© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Wasser und Abwasser Band 35 (1991) 77 91

Aus dem Institut für Zoologie, Universität Wien

BEDEUTUNG DER ENTWICKLUNGSZYKLEN VON ZEIGERORGANISMEN FÜR DIE BIOLOGISCHE BEURTEILUNG DER WASSERGÜTE AM BEISPIEL VON OLIGOCHAETEN DER DONAU (STROM-KM 2005)

H. PETTO

1. EINLEITUNG

Die Zeigerfunktion von Oligochaeten zur Beurteilung der biologischen Güte des Wassers beruht vor allem auf ihrer Reaktion gegenüber organischer Belastung (SLEPUKHINA 1984, UZUNOV 1982, UZUNOV et al. 1988). Dabei kann die Häufigkeit mit der eine Zeigerart in einem Gewässerabschnitt angetroffen wird, als Maß für die Verunreinigung verwendet werden. Die Häufigkeit des Auftretens hängt aber nicht nur vom Grad der anthropogen verursachten Verschmutzung ab, auch Entwicklungszyklen und natürliche Umweltstressoren führen zu Veränderungen der Häufigkeiten (PETTO 1991). Die Frage, wieweit die Zeigerfunktion von Oligochaeten nun durch Entwicklungszyklen und natürliche Umweltstressoren beeinträchtigt werden kann, wurde bisher kaum beachtet. Dazu müßten die Lebenszyklen der betreffenden Arten bekannt sein. Aber gerade die Lebenszyklen von Oligochaeten lassen sich aufgrund methodischer Schwierigkeiten (SOUTHWOOD 1987) im Freiland nur schwer untersuchen. Deshalb sind bisher auch nur wenige Arbeiten zu diesem Thema erschienen, wie beispielsweise KENNEDY (1986a,b), LAZIM & LEARNER (1986a,b) oder SMITH (1986).

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

In der vorliegenden Studie wurde am Beispiel ausgewählter Oligochaetenarten der Donau im Bereich der Stauwurzel der Staustufe Altenwörth (Strom-km 2005) untersucht, welcher Anteil an der gesamten zeitlichen Schwankung auf Entwicklungszyklen und welcher auf äußeren Streß zurückgeht. Zur Trennung dieser Anteile wurden ausgewählte Verfahren der Zeitreihenanalyse verwendet. Dadurch konnte der für die Beurteilungen der biologischen Wassergüte störende Einfluß von Entwicklungszyklen eliminiert werden.

2. UNTERSUCHUNGSGEBIET

Die Untersuchungen wurden in der Donau im Bereich des Strom-km 2005, im Stauwurzelbereich der Staustufe Altenwörth (Strom-km 1980,4) durchgeführt. Die Aufsammlungen erfolgten im Rahmen der vom österreichischen Man and Biosphere-Programm finanzierten "Ökosystemstudie Donaustau Altenwörth (MaB 5/9 und 5/29, GROSINA 1985, HARY & NACHTNEBEL 1989). Da das Untersuchungsgebiet in HUMPESCH & ELLIOTT (1990) und die Auswahl der Probenstelle in PETTO (1991) und in PETTO & HUMPESCH (1992) ausführlich beschrieben wurden, folgt hier nur ein kurzer Überblick.

Die Donau ist am Strom-km 2005 ca. 330 m breit mit einer durchschnittlichen Wassertiefe von 3,3 m. Der mittlere Durchfluß von 1836 m^3/s schwankte im Untersuchungszeitraum von August 1986 bis November 1988 zwischen 592 und 8240 m^3/s. Das Sediment bestand an der Probenstelle 30m vom linken Ufer vor allem aus Mittelkiesen mit geringen Anteilen von Grobsanden.

3. MATERIAL UND METHODE

Zu jedem der in Abständen von einem bis drei Monaten durchgeführten 17 Aufsammlungen wurden 10 quantitative Benthos-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

proben mit einem von R. NIEDERREITER modifiziertem Petersen-Greifer (in HUMPESCH & ELLIOTT 1990) entnommen. Die Aufsammlungsstrategie in Form der geschichteten Zufallsauswahl (ELLIOTT 1971), die Aufarbeitung der Proben sowie die Berechnung der mittleren Wassertemperatur und Strömungsgeschwindigkeit zwischen den Aufsammlungsterminen sind in PETTO (1991) und in PETTO & HUMPESCH (1992) nachzulesen. Für die vorliegende Studie wurden aus den dort erwähnten 10 Oligochaetentaxa die beiden häufigen Arten *Stylodrilus heringianus* Clap. und *Propappus volki* (Mich.) ausgewählt.

4. DATENANALYSE

Zu jedem Aufsammlungstermin wurden aus jeweils 10 Probenwiederholungen von *P. volki* und *S. heringianus* die arithmetischen Mittelwerte und Standardfehler berechnet. Aus diesen Mittelwerten wurden gesamte geometrischen Mittel und Variationskoeffizienten berechnet. Die aus den logarithmierten Individuendichten gebildeten Zeitreihen wurden in eine durch

(1) $$G \quad g_0 + g_1 t \quad g_2 t^2$$

angesetzte glatte Komponente (G) und eine durch

(2) $$S \quad s_0 \quad s_1 . \sin (2 \pi t/365 + s_2)$$

angesetzte zyklische Komponente (S) zerlegt, wobei t die Zeit in Tagen und g_0, g_1, g_2 bzw. s_0, s_1, s_2 Konstanten sind (vgl. HARTUNG et al. 1986). Im ersten Schritt wurden an die Zeitreihen die glatten Komponenten (1) angepaßt. Im zweiten Schritt wurden an die vom glatten Trend bereinigten Zeitreihen (Residuen) die zyklischen Komponenten (2) angepaßt und die Gesamtresiduen bestimmt. Die Anpassungen erfolgten nach der Methode der kleinsten Quadrate und als Maß für die Güte der Anpassung wurde das Bestimmtheitsmaß

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

(R^2) berechnet. Die saisonbereinigten Zeitreihen ergaben sich nun durch Addition der glatten Komponenten mit den Gesamtresiduen. Um die Wirkung der Trendbereinigung auf die Streuung verdeutlichen zu können, wurden für diese Reihen geometrische Mittel und Variationskoeffizienten berechnet.

Um etwaige zeitverschobene Zusammenhänge zwischen den Oligochaetenarten und den Umweltparametern Wassertemperatur und Strömungsgeschwindigkeit aufzeigen zu können, wurden Kreuzkorrelationen mit dem Korrelationskoeffizienten nach PEARSON berechnet (HARTUNG et al. 1986). Da für dieses Verfahren Reihen mit äquidistante Zeitpunkte benötigt werden, wurde aus den logarithmierten Mittelwerten der Individuendichten durch lineare Interpolation auf monatliche Werte umgerechnet.

5. ERGEBNISSE

5.1. ZEITLICHER VERLAUF DER OLIOCHAETENARTEN

Die durchschnittliche Individuenzahl von *S. heringianus* lag um ca. 25% unter der von *P. volki*. Die ähnlichen Werte der Variationskoeffizienten der beiden Arten weisen jedoch auf ähnliche zeitliche Variabilität mit Schwankungen um über 50% um den durchschnittlichen Wert hin (Tab.1a).

Bei der Zerlegung der Zeitreihen in eine glatte und zyklische Komponente zeigte sich, daß durch die glatte Komponente (1) für *S. heringianus* 19%, für *P. volki* hingegen 64% der Gesamtvariabilität erklärt werden konnten. Der für beide Arten feststellbare U-förmige Trend über den Untersuchungszeitraum war bei *P. volki* stärker ausgeprägt als bei *S. heringianus* (Abb.1a). Durch die zyklische Komponente (2) konnten für *S. heringianus* 64% der vom glatten Trend bereinigten Zeitreihe erklärt werden, für *P. volki* waren

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

es hingegen nur 35% (Abb.1b). Vergleicht man die Zeitreihen der beiden Arten, zeigt sich eine stärkere Ausprägung der Jahresperiodik in der Reihe von *S. heringianus* als in der von *P. volki*. Der zyklische Trend zeigt jedoch für beide Arten synchronen Verlauf mit den höchsten Individuenzahlen im Herbst und den geringsten im Frühjahr (Abb.1b).

5.2. SAISONBEREINIGUNG DER OLIGOCHAETENARTEN

Nach Saisonbereinigung der Reihen der beiden Arten zeigte sich, daß durch diese Maßnahme für *heringianus* aufgrund des deutlicheren Jahreszyklus ein stärkerer Glättungseffekt erzielt werden konnte als für *P.volki* (Abb.1c). Bei *heringianus* konnte durch die Saisonbereinigung der Variationskoeffizienten um fast 50% gegenüber dem Ausgangswert gesenkt werden, bei *P. volki* waren es ca. 10% (Tab.1).

5.3. ZEITLICHER VERLAUF AUSGEWÄHLTER UMWELTPARAMETER

Sowohl für die Wassertemperatur als auch für die Strömungsgeschwindigkeit konnte aus den Reihen ein Jahreszyklus der Werte abgelesen werden. Für die Wassertemperatur zeigte sich ein sinusartiger Verlauf mit den höchsten Werten über 15°C im Spätsommer und den niedrigsten mit 0°C im Winter (Abb.2a). Bei der Strömungsgeschwindigkeit traten komplizierte Saisonfiguren auf, mit den höchsten Geschwindigkeiten um 2 m/s im Frühsommer und Sommer und den geringsten um 1 m/s im Herbst und Winter (Abb.2b).

5.4. ZUSAMMENHANG DER OLIGOCHAETENARTEN MIT AUSGEWÄHLTEN UMWELTPARAMETERN

Aus den Kreuzkorrelationen der Individuendichten der beiden Oligochaetenarten mit der Wassertemperatur konnte keine

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Zeitverschiebung zwischen den Jahreszyklen abgelesen werden. Zum Zeitpunkt der höchsten Wassertemperaturen wurden die höchsten Individuendichten gefunden (Abb.3.1). Im Gegensatz dazu zeigte sich zur Reihe der Strömungsgeschwindigkeit eine Verschiebung um drei Monate. Für beide Arten traten drei Monate nach den höchsten Strömungsgeschwindigkeiten die höchsten Individuenzahlen auf (Abb.3.2.).

6. DISKUSSION

Zur biologischen Beurteilung der Wassergüte eines serabschnittes wird die Häufigkeit des Auftretens von Zeigerarten herangezogen (HELLAWELL 1978,1986). Die zeitlichen Veränderungen der Häufigkeiten werden aber nicht nur durch anthropogene Stressoren hervorgerufen. Entwicklungsprozesse können zu zyklischen Schwankungen führen und diese können nun allgemein durch äußere Stressoren gestört und überlagert werden. Diese Problemstellung läßt sich mathematisch durch das Komponentenmodell der Zeitreihenanalyse formulieren

$$I_t \quad S_t \quad G_t \quad e_t \qquad (t \quad 1,\ldots,n),$$

wobei sich zu jedem Zeitpunkt t die Individuenzahl (I_t), aus einer zyklischen Komponente (S_t), einer glatten Komponente (G_t) und einem zufälligen Rest (e_t) berechnen läßt (in SCHLITTGEN & STREITBERG 1989). Dabei entspricht S_t den Entwicklungszyklen und G_t den überlagerten Stressoren.

Mit den Methoden der Zeitreihenanalyse konnten sowohl für *S.heringianus* als auch für *P. volki* ähnliche Entwicklungszyklen mit einer Periode von einem Jahr nachgewiesen werden. Ursache dafür dürfte sexuelle Fortpflanzung sein, die für beide Arten auf den gleichen Zeitabschnitt Jahr beschränkt bleibt. Ähnliches wurde bisher auch für Tubifi-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

cidae beschrieben (KENNEDY 1986a,b, WACHS 1967). Diese auf Entwicklungsprozesse zurückgehenden zyklischen Schwankungen werden bei der biologischen Beurteilung der Wassergüte fälschlich als durch anthropogenen Streß hervorgerufen interpretiert.

Obwohl *heringianus* und *P. volki* unter den selben Umweltbedingungen auftraten, wurde der Zyklus von *P. volki* durch äußere Stressoren stärker gestört. Die Umweltbedingungen im untersuchten Donauabschnitt waren demnach für *heringianus* günstiger als für *P. volki*. Daher wird bei *heringianus* größerer Teil der Variabilität fälschlich als durch anthropogenen Streß hervorgerufen interpretiert als bei *P volki*.

Durch Verfahren der Saisonbereinigung konnten nun die Entwicklungszyklen sowohl für *S. heringianus* als auch für *P. volki* aus den Daten eliminiert werden. Da der Entwicklungszyklus von *S. heringianus* durch äußere Stressoren wesentlich geringer gestört wird als der von *P. volki*, führte die Saisonbereinigung bei dieser Art zu wesentlich stärkeren Effekten. In beiden Fällen wird durch die Saisonbereinigung eine Beurteilung der Wassergüte ohne störende Überlagerung durch Entwicklungszyklen möglich.

Die glatte Komponente des Komponentenmodells setzt sich aus den für die biologische Beurteilung der Wassergüte interessierenden anthropogenen Stressoren und den im Gewässer natürlich auftretenden Umweltstressoren zusammen. Als Umweltstreß wurde in der vorliegenden Studie der Einfluß von Wassertemperatur und Strömungsgeschwindigkeit untersucht. Sowohl für *heringianus* als auch für *P. volki* konnte ein steuernder Einfluß der Wassertemperatur festgestellt werden. Die Entwicklungszyklen beider Arten verlie-

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

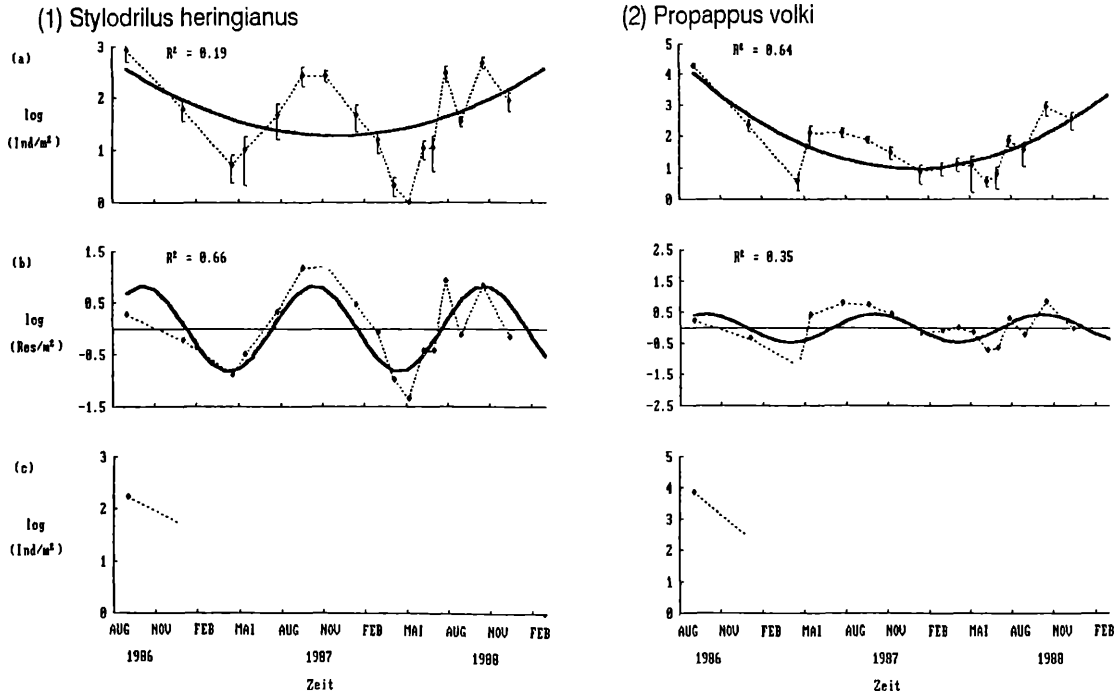
fen mit der Temperatur parallel. Die Strömungsgeschwindigkeit hatte auf beide Arten dämpfende Wirkung, da zur Zeit der höchsten Wasserstände relativ niedrige Individuendichten gefunden wurden.

Ist der Einfluß der bedeutendsten natürlichen Umweltstressoren bekannt, so kann auch er über geeignete Modelle aus den Datenreihen eliminiert werden. Erst der verbleibende Rest an Variabilität ist jener Anteil der Zeigerfunktion für den anthropogenen Streß besitzt.

Tab. 1: Kenngrößen von (a) den Original-Datenreihen und (b) den saisonbereinigten Reihen der beiden Oligochaetenarten *S. heringianus* und *P. volki*.
Gm Geometrisches Mittel der mittleren Individuendichte pro m² aller Aufsammlungstermine
Vk% Variationskoeffizient in %,
Probenumfang n 17

	S. heringianus	*P. volki*
(a) Original-Datenreihe		
Gm	37,1	49,3
Vk%	53,6	57,2
(b) Saisonbereinigte Reihe		
Gm	37,0	49,7
Vk%	24,9	47,1

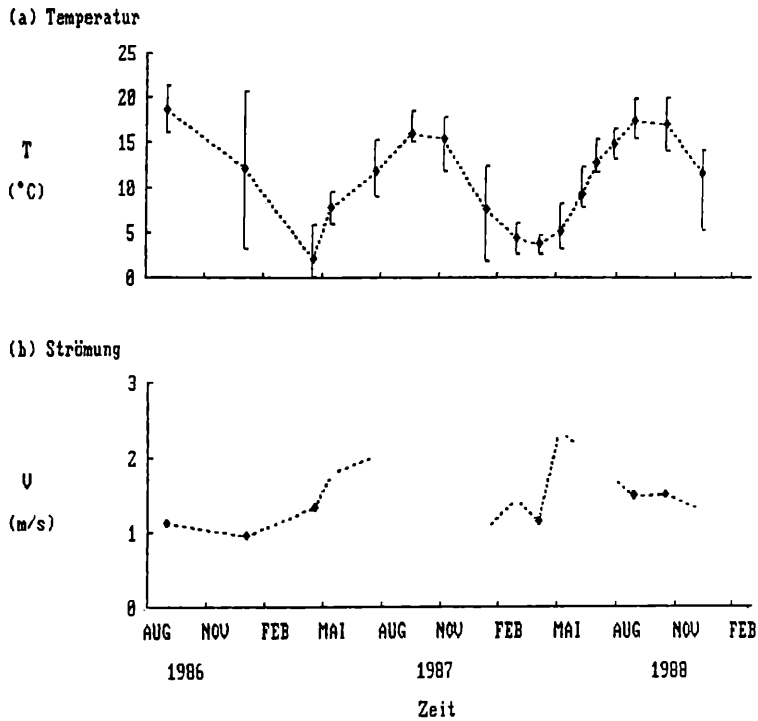
Abb. 1:
Trendanalyse der Zeitreihen von (1) *Stylodrilus heringianus* und (2) *Propappus volki*. (a) glatte Komponente (____) und (....) mit den Arithmetischen Mittelwerten und dem Standard-fehler (vertikale Linien; n=10), (b) zyklische Komponente (____) und die Residuen von der glatten Komponente (....), (c) Saisonbereinigte Reihe (....), Ind/m² Individuenzahl pro m², Res/m² Residuen pro m², Zeit Untersuchungszeitraum, R² Bestimmtheitsmaß.



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

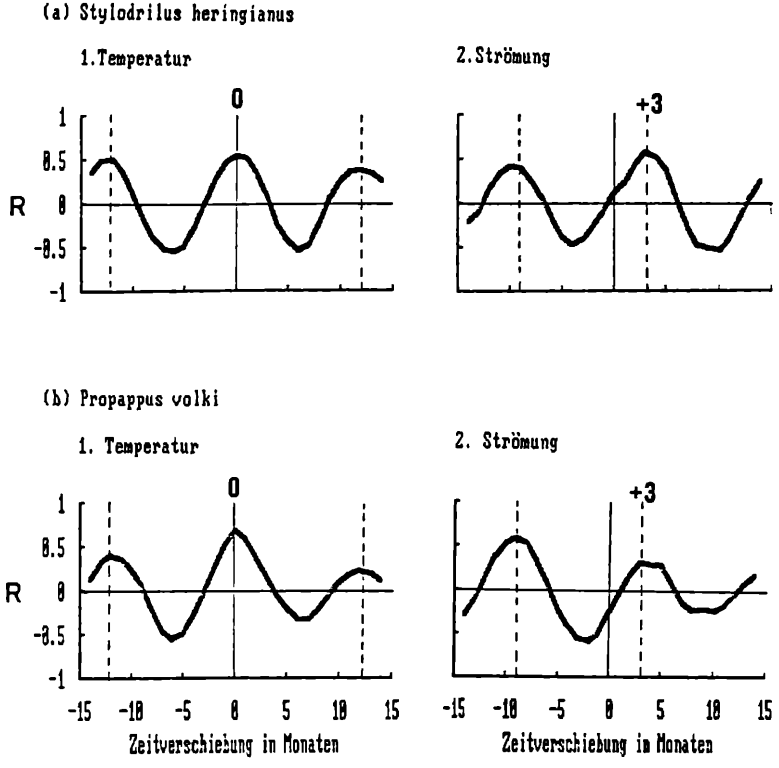
© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abb. 2: Verlauf der Zeitreihen von
(a) der mittleren Wassertemperatur zwischen den Aufsammlungsterminen (T in °C) mit den Minima und Maxima (vertikale Linien) und
(b) der mittleren Strömungsgeschwindigkeit zwischen den Aufsammlungsterminen (V in m/s).
Zeit Untersuchungszeitraum.



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

Abb. 3: Darstellung der Zeitverschiebung zwischen den Zeitreihen der Oligochaetenarten und den Umweltparametern.
(a) *Stylodrilus heringianus*
(b) *Propappus volki* ,
1. Wassertemperatur,
2. Strömungsgeschwindigkeit
Die Kreuzkorrelationen wurden mit dem Korrelationskoeffizient nach PEARSON (R) berechnet.



© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

7. ZUSAMMENFASSUNG

In der Donau im Bereich der Stauwurzel der Staustufe Altenwörth (Strom-km 2005) wurde der zeitliche Verlauf von zwei ausgewählten Oligochaetenarten, *Stylodrilus heringianus* und *P. volki*, quantitativ über zwei Jahre (August 1986 bis Dezember 1988) untersucht. Die Proben wurden mit einem modifizierten Petersen-Greifer entommen. Mittels Verfahren der Zeitreihenanalyse wurden die gesamten zeitlichen Schwankungen in einzelne Komponenten zerlegt.

Mittels dieser Methoden konnte für beide Arten zyklische Entwicklung nachgewiesen werden. Dabei wurden die Zyklen von *P. volki* stärker durch äußere Stressoren gestört als die von *S. heringianus*.

Durch Saisonbereinigung konnten die Zyklen aus den Daten eliminiert werden. Dadurch wird eine Beurteilung der Wassergüte ohne störende Überlagerung durch Entwicklungszyklen möglich.

Die Wassertemperatur übte steuernden, die Strömungsgeschwindigkeit dämpfenden Einfluß auf die Entwicklungszyklen der beiden Arten aus.

8. SUMMARY

The meaning of developmental cycles of indicator organisms for the assessment of the biological water quality as shown by the oligochaetes of the river Danube

In the river Danube at river kilometre 2005 (25 km upstream of the dam of the river impoundment Altenwörth), the temporal fluctuations of two species of oligochaetes, *S. heringianus* and *P. volki*, were examined for a period of

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

two years (August 1986 December 1988). Quantitative bottom samples were taken by modified Petersen-grab. Selected methods of time-series analysis were applied to the data set. Thus it was possible to divide the temporal fluctuations into two components.

Developmental cycles could be detected for both species. The developmental cycle of *P. volki* was affected more by the disturbing influence of environmental and biotic stress than that of *S. heringianus*.

The seasonal effect was eliminated from the data set. Thus it is possible to assess the water quality without the disturbing influence of developmental processes. Water temperature regulated, and water velocity had damping effect on, the developmental cycles for both species.

9. DANKSAGUNG

Die vorliegende Arbeit wurde von meinem Lehrer, Herrn Univ.-Doz.Mag.Dr. U.H. HUMPESCH initiiert. Dafür und für die vielfältige Unterstützung möchte ich ihm herzlich danken. Mein besonderer Dank gilt auch Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.W. TIMISCHL für die Überprüfung der biometrischen Verfahren und Frau Dr.E. GAVIRIA für die Hilfe bei der Bestimmung der Oligochaeten. Weiters danke ich P. ANDERWALD, E. ATZMÜLLER, F. GRILL, R. NIEDERREITER, H. PLOYER und Dr. M PÖCKL für die Untersützung bei der Probenentnahme und I. KOPRIVA, T. LEEB und I. MEISTER für die Hilfe beim Aussortieren der Oligochaeten.

10. LITERATUR

ELLIOTT,J.M. (1971) Some methods for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates.- Scient.Publ. Freshw.Biol.Ass.25, 1-144.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

GROSINA,H. (1985): Vorstudie für das Forschungsprojekt "Ökosystemstudie Donaustau".- Veröffentlichungen des österreichischen MaB-Programms 14, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck.

HARTUNG,J.,ELPELT,B.,KLÖSNER,K.H (1987): Statistik. Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik.- R.Oldenbourg Verlag, München, Wien.

HARY,N.,NACHTNEBEL,H.P. (1989): Ökosystemstudie Donaustau Altenwörth - Veränderungen durch das Donaukraftwerk Altenwörth.- Veröffentlichungen des österreichischen MaB-programms. 14, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck.

HELLAWELL,J.M. (1978): Biological surveillance of rivers.- Water Research Centre, Medmenham and Stevenage.

(1986): Biological indicators of freshwater pollution and environmental management.- Elsevier Applied Science Publishers, London, New York.

HUMPESCH,U.H., ELLIOTT,J.M. (1990) Methods of biological sampling in a large deep river the Danube in Austria.- Wasser und Abwasser Suppl. 2/90, 1-83.

KENNEDY,C.R. (1966a): The life history of *Limnodrilus udekemianus* Clap. (Oligochaeta: Tubificidae).- Oikos 17, 10-18.

(1966b): The life history of *Limnodrilus hoffmeisteri* Clap. (Oligochaeta: Tubificidae) and its adaptive significance.- Oikos 17, 158-186.

LAZIM,M.N.,LEARNER,M.A. (1986a): The life cycle and productivity of *Tubifex tubifex* (Oligochaeta: Tubificidae) in the Moat-Feeder Stream, Cardiff, South Wales.- Holarct. Ecol.9, 185-192.

(1986b): The life cycle and production of *Limnodrilus hoffmeisteri* and *L. udekemianus* (Tubificidae: Oligochaeta) in the organically enriched Moat-Feeder stream, Cardiff, South Wales.- Arch.Hydrobiol. Suppl. 74, 200-255.

PETTO,H. (1991): Quantitative Charakterisierung des Makrozoobenthos der Donau und seine Abhängigkeit von Umweltvariable (mit besonderer Berücksichtigung der Oligochaeta).- Dissertation Universität Wien.

PETTO,H., HUMPESCH,U.H. (1992): Time series analysis of developmental cycles of oligochaetes in relation to environmental factors in the River Danube.- Arch.Hydrobiol. 124, 53-67.

© Bundesamt für Wasserwirtschaft, download www.zobodat.at

SCHLITTGEN,R.,STREITBERG,B.H.J. (1989) Zeitreihenanalyse.- R. Oldenourg Verlag, München, Wien.

SLEPUKHINA,T.D. (1984) Comparison of different methods of water quality evaluation by means of oligochaets.- Hydrobiologia. 115, 183-186.

SMITH,M.E. (1986) Ecology of Naididae (Oligochaeta) from an alkaline bog stream: life history patterns and community structure.- Hydrobiologia 133, 79-90.

SOUTHWOOD,T.R.E. (1987) Ecological methods.- Chapmann and Hall, London, New York.

UZUNOV,J. (1982) Statistical assessment of the significance of bottom substrata and saprobity for the distribution of aquatic Oligochaeta in rivers.- Limnologica 14, 353-361.

UZUNOV,J.,KOSEL,V.,SLADECEK,V. (1988) Indicator value of freshwater oligochaeta.- Acta hydrochim.hydrobiol. 16, 173-186.

WACHS,B. (1967) Die Oligochaeten Fauna der Fließgewässer unter besonderer Berücksichtigung der Beziehung zwischen der Tubificiden-Besiedlung und dem Substrat.- Arch.Hydrobiol. 63, 310-386.

Anschrift des Verfasser: Dr.H. PETTO, Grundackerg. 50, A-1220 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Wasser und Abwasser

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: 1991

Autor(en)/Author(s): Petto H.

Artikel/Article: Bedeutung der Entwicklungszyklen von Zeigerorganismen für die biologische Beurteilung der Wassergüte am Beispiel von Oligochaeten der Donau (Strom-km 2005) 77-91