

Aus dem Institut für Umwelt- und Tierhygiene
sowie Tiermedizin mit Tierklinik
der Universität Hohenheim,
vertreten durch
Prof. Dr. Reinhard Böhm

Eingereicht über das Institut für Umwelt- und Tierhygiene
der Freien Universität Berlin
Im Fachbereich Veterinärmedizin vertreten durch
Prof. Dr. Wolfgang Müller

**Vergleichende
seuchenhygienisch-mikrobiologische Untersuchungen an
horizontal und vertikal beschickten, bewachsenen Bodenfiltern mit
vorgeschalteter Mehrkammerausfallgrube bzw. einem als
Grobstoff – Fang dienenden Rottebehälter (Rottefilter)**

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

vorgelegt von
Michael Schwarz
Tierarzt
aus Wanne-Eickel
Berlin 2003

Journal - Nr. 2698

Gedruckt mit Genehmigung
des Fachbereiches Veterinärmedizin
der Freien Universität Berlin

Dekan : Univ. – Prof. Dr. Leo Brunnenberg

Erster Gutachter : Univ. – Prof. Dr. Wolfgang Müller

Zweiter Gutachter : Univ. – Prof. Dr. Reinhard Böhm

Dritter Gutachter : Univ. – Prof. Dr. Lothar H. Wieler

Deskriptoren : artificial wetlands, epidemics, hygiene,
(nach CAB- Thesaurus) microbiology, Salmonella enteritidis,
waste water treatment

Tag der Promotion: 23. Mai 2003

1	Einleitung	7
2	Literatur	10
2.1	Grundzüge einer konventionellen Kläranlage	10
2.1.1	Mechanische Reinigung	11
2.1.2	Biologische Reinigung	11
2.1.3	Nachklärung	12
2.1.4	Behandlung der anfallenden Abfallstoffe	13
2.2	Grundzüge einer Pflanzenkläranlage	13
	Vorklärung	16
2.2.1.1	Mehrkammerausfallgrube nach DIN 4261 T1	16
2.2.1.2	Rottefilter	17
2.2.1.3	Sonstige Verfahren	17
2.2.2	Pflanzenbeet	18
2.2.3	Abwasserteiche	19
2.3	Mikrobiologische Grundlagen	19
2.3.1	Indikatorkeime	19
2.3.2	Mikrobiologische Indikatororganismen und Krankheitserreger	20
2.3.2.1	Aerobe Gesamtbakterienzahl	20
2.3.2.2	<i>Enterobacteriaceae</i>	20
2.3.2.3	<i>E. coli</i>	21
2.3.2.4	Fäkalstreptokokken	21
2.3.2.5	Salmonellen	22
2.3.2.6	Weitere hygienisch relevante Bakterien	23
2.3.3	Parasitologische Indikatororganismen und Pathogene	25
2.3.3.1	Allgemeine parasitologische Betrachtung	25
2.3.3.2	<i>Ascaris suum</i>	26
2.3.4	Tenazitäten der Krankheitserreger in verschiedenen Umweltmedien	27
2.3.4.1	Tenazität von Bakterien in verschiedenen Umweltmedien	27
2.3.4.2	Tenazität von Wurmeiern in verschiedenen Umweltmedien	27
2.3.5	Elimination der Krankheitserreger in Kläranlagen	27
2.3.5.1	Elimination von Bakterien in Kläranlagen	27
2.3.5.2	Elimination von Wurmeiern in Kläranlagen	28
2.4	Hygienische Situation von Pflanzen- und Kleinkläranlagen	29
3	Eigene Untersuchungen	31
3.1	Beschreibung der untersuchten Pflanzenkläranlagen	31
3.1.1	Die „System-WURSTER“ Pflanzenkläranlage „Nord-1“	31
3.1.2	Die Pflanzenkläranlage „Nord-2“	33
3.1.3	Die Pflanzenkläranlage „Nord-3“	34
3.1.4	Die Pflanzenkläranlage „Nord-4“	34
3.1.5	Die „Palutec“ – Pflanzenkläranlage „Süd-1“	35
3.1.6	Die „System-WURSTER“ Pflanzenkläranlage „Süd-2“	36
3.2	Material und Methoden	37
3.2.1	Bakteriologische Untersuchungen	37
3.2.1.1	Allgemeine bakteriologische Verfahren	37
3.2.1.2	Verwendete spezielle bakteriologische Verfahren	38
3.2.2	Bakteriologische Stufenkontrollen in den einzelnen Anlagen	43
3.2.2.1	Praxis der Probennahme an den Pflanzenkläranlagen	43
3.2.3	Tenazitätsversuche	44
3.2.3.1	Gaze – Prüfkörpertechnik mit Schweine – Spulwurmeiern	44
3.2.3.2	Macrolon – Prüfkörpertechnik mit Salmonellen	45
3.2.4	Modellversuch mit Rottefiltern	46
3.2.4.1	Beschreibung der Rottefilter	46
3.2.4.2	Beschreibung der Versuchsansätze	48

3.2.5	Durchflussversuche	51
3.3	Verlauf der Probennahme und der Untersuchungen	52
3.3.1	Probennahme in der Pflanzenkläranlage „Nord-1“	52
3.3.2	Probennahme in der Pflanzenkläranlage „Nord-2“	54
3.3.3	Probennahme in der Pflanzenkläranlage „Nord-3“	54
3.3.4	Probennahme in der Pflanzenkläranlage „Süd-1“	55
3.3.5	Probennahme in der Pflanzenkläranlage „Süd-2“	55
3.3.6	Probennahme beim Modellversuch Rottefilter	56
4	Ergebnisse	57
4.1	Ergebnisse der einzelnen Stufenproben der Pflanzenkläranlagen	57
4.1.1	Ergebnisse der Wasserproben	57
4.1.1.1	Ergebnisse der Wasserproben der Pflanzenkläranlage „Nord-1“	57
4.1.1.2	Ergebnisse der Wasserproben der Pflanzenkläranlage „Nord-2“	63
4.1.1.3	Ergebnisse der Wasserproben der Pflanzenkläranlage „Nord-3“	69
4.1.1.4	Ergebnisse der Wasserproben der Pflanzenkläranlage „Süd-1“	72
4.1.1.5	Ergebnisse der Wasserproben der Pflanzenkläranlage „Süd-2“	75
4.1.2	Ergebnisse der Feststoffproben	78
4.1.2.1	Ergebnisse der Feststoffproben der Pflanzenkläranlage „Nord-1“	78
4.1.2.2	Ergebnisse der Feststoffproben der Pflanzenkläranlage „Nord-2“	81
4.1.2.3	Ergebnisse der Feststoffproben der Pflanzenkläranlage „Nord-4“	83
4.1.2.4	Ergebnisse der Feststoffproben der Pflanzenkläranlage „Süd-1“	83
4.1.2.5	Ergebnisse der Feststoffproben der Pflanzenkläranlage „Süd-2“	85
4.2	Ergebnisse der Prüfkörper – Tenazitätsversuche	88
4.2.1	Gesamtergebnis der Tenazitätsversuche mit Salmonellen	88
4.2.1.1	Ergebnisse der Tenazitätsversuche in der Pflanzenkläranlage „Nord-1“	89
4.2.1.2	Ergebnisse der Tenazitätsversuche in der Pflanzenkläranlage „Nord-2“	91
4.2.1.3	Ergebnisse der Tenazitätsversuche in der Pflanzenkläranlage „Süd-1“	91
4.2.1.4	Ergebnisse der Tenazitätsversuche in der Pflanzenkläranlage „Süd-2“	92
4.2.2	Zusammengefasstes Ergebnis der Tenazitätsversuche mit Spulwurmeiern	93
4.2.2.1	Ergebnisse der Tenazitätsversuche in der Pflanzenkläranlage „Nord-1“	95
4.2.2.2	Ergebnisse der Tenazitätsversuche in der Pflanzenkläranlage „Nord-2“	96
4.2.2.3	Ergebnisse der Tenazitätsversuche in der Pflanzenkläranlage „Süd-1“	97
4.2.2.4	Ergebnisse der Tenazitätsversuche in der Pflanzenkläranlage „Süd-2“	97
4.2.3	Ergebnisse der Durchflussversuche	99
4.2.4	Ergebnisse der Durchflussversuche in der Pflanzenkläranlage „Nord-1“	99
4.2.5	Ergebnisse der Durchflussversuche in der Pflanzenkläranlage „Süd-1“	104
4.2.6	Ergebnisse der Durchflussversuche in der Pflanzenkläranlage „Süd-2“	105
4.3	Ergebnisse im Modellversuch Rottefilter	106
4.3.1	Ergebnisse der Keimzahlen während der Filtrationsphase	106
4.3.2	Ergebnisse der Keimzahlen während der Rottephase	108
4.3.3	Ergebnisse der Keimzahlen (Salmonellen) während der Rottephase	112
4.3.4	Ergebnisse der Keimzahlen nach der Umschichtung	113
5	Diskussion	117
5.1	Vorbemerkung	117
5.2	Diskussion zur Optimierung der Prüfkörpertechnik	121
5.3	Diskussion der Ergebnisse	122
5.3.1	Diskussion über die Ergebnisse der Wasserproben	123
5.3.2	Diskussion über die Ergebnisse der Feststoffproben	129
5.3.3	Diskussion der Tenazitätsversuche mit Salmonellen	135
5.3.4	Diskussion über die Tenazitätsversuche mit Askariden	138
5.3.5	Diskussion über die Modellversuche mit standardisierten Rottefiltern	139
5.4	Diskussion über die Vorreinigungsstufen im Vergleich	141

Inhaltsverzeichnis

5.5	Schlussfolgerungen und epidemiologische Betrachtung	142
5.6	Mögliche Forderungen für die Zukunft	146
6	<i>Zusammenfassung</i>	148
7	<i>Summary</i>	149
8	<i>Literaturverzeichnis</i>	150
9	<i>Abbildungsverzeichnis</i>	166
10	<i>Tabellenverzeichnis</i>	167
11	<i>Indexverzeichnis</i>	169
12	<i>Anhang</i>	171
12.1	Tabellarische Aufstellung von Literaturangaben	171

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	- Abbildung
AbwV	- Abwasserverordnung
BPLSA-Agar	- Brillantgrün-Phenolrot-Laktose-Agar
BSB ₅	- Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen
CSB ₅	- Chemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen
d ₁₀	- Verdünnung um den Faktor 10
h	- Stunde(n)
Mrd.	- Milliarde
<i>E. coli</i>	- <i>Escherichia coli</i>
EBA	- <i>Enterobacteriaceae</i>
EGW	- Einwohnergleichwerte
FKS	- Fäkalstreptokokken
GKZ	- Gesamtbakterienzahl
KBE	- Koloniebildende Einheiten
k _f	- Faktor als Maß für die Bodendichte
ml	- Milliliter
mm	- Millimeter
m	- Meter
s	- Sekunde
MPN-Verfahren	- „most-probable-number“-Verfahren nach DE MAN (1983)
NC	- Nitrocellulosefilter
PC	- Polycarbonatfilter
Tab.	- Tabelle
WHO	- World Health Organisation
KrW-/AbfG	- Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
ATV	- Abwassertechnische Vereinigung
T ₅₀	- Zeit, in der 50 % der besagten Organismen abgestorben sind
XLD-Agar	- Xylose-Lysin-Desoxycholat-Agar

9 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Grundzüge der konventionellen Abwasserreinigung (Encyclopedia, 1999) _____	10
Abb. 2:	Zuordnung der Reinigungsstufen einer konventionellen Kläranlage zu den schematischen Reinigungsschritten _____	12
Abb. 3:	Schematischer Aufbau einer Pflanzenkläranlage _____	13
Abb. 4:	Zuordnung der Reinigungsstufen einer Pflanzenkläranlage zu den schematischen Reinigungsschritten gemäß dem Funktionsprinzip der Reinigungsstufen in einer Pflanzenkläranlage nach GSCHLÖBL (1997) und ATV (1997) _____	15
Abb. 5:	Funktionsprinzip eines Rottefilters mit Filterplatten als Abstandshalter _____	17
Abb. 6:	Ansicht eines leeren Rottefilters, Zulauf in der Mitte, Strohballen an der Wand, Holzhäcksels als Bodenauflage _____	32
Abb. 7:	Schilfbeet der Pflanzenkläranlage „Nord-1“ im Sommer mit vollem Bewuchs _____	32
Abb. 8:	Teich der Pflanzenkläranlage „Nord-1“ _____	33
Abb. 9:	Schilfbeet der Pflanzenkläranlage „Nord-2“ _____	34
Abb. 10:	Schilfbeet der Pflanzenkläranlage „Süd-1“ _____	35
Abb. 11:	Schilfbeet der Pflanzenkläranlage „Süd-2“ _____	36
Abb. 12:	Probennahme und Keimzugaben in den Pflanzenkläranlagen _____	43
Abb. 13:	Der Macrolon-Prüfkörper _____	45
Abb. 14:	Schematischer Aufbau eines Rottefilters auf einer kommunalen Kläranlage. _____	47
Abb. 15:	Versuchsaufbau im Rotteversuch (Beschickung) _____	48
Abb. 16:	Versuchsaufbau im Rotteversuch (Verrottung) _____	49
Abb. 17:	Versuchsaufbau im Rotteversuch (Desinfektion) _____	50
Abb. 18:	Schema des Verteilungssystems im Schilfbeet „Nord-1“ _____	53
Abb. 19:	<i>E. coli</i> in Wasserproben von „Nord-1“ _____	59
Abb. 20:	Fäkalstreptokokken in Wasserproben von „Nord-1“ _____	61
Abb. 21:	<i>E. coli</i> in Wasserproben von „Nord-2“ _____	65
Abb. 22:	Fäkalstreptokokken in Wasserproben von „Nord-2“ _____	67
Abb. 23:	Fäkalstreptokokken in den Wasserproben von „Süd-1“ _____	73
Abb. 24:	<i>E. coli</i> in den Feststoffproben von „Nord-1“ _____	79
Abb. 25:	<i>E. coli</i> in den Feststoffproben von „Nord-2“ _____	82
Abb. 26:	Fäkalstreptokokken in den Feststoffproben von „Süd-1“ _____	85
Abb. 27:	<i>E. coli</i> in den Feststoffproben von „Süd-2“ _____	87
Abb. 28:	Vergleichende Darstellung der reisolierter Salmonellenzahl aus den in den Rottefiltern und der Mehrkammerausfallgrube eingebrachten Prüfkörpern _____	89
Abb. 29:	Vergleichende Darstellung der reisolierter Salmonellenzahl aus den in den Schilfbeeten eingebrachten Prüfkörpern _____	89
Abb. 30:	Entwicklungsfähigkeit der Askariden bei den Tenazitätsversuchen in der Vorklärung _____	94
Abb. 31:	Entwicklungsfähigkeit der Askariden bei den Tenazitätsversuchen in den Schilfbeeten (Legende s. Abb. 30) _____	95
Abb. 32:	Durchflussversuch in „Nord-1“ im Winter 1997 zu Tab. 36 _____	101
Abb. 33:	Durchflussversuch in „Nord-1“ im Frühjahr 1998 _____	103
Abb. 34:	Durchflussversuch in „Süd-1“ im Frühjahr 1998 (s. Tab. 40) _____	105
Abb. 35:	Durchflussversuch in „Süd-2“ im Frühjahr 1998 _____	106
Abb. 36:	Temperaturverlauf während der Verrottungsphase im Rottefilterversuch _____	112

10	Tabellenverzeichnis	
Tab. 1:	Minimale Infektionsdosen verschiedener Erreger	29
Tab. 2:	Koloniemorphologie für <i>Enterobacteriaceae</i> und <i>E. coli</i> auf verschiedenen Kulturmedien	39
Tab. 3:	Koloniemorphologie auf XLD-Agar und BPLSA-Agar zur Salmonellendiagnostik	41
Tab. 4:	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Wasserproben der Pflanzenkläranlage „Nord-1“ auf <i>E. coli</i> und Fäkalstreptokokken	58
Tab. 5:	Ergebnisse der mikrobiologischen Wasseruntersuchung der Pflanzenkläranlage „Nord-1“ auf <i>Enterobacteriaceae</i> und Gesamtbakterienzahl	62
Tab. 6:	Ergebnis einer qualifizierten 24-Stunden-Wasserprobe über 7 Tage in der Pflanzenkläranlage „Nord-1“ (automatische Mischprobenentnahme abhängig vom Durchfluss) vom 17. - 23. Juni 1997	63
Tab. 7:	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Wasserproben der Pflanzenkläranlage „Nord-2“ auf <i>E. coli</i>	64
Tab. 8:	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Wasserproben der Pflanzenkläranlage „Nord-2“ auf Fäkalstreptokokken	66
Tab. 9:	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Wasserproben der Pflanzenkläranlage „Nord-2“ auf <i>Enterobacteriaceae</i>	68
Tab. 10:	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Wasserproben der Pflanzenkläranlage „Nord-2“ auf Gesamtbakterienzahl	69
Tab. 11:	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Wasserproben der Pflanzenkläranlage „Nord-3“ auf <i>E. coli</i> und Fäkalstreptokokken	70
Tab. 12:	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Wasserproben der Pflanzenkläranlage „Nord-3“ auf <i>Enterobacteriaceae</i> und Gesamtbakterienzahl	71
Tab. 13:	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Wasserproben der Pflanzenkläranlage „Süd-1“ auf <i>E. coli</i> und Fäkalstreptokokken	72
Tab. 14:	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Wasserproben der Pflanzenkläranlage „Süd-1“ auf <i>Enterobacteriaceae</i> und Gesamtbakterienzahl	74
Tab. 15:	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Wasserproben der Pflanzenkläranlage „Süd-2“ auf <i>E. coli</i> und Fäkalstreptokokken	75
Tab. 16:	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Wasserproben der Pflanzenkläranlage „Süd-2“ auf <i>Enterobacteriaceae</i> und Gesamtbakterienzahl	77
Tab. 17:	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Feststoffproben aus dem Rottefilter der Pflanzenkläranlage „Nord-1“ auf <i>Enterobacteriaceae</i> und <i>E. coli</i>	78
Tab. 18:	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Feststoffproben aus dem Rottefilter der Pflanzenkläranlage „Nord-1“ auf Fäkalstreptokokken und Gesamtbakterienzahl	80
Tab. 19:	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Feststoffproben aus dem Rottefilter der Pflanzenkläranlage „Nord-2“ auf <i>Enterobacteriaceae</i> , <i>E. coli</i> , Fäkalstreptokokken und Gesamtbakterienzahl	81
Tab. 20:	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung des Rottematerials eines seit 9 Jahren in Betrieb befindlichen Rottefilters	83
Tab. 21:	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Feststoffproben der Pflanzenkläranlage „Süd-1“ bezüglich <i>Enterobacteriaceae</i> , <i>E. coli</i> , Fäkalstreptokokken und Gesamtbakterienzahl	84
Tab. 22:	Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Feststoffproben der Pflanzenkläranlage „Süd-2“ auf <i>Enterobacteriaceae</i> , <i>E. coli</i> , Fäkalstreptokokken und Gesamtbakterienzahl	86
Tab. 23:	Ergebnisse der Prüfkörper-Tenazitätsversuche in den Vorklärungen	88
Tab. 24:	Ergebnisse der Tenazitätsversuche mit Prüfkörpern in den Schilfbeeten	88
Tab. 25:	Ergebnisse der Prüfkörper - Tenazitätsversuche mit Salmonellen in der Pflanzenkläranlage „Nord-1“	90
Tab. 26:	Ergebnisse der Prüfkörper - Tenazitätsversuche mit Salmonellen in der Pflanzenkläranlage „Nord-2“	91
Tab. 27:	Ergebnisse der Prüfkörper - Tenazitätsversuche mit Salmonellen in der Pflanzenkläranlage „Süd-1“	92
Tab. 28:	Ergebnisse der Prüfkörper - Tenazitätsversuche mit Salmonellen in der Pflanzenkläranlage „Süd-2“	93
Tab. 29:	Zusammengefasste Ergebnisse der Prüfkörper - Tenazitätsversuche in drei Rottefiltern vergleichend mit einer Mehrkammerausfallgrube	93

Tab. 30:	Zusammengefasste Ergebnisse der Prüfkörper - Tenazitätsversuche in drei Schilfbeeten von Pflanzenkläranlagen	94
Tab. 31:	Ergebnisse der Prüfkörper - Tenazitätsversuche mit <i>Ascaris suum</i> in der Pflanzenkläranlage „Nord-1“	96
Tab. 32:	Ergebnisse der Prüfkörper - Tenazitätsversuche mit <i>Ascaris suum</i> in der Pflanzenkläranlage „Nord-2“	96
Tab. 33:	Ergebnisse der Prüfkörper - Tenazitätsversuche mit <i>Ascaris suum</i> in der Pflanzenkläranlage „Süd-1“	97
Tab. 34:	Ergebnisse der Prüfkörper - Tenazitätsversuche mit <i>Ascaris suum</i> in der Pflanzenkläranlage „Süd-2“	98
Tab. 35:	Keimzahlen in den Wasserproben nach dem Rottefilter im Verlaufe des Durchflussversuchs in der Pflanzenkläranlage „Nord-1“ im Winter	99
Tab. 36:	Keimzahlen in den Wasserproben nach dem Schilfbeet im Verlaufe des Durchflussversuchs in der Pflanzenkläranlage „Nord-1“ im Winter (Teil 1 von 2)	100
Tab. 37:	Keimzahlen in den Wasserproben nach dem Schilfbeet im Verlaufe des Durchflussversuchs in der Pflanzenkläranlage „Nord-1“ im Winter (Teil 2 von 2)	101
Tab. 38:	Keimzahlen in den Wasserproben nach dem Schönungsteich im Verlaufe des Durchflussversuchs in der Pflanzenkläranlage „Nord-1“ im Winter	102
Tab. 39:	Salmonellen in den Wasserproben während des Durchflussversuchs in der Pflanzenkläranlage „Nord-1“ im April '98	103
Tab. 40:	Verlauf der Salmonellenkeimzahl in dem Durchflussversuch an der Pflanzenkläranlage „Süd-1“	104
Tab. 41:	Verlauf der Salmonellenkeimzahl in dem Durchflussversuch an der Pflanzenkläranlage „Süd-2“	105
Tab. 42:	Ergebnisse der mikrobiologischen Wasseruntersuchung auf <i>Enterobacteriaceae</i> und <i>E. coli</i> während der Filtrationsphase	107
Tab. 43:	Ergebnisse der mikrobiologischen Wasseruntersuchung auf Fäkalstreptokokken und Gesamtbakterienzahl während der Filtrationsphase	108
Tab. 44:	Keimzahlen von <i>Enterobacteriaceae</i> und <i>E. coli</i> während der Verrottung der Feststoffe in dem Rotteversuch	109
Tab. 45:	Keimzahlen von Fäkalstreptokokken und Gesamtbakterienzahl während der Verrottung der Feststoffe in dem Rotteversuch	110
Tab. 46:	Temperaturmesswerte während der Verrottungsphase im Rottefilterversuch	111
Tab. 47:	Keimzahlen Verrottungsphase <i>Salmonellen</i> (Modellversuch Rottefilter)	113
Tab. 48:	Keimzahlen nach Umschichtung ohne CaO (Modellversuch Rottefilter)	114
Tab. 49:	Keimzahlen nach Umschichtung mit CaO (Modellversuch Rottefilter)	115
Tab. 50:	Reduktion von Bakterien durch konventionelle Abwasserbehandlungsanlagen	171
Tab. 51:	Keimelimination in Pflanzenkläranlagen (Teil 1 von 6)	172
Tab. 53:	Keimelimination in Pflanzenkläranlagen (Teil 2 von 6)	173
Tab. 54:	Keimelimination in Pflanzenkläranlagen (Teil 3 von 6)	174
Tab. 55:	Keimelimination in Pflanzenkläranlagen (Teil 4 von 6)	175
Tab. 56:	Keimelimination in Pflanzenkläranlagen (Teil 5 von 6)	176
Tab. 57:	Keimelimination in Pflanzenkläranlagen (Teil 6 von 6)	177
Tab. 59:	Tenazität von Wurmeiern in verschiedenen Umweltbereichen	178
Tab. 60:	Tenazität von Wurmeiern bei verschiedenen konventionellen Klärtechniken	179
Tab. 61:	Auswirkung von Umwelteinflüssen auf die Tenazität von Bakterien im Boden	180

11 Indexverzeichnis

A

<i>A. lumbricoides</i>	173
Abwasserverregnung.....	29
<i>Aeromonas</i>	24, 171
<i>Alisma plantago</i>	180
<i>Ancylostoma</i>	26, 178, 179
Anreicherungsverfahren.....	37
antibiotikaresistente Stämme.....	25
Antikörper.....	42
Askariden.....	25, 29, 178, 179
ausreichender Untersuchungszeitraum.....	118

B

Bakterienkonkurrenz.....	180
Bakteriologische Stufenkontrollen.....	43
Belebtschlammanlage.....	179
Bioterra - Lüftungssteine.....	31, 36
Bodenfeuchtigkeit.....	180
<i>Bodensysteme</i>	14
Bodenwasserspeicherkapazität.....	180
BPL-Agar.....	41

C

<i>Campylobacter</i>	29, 171, 180
<i>Coliforme</i>	173, 176, 177
<i>Coliforme Bakterien</i>	171
Cytochrom-Oxidase-Test.....	40

D

<i>Dipylidium</i>	26
-------------------------	----

E

<i>E. coli</i>	29, 171, 172, 176, 177
ENDO-Agar.....	39
<i>Enterobius</i>	25, 178
<i>Enterokokken</i>	25

F

<i>Fäkalcoliforme</i>	171, 174
<i>Fäkalstreptokokken</i>	171, 176
<i>Fasciola</i>	178
Filtration.....	28

G

<i>Giardia</i>	29, 173
----------------------	---------

<i>Glyceria maxima</i>	180
Grobstoffabscheidung.....	35

H

<i>Helicobacter pylori</i>	24, 30
<i>Helminthen</i>	179
Holzhäckselschicht.....	31
<i>hydrobotanische Systeme</i>	14
<i>Hymenolepis</i>	26, 29, 178

I

Indikatororganismen.....	19
Insektenbekämpfungsmaßnahmen.....	30
intermittierende Beschickung.....	32

K

<i>Keimzahlen</i>	173
Klärgrube.....	179
<i>Klebsiellen</i>	25

L

<i>Leptospiren</i>	25, 180
limnische Makrophyten.....	180

M

Macrolonzylinder.....	45
Mäuse.....	29
McConkey-Agar.....	39
Mehrkammerausfallgrube.....	28, 35
Minimale Infektionsdosis.....	29

N

Nahrungsmittel.....	29
Nitrocellulosefilter.....	45

O

Objektträger-Agglutination.....	42
---------------------------------	----

P

<i>P. aeruginosa</i>	171
<i>Parasiten</i>	173
Peptonwasser.....	41
Pflanzenbeete.....	32, 34

<i>Protozoen</i>	173
<i>Pseudomonas</i>	24

R

RAPAPPORT-Bouillon.....	41
Ratten.....	29
relevanten Keime.....	119
repräsentative Probennahme.....	118
repräsentativen Anlagen.....	117
Rottefilter.....	36

S

<i>Salmonellen</i>	29, 171, 173, 180
Sandböden.....	180
Sandfilter.....	36
Sandfiltration.....	179
Schaben.....	29
<i>Schistosoma</i>	25, 26, 178, 179
Schlammstabilisierung.....	179
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	180
Schönungsteich.....	33
Schwallbeschickung.....	32
Sedimentation.....	28, 35, 179
<i>Shigellen</i>	171, 180

T

<i>Taenia</i>	25, 29, 179
<i>Taenia saginata</i>	179
Teichanlage.....	31, 34
<i>Teichanlagen</i>	14
Temperatur.....	180
Tenazitätsuntersuchung.....	45
TERGITOL-7-Agar.....	40
<i>Toxocara</i>	25, 178
<i>Toxoplasma gondii</i>	29
<i>Trichuris</i>	25, 178, 179

Tropfkörper.....	179
<i>Tropheryma whippelii</i>	25
Tuberkulose.....	171

Ü

Überlauf.....	37
Überlaufschacht.....	36

U

<u>Umwelteinfluss</u>	180
-----------------------------	-----

V

Versickerung.....	36
Verteilungssystem.....	35
<u>Vibrio</u>	24
Vorklärung.....	179

W

<u>Wasserproben</u>	43
Wurmeier.....	28

X

XLD-Agar.....	41
---------------	----

Y

<i>Yersinien</i>	24, 29, 171
------------------------	-------------

Danksagung

Herr Universitätsprofessor Dr. R. Böhm danke ich für die Themenstellung, die gewährte Unterstützung und die vortrefflichen Arbeitsbedingungen in seinem Institut.

Herrn Universitätsprofessor Dr. W. Müller und Herrn Universitätsprofessor Dr. L. H. Wieler möchte ich ausdrücklich für die freundliche Annahme der Arbeit und deren Vertretung am Fachbereich Veterinärmedizin der Freien Universität Berlin danken.

Herrn Dr. W. Philipp danke ich für die fachkundige wissenschaftliche und praktische Unterstützung meiner Arbeit.

Einen besonderen Dank für die fachkundige und technische Unterstützung möchte ich an dieser Stelle allen weiteren Mitarbeitern des Instituts aussprechen, darunter insbesondere Frau Petra Veith und Herrn David Winter, ohne deren intensive und häufig selbstlose Zusammenarbeit diese Arbeit nicht zustande gekommen wäre sowie Herrn Uwe Paetzold für die häufige und meist kurzfristige Hilfe bei der Nährbodenanfertigung.

Einen zusätzlichen Dank für die intensive und wiederholte wissenschaftliche und orthographische Durchsicht dieser Arbeit sei hiermit Frau Marita Schölzel und Herrn Dr. med. vet. Uwe Münster ausgesprochen.

Einen persönlichen Dank für die Unterstützung dieses Promotionsvorhabens möchte ich meinem Sohn René Schwarz und meiner Familie Herrn Bernd Schwarz, Frau Jutta Herkenrath-Schwarz, Herrn Thorsten Schwarz, Frau Corina Schwarz und Frau Lydia Busch aussprechen.

LebenslaufMichael Thomas Schwarz

Orion Pharma GmbH Hamburg	seit 2000
Pharmazeutischer Klinikaussendienst	
Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft, Nordrhein-Westfalen	1998 – 2000
Vetrinärreferendar	
Universität Hohenheim Institut für Umwelt- und Tierhygiene sowie Tiermedizin mit Tierklinik, Stuttgart	1996 – 1998
Anfertigung einer Promotionsarbeit, wissenschaftlicher Mitarbeiter, Tierarzt	
Tierärztliche Klinik Dr. med. vet. Schille in Lichtenfels, Bayern	1995 – 1996
Assistentztierarzt	
Freie Universität Berlin	1989 – 1995
Studiengang Veterinärmedizin	
Zivildienst bei der Rettungswache Kempen	1987 – 1989
Ausbildung zum Rettungshelfssanitäter	
Gymnasium Horkesgath in Krefeld	1984 – 1987
Abschluss: Abitur	

Hiermit versichere ich, die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter zu Hilfenahme der im Literaturverzeichnis angegebenen Publikationen angefertigt zu haben. Die Arbeit wurde in keinem anderen Promotionsverfahren eingereicht.

Berlin, den 23.05.2003

Michael Thomas Schwarz