

## Die aerobe Bakterienflora in einem abwasserbelasteten Speichersee

Wolfgang Jung und Klaus Thurner

3500 isolates of aerobic bacteria from a shallow lake in which surface water and sewage are mixed were differentiated roughly. Among the isolates bacteria of the genus *Acinetobacter* dominated in sewage.

The results give evidence that there is a connexion between the occurrence of some groups of bacteria and the ecological conditions of surface water.

### 1. Einleitung

Bei der Beurteilung eines Oberflächengewässers beschränkt sich die Gewässermikrobiologie größtenteils auf die Ermittlung der Gesamtkeimzahl und auf den quantitativen Nachweis hygienisch relevanter Keime. Die Bestimmung von Keimzahlen allein läßt aber nur sehr begrenzte Aussagen zu (POKORNY 1971), denn die ökologische Signifikanz eines Keimzahlwertes wird in entscheidender Weise von der Art der Keime bestimmt (SCHEGG und RUSCHKE 1967). Leider weiß man über die große Masse der im Wasser vorkommenden Bakterien erschreckend wenig.

Es gibt zwar Ansätze, ein Gewässer durch seine Keimstruktur zu charakterisieren, indem man an Stoffumwandlungen beteiligte Bakteriengruppen bestimmt, so daß einige Daten über die am Stickstoff-, Schwefel-, Phosphor- oder Methankreislauf mitwirkenden Bakterien bekannt sind. Diese physiologischen Gruppen bilden jedoch taxonomisch sehr heterogene Einheiten. Wir wollten den Versuch unternehmen, die aerobe heterotrophe Bakterienflora durch die Gliederung in Gattungen zu charakterisieren. Bei unseren Untersuchungen gingen wir davon aus, daß mit fortlaufender Analyse der Bakterienflora Rückschlüsse auf den trophischen Zustand des untersuchten Oberflächengewässers möglich sein müßten.

### 2. Untersuchungsgebiet, Material und Methoden

Untersucht wurde ein nordöstlich von München gelegener Speichersee, in dem Isarwasser mit dem physikalisch vorbehandelten Abwasser von München vermischt wird. Er stellt die zweite bzw. die biologische Reinigungsstufe dar. Das Wasser wird über einen Kanal abgeleitet und der Isar wieder zugeführt. Durch das aufgebaute Gefälle dient der 7 km lange See mit einer Gesamtfläche von 6 km<sup>2</sup> und der Kanal der Stromgewinnung. Darüber hinaus hat der Speichersee als Rast- und Mauerplatz eine große Bedeutung.

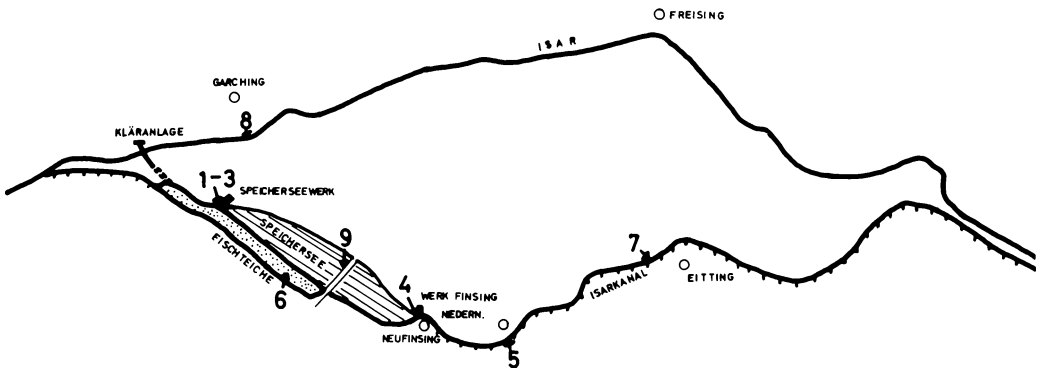


Abb. 1: Skizze der Probenahmestellen

- 1 Isar Oberwasser
- 2 Abwasser
- 3 Mischwasser (nach Turbinendurchfluß)
- 4 Speichersee Ende (Finsing)
- 5 Isarkanal (Niederneuching)
- 6 Abfluß Fischteiche
- 7 Isarkanal (Eitting)
- 8 Isar Oberwasser (Garching)
- 9 Speichersee (Mitteldamm)

Unser Untersuchungsprogramm enthält neben Keimzahlbestimmungen in 14tägigem Rhythmus Floraanalysen, bei denen in 6wöchigem Abstand von mindestens 5 Probenahmestellen je 100 Keime nach statistischen Methoden von dem Vollmedium (Eugon Agar, BBL) isoliert werden. Die Isolate werden nach dem in Abb. 2 gezeigten Schema grob differenziert.

Neben der Gramfärbung, dem Cytochromoxidase-Test, dem Katalase-Test, der O<sub>2</sub>-Abhängigkeit des Wachstums (O/F-Test) und der Säurebildung aus Glucose wurde von allen Isolaten noch das mikroskopische Bild ermittelt.

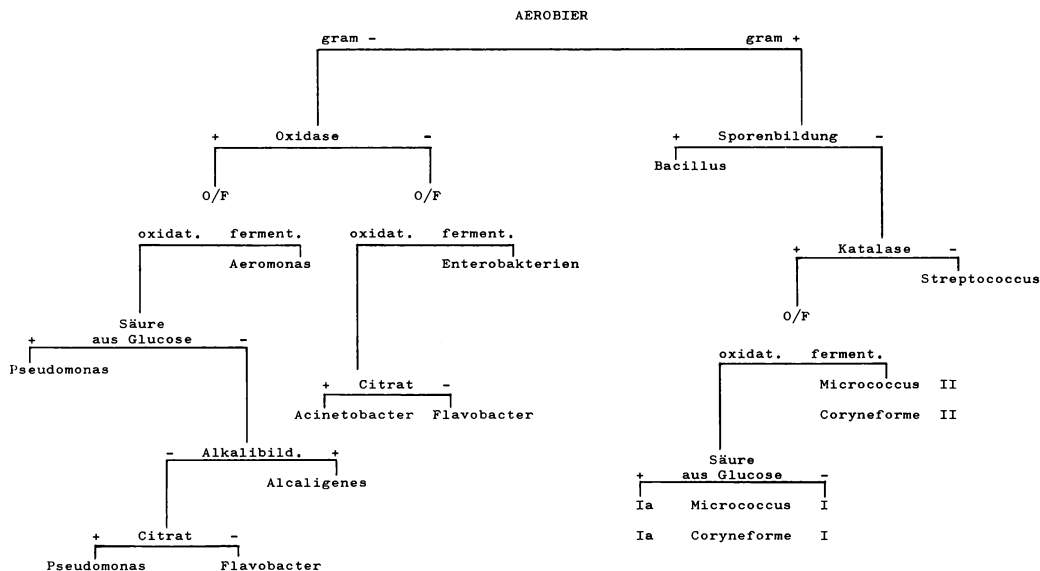


Abb. 2: Differenzierungsschema der wichtigsten Keimgruppen  
Die Morphologie der Bakterien ist hier (mit Ausnahme der Sporenbildung) nicht berücksichtigt.

### 3. Ergebnisse

Von den 3500 Isolaten, die wir bisher grob differenziert haben, ist die überwiegende Mehrheit Gram-negativ. Mit Ausnahme des Abwassers, wo 30% der isolierten Keime Gram-positiv sind, übersteigt ihr Anteil an der Flora die 10%-Grenze nicht. Die Keimzahlen der häufigsten Gram-negativen heterotrophen Bakterien verhalten sich proportional zur Gesamtkeimzahl. Neben den in Abb. 3 gezeigten Gruppen fanden wir noch Vertreter der Gattung *Alcaligenes* und seit Frühjahr auch noch Flavobakterien. Sie machen im Isarwasser und am Ende des Speichersees bis zu 15% der Flora aus.

Im Abwasser zeigt sich, wie nicht anders zu erwarten, eine völlig andere Forzasammensetzung. So übersteigt hier im Gegensatz zum Isarwasser der Anteil der Aeromonaden den der Enterobakterien. Außerdem sticht der überragende Anteil von Keimen der Gattung *Acinetobacter* hervor. Liegen die *Acinetobacter*-Keimzahlen im Isarwasser noch dicht bei denen der Pseudomonaden, so steigen sie im Abwasser auf den dreifachen Pseudomonaden-Wert an.

Dieses Ungleichgewicht bleibt beim Wasserdurchsatz durch den Speichersee, also dort, wo die allochthone Belastung mit organischem Material hoch ist, erhalten. Erst am Ende des Speichersees nähern sich die Zahlensummen beider Keimgruppen wieder. Die Dominanz der Keime aus der Gattung *Acinetobacter* im Abwasser ist so groß, daß bei einzelnen Analysen über 50% der isolierten Keime dieser Gattung angehörten. Die Flavobakterien dagegen gehen im Abwasser auf unter 2% zurück.

Evidente Unterschiede stellen sich bei der Zusammensetzung der Enterobakterien heraus. Im Isarwasser sind nur 3% der Enterobakterien echte Fäkalcoli (*Escherichia coli*), im Abwasser dagegen über 12%. Das Verhältnis *E. coli* zu Enterobakterien wird im Verlauf der untersuchten Fließstrecke sukzessive kleiner (Abb. 4), am Ende sind weniger als 3% der Enterobakterien echte Fäkalcoli.

Ähnliche Verhältnisse erbrachten Untersuchungen an Baggerseen unterschiedlichen Trophiegrades (THURNER 1975). Dort konnte in eutrophen Seen ein 4fach höherer *E. coli*-Anteil als in nicht verunreinigten Seen nachgewiesen werden.

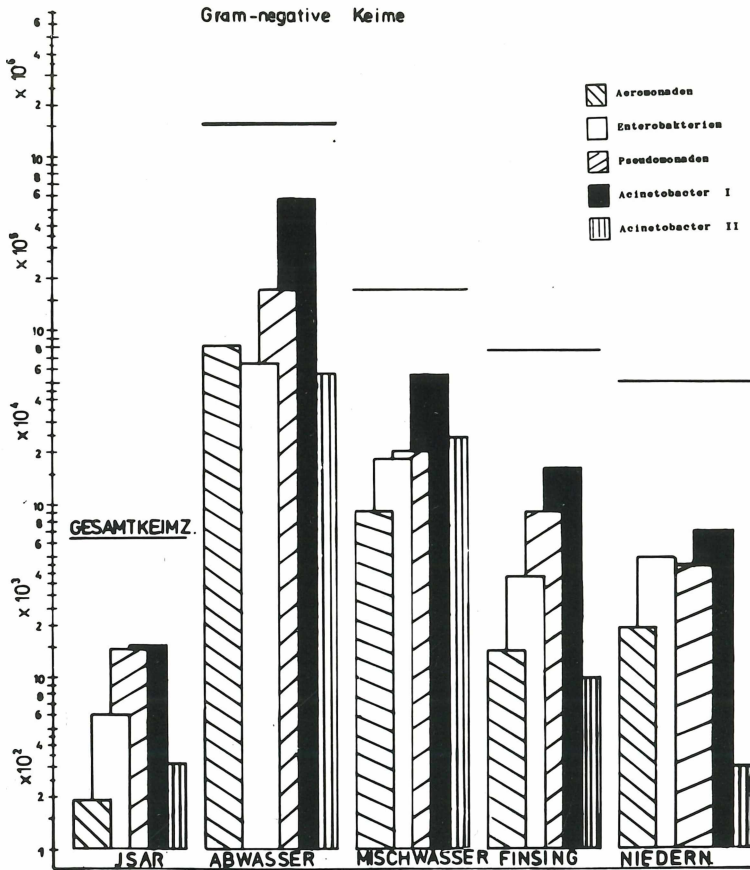


Abb. 3: Geom. Mittelwerte der häufigsten Gram-negativen Bakterien (mit fließender Welle).

Die Enterobakterien unterliegen jahreszeitlichen Schwankungen. In den Wintermonaten konnten wir deutlich mehr Enterobakterien finden als im Sommer, und zwar an allen untersuchten Stellen. Der Coli-Titer hingegen fällt im Sommer höher aus als im Winter. Das heißt, daß der prozentuale Anteil der Fäkalcoli im Sommer höher ausfallen muß als im Winter.

Auch die Keimzahlen der dominierenden Gram-positiven Bakterien - hier fanden wir in erster Linie coryneforme Keime und Mikrokokken - entsprechen der Gesamtkeimzahl (Abb. 5).

Eine Differentialdiagnostic der Coryneformen, in denen die Gattungen *Arthrobacter*, *Brevibacterium*, *Corynebacterium*, *Cellulomonas* und *Microbacterium* zusammengefaßt sind, ist mit heutigen Mitteln noch nicht möglich.

#### 4. Diskussion

Ein Vergleich unserer Ergebnisse mit physikalisch-chemischen Daten ergibt eine Übereinstimmung im Kurvenverlauf für den organischen Kohlenstoff (TOC) mit der Gesamtkeimzahl und somit auch mit den Verlaufskurven der dominierenden Gram-negativen und Gram-positiven Keimgruppen. Auch im Vergleich mit der O<sub>2</sub>-Versorgung läßt sich diese Tendenz erkennen. Die Sauerstoffversorgung verschlechtert sich bedingt durch den Abwasserzufluß und die damit verbundenen Mineralisationsprozesse des organischen Materials im Speichersee. Erst am Ende des Sees und im daran anschließenden Kanal kommt es zu einer Verbesserung der O<sub>2</sub>-Versorgung.

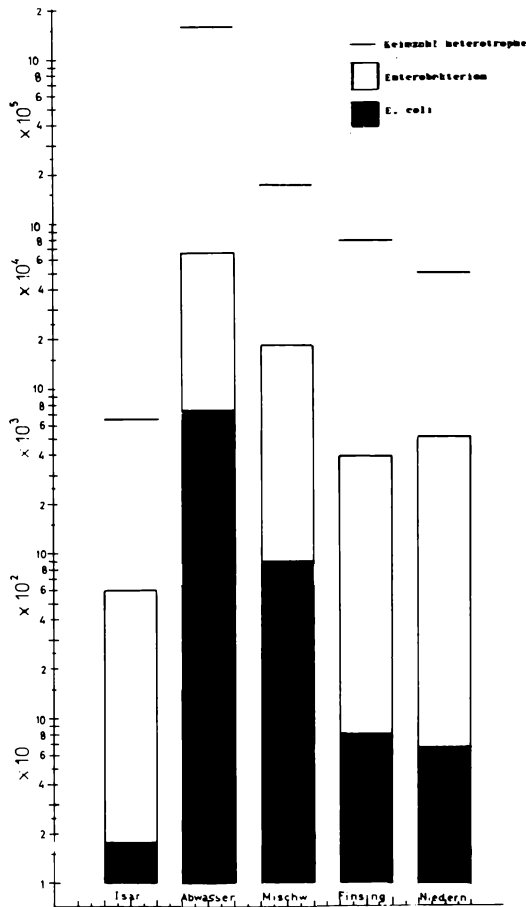


Abb. 4: Verhältnis von *E. coli* zu Enterobakterien (jeweils geom. Mittelwerte)

Die Selbstreinigung dokumentiert sich neben der Veränderung chemisch-physikalischer Parameter auch in der Bakteriologie des Speichersees. Im unbelasteten Isarwasser finden wir ein größeres Spektrum von verschiedenen Gattungen als im Abwasser. Außerdem liegen die grob differenzierten Keimgruppen zahlenmäßig enger beisammen als im Abwasser, wo eine klare Dominanz bestimmter Keime ausgebildet ist. Floraverschiebungen ähnlicher Art konnten auch in anderen mit kommunalen Abwässern belasteten Oberflächengewässern gefunden werden, insbesondere der Anstieg der nicht säurebildenden Formen von *Acinetobacter* nach einer Abwassereinleitung.

Die vorliegende Untersuchung deutet an, daß zwischen dem ökologischen Zustand eines Oberflächenwassers und der Flora der aeroben heterotrophen Bakterien Zusammenhänge bestehen. Die Bakterienanalytik ist demnach als Nachweismethode für den Verschmutzungsgrad eines Gewässers geeignet. Es bedarf aber noch der Charakterisierung der originären Bakterienflora, um für verschiedene Ökotope bestimmte "Leitformen" benennen zu können. Eine unabdingbare Voraussetzung hierzu ist die intensive taxonomische Bearbeitung der im Wasser vorkommenden Bakterien. Denn trotz einiger Versuche, beispielsweise bei den Coryneformen (SEILER u. BUSSE 1977) oder bei *Acinetobacter* (PAGEL u. SEYFRIED 1976), deren taxonomisch gesicherter Nachweis für die ökologische Beurteilung eines Gewässers von Bedeutung ist, läuft man bei der Erstellung von Floraanalysen Gefahr, daß in den grob differenzierten Gattungen noch verwandte Arten mitrepräsentiert sein können.

Der nächste Schritt muß die Entwicklung einer praktikablen Routinediagnostik sein, ohne die es nur schwer möglich sein wird, die ökologische Signifikanz verschiedener Keimgruppen in der Praxis problemlos zu charakterisieren.

Die Arbeit wurde gefördert vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen.

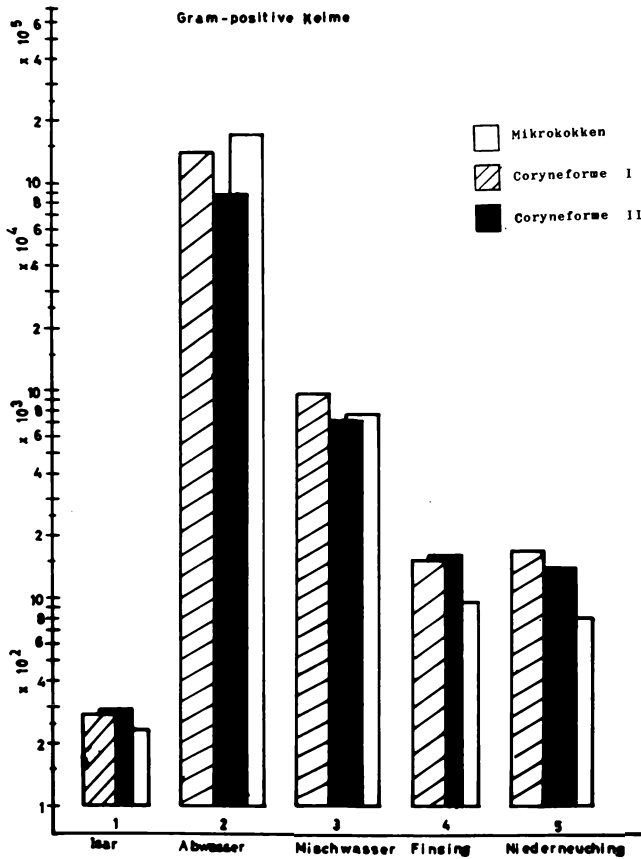


Abb. 5: Geom. Mittelwerte der häufigsten Gram-positiven Bakterien (mit fließender Welle).

#### Literatur

- PAGEL J.E., SEYFRIED P.L., 1976: Numerical taxonomy of aquatic *Acinetobacter* isolates. J. gen. Microbiol. 95: 220-232.
- POKORNY J., 1971: Die Dynamik und morphologische Charakteristik der Bakterien des Titisees im Jahreszyklus. Arch. Hydrobiol. Suppl. 38(3): 336-352.
- SCHEGG E., RUSCHKE R., 1967: Beitrag zur Bakterienökologie einiger Seen des Schwarzwaldes und der Schweiz. Schweiz. Z. Hydrol. 32: 192-213.
- SEILER H., BUSSE M., 1977: Taxonomic studies on gram-positive coryneform bacteria from dairy waste water. Milchwissenschaft 32: 525-530.
- THURNER K., 1975: Taxonomie und Ökologie der Enterobakterien aus Oberflächenwasser. Diss. TU München.

#### Adressen

Dipl.-Biol. Wolfgang Jung  
 Dr. Klaus Thurner  
 Bakteriologisches Institut  
 Südd. Versuchs- u. Forschungsanstalt f. Milchwirtschaft  
 D-8050 Freising-Weihenstephan

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1978

Band/Volume: [7\\_1978](#)

Autor(en)/Author(s): Jung Wolfgang, Thurner Klaus

Artikel/Article: [Die aerobe Bakterienflora in einem abwasserbelasteten Speichersee 291-295](#)