

Zur Limnologie des Main-Donau-Kanals
im Raum Nürnberg - Bamberg

von Herbert REBHAN, Hallstadt

Die vorliegende Arbeit basiert auf einer Untersuchung des Main-Donau-Kanals zwischen Nürnberg und Bamberg von Oktober 1980 bis Dezember 1981. Ziel dieser Arbeit war eine Beurteilung der Gewässergüte nach physikalisch-chemischen, bakteriologischen und biologischen Parametern.

Streckenverlauf, Entnahmestellen und Untersuchungszeitraum

Die untersuchte Strecke der Wasserstraße Main-Donau-Kanal reicht von Kanalkilometer (Kkm) 7,9 an der Schleuse Bamberg bis Kkm 69,8 an der Schleuse Nürnberg. Der Schiffsverkehr wird zwischen diesen beiden Punkten durch die 6 Staustufen Strullendorf, Forchheim, Hausen, Erlangen, Kriegenbrunn und Nürnberg über eine gesamte Höhe von 81,7 Metern ermöglicht. Als Probeentnahmestellen wurden folgende 11 Punkte ausgewählt:

- P₁: Am südlichen Ende der Schleusenmauer der Staustufe Nürnberg, Kkm 69,8
- P₂: Kanalbrücke über die Rednitz in Fürth, Kkm 62,3
- P₃: Kanalbrücke über die Zenn bei Flexdorf, Kkm 53,8
- P₄: Fußgängersteg Membacher Weg in Erlangen, Kkm 42,9
- P₅: Nördlich der Straßenbrücke Baidersdorf-Röttenbach über den Kanal, Kkm 36,3
- P₆: Regnitz(!): Am Wasserrad bei Hausen, vor dem Stau des Kraftwerks Hausen. Diese Entnahmestelle wurde mit berücksichtigt, da man den Einfluß der Regnitz auf den Main-Donau-Kanal nur dann sinnvoll überprüfen kann, wenn man auch die Verhältnisse in der Regnitz vor dem Zusammenfluß kennt.
- P₇: Etwa 800 Meter nach dem Zusammenfluß von Regnitz und Main-Donau-Kanal, Kkm 31,2. Einseitige Wasserfahnen traten in dieser Entfernung vom Zusammenfluß nicht mehr auf, bei einer physikalisch-chemischen Probeuntersuchung im September 1980 am linken und rech-

ten Ufer ergaben sich keine nennenswerten Unterschiede.

- P_8 Etwa 400 Meter südlich der Straßenbrücke von Neuses nach Höchstädt, Kkm 23,1. Dieser Punkt liegt nur kurz vor der Auftrennung in Regnitz und Regnitz-Seitenkanal (Kkm 22,1).
- P_9 Straßenbrücke Altendorf-Seußling über den Regnitz-Seitenkanal, Kkm 19,5.
- P_{10} : Südliches Ende der Schleuse Strullendorf, Kkm 13,8
- P_{11} : Südliches Ende der Schleuse Bamberg, Kkm 7,9

Auf der Abbildung 1 ist der untersuchte Abschnitt des Main-Donau-Kanals dargestellt. Die Bezeichnungen $P_1 - P_{11}$ geben die Entnahmepunkte an, die Staustufen sind durch das Symbol \oplus gekennzeichnet.

Pro Punkt wurden von Oktober 1980 bis Dezember 1981 insgesamt 15 physikalisch-chemische Untersuchungen durchgeführt, von Juni bis Dezember 1981 mindestens 7 biologische und 6 bakteriologische von August bis Dezember 1981.

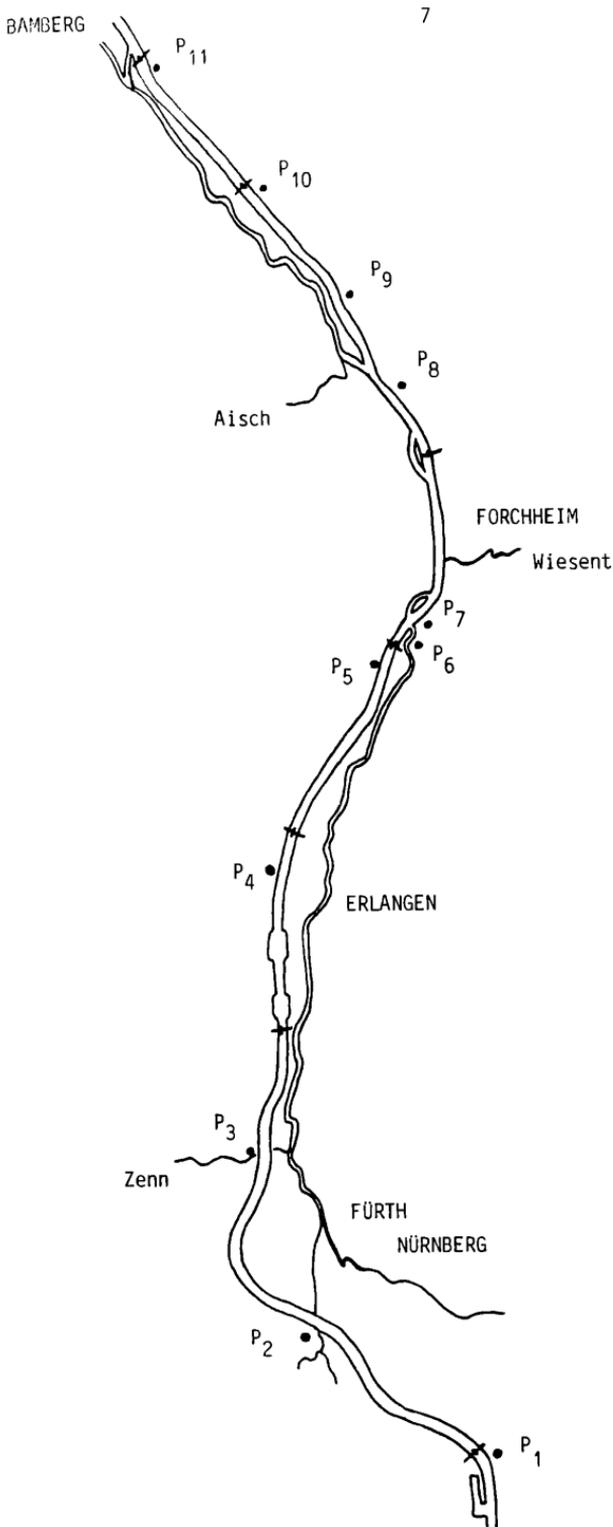


Abbildung 1

Physikalisch-chemische Charakteristik

Die Entnahme dieser Wasserproben erfolgte vom Ufer aus in etwa 40 cm Tiefe, die Aufarbeitung im Labor des Instituts für Zoologie I der FAU-Erlangen.

- Wassertemperatur: Die Messung am Entnahmepunkt erfolgte mit Hilfe eines Quecksilberthermometers. Im Jahresverlauf traten hohe Temperaturunterschiede auf, Spitzenwerte über 20⁰ C wurden 1981 allgemein im Juni, bzw. Anfang Juli erreicht. Das Wasser war durch den Schiffsverkehr so durchmischt, daß tagsüber zwischen 40 cm Tiefe und 2 m Tiefe praktisch keine Temperaturunterschiede auftraten.
- pH-Werte: Der pH-Wert wurde im Labor mit einem elektrischen pH-Meter gemessen. Für den Gewässerabschnitt von P₁ P₄ liegen die pH-Werte - bis auf wenige Ausnahmen - zwischen 7,5 und 8,5, die höchsten Werte fallen in die Sommermonate Juni bis August (bis pH 9,1). Dies ist auch der Zeitraum der stärksten Wasserblüte in diesem Kanalabschnitt. Man kann so diese hohen pH-Werte leicht mit der Assimilationstätigkeit der planktischen Algen begründen, welche dem Wasser CO₂ bzw. HCO₃ entziehen und so den pH-Wert zum Ansteigen bringen. Am Punkt P₅ lagen die pH-Werte insgesamt etwas niedriger, die höchsten Werte wurden Anfang Juli und im September erreicht (im September bis 8,7, zu dieser Zeit herrschte hier eine Wasserblüte durch die planktische Blaualge *Microcystis flos-aquae*). Im Bereich von P₆ P₁₁ lagen die pH-Werte zwischen 6,9 und 8,3, Wasserblüten und extreme pH-Werte traten hier nicht auf.
- Sauerstoffhaushalt: Die Proben zur Sauerstoffbestimmung wurden an Ort und Stelle nach der Winkler-Methode fixiert und anschließend im Labor aufgearbeitet. Zwischen Nürnberg und Erlangen traten durchwegs hohe Sauerstoffwerte auf, im Untersuchungszeitraum kam es mehrfach zu Übersättigungen des Wassers mit Sauerstoff (bei Erlangen bis zu 146 %). Dies ist mit dem Auftreten starker Wasserblüten und der daraus resultierenden Sauerstoffproduktion zu erklären. Für P₅ ergab sich im Prinzip das Gleiche wie für P₁ P₄, im September 1981 lag hier jedoch abermals eine Übersättigung bis 129 % vor. Auch dies beruhte auf der

bereits erwähnten Wasserblüte im September 81 bei P_5 . Von P_6 bis P_{11} verlief die Sauerstoffgehaltskurve "normal", d.h. im Winter war mehr, im Sommer weniger Sauerstoff im Wasser gelöst. Die Werte schwankten zwischen 4,5 mg/l im Juli und 12,6 mg/l im Dezember, die Sättigungswerte zwischen 45,9 und 101 %.

Der Sauerstoffverbrauch in einem Gewässer während eines bestimmten Zeitraums bei Dunkelheit und einer Temperatur von 20° C ist ein biologisches Maß für die Belastung des Gewässers mit organischen Stoffen. Dabei versteht man unter der Sauerstoffzehrung (BSB_2) die Menge Sauerstoff, die von Mikroorganismen in 48 Stunden verbraucht wird, um im Wasser enthaltene organische Stoffe oxidativ abzubauen. Der biochemische Sauerstoffbedarf (BSB_5) ist dementsprechend diejenige Menge Sauerstoff, welche die Mikroorganismen unter den gleichen Bedingungen in 120 Stunden verbrauchen. An den Entnahmepunkten $P_1 - P_4$ herrschte fast durchwegs eine hohe Phytoplanktondichte. Da dieses Plankton aber ebenfalls Sauerstoff veratmet, werden die Werte für den BSB_2 bzw. BSB_5 nach oben verschoben. Wie schon REIMANN (1971) anführte, kann man unter solchen Umständen den BSB-Wert nur unter Vorbehalten mit den tatsächlichen Gegebenheiten vergleichen, da im freien Gewässer die Dunkelatmung auf eine Nacht beschränkt bleibt, bei der BSB-Messung aber 2 bzw. 5 Nächte und Tage anhält. Bei der vorliegenden Untersuchung wurden daher nur die BSB_2 -Werte ermittelt, da sie wegen der kürzeren Zeit der Atmung des Planktons genauer sind als die BSB_5 -Werte. Bei letzteren käme außerdem noch eine zusätzliche Belastung des Wassers in der Probeflasche durch in den 120 Stunden verendetes Plankton hinzu.

Für die Punkte $P_1 - P_4$ schwankten die Werte der Sauerstoffzehrung zwischen 0,1 mg/l und 3,8 mg/l, bei P_5 zwischen 0,2 und 2,2 mg/l. Die höhere Zehrung an den Punkten $P_1 - P_4$ ist wohl auf die höhere Planktondichte zurückzuführen. Bei den Punkten $P_6 - P_9$ lagen die Spitzenwerte der Sauerstoffzehrung deutlich höher, Maxima traten bei P_8 auf (bis 5,8 mg/l). Das unregelmäßige Auftreten dieser Spitzenwerte bei P_8 veranlaßt zu der Vermutung, daß sie durch die Abwasserlast der Stadt Forchheim verursacht werden. Die Werte von P_{10} und P_{11} waren i.a. recht gering (0,3 - 2,9 mg/l). Im Juli 1981 kam es am Untersuchungspunkt P_{11} bei Bamberg allerdings zu einer Spitze von 6,2 mg/l, die jedoch auf einer lokalen Verunreinigung beruhte.

- Gesamthärte: Die Gesamthärte eines Gewässers wird durch die Summe vornehmlich der Carbonate, Sulfate und Chloride der Erdalkalien bedingt. Die Angaben erfolgen in Graden deutscher Härte ($^{\circ}$ dH). Zwischen Nürnberg und Erlangen ($P_1 - P_4$) lagen die Härtewerte relativ konstant zwischen $8,8^{\circ}$ dH und $13,2^{\circ}$ dH. Das Wasser in diesem Abschnitt ist also als mittelhart zu bezeichnen. Ab P_5 waren die Härtewerte größeren Schwankungen unterworfen. Das Wasser bei P_5 war zwar auch mittelhart ($6,8 - 13,0^{\circ}$ dH), die Beeinflussung durch die Regnitz wurde jedoch durch die Parallelität der Kurven von P_5 und P_6 klar ersichtlich. Mit der Regnitz (P_6 : $12,0 - 16,8^{\circ}$ dH) kommt um einige Grade härteres Wasser in den Kanal. Dementsprechend lagen die Werte für die Punkte $P_7 - P_{11}$ meist zwischen $12,0$ und $18,2^{\circ}$ dH, das Wasser ist in diesem Abschnitt also als mittelhart bis ziemlich hart zu bezeichnen.
- Ammoniak-Ammonium: Nach dem Absterben der Wasserorganismen kommt es durch bakterielle Zersetzung zur Ausscheidung von Ammoniak (NH_3), das sich dann mit anderen Ionen zu Ammoniumsalzen verbindet. Diese spalten sich in wässriger Lösung wie folgt: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Dieses Gleichgewicht ist vom pH-Wert und von der Wassertemperatur abhängig: Je weiter sich der pH-Wert ins Basische verlagert, desto mehr Ammoniak bildet sich. NH_3 ist aber giftiger als NH_4^+ , man nimmt an, daß die ungeladenen Moleküle des Ammoniaks leichter in tierische Zellen eindringen können als Ionen. Die ermittelten Werte für den Bereich $P_1 - P_5$ lagen zwischen $0,05$ und $0,97$ mg/l, wobei der Spitzenwert von $0,97$ mg/l bei P_5 gemessen wurde und auf den Einfluß der Regnitz zurückzuführen ist. Für die Regnitz bei P_6 wurden Werte zwischen $0,4$ und $2,4$ mg/l ermittelt. Der Einfluß der Regnitz war auch am Entnahmepunkt P_{10} noch deutlich erkennbar, hier wurden noch Werte von $0,28$ bis $1,35$ mg/l erreicht. Erst am Entnahmepunkt P_{11} waren die Werte wieder deutlich niedriger ($0,20 - 0,90$ mg/l).
- Nitrit: Nitrit NO_2^- tritt in Gewässern als Zwischenprodukt der Oxidation vom NH_4^+ zum Nitrat NO_3^- auf. Diese Nitrifikation geschieht durch Bakterien der Gattung Nitrosomonas. Auf Fische wirkt Nitrit in einer Konzentration von $10 - 20$ mg/l toxisch. Meist ist es aber nur in geringen Mengen im Wasser vorhanden, da es durch Bakterien der Gattung Nitrobacter weiter zu Nitrat oxidiert wird. Die Werte von $P_1 - P_5$

schwankten zwischen 0,04 und 0,24 mg/l, die Werte von $P_6 - P_{10}$ lagen mit 0,08 - 0,83 mg/l wesentlich höher. Erst bei Bamberg (P_{11}) wurden wieder geringere Konzentrationen (0,10 - 0,32 mg/l) gemessen.

Nitrat: Das Nitrat stellt für die Wasserpflanzen die Hauptstickstoffquelle dar. Bei starker Primärproduktion kann es daher leicht zum Minimumfaktor werden. Für $P_1 - P_3$ (fast stets hohe Phytoplanktendichte) wurden auch nur Werte zwischen 0,3 und 3,4 mg/l ermittelt, an den Entnahmepunkten P_4 und P_5 traten Spitzen bis zu 9,4 mg/l auf. Von P_7 (7,2 - 26,0) nach P_{11} (8,2 - 23,2) nahmen die Werte wieder langsam ab.

- Anorganisches Phosphat: Phosphat (PO_4^{3-}) kommt in der Natur in nur geringer Konzentration vor, es stellt somit meist den Minimumfaktor für das Wachstum der Pflanzen dar. Durch die teilweise Überdüngung landwirtschaftlich genutzter Flächen und häusliche Abwässer sind die meisten unserer Oberflächengewässer inzwischen jedoch mit Phosphaten überdüngt. Algen können größere Mengen des angebotenen Phosphats speichern, um es dann zu Zeiten niedrigen Phosphatangebots zu remobilisieren. Dies kann man auch aus den Werten der Punkte $P_1 - P_4$ erkennen. Während hoher Phytoplanktendichten lagen die Phosphatkonzentrationen wesentlich niedriger als im Winter, wenn die planktischen Algen zum größten Teil abgebaut und zersetzt worden waren. Die Werte von $P_1 - P_4$ lagen zwischen 0,4 und 4,0 mg/l. Ähnlich hohe Werte ermittelte schon BUCK (1977) im Nürnberger Hafen (0,3 - 3,25 mg/l), er führte sie auf ungewollte Düngung des Gewässers durch Verluste beim Umschlag von Phosphaten zurück. Für P_5 wurden 1981 Konzentrationen zwischen 0,75 und 3,4 mg/l gemessen, die Werte der Entnahmestellen $P_6 - P_{11}$ lagen mit 0,9 - 7,8 mg/l deutlich höher. Auch dadurch wird die Abwasserbelastung der Regnitz durch die anliegenden Gemeinden ausgedrückt.

Die physikalisch-chemischen Parameter für die einzelnen Entnahmepunkte sind noch einmal in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Entnahmestelle	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁
pH - Werte	7,1- 8,7	7,2- 8,8	7,3- 8,8	7,1- 9,1	7,2- 8,7	7,1- 8,1	7,0- 7,9	7,0- 8,0	6,9- 8,0	7,1- 8,1	7,2- 8,3
Sauerstoff (mg/l)	6,9- 13,0	8,2- 11,8	7,1- 13,4	7,9- 13,0	7,2- 12,2	6,2- 10,7	4,7- 12,6	4,8- 12,1	4,5- 11,8	5,0- 11,5	4,7- 11,6
Sauerstoff (%)	69,3- 141,7	71,7- 122,6	70,3- 130,1	61,3- 145,6	56,9- 128,7	51,1- 88,4	45,9- 101,3	51,4- 93,9	45,9- 88,6	49,4- 85,6	52,2- 92,5
BSB ₂ (mg/l)	0,6- 3,4	0,3- 3,1	0,1- 3,8	1,0- 3,1	0,2- 2,2	0,6- 4,6	0,5- 3,2	0,8- 5,8	0,8- 4,6	0,3- 2,8	0,7- 6,2
Gesamthärte (° dH)	8,8- 13,2	10,4- 13,2	10,3- 12,4	10,1- 13,0	6,8- 13,0	12,0- 16,8	11,3- 16,2	9,7- 16,1	9,5- 16,2	10,6- 17,8	12,9- 18,2
NH ₃ /NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,14- 0,82	0,09- 0,46	0,05- 0,39	0,11- 0,60	0,16- 0,97	0,42- 2,38	0,42- 2,24	0,49- 2,17	0,35- 1,75	0,28- 1,35	0,20- 0,90
Nitrit (mg/l)	0,04- 0,24	0,06- 0,18	0,05- 0,23	0,06- 0,19	0,08- 0,23	0,08- 0,83	0,08- 0,81	0,10- 0,66	0,08- 0,55	0,12- 0,52	0,10- 0,32
Nitrat (mg/l)	0,4- 3,4	0,3- 3,4	0,3- 3,4	0,4- 7,6	1,4- 9,4	9,2- 26,6	7,2- 26,0	8,2- 23,0	8,2- 21,6	9,6- 22,8	8,2- 23,2
Anorganisches Phosphat (mg/l)	0,6- 3,6	0,5- 4,0	0,4- 3,3	0,4- 2,9	0,8- 3,4	2,8- 7,8	2,0- 7,4	2,0- 6,6	0,9- 6,0	2,4- 5,4	1,2- 4,8

Tabelle 1: Grenzwerte der physikal.-chem. Parameter an den einzelnen Entnahmestellen.

Bakteriologische Untersuchungen

Ein nicht unwesentlicher Bestandteil einer Gewässerbeurteilung ist die bakteriologische Untersuchung. Abgesehen davon, daß derartige Untersuchungen für die Trinkwasserüberwachung unbedingt notwendig sind, vermögen erst sie oft die Erklärung für viele Vorgänge in einem Gewässer zu liefern. Bakterien verursachen z.B. die Oxidation des Ammoniaks zu Nitrat oder sind verantwortlich für den Abbau organischer Stoffe, bedingen dadurch also die Sauerstoffzehrung bzw. den biochemischen Sauerstoffbedarf. Die Untersuchungen wurden von August bis Dezember 1981 im Abstand von 3 - 4 Wochen durchgeführt, sie blieben beschränkt auf Bakterien des Freiwasserraumes.

- Gesamtkoloniezahl: Die Gesamtkoloniezahl ist die Anzahl der mit 8-facher Lupenvergrößerung sichtbaren Kolonien, welche die Bakterien von 1 ml des Untersuchungswassers bei einer bestimmten Temperatur innerhalb einer bestimmten Zeit entwickeln. Von der alten Bezeichnung Gesamtkeimzahl ist man abgekommen, da die Keime im Wasser u.U. verklumpt sind oder sich unter den gegebenen Bedingungen nicht entwickeln, so daß die Gesamtkeimzahl in Wirklichkeit größer ist, als es die Gesamtkoloniezahl angibt. Die Angabe der Ergebnisse erfolgt i.a. als "Gesamtkoloniezahl pro ml Untersuchungswasser".

Für die Punkte P_1 , P_4 schwankten die Werte für die Gesamtkoloniezahlen zwischen $1,5 \cdot 10^2$ und $5,3 \cdot 10^3$, sie lagen damit recht niedrig. Bei P_5 kletterten die Werte bereits zweimal über 10^4 Kolonien pro ml Wasser. Dies ist auf Pumpvorgänge von der Schleuse Hausen und evtl. auf kleinere Überlaufgräben der anliegenden Gemeinden zurückzuführen.

Für die Regnitz bei Hausen lagen die Werte zwischen $1,5 \cdot 10^4$ und $1,5 \cdot 10^5$, für den Punkt P_7 im gleichen Bereich. Die Koloniezahlen bei P_8 hingen ab von der Abwasserlast der Stadt Forchheim, die Werte schwankten zwischen $1,0 \cdot 10^4$ und $4,0 \cdot 10^5$ Kolonien pro ml Wasser. Für P_9 wurden Werte von $1,9 \cdot 10^3$ bis $8,8 \cdot 10^4$ Kolonien pro ml Wasser ermittelt, für P_{10} zwischen $1,2 \cdot 10^3$ und $6,7 \cdot 10^4$. Erst bei P_{11} war der Bakteriengehalt des freien Wassers wieder deutlich niedriger, es wurden Koloniezahlen zwischen $8,4 \cdot 10^2$ und $4,6 \cdot 10^3$ nachgewiesen.

- Nachweis von *Escherichia coli* *E. coli* gehört zur Familie der Enterobacteriaceae und lebt in großer Anzahl im Darminhalt von Menschen und warmblütigen Tieren. Obwohl *E. coli* selbst apathogen ist, hat es für die hygienische Gewässeruntersuchung die Funktion eines Fäkalindikatorbakteriums, d.h. die Anwesenheit von *E. coli* dient als Nachweis einer von Warmblütern verursachten fäkalen Verunreinigung des Wassers. Diese Verunreinigung muß also nicht immer von Menschen stammen, auch Vögel (Bläßrallen, Enten, Möwen) kommen als Verursacher in Frage.

Mit Hilfe von 7 verschiedenen Nährböden wurde *E. coli* biochemisch von den coliformen Bakterien differenziert. Die Angabe der Ergebnisse erfolgt als Coli-Titer, das entspricht dem kleinsten Probevolumen, in dem noch *E. coli* nachgewiesen werden kann. Zwischen dem Coli-Titer und der Keimdichte von *E. coli* besteht folgender Zusammenhang:

Coli-Titer:	10 und mehr	Keimdichte pro ml:	0
	1,0		1 - 9
	0,1		10 - 99
	0,01		100 - 999
	0,001		1000 - 9999

An den Probestellen P_1 , P_2 und P_4 konnte *E. coli* bei keiner der 6 Untersuchungen nachgewiesen werden.

An den abwasserbelasteten Punkten P_6 und P_8 war regelmäßig ein Coli-Titer von 0,1 - 0,01 vorzufinden, das entspricht einer Keimdichte von 10 - 999 *E. coli*-Keimen pro ml Untersuchungswasser. Die Coli-Titer der Punkte P_5 , P_7 , P_9 , P_{10} und P_{11} sind primär auf den Einfluß der Regnitz zurückzuführen. Der Coli-Titer bei P_3 am 8.12.1981 war nicht durch die Regnitz bedingt, als Verursacher einer fäkalen Verunreinigung kommen auch Hunde von Spaziergängern oder Wasservögel in Frage.

Tabelle 2 faßt die minimalen Coli-Titer der Entnahmestellen zusammen:

Datum	P ₃	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁
17.8.	/	/	0,01	/	0,1	0,1	1,0	/
14.9.	/	/	0,1	0,1	0,1	/	1,0	1,0
13.10.	/	1,0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,1	/
10.11.	/	/	0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	/
8.12.	1,0	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01	/	0,1
28.12.	/	/	0,1	1,0	0,1	0,1	1,0	1,0

Biologische Untersuchungen

Die biologischen Untersuchungen bezogen sich zum größten Teil auf das Zooplankton, das mit einem Wurfkäscher eingeholt wurde. Um an den einzelnen Entnahmestellen direkt vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, wurde dieser Käscher jeweils 6 mal etwa 15 - 20 Meter weit ausgeworfen. Das Einziehen erfolgte dann 2 mal direkt an der Oberfläche, 2 mal in etwa 1 Meter Tiefe und 2 mal in größerer Tiefe. Dadurch wurde auch bei einer eventuellen vertikalen Planktonverteilung ein möglichst vollständiger Gesamtquerschnitt erhalten. Von größeren Steinen der Uferbefestigung, Schleusenmauern und Brückenpfeilern wurde mit einem Messer oder einem Pfahlkratzer stichprobenweise der Aufwuchs zur Untersuchung abgekratzt. Proben vom Gewässergrund konnten aus technischen Gründen nicht entnommen werden.

Die biologische Untersuchung erfolgte jeweils noch am gleichen Tag. Um Veränderungen in der Bestandsdichte der einzelnen Arten durch verschlechterte Umweltbedingungen möglichst auszuschließen, wurden zuerst die Ciliaten bestimmt, am gleichen Tag noch die Rotatorien. Die übrigen Organismen wurden in 70 % Alkohol fixiert und bei gegebener Zeit bestimmt.

Vertreter einiger Gruppen wurden nicht näher bestimmt. Diese sind die Nematodes, Trematodes, Hydracarina, Ostracoda, Insecta (von ihnen wur-

den einige Heteroptera bestimmt, die zufällig mit in den Fang geraten waren), sowie die Vertebrata.

Aufzählung und systematische Stellung der bestimmten Tiere

CILIATA (Wimpertierchen)

Ordnung Holotricha: Ihr Körper ist vollständig und gleichmäßig bewimpert. Folgende 25 Arten wurden bestimmt:

- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| - Amphileptus claparedei | Lacrymaria vermicularis |
| - Askenasia volvox | Lionotus cygnus |
| - Chilodonella cucullus | Lionotus fascicola |
| - Chilodonella uncinata | Lionotus lamella |
| - Coleps hirtus | Nassula magna |
| - Colpidium campylum | - Nassula ornata |
| - Cyclidium citrullus | - Paramecium bursaria |
| - Cyclidium glaucoma | - Paramecium caudatum |
| - Cyclidium pellucidum | Paramecium trichium |
| - Enchelys pellucida | Prorodon viridis |
| - Glaucoma pyriformis | Trachelius ovum |
| - Holophrya nigricans | - Urotricha farcta |
| - Lacrymaria olor | |

Ordnung Peritricha: Sie sind meist festsitzende Strudler, deren Vorderende zu einem scheibenförmigen Peristom erweitert ist. Die 16 vorgefundenen Arten der Peritricha sind:

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| - Astylozoon fallax | - Opercularia articulata |
| - Astylozoon pyriforme | - Platycola coelochila |
| - Campanella umbellaria | Thuricola folliculata |
| - Carchesium polypinum | Trichodina pediculus |
| - Cothurnia annulata | Vaginicola subcrystallina |
| - Epistylis ovum | Vorticella campanula |
| - Epistylis plicatilis | Vorticella convallaria |
| - Epistylis rotans | Vorticella microstoma |

Ordnung Spirotricha: Die Spirotrichen besitzen eine nach rechts gewundene, zum Cytostom führende Membranellenreihe. Folgende 12 Arten wurden bestimmt:

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| - <i>Aspidisca costata</i> | <i>Kerona polyporum</i> |
| - <i>Aspidisca lynceus</i> | - <i>Oxytricha fallax</i> |
| - <i>Bursaria truncatella</i> | - <i>Stentor coeruleus</i> |
| <i>Euplotes affinis</i> | - <i>Stentor gallinulus</i> |
| - <i>Euplotes patella</i> | - <i>Stentor roeseli</i> |
| - <i>Halteria grandinella</i> | <i>Tachysoma pellionella</i> |

Ordnung Suctoria: Die Sauginfusorien sind im erwachsenen Zustand sessil und völlig unbewimpert. Ihre Nahrungsaufnahme erfolgt mittels Saugtentakeln, mit deren Hilfe sie andere Protozoen aussaugen. Vorgefunden wurden 6 Arten:

- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| - <i>Acineta tuberosa</i> | <i>Tokophrya carchesii</i> |
| - <i>Discophrya buckei</i> | <i>Tokophrya cyclosum</i> |
| <i>Podophrya fixa</i> | <i>Tokophrya infusionum</i> |

HYDROZOA

Die Hydrozoen sind die einzige Klasse der Cnidaria (Nesseltiere), von denen auch einige Vertreter bei uns im Süßwasser zu finden sind. In den untersuchten Gewässerabschnitten wurden 2 Arten festgestellt:

- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| - <i>Hydra vulgaris</i> | - <i>Cordylophora caspia</i> |
|-------------------------|------------------------------|

Den Keulenpolyp *Cordylophora* fand ich am 24.9.1981 in mehreren Exemplaren im Bewuchs der Kaimauer von P₁. Es handelte sich ausnahmslos um kleine Exemplare (max. 10 mm) mit keiner oder nur wenigen Verzweigungen. Bei einer Nachfolgeuntersuchung im August und September 1982 konnte dieser Polyp an der Schleusenmauer der Schleuse Nürnberg zwar nicht mehr gefunden werden, dafür aber in großen Mengen im Nürnberger Hafen. Diese Exemplare waren gut entwickelt und zeichneten sich durch einen reichen Aufwuchs an Suctorien aus (diesbezüglich sind z.Z. 2 Publikationen in Arbeit). In unser Gebiet eingeschleppt wurde dieser Polyp wahrscheinlich mit der Binnenschifffahrt, im Nürnberger Hafen wurde er auch bevorzugt an den Stellen gefunden, wo die meisten Schiffe festmachten.

BRYOZOA (Moostierchen)

Moostierchen sind Strudler, die Süßwasserformen bilden meist fest-sitzende Kolonien (eine Ausnahme bilden bei uns die beweglichen Kolonien von *Cristatella mucedo*). Bryozoen waren hauptsächlich von Juli bis September zu finden, an einigen Stellen im Oktober noch Flottoblasten:

Cristatella mucedo - *Plumatella repens*

TURBELLARIA (Strudelwürmer)

Die Körperoberfläche der Strudelwürmer ist größtenteils oder vollkommen bewimpert. Die meisten im Kanal vorgefundenen Arten sind für die Gewässerbeurteilung zu vernachlässigen, da von den Mikroformen die wenigsten in das Saprobiensystem eingeordnet sind. Bestimmt wurden daher nur die beiden größeren Arten:

- *Dugesia lugubris* *Polycelis nigra*

ROTATORIA (Rädertierchen)

Charakteristisch für diese Tiere sind das namengebende Räderorgan (bewimperte Zonen am Körpervorderende zum Einstrudeln der Nahrung) sowie der zum Kaumagen (Mastax) ausgebildete Pharynx. 39 Arten wurden vorgefunden:

- <i>Adineta vaga minor</i>	- <i>Collotheca ornata</i>
- <i>Asplanchna girodi</i>	- <i>Collotheca ornata cornuta</i>
- <i>Asplanchna priodonta</i>	- <i>Colurella uncinata bicuspidata</i>
- <i>Brachionus angularis</i>	- <i>Conochilus unicornis</i>
- <i>Brachionus angularis bidens</i>	- <i>Eccentrum mustela</i>
- <i>Brachionus calyciflorus</i>	- <i>Euchlanis dilatata</i>
- <i>Brachionus leydigi quadratus</i>	- <i>Floscularia ringens</i>
- <i>Brachionus leydigi tridentatus</i>	- <i>Kellikottia longispina</i>
- <i>Brachionus quadridentatus</i>	- <i>Keratella cochlearis</i>
- <i>Cephalodella forficata</i>	- <i>Keratella cochlearis v. tecta</i>
- <i>Cephalodella gibba</i>	- <i>Keratella quadrata</i>

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| Lecane luna | Rotaria neptunia |
| Lecane unguolata | - Rotaria rotatoria |
| - Notommata cyrtopus | Rotaria tardigrada |
| - Philodina megalotrocha | - Synchaeta pectinata |
| Philodina roseola | Testudinella patina |
| - Polyarthra major | Trichocerca bicristata |
| Polyarthra remata | Trichocerca cylindrica |
| Polyarthra vulgaris | Trichocerca tigris |
| - Pompholyx sulcata | |

GASTROTRICHA (Bauchhärlinge)

Diese Tiere wurden vereinzelt im Aufwuchs zwischen Wasserpflanzen gefunden. Ihre exakte Determination ist äußerst schwierig, ich möchte mich daher auf die Angabe der Gattung "Chaetonotus" beschränken.

NEMATOMORPHA (Saitenwürmer)

Sie sind Arthropodenparasiten, lediglich die geschlechtsreifen Tiere leben frei. Das im August 81 bei P₁₀ gefundene Exemplar konnte nur bis zur Gattung "Gordius" bestimmt werden.

GASTROPHODA (Schnecken)

Die 3 vorgefundenen Schneckenarten gehören zur Unterklasse der Pulmonata (Lungenschnecken):

- | | |
|------------------------|-------------------|
| - Ancyclus fluviatilis | Lymnaea stagnalis |
| - Gyraulus albus | |

BIVALVIA (Muscheln)

Nur 1 Art konnte bestimmt werden, nämlich

- Dreissena polymorpha

Dies heißt nicht etwa, daß im Kanal nicht mehr Muschelarten vorkommen, sondern es liegt vielmehr daran, daß die Fauna der Kanalsole mangels geeigneter Geräte nicht untersucht werden konnte. Die Wandermuschel je-

doch lebt nicht im Boden, sondern ist mit Byssusfäden an ihrer Unterlage festgeheftet. Sie konnte daher des öfteren mit Hilfe des Pfahlkratzers gefunden werden.

OLIGOCHAETA (Wenigborster)

Von ihnen wurden im Aufwuchs von Steinen und Mauern insgesamt 13 Arten bestimmt. An der Kanalsohle konnten aus den oben erwähnten Gründen keine Untersuchungen auf Oligochaeten durchgeführt werden:

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| - Aelosoma quaternarium | - Nais bretscheri |
| - Chaetogaster cristallinus | Nais elinguis |
| - Chaetogaster diaphanus | - Nais variabilis |
| - Chaetogaster diastropus | - Pristina longiseta |
| - Dero limosa | Rhynchelmis limosella |
| Limnodrilus hoffmeisteri | - Stylaria lacustris |
| Nais barbata | |

HIRUDINEA (Egel)

Von den Egeln wurden folgende 3 Arten gefunden:

- | | |
|------------------------|----------------------|
| Erpobdella octoculata | - Piscicola geometra |
| - Helobdella stagnalis | |

TARDIGRADA (Bärtierchen)

Lediglich die Gattung "Macrobiotus" wurde vorgefunden. Ich konnte jedoch nicht mit Sicherheit feststellen, ob es sich um *M. macronyx* oder um *M. dispar* handelte.

PHYLLOPODA (Blattfußkrebse)

Im untersuchten Gewässer wurden nur Vertreter der Cladocera (Wasserflöhe) gefunden. Bis auf *Bosmina coregoni* wurden die 16 Arten schon von ALBRECHT (1973) erwähnt:

- | | |
|------------------------|------------------------|
| - Alona affinis | - Bosmina coregoni |
| - Alona quadrangularis | - Bosmina longirostris |

- *Camptocercus rectirostris*
- *Chydorus sphaericus*
- *Ceriodaphnia quadrangula*
- *Daphnia cucullata*
- *Daphnia longispina*
- *Daphnia pulex*
- *Eurycercus lamellatus*
- *Iliocryptus sordidus*
- *Leptodora kindtii*
- *Scapholeberis mucronata*
- *Sida crystallina*
- *Simocephalus vetulus*

COPEPODA (Ruderfußkrebse)

Die Entwicklung der Copepoden erfolgt über ebenfalls planktische Naupliusstadien. Nauplien waren auch vielfach im Plankton enthalten, ihr Vorkommen ist jedoch nicht gesondert erwähnt. Bestimmt wurden 14 Arten:

- *Attheyella crassa*
- *Cryptocyclops bicolor*
- *Cyclops strenuus*
- *Cyclops vicinus*
- *Ectocyclops phaleratus*
- *Eucyclops serrulatus*
- *Eudiaptomus gracilis*
- *Eudiaptomus vulgaris*
- *Macrocyclops albidus*
- *Macrocyclops fuscus*
- *Megacyclops viridis*
- *Paracyclops äffinis*
- *Paracyclops fimbriatus*
- *Thermocyclops hyalinus*

MALACOSTRACA (Höhere Krebse)

Von diesen wurden nur 2 Arten gefunden. Sie gehörten beide zur Ordnung der Peracarida, deren Hauptmerkmal die Brutpflege in einem Brutraum ventral am Thorax ist:

- *Asellus aquaticus*
- *Rivulogammarus roeseli*

INSECTA (Insekten)

Von den Insekten wurden nur einige Wanzen bestimmt, die zufällig mit in die Fänge geraten waren:

- *Notonecta glauca*
- *Sigara subsigara*
- *Sigara anticorixa*

Auflistung der bestimmten Algenarten

Die Auswahl der bestimmten Algen erfolgte subjektiv nach ihrer Auffälligkeit oder besonderer Häufigkeit. Aus diesem Grunde und da bei weitem nicht alle vorkommenden Arten bestimmt wurden, ist es nicht gerechtfertigt, die Algen zur Beurteilung des Gewässers mit heranzuziehen. Da aber die häufigsten Arten aufgeführt sind, vermag die folgende Liste zumindest einen Überblick über die Phytoplanktonpopulation des beschriebenen Gewässers zu geben.

Die Aufzählung der bestimmten Arten für die einzelnen Probestellen erfolgt in alphabetischer Reihenfolge ohne eine systematische Zuordnung. Die mit (X) gekennzeichneten Vorkommen geben eine Wasserblüte durch die betreffende Alge an.

A r t	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁
Asterionella formosa	x	x	x	x	x					x	x
Bothryochloris minima										x	
Ceratium hirudinella			x	x							
Characium spec.			x								
Chlamydomonas ehrenbergii								x		x	
Chroococcus limneticus								x			
Cladophora crispata	x		x					x			
Cladophora fracta			x								x
Closterium acerosum							x				
Closterium aciculare		x		x							
Closterium ehrenbergii									x		x
Closterium moniliferum					x		x	x	x	x	x
Coelastrum microporum	x	x									
Coelosphaerium kuetzingianum									x		
Coenocystis planctonica	x	x									
Cosmarium granatum				x							
Cosmarium laeve								x			
Cosmarium praemorsum			x								
Cosmarium reniforme			x	x	x					x	
Cryptomonas ovata				x							

A r t	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁
<i>Cymatopleura solea</i>								x			
<i>Cymbella lanceolata</i>		x									x
<i>Cymbella ventricosa</i>			x								x
<i>Diatoma vulgare</i>	x	x									
<i>Eudorina elegans</i>				x							
<i>Euglena pisciformis</i>						x	x				
<i>Euglena viridis</i>								x			
<i>Fragilaria capucina</i>											x
<i>Fragilaria virescens</i>				x							
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	x	x	x	x	x		x			x	x
<i>Melosira granulata</i>				x							
<i>Melosira varians</i>					x			x			x
<i>Merismopedia elegans</i>				x	x						
<i>Merismopedia glauca</i>		x						x	x	x	
<i>Merismopedia punctata</i>				x							
<i>Microcystis flos-aquae</i>		x		x	⊗		x	x	x	x	
<i>Navicula radiosa</i>			x		x						
<i>Navicula rhynchocephala</i>			x								
<i>Nitzschia sigmaidea</i>				x							
<i>Nostoc carneum</i>				x							
<i>Oedogonium capillare</i>											x
<i>Oocystis lacustris</i>				x							
<i>Oscillatoria redeckei</i>	⊗	⊗	⊗	⊗	x			x			
<i>Pediastrum boryanum</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Pediastrum clathratum</i>	x	x									
<i>Pediastrum duplex</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Phacus longicauda</i>					x						
<i>Pinnularia viridis</i>	x										
<i>Planctosphaeria gelatinosa</i>	x										
<i>Scenedesmus abundans</i>				x		x					
<i>Scenedesmus bijugatus</i>	x										
<i>Scenedesmus denticulatus</i>	x										
<i>Scenedesmus obliquus</i>								x			
<i>Scenedesmus pannonicus</i>				x							

A r t	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	P ₁₁
Scenedesmus platydiscus		x									
Scenedesmus quadricauda	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Spirogyra spec.		x									
Staurastrum anatinum				x							
Staurastrum gracile	x		x	x	x						
Staurastrum paradoxum	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
Stauroneis anceps									x		
Syncrypta volvox				x							
Synura uvella										x	
Tabellaria fenestra			x								
Tetraedron incus								x			
Trachelomonas volvocina										x	
Tribonema vulgare									x	x	x
Ulothrix subtilissima			x								
Volvox aureus				x							

Das Saprobiensystem und die Beurteilung der Gewässergüte

Das Saprobiensystem bezieht sich nach der ursprünglichen Fassung von KOLKWITZ & MARSSON (1902, 1908, 1909) auf die in Fließgewässern räumlich aufeinanderfolgenden Phasen der Selbstreinigung. Dabei ging man von der empirisch gewonnenen Feststellung aus, daß bei bestimmten Selbstreinigungsphasen gewisse Indikatororganismen gehäuft auftreten. LIEBMANN (1947) hat dieses Saprobiensystem revidiert und auch auf stehende Gewässer ausgedehnt. SLADCEK (1961, 1973) und SRAMEK-HUSEK (1956) erweiterten das so fortbestehende Saprobiensystem in Richtung auf stärkere Verunreinigungsgrade hin. Im vorliegenden Fall genügt das klassische System, wobei man heute 7 Gewässergüteklassen für die Gewässerbeurteilung benutzt. Die folgende Tabelle soll dazu einen gewissen Überblick verschaffen:

Saprobienstufe	Güteklasse	Grad der organischen Belastung	Saprobienindex
os	I	unbelastet, sehr gering belastet	1,0 < 1,5
os/bms	I II	gering belastet	1,5 - < 1,8
bms	II	mäßig belastet	1,8 < 2,3
bms/ams	II III	kritisch belastet	2,3 < 2,7
ams	III	stark verschmutzt	2,7 < 3,2
ams/ps	III IV	sehr stark verschmutzt	3,2 < 3,5
ps	IV	übermäßig verschmutzt	3,5 - 4,0

os oligosaprob, bms betamesosaprob, ams alphamesosaprob, ps polysaprob.

Einstufung der Tierfunde an den Probestellen in das Saprobien-system

Nach der Bestimmung einer Art wurde aus Stichproben ihre Abundanz "h" geschätzt. Die Einstufung der Abundanz erfolgte nach einer 6-stufigen Skala, die einzelnen Werte bedeuten:

1	Einzelfund	4	mittel
2	selten	5	häufig
3	wenig	6	massenhaft

Ferner wurden die Arten nach BUCK, H. (1971), SLADECEK, V. (1973) und MAUCH, E. (1976) mit einem zahlenmäßigen Saprobienindex "s" belegt. Dabei erhielten die 3 Listen in dieser Reihenfolge zueinander Prioritäten, d.h. wenn eine Art bei BUCK aufgeführt war, so erhielt sie auch diesen Saprobienindex, die Indizes der anderen Autoren wurden dann nicht berücksichtigt. Dadurch kann bei dieser Methode eine Manipulation der subjektiv "besten" Werte vermieden werden. Lediglich bei einer Art, nämlich beim Moostierchen *Cristatella mucedo*, wurde diese Reihenfolge der Listen nicht befolgt: SLADECEK ordnet diese Art als oligosaprob ein, an den Punkten P_1 und P_2 kam sie aber relativ häufig vor (Abundanzwerte

4 - 5), Diese Stellen sind aber eindeutig nicht oligosaprob, sie sind vielmehr mesosaprob und stark eutroph. Die saprobielle Einordnung erfolgte daher nach MAUCH.

Dieses Beispiel veranschaulicht, daß eine Art auf der Indexskala eine gewisse Varianzbreite einnimmt und daher nicht nur einem festen Index zugerechnet werden kann. Die in den Listen angegebenen Werte sind daher immer als Durchschnittswerte zu verstehen, die auf der Untersuchung vieler verschiedener Gewässer basieren. Mit dieser Einschränkung ist die Methode der Indexberechnung immer noch die anschaulichste.

In der folgenden Tabelle sind in der Spalte "Art" die im Untersuchungszeitraum bestimmten 128 Arten angegeben, welche auf die oben beschriebene Weise mit einem Saprobienindex belegt werden konnten. Die Spalten 1 - 11 beziehen sich auf die entsprechenden Probestellen P_1 - P_{11} , in diesen Spalten ist angegeben, an welchen Stellen die entsprechende Art gefunden wurde. In die Spalte "s" ist der verwendete Saprobienindex eingetragen

A r t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	s
Adineta vaga minor											x	1,5
Aelosoma quaternarium					x	x						1,7
Alona affinis		x	x	x				x	x	x	x	1,1
Alona quadrangularis	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	1,4
Amphileptus claparedei			x									2,8
Ancylus fluviatilis	x	x	x	x	x							1,7
Asellus aquaticus					x	x	x	x	x	x	x	2,4
Aspidisca costata						x	x	x	x	x	x	3,3
Aspidisca lynceus	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,5
Asplanchna girodi	x	x	x	x	x		x					1,4
Asplanchna priodonta	x	x	x	x	x		x		x	x	x	1,6
Astylozoon fallax				x				x				2,5
Bosmina coregoni	x	x	x	x	x		x		x	x	x	1,0
Bosmina longirostris	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	1,6
Brachionus angularis		x	x	x	x		x			x		2,5
Brachionus angularis bidens			x		x		x	x				1,9

A r t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	s
Brachionus calyciflorus	x											2,5
Brachionus quadridentatus						x			x	x		2,0
Bursaria truncatella			x	x								2,1
Campanella umbellaria	x	x			x		x				x	2,2
Camptocercus rectirostris		x			x				x	x		1,2
Carchesium polypinum						x		x	x			3,1
Cephalodella forficata						x						1,5
Cephalodella gibba	x	x		x					x	x	x	1,9
Ceriodaphnia quadrangula	x	x	x	x	x		x	x				1,2
Chaetogaster cristallinus	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	2,0
Chaetogaster diaphanus	x	x		x		x	x	x				2,5
Chaetogaster diastropus	x				x	x	x	x	x	x	x	2,4
Chilodonella cucullus					x			x				3,2
Chilodonella uncinata				x								3,0
Chydorus sphaericus	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,8
Coleps hirtus	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,3
Collotheca ornata cornuta		x										1,0
Collotheca ornata ornata									x	x		2,3
Colurella uncinata bicusp.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,5
Conochilus unicornis	x				x							1,3
Cordylophora caspia	x											2,0
Cothurnia annulata				x					x			1,5
Colpidium campylum				x				x				4,0
Cristatella mucedo	x	x										2,0
Cyclidium citrullus	x					x	x	x	x			3,0
Cyclidium glaucoma				x								3,1
Cyclops strenuus	x	x	x	x	x							2,3
Cyclops vicinus	x	x	x	x				x	x	x	x	2,2
Daphnia cucullata	x	x	x									1,8
Daphnia longispina	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,0
Daphnia pulex	x			x	x			x	x	x	x	2,8
Dero limosa				x		x	x	x			x	3,0
Dreissena polymorpha	x	x	x	x	x				x	x	x	2,0
Dugesia lugubris										x	x	2,0

A r t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	s
Ectocyclops phaleratus							x					1,5
Encentrum mustela						x	x					2,0
Erpobdella octoculata	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,6
Epistylis plicatilis				x		x	x	x	x			2,6
Epistylis rotans			x	x	x	x	x	x	x	x		1,5
Euchlanis dilatata	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,2
Eucyclops serrulatus			x	x		x				x	x	1,9
Eudiaptomus gracilis				x								1,3
Eudiaptomus vulgaris							x		x			1,7
Euplotes affinis										x		3,0
Euplotes patella						x	x	x			x	2,2
Eurycercus lamellatus							x					1,2
Floscularia ringens				x	x		x					1,9
Glaucoma pyriformis	x											3,8
Gyraulus albus	x	x	x	x								2,2
Halteria grandinella				x								1,9
Helobdella stagnalis			x	x	x							2,5
Holophrya nigricans						x						2,0
Hydra vulgaris	x	x	x	x	x		x			x	x	2,0
Iliocryptus sordidus								x	x	x	x	2,2
Kellikottia longispina	x	x	x	x								1,3
Keratella cochlearis cochl.	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	1,6
Keratella quadrata	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1,6
Kerona polyporum	x											1,3
Lacrymaria olor	x	x		x	x							2,0
Lecane luna	x	x	x	x	x				x			1,6
Leptodora kindtii	x	x	x	x								1,7
Limnodrilus hoffmeisteri						x	x					3,4
Lionotus cygnus	x	x	x				x					2,0
Lionotus fascicola			x	x								3,2
Lionotus lamella						x						2,8
Lymnaea stagnalis											x	2,0
Macrocyclus albidus	x								x	x	x	2,0
Macrocyclus fuscus				x			x					1,6

A r t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	s
Thuricola folliculata		x		x					x			2,0
Tokophrya carchesii						x						2,6
Trachelius ovum									x			2,5
Trichocerca bicristata											x	1,0
Trichocerca tigris								x				1,2
Urotricha farcta							x					3,0
Vorticella campanula				x								2,5
Vorticella convallaria	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2,9
Vorticella microstoma						x	x	x				3,6

Betrachtet man diese Liste, so fällt auf, daß viele Arten, die regelmäßig bei P_5 zu finden sind, hin und wieder auch bei P_7 vorkommen, nicht jedoch bei P_6 . Dabei handelt es sich vor allem um Plankter, wie z.B. *Bosmina coregoni*, *Asplanchna girodi*, *Brachinous angularis* u.a.m. Da bei der Berechnung des Saprobienindex aber die Abundanzwerte mit einbezogen werden, spielt dieses Tychoplankton dabei nur eine unwesentliche Rolle.

Beurteilung des untersuchten Gewässers

a) nach den physikalisch-chemischen Werten

Die physikalisch-chemische Charakteristik eines Gewässers gibt nur Auskunft über den Zustand zum Zeitpunkt der Probeentnahme. Ihr Vorteil ist jedoch, daß sie Stoffe, die den Vorfluter belasten, qualitativ und quantitativ erfassen kann.

Nach HAMM (1969) gehören die Punkte $P_1 - P_5$ bei der Wertung der ungünstigsten Verhältnisse des Sauerstoffgehalts in die Güteklasse II. Die Punkte $P_6 - P_{11}$ sind demnach in die Güteklasse II - III einzuordnen.

Auch über den Ammoniakgehalt ist nach der Tabelle der "Länderarbeitsgemeinschaft Wasser" (1976) eine klassifizierende Gewässerbeurteilung möglich. So entsprechen die Ammoniakwerte der Entnahmepunkte P_2 und P_3 der Güteklasse II, die der Punkte P_1, P_4, P_5 und P_{11} der Güteklasse II - III und die Punkte $P_6 - P_{10}$ sind der Güteklasse III zuzuordnen.

Die Angaben in dieser Tabelle sind hier jedoch recht ungenau, da sie sich nur auf häufig anzutreffende Werte in den bestimmten Gütebereichen beziehen können.

b) nach den bakteriologischen Ergebnissen

Beziehungen zwischen Gesamtkoloniezahl, Coli-Titer und Güteklassen wurden schon verschiedentlich aufgestellt, sind jedoch teilweise ungenau und vielfach geben verschiedene Autoren recht verschiedene Relationen an. Im untersuchten Bereich des Main-Donau-Kanals liegt die Gewässergüte, ausgehend von den bakteriologischen Werten, zwischen den Güteklassen I II und II III. Geht man ferner davon aus, daß der Coli-Titer eines Vorfluters i.a. ein Maß für dessen Belastung mit Kläranlagenabwässern ist, so kann man auch gut die Unterschiede der Coli-Titer der Bereiche $P_1 - P_5$ (unbelastet von kommunalen Kläranlagen) und $P_6 - P_{11}$ erklären. Der zeitweise Coli-Titer an P_5 beruht auf Pumpvorgängen von der Regnitz in die Haltung Hausen.

Bei diesen bakteriologischen Bewertungen ist allerdings zu bedenken, daß nur 6 Untersuchungen vorlagen und daß diese immer im Abstand von 3 - 4 Wochen erfolgten. So ist es möglich, daß kurzfristige Spitzenwerte des Coli-Titers nicht festgestellt wurden.

c) nach biologischen Gesichtspunkten

Die Lebensgemeinschaft in einem Gewässer wird durch die Wasserverhältnisse über einen längeren Zeitraum hinweg beeinflusst, die biologische Analyse erreicht so oft schon nach einer Untersuchung einen Mittelwert. Dennoch ist es natürlich zweckmäßig, mehrere vergleichende Untersuchungen über eine gewisse Zeit hinweg anzustellen. Die biologische Gewässerbeurteilung geht also davon aus, daß die vergesellschafteten Organismen eines Gewässers in ihrer art- und mengenmäßigen Zusammensetzung die ökologische Situation dieses Gewässers widerspiegeln.

Laut SRAMEK-HUSEK (1958) kann man bereits auf Grund der Lebensgemeinschaft der Ciliaten und deren Abundanzen Rückschlüsse auf die Wasserqualität eines bestimmten Flußabschnittes ziehen. Unter Berücksichtigung der Diagnose-Verlässlichkeitsregel komme ich bei meinen Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß bei den Ciliaten eine betamesosaprobe

Lebensgemeinschaft vorliegt. Zwar kommen auch viele Vertreter der alphamesosaprobien Lebensgemeinschaft "Chilodonelletum cucullae" vor, jedoch in untypisch niedrigen Abundanzen. Letzteres gilt vor allem für die Punkte P_6 - P_{11} .

Die eigentliche biologische Beurteilung des Main-Donau-Kanals erfolgte allerdings nach der Berechnung des "Saprobienindex s" nach PANTLE & BUCK (1955). In diese Formel gehen sowohl die Häufigkeit einer Art, als auch deren Stellung in Saprobien-system ein. Für jede Probestelle wurden die Saprobienindizes für die jeweils 7 biologischen Untersuchungen berechnet und daraus der Mittelwert gebildet. Eine gerichtete Verbesserung bzw. Verschlechterung der Saprobie wurde im Untersuchungszeitraum für keinen Entnahmepunkt bemerkt.

Der durchschnittliche Saprobienindex beträgt für P_1 : 1,95, P_2 : 1,87, P_3 : 1,91, P_4 : 2,00 und P_5 : 1,99. Damit ist dieser Bereich des Kanals der Güteklasse II (mäßig belastet) zuzurechnen. Die Regnitz bei Hausen liegt mit einem Durchschnittsindex von 2,45 im Bereich der Güteklasse II III und ist somit kritisch belastet. Bei P_7 sinkt der Durchschnittswert vorübergehend auf 2,33, liegt bei P_8 jedoch wieder bei 2,39. Im Bereich des Regnitz-Seitenkanals bei P_9 beträgt der durchschnittliche Saprobienindex noch 2,25, bei P_{10} und P_{11} sinkt er auf jeweils 2,13. Erst bei P_{10} und P_{11} ist der Regnitz-Seitenkanal also rein rechnerisch wieder der Güteklasse II zuzuordnen.

Zusammenfassung der Gewässerbeurteilung

Die vergleichende Betrachtung der Gewässerbeurteilung nach physikalisch-chemischen, bakteriologischen und biologischen Gesichtspunkten ergibt für die einzelnen Probestellen ein relativ einheitliches Bild. In der folgenden Tabelle sind die aus den einzelnen Beurteilungsmethoden resultierenden Güteklassen für die jeweiligen Probestellen aufgetragen. Dabei wird ersichtlich, daß bei der Beurteilung nach physikalisch-chemischen Werten und der bakteriologischen Beurteilung nach dem Coli-Titer Unterschiede der GüteEinstufung von mehr als einer Güteklasse entstehen können, während die biologische Beurteilung immer etwa in der Mitte liegt.

Gewässerbeurteilung als Güteklasse

Probe- stelle	phys.-chem.	bakteriol.	biol.("s")	Gesamt
P ₁	II - II-III	I - II	II (2,0)	II
P ₂	II	I - II	II (1,9)	II
P ₃	II	I - II	II (1,9)	II
P ₄	II - II-III	I - II	II (2,0)	II
P ₅	II - II-III	II	II (2,0)	II
P ₆	II-III - III	II - III	II - III(2,5)	II - III
P ₇	II-III - III	II - III	II - III(2,4)	II - III
P ₈	II-III - III	II - III	II - III(2,4)	II - III
P ₉	II-III - III	II - III	II - III(2,3)	II - III
P ₁₀	II-III - III	II	II (2,1)	II
P ₁₁	II - III	II	II (2,1)	II

Zusammenfassung

Von Oktober 1980 bis Dezember 1981 wurden an 11 Untersuchungspunkten jeweils 15 physikalisch-chemische, von Juni bis Dezember 1981 je 7 biologische und von August bis Dezember 1981 jeweils 6 bakteriologische Untersuchungen durchgeführt. Bei der physikalisch-chemischen Beurteilung wurden u.a. folgende Parameter untersucht: Wassertemperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Sauerstoffzehrung, Gesamthärte, Ammoniak-Ammonium, Nitrit, Nitrat und anorganisches Phosphat. Die bakteriologischen Untersuchungen beschränkten sich auf die Bestimmung der Gesamtkoloniezahlen und den Nachweis von *Escherichia coli* bzw. die Coli-Titer. Bei den biologischen Untersuchungen wurden 159 Tierarten und 67 Algen bestimmt. Da die Auswahl der Algen rein subjektiv erfolgte, wurden sie nicht zur Gewässerbeurteilung herangezogen. Für den Kanal neu beschrieben wurde der Keulenpolyp *Cordylophora caspia*.

In das Saprobiensystem konnten 128 Tierarten eingeordnet werden. Dabei wurden die Angaben von H. BUCK (1971), SLADECEK (1973) und MAUCH (1976) verwendet. Um möglichst viele Arten zur Beurteilung heranziehen zu können, wurde die saprobielle Einordnung nicht nur nach einem System vollzogen, sondern nach allen drei Listen, welche Prioritäten in der oben genannten Reihenfolge erhielten. Durch diese Rangordnung der Listen und die Tatsache, daß die 2. und 3. Liste nur ergänzend verwendet wurden, konnte ein gerichteter Fehler vermieden werden.

Die Beurteilung der Gewässergüte erfolgte nach physikalisch-chemischen, bakteriologischen und biologischen Gesichtspunkten. Im Vergleich zur biologischen Beurteilung nach der Berechnung des Saprobienindex nach PANTLE & BUCK (1955) fällt die Beurteilung des Gewässers nach den physikalisch-chemischen Werten etwas schlechter aus, die bakteriologische Einstufung mit Hilfe des Coli-Titers etwa zu gut. Insgesamt ergibt sich folgendes Bild:

Der Main-Donau-Kanal ist von Nürnberg bis Hausen in die Güteklasse II einzuordnen. Nach dem Zusammenfluß mit der Regnitz (Güteklasse II III) bis in den Regnitz-Seitenkanal bei Altendorf fällt das Gewässer in die Güteklasse II III. Der Regnitz-Seitenkanal bei Strullendorf und Bamberg gehört wieder in die Güteklasse II.

Literaturhinweise

- ALBRECHT, R. (1973): "Fauna und Chemismus des Rhein-Main-Donau-Kanals von der Schleuse Hausen bis Nürnberg" Zulassungsarbeit Universität Erlangen
- BUCK, H. (1971): "Statistische Untersuchungen zum Leitwert und zur Saprobität verschiedener Organismen" Münchn. Beitr. z. Abw., Fisch.- und Flußbiol. 19: 14 - 44
- BUCK, R. (1977): "Limnologische Untersuchungen am Rhein-Main-Donau-Kanal im Bereich Nürnberg Forchheim" Dissertation Universität Erlangen

- HAMM, A. (1969): "Die Ermittlung der Gewässergüteklassen bei Fließgewässern nach dem Gewässergütesystem und Gewässergütemogramm"
Münchn. Beitr. z. Abw.-, Fisch.- und Fluß-
biol. 15: 46 - 49
- ILLIES, J. (1967): "Limnofauna Europaea"
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- KIESER, G. (1973): "Fauna und Chemismus der Regnitz und ihrer
Zuflüsse im Raum Erlangen"
Zulassungsarbeit Universität Erlangen
- KOLKWITZ, R. &
MARSSON, M. (1902): "Grundsätze für die biologische Beurteilung
des Wassers nach seiner Flora und Fauna"
Mitt. Prüfanst. Wasserversorg. Abwasser-
reinig. 1: 33 - 72
- (1908): "Ökologie der pflanzlichen Saprobien"
Ber. dt. Bot. Ges. 26 A: 505 - 519
- (1909): "Ökologie der tierischen Saprobien"
Int. Rev. ges. Hydrobiol. 2: 126 - 152
- LIEBMANN, H. (1947): "Die Notwendigkeit einer Revision des
Saprobien-systems und deren Bedeutung für
die Wasserbeurteilung"
Ges. Ing. 68: 33 - 37
- MAUCH, E. (1976): "Leitformen der Saprobität für die biologi-
sche Gewässeranalyse"
CFS Courier Forschungsinstitut Senckenberg,
Frankfurt
- PANTLE, R. &
BUCK, H. (1955): "Biologische Überwachung der Gewässer und
die Darstellung der Ergebnisse"
Gas- und Wasserfach 96 604
- REBHAN, H. (1982): "Limnologische Untersuchungen am Main-Donau-
Kanal zwischen Nürnberg und Bamberg"
Diplomarbeit Universität Erlangen

- REICHARDT, W. (1978): "Einführung in die Methoden der Gewässer-
mikrobiologie"
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- REIMANN, K. (1971): "Die Messung einiger Größen des Sauer-
stoffhaushaltes in Fließgewässern"
Münchn. Beitr. z. Abw.-, Fisch.- und Fluß-
biol. 6: 158 176
- SLÁDEČEK, V. (1961): "Zur biologischen Gliederung der höheren
Saprobitätsstufen"
Arch. Hydrobiol. 58: 103 - 121
- (1973): "System of Water Quality from the Biologi-
cal Point of View"
Erg. Limnol. 7: 1 - 218
- ŠRAMEK-HUŠEK, R. (1956): "Zur biologischen Charakteristik der höhe-
ren Saprobitätsstufen"
Arch. Hydrobiol. 51: 376 390
- (1958): "Die Rolle der Ciliatenanalyse bei der
biologischen Kontrolle von Flußverunreini-
gungen"
Verh. Int. Ver. Limnol. 13: 636 - 645
- WACHS, B. (1969): "Zur Bewertung der Gewässergüte von Fließ-
gewässern nach dem bakteriologischen Befund"
Münchn. Beitr. z. Abw.-, Fisch.- und Fluß-
biol. 15: 12 - 23

"Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammunter-
suchung"

Verlag Chemie, Weinheim/Bergstraße

"Die Gewässergütekarte der Bundesrepublik Deutschland"

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Mainz 1976.

Anschrift des Verfassers:

Herbert REBHAN

Gartenstraße 26

8602 Hallstadt

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Bericht der naturforschenden Gesellschaft Bamberg](#)

Jahr/Year: 1982

Band/Volume: [57](#)

Autor(en)/Author(s): Rebhan Herbert

Artikel/Article: [Zur Limnologie des Main-Donau-Kanals im Raum Nürnberg - Bamberg 5-36](#)