

Ein neues Schöpfgerät für Schwebstoffuntersuchungen im Watt

Von Harald Göhren

Inhalt

1. Vorbemerkungen	133
2. Methoden der Schwebstoffmessung	133
3. Schwebstoffmessungen im Watt	134
4. Beschreibung des neuen Schöpfgerätes	135
5. Schriftenverzeichnis	139

1. Vorbemerkungen

Die der Deutschen Nordseeküste vorgelagerten großen Wattgebiete sind seit Jahrzehnten Gegenstand eingehender gewässerkundlicher Forschung. Zumeist stehen Fragen des Küstenschutzes und der Landgewinnung, der Unterhaltung und des Ausbaues der Schifffahrtswege im Hintergrund.

Die Feldarbeit ist im Watt schwieriger als im freien Gewässer, da Schiffe nur begrenzt eingesetzt werden können. Viele der bekannten und bewährten gewässerkundlichen Meßverfahren scheiden damit aus.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, für die Arbeit im Watt besondere Meßmethoden und Meßgeräte zu entwickeln. Man kann jedoch nicht sagen, daß die Meßtechnik auf diesem Gebiet bereits einen befriedigenden Stand erreicht habe. Unter anderem fehlt es an einem brauchbaren Verfahren für Schwebstoffmessungen. Verfasser hat dafür ein neues Schöpfgerät entwickelt, das nachfolgend beschrieben werden soll.

2. Methoden der Schwebstoffmessung*)

Man kann die Verfahren zur Bestimmung der Schwebstoffkonzentration im Wasser nach der Meßmethodik in zwei Gruppen unterteilen. Die erste Gruppe umfaßt die direkten Meßverfahren, d. h. Verfahren zur Gewichtsbestimmung der in der Volumeneinheit enthaltenen Feststoffe. Dabei werden die Feststoffe durch Absetzen, Filtrieren oder Zentrifugieren ausgeschieden, gewogen und zur Schöpffmenge ins Verhältnis gesetzt. Bei diesem Verfahren besteht die Feldarbeit eigentlich nur aus dem Schöpfen der Wasserproben. Es können keine kontinuierlichen Messungen durchgeführt werden.

Zur Entnahme der Wasserproben wird in Deutschland zumeist der von WOHLBERG (7) entwickelte Horizontalwasserschöpfer verwendet. KRAMER und BETH (1) entwickelten ein integrierendes Sinkstoff-Fanggerät, bei dem durch Verwendung einer engen Einlaufdüse der Entnahmevergange über längere Zeit (einige Minuten) ausgedehnt wird. Dadurch werden die im turbulent strömenden Wasser vorhandenen starken Schwankungen der Schwebstoffkonzentration zum Teil ausgeglichen. Mit diesem Ziel wurden auch schon Pumpen eingesetzt, die über einen Entnahmestutzen und eine Schlauchleitung größere Wassermengen fördern konnten. Die darin enthaltenen Feststoffe wurden mittels Zentrifugen und Filter ausgeschieden. Umfangreiche Versuche über dieses Verfahren wurden in den USA durchgeführt (6).

*) Vgl. Aufsatz PLATH in diesem Heft.

Die zweite Gruppe umfaßt Verfahren, bei denen physikalische Größen gemessen werden, die sich mit der Schwebstoffkonzentration des Wassers ändern (Absorption von Licht oder radioaktiver Strahlung, elektrischer Widerstand). Dabei sind kontinuierliche und selbstregistrierende Messungen möglich. Da die genannten physikalischen Größen neben der Schwebstoffkonzentration auch noch von anderen Faktoren abhängen (Zusammensetzung der Schwebstoffe, Temperatur des Wassers, Bestand an löslichen Stoffen), müssen bei diesen Messungen stets Eichmessungen nach dem direkten Verfahren vorangehen oder parallel laufen.

3. Schwebstoffmessungen im Watt

Im Watt können die oben beschriebenen Verfahren größtenteils nicht angewandt werden, da sie den Einsatz von Wasserfahrzeugen erfordern. WOHLBERG (8) hat über Schwebstoffuntersuchungen an der Westküste Schleswig-Holsteins berichtet. Danach konnte im Watt eine Reihe von Messungen mit dem Horizontal-Wasserschöpfer ausgeführt werden, allerdings nur während der Hochwasserzeit und bei ruhigem Wetter. Dazu wurden flachgehende, leichte

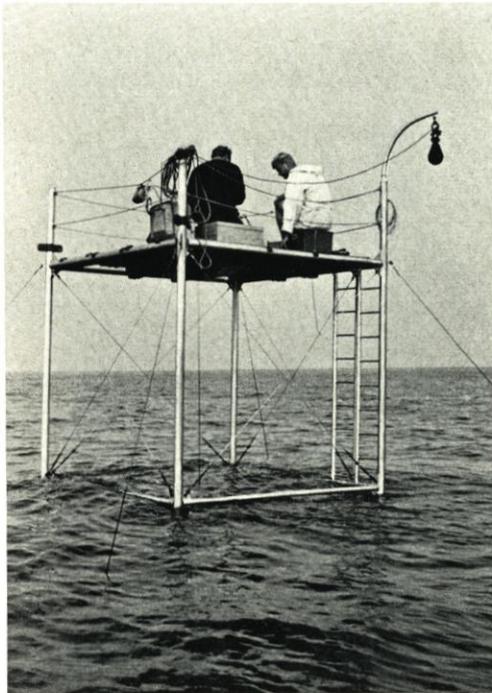


Abb. 1. Gerüst für gewässerkundliche Messungen im Watt

Fahrzeuge eingesetzt. WOHLBERG hat in dem oben erwähnten Aufsatz bereits darauf hingewiesen, daß solche sporadischen Messungen nicht ausreichen und daß es vor allen Dingen wichtig ist, auch bei schlechtem Wetter, ja bei Sturmfluten Ergebnisse zu erhalten. Er schlug dafür die Errichtung von festen Meßstationen im Watt vor. Nach Kenntnis des Verfassers ist das auch schon mehrfach verwirklicht worden. Der Aufbau derartiger Meßstationen (Abb. 1 zeigt ein solches Gerüst, das zur Zeit bei gewässerkundlichen Arbeiten im Neuerker Watt eingesetzt wird) ist jedoch recht aufwendig, die Arbeit auf ihnen bei schlechtem Wetter zudem nicht ohne Risiko. Ihr Einsatz wird daher immer auf Sonderfälle beschränkt bleiben.

LÜNEBURG (2) hat im Wurster Watt Trübungsmessungen mit einem Durchsichtigkeitsmeßgerät durchgeführt. Das Anzeigergerät wurde von einem Beobachter auf dem hochwasserfreien Deichvorland bedient. Die Messungen beschränkten sich daher auf das unmittelbar vor der Küste liegende Watt.

MÜLLER (3, 4) hat ein selbsttätiges, recht einfach arbeitendes Entnahmegesetz entwickelt und damit umfangreiche Schwebstoffmessungen

durchgeführt. Es arbeitet nach folgendem Prinzip: An einem eingespülten Rohrpfahl werden in verschiedenen Höhen (im Bereich zwischen Wattsohle und MThw) Wasserflaschen angebracht. Ein Teil der Flaschen ist geöffnet. Diese füllen sich bei Flut, wenn der Wasserstand die jeweiligen Flaschenöffnungen erreicht. Weitere Flaschen werden bei Ebbe gefüllt. Die Öffnungen dieser Flaschen sind vorher geschlossen und werden durch selbsttätige Schwimmerhähne geöffnet. Bei Niedrigwasser können die gesammelten Proben entnommen und das Gerät für die

nächste Messung vorbereitet werden. Der Vorteil des von MÜLLER verwendeten Gerätes liegt in dem einfachen Aufbau, der robusten und wenig störanfälligen Ausführung und in der gegebenen Möglichkeit, mit wenig Aufwand umfangreiche Messungen durchzuführen.

Die Flaschen bleiben nach der Füllung geöffnet und mehr oder weniger lange Zeit unter Wasser. In dieser Zeit können weiter absinkende Feststoffe in die Flasche und dort zur Absetzung gelangen. Es ist daher zu erwarten, daß die mit dem von MÜLLER verwendeten Gerät entnommenen Proben eine höhere Schwebstoffkonzentration aufweisen als der tatsächlichen Konzentration zum Zeitpunkt der Probenentnahme entspricht.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß bislang noch kein voll befriedigendes Verfahren für Schwebstoffmessungen im Watt gefunden wurde. Ein solches Verfahren müßte einfach und möglichst wenig personalaufwendig sein, dabei aber hinreichend genaue Ergebnisse liefern und Messungen bei allen Wetterverhältnissen gestatten. Im Hinblick auf dieses Ziel erscheint die von MÜLLER entwickelte Methode, ein stationäres, selbsttätiges Schöpfgerät einzusetzen, am meisten erfolgversprechend. Die Entwicklung registrierender Geräte nach dem oben beschriebenen indirekten Meßverfahren dürfte möglich, jedoch schwierig und aufwendig sein.

4. Beschreibung des neuen Schöpfgerätes

Verfasser hat für Schwebstoffmessungen im Watt ein neuartiges Schöpfgerät entwickelt. Es arbeitet nach folgendem Prinzip: In einem zylinderförmigen Behälter sind acht Weithalsflaschen mit je 1000 cm³ Inhalt angeordnet. Vier der Flaschen werden nacheinander bei Flut gefüllt.

Die Entnahmezeiten hängen vom Tideverlauf ab, d. h. vom Eintritt bestimmter vorgegebener Wasserstände. Alle Proben werden aus der gleichen Höhe (35 cm über Sohle) entnommen. Vom Entnahmestutzen führen vier getrennte Schlauchleitungen in Schleifen, deren Scheitel in den vorgegebenen Höhen über der Sohle liegen, zu den vier Flaschen. Die vier restlichen Flaschen füllen sich bei Ebbe, wobei wieder die gleichen Wasserstände für den Zeitpunkt der Füllung maßgebend sind. Die von einem Verteilerstück hinter dem Entnahmestutzen zu diesen Flaschen führenden Schlauchleitungen sind durch Schlauchklemmen geschlossen und werden von einem Schwimmer über Winkelhebel und Seilzüge ausgelöst. Abbildung 2 zeigt eine schematische Darstellung dieses Mechanismus, Abbildung 3 die Gesamtanordnung. Flaschenbehälter, Schwimmerrohr und Gegengewichtsführung sind zu einem kompakten Gerät vereinigt. Es wird auf einem Schraubteller auf dem Wattboden aufgestellt und mit drei Drähten abgespannt. Das untere Auflager auf dem Schraubteller ist als Nadellager, das obere Lager in Höhe der Verspannung als Rollenlager ausgebildet. Das Gerät ist um seine vertikale Achse drehbar und wird durch ein Schwimmsteuer so bewegt, daß der Entnahmestutzen in die Stromrichtung weist. Der Einlauf des Entnahmestutzens liegt außerhalb des Staubereiches des Gerätes und enthält eine Pendelklappe, die das Eindringen von Feststoffen außerhalb der Füllzeiten verhindert. Die Füllzeiten für die einzelnen Flaschen betragen — abhängig vom Wasserstand — 60 bis 120 Sekunden. Die entsprechenden Eintrittsgeschwindigkeiten im Entnahmestutzen liegen zwischen 30 und 60 cm/s. Von jeder Flasche führt eine gesonderte Entlüftungsleitung bis über den Hochwasserspiegel.

Ein gewichtiger Einwand gegen dieses und ähnliche Systeme der Entnahme von Wasserproben zur Schwebstoffmessung ist der, daß Fehler entstehen, wenn im Bereich der Entnahmeöffnung eine Umlenkung der Stromlinien eintritt. Die dabei auftretenden Beschleunigungen wirken auf das Flüssigkeitsmedium anders als auf die in ihm enthaltenen Feststoffe (WOHLBERG, 7).

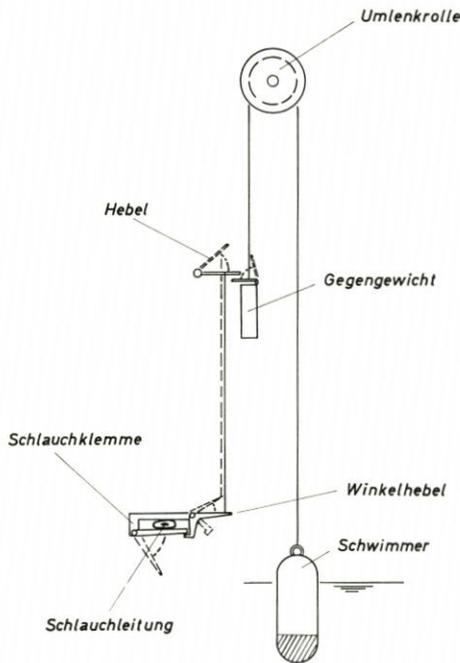


Abb. 2. Mechanismus zur selbsttätigen Auslösung der Schlauchklemmen (schematisch)

Durch die drehbare Anordnung des Gerätes und das weit vorragende Entnahmerohr ist gewährleistet, daß der Einlaufquerschnitt stets senkrecht zur Stromrichtung liegt. Die Eintrittsgeschwindigkeit im Entnahmestutzen weicht jedoch von der äußeren Stromgeschwindigkeit je nach Aufstellungsort und Tidezeit mehr oder weniger stark ab. Bei den verhältnismäßig geringen Stromgeschwindigkeiten im Watt und der damit zusammenhängenden Feinheit des in Suspension befindlichen Materials ist jedoch nicht zu erwarten, daß die Schwebstoffkonzentrationen der geschöpften Proben von den äußeren Werten erheblich abweichen. Dies geht aus entsprechenden Versuchen in den USA hervor (5) und konnte auch durch einen eigenen einfachen Laborversuch bestätigt werden. Dieser wurde folgendermaßen durchgeführt: In einen Behälter wurden 8 l klares Wasser gefüllt und mit einer gewichtsmäßig bestimmten Menge Feinsand bzw. Schluff versetzt. Das Gefäß besaß im unteren Drittel einen seitlichen Ausfluß von $0,18 \text{ cm}^2$ Querschnitt. Durch ständiges Umrühren wurde der beigegebene Sand in Suspension gehalten, wobei vermieden wurde, die Flüssigkeit in kreisende Bewegung zu versetzen. Nacheinander

wurden dann fünf Proben von je 1000 cm^3 abgefüllt. Anschließend wurden die Konzentrationen dieser Teilmengen bestimmt und mit der bekannten Konzentration der Gesamtmenge verglichen. Bei der gewählten Versuchsanordnung entsprechen die Bedingungen extremen Verhältnissen,

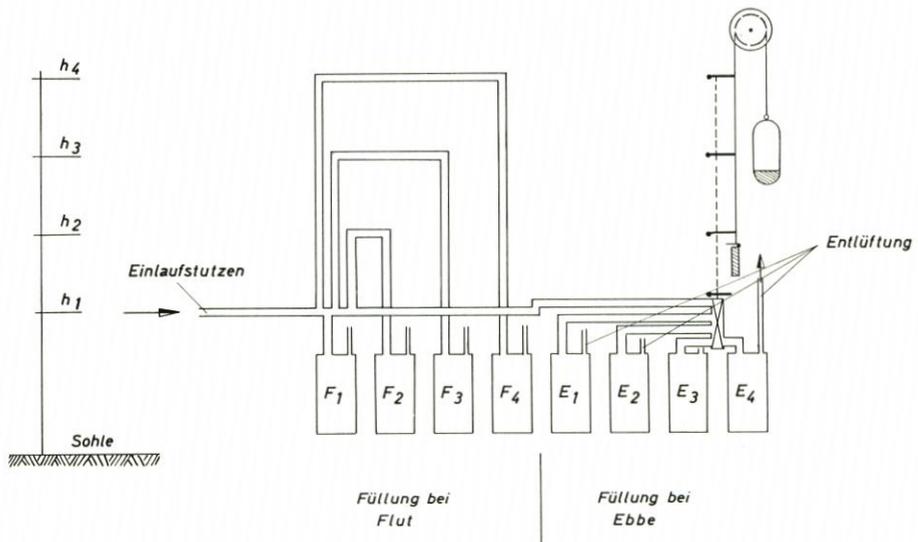


Abb. 3. Aufbau des Schöpfgerätes (schematisch)

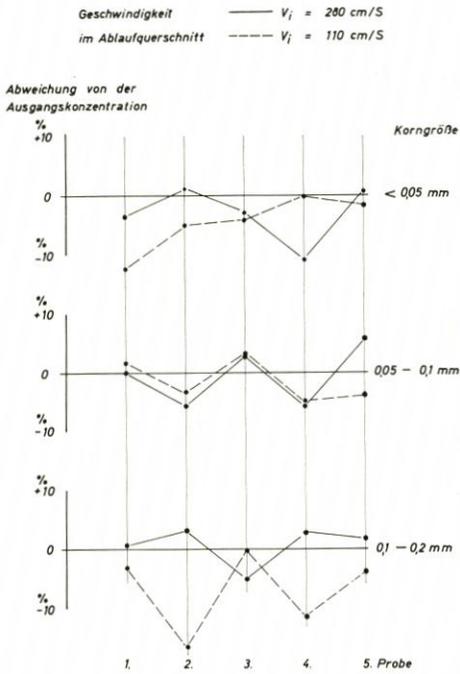


Abb. 4. Im Versuch gemessene Schwankungen der Schwebstoffkonzentration bei gestörter Probenahme

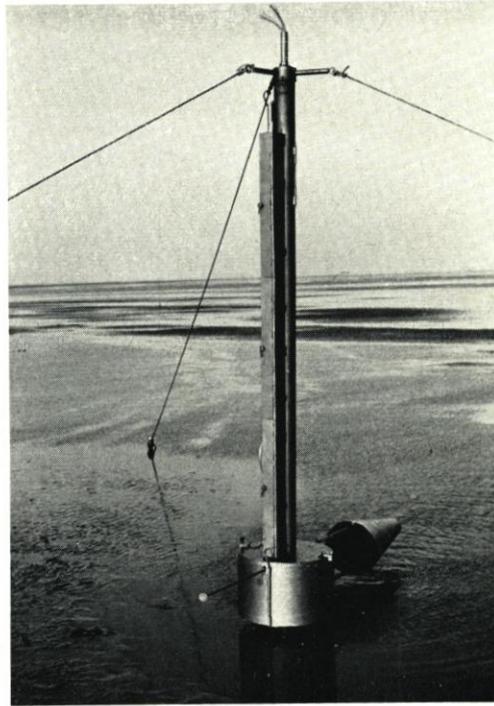


Abb. 5. Gesamtansicht des Schöpfgerätes



Abb. 6. Entnahme der Wasserproben

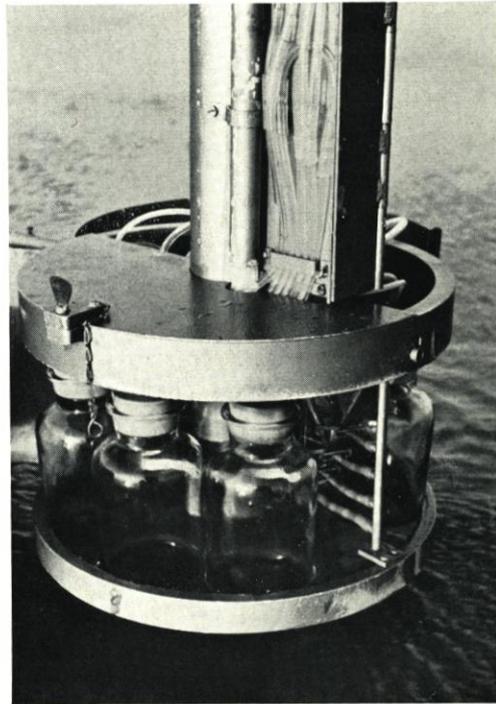


Abb. 7. Flaschenkammer des Schöpfgerätes (geöffnet)

da Stromrichtungen und -geschwindigkeiten im und vor dem Ablaufquerschnitt stark voneinander abweichen. Das Ergebnis von sechs Versuchsreihen ist in Abbildung 4 dargestellt und läßt erkennen, daß ein nennenswerter Fehler nicht auftritt. Aufgetragen sind die prozentualen Abweichungen der Konzentrationen der Einzelproben von der vorgegebenen Konzentration. Theoretisch müßten die Konzentrationen der zu Anfang entnommenen Proben merklich unter der Ausgangskonzentration liegen, die der letzten Proben darüber. Es ist jedoch nur eine unregelmäßige Streuung erkennbar, die auf die trotz des Umrührens noch ungleichmäßige Verteilung der beigegebenen Feststoffe zurückzuführen ist. Im Mittel aller Messungen liegen die Konzentrationen der entnommenen Proben nur 2,6 % unter der Ausgangskonzentration.

Bei der Entwicklung des Gerätes wurde besonderer Wert auf geringes Gewicht und einfachen Aufbau gelegt. Daher wurde nur Leichtmetall verwendet. Das Gerät wiegt (ohne Flaschen) 40 kg und kann von zwei Personen in rund 30 Minuten aufgestellt werden.

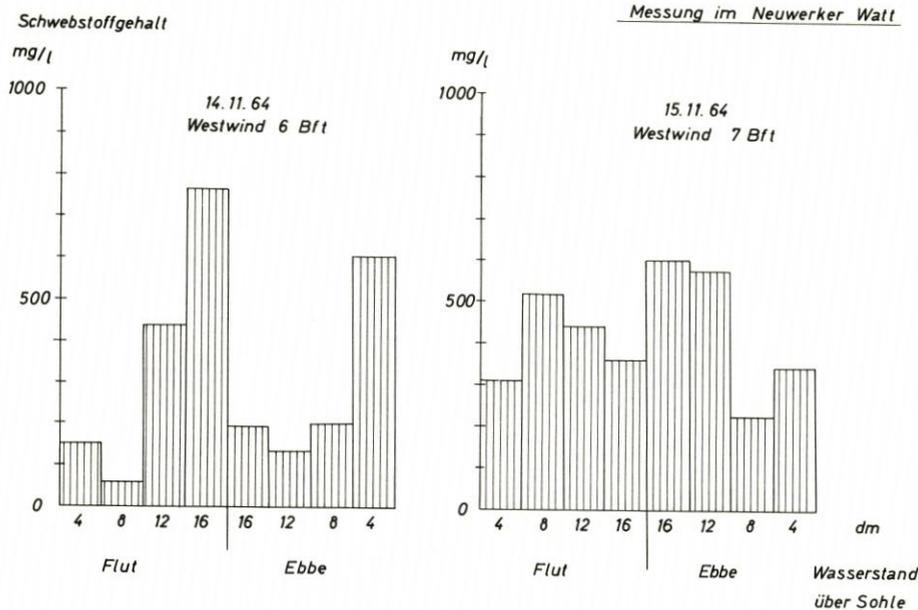


Abb. 8. Ergebnisse von Schwebstoffmessungen im Neuerker Watt

Abbildung 5 zeigt eine Gesamtansicht des Gerätes, Abbildung 6 das Entnehmen der gesammelten Proben. Diese werden im Feld in leichte Plastikflaschen umgefüllt. Abbildung 7 zeigt den geöffneten Flaschenbehälter. Zu erkennen sind unten das Verteilerstück mit den abgehenden Schlauchleitungen und die Schlauchklemmen, oberhalb der Flaschenkammer die Schlauchleitungen für die bei Flut zu füllenden Flaschen.

Zwei der von einer Feinmechanik-Werkstatt angefertigten Geräte (W. LUDOLPH in Bremerhaven) waren bereits mehrere Monate im Einsatz und haben sich gut bewährt. Es hat sich gezeigt, daß sie genügend robust sind, um auch Sturmweatherlagen mit starkem Seegang zu überstehen und dabei einwandfreie Ergebnisse zu liefern.

Die Auswertung der in dieser Zeit gewonnenen Ergebnisse (zwei Beispiele sind in Abb. 8 dargestellt) hat die Bestätigung erbracht, daß der Schwebstoffgehalt im Watt örtlich und in Abhängigkeit von den Tide- und Wetterverhältnissen stark schwankt und daß man nur mit groß angelegten Messungen zu brauchbaren Ergebnissen kommen wird.

5. Schriftenverzeichnis

1. KRAMER, J. und BETH, J.: Ein integrierendes Sinkstoff-Fangerät. Die Küste 4, 1955.
2. LÜNEBURG, H.: Beiträge zur Hydrographie der Wesermündung. Veröff. Inst. Meeresforsch., T. IV, Bd. III, H. 2, 1955.
3. MÜLLER, C. D.: Fauna und Sediment in der Leybucht. F. St. Norderney-Jber. XI, 1959.
4. MÜLLER, C. D.: Fauna und Sediment im Wurster Watt. F. St. Norderney-Jber. XIV, 1962.
5. NELSON, M. und BENEDICT, C.: Measurement and Analysis of Sediment Load on Streams. Am. Soc. Civ. Eng., Vol. 76, 1950.
6. WATTS, G. M.: Development and Field Tests of a Sampler for Suspended Sediment in Wave Action. Beach Eros. Board — Techn. Mem. 34.
7. WOHLBERG, E.: Der horizontale Wasserschöpfer. DHZ 3, 365—368, 1950.
8. WOHLBERG, E.: Sinkstoff, Sediment und Anwachs am Hindenburgdamm. Die Küste 2, H. 2, 1954.