

# Untersuchungen über das Vorkommen von Myxobakterien in der Donau und deren Bedeutung bei der biologischen Selbstreinigung des Wassers \*)

W. KRUCSAY

## Inhalt

	Seite
1 Einleitung	26
2 Probenentnahme	27
3 Untersuchungen über das Vorkommen von Myxobakterienarten	28
3.1 <i>Sporocytophaga myxococcoides</i>	28
3.2 <i>Chondrococcus columnaris</i>	28
3.3 <i>Cytophaga succinicans</i>	29
3.4 <i>Sporocytophaga cauliformis</i>	29
3.4.1 Beschreibung des Keimes	29
3.4.2 Bedeutung für die biologische Selbstreinigung	30
3.4.2.1 Abbau von Kohlehydraten	30
3.4.2.2 Abbau von Eiweiß	32
3.4.2.3 Lysis abgetöteter Organismen	33
3.4.2.4 Verhalten gegenüber lebenden Organismen	34
3.4.3 Zahlenmäßige Verteilung während eines Jahres in der Donau	
3.4.3.1 Im mäßig verunreinigten Donauwasser bei der Nußdorfer Autobahnbrücke	35
3.4.3.2 Im stark verunreinigten Donaukanal bei der Stadionbrücke	35
4 Zusammenfassung	37

\*) Herrn Hofrat Prof. Dipl.-Ing. Dr. R. LIEPOLT und Herrn Tzt. Dr. W. KOHL möchte ich für die wohlwollende Unterstützung bei meiner Arbeit herzlich danken.

## 1 Einleitung

Die meisten Myxobakterienarten kommen im Boden, Mist und auf faulendem Holz vor und zeichnen sich allgemein durch besondere zellulolytische Eigenschaften aus (BAUER 1905, QUEHL 1906, JAHN 1924, KRZEMIE-NIEWSKI 1926, 1927, 1928, 1933 und SINGH 1947). — HUMM (1964), STARR und ORDAL (1953) und VELDKAMP (1961) fanden halophile, im Meerwasser vorkommende Keime, die zum Abbau von Agar-Agar fähig sind. Über chitinzersetzende Cytophagaarten berichten STANIER (1947) und VELDKAMP (1955).

Das Verhalten von Myxobakterien zu anderen Mikroben fand ebenfalls Beachtung. FINK (1950) stellte eine bakterizide Wirkung dieser Keime fest und BEEBE (1941/42), McALLISTER und HITCHNER (1941), ÖTKER (1953) und MEYER-PIETSCHMANN (1956) beobachteten, daß Myxobakterien eine Lysis von Algen, Hefen und Eubakterien bewirken können. In den Wirkungsbereich der Myxobakterien gelangende Eubakterien werden nach OXFORD und SINGH (1946), SINGH (1947) durch ein Antibiotikum abgetötet und durch proteolytische Fermente gelöst.

Über das Vorkommen eines Myxobakteriums im Süßwasser berichtete erstmals GEITLER (1924). Dieser Keim dringt in Schwärmen in *Chladophora*-Fäden ein und zerstört sie. DAVIS (1922) fand in den Wunden hautkranker Warmwasserfische des Mississippiales fruchtkörperbildende Keime, die er als fischpathogen erkannte. ORDAL und RUCKER (1944) gelang die Isolierung und Reinzüchtung von *Chondrococcus columnaris*. Diese Art wurde eingehend untersucht (GARNJOBST, 1945) und bisher eindeutig nur in Amerika festgestellt (ANACKER, 1956). In englischen Gewässern traten 1968 wohl größere Fischsterben auf, die auf Grund der Symptome auf eine *Columnaris*-Infektion hindeuteten. Eine genaue Identifizierung der Keime war jedoch nicht möglich (mündliche Mitteilungen des „Metrop. Waterboard“).

*Sporocytophaga myxococcoides*, ein viel beschriebener häufig im Boden vorkommender Keim, wurde von OSTERTAG (1950) auch im Wasser entdeckt und von ihm als bedeutender Zersetzer hochpolymerer Verbindungen im Abwasser beschrieben (1955).

Bei der Untersuchung verletzter Fische fanden ANDERSON und ORDAL (1961) *Cytophaga succinicans*, einen Saprophyten, der auch in freiem Wasser oft nachgewiesen wurde.

In Trinkwasserproben fand GRÄF (1962) eine neue Art von Myxobakterien. BAUER (1962) isolierte ebenfalls einen neuen Keim dieser Gruppe, der sich jedoch als identisch mit der vorhin genannten Art erwies. In der weiteren Folge befaßten sich GRÄF und STÜRZENHOFECKER (1965 a) mit

der Ökologie von *Sporocytophaga cauliformis* im Bodensee. Sie versuchten diese Keime auf Grund ihrer unterschiedlichen biochemischen Aktivität als einen weiteren Eutrophierungsindikator heranzuziehen (1965 b). GRÄF und SUKATSCH (1965) gelang es, aus mehreren Stämmen ein sehr wirksames Antibiotikum zu isolieren.

Die ausgeprägte enzymatische Aktivität der Myxobakterien sowie ihr Vorkommen im Süßwasser waren der Anlaß für meine Untersuchungen. Es sollte geprüft werden, ob diese Keime in der Donau vorkommen und welche Bedeutung ihnen beim Abbau organischer Substanzen und bei der Beseitigung pathogener Keime zukommt. Außerdem war ihr zahlenmäßiges Auftreten von Interesse sowie der Einfluß größerer Verunreinigungen mit städtischem Abwasser.

Limnologische Untersuchungen im österreichischen Donauabschnitt führten BRUNNTHALER (1900), SCHALLGRUBER (1943) und STUNDL (1951) durch. HEIDER (1893) und BRENZINA (1906) befaßten sich mit dem Einfluß der Abwässer Wiens auf die Donau und der biologischen Selbstreinigung des Stromes. Seit 1956 erfolgt eine systematische Untersuchung der österreichischen Donaustrecke durch die Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung, deren letzte Ergebnisse in dem monographischen Werke „Limnologie der Donau“ (LIEPOLT, 1966) veröffentlicht sind.

### Pr o b e n e n t n a h m e

Um den Einfluß großer Abwassermengen — im gegebenen Fall die der Stadt Wien — auf Myxobakterien feststellen zu können, wurden Reinwasserproben im Norden Wiens bei der Nußdorfer Autobahnbrücke (Strom-km 1932,6) und Schmutzwasserproben bei der Stadionbrücke des Donaukanals beschafft. Die Probenentnahmen erfolgten in Querprofilen von den Brücken aus in Abständen von einigen Metern, und zwar aus einer Tiefe von ungefähr 40 cm. Die verschlossenen Glasflaschen wurden in einer Kühltasche möglichst rasch ins Labor gebracht. Um jahreszeitlich- und temperaturbedingte Keimzahl-schwankungen miterfassen zu können, erfolgten die Probenentnahmen in Abständen von zirka zwei bis drei Wochen über den Zeitraum von einem Jahr.

Für Untersuchungen über das Vorkommen von *Chondrococcus columnaris* wurden in erster Linie Fische als Untersuchungsobjekte herangezogen, und zwar Rotfedern, Forellen, Barben, Karpfen und Brachsen. Diese entstammten der Donau bzw. mit Donauwasser gespeisten Freilandbecken und Leitungswasser führenden Aquarien.

### 3 Untersuchungen über das Vorkommen von Myxobakterienarten

#### 3.1 *Sporocytophaga myxococcoides*

Das Prinzip sämtlicher Anreicherungsverfahren für zelluloseabbauende Myxobakterien beruht darauf, daß einer anorganischen Mineralsalzlösung ein Polysaccharid, meist in Form von Filterpapier, als Energiequelle beigefügt wird.

Die Suche nach *Sp. myxococcoides* erfolgte nach folgenden Methoden:

In Eprouvetten mit 10 ml steriler anorganischer Nährlösung wurden sterile Filterpapierstreifen getaucht.

Wie vorhin, nur zusätzliche Beigabe von 0,1 % Hefeextrakt, was nach OSTER-TAG (1952) die Pigmentausbildung und das Wachstum der Myxobakterien erhöht, andererseits jedoch auch die Begleitorganismen fördert.

3. Um den streng aeroben Keimen eine möglichst große Berührungsfläche mit dem Luftsauerstoff zu ermöglichen, wurde in Petrischalen eine größere Anzahl steriler Glaskugel gelegt und die Nährlösung nur so hoch eingefüllt, daß der obere Teil der Kugeln darüber hinausragte. Die daraufgelegte Filterpapierscheibe stand fast zur Gänze mit der Luft in Berührung.
4. Auf Mineralbasen getränkte Silica-Gel-Platten wurden Filterpapierscheiben aufgelegt; sie erlauben nach WINOGRADSKY (1929, 1932) gutes Wachstum von zelluloseabbauenden Mikroben.

Die verwendeten anorganischen Nährlösungen wurden nach HUTCHINSON und CLAYTON (1919), WAKSMAN und CAREY (1926), STANIER (1942) und nach FAHREAU (1947) zubereitet. Die Beimpfung erfolgte in Eprouvetten bzw. Schalen mit einer entsprechenden Menge des zu untersuchenden Wassers und die Bebrütung bei 28 °C. Bei Anwesenheit von zelluloseabbauenden Myxobakterien kommt es bekanntlich zu Gelbfärbung des Papiers mit anschließendem Zerfall der Zellulosefaser, wobei an diesen Stellen starke Schleimbildung zu beobachten ist.

Ab dem vierten Tag erfolgte eine regelmäßige Kontrolle sämtlicher Versuche. Es konnte jedoch nie *Sp. myxococcoides* gefunden werden.

#### 3.2 *Chondrococcus columnaris*

Von den zur Untersuchung gelangenden Fischen wurden von den äußerlich krank oder verletzt scheinenden Stellen Abstriche gemacht oder ganze Gewebestücke entnommen und auch von inneren Organen die Isolierung des Keimes versucht. Teile der Gewebe wurden auf sterile Objektträger gebracht, mit einem Tropfen sterilen Wassers bedeckt, in eine Petrischale gegeben und bei

20 °C bzw. 27 °C aufbewahrt. Im Stereomikroskop erfolgte die Untersuchung auf eventuell anwesende Chondrococcen, die an einer Fruchtkörperbildung zu erkennen sind. Abstriche vom Untersuchungsmaterial wurden auch auf feste Nährböden überimpft, ferner Gewebestückchen in sterilen Flaschen mit physiologischer Kochsalzlösung durchgeschüttelt und die so erhaltenen Bakterien-suspensionen in Petrischalen ausgestrichen.

Zur Anwendung gelangten Nährböden nach ANACKER und ORDAL (1959) und nach ORDAL und RUCKER (1944). Auf diesen Substraten wurden auch Wasserproben der Donau und verschiedener Aquarien untersucht, um frei im Wasser lebende Chondrococcen erfassen zu können. Die Bebrütung erfolgte bis zu sieben Tagen bei einer Temperatur von 20 °C bis 22 °C bei täglicher Kontrolle der aufwachsenden Kolonien. Ein Nachweis der Spezies *Ch. columnaris* konnte nicht erbracht werden.

### 3.3 *Cytophaga succinicans*

ANDERSON und ORDAL (1961) züchteten *C. succinicans* auf dem sogenannten *Cytophaga*-Agar. Die Suche nach dieser Keimart wurde daher auf den gleichen Nährböden durchgeführt, die auch zur Untersuchung auf das Vorkommen von *Chondrococcus columnaris* dienten. Auf diesen Medien waren zwar einige Kolonien, die einen schmalen, aber dicken Schwärmsaum bildeten, sich jedoch immer als *Sporocytophaga cauliformis* entpuppten.

### 3.4 *Sporocytophaga cauliformis*

Zur Isolierung dieser Keime wurden von den Wasserproben Verdünnungen hergestellt, auf Moutonagarplatten (GRÄF und STÜRZENHOFECKER, 1964) ausgestrichen und vier Tage bei 20 °C bebrütet.

#### 3.4.1 Beschreibung des Keimes

*Sp. cauliformis* bildet auf nährstoffarmen festen Medien (*Moutonagar*) Kolonien mit einem gelblich-schleimigen Zentrum und einem hauchdünnen Schwärmsaum. Die einzelnen Keime weisen die für Myxobakterien typischen Eigenschaften, wie kriechend-gleitende Fortbewegung ohne feststellbare Geißel, Flexibilität und charakteristischen Entwicklungszyklus auf (GRÄF und STÜRZENHOFECKER, 1964).

### 3.4.2 Bedeutung für die biologische Selbstreinigung

Die Nachlieferung an organischem Material erfolgt in naturbelassenen Gewässern vorwiegend durch die Umwandlung mineralischer Substanz in organische, wozu hauptsächlich die grünen Pflanzen befähigt sind (KUSNEZOW, 1959). In der Donaustrecke unterhalb von Wien und ganz besonders im Donaukanal hingegen überwiegt weitestgehend die allochthone organische Substanz, die durch städtische Abwässer eingebracht wird. Durch die biochemische Aktivität aller Lebewesen unterliegen sie einem Abbau, wobei immer einfachere Bausteine entstehen.

Die Feststellung des Anteils von *Sp. cauliformis* an diesem Reinigungsprozeß im Wiener Donauraum war Gegenstand der folgenden Untersuchungen.

#### 3.4.2.1 Untersuchungen über den Abbau von Kohlehydraten durch *Sp. cauliformis*

##### Zellulose

In den Strom gelangen durch Abwässer erhebliche Mengen von Zellulose, die teilweise in relativ reiner Form in den Papierresten vorliegt. In pflanzlichen Abfallprodukten bildet sie die Hauptmasse der faserigen Bestandteile. Sie gelangt ferner durch Fäkalien und Gewebe in den Vorfluter. Bei der Überprüfung der Fähigkeit zur Zellulosespaltung von *Sp. cauliformis* wurden sowohl mit anorganischen Lösungen getränkte Silica-Gel-Platten nach WINOGRADSKY (1929, 1932) als auch Moutonagarplatten mit aufgelegten Filterpapierscheiben herangezogen. In keinem Falle konnte eine Zellulosedestruktion festgestellt werden.

##### Chitin

In den Exoskeletten von Crustaceen und Insekten, in der Gerüstsubstanz von Pilzen sowie in den Zellwänden von Bakterien findet sich Chitin. Es ist als autochthones Produkt des jeweiligen Gewässers zu betrachten. Die Techniken von STANIER (1947), VELDKAMP (1955) und REYNOLDS (1954) zur Prüfung der Chitinolyse basieren auf dem Prinzip, einer Mineralsalzbase Chitin als Stickstoff- und Kohlenstoffquelle beizufügen. Chitinasen bewirken eine Hydrolyse der Chitinpartikelchen, was sich in einer Aufhellungszone im Nährboden äußert. Im vorliegenden Fall war jedoch kein Stamm in der Lage, Chitin anzugreifen.

## Stärke

Durch einige lebensmittelverarbeitende Industriezweige und Küchenabfälle gelangt Stärke in die Donau. Das Vermögen der isolierten Keime zur Bildung diastatischer Enzyme wurde nach der Methode von LEVINE (1918) untersucht und erbrachte in sämtlichen Fällen ein negatives Ergebnis.

## Zucker

Dieser ist im Wasser gut löslich und in erster Linie in den Abwässern von Zuckerfabriken enthalten, von denen es im Raume Wiens allerdings keine gibt. In geringen Mengen kommen verschiedene Zuckerarten vor allem in den pflanzlichen Produkten der Küchenabfälle vor. Die im Abwasser vielfach anzu-treffende Stärke liefert bei ihrem Abbau ebenfalls Zucker.

Zur Fermentationsprüfung gelangten phenolrotversetzte einprozentige Peptonwasserlösungen, denen der jeweils zu untersuchende Zucker beige-fügt wurde. Die Abimpfung erfolgt immer mit der selben Menge einer 48 Stunden alten Bouillonkultur und die Inkubation bei 4 °C (untere Wassertemperatur der Donau) und bei 20 °C (gelegentliche Höchsttemperatur der Donau).

Die Säurebildung, die ohne Gasbildung verlief, setzte im positiven Fall meist zwischen dem 2. und 4. Tag ein und erreichte erst am 8. oder 9. Tag ihren Höhepunkt. Bei 4 °C war der Säuerungsverlauf anfangs geringfügig verzögert, doch war am 8., spätestens jedoch am 9. Tag der selbe Abbaugrad erreicht wie bei 20 °C.

Von den untersuchten Keimen war folgender Prozentsatz zum Abbau verschiedener Zucker fähig:

Fructose:	77,5 %	Galactose:	75,83 %	
Glucose:	75,8 %	Xylose:	74,17 %	Maltose:
Saccharose:	43,33 %	Lactose:	41,67 %	73,33 %

Rhamnose, Trehalose und Raffinose konnte von keinem der Stämme abgebaut werden.

## Alkohole

Die Untersuchungen ihrer Abbaufähigkeit wurde analog der Prüfung auf Zuckerfermentation durchgeführt. Aus Adonit konnten 25,2 % der Stämme Säure bilden, hingegen verliefen die Untersuchungen bei Mannit, Sorbit, Dulcitol und Inositol negativ.

### 3.4.2.2 Abbau von Eiweiß

Eiweißsubstanzen sind ein wesentlicher Bestandteil der pflanzlichen und tierischen Zellen. Sie gelangen in reichen Mengen als Abfallprodukt von Schlachthäusern, Küchen und Molkereien in die Donau. Die Zusammensetzung der Eiweißstoffe im Abwasser ist gemäß ihrer Herkunft von großer Mannigfaltigkeit.

Proteolytische Enzyme von *Sp. cauliformis* wurden in vorliegendem Falle auf den in der Mikrobiologie üblichen Nährböden nachgewiesen, die mit einer Öse vom Schwarmsaum (junge Keime) der Kolonien auf Moutonagar beimpft wurden.

#### Caseinogen

Caseinogen ist ein Calcium-Phosphorsäurekomplex und ist zu 2,9% in der Milch enthalten. Caseinolytische Fermente von *Sp. cauliformis* wurden auf 15% Milchagarplatten (Nährboden nach STANIER, 1947) nachgewiesen. Hierbei zeigte sich um die Kolonien bereits nach 24 Stunden ein 2 bis 4 mm breiter durchsichtiger Saum gelösten Caseins, der sich rasch vergrößerte (Bebrütungstemperatur 20 °C). Bei einer Inkubationstemperatur von 4 °C verzögerte sich der Eintritt der Hofbildung meist um einen Tag. Die Vergrößerung der Hofbildung ging bedeutend langsamer vor sich.

Alle Stämme waren zur Caseinhydrolyse befähigt.

#### Serumeiweiß

Alle untersuchten Keime bewiesen auf Löfflerserum sehr gutes Wachstum. Die Aktivität der proteolytischen Enzyme äußerte sich bereits am 3. oder 4. Tag in einem Einsinken der Kulturen im Medium und einer raschen Vergrößerung der wannenförmigen Vertiefungen. Die Kolonien, die mit dem verflüssigten Substrat vermengt waren, bildeten eine stark schleimige Masse. Bei 4 °C war die Proteolyse merklich verzögert oder auf ein Minimum herabgesetzt.

#### Eiklar

Nach HAUPT (1964) wird auch das Eiklar hart gekochter Eier, das in scharfkantige Würfel geschnitten und im beimpften Bouillonröhrchen inkubiert wird, zur Prüfung proteolytischer Enzyme herangezogen. In den durchgeführten Versuchen konnte während einer dreiwöchigen Bebrütungsdauer (bei 20 °C bzw. 4 °C) keiner der Stämme an den Eiweißwürfeln Veränderungen hervorrufen, die auf eine Lyse dieser Eiweißkörper deuten.

### Gelatine

Diese wird aus Sehnen, Knorpeln und Tierhäuten gewonnen. Diese Gewebe sind ein wesentlicher Bestandteil der Abfallprodukte fleischverarbeitender Betriebe, weshalb ihrer Zersetzbarkeit durch Organismen des Abwassers große Bedeutung zukommt.

Das Gelatineverflüssigungsvermögen wurde in Stichkulturen (HALLMANN, 1933), die bis vier Wochen bebrütet wurden, geprüft. 62 % aller Stämme waren in der Lage, das Substrat zu spalten, was sich in trichter- und napfförmigen Vertiefungen des Nährbodens äußerte. Bei 4 °C war der Gelatineabbau meist geringer.

### Ovalbumin

Die Abbaufähigkeit wurde auf zweiprozentigen Ovalbuminplatten getestet. Die Enzyme aller Stämme bewirkten eine intensive Zersetzung dieses Proteins.

#### 3.4.2.3 Lysis abgetöteter Organismen

Untersuchungen von Gewässern auf Keime, die gegenüber anderen Bakterien- bzw. Hefezellen lysierend wirken, wurden von BRAUSS et al. (1967) durchgeführt. Die Bedeutung, die diesen Keimen, insbesondere im Abwasser und in Kläranlagen zukommt, liegt in ihrem speziellen Beitrag zur biologischen Selbstreinigung dieser Biotope.

Die Fähigkeit andere Keime zu lösen, wurde an folgenden Keimen geprüft: *E. coli*, *Aer. aerogenes*, *Prot. rettgeri*, *Salmonella* (5 Serotypen), *Chromobact. violaceae*, *Ps. rubra*, zwei weiteren Pseudomonasarten sowie zwei Vibrioarten, die aus dem Donauwasser gezüchtet, aber nicht näher identifiziert wurden, weiters *Micrococcus citrius*, *Staphylococcus aureus* und *Bac. megaterium*, *Sporocytophaga cauliformis* sowie Mischkulturen. Außerdem wurde das Lösungsvermögen gegen einen aus dem Wasser gezüchteten Hefestamm und gewöhnliche Bäckereihefe getestet.

Von den angeführten Keimen wurden Suspensionen hergestellt, mit 1,5 % Agar versetzt, sterilisiert, in Platten gegossen und dann mit den zu testenden Myxobakterien beimpft.

Auf den Böden mit gram-negativen Keimen zeichnete sich *Sp. cauliformis* durch sehr intensives Schwärmen aus. Außer einer Pseudomonasart, die von 15 % der *Sp. cauliformis*-Stämme nicht oder nur schwach gelöst werden konnte, verursachten alle übrigen Kolonien sich rasch vergrößernde Höfe lysierter Organismen.

Von den gram-positiven Keimen konnten Mikrokokken von 23,8%, Staphylokokken von 23,8% und *Bac. megaterium* von 40% der *Sp. cauliformis*-Stämme nicht oder nur sehr schwach gelöst werden. Die Hofbildung und das Schwärmvermögen war geringer als auf den Medien gram-negativer Organismen.

Auf Nährböden von inkorporierten Mischkulturen war das Wachstum von *Sp. cauliformis* sehr gering, das typische Schwärmen sowie Ausbildung von Lysiszonen unterblieb praktisch vollständig.

Auf den beiden Hefemedien verhielten sich die Stämme ähnlich wie auf Agar mit gram-positiven Keimen. Zehn Prozent der Stämme waren nicht in der Lage, die Hefesubstanzen zu lösen.

Bei einer Temperatur von 4 °C ging die Ausbildung lysierter Zonen bedeutend langsamer vor sich. Auch der Beginn der Hofbildung war eindeutig verzögert; so trat sie im allgemeinen auf dem Substrat gram-negativer Keime um 1 bis 2 Tage, auf jenem gram-positiver und auf Hefeagar um 1 bis 3 Tage später auf.

#### 3.4.2.4 Verhalten gegenüber lebenden Organismen

Auf zweiprozentigem Wasseragar wurden Suspensionen der Alge *Chlorella* und verschiedener Enterobakterien als Futterorganismen ausgestrichen und mit dem Material von *Sp. cauliformis*-Stämmen beimpft.

Die Myxobakterien, die die geringen Nährstoffe des Agars ausnützen konnten, wuchsen zu dünnen Schwarmkolonien heran; eine Aufzehrung der lebenden „Futterorganismen“ trat jedoch nicht ein. Selbst bei Versuchen auf Silica-Gel-Platten, die frei von jeglichen Nährstoffen sind, wurden die Fremdkeime nicht angegriffen.

Die Ergebnisse zeigten, daß die Fermente von *Sp. cauliformis* nicht in der Lage sind, lebende Bakterien bzw. Algen zu lösen, wohl aber tote. Nach OXFORD und SINGH (1946) ist die Lysis von Eubakterien durch Myxobakterien wahrscheinlich erst nach dem Abtöten durch antibiotische Stoffe der letzteren möglich.

Um die etwaige Bildung von Antibiotika feststellen zu können, wurden die Cauliformisstämme auf Mouton- und Glucoseagarplatten (Methode „Agarquerstrichetest“) gegen die bereits erwähnten Testorganismen geprüft. In keinem der Fälle war auch nur die geringste Wachstumshemmung zu erkennen.

#### 3.4.3 Die zahlenmäßige Verteilung während eines Jahres

Die in diesem Kapitel angeführte Gesamtkeimzahl gilt für jene Menge von Keimen, die sich in 4 Tagen bei 20 °C auf Moutonagar entwickeln konnten.

### 3.4.3.1 Im mäßig verunreinigten Donauwasser bei der Nußdorfer Autobahnbrücke (Abbildung 1)

Die Zahl der Myxobakterien stieg mit Beginn der wärmeren Jahreszeit stark an, allerdings weniger als die der übrigen Keime. Ihr prozentueller Anteil ist deshalb relativ gering. Wenn die Gesamtkeimzahl sinkt, fällt auch die Zahl der Myxobakterien, doch steigt ihr relativer Anteil stark an. In der Zeit des Jahresbeginns sinkt sowohl die Kurve der absoluten als auch jene der relativen Werte ab.

### 3.4.3.2 Im stark verunreinigten Donaukanal bei der Stadionbrücke (Abbildung 2)

In diesem stark eutrophen Gewässer bewirken geringe Temperaturerhöhungen ein Emporschnellen der Gesamtkeimzahl und der Myxobakterienzahl; der relative Wert sinkt hingegen bis auf ein gewisses Niveau, welches praktisch während der gesamten wärmeren Monate beibehalten wird.

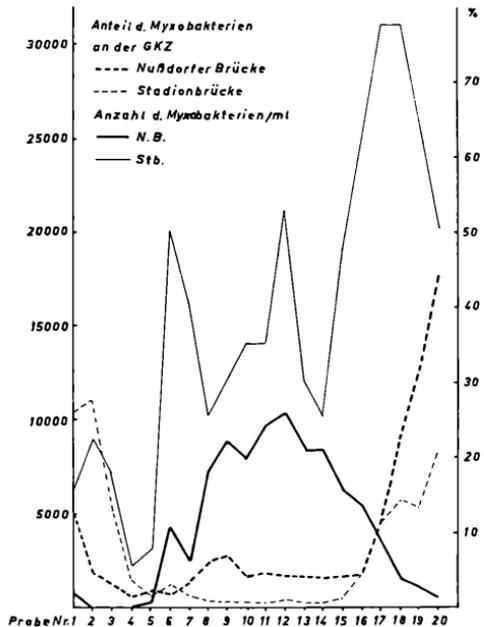


Abbildung 1  
 Zahl der Myxobakterien und deren Anteil an der Gesamtkeimzahl im mäßig verunreinigten Donauwasser

Gegen Jahresende steigt die Kurve des Myxobakterienanteiles stark an. Im Gegensatz zur graphischen Darstellung „Donau — Nußdorfer Autobahnbrücke“ erhöht sich auch die absolute Zahl der Myxobakterien; der Grund liegt wahrscheinlich im großen Nährstoffreichtum des Donaukanals. Gegen April sinken die Kurven des absoluten und relativen Wertes wieder ab.

Ein Vergleich der Kurven (absoluter und relativer Wert der Myxobakterien) der beiden Entnahmestellen zeigt, daß während der Kälteperiode die relativen Werte der Myxobakterien im eutrophen Gewässer höher liegen. In der wärmeren Periode, wo die großen Werte der Gesamtkeimzahlen zu finden sind, liegen die Verhältnisse umgekehrt.

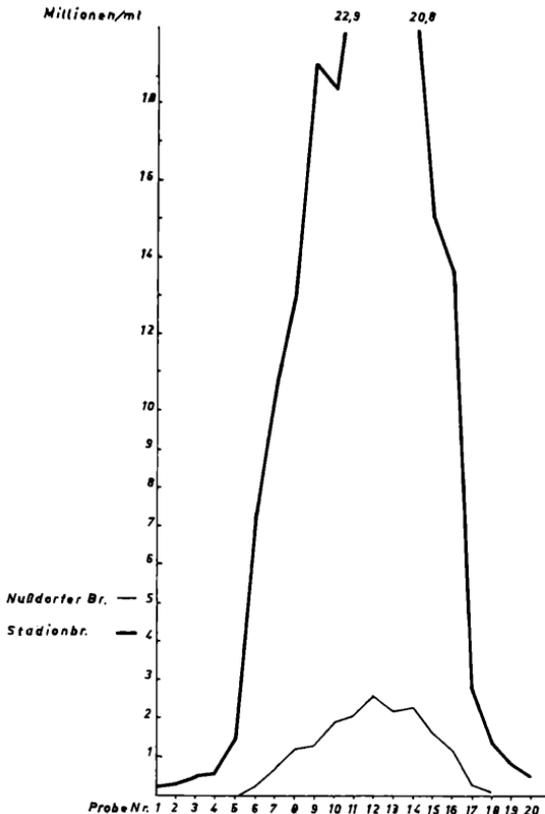


Abbildung 2  
Zahl der Myxobakterien  
im stark verunreinigten  
Donaukanal

Der jahreszeitliche Kurvenverlauf der Gesamtkeimzahl eines natürlichen Sees, wie ihn KUZNEZOW (1959) darstellte, weicht von jenem der Donau bzw. des Donaukanals ab. Bei letzterem ist der Nährstoffgehalt sicherlich primär durch Abwässer bedingt und dürfte daher ziemlich konstant sein. Änderungen der Gesamtkeimzahl werden hier in erster Linie durch Temperaturveränderungen verursacht (Abbildung 2).

Die Ermittlung eines Eutrophierungsquotienten, wie ihn GRÄF und SUKATSCH (1965) anregten, erschien unmöglich, da zu wenig katalase-negative Stämme (13 aus dem Reinwasser und 16 aus dem Schmutzwasser isoliert) gefunden werden konnten. Möglicherweise sind die geänderten Bedingungen des Fließwassers die Ursache.

#### 4 Zusammenfassung

Aus der Donau bzw. dem Donaukanal konnte eine Art von Myxobakterien, nämlich *Sporocytophaga cauliformis*, gefunden werden. Die Suche nach *Sp. myxococcoides*, *Chondrococcus columnaris* und *Cytophaga succinicans* verlief hingegen negativ. Bei den isolierten Keimen ist die Fähigkeit zur Eiweißspaltung gut ausgeprägt und es kommt ihnen daher bei der biologischen Selbstreinigung des Wassers eine besondere Bedeutung zu. Dank ihrer proteolytischen Enzyme sind sie meist in der Lage, abgetötete Eubakterien und Hefen zu lysieren. Antibiotische Aktivität fehlt den Keimen; eine Abtötung von lebenden Fremdorganismen ist daher nicht möglich, weshalb deren Lysis unterbleibt.

#### Literatur

- ANACKER, R. L. (1956), zit. KÜHLWEIN und REICHENBACH, 1964.  
 ANACKER, R. L., ORDAL, E. J. (1959): *Chondrococcus columnaris*. — J. Bact., 78 25.  
 ANDERSON, R. L., ORDAL, E. J. (1961): *Cytophaga succinicans* sp. n., a facultatively anaerobic, aquatic myxobacterium. — J. Bact., 81 130.  
 BAUER, L. (1962): Untersuchungen an *Sphaeromyxa xanthochlora*, einer auf Tropfkörper vorkommenden Myxobakterienart. — Arch. Hyg., 146 392.  
 BAUR, E. (1905): Myxobakterien-Studien. — Arch. Protistenkunde, 5 92.  
 BEEBE, J. M. (1941/42), zit. ÖTKER, 1953.  
 BRAUN, A. C., ELROD, R. P. (1946): Stages the life history of *Phytomonas tumefaciens*. — J. Bact., 52 : 695.  
 BRAUSS, F. W., HEYNE-KATZENBERGER, J., PECH, H., BARTH, H. (1967): Beiträge zur Mikrobiologie der Binnengewässer (I). — Arch. Hyg., 150, 7/8 716–724.

- BRENZINA, H. (1906): Die Donau vom Leopoldsberg bis Preßburg, die Abwässer der Stadt Wien und deren Schicksal nach ihrer Einmündung in den Strom. — Z. Hyg., 53 112—134.
- BRUNNTHALER, J. (1900) Das Phytoplankton des Donaustromes bei Wien. — Verh. zool. bot. Ges. Wien, 50 308—327.
- DAVIS (1922), zit. GARNJOBST (1945).
- FAHRAEUS, G. (1947): Studies in aerobic cellulose decomposition by cytophaga. — Symbol. Bot. Uppsalienses IX, 2, Uppsala.
- FINK, G. (1950): Biologische und stoffwechselfysiologische Studien an Myxococcaceen. — Arch. Mikrobiol., 15 358—388.
- GARNJOBST, L. (1945) *Cytophaga columnaris* (DAVIS) in pure culture: Myxobacterium pathogenic to fish. — J. Bact., 49 113.
- GEITLER, L. (1924): Über *Polyangium parasiticum* n. sp., eine submerse, parasitische Myxobakterie. — Arch. f. Protistenkunde, 50 67.
- GRÄF, W. (1962): Über Wassermixobakterien. — Arch. Hyg., 146 114—125.
- GRÄF, W., STÜRZENHOFECKER, P. (1964): Biologie und Vorkommen von aeroben Wassermixobakterien (*Sp. cauliformis*) im Bodensee. — Arch. Hyg., 148 79—96.
- (1965 a): Über die Ökologie von Wassermixobakterien (*Sp. cauliformis*) im Bodensee. — Arch. Hyg., 149 256—265.
- (1965 b): Myxobakterienquotient als Eutrophierungsindikator bei Oberflächengewässern. — Arch. Hyg., 149 265—273.
- GRÄF, W., SUKATSCH, D. (1965): Wassermixobakterien (*Sp. cauliformis*) und ihr antibiotischer Wirkstoff. — Arch. Hyg., 149 : 694—707.
- HALLMANN, L. (1953): Bakteriologische Nährböden. — Georg Thieme-Verlag, Stuttgart.
- HAUPT, H. (1964): Medizinisch-bakteriologische Diagnostik. — Ferdinand Enke-Verlag, Stuttgart.
- HEIDER (1893): Untersuchungen über die Verunreinigung der Donau durch die Abwässer der Stadt Wien. — Das österr. Sanitätswesen.
- HUTCHINSON, H., CLAYTON, J. (1919), zit. OSTERTAG, 1955.
- JAHN, E. (1924): Beiträge zur botanischen Protistologie: Die Polyangiden. — Leipzig.
- KRZEMIENIEWSKA, H. (1926, 1927, 1928), zit. KÜHLWEIN, H. und REICHENBACH, H.: Anreicherung und Isolierung von Myxobakterien. — Zbl. Bakt. I, Supplementheft 1, Anreicherungskultur und Mutantenauslese, 57—80 (1965).
- (1933): *Cytophaga myxococcoides*. — Arch. Mikrobiol., 4 400.
- KÜHLWEIN, H., REICHENBACH, H. (1965): Anreicherung und Isolierung von Myxobakterien. — Zbl. Bakt. I, Supplementheft 1, Anreicherungskultur und Mutantenauslese, 57—80.
- KUSNEZOW, S. J. (1959): Die Rolle der Mikroorganismen im Stoffkreislauf der Seen. — VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin.
- LAUTERBORN, R. (1911): Die biologische Selbstreinigung unserer Gewässer. — Verh. d. naturk. Ver. d. preuß. Rheinlande und Westfalens, 68 473—487.
- LEVINE, zit. HAUPT, 1964.
- LIEPOLT, R. (1965—1966): Limnologie der Donau. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- McALLISTER, HITCHNER (1941), zit. ÖTKER, 1953.
- MEYER-PIETSCHMANN, K. (1956): Beobachtungen zum nicht-lytischen und lytischen Verhalten von Myxobakterien gegenüber anderen Mikroorganismen. — Arch. Mikrobiol., 24 297—304.
- ORDAL, E. J., RUCKER, R. R. (1944): Pathogenic Myxobacteria. Proc. soz. exp. biol. med., 56 15—20.

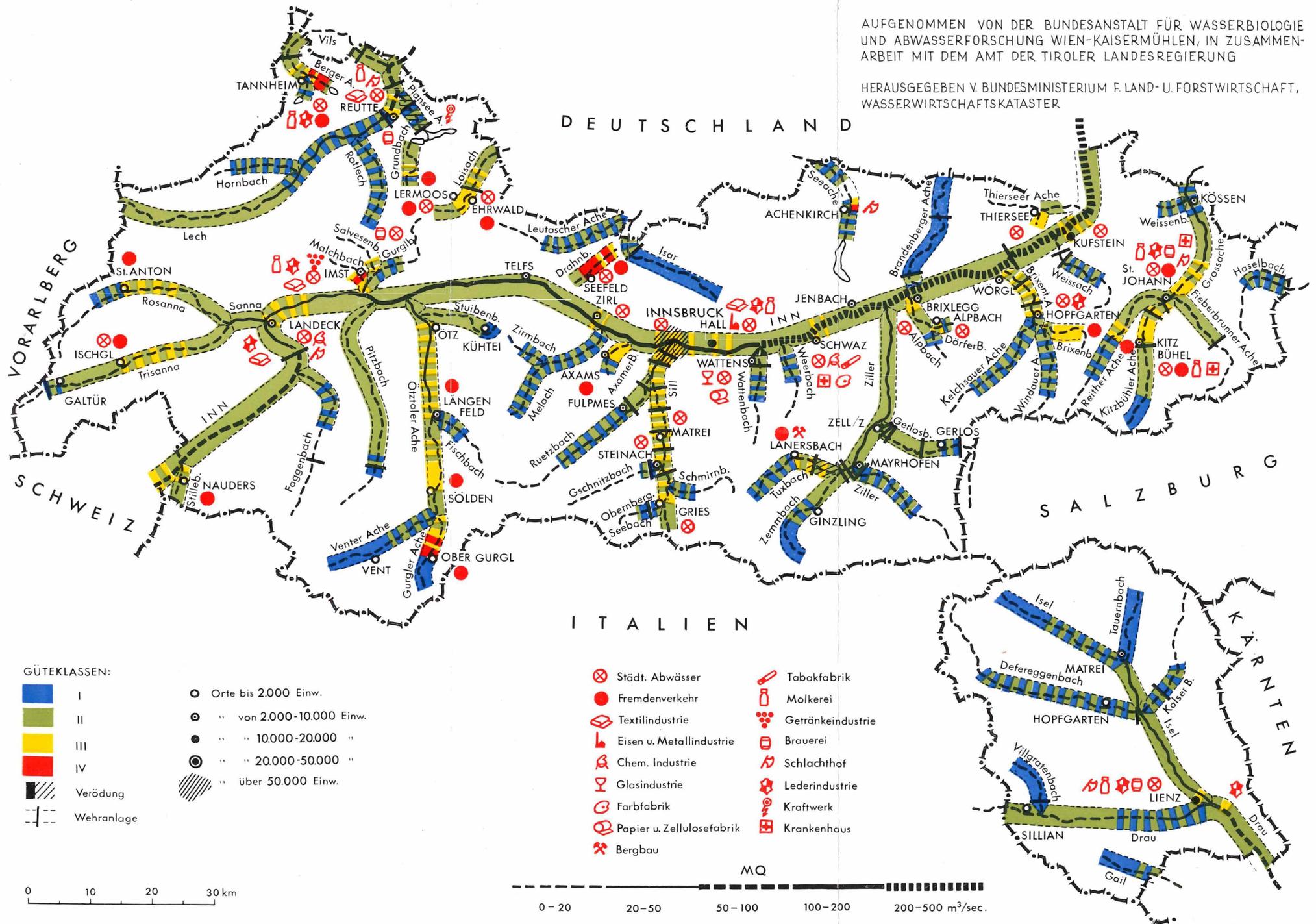
- OSTERTAG, H. (1950): Der Abbau der Cellulose im städtischen Abwasser und im Vorfluter. — Städtehygiene, 9 206–210.
- (1952): Cellulose-Abbau durch Bakterien. — Ergebnisse der Hygiene, Bakteriologie, Immunitätsforschung und experimentellen Therapie. Fortsetzung des Jahresberichtes über die Ergebnisse der Immunitätsforschung, 27 149–321.
- (1952): Celluloseabbauende Mikroorganismen. — Z. Hyg., 133 489.
- (1955): Untersuchungen zur Biologie und Genetik von *Sporocytophaga myxococcoides* (STANIER, 1940). Habilitationsschrift, Universität Hamburg.
- ÖTKER, H. (1953): Untersuchungen über die Ernährung einiger Myxobakterien. Arch. Mikrobiol., 19 206–246.
- OXFORD, A. E., SINGH, B. N. (1946): Faktoren, die zum bakteriolytischen Effekt der Spezies *Myxococci* auf verschiedene Eubakterien beitragen (englisch). — Nature, 158 745.
- QUEHL, A. (1906): Untersuchungen über Myxobakterien. — Zbl. Bakt. II, 16 9–34.
- REYNOLDS, D. M. (1954): Exozelluläre Chitinase einer *Streptomyces*-Spezies (englisch). — J. Gen. Microbiol., 11 150–159.
- SCHALLGRUBER, F. (1944): Das Plankton des Donaustromes bei Wien in qualitativer und quantitativer Hinsicht. — Arch. Hydrobiol., 39 665–689.
- SINGH, B. N. (1947): Myxobacteria in soils and composts; their distribution, number and lytic action on bacteria. — J. Gen. Microbiol., 1 1–10.
- STANIER, R. Y. (1941): Studies on marine agar — digesting bacteria. — J. Bact., 41 528–554.
- (1942): The cytophaga-group: A contribution to the biology of myxobacteria. — Bact. Rev., 6 143–196.
- (1947) Studies on nonfruiting myxobacteria. I. *Cyt. johnsonae*, n. sp. a chitin-decomposing myxobacterium. — J. Bact., 53 297–315.
- STAPP, C., BORTELS, H. (1934): Mikrobiologische Untersuchungen über die Zersetzung von Waldstreu. — Zbl. Bakt. II, 90 28–66.
- STARR, T. J., ORDAL, E. J. (1953), zit. GRÄF und STÜRZENHOFECKER, 1964.
- STUNDL, K. (1951): Zur Hydrographie und Biologie der österreichischen Donau. — Schweiz. Z. Hydrol., 13 36–43.
- VELDKAMP, H. (1955), zit. VELDKAMP, 1964.
- (1961): A study of two marine agar-decomposing, facultatively anaerobic myxobacteria. — J. Gen. Microbiol., 26 331.
- WAKSMAN, S. A., CAREY, C. (1926): The use of the silica-gel plate for demonstrating the occurrence and abundance of cellulose-decomposing bacteria. — J. Bact., 12 : 87.
- WINOGRADSKY, S. (1929): Sur la dégradation de la cellulose dans le sol. — Ann. Inst. Pasteur, 43 5, 549–633.
- (1932): Sur la décomposition aerobic de la cellulose par les bactéries. Travaux récents. — Bull. Inst. Pasteur XXX 371–379.

Anschrift des Verfassers: Dipl.-Ing. Dr. Walter KRUCSAY, Institut für Hydrobiologie und Fischereiwirtschaft der Hochschule für Bodenkultur, Feistmantelstraße 4, A-1180 Wien.

# BIOLOGISCHES GÜTEBILD DER FLIESSGEWÄSSER VON TIROL

AUFGENOMMEN VON DER BUNDESANSTALT FÜR WASSERBIOLOGIE UND ABWASSERFORSCHUNG WIEN-KAISERMÜHLEN, IN ZUSAMMENARBEIT MIT DEM AMT DER TIROLER LANDESREGIERUNG

HERAUSGEGEBEN V. BUNDESMINISTERIUM F. LAND- U. FORSTWIRTSCHAFT, WASSERWIRTSCHAFTSKATASTER



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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1968

Band/Volume: [1968](#)

Autor(en)/Author(s): Krucsay W.

Artikel/Article: [Untersuchungen über das Vorkommen von Myxobakterien in der Donau und deren Bedeutung bei der biologischen Selbstreinigung des Wassers 25-39](#)