

Einwirkungen des kalten Winters 1962/63 auf die Bakterienpopulation der Elbe

GERHARD RHEINHEIMER

*Staatsinstitut für allgemeine Botanik, Hamburg
Mikrobiologische Abteilung*

ABSTRACT: Effects of the cold winter 1962/63 on the bacteria population of the Elbe. Counts of total bacteria showed an unusually high increase in the river Elbe during the cold winter of 1962/63. Especially in February the number of bacteria was repeatedly higher than the maximum values measured during the whole 7-year period of investigation. A significant reduction of nitrate (denitrification) occurred beneath the ice-cover of the river. This caused a high increase of the NO_2 -concentration of the water, as well as a great decrease of the NO_3 -concentration. The extremely high bacteria counts were caused by the coincidence of an unusually small water transport and low temperature. The intensive denitrification results from oxygen deficiency in the water beneath the river's ice cover.

EINLEITUNG

Der ungewöhnlich kalte und langandauernde Winter 1962/63 hatte einen unerwartet großen Einfluß auf das Bakterienleben in der Elbe. Der Fluß trug oberhalb von Hamburg mehrere Wochen lang eine geschlossene 40–50 cm dicke Eisdecke, die dann im Laufe des Monats Februar durch Eisbrecher aufgebrochen wurde. Unterhalb Hamburgs herrschte fast drei Monate lang ein mehr oder weniger starkes Eistreiben. Die Wassertemperatur lag von Mitte Dezember bis Anfang März stets bei etwa 0° C. Das sind Verhältnisse, wie sie in der unteren Elbe zwischen Schnackenburg und Cuxhaven nur sehr selten beobachtet werden konnten, zuletzt – wenn auch in weniger ausgeprägter Form – im Winter 1953/54.

UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Der langanhaltende Eisstand und die dadurch bedingte niedrige Wassertemperatur hatten vor allem eine über die normale winterliche Zunahme erheblich hinausgehende Erhöhung der Gesamtkeimzahl und eine beträchtliche Denitrifikation im Flußwasser zur Folge. Während die nach der Plattenmethode monatlich in der Elbe zwischen Schnackenburg (Km 474) und der Störmündung (Km 678) bestimmten Gesamtkeimzahlen (RHEINHEIMER 1959) im November noch annähernd normal waren, kam es dann im Dezember zu einem steilen Anstieg, der die üblicherweise in diesem Monat zu beobachtende Bakterienzunahme um ein Mehrfaches übertraf (Abb. 1).

Im Januar erfolgte ein kräftiger Rückgang der Gesamtkeimzahlen und im Februar wurde ein abermaliger, diesmal noch stärkerer Anstieg beobachtet, der zu den bisher höchsten Werten der gesamten über 7jährigen Untersuchungszeit führte. Die Keimzahlen bewegten sich bei sieben Stationen zwischen Schnackenburg und Hamburg zwischen 176 000 und 623 000 Bakterien je ml und betrug damit das 10- bis 15fache der unter Anwendung der gleichen Methode in den Jahren 1956 bis 1961 gefundenen Maxi-

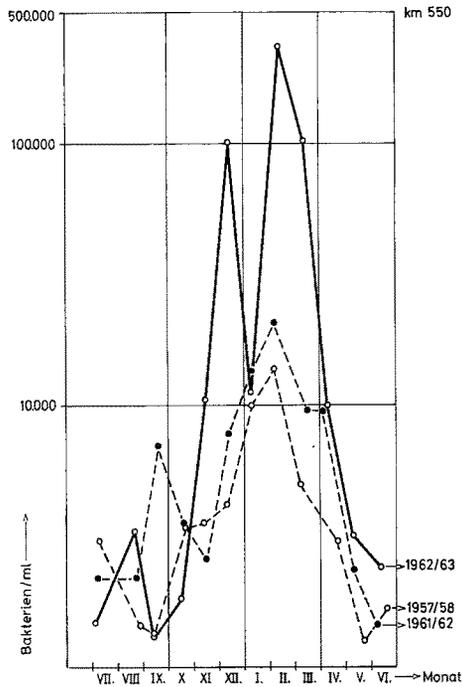


Abb. 1: Gesamtkeimzahl des Elbwassers bei der Station Bleckede in den Jahren 1957/58, 1961/62 und 1962/63. – Die Werte des kalten Winters 1962/63 liegen mit Ausnahme des Monats Januar um ein Mehrfaches über denen der vorausgegangenen Untersuchungsjahre

malwerte. Im März gingen die Gesamtkeimzahlen etwas zurück – sie blieben aber immer noch erheblich über den normalen Winterwerten. Erst im April, nach Abklingen des durch die Schneeschmelze hervorgerufenen Hochwassers, normalisierten sich die Verhältnisse wieder und auch die Keimzahlen gingen auf den normalen Stand zurück. Das gleiche ist aus Fotoprotokollen von Membranfilterpräparaten zu ersehen (Abb. 2), die von jeweils 5 ml Elbwasser der Station Bleckede (Km 550) hergestellt wurden (nach JANNASCH 1953). Auch in dem Flußabschnitt zwischen Hamburg und der Störmündung waren die Gesamtkeimzahlen höher als in normalen Jahren, die Zunahme betrug hier aber nur noch das Zwei- bis Fünffache der vorher gefundenen Maximalwerte. Ganz ähnlich verhielten sich auch die Colizahlen (RHEINHEIMER 1963).

Wie ist nun dieser ungewöhnlich hohe Bakteriengehalt des Elbwassers während des kalten Winters 1962/63 zu erklären? Es scheinen hier mehrere Faktoren zusammengewirkt zu haben. So vor allem der durch die ungenügenden Niederschläge in Herbst

und Winter bedingte außerordentlich geringe Abfluß der Elbe und die anhaltend niedrige Wassertemperatur. Hierdurch erfolgte einmal eine starke Konzentrierung der aus Abwässern stammenden Bakterien und Nährstoffe, und zum anderen wurde die bakterielle Umsetzungstätigkeit verlangsamt, so daß eine weitgehende Konservierung der

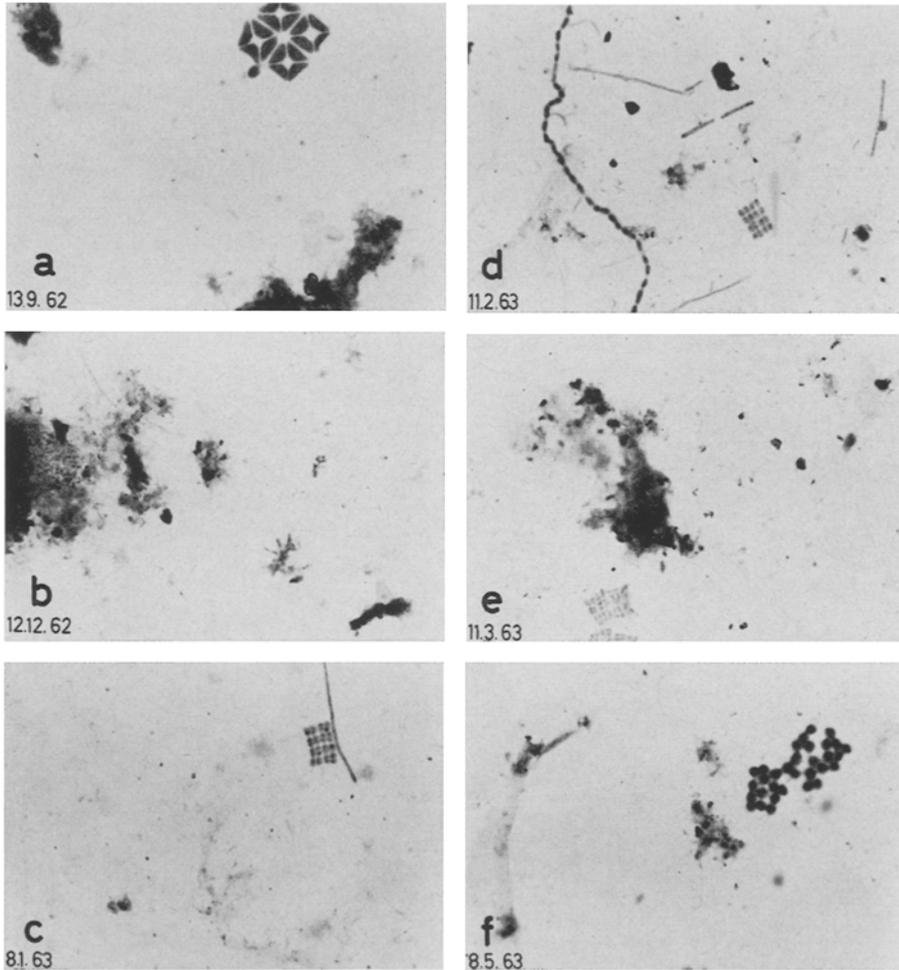


Abb. 2: Ausschnitte aus Membranfilterpräparaten von Elbwasser der Station Bleckede (Vergrößerung 1 : 600). – Die Bilder zeigen, daß im September 1962 und im Mai 1963 wenig, und in den Wintermonaten Dezember bis März sehr viele Bakterien vorhanden waren, wobei das winterliche Minimum in den Januar und das entsprechende Maximum in den Februar fiel

im Fluß vorhandenen Mikroorganismen erfolgte. Dem widerspricht nun der vorübergehende Rückgang der Gesamtkeim- und Colizahlen im Januar, dem kältesten Monat des vergangenen Winters. Dieser Widerspruch ist aber nur scheinbar, denn durch den strengen Frost war ein Teil der Abwasserzuläufe vom Fluß abgeschnitten. Das führte naturgemäß zu einer Abnahme des Bakterien- und ebenso des Detritusgehaltes. Wäh-

rend die Gesamtkeimzahl bei den meisten Stationen etwa auf das übliche winterliche Maß zurückgefallen war, wurden bei den Colizahlen die geringsten Winterwerte der gesamten Untersuchungszeit gemessen. Gerade dieser Umstand zeigt, ebenso wie die Abnahme des Detritusgehaltes, daß vor allem die Zuläufe mit häuslichen Abwässern durch das Eis blockiert waren. Im Februar stiegen die Temperaturen wieder etwas an, so daß unter der Eisdecke die Verbindungen mit dem Hauptstrom wieder hergestellt wurden. Da nun nicht nur die laufend anfallenden, sondern auch die angestauten Abwassermengen in die Elbe gelangen konnten, kam es in diesem Monat zu den geschilderten Höchstwerten der Gesamtkeimzahlen.

Auffallend war auch der hohe Nitritgehalt des Elbwassers in den Monaten Januar bis März. Während nach den Untersuchungen der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg in der kalten Jahreszeit der Nitritgehalt normalerweise stark zurückgeht und meistens unter 0,1 mg/l bleibt, wurden diesmal bis zu 1,1 mg/l NO_2 gemessen (LUCHT, *In: Monatsberichte der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg 1956/63*; LUCHT 1963). Dieser hohe Nitritgehalt ist zweifellos die Folge von Denitrifikationsvorgängen, also der bakteriellen Reduktion von Nitrat, die über Nitrit zu freiem Stickstoff führt. Die Voraussetzungen hierfür waren durch den relativ hohen Gehalt an organischer Substanz, die den nötigen Reduktionswasserstoff lieferte und das starke, durch die Eisdecke verursachte Sauerstoffdefizit bedingt. Trotz der niedrigen Wassertemperatur von annähernd 0° C konnten unter dem Eis erhebliche Mengen von Nitrat durch denitrifizierende Bakterien reduziert werden. Das führte zu einem Rückgang des Nitratgehaltes von normalerweise 5–15 mg/l bis auf teilweise weniger als 1 mg/l. Ein ähnlicher wenn auch nicht ganz so starker Nitritanstieg fand sich auch in früheren Jahren regelmäßig dann, wenn die Elbe eine Eisdecke trug. Laborversuche mit größeren Elbwasserproben zeigten, daß auch bei Wassertemperaturen unter 5° C nicht nur eine starke Sauerstoffzehrung, sondern auch noch eine lebhaft bakterielle Nitratreduktion erfolgen kann. Sie wird durch die niedrige Temperatur nur verlangsamt. Dagegen kommt die Nitrifikation, also die bakterielle Oxydation von Ammoniak über Nitrit zu Nitrat, bei diesen Temperaturverhältnissen praktisch völlig zum Stillstand (RHEINHEIMER 1963).

Die geschilderten Ergebnisse zeigen, daß die anhaltende Frostperiode des vergangenen Winters, vor allem durch die gewaltige Zunahme der Bakterienpopulation, aber auch durch die von Mikroorganismen bewirkten Veränderungen im Chemiesmus des Flußwassers zu extremen Verhältnissen im Elbstrom führten, deren Einfluß sich bis weit in die Nordsee erstreckte. In der Elbe selbst manifestierten sie sich vor allem in den großen Verlusten des Fischbestandes. Es erwies sich also wieder einmal, daß die Verunreinigung unserer Gewässer auch dort, wo sie normalerweise noch eben erträglich sein mag, unter extremen Witterungsbedingungen zu beträchtlichen Schäden führen muß.

ZUSAMMENFASSUNG

1. In der unteren Elbe zwischen Schnackenburg und der Störmündung wurden während des kalten Winters 1962/63 ungewöhnlich hohe Gesamtkeimzahlen gefunden,

die besonders im Februar die bisher in über 7jähriger Untersuchungszeit gewonnenen Maximalwerte um ein Mehrfaches übertrafen.

2. Unter der Eisdecke fand im Fluß eine lebhaft bakterielle Nitratreduktion (Denitrifikation) statt, die einen sehr starken Rückgang des NO_3^- und eine kräftige Zunahme des NO_2^- -Gehaltes im Elbwasser zur Folge hatte.
3. Die Ursache der extrem hohen Gesamtkeimzahlen dürfte vor allem in dem Zusammentreffen von geringer Wasserführung der Elbe und anhaltend niedriger Temperatur liegen. Die starke Denitrifikation ist in erster Linie auf den durch die Eisdecke bedingten Sauerstoffmangel im Flußwasser zurückzuführen.

ZITIERTE LITERATUR

- JANNASCH, H. W., 1953. Zur Methodik der quantitativen Untersuchung von Bakterienkulturen in flüssigen Medien. *Arch. Mikrobiol.* **18**, 425–430.
- LUCHT, F., 1956–63. In: Qualitative Untersuchungen der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Hamburg. Verteiler.
- 1964. Hydrographie des Elbe-Ästuars. *Arch. Hydrobiol.* (Suppl. Bd) **29** (2), 1–96.
- RHEINHEIMER, G., 1960. Der Jahresrhythmus der Bakterienkeimzahl in der Elbe zwischen Schnackenburg und Hamburg. *Arch. Mikrobiol.* **35**, 34–43.
- 1963. Mikrobiologische Untersuchungen in der Elbe zwischen Schnackenburg und Cuxhaven. *Arch. Hydrobiol.* (Suppl. Bd) **29** (2) (im Druck).

Diskussion im Anschluß an den Vortrag RHEINHEIMER

OVERBECK: Ein Hinweis auf den Zusammenhang zwischen Bakterien und Phytoplankton in wenig beeinflusstem Süßwasser: In einem nicht stark mit Abwässern belasteten Gewässer dient allein die vom Phytoplankton produzierte organische Substanz als Nährstoff für die Bakterien. Deshalb findet man hier gerade im Winter niedere Keimzahlen (genauere Angaben bei OVERBECK & BABENZHEN 1964, *Z. allgem. Mikrobiol.* **4**, 59–76).

RHEINHEIMER: Saubere Gewässer verhalten sich in ihrem Bakteriengehalt genau entgegengesetzt wie durch Abwässer verunreinigte; bei den letzteren findet sich die Keimzahlspitze stets im Winter, wenn das Phytoplankton sein Minimum hat.

BÜCKMANN, A.: Welches sind die Hauptabwasserlieferanten des Elblaufs oberhalb von Hamburg?

RHEINHEIMER: Die Abwasserlieferanten des Elbeabschnitts oberhalb von Hamburg liegen größtenteils jenseits der Zonengrenze; es handelt sich dabei hauptsächlich um die Stadt Wittenberge und das Mitteldeutsche Industriegebiet. Zwischen Wittenberge und Hamburg ist die Abwasserbelastung relativ gering, da sich an diesem Flußabschnitt nur kleinere Städte mit wenig Industrie befinden.

WERNER: Ich möchte fragen, ob das Keimzahlmaximum im Winter nicht mindestens zum Teil auf die in dieser Jahreszeit verringerte Wasserführung der Elbe zurückzuführen ist. Die Abwässer, deren Gesamtmenge vermutlich jahreszeitlich nicht sehr verschieden ist, werden im Winter erheblich weniger verdünnt als im Sommer, was sich auch in den absoluten Keimzahlen ausprägen müßte. Andererseits ist aber doch wohl die Vermehrungsgeschwindigkeit

samtzahl der in der Sekunde mit dem Elbwasser abfließenden Bakterien, errechnet. Auch die Keimfracht ist im Winter wesentlich größer als im Sommer. Der winterliche Anstieg der Gesamtkeimzahl scheint demnach vor allem temperaturbedingt zu sein. Die in der Elbe vorhandenen Bakterien stammen vor allem aus Abwässern. Bei deren Eintritt in den Fluß wird das Substrat der Mikroben plötzlich stark verdünnt, so daß sich die Ernährungsverhältnisse für einen großen Teil dieser Bakterien plötzlich verschlechtern. Durch Nahrungsmangel kommt es dann zur Autolyse vieler Bakterien. Dies erfolgt bei den höheren Sommertemperaturen viel schneller als im Winter. Der Nahrungsmangel verhindert also die normale Funktion der Temperatur auf die Vermehrungsgeschwindigkeit der meisten Bakterien im Fluß. Entscheidend für die winterlichen Maxima ist daher die bei niederen Temperaturen längere Lebensdauer der Mikroben. Außerdem sind die Verluste durch bakterienfressende Zooplankter und wohl auch durch Lichteinwirkung im Winter geringer als in den Sommermonaten.

FRIEDRICH: Haben Sie experimentelle Untersuchungen über die Stoffwechselintensität von Bakterien bei tiefen Temperaturen durchgeführt?

RHEINHEIMER: Experimentelle Untersuchungen über den bakteriellen Stoffumsatz im Elbwasser wurden bei 20° und 5° C durchgeführt. Die Bakterienzahl steigt zunächst an, und zwar bei 20° C wesentlich schneller als bei 5° C. Sie sinkt dann bei 20° C schnell ab, bei 5° C viel langsamer. Es zeigte sich auch, daß bei 5° C noch eine beträchtliche bakterielle Nitratreduktion (Denitrifikation) erfolgt – eine nennenswerte Nitrifikation findet dagegen nicht mehr statt.