© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Untersuchungen über das Auftreten heterotropher eisen- und manganoxidierender Bakterien im Grundwasser

F. ZIBUSCHKA

Die Erhebungen zu dieser Arbeit wurden im Rahmen des Forschungsprojektes "Biologische Enteisenung und Entmanganung von Trinkwässern"(Projektnummer 4583/Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung) durchgeführt.

1. Einleitung und Problemstellung

An die Beschaffenheit des Grundwassers werden im Hinblick auf seinen Verwendungszweck hohe Qualitätsanforderungen gestellt. In diesem Zusammenhang verdient das Eisen und das in seinem chemischen Verhalten sehr ähnliche Mangan verstärkte Beachtung, weil deren Vorhandensein dem Geschmack abträglich ist, störende Auswirkungen auf die technische Verwendung zeigt und unter Mitwirkung von Eisen- und Manganbakterien zu ernsten Störungen in den Wasserversorgungsanlagen,sogenannten Eisen- und Mangankalamitäten führen kann. Einen der ältesten Berichte zu diesem Problem lieferte 1545 ein Spitalmeister aus Nürnberg, der einen "sunderlichen rotten schleym" fand, "welcher aygentlich ungesund zu trinken ist" (zit. nach WETZEL, 1969).

Eisen- und manganoxidierende Bakterien wurden bereits Ende des vorigen Jahrhunderts beschrieben. Umfangreiche Untersuchungen, ausgehend von den ersten Arbeiten WINOGRADSKYs im Jahr 1888 führten letztlich zur Auf-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

stellung eines Schemas, welches als "biologisches Eisen-Mangan-Spektrum" in der Literatur (BEGER, 1966) Eingang gefunden hat.

Das genannte Schema umfaßt die wichtigsten Vertreter der als klassisch geltenden Eisen- und Manganbakterien.

Im Vergleich dazu erscheinen nun jene Erhebungen erwähnenswert, die im Bereich des Murtales nördlich von Graz durchgeführt worden sind.

1966 wiesen BRANTNER und BÖRNER in einem zusammenfassenden Bericht darauf hin,daß im Zuge ihrer Untersuchungstätigkeit das interessante Phänomen einer nahezu völligen Abwesenheit klassischer Eisen- bzw. Manganbakterien auftrat. Es fand sich vielmehr, führen die Autoren an, eine Reihe von gramnegativen Stäbchen, die keiner der beschriebenen Arten gemäß WINOGRADSKYs Theorie der Anorgoxydanten angehörten, deren Fähigkeit jedoch, zweiwertiges Mangan zu vierwertigem zu oxidieren mit Hilfe eines neuentwickelten Nährmediums nachgewiesen werden konnte.

Auch SCHWEISFURTH (1968) berichtet über das Auftreten von gramnegativen Stäbchenbakterien, die in der Lage sind Mangan zu oxidieren. Die betreffenden Mikroorganismen sind im Boden und im Süßwasser ubiquitär verbreitet. Ihre Bedeutung in quantitativer Hinsicht ist laut SCHWEISFURTH (1972 und persönl. Mitteilung) bislang unterschätzt worden, da sie mikroskopisch nicht auffällig sind und ihre Anwesenheit nur durch die Kulturuntersuchung festgestellt werden kann.

Auf die enorme wirtschaftliche Bedeutung des gegenständlichen Problemkreises muß nicht erst im besonderen

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

hingewiesen werden. Erwähnt sei in diesem Zusammenhang nur ein Zitat von SCHWEISFURTH (1972), der in Anlehnung an STUMM (1971) formulierte, "daß die Menge an Mn^{2+}, mit der die Wasseraufbereitung fertigwerden muß, durch die forcierte Zunahme abbaubarer organischer Substanzen vorerst noch weiter steigen wird".

Das Vorhandensein von Mikroorganismen, die in der Lage sind Eisen und Mangan zu oxidieren, ist von zwei Gesichtspunkten aus zu betrachten. Führt einerseits deren gehäuftes Auftreten zu ernsthaften Störungen im Bereich von Wasserversorgungsanlagen, so kommt gerade ihrem Nachweis Bedeutung im Hinblick auf ein Funktionieren von biologisch arbeitenden Enteisenungs- und Entmanganungsfiltern zu.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit war die Erfassung der quantitativen Verteilung eisen- und manganoxidierender Bakterien innerhalb der heterotrophen Grundwassermikroflora. Damit kommt diesen Erhebungen die Funktion einer Bestandsaufnahme zu, die als Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen dienen soll.

2. Material und Methoden

Beginnend mit August 1982 wurden im Wasserwerk Fischamend, in dem sich eine Pilotanlage zur biologischen Enteisenung und Entmanganung befindet, Rohwasserproben gezogen und aufgearbeitet.

Ergänzend folgten auch Untersuchungen an Probenmaterial aus Linz, Schwechat, Frauenkirchen und Drösing, wo ebenfalls, zumindest einige Zeit hindurch, Versuchsanlagen betrieben wurden.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Zusammenfassende Angaben über Medien zur Kultivierung von Eisen- und Manganoxidierern finden sich in der Literatur bei BRANTNER (1970) und SCHWEISFURTH (1968, 1972, 1973). Um ein möglichst breites Spektrum der gesuchten Mikroorganismen zu erhalten, empfiehlt es sich, stets eine Reihe von unterschiedlichen Nährböden zur Anzucht heranzuziehen.

An Hand von Vorversuchen war es gelungen, die für die Klärung der vorliegenden Fragestellung günstigsten Medien zu ermitteln:

Ein von BRANTNER (1970) entwickeltes, komplexe Eisensalze enthaltendes Medium.

Ein von SCHWEISFURTH (1972) verändertes Medium nach PRINGSHEIM (1941 b).

Ein von SCHWEISFURTH (1972) verändertes Medium nach MULDER und v. VEEN (1963).

Ein weiteres, von SCHWEISFURTH entwickeltes Medium, welches Hefeextrakt enthält.

Die Aufarbeitung und Auswertung der Wasserproben erfolgte entsprechend den in der Literatur (BRANTNER, 1970, SCHWEISFURTH, 1972) angegebenen Arbeitschritten unter Verwendung der Membranfiltration bzw. der Streak-Plate-Methode.

Um ein möglichst umfassendes Bild über die vorliegende Grundwassermikroflora zu erhalten, wurden zusätzliche Versuchsserien durchgeführt. Dabei erfolgten die Primärisolierungen nicht nur auf den obgenannten Spezialmedien, sondern es kamen auch Nährböden zum Einsatz, die für Populationsuntersuchungen im Grundwasserbereich als besonders geeignet gelten.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Im einzelnen waren dies:

P-Agar nach WOLTERS und SCHWARTZ (1956; zit. nach WERNER, 1978, 1979).

CPS-Medium nach COLLINS (1963).

- SPC-Agar nach den Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1966; zit. nach WERNER, 1978, 1979).
- N-Medium nach DOTT (1980).

Sämtliche dem freien Auge sichtbaren Kolonien wurden dann nach Ablauf der erforderlichen Inkubationszeit auf die entsprechenden Spezialmedien überimpft und auf ihre Oxidationsleistung hin überprüft.

Parallel zu allen Erhebungen wurden stets bakteriologische Analysen entsprechend den Bestimmungen der Deutschen Einheitsverfahren durchgeführt.

3. Ergebnisse

Die Koloniezahl der psychrophilen, heterotrophen, saprophytischen Keime bewegte sich im Bereich von 0 bis maximal 20 Kolonien/ml. In keinem der untersuchten Fälle wurden die in der ÖNORM M 6250 festgelegten Richtwerte überschritten. Werden hingegen jene in Kap.2 (Material und Methoden) genannten Medien und Aufarbeitungstechniken eingesetzt, so ändert sich das Bild, wie erwartet, sofort.

Bereits 1971 hatten Untersuchungen von SELENKA und MEISSNER gezeigt, daß bei der Koloniezahlbestimmung im Trinkwasser, abhängig vom verwendeten Nährmedium, quantitative und qualitative Unterschiede hinsichtlich der erfaßten Bakterienarten auftraten. Während die Untersuchungs-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

technik entsprechend den Bestimmungen der Deutschen Einheitsverfahren eine praktikable Methode zur raschen Beurteilung der hygienischen Wasserqualität darstellt, läßt sie nur eine begrenzte Aussage über die Vielfalt und Anzahl der Bakterienformen innerhalb der Population zu. Ihr Vorteil liegt darin, den Befund so rasch wie möglich zu erhalten. Um jedoch einen detaillierten Einblick in die vorliegende Wasserqualität, bzw. in die spezifische Wirkungsweise von Wasseraufbereitungsschritten zu erlangen,ist es erforderlich, ein möglichst breites Artenspektrum in die Beobachtung miteinzubeziehen.

Eine wesentliche Funktion bei der Erfüllung dieser Zielsetzung kommt dabei der Primärisolierung der Bakterien zu, da entsprechend dem verwendeten Medium bestimmte Arten bevorzugt, oder in ihrem Wachstum gehemmt werden.

Es sei an dieser Stelle vermerkt, daß Populationsuntersuchungen a priori einschränkenden Bedingungen unterliegen, da eine möglichst komplette und lückenlose Beschreibung und Bestimmung der in einem Biotop vorkommenden Arten nicht möglich ist (DOTT und TRAMPISCH, 1983). Dies bestätigt einmal mehr die bereits 1970 von SCHEGG und RUSCHKE aufgezeigte Problematik mikrobiologischer Untersuchungen hinsichtlich der die beiden Autoren formulieren, "daß es keine richtigen Zahlen, sondern nur relative und untereinander vergleichbare, aussagekräftige Resultate bezüglich der angewandten Methode gibt".

Der Prozentanteil manganoxidierender Bakterien an der Gesamtkoloniezahl unterlag mehr oder weniger starken Schwankungen. Ein jahreszyklisch bedingtes An- oder Absteigen des Wertes ließ sich im gegenständlichen Fall nicht beobachten.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Werden alle Ergebnisse zusammengefaßt - insgesamt erfolgten 60 Beprobungen des Rohwassers - so zeigt sich folgendes Bild:

Tab. 1: Durchschnittlicher Prozentanteil manganoxidierender Bakterien bezogen auf die Gesamtkoloniezahl. Beobachtungszeitraum: August 1982 - Mai 1984.

Prozentanteil manganoxidierender Bakterien an der Gesamtkoloniezahl	Anzahl der Beobachtungen
< 1	9
1 - 3	27
3 - 5	16
5 - 10	4
10 - 20	1
20 - 30	1
> 30	2

In der Mehrzahl (45 %) der untersuchten Fälle besaßen, wie Tab. 1 zu entnehmen ist, 1 - 3 % der angezüchteten Kolonien die Fähigkeit zur Manganoxidation. Maximalwerte von >30 % nachweisbarer Manganoxidierer traten im Verlauf der gegenständlichen Untersuchung zweimal auf, und zwar am 7. März 1983 und am 10. August 1983, während ein Prozentsatz von <1 neunmal, das sind 26,6 % aller untersuchten Fälle, zu beobachten war. Ob zu diesem Zeitpunkt eine geringe Populationsdichte vorlag, oder verstärkt solche Formen anwesend waren, die sich mit den angewandten Methoden nicht anzüchten ließen, konnte nicht ermittelt werden. Es sei nur darauf hingewiesen, daß die Filter der Pilotanlage nach Ablauf einer Einarbeitungszeit stets einwandfrei funktionierten. Das Prinzip der

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Aufarbeitungstechnik besteht darin, daß sich die im Rohwasser vorhandenen Mikroorganismen auf der Oberfläche des Filterkorns ansiedeln und dort die erwünschte Oxidationsreaktion durchführen. Dabei kommt es zu einer Verschiebung im Artenspektrum, so daß letztlich innerhalb einer gut funktionierenden Entmanganungsanlage mitunter bis zu 50 % der anzüchtbaren Formen den Manganoxidierern zugerechnet werden können.
Auf den Einfluß der Filterlaufzeit hinsichtlich der Abundanzhöhe von Manganoxidierern wird bereits von SCHWEISFURTH (1972) hingewiesen. Über Veränderungen in der Populationszusammensetzung im Verlauf der Trinkwasseraufbereitung berichten DOTT und TRAMPISCH (1983). Laut Autoren wandelt sich die im Rohwasser vorhandene heterogene/copiotrophe Population in eine homogene/oligotrophe um.

Erste Ergebnisse über quantitative Untersuchungen bezüglich des Auftretens von Manganoxidierern finden sich bei SCHWEISFURTH (1972). Anläßlich von Erhebungen in Trinkwasserversorgungsanlagen führte der Autor Koloniezahlbestimmungen an Roh- und Reinwasserproben durch. Ergänzend werden auch einige Werte aus dem Rhein auf der Höhe von Frankenthal genannt. WERNER (1979) beobachtete im Zusammenhang mit ökologisch-mikrobiologischen Untersuchungen an Aktivkohlefiltern u.a. das Auftreten von Mangan- und Eisenpräzipitierer, stellte aber gleichzeitig fest, daß ihr Anteil an der Lebendzellzahl mit einem Prozentsatz von weniger als 10^{-3} als sehr gering einzustufen ist.

Hinsichtlich der Fähigkeit zur Eisenoxidation wirft SCHWEISFURTH (1972) die Frage auf, ob Manganoxidierer in der Lage sind, auch Fe^{2+} zu oxidieren. Vereinzelt durch-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

geführte Mikrostrahlanalysen bestätigten ein gleichzeitiges Vorhandensein von Eisen- und Manganoxiden auf der Oberfläche der Kolonie. Diesbezügliche Arbeiten sind noch im Laufen und es soll an anderer Stelle ausführlicher darüber berichtet werden.

Mikrochemische Überprüfungen wiesen eine unterschiedlich große Anzahl als Eisenpräzipitierer aus. Ihr Anteil an der Gesamtkolonie unterlag großen Schwankungen und betrug durchschnittlich 2,7 %. Mitunter wurde die Auswertung deswegen erschwert, weil auch eine positive Benzidinreaktion vorlag.

DOTT (1980) führt an, daß ein wesentlicher Gesichtspunkt bei Durchführung von Populationsuntersuchungen die Frage nach der Weiterkultivierung auf dem gleichen Medium darstellt. In diesem Zusammenhang ist anzuführen, daß mehr als 60 % der Isolate mehrere Kulturpassagen ohne Verlust ihrer Oxidationsfähigkeit überstanden. Daneben konnte aber auch, wie schon SCHWEISFURTH (1968; persönliche Mitteilung) berichtet, beobachtet werden, daß eine Reihe von Kolonien nach dem Überimpfen schlecht oder gar nicht anwuchsen.

In diesem Zusammenhang soll auch auf folgende Beobachtung hingewiesen werden. Mehrmals traten Formen auf, die sich als überaus widerstandsfähig erwiesen. Selbst eine einjährige Inkubationszeit im Kühlschrank schränkte, wie biochemische Tests auf API-Diagnosestreifen ergaben, die betreffenden Kulturen nicht in ihrer Aktivität ein. Ein Vergleich mit 48 Stunden alten Parallelansätzen ergab keinerlei Unterschiede im Reaktionsverlauf.

Die ergänzenden Untersuchungen in Linz, Schwechat, Frauen-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

kirchen und Drösing ergaben im wesentlichen ein ähnliches Bild. In allen untersuchten Fällen trat die gesuchte Bakteriengruppe im Rohwasser auf, wobei Übereinstimmung sowohl hinsichtlich der Abundanzhöhe, der Koloniemorphologie als auch im Verhalten (Bunte Reihe) zu beobachten war.

Abschließend sei noch auf die weiter oben genannten zusätzlichen Untersuchungen der Rohwasserproben hingewiesen. Deren Aufgabe bestand darin, ein möglichst breites Spektrum von Grundwassermikroorganismen in die Beobachtung mit einzubeziehen. Gleichzeitig sollte festgestellt werden, ob eine primäre Anzucht auf einem, für die Klärung einer spezifischen Fragestellung angepaßten Medium, das Wachstum einer bestimmten Bakteriengruppe forcierte.

Die höchsten Koloniezahlen schienen auf dem von WOLTERS und SCHWARTZ (1956) entwickelten Nährböden (P-Agar) auf.

Im Zuge der Untersuchungsserie konnte ein Maximalwert von 3 700 Kolonien/ml abgelesen werden. Eine deutlich ausgeprägte saisonale Abhängigkeit der Koloniezahlhöhe ließ sich nicht feststellen. Vielmehr konnten aufeinanderfolgende Proben (wöchentliche Entnahme) deutlich voneinander abweichende Werte aufweisen, wobei diese Schwankungen nicht durch parallel durchgeführte chemische Analysen zu klären waren. Auf ein ähnliches Phänomen macht auch WERNER (1979) aufmerksam.

Die Kolonieausbeute auf sämtlichen übrigen Medien war etwas geringer. Der Vorteil gegenüber dem P-Agar war jedoch, daß die darauf angezüchteten Kolonien eine deutlichere Ausprägung besaßen und somit leichter ausgewertet und isoliert werden konnten. Im Gegensatz zu WERNER (1976), der das Auftreten von zwar kleinen, aber deutlich weiß

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

gefärbten Kolonien beschreibt, traten im Rohwasser des Wasserwerkes Fischamend hyaline, mitunter schwer sichtbare Formen auf.

Hinsichtlich des Anteils von Manganoxidierern an der Gesamtkoloniezahl brachten diese Erhebungen keine neuen Erkenntnisse. Auch im gegenständlichen Fall unterlagen die Werte mehr oder weniger starken Schwankungen. Der Prozentanteil bewegte sich im Bereich von 0,2 - 25,7 %.

4. Zusammenfassung

Die mikrobiologischen Erhebungen im Wasserwerk Fischamend ergaben, daß heterotrophe eisen- und manganoxidierende Bakterien innerhalb der Grundwasserbiocoenose unterschiedlich stark vertreten sind.

Der Prozentanteil manganoxidierender Bakterien betrug 1 - >30 %, wobei in der Mehrzahl der Fälle ein Anteil von 1 - 3 % zu beobachten war. Durchschnittlich waren 2,7 % der angezüchteten Kolonien zur Eisenoxidation befähigt. Vereinzelt durchgeführte Mikrostrahlanalysen lassen eine gleichzeitig vorhandene Fähigkeit zur Eisen- und Manganoxidation vermuten.

Es konnten Formen isoliert werden, die sich als äußerst widerstandsfähig erwiesen hatten und selbst einjährige Inkubation (Kühlschrank) auf ein und demselben Medium ohne nachteilige Beeinträchtigung überstanden.

Literatur:

BEGER, H. (1966): Leitfaden der Trink- und Brauchwasserbiologie.- Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

BRANTNER, H. (1970): Untersuchungen zur biologischen Eisen- und Manganoxidation.- Zbl.Bakteriol. Bd. 124, H. 5.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

BRANTNER, H., BÖRNER, H. (1966): Praktische Versuche zur Entmanganung von Nutz- und Trinkwässern.- Österr. Wasserwirtschaft, Jahrgang 18, H.11/12.

COLLINS, V.G. (1963): The distribution and ecology of bacteria in freshwater.- Proc.Soc.water treat. examin. 12, 30-73.

DOTT, W. (1980): Qualitative und quantitative Bestimmungen von Bakterienpopulationen aus aquatischen Biotopen. 1. Mitteilung: Selektionierung von Bakteriengruppen durch Isolierung auf verschiedenen Nährböden.- Zbl. Bak., I.Abt. Orig. B 170, 93-98.

DOTT, W., TRAMPISCH, H.-J. (1983): Qualitative und quantitative Bestimmungen von Bakterienpopulationen aus aquatischen Biotopen. 5. Mitteilung:Vergleichende Untersuchungen an zwei Schnellsandfiltern.- Zbl.Bakt.Hyg., I.Abt. Orig.B 177, 141-155.

SCHEGG, E., RUSCHKE, R. (1970): Beitrag zur Bakterienökologie einiger Seen des Schwarzwaldes und der Schweiz. Eine vergleichende Darstellung unter Anwendung der Direktzählmethode und einer differenzierten Plattenmethode.- Schweizerische Zeitschrift f. Hydrologie, Birkhäuser Vlg. Basel, Vol. 32, Fasc. 1.

SCHWEISFURTH, R. (1968): Untersuchungen über manganoxydierende und -reduzierende Mikroorganismen.-Mitt. Intern.Verein.Limnol., 14, 179-186.

SCHWEISFURTH, R. (1972): Manganoxydierende Mikroorganismen in Trinkwasserversorgungsanlagen.- gwf-wasser/abwasser, 113, H. 12, 562-572.

SCHWEISFURTH, R. (1973): Manganoxydierende Bakterien I. Isolierung und Bestimmung einiger Stämme von Manganbakterien.- Zeitschrift für Allg.Mikrobiologie, 13,4, 341-347.

SLENKA, F., MEISSNER, R. (1971): Unterschiedliche Erfassung von Keimgruppen auf Nährböden bei der Bestimmung der Keimzahl im Wasser.- Arch.Hyg. 154, 488-499.

STUMM, W. (1971): Einfache Modelle im Umweltschutz: Der Mensch und die hydrogeochemischen Kreisläufe.- Vom Wasser 38, 1/16.

WERNER, P. (1978): Mikrobiologische Untersuchungen des Wassers von Trinkwasserversorgungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung der Aktivkohlefiltration.- Diplomarbeit, Univ.d. Saarlandes, Saarbrücken.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

WERNER, P. (1979): Ökologisch-mikrobiologische Untersuchungen an Aktivkohlefiltern in Zusammenhang mit der Trinkwasseraufbereitung.- Dissertation, Univ.d.Saarlandes, Saarbrücken.

WETZEL, A. (1969): Technische Hydrobiologie. Trink-, Brauch- und Abwasser.- Akademische Verlagsgesellschaft, Geest und Portig, K.-G.,Leipzig.

WINOGRADSKY, S. (1888): Über Eisenbakterien.- Bot.Zeitg., 1888.

WOLTERS, N., SCHARTZ, W. (1956): Untersuchungen über Vorkommen und Verhalten von Mikroorganismen in reinen Gewässern.- Arch.f.Hydrobiol. 51, 500-541.

Anschrift der Verfasserin:Dr. Franziska ZIBUSCHKA, Abt.Hydrobiologie und Fischereiwirtschaft, Institut für Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur, Feistmantelstr. 4, A-1180 W i e n

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Wasser und Abwasser

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: 1984

Autor(en)/Author(s): Zibuschka Franziska

Artikel/Article: Untersuchungen über das Auftreten heterotropher eisen-und mangan-oxidierender Bakterien im Grundwasser 57-69