

Hans Gienapp

Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg

Submikroskopische Trübung des Meerwassers und deren
Einfluß auf Eigenschaften seines Streulichtes.

Zusammenfassung:

An 119 Filtraten ($0,4 \mu$ Porengröße) von Wasserproben aus Elbmündung und Deutscher Bucht sind Trübung und Farbkoordinaten des Streulichtes gemessen worden. Die Ergebnisse zeigten:

- 1) Die mittlere Feintrübung in der Deutschen Bucht betrug $(0,37 \pm 0,03) \% \text{ ASTM}$ bei einer Genauigkeit der Einzelmessung von $\pm 0,1 \% \text{ ASTM}$.
- 2) In 99 der 119 Fälle war die Differenz der Streulichtfarbkoordinate (blau) gegen die des destillierten Wassers positiv, das Streulicht des Filtrates also blauer als das des destillierten Wassers.
- 3) Die räumliche Verteilung der Differenz der Yellowness-Indizes von Filtraten und destilliertem Wasser zeigt hydrographische Züge.
- 4) Besonders auffällige Farbeffekte zeigt das Streulicht der Filtrate in der Elbmündung.
- 5) Elektronenmikroskopische Aufnahmen zeigen, daß die Feintrübung aus sowohl anorganischem als auch organischem Material besteht.

Die Untersuchungen dieser Arbeit sind im Rahmen des "CZCS* - prelaunch-experiments" des Deutschen Hydrographischen Institutes im Zuge einer Reise des VFS "Gauß" in der Deutschen Bucht und der Elbmündung gemacht worden (s. Abb. 1). Neben einer Vielzahl anderer Messungen, über die an anderem Ort berichtet werden wird, sind an den mit schwarzen Punkten bezeichneten Stationen Filtrate ($0,4 \mu$) natürlicher Oberflächenwasserproben** gewonnen, danach gekühlt und im

* Coastal Zone Color Scanner des Satelliten NIMBUS 7.

** 4 m unter der Wasseroberfläche genommen.

Dunkeln aufgehoben worden. Im Labor an Land wurden an diesen Wasserproben mit einer bereits früher beschriebenen Methode (Gienapp [1977-1979]) Bestimmungen der ASTM-Trübung sowie der Farbkoordinaten (sowohl CIE - X, Y, Z - als auch Hunterlab-L, a, b-Koordinaten) ausgeführt.

Als erstes Ergebnis zeigte sich eine zwar schwache, aber genau meßbare restliche Feintrübung des Wassers der Deutschen Bucht von $(0,37 \pm 0,03) \% \text{ ASTM}$. Der erste Eindruck war, daß es sich dabei um einen recht gleichförmig verteilten Untergrund handele, doch mußte diese einfache Vorstellung bald korrigiert werden.

Als nächstes wurde die Farbe des Streulichtes des Filtrates mit dem des destillierten Wassers verglichen. Es stellte sich heraus, daß in 99 der 119 Fälle das Streulicht des Filtrates blauer als das des destillierten Wassers war: Bei diesen Proben war die Differenz $L_{3,STR}$ der Streulichtfarbkoordinate λ_{STR} (blau) gegen die des destillierten Wassers positiv.

Eine besonders sensible ozeanographisch-farbmetrische Meßgröße ist der "Yellowness-Index". Er hängt mit den CIE-X, Y, Z - Farbkoordinaten folgendermaßen zusammen

$$Y.I. = 125 \cdot \frac{(X/0,98041 - Z/1,18103)}{Y}$$

und stellt ein Maß für die Gelbstichigkeit einer Farbe dar.

Die Verteilung der Größe

$$(Y.I.)_{STR} = (Y.I.)_{STR}^{Filtrat} - (Y.I.)_{STR}^{aquum dest.}$$

in der Deutschen Bucht zeigt Abb. 2. Man erkennt deutlich hydrographische Züge, etwa die nordsüdliche Struktur vor der schleswig-holsteinischen Küste und ein Gebiet besonders großer submikroskopischer Trübung vor den ostfriesischen Inseln.

Besonders interessante optische Effekte zeigte das Streulicht der Feintrübung in der Elbmündung. Die Stationen der 15 Probenahmen waren die gleichen wie in früheren Arbeiten (siehe z.B. Gienapp [1977]) und lagen zwischen Brunsbüttel (E 1) im Innern der Elbmündung) und Feuerschiff Elbe 1 (E 15). Die Ergebnisse sind in Abb. 3 zusammen mit einer Anzahl von gleichzeitig bestimmten weiteren ozeanographischen und meeresoptischen Parametern dargestellt. Am monotonen Anstieg des Salzgehalts (Fig. 3a) sowie dem monotonen Abfall der Fluoreszenz (Fig. 3b) erkennt man den gleichförmigen Prozeß der Vermischung des Elbewassers. Der Schwebstoffgehalt des Wassers verläuft aufgrund zusätzlicher Materialquellen (Aufwirbelung, Plankton) weniger gleichförmig. Sehr auffällig sind die beiden starken Maxima der Feintrübung bei den Stationen 3 und 5 (Kanaleinmündung und Ostemündung) sowie das Maximum bei Station 13 (Scharhörner-Riff). An denselben Stellen zeigt die Hunterlab-Koordinate (Fig. 3c), die die Helligkeit des Streulichtes mißt, entsprechende Maxima. Das Verhältnis der L_{STR} -Koordinaten von Filtrat

und natürlichem Seewasser kann 20 % oder sogar noch mehr betragen. Ganz besonders wichtig für die ozeanographische Fernerkundung ist der Befund, daß gleichzeitig mit den Änderungen der Helligkeit des Streulichtes Farbänderungen auftreten. Sie werden in Fig. 3c durch die Verläufe der Hunterlab-Koordinaten a (rot-grün) und b (gelb-blau) dargestellt.

Für den Fall der Küvettenfüllung mit destilliertem Wasser lieferte unsere Versuchsanlage die Meßergebnisse

$$L_{STR} = 8,8; \quad a_{STR} = 0,3; \quad b_{STR} = -2,0$$

Das heißt: Alle Filtrate hatten grüneres Streulicht als destilliertes Wasser. Das deutet nachhaltig auf verbliebene organische Mikroorganismen hin.

Denkt man sich nun in Fig. 3c eine Parallele zur Abszisse in der Lage $b_{STR} = -2,0$

eingetragen, so kann man die konkurrierenden Einflüsse des blau absorbierenden Gelbstoffes (Kurve oberhalb der Parallelen) und der blau emittierenden Feintrübung (Kurve oberhalb der Parallelen) erkennen.

Bei diesem Stand der Dinge war es sehr wünschenswert, einige elektronenmikroskopische Bilder der submikroskopischen Trübung zu haben. Sie sind in sehr dankenswerter Weise von Herrn K. Möldner der Firma Carl Zeiß, Oberkochen, zu dieser Arbeit beigesteuert worden (s. Fig. 4-5) und zeigen sowohl anorganisches als auch organisches (Mikroalgen) submikroskopisches Material, das somit die Blaustreuung der Filtrate erklären kann.

Literaturangaben :

Gienapp, H., 1977: Farbmétrische Studien in der Elbmündung. DHZ 30, 185.

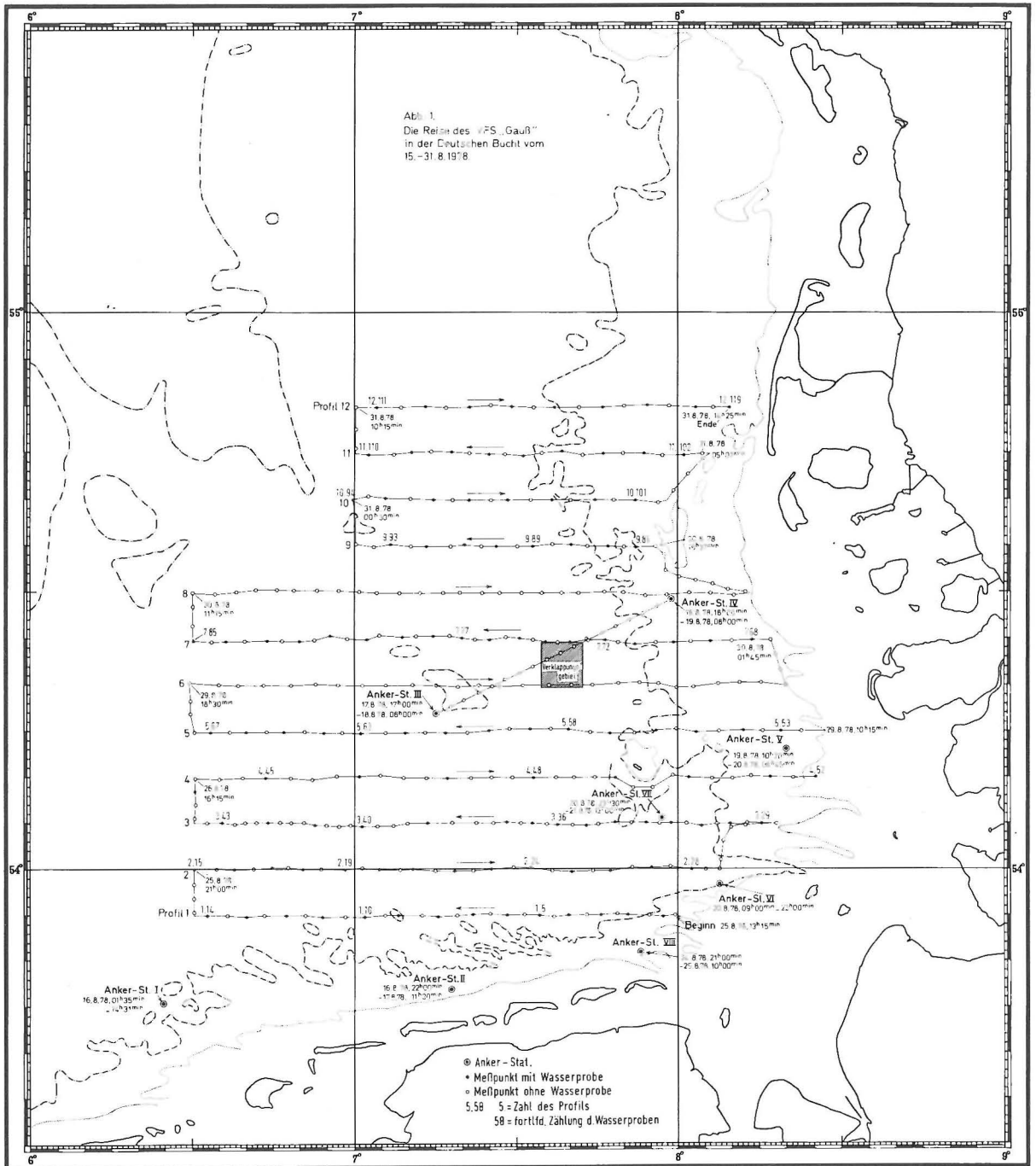
- ders. -, 1978: Meeresoptische Untersuchungen im Rahmen des Flugzeugmeßprogrammes 1976 in der Deutschen Bucht. BMFT - FB W 78 - 04.

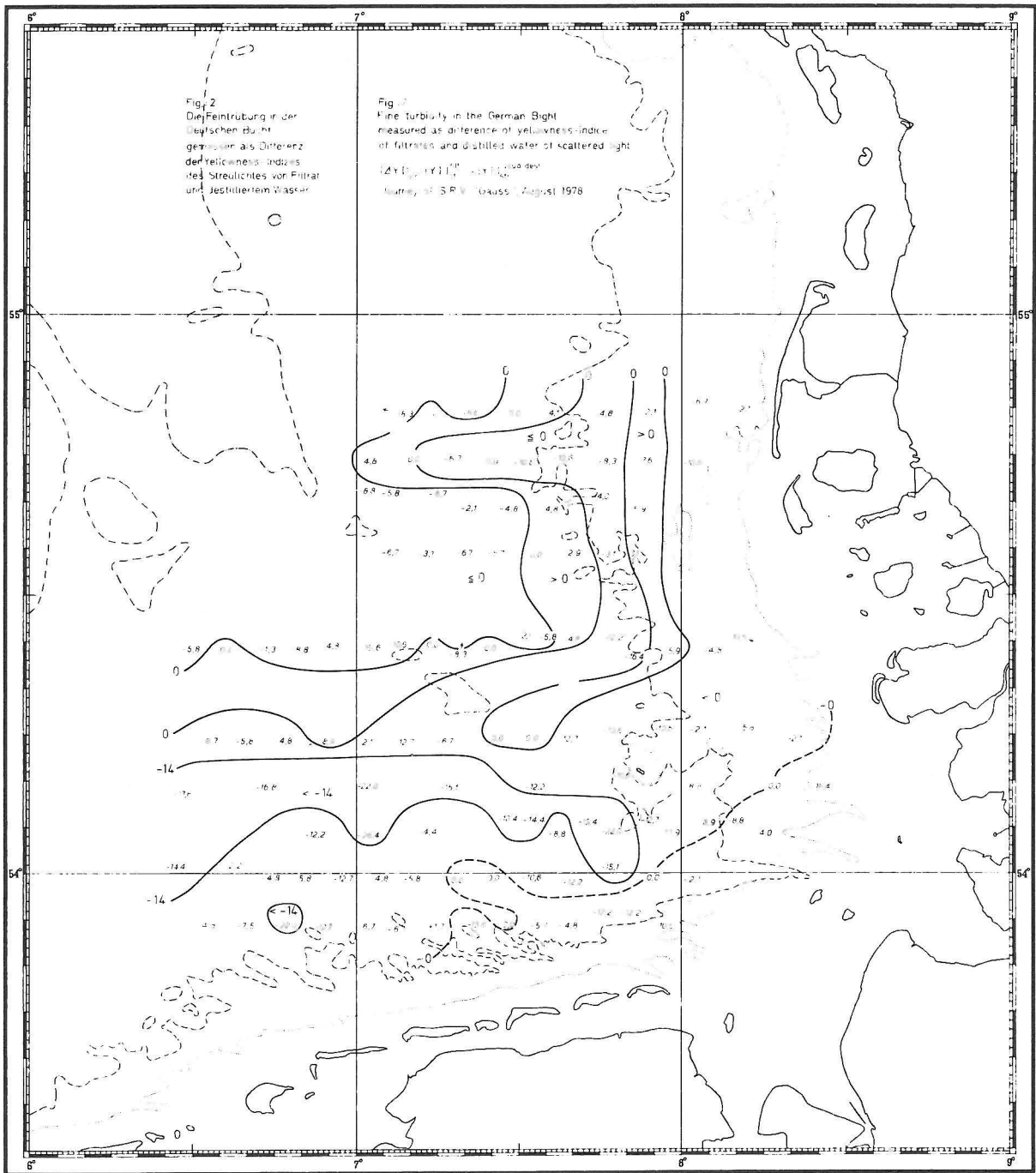
- ders. -, 1979: Marine-optical Studies within the Framework of the Geoscientific Airborne Remote Sensing Program (FMP) 1976 in the German Bight. DHZ 32, 3.

- ders. -, 1979: Neue farbmétrische Arbeitsmethoden in der Ozeanographie. DHZ 32, 59.

- ders. -, 1979: "Farbe" als Signatur in der Fernerkundung - ein ozeanographisches Beispiel. Proc. Intern. Symp. Rem.Sens., Freiburg 1978. Intern.Arch.Photogr., Vol. XXII - 7.

- ders. -, 1979: New color Measurement Methods in Oceanography. EURASEP-OCS-Workshop, Ispra (in Druck).





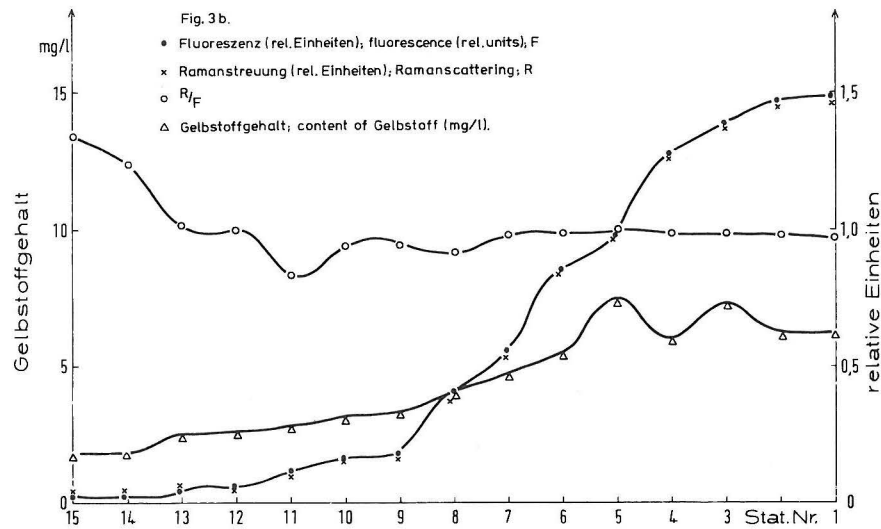
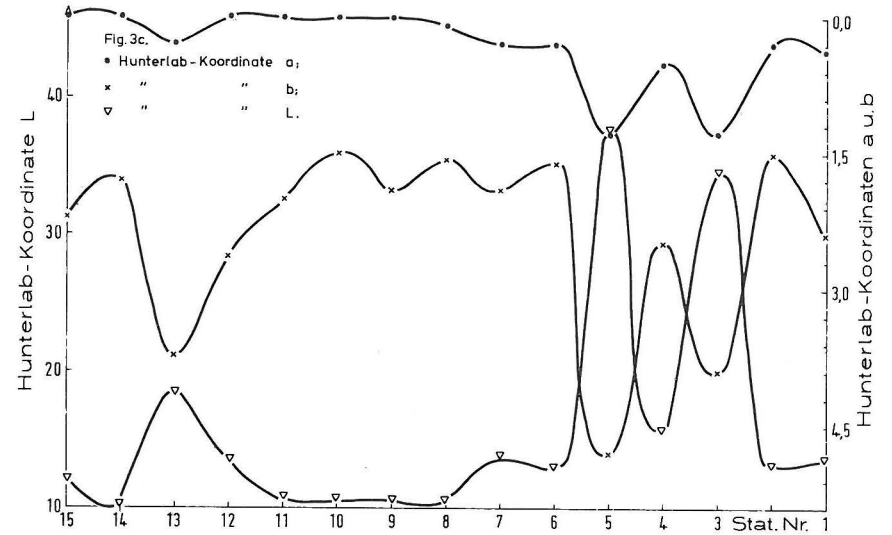
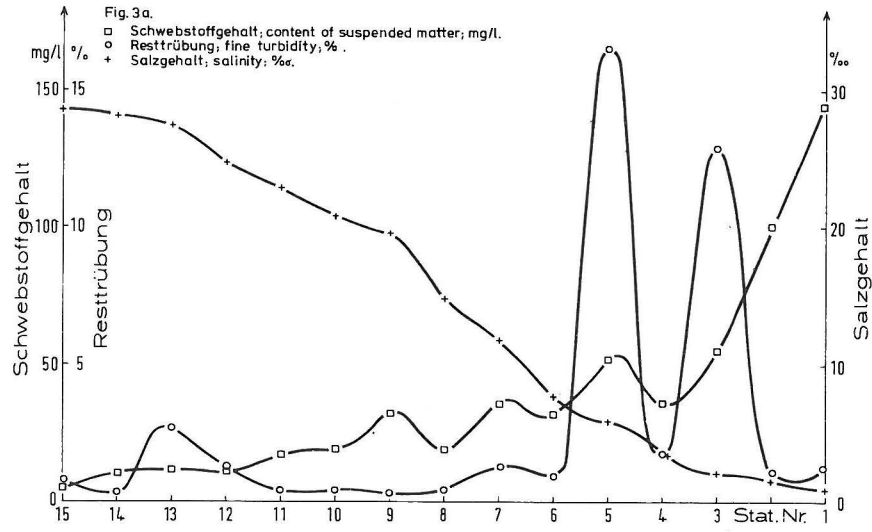


Abb. 3. Optische und ozeanographische Eigenschaften filtrierter Seewasserproben an der Elbmündung
 a.) Schwebstoffgehalt (□), Feintrübung (% ASTM) und Salzgehalt (+);
 b.) Fluoreszenz (●), Ramanstreuung (×), Verhältnis Ramanstreuung: Fluoreszenz, und Gelbstoffgehalt;
 c.) Hunterlab-Farbkoordinaten L, a und b des Streulichtes der Filtrate.



Abb. 4: Beispiel eines elektronenmikroskopischen Präparates submikroskopischer Trübung. Präparationstechnik: Nach Filtration (0,4 μ) 2 mal 120 min bei 900 Umdrehungen/min zentrifugiert; dazwischen Rückstand mit destilliertem Wasser 3 mal gewaschen. Mit Platinöse konzentriertes Präparat auf beschichtetes Objektträgernetz gebracht; getrocknet. Schrägbedampfung. Transmissionselektronenmikroskopie, Vergrößerung etwa 15000fach. Station: Süderpiep

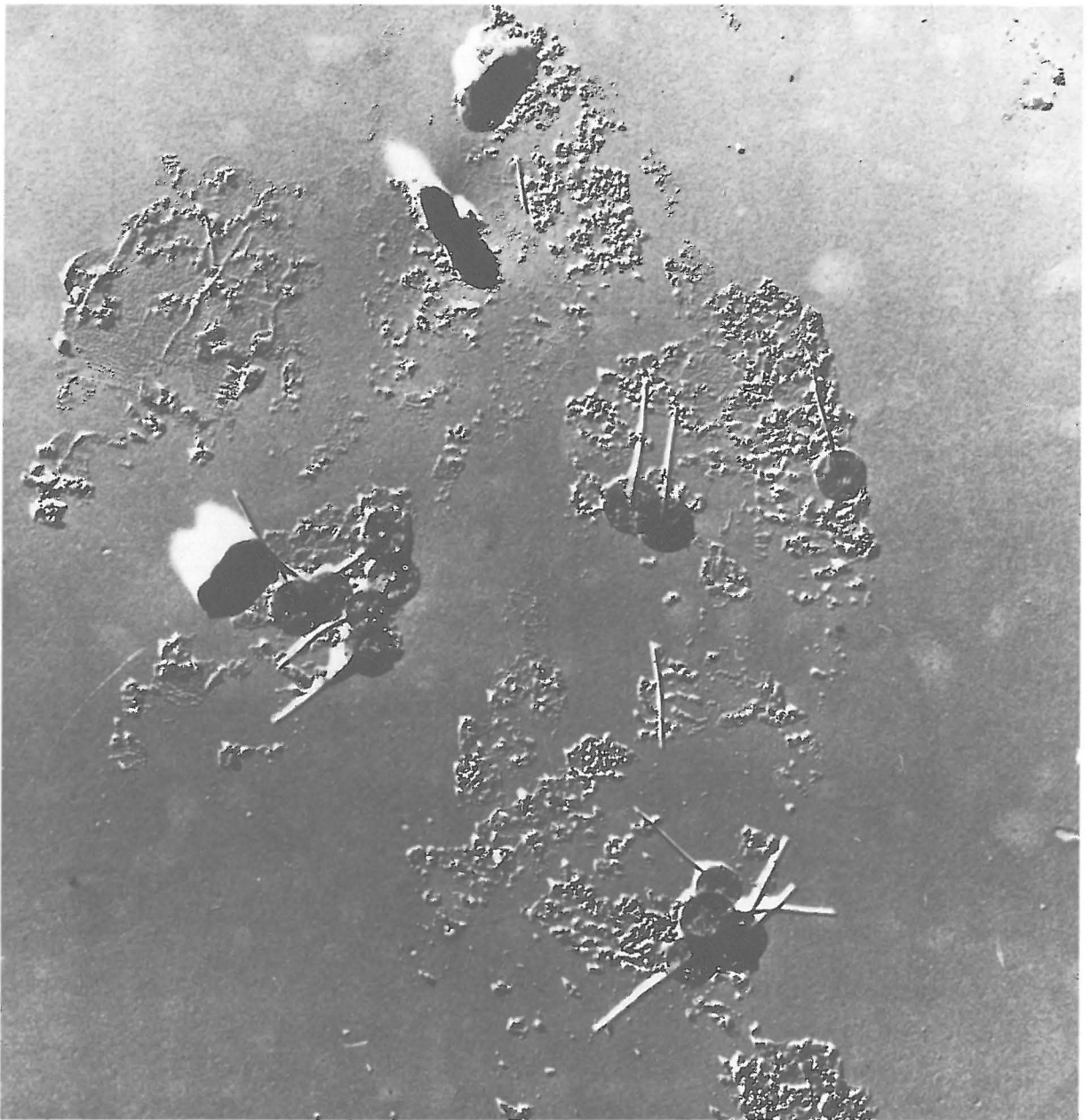


Abb. 5: Beispiel eines elektronenmikroskopischen Präparates submikroskopischer Trübung; Vergrößerung etwa 15000fach. Man sieht "spiked scales"; außerdem (anscheinend) anorganisches Mikrogranulat. Station: Helgoland Südreede



Abb. 6: Beispiel eines elektronenmikroskopischen Präparates submikroskopischer Trübung; Vergrößerung etwa 28000fach. Anorganisches Mikrogranulat, organische Substanz (Schleime ?), sowie "plate scale". Station: Büsum Tonne 23