

*Aus dem Institut für Wasserwirtschaft, Univ. f. Bodenkultur, Wien*

## UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS VORKOMMEN UND DIE ROLLE VON ACTINO- MYCETEN IN EINER BIOLOGISCHEN WASSERAUFBEREITUNGSANLAGE

F ZIBUSCHKA, G.D. KASIMIR

### Einleitung und Problemstellung

Ergänzend zu Versuchsreihen über eine biologische Trinkwasseraufbereitung (JUNG, URBAN, ZIBUSCHKA, 1987) wurden hydrobakteriologische Untersuchungen durchgeführt. Als Standort diente ein im Jahre 1973, ungefähr 1 km stromaufwärts vom heutigen Donaukraftwerk Altenwörth und rund 500 m südlich des rechten Donaufufers errichteter Schachtbrunnen, dessen Wasser hohe Konzentrationen an Eisen ( $0,7-1,25 \text{ mg/l Fe}_{\text{ges}}$ ), Mangan ( $1,2-1,85 \text{ mg/l Mn}^{2+}$ ) und Ammonium ( $2,1-3,15 \text{ mg/l NH}_4^+$ ) aufweist. Ferner weisen erhöhte Werte für den Kaliumpermanganatverbrauch ( $>12 \text{ mg/l KMnO}_4$ ), sowie das Fehlen von gelöstem Sauerstoff auf ein reduzierendes Grundwassermilieu hin.

Um derartig in ihrer Qualität beeinträchtigte Wässer auch weiterhin den Verbrauchern zuleiten zu können, ist eine vorherige Aufbereitung erforderlich. Diese hat so zu erfolgen, daß dabei dem Anspruch des Konsumenten auf die Bereitstellung eines natürlich reinen, qualitativ und hygienisch unbedenklichen Wassers nachgekommen wird. Aufbereitungstechniken, bei denen von Natur aus vorhandene biologische Reinigungseffekte, ähnlich wie bei der Grundwasserneubildung, wirkungsvoll ausgenutzt werden, sind am besten geeignet die obgenannte Forderung zu erfüllen.

\*Die Autoren danken dem ÖN-IAD für die finanzielle Unterstützung des Projektes, sowie der DOKW dafür, den Brunnen des Kraftwerkes Altenwörth für die gegenständliche Untersuchungsserie zur Verfügung gestellt zu haben.

Biologische Verfahren zur Trinkwasseraufbereitung sind bereits seit längerer Zeit bekannt. Trotzdem gibt es immer noch eine Reihe offener Fragen. Vor allem mangelt es an ausreichender Information hinsichtlich Zusammensetzung und Leistungsfähigkeit der am Geschehen beteiligten Organismengruppen. Im Hinblick auf eine Optimierung der Aufbereitungstechnik erscheint daher die Auseinandersetzung mit dieser Thematik von Interesse.

Da die Erfassung von Gesamtpopulationen schwierig, wenn nicht überhaupt undurchführbar ist, bietet sich als Lösung eine schrittweise Untersuchung von Teilen der Mikroorganismenpopulation an. Eine der taxonomischen Gruppen, die hierfür in Betracht zu ziehen ist, sind die Actinomyceten oder Strahlenpilze.

Einige in der Literatur (SCHWEISFURTH, 1972) aufgezeigte Ergebnisse deuten darauf hin, daß Actinomyceten innerhalb biologischer Wasseraufbereitungsanlagen möglicherweise eine Rolle spielen.

Da Actinomyceten in ihrer Mehrheit typische Bewohner terrestrischer Biotope sind, ist ihre Anwesenheit eventuell eine Erklärung für das Funktionieren der alten Werkmeistererfahrung, daß die Zugabe einer Schaufel Erde das Starten der Enteisung und Entmanganung in solchen Anlagen beschleunigen kann.

In der BRD fand SCHWEISFURTH (1972), der sich in einer Reihe von Arbeiten mit manganoxidierenden Mikroorganismen befaßt hat, daß bei der Manganoxidation neben *Pseudomonas manganoxydans* und Hyphomicrobien auch Actinomyceten und eukaryotische Pilze eine Rolle spielen. Er konnte auch Hyphen von Actinomyceten photographieren, an deren Zellwänden sich Manganoxide an- oder eingelagert hatten.

SCHWEISFURTH (1972) weist aber auch auf Probleme hin, die bei älteren Filtern dadurch entstehen können, daß die Filtermasse durch die netzartige Verzweigung der Actinomycetenhyphen 'verklebt' was zu einer ungleichmäßigen Rückspülung führen kann.

Auch WILCOX et al. (1983) fanden in dem aus Aktivkohlegranulat bestehenden Filtermaterial einer Pilot-Wasser-aufbereitungsanlage in den USA zwischen 200 und 4.400 Actinomyceten pro Gramm Trockengewicht. Ozonierung (2-3 mg/l, Kontaktzeiten 3 bzw. 40 Minuten) hatte keinerlei größeren Einfluß auf die Koloniezahlen.

Als mögliche weitere negative Folge des Vorkommens größerer Koloniezahlen von Actinomyceten in biologischen Wasser-aufbereitungsanlagen sind Geruchsbeeinträchtigungen zu diskutieren, falls es sich bei diesen Actinomyceten überwiegend um Vertreter der Gattung *Streptomyces* handelt. Schon frühzeitig wurden nämlich erdige Gerüche (auch des Wassers) mit Actinomyceten in Verbindung gebracht (BERTHELOT & ANDRÉ, 1891; RULLMANN, 1895; BEIJERINCK, 1900) Später konnten sowohl in wärmeren als auch in gemäßigten Gebieten immer wieder Geruchsbeeinträchtigungen bei Speichersseen, Flüssen und Wasserversorgungsanlagen auf Actinomycetengeruchsstoffe zurückgeführt werden (ADAMS, 1929; BRETTNER, 1972; DICKSON, 1968; ERDEI, 1963; ISSATSCHENKO & EGOROWA, 1944; RASCHKE et al. 1975; SILVEY, 1964; BURMAN 1964 und 1973; MÜLLER, 1980) In den 60er und 70er Jahren wurden einige der wichtigsten Geruchsstoffe isoliert und identifiziert. Die diesbezügliche Literatur fassen HELLER (1975) und LECHEVALIER (1974) zusammen.

Versuche, diese Geruchsbelästigungen durch Chlorierung zu beseitigen, scheiterten, da die Phenolkomponente des

Geruchsstoffes in Verbindung mit Chlor einen bitteren Geschmack verursacht (MORRIS et al. 1963)

Bei der vorliegenden Untersuchung sollte nun einerseits ermittelt werden, ob in der gegenständlichen biologischen Trinkwasser-Aufbereitungsanlage Actinomyceten quantitativ eine Rolle spielen, andererseits sollten in Anbetracht der eventuellen Produktion von Geruchsstoffen durch Actinomyceten mögliche Gefahrenquellen bei der Wasseraufbereitung in dieser Anlage diskutiert werden.

#### Methodik

Im Zuge der Erhebungen wurden Wasserproben des Rohwassers, des Anlagenablaufes, sowie aus dem Bioreaktor (nach dem Riesler, bzw. nach den jeweiligen Überstaufiltern) auf das Vorkommen von Actinomyceten hin untersucht.

Zusätzlich wurde auch Rückspülwasser (Riesler, Überstaufilter) angesetzt, sowie Filtermaterial (Hüttenbims, Hydroanthrasit) wie Sedimentproben behandelt.

Proben vom Hüttenbims bzw. vom Hydroanthrasit wurden mittels Stechzylinder aus der jeweiligen Filterstufe entnommen. Für die Entnahme der Wasserproben dienten kleine Zapfhähne. Rückspülwasser wurde durch Kippen der Filterkolonne in fabriksneue Tiefkühlsäcke aufgefangen.

Die Proben (Volumina zwischen 1-100 ml) wurden meist am Abend des Entnahmetages (ca. 6-9 Stunden nach ihrer Entnahme) angesetzt (Membranfiltration) und mittels folgender Medien und Methoden untersucht:

- 1) LM-Methode mit dem Glycerin-Na-Propionatagar nach OLSON (1968), dem aber zusätzlich noch 0,08 g  $MnSO_4$  sowie 0,14 g  $MnCl_2$  zugesetzt wurden. Dabei werden nach

einer 10- bis 14-tägigen Inkubation die meist kreidig, weißen Luftmycelkolonien der Strepomyceten auf schwarzen Membranfiltern gezählt.

- 2) SM-Methode mit dem Chitinagar nach LINGAPPA & LOCKWOOD (1962) Auch diesem Medium wurde Mangansulfat und Manganchlorid in der obigen Konzentration zugesetzt. Gezählt wurden nach 2- bis 3-wöchiger Inkubation bei 27 °C die nach dem Abziehen des Membranfilters sichtbaren, im Nährboden wachsenden Substratmycelkolonien der Actinomyceten. Dabei handelt es sich überwiegend um Keime der Gattungen *Micromonospora* und *Streptomyces*.

Zur Auswertung wurden diejenigen Platten herangezogen, auf denen die Kolonien der Begleitflora noch einzeln lagen; genauere Hinweise zur Methodik sind KASIMIR (1984) zu entnehmen.

Grundsätzlich wurden Zellulosenitratfilter der Porenweite 0,45 µ verwendet und zwar die preislich günstigeren grün gefärbten mit Gitteraufdruck bei Anwendung der SM-Methode, während für die Anzucht der Thermoactinomyceten, sowie bei Einsatz der LH-Methode, wegen des besseren Kontrastes beim Auswerten, schwarze Filter zum Einsatz kamen.

Die Bestimmung erfolgte mikroskopisch nach koloniemorphologischen Kriterien im Auflicht bzw. im Phasenkontrastverfahren. Um zu überprüfen, ob mit der SM-Methode erfaßte Kolonien zur Luftmycelbildung befähigt sind, wurden die Platten nach Abziehen des Filters 1 Woche weiter bebrütet.

Beiden Nährböden wurde zur Unterdrückung von eukaryotischen Pilzen Cycloheximid (Actidione) in einer Konzentration von 0,05 g/l zugesetzt, wie von WILLIAMS & DAVIES (1965) empfohlen.

Eine Probenserie wurde auf dem Medium nach JOHNSTON (1972) auch auf Thermoactinomyceten hin untersucht (Inkubation 48 Stunden bei 56°C)

Der Test auf Manganoxide wurde mittels der Benzidinreaktion nach BROMFIELD (1956) durchgeführt. Dabei zeigt Blaufärbung Manganoxide an (beschrieben in SCHWEISFURTH,1972)

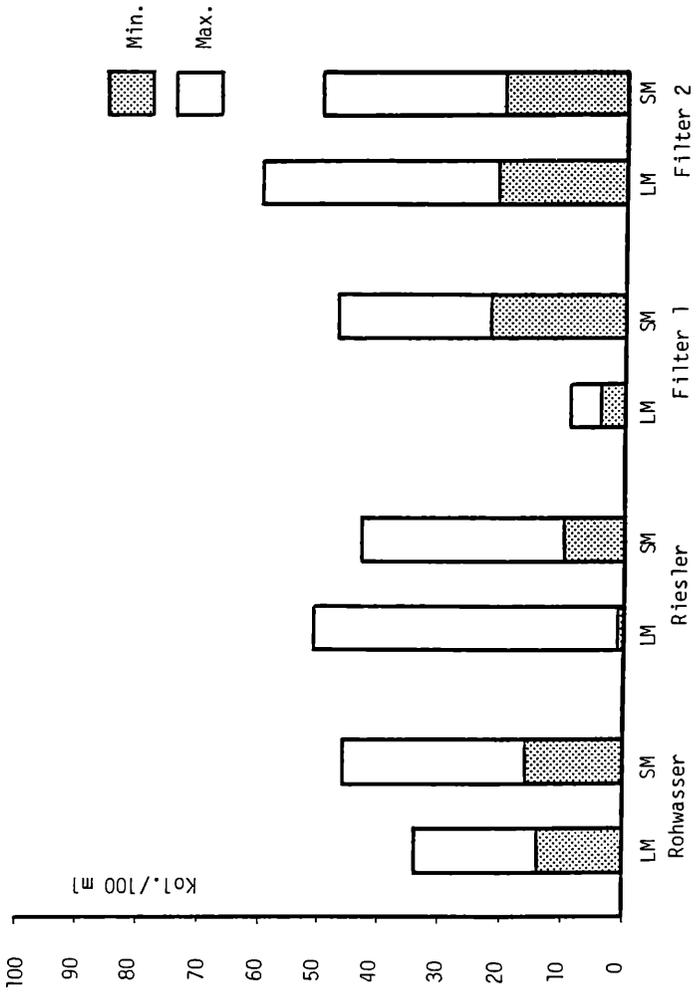
### Ergebnisse und Diskussion

Die Zahl der mesophilen Actinomyceten bewegte sich in den Rohwasserproben und im Anlagenablauf um die Nachweisgrenze der verwendeten Methoden. Dies drückt sich einerseits in den im Vergleich zu Oberflächengewässern sehr niedrigen Koloniezahlen aus, andererseits in den hohen Variationskoeffizienten. Diese lagen teilweise sogar über 90%. Die Koloniezahlen lagen in den Rohwasserproben stets unter 20 (LM-Methode) bzw. 30 (SM-Methode) pro 100 ml.

Auch im Verlauf der Anlage jeweils nach dem Riesler, bzw. nach den Überstaufiltern entnommen stiegen die Werte nie über 60 Kolonien pro 100 ml an, so daß im Untersuchungszeitraum (1985 1986) keinerlei Einfluß der Wasseraufbereitungsanlage auf die Abundanz der Actinomyceten festgestellt werden konnte (Abb. 1)

Möglicherweise ist die niedrige Koloniezahl auch durch die hohen Abundanz der Begleitflora bedingt. So wurden beispielsweise bei einer Rohwasserprobe über 130 000 Kolonien pro 100 ml an Begleitflora auf dem Glycerin-Na-Propionatagar, bei einer Direktzählung im Epifluoreszenzverfahren nach HOBBIÉ et al. (1977), nach Anfärbung mit dem Florochrom Acridinorange, sogar bis zu 1,8 Mio. Bakterien pro 100 ml gezählt.

Abb. 1:  
Actinomyceten in der Filteranlage. Minima und Maxima  
der mittels LM- und SM-Methode ermittelten Koloniezahlen



Bezogen auf die Rohwasserwerte ließ sich eine Anreicherung von Actinomyceten sowohl im Riesler als auch in der nachgeschalteten Filterkolonne feststellen. Dazu wurde entweder Rückspülwasser oder direkt das Filtermaterial aus Riesler, bzw. Überstaufilter untersucht. Hierbei konnten die Koloniezahlen der Actinomyceten auf 3 000 pro 100 ml im Rückspülwasser des Rieslers und auf über 7 000 pro 100 ml im Rückspülwasser des Überstaufilters ansteigen; pro Gramm Feuchtgewicht (Filtermaterial) ergaben sich Werte bis zu 21 800. Im Vergleich mit Sedimenten aus Fließgewässern, die bis zu 3,5 Mio. Kolonien pro Gramm Feuchtgewicht enthalten können (KASIMIR, 1984), sind die in der Aufbereitungsanlage ermittelten Koloniezahlen als eher gering einzustufen.

Bei den mit der SM-Methode gefundenen Actinomyceten handelte es sich vor allem um die Gattungen *Streptomyces* und *Micromonospora* (ca. im Verhältnis 3:1)

Nur in wenigen Ausnahmefällen (von insgesamt 163) zeigten Substratumycelkolonien von Actinomyceten eine positive Benzidinreaktion. Nie konnte eine solche bei Luftmycelien beobachtet werden. Dagegen zeigte ein wechselnd hoher Prozentsatz (fallweise bis zu 90 %!) der Kolonien der Begleitflora eine positive Benzidinreaktion.

Versuchsweise wurde auch ein Saprophytennährboden (BBL-Trypticase Soy Agar), der wie die Actinomycetennährböden mit Mangansulfat bzw. Manganchlorid angereichert wurde, angesetzt (Bebrütung: 4 Tage bei 22°C) Diese Platten zeigten hohe Koloniezahlen (über 10.000/100 ml), wobei oft über 80 % der Kolonien eine positive Benzidinreaktion zeigten.

Thermophile Actinomyceten (*Thermoactinomyces*) konnten weder

im Rohwasser, noch in den Abläufen (Riesler, Überstaufilter) oder am Filtermaterial (Hüttenbims, Hydroanthrasit) nachgewiesen werden. Die Sporen von *Thermoactinomyces* sind überaus resistent gegen verschiedene Umwelteinflüsse (ENSIGN, 1978) und gelten deshalb, noch mehr als die mesophilen Actinomyceten, als Indikator für eine Einschwemmung aus terrestrischen Biotopen (JOHNSTON, 1972)

#### Zusammenfassung

Die mit den beschriebenen Methoden (LM- und SM-Methode) erfaßbaren Actinomyceten stellten in der untersuchten Versuchsanlage zur Trinkwasseraufbereitung ("Brunnen Altenwörth") keinen mengenmäßig ins Gewicht fallenden Teil der bakteriellen Flora dar.

Es kam zwar bezogen auf die Rohwasserwerte innerhalb des Rieslers und des Überstaufilters zu einer Anreicherung von Actinomyceten. Die im Anlagen-Ablauf ermittelten Werte lagen weit unter einer Dichte von 1000 Kolonien pro 100 ml, einer Konzentration, ab der Actinomyceten-Geruchsstoffe wie Geosmin und Mucidon olfaktorisch im Wasser nachgewiesen werden können (BRYN, 1973, zit. nach MUCHA und HORSKA, 1981)

Eine Beeinträchtigung der Qualität des aufbereiteten Wassers ist somit im gegenständlichen Fall seitens der Actinomyceten auszuschließen.

## SUMMARY

### Investigations on the occurrence and importance of Actinomycetes in a drinking water treatment plant ("Brunnen Altenwörth")

A pilot plant was investigated for the occurrence of Actinomycetes. Actinomycetes were estimated in the ground water, in the trickling filter and in the flooded filter (Fig. 1) The number of colonies was determined on agar plates using LM- and SM-techniques. Quantitative microbial investigations were conducted on the pilot plant and showed, in all of the cases studied, a concentration (Actinomycetes) of less than 1000 colonies per ml.

For this reason, we can exclude any harmful effects on drinking water quality (aroma, taste) due to Actinomycetes.

## Literatur

- ADAMS, B.A. (1929): Odors in the waters of the Nile river.- Water and Water Engineering 31, 309-314 (zit.n. SILVEY, 1964).
- BEIJERINCK, M.W. (1900): Über Chinonbildung durch *Streptothrix chromogena* und Lebensweise dieses Mikroben.- Zbl Bakt Parasit Kde Abt II 6, 2-12.
- BERTHELOT, M., ANDRÉ, G. (1891): Sur l'odeur propre de la terre.- C.R. hebdomadaire des séances Acad. Sci. 112, 598-602 (zit. n. SILVEY, 1964).
- BRETTNER, E. (1972): Étude sur les actinomycètes, causes d'un goût et d'odeur dans les installations centrales d'approvisionnement d'eau.- Cebed 25, 11-14.
- BROMFIELD (1956): Oxidation of manganese by soil microorganisms.- Austr J Biol Sci 9, 238-252 (zit.n. SCHWEISFURTH, 1972).

- BRYŠ (1973): Vyskyt *Streptomyces* v provrchových vodach a ich vplyv na organolepticke vlastnosti vody.- In : Zbornik referatov Zavodna pobočka SVST pri PBH Kosice (zit.n. MUČHA & HORSKA, 1981).
- BURMAN (1964): Diskussionsbeitrag.- pp 240-242; in: SOUTH-GATE, 1964.  
(1973): Occurance and significance of actinomycetes.- pp. 219-230; in: SYKES & SKINNER, 1973.
- DICKSON, K.L. (1968): Life circle of actinomycetes in natural waters and their effect on quality of waters.- JAWWA 60, 375-387.
- ENSIGN, J.G. (1978): Formation, properties and germination of actinomycete spores.- Ann Rev Microbiol 32, 185-219.
- ERDEI, F.J. (1963): Control of taste and odor in the treatment of Missouri river water.- JAWWA 55, 1506.
- HELLER, F.O. (1975): Meßverfahren zur Bestimmung von Geschmacks- und Geruchsstoffen bakterieller Genese im Trinkwasser.- Umwelthygiene H.10, 303-306.
- HOBBIE, J.E., DALEY, R.J., JASPER, S. (1977): Use of Nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy.- Appl Environ Microbiol 33, 1225-1228.
- ISSATSCHENKO, B.L., EGOROVA, A. (1944): Actinomycetes in reservoirs, cause of earthy smell.- Microbiologiya 13, 216-225 (zit.n. SILVEY & WYATT, 1970).
- JOHNSTON, D.W. (1972): Actinomycetes in aquatic habitats.- Diss. Univ. Bradford.
- JUNG, H., URBAN, W., ZIBUSCHKA, F. (1987): Versuche zur Enteisung, Entmanganung und Nitrifikation in einem "reduzierten Grundwasser".- Wasser und Abwasser 31.
- KASIMIR, G. (1984): Beiträge zum Vorkommen und Nachweis von Actinomyceten in Gewässern.- Diss. Univ. Wien
- LECHEVALIER, H.A. (1974): Distribution et rôle des Actinomycètes dans les eaux.- Bull Inst Past 72, 159-175.
- LINGAPPA, Y., LOCKWOOD, J.L. (1962): A chitin medium for selective isolation, growth and culture of actinomycetes.- Phytopath 52, 317-323.
- MORRIS, R.L., DOUGHERTY, J., RONALD, G.W. (1963): Chemical aspects of actinomycete metabolites as contributors of taste and odor.- JAWWA 55, 1380-1390.
- MUČHA, V., HORSKA, E. (1981): Die limnologische und hygienische Bedeutung von Bakterien der Gattung *Streptomyces*.- III. Internat. hydromikrobiol. Symposium, Smolenice, 1980. 91-97.

- MÜLLER, D. (1980): Die Bedeutung der Actinomyceten für die Geruchstoffbelastung des Rheins und des Rheinuferfiltrats.- Diss. Univ. Stuttgart.
- OLSON, E.H. (1968): Actinomycetes isolation agar.- In: DIFCO: supplementary literature: Difco Lab. (Detroit Mich.).
- RASCHKE, R.L., CARROL, L., TEBO, L.B. (1975): The relationship between substrate content, water quality, actinomycetes and musty odours in the Broad River basin.- J Appl Ecol 12, 535-560.
- RULLMANN, W. (1895): Chemisch-bakteriologische Untersuchungen von Zwischendeckenfüllungen mit besonderer Berücksichtigung von *Cladothrix odorifera*.- Zbl Bakt Parasit Kde 17, 884-885.
- SCHWEISFURTH, R. (1972): Manganoxydierende Mikroorganismen in Trinkwasserversorgungsanlagen.- GWf 113, 562-572.
- SILVEY, J.K.G. (1964): The role of aquatic actinomycetes in selfpurification of fresh water streams.- In: Advances in water pollution research, Vol.1, 227-243; ed. SOUTHGATE, B.A.; Pergamon Press, London
- WILCOX, D.P., CHANG, E., DICKSON, K.L. et al. (1983): Microbial growth associated with granular activated carbon in a pilot water treatment facility.- Appl Environ Microbiol 46, 406-416.
- WILLIAMS, S.T., DAVIES, F.L. (1965): Use of Actidione for selective isolation and enumeration of actinomycetes in soil.- J gen Microbiol 38, 251-261.

Anschrift der Verfasser: Dr. Franziska ZIBUSCHKA, Institut für Wasserwirtschaft,  
Abt. Hydrobiologie und Fischereiwirtschaft, Universität für Bodenkultur,  
Feistmantelstraße 4, A-1180 Wien,  
Dr. Georg Dore KASIMIR, Himmelstraße 42, A-1190 Wien.

# 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: 1987

Band/Volume: [1987](#)

Autor(en)/Author(s): Zibuschka Franziska, Kasimir G.D.

Artikel/Article: [Untersuchungen über das Vorkommen und die Rolle von Actinomyceten in einer biologischen Wasseraufbereitungsanlage 459-470](#)