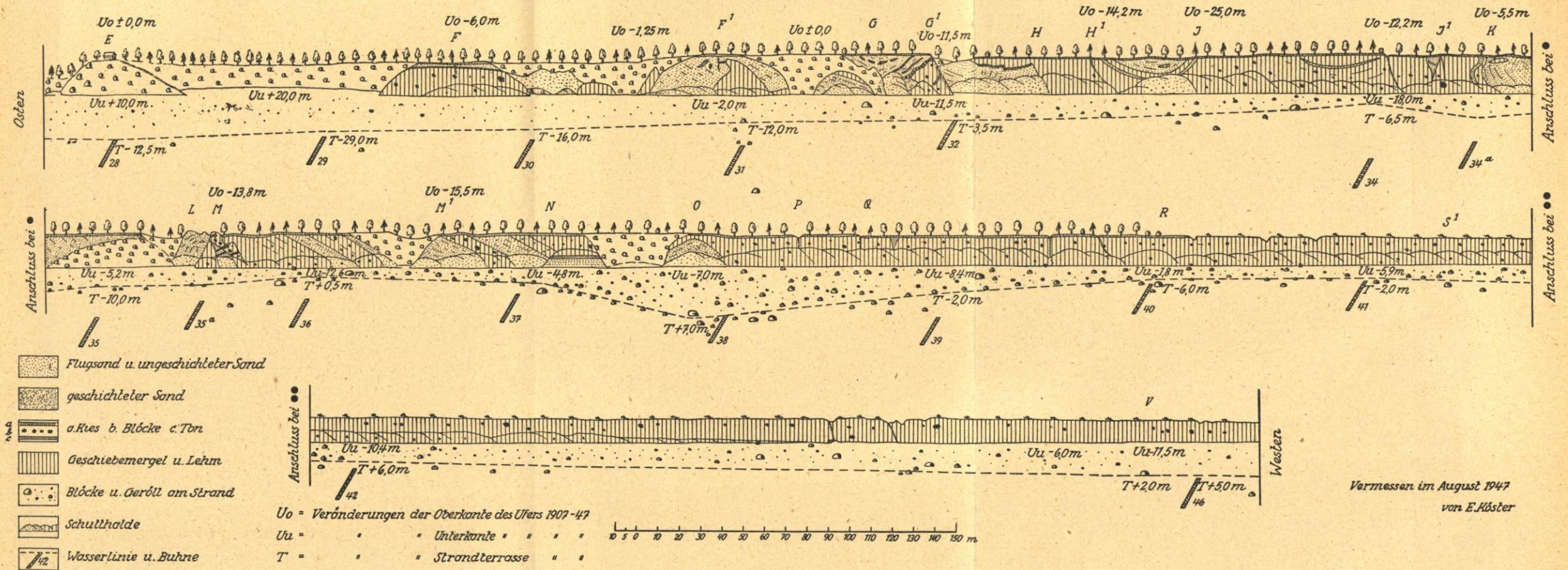


Abb. 2. Profil, Ufer- und Strandveränderungen der Stoltera bei Warnemünde

Die Durchsättigung des Bodens mit Wasser erfolgt besonders dort, wo Grundwasser zwischen Mergel und Sand zu Tage tritt oder wo Dränausläufe nicht durch Auslaufkästen gesichert sind, deren Mündungen über den Fuß des Kliffs hinausragen sollten (H¹, M, zwischen Ru.S¹, östl. v. V).

Die Deflationswirkung des Windes ist besonders an den Sandbändern erkennbar (Kliff G¹, H¹, K, M). Bei westlichen oder östlichen Winden verstärkt sich diese Wirkung durch Mitführen von Feinsanden. Stärker leidet der aufliegende Flugsand unter dem Wind. Er wird unter der feinen Humusschicht am Kliffrand herausgeblasen (zwischen F u. R).

Die Gefahr des Bodenwassers wird im größten Teil der Stoltera herabgemindert durch den vorhandenen Wald, der einen Teil des Wassers bindet.

Diese Vorgänge, soweit der Mensch sie nicht verursacht, sind von Wasmund als „innerer Küstenzerfall“ bezeichnet worden [Wasmund (14), S. 260, Groschopf (7), S. 339]. Da bei diesem Zerfall das Niederschlags- und Bodenwasser der Hauptfaktor ist, glaubt von Bülow [(1), S. 77], daß er in den Kulturländern eine Folge der Entwaldung ist.

Die Pflanzendecke bietet im allgemeinen einen Schutz, da die verfilzte Humusdecke das flächenhafte Verlagern des Flugsandes verhindert. Jedoch verursacht das Entwurzeln von Bäumen bei Stürmen ein Bloßlegen kleinerer Flächen. Ist es in der Nähe des Uferandes erfolgt, bilden sich Nischen im Kliff. Man könnte diese Abbrüche verhindern, indem man die in der Randzone wachsenden Bäume beizeiten abschlägt.

Der Einfluß der Tierwelt auf das Ufer ist ebenfalls nur gering. Durch Mäuse, Kaninchen und Uferschwalben erfolgt eine unwesentliche Lockerung des Sandes. Größer ist der vom Menschen angerichtete Schaden, der sich hauptsächlich auf die Sandvorkommen erstreckt. Hier wird durch Beklettern der Wand — namentlich im Sommer und in der Nähe der Badeorte — oft viel Abbruch hervorgerufen (F¹, G¹, H¹—J, K—L).

Diese Veränderungen, soweit der Mensch daran unbeteiligt ist, bilden einen normalen Vorgang, dem jedes Steilufer mit zu steilem Böschungswinkel unterworfen ist. Der Vorgang würde sich fortsetzen, bis sein Endzustand, nämlich der Bewuchs einer naturgemäßen Böschung erreicht ist. Damit würde auch der Küstenzerfall aufhören [v. Bülow (1), S. 77].

Dieser Zustand kann jedoch nicht erreicht werden, weil das Hochwasser

1. durch Wegräumen der Schutthalde den Böschungswinkel verändert,
2. an den durch den inneren Küstenzerfall zerrütteten Stellen das Ufer immer wieder von neuem zerstört.

Der Zeitraum zwischen zwei Sturmfluten bestimmt das Bild des Steilufers auf dem Wege zur Schaffung seiner naturgemäßen Form. Seinen Endzustand — das sogenannte tote Kliff [Plewe (12), S. 3—4] — erreicht es nur selten auf längere Zeit. Der Sanddornbewuchs zwischen Buhne 30 und 31, der 1884 schon teilweise und 1907 vollständig das Ufer bedeckte und die Sturmfluten von 1887, 1905, 1908, 1913 und 1914 überstand, ist der Sturmflut vom März 1949 zum Opfer gefallen. Die bewachsenen Ufer bei Buhne 35 und zwischen 36 und 37, die sich seit 1914 gebildet hatten, wurden 1949 ebenfalls vernichtet.

Eine Unterteilung des Küstenstreifens der Stoltera nach seiner Lage zu den auftretenden Winden führte zu keinen brauchbaren Abbruchswerten. Daher wurde das Ufer nach der Widerstandsfähigkeit seines Bodens eingeteilt. Diese Einteilung ergab folgende Durchschnittsabbrüche (Durchschnitt von 40 Jahren):

1. Strecke von Buhne 27—32	Geschiebemergel	Oberkante	0,04 m
		Fuß	0,05 m
2. Strecke von Buhne 32—38	Schichtenstörungszone ²⁾	Oberkante	0,32 m
		Fuß	0,25 m
3. Strecke von Buhne 38—46	Geschiebemergel	Oberkante keine Ermittlung	
		Fuß	0,19 m

²⁾ Mit Schichtenstörungszone wurde der Abschnitt bezeichnet, der infolge diluvialer Stauchungsvorgänge in seiner Struktur von der gleichmäßigen Ablagerung der Grundmoräne abweicht!

Die Zusammenstellung zeigt, daß die Abbrüche in der Störungszone besonders groß sind. Sie werden aber nicht verursacht durch Stürme aus dem Westen; gegen diese Winde liegt die Zone verhältnismäßig geschützt. Hauptzerstörer des Ufers sind die Nord- und Nordoststürme, denen West- und Nordwestwinde vorangingen. Die letzteren treiben Wasser aus dem Skagerrak in die Ostsee, die ersteren stauen dieses Wasser und werfen es gegen die Süd- und Südwestküste [HARTNACK (8), S. 69, KRÜGER (11), S. 35]. Diese Sturmfluten greifen die Küste frontal an und zerstören das Ufer vorwiegend dort, wo es infolge ungleicher Bodenzusammensetzung und Lagerungsstörungen dazu prädestiniert ist.

Der Uferrückgang der Stoltera, soweit sich die Angaben von ZANDER [(15), S. 44] mit der vorgenommenen Aufmessung koordinieren ließen, ist seit 1778 in Tabelle 2 für den Jahresdurchschnitt dargestellt.

Tabelle 2

Zeitspanne	Jahre	Wilhelms- höhe E m	100 m östl. der Ecke m	Ecke bei 0 m	R m	Wald- grenze m	400 m westl. der Ecke m	V m	Durch- schnitt im Jahr m
1778—1932	154	0,10	0,50	0,42	—	0,59	0,50	—	0,38
1778—1874	96	0,02	0,65	0,37	—	0,31	0,34	—	0,36
1874—1907	33	0,30	—	0,70	—	1,70	1,03	—	0,60
1907—1932	25	0,12	0,60	0,24	—	0,24	0,40	—	0,23
?	20	—	—	—	—	—	—	0,12	0,12
?	29	—	—	—	0,10	—	—	—	0,10
1907—1947	40	0,00	0,39	0,18	0,04	0,09	0,26	0,15	0,21

Der Gesamtdurchschnitt beträgt nach ZANDER 0,31 m. Die durchgeführte letzte Messung hat ergeben, daß der durchschnittliche Jahresrückgang im Gebiet des östlichen Geschiebemergels 0,05 m, im Gebiet der Schichtenstörung 0,29 m und im Gebiet des westlichen Geschiebemergels 0,19 m beträgt.

Einzelergebnisse

Der Gesamtdurchschnitt aller in der Tabelle 3 aufgeführten Abbrüche beträgt im Jahr 0,21 m, sowohl für die Oberkanten als auch für die Fußpunkte.

Die in Tabelle 3 angewandten Abkürzungen haben folgende Bedeutung: aS = alluvialer Flugsand, dS = diluvialer, geschichteter Sand, Mg = Geschiebemergel. Untereinander geschrieben $\frac{M}{S}$ bedeuten sie das Vorkommen dieser Bodenarten in vertikaler Richtung, nebeneinander geschrieben S/Mg bedeuten sie das Vorkommen dieser Bodenarten horizontal auf engem Raum.

Der errechnete Jahresdurchschnitt ist insofern unzuverlässig, als der Küstenverlust hauptsächlich durch aperiodische Vorgänge verursacht wird. Die sturmflutarmen Perioden erbringen ein anderes Bild. Diese Zahlen haben also nur einen Wert, wenn sie auf längere Zeiträume angewandt werden.

Tabelle 3

Punkt	bei Buhne	Höhe m	Bodenzusammen- setzung	Veränderungen der		Jahres- durchschnitt m
				Oberkante m	Unterkante m	
D ¹	27	—	$\frac{aS}{Mg}$	unverändert	—	0,00
E	28	13,5	Mg	unverändert	+ 10	—
—	29	—	dS		+ 20	—
F	29/30	16,0	$\frac{aS}{dS}$ Mg	— 6,0		0,15
—	30/31	15,0	$\frac{aS}{dS}$ Mg	— 1,25		0,03
F ¹	31	16,5	$\frac{aS}{dS/Mg}$		— 2,0	0,05
—	31/32	—	$\frac{aS}{dS}$	unverändert		0,00
G ¹	32	17,0	$\frac{aS}{Mg}$	— 11,5	— 11,5	{ 0,29 0,29
H ¹	32/33	17,0	$\frac{aS}{dS Mg}$	— 14,2		0,36
J	33/34	17,0	$\frac{aS}{Mg}$ $\frac{dS}{Mg}$	— 25,0		0,63
—	34	17,0	$\frac{aS}{Mg}$	— 12,2	— 18,0	0,31 0,45
K	34/35	17,0	$\frac{aS}{dS/Mg}$	— 5,5		0,14
—	35		$\frac{aS}{dS}$		— 5,2	0,13
L	35a	—	dS	— 2,4		0,06
M	35a	15,0	$\frac{Mg}{dS}$ Mg	— 13,8		0,34
—	36	17,0	$\frac{aS}{dS}$ Mg		— 12,6	0,31
M ¹	36/37	16,0	$\frac{aS}{dS/Mg}$	— 15,5		0,39
N	37	15,5	$\frac{aS}{Mg}$		— 4,8	0,12
O	38	15,0	$\frac{aS}{Mg}$ dS		— 7,0	0,18
—	39	14,0	$\frac{aS}{Mg}$		— 8,4	0,21
R	40	13,6	$\frac{aS}{Mg}$		— 1,8	0,04
—	41	13,0	Mg		— 5,9	0,15
—	42	12,0	Mg		— 10,4	0,26
V	45/46	8,5	Mg		— 6,0	0,15
—	46	8,0	Mg		— 11,5	0,29

Schriftenverzeichnis

1. BÜLOW, K. v.: Poel, eine geologische und bodenkundliche Inselstudie. Mitt. Meckl. Geol. Landesanst. H. 47, N. F. 12, Rostock 1938.
2. GEINITZ, E.: VII. Beitrag zur Geologie Mecklenburgs: Das Abbruchufer der Stoltera bei Warnemünde. Arch. Ver. d. Freunde d. Naturgesch. Meckl. Nr. 39, Rostock 1885.
3. GEINITZ, E.: Der Landverlust der mecklenburgischen Küste. Mitt. Meckl. Geol. Landesanst. H. XV, Rostock 1903.
4. GEINITZ, E.: Die Stoltera bei Warnemünde. Mitt. Meckl. Geol. Landesanst. H. XIX, Rostock 1907.
5. GEINITZ, E.: Das Diluvialproblem der Stoltera. Arch. Ver. d. Freunde d. Naturgesch. Meckl. Nr. 67, Rostock 1913.
6. GEINITZ, E.: Die Sturmflut vom 30. Dezember 1913 in ihrer Einwirkung auf die mecklenburgische Küste. Mitt. Meckl. Geol. Landesanst. H. XXVII, Rostock 1914.
7. GROSCOPF, P.: Physikalische Bedingungen des Kliffrückganges an der Kieler und Lübecker Bucht. Kieler Meeresforsch. Bd. 1, S. 335—342, Kiel 1936.
8. HARTNACK, W.: Die Küste Hinterpommerns. II. Beih. z. 43./44. Jb. Geogr. Ges. Greifswald 1926.
9. KANNENBERG, E. G.: Die Steilufer der Schleswig-Holsteinischen Ostseeküste. Schr. Geogr. Inst. Univ. Kiel, Bd. XIV, H. 1, Kiel 1951.
10. KÖSTER, E.: Die mecklenburgische Ostseeküste von Travemünde bis zum Darss. Geogr. Rdsch. H. 10, Braunschweig 1952 u. Forts. 1953.
11. KRÜGER, G.: Über Sturmfluten an den deutschen Küsten der westlichen Ostsee. Diss. Greifswald 1910.
12. PLEWE, E.: Küste und Meeresboden der Tromper Wiek (Rügen). Geol. d. Meere u. Binnengew. Bd. 4, S. 1—41, Berlin 1940.
13. REINHARD, H.: Die Sturmflut am 1. und 2. März 1949 an der mecklenburgischen Ostseeküste. Ztschr. Meteorol. Bd. 3, H. 7, S. 209—218, Potsdam 1949.
14. WASMUND, E.: Chemisch-physikalische Daten der Alttertiärtonne um Fehmarn und der „Innere Küstenzerfall“. Kieler Meeresforsch. Bd. 1, S. 243—263, Kiel 1936.
15. ZANDER, R.: Die rezenten Änderungen der Mecklenburgischen Küste. Beih. Mitt. Geogr. Ges. Rostock, H. 1, Rostock 1934.