

Beobachtung der Sedimentbewegung mit einer Unterwasser-Fernsehanlage

Von Günter Luck

Seit dem Frühjahr 1968 wird für spezielle sedimentologische Untersuchungen im Watten- und Seegebiet von Juist-Norderney (Ostfriesische Inseln) eine Unterwasser-Fernsehanlage eingesetzt, die von der Deutschen Forschungsgemeinschaft als Leihgabe zur Verfügung gestellt wurde. Die Anlage ist – in transportabler Ausführung – für den Einsatz in freien Gewässern bis zu 100 m Tiefe ausgelegt. Sie ist im wesentlichen wie folgt ausgestattet:

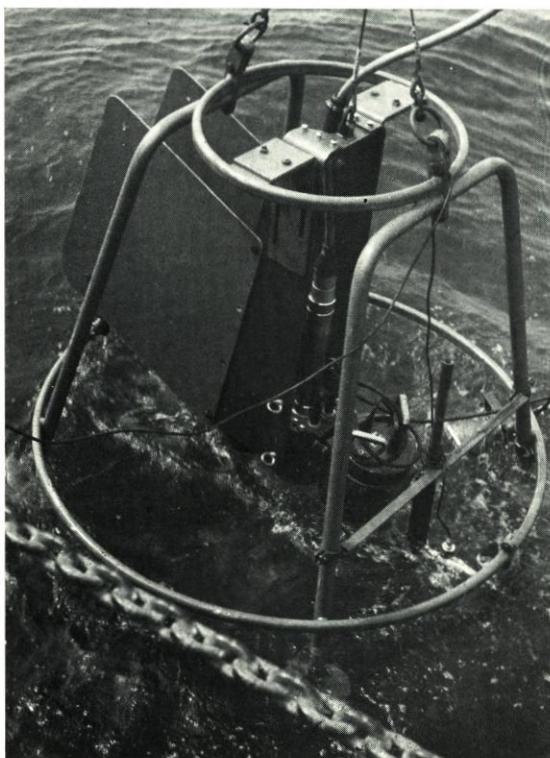


Abb. 1. Vierbock mit Tragrahmen, Fernsehkamera, Photokamera, Blitzlichtgerät und Scheinwerfern

1 Fernsehkamera in druckdichtem, zylindrischem Gehäuse aus rostbeständigem Stahl, mit Einrichtung für zwangsläufig richtigen Kontakteingriff bei Ansetzen des jeweils verwendeten Sicht- und Beleuchtungsvorsatzes. Sie verfügt über einen Vielpolstecker für Anschluß des Kamerakabels und Fernsteuergetriebes für optische Scharfeinstellung. Durchmesser: 76 mm; Länge 447,5 mm; Prüfdruck 48 atü; Gewicht: 6,7 kg in der Luft und 4,5 kg im Wasser

1 Freisichtvorsatz für allgemeine Freiwasserbeobachtungen (Öffnungswinkel: 103° in der Luft und 72° im Wasser)

2 Unterwasserbreitstrahler

1 Unterwasser-Photokamera mit einem Unterwasser-Blitzgerät

1 Kamerakabel, Länge: 100 m; Durchmesser: 25 mm

1 Kontrollgerät mit Steuerelektronik

1 Schalt- und Verteilerggerät

1 Bildwiedergabegerät (Bildschirmdiagonale: 36 cm)

1 Magnetbildaufzeichnungsgerät

Darüber hinaus sind Zubehör- und Reserveteile wie Röhren, Glühlampen, Dichtungen, Servicekoffer usw. vorhanden. Da von vornherein damit zu rechnen war, daß die Anlage wegen geringer Sichtweiten nur vom ankernden Schiff her betrieben werden kann, wurden Fernseh- und Photokamera in einem Vierbock (Abb. 1), der mit Hilfe einer

Winde auf den Seegrund gestellt werden kann, angeordnet. Bildwiedergabegerät, Steuerteile, Magnetbandgerät usw. wurden auf einem Schiff fest eingebaut (Abb. 2).

Im ersten Untersuchungshalbjahr (Sommer 1968) sollten zunächst die apparativen Möglichkeiten der TV-Anlage unter den besonderen Bedingungen der trübstoffreichen Watten- gewässer getestet werden. Im einzelnen war zu untersuchen:

1. Zweckmäßigster Einsatz der Anlage (Beobachtungen vor Anker oder im fahrenden Betrieb).

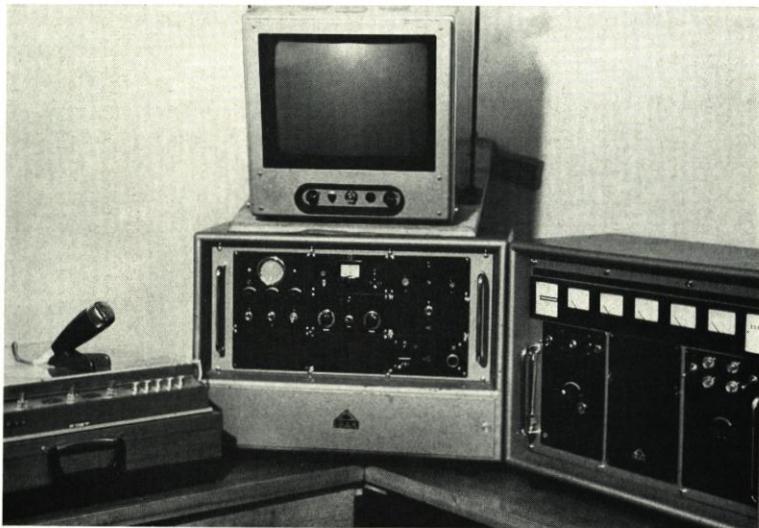


Abb. 2.
Bildwiedergabegerät,
Steuerteile, Magnet-
bandgerät unter Deck

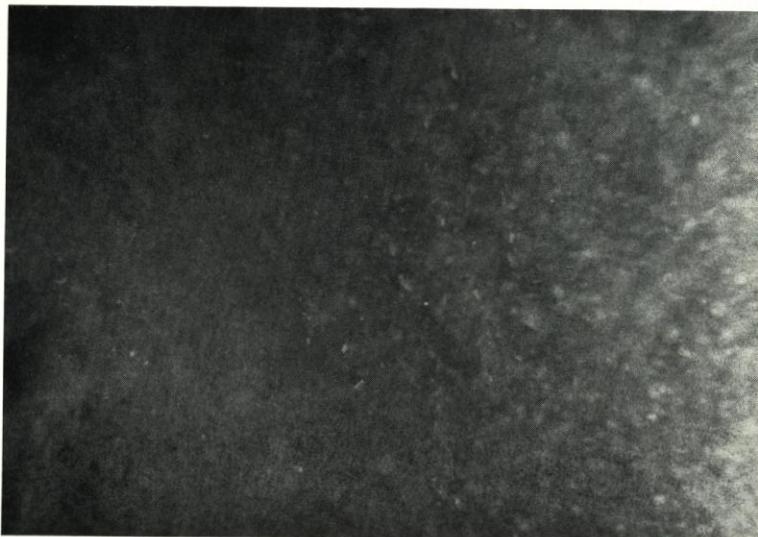


Abb. 3.
Schlechte Sichtbedingun-
gen bei trübstoffreichem
Wasser

Hierzu mußten die günstigsten Abstände Objektiv-Seegrund unter günstigster Ausnutzung des Tiefenschärfenbereiches der Kamera ermittelt werden.

2. Ermittlung der günstigsten Scheinwerferanordnung zur Herstellung eines kontrastreichen Bildes sowie großer Lichtausbeute.
3. Witterungsabhängigkeit der TV-Arbeiten.
4. Abhängigkeit der Beobachtungen von unterschiedlichen Trübstoffanteilen im Wasser.

Die Untersuchungen führten zu folgenden Ergebnissen:

1. In den trübstoffreichen Gewässern des Wattes ist der Einsatz der TV-Anlage nur bei anhaltend ruhigem Wetter und während der Stromkenterung sinnvoll. Sobald die Strömung die Erosions- oder Sedimentations-Grenzgeschwindigkeiten überschreitet, wächst der Trübstoffgehalt so schnell an, daß ein ausdeutbares Bild nicht mehr an Bord geholt werden kann (Abb. 3).

2. Nach Schlechtwetterlagen und großen Bewegungen im Wasser ist auch während der Kenterzeiten der Trübstoffgehalt in den Wattten noch über längere Zeiten (von drei bis zu vier Tagen) so hoch, daß Beobachtungen des Seegrundes nicht möglich sind (Abb. 4a und 4b). Nach länger anhaltenden ruhigen Wetterlagen kann während der ersten und vielleicht auch noch zweiten unruhigeren Tide eine Beobachtung des Seegrundes möglich sein. Bei Windstärken über 6 Bft. und bei größeren Strömungsgeschwindigkeiten, die mit stärkerem Seegang verbunden sind, ist eine Beobachtung von Sedimentbewegungen völlig unmöglich.
3. Der Abstand Objektiv-Seegrund darf auch bei günstigsten Bedingungen nur 35 cm betragen (TV-Bild: 40×40 cm).
4. Die Verhältnisse bessern sich zusehends, sobald die Anlage in größeren Tiefen außerhalb des Wattes eingesetzt wird (Abb. 5). Die Sichtbedingungen sind dort erheblich besser, und die Beobachtungszeiten können ausgedehnt werden. Immerhin sind die Trübstoffanteile aber



Abb. 4a
Seegrund während der
Stromkenterung nach
ruhigen Vortiden

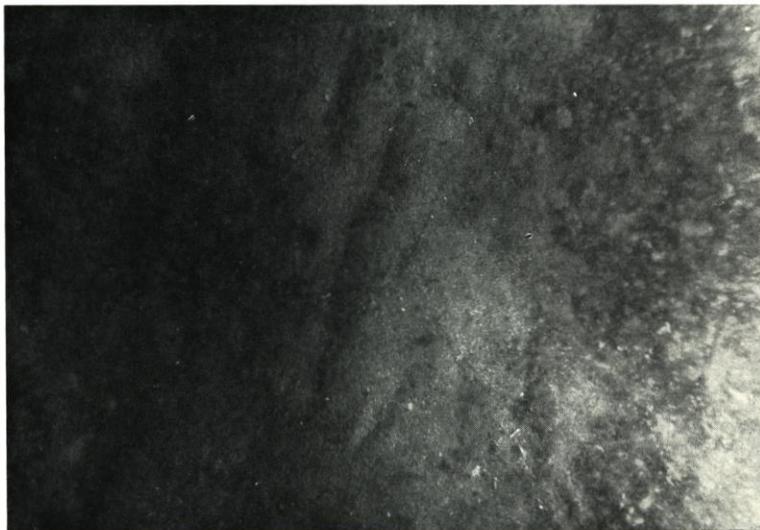


Abb. 4b
Die gleiche Stelle bei
größerer Strom-
geschwindigkeit

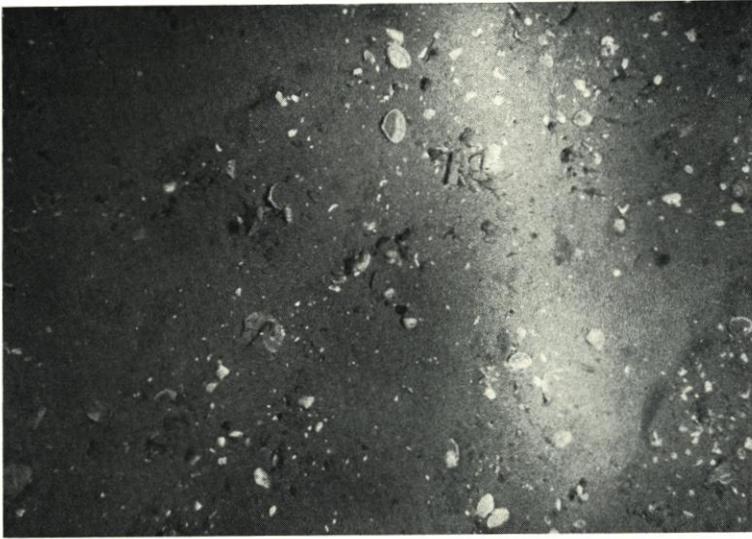


Abb. 5.
Hervorragende Sicht-
bedingungen bei trüb-
stoffarmem Wasser in
20 m Tiefe im Seegebiet
nördlich Norderneys

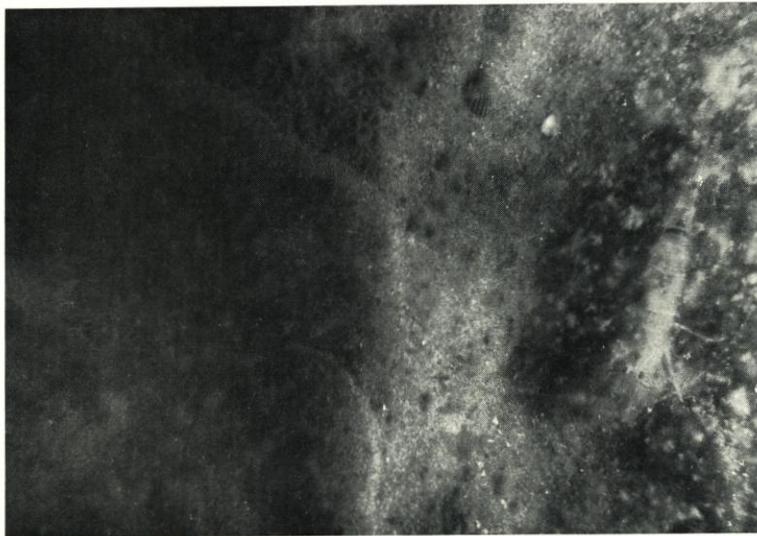


Abb. 6.
Bodentransport und Be-
wegung in Suspension
ineinander verfließend

noch so groß, daß der Abstand Objektiv-Seegrund nur 55 cm (TV-Bild: 60×60 cm) betragen darf.

5. Die nur geringen Abstände Objektiv-Seegrund, die unter den örtlichen Randbedingungen erreichbar sind, lassen Beobachtungen vom fahrenden oder treibenden Schiff nicht zu. Da somit bei jeder Beobachtung die Anker geworfen werden müssen und daher nur stationweise gearbeitet werden kann, sind die Untersuchungen sehr zeitaufwendig. Hierdurch sind dem TV-Verfahren in der Sedimentforschung enge Grenzen gezogen.

In den Untersuchungsjahren 1969 und 1970 konnten dann gezielt angesetzte sedimentologische Beobachtungen ausgeführt werden. Neben der allgemeinen Beobachtung regionaler Bewegungsvorgänge im Untersuchungsgebiet wurde versucht, Einblicke in den Sedimentationsprozeß auf den Watten zu gewinnen und insbesondere die Grenzgeschwindigkeiten von Erosion und Sedimentation optisch zu bestimmen.

Ohne auf Einzelheiten der Untersuchungen einzugehen, lassen sich ihre wesentlichen Ergebnisse wie folgt zusammenfassen:

1. Eine mehr oder weniger scharfe Trennung der Schwebstoffe von den am Boden transportierten Sedimenten trifft die natürlichen Verhältnisse nur in Ausnahmefällen (Abb. 6). Nach den bisher vorliegenden Beobachtungen kann eine solche Trennung tatsächlich nur im Bereich großer Stromgeschwindigkeiten und demzufolge auch großer Bodenbewegung in Rechnung gestellt werden. In Gebieten von kleineren – aber noch transportfähigen – Geschwindigkeiten sind hingegen die Grenzen zwischen den bodennahen Bewegungsvorgängen und der Schwebstoffverfrachtung so fließend, daß die bewegten Feststoffe insgesamt als Einheit aufgefaßt werden müssen.

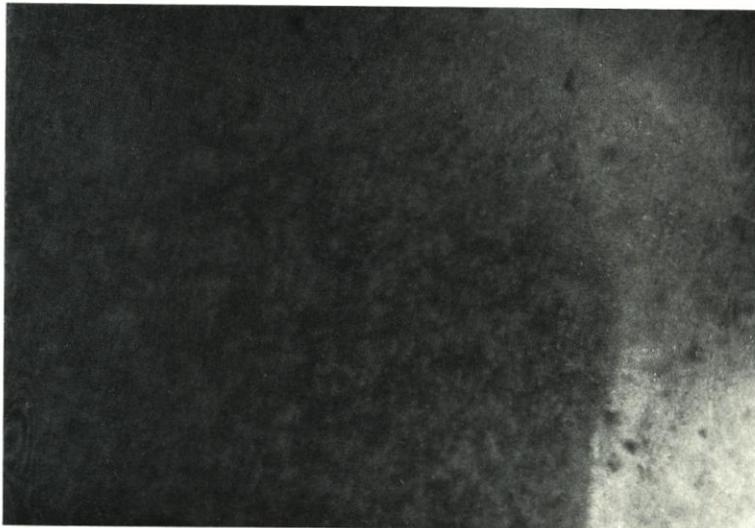


Abb. 7
Erheblich erhöhter
Schwebstoffgehalt nach
stürmischen Vortiden.
Die Sichtbedingungen
sind völlig gestört

2. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Sichtverhältnisse sehr stark von den Witterungsbedingungen der Vortiden abhängig sind. Standen die Vortiden unter Sturm einfluß, so ist der Schwebstoffgehalt noch über längere Zeiten stark erhöht (Abb. 7). Bei ruhigem Vortidenverlauf hingegen ist der Gehalt an Schwebstoffen auch nach Einsetzen von Sturm- wetterlagen mit größeren Stromgeschwindigkeiten zunächst noch normal. Demzufolge sind die Schwebstoffraten bei gleichen Strömungsgeschwindigkeiten und unter sonst ähnlichen Bedingungen stark unterschiedlich.
3. Von noch größerer Bedeutung für den Schwebstoffgehalt sind die jahreszeitlich unterschiedlichen biologischen Verhältnisse. So sind die Schwebstoffgehalte im Hochsommer nach voller Entfaltung der Vegetation erheblich größer als etwa im Winter oder im Frühjahr.
4. Der physikalische Vorgang des Schwebens ist wesentlich dadurch bestimmt, daß die Schwebstoffe nicht in gleichmäßiger Dispersion, sondern als Flocken auftreten (Abb. 8a und 8b). Diese Flocken befinden sich beinahe dauernd in schwebender Bewegung und setzen sich gelegentlich nur kurzfristig während der Strömungskenterpunkte ab. Nach ruhigen Vortiden und bei geringer Turbulenz fallen die Flocken nach Unterschreitung einer Strömungsgeschwindigkeit von etwa 15 cm/s in einem plötzlichen Vorgang zu Boden. Sobald die Stromgeschwindigkeit auf etwa 20 cm/s angestiegen ist, werden sie von der Strömung ebenso schnell wieder aufgenommen.

Diesen Flockenstrukturen ist bisher bei der Messung und Ermittlung von Schwebstoffraten zu wenig Beachtung geschenkt worden. Im strömenden Wasser befinden sich diese

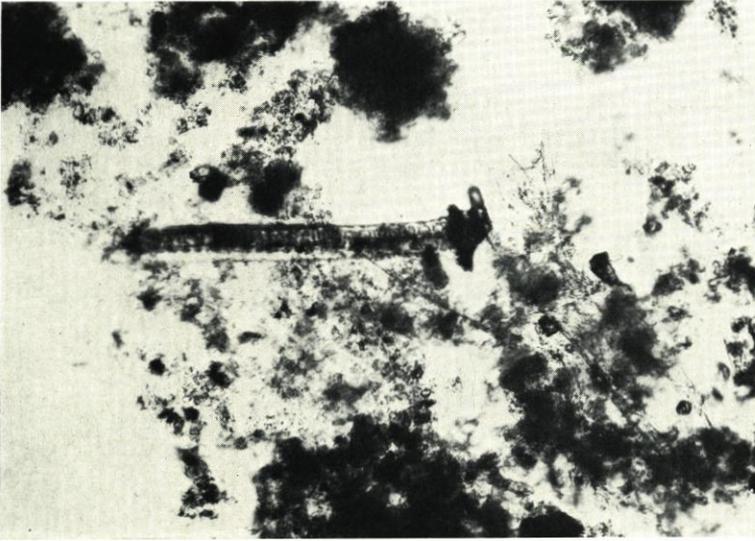


Abb. 8a.
Flockenhaufen in mi-
kroskopischer Ver-
größerung

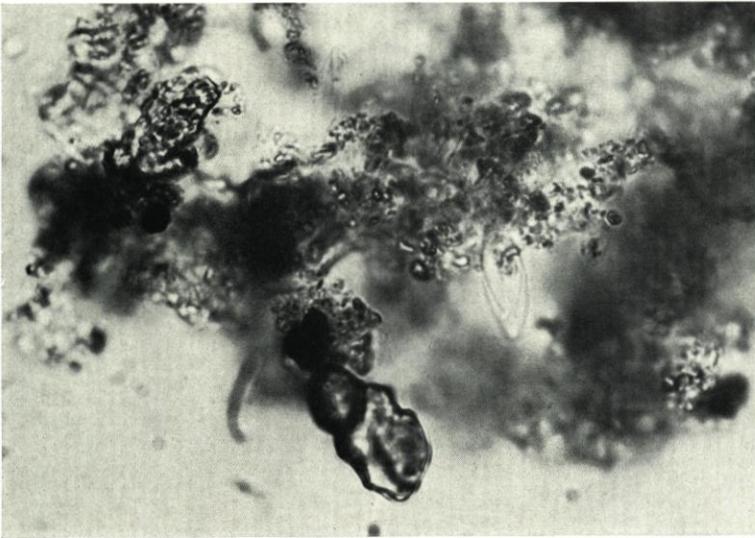


Abb. 8b.
Einzelflocke in mikro-
skopischer Vergröße-
rung. In den organi-
schen Schleimen sind
mineralische Bestand-
teile, Diatomeenschalen,
Chitinfetzen u. ä. er-
kennbar

Flocken und reine Sandkörner in dichtem Beieinander. Während des Sedimentations- und Erosionsprozesses führt das unterschiedliche physikalische Verhalten geflockter und reiner mineralischer Sedimente zu unterschiedlichen – zeitlich aber übergangslosen – Ablagerungs- und Aufnahmeerscheinungen.

5. Eine Reihe von Untersuchungen wurde eigens zur optischen Ermittlung der Grenzgeschwindigkeiten von Erosion und Sedimentation gezielt angesetzt. Trotz des großen Aufwandes war es jedoch bisher nicht möglich, eine eindeutige Fixierung dieser Grenzgeschwindigkeiten vorzunehmen. Der Prozeß der Sedimentaufnahme durch die Strömung verläuft – örtlich allerdings sehr unterschiedlich – außerordentlich fließend, ohne daß ein Beginn dieses Vorganges beobachtet werden könnte. Noch undurchsichtiger sind die Sedimentationsvorgänge, da nur ganz selten das gesamte Sediment während der Stromkenterung abgesetzt wird.

Die Beobachtungen sedimentologischer Bewegungsvorgänge mit dem Unterwasser-Fernsehen zeigten die Grenzen der Einsatzmöglichkeiten einer solchen Anlage auf. Der außerordentliche Wert der bisherigen Arbeiten liegt vor allem darin, diese Bewegungsvorgänge sichtbar und in Teilen auch deutungsfähig gemacht zu haben.

Die in der Vergangenheit entwickelten theoretischen Ansätze zur Ermittlung sedimentologischer Bewegungsvorgänge, die überwiegend auf der Stromgeschwindigkeit und der Erosionsgrenzgeschwindigkeit beruhten, sind daher unter Würdigung der mit dem Unterwasser-Fernsehen erzielten Beobachtungsergebnisse nur wenig befriedigend.