

# Trübe Aussichten: Bakterien und Schwebstoffe im Watt

Von Meinhard Simon, Mirko Lunau und Andreas Lemke

Die Bildung und Stabilität von Schwebstoffaggregaten in flachen, tidenbeeinflussten Küstenmeeren werden entscheidend durch die Strömungsverhältnisse und somit durch die Gezeiten reguliert. Zu ihrem Umsatz und Abbau tragen auch die Stoffwechselaktivitäten der auf ihnen siedelnden Bakterien bei. Die Zusammensetzung, Größenverteilung und Konzentration der Aggregate unterliegen daher dramatischen Änderungen im Tidenzyklus und im Verlauf der Jahreszeiten.



Hoher Gehalt von Schwebstoffen: Priele im Watt.

The formation and stability of suspended matter aggregates in shallow, tidally-influenced coastal seas are strongly affected by the hydrodynamic conditions. In addition, metabolic processes of the colonizing bacteria contribute to their turnover and decomposition. Hence, the composition, size distribution and concentration of the aggregates undergo dramatic tidal and seasonal changes.

Das Wattenmeer und ähnliche tidenbeeinflusste flache Küstenmeere gehören zusammen mit Flussmündungen zu den Gewässern mit den höchsten Gehalten an Schwebstoffen, die dem Wasser eine charakteristische grau-braune Färbung mit sehr geringer Lichtdurchlässigkeit geben. Für Taucher ist das trübe Wattenmeer daher alles andere als ein attraktives Revier, für eine Vielzahl von Bakterien dagegen ist es ein höchst vielfältiger und nährstoffreicher Lebensraum. Nur einige der aller kleinsten Schwebstoffe von wenigen Mikrometern Größe bleiben allerdings ständig in Schwebelage, der größte Teil sinkt nach unten, weil er eine größere Dichte als das umgebende Meerwasser besitzt. Die Schwebstoffkonzentration hängt deshalb vor allem von der Strömungsgeschwindigkeit und der Turbulenz des Wasserkörpers ab, da durch die Verwirbelungen auch absinkende Schwebstoffe wieder aufwärts transportiert werden können und auf dem Wattboden abgelagertes Material wieder aufgewirbelt werden kann. Im Gegensatz zu Flüssen zeichnen sich tidenbeeinflusste Gewässer durch große Unterschiede in den Strömungsgeschwindigkeiten aus, die im Rhythmus der Gezeiten vom Stillstand bis zu Geschwindigkeiten von etwa 1,5 Meter pro Sekunde variieren. Aus diesem Grund ändert

sich die Konzentration der Schwebstoffe im Tidenzyklus stark.

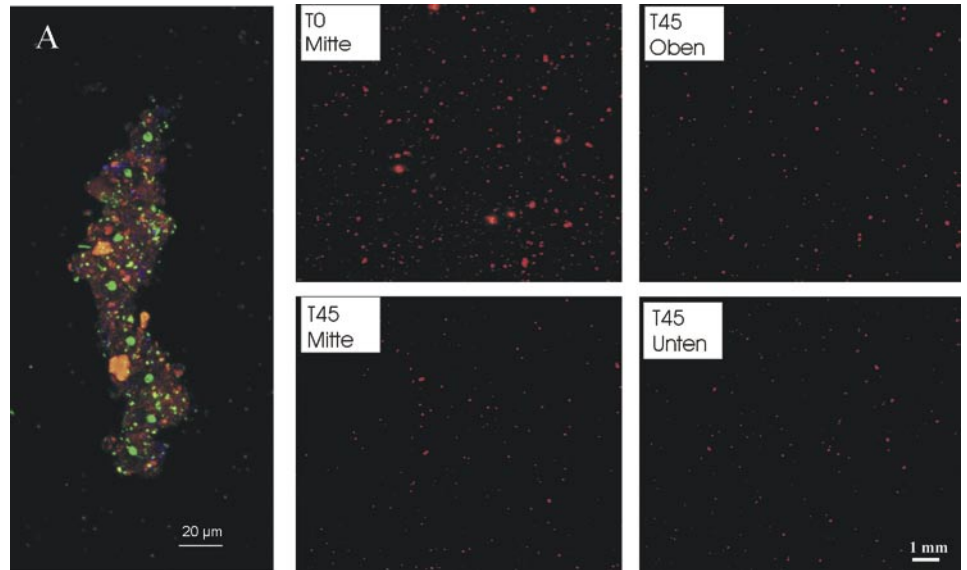
Untersucht man Schwebstoffe auf ihre Struktur und Zusammensetzung, so zeigt sich, dass sie fast nie aus einzelnen Partikeln bestehen, sondern Aggregate und zudem von Bakterien besiedelt sind. Sie bestehen aus dem organischen Material abgestorbener Lebewesen wie Mikroalgen und kleinen Meerestieren sowie aus mineralischen Bestandteilen wie Tonmineralen und Resten von Kalk- und Kieselalgenschalen. Physikalisch-chemische Wechselwirkungen und klebrige Substanzen, die von Algen und Bakterien ausgeschieden werden, halten die aggregierten Partikel zusammen.

Für viele filtrierende Organismen, z.B. Zooplanktonkrebse und am Boden lebende Tiere wie Muscheln, dienen Schwebstoffe als wichtige Nahrungsquelle. Die durch mikrobielle Prozesse veränderten Schwebstoffe sinken letztendlich ab, werden in das Sediment eingearbeitet und dort durch andere Mikroorganismen weiter abgebaut.

## Aktuelle Fragen zur Schwebstoffdynamik

Obwohl die Bedeutung der Schwebstoffe in Gewässern schon seit längerem bekannt ist, gibt es noch eine Fülle von offenen Fragen. Für das Rückseitenwatt von

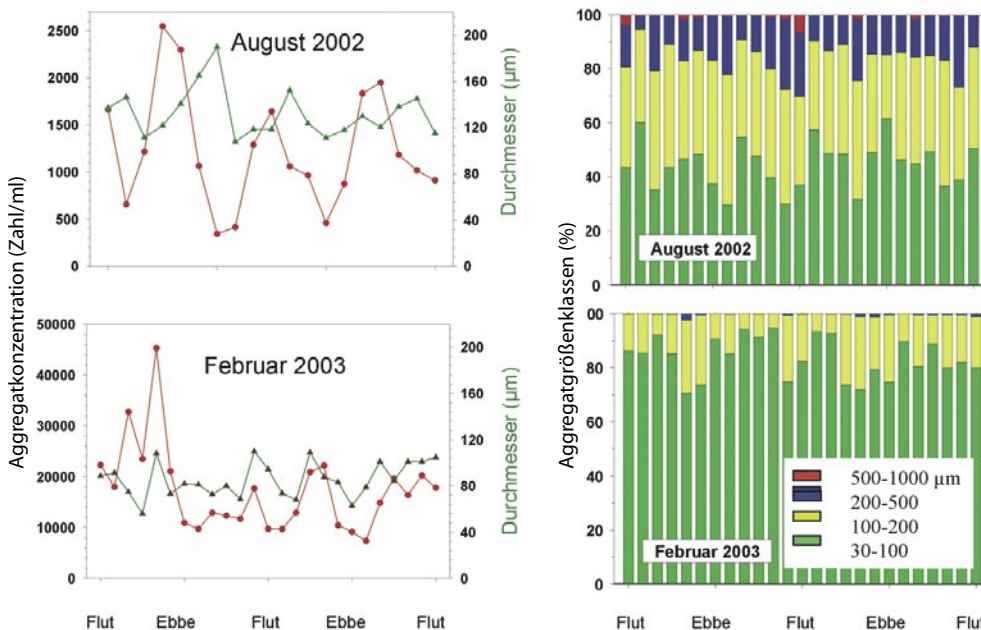
Epifluoreszenzmikroskopisches Foto eines Schwebstoffaggregats und der assoziierten Algen und Bakterien nach Anfärbung mit Fluoreszenzfarbstoffen (A) sowie der Schwebstoffe im Horizontalschöpfer unmittelbar nach der Probenahme (T=0 min, Mitte) und nach einer Sedimentationszeit von 45 min oben, in der Mitte und unten im Schöpfer.



Spiekeroog haben wir die folgenden Fragen in den Vordergrund gestellt: Wie variiert die Größenverteilung und biochemische Zusammensetzung von Schwebstoffaggregaten im Tidenzyklus und Jahresverlauf? Welche Bakterien besiedeln die Schwebstoffaggregate, und unterscheiden sie sich von den Bakterien im umgebenden Wasser? Zunächst mussten wir ein geeignetes Gerät entwickeln und bauen, um schwebstoffhaltige Wasserproben möglichst schonend von einem Schiff aus nehmen zu können: einen Horizontalschöpfer. Nach der Probenahme

mit diesem Gerät werden die Schwebstoffe zunächst mit einer Digitalfotokamera bei rechtwinkliger Beleuchtung mit rotem Laserlicht dokumentiert. Mit einem PC-gesteuerten Bildverarbeitungsprogramm wird aus den Fotos später im Labor die Anzahl und Größenverteilung der Aggregate berechnet. Anschließend wird der Schöpfer als Sedimentationskammer benutzt, in der die Schwebstoffe in Abhängigkeit von ihrer Größe und Dichte unterschiedlich rasch absinken. Nach unserer Erfahrung sind die verschiedenen Fraktionen nach 45 Minuten

gut getrennt. Die schwersten Aggregate sind dann bereits ganz abgesunken, und oben, in der Mitte und unten im Schöpfer befinden sich qualitativ unterschiedliche Aggregatfraktionen, die für weitere Untersuchungen aus dem Schöpfer entnommen werden. Um die Schwebstoffdynamik im Tidenzyklus zu erfassen, müssen mit dem Schöpfer stündlich Proben genommen werden. Die Messungen zeigen ein grundlegendes Muster mit den höchsten Schwebstoffkonzentrationen zu Zeiten der höchsten Strömungsgeschwindigkeit bei mittlerer Tide und die niedrigsten



Konzentration, mittlerer Durchmesser und Größenklassenverteilung der Schwebstoffaggregate im Verlauf von zwei Tidenzyklen im August 2002 und im Februar 2003.

Wissenschaftliche Arbeit vor Ort: Probenanalyse im Labor des Forschungsschiffs „Senckenberg“.



Schwebstoffaggregaten. Während der Vegetationsperiode sind im Freiwasser relativ mehr Bakterien vorhanden und im Herbst und Winter etwa gleich hohe Anteile auf den Schwebstoffaggregaten und im Freiwasser. Dies liegt daran, dass die Bakterien während

Konzentrationen an den Kenterpunkten der Tide bei Hoch- und Niedrigwasser, wenn die Strömungsgeschwindigkeit am geringsten ist. Dem unbedarften Beobachter zeigt sich das Wasser im Watt aber auch dann noch als sehr trüb. Deutliche Unterschiede treten zwischen der Vegetationszeit (April bis Oktober) und dem Winter auf. Während der Vegetationszeit sind erheblich weniger, allerdings größere Aggregate als im Winter vorhanden. An den Unterschieden zeigt sich, dass die Aggregate während der Vegetationsperiode qualitativ anders zusammengesetzt sind als im Winter. Vermutlich fehlt im Winter das von den Kieselalgen produzierte Klebematerial, so dass die Aggregate sehr klein bleiben. Zudem ist im Winter durch den stärkeren Wind die Turbulenz im Wasser intensiver, wodurch mehr Aggregate in Suspension gehalten werden als während der Vegetationsperiode.

## Bakterien auf Schwebstoffen

Schwebstoffe sind intensiv von Bakterien besiedelt, die die organischen Bestandteile abbauen und auflösen. Ein Milliliter Wasser im Wattenmeer enthält etwa zwei bis sechs Millionen Bakterien, und davon befinden sich zwischen 20 und 60 Prozent auf den

der Vegetationszeit den überwiegenden Teil ihrer Nährstoffe in gelöster Form im Wasser finden. Höchst interessant und völlig unerwartet war die Beobachtung, dass sich die Bakterienbesiedlung der Schwebstoffaggregate im Tidenzyklus dramatisch ändert. An den Kenterpunkten sind die Schwebstoffe viel intensiver von Bakterien besiedelt als beim Strömungsmaximum. Dass Bakterien aus dem freien Wasser auf die Schwebstoffe wandern und bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten wieder zurück ins freie Wasser gelangen, belegt die Tatsache, dass die Bakterienzahl im Freiwasser zur Zahl auf den Schwebstoffen gegenläufig ist. Bisher wissen wir aber noch nicht, welche Bakterien diese Wanderung durchführen.

Wir haben deutliche Hinweise darauf, dass die Bakteriengemeinschaften auf den Schwebstoffen anders zusammengesetzt sind als im Freiwasser und auf dem sauerstoffhaltigen Oberflächensediment und dass es jahreszeitliche Unterschiede gibt. Auch wenn diese Befunde nicht unerwartet sind, waren sie bisher für schwebstoffreiche tidenbeeinflusste Flachmeere nicht dokumentiert. Die drei genannten Lebensräume zeichnen sich durch sehr unterschiedliche Umwelt- und Nährstoffbedingungen aus, stehen aber trotzdem durch die hydrodynamischen Verhältnisse in

intensiver räumlicher und zeitlicher Wechselwirkung. Damit wird an der Bakterienbesiedlung deutlich, dass die Schwebstoffe eine vermittelnde Funktion zwischen dem Freiwasser und dem Sediment besitzen. Schwebstoffe und Bakterien sind im Wattenmeer wesentliche Strukturelemente und in eine Vielzahl von biogeochemischen Prozessen eingebunden. Das äußerlich trübe und nicht gerade einladende Wattwasser ist für Bakterien ein höchst interessanter, vielseitiger und attraktiver Lebensraum.

## Die Autoren



Prof. Dr. Meinhard Simon, Leiter der Arbeitsgruppe geologischer Prozesse am Institut für Chemie und Biologie des Meeres (ICBM), studierte Biologie in Konstanz und Freiburg. Nach der Promotion (1985) arbeitete er von 1986 bis 1988

als DFG-Stipendiat an der Scripps Institution of Oceanography in La Jolla, Kalifornien. Anschließend war er am Limnologischen Institut der Universität Konstanz tätig, wo er sich auch 1992 habilitierte. 1997 folgte er dem Ruf an die Universität Oldenburg auf die Professur für Biologie geologischer Prozesse. Sein Forschungsschwerpunkt ist die mikrobielle Ökologie von aeroben Bakteriengemeinschaften in marinen Gewässern und umfasst auch Stoffumsatzprozesse von schwebstoffassoziierten Bakterien. Er hat u.a. Forschungsfahrten in das Rote Meer, den Pazifik und das Südpolarmeer unternommen.



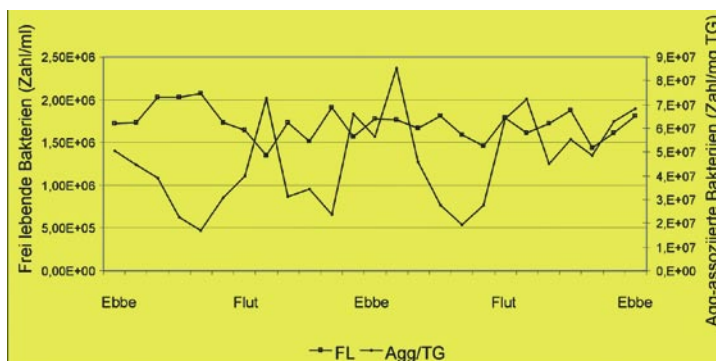
Dipl.-Biol. Mirko Lunau, seit 2001 Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Biologie geologischer Prozesse am ICBM, studierte in Hamburg Biologie. Er beschäftigt sich in seiner Arbeit

im Rahmen der Forschergruppe Watt mit Fragen der Bildung, biochemischen Zusammensetzung und Dynamik von Schwebstoffaggregaten.



Dipl.-Umweltwiss. Andreas Lemke, seit 2003 Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Biologie geologischer Prozesse, studierte Marine Umweltwissenschaften an der Universität Oldenburg. Er befasst sich mit dem Stoffumsatz

und -abbau von schwebstoffassoziierten Bakteriengemeinschaften.



Zahl der Freiwasser- und aggregatassoziierten Bakterien im Verlauf von zwei Tidenzyklen im Juli 2003.