© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Wasser und Abwasser Band 35 (1991) 93 108

Aus dem Institut für Meereskunde, Universität Kiel

AUSWERTUNG VON BAKTERIOLOGISCHEN UNTERSUCHUNGEN BEI ZWEI STATIONEN DER ELBE OBERHALB VON HAMBURG

G. RHEINHEIMER, K.O. KIRSTEIN

Einleitung

In der Zeit von August 1956 bis Ende 1963 erfolgten in der Elbe zwischen Schnackenburg (km 474) und Cuxhaven (km 723) monatlich neben hydrographischen und biologischen auch bakteriologische Untersuchungen. Dabei wurden u.a. Saprophytenzahlen (Koloniezahlen) auf Fleischextrakt-Pepton-Agar und Gesamtcoliformenzahlen auf dem Dreifarbenagar nach GASSNER bestimmt (RHEINHEIMER 1965). Im August 1972 konnten diese Arbeiten in dem kleinen Flußabschnitt von Lauenburg (km 569) bis Geesthacht (km 586) wieder aufgenommen und bei diesen beiden Stationen von Februar 1975 an um Gesamtbakterienzahl und bakterielle Biomasse erweitert werden. Einschließlich einiger hydrographischer und chemischer Daten wurden von diesem Zeitpunkt an bis November 1990 nach Möglichkeit einmal im Monat insgesamt 20 verschiedene Parameter ermittelt. Davon wurden zunächst sieben Parameter ausgewertet. Über die Ergebnisse soll im folgenden berichtet werden.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Untersuchungsgebiet und Methoden

Die Station Lauenburg befindet sich oberhalb und die Station Geesthacht unterhalb eines Staubereiches, der seit 1960 besteht (Abb.1). Bei km 580,7 wird seit 1983 mit gelegentlichen Unterbrechungen um bis zu 10°C erwärmtes Kühlwasser des KKW Krümmel in den Fluß zurückgegeben. Die Erwärmung des Elbewassers beträgt jedoch bei der Station Geesthacht nur noch etwa 1-2°C. Die Probenentnahme erfolgte jeweils in der Strommitte von den Brücken aus. Bei Lauenburg wurde das normal abfließende Flußwasser und bei Geesthacht das über die Staustufe ablaufende Wasser erfaßt. Für die Probenentnahme fanden sterilisierte 1 Liter-Glasflaschen in einem beschwerten Metallgestell Verwendung. Die Verarbeitung des Probenwassers begann zwei bis vier Stunden nach der Entnahme im Labor der Abteilung Marine Mikrobiologie des Instituts für Meereskunde an der Universität Kiel.

Es konnten für die Auswertung folgende bakteriologische Parameter herangezogen werden:

1. Gesamtbakterienzahl nach der fluoreszenzmikroskopischen Methode
2. Bakterielle Biomasse
3. Koloniezahl auf Fleischextrakt-Pepton-Agar nach zwei Tagen Bebrütung bei 25°C
4. Koloniezahl auf Hefeextrakt-Pepton-Agar nach 14 Tagen Bebrütung bei 20°C
5. Gesamtcoliformenzahl auf dem Dreifarbenagar nach GASSNER (1918) nach 48 Stunden Bebrütung bei 37°C.

Nähere Angaben zur Methodik finden sich bei RHEINHEIMER (1965, 1977a+b). Weiters wurde die Wassertemperatur gemes-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

sen. Die Abflußwerte ($m^3 sec^{-1}$) lieferte die Wasser- und Schiffahrtsdirektion Nord in Kiel. Sie ermöglichten die Berechnung der Bakterienfracht.

Für die Auswertung des Datenmaterials fand ein PC Verwendung mit dem Programm Datenbank D-Base und für die Graphiken das System Lotus.

Ergebnisse

Die in den Jahren 1975 bis 1990 bestimmten Gesamtbakterienzahlen für die Stationen Lauenburg und Geesthacht sind in Abb. 2a und 2b dargestellt. Sie bewegten sich zwischen 2,5 und 20,0 x 10^6 in 1 ml Wasser. In den einzelnen Jahren sind mehr oder weniger große Schwankungen zu erkennen besonders ausgeprägt 1975 bis 1976. Bei Lauenburg ist für die Jahre 1977 bis 1983 ein fast kontinuierlicher Anstieg der Werte zu erkennen. Von 1984 bis 1990 zeigt sich dann allerdings unter noch größeren Schwankungen ein Rückgang in die Nähe der Ausgangswerte von 1977. Bei der Station Geesthacht ist diese Tendenz nicht ganz so deutlich grundsätzlich aber ebenfalls vorhanden.

Die entsprechenden Werte der bakteriellen Biomasse finden sich in Abb. 3a und 3b. Die oben beschriebene Tendenz ist hier ebenfalls zu erkennen. Durch die sehr starken Schwankungen ist die Abnahme in den Jahren 1984-1990 weniger augenfällig. Die in Abb. 4 für die Station Lauenburg für die Untersuchungstage dargestellte Fracht der bakteriellen Biomasse zeigt in verschiedenen Jahren sehr starke und teilweise auch häufigere Schwankungen, die anders verlaufen als bei den Biomassewerten. Das ist vor allem eine Folge der unterschiedlichen Abflußschwankungen. Dennoch läßt sich die Tendenz des von 1977 bis 1983 ansteigenden und von 1984 bis 1990 wieder abnehmenden Bakteriengehaltes im Elbewasser herauslesen.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

In Abb. 5a und 5b sind die Koloniezahlen (Saprophytenzahlen) auf Fleischextrakt-Pepton-Agar nach 2tägiger Bebrütung dargestellt. Sie bewegen sich in der Untersuchungszeit von 1973 bis 1990 zwischen weniger als hundert und mehr als 100.000 in 1ml Wasser. Kurzfristige Schwankungen fast um zwei Größenordnungen kommen wiederholt vor. Abgesehen von häufig auftretenden starken Schwankungen läßt sich keine klare Tendenz der Werte erkennen. Der Vergleich der beiden Stationen zeigt bei Geesthacht zwar ebenfalls sehr häufige aber insgesamt doch weniger starke Schwankungen.

Die Koloniezahlen (Saprophytenzahlen) auf Hefeextrakt-Pepton-Agar nach 14tägiger Bebrütung (Abb. 6a und 6b) liegen zwischen einigen tausend und mehreren hunderttausend ml^{-1}. Sie lassen trotz der ebenfalls starken Schwankungen bei der Station Lauenburg jeweils über mehrere Jahre laufende Wellen zu- und abnehmender Werte erkennen. Im Jahr 1990 zeigt sich eine Gruppe recht niedriger Werte. Bei Geesthacht ist dieses Muster ebenfalls vorhanden wenn auch weniger deutlich ausgeprägt.

Die Gesamtcoliformenzahlen (Abb. 7a und 7b) bewegen sich bei den meisten Untersuchungsdaten zwischen weniger als 10 und 200 in 1 ml Wasser. In einzelnen Jahren (1975, 1976, 1982, 1983, 1985 und 1990) finden sich bei Lauenburg einzelne oder mehrere Werte über 500 ml^{-1}. Bei Geesthacht sind die Gesamtcoliformenzahlen 1973 bis 1975 meist höher als bei Lauenburg. Von 1976 an ist es mit wenigen Ausnahmen umgekehrt. Insgesamt betrachtet nehmen die Werte von 1973 bis 1976 ab, steigen dann bis 1983 an und gehen bis 1990 wieder zurück. So kommen von 1984 bis 1989 Werte über 100 ml^{-1} seltener vor als in früheren Jahren.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Der Vergleich der beiden Untersuchungsstationen zeigt eine "Dämpfung" der Koloniezahlen und besonders der Gesamtcoliformenzahlen im Staubereich, die auch aus den hier nicht dargestellten Untersuchungsergebnissen von zwei weiteren Stationen in diesem Gebiet deutlich wird.

Die Abb. 8a zeigt für die Station Lauenburg den Verlauf der Mittelwerte der Gesamtbakterienzahl in den verschiedenen Quartalen von 1975 bis 1990. Hier lassen sich deutliche Unterschiede in dem untersuchten Zeitabschnitt erkennen. In den Jahren 1976, 1977, 1984, 1987, 1988 und 1989 ist die durchschnittliche Gesamtbakterienzahl im ersten Quartal am höchsten dagegen 1981 bis 1983 sowie 1985 und 1986 im dritten Quartal. Anders verhält es sich bei den Koloniezahlen auf Hefeextrakt-Pepton-Agar nach 14tägiger Bebrütung (Abb. 8b). Der Mittelwert des ersten Quartals ist von 1977 bis 1981 und ebenfalls 1984 und 1990 am größten. In den übrigen Jahren liegt meist der Mittelwert für das vierte Quartal an der Spitze. Lediglich 1974, 1976, 1988 und 1989 ist das bei dem des dritten Quartals der Fall. Interessanterweise hat der Mittelwert des zweiten Quartals in der Mehrzahl der Jahre den niedrigsten Wert. Das dürfte in Zusammenhang mit der Beobachtung stehen, daß es im April/Mai regelmäßig zu einer Veränderung in der Zusammensetzung der Bakteriengemeinschaft in der Elbe kommt. Diese ist oft besonders ausgeprägt, wenn die Wassertemperatur in kurzer Zeit stark ansteigt. Betrachtet man das vierte und erste Quartal zusammen (Abb. 9b), so ergibt sich eine starke Tendenz für höhere Werte im Winterhalbjahr (Oktober bis März) und für niedrigere Werte im Sommer (April bis September). Das gilt auch für die Koloniezahlen auf Fleischextrakt-Pepton-Agar nach zwei Tagen Bebrütung und entspricht damit in etwa den Ergebnissen aus den Jahren 1956 bis 1963.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Die Schwankungen der Quartalsmittelwerte sind vielfach auf unterschiedliche Wasserführung, besonders auf extremes Niedrigwasser und Hochwasserwellen zurückzuführen. Hinzu kommen zeitweilige starke Belastungen durch Abwässer, die aus den Spitzen der Gesamtcoliformenzahlen ersichtlich sind. Die Abb. 9a und 9b und 10a und 10b zeigen die jeweiligen Sommer- und Winterkurven für Gesamtbakterienzahl, Koloniezahlen (Saprophyten) auf Hefeextrakt-Pepton-Agar nach 14 Tagen und auf Fleischextrakt-Pepton-Agar nach zwei Tagen Bebrütung sowie die Gesamtcoliformenzahl.

Scatterplots einiger bakteriologischer Daten (z.B. der Koloniezahlen nach 14 Tagen Bebrütung) wurden mit Wassertemperatur und Abfluß angefertigt. Abb. 11 zeigt deren große Schwankungsbreite bei Abflußmengen bis 200 $m^3 sec^{-1}$. Diese sind noch größer bei solchen von 300 bis 600 $m^3 sec^{-1}$, wobei natürlich die große Häufigkeit zu beachten ist.

Einige Daten der Untersuchung in den Jahren 1956 bis 1963 (RHEINHEIMER 1965) konnten mit denen von 1973 bis 1990 verglichen werden. Eine Computerauswertung war jedoch noch nicht möglich. Die Koloniezahlen auf Fleischextrakt-Pepton-Agar nach zwei Tagen Bebrütung lagen insgesamt gesehen dem früheren Zeitabschnitt niedriger. Bei den Gesamtcoliformenzahlen verhielt es sich ähnlich. Demnach erfolgte der Zeit von 1963 bis 1972 eine Zunahme dieser Bakterienzahlen, die die fäkale Belastung der Elbe widerspiegeln. Diese setzte sich offenbar noch bis 1983 fort und ging von da an langsam zurück. Die Abnahme ist auf die in den letzten Jahren im Untersuchungsbereich verbesserte Abwasserreinigung zurückzuführen.

Insgesamt kann festgestellt werden, daß die gewonnenen Kurven trotz der zeitweise starken Schwankungen Tendenzen

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

der Veränderungen des bakteriologischen Zustandes der Elbe oberhalb von Hamburg erkennen lassen. Der Vergleich der verschiedenen Kurven erlaubt auch Hinweise auf die Ursachen dieser Änderungen.

Besondere Beachtung wurde den sogenannten Ausreißern geschenkt, die bei allen Parametern mitunter bei mehreren gleichzeitig vorkamen. Es zeigte sich, daß extrem hohe Werte bevorzugt bei sehr geringen Abflußmengen und bei auflaufenden Hochwasserwellen auftraten. Im Winter 1962/63 standen sehr große Saprophyten- und Coliformenzahlen in Zusammenhang mit der mehrmonatigen Eisbedeckung des Flusses (RHEINHEIMER 1964). In etwas geringerem Ausmaß konnte das auch 1976/77 festgestellt werden.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abb. 1: Die Elbe zwischen Lauenburg und Geesthacht. Geesthacht befindet sich etwa 35 km oberhalb der Stadtmitte von Hamburg.

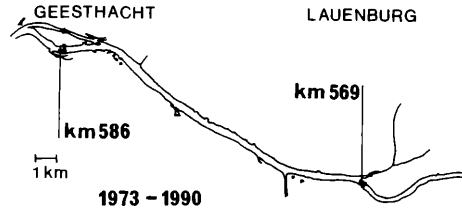
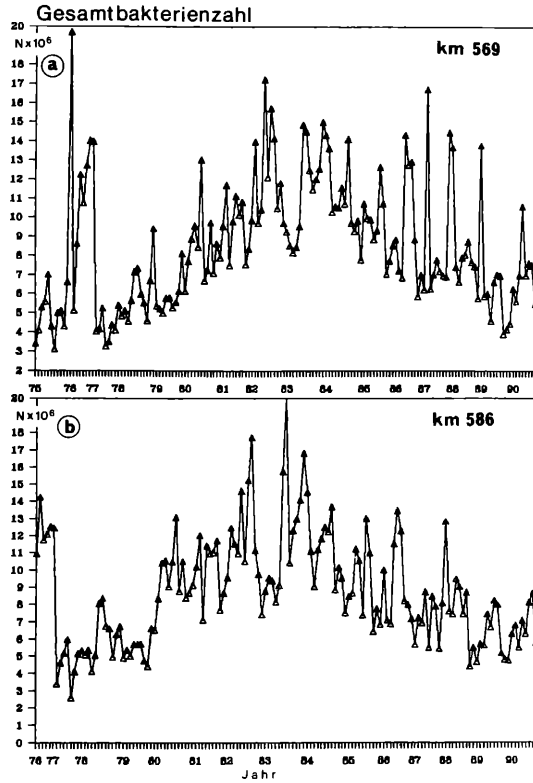


Abb. 2: Gesamtbakterienzahlen (Zellen ml^{-1})
a Lauenburg b Geesthacht



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abb. 3: Bakterienbiomasse (mg C m^{-3})
a Lauenburg b Geesthacht

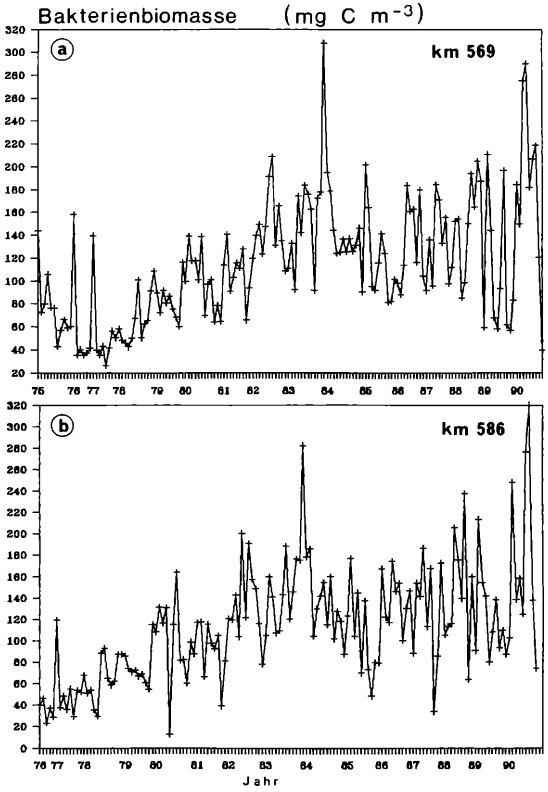


Abb. 4: Bakterienbiomassefracht (t c d^{-1})
in der Elbe bei Lauenburg (Hochrechnung)

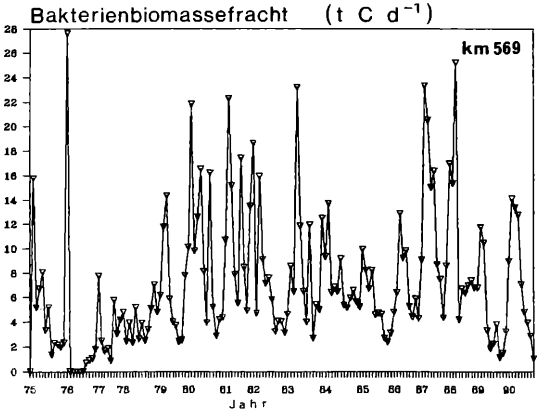


Abb. 5: Koloniezahlen auf Fleischextrakt-Pepton-Agar nach zwei Tagen Bebrütung
a Lauenburg b Geesthacht

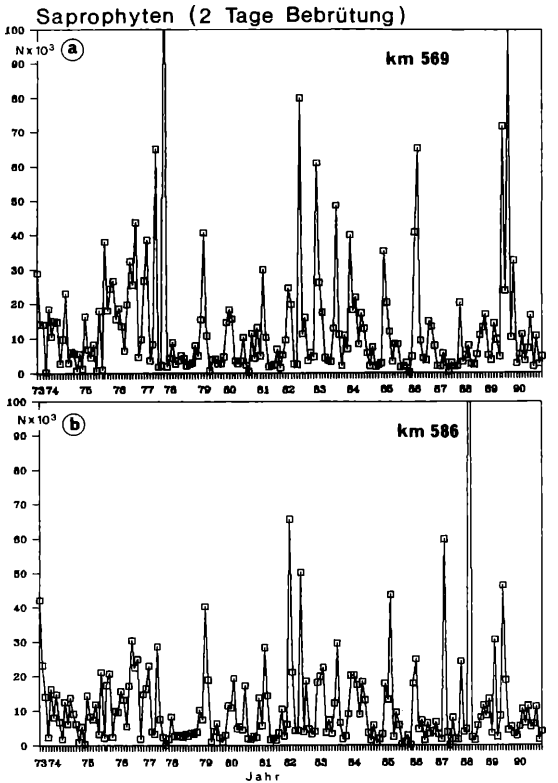
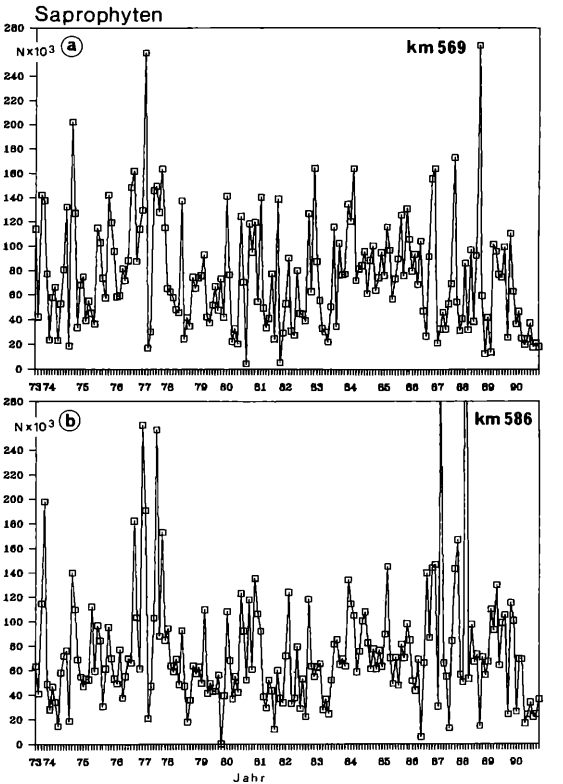


Abb. 6: Koloniezahlen auf Hefeextrakt-Pepton-Agar nach 14 Tagen Bebrütung
a Lauenburg b Geesthacht



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abb. 7: Gesamtcoliformenzahlen auf Dreifarbenagar nach GASSNER nach 48 Std.Bebrütung
a Lauenburg b Geesthach

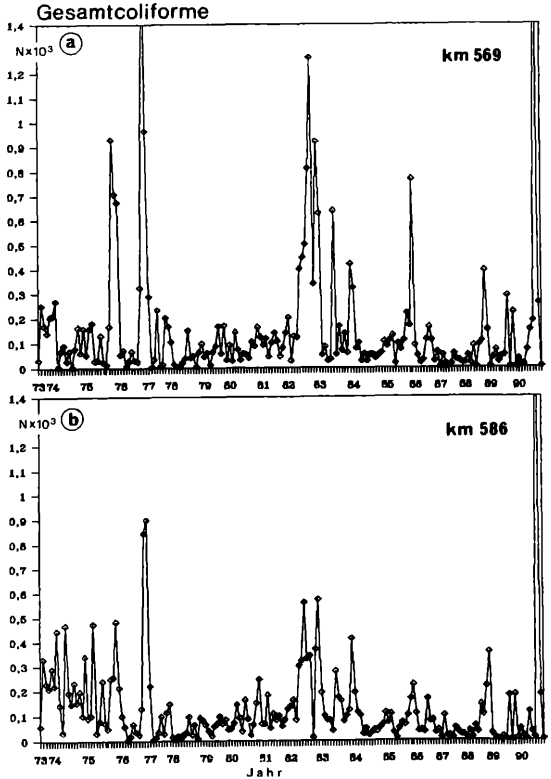
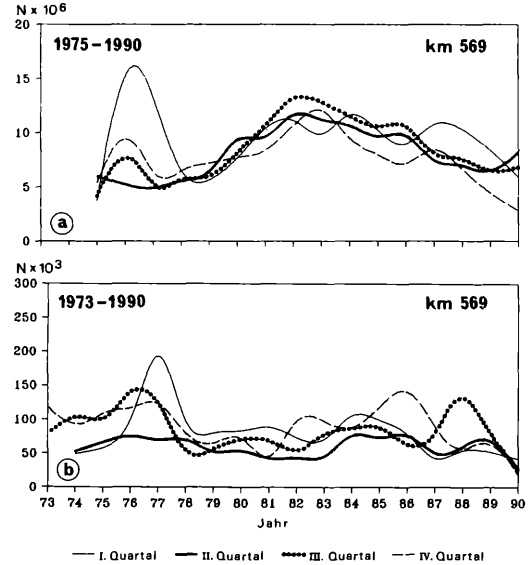


Abb. 8: Durchschnittswerte für die Quartale (Station Lauenburg)
a Gesamtbakterienzahlen

b Koloniezahlen auf Hefeextrakt-Pepton-Agar nach 14 Tagen Bebrütung

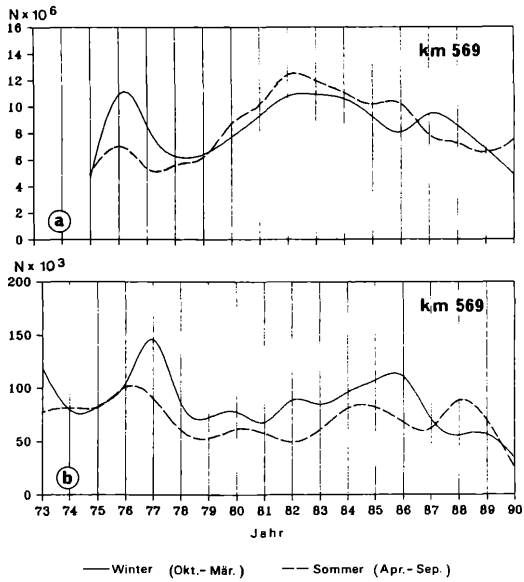


© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abb. 9: Winter- und Sommerdurchschnittswerte (Station Lauenburg)
a Gesamtbakterienzahl

b Koloniezahlen auf Hefeextrakt-Pepton-Agar nach 14 Tagen Bebrütung bei 20°C



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abb. 10: Winter- und Sommerdurchschnittswerte (Station Lauenburg)
a Koloniezahlen auf Fleischextrakt-Pepton-Agar nach 2 Tagen Bebrütung bei 25°C

b Gesamtcoliformenzahlen auf Dreifarbenagar nach GASSNER nach 48 Stunden Bebrütung

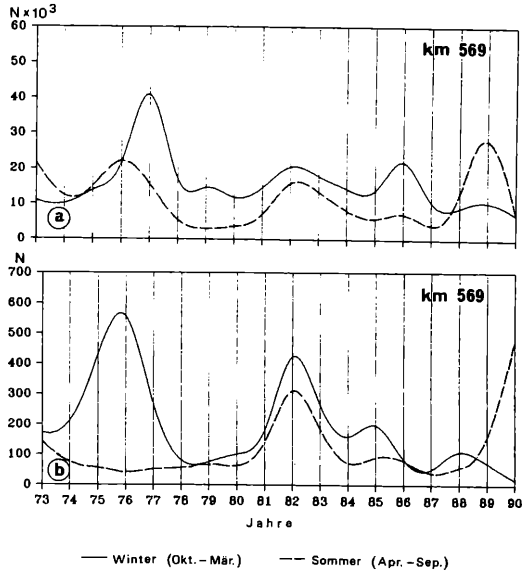
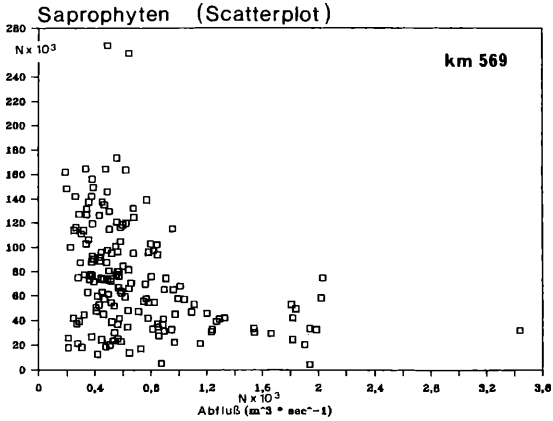


Abb. 11: Scatterplot für Koloniezahlen auf Hefeextrakt-Pepton-Agar nach 14 Tagen Bebrütung und Abfluß



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Zusammenfassung

In der Elbe wurden bei den Stationen Lauenburg (km 569) und Geesthacht (km 586) von 1973 bzw. 1975 bis 1990 in der Regel monatliche Untersuchungen ausgeführt. Es konnten hier Gesamtbakterienzahl, bakterielle Biomasse, Koloniezahlen (Saprophyten) auf Fleischextrakt-Pepton-Agar nach zwei Tagen Bebrütung bei 25°C und auf Hefeextrakt-Pepton-Agar nach 14 Tagen Bebrütung bei 20°C, Gesamtcoliformenzahl auf dem Dreifarbenagar nach GASSNER sowie Wassertemperatur und Abfluß ausgewertet werden. Dafür fand ein PC Verwendung mit dem Programm Datenbank D-Base und für die Graphiken das System Lotus.

Die Kurven von Gesamtbakterienzahlen, bakterieller Biomasse und Biomassefracht zeigen bei mehr oder weniger starken Schwankungen einen Anstieg von 1977 bis 1983 und von 1984 bis 1990 einen Rückgang auf die Ausgangswerte. Bei den Koloniezahlen sind die Schwankungen noch stärker. Sie bewegen sich in einem Bereich von etwa zwei Größenordnungen. Eine klare Tendenz ist nicht zu erkennen. Bei den Gesamtcoliformen wurden in einzelnen Jahren sehr hohe Werte bestimmt. Hier zeigt sich wieder ein Anstieg von 1977 bis 1983 und danach ein Rückgang bis 1989.

Der Vergleich der beiden Untersuchungsstationen läßt oft eine "Dämpfung" der Koloniezahlen und insbesondere der Coliformenzahlen im Staubereich bei Geesthacht erkennen.

Die Mittelwerte für die Quartale sowie für Sommer und Winter zeigen zum Teil deutliche Unterschiede. Kolonie- und Gesamtcoliformenzahlen konnten mit denen früherer Untersuchungen (1956-1963) in der Elbe verglichen werden.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Die vorgestellten Ergebnisse lassen erkennen, daß bei ausgewählten Parametern über längere Zeiträume trotz aller Schwankungen Tendenzen festzustellen und meist auch zu erklären sind.

SUMMARY

Analysis of bacteriological investigations at two stations in the river Elbe upstream of the city of Hamburg

Monthly bacteriological investigations were performed in the river Elbe at the stations Lauenburg (km 569) and Geesthacht (km 586). Measured variables are: total bacterial counts, bacterial biomass, viable counts (CFU) after 2 days incubation on agar plates prepared with meat extract peptone agar and after 14 days incubation yeast extract peptone agar on total coliform numbers, water temperature and flowrate.

Total bacterial counts, bacterial biomass and biomass load have a high variability, but increased from 1977 to 1983 and decreased from 1984 to 1990. Variations of viable counts are approximately two orders of magnitude over the whole period of investigation. There are no clear trends. The numbers of total coliforms were very high during some years, but tended to increase from 1977 to 1983 and then decrease until 1989.

Less variation of the viable counts, and especially of the total coliform numbers, is observed in the stagnation area near Geesthacht when comparing the data from the two stations. The mean values for seasons, as well as for summer and winter, show significant differences. Viable counts and total coliform numbers are compared with those of an earlier investigation (1956-1963).

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

For some of the bacteriological variables, trends can be found and explained, although variability is high.

Danksagung

Die Autoren danken Frau Regine PETERSEN, Frau Barbara SCHÖNKNECHT und Frau Inge WESTPHAL für ihre Mitarbeit bei der Durchführung der Untersuchungen.

Literatur

GASSNER,G. (1918) Ein neuer Dreifarbennährboden zur Typhus-Ruhr-Diagnose.- Zbl.Bakt.Abt.I.80, 219-222.

RHEINHEIMER,H. (1964): Beobachtungen über den Einfluß des strengen Winters 1962/63 auf das Bakterienleben eines Flusses.- Kieler Meeresforsch.20, 218-226.

(1965): Mikrobiologische Untersuchungen in der Elbe zwischen Schnackenburg und Cuxhaven.- Arch. Hydrobiol., Suppl.29, 181-251.

(1977a): Mikrobiologische Untersuchungen in Flüssen. I.Fluoreszenzmikroskopische Analyse der Bakterienflora einiger norddeutscher Flüsse.- Arch.Hydrobiol.81, 106-118.

(1977b): Mikrobiologische Untersuchungen in Flüssen. II. Die Bakterienbiomasse in einigen norddeutschen Flüssen.- Arch.Hydrobiol.81, 259-267.

Anschrift der Verfasser: Univ.-Prof.Dr.Gerhard RHEINHEIMER,Abteilungsdirektor Marine Mikrobiologie, Dr. Karl-Otto KIRSTEIN, Institut für Meereskunde, Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, D-24105 Kiel.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Wasser und Abwasser

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: 1991

Autor(en)/Author(s): Rheinheimer Gerhard, Kirstein K. O.

Artikel/Article: Auswertung von bakteriologischen Untersuchungen bei zwei Stationen der Elbe oberhalb von Hamburg 93-108