

# Quantitative Erfassung der Sandwanderung

(Kurzfassung)

Von R. Reinhard

## Summary

*One of the most advantageous methods in studying the sand movement is the use of radioactive tracers. Radioactive sand, however, is inevitably burried by a natural sand layer causing absorption of the  $\gamma$ -rays. A way of correcting the measured count rate for absorption is presented. Other problems, such as directly measuring the distribution function of radioactive sand, the natural background radiation and the activation procedure are treated as well.*

Eine ausführliche Studie, in der die verschiedenen Möglichkeiten der Erfassung des Sedimenttransports miteinander verglichen werden (Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau Berlin, 1970), kommt zu dem Ergebnis, daß die Anwendung von Radioisotopen als Tracer das vorteilhafteste Verfahren ist, da

1. die Messungen ohne Eingriff in die Versuchsbedingungen durchgeführt werden können,
2. die Meßergebnisse unmittelbar vorliegen,
3. das Meßverfahren das genaueste ist.

Dieselben Vorgänge, die den radioaktiven Sand zur Wanderung veranlassen, bewirken auch unvermeidlich eine Vergrabung des Sandes, so daß die gemessene Zählrate von zwei Variablen abhängt, der Menge des radioaktiven Sandes am Ort der Messung und der absorbierenden Schichtdicke des natürlichen Sandes, die darüber liegt. Genauer gesagt, hängt die Zählrate von der unbekanntem Verteilungsfunktion des radioaktiven Sandes mit der Tiefe ab.

Korrekte qualitative Ergebnisse sind nur möglich, wenn die Verteilungsfunktion in dem gesamten Untersuchungsgebiet (mehrere Quadratkilometer) konstant ist, ein sehr unwahrscheinlicher Fall. Korrekte quantitative Ergebnisse sind nur möglich, wenn das Tracermaterial unvergraben ist (dann gibt es aber auch keine Wanderung).

Es gibt jedoch einen Effekt, mit dem die mittlere Vergrabungstiefe des Tracers gleichzeitig mit der Messung der Zählrate festgestellt werden kann. Dieser „Aufbaueffekt“ (engl. build-up-effect) kommt dadurch zustande, daß die Compton-gestreuten  $\gamma$ -Quanten nur einen Teil ihrer Energie abgeben, nach dem Stoß also erhalten bleiben, während die  $\gamma$ -Quanten im Photopeak vollständig absorbiert werden. Dies führt zu einer Änderung des  $\gamma$ -Spektrums, die um so ausgeprägter ist, je dicker die absorbierende Materieschicht ist. Die einfachste Anwendung dieses Effektes ist gegeben durch das Verhältnis der  $\gamma$ -Quanten im Bereich des Compton-Plateaus und des Photopeaks. Dieses Verhältnis ist eine monoton wachsende (und damit eindeutige) Funktion der Absorberschichtdicke. Der Verlauf der Funktion hängt jedoch in gewissen Grenzen auch noch von der Art der Verteilungsfunktion ab. Bei der Fehlerabschätzung geht diese Unsicherheit mit etwa 10 % ein, wie durch Berechnungen gezeigt werden kann.

Die gemessene Zählrate läßt sich dann nach Berücksichtigung des Nulleffektes und der Abnahme der Aktivität mit der Halbwertszeit durch eine Eichung in eine Sandmenge umrechnen, die in einer bestimmten Zeit vom Punkt des Einbringens bis zum Ort der Mes-

sung gewandert ist. Integriert man über das gesamte Untersuchungsgebiet, so muß die ursprünglich ausgebrachte radioaktive Sandmenge herauskommen, mit anderen Worten, das quantitative Meßverfahren bietet eine echte Überprüfungsmöglichkeit.

Die Ergebnisse der theoretischen Arbeiten konnten bei Feldmessungen im Mai/Juni 1971 vor Sylt überprüft werden. Um ein Beispiel zu geben: Von insgesamt 100 kg Sand wurden 9 Monate nach dem Einbringen  $24,2 \pm 4,3$  kg in unmittelbarer Nähe des Einbringepunktes ( $200 \times 200$  m) wiedergefunden.

Eine ausführliche Darstellung der theoretischen Grundlagen, der verwendeten Geräte und der ersten quantitativen Meßergebnisse ist in der „KÜSTE“, Heft 26, enthalten.

Z. Z. wird ein nach dem Spülrohrprinzip arbeitendes Gerät fertiggestellt, mit dem die Verteilungsfunktion des radioaktiven Sandes in situ gemessen werden kann. Zum einen erhält man dadurch völlig neue Einblicke in die Überlagerungsvorgänge bei der Sandwanderung, zum anderen läßt sich durch die Verteilungsfunktion die Absorption der  $\gamma$ -Strahlung genau berücksichtigen.

Zwei weitere Probleme bei Sandwanderungsmessungen mit radioaktiven Tracern wurden bereits gelöst:

1. Bei der Radioaktivmarkierung muß die Aktivität proportional zur Masse der einzelnen Sandkörner (und nicht wie bisher üblich proportional zur Oberfläche) aufgebracht werden. Das läßt sich am einfachsten dadurch erreichen, daß die verwendete Sandmenge vor der Aktivierung in einzelne Kornfraktionen zerlegt wird. Gleiche Massen werden dann gleich stark aktiviert.
2. Der Nulleffekt setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:
  - a) Seewasser,
  - b) natürlicher Seesand,
  - c) Aktivität des Materials, aus dem die Sonde gebaut ist,
  - d) kosmische Strahlung.

Während die ersten 3 Komponenten von Meßort zu Meßort (zumindest vor Sylt) in etwa konstant sind, wird die 4. Komponente durch das Seewasser teilweise absorbiert.

$$N = N_0 \exp(-\mu z) + K$$

Die Konstanten  $N_0$ ,  $\mu$ ,  $K$  lassen sich leicht bestimmen, so daß eine recht genaue Berücksichtigung des Nulleffekts möglich ist.

Die quantitative Auswertung der Meßergebnisse in der beschriebenen Art bei über 1000 Meßpunkten macht den Einsatz eines Computers erforderlich. Für die von April bis Oktober 1974 vor Sylt durchgeführten Messungen wurde daher ein Computerprogramm entwickelt, so daß die Auswertung sofort nach jeder Messung erfolgen konnte und die Ergebnisse vor Beginn der nächsten Messung vorlagen. Eine Veröffentlichung darüber ist für eines der nächsten Hefte der „KÜSTE“ vorgesehen.