

Aus dem  
Institut für Parasitologie und internationale Tiergesundheit  
des Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

**Möglichkeiten der alternativen arzneimittelfreien  
Bekämpfung des fischpathogenen Trematoden  
*Bucephalus polymorphus* Baer, 1827  
(Trematoda: Bucephalidae)**

Inaugural Dissertation  
zur Erlangung des Grades eines  
Doktors der Veterinärmedizin  
an der Freien Universität Berlin

vorgelegt von  
Jens-Erik Wolber  
Tierarzt aus Berlin

Berlin 2004  
Journal- Nr.: 2836

Gefördert durch ein Stipendium der A. und A. Feindt- Stiftung, Hamburg

Gedruckt mit der Genehmigung des  
Fachbereichs Veterinärmedizin  
der Freien Universität Berlin

Dekan: Univ. Prof. Dr. L. Brunnberg

Erster Gutachter: Univ. Prof. Dr. E. Schein

Zweiter Gutachter: Prof. Dr. K. Schreckenbach

Dritter Gutachter: Prof. Dr. R. Schuster

Tag der Promotion: 16.7.2004

Für meine Eltern  
Für Simone

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>1</b>
Tabellenverzeichnis .....	4
Abbildungsverzeichnis .....	6
Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen.....	8
<b>1 Aufgabenstellung</b> .....	<b>10</b>
<b>2 Literaturübersicht</b> .....	<b>12</b>
2.1 Parasitismus und Fischparasitosen.....	12
2.2 Zukünftige Entwicklung von Fischerei und Aquakultur .....	16
2.3 Parasitosen als Problemfaktor der Aquakultur in eutrophen Gewässern .....	18
2.4 Mangelnde Therapiemöglichkeiten für kommerzielle Fischbestände .....	23
2.5 Fischpathogene Trematoden .....	25
2.5.1 Pathogenitätsmechanismen, Modulatoren und Bekämpfung von trematodenbedingten Fischkrankheiten.....	25
2.5.2 Der Trematode <i>Bucephalus polymorphus</i> in der Modellanlage .....	33
<b>3 Material und Methodik</b> .....	<b>38</b>
3.1 Bestimmung und Verbreitung von Parasiten im Modellbetrieb.....	38
3.1.1 Orientierende Untersuchung von Fischen des Modellbetriebs .....	38
3.1.2 Morphometrische Daten der Entwicklungsstadien von <i>B. polymorphus</i> ...	39
3.1.2.1 Vermessung von <i>B.- polymorphus</i> - Eiern .....	39
3.1.2.2 Vermessung von <i>B.- polymorphus</i> - Mirazidien.....	39
3.1.2.3 Vermessung von <i>B.- polymorphus</i> - Sporozysten .....	40
3.1.2.4 Vermessung von <i>B.- polymorphus</i> - Zerkarien.....	40
3.1.2.5 Vermessung von <i>B.- polymorphus</i> - Metazerkarien .....	41
3.1.2.6 Vermessung von <i>B.- polymorphus</i> - Adulti .....	41
3.1.3 Untersuchungen von Mollusken als potenzielle erste Zwischenwirte .....	41
3.1.3.1 Untersuchungen zum Vorkommen von <i>B. polymorphus</i> in der Dreikantmuschel ( <i>D. polymorpha</i> ) .....	41
3.1.3.2 Untersuchungen zum Bestehen einer mehrjährigen <i>B.- polymorphus</i> - Infektion der Dreikantmuschel ( <i>D. polymorpha</i> ) .....	44
3.1.4 Infektion von Zandern ( <i>Sander lucioperca</i> ) mit <i>B. polymorphus</i> .....	44
3.1.5 Infektion von Flussbarschen ( <i>Perca fluviatilis</i> ) mit <i>B. polymorphus</i> .....	45
3.2 Untersuchungen zur Empfänglichkeit verschiedener Fischarten gegenüber <i>B.-</i> <i>polymorphus</i> - Zerkarien .....	45
3.3 Entwicklung technologischer Verfahren zur Bekämpfung von <i>B.- polymorphus</i> - Zerkarien.....	47
3.3.1 Laboruntersuchungen.....	47
3.3.1.1 Versuche zur Wirkung eines Wassersturzes.....	47
3.3.1.2 Versuche zur Wirkung von Ultraschall .....	47
3.3.1.3 Versuche zur Wirkung von UV-C- Licht .....	49
3.3.2 Feldversuche .....	50
3.3.2.1 Versuche zur Wirkung von Ultraschall unter Feldbedingungen.....	50

3.3.2.2 Versuche zur Wirkung von UV-C Licht unter Feldbedingungen .....	51
3.4 Statistik .....	52
<b>4 Ergebnisse .....</b>	<b>53</b>
4.1. Vorkommen von Parasiten in der Fischhälterungsanlage .....	53
4.1.1 Befall von Fischen der Hälterungsanlage mit metazoischen Parasiten ....	53
4.1.2 Morphometrische Daten der Entwicklungsstadien von <i>B. polymorphus</i> ...	56
4.1.2.1 Beschreibung der Eier .....	56
4.1.2.2 Beschreibung der Mirazidien.....	57
4.1.2.3 Beschreibung der Sporozysten .....	58
4.1.2.4 Beschreibung der Zerkarien.....	60
4.1.2.5 Beschreibung der Metazerkarien .....	62
4.1.2.6 Beschreibung der Adulti .....	64
4.1.3 Untersuchungen an Dreikantmuscheln ( <i>D. polymorpha</i> ) .....	65
4.1.3.1 Der Trematode <i>B. polymorphus</i> als Parasit der Dreikantmuschel ( <i>D. polymorpha</i> ) .....	65
4.1.3.2 Überwinterung des Trematoden <i>B. polymorphus</i> in der Dreikantmuschel ( <i>D. polymorpha</i> ) .....	67
4.1.4 Ergebnisse der Infektion von Zandern ( <i>Sander lucioperca</i> ) mit <i>B. polymorphus</i> .....	67
4.1.5 Ergebnisse der Infektion von Flussbarschen ( <i>Perca fluviatilis</i> ) mit <i>B. polymorphus</i> .....	67
4.2 Unterschiedliche Empfänglichkeit einzelner Fischarten gegenüber <i>B. polymorphus</i> - Zerkarien .....	67
4.3 Technologische Verfahren .....	71
4.3.1 Laborexperimente.....	71
4.3.1.1 Ergebnisse der Wassersturzversuche .....	71
4.3.1.2 Ergebnisse der Ultraschallversuche.....	72
4.3.1.3 Ergebnisse der Versuche mit UV-C- Strahlung.....	75
4.3.2 Feldversuche .....	76
4.3.2.1 Die Anwendung von Ultraschall unter Freilandbedingungen .....	76
4.3.2.2 Die Anwendung von UV-C- Strahlung unter Freilandbedingungen ....	76
<b>5 Diskussion .....</b>	<b>79</b>
5.1 Ermittelte Parasitenfauna der Fischzuchtanlage: <i>B. polymorphus</i> .....	79
5.2: Ermittelte Parasitenfauna der Fischzuchtanlage: Weitere Parasitenspezies .	83
5.3 <i>Dreissena polymorpha</i> als erster Zwischenwirt von <i>B. polymorphus</i> .....	85
5.4 Nutz- und Wildfische als zweite Zwischenwirte von <i>B. polymorphus</i> .....	89
5.5 Raubfische als Endwirte von <i>B. polymorphus</i> .....	93
5.6 Laboruntersuchungen .....	94
5.6.1 Bekämpfung von Parasiten mittels Wassersturz .....	94
5.6.2 Bekämpfung von Parasiten mittels Ultraschall .....	96
5.6.3 Bekämpfung von Parasiten mittels UV-C .....	98
5.7 Freilandversuche .....	102
5.7.1 Ultraschallbehandlung im Großversuch.....	102
5.7.2 UV-C- Behandlung im Großversuch .....	104

<b>6 Schlussfolgerungen .....</b>	<b>106</b>
6.1 Gegenwärtige parasitäre Situation in Talsperre und Modellbetrieb.....	106
6.2 Reduzierung der Nährstofffracht der Talsperre.....	107
6.3 Biologische Beeinflussung der Talsperrenbiozönose.....	108
6.4 Gegenüberstellung von Bekämpfungsansätzen in Bezug auf Nachhaltigkeit, ökologische Verträglichkeit und Wirtschaftlichkeit.....	111
6.4.1 Anwendbarkeit des Wassersturzes .....	112
6.4.2 Anwendbarkeit einer Ultraschallbehandlung .....	115
6.4.3 Anwendbarkeit von ultravioletter Strahlung .....	118
6.4.4 Möglichkeiten der Ozonierung.....	120
6.4.5 Anwendbarkeit von Filtersystemen.....	124
6.4.6 Anwendbarkeit von elektrischem Strom .....	126
6.5 Übersicht über die vorgestellten Verfahren .....	130
6.6 Konzept zur innerbetrieblichen Bekämpfung von <i>B. polymorphus</i> .....	131
6.6.1 Reinigung und Desinfektion.....	132
6.6.2 Stromerzeugung durch Wasserkraft.....	133
6.6.3 Teilbehandlung mit UV-C-Strahlung.....	134
<b>7 Zusammenfassung .....</b>	<b>139</b>
<b>8 Summary .....</b>	<b>141</b>
<b>9 Literatur .....</b>	<b>143</b>
<b>10 Anhang .....</b>	<b>151</b>
10.1 Danksagung.....	151
10.2 Tabellen .....	152
10.2.1 Körpermaße.....	152
10.2.2 Laborversuchstabellen .....	157
10.2.3 Freilandversuchstabellen.....	160
10.3 Lebenslauf .....	165
10.4 Selbständigkeitserklärung .....	166

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Anzahl und umgebendes Medium der auf Schlupf von Mirazidien untersuchten Eier .....	40
Tab. 2: Testbedingungen und Anzahl der in den jeweiligen Versuchen verwendeten Dreikantmuscheln ( <i>D. polymorpha</i> ).....	43
Tab. 3: Versuchsparameter der Experimente zur Wirkung von Ultraschall auf <i>B. polymorphus</i> - Zerkarien .....	48
Tab. 4: Expositionsdauer und UV-C- Strahlungsdosis in den jeweiligen Laborversuchen .....	49
Tab. 5: Übersicht über die in Fischen der Hälteranlage nachgewiesenen Parasiten	54
Tab. 6: Schlupfraten der Mirazidien unter Einfluss des umgebenden Mediums .....	57
Tab. 7: Mittelwerte und Standardabweichungen der Metazerkariendichte in Filet und Kiemen der Kontroll- und Versuchsgruppen des Freilandversuches .....	78
Tab. 8: Vergleich der Mediane, Min- und Max- Werte der Freilandversuchsgruppen-Dichten.....	78
Tab. 9: Konfidenzintervalle der einzelnen Wassersturzversuche bei $p = 0,95$ .....	95
Tab. 10: Theoretischer Leistungsbedarf eines Ultraschallgenerators zur Behandlung des Zulaufwassers der Fischhälterungsanlage, basierend auf Ergebnissen von Laborversuchen. ....	116
Anhand einer Tabelle sollen die wichtigsten Merkmale der zuvor dargestellten Verfahren zur besseren Vergleichbarkeit noch einmal komprimiert einander gegenübergestellt werden.....	130
Tab. 11: Vergleich verschiedener Verfahren der Bekämpfung von Dreikantmuscheln und Trematodenlarven unter Berücksichtigung von Anschaffungs- und Wartungskosten, Stromkosten, Umweltverträglichkeit, Unfallrisiko und Wirkung .....	130
Tab. I: Länge, Breite und entsprechende Mittelwerte ausgeschiedener Eier von <i>B. polymorphus</i> (in $\mu\text{m}$ ).....	152
Tab. II: Körpermaße und entsprechende Mittelwerte von <i>Bucephalus- polymorphus</i> -Zerkarien (in $\mu\text{m}$ ).....	153

Tab. III: Maße und entsprechende Mittelwerte der Metazerkarienhüllen von <i>B. polymorphus</i> (in $\mu\text{m}$ ) .....	154
Tab. IV: Körpermaße von <i>B.- polymorphus</i> - Metazerkarien und entsprechende Mittelwerte (in $\mu\text{m}$ ). Es wurde nicht die Länge der Exkretionsblase, sondern der von ihr belegte Anteil der Körperlänge bestimmt .....	155
Tab. V: Verschiedene Fallhöhen und resultierende Anzahlen an toten, verletzten, unverletzten und nach Versuchsende nicht mehr auffindbaren <i>B.- polymorphus</i> - Zerkarien, n je 60. ....	157
Tab. VI: Übersicht über die durchgeführten Ultraschall- Laborversuche sowie die entsprechende Anzahl toter, zerstörter, verletzter und unverletzter <i>B.- polymorphus</i> - Zerkarien, n je 60 .....	158
Tab. VII: Anzahl an vollständigen Kontraktionen der untersuchten Zerkarien vor und nach einwirkender UV-C- Strahlung .....	159
Tab. VIII: Metazerkarienbefall der Kontrollgruppe, Mittelwerte .....	160
Tab. IX: Metazerkarienbefall der Ultraschallgruppe, Mittelwerte.....	162
Tab. X: Metazerkarienbefall der UV- Gruppe, Mittelwerte .....	163

## Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Lebenszyklus von *B. polymorphus*, schematisch. Die dargestellten Größenverhältnisse entsprechen nicht den natürlichen Gegebenheiten!..... 37
- Abb. 2: Metazerkarien von *B. polymorphus* nach künstlicher Verdauung der Kiemen einer Brasse (*A. brama*), nativ ..... 55
- Abb. 3: Eier von *B. polymorphus*, z.T. nach Schlupf, nativ ..... 56
- Abb. 4: Geschlüpfte Mirazidien von *B. polymorphus*, nativ ..... 58
- Abb. 5: Sporozyste mit zwei enthaltenen unreifen Zerkarien von *B. polymorphus*; Beginn der Gabelschwanz-Differenzierung, neutralrot..... 59
- Abb. 6: Reife Zerkarien vor Verlassen der Sporozyste, neutralrot ..... 59
- Abb. 7: *B.- polymorphus*- Zerkarie, Detail kraniales Körperende mit Penetrationsdrüse, neutralrot..... 60
- Abb. 8: *B.- polymorphus*- Zerkarie mit angezogenen Gabelschwanzanhängen, neutralrot..... 61
- Abb. 9: *B.- polymorphus*- Zerkarie mit gestreckten Gabelschwanzanhängen, neutralrot..... 61
- Abb. 10: *B.- polymorphus*- Metazerkarie in Zystenhülle, nativ..... 62
- Abb. 11: *B.- polymorphus*- Metazerkarie nach Schlupf aus Zystenhülle, nativ ..... 63
- Abb. 12: Adulter *B. polymorphus* mit charakteristischen Kopfanhängen am Rand des Kopfsaugnapfes, nativ..... 64
- Abb. 13: Sporozysten aus *D. polymorpha*, Übersichtpräparat, nativ ..... 65
- Abb. 14: *B.- polymorphus*- Sporozysten aus *D. polymorpha*: Keimschläuche mit Zerkarien unterschiedlichen Reifegrades, neutralrot..... 66
- Abb. 15: Vergleich der Befallsdichten der Filets von Plötzen (*Rutilus rutilus*), Güstern (*Abramis bjoerkna*), und Regenbogenforellen (*Oncorhynchus mykiss*) nach 4- bzw. 8- stündiger Exposition mit *B.- polymorphus*- Zerkarien. Die abweichende Skalierung der y- Achse der Forellengruppen ist unbedingt zu beachten ..... 69
- Abb. 16: Vergleich der Wirkung unterschiedlicher Fallhöhen auf Zerkarien von

---

<i>B. polymorphus</i> .....	71
Abb. 17: Vergleich der Effekte einer Ultraschallbehandlung unterschiedlicher Stärke und Dauer auf Zerkarien von <i>B. polymorphus</i> , n je 60 .....	72
Abb. 18: Zusammenhang zwischen der eingebrachten Energie und der Anzahl toter und nicht mehr nachweisbarer <i>B.- polymorphus</i> - Zerkarien. Die Ziffern kennzeichnen die jeweiligen Versuche .....	73
Abb. 19: Letal geschädigte Zerkarie mit abgetrennten Schwanzanhängen und mehrfach punktiertem Integument nach Ultraschallbehandlung .....	74
Abb. 20: Vergleich der mittleren Anzahl (+ S.D.) vollständiger Kontraktionen je Minute von <i>B.- polymorphus</i> - Zerkarien vor und 45 Minuten nach Exposition mit UV-Strahlung über 10 bis 30 Sekunden (entspr. 950, 1800, 2850 J/ m <sup>2</sup> ).....	75
Abb. 21: Verdrängung funktioneller Kiemenstrukturen durch eine Metazerkarie von <i>B. polymorphus</i> ; Kieme, <i>Abramis brama</i> , nativ .....	90
Abb. 22: Leistungsgrenzen verschiedener Wasserturbinentypen in Abhängigkeit von Fallhöhe und Durchflussmenge (Fa. Wasserkraft Volk AG).....	133

**Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen**

A	-	Fläche
Abb.	-	Abbildung
Cat.#	-	Katalognummer
cm	-	Zentimeter
d	-	Tag, Tage
$\Delta L$	-	Differenz der Länge
EU	-	Europäische Gemeinschaft
FAO	-	Food and Agriculture Organisation of the United Nations
FIP U	-	Einheit der Fédération Internationale Pharmaceutique
g	-	Gramm
GFP	-	glasfaserverstärktes Polyester
°C	-	Grad Celsius
h	-	Stunde, Stunden
ha	-	Hektar
Hz	-	Hertz
I	-	Elektrische Stromstärke
IfB	-	Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam Sacrow
IgM	-	Immunglobulin Typ M
J	-	Joule
kg	-	Kilogramm
kHz	-	Kilohertz
kWh	-	Kilowattstunde
l	-	Liter
$\mu\text{g}$	-	Mikrogramm
$\mu\text{m}$	-	Mikrometer
m	-	Meter
Max	-	Maximum
MC/ g	-	Metazerkarien pro Gramm
mg	-	Milligramm
Min	-	Minimum
min.	-	Minuten
Mio.	-	Millionen

---

ml	-	Milliliter
mm	-	Millimeter
MRU	-	Maximale Rückstandshöchstmengen
mW	-	Milliwatt
MW	-	Mittelwert
n	-	Anzahl
NH <sub>4</sub>	-	Ammonium
NO <sub>2</sub>	-	Nitrit
O <sub>2</sub>	-	Sauerstoff
p	-	(Irrtums-) Wahrscheinlichkeit
p.i.	-	post infectionem
®	-	eingetragener Handelsname
s	-	Sekunde
SD	-	Standardabweichung
sp.	-	biologische Art
spp.	-	biologische Arten
t	-	Tonnen, respektive Zeit
T€	-	Tausend Euro
U/ min	-	Umdrehungen pro Minute
UV-C	-	Ultraviolette C-Strahlung
v	-	Geschwindigkeit
V	-	Volt
W	-	Watt
W <sub>spez</sub>	-	spezifischer Energieeintrag
ZNS	-	Zentralnervensystem
Ω	-	Elektrischer Widerstand

### 10.3 Lebenslauf

Name: Jens-Erik Wolber

Geburtsdatum: 10.02.1973

Geburtsort: Berlin

Schulbildung: High School Diploma 1991, Newnan Private School,  
Newnan, GA, USA  
Abitur 1993, C.- F.- v.- Siemens- Gymnasium, Berlin

Hochschulbildung: Studium der Veterinärmedizin an der FU Berlin;  
Tierärztliche Approbation 2002

#### **10.4 Selbständigkeitserklärung**

Hiermit versichere ich, alle Hilfsmittel und Hilfen angegeben und die vorliegende Arbeit auf dieser Grundlage selbständig verfasst zu haben.

Die vorliegende Arbeit wurde in keinem anderen Promotionsverfahren angenommen oder abgelehnt.

Jens-Erik Wolber