



**Mikrobiologische Untersuchungen zur
seuchenhygienischen
Bewertung naturnaher
Abwasserbehandlungsanlagen**

von

**Dr. Ulrich Hagendorf
Dipl.-Ing. Wolfram Bartocha
Dipl.-Biol. Klaus Diehl
Dr. Irmgard Feuerpfeil
Dipl.-Biol. Annette Hummel
Dr. Juan Lopez-Pila
Dr. Regine Szewzyk**

Diese WaBoLu-Veröffentlichung kann bezogen werden bei

Vorauszahlung von 10,00 Euro

durch Post- bzw. Banküberweisung,
Verrechnungsscheck oder Zahlkarte auf das

Konto Nummer 4327 65 - 104 bei der

Postbank Berlin (BLZ 10010010)

Fa. Werbung und Vertrieb,

Ahornstraße 1-2,

10787 Berlin

Parallel zur Überweisung richten Sie bitte
eine schriftliche Bestellung mit Nennung
der **WaBoLu-Hefte-Nummer** sowie des **Namens**
und der **Anschrift des Bestellers** an die
Firma Werbung und Vertrieb.

Herausgeber: Umweltbundesamt -
Postfach 33 00 22
14191 Berlin
Tel.: 030/8903-0
Telex: 183 756
Telefax: 030/8903 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet III 3.5
Dr. Ulrich Hagendorf

Berlin, November 2002

Vorwort
Kurzreferat
Inhaltsverzeichnis
Abbildungsverzeichnis
Tabellenverzeichnis
Anhangverzeichnis
Abkürzungsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis

1	Problem- und Zielstellung	13
2	Mikrobiologische Anforderungen im Wasserbereich	17
3	Mikrobiologische Befunde in Abwässern von Bewachsenen Bodenfiltern	21
3.1	Allgemeiner Überblick	21
3.2	Mikrobiologische Elimination in Bewachsenen Bodenfiltern	23
4	Durchgeführte Untersuchungen und Messprogramme	35
4.1	Überblick	35
4.2	Parameter und Nachweisverfahren	36
4.2.1	Mikrobiologische Parameter	36
4.2.1.1	Koloniezahl	36
4.2.1.2	E. coli/coliforme Bakterien	37
4.2.1.3	Enterokokken	38
4.2.1.4	Clostridien	38
4.2.1.5	Campylobacter/ Arcobacter	38
4.2.1.6	Coliphagen	39
4.2.1.7	Salmonellen	40
4.2.1.8	Yersinien	41
4.2.1.9	E. coli O 157	41
4.2.1.10	Cryptosporidien-Oozysten / Giardien-Zysten	42
4.2.2	Abwasserchemische Parameter	43
4.3	Untersuchte Anlagen	45
4.3.1	Anlage Wiedersberg	45
4.3.1.1	Anlagenaufbau	45
4.3.1.2	Abwassersituation	46
4.3.2	Anlage Ettenbüttel	47
4.3.2.1	Anlagenaufbau	47
4.3.2.2	Abwassersituation	49
4.3.3	Anlage See	50

4.3.3.1	Anlagenaufbau	50
4.3.3.2	Abwassersituation	52
4.4	Probenahmen	57
5	Ergebnisse und Diskussion	61
5.1	Auswertung der Probenahmen	61
5.1.1	Standzeituntersuchungen	61
5.1.2	Intensivprobenahmen	63
5.1.3	Regelprobenahmen	64
5.2	Wiedersberg	66
5.2.1	Mikrobiologische Befunde	66
5.2.2	Mikrobiologische Elimination und Betriebsbedingungen	73
5.2.2.1	Vertikalfilter	73
5.2.2.2	Horizontalfilter	78
5.2.3	Sonstige Parameter	80
5.3	Ettenbüttel	83
5.3.1	Mikrobiologische Befunde	83
5.3.2	Mikrobiologische Elimination und Betriebsbedingungen	88
5.3.2.1	Vertikalfilter 1	88
5.3.2.2	Vertikalfilter 2	91
5.3.3	Sonstige Parameter	93
5.4	See	95
5.4.1	Mikrobiologische Befunde	95
5.4.2	Mikrobiologische Elimination und Betriebsbedingungen	101
5.4.3	Sonstige Parameter	104
6	Bewertung und Schlussfolgerungen	107
6.1	Probenahmen und Probenuntersuchung	109
6.2	Mikrobiologische Befunde und Eliminationen	110
6.3	Mikrobiologische Auswertungen zum Anlagenbetrieb	112
6.3.1	Variable Faktoren	112
6.3.2	Steuerbare Faktoren	113
6.4	Anforderungen	114
7	Literatur	115
7.1	Autoren	115
7.2	Rechtliche Regelungen, DIN- bzw. ISO/CEN-Bestimmungsverfahren, weitere Methoden	121

Abbildungsverzeichnis

Abb. 3.1:	Verminderung von <i>E. coli</i> im Abwasser durch Bewachsene Bodenfilter	31
Abb. 4.1:	Lageplan Anlage Wiedersberg mit Probenahmestellen	46
Abb. 4.2:	Lageplan Anlage Ettenbüttel mit Probenahmestellen	48
Abb. 4.3:	Lageplan Anlage See mit Probenahmestellen	51
Abb. 4.4:	Hydraulische Belastung Anlage See	53
Abb. 4.5:	Abwassertemperatur Anlage See	55
Abb. 4.6:	CSB Anlage See	56
Abb. 5.1.1:	Konzentrationen von Enterokokken in Abhängigkeit von der Standzeit (3 - 9 h), Anlage Wiedersberg	62
Abb. 5.1.2:	Konzentrationen von <i>E. coli</i> in Abhängigkeit von der Standzeit (20 – 24 h), Anlage Wiedersberg	62
Abb. 5.1.3:	Konzentrationen von Enterokokken bei Intensivprobenahmen, Anlage Wiedersberg	64
Abb. 5.2.1:	Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse Indikatororganismen (Mittelwerte), Anlage Wiedersberg	66
Abb. 5.2.2:	Mikrobiologische Untersuchungen Anlage Wiedersberg, pathogene Mikroorganismen (Mittelwerte)	67
Abb. 5.2.3:	Konzentrationen von <i>E. coli</i> in Abläufen Vorklärung, Vertikal- und Horizontalfilter, Anlage Wiedersberg	68
Abb. 5.2.4:	Konzentrationen von Enterokokken in Abläufen Vorklärung, Vertikal- und Horizontalfilter, Anlage Wiedersberg	68
Abb. 5.2.5:	Konzentrationen von <i>E. coli</i> im Ablauf Vorklärung im Vergleich zum Niederschlag, Anlage Wiedersberg	69
Abb. 5.2.6:	Elimination von <i>E. coli</i> im Vergleich zur Zulaufkonzentration, Vertikalfilter Anlage Wiedersberg	70
Abb. 5.2.7:	Elimination von Enterokokken im Vergleich zur Zulaufkonzentration, Vertikalfilter Anlage Wiedersberg	70
Abb. 5.2.8:	Konzentrationen von <i>Campylobacter/Arcobacter</i> in Abläufen Vorklärung, Vertikal- und Horizontalfilter, Anlage Wiedersberg	71
Abb. 5.2.9:	Konzentrationen von Clostridien in Abläufen Vorklärung, Vertikal- und Horizontalfilter, Anlage Wiedersberg	72
Abb. 5.2.10:	Elimination von <i>E. coli</i> im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter Anlage Wiedersberg	74
Abb. 5.2.11:	Elimination von <i>E. coli</i> im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter Anlage Wiedersberg	75

Abb. 5.2.12: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter Anlage Wiedersberg	76
Abb. 5.2.13: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur Abwassertemperatur, Horizontalfilter Anlage Wiedersberg	79
Abb. 5.2.14: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Horizontalfilter Anlage Wiedersberg	80
Abb. 5.3.1 Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse Indikatororganismen (Mittelwerte), Anlage Ettenbüttel	83
Abb. 5.3.2: Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse pathogene Mikroorganismen (Mittelwerte), Anlage Ettenbüttel	84
Abb. 5.3.3: Konzentrationen von <i>E. coli</i> in Abläufen Vorklärung, Vertikalfilter 1 und Vertikalfilter 2, Anlage Ettenbüttel	85
Abb. 5.3.4: Konzentrationen von Enterokokken in Abläufen Vorklärung, Vertikalfilter 1 und Vertikalfilter 2, Anlage Ettenbüttel	85
Abb. 5.3.5: Konzentration von <i>E. coli</i> im Vergleich zur Abwassertemperatur, Ablauf Teich 2 Anlage Ettenbüttel	86
Abb. 5.3.6: Elimination von <i>E. coli</i> im Vergleich zur Zulaufkonzentration, Vertikalfilter 1 Anlage Ettenbüttel	87
Abb. 5.3.7: Konzentrationen von Campylobacter/Arcobacter in Abläufen Vorklärung, Vertikalfilter 1 und Vertikalfilter 2, Anlage Ettenbüttel,	88
Abb. 5.3.8: Elimination von <i>E.coli</i> im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter 1 Anlage Ettenbüttel	89
Abb. 5.3.9: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter 1 Anlage Ettenbüttel	89
Abb. 5.3.10: Elimination von <i>E. coli</i> im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter 1 Anlage Ettenbüttel	90
Abb. 5.3.11: Elimination von <i>E. coli</i> im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter 2 Anlage Ettenbüttel	91
Abb. 5.3.12: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter 2 Anlage Ettenbüttel	92
Abb. 5.3.13: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter 2 Anlage Ettenbüttel	93
Abb. 5.4.1: Konzentrationen von <i>E. coli</i> in Abläufen Vorklärung und Horizontalfilter 2, Anlage See (Altdaten)	95

Abb. 5.4.2:	Konzentrationen von Enterokokken in Abläufen Vorklärung und Horizontalfilter 2, Anlage See (Altdaten)	96
Abb. 5.4.3:	Elimination von <i>E. coli</i> und Enterokokken Horizontalfilter 2, Anlage See (Altdaten)	97
Abb. 5.4.4:	Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse Indikatororganismen (Mittelwerte), Anlage See	98
Abb. 5.4.5:	Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse pathogene Mikroorganismen (Mittelwerte), Anlage See	98
Abb. 5.4.6:	Konzentrationen von <i>E. coli</i> in Abläufen Vorklärung, Horizontalfilter 1 und Horizontalfilter 2, Anlage See	99
Abb. 5.4.7:	Elimination von <i>E. coli</i> im Vergleich zur Zulaufkonzentration, Horizontalfilter 1 Anlage See	100
Abb. 5.4.8:	Elimination von <i>E. coli</i> im Vergleich zur Abwassertemperatur, Horizontalfilter 1 Anlage See	101
Abb. 5.4.9:	Elimination von Enterokokken im Vergleich zur Abwassertemperatur, Horizontalfilter 1 Anlage See	102
Abb. 5.4.10:	Elimination von Enterokokken im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Horizontalfilter 1 Anlage See	103

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1:	Mikrobiologische Anforderungen im Wasserbereich	188
Tab. 2.2:	Fließgewässerbelastungsstufen nach Fäkalindikatorbakterien (POPP et al., 1993)	18
Tab. 4.1:	Charakterisierung der Abwasserzusammensetzung (Medianwerte) Anlage Wiedersberg	47
Tab. 4.2:	Charakterisierung der Abwasserzusammensetzung (Medianwerte) Anlage Ettenbüttel	50
Tab. 4.3:	Charakterisierung der Abwasserzusammensetzung (Medianwerte) Anlage See	55
Tab. 4.4:	Untersuchungsumfang einzelner Probenahmestellen	58
Tab. 5.1:	Vergleich der Elimination der Mikroorganismen (Mittelwerte) im Vertikalfilter der Anlage Wiedersberg bei verschiedenen Betriebszuständen	78
Tab. 6.1:	Bewertung verschiedener Betriebsbedingungen in Bewachsenen Bodenfiltern auf die mikrobiologische Elimination	108
Tab. 6.2:	Mittlere Eliminationsleistungen im Vertikal- und Horizontalfilter der Anlagen Wiedersberg, Ettenbüttel und See	111

Anhangverzeichnis

- Anhang 1: Mikrobiologische Untersuchungsmethoden
Anhang 2: Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen
Anhang 3: Ergebnisse abwasserchemischer Untersuchungen
Anhang 4: Ergänzende Abbildungen - Anlagen Wiedersberg, Ettenbüttel und See

Abkürzungsverzeichnis

Abl.	Ablauf
BF	Bodenfilter
d	Tag
EW	Einwohnerwerte
HF	Horizontalfilter
KBE	Kolonie Bildende Einheiten
Konz.	Konzentration
MPN	Most Probable Number
N	Niederschlag
P	Phosphatfilter
pfu	Plaque Forming Units
q _A	hydraulische Flächenbelastung
T	Temperatur
T 1	Teich 1
T 2	Teich 2
Übl.	Überlauf
VF	Vertikalfilter
VK	Vorklärung
Zul.	Zulauf

VORWORT

Bewachsene Bodenfilter haben sich im letzten Jahrzehnt als wirtschaftliches und leistungsfähiges Verfahren der Abwasserbehandlung in der Praxis bewährt. Aus der Vielzahl der Verfahrensentwicklungen und aus den Anfangs sehr widersprüchlichen Forschungsergebnissen haben sich Verfahrenstechniken, Bemessungskriterien und Betriebshinweise für Bewachsene Bodenfilter ergeben, die bei einer zuverlässigen Planung zu hohen Reinigungsergebnissen bezüglich der chemischen Abwasserinhaltsstoffe führen.

Häusliche Schmutzwässer enthalten aber auch eine Vielzahl krankheitserregender Mikroorganismen, die je nach Art und Anzahl den Menschen gesundheitlich gefährden können und daher im Rahmen der Abwasserbehandlung zu vermindern sind. Zur Beurteilung der Eliminationsleistung krankheitserregender Mikroorganismen durch Bewachsene Bodenfilter wurden bisher - weitgehend sporadisch - Untersuchungen zum Verhalten der sog. Indikatororganismen durchgeführt. Es fehlten aber systematische, wissenschaftlich fundierte Studien sowohl zum Auftreten und Verbleib dieser Indikatororganismen als auch von Krankheitserregern (pathogene Bakterien, Viren, Parasiten) im Abwasser. Aus den Projektergebnissen sollte deshalb eine umfassende Beurteilung des seuchenhygienischen Risikos Bewachsener Bodenfilter im praktischen Betrieb abgeleitet werden.

Die dafür notwendigen Projektarbeiten wurden von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt im Rahmen des interdisziplinären Verbundvorhabens „Bewachsene Bodenfilter“ gefördert. Für die finanzielle Unterstützung sei daher besonders gedankt wie auch den im Verbundprojekt tätigen Anlagenplanern und -betreibern, die vorbehaltlos Planungsunterlagen und Messdaten zur interdisziplinären Auswertung zur Verfügung stellten: Ingenieurbüro Akut, Berlin, Ingenieurbüro F & N Umweltconsult, Hannover, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, Universität Hannover, Wasserverband Gifhorn für die Anlage Ettenbüttel, Zweckverband Wasser Abwasser Vogtland für die Anlage Wiedersberg und die Freie Christliche Gemeinschaft Bethsehel, Happurg für die Anlage See.

Besonders fühlen wir uns zahlreichen Mitarbeitern im Umweltbundesamt der Dienstbereiche Bad Elster, Berlin und Langen zu großem Dank verpflichtet: Frau G. Aichert, Frau Bätz, Frau Bohn, Frau K. Bischoff, Frau A. Brunner, Frau Chr. Escher, Herrn K. Hein, Frau St. Jamann, Herrn B. Lindner, Frau K. Oehm, Frau I. Matteredne, Herrn Th. Mohlmann, Frau S. Sandner, Frau Y. Schreiner, Herrn F. Steffan, Herrn E. Utesch, Herrrn W. Vieweger, Frau K. Watzula, Frau P. Wolf, Herrn J. Wobith und Frau U. Wunderlich.

Ohne den tatkräftigen Einsatz bei der Probenahme und dem Probentransport, der Probenaufbereitung, den mikrobiologischen Untersuchungen und abwasserchemischen Bestimmungen, der Dateneingaben und Auswertungen sowie technischen Fertigstellung wäre die vorliegende Arbeit nicht möglich gewesen.

Bad Elster, Berlin, Langen; September 2002

KURZREFERAT

Langjährige Untersuchungen bestätigen die grundsätzliche Eignung bestimmter naturnaher Abwasserbehandlungsanlagen im Hinblick auf die Reinigungsleistung für chemische Abwasserinhaltsstoffe. Für die umfassende Beurteilung des seuchenhygienischen Risikos fehlen für Bewachsene Bodenfilter Untersuchungen über Auftreten und Verbleib von im Abwasser auftretenden Krankheitserregern (fakultativ pathogene Bakterien, Viren, Parasiten). Unter Berücksichtigung des gesundheitlichen Vorsorgegedankens sind solche Untersuchungen zwingend geboten, da die Einleitung der Abläufe häufig auch in hydraulisch leistungsschwache und ökologisch oder umwelthygienisch belastungsempfindliche Vorfluter (Bachoberläufe), in stehende Gewässer einschließlich Trinkwassertalsperren und Badegewässer oder die Versickerung in Boden und Grundwasser erfolgt.

Am Beispiel mehrerer Bewachsener Bodenfilter mit vorwiegend häuslichem Abwasser wurden in einem mehrjährigen Messprogramm mikrobiologische Untersuchungen zum Auftreten und Verbleib von Krankheitserregern in Abwasserproben durchgeführt. Dabei wurden die Konzentrationen von sog. Indikatororganismen (Koloniezahl, *E. coli*, Coliforme Bakterien, Enterokokken, Clostridien, Coliphagen) und potentiell pathogenen Mikroorganismen bzw. Krankheitserregern (*Campylobacter/Arcobacter*, *Clostridium perfringens* (m-CP, TSC), Salmonellen, Yersinien, Enteropathogene *E. coli* (*E. coli* O 157), *Cryptosporidien-Oozysten*, *Giardien-Zysten*) in den verschiedenen Bauteilen bzw. Stufen der Anlagen bestimmt. Die Ergebnisse wurden mit Literaturdaten verglichen.

Die 14tägigen bis monatlichen Stichproben und mehrtägigen Intensivprobenahmen an den Anlagen Wiedersberg, Ettenbüttel und See orientierten sich u.a. an den Anlagenbedingungen (u.a. Vorklärung, Horizontal-Vertikalfilter, hydraulische Belastung, Niederschlags- und Temperaturverhältnisse).

In hohem Umfang sowohl hinsichtlich der Parameter als auch der Intensität, wurden die hygienisch relevanten Parameter im Zu- und Ablauf der verschiedenen Bodenfilterstufen untersucht. Die Auswertung der rund 2.600 mikrobiologischen Einzelanalysen von drei Kläranlagen und der Vergleich mit älteren Daten einer bereits seit 18 Jahren in Betrieb befindlichen Anlage bietet erstmalig die Möglichkeit, betriebliche Faktoren in die Bewertung mit einzubeziehen.

Die Elimination aller wichtigen Indikatororganismen und Krankheitserreger liegt bei einstufigen Anlagen im Mittel bei 1,5 - 2,5 Zehnerpotenzen und erhöht sich durch mehrstufige Bauweise auf 3 – 5 Zehnerpotenzen. Signifikante Unterschiede zwischen Horizontal- und Vertikalfiltern sind nicht festzustellen. Mehrstufige Bewachsene Bodenfilter, die den oben dargestellten Belastungsverhältnissen unterliegen (kolmationsfreier Betrieb), können die Anforderungen der EU-Badegewässerrichtlinie, Beregnungs- und Bewässerungswasserrichtlinien einhalten. Es konnten deutliche Einflüsse der hydraulischen Belastung, der Zulaufkonzentration und der Abwassertemperaturen festgestellt werden. Gegenüber kurzfristigen hydraulischen Spitzen zeigten sich die untersuchten Vertikalfilter als außerordentlich tolerant. Trotz kurzfristiger hoher Beschickungsmengen von bis zu 290 mm/d wurden bei sehr hohen Zulaufkonzentrationen noch Eliminationsraten von 4 Zehnerpotenzen festgestellt.

Die mikrobiologischen Eliminationsleistungen Bewachsener Bodenfilter übertreffen damit die aus klassischen biologischen Belebungsanlagen deutlich.

1 PROBLEM- UND ZIELSTELLUNG

Für die Abwasserentsorgung in ländlichen Gebieten gewinnen naturnahe Abwasserbehandlungssysteme (Pflanzenkläranlagen/Bewachsene Bodenfilter) aus technischer und umweltpolitischer Sicht zunehmend an Bedeutung. Kläranlagenabläufe von kleinen Gemeinden, Streusiedlungen oder Einzelgehöfte leiten häufig in hydraulisch leistungsschwache und ökologisch oder umwelthygienisch belastungsempfindliche Vorfluter (Bachoberläufe, Gräben) und stehende Gewässer ein. Dabei ist auch nicht auszuschließen, dass die behandelten Abwässer in besonders zu schützende Ressourcen, wie Badegewässer, Grundwässer oder Trinkwassertalsperren, die zur direkten oder indirekten Trinkwasseraufbereitung genutzt werden, gelangen. In diesen Fällen ist eine Belastung des Wassers mit Krankheitserregern aus seuchenhygienischen Sicht unbedingt zu minimieren, um die hygienisch erforderlichen Grenz- und Richtwerte einzuhalten. Im Hinblick auf den gesundheitlichen Vorsorgedanken sind solche Untersuchungen aber zwingend geboten, da der Bau und Betrieb von Bewachsenen Bodenfiltern unterschiedlichster Einwohneranschlusswerte wesentlich zugenommen hat.

Zur Beurteilung der Eliminationsleistung von Bewachsenen Bodenfiltern in Bezug auf Mikroorganismen liegen nur wenige systematische, wissenschaftlich fundierte Studien vor. In den meisten Fällen wird nach sporadischen Erhebungsmessungen anhand von Indikatororganismen (Koloniezahlen, *E. coli* und coliforme Bakterien) in den Abläufen von Bewachsenen Bodenfiltern eine Einschätzung des seuchenhygienischen Risikos vorgenommen. Nach neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen ist aber die Indikatorfunktion der Indikatorbakterien bei vielen „neuen“ Pathogenen, die über den Wasserpfad verbreitet werden, eingeschränkt (z.B. Parasitendauerformen, Viren). Für die umfassende Beurteilung des seuchenhygienischen Risikos Bewachsener Bodenfilter sind deshalb Untersuchungen über Auftreten und den Verbleib von im Abwasser auftretenden Krankheitserregern (pathogene Bakterien, Viren, Parasiten) notwendig. Dadurch werden auch Zusammenhänge zwischen dem Vorkommen und der Elimination von Indikatororganismen und Krankheitserregern in Bewachsenen Bodenfiltern beschreibbar.

Am Beispiel der im Verbundprojekt zu untersuchenden Anlagen mit vorwiegend häuslichem Abwasser sollten im vorgesehenen Messprogramm modellhaft mikrobiologische Untersuchungen zum Auftreten und Verbleib von Indikatoren und

Krankheitserregern im Abwasser durchgeführt werden. Dabei waren im Abwasser die Konzentrationen dieser Mikroorganismen durch kulturelle Nachweisverfahren in den verschiedenen Bauteilen bzw. Stufen der Anlagen zu bestimmen und zu bewerten. Vor diesem Hintergrund war zu prüfen, inwieweit Bewachsene Bodenfilter in der Lage sind, im Abwasser auftretende Krankheitserreger (fakultativ pathogene Bakterien, Viren, Parasiten) ebenso wie die Indikatororganismen mit hoher Effizienz zu eliminieren.

Die innovative Bedeutung dieses Teilprojektes leitet sich daraus ab, so dass erstmals neben den siedlungswassertechnischen Planungsansätzen und den Betriebsdaten unmittelbar Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen zur Bewertung und zur Optimierung der Prozesssteuerung, ggf. zur Bauausführung im Sinne von Synergieeffekten, genutzt werden können. Anhand der Ergebnisse sollte weiter geprüft werden, ob sich hygienisch-bakteriologische Ablaufanforderungen für Anlagen ableiten lassen, die an Standorten mit besonderer gesundheitlicher und umwelthygienischer Schutzfunktion (u.a. Badegewässer, Einzugsgebiete zur Trinkwassergewinnung, Versickerung bei oberflächennahem Grundwasser, Karstgebiete) betrieben werden. Die Daten ermöglichen zusätzlich differenzierte Vorschläge zur weiteren Nutzung der Abläufe aus Bewachsenen Bodenfiltern im ländlichen Raum (u.a. Brauchwasser, Bewässerungswasser, Grundwasseranreicherung) . Somit werden durch dieses Teilprojekt auch direkte Beiträge zum Ressourcenschutz, zur Umweltentlastung und zur Reststoffvermeidung im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes geleistet.

Das Vorhaben wurde in enger Zusammenarbeit zwischen den Verbundpartnern durchgeführt, Details zur Probenahme und zur Umsetzung der Ergebnisse auch hinsichtlich der Betriebsführung (z.B. hydraulische Belastung) wurden mit den jeweiligen Verbundpartnern in regelmäßigen Abständen erörtert. Dies schloss Kenntnisse zu den Ergebnissen der experimentellen Untersuchungen der Verbundpartner und Informationen zu den geplanten weiteren Betriebsabläufen ein.

Die an diesem Teilprojekt beteiligten Arbeitsgruppen verfügten über ein großes Spektrum von Erfahrungen zur Bearbeitung der Projektaufgaben. Dies betraf auf dem Gebiet umwelthygienischer Untersuchungen die Bereiche Trink-, Grund- und Abwasser und deren Schnittstellen. Grundlegende methodische und praktische Entwicklungsarbeiten wurden durch zahlreiche Forschungsprojekte geleistet. Experimentelle Untersuchungen an Biomodulen, sowie Erhebungsmessun-

gen und spezielle wissenschaftliche Begleituntersuchungen an Anlagen im praktischen Betrieb wurden seit Mitte der 80er Jahre mit bodenkundlichen, mikrobiologischen, abwasserchemischen und botanischen Methoden durchgeführt. Zu nennen sind z.B. langjährige Untersuchungen der Wurzelraumanlage Hofgeismar-Beberbeck (MORELL et al. 1992), Untersuchungen zur umwelt- und seuchenhygienischen Bewertung von Pflanzenkläranlagen unterschiedlicher Bauform (HAGENDORF & HAHN 1994) und Verhalten von bewachsenen Bodenfiltern zur Abwasserbehandlung im Langzeitbetrieb (HAGENDORF 1999).

Im Rahmen von Untersuchungen zum Verhalten pathogener Bakterien, Viren und Indikatororganismen wurden unterschiedlichste Umweltkompartimente und technische Anlagen einbezogen. So wurde z.B. das Verhalten neuer potentiell pathogener Mikroorganismen in Abwässern, Rohwässern und in der Trinkwasseraufbereitung, der seuchenhygienische Zustand von repräsentativen Gewässern in Deutschland, die Verbreitung mehrfachresistenter Enterobacteriaceen in Abwasser und Oberflächenwasser und die Belastung von Abwasser und Oberflächengewässern mit z.B. Salmonellen, Campylobacter und Yersinien untersucht (FEUERPFIL & SCHULZE 1992, FEUERPFIL 1996, BISCHOFF & FEUERPFIL 1996, SEIDEL & LOPEZ-PILA 1992, DIZER et al. 1993).

2 MIKROBIOLOGISCHE ANFORDERUNGEN IM WASSERBEREICH

In Deutschland werden bisher in bundes- und landesrechtlichen Regelungen keine mikrobiologischen Grenzwerte an Kläranlagenabläufen vor einer Gewässer-einleitung gefordert, sondern in einigen Gesetzen nur allgemeine Formulierungen verwendet. Das Infektionsschutzgesetz (IfSG 2000) führt in § 41 aus, „dass Abwasser so beseitigt wird, dass Gefahren für die menschliche Gesundheit durch Krankheitserreger nicht entstehen“. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass bei bestimmten Gewässernutzungen oder der falls bei Wiederverwendung ein direkter Kontakt des Menschen nachgewiesen beziehungsweise auf Grund der Ausbreitungsmechanismen angenommen werden muss, Krankheitserreger aus dem Abwasser entfernt werden müssen.

Mit Verabschiedung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EWRL 2000) wurde erstmals ein grundlegendes Maßnahmenprogramm für Flussgebiete entwickelt, das auch den hygienischen Zustand der Fließgewässer in Bezug zu hygienischen Anforderungen (Badegewässer, Trinkwasserqualität) berücksichtigen soll. Danach werden langfristig bei Gewässereinleitungen auch an Kläranlagenabläufen Hygienisierungsmaßnahmen erforderlich sein, wie sie für Trinkwasserschutz-zonen (RUSTIGE & PLATZER 2002), Fließgewässer (POPP 2001) und in Küstenregionen (TOBIAS & HEINEMEYER 1994) zur Erreichung der Badegewässeranforderungen schon praktiziert werden. Für verschiedene Nutzungsarten von Oberflächengewässern bestehen Grenz- und Richtwerte bzw. Güteanforderungswerte für bestimmte Bakteriengruppen, so für die Trinkwassergewinnung, die Nutzung als Badegewässer, als Beregnungswasser für Freilandkulturen oder als Viehtränkwasser. Diese Anforderungen sind in EG-Richtlinien oder in Länderempfehlungen festgelegt und in Tab. 2.1 zusammengefasst. Bis auf Salmonellen und Enteroviren werden zur Beurteilung der Anforderungen Fäkalindikatoren herangezogen.

Die mikrobiologische Bewertung von Fließgewässern kann nach nutzungsorientierter bakteriologisch-hygienischer Einstufung oder ökologischen Aspekten erfolgen. Anhand von Fäkalindikatoren wurden verschiedene Klassifizierungsmodelle unter Berücksichtigung von Nutzungseinschränkungen entwickelt (POPP 1993) (Tab. 2.2).

Tab. 2.1: Mikrobiologische Anforderungen im Wasserbereich

Mikrobiologische Anforderungen					
Parameter	GC ¹⁾ [/100ml]	FC ²⁾ [/100ml]	FS ³⁾ [/100ml]	Salmonellen	Darmviren [/10l]
Trinkwasserverordnung (1990)					
Grenzwert	0	0	0	-	-
Badegewässerrichtlinie (1976)					
Leitwert	500	100	100	-	-
Grenzwert	10.000	2.000	-	0/l	0
Beregnungswasser (1991)					
Leitwert	1.000	100	-	-	-
Bewässerungswasser (1998)					
Leitwert	n.n. bis 2000 ⁴⁾			n.n.	n.n.
Oberflächenwasserrichtlinie (1975)					
A 1 Leitwert	50	20	20	n.n. in 5.000 ml	-
A 2 Leitwert	5.000	2.000	1.000	n.n. in 1000 ml	-
A 3 Leitwert	50.000	20.000	10.000	-	-

¹⁾ GC - Gesamtcoliforme (coliforme Bakterien)

²⁾ FC - Fäkalcoliforme (*E. coli*)

³⁾ FS - Fäkalstreptokokken (Enterokokken)

⁴⁾ je nach Anwendungsfall u.a. 100, 400, 2000 KBE/100ml

Tab. 2.2: Fließgewässerbelastungsstufen nach Fäkalindikatorbakterien (POPP et al., 1993)

Stufen	Belastung	Gesamtcoliforme Bakterien [MPN/100 ml]	Fäkalkoliforme Bakterien Fäkalstreptokokken (MPN/100 ml)
1	Unbelastet	$< 5 \times 10^0$	$< 1 \times 10^0$
2	gering	$> 5 \times 10^0 - 5 \times 10^1$	$> 1 \times 10^0 - 1 \times 10^1$
3	mäßig	$> 5 \times 10^1 - 5 \times 10^2$	$> 1 \times 10^1 - 1 \times 10^2$
4	kritisch	$> 5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$	$> 1 \times 10^2 - 1 \times 10^3$
5	stark	$> 5 \times 10^3 - 5 \times 10^4$	$> 1 \times 10^3 - 1 \times 10^4$
6	sehr stark	$> 5 \times 10^4 - 5 \times 10^5$	$> 1 \times 10^4 - 1 \times 10^5$
7	übermäßig	$> 5 \times 10^5$	$> 1 \times 10^5$

Sofern die verschiedenen mikrobiologischen Leit- und Grenzwerte in den jeweiligen Nutzungsarten überschritten werden, ist eine Desinfektion/Hygenisierung des Wassers erforderlich, für die technische und naturnahe Verfahren zur Verfügung stehen. Bei den technischen Verfahren werden physikalische Verfahren (UV-Behandlung, anodische Oxidation, thermische Behandlung, Behandlung mit Gamma- und Elektronenstrahlen, Mikro- und Membranfiltration) und chemische Verfahren (Behandlung mit Chlor, Ozon, Wasserstoffperoxid, Kaliumpermanga-

nat, Peressigsäure) unterschieden. Die naturnahen Verfahren schliessen die Sandfilter, Bewachsene Bodenfilter und Teichanlagen ein, wobei die Elimination von Mikroorganismen die komplexen Prozesse zwischen Boden und Wasser bei der Abwasserreinigung mitnutzt.

Spezielle Vorschriften zur Entkeimung von Rohabwasser vor Einleitung in eine Kanalisation oder in ein Gewässer bestehen in Deutschland für einige ausgewählte Abwasserherkunftsbereiche wie u.a. Abwasser aus gentechnischen Anlagen, aus der Tierkörperbeseitigung, aus Gerbereien, aus Lungenheilstätten sowie Krankenhaus- und Industrieabwässerteilströmen, soweit sie Krankheitserreger enthalten. Diese Abwässer werden i. d. R. durch thermische Sterilisierung oder Chlorung soweit behandelt, das sie seuchenhygienisch als unbedenklich eingestuft werden können.

3 MIKROBIOLOGISCHE BEFUNDE IN ABWÄSSERN VON BEWACHSENEN BODENFILTERN

3.1 Allgemeiner Überblick

Alle Abwässer aus dem kommunalen und teilweise auch aus dem industriellen Bereich enthalten eine Vielzahl verschiedener potentiell pathogener Mikroorganismen, die den Viren, Bakterien und Protozoen zuzuordnen sind. Zur Vermeidung einer Infektionsgefahr durch Krankheitserreger für den Menschen ist daher die direkte Nutzung von Abwasser, stark abwasserbelasteten Oberflächen- und Grundwassers zumindest in Mitteleuropa ausgeschlossen und somit einer direkten Wiederverwertung entzogen.

Die Erreger übertragbarer Krankheiten stammen aus Fäkalien und anderen Exkreten von Menschen und warmblütigen Tieren, von Erkrankten und von Dauerausscheidern. Auch die Abwässer aus der Verarbeitung tierischer Produkte (Schlachthöfe und Abdeckereien, häute-, fell- und borstenverarbeitende Betriebe, Knochen- und Leimfabriken u.a.), aus Isolierstationen, pathologischen Abteilungen, mikrobiologischen Laboratorien, von Krankenhäusern oder biologischen und medizinischen Untersuchungs- und Forschungsanstalten, können hohe Belastungen pathogener Mikroorganismen enthalten, so dass eine Desinfektion des Abwassers am Ort des Entstehens vor Einleitung in die Kanalisation bzw. in ein Gewässer gefordert wird.

Man kann davon ausgehen, dass viele Erreger von Infektionskrankheiten in Abwässern vorkommen können. Als obligate Krankheitserreger lassen sich mehr oder weniger häufig die verschiedenen Darmbakterien der Typhus-Ruhr-Gruppe, *Campylobacter*, Yersinien, Brucellen, Mycobakterien und andere pathogene Bakterien sowie Viren und Protozoen (Giardien, Cryptosporidien) nachweisen.

Die Übertragung von Krankheitserregern aus dem Abwasser auf den Menschen erfolgt entweder direkt über bestimmte Arten der Wiederverwendung oder nach Einleitung in ein Oberflächengewässer durch den Kontakt beim Baden oder bei verschiedenen Wassersportarten. Durch ungenügend aufbereitetes Trink- und Brauchwasser, auch bei Verzehr von Lebensmitteln, die mit Abwasser oder durch mit Abwasser verschmutztes Wasser in Berührung kommen, ist eine Infektion möglich.

Dem Vorkommen der Indikatorbakterien - *E. coli*, Fäkalstreptokokken (Enterokokken) und coliforme Bakterien - wird in der bakteriologischen Abwasseruntersuchung traditionell besondere seuchenhygienische Bedeutung beigemessen, da diese Mikroorganismen leichter im Labor nachzuweisen sind als Krankheitserreger und regelmäßiger Bestandteil der menschlichen Darmflora sind. Alle genannten Mikroorganismen, Indikatoren und Krankheitserreger können mit dem Stuhl ausgeschieden werden. Der Nachweis der Indikatoren zeigt eine direkte fäkale Verunreinigung des Abwassers an. Mit einem Auftreten von Krankheitserregern muss dann auch gerechnet werden. Pathogene Mikroorganismen sind im Abwasser vor allem dort zu erwarten, wo Fäkalien von kranken Menschen oder Tieren sich ansammeln können oder Tierprodukte ohne ausreichende Vorsichtsmaßnahmen verarbeitet werden. Eine Gefährdung stellen auch Keimausscheider (z.B. Salmonellen) dar. Aber auch in „normalem“ häuslichen Abwasser treten eine Vielzahl potentiell pathogener Mikroorganismen auf, so dass eine Einleitung ungeklärter Abwässer in Badegewässer oder Gewässer, die zur Trinkwassergewinnung genutzt werden, aus seuchenhygienischer Sicht nicht vertretbar ist. So zeigen Untersuchungen von ZIEGERT & DIESTERWEG (1990), STELZER & JACOB (1991), DIZER et al. (1993) und FEUERPFIL (1996), dass im kommunalen Abwasser größerer Kläranlagen *Campylobacter* und Salmonellen sowie Yersinien nachzuweisen sind.

Voraussetzung für eine Reduktion der Belastung von Vorflutern und sonstigen Gewässern durch pathogene Bakterien und Viren ist die zuverlässige Behandlung von Abwässern in Kläranlagen. Obwohl die Verbesserung der Gewässersituation seit Mitte der 70iger Jahre auf die Entwicklung der biologischen und weitergehenden Abwasserreinigung zurückzuführen ist, sind aus mikrobiologischer Sicht nur unbedeutende Entlastungen zu erkennen (POPP 1993). Dies resultiert aus der geringen Reduktionsrate der Mikroorganismen in bestimmten Kläranlagen im Zusammenhang mit außerordentlich hohen mikrobiellen Belastungen in kommunalen Abwässern. So ergeben sich Konzentrationen für coliforme Bakterien von $10^6 - 10^8/100$ ml im kommunalen Rohabwasser und nach Kläranlagenpassage Konzentrationen mit Werten von 10^4 bis $10^6/100$ ml. Dies ist noch immer eine sehr hohe Keimbelastung, obwohl sich rechnerisch Verminderungsraten von 90 – 99,5 % und damit vergleichbare Größenordnungen zu den Abwasserparametern ergeben. Die daraus resultierende bakteriologische Verschmutzung von Oberflächengewässern ist aus hygienischen Gründen trotzdem nicht tolerierbar

und steht im Konflikt mit den Anforderungen von gesetzlich festgelegten Grenzwerten für verschiedene Nutzungsmöglichkeiten.

3.2 Mikrobiologische Elimination in Bewachsenen Bodenfiltern

Die seuchenhygienisch-mikrobiologische Untersuchung und Bewertung von Bewachsenen Bodenfiltern hatte bisher in der Praxis bei Anlagenplanern, Betreibern und Behörden eine nur untergeordnete Bedeutung, weil einerseits das rechtliche Regelwerk dafür keine Veranlassung bot und andererseits die mikrobiologische Probenahme und Diagnostik arbeitstechnisch und finanziell aufwendig ist. So liegen für die Gesamtheit der von LOPEZ-PILA & SZEWZYK (1998) genannten Mikroorganismen keine umfassenden Untersuchungen im unbehandelten und behandelten Abwasser von Bewachsenen Bodenfiltern vor. Um kostengünstig die mikrobiologische Qualität auch dieses Abwasserbehandlungsverfahrens beurteilen zu können, empfiehlt sich der Nachweis von schon o.g. Indikatororganismen, die im Idealfall ähnliche Eigenschaften in Bezug auf Vorkommen und Verhalten in der Umwelt besitzen wie die Krankheitserreger. Für eine weitergehende Beurteilung des Abwassers ist daher die Untersuchung auf pathogene Mikroorganismen notwendig.

Für die Leistungsfähigkeit von Bewachsenen Bodenfiltern sowohl hinsichtlich des biologischen Abbaus der Abwasserinhaltsstoffe als auch in Bezug auf die Elimination von Mikroorganismen, sind die Filtration durch den Bodenkörper (Korngröße, Aufenthaltszeit, hydraulische Belastung) und die von einer Vielzahl von Mikroorganismen besiedelten Oberflächen (Bodenpartikel, Wurzeln) von Bedeutung. Diese sogenannten Biofilme finden sich prinzipiell in allen abwasserdurchströmten Bereichen eines Bodenfilters, wobei die Artenzusammensetzung, Zelldichte und Aktivität der Mikroorganismen jedoch in den einzelnen Bodenfilterabschnitten und -tiefen unterschiedlich sind. Die Mikroorganismen sind aufgrund antagonistischer Beziehungen in der Lage, Pathogene und Viren zu eliminieren. Inwieweit die Elimination der Mikroorganismen auf Filtrationsprozesse oder Wechselwirkungen zwischen Abwasser und biologisch aktiven Oberflächen zurückzuführen ist, wurde bisher nicht untersucht. In der Teilleistung der TU Berlin sind dafür die im Rahmen des Projektes als orientierende Untersuchungen begonnenen Arbeiten dokumentiert.

Schwerpunkt der Projektarbeiten bildeten Abwasseruntersuchungen an unterschiedlichen Bauformen Bewachsener Bodenfilter mit sandig-kiesigem Boden in Horizontal- und Vertikalbetrieb, ihr Eliminationspotential für Krankheitserreger und der Vergleich mit dem der Indikatororganismen. Dabei war auch zu klären, wie die Anlagen ausgelegt und betrieben werden müssen, um stabile Betriebsverhältnisse im Hinblick auf die mikrobiologische Retention sowohl im Sommer wie im Winter zu gewährleisten. Außerdem sollte geprüft werden, ob ungewöhnliche meteorologische Verhältnisse den Wirkungsgrad der Anlagen negativ beeinflussen können. Auf die Notwendigkeit diesbezüglicher Untersuchungen weist MATHYS (1998) hin, der im Ergebnis einer umfangreichen Literaturstudie zur Abschätzung gesundheitlicher Risiken beim Betrieb von Kleinkläranlagen, speziell von Pflanzenkläranlagen feststellte, dass

- für Bewachsene Bodenfilter/Pflanzenkläranlagen eine verwirrende Vielfalt von Bauarten und Varianten vorliegen und eine vergleichende Bewertung bzw. das Aufstellen allgemeingültiger Aussagen für die mikrobiologische Elimination außerordentlich erschwert wird,
- die wissenschaftliche Qualität der Untersuchungen sehr heterogen ist, weil ein geeignetes Studiendesign fehlt, das statistisch verwertbare Aussagen und eine Faktorenanalyse ermöglicht,
- die Methoden zur bakteriologischen Diagnostik und zur quantitativen Erfassung von Mikroorganismen, besonders im Rohabwasser, nicht evaluiert sind und bei Felduntersuchungen gesundheitlich besonders relevante Organismen nicht einschließen,
- die Berücksichtigung der Bauform, Betriebsweise, der hydraulischen Verhältnisse und Belastung, der Verweilzeiten im Bodenfilter, der Leistungsfähigkeit von Vor- und Nachklärung und anderer betriebsrelevanter Größen bei bisherigen Untersuchungen weitgehend nicht gegeben ist,
- die Erfassung von variablen Einflüssen wie die Abhängigkeit der Keimelimination von der Konzentration der Zulaufwerte, von Niederschlagsereignissen und von Temperaturschwankungen im Abwasser unberücksichtigt bleibt,
- die vorliegenden, weitgehend sporadisch durchgeführten Messprogramme sich überwiegend auf zweijährige Begleituntersuchungen an Forschungs- und Modellanlagen beziehen, bei mehrjährigem Anlagenbetrieb belastbare Untersuchungsergebnisse im Langzeitverhalten fehlen.

Ergänzend zu den von MATHYS (1998) zusammengestellten Daten wird hier auf die von MORELL et al. (1992) und HAGENDORF & HAHN (1994) durchgeführten Untersuchungen für Koloniezahlen und Indikatororganismen (*E.coli*, Fäkalstreptokokken und coliforme Bakterien) an Wurzelraumanlagen (u.a. Hofgeismar-Beberbeck, Schwalmthal-Hopfgarten, Neu-Urichstein), Horizontal- und Vertikalfiltern (u.a. Höhenberg, Germerswang, See, Marienroth, Bausen, Rade), die sich durch verschiedene Bauformen, Anlagenbetrieb und Bodenfilterzusammensetzung unterscheiden (vgl. auch Abb. 4.4), verwiesen. Danach betragen im kommunalen Rohabwasser als auch im Zulauf zur Vorklärung Bewachsener Bodenfilter die am häufigsten ermittelten Werte für *E. coli* um 10^7 - 10^8 MPN/100 ml. Durch biologische Belebungsanlagen werden diese Keimgehalte um ca. 2 Zehnerpotenzen auf Werte von 10^6 /100 ml vermindert. Sie liegen damit noch deutlich über den Konzentrationen der Bodenfilterzulaufwerte von überwiegend 10^4 - 10^5 /100 ml, die in der Regel durch Mehrkammerabsetzgruben zur Vorklärung erreicht wurden. Allgemein wiesen in den untersuchten Bodenfiltern die abwasserrelevanten Mikroorganismen breite Variationsspannen in der Häufigkeit ihres Vorkommens auf. Die Zulaufwerte für *E. coli*, Fäkalstreptokokken und coliforme Bakterien lagen relativ einheitlich zwischen Verdünnungsstufen von 10^3 - 10^6 /100 ml, wobei Werte von 10^5 /100 ml am häufigsten gemessen wurden.

Die Ablaufwerte streuten dagegen wesentlich breiter. Die Konzentrationen der Mikroorganismen lagen zwischen 10^{-2} und 10^4 /100 ml. Die am häufigsten auftretenden Werte betragen 1 - 10/100 ml. Daraus errechnen sich Eliminationsraten von minimal 10^1 bis maximal 10^7 /100 ml, die mittleren Eliminationen waren für die Fäkalindikatoren keimunspezifisch und lagen zwischen 10^3 /100 ml und 10^5 /100 ml. Besonders geringe Zulaufwerte (10^{-3} /100 ml, 10^0 /100 ml) waren auf belüftete Teiche als Vorklärung (Neu-Ulrichstein) bzw. Mischwasserzuläufe (Marienroth) zurückzuführen. Die Bakteriengehalte in den Abläufen unterschieden sich dagegen z.T. erheblich. Breite Streuungen bei der Reduktionsrate von *E. coli*, aber auch von Fäkalstreptokokken, je nach Aufbau und Betriebsweise der Anlagen, waren zu beobachten. Die geringsten Messbefunde wurden im Ablauf von sandig-kiesigen Vertikalfiltern gefunden. Gegenüber den Zulaufwerten ergab sich für *E. coli* eine Verminderung von vier bis sechs Zehnerpotenzen. In den Abläufen der horizontal betriebenen Filter wurde demgegenüber nur eine Keimverminderung um zwei bis drei Zehnerpotenzen erreicht, wobei die Ablaufwerte aus mittelsandigen Filtern günstiger als die aus kiesigen Bodenfiltern waren. In Anlagen mit

weitgehend undurchlässigem, bindigem Bodenfilter (Wurzelraumanlagen) wurden noch geringere Keimverminderungsraten festgestellt, die auf die unzureichende hydraulische Leistungsfähigkeit zurückzuführen sind. Nachweise von Salmonellen erfolgten in den untersuchten ca.180 Proben in den Rohabwässern sporadisch, in den Ablaufproben nicht.

An der Anlage See wurden geringere Eliminationsraten im Winterhalbjahr beobachtet. Sie betragen im Januar 1991 nur 1 Zehnerpotenz. Die Untersuchungen aus dem Zeitraum 1987 bis 1993 am Beispiel von *E. coli* (vgl. Abb. 5.3.1) gaben Hinweise auf geringere Retentionsleistungen durch jahreszeitbedingte Temperatureinflüsse (Eisbildung im überstauten Zulaufbereich), die zu hydraulischen Kurzschlüssen und damit zu geringer Aufenthaltszeit des Abwassers im Bodenfilter führten. Weitere Auswirkungen des Anlagenbetriebes (u.a. hydraulische Belastungen, Niederschlagsereignisse) auf die Reduktion der Mikroorganismen ließen sich aus den sporadisch durchgeführten Probenahmen nicht ableiten. Innerhalb des Bodenfilters entnommene Abwasserproben aus Beobachtungsrohren wiesen darauf hin, dass bereits im ersten Drittel der Bodenfilterfläche eine entscheidende Reduktion der Mikroorganismen festzustellen war.

ENGLERT & KULLE (1996) prüften an einem „Teich-Pflanzen-System“ den Anteil der mikrobiologischen Elimination eines Horizontalfilters nach der Abwasserpas-sage durch ein dreistufiges Teichsystem für 100 EW. Bei Bodenfilterzulaufwerten von $2,5 \times 10^2$ KBE/ml für *E.coli* und 7×10^1 KBE/ml für Fäkalstreptokokken wurden im Ablauf $0,5 \times 10^2$ bzw. 2×10^1 KBE/ml erreicht. Danach waren die durchschnittlichen Eliminationswerte deutlich geringer als eine Zehnerpotenz und könnten im Zusammenhang mit den allgemein niedrigen Zulaufwerten stehen.

VANSBOTTER & NOLDE (1997) untersuchten ein mehrstufiges System mit Vorklärung, Vertikal- (200 m²) und Horizontalfilter (50 m²) sowie einer UV-Anlage zur Behandlung von Abwasser eines Besucherzentrums, für das RUSTIGE (1998) weitere betriebstechnische Daten zusammenfasste (EW 5 bis 80/d, durchschnittlich 20/d; mittlere Zulaufmenge 3,5 m³/d, Rücklaufverhältnis von 1,3 zur Erhöhung der Denitrifikation, max. 10 mm/d hydraulische Flächenbelastung). Im Ablauf der Vorklärung / Zulauf Vertikalfilter lagen die Konzentrationen für Koloniezahlen, coliforme Bakterien, *E. coli*, Enterokokken und *Pseudomonas aeruginosa* zwischen 10^4 - 10^6 KBE bzw. MPN/ml. Sie wurden um vier bis fünf Zehnerpotenzen (mit Rücklauf) und fünf bis sechs Zehnerpotenzen (ohne Rücklauf) eliminiert.

Im Ablauf Horizontalbeet wurden erhöhte Mikroorganismengehalte um bis zu einer Zehnerpotenz - durch Fremdwasserzutritte in den Kontrollschacht - gemessen und als Sekundärverkeimung interpretiert. Die UV-Anlage führte zu einer erneuten Verminderung der Mikroorganismen auf gleiche Konzentrationen wie nach dem Ablauf Vertikalfilter, so dass die geforderten mikrobiologischen Ablaufwerte (SenBauWohn 1995) bereits nach einer Bodenfilterstufe erreicht werden konnten. Im Ergebnis zeigte sich, dass die Elimination von max. fünf bis sechs Zehnerpotenzen nur unwesentlich von den Rücklaufverhältnissen beeinflusst wird und der 40 cm mächtige Vertikalfilter bei geringer hydraulischer Flächenbelastung (10 mm/d) sich nicht nachteilig auf die Elimination auswirkt. Untersuchungen auf Salmonellen verliefen generell negativ.

Pflanzenkläranlagen ohne Vorklärungseinrichtungen untersuchte LESK (1998) am Beispiel von *E.coli*. Die Anlagen nach dem System Rausch (RAUSCH 1990), sind für 20 EW (Anlage A) bzw. 15 EW (Anlage B) ausgelegt und werden mit häuslichem Abwasser, deren Schwimm- und Schwebstoffe durch je eine Zerkleinerungspumpe homogenisiert werden, beschickt und vertikal durchflossen. Auf zwei parallel liegende feinkiesgefüllte Filterbecken (2 m²/EW) wird dies oberflächlich und wöchentlich alternierend aufgebracht. Als zweite Bodenfiltereinheit wird ein ebenfalls feinkiesführendes Eliminierungsbecken betrieben, das horizontal beschickt und durchflossen wird. Die für 15 EW ausgelegte Anlage B zeigte während des Untersuchungszeitraumes Betriebsprobleme durch Rückstau im ersten Bodenfilter (Filterbecken), die zu oberflächigen Abfluss und Unterbrechung der wöchentlich alternierenden Beschickungsbetriebes führten. Die Eliminationsleistung beider Anlagen war sehr unterschiedlich. Während in der kontinuierlich betriebenen Anlage A bei Rohwasserkonzentrationen von 10⁶ - 10⁷/100 ml insgesamt 5 - 7 Zehnerpotenzen eliminiert wurden, reduzierte die erste Stufe nur um 1 - 2 Zehnerpotenzen. Das Leistungsbild der ersten Stufe wurde auch in der Anlage B erreicht, das Eliminierungsbecken (2 Filter) erreichte aber ebenfalls nur 1 - 2 Zehnerpotenzen. Die deutliche Leistungsminderung der Anlage B auf max. vier Zehnerpotenzen wird auf zu geringe Aufenthaltszeiten im Gesamtsystem zurückgeführt.

ENGLERT & KULLE (1998) führten neben abwasserchemischen umfangreiche mikrobiologische Untersuchungen als 14tägige bis monatliche Stichproben und mehrtägige Messkampagnien mit 2stündigen Intensivprobenahmen an einem Vertikalfilter (System „Phytophilt – MS“ (LÖFFLER & PIETSCH 1991) durch. Die

Anlage ist für 500 EW (häusliches Abwasser) mit einer spezifischen Filterfläche von 2 m²/EW ausgelegt und wird mit 60 m³/d beschickt. Der Betrieb wird alternierend über 2 (700 m²) bzw. 3 (1050 m²) Bodenfilter bei hydraulischen Belastungen von 57 mm/d bzw. 86 mm/d geführt. Dabei wurden Reduktionsraten im Vertikalfilter von durchschnittlich 3 – 4 Zehnerpotenzen erreicht; für *E.coli* und Fäkalstreptokokken schwankten sie zwischen 3 - 6 Zehnerpotenzen, für coliforme Bakterien zwischen 2 – 4 Zehnerpotenzen. Die mittleren Ablaufwerte aus 2stündigen Mischproben mit $4,5 \times 10^{-1}$ KBE/ml (*E.coli*) und 5×10^{-1} KBE/ml (Fäkalstreptokokken) unterschieden sich von denen der mehrtägigen Messkampagnien mit $2,7 \times 10^{-1}$ KBE/ml bzw. $3,5 \times 10^{-1}$ KBE/ml nur unwesentlich. Die höchsten Einzelmessbefunde überschritten 2×10^0 KBE/ml nicht und lagen damit generell unter den Anforderungen der Badegewässerrichtlinie. Bezüglich betriebstechnischer Besonderheiten weisen die Autoren daraufhin, dass erhöhte Fremdwassermengen (Niederschlagswasser) die Konzentrationen der Mikroorganismen im Zulauf der Anlage deutlich verdünnten, während die bakteriologische Belastung im Ablauf der Vorklärung danach merklich anstieg (Ausspülung). Trotz der höheren „Keimfracht“ im Bodenfilterzulauf gab es im Ablauf keine erhöhten Werte. Zusätzlich wird vermerkt, dass während des 14monatigen Untersuchungszeitraumes trotz starker Kolmationserscheinungen die bakteriologischen Ablaufwerte mit durchschnittlich 4 Zehnerpotenzen nahezu konstant blieben. Somit wird eine hohe mikrobiologische Elimination am Beispiel von *E.coli* und Fäkalstreptokokken bestätigt, die besonders durch längeren Aufenthalt des Abwassers im Bodenfilter begünstigt wird.

Vergleichende seuchenhygienisch-mikrobiologische Untersuchungen an horizontal und vertikal beschickten Pflanzenkläranlagen unter besonderer Berücksichtigung verschiedener Vorklärungseinrichtungen (Mehrkammergrube, Rottefilter) führten SCHWARZ et al. (1999) durch. Von 6 untersuchten Anlagen sind 4 Anlagen für 4 bis 7 EW ausgelegt, den übrigen 2 Anlagen sind 60 bzw. 100 EW angeschlossen. Die spezifischen Nutzflächen der Bodenfilter sind für 5 Anlagen mit 0,5 bis 1,5 m²/EW sehr gering, nur für eine Anlage werden 5 m²/EW genannt. Die Bodenfilterabläufe wurden überwiegend in Teichen nachgereinigt, z.T. auch versickert oder direkt in die Vorflut eingeleitet. Die Ergebnisdiskussion schließt außer den anlagenspezifischen Eliminationsraten allgemeine Betrachtungen zur großen Spannweite der Mikroorganismenkonzentrationen im Abwasser aus dünnbesiedelten im Vergleich zu dicht besiedelten Räumen und damit zu denen von konventionellen Kläranlagen ein. Außerdem wird auf spontane Peaks, so-

wohl hoher Konzentrationen als auch niedrigerer Werte, hinwiesen. Auf Grund der kleinen Abwassereinzugsgebiete und kurzen Fließwege durch die Kanalisation ist das Abwasser oft sehr inhomogen, so dass menschliche Fäkalien als größere Partikel im Kanal verbleiben können und verzögert, relativ inhomogen in die Vorklärung gelangen können. Das Abwasser ist daher um die Menge an Mikroorganismen vermindert, die sich hochkonzentriert in den Fäkalresten befinden. Diese Effekte wirken sehr unterschiedlich auf das Leistungsbild insbesondere der Vorklärungssysteme ein. Ablaufschwankungen innerhalb einer Zehnerpotenz können als normale Abweichungen, die auch denen konventioneller, bakteriologischer Nachweismethoden entsprechen, interpretiert werden. Der Vergleich der untersuchten Bodenfilter bezüglich ihrer hygienischen Leistungsfähigkeit weist nur für eine Anlage (Süd 1), die für 5 m²/EW bei horizontalem Durchfluss ausgelegt ist, Reduktionen von bis zu vier Zehnerpotenzen bei medianen Zulaufwerten von $4,3 \times 10^3$ KBE/ml für *E. coli* und $1,5 \times 10^3$ KBE/ml für Fäkalstreptokokken aus. Sowohl im Winter- als auch im Sommerbetrieb lagen mehrfach Einzelwerte unterhalb der Nachweisgrenze von 0,3 KBE/ml. Aufgrund der stärkeren Wechselwirkungen der Mikroorganismen untereinander ist die Reduktion um so größer je höher die Konzentrationen sind. Für die übrigen Anlagen wurden keine befriedigenden Eliminationen nachgewiesen. Obwohl diesbezüglich einzelne Medianwerte 1 bis 2 Zehnerpotenzen überschritten, schwankten die Einzelwerte sehr unregelmäßig um diese, so dass von einer sicheren oder stabilen Reduktion im Ablauf nicht ausgegangen werden konnte. Untersuchungen zum Nachweis von Salmonellen verliefen in diesen Anlagen generell negativ.

Für eine mit häuslichem Abwasser alternierend beschickte Horizontalanlage aus zwei Bodenfiltern (Gesamtfläche 3224 m²) für 650 EW untersuchte VYMAZAL (2000) die Eliminationsleistung u.a. für die Parameter Fäkalstreptokokken und coliforme Bakterien. Die Zuflusskonzentrationen der coliformen Bakterien betragen im Mittel $4,8 \times 10^4$ KBE/ml (Streubreite 10^3 - 10^5) und für Fäkalstreptokokken $9,3 \times 10^3$ KBE/ml (10^2 - 10^5). Die Ablaufwerte lagen um etwa zwei Zehnerpotenzen niedriger und ergaben für coliforme Bakterien 10^2 KBE/ml und Fäkalstreptokokken 10^1 KBE/ml.

Auch Arbeiten von SHRESTHA et al. (2000), AXLER et. al. (2000), ARAGON et al. (2000) u.a. befassen sich mit der Reduktion von Indikatororganismen. Hier kam es in unterschiedlichsten Anlagentypen, die unterirdisch (Horizontalfilter) oder oberirdisch (Vertikalfilter) beschickt wurden, bei verschiedenen Bepflanzun-

gen, geographischer Lage usw. zu weitgehend übereinstimmenden Befunden. Die Reduktionsleistung betrug in der Regel ein bis zwei Zehnerpotenzen innerhalb eines Bodenfilters. Die Horizontalfilter erwiesen sich im allgemeinen gegenüber den vertikalen Systemen als effektiver hinsichtlich der Elimination von Mikroorganismen.

Unter Berücksichtigung der Daten aus vorliegenden Untersuchungen kann mit Bewachsenen Bodenfiltern eine effektive Verminderung von Indikatororganismen im Routinebetrieb erreicht werden. Ein Vergleich der Eliminationen für *E.coli* im Zu- und Ablauf für bindige Bodenfilter (Wurzelraumanlagen) und sandig-kiesige Bodenfilter (Horizontal-, Vertikalfilter) zeigt Abb. 3.1. Danach erreichen Horizontal- und Vertikalfilter im Mittel höhere Eliminationswerte als Wurzelraumanlagen oder die im Vergleich aufgeführten biologischen Belebungsanlagen. Eine Leistungsbeurteilung der Horizontal- und Vertikalfilter untereinander ist, sieht man von den besonderen Bedingungen (Vorklärung, Beschickung) der Anlagen Marienroth, Friedrichrode und Lesk 2 ab, nicht möglich. In beiden Bodenfilterarten schwanken die Eliminationsleistungen zwischen 2 bis 6 Zehnerpotenzen. Auch die Einbeziehung der Anschlusswerte, der spezifischen Filterflächen, der hydraulischen Belastung u.a. führt zu keiner weiteren Präzisierung des Leistungsbildes.

Inwieweit auch eine Verminderung pathogener Mikroorganismen eintritt, wurde bisher nur vereinzelt untersucht. Einzelergebnisse von Untersuchungen deuten darauf hin, dass unter bestimmten Voraussetzungen auch hier ein hoher Wirkungsgrad erreicht werden kann. Dafür stellte BARRETT et al. (2000) Ergebnisse von sieben Anlagen vor. Vier mit häuslichem Abwasser beschickte Anlagen bestehen aus baugleichen Horizontalfiltern (Fläche 33 m², Tiefe 0,33 m, hydraulische Belastung 1,7 m³/d, Aufenthaltszeit 2,25 d). Eine Anlage für 350 EW wird mit zwei parallel betriebenen Vertikalfiltern (Fläche je 120 m², Tiefe 0,60 m mit Kies, grobem Sand und gebrochenen Ziegelsteinen, hydraulische Belastung 40 - 120 l/m²), einem nachgeschalteten Horizontalfilter (Fläche 130 m², Tiefe 0,60 m mit grobem Sand und Kies, Aufenthaltszeit 5 - 7 d) sowie einer UV-Anlage betrieben. Weitere Untersuchungen betrafen eine Anlage für 6 EW. Die Bodenfilter wurden bei einer Aufenthaltszeit von 3,4 Tagen horizontal durchströmt und sind mit Kies (BF 1) und Sand (BF2) gefüllt. Als weitere Anlagen wurden zwei parallel betriebene Horizontalfilter (Fläche 25m², Kies, Tiefe 0,30 bzw. 0,60 m, hydraulische Belastung 1,3 m³/d, Aufenthaltszeit 5 - 7 d) vorgestellt.

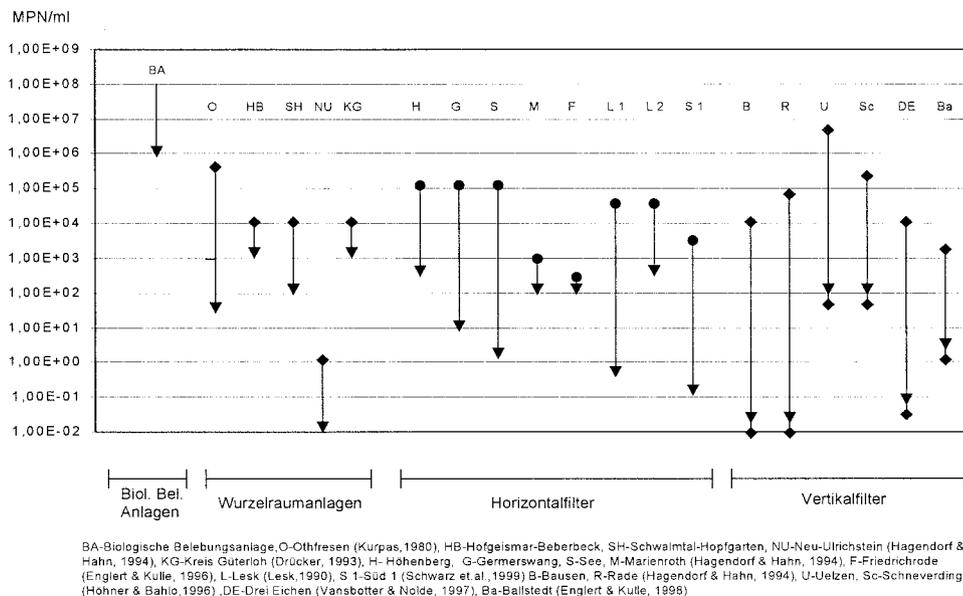


Abb. 3.1: Verminderung von *E. coli* im Abwasser durch Bewachsene Bodenfilter

Als Parameter wurden Fäkalstreptokokken sowie *Clostridium perfringens* und Coliphagen untersucht und führten in der Anlage mit 350 EW zu den höchsten Reduktionsraten. Fäkalindikatoren und *C. perfringens* wurden pro Filter um 2 - 3 Zehnerpotenzen reduziert. Durch die Kombination von Vertikal- und Horizontalfiltern ergab sich in der Summe eine Reduktion um 3 - 4 Zehnerpotenzen für die gesamte Anlage. Coliphagen wurden um 1,5 Zehnerpotenzen pro Filter vermindert, wobei Unterschiede in Einzelbefunden jedoch beträchtlich waren. Diese werden durch temporären Rückhalt und darauf folgende Resuspension infolge von Starkregenereignissen erklärt. Ähnliche Effekte ergaben die übrigen Standorte relativ kleiner Anlagen. Während die Fäkalindikatoren und *C. perfringens* Reduktionsraten zwischen 1,2 und 2,7 Zehnerpotenzen aufwiesen, kam es bei Coliphagen teilweise zu einem Anstieg der Ablaufwerte, die sogar in mehreren Proben höher als die Zuflusswerte waren.

KARPISCAK et al. (2000) untersuchte eine Anlage, die 250m³/d Molkereiabwasser reinigt, hinsichtlich der Reduktionsleistung für Fäkalindikatoren (coliforme Bakterien, *E.coli*, Fäkalstreptokokken) und pathogener Mikroorganismen (*Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens*, Coliphagen, *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium parvum*) in verschiedenen Anlagenbauteilen. Die Anlage besteht aus

einem Feststoffabscheider, anaeroben und aeroben Teichen, sowie zwei parallel betriebenen Pflanzenkläranlagensystemen mit je vier aufeinander folgenden Beeten, die oberirdisch beschickt und horizontal durchflossen werden.

Im Anlagenzufluss wurden abwasserherkunftsbedingt sehr hohe Konzentrationen von Mikroorganismen gefunden (Indikatoren bis $10^8/100$ ml). Durch die Vorbehandlungsmaßnahmen entsprechen die Zuflusskonzentrationen (10^4 - $10^6/100$ ml) der Bodenfilter denen eines mäßig belasteten häuslichen Abwassers. Während die Reduktionsleistungen der konventionellen Anlagenteile für alle untersuchten Parameter unter Ausnahme von *Clostridium perfringens* mit Reduktionsraten > 95 % (Konzentrationswerte werden nicht genannt) gut war, zeigten die Bodenfilter nur eine Keimverminderung zwischen 19 - 74 %. Für coliforme Bakterien wurde innerhalb der Bodenfilter ein Konzentrationsanstieg von 20 % festgestellt, Clostridien erwiesen sich als weitgehend resistent. In der gesamten Anlage betrug ihre Reduktionsrate 75 %, innerhalb der Bodenfilter 19,6 %. Im Gegensatz dazu wurden Coliphagen innerhalb der Bodenfilter um 95 % reduziert.

HILL (2000) vergleicht Bewachsene Bodenfilter mit Vertikal- und Horizontalbetrieb, die mit Abwässern aus der Schweineintensivhaltung beschickt werden am Beispiel der Reduktionsleistung von *E.coli*, Fäkalstreptokokken, *Clostridium perfringens*, Coliphagen und Salmonellen. Zwei in Serie vertikaldurchströmte Bodenfilter (je 110 m^2) wurden mit einem 1:1 durch Grundwasser verdünnten Abwasser beaufschlagt (20 mm/d). Weitere Untersuchungen wurden mit gleichem Abwasser an bepflanzten und unbepflanzten Containern vorgenommen. Bei den vertikaldurchströmten Bodenfiltern war sandiger Lehm, bei den horizontaldurchströmten Kies als Bodenfilter eingesetzt.

Die Reduktionsleistung betrug für *E. coli* je eine Zehnerpotenz pro Bodenfilter (mittlere Zuflusskonzentration $1,8 \times 10^5/100$ ml). Für Fäkalstreptokokken wurde eine Reduktionsleistung von 0,7 Zehnerpotenzen nach Filter 1 bzw. 0,9 Zehnerpotenzen im Abfluss der Gesamtanlage festgestellt. Die Sporen von *Clostridium perfringens* wurden im Bodenfilter 1 um 1,2 und in der Gesamtanlage um 1,5 Zehnerpotenzen vermindert. Für Coliphagen ergaben sich Reduktionsraten von 1 Zehnerpotenz pro Bodenfilter. Für die Pflanzcontainer im Vertikalbetrieb wurden ähnliche Ergebnisse (Reduktionsraten in der Regel 1 Zehnerpotenz) wie im Feldversuch erzielt. Die bepflanzten horizontal durchströmten Container wiesen dagegen wesentlich höhere Eliminationsraten auf. Es ergaben sich für Salmonellen

maximal 2,9 - und für *E. coli* 3,9 Zehnerpotenzen Reduktionleistung. Die Keimverminderung im unbepflanzten Container war signifikant geringer. Damit erwiesen sich Horizontalfilter in der Reduktion hygienischer Parameter als leistungsfähiger im Vergleich mit Vertikalfiltern. *Clostridium perfringens* wurde nur in geringem Maß reduziert.

Wie die Untersuchungen auf pathogene Mikroorganismen zeigen, wurden ähnliche Eliminationsraten wie bei den Indikatororganismen erzielt. Die Verminderung für Clostridien ist tendenziell geringer. Allerdings sind die Aussagen zum Leistungsvergleich der Betriebssysteme Vertikal- und Horizontalfilter unterschiedlich. Der Einsatz beider Systeme führte zu Eliminationsraten von bis zu 4 Zehnerpotenzen.

4 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN UND MESSPROGRAMME

4.1 Überblick

Im Rahmen der Projektlaufzeit wurden drei verschiedene Bautypen von Bewachsenen Bodenfiltern untersucht. Über Aufbau, Anlagengröße und Betriebsführung der Verbundanlagen Wiedersberg (häusliches Schmutzwasser) und Ettenbüttel (Mischabwasser) berichteten KAYSER et al. (2002) und RUSTIGE & PLATZER (2002), vgl. auch Kap. 4.2.1 und 4.2.2. Bei der zusätzlich in das Messprogramm aufgenommenen Anlage See (häusliches Schmutzwasser), für die mikrobiologische Vergleichsuntersuchungen zur Beurteilung des Langzeitverhaltens bereits vorliegen, wurde ein seit 1984 betriebener horizontal durchströmter Bodenfilter, untersucht (DAFNER 1985, 1999). Die erforderlichen Erläuterungen zum Aufbau und Betrieb sowie die abwasserchemischen Verhältnisse der Anlage See sind in Kap. 4.2.3 beschrieben.

Zur Beurteilung der mikrobiologischen Eliminationsleistung der Anlagen wurden folgende Parameter untersucht:

Indikatoren

- Koloniezahl
- *E. coli*
- Coliforme Bakterien
- Enterokokken
- Clostridien
- Coliphagen

Krankheitserreger

- *Campylobacter/Arcobacter*
- *Clostridium perfringens* (m-CP, TSC)
- Salmonellen
- Yersinien
- Enteropathogene *E. coli* (*E. coli* O 157)
- *Cryptosporidien-Oozysten*
- *Giardien-Zysten*

Für die Parameter, die als Fäkalindikatoren gelten und mit Grenz- und/oder Leitwerten in gesetzlichen Verordnungen oder Technischen Regeln aufgeführt sind, existieren im allgemeinen genormte Nachweisverfahren, die auch hier zum Einsatz kamen. Für Krankheitserreger gibt es nicht in jedem Fall genormte Verfahren zum Nachweis aus Wasserproben, so dass Nachweisverfahren nach dem Stand der Wissenschaft angewendet wurden. Zur Qualitätssicherung wurden als Positivkontrollen bei jedem Ansatz Referenzstämme mitgeführt.

Eine Übersicht über die angewandten Nachweisverfahren befindet sich im Anhang 1. Diese und weitere Verfahren sind größtenteils bei SCHULZE (1996) (Hrsg.) angegeben.

Der vorhandene mikrobiologische Datenbestand ist in den Dateien Wiedersberg – Mikrobiologie, Ettenbüttel – Mikrobiologie und See – Mikrobiologie dokumentiert (Anhang 2). Dort befindet sich auch die statistische Auswertung der Daten u.a. mit Minima, Maxima, Mittelwerten, Medianen und Standardabweichungen.

Die Abwasseruntersuchungen auf chemisch-physikalische Parameter befinden sich in den Dateien Wiedersberg-Abwasser, Ettenbüttel-Abwasser und See-Abwasser (Anhang 3). Diese Dateien wurden von den Projektpartnern z.T. mitgenutzt.

4.2 Parameter und Nachweisverfahren

4.2.1 Mikrobiologische Parameter

4.2.1.1 Koloniezahl

Allgemeines

Wasserproben können eine Vielzahl von Mikroorganismen unterschiedlicher Herkunft beinhalten. Die Bestimmung ihrer Zahl bezogen auf ein festgelegtes Wasservolumen ergibt wertvolle Informationen zur Beurteilung und Überwachung der Wasserqualität in hygienischer Hinsicht. Die ermittelte Koloniezahl gibt Auskunft über den Grad der Verunreinigung einer Wasserprobe mit organischen Stoffen und die Wirksamkeit der Wasseraufbereitung bzw. einzelner Schritte davon.

Die Koloniezahl hat als Qualitätskriterium insbesondere für die Trinkwasseruntersuchung Tradition. Ihre Bestimmung wird seit Zeiten Robert Kochs praktiziert und

hat, wie langjährige Erfahrung in der Wasserhygiene zeigt, ihre Berechtigung als arbeitstechnisch einfaches Verfahren zur Erfassung von Mikroorganismen aus Wasserproben bis heute behalten. Die Koloniezahl wurde deshalb zur Beurteilung der Wasserqualität mit Richtwerten in internationale und nationale Verordnungen, Richtlinien und Normen integriert.

Nachweisverfahren

Bestimmung nach DIN 38411 T.5 (1979)

4.2.1.2 E. coli/coliforme Bakterien

Allgemeines

Bereits seit über 100 Jahren werden *E. coli* und coliforme Bakterien als Indikatoren für fäkale Belastungen von Wasserproben herangezogen.

E. coli kommt im Darm vom Menschen und warmblütigen Tieren in hohen Konzentrationen (bis 10^9 /g Fäces) vor. Der Nachweis von *E. coli* im Wasser kann deshalb als direkter Hinweis auf eine stattgefundene fäkale Kontamination angesehen werden. Es ist dann auch davon auszugehen, dass fäkale Krankheitserreger das Wasser kontaminiert haben.

Coliforme Bakterien sind eine physiologische Gruppe innerhalb der Enterobacteriaceae, zu der mehrere Gattungen gezählt werden. Nur die Gattung *Escherichia* ist eindeutig fäkalen Ursprungs. Alle anderen Gattungen können auch in der Umwelt vorkommen. Coliforme Bakterien sind daher nicht ausschließlich ein Indikator für fäkale Verunreinigungen, sondern können auch Belastungen aus der Umwelt anzeigen.

Nachweisverfahren

Bestimmung nach Bundesgesundheitsblatt 10/1995 sowie nach ISO 9308-3 (1998)

4.2.1.3 Enterokokken

Allgemeines

Der Nachweis von Enterokokken zeigt mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Verunreinigung des Wassers an.

Enterokokken als Fäkalindikatoren sind aufgrund ihres Zellwandaufbaues resistenter gegen chemische Desinfektionsmittel und können auch länger in der Umwelt überleben, als z. B. coliforme Bakterien. Deshalb werden die Enterokokken als Indikator für eine länger zurückliegende fäkale Indikation betrachtet.

Nachweisverfahren

Bestimmung nach ISO 7899-1 (1999) und ISO 7899-2 (1999)

4.2.1.4 Clostridien

Allgemeines

Die Dauerformen der Clostridien sind aufgrund ihres Zellwandaufbaus außerordentlich resistent gegenüber Desinfektionsmitteln und Umwelteinflüssen. Ihr Nachweis aus Wasserproben zeigt daher länger zurückliegende Kontaminationen an, welche fäkaler Natur sein können. Beim Nachweis der Clostridien als physiologische Gruppe werden sowohl humanmedizinisch bedeutsame Arten wie *Clostridium perfringens* aber auch apathogene Clostridienarten erfasst.

Der direkte Nachweis von *Clostridium perfringens* als Gasbranderreger muss deshalb gleichzeitig als Nachweis eines Indikatormikroorganismus und eines Krankheitserregers angesehen werden.

Nachweisverfahren

Clostridien: Bestimmung in Anlehnung an die Methode nach TrinkwV (1990)

Clostridium perfringens: Bestimmung nach TrinkwV (2001) und Arbeitsentwurf ISO (2000)

4.2.1.5 Campylobacter/ Arcobacter

Allgemeines

Campylobacter sind nahezu ubiquitär in der Umwelt, besonders im Wasser anzutreffen. Sie sind fakultativ human- und tierpathogen. Durch Campylobacter werden vorwiegend Enteritiserkrankungen des Menschen ausgelöst. Hinsichtlich

ihrer Auftretens und ihrer epidemiologischen Bedeutung werden derzeit Erkrankungen durch Campylobacter den Salmonellosen gleichgesetzt.

Der Nachweis von Campylobacter zeigt Verunreinigungen an, welche von fäkaler Natur sein können. Als Krankheitserreger kommt besonders den thermophilen Campylobacterarten epidemiologische Bedeutung zu. Neuerdings wird auch den thermotoleranten, campylobacterähnlichen Organismen, den sogenannten Arcobactern, pathogene Bedeutung beigemessen.

Nachweisverfahren

Bestimmung nach JACOB, J. (siehe SCHULZE, 1996)

4.2.1.6 Coliphagen

Allgemeines

Viren, die im Darm als Krankheitserreger auftreten und mit dem Stuhl ausgeschieden werden, bezeichnet man als enterale Viren. Zu ihnen gehören z.B. die Erreger der Gelbsucht, das Hepatitisvirus A und das Hepatitisvirus E, die häufig zu trinkwasserbedingten Epidemien geführt haben. Eine Untergruppe der enteralen Viren bildet die Familie der Picornaviren mit dem Genus der Enteroviren. Zu ihnen zählt unter anderem der Erreger der Poliomyelitis (Kinderlähmung).

Die Konzentration der Viren im Wasser ist relativ niedrig. In Oberflächengewässern werden je nach Verdünnungsgrad zwischen 10^{-1} und 10^2 Viren pro Liter nachgewiesen, im Rohabwasser bis zu 10^4 pro Liter, in gereinigtem Abwasser $10^1 - 10^2$ pro Liter. Auch in niedrigen Konzentrationen sind sie von gesundheitlicher Relevanz.

Der Aufwand zum Nachweis von Viren übertrifft noch den, der für pathogene Bakterien erforderlich ist. Daher können Viren nicht selbst zur Überwachung der Wasserqualität routinemäßig herangezogen werden. Es wird auch hier ein geeignetes Indikationssystem benötigt.

Als Indikatoren für enterale Viren werden vielfach Coliphagen herangezogen (GRABOW et al. 1984). Coliphagen erfüllen im allgemeinen drei wesentliche Voraussetzungen für eine Indikatorfunktion:

- In allen praktisch wichtigen Fällen sind sie wenigstens eintausendfach so häufig wie enterale Viren,
- Gegenüber ungünstigen Umweltbedingungen sind sie resistenter als enterale Viren,
- Sie können zahlenmäßig mit einfachen und billigen Methoden schnell (6 bis 18 Stunden) erfasst werden.

Nachweisverfahren

Bestimmung nach LOPEZ-PILA, J.M. (persönliche Mitteilung, 2000)

4.2.1.7 Salmonellen

Allgemeines

Salmonellen sind schon seit längerer Zeit als durch Wasser übertragbare Krankheitserreger bekannt. Der Nachweis von Salmonellen im Wasser weist demnach auf eine potentielle Gefahr für die menschliche Gesundheit hin.

Typhus- und Paratyphuserreger werden in der Regel durch Wasser und Lebensmittel, Enteritis- (Salmonellose)-Erreger überwiegend durch Fleisch-, Milch- und Eiprodukte übertragen. Die krankheitsauslösende Dosis ist im Regelfall relativ hoch ($>10^5$ Mikroorganismen) und wird häufig erst nach Anreicherung der Erreger im Lebensmittel erreicht.

Im kommunalen Abwasser größerer Einzugsgebiete (> 10.000 Einwohner) sind nach Literaturangaben Salmonellengehalte von $10^1 - 10^4/100$ ml zu erwarten (STELZER 1988)

Nachweisverfahren

Bestimmung nach ISO-CD 6340 (2000)

4.2.1.8 Yersinien

Allgemeines

Yersinien werden ebenfalls zu wasserübertragbaren Krankheitserregern gezählt. Die Yersiniose ist gleichfalls eine Darmerkrankung mit einer breiteren Symptomatik. Yersinien gelten heute nach Salmonellen und Campylobacter als dritthäufigste bakterielle Enteritiserreger.

Yersinia enterocolitica gehört zur Familie der Enterobacteriaceae und besitzt neben humanpathogenen auch apathogene Serovare, die sich in der Außenwelt offenbar vermehren können. Daher ist es sinnvoll, der Artdiagnose noch eine serologische Differenzierung folgen zu lassen.

Während apathogene Sero- und Biovare von *Yersinia enterocolitica* und weitere apathogene Yersinia-Arten primär Umweltmikroorganismen sind und sich in der Außenwelt sogar vermehren können, scheinen humanpathogene Serovare offenbar nicht dazu fähig zu sein, wohl aber dazu, in der Umwelt zu überleben. Über Nachweise auch pathogener Serovare von *Yersinia enterocolitica* vor allem in Abwasser liegen Literaturangaben vor (ZIEGERT & DIESTERWEG 1990).

Wie aus der Trinkwasserhygiene bekannt ist, können sich apathogene Serovare von Yersinia aufgrund ihrer kälteliebenden Eigenschaften in Filtersystemen von Wasserwerken ansiedeln und in Biofilmen längere Zeit überdauern (DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 91 (1997)). Es ist deshalb anzunehmen, dass sich Yersinien auch in Biofilmen von bewachsenen Bodenfiltern etablieren können.

Nachweisverfahren

Bestimmung nach FEUERPFIL, I. (siehe SCHULZE, 1996)

4.2.1.9 E. coli O 157

Allgemeines

Im Gegensatz zu den seit langem bekannten wasserübertragbaren Krankheitserregern wie Salmonellen sind bestimmte pathogene E. coli-Stämme (EHEC, EPEC, ETEC, EIEC, EAEC, DAEC) erst in jüngerer Zeit als Krankheitserreger bekannt geworden.

Diese pathogenen *E. coli*-Stämme können durch Aufnahme bestimmter Faktoren (z.B. Plasmide) pathogene Eigenschaften ausbilden. Das kann sich in schweren Erkrankungen, z.B. ruhrähnlichen Durchfällen oder dem hämolytisch-urämisches Syndrom (HUS) äußern. In nicht wenigen Fällen enden diese HUS-Erkrankungen, vor allem bei Kleinkindern, tödlich.

Verschiedene Serogruppen dieser als enterohämorrhagische *E. coli* (EHEC's) bezeichneten Mikroorganismen gelten als pathogen, wobei die bisher häufigsten Erreger in Deutschland der Serogruppe O 157 angehören (Epidemiologisches Bulletin RK I., 34 (2000)).

Die Übertragung dieser Mikroorganismen über den Wasserpfad ist noch nicht endgültig geklärt, so dass innerhalb dieser Arbeit auch Untersuchungen zu deren Vorkommen im Abwasser erfolgten. Nach derzeitigem Kenntnisstand sind positive Nachweise von *E. coli* O 157 aus Wasserproben (Abwasser, Badegewässer, Trinkwasser) sehr selten (Sigl et al. 2000).

Nachweisverfahren

DIN 10167 (1998): Nachweis von *E. coli* O157 in Fleisch und Fleischerzeugnissen

4.2.1.10 Cryptosporidien-Oozysten / Giardien-Zysten

Allgemeines

Cryptosporidien und Giardien gehören zu der Gruppe der protozoischen Parasiten und sind als solche Erreger von Anthroozoonosen, d.h. dass ihr Vorkommen nicht auf den Menschen beschränkt ist. Sie sind in der Lage, sich im Magen-Darm-Trakt zahlreicher Wild- und Haustiere zu vermehren. Die Dauerformen der o.g. Parasiten werden in erheblichen Mengen mit dem Stuhl erkrankter Menschen oder Tiere ausgeschieden. Die Zahl der ausgeschiedenen Oozysten beträgt beim Kalb ca. 5 Millionen / g Kot. Die in die Umwelt, also auch ins Abwasser abgegebenen Parasitendauerformen sind gegenüber Desinfektionsmitteln und verschiedenen Umweltbedingungen außerordentlich resistent.

Sowohl Cryptosporidien wie auch Giardien verursachen beim Menschen sogenannte selbstlimitierende Diarrhoen, die in der Regel ohne Therapie ausheilen. Unter Umständen kann es jedoch im Einzelfall auch bei Personen mit intaktem Immunsystem durch erheblichen Flüssigkeits- und Elektrolytverlust zu lebensbe-

drohlichen Verläufen kommen, welche eine Behandlung im Krankenhaus erfordern. Schwere Krankheitsverläufe treten jedoch vorwiegend bei immunsupprimierten Personen wie z.B. AIDS-Kranken auf. Derzeit wird davon ausgegangen, dass die Aufnahme von 1 Oozyste bzw. Zyste bei o.g. Personenkreis eine Infektion zur Folge haben kann.

Nachweisverfahren

Bestimmung nach BISCHOFF, K., modifiziert nach WIEDENMANN, A. (siehe SCHULZE, 1996)

4.2.2 Abwasserchemische Parameter

Die Ergebnisse der im Rahmen des Teilprojektes durchgeführten **chemisch-physikalischen Abwasseruntersuchungen** befinden sich in den Dateien Wiedersberg – Abwasser, Ettenbüttel – Abwasser und See – Abwasser (Anhang 3). Diese begleitenden Untersuchungen auf

- Temperatur ($T^{\circ} \text{C}$) nach DIN 38404-C4
- pH-Wert nach DIN 38404-C5
- Leitfähigkeit (L_F) nach DIN 38404-C8
- Sauerstoffgehalt (O_2 , mg/l) nach DIN 38404-G22
- Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB, mg/l) nach DIN 38404-H-4-1
- Ammonium (NH_4^- , mg/l) nach Schnelltest Merck Nr. 14752
- Nitrat (NO_3 , mg/l) nach Schnelltest Merck Nr. 14773
- Nitrit (NO_2 , mg/l) nach Schnelltest Merck Nr. 14776
- Orthophosphat ($\text{o-PO}_{4\text{ges}}$, mg/l) nach Schnelltest Merck Nr. 14848
- Gesamtphosphat ($\text{PO}_4\text{-P}_{\text{ges}}$, mg/l) nach Schnelltest Merck Nr. 14543

dienten der Prüfung der abwasserchemischen Situation parallel zu denen für die mikrobiologischen Bestimmungen. Das war notwendig, um die z.T. zeitlich von den durch die Projektpartner getrennt entnommenen Proben in das Gesamtbild der untersuchten Anlagen einfügen zu können.

Durch die Bestimmungen auf

- Gesamt organischen Kohlenstoff (TOC, mg/l) nach DIN 38409-H-3

Durchgeführte Untersuchungen und Messprogramme

- Adsorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX, µg/l) nach DIN 38409-H-3
- Schwermetalle, Alkalien, Erdalkalien nach DIN 38406-E 22 (ICP-OES)

wurden zusätzliche Informationen zu den Abwasserverhältnissen gewonnen.

4.3 Untersuchte Anlagen

4.3.1 Anlage Wiedersberg

4.3.1.1 Anlagenaufbau

Die Gemeinde Wiedersberg befindet sich ca. 17 km südwestlich von Plauen (Vogtlandkreis) an der B 173 Richtung Hof. Die Kläranlage mit einer Ausbaugröße von 145 EW ist seit Frühjahr 1999 in Betrieb und leitet in den Feilebach ein, dessen Fließstrecke sich in Schutzzone (SZ) II im Talsperrensystem „Dröda“ befindet. Die Mündung liegt in SZ I. Für die Einleitung in die Vorflut werden deshalb besondere Anforderungen an Nährstoffe und mikrobiologische Parameter gestellt.

Die Kläranlage besteht in Durchflussrichtung aus einer Mehrkammerabsetzgrube, einem Vertikalfilter (Fläche 420 m², Tiefe 0,80 m), einem Horizontalfilter (Fläche 540 m², Tiefe 0,60 m), einer UV-Anlage und als letzte Einheit einem P-Filter (Abb. 4.1). Der Ablauf aus dem Vertikalfilter kann zur besseren Denitrifikation über die erste Kammer der Vorklärung mehrfach im Kreis geführt werden, dem Horizontalfilter kann zusätzlich kohlenstoffhaltiges abgesetztes Abwasser aus der Vorklärung zugeführt werden. Die Bodenfilter sind mit Schilf bepflanzt. Die Bodenarten unterscheiden sich im Vertikalfilter (VF1 Grobsand, VF2 eisenhaltiger Grobsand, VF3 eisenhaltiger Grobsand, VF4 eisenhaltiger mittelsandiger Grobsand) und im Horizontalfilter (HF1 Grobsand, HF2 eisenhaltiger Grobsand) nach der Korngröße und Eisengehalt.

Die Steuerung der Anlage mit intermittierender Beschickung und alternierendem Betrieb der einzelnen Bodenfilter erfolgt mit Hilfe einer Kombination aus Zeitprogramm, Mengen- und Sauerstoffmessung. Die jeweiligen Betriebszustände für die zweijährige Untersuchungszeit sind von PLATZER & RUSTIGE (2002) beschrieben.

Im Anlagenbetrieb müssen folgende Ablaufwerte eingehalten werden: CSB 90 mg/l, BSB₅ 20 mg/l, Gesamtstickstoff 18 mg/l und Phosphor 2 mg/l. Als hygienische Parameter sind die Anforderungen der EU-Badegewässerrichtlinie (coliforme Bakterien 10⁴/100 ml, *E.coli* 2 x 10³/100 ml) einzuhalten.

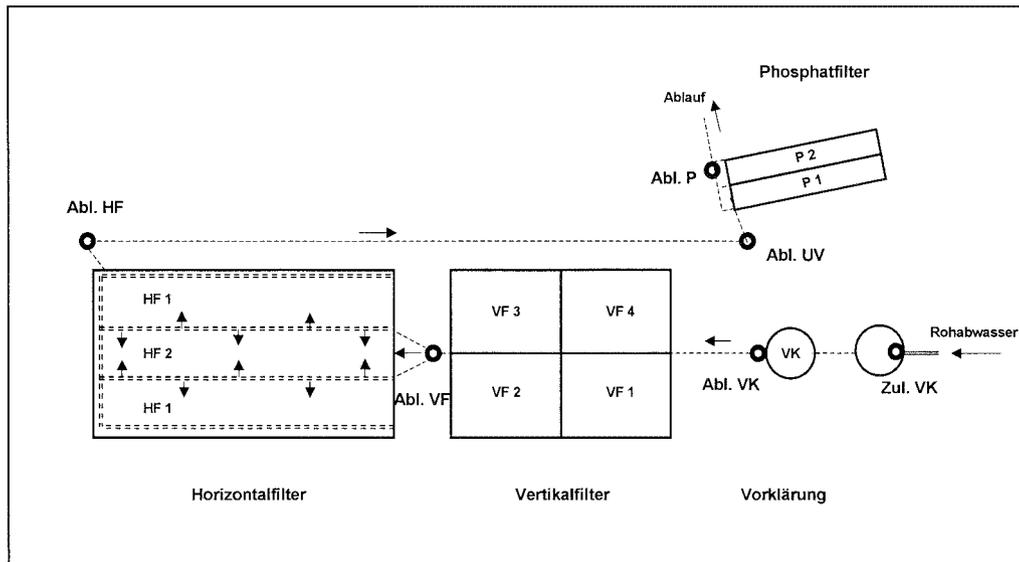


Abb. 4.1: Lageplan Anlage Wiedersberg mit Probenahmestellen

4.3.1.2 Abwassersituation

Die hydraulische Beschickung der Anlage erfolgt im Tagesdurchschnitt mit ca. 22,6 m³; Fremdwasserzuflüsse – insbesondere im ersten Betriebsjahr - führten zu hydraulischen Belastungen bis ca. 65 m³/d. Die durchschnittliche Flächenbelastung beträgt im Zulauf des Vertikalfilters 90 mm/d, die Belastung im Horizontalfilter mit 30 mm/d ist wesentlich geringer.

Die Abwasserverhältnisse zeigt im Überblick Tab. 4.1. Bereits im Ablauf des Vertikalfilters werden die organischen Kohlenstoffverbindungen um über 95 % vermindert. Ammoniumstickstoff wird weitgehend zu Nitratstickstoff nitrifiziert, die Denitrifikation erreicht im Mittel die geforderten Ablaufwerte. Die AOX-Gehalte mit 28 µg/l zeigen im Zulauf gering belastetes häusliches Schmutzwasser an.

Die orientierenden chemischen Abwasseruntersuchungen parallel zu den mikrobiologischen Probenahmen (Anhang 3) wiesen im Vergleich mit den Betriebsabwasseruntersuchungen keine Auffälligkeiten nach. Für die Interpretation der mikrobiologischen Verhältnisse liegen zumindest die gleichen abwasserchemischen Verhältnisse vor. Als besondere Betriebssituationen sind hohe Fremdwasserzu-

flüsse, verschiedene Varianten der hydraulischen Beschickung, Abwasserrückführung von Ablauf Vertikalfilter in die Vorklärung und die direkte Beschickung des Horizontalfilters mit Ablauf aus der Vorklärung zu nennen.

Tab. 4.1: Charakterisierung der Abwasserzusammensetzung (Medianwerte) Anlage Wiedersberg

Parameter	Einheit	Probenahmestellen				
		Zul. VK	Abl. VK / Zul. VF	Abl. VF / Zul. HF	Abl. HF / Zul. P	Abl. P
pH		8,1	6,9	6,5	6,6	7,2
AFS	[mg/l]	6,8	34	-	-	-
CSB	[mg/l]	463	232	21	22	17
BSB ₅	[mg/l]	215	135	< 5	< 5	< 5
TOC	[mg/l]	134	115	8	13	7
AOX	[ug/l]	28	23	19	21	14
TKN	[mg/l]	71	37	7	7	6
NH ₄ -N	[mg/l]	30,9	26,9	1,0	1,9	0,2
NO ₃ -N	[mg/l]	4,4	0,8	24,4	14,4	16,1
PO ₄ -P	[mg/l]	5,9	5,3	3,4	2,7	0,4
q _A	[mm/d]	-	90	30	363	-

4.3.2 Anlage Ettenbüttel

4.3.2.1 Anlagenaufbau

Die Gemeinde Ettenbüttel liegt ca. 10 km westlich von Gifhorn. Hier befindet sich seit 1972 eine Teichkläranlage für die Behandlung des Mischabwassers der Orte Ettenbüttel und Gilde, die für 595 EW ausgelegt wurde. Die drei Teiche haben eine Gesamtgröße von ca. 6000 m² (Abb. 4.2). Dies entspricht dem üblichen Bemessungsansatz von 10 m²/EW. Um dem Einwohnerzuwachs bei gleichzeitig erhöhten Anforderungen an die Stickstoffelimination und Nitrifikation gerecht zu werden, wurde die Teichanlage um einen seit 1999 in Betrieb befindlichen Bewachsenen Bodenfilter mit einer Fläche von 2.250 m² (zwei Bodenfilter je 1.075 m²) erweitert. Dieser ist dem zweiten Teich nachgeschaltet und wird als Vertikalfilter 1 und 2 mit intermittierender Beschickung zum weitestgehenden Ammoniumabbau betrieben. Die spezifische Filtergröße beträgt 3,7 m²/EW. Die Abwasserteiche der Anlage werden zur Vorklärung des Mischabwassers genutzt. Als Vor-

fluter dient der Talgraben, ein begradigtes, struktur- und artenarmes Gewässer, das in die Aller mündet.

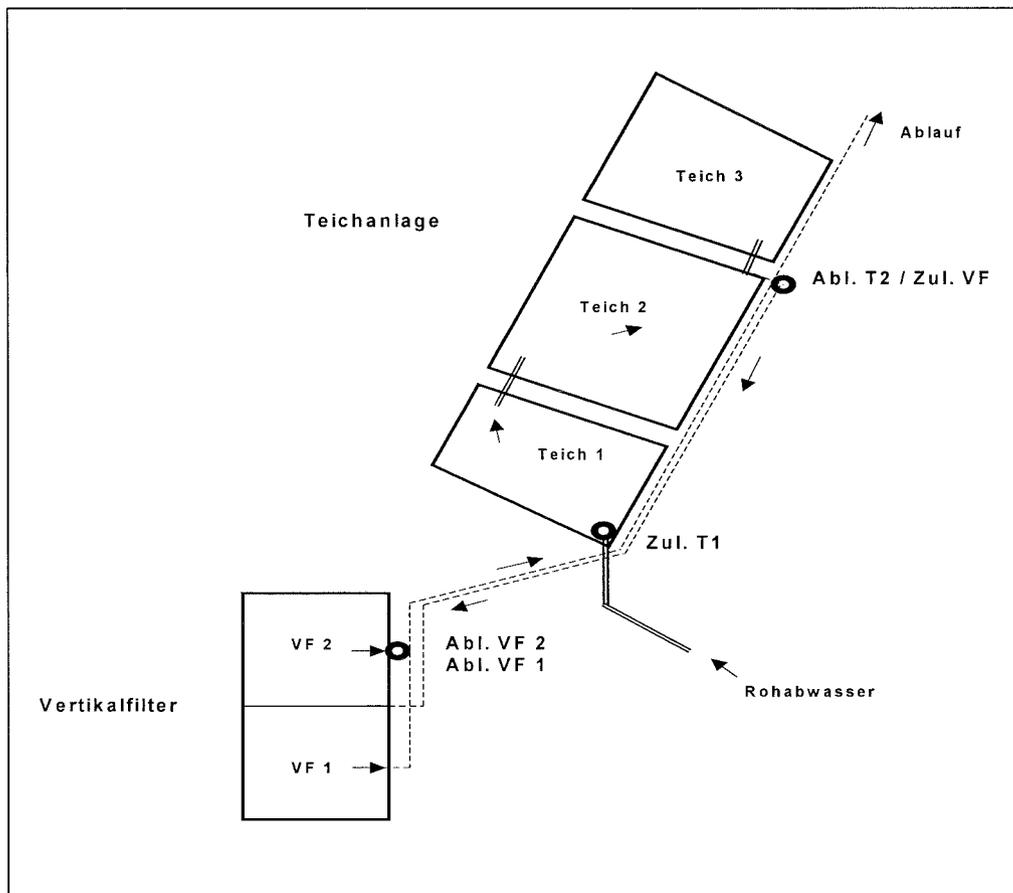


Abb. 4.2: Lageplan Anlage Ettenbüttel mit Probenahmestellen

Durch die vergleichsweise große Fläche bzw. Volumina der drei Teiche kann das zu behandelnde Abwasser zwischengespeichert und die Anlage hydraulisch bewirtschaftet werden. Für die Gesamtanlage ist ein Fernwirktechnikkonzept entwickelt worden, das zu jedem Zeitpunkt den optimalen Betrieb der Anlage sicherstellen soll. Es werden wichtige Wassermengen- und -güteparameter online gemessen, aufgezeichnet und zeitnah ausgewertet und gleichzeitig zur Steuerung der Anlage eingesetzt. Die jeweiligen Betriebszustände während der zweijährigen Untersuchung sind KAYSER et al. (2002) zu entnehmen.

Im Anlagenbetrieb müssen die Anforderungen der AbwV, Anhang 1 mit 150 mg/l für den CSB und 40 mg/l für den BSB₅ und temperaturabhängig als Überwachungswerte für Gesamtstickstoff von 18 bzw. 25 mg/l im Ablauf eingehalten

werden. Anforderungen an hygienische Parameter im Ablauf sind nicht gestellt. Die Anlage befindet sich nicht in einem Trinkwasserschutzgebiet wie in Wiedersberg.

4.3.2.2 Abwassersituation

In der Anlage Ettenbüttel wurden durchschnittlich ca. 105 m³ /d häusliches Abwasser (Trockenwetterzufluss) behandelt. Hinzu kommt ein Regenwasseranteil von im Mittel ca. 79 m³ /d. Davon wurden 92 % der als Zulauf angefallenen Mischwassermenge dem Bodenfilter zugeführt. Direkte Abschlüge von teilgereinigtem Abwasser aus den Abwasserteichen in den Vorfluter entstanden in Zeiten ergiebiger Niederschläge und eingeschränkter Belastbarkeit des Bodenfilters. Im größeren Umfang fanden die Abschlüge nur im Frühjahr 2001 statt. In den Sommer- und Herbstmonaten wurde nahezu der gesamte Anlagenzulauf mit dem Bodenfilter behandelt und so gereinigt in den Vorfluter abgegeben.

Die Tabelle 4.2 gibt einen Überblick zu den Abwasserverhältnissen in der Teich-Bodenfilter-Anlage Ettenbüttel, wobei besonders hohe Schwankungen im Zulauf zum Teich 1 auf die Mischkanalisation infolge starker Verdünnungen durch Niederschläge zurückzuführen sind. Der Median der Zulaufkonzentrationen beträgt 825,0 mg/l für den CSB, 467,5 mg/l BSB₅, 63,0 mg/l NH₄-N und 180,0 mg/l AFS. Die beiden Teiche erreichen gemeinsam eine Reduktion der organischen Verunreinigungen von 79 % für den CSB und 84 % für den BSB₅, wobei der Teich 1 allein schon Wirkungsgrade von 69 % (CSB) und 73 % (BSB₅) erreicht. Durch die Vertikalfilter 1 und 2 werden mittlere Ablaufwerte für den CSB von 33,4 (max.68,6) mg/l und für den BSB₅ von 5,3 (max.39,9) mg/l erreicht, aus denen sich eine Gesamtwirkungsgrad von ca. 95 % für den CSB und 97 % für den BSB₅ errechnet. Die Anlage erreicht einen temperaturabhängigen Wirkungsgrad der Nitrifikation bei T > 10 °C von etwa 90 %.

Die hydraulischen Flächenbelastungen wurden während der 2jährigen Betriebsphase mehrfach, insbesondere zur Optimierung der Nitrifikationsleistung, variiert, z. T wurden auch kurzzeitige Beschickungsunterbrechungen unternommen. Als mittlere hydraulische Flächenbelastungen sind 80 mm/d zu nennen, die Minimalwerte betragen 30 mm/d, maximal lagen sie bei 295 mm/d.

Tab. 4.2: Charakterisierung der Abwasserzusammensetzung (Medianwerte) Anlage Ettenbüttel

Parameter	Einheit	Probenahmestellen		
		Zul. T1	Abl.T2 / Zul. VF	Abl. VF
O ₂ -Gehalt	[mg/l]	2,58	0,28	
pH		8,27	7,33	7,02
AFS	[mg/l]	180	50	
CSB	[mg/l]	825	176	33
BSB ₅	[mg/l]	468	77	5,3
TOC	[mg/l]	173	40	11,3
AOX	[µg/l]	23	15	17
TKN	[mg/l]	94	36	9,3
NH ₄ -N	[mg/l]	63	26	4,8
NO ₃ -N	[mg/l]	0,50	<0,23	10,4
PO ₄ -P	[mg/l]	12	5	2,1
q _A	[mm/d]		80	

Auch für die Anlage Ettenbüttel ergaben die orientierenden chemischen Abwasseruntersuchungen parallel zu den mikrobiologischen Bestimmungen (Anhang 3) keine Auffälligkeiten. Als besondere Betriebssituationen sind die Variation der hydraulischen Belastungen und zum Ende der Wintermonate bzw. zum Frühjahrsanfang Kolmationserscheinungen zu nennen.

4.3.3 Anlage See

4.3.3.1 Anlagenaufbau

Die Anlage See, als horizontal durchströmter Bodenfilter geplant, ging 1984 in Betrieb (DAFNER 1988) und liegt ca. 50 km östlich von Nürnberg in der Gemeinde Happurg bei Hersbruck/Bayern. Infolge der Erhöhung der Einwohnerzahl wurden Veränderungen in der ursprünglichen Anlage vorgenommen (1990, 1993) und ein zusätzlicher Bodenfilter neu gebaut (1999) (DAFNER 1996).

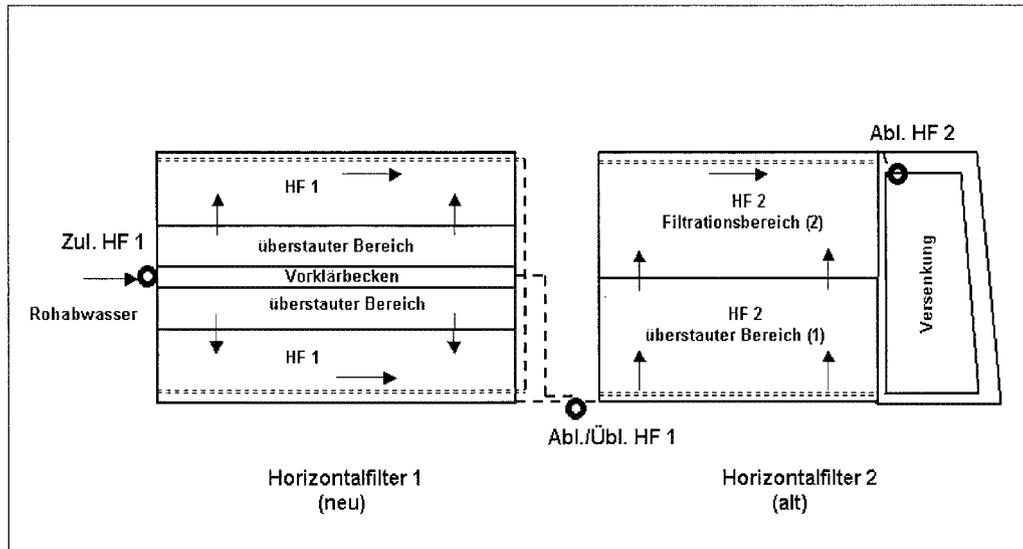


Abb. 4.3: Lageplan Anlage See mit Probenahmestellen

Die Pflanzenkläranlage wurde für 100 EW bei einem Schmutzwasserzufluss von ca. $10 \text{ m}^3/\text{d}$ ausgelegt, die einwohnerspezifische Beetfläche beträgt $10 \text{ m}^2/\text{EW}$. Das Abwasser wird in Mehrkammerabsetzgruben vorbehandelt. Die Anlage ist in einen abwasserbeaufschlagten, überstauten Bereich 1 (410 m^2) und einen abwasserunbeaufschlagten Filtrationsbereich 2 (530 m^2) unterteilt (Abb. 4.3). Der Bereich 1 wurde mit Rohrkolben (*Typha latifolia*), der durch seine Wurzeln die Infiltrationsfläche offen halten soll, der Bereich 2 mit Schilf (*Phragmites communis*) bepflanzt. Die oberirdische Biomasse wurde nach 2 bis 3 Jahren vor Beginn der Vegetationsperioden aus der Anlage entfernt.

Das Abwasser wird über die gesamte Breite durch ein in einem Kiesbett verlegten Dränagerohr in die Anlage geführt. Der keilförmig ausgebildete Bodenkörper dient als Infiltrationskulisse für den unbeaufschlagten Bereich, an dessen Abschluss eine Dränagesammelleitung das gereinigte Abwasser zum Versickerungsteich ableitet. Dem unbeaufschlagten Bereich wurden als Überflutungsschutz 2 Sanddämme aufgesetzt, die infolge hoher Niederschlagsereignisse mehrfach beschädigt, 1990 durch 2 Betonschwellen mit Überlaufrinnen ersetzt wurden. Durch die Zunahme der Anschlusswerte im Jahr 1993 von 100 auf 140 EW (einwohnerspezifische Beetfläche: $7 \text{ m}^2/\text{EW}$) hat sich der durchschnittliche Abwasserzufluss auf max. $14 \text{ m}^3/\text{d}$ erhöht. Daher wurden die Betonschwellen in den Dammkronen vergrößert. Überlaufrinnen ermöglichten eine geregelte oberflächige Abwasserverteilung, so dass der ehemals unbeaufschlagte Bereich 2 bis

zu 20 cm überstaut werden (beaufschlagter Bereich 2.1) und ungereinigtes Abwasser sogar bis zum Auslauf (z.T. beaufschlagter Bereich 2.2) gelangen kann.

Als Bodenmaterial ist eisenhaltiger schluffarmer, brauner bis hellrotbrauner Mittelsand eingebaut, der im beaufschlagten Bereich 1 und z.T. im Bereich 2.1 von einem 3 - 5 cm mächtigen dunkelbraunschwarzen bis schwarzen Auflagehorizont (Rohschlamm, Blatt, Halm, mineralisiertes Material) überlagert wird (HAGENDORF, 1999). Der aus den Mehrkammerabsetzgruben in den beaufschlagten Bereich ausgeschwemmte Rohschlamm wird bei Bedarf aus der Anlage entfernt.

Durch die hydraulische Überlastung der alten Anlage erfolgte durch Baumassnahmen im Jahr 1998 eine Erweiterung der Anlage um ca. 480 m² mit Inbetriebnahme des neuen Horizontalfilters am 15.03.1999. Dieser Anlagenteil besteht aus zwei parallel geschalteten mit Schilf bewachsenen Bodenfiltern. Aus einem ca. 1m tiefen Vorklärbecken läuft das Abwasser über die mit Kies gefüllten z.T. überstauten Infiltrationsbereiche in die sandig-kiesigen Filtrationsbereiche. Das gereinigte Abwasser läuft als Zulauf in den alten Bodenfilter und wird dort noch weiter gereinigt. Ein Teil des im neuen Horizontalfilter gereinigten Abwassers (ca. 12 m³/d) wird über einen Tropfkörper geführt. Falls die neue Anlage hydraulisch überlastet ist, wird über einen Notüberlauf auch weitgehend ungereinigtes Abwasser direkt dem Zulauf der alten Anlage zugeführt.

Im Betriebsjahr 2001 wurde die Ablaufdrainage vom alten Horizontalfilter ausgehoben (April) und es verblieb ein offener Ablaufgraben, in dem sich z.T. abgestorbene oberirdische Biomasse und aus dem Beet ausgespültes Filtermaterial ansammelte. Neue Drainagerohre wurden erst im September verlegt und mit Schotter überdeckt. Gleichzeitig wurde der im beaufschlagten Bereich abgesetzte Schlamm aus der Anlage entfernt.

4.3.3.2 Abwassersituation

Die **Anlagenüberwachung** wird seit Inbetriebnahme des neuen Horizontalfilters im Frühjahr 1999 durch Eigenüberwachung geprüft und kontrolliert. Es werden i.d.R. 2 x wöchentlich variierend zwischen 7 und 18 Uhr Temperatur- und Abwassermengenmessungen sowie pH-Wertbestimmungen im Zu- und Ablauf der Anlage durchgeführt. Außerdem wird das Wetter des Vortages und die Nieder-

schlagshöhe seit dem letzten Probenahmetag, zumindest in der frostfreien Periode, erfasst. Abwasseruntersuchungen als Eigenkontrollmaßnahmen werden je Quartal durchgeführt. Das Wasserwirtschaftsamt Nürnberg prüft das Leistungsbild der Anlage 2 x jährlich, so dass auch unter Berücksichtigung der Probenahmen des Umweltbundesamtes, ehemals auch des Institutes für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, das Leistungsbild der Anlage über seine gesamte Betriebszeit gut beurteilt werden kann. Dafür wurden folgende Abwasserparameter untersucht: pH, L_F , CSB, BSB₅, TOC, AOX, NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N, PO₄-P, o-PO₄-P, Schwermetalle (Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, Cd).

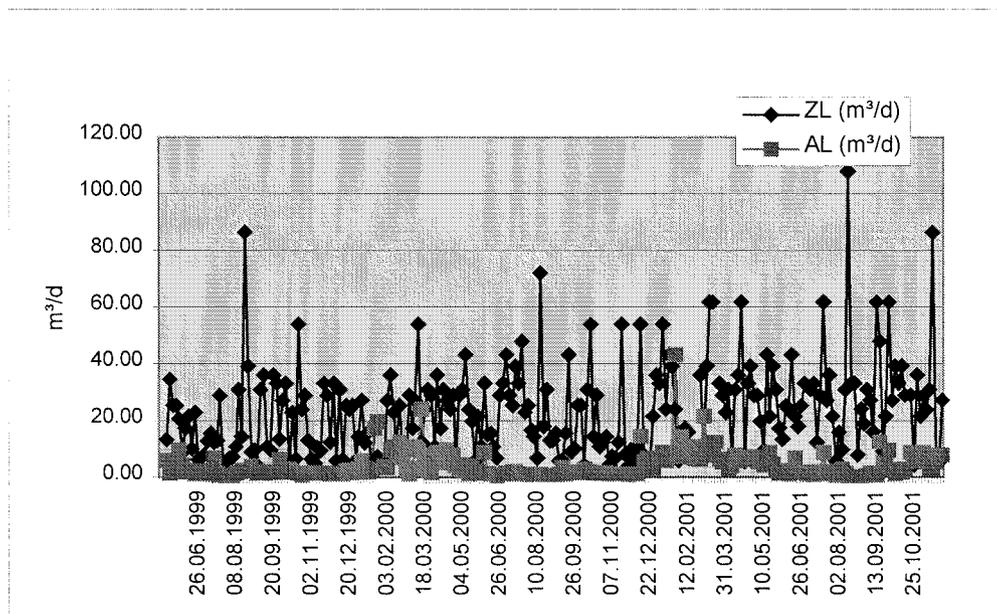


Abb. 4.4: Hydraulische Belastung Anlage See

Die **hydraulische Belastung** der Anlage liegt nach den Erhebungen der letzten 3 Jahre im Zulauf bei durchschnittlich 27 m³/d, die Maximalwerte übersteigen 50 m³/d nur selten, die Minimalwerte schwanken um 5 m³/d (Abb. 4.4). Diese Zulaufmengen entsprechen einer durchschnittlichen hydraulischen Flächenbelastung von 56 mm/d, maximal 110 mm/d und minimal 10 mm/d. Die Ablaufwerte betragen im Sommerhalbjahr nur 1 bis 3 m³/d, im Winterhalbjahr 5 bis 10 m³/d. Die sich daraus errechnende Differenz zwischen Zu- und Ablauf von durchschnittlich 18 m³/d im Sommer bzw. 13 m³/d im Winter lässt sich nicht mit der pflanzenbedingten Wasseraufnahme einschließlich Verdunstung erklären. Abwasserverluste durch diffuse Versickerungen (Untergrund, Böschungen am Auslauf des Horizontalfilters alt, HF 2) sowie Überläufe aus dem altem Horizontalfilter

direkt in den Versenkungsteich infolge Verschlammung des beaufschlagten Bereiches sind nicht auszuschließen.

Die **Abwassertemperatur** im Zu- und Ablauf der Anlage zeigt einen typischen Jahresgang für die Sommer-Winter-Verteilung. Die Wassertemperaturdifferenz zwischen Zu- und Ablauf beträgt im Mittel 5° C, die minimalen Wintertemperaturen liegen um 0° C, die höchsten Sommertemperaturen überschreiten 20° C kaum. Die Temperaturverteilung (Abb. 4.5) zeigt ab Frühjahr 2001 gegenüber den beiden Vorjahren ein sehr diffuses Bild. Die Ablaufwerte liegen häufig über den Zulaufwerten und sind auch gegenüber den Vorjahreswerten erhöht, weil die sehr geringen Ablaufmengen im offenem, nichtbeschatteten Ablaufgraben durch die Lufttemperatur und Sonneneinstrahlung erwärmt werden können.

Für die **abwasserchemischen Verhältnisse** aus Zu- und Ablauf der Anlage See bieten die langjährigen Auswertungen der CSB-, BSB₅-, NH₄-N, NO₃-N und PO₄-P-Befunde eine schlüssige Bewertungsgrundlage (Tab. 4.3, Abb. 4.6). Die z.T. stark schwankenden CSB-Zulaufwerte gehen auf den Betrieb mehrerer, zu unterschiedlichen Zeitpunkten abzupumpenden Mehrkammerabsetzgruben zurück. Der CSB wird in der Anlage See um ca. 95% reduziert, so dass sich Ablaufwerte von durchschnittlich 30 bis 50 mg/l ergeben. In den Wintermonaten Januar und Februar 1990, 1991 und 1997 fallen über dem zulässigen Grenzwert (110 mg/l) liegende Ablaufwerte auf, die in Verbindung mit Eisbildung auf der Anlage und z.T. mit Überlauf von unbehandeltem Abwasser stehen. Diese hohen CSB-Ablaufwerte werden durch die des BSB₅ bestätigt.

Die leicht erhöhten Ablaufwerte 1997 bis 1999 im Vergleich zur langjährigen Tendenz sind Ausdruck hydraulischer Überlastung der Anlage in diesem Zeitraum und bestätigten die Notwendigkeit zur Inbetriebnahme des neuen Bodenfilters (Horizontalfilter) ab Frühjahr 1999. Eine Auswertung der CSB-Werte im Zu- und Ablauf des neuen und alten Horizontalfilters zeigt, dass die Ablaufwerte des Horizontalfilters 1 z.T. besser sind als die vom Horizontalfilter 2 und somit die über 95 %ige Reinigungsleistung vom neuen Horizontalfilter 1 erbracht wird. Der alte Horizontalfilter ist z.T. funktionsunfähig, bedingt durch den stark verschlammten Beaufschlagungsbereich und die dadurch unterbundene Infiltration.

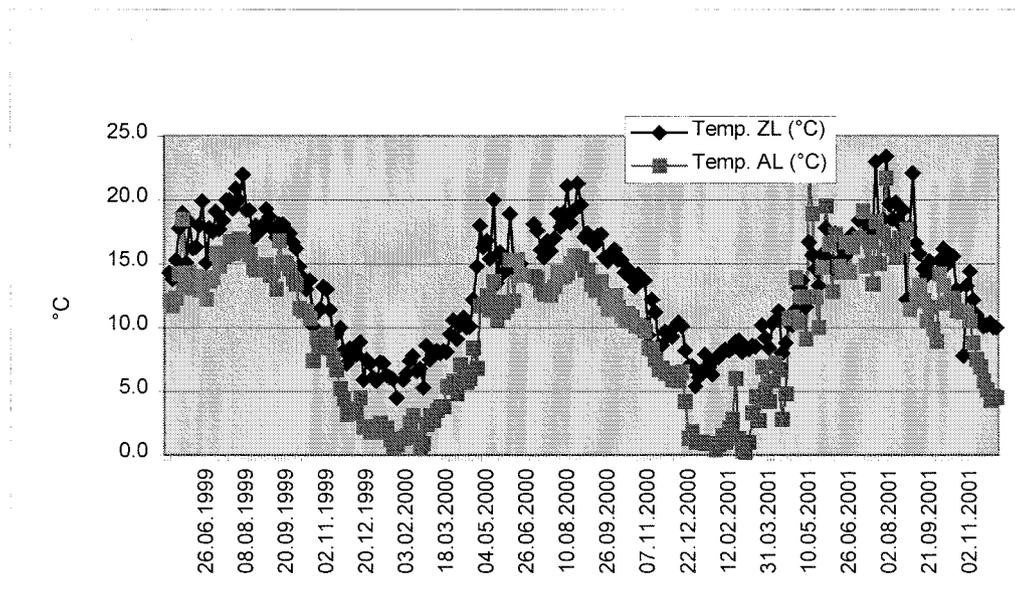


Abb. 4.5: Abwassertemperatur Anlage See

Tab. 4.3: Charakterisierung der Abwasserzusammensetzung (Medianwerte) Anlage See

Parameter	Einheit	Probenahmestellen		
		Abl. VK / Zul. HF1	Abl. HF1	Abl. HF2
pH		7,6	7,3	< 7,2
CSB	(mg/l)	447	30	36
BSB ₅	(mg/l)	243	3	3
TOC	(mg/l)	16	10	12
AOX	(µg/l)	45	12	20
NH ₄ -N	(mg/l)	84	18	40
NO ₃ -N	(mg/l)	0,8	39	5,7
o-PO ₄ -P	(mg/l)	3,8	2,6	0,3
PO ₄ -P	(mg/l)	16	8	1
q _A	(mm/d)	80	55	

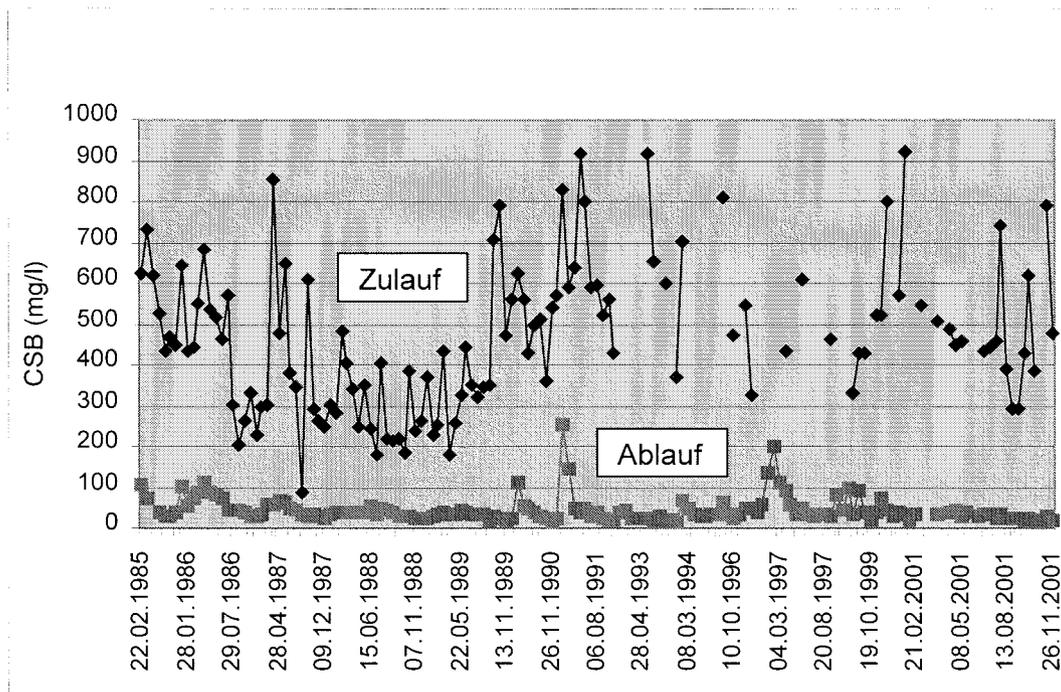


Abb. 4.6: CSB Anlage See

Die Auswertung der Ammonium- und Nitratmesswerte für den Zeitraum 1984 bis 2001 verdeutlicht, dass die Nitrifikationsleistung bis Anfang der 90iger Jahre bei 50 bis 70 % lag und ab 1993/94 auf 30 bis 35 % zurückging. Diese Leistungseinbußen sind auf die schrittweise Erhöhung der Anschlusswerte (erhöhte Frachten) und die Veränderung der Abwasserverteilung auf dem Bodenfilter mit sporadischem Überstau bis in den auslaufnahen Bereich (Verringerung der Aufenthaltszeiten) zurückzuführen. Mit Inbetriebnahme des neuen Horizontalfilters ab 1999 hat sich die Nitrifikation wieder deutlich verbessert.

In der Anlage See wurde durch den Einbau eisenhaltigen Bodenfiltermaterials eine hohe Phosphorelimination erreicht. Die Phosphor-Elimination betrug bis 1992 bis zu 98 %. Der Anstieg der Ablaufwerte bei relativ gleichbleibenden Zulaufkonzentrationen ab 1993 auf Werte über 1 bis 2 mg/l ist eine weitere Folge der höheren hydraulischen Belastung. Dadurch nicht auszuschließende hydraulische Kurzschlüsse (Überstau von Rohabwasser bis in den Ablaufbereich) verminderten die P-Elimination auf ca. 60 %. Ab 1999 hat sich die Phosphor-Elimination wieder verbessert, die Ablaufwerte liegen im Horizontalfilter 2 wieder

unter 2 mg/l, so dass zur Phosphor-Bindung eine ausreichende Bodenfilterdurchlässigkeit gegeben ist.

Als besondere betriebliche Situation sind für die Anlage See u.a. für die Abwasserparameter CSB, BSB₅, TOC, Stickstoff und Phosphor hohe Konzentrationsunterschiede im Ablauf der Vorklärung, hydraulische Kurzschlüsse, starke Schlamm- und Eisbildung im überstauten Zulauf Horizontalfilter 2 (alt) zu nennen.

4.4 Probenahmen

In einem bis zu 2,5jährigen Messprogramm wurden Probenahmen an folgenden mehrstufigen Anlagensystemen vorgenommen:

- Vorklärung (Mehrkammergrube) – Vertikalfilter.- Horizontalfilter – UV-Anlage – P-Filter (Anlage Wiedersberg)
- Vorklärung (Teichanlage) – Vertikalfilter (Anlage Ettenbüttel)
- Vorklärung (Mehrkammergrube) – Horizontalfilter (Anlage See)

In der Anlage Wiedersberg wurden im Zeitraum Juni 1999 bis September 2001 grundsätzlich Ablauf Vorklärung / Zulauf Vertikalfilter (Abl. VK/Zul. VF), Ablauf Vertikalfilter (Abl. VF) und Ablauf Horizontalfilter (Abl. HF) beprobt. Mit einem wesentlich geringeren Umfang wurden als orientierende Bestandsaufnahmen auch die Probenahmestellen Zulauf Kläranlage (Zul.), Ablauf UV-Anlage (Abl. UV) und Ablauf P-Filter (Abl. P) in die Untersuchungen einbezogen (vgl. Abb. 4.1).

In der Anlage Ettenbüttel wurden im Zeitraum Oktober 1999 bis November 2001 sporadisch der Zulauf Teich 1 (Zul. T 1), grundsätzlich aber Ablauf Teich 2/Zulauf Vertikalfilter (Abl. T 2/Zul. VF) und Abläufe der Vertikalfilter (Abl. VF1, Abl. VF 2) beprobt (vgl. Abb. 4.2).

In der Anlage See wurden im Zeitraum Oktober 2000 bis November 2001 Abwasserproben aus dem Zulauf von Horizontalfilter 1 (Zul. HF 1), dem Ablauf von Horizontalfilter 1, der auch den Überlauf aus HF 1 einschliesst (Abl./Übl. HF 1) und der Ablauf von Horizontalfilter 2 (Abl. HF 2) entnommen (vgl. Abb. 4.3).

Tab 4.4: Untersuchungsumfang einzelner Probenahmestellen

	Wiedersberg						Ettenbüttel				See		
	Abi. VK	Abi. VF	Abi. HF	Abi. UV	Abi. P	Zul. T. 1	Abi. T 2	Abi. VF		Abi. VK	Abi. HF 1	Abi. HF 2	
								VF 1	VF 2				
Gesamtkeimzahl 20 °C	46	44	45	14	12	11	25	14	25	41	41	41	
Gesamtkeimzahl 36 °C	46	44	45	14	12	11	25	14	25	41	41	41	
<i>E. coli</i>	76	74	76	13	12	11	33	22	33	41	41	41	
Coliforme Bakterien	30	29	31	13	11	10	23	12	23	38	38	38	
Enterokokken	77	76	74	13	12	11	33	22	33	15	15	15	
Coliphagen	45	38	40	7	8	8	26	17	26	36	36	36	
<i>Campylobacter/</i> <i>Arcobacter</i>	42	42	41	15	12	12	27	15	27	17	17	17	
Yersinien	31	32	33	10	8	9	25	15	23	14	14	14	
Clostridien	41	41	40	14	11	12	28	15	28	17	17	17	
<i>Clostridium perfringens</i> m-CP	10	10	10	0	0	0	10	10	10	15	15	15	
<i>Clostridium perfringens</i> TSC	10	10	10	0	0	0	10	10	10	15	15	15	
<i>E. coli</i> O 157	27	9	23	0	0	10	11	11	13	15	15	17	
Salmonellen	9	10	7	3	3	6	5	5	5	0	0	0	
Cryptosporidien- Oozysten	13	2	13	1	1	0	10	8	10	16	15	0	
Giardien-Zysten	13	2	13	1	1	0	10	8	10	16	15	0	
Summe	516	463	501	118	103	112	303	199	301	337	336	309	
Summe (gesamt)	1701						915				982		

In Abstimmung mit den Anlagenbetreibern/Projektpartnern konnten bis November 2001 im Bereich der Kläranlage Wiedersberg 78 und Ettenbüttel 38 Probenahmen sowie 41 Probenahmen in der Anlage See durchgeführt werden. Die Probenahmen erfolgten als geschöpfte Stichproben, sofern vor Ort größere Probenvolumina zu verarbeiten waren, wurden diese als Pumpproben gezogen. Routineprobenahmen erfolgten in Wiedersberg 14-tägig, in Ettenbüttel und See 14-tägig bis 4-wöchig, zusätzlich wurden mehrtägige Intensivprobenahmen realisiert.

Daraus resultierten für Wiedersberg 1701, Ettenbüttel 915 und See 982 Befunde mikrobiologischer Untersuchungen (Tabelle 4.4). Der Schwerpunkt mikrobiologischer Untersuchungen lag dabei auf der Untersuchung der Bodenfilterzu- und abläufe, weitere Vor- und Nachreinigungsstufen wurden nur in geringerer Zahl beprobt.

5 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

5.1 Auswertung der Probenahmen

5.1.1 Standzeituntersuchungen

Aufgrund der Lage der einzelnen Anlagen in Bayern, Niedersachsen und Sachsen waren oft Transportzeiten der Abwasserproben von mehreren Stunden zu den mikrobiologischen Laboratorien in Berlin und Bad Elster notwendig. Da die Proben dort u.U. erst am späten Abend ankamen, war eine mikrobiologische Aufarbeitung erst am folgenden Tag möglich. Dies bedeutet, dass die Proben bis maximal 20 Stunden bei Temperaturen um 6 °C (Transport-Kühlboxen bzw. Kühlschrank) lagerten. Um mögliche Auswirkungen mehrstündiger Standzeiten auf die Absterberate der Mikroorganismen zu erfassen, wurden Untersuchungen zum Verhalten ausgewählter Mikroorganismen durchgeführt.

Aus den Abläufen Vorklä rung, Vertikalfilter und Horizontalfilter der Anlage Wiedersberg wurden daher mikrobiologische Proben entnommen und sofort nach der Entnahme gekühlt in das Labor transportiert, welches ca. 30 km von der Anlage entfernt liegt. Im Labor wurden die Proben bei 4 °C bis zu 42 Stunden gelagert. Nach 3, 7, 9, 20, 22, 25, 27, 29 und 42 Stunden Standzeit wurden jeweils Proben (Doppel- bzw. Dreifachbestimmung) entnommen und auf die Parameter *E. coli* und intestinale Enterokokken untersucht.

Aus den Ergebnissen wird ersichtlich, dass sich die Anzahl an *E. coli* und intestinalen Enterokokken mit zunehmender Standzeit unabhängig von der Entnahmestelle nicht wesentlich ändert (Abb. 5.1.1, 5.1.2, Anhang 2). Auch nach der maximalen Standzeit von 42 Stunden liegt die Anzahl der untersuchten Mikroorganismen innerhalb derselben Zehnerpotenz wie direkt nach 3 bis 7stündiger Standzeit. Das bedeutet, dass trotz längerer Transport- und Standzeiten nur ein geringes Absterben der Mikroorganismen festzustellen ist. Voraussetzung war jedoch, dass die Wasserproben während dieser Zeiten ausreichend gekühlt wurden.

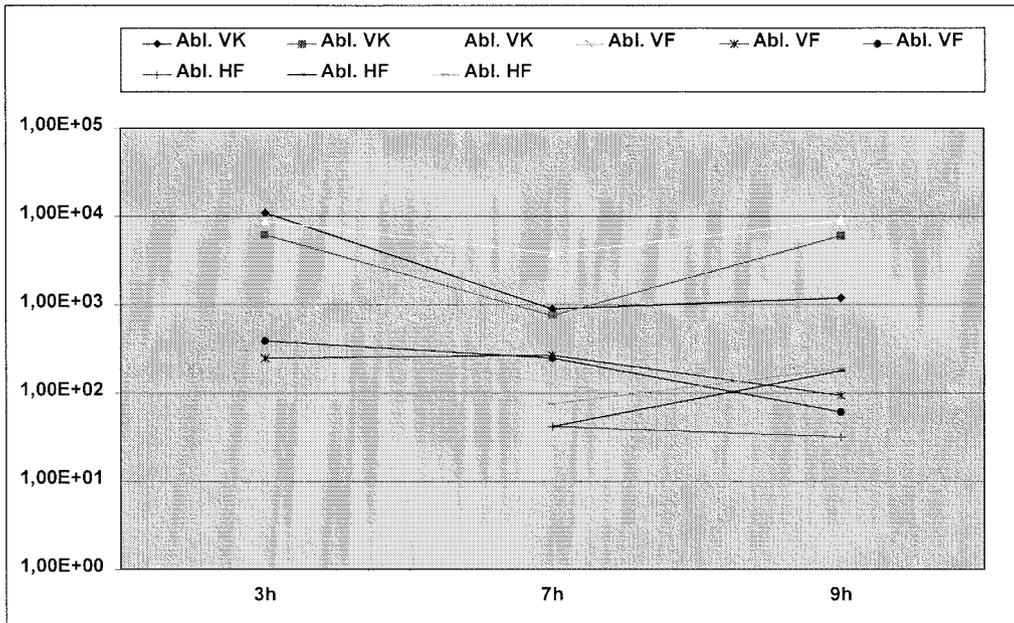


Abb. 5.1.1: Konzentrationen von Enterokokken in Abhängigkeit von der Standzeit (3 - 9 h), Anlage Wiedersberg

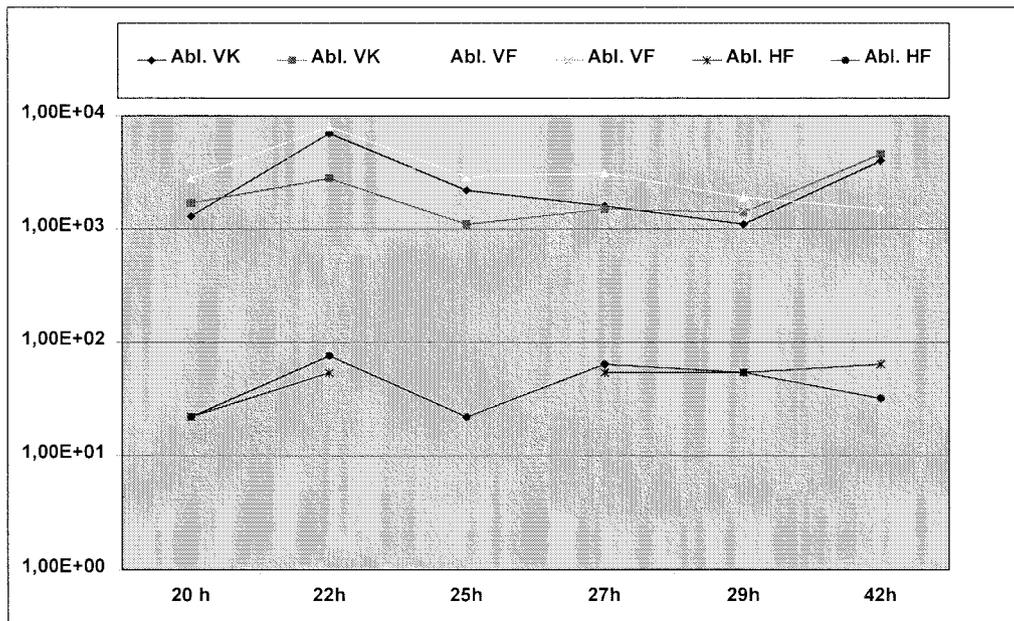


Abb. 5.1.2: Konzentrationen von *E. coli* in Abhängigkeit von der Standzeit (20 – 24 h), Anlage Wiedersberg

5.1.2 Intensivprobenahmen

Zur Feststellung möglicher Schwankungen der Konzentration der mikrobiologischen Parameter in kürzeren Zeitabständen (Stunden bzw. Tage) wurden Intensivprobenahmen in Wiedersberg (3), See (2) und Ettenbüttel (1) durchgeführt. Die über den Arbeitstag meist stündlich entnommenen Proben wurden stets auf die Indikatororganismen und zweimal täglich auch auf potentiell pathogene Mikroorganismen untersucht.

Die in allen Anlagen tendenziell gleichen Befunde der Intensivprobenahmen (Anhang 2) werden wegen der höchsten Probedichte am Beispiel der Anlage Wiedersberg für den Parameter Enterokokken behandelt. Abbildung 5.1.3 gibt die im Tagesverlauf ermittelten Konzentration von Enterokokken in den Abläufen der Vorklärung, des Vertikal- und des Horizontalbeetes während drei Intensivprobenahmekampagnen wieder. Die Konzentrationen streuen im Ablauf Vorklärung zwischen $10^3 - 10^4$ KBE/100 ml und im Ablauf Vertikalfilter um $10^2 - 10^3$ KBE/100 ml, ohne dass daraus tendenziell Unterschiede ableitbar sind. Die Ablaufwerte des Horizontalfilters - überwiegend um 10^1 KBE/100 ml - sind nur in den Proben aus der 1. Messkampagne z.T. erhöht, einem Probenahmezyklus mit hohen Fremdwasserzuflüssen.

Trotz Probenahmen zu unterschiedlichen Jahreszeiten bzw. Betriebszuständen lagen bei den drei Kampagnen der Intensivprobenahmen niedrigere Bodenfilterzulaufkonzentrationen mit einem Mittelwert von $3,8 \times 10^3/100\text{ml}$ gegenüber einem ohne Intensivprobenahmen errechneten Mittelwert von $1,8 \times 10^5/100\text{ml}$ vor (Anhang 2). Im Ablauf des Vertikalfilters ergab sich für die Intensivprobenahme ein Mittelwert von $8,2 \times 10^2/100\text{ml}$ gegenüber $1,7 \times 10^3/100\text{ml}$ (ohne Intensivprobenahme), im Ablauf des Horizontalfilters von $5,8 \times 10^2/100\text{ml}$ gegenüber $6,6 \times 10^2/100\text{ml}$.

Die geringe Reduktion von Enterokokken in beiden Bodenfiltern während der Intensivprobenahmekampagnen steht im Zusammenhang mit den zu diesen Probenahmen ermittelten niedrigen Zulaufkonzentrationen (vergleiche Kap. 5.2.1)

Die Konzentrationsschwankungen im Bodenfilterzulauf sowie beiden -abläufen betragen in der Regel etwa ein bis zwei Zehnerpotenzen (Abb. 5.1.3, Anhang 2)

und lagen im Gegensatz zu den im gesamten Beobachtungszeitraum erhobenen Befunden (4 Zehnerpotenzen) deutlich niedriger. Infolge der für *E. coli* und *Campylobacter/Arcobacter* gegenüber der für Enterokokken ermittelten, erhöhten Schwankung der Zulaufkonzentrationen liegt auch die Schwankungsbreite der Filterabläufe im Tagesverlauf mit in der Regel zwei bis drei Zehnerpotenzen auf höherem Niveau. Im Gegensatz dazu sind bei den anderen potentiell pathogenen Mikroorganismen, bedingt durch die ohnehin geringeren Zulaufkonzentrationen, in der Regel nur Schwankungen um 1 – 2 Zehnerpotenzen zu beobachten (Anhang 2).

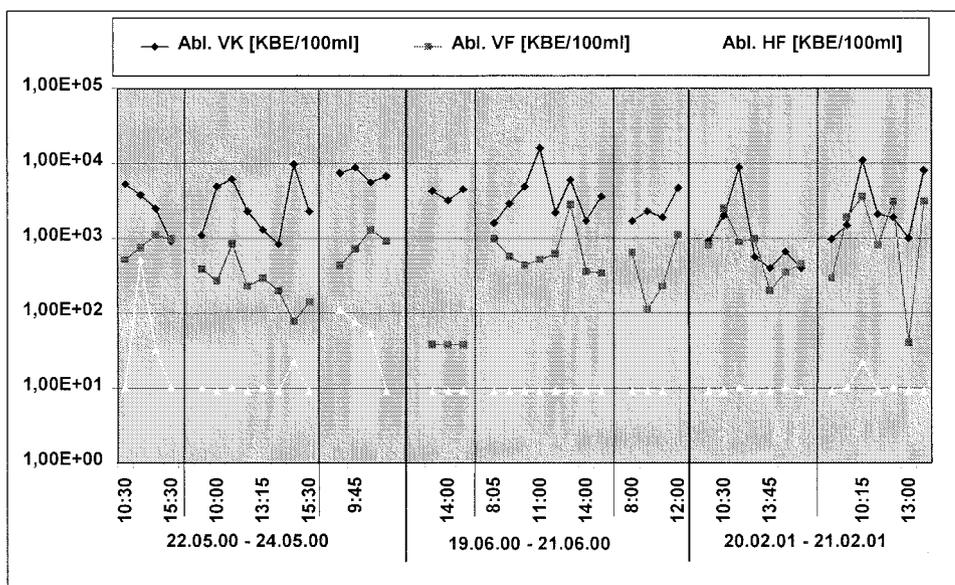


Abb. 5.1.3: Konzentrationen von Enterokokken bei Intensivprobenahmen, Anlage Wiedersberg

5.1.3 Regelprobenahmen

Die ausgewählten Diagramme dokumentieren in Übersichtsdarstellungen die mittleren Konzentrationen der Indikatororganismen und potentiell pathogenen Mikroorganismen als Zu- und Ablaufwerte. Hierfür wurden aus der Gruppe der **Indikatoren** *E. coli*, coliforme Bakterien, Enterokokken und Coliphagen ausgewählt. Die Daten der Koloniezahlen sind im Anhang 2 dokumentiert.

Aus der Gruppe **potentiell pathogener Mikroorganismen** wurden für die Darstellung der Mittelwerte *Campylobacter/Arcobacter*, *Clostridium perfringens*, Cryptosporidien-Oozysten und Giardien-Zysten ausgewählt. Die Daten für die Yersinien sind im Anhang 2 dokumentiert. Auf eine graphische Darstellung wurde verzichtet, weil nur sporadisch potentiell pathogene Biovare von *Yersinia enterocolitica*, ansonsten nur apathogene Umweltarten gefunden wurden. Salmonellen wurden nur in Einzelfällen, *E. coli* O 157 in keiner untersuchten Probe nachgewiesen.

Der zeitliche Verlauf der **Konzentrationswerte** und der **Eliminationsleistungen** wurde für die einzelnen Anlagenbauteile anlagenspezifisch auf Zusammenhänge bzw. im Vergleich zu abwasserchemischen Daten (Organische Kohlenstoffverbindungen, Stickstoff), meteorologischen Befunden (Niederschlag, Abwassertemperatur) und Betriebsbedingungen (Vorklärung, Vertikalfilter, Horizontalfilter, Rückflussverhältnisse, hydraulische Belastung, Kolmation) geprüft. Die sich daraus ergebenden Zusammenhänge sind in den folgenden Graphiken berücksichtigt und dargestellt. Um über die gesamte Projektlaufzeit repräsentative Mikroorganismenbefunde im Zusammenhang mit den o.g. Parametern herstellen zu können, wurden aus der Gruppe der Indikatoren mit *E. coli*, Enterokokken, Clostridien und der potentiell pathogenen *Campylobacter/Arcobacter* diejenigen mit dem jeweils höchsten Probeaufkommen bzw. der bestmöglichen Aussagekraft ausgewählt. Ergänzende Abbildungen für die mikrobiologischen Untersuchungsergebnisse sind in Anhang 4 dokumentiert.

5.2 Wiedersberg

5.2.1 Mikrobiologische Befunde

Mittelwerte

Die Abbildungen 5.2.1 und 5.2.2 geben Konzentrationen von Indikatororganismen und pathogenen Mikroorganismen als Mittelwerte in der Kläranlage Wiedersberg für den Untersuchungszeitraum Juni 1999 bis Oktober 2001 wieder.

Während der Ablauf der Vorklärung / Zulauf Vertikalfilter Konzentrationen von *E. coli* und coliformen Bakterien in der Größenordnung $10^6 - 10^7/100$ ml aufwies, lagen die Werte für Enterokokken und Coliphagen mit $10^5/100$ ml niedriger. Der Vertikalfilter reduzierte die Konzentrationen von *E. coli* und coliformen Bakterien um etwa 1,5 Zehnerpotenzen, die Konzentrationen von Enterokokken und Coliphagen wurden um ca. 2 Zehnerpotenzen vermindert. Im Horizontalfilter kam es zu einer weiteren Reduktion für *E. coli* und coliforme Bakterien um 2 – 2,5 Zehnerpotenzen, für Enterokokken und Coliphagen nur noch um 0,5 – 1 Zehnerpotenz.

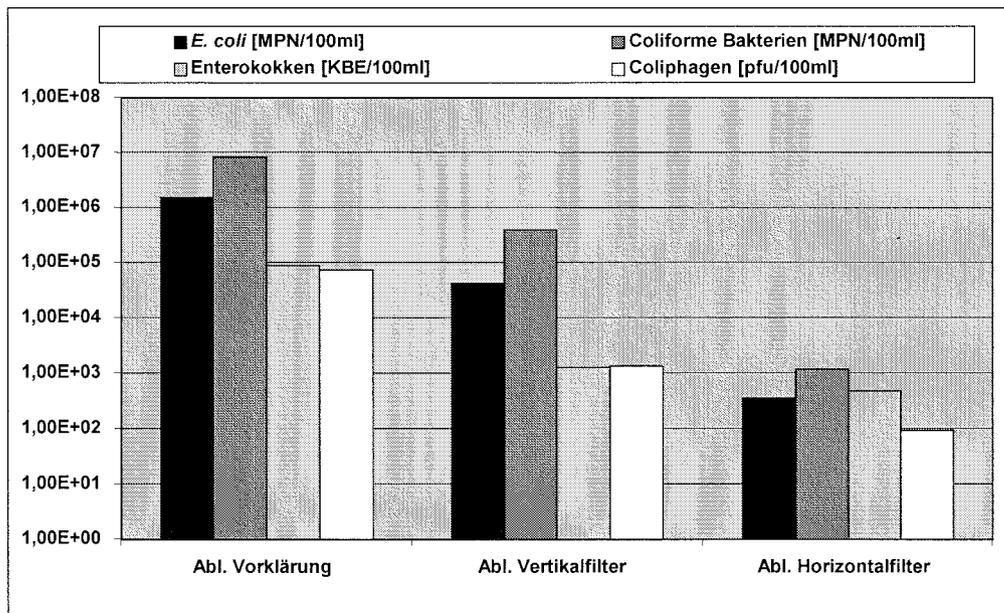


Abb. 5.2.1: Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse Indikatororganismen (Mittelwerte), Anlage Wiedersberg

Im Ablauf des Horizontalfilters lagen die Mittelwerte der Konzentrationen von Indikatororganismen in der Größenordnung von $10^2 - 10^3/100$ ml. Das Leistungsbild der Anlage für pathogene Mikroorganismen lag auf ähnlichem Niveau. So werden **Campylobacter/Arcobacter** von $4,2 \times 10^6 /100$ ml (Abl. Vorklärung) im Vertikalfilter auf $1,2 \times 10^5 /100$ ml und im Horizontalfilter auf $3,6 \times 10^2/100$ ml (um ca. 2 Zehnerpotenzen) reduziert. Die Reduktionsrate von **Clostridium perfringens** betrug etwa 1 Zehnerpotenz im Vertikal- und 2 Zehnerpotenzen im Horizontalfilter. Im Ablauf der Vorklärung lag die Konzentration bei $10^4/100$ ml, im Ablauf des Horizontalfilters betrug sie $10^1/100$ ml. **Cryptosporidien-Oozysten** und **Giardien-Zysten**, deren Konzentrationen im Filterzulauf im Mittel bei $4,9 \times 10^1/100$ l bzw. $3,2 \times 10^3/100$ l lagen, wurden bei der Bodenfilterpassage auf Werte von 1 bzw. $0,5/100$ l reduziert.

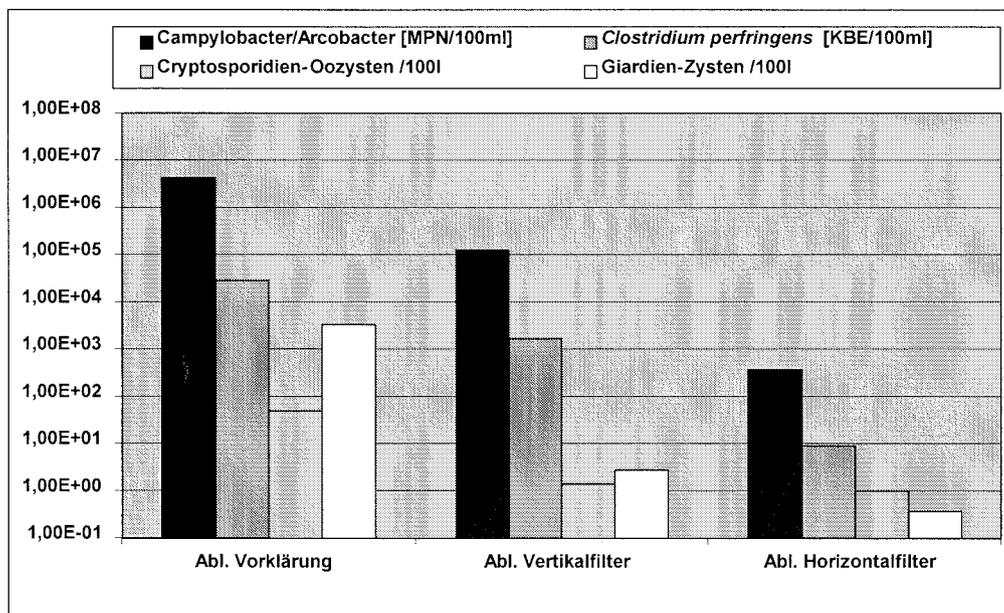


Abb. 5.2.2: Mikrobiologische Untersuchungen Anlage Wiedersberg, pathogene Mikroorganismen (Mittelwerte)

Konzentrationsverhältnisse

Die Konzentrationen von **E. coli** und **Enterokokken** im Ablauf der Vorklärung unterlagen mit Werten zwischen $8,9 \times 10^2 - 2,4 \times 10^7/100$ ml und $7,2 \times 10^2 - 2,0 \times 10^6 /100$ ml starken Schwankungen (Abb. 5.2.3, Abb. 5.2.4). Der überwiegende Anteil der Messbefunde lag jedoch zwischen $1,0 \times 10^5 - 2,4 \times 10^7/100$ ml und entsprach damit den Konzentrationsschwankungen in den Intensivprobenahmen (1 – 2 Zehnerpotenzen). Aus diesem Trend fielen die Messbefunde im Herbst

1999, Frühsommer 2000, Herbst 2000 und Frühjahr 2001 heraus. Diese niedrigeren Konzentrationen (ca. $10^3 - 10^4/100$ ml) konnten durch starke Niederschläge und Fremdwasserzuflüsse sowie hieraus resultierend einem zeitweisen Überstau der Vorklärung erklärt werden (opake Felder 1 - 3 in Abb. 5.2.3, Abb. 5.2.5).

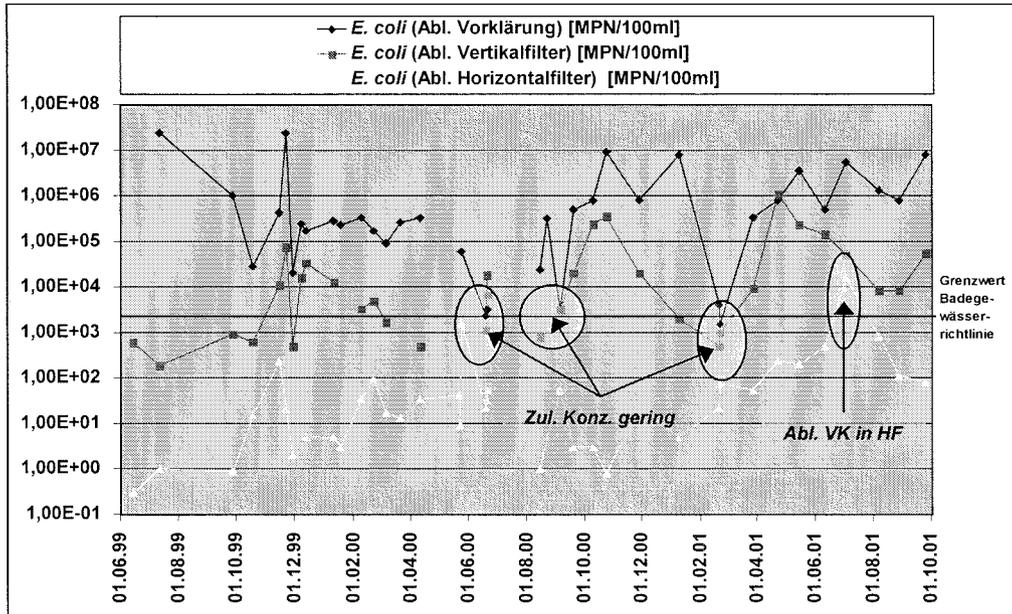


Abb. 5.2.3: Konzentrationen von *E. coli* in Abläufen Vorklärung, Vertikal- und Horizontalfilter, Anlage Wiedersberg

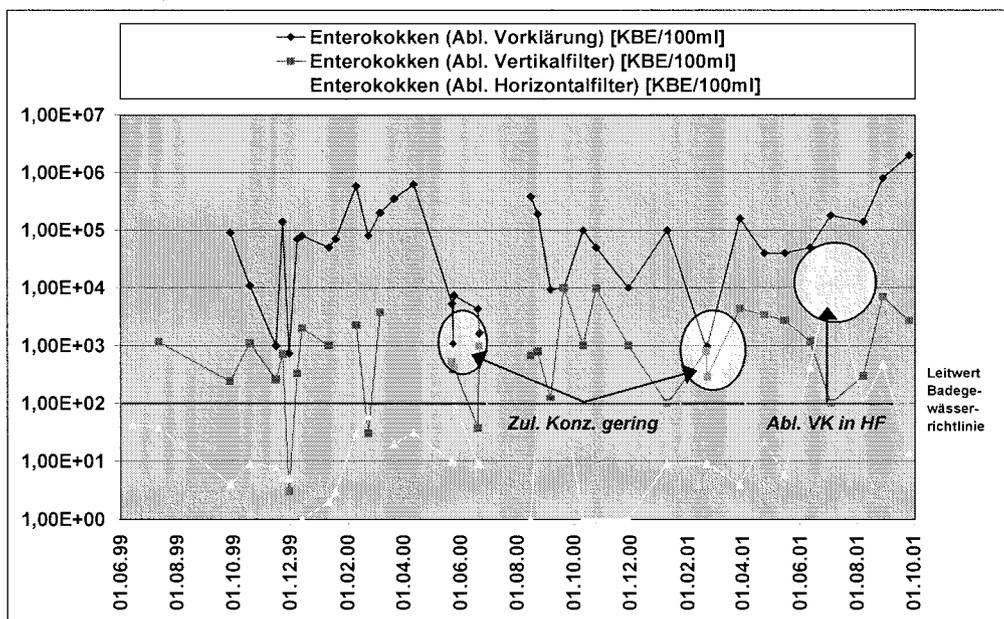


Abb. 5.2.4: Konzentrationen von Enterokokken in Abläufen Vorklärung, Vertikal- und Horizontalfilter, Anlage Wiedersberg

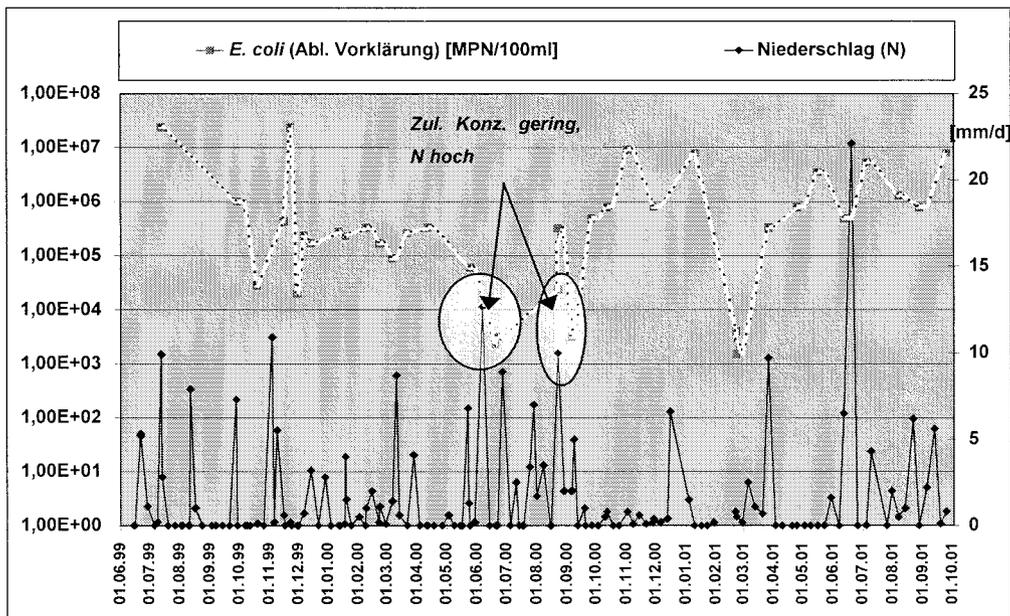


Abb. 5.2.5: Konzentrationen von *E. coli* im Ablauf Vorklärung im Vergleich zum Niederschlag, Anlage Wiedersberg

Die Konzentrationen im Ablauf des Vertikal- und z.T. Horizontalfilters folgten zunächst dem Verlauf ihrer Zulaufkonzentrationen. Zu Zeitpunkten niedriger Zulaufkonzentrationen (Bereich um $10^3/100$ ml) zeigte der Vertikalfilter nur noch geringe bis keine Reduktion mehr. Es wurde daher geprüft, inwieweit die Konzentrationsverhältnisse die Eliminationsleistungen beeinflussen. Diese Abhängigkeit verdeutlichen die Abbildungen 5.2.6 (*E. coli*) und 5.2.7 (Enterokokken). Hohe Eliminationsleistungen (1 – 3 Zehnerpotenzen) im Vertikalfilter wurden bei sehr hohen Zulaufkonzentrationen (10^5 – $10^7/100$ ml) erzielt, bei Zulaufkonzentrationen $< 10^4/100$ ml betrug die Eliminationsleistung des Filters in der Regel weniger als eine Zehnerpotenz. Das Bestimmtheitsmaß R^2 lag für *E. coli* (Abb. 5.2.6) und Enterokokken (Abb. 5.2.7) zwischen 0,5 und 0,6.

Auch im Horizontalfilter fand sich für *E. coli* die für den Vertikalfilter beschriebene Abhängigkeit zwischen Zulaufkonzentration und Eliminationsleistung, erreicht jedoch nur ein Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,4$.

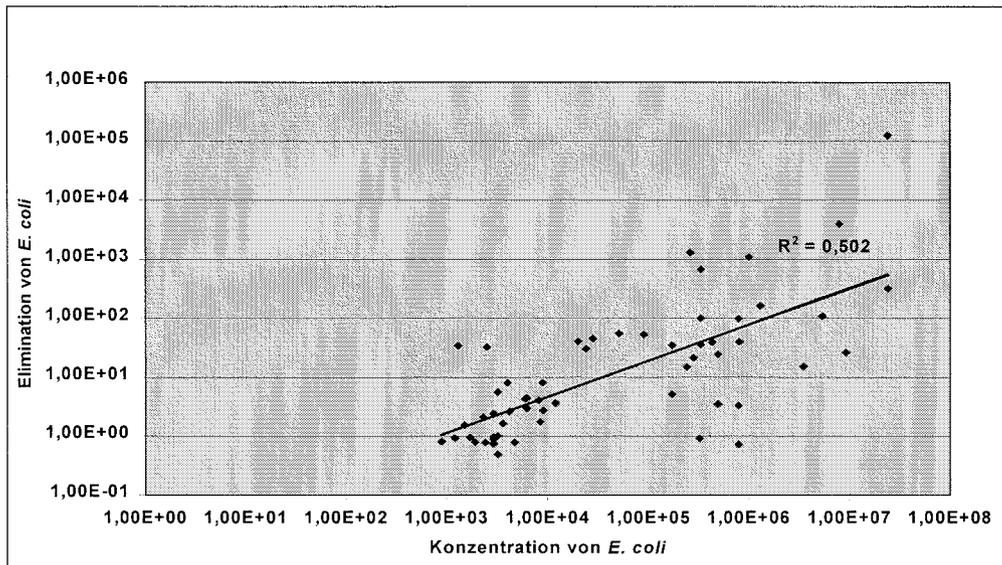


Abb. 5.2.6: Elimination von *E. coli* im Vergleich zur Zulaufkonzentration, Vertikalfilter Anlage Wiedersberg

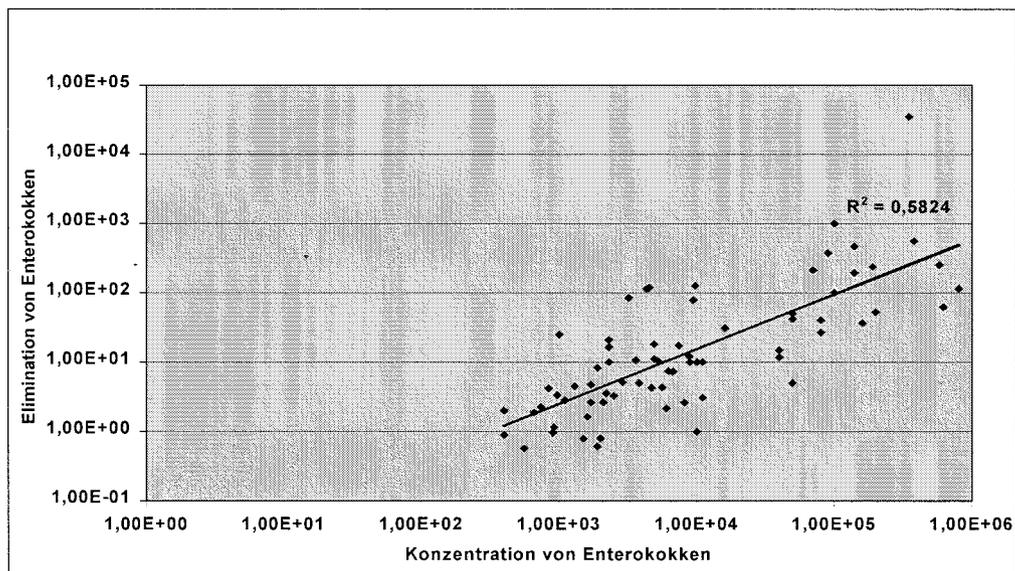


Abb. 5.2.7: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur Zulaufkonzentration, Vertikalfilter Anlage Wiedersberg

Der Anstieg der Ablaufkonzentration im Horizontalfilter (opakes Feld 4 in Abb. 5.2.3, Abb. 5.2.5) ab Sommer 2001 ist durch die direkte Zuleitung von Abwasser

aus der Vorklärung in den Horizontalfilter unter Umgehung des Vertikalfilters bedingt. Diese Betriebsführung wurde gewählt, um ein vermehrtes Kohlenstoffangebot zur Verbesserung der Denitrifikationsleistung verfügbar zu haben.

Im Ablauf des Horizontalfilters wurde der Grenzwert der EU-Badegewässerrichtlinie (1976) für *E. coli* von $2 \times 10^3/100$ ml, sowie der Leitwert von $1 \times 10^2/100$ ml für Enterokokken im gesamten Untersuchungszeitraum unter Ausnahme der Betriebsführung ab Sommer 2001 stets eingehalten und z.T. deutlich unterschritten. Damit werden auch die Anforderungen der EU-Oberflächenwasserrichtlinie (A 2) (1975), für Beregnungs- (1991) und Bewässerungswasser (1998) erreicht.

In der Abbildung 5.2.8 sind für ausgewählte mikrobiologische Parameter die Ablaufwerte der Vorklärung und der beiden Bodenfilter dargestellt. Die Konzentra-

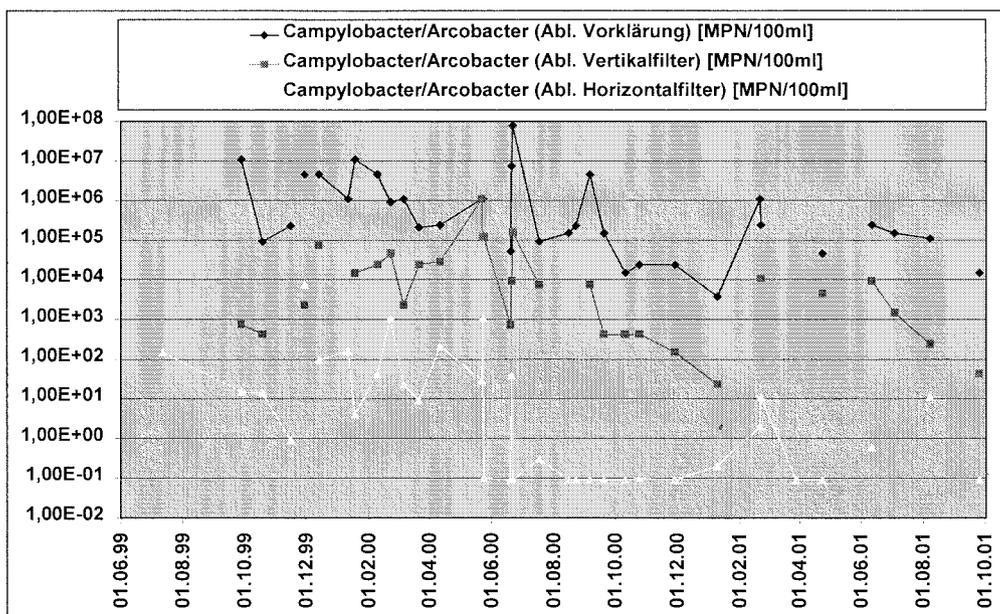


Abb. 5.2.8: Konzentrationen von *Campylobacter/Arcobacter* in Abläufen Vorklärung, Vertikal- und Horizontalfilter, Anlage Wiedersberg

tionen von **Campylobacter/Arcobacter** im Ablauf der Vorklärung lagen zwischen $3,8 \times 10^3 - 7,8 \times 10^7/100$ ml, die überwiegende Anzahl der Werte wurde im Bereich von $10^5 - 10^7$ MPN/100 ml gefunden. Die Befunde entsprachen dem gleichen Bereich wie die für *E. coli* ermittelten Werte. Der Anstieg der Ablaufkonzentrationen im Vertikalfilter von 10^4 MPN/100 ml auf 10^6 MPN/100 ml im Frühjahr

2000 ist mit Leistungseinbrüchen des Vertikalfilters (Überlauf/Vorklärung) zu erklären. Die Konzentrationen im Ablauf des Horizontalfilters betragen $9 \times 10^{-2} - 7,5 \times 10^3/100 \text{ ml}$, überwiegend $> 5 \times 10^2/100 \text{ ml}$. Dabei fällt der allgemeine Konzentrationsrückgang der Ablaufwerte an allen drei Probenahmestellen ab Sommer 2000 auf (Unterbindung der Fremdwasserzuflüsse). Der Anstieg der Konzentrationen im Herbst 2001 infolge direkten Zulaufs von Abwasser aus der Vorklärung in den Horizontalfilter ist analog der Indikatoren festzustellen, auf Grund des niedrigeren Konzentrationsniveaus im Vergleich zu *E. coli* jedoch nicht so ausgeprägt.

Clostridien wurden nach der Vorklärung generell in geringeren Konzentrationen ($3 \times 10^0 - 4,6 \times 10^4/100 \text{ ml}$) dem Vertikalfilter zugeführt. Zu Beginn der Beprobungen wurden zunächst Konzentrationen in der Größenordnung von $< 10^1 - 10^2/100 \text{ ml}$ (Abb. 5.2.9) gemessen. Ab Oktober 2000 traten dagegen vermehrt Konzentrationen $> 10^3/100 \text{ ml}$ auf. Bei Zulaufkonzentrationen $< 10^2/100 \text{ ml}$ lagen die Ablaufkonzentrationen des Vertikalfilters im gleichen Niveau. Bei Konzentrationen $> 10^3/100 \text{ ml}$ wurden Ablaufwerte im Bereich von $10^1/100 \text{ ml} - 10^2/100 \text{ ml}$ gemessen. Clostridien wurden in der Regel mit Konzentrationen $< 10^1/100 \text{ ml}$ aus dem Horizontalfilter emittiert.

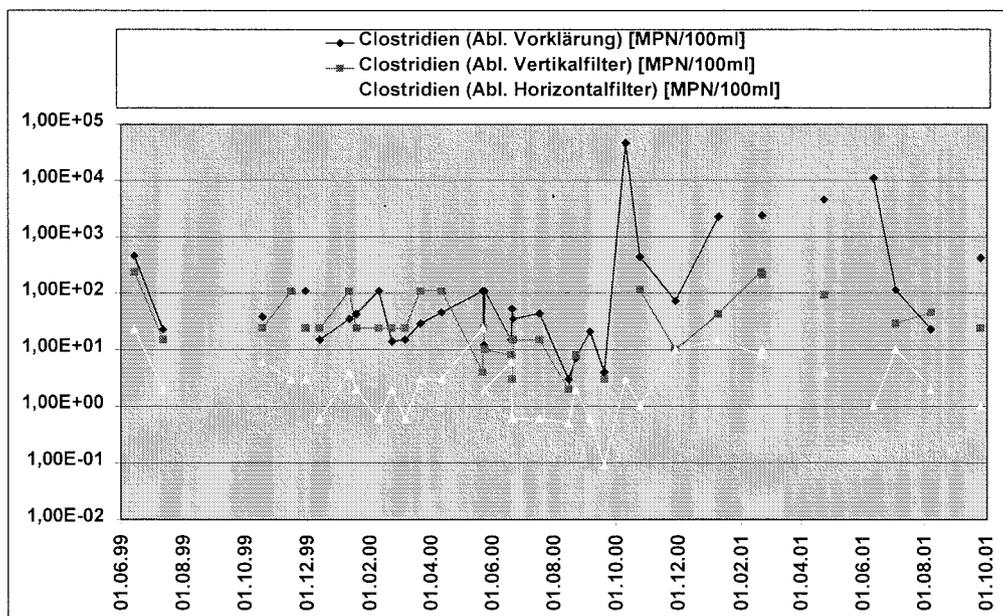


Abb. 5.2.9: Konzentrationen von Clostridien in Abläufen Vorklärung, Vertikal- und Horizontalfilter, Anlage Wiedersberg

Der für Indikatororganismen durch starke Niederschläge und Fremdwasserzuflüsse sowie hieraus resultierend einem zeitweisen Überstau der Vorklärung festgestellte Verdünnungseffekt lässt sich für Clostridien nicht erkennen. Dies könnte auf eine längere Überlebensfähigkeit dieser Mikroorganismen zurückzuführen sein.

5.2.2 Mikrobiologische Elimination und Betriebsbedingungen

Im Untersuchungszeitraum wurde die Anlage Wiedersberg mehrfach bei verschiedenen Betriebsbedingungen beprobt. Neben verschiedenen meteorologischen Einflüssen wurden insbesondere die Auswirkungen von unterschiedlichen hydraulischen Belastungen der Bodenfilter auf die mikrobiologische Elimination ausgewertet.

5.2.2.1 Vertikalfilter

Abwassertemperatur

Der Einfluss der Abwassertemperatur auf die Elimination von *E. coli* wird in Abb. 5.2.10, dargestellt, für Enterokokken (Anhang 4, Abb. 5.2.15) treten gleiche Tendenzen auf. Bei dieser Bewertung sind auch die Einflüsse der niedrigen Zulaufkonzentrationen (opake Felder: Zulaufkonzentration im Bereich $10^3/100$ ml) zu berücksichtigen. Die Abwassertemperaturen zeigten einen ausgeprägten Sommer-Winter-Zyklus mit maximalen Werten von 15 bis 18 °C (Juni – September) und minimalen Befunden im Januar bis März von 2 bis 3 °C.

Zu Beginn der Untersuchungsperiode (Sommer 1999 – Mai 2000) folgte die Eliminationsleistung des Vertikalfilters dem Verlauf der Abwassertemperatur, die Retention von Mikroorganismen ging mit sinkender Abwassertemperatur zurück. Der Anstieg der Eliminationsleistung für *E. coli* Ende November 1999 ist in Korrelation zu hohen Filterzulaufkonzentrationen ($10^7/100$ ml) zu diesem Zeitpunkt zu sehen (vgl. Abb. 5.2.3).

Im Sommer 2000 erfolgten Einbrüche der Reduktion dieser Mikroorganismen (opake Felder Abb. 5.2.10), da die Zulaufkonzentrationen für *E. coli* und Enterokokken im Bereich von $10^3/100$ ml lagen.

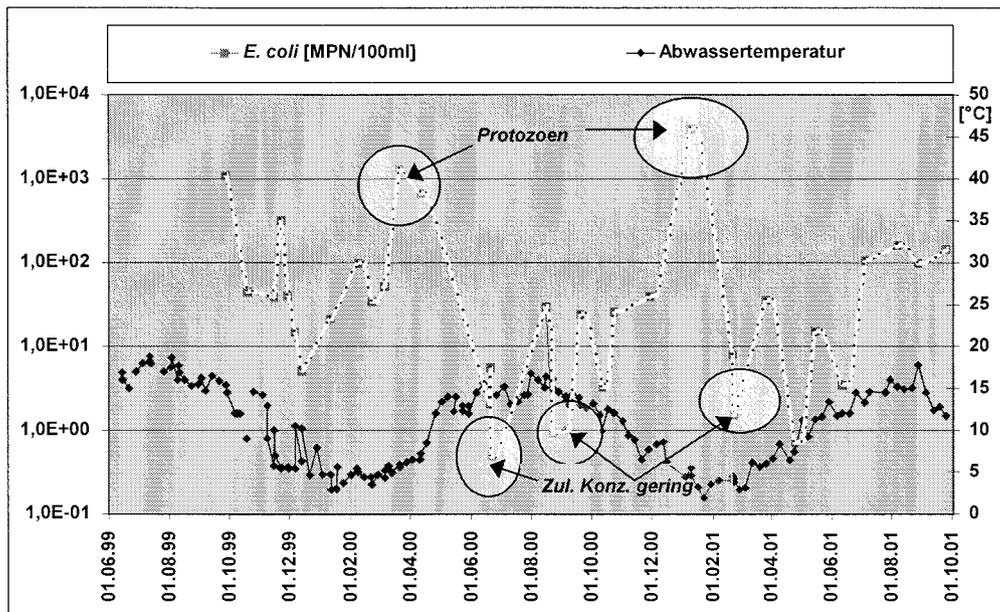


Abb. 5.2.10: Elimination von *E. coli* im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter Anlage Wiedersberg

In beiden Winterperioden 2000 und 2001 war im Januar/Februar dagegen ein Anstieg der Reduktionsleistung festzustellen (Abb. 5. 2.10). Bei in etwa gleichen Zulaufkonzentrationen ergaben sich Eliminationsraten von 2 - 3 Zehnerpotenzen. Möglicherweise spielten hier biologische Adaptionprozesse von anderen Mikroorganismen, wie Protozoen, an die niedrige Abwassertemperatur eine Rolle, die durch das massenhafte Auftreten von Vorticella-Arten (Bakterienfresser) in den Drainage- und Ablaufrohren des Vertikalfilters zu erklären sind. Dies führte teilweise bis zum Verstopfen der Drainageröhre. Diese Protozoen sind Bakterienfresser und könnten die geringen Konzentrationen an *E. coli* im Ablauf des Vertikalfilters hervorrufen. Außerdem könnte die niedrige Temperatur direkt einen Einfluss auf die Kultivierung von *E. coli* haben. Ab April 2001 folgt die Eliminationsleistung tendenziell wieder der Abwassertemperatur.

Die Reduktionsleistung des Vertikalfilters für Campylobacter/Arcobacter von maximal 3 bis minimal 1 Zehnerpotenz folgte mit 4monatiger Verzögerung und im Vergleich zu den Werten der Indikatoren unter starken Schwankungen dem Verlauf der Abwassertemperatur (Anhang 4, Abb. 5.2.16).

Da die Zulaufkonzentrationen von Clostridien überwiegend $< 10^2/100$ ml waren, und die Ablaufkonzentrationen im gleichen Niveau lagen, ist keine Temperaturabhängigkeit der Reduktion zu beobachten.

Hydraulische Belastung

Die durchschnittliche hydraulische Belastung des Vertikalfilters schwankte zwischen 50 und 100 mm/d, unter diesen Bedingungen konnte in der Regel für *E. coli* eine Elimination von 1 – 2 Zehnerpotenzen festgestellt werden (Abb.5.2.11).

Einflüsse erhöhter hydraulischer Belastungen auf die Elimination von *E. coli* im Vertikalfilter wurden ab Oktober 2000 bei Beschickungshöhen von 167 mm/d sichtbar. Die Eliminationsrate für *E. coli* betrug trotz einer Zulaufkonzentration von $7,9 \times 10^5/100$ ml nur $3,3 \times 10^0$, bei nachfolgender geringer hydraulischer Belastung mit 50 mm/d konnte ein Anstieg der Eliminationsrate auf $2,6 \times 10^1$ festgestellt werden. In der ab Februar 2001 beginnenden Phase hoher hydraulischer Belastung (bis 140 mm/d) verringerten sich die Eliminationsraten sichtbar, und stiegen erst in der ab Juni beginnenden Phase geringerer hydraulischer Belastung (< 100 mm/d) auf Eliminationsraten im Bereich von 10^2 an.

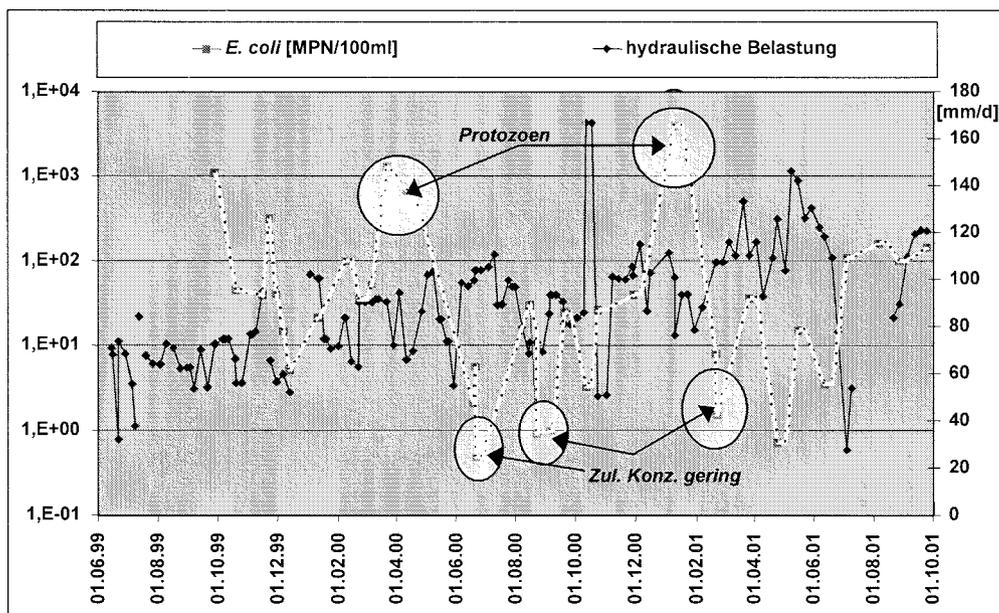


Abb. 5.2.11: Elimination von *E. coli* im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter Anlage Wiedersberg

Die Verringerung der Elimination von Enterokokken (Anhang 4, Abb. 5.2.17) fiel bei kurzzeitig erhöhter hydraulischer Belastung ähnlich aus wie für *E. coli* beschrieben. Bei über längeren Zeitraum erhöhter hydraulischer Belastung (Februar – Juni 01) ergab sich analog zu dem für *E. coli* beschriebenen Effekt eine Verminderung der Reduktionsleistung.

Auch die Reduktion von Campylobacter/Arcobacter steht in Abhängigkeit zur hydraulischen Belastung des Vertikalfilters (Abb. 5.2.12). Im Zeitraum Oktober 1999 bis Oktober 2000 schwankte die Eliminationsleistung zwischen 10^1 – 10^3 MPN/100 ml mit einem ausgeprägten Abfallen der Eliminationsleistung (10^1 MPN/100 ml) im Frühjahr 2000 (Überlauf Vorklärung, Niederschlag). In der Phase dauerhaft erhöhter hydraulischer Belastung im Winter und Frühjahr 2001 (100 bis 140 mm/d) ging die Reduktionsleistung des Vertikalfilters zurück. Die nachfolgenden niedrigen hydraulischen Belastungen führten zu einem Anstieg der Eliminationsleistung des Vertikalfilters auf 6×10^2 MPN/100 ml und entsprachen dem vorhergehenden Leistungsbild.

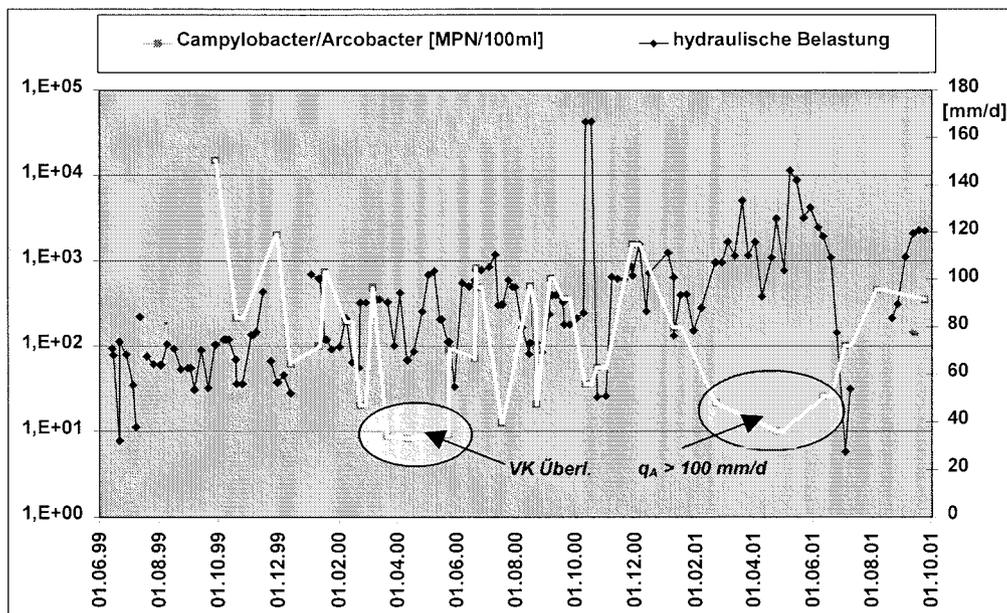


Abb. 5.2.12: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter Anlage Wiedersberg

Die Elimination von Clostridien bei hoher hydraulischer Belastung nahm einen im Vergleich zur Elimination der bisher beschriebenen Mikroorganismen gegensätzlichen Verlauf (Anhang 4, Abb. 5.2.18). Zu Zeiten hoher hydraulischer Belastung

des Vertikalfilters wurden die höchsten Reduktionsraten erzielt. Dies steht im Zusammenhang mit den ab Oktober 2000 gegenüber dem Beginn der Untersuchungsperiode erhöhten Zulaufkonzentrationen des Vertikalfilters (vgl. Abb. 5.1.9). Der Zusammenhang zwischen Zulaufkonzentration und Eliminationsleistung wird von einer Eliminationsminderung bei hydraulischen Belastungen > 100 mm/d nicht überprägt.

Ein Einfluss der **Rückführung** des im Vertikalfilter behandelten Abwassers zur Verbesserung der Denitrifikation in die Vorklärung auf die mikrobiologische Eliminationsleistung konnte nicht festgestellt werden. Auswirkungen von Verdünnungseffekten auf das sich in der Vorklärung befindliche Abwasser ist zu gering, um im Bodenfilter wirksam werden zu können. Werden z.B. bei einem Rücklaufverhältnis von 1: 2 zwei Teile Wasser aus dem Ablauf des Vertikalfilters mit einer *E. coli* Konzentration von $4,3 \times 10^4/100$ ml (Mittelwert) mit einem Teil Ablauf Vorklärung (durchschnittliche Konzentration $1,5 \times 10^6/100$ ml) gemischt, so ergibt sich eine gegenüber dem Ablauf der Vorklärung nur eine um 0,5 Zehnerpotenzen verminderte Konzentration von $5,3 \times 10^5/100$ ml.

Abwassertemperatur/hydraulische Belastung

Zusammenhänge von Einflüssen **verschiedener kritischer Betriebsbedingungen** wie Abwassertemperatur und hydraulische Belastungen wurden im Vergleich zur Gesamtelimination der Mikroorganismen geprüft und für den Vertikalfilter Wiedersberg in Tabelle 5.1 gegenübergestellt. Danach erhöhten sich bei Vernachlässigung von Abwassertemperaturen < 5 °C die Retentionen durch den Vertikalfilter um maximal 0,15 Zehnerpotenzen für *E. coli*, coliforme Bakterien, Enterokokken, Coliphagen und Campylobacter/Arcobacter. Bei Ausschluss hydraulischer Belastungen > 100 mm/d für die zuvor genannten Mikroorganismen waren die Mittelwerte auch nur um maximal 0,2 Zehnerpotenzen erhöht. Ohne Berücksichtigung sowohl der Abwassertemperatur als auch der hydraulischen Belastung errechneten sich mittlere Eliminationswerte, die maximal 0,5 Zehnerpotenzen über der Gesamtelimination lagen. Die im allgemeinen nur geringen Erhöhungen von 0,1 bis 0,5 Zehnerpotenzen sind durch die nur wenigen Messbefunde bei kritischen Betriebszuständen erklärbar.

Tab. 5.1: Vergleich der Elimination der Mikroorganismen (Mittelwerte) im Vertikalfilter der Anlage Wiedersberg bei verschiedenen Betriebszuständen

Parameter	Elimination (Mittelwerte)			
	Betriebszustände			
	Gesamt	ohne T < 5°C	ohne hydr. Bel. > 100 mm/d	ohne T < 5°C, sowie hydr. Bel. > 100 mm/d
<i>E. coli</i>	3,72E+03	4,48E+03	5,81E+03	6,82E+03
coliforme Bakterien	1,10E+04	1,31E+04	1,52E+04	1,85E+04
Enterokokken	1,11E+03	1,33E+03	1,68E+03	1,97E+03
Coliphagen	5,28E+02	6,37E+02	8,79E+02	9,47E+02
Campylobacter/ Arcobacter	7,63E+02	9,08E+02	9,53E+02	1,14E+03

5.2.2.2 Horizontalfilter

Abwassertemperatur

Im Horizontalfilter besteht ebenfalls die für den Vertikalfilter beschriebene Abhängigkeit zwischen der Abwassertemperatur und der Eliminationsleistung des Filters. Es werden jedoch bei den hier überwiegend niedrigen Zulaufkonzentrationen von *E. coli* und Enterokokken Einflüsse der Abwassertemperatur nicht so deutlich erkennbar (Anhang 4, Abb. 5.2.19, Abb. 5.2.20). Nur bei den im Mittel mit den höchsten Konzentrationen dem Horizontalfilter zugeführten Campylobacter/Arcobacter zeigt sich eine deutliche Abhängigkeit zwischen der Abwassertemperatur und der Eliminationsleistung des Bodenfilters (Abb. 5.2.13). Danach sind in den jeweiligen Sommerhalbjahren die Eliminationen von 4 bis 6 Zehnerpotenzen gegenüber den Winterhalbjahren mit 2 bis 3 Zehnerpotenzen doppelt so hoch. Durch die Zuführung von Abwasser aus der Vorklärung direkt in den Horizontalfilter im September 2001 wird dieser relativ einheitliche Verlauf unterbrochen (opakes Feld, September 2001).

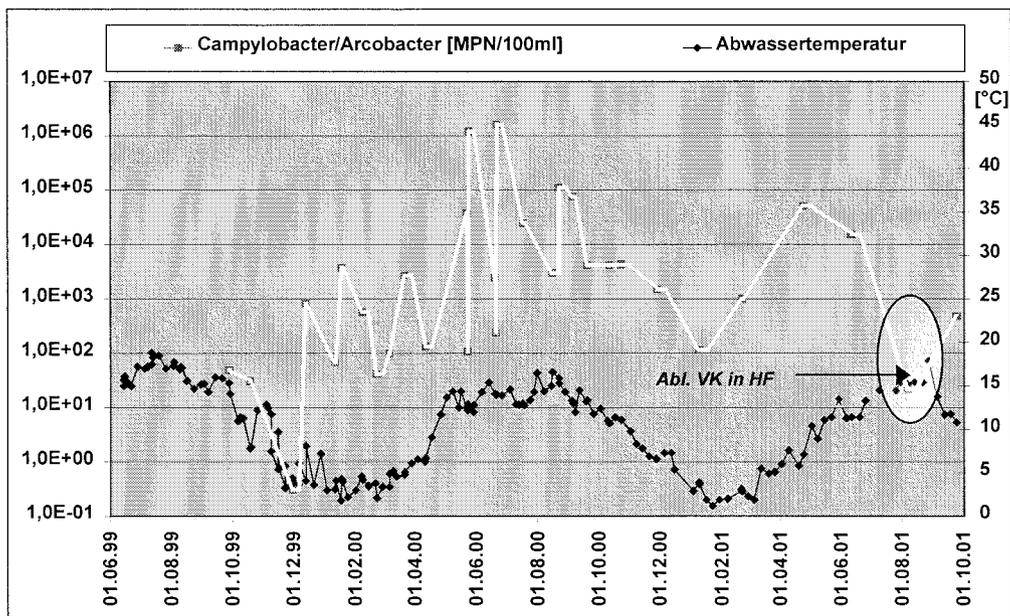


Abb. 5.2.13: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur Abwassertemperatur, Horizontalfilter Anlage Wiedersberg

Hydraulische Belastung

Ein Einfluss von Veränderungen der hydraulischen Belastung des Horizontalfilters auf die Elimination von Mikroorganismen ist – wenn auch nicht so deutlich wie im Vertikalfilter - feststellbar. Die Betriebsphasen mit häufig wechselnder Beschickungshöhen von 30 bis 90 mm/d im Zeitraum von Sommer 1999 bis Mitte 2000 zeigten für *E. coli* (Anhang 4, Abb. 5.2.21), Enterokokken (Abb. 5.2.14) und Campylobacter/Arcobacter (Anhang 4, Abb. 5.2.22) häufig wechselnde Eliminationsraten ($10^1 - 10^3$ /100 ml). In der darauffolgenden Messphase lagen bei geringeren Beschickungsmengen (durchschnittlich 20 bis 30 mm/d) die Eliminationen zumindest für Enterokokken und Campylobacter/Arcobacter um 1 Zehnerpotenz höher.

Für den Horizontalfilter wurde im Herbst 2001 trotz gleichbleibender Flächenbelastung ein deutlicher Leistungseinbruch beobachtet, der durch direkte Zuführung von Abwasser aus der Vorklärung verursacht wurde. Die höheren mikrobiologischen Zulaufkonzentrationen wurden vom Horizontalfilter nicht vermindert, da er möglicherweise eine längere Adaptionszeit für ausreichende Eliminationen benötigt.

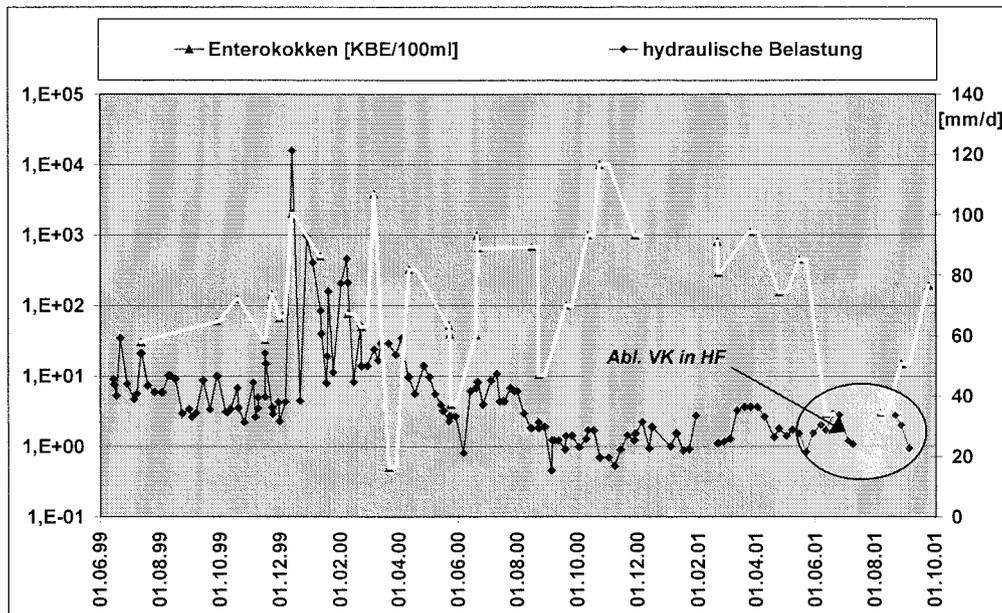


Abb. 5.2.14: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Horizontalfilter Anlage Wiedersberg

5.2.3 Sonstige Parameter

Coliphagen

Coliphagen wurden im Ablauf der Vorklärung in Konzentrationen von $1,7 \times 10^3$ pfu/100ml bis $6,9 \times 10^5$ pfu/100ml nachgewiesen. Im Vertikalfilter wurde die Belastung auf Bereiche von 1 pfu/100 ml bis $4,9 \times 10^3$ pfu/100ml reduziert.

Im Ablauf des Horizontalfilters wurden in 85 % der Proben keine Coliphagen nachgewiesen; lediglich in 6 Proben wurden positive Befunde erhoben (Maximalwert $3,7 \times 10^3$ Coliphagen in 100 ml).

Wie die Ergebnisse zeigten, eliminieren die beiden Bodenfilter die Abwasserbelastung durch Coliphagen im Mittel um 3 Zehnerpotenzen von ca. 10^5 pfu/100 ml auf ca. 10^2 pfu/100 ml (Abb. 5.1.1).

Salmonellen

Im Ergebnis der Untersuchungen an der Anlage Wiedersberg zeigte sich, dass lediglich im Ablauf der Vorklärung dreimal positive Befunde für Salmonellen nachgewiesen wurden.

Es ist anzunehmen, dass aufgrund des kleinen Einzugsgebietes der Gemeinde Wiedersberg (ca. 100 Einwohner) die Möglichkeit des Eintrages von Salmonellen durch Erkrankte oder Dauerausscheider ins Abwasser wesentlich geringer ist als bei größeren Einzugsgebieten, wo häufiger Salmonellen und dann auch in größeren Konzentrationen (bis $10^4/100\text{ml}$) nachgewiesen werden.

E. coli O 157

Innerhalb der hier durchgeführten Untersuchungen konnten weder im Ablauf der Vorklärung noch in den Abläufen des Horizontal- und Vertikalfilters *E. coli* O 157 nachgewiesen werden.

Yersinien

In der Anlage Wiedersberg wurden pathogene Serovare weder im Ablauf der Vorklärung noch in den Abläufen der Bodenfilter nachgewiesen.

Der Nachweis apathogener *Yersinia*-Arten gelang im Ablauf der Vorklärung in Konzentrationsbereichen von $0,3/100\text{ ml}$ bis $1,1 \times 10^5/100\text{ ml}$. Es wurden folgende Arten typisiert: *Y. enterocolitica* Biovar 1A, *Y. frederiksenii*, *Y. intermedia* und *Y. rohdei*. Diese nichtpathogenen Formen sind ubiquitär in der Umwelt verbreitet.

Im Ablauf des Vertikalfilters wurden *Y. enterocolitica* Biovar 1A, *Y. frederiksenii*, *Y. rohdei* und *Y. mollaretii* in Konzentrationsbereichen von $0,3/100\text{ ml}$ bis $1,1 \times 10^4/100\text{ ml}$ nachgewiesen.

Im Ablauf des Horizontalfilters waren *Y. frederiksenii*, *Y. intermedia* und *Y. mollaretii* nachweisbar. Die Konzentrationen betragen maximal $1/100\text{ ml}$.

Cryptosporidien-Oozysten / Giardien-Zysten

Im Ergebnis der Untersuchungen an der Anlage Wiedersberg konnten Giardien-Zystenkonzentrationen von $1,6 \times 10^2 - 8,7 \times 10^3$ pro 100 l im Ablauf der Vorklärung gefunden werden. Die Werte für Cryptosporidien-Oozysten lagen im Bereich von $8,0 \times 10^0 - 2,3 \times 10^2/100\text{ l}$ deutlich niedriger.

Der Ablauf des Vertikalfilters wurde nur zweimal beprobt. Die Ergebnisse zeigten jedoch gute Eliminationsraten für beide Parasitendauerformen: Giardien-Zysten wurden auf Konzentrationen von 1,5 bzw. 4 Zysten pro 100 l und Cryptosporidien-Oozysten auf 0,8 bzw. 2 Oozysten pro 100 l reduziert.

Im Ablauf des Horizontalfilters wurden keine Cryptosporidien-Oozysten und nur in 18 % der Proben maximal 0,7 Giardien-Zysten in 100 l gefunden.

5.3 Ettenbüttel

5.3.1 Mikrobiologische Befunde

Mittelwerte

Während der Ablauf der Vorklärung / Zulauf Vertikalfilter 1 und 2 Konzentrationen von *E. coli* und coliformen Bakterien in der Größenordnung $10^6 - 10^7/100$ ml aufwies, lagen die Werte für Enterokokken und Coliphagen mit $8,7 \times 10^4$ bzw. $2,6 \times 10^4/100$ ml niedriger (Abb. 5.3.1). In beiden Vertikalfiltern wurden *E. coli* und coliforme Bakterien um zwei Zehnerpotenzen auf Mittelwerte im Bereich von $10^3 - 10^4/100$ ml reduziert. Die Konzentrationen von Enterokokken und Coliphagen wurden um ca. 1,5 Zehnerpotenzen vermindert, ihre Ablaufkonzentrationen lagen im Bereich von $10^3/100$ ml.

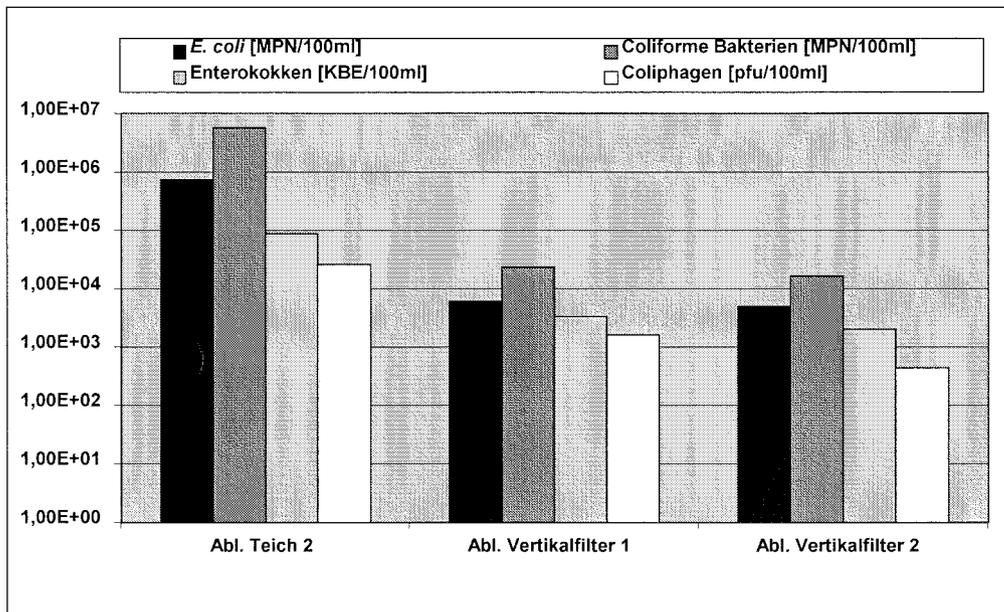


Abb. 5.3.1 Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse Indikatororganismen (Mittelwerte), Anlage Ettenbüttel

Die Elimination potentiell pathogener Mikroorganismen lag auf ähnlichem Niveau. So wurden *Campylobacter/Arcobacter* von $4,3 \times 10^5 /100$ ml im Vertikalfilter 1 auf $5,0 \times 10^3/100$ ml und im Vertikalfilter 2 auf $1,0 \times 10^3/100$ ml reduziert (Abb. 5.3.2). Die Reduktionsrate von *Clostridium perfringens* betrug 1,5 – 2 Zehnerpotenzen in den Vertikalfiltern. Im Ablauf der Vorklärung lag die Konzentration im Mittel bei $9,6 \times 10^3/100$ ml, im Ablauf des Vertikalfilters 1 betrug sie $3,5 \times 10^2/100$ ml, im Ablauf des Vertikalfilters 2 $1,5 \times 10^2/100$ ml. **Cryptosporidien-Oozysten**

und **Giardien-Zysten**, deren Konzentrationen im Zulauf im Mittel $7,7 \times 10^1/100$ l bzw. $2,5 \times 10^3/100$ l betragen, wurden bei der Bodenfilterpassage auf Werte im Bereich von $5,0/100$ l reduziert.

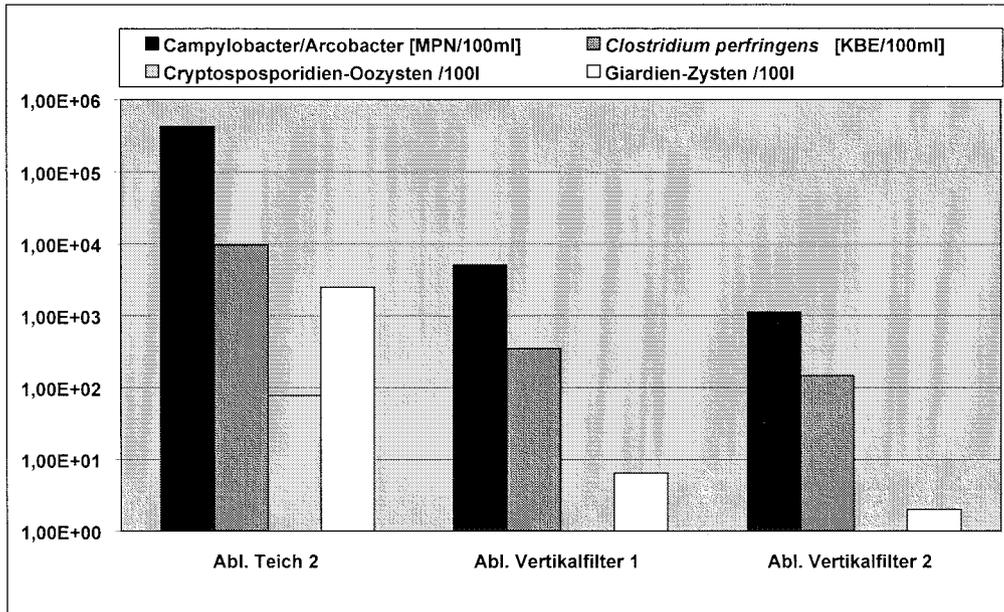


Abb. 5.3.2: Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse pathogene Mikroorganismen (Mittelwerte), Anlage Ettenbüttel

Konzentrationsverhältnisse

Die Konzentrationen im Ablauf der Vorklärung (Teich 2) von *E. coli* und Enterokokken zeigten breite Schwankungen zwischen $2,0 \times 10^3/100$ ml und $1,3 \times 10^7/100$ ml bzw. $1,0 \times 10^2/100$ ml und $6,4 \times 10^5/100$ ml (Abb. 5.3.3, Abb. 5.3.4).

Die Konzentrationswerte von *E. coli* und Enterokokken im Ablauf der Vertikalfilter 1 und 2 waren 1 bis 1,5 Zehnerpotenzen geringer und folgten im wesentlichen dem allgemeinen Trend. Auch die Zulaufkonzentrationen der Enterokokken lagen zu dieser Zeit auf einem hohen Niveau. Starke Schwankungen der Konzentrationen von *E. coli* und Enterokokken in den Abläufen der Vertikalfilter 1 und 2 am Ende der Untersuchungsperiode standen in Zusammenhang mit der hydraulischen Belastung beider Vertikalfilter.

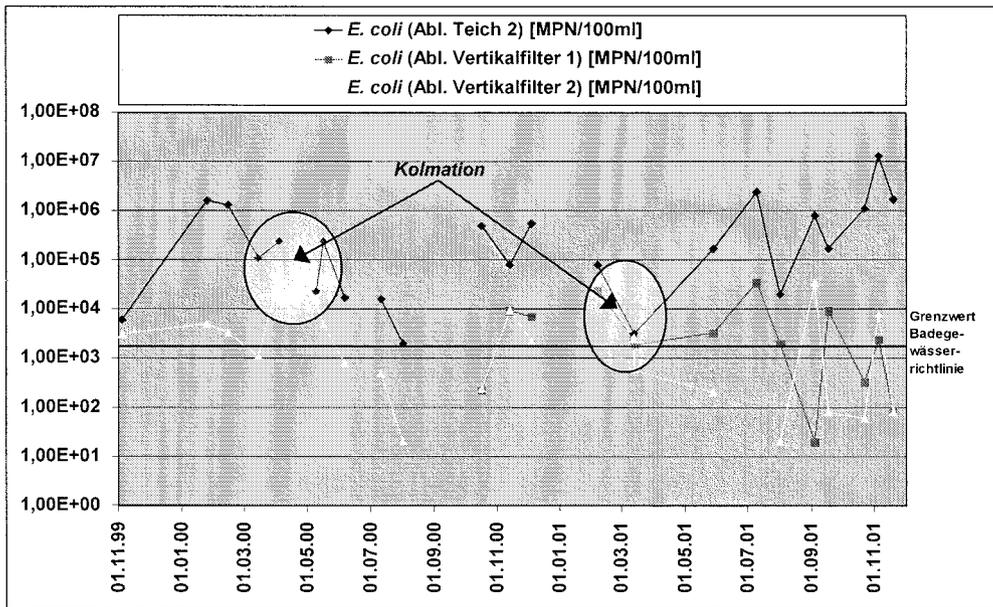


Abb. 5.3.3: Konzentrationen von *E. coli* in Abläufen Vorklärung, Vertikalfilter 1 und Vertikalfilter 2, Anlage Ettenbüttel

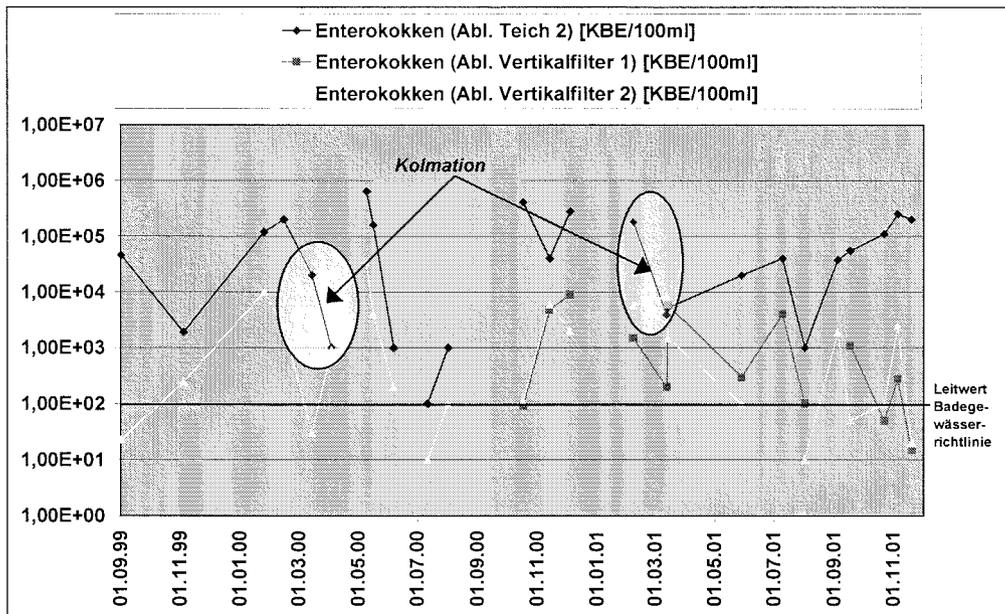


Abb. 5.3.4: Konzentrationen von Enterokokken in Abläufen Vorklärung, Vertikalfilter 1 und Vertikalfilter 2, Anlage Ettenbüttel

Den Zusammenhang zwischen *E. coli*-Konzentration und Abwassertemperatur im Ablauf Teich 2 zeigt Abb. 5.3.5. In Zeiten hoher Abwassertemperaturen wurden niedrige Konzentrationen ($10^3/100\text{ ml} - 10^4/100\text{ ml}$) festgestellt. Die Überlebensdauer in Perioden niedriger Wassertemperatur war hoch und führte zu erhöhten Zulaufkonzentrationen von *E. coli* in den Vertikalfilter. Die höchsten Zulaufkonzentrationen für *E. coli* lagen daher auch im Winterhalbjahr 2000 und 2001 bei $10^6/100\text{ ml}$ bis $10^7/100\text{ ml}$. Auch die Zulaufkonzentrationen der Enterokokken lagen zu dieser Zeit auf einem hohen Niveau.

Etwa die Hälfte der Ablaufwerte beider Vertikalfilter hielt die Grenzwerte der Badegewässerrichtlinie für *E.coli* ein, der Leitwert der Badegewässerrichtlinie für Enterokokken wurde bei ca. einem Drittel der Probenahmen unterschritten.

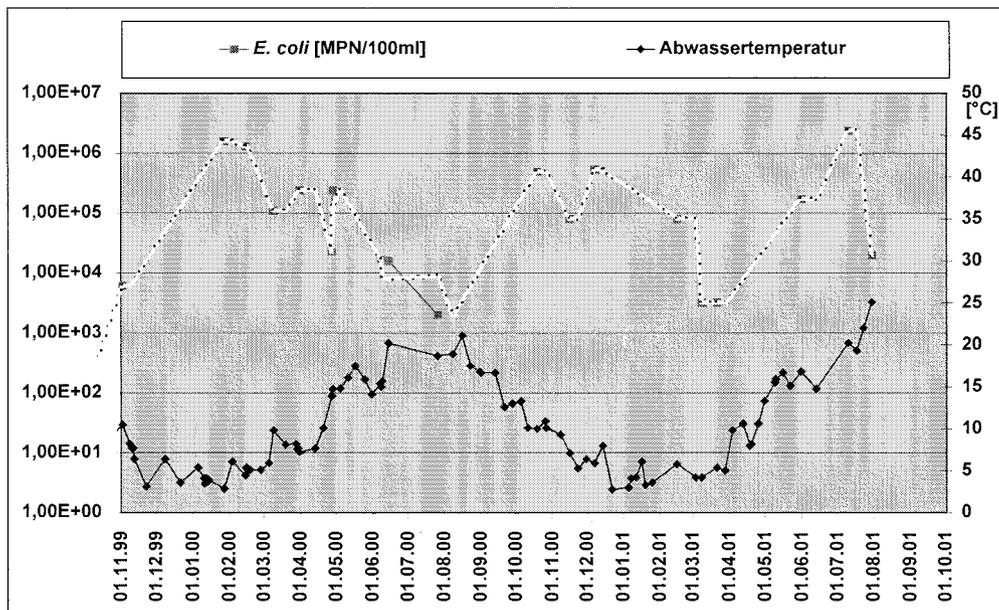


Abb. 5.3.5: Konzentration von *E. coli* im Vergleich zur Abwassertemperatur, Ablauf Teich 2 Anlage Ettenbüttel

In der Anlage Ettenbüttel bestand ebenfalls die für die Anlage Wiedersberg beschriebene positive Korrelation zwischen der Zulaufkonzentration und der Eliminationsleistung der Bodenfilter. Für *E. coli* bzw. Enterokokken ergaben sich Bestimmtheitsmaße von $R^2 = 0,68$ (Abb. 5.3.6) und $R^2 = 0,66$ (Vertikalfilter 1) (Anhang 4, Abb. 5.3.14) und $R^2 = 0,51$ und $R^2 = 0,43$ (Vertikalfilter 2), die im wesentlichen denen der Anlage Wiedersberg entsprachen.

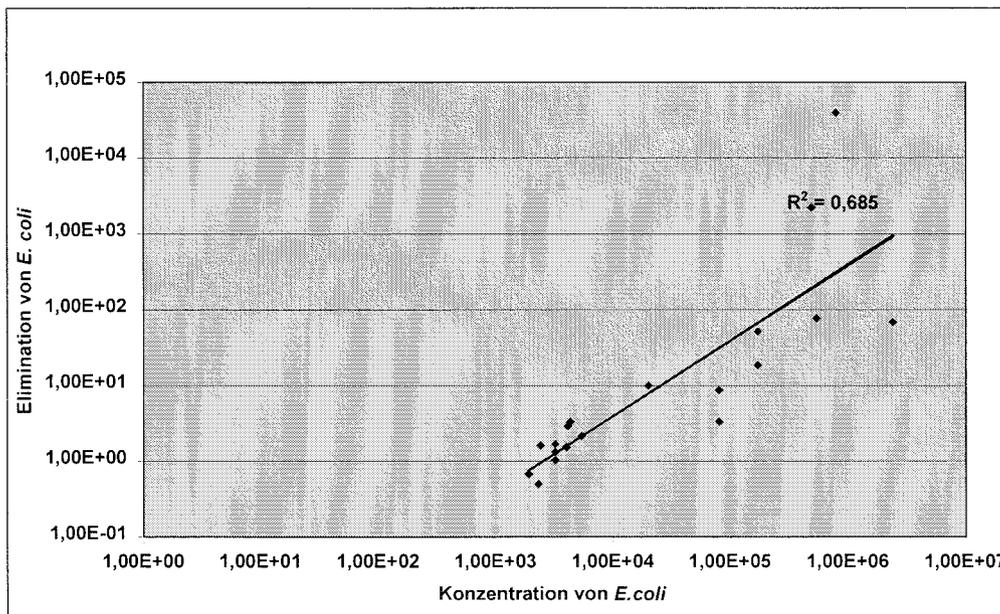


Abb. 5.3.6: Elimination von *E. coli* im Vergleich zur Zulaufkonzentration, Vertikalfilter 1 Anlage Ettenbüttel

Die niedrigsten Retentionsraten von *E. coli* und Enterokokken wurden während vermutlicher Kolmationsphasen der Vertikalfilter im April – Mai 2000 und Januar – März 2001 ermittelt (Abb. 5.3.3 und Abb. 5.3.4., opake Felder).

Die Zulaufkonzentrationen von **Campylobacter/Arcobacter** streuten sehr breit und lagen im Untersuchungszeitraum zwischen $9,2 \times 10^1/100$ ml – $4,6 \times 10^6/100$ ml, die Abläufe der Vertikalfilter zwischen $2,0 \times 10^0/100$ ml - $4,6 \times 10^3/100$ ml (Abb. 5.3.7). Bei niedrigen Zulaufkonzentrationen ergaben sich nur geringe Reduktionen in den Vertikalfiltern.

Für **Clostridien** betragen die Zulaufkonzentrationen $2,4 \times 10^1/100$ ml – $2,4 \times 10^4/100$ ml, im Ablauf $2,0 \times 10^0/100$ ml – $4,6 \times 10^3/100$ ml (Anhang 4, Abb. 5.3.15). Die Ablaufkonzentrationen von Clostridien lagen zeitweise innerhalb der Streubreite der Zulaufkonzentrationen, insbesondere bei geringen Zulaufkonzentrationen ($< 10^2/100$ ml). Dies hängt möglicherweise mit den generell längeren Überlebenszeiten von Clostridiensporen in der Umwelt zusammen.

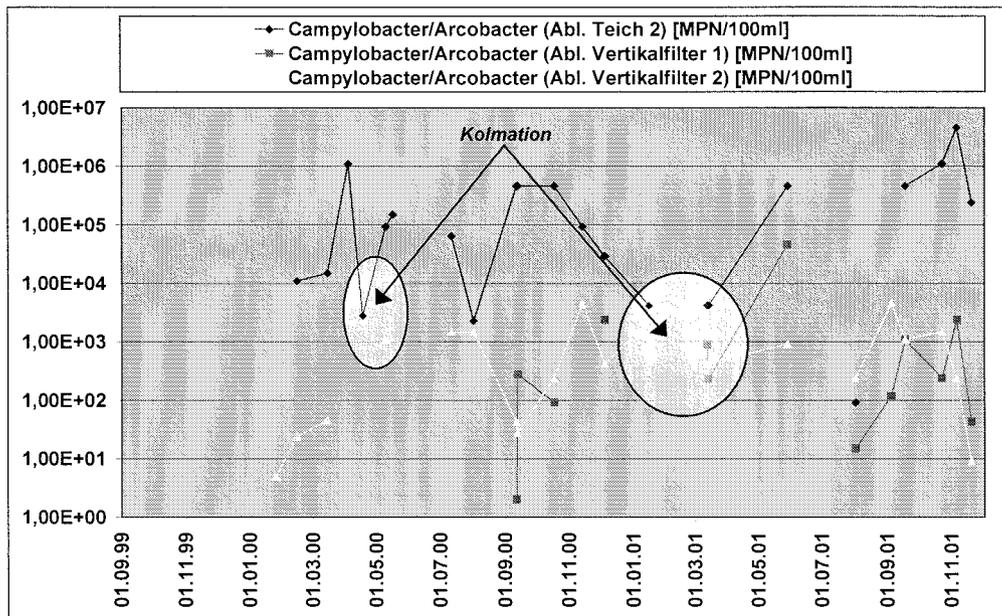


Abb. 5.3.7: Konzentrationen von Campylobacter/Arcobacter in Abläufen Vorklärung, Vertikalfilter 1 und Vertikalfilter 2, Anlage Ettenbüttel

5.3.2 Mikrobiologische Elimination und Betriebsbedingungen

5.3.2.1 Vertikalfilter 1

Abwassertemperatur

Die aus einem Jahreszyklus (September 2000 bis November 2001) abgeleiteten Eliminationsraten von *E. coli*, Enterokokken, Campylobacter/Arcobacter und Clostridien betragen zwischen minimal $10^0/100$ ml bis maximal $10^5/100$ ml. Vergleicht man den Eliminationsverlauf mit den Abwassertemperaturen, so sind die höchsten Eliminationsraten in den Sommermonaten, die geringsten im Winterhalbjahr festzustellen (Abb. 5.3.8, Abb. 5.3.9) (Anhang 4, Abb. 5.3.16, 5.3.17). Daraus lässt sich eine Leistungsdifferenz von ca. 1 Zehnerpotenz ableiten. Für Clostridien ist der Zusammenhang zwischen Eliminationsleistung und Abwassertemperatur - ebenso wie in der Anlage Wiedersberg - nicht nachweisbar. Zusätzlich werden diese Eliminationswerte von anderen Faktoren wie Kolmationsphasen und besonders niedrigen bzw. hohen Zulaufkonzentrationen überprägt.

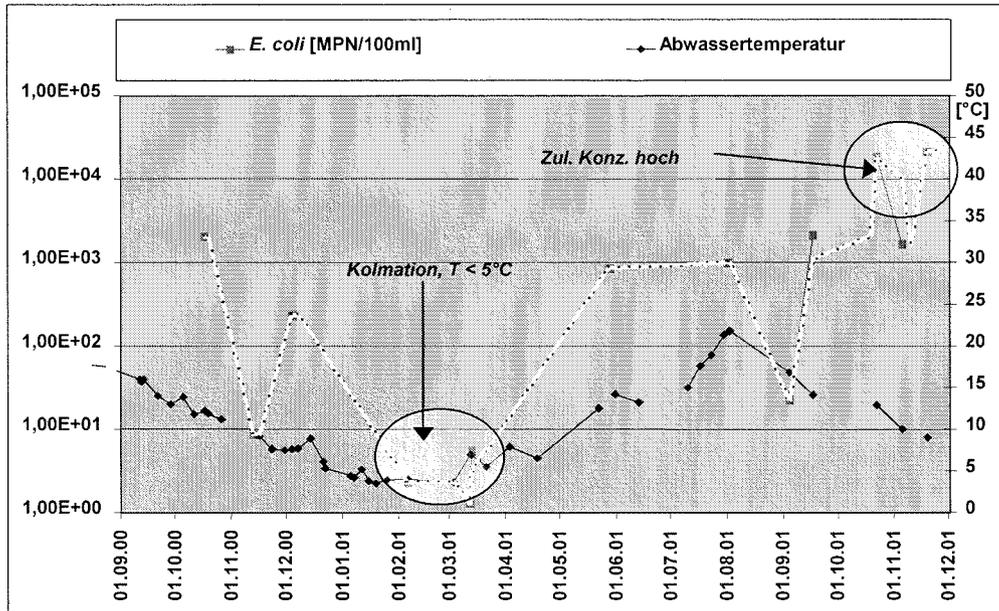


Abb. 5.3.8: Elimination von *E.coli* im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter 1 Anlage Ettenbüttel

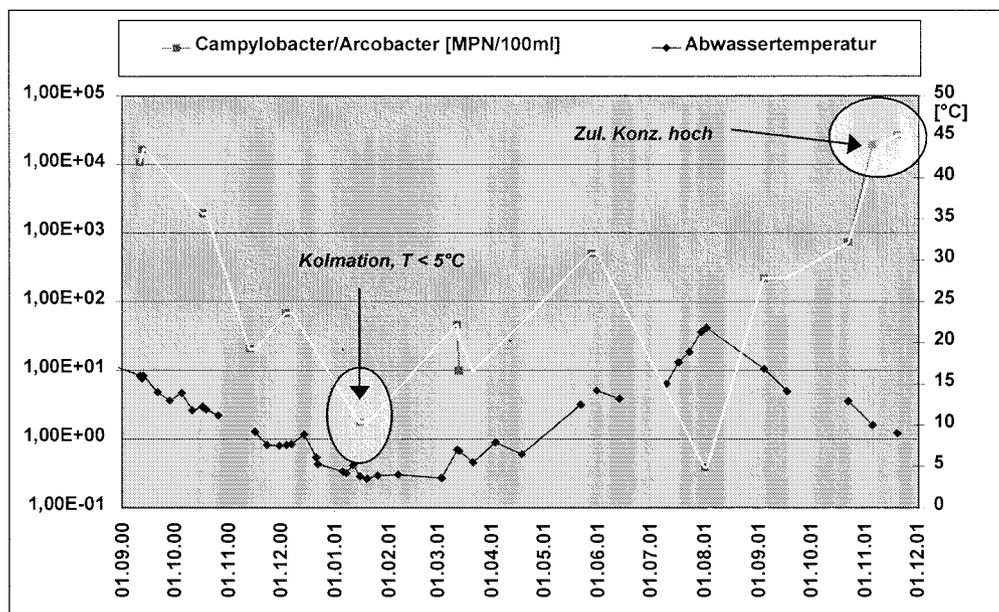


Abb. 5.3.9: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter 1 Anlage Ettenbüttel

Die hohe Eliminationsleistung im Winter 1999/2000 ist im Zusammenhang mit den zu dieser Periode hohen Zulaufkonzentrationen von *E. coli*, Enterokokken und Campylobacter/Arcobacter zu sehen (vgl. Abb. 5.3.3, 5.3.7). Die auch gegen

Ende der Untersuchungsperiode (Herbst 2001) hohen Reduktionen stehen unter Einfluss der zu diesem Zeitpunkt hohen Zulaufkonzentrationen sowie sehr starken Schwankungen der hydraulischen Belastung der Vertikalfilter.

Hydraulische Belastung

Die Eliminationsraten von *E. coli* im Vergleich zur hydraulischen Belastung werden für Vertikalfilter 1 in Abb. 5.3.10 dargestellt. Bei mittleren (80 mm/d) und höheren (120 mm/d) Belastungen konnten keine Leistungseinbußen festgestellt werden. Die vorliegende Datendichte erfasst offenbar nicht alle Kolmationseinflüsse sowie die beschriebenen Zusammenhänge zwischen Zulaufkonzentration und Elimination.

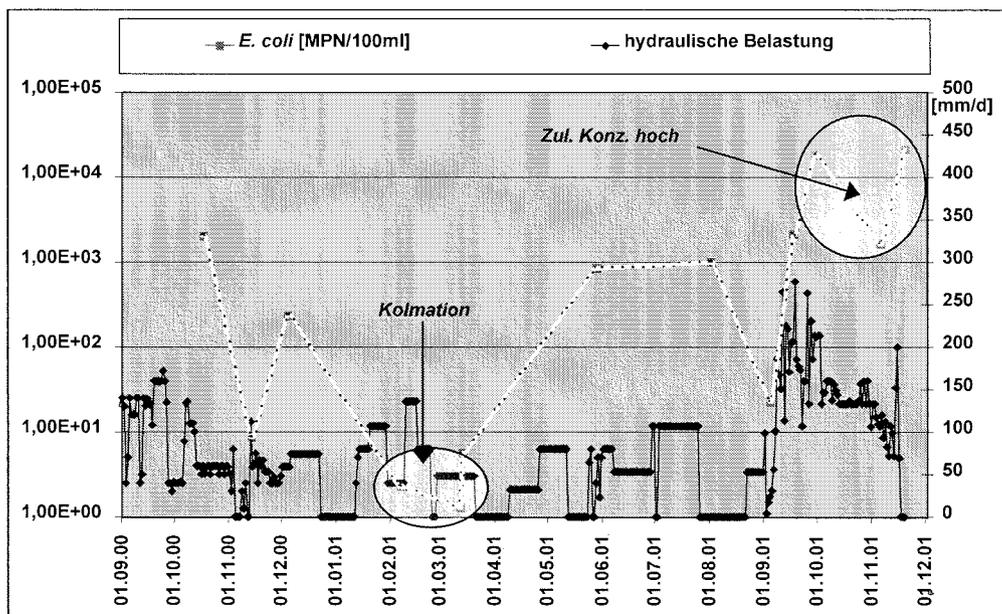


Abb. 5.3.10: Elimination von *E. coli* im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter 1 Anlage Ettenbüttel

Im Ablauf von Vertikalfilter 1 wurden im Herbst 2001 hohe Eliminationsraten trotz hoher hydraulischer Belastung gemessen. Die hydraulische Belastung mit Werten bis 293 mm/d führte zu keinem Einbruch der Eliminationsleistung, da in dieser Phase die z.T. sehr hohen Eliminationsraten (bis zu 4 Zehnerpotenzen) im Zusammenhang mit hohen Zulaufkonzentrationen von *E. coli* standen.

Für Enterokokken und Campylobacter/Arcobacter ergab sich ein tendenziell gleiches Bild (Anhang 4, Abb. 5.3.18, 5.3.19).

5.3.2.2 Vertikalfilter 2

Abwassertemperatur

Für Vertikalfilter 2 liegen aus 2 Jahreszyklen Daten zur mikrobiologischen Elimination und deren betriebstechnischer Zusammenhänge vor. Für *E. coli*, Enterokokken und Campylobacter/Arcobacter lagen die Eliminationswerte ebenso wie für Vertikalfilter 1 zwischen $10^0/100$ ml und $10^5/100$ ml (Abb. 5.3.11, 5.3.12, Anhang 4, Abb. 5.3.20).

Der Eliminationsverlauf im Vergleich mit der Abwassertemperatur entsprach dem bereits zuvor beschriebenen. Die Verminderung der Eliminationsleistung folgt geringeren Abwassertemperaturen, gegenläufige Entwicklungen sind durch Kolmationseffekte (Winter/Frühjahr 2000, 2001) und Überprägungen durch konzentrationsbedingte Eliminationsraten bedingt.

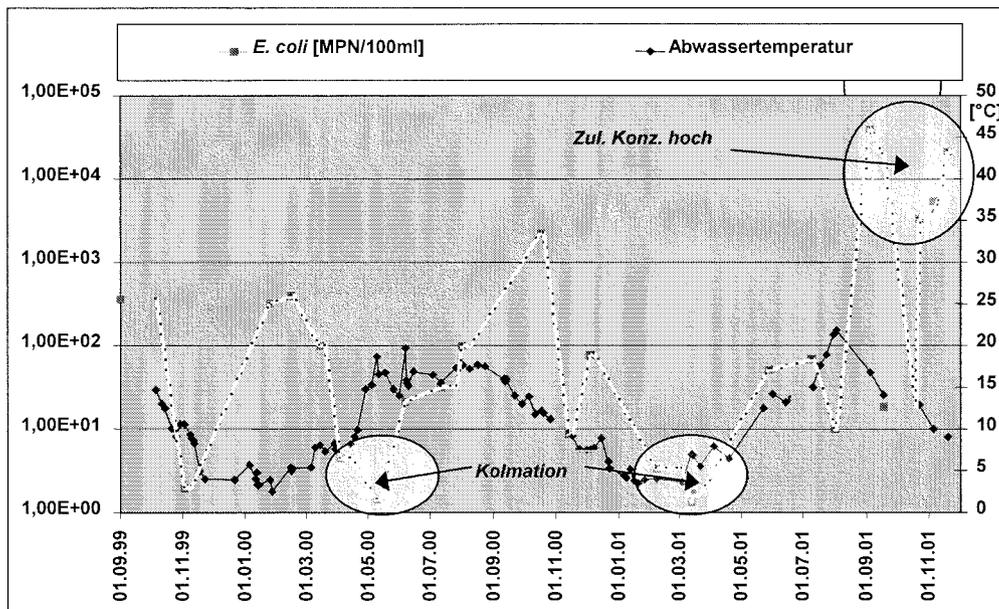


Abb. 5.3.11: Elimination von *E. coli* im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter 2 Anlage Ettenbüttel

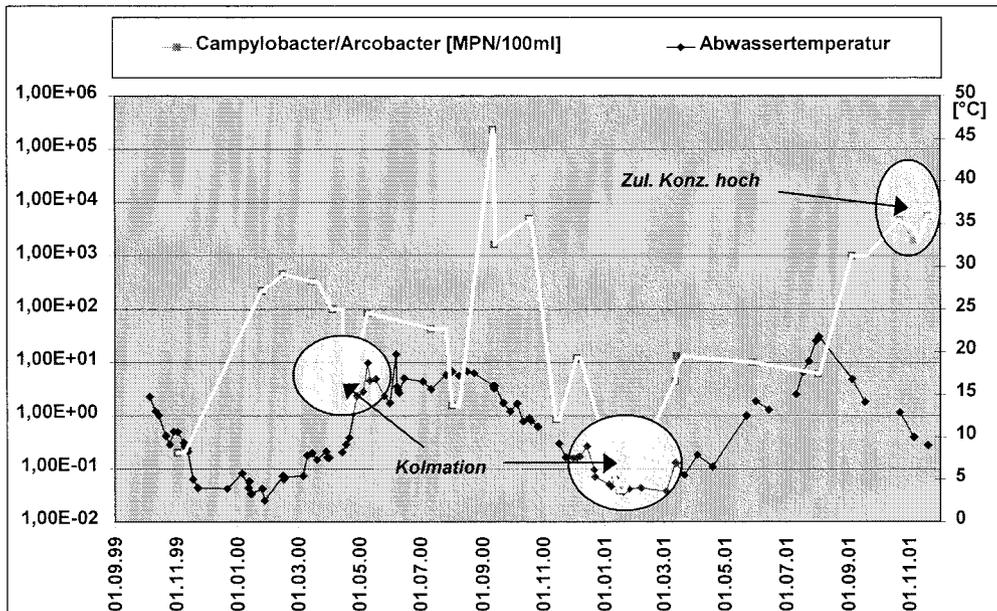


Abb. 5.3.12: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter 2 Anlage Ettenbüttel

Hydraulische Belastung

Inwieweit Zusammenhänge zwischen Eliminationsraten und hydraulischer Belastung bestehen, wurde durch die Auswertungen für *E. coli* (Anhang 4, Abb. 5.3.21), Enterokokken und Campylobacter/Arcobacter (Anhang 4, Abb. 5.3.22) geprüft. Am Beispiel der Abb. 5.3.13 wird für Enterokokken gezeigt, dass bei mittleren hydraulischen Belastungen von 80 mm/d, auch bei höheren mehrwöchentlichen Auflagen von bis zu 120 mm/d keine Abhängigkeiten festgestellt werden konnten. Die Eliminationswerte lagen zwischen 1,5 bis 2 Zehnerpotenzen. Auch kurzzeitige hydraulische Stöße bis zu 200 mm/d beeinflussen das Leistungsbild nicht negativ. Die hohen hydraulischen Belastungen im Herbst 2001 (bis 293 mm/d) bewirken ebenso wie die bereits im Herbst 2000 (bis 160 mm/d) keine Eliminationsverminderung. Die höheren Eliminationsleistungen standen im Zusammenhang mit den extrem hohen Zulaufkonzentrationen.

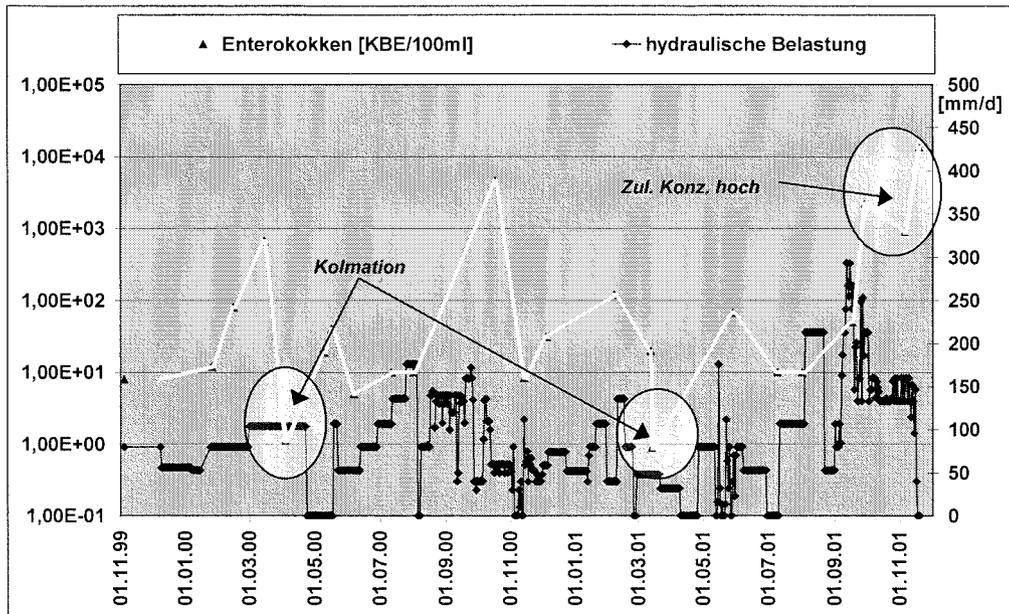


Abb. 5.3.13: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter 2 Anlage Ettenbüttel

5.3.3 Sonstige Parameter

Coliphagen

Zu Beginn der Untersuchungen an der Anlage Ettenbüttel wurde zusätzlich zum Ablauf des Teiches 2 der Zulauf zu Teich 1 beprobt (September 1999 bis November 2000). Hier konnten Konzentrationsbereiche von $1,5 \times 10^3$ pfu/100 ml bis $2,9 \times 10^5$ pfu/100 ml für Coliphagen ermittelt werden. Im Verlauf der weiteren Untersuchungen (September 1999 bis November 2001) ergaben sich für den Ablauf des Teiches 2 mit Konzentrationsbereichen von $3,0 \times 10^2$ pfu/100 ml bis $2,5 \times 10^5$ pfu/100 ml ähnliche Werte.

Alle Ergebnisse der Untersuchungen der Vertikalfilter ergaben Ablaufwerte bis maximal $1,7 \times 10^4$ pfu/100 ml. Im Mittel reduzierten die bewachsenen Bodenfilter die Coliphagenbelastung von ca. 10^4 pfu/100 ml auf Werte von ca. 10^2 pfu/100 ml (s. Abb. 5.2.1).

Salmonellen

Für Salmonellen wurden nur zweimal positive Befunde, im Zulauf zu Teich 1 und Ablauf des Teiches 2, gefunden. Alle anderen Untersuchungen brachten negative Ergebnisse.

E. coli O 157

Die Untersuchungen der Wasserproben aller Probenahmestellen erbrachten keine positiven Befunde für *E. coli* O 157.

Yersinien

Wie die Ergebnisse der Untersuchungen der Wasserproben zeigen, konnten im Zulauf des Teiches 1 0,3 - 20 MPN/100 ml und im Ablauf des Teiches 2 Konzentrationsbereiche von 0,3 - 39 MPN/100 ml Yersinien ermittelt werden.

Für die Abläufe der Bodenfilter wurden maximal 2 Yersinien in 100 ml (MPN/100 ml) gefunden.

Das Artenspektrum der apathogenen Yersinien umfasste folgende Vertreter:

Y. enterocolitica Biovar 1A, *Y. frederiksenii*, *Y. intermedia* und *Y. mollaretii*. Lediglich aus der Vorklärung (zweimal Zulauf Teich 1, einmal Ablauf Teich 2) und aus dem ersten Bodenfilter (einmal) wurde insgesamt viermal *Yersinia enterocolitica* Biovar 1B isoliert. Diesem Biovar kommt nach Angaben in der Literatur pathogene Bedeutung zu. Zusätzliche molekularbiologisch- biochemische Untersuchungen dieser Stämme ergaben jedoch keinen Nachweis von chromosomal codierten Virulenzfaktoren (Enterotoxinen).

Cryptosporidien-Oozysten / Giardien-Zysten

Die für die Anlage Ettenbüttel in geringem Umfang durchgeführten Untersuchungen der Wasserproben auf Parasitendauerformen ergaben für den Ablauf des Teiches 2 Werte von $1,0 \times 10^2$ - $6,6 \times 10^3$ Giardien-Zysten/100 l und für Cryptosporidien maximal $1,4 \times 10^2$ Oozysten/100 l.

Die beiden Vertikalfilter reduzierten diese Belastung fast vollständig. Cryptosporidien-Oozysten waren nach Passage der beiden Bodenfilter nicht mehr nachweisbar. Giardien-Zysten wurden lediglich in einer Probe in einer Konzentration von 2 Zysten/100 l gefunden.

5.4 See

5.4.1 Mikrobiologische Befunde

Außer den im Rahmen des Projekts erhobenen Daten liegen mikrobiologische Untersuchungen an der Anlage See aus dem Zeitraum 1987 bis 1993 für Fäkalindikatoren (Altdaten) vor.

Altdaten (1987-1993)

Die Probenahmen, die bakteriologische Diagnostik und deren Auswertung für die Altdaten wurden von BOERNERT et al. (1994) beschrieben. Allgemein wiesen die untersuchten Mikroorganismen breite Variationsspannen in der Häufigkeit ihres Vorkommens auf. Die Werte im Ablauf Vorklärung/Zulauf Horizontalfilter für ***E. coli*** und **Enterokokken** lagen z.B. relativ einheitlich im Konzentrationsbereich von $10^3/100$ ml - $10^6/100$ ml, wobei Werte von $10^5/100$ ml für die drei untersuchten Indikatoren am häufigsten auftraten (Abb. 5.4.1, Abb. 5.4.2). Die Ablaufwerte streuten dagegen wesentlich breiter und lagen im Bereich von $10^{-2}/100$ ml - $10^4/100$ ml, wobei am häufigsten 1 bis 10 Mikroorganismen/100 ml nachgewie-

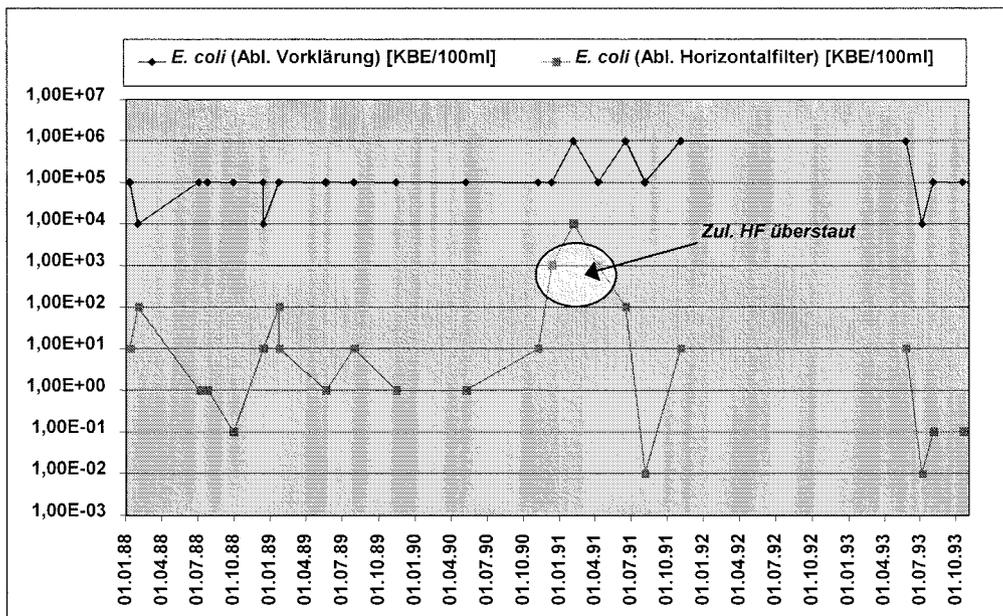


Abb. 5.4.1: Konzentrationen von *E. coli* in Abläufen Vorklärung und Horizontalfilter 2, Anlage See (Altdaten)

sen wurden. Daraus errechnen sich Eliminationsraten von minimal 1 bis maximal 7 Zehnerpotenzen, am häufigsten wurden Eliminationsraten zwischen 3 und 5 Zehnerpotenzen ermittelt (Abb. 5.4.3).

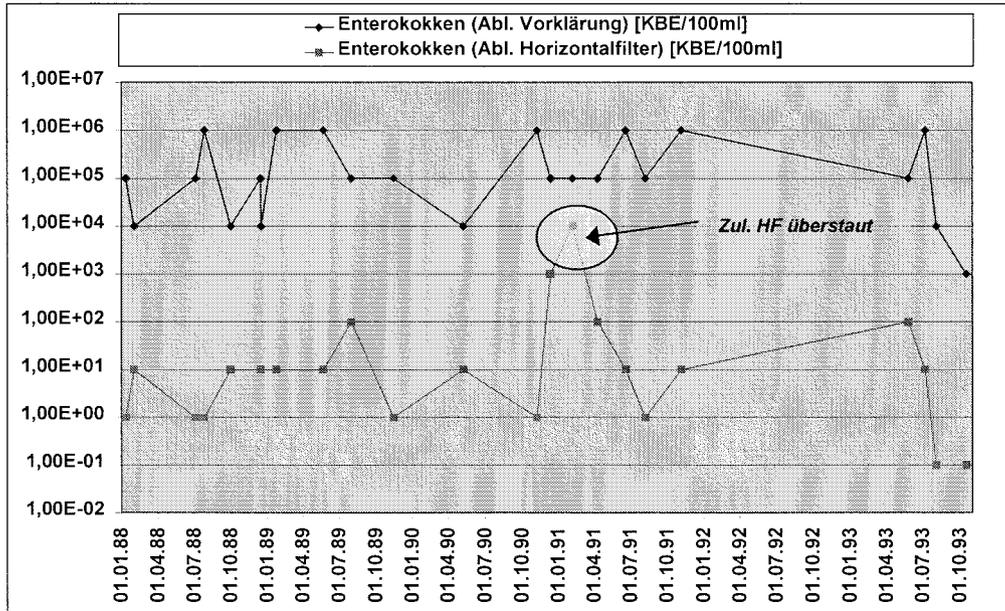


Abb. 5.4.2: Konzentrationen von Enterokokken in Abläufen Vorklämung und Horizontalfilter 2, Anlage See (Altdaten)

Die geringsten Eliminationen wurden im Winterhalbjahr 1991 beobachtet und betragen nur 1 bis 2 Zehnerpotenzen (Abb. 5.4.3). Die Anlage war zu diesem Zeitpunkt infolge Eisbildung im Zulaufbereich überstaut. Weitere Auswirkungen des Anlagenbetriebes (u.a. hydraulische Belastungen, Niederschlagsereignisse) auf die Reduktion der Mikroorganismen ließen sich aus den sporadisch durchgeführten Probenahmen nicht ableiten. Innerhalb des Bodenfilters entnommene Abwasserstichproben aus Beobachtungsrohren wiesen darauf hin, dass bereits im ersten Drittel der Bodenfilterfläche eine entscheidende Reduktion der Mikroorganismen festzustellen war.

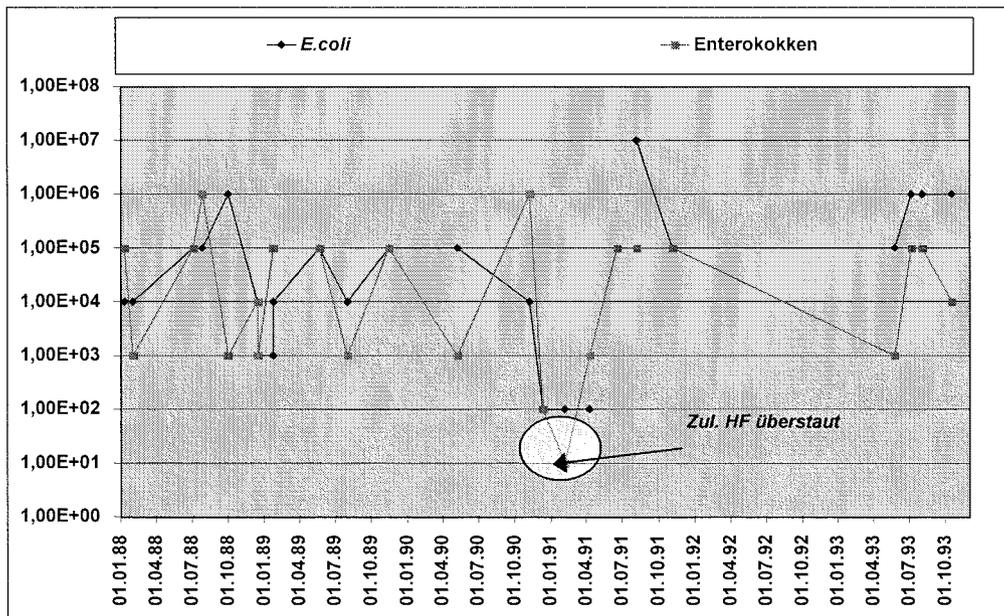


Abb. 5.4.3: Elimination von *E. coli* und Enterokokken Horizontalfilter 2, Anlage See (Altdaten)

Neudaten

Mittelwerte

In diesem Messzyklus lagen die Mittelwerte von *E. coli* und coliformen Bakterien im Ablauf der Vorklärung / Zulauf Horizontalfilter 1 bei Konzentrationen von $5,7 \times 10^6/100$ ml und $1,2 \times 10^7/100$ ml (Abb. 5.4.4). Im Horizontalfilter 1 betrug die Elimination im Mittel 2,0 bzw. 2,5 Zehnerpotenzen, die Ablaufkonzentrationen lagen im Bereich von $5,0 \times 10^4/100$ ml. Enterokokken und Coliphagen wurden im Mittel um 2,5 bis 3,0 Zehnerpotenzen reduziert. Die Eliminationsraten waren danach geringer als die aus den Altdaten errechneten.

Im Horizontalfilter 2 betrug die Reduktion von *E. coli* und coliformen Bakterien nur eine bzw. 0,5 Zehnerpotenzen. Enterokokken und Coliphagen zeigten dagegen einen leichten Anstieg gegenüber dem Ablauf des Horizontalfilters 1. Die geringe Eliminationsleistung erklärt sich auch daraus, dass der Zulauf Horizontalfilter 2 Überläufe unbehandelten Abwassers aus Horizontalfilter 1 aufnimmt und damit die tatsächliche Belastung im Horizontalfilter 2 über den angegebenen Werten liegen dürfte.

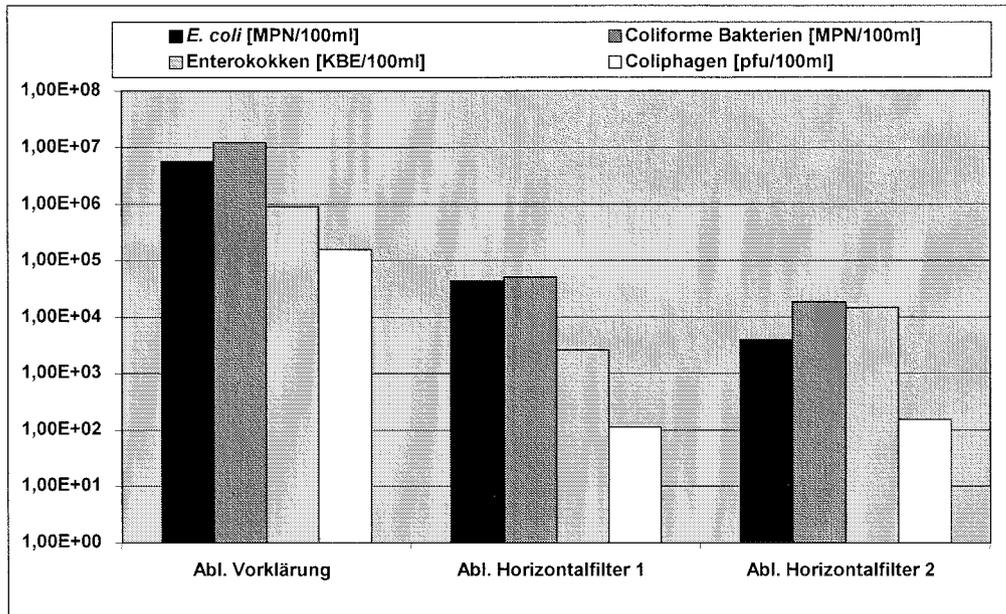


Abb. 5.4.4: Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse Indikatororganismen (Mittelwerte), Anlage See

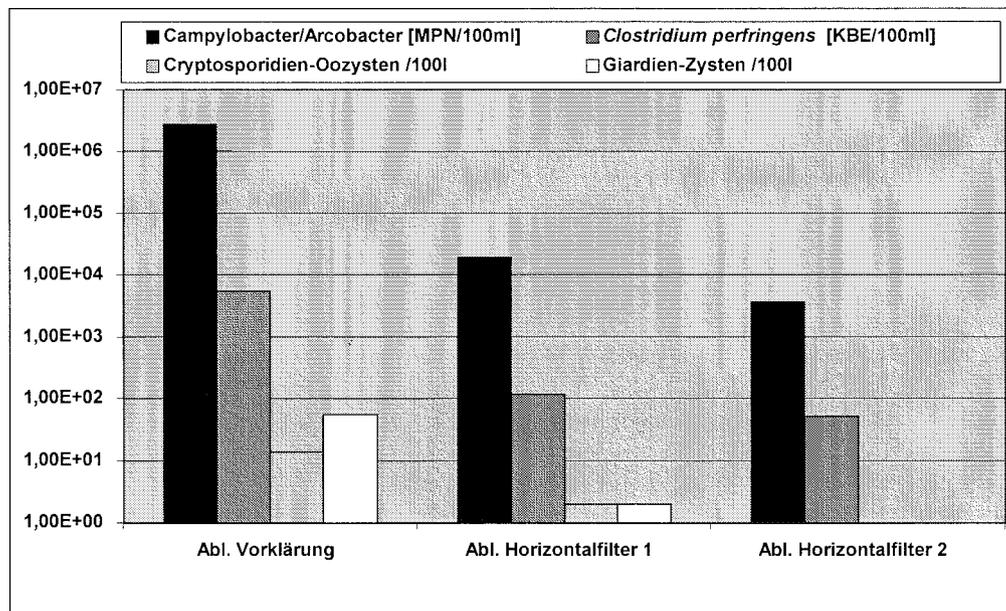


Abb. 5.4.5: Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse pathogene Mikroorganismen (Mittelwerte), Anlage See

Die Befunde pathogener Mikroorganismen sind mit den Ergebnissen für die Indikatororganismen vergleichbar (Abb. 5.4.5). **Campylobacter/Arcobacter** wurden im Horizontalfilter 1 von $2,7 \times 10^6/100$ ml um zwei Zehnerpotenzen auf $1,9 \times 10^4/100$ ml reduziert. **Clostridium perfringens** unterlag mit knapp 1,5 Zehnerpotenzen einer geringeren Reduktion (Ablauf $1,2 \times 10^2/100$ ml), allerdings waren hier auch die Zulaufkonzentrationen (Zulauf $5,5 \times 10^3/100$ ml) geringer. **Cryptosporidien-Oozysten** und **Giardien-Zysten** wurden im Ablauf des Horizontalfilters 1 nur noch vereinzelt in geringen Konzentrationen ($2/100$ l) nachgewiesen. Im Horizontalfilter 2 lagen auch für pathogene Mikroorganismen nur geringe Eliminationsraten (0,5 Zehnerpotenzen) vor.

Konzentrationsverhältnisse

Die Mikroorganismenkonzentrationen von Ablauf Vorklärung/Zulauf Horizontalfilter 1 der Anlage See unterlagen infolge diskontinuierlichen Abpumpens aus mehreren Mehrkammerabsetzgruben sehr starken Schwankungen (**E. coli** zwischen $1,2 \times 10^3 - 9,2 \times 10^7/100$ ml (Abb. 5.4.6), **Enterokokken** $1,7 \times 10^3 - 2,3 \times 10^6/100$ ml (Anhang 4, Abb. 5.4.11). Diesem Zulaufrend folgten im wesentlichen auch die Konzentrationen im Ablauf Horizontalfilter 1.

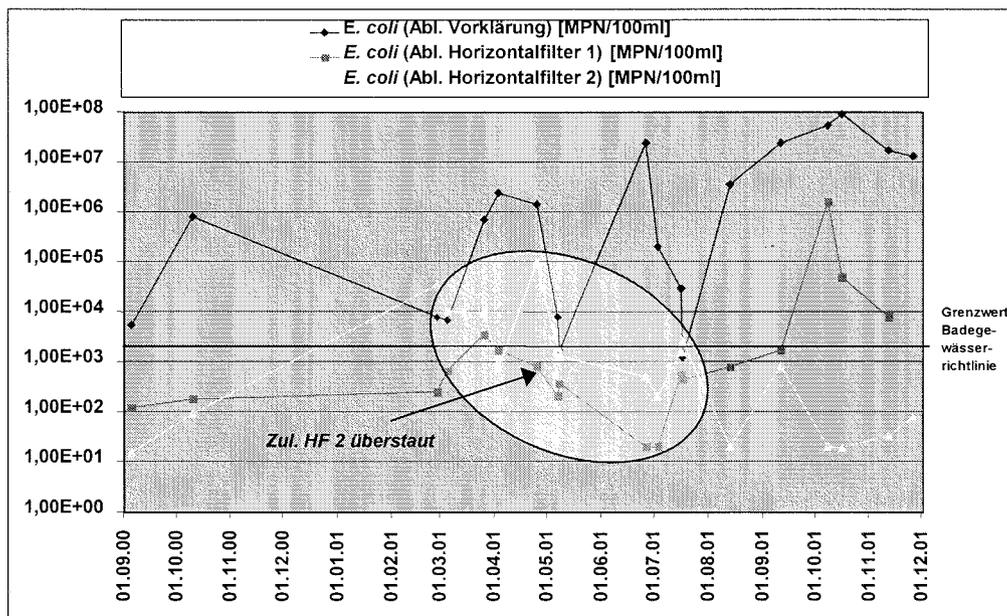


Abb. 5.4.6: Konzentrationen von *E. coli* in Abläufen Vorklärung, Horizontalfilter 1 und Horizontalfilter 2, Anlage See

Der für die Anlagen Wiedersberg und Ettenbüttel beschriebene Zusammenhang zwischen der Zulaufkonzentration und der Eliminationsleistung der Bodenfilter besteht auch in der Anlage See, das Bestimmtheitsmaß (R^2) für *E. coli* betrug im Horizontalfilter 1 0,84 (Abb. 5.4.7) für Enterokokken 0,71. Die Eliminationsleistung lag in Abhängigkeit von der Zulaufkonzentration zwischen 1 – 6 Zehnerpotenzen für *E. coli* und zwischen 0,5 und 5,0 Zehnerpotenzen für Enterokokken.

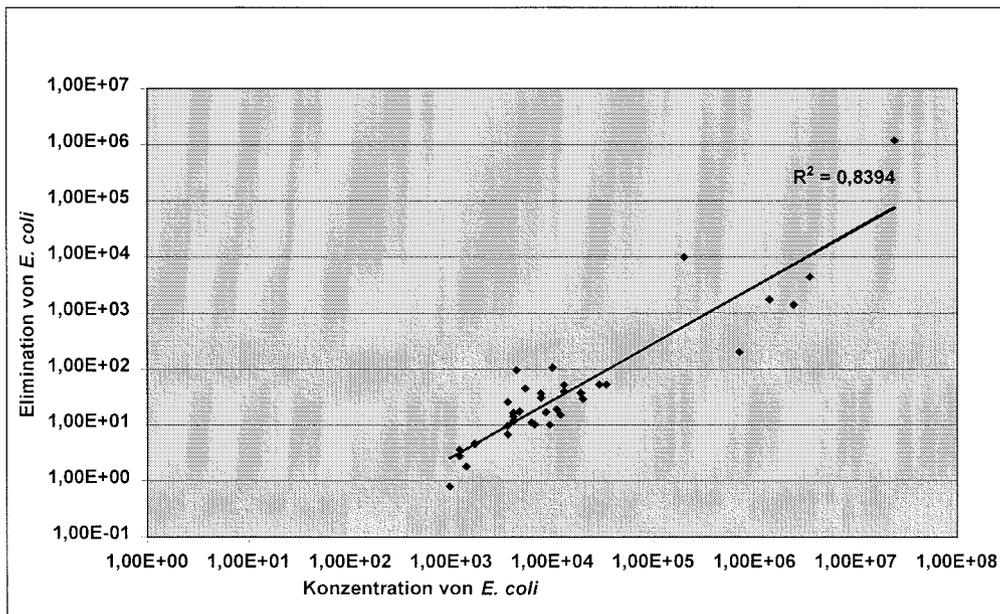


Abb. 5.4.7: Elimination von *E. coli* im Vergleich zur Zulaufkonzentration, Horizontalfilter 1 Anlage See

Die Zulaufkonzentrationen zum Horizontalfilter 1 umfassten für **Campylobacter/Arcobacter** Konzentrationen von $7,4 \times 10^2/100$ ml – $1,5 \times 10^7/100$ ml und entsprachen den für *E. coli* beschriebenen Konzentrationen. Die Eliminationsraten betragen für Campylobacter/Arcobacter 1,0 - 4,5 Zehnerpotenzen (Anhang 4, Abb. 5.4.12).

Clostridien wurden in Konzentrationen von $2,3 \times 10^2/100$ ml – $1,1 \times 10^4/100$ ml dem Bodenfilter zugeführt. Clostridien wurden um maximal 3 Zehnerpotenzen eliminiert, z. T. lagen die Ablaufkonzentrationen auch gering über den Zulaufwerten (Anhang 4, Abb. 5.4.13).

Im Ablauf des Horizontalfilters 2 wurde der Grenzwert der EU-Badegewässerrichtlinie (1976) für *E. coli* von $2 \times 10^3/100$ ml, sowie der Leitwert

von $1 \times 10^2/100 \text{ ml}$ für Enterokokken im gesamten Untersuchungszeitraum unter regulären Betriebsbedingungen stets eingehalten und z.T. deutlich unterschritten. Damit werden auch die Anforderungen der EU-Oberflächenwasserrichtlinie (A 2) (1975) für Beregnungs- (1991) und Bewässerungswasser (1998) erreicht.

5.4.2 Mikrobiologische Elimination und Betriebsbedingungen

Abwassertemperatur

Den Einfluss der Abwassertemperatur auf die Reduktion von *E. coli* und **Enterokokken** geben die Abbildungen 5.4.8 und 5.4.9 wieder. Die höchsten Retentionsraten werden bei hohen Abwassertemperaturen erreicht. Die im Mai 2001 und Juli 2001 vorliegenden Einbrüche der Eliminationsrate von *E. coli* sowie der im März 2001 zu verzeichnende Rückgang der Eliminationsrate von Enterokokken, sind auf niedrige Zulaufkonzentrationen zu diesen Zeitpunkten zurückzuführen (opake Felder Abb. 5.4.8, 5.4.9).

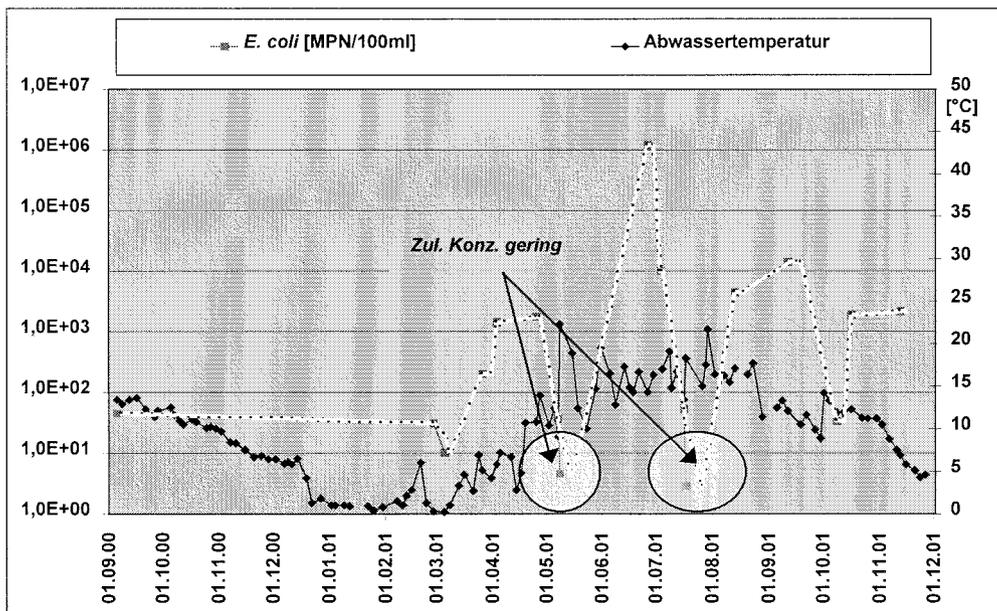


Abb. 5.4.8: Elimination von *E. coli* im Vergleich zur Abwassertemperatur, Horizontalfilter 1 Anlage See

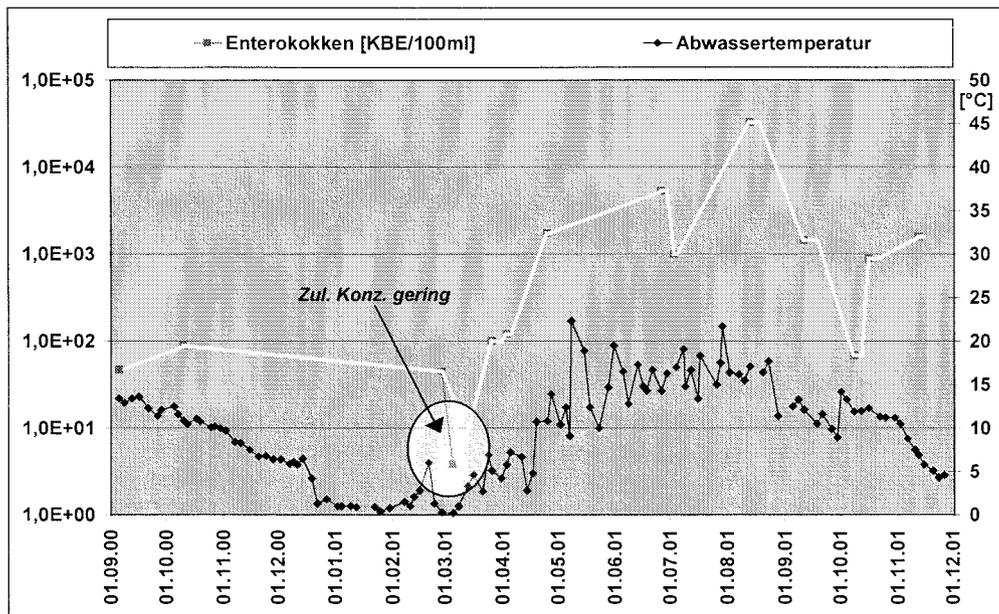


Abb. 5.4.9: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur Abwassertemperatur, Horizontalfilter 1 Anlage See

Auch die Elimination von **Campylobacter/Arcobacter** und **Clostridien** wurden von der Abwassertemperatur beeinflusst, bei hohen Temperaturen auftretende geringere Reduktionsraten stehen im Zusammenhang mit niedrigen Zulaufkonzentrationen (Anhang 4, Abb. 5.4.14, 5.4.15).

Der gegen Ende des Beobachtungszeitraums für alle Mikroorganismen festzustellende Anstieg der Eliminationsleistung wurde durch einen allgemeinen Anstieg der Zulaufkonzentrationen verursacht.

Hydraulische Belastung

Die hydraulischen Belastungen des Horizontalfilters 1 schwankten um einen Mittelwert von 55 mm/d und waren ohne Einfluss auf die Reduktion der Mikroorganismen (Anhang 4, Abb. 5.4.16 – 5.4.18). Auch kurzzeitige Spitzenbelastungen von bis zu 225 mm/d führten zu keiner Verschlechterung des Leistungsbildes. Infolge der zum Zeitpunkt höchster hydraulischer Belastung vorliegenden hohen Konzentrationen im Filterzulauf (August 2001) wurden insbesondere für Enterokokken (Abb. 5.4.10) sehr hohe Reduktionsraten erzielt.

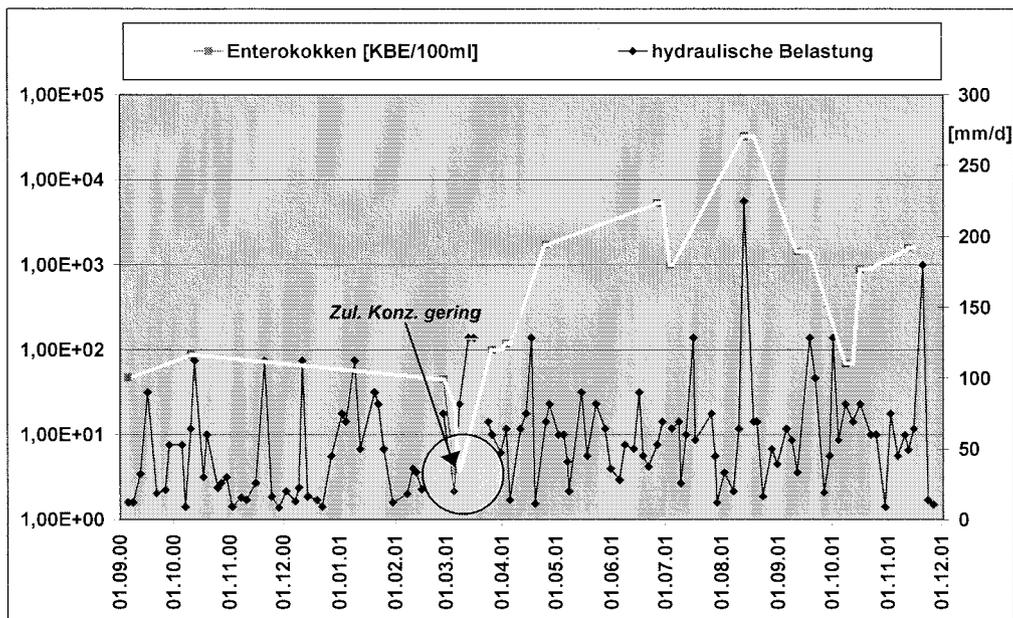


Abb. 5.4.10: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Horizontalfilter 1 Anlage See

Betrieb und Wartung

Die mikrobiologischen Befunde belegen auch exemplarisch Mängel bei Betrieb und Wartung der Anlage See.

Die Ablaufwerte von Horizontalfilter 2 mit teilweisen gegenüber dem Zulauf erhöhten Konzentrationen von Mikroorganismen lassen sich durch Mängel im Zulauf (Schlamm Bildung) sowie einem im Winter 2001 festgestelltem Überstau des Zulaufbereichs (Eisbildung) und Überlauf des Filters erklären. Im Frühling 2001 führte ein Öffnen des Drainagegrabens zu starken Einflüssen der Lufttemperatur und Sonneneinstrahlung auf den Filterablauf. Hier lagen die Ablaufwerte von *E. coli*, Enterokokken und *Campylobacter/Arcobacter* überwiegend über den Ablaufwerten des Horizontalfilters 1 (Abb. 5.4.6, Anhang 4, Abb. 5.4.12, 5.4.13). Erst mit Abschluss der Baumaßnahmen (September 2001) (Entschlammung an Zu- und Ablauf Horizontalfilter 2, Einbau einer geschlossenen Drainage) wurden repräsentative Betriebsverhältnisse erreicht, die wesentliche Verbesserungen der Ablaufwerte bewirkten.

5.4.3 Sonstige Parameter

Coliphagen

Im Ablauf der Vorklärung wurden Werte im Bereich von $5,5 \times 10^3$ pfu/100 ml bis $5,5 \times 10^5$ pfu/100 ml bestimmt.

Im Ablauf des ersten Horizontalfilters konnten von negativen Befunden bis Werten von maximal $1,2 \times 10^3$ /100 ml Coliphagen bereits gute Eliminationsleistungen nachgewiesen werden. Die mittlere Konzentration betrug $1,1 \times 10^2$ pfu/100 ml.

Für den zweiten Horizontalfilter konnte allerdings keine weitere Reduktion der Coliphagenbelastung gemessen werden. Im Mittel wurden hier Konzentrationen von $1,6 \times 10^2$ pfu/100 ml bestimmt.

E. coli O 157

Für alle untersuchten Wasserproben der Anlage See konnten keine positiven Befunde an E. coli O 157 erhoben werden.

Yersinien

Im Ablauf der Vorklärung wurden Yersinien im Konzentrationsbereich von 1 – 28 MPN/100 ml gefunden. Das Artenspektrum setzte sich aus folgenden Mikroorganismen zusammen: *Y. enterocolitica* Biovar 1A, *Y. frederiksenii*, *Y. intermedia* und *Y. enterocolitica* Biovar 2. Dies sind vorwiegend apathogene Umweltyersinien. Lediglich viermal wurde mit *Yersinia enterocolitica* Biovar 2 eine potentiell pathogene Variante bestimmt.

Auch für dieses Biovar ergaben zusätzlich durchgeführte molekularbiologisch-biochemische Untersuchungen keinen Hinweis auf Virulenzfaktoren (Enterotoxinen).

In den Abläufen der Bodenfilter konnten Yersinien nur in 39 % der Proben mit maximalen Konzentrationen von 3/100ml (MPN/100 ml) bestimmt werden. Trotz der gegenüber der Vorklärung geringeren MPN-Werte entsprach das Artenspektrum der isolierten Yersinien dem des Ablaufes der Vorklärung. Die potentiell pathogenen *Yersinia enterocolitica* Biovar 2 konnten in den Abläufen der Bodenfilter nicht mehr gefunden werden.

Cryptosporidien-Oozysten / Giardien-Zysten

Im Ablauf der Vorklärung wurden in den untersuchten Proben der Anlage See die im Vergleich zu Wiedersberg und Ettenbüttel niedrigsten Zysten- bzw. - Oozystenkonzentrationen bestimmt. Die hier gemessenen Konzentrationen von $1,5 \times 10^1/100 \text{ l}$ – $1,8 \times 10^2/100 \text{ l}$ Giardien-Zysten wurden bereits durch den ersten Horizontalfilter fast vollständig eliminiert. Lediglich in einer Probe wurden noch 2 Zysten/100 l nachgewiesen.

Die Konzentrationen der Cryptosporidien-Dauerformen betragen im Ablauf der Vorklärung in 5 von 16 Proben maximal $2,0 \times 10^1/100 \text{ l}$. In den übrigen 11 Proben konnten keine Cryptosporidien-Oozysten nachgewiesen werden.

Im Ablauf des ersten Horizontalfilters wurden in 3 von 16 Proben maximal 2 Oozysten/100 l bestimmt. Die übrigen Proben waren ohne positiven Befund. Damit wurde auch hier eine gute Reduktionsleistung für die Parasitendauerformen nachgewiesen.

6 BEWERTUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

Ziel dieses Teilprojekts war es, mikrobiologische Untersuchungen zum Auftreten und Verbleib von Indikatororganismen und Krankheitserregern in Bewachsenen Bodenfiltern durchzuführen. Dabei waren im Abwasser die Konzentrationen von Mikroorganismen in den verschiedenen Bauteilen bzw. Stufen der Anlagen zu bestimmen und zu bewerten. Vor diesem Hintergrund war zu prüfen, inwieweit Bewachsene Bodenfilter in der Lage sind, im Abwasser auftretende Krankheitserreger (fakultativ pathogene Bakterien, Viren, Parasiten) ebenso wie die Indikatororganismen mit hoher Effizienz zu eliminieren.

Eine Literaturlauswertung diesbezüglicher mikrobiologischer Untersuchungen im internationalen Vergleich zeigte als momentanen Entwicklungsstand insbesondere den Betrieb von unterirdisch beschickten Bodenfiltern (Horizontalfilter). Ihre flächenbezogen höhere Leistungsfähigkeit beim Abbau von Stickstoffverbindungen sowie in der Reduktion von Indikatororganismen und pathogenen Mikroorganismen wird allgemein herausgestellt und als Vorteil anerkannt. Die in Deutschland in der Praxis bereits erfolgreich betriebene Verfahrenskombination aus Vertikal- und Horizontalfiltern wird erst vereinzelt angewendet. Es fehlen jedoch zusammenfassende, parameterbezogene Betrachtungen, um so auch die hygienische Leistungsfähigkeit Bewachsener Bodenfilter im Vergleich zu den Betriebsbedingungen zu diskutieren und die Auswirkungen auf die Ablaufwerte zu bewerten.

Eine Zusammenstellung aus der Literaturdurchsicht in Tab. 6.1 gibt verschiedene Hinweise, Aussagen und Empfehlungen für die Beurteilung der mikrobiologischen Eliminationsleistungen durch Bewachsene Bodenfilter in bezug auf die Probenahmen, mikrobiologischen Parameter, Messwerte, Vorklärung, Bodenfiltertyp, Betriebsführung und meteorologische Verhältnisse usw..

Insgesamt ist festzustellen, dass – sofern eine ausreichende Datenbasis vorliegt – für die Indikatororganismen bei hohen bis sehr hohen Konzentrationen Eliminationsleistungen von 1 – 2 Zehnerpotenzen für Vertikal- und Horizontalfilter nachgewiesen werden können. Eingeschränkte bis fehlende Erkenntnisse gibt es zu Krankheitserregern. Ebenso sind Erkenntnisse über Einflüsse in der Betriebsführung als steuerbarer Faktor und variabler meteorologischer Verhältnisse wie Nie-

derschlag und Temperatur auf die mikrobiologische Elimination in Bewachsenen Bodenfiltern nur lückenhaft vorhanden.

Tab. 6.1: Bewertung verschiedener Betriebsbedingungen in Bewachsenen Bodenfiltern auf die mikrobiologische Elimination

Bedingungen	Auswirkungen	
	Positiv	negativ
Probenahme		
Stichproben		geringe Datendichte
Messkampagnien, Intensivprobenahmen	hohe Datendichte	
Mikrobiologische Parameter		
Indikatororganismen	hohe Datendichte	
Krankheitserreger	keine Angaben	keine Angaben
Konzentrationen	hohe bis sehr hohe	geringe
Bodenfilter		
Wurzelraumanlagen		Elimination < 1 Zehnerpotenz hydraulische Kurzschlüsse
Vertikalfilter	Elimination 1 – 2 Zehnerpotenzen	
Horizontalfilter	Elimination 1 – 2 Zehnerpotenzen	
Betriebsführung		
Fremd-, Mischabwasser		Verdünnung
Rückstau		hydraulische Kurzschlüsse
Rücklaufverhältnisse	keine Angaben	keine Angaben
Aufenthaltszeit, Abfluss	lang, unterirdisch	kurz, oberirdisch
Hydraulische Belastung	keine Angaben	keine Angaben
Kolmation	keine Angaben	keine Angaben
Meteorologische Verhältnisse		
Temperatur	keine Angaben	Eisbildung
Niederschlag		Verdünnung

Da sich die untersuchten Projektanlagen hinsichtlich des Anlagenbetriebes unterschieden (Standort, Vor- und Nachklärung, Bauform, Betriebsweise, hydraulische Verhältnisse und Belastung) und variable Einflüsse (Konzentration der Zulaufwerte, Niederschlag, Temperatur) auftraten, bot sich die Möglichkeit, die mikrobiologischen Konzentrationen und Eliminationen in Bezug zum Anlagenbetrieb zu bewerten und Schlussfolgerungen für künftige Anforderungen zu ziehen.

6.1 Probenahmen und Probenuntersuchung

1. Die mikrobiologische Untersuchung schloß neben Indikatororganismen erstmals auch gesundheitlich besonders relevante Krankheitserreger im Abwasser der Verbundanlagen Wiedersberg (1701 Einzeluntersuchungen) und Eitenbüttel (915 Einzeluntersuchungen) sowie der seit 1984 in Betrieb befindlichen Anlage See (982 Einzeluntersuchungen) ein.
2. Die Methoden zur bakteriologischen Diagnostik und zur quantitativen Erfassung der Mikroorganismen entsprachen den DIN- bzw. ISO/EU-Vorschriften und - sofern noch keine genormten Verfahren vorlagen - guter wissenschaftlicher Praxis.
3. Vielfältige in der Literatur erhobene Forderungen zu einem einheitlichen Studiendesign, das auch statistisch verwertbare Aussagen ermöglicht, wurden mit der untersuchten Probenanzahl weitgehend erfüllt. Die Parasitendauerformen wurden wegen des sehr hohen Probenvolumens (bis 500 l, wegen geringer Ablaufmengen nicht für alle Probenahmestellen zu realisieren) und arbeitstechnischen Aufwandes jedoch in geringerer Frequenz getestet.
4. Um mögliche Einflüsse durch Probentransport und –aufarbeitung auszuschließen, wurden Standzeituntersuchungen durchgeführt. Proben aus der Vorklärung und den Abläufen von Vertikal- und Horizontalfilter der Anlage Wiedersberg wurden über insgesamt maximal 42 Stunden bei 4 °C gelagert und in zwei bzw. drei Parallelen mehrfach auf *E. coli* und Enterokokken untersucht. Auch nach der maximalen Standzeit von 42 Stunden lagen die Befunde noch in der gleichen Zehnerpotenz wie die in den direkt nach der Probenahme angesetzten Parallelen. Dies bestätigt auch, dass bei niedrigen Abwassertemperaturen nach mehr als 24 Stunden, ein nur sehr geringes Absterben der Mikroorganismen festzustellen ist.
5. Zur mikrobiologischen Aufnahme der tageszeitbedingten Konzentrationsunterschiede und derer im mehrtägigen Vergleich, wurden Intensivprobenahmen durchgeführt. Ein besonderer Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Konzentrationen in den Bodenfilterzu- und -abläufen zu bestimmten Tageszeiten oder Wochentagen wurde nicht gefunden. Durch unterschiedli-

che Verweilzeiten im Bodenfilter (Vertikalfilter 1,5 bis 2 Tage, Horizontalfilter 2 bis 4 Tage) konnte auch infolge eines unausgeprägten Tagesgangs kein zeitlicher Bezug zwischen Bodenfilterzu- und Bodenfilterabläufen hergestellt werden. Dadurch war auch die Entnahme von korrespondierenden Proben nicht möglich.

6.2 Mikrobiologische Befunde und Eliminationen

6. In den Zuläufen der untersuchten Bodenfilter lagen die Konzentrationen der Indikatororganismen im Mittel für *E. coli* zwischen $10^6/100$ ml und $10^7/100$ ml und für die **Enterokokken** zwischen $10^5/100$ ml und $10^6/100$ ml. Die Mittelwerte für die Krankheitserreger **Campylobacter/Arcobacter** entsprachen denen der Enterokokken, für *Clostridium perfringens* betragen sie $10^3/100$ ml bis $10^4/100$ ml.
7. Hohe Zulaufkonzentrationen von $10^5/100$ ml – $10^6/100$ ml im ersten Bodenfilter führten für *E. coli*, coliforme Bakterien, **Enterokokken** und **Campylobacter/Arcobacter** bei konstanten, gleichmäßigen Betriebsverhältnissen zu hohen Eliminationsraten. Eliminationen konnten bei Zulaufkonzentrationen < 3 Zehnerpotenzen nicht mehr festgestellt werden.
8. Die **Konzentrationen** der **Indikatororganismen** und **Krankheitserreger** streuten in den einzelnen Probenahmestellen der beprobten Anlagen um 2 - 3 Zehnerpotenzen um die Mittelwerte. Die Schwankungen im Tagesgang betragen dagegen nur 1 - 2 Zehnerpotenzen.
9. Die Elimination für die untersuchten Parameter *E. coli*, **coliforme Bakterien**, **Enterokokken** und **Campylobacter/Arcobacter** betrug im Mittel 1,5 bis 2,5 Zehnerpotenzen pro Bodenfilter, sie erreichte im Einzelfall auch bis zu 5 Zehnerpotenzen. Für Giardien-Zysten, Cryptosporidien-Oozysten und *Clostridium perfringens* wurden bezüglich der Elimination gleiche Tendenzen nachgewiesen (Tab. 6.2).

Tab. 6.2: Mittlere Eliminationsleistungen im Vertikal- und Horizontalfilter der Anlagen Wiedersberg, Ettenbüttel und See (Angaben in Zehnerpotenzen)

Parameter	Wiedersberg		Ettenbüttel		See
	VF	HF	VF1	VF 2	HF 1
<i>E.coli</i>	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0
Enterokokken	2,0	0,5	1,5	1,5	2,5
Campylobacter/ Arcobacter	1,5	2,5	2,0	2,5	2,0
<i>Clostridium</i> <i>perfringens</i>	1,5	2,0	1,5	1,8	1,5
Cryptosporidien- Oozysten	1,5	0	1,7	1,7	1,0
Giardien-Zysten	3,0	0,5	2,5	2,5	1,0

10. Die Abwasserbelastung durch **Coliphagen** wurde im Mittel auf Werte von ca. 10^2 pfu/100 ml reduziert. Legt man das in der Literatur angegebene Verhältnis Virus: Coliphagen von 1 : 1000 zugrunde, ist anhand der Ergebnisse in den Abläufen der Bewachsenen Bodenfilter nicht mit dem Auftreten von enteralen Viren zu rechnen.
11. **Salmonellen** wurden lediglich sporadisch in den Abläufen der Vorklärung nachgewiesen. Es ist anzunehmen, dass aufgrund der kleinen Abwassereinzugsgebiete die Möglichkeit des Eintrags von Salmonellen durch erkrankte Personen oder Dauerausscheider wesentlich geringer ist als bei größeren Einzugsgebieten. Eine Belastung der entsprechenden Vorfluter (Oberflächengewässer, Badegewässer, Betriebswässer) mit Salmonellen ist aufgrund der Ablaufwerte der untersuchten bewachsenen Bodenfilter nicht zu erwarten.
12. **E. coli O 157** konnte weder in den Zuläufen noch in den Abläufen der Bewachsenen Bodenfilter nachgewiesen werden.
13. Als **Yersinien** wurden nichtpathogene, in der Umwelt ubiquitär verbreitete Spezies wie *Yersinia frederiksenii*, *Y. rohdei*, *Y. intermedia* und *Y. mollaretii* diagnostiziert. Pathogene Serovare wurden aus den Abläufen der untersuch-

ten Bodenfilter nicht isoliert. Lediglich in den Anlagen See und Ettenbüttel konnten sporadisch, vor allem im vorgeklärten Abwasser, potentiell pathogene *Yersinia enterocolitica* der Biovare 1B und 2 nachgewiesen werden. Zusätzlich durchgeführte molekularbiologisch-biochemische Untersuchungen zur Ermittlung von Virulenzkriterien (Enterotoxinen) verliefen allerdings negativ. Eine Belastung mit pathogenen Yersinia-Arten in den untersuchten Kläranlagenabläufen konnte demzufolge nicht nachgewiesen werden.

14. Die Untersuchung der Abwasserproben im Ablauf Vorklärung zeigte deutlich, dass die Konzentrationen an **Giardien-Zysten** generell größer sind als die Konzentrationen der **Cryptosporidien-Oozysten**. Das zeigte sich auch darin, dass die Cryptosporidien-Oozysten nicht in jeder Probe nachweisbar waren. Dies ist auch aus Untersuchungen von teilweise mit Abwasser belasteten Zuläufen zu Trinkwassertalsperren bekannt. Für die Parasitendauerformen wurden generell sehr gute Eliminationsraten durch die Bewachsenen Bodenfilter nachgewiesen. Hierbei wurden nur sporadisch in ca. 10 % der Proben positive Befunde erhoben. Damit werden die entsprechenden Vorfluter nur sehr gering mit Parasitendauerformen belastet.

6.3 Mikrobiologische Auswertungen zum Anlagenbetrieb

6.3.1 Variable Faktoren

15. Ein **Zusammenhang** zwischen den mikrobiologischen Ergebnissen (Anhang 2) und den abwasserchemischen bzw. chemisch-physikalischen Parametern (Anhang 3) konnte nicht nachgewiesen werden.
16. Bei starken **Niederschlagsereignissen** bzw. **Fremdwasserzuflüssen** wurde die Konzentration der Mikroorganismen stark verdünnt. Dies führt zu geringeren Eliminationswerten und damit Leistungseinbußen bei Bewachsenen Bodenfiltern (vgl. auch Pkt. 7).
17. Die **Abwassertemperaturen** beeinflussen im Vergleich Sommer-Winter-Betrieb die Eliminationsleistung um ca. 1 Zehnerpotenz, sofern nicht andere Bedingungen (z.B. Mikroorganismenkonzentrationen, hydraulische Be(Über)lastung den Jahresgang überprägen.

6.3.2 Steuerbare Faktoren

18. **Mehrstufige Bodenfilter** führten insgesamt zu hohen Eliminationen (3 - 5 Zehnerpotenzen). Dagegen erreichen **einstufige Bodenfilter** mit 1,5 - 2,5 Zehnerpotenzen geringere Eliminationsraten.
19. Die **mittleren Eliminationsleistungen** für **Vertikal- und Horizontalfilter** liegen überwiegend bei 1,5 – 2 Zehnerpotenzen. Sie entsprechen den Ergebnissen bisheriger Untersuchungen. Geringere Elimination (0,5 – 1 Zehnerpotenzen) und höhere Elimination (2,5 Zehnerpotenzen) sind abhängig von der Höhe der Zulaufkonzentration. Unterschiede zur Eliminationsleistung zwischen Vertikal- und Horizontalfilter sind daher für die untersuchten Mikroorganismen nicht feststellbar.
20. Ein Einfluss der **Rückführung** von im Vertikalfilter behandeltem Abwasser in die Vorklärung (Verbesserung der Denitrifikation) auf die mikrobiologische Eliminationsleistung konnte nicht nachgewiesen werden.
21. Die **hydraulische Belastung** konnte die Elimination der Mikroorganismen nachweislich beeinflussen. Bei mittleren Mikroorganismenkonzentrationen von $10^5/100$ ml – $10^6/100$ ml in den Zuläufen nahmen die Eliminationswerte deutlich ab, wenn die durchschnittlichen Beschickungshöhen von 80 mm/d (Hauptreinigungsstufe) und 120 mm/Tag (Nachreinigung) mehrtägig deutlich überschritten wurden. Kurztägiger Intervallbetrieb mit hydraulischen Spitzen bis zu 250 mm/Tag beeinflusste dagegen das mikrobiologische Leistungsbild nicht. Bei sehr hohen Zulaufkonzentrationen ($> 10^7/100$ ml) wurden trotz hoher Beschickungsmengen (290 mm/Tag) auch hohe Eliminationswerte erreicht ($10^4/100$ ml).
22. **Im Regelbetrieb** werden bei mehrstufigen Anlagen die Anforderungen der Bewässerungswasser-, Beregnungswasser- und EU-Badegewässerrichtlinie eingehalten, einstufigen Anlagen gelingt dies nur teilweise.

23. **Störungen in der Betriebsführung** (Verstopfung, Einfrieren von Zulaufeinrichtungen) führen durch hydraulische Kurzschlüsse unter Umgehung der Bodenfiltration bis zum Zusammenbruch der Eliminationleistung.

6.4 Anforderungen

24. Für mikrobiologische Untersuchungen bei **Betriebsverhältnissen im Routinebetrieb** bei relativ gleichmäßigen, sog. normalen Betriebsverhältnissen empfiehlt sich zur Feststellung der mikrobiologischen Belastung eine Mehrfachbeprobung an 1 bis 2 Tagen, die für ausgewählte Sommer- und Wintertage repräsentativ sind. Dabei sind im wesentlichen der Zulauf zur Anlage und die Abläufe der einzelnen Bodenfilter zu untersuchen, um die Gesamtanlage in Hinblick auf das mikrobiologische Eliminationspotential beurteilen zu können.
25. Mikrobiologische Untersuchungen bei **differenzierten Betriebsverhältnissen** (u.a. Forschungsanlagen, modellhafte Untersuchungen) erfordern einen wesentlich höheren, auf Messkampagnen ausgerichteten Probenahmerhythmus. Es wird empfohlen, Mehrfachbeprobungen innerhalb eines 14tägigen Untersuchungszyklus' vorzunehmen.
26. Auf Grund des ähnlichen Verhaltens der untersuchten Spezies im Hinblick auf die Elimination können **weitere mikrobiologische Untersuchungen** auf wenige Parameter (Indikatoren) ausgerichtet werden. Zur Leistungsbeurteilung verschiedener Stufen der Anlagen kann ein Einzelparameter herangezogen werden. Der Anlagenablauf ist mit den Parametern zu untersuchen, die für eine nutzungsorientierte bakteriologisch-hygienische Einstufung erforderlich sind. Zum seuchenhygienischen Unbedenklichkeitsnachweis besonders in Badegewässern oder Trinkwassereinzugsgebieten sollten zusätzlich die Anlagenabläufe auch auf Krankheitserreger untersucht werden.
27. Als **Überwachungsparameter** zur Beurteilung der mikrobiologischen Elimination der einzelnen Anlagenbauteile wird der Parameter ***E. coli*** vorgeschlagen. Dies ist aus arbeitstechnischen und finanziellen Erwägungen sinnvoll.

7 LITERATUR

7.1 Autoren

Aragon, G. T., Lannes, L.S. (2000): Biogeochemistry of a Wetland in Campos Dos Goytacazes, RJ, Brazil. 7th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution, Control, Vol II, 881-882, University of Florida, Lake Buena Vista, Florida

Axler, R., Henneck, J., McCarthy, B. (2000): Residential Subsurface Flow Treatment Wetlands in Northern Minnesota. 7th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution, Control, Vol II, 893-901, University of Florida, Lake Buena Vista, Florida

Barrett, E. C., Sobsey, M. D., House, C. H., White, K. D. (2000): Microbial Indicator Removal in On-Site Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in the Southeastern US; 7th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution, Control, Vol I, 383-390, University of Florida, Lake Buena Vista, Florida

Bischoff, K, Feuerpfeil, I. (1996): Vorkommen und Nachweis von Cryptosporidienocysten und Giardia-cysten in einem Trinkwassertalsperrensystem. UBA-Jahresbericht 1996

Bischoff, K., Feuerpfeil, I. (2001): Belastung von Trinkwassertalsperren und ihrem Einzugsgebiet mit Parasiten (Cryptosporidium-Oocysten und Giardia-Cysten) und ausgewählten potentiell pathogenen Bakterien als hygienisches Risiko bei der Trinkwasseraufbereitung. Umweltmedizinischer Informationsdienst 1, 3-11

Dafner, G. (1988): Leistungsfähigkeit eines mit Röhricht bestandenen Bodenfilters bei der weitergehenden Abwasserreinigung. Wasser – Abwasser **129**, 8, 523-530

Dafner, G. (1999): Pflanzenkläranlage See, Planungsunterlagen zur Erweiterung der Anlage. Dr. Dafner Umwelttechnik GmbH, Wallersbach

Dizer, H., Bartocha, W., Bartel, H., Seidel, K., López-Pila, J.M., Grohmann, A. (1993): Use of ultraviolet radiation for inactivation of bacteria and coliphages in pretreated waste water. *Water Research* **27**, 397-403

Drücker, J. (1993): Zur Retention der Bakterien-Fracht in Wurzelraum-Kleinkläranlagen (nach Kickuth), unveröffentl. Dipl.-Arbeit Univ. Bielefeld, Fakultät f. Biologie, Bielefeld

Englert, W., Kulle, P. (1996): Vergleichende Bewertung der Teich-Pflanzen-Kläranlage in Friedrichrode und der Scheibentauchtropfkörperanlage mit nachgeschalteter UV-Anlage in Kleinberndten. Abschlussbericht zur Abwasserbeseitigung in Wasserschutzgebieten, Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, Materialforschungs- und -prüfanstalt, FG Umwelttechnik, Weimar

Englert, W., Kulle, P. (1998): Untersuchung der Pflanzenkläranlage Ballstedt. Abschlussbericht, Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, Materialforschungs- und -prüfanstalt, FG Umwelttechnik, Weimar

Exner, M., Gornik, V., Kistemann, T. (2001): Charakterisierung, Risikoeinschätzung und Prävention wasserassoziierter Parasitosen. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung -Gesundheitsschutz* **4**; 358-363

Feuerpfeil, I. (1996): Verhalten von Mikroorganismen und Viren bei der Trinkwasseraufbereitung. *ESWE-Schriftenreihe*, Bd. 9, Stadtwerke Wiesbaden.

Feuerpfeil, I., Schulze, E. (1992): Krankheitserreger im Trinkwasser. *Bundesgesundheitsblatt* **6**: 302-304

Goetz, D., Winter, K.-J. (2002): „Bodenkundliche Untersuchung der Kolmation Bewachsener Bodenfilter“, AZ 14178-08.- Institut für Bodenkunde der Universität Hamburg (IFB), Hamburg. Teilprojekt im Rahmen des Verbundprojektes „Bewachsene Bodenfilter als Verfahren der Biotechnologie“, AZ 14178-01, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, 1998

Grabow, W.O.K., Coubrough, P., Nupen, E.M., Bateman, B.W. (1984): Evaluation of coliphages as indicators of the virological quality of sewage-polluted water. *Water S.A.* 10, 7-14

Hagendorf, U.; Hahn, J. (1994): Untersuchungen zur umwelt- und seuchenhygienischen Bewertung naturnaher Abwasserbehandlungssysteme. UBA-Texte 60/94, Berlin

Hagendorf, U. (1999): Verbleib von Abwasserinhaltsstoffen bei bewachsenen Bodenfiltern (Pflanzenkläranlagen) im Langzeitbetrieb. UBA-Texte 78/99

Hagendorf, U., Bartocha, W., Diehl, K., Feuerpfeil, I., Hummel, A., Lopez-Pila, J. M., Szewzyk, R. (2002): „Mikrobiologische Untersuchungen zur seuchenhygienischen Bewertung naturnaher Abwasserbehandlungsanlagen, AZ 14178-07.- Umweltbundesamt, Berlin. Teilprojekt im Rahmen des Verbundprojektes „Bewachsene Bodenfilter als Verfahren der Biotechnologie“, AZ 14178-01, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, 1998

Hill, V. R., Sobsey, M.D. (2000): Pathogen Reductions in Constructed Wetlands Treating Swine Wastewater. 7th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution, Control, Vol II, 893-902, University of Florida, Lake Buena Vista, Florida

Höner, G., Bahlo, K. (1996): Keimelimination bei der Abwasserreinigung in bewachsenen Bodenfiltern. *Wasser und Boden* 48, 13-16

Karpizcak, M.M., Sanchez, L.R., Freitas, R.J., Gerba, C.P. (2000): Removal of Bacterial Indicators and Pathogens from Dairy Wastewater by a Treatment System. 7th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution, Control, Vol I, 415-424, University of Florida, Lake Buena Vista, Florida

Kayser, K., Kunst, S., Fehr, G., Voermanek, H. (2002): Optimierung der Abflusssteuerung und weitestgehende Nitrifikation in der Verfahrenskombination Teichanlagen/Bewachsener Bodenfilter zum Schutz kleiner Fließgewässer, AZ 14178-03.- Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover (ISAH) und F & N Umweltconsult GmbH, Hannover. Teilprojekt im

Rahmen des Verbundprojektes „Bewachsene Bodenfilter als Verfahren der Biotechnologie“, AZ 14178-01, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, 1998

Kurpas, U. (1980): Wurzelraumsorgung – Untersuchung eines nicht konventionellen Klärverfahrens anhand der Eliminationsleistung an einigen Mikroorganismen. Hygiene Institut Universität Göttingen, Lehrstuhl für allgemeine Hygiene, unveröffentl. Dissertation

Lesk, D. (1999): Seuchenhygienische Bewertung naturnaher Abwasserreinigungsverfahren am Beispiel unbelüfteter Abwasserteichanlagen und Pflanzenkläranlagen mit Direktbeaufschlagung durch Rohabwasser. Fachhochschule Weihenstephan, Abt. Triesdorf, Fachbereich Landwirtschaft und Umweltsicherung, Studiengang: Umweltsicherung, unveröffentl. Diplomarbeit

Löffler, H., Pietsch, W. (1991): Phytofilt – Vorstellung einer leistungsfähigen Pflanzenkläranlage für kleine Gemeinden. Korrespondenz Abwasser **38**, 3, 376-383

Lopez-Pila, J.M. (2000): Bestimmung von Coliphagen (persönliche Mitteilung)

Lopez-Pila, J.M., Szewzyk, R. (1998): Wege zu einer rationalen Ableitung von mikrobiologischen Grenzwerten in Badegewässern. Bundesgesundheitsblatt **41**, 194-203

Mathys, W. (1998): Abschätzung gesundheitlicher Risiken beim Betrieb von Kleinkläranlagen, speziell von Pflanzenkläranlagen; Literaturstudie Uni Münster, Institut für Hygiene, Münster

Morell, A., Börnert, W., Hagendorf, U. (1992): Naturnahe Abwasserreinigung- mehrjährige Untersuchungen der Wurzelraumanlage Hofgeismar-Beberbeck. Wasser und Boden **44**, 212-216

Popp, W. (2001): Bakteriologisch-hygienisches Untersuchungsprogramm „Obere Isar“. 55. Fachtagung Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft „Hygienische Aspekte von Oberflächengewässern aus wasserwirtschaftlicher Sicht“ am 15./16.11.2001, München

Popp, W., Baumann, M., Möller De Vargas, D. (1993): Bewertungsschema zur bakteriologisch-hygienischen Beurteilung der Wasserqualität von Fließgewässern anhand von Fäkalindikatorbakterien als Ergänzung zur Gewässergütebeurteilung. Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flussbiologie 47, 63-86

Rausch, W.-D. (1990): Pure Abwassertechnik GmbH, Pressemappe anlässlich Pure PFKA in Höhenberg am 07.06.1990, Bad Reichenhall

Rustige, H. (1998): Untersuchung der Pflanzenkläranlage und der Betriebswasseraufbereitung in „Drei Eichen“ im Naturpark Märkische Schweiz. AKUT Umweltschutz Ingenieurkollektiv GmbH, Berlin

Rustige, H., Platzer, C. (2002): Pflanzenkläranlagen im Einzugsgebiet stehender Oberflächengewässer, AZ 14178-o6.- AKUT Umweltschutz Ingenieurgesellschaft, Biesenthal. Teilprojekt im Rahmen des Verbundprojektes „Bewachsene Bodenfilter als Verfahren der Biotechnologie“, AZ 14178-o1, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, 1998

Schulze, E. (1996) (Hrsg.): Hygienisch-mikrobiologische Wasseruntersuchungen, Gustav-Fischer-Verlag, Jena 1996

Schwarz, M., Philipp, W., Böhm, R. (1999): Vergleichende seuchenhygienisch-mikrobiologische Untersuchungen an einer horizontal und drei vertikal beschickten Pflanzenkläranlagen mit vorgeschalteter Mehrkammerausfallgrube bzw. einem als Grobstofffang dienenden Rottebehälter (Rottefilter). Institut für Umwelt- und Tierhygiene sowie Tiermedizin mit Tierklinik der Universität Hohenheim, Abschlussbericht Az.: 53-8950.11/1 zum Vorhaben Nr. 90/96-98, Hohenheim

Seidel, K. und López-Pila, J.M. (1992): Neue pathogene Keime in der Umwelt unter besonderer Berücksichtigung der Trinkwasserhygiene. Bundesgesundheitsblatt **6**, 303-307

Shrestha, R.R., Haberl, R., Laber, J., Manandhar, R., Mader, J. (2000): Application of Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Nepal. 7th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution, Control, Vol II, 995-1002, University of Florida, Lake Buena Vista, Florida I

Sigl, C., Kugler, R., Schindler, P., Huber, H.-Ch. (2000): Nachweis von Enterohämorrhagischen E.coli (EHEC) in Oberflächengewässern und Trinkwasserproben in Südbayern. 8.Kongress der Gesellschaft für Hygiene und Umweltmedizin vom 29.-31.03.2000, Bonn

Stelzer, W. (1988): Hygienische Bewertung des Vorkommens und der Verbreitung von antibiotikaresistenten Bakterien (Koliforme), Salmonellen und Campylobacter jejuni/coli im Wasser. Dissertation (B). Technische Universität Dresden.

Stelzer, W., Jacob, J. (1991): A study of Campylobacter in sewage sludge and in river water. Water Science and Technology **24**, 117-120

Tobias, H., Heinemeyer, E.-A. (1994): Möglichkeiten der Keimreduktion durch moderne Kläranlagentechnik am Beispiel der Kläranlage in Norden/Ostfr.. In Heinemeyer, E.-A. (Hrsg.): Hygiene, Mikrobiologie und Küstengewässer. Arbeiten zur Natur- und Landeskunde Ostfrieslands Bd. 5, 100-112, Aurich: Ostfriesische Landschaft.

Vansbotter, B., Nolde, E. (1997): Ergebnisse der hygienisch-mikrobiologischen Untersuchungen an der „Pflanzenklär- und Betriebswasseranlage“ des Besucherzentrums „Drei Eichen“. Technische Universität Berlin, Institut für Technischen Umweltschutz, FG Umweltmikrobiologie und Technische Hygiene, Berlin

Vymazal, J., Balcarova, J., Dousova, H. (2000): Bacterial Dynamics in the Sub-Surface Constructed Wetland. 7th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution, Control, Vol I, 501-504, University of Florida, Lake Buena Vista, Florida

Ziegert, E. (1988): Vorkommen, Nachweis und Antibiotikaresistenz von *Yersinia enterocolitica* im Wasser. Schriftenreihe „Gesundheit und Umwelt“ des Forschungsinstituts für Hygiene und Mikrobiologie, Bad Elster, 4, 32.59.

Ziegert, E., Diesterweg, I. (1990): Untersuchungen zum Vorkommen von *Yersinia enterocolitica* im Abwasser. Zentralblatt Mikrobiologie 145, 367-375

7.2 Rechtliche Regelungen, DIN- bzw. ISO/CEN-Bestimmungsverfahren, weitere Methoden

AbwV (2000): Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung – AbwV) vom 9. Februar 1999: BGBl. I 1999, S. 86, Änderungen vom 29. Mai 2000 BGBl. I, 2000, S. 751 – Anhang 1: Gemeinden

Bundesgesundheitsblatt (1995): 10 385-396; Mikrobiologische Untersuchungsverfahren von Badegewässern nach der Badegewässerrichtlinie 76/160/EWG

DIN 19650 (1998): „Hygienische Belange von Bewässerungswasser“. Beuth, Berlin

DIN 38404-C4 (1976): Bestimmung der Temperatur (°C)

DIN 38404-C5 (1984): Bestimmung vom pH-Wert (pH)

DIN 38404-C8 (1985): Bestimmung der Leitfähigkeit (L_F)

DIN 38408-G22 (1986): Bestimmung des Sauerstoffgehalts (O_2)

DIN 38404-H4-1 (1986): Bestimmung des Chemischen Sauerstoffbedarfs (CSB)

DIN 38409-H3 (1983): Bestimmung vom Gesamt Organischen Kohlenstoff (TOC)

DIN 38409-H14 (1985): Bestimmung der Adsorbierbaren Organischen Halogenverbindungen (AOX)

DIN 38406-E22 (1986): Bestimmung von Schwermetallen, Alkalien, Erdalkalien nach (ICP-OES)

DIN 38411 T.5 (1979): Mikrobiologische Verfahren – Bestimmung der Koloniezahl

DIN EN ISO 9308-3 (1999): Nachweis und Zählung von *Escheria coli* und coliformen Bakterien in Oberflächenwasser und Abwasser

DIN EN ISO 7899-1 (1999): Nachweis und Zählung von intestinalen Enterokokken in Oberflächenwasser und Abwasser

DIN EN ISO 7899-2 (1999): Water quality – Detection and Enumeration of Intestinal Enterococci – Part 2 Membrane Filtration Method

DIN EN ISO 10167 (1998): Nachweis von *E. coli* 0157 in Fleisch und Fleisch-erzeugnissen

DIN EN ISO 26 461 (1993): Nachweis und Zählung der Sporen sulfatreduzierender Anaerobier (Clostridien), T. 1: Flüssigkeitsanreicherung

DIN EN ISO 6340 (1994): Wasserbeschaffenheit: Nachweis von Salmonellen

ISO WD 6340 (2000): Bestimmung von Salmonellen

Epidemiologisches Bulletin des RKI 34 (2000): Enterohämorrhagische Escherichia-coli-Infektionen (EHEC), 271-275.

DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 91 (1997). BMBF-Statusseminar „Vorkommen und Verhalten von Mikroorganismen und Viren im Trinkwasser“. S.63-89.

EG (1975): Richtlinie des Rates vom 16.06.1975 über die Qualitätsanforderungen an Oberflächenwasser für die Trinkwassergewinnung in den Mitgliedstaaten (75/440/EWG), Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr I 194, 34-39 vom 25.07.1975

EG (1976): Richtlinie des Rates vom 08.12.1975 über die Qualität der Badegewässer (76/160/EWG). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 31, 1-7 vom 05.02.1976)

EWRL (2000): Richtlinie des Rates vom 23.10.2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Europäische Wasserrahmenrichtlinie) (2000/60/EG) Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 327/1, vom 22.12.2000

IfSG (2000): Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten des Menschen (Infektionsschutzgesetz – IfSG) vom 20.07.2000; BGBl. I S. 1045 – 1077

NRW-MFURL (1991): Allgemeine Güteanforderungen für Fließgewässer (AGA) Rd. Erl. vom 14.05.1991, Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf

Schnelltest Merck Nr. 14752 Ammonium (NH₄)
Merck Nr. 14773 Nitrat (NO₃)
Merck Nr. 14776 Nitrit (NO₂)
Merck Nr. 14848 Orthophosphat (o-PO₄)
Merck Nr. 14543 Gesamtphosphat (PO_{4ges})

SenBauWohn (1995): Merkblatt Betriebswassernutzung in Gebäuden. Senatsverwaltung für Bau- und Wohnungswesen, Berlin.

TrinkwV (1990, 1993, 2001): Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasserverordnung - TrinkwV) vom 05.12.1990; BGBl. I, S. 2612-2631, ber. 1991 S. 227, geändert durch Art. 77 VO vom 26.02.1993, BGBl. I, S. 278, geändert. 21.05.2001, BGBl. I, S. 959-979

ANHANG 1

Mikrobiologische Untersuchungsmethoden

Inhaltsverzeichnis

1	Koloniezahl	5
	Allgemeines	5
	Methodik	5
	Literatur	6
2	E. coli / coliforme Bakterien	7
	Allgemeines	7
	Methodik	7
	Literatur	8
3	Enterokokken	9
	Allgemeines	9
	Methodik	9
	Literatur	10
4	Clostridien	11
4.1	Allgemeines	11
4.2	Sulfitreduzierende sporenbildende Anaerobier („Clostridien“)	12
	Allgemeines	12
	Methodik	12
	Literatur	13
4.3	Clostridium perfringens	13
	Allgemeines	13
	Methodik	14
	Literatur	15
5	Coliphagen	17
	Allgemeines	17
	Methodik	17
	Untersuchungsgang und Auswertung	18
6	Salmonellen	21
	Allgemeines	21
	Methodik	21
	Literatur	22
7	Campylobacter / Arcobacter	23
	Allgemeines	23
	Methodik	24
	Literatur	25
8	Yersinia	27
	Allgemeines	27
	Methodik	27
	Literatur	28
9	Enterohämorrhagische <i>E. coli</i> (<i>EHEC's</i> , <i>E. coli</i> O 157)	29
	Allgemeines	29
	Methodik	29
10	Cryptosporidien und Giardien	31
	Allgemeines	31
	Methodik	31
	Literatur	32

1 KOLONIEZAHL

1.1 Allgemeines

Als Koloniezahl wird die Zahl der mit 6 bis 8facher Lupenvergrößerung sichtbaren Kolonien bezeichnet, die sich aus den in 1 ml des zu untersuchenden Wassers befindlichen Bakterien in Plattenkulturen mit nährstoffreichen, peptonhaltigen Nährböden bei festgelegten Bebrütungstemperaturen und innerhalb einer bestimmten Zeit entwickeln.

Die im folgenden beschriebene Methode zur Koloniezahlbestimmung kann für Abwasser, Oberflächenwasser, Rohwasser zur Trinkwasseraufbereitung, Badebeckenwasser, Trinkwasser und Mineral-, Quell- und Tafelwasser eingesetzt werden. Das Untersuchungsvolumen der Wasserprobe beträgt 1 ml bzw. bei verschmutzten Wässern Verdünnungsstufen davon.

1.2 Methodik

Bestimmung nach DIN 38411 T.5 (1979)

- Nährmedien
 - Nähragar
- Untersuchungsgang

Die Wasserprobe wird - falls sie gekühlt aufbewahrt wurde - durch kurzes Einstellen in den Brutschrank vorgewärmt und gut gemischt. Dann werden je 1,0 ml des Probenwassers in zwei sterile Kulturschalen (90 bis 100 mm Durchmesser) pipettiert, wobei der Deckel der Schale schräg angehoben wird. Stärker verschmutzte Wässer müssen vorher mit sterilem Wasser verdünnt werden, z. B. im Volumenverhältnis 1 zu 10, 1 zu 100, 1 zu 1000 usw.

Entscheidend ist, dass die Zahl der anwachsenden Kolonien bei der Auswertung zwischen 30 und 300 liegt. In der Regel werden aus mehreren Verdünnungsstufen Platten angesetzt.

Der in Reagenzröhrchen zu 10 ml abgefüllte Nähragar wird im Dampftopf verflüssigt und im Wasserbad auf 45 bis 50 °C abgekühlt.

Der flüssige Nähragar wird unter sterilen Bedingungen vorsichtig in die Kulturschale zur Wasserprobe gegossen. Die Kulturschale wird bei aufgelegtem Deckel zur guten Durchmischung des Nährbodens mit dem Wasser vorsichtig in Form einer 8 geschwenkt und in waagerechter Lage zur Erstarrung des Gemisches abgestellt.

Für die Untersuchung von Abwasser sollten aus fachlichen und praktikablen Gründen die 20 ± 2 °C und 36 ± 1 °C-Ansätze mindestens 44 ± 4 Stunden bebrütet werden.

- Auswertung

Die Auszählung der Kolonien (koloniebildende Einheiten) erfolgt mit 6 bis 8facher Lupenvergrößerung. Die dabei sichtbaren Kolonien sind in der Regel

kreis- oder spindelförmig. Bei Ansätzen mit Verdünnungen der Wasserprobe sollten nur Kulturschalen ausgewertet werden, auf denen die Gesamtzahl der Kolonien zwischen 30 und 300 liegt. Bei der Berechnung der Koloniezahl ist die jeweilige Verdünnung zu berücksichtigen.

Die Koloniezahl wird auf 1 ml des untersuchten Wassers bezogen. Liegt der Wert über 100, so wird er auf ganze Zehner, bei Werten über 1000 auf ganze Hunderter gerundet, angegeben. Art des Nährbodens, Bebrütungsdauer und -temperatur sind ebenfalls zu protokollieren.

1.3 Literatur

DEV: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Kapitel K5, Bestimmung der Koloniezahl. Verlag Chemie, Weinheim, 6. Lieferung (Ausgabe 1971).

DIN 38 411 T. 5: Mikrobiologische Verfahren - Bestimmung der Koloniezahl (Ausgabe 1979).

Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasserverordnung- TrinkwV) vom 12. Dezember 1990, BGBl. I (1990): 2612-2631.

2 E. COLI / COLIFORME BAKTERIEN

2.1 Allgemeines

Im Rahmen hygienisch-mikrobiologischer Wasseruntersuchungen werden *Escherichia coli*, coliforme Bakterien, Gesamtcoliforme, Fäkalcoliforme oder thermotolerante Coliforme als Indikatorkeime für das Vorliegen von Verunreinigungen mit Warmblüterfäkalien erfasst.

Escherichia coli (*E. coli*) und coliforme Bakterien sind gramnegative, unbewegliche oder durch peritriche Begeißelung bewegliche, nichtsporenbildende, cytochromoxidasenegative Stäbchenbakterien, die den Zucker Lactose aerob und anaerob abbauen können und zur Familie der Enterobacteriaceae gehören.

Bei den coliformen Bakterien, zu denen auch *E. coli* zählt, handelt es sich um viele unterschiedliche Bakterienarten aus den Gattungen Enterobacter, Klebsiella, Citrobacter u.a.m..

Für die Untersuchung von Abwasser- und Oberflächenwasserproben ist das Nachweisverfahren, welches für Badegewässer entwickelt wurde, praktikabel. Bei Badegewässern werden zum einen Gesamtcoliforme erfasst, wobei seitens einer Länderarbeitsgruppe in Deutschland festgelegt wurde, hierunter nur aus Lactose gasbildende Enterobakterien zu verstehen. Zum anderen werden Fäkalcoliforme oder thermotolerante Coliforme bestimmt, d.h. coliforme Bakterien, die Lactose noch bei 44 °C mit Säure- und Gasbildung vergären. In den meisten Wasserproben in unserem Raum ist *E. coli* der meist vertretene fäkalcoliforme Mikroorganismus, daher werden bei der Bestimmung oft *E. coli* und fäkalcoliforme Bakterien gleichgesetzt.

2.2 Methodik

Es wird die vom Umweltbundesamt für Badegewässer empfohlene Methode verwendet (Bundesgesundheitsblatt 10 / 1995: 385-396).

- Nährmedien
 - Laurylsulfat-MUG-Bouillon (MUG = 4-Methylumbelliferyl- β -D-Glucuronid)
- Untersuchungsgang

Der Nachweis von *E. coli* und coliformen Bakterien erfolgt quantitativ mittels eines MPN-Ansatzes.

Dabei werden unterschiedliche Volumina bzw. Verdünnungen der Wasserprobe (logarithmische Abstufung) zu 10 ml Laurylsulfat-MUG-Bouillon gegeben. Die Flüssigkulturen werden im Brutschrank bei 36 ± 1 °C maximal 44 ± 4 Stunden bebrütet.

- Auswertung

E. coli ist durch Spaltung von MUG und damit einhergehender Fluoreszenz (UV-Licht, 366 nm) sowie durch Gasbildung definiert.

Coliforme Mikroorganismen sind durch das Merkmal der Gasbildung charakterisiert.

Aus der Anzahl positiver Röhren des MPN-Ansatzes (most probable number) wird eine Kennziffer gebildet. Die zu dieser Kennziffer gehörige höchstwahrscheinliche Zahl an Mikroorganismen kann aus einer MPN-Tabelle abgelesen werden.

Für die Zusatzuntersuchungen zum Einfluss von Transport- und Lagerzeiten auf *E. coli* wurde die DIN EN ISO 9308-3 verwendet.

- Nährmedien
 - MUG/EC Medium (MUG = 4-Methylumbelliferyl- β -D-Glucuronid)
- Untersuchungsgang

Der Nachweis von *E. coli* wird quantitativ (MPN-Ansatz) geführt. Die Proben werden in unterschiedlichen Verdünnungen in Mikrotiterplatten eingepflegt. Die Mikrotiterplatten enthalten bereits das fertige Kulturfiltrat. Die Bebrütung erfolgt bei $44 \pm 0,5$ °C für 36 bis maximal 72 Stunden.

- Auswertung

E. coli wird durch eine blaue Fluoreszenz (UV-Licht, 366 nm) angezeigt. Die Ergebnisse werden als Wahrscheinlichkeitszahl (MPN) je 100 ml angegeben.

2.3 Literatur

Mikrobiologische Untersuchungsverfahren von Badegewässern nach der Badegewässerrichtlinie 76/160/EWG. Bundesgesundheitsblatt 10 / 1995: 385-396.

DIN EN ISO 9308-3: Nachweis und Zählung von *Escherichia coli* und coliformen Bakterien in Oberflächenwasser und Abwasser (1999).

3 ENTEROKOKKEN

3.1 Allgemeines

Die intestinalen Enterokokken sind neben *E. coli* und den coliformen Bakterien ein weiterer Indikator für fäkale Verunreinigungen. Die am häufigsten im Fäzes von Menschen und warmblütigen Tieren vorkommenden Arten sind *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus durans* und *Enterococcus hirae*.

Mit der hier angewandten Methode werden diese 4 *Enterococcus*-Arten nachgewiesen. Daneben können u.U. auch weitere fäkale Arten wie *Enterococcus avium*, *Enterococcus cecorum*, *Enterococcus gallinarum* sowie *Streptococcus*-Arten (*Streptococcus bovis*, *Streptococcus equinus*) erfasst werden. Da diese allerdings seltener in Umweltproben vorkommen und kürzere Überlebenszeiten im Wasser haben als die o.g. intestinalen Enterokokken ist ihre Wiederfindungsrate normalerweise gering.

Intestinale Enterokokken sind grampositiv, katalasenegativ, wachsen im Temperaturbereich von 10° C bis 45°C und in Gegenwart von 0,02 % Natriumazid, 6,5 % Natriumchlorid, 40 % Rindergalle und beim pH-Wert von 9,6. Sie sind fähig zur Hydrolyse von Äsculin, was bevorzugt zu ihrem Nachweis ausgenutzt wird.

Der Nachweis intestinaler Enterokokken zeigt mit hoher Wahrscheinlichkeit eine fäkale Verunreinigung des Wassers an.

Intestinale Enterokokken vermehren sich kaum im Wasser, ihre Überlebensdauer kann jedoch, je nach Umweltverhältnissen, größer als die von *E. coli* oder coliformen Bakterien sein. Damit kann ihr Nachweis u. U. ein Indiz für eine länger zurückliegende Kontamination darstellen.

3.2 Methodik

Die Untersuchung auf Enterokokken erfolgt entsprechend ISO 7899-2.

- Nährmedien
 - m-Enterococcus Agar (Slanetz und Bartley)
 - Galle-Äsculin-Azid Agar
- Untersuchungsgang

Die zu untersuchende Wasserprobe (100 ml bzw. weniger oder entsprechende Verdünnungsstufen) wird membranfiltriert und der Membranfilter direkt auf m-Enterococcus-Agar aufgelegt. Die Platten werden 44 ± 4 Stunden bei 36 ± 2 °C bebrütet.

Als Enterokokken werden alle Kolonien gewertet, die eine braune bis schwarze Farbe in der Kolonie und/oder im umgebenden Medium bilden.

Bei Vorliegen o.g. Kolonien wird zur Bestätigung der gesamte Membranfilter auf vorgewärmten Galle-Äsculin-Azid-Agar überführt und die Platte bei 44 ± 0,5 °C für 2 Stunden inkubiert.

- Auswertung

Als Enterokokken werden alle Kolonien gezählt, die auf Galle-Äsculin-Azid Agar eine gelbbraune bis schwarze Färbung im umgebenden Medium aufweisen (Äsculinhydrolyse).

Für die zusätzlichen Untersuchungen zur Beeinflussung der Absterberate der Mikroorganismen durch längere Transport- und Lagerzeiten wurde die DIN EN ISO 7899-1 angewendet.

- Nährmedien
 - MUD/SF Medium (MUD = 4-Methylumbelliferyl- β -D-Glucosid)
- Untersuchungsgang

Die Untersuchung auf intestinale Enterokokken erfolgt quantitativ (MPN-Ansatz). Die Proben werden in unterschiedlichen Verdünnungen in Mikrotiterplatten, welche das fertige Kulturmedium enthalten, einpipetiert und anschließend bei $44 \pm 0,5$ °C für 36 bis maximal 72 Stunden.

- Auswertung

Das Vorkommen von Enterokokken wird durch Fluoreszenz (UV-Licht, 366 nm) angezeigt.

Die Ergebnisse werden als Wahrscheinlichkeitszahl (MPN) je 100 ml angegeben.

3.3 Literatur

ISO 7899-2: Water quality - Detection and enumeration of intestinal enterococci- Part 2 Membrane filtration method (1999).

DIN EN ISO 7899-1: Nachweis und Zählung von intestinalen Enterokokken in Oberflächenwasser und Abwasser (1999).

4 CLOSTRIDIEN

4.1 4.1 Allgemeines

Der Gattung Clostridien gehören mehr als 90 Arten anaerober stäbchenförmiger Bakterien an, welche die Fähigkeit besitzen, Sporen als Dauerformen auszubilden. Zu den Clostridien zählen bekannte Krankheitserreger wie *Clostridium tetani*, *Clostridium botulinum* oder *Clostridium perfringens*. Die Mehrzahl der Clostridien ist jedoch apathogen.

In dieser Arbeit wurden zwei Methoden zum Nachweis von Clostridien angewandt. Mit der Methode, welche in der TrinkwV von 1990 beschrieben ist und als DIN (DIN EN 26 461 Teil 1 und 2) vorliegt, wird die Gruppe der „sulfitreduzierenden sporenbildenden Anaerobier“, also eine sogenannte physiologische Gruppe, nachgewiesen. Neben humanmedizinisch bedeutsamen Arten wie dem Gasbranderreger *Clostridium perfringens* werden jedoch auch apathogene Clostridienarten erfasst. Ein Nachweis ausschließlich pathogener Arten ist hiermit nicht möglich, aber auch im Sinne der Überwachung der Trinkwasserqualität hier nicht gefordert. Der Nachweis der „physiologischen Gruppe“ soll durch die Resistenz der Sporen generell auf eine länger zurückliegende fäkale Verunreinigung hinweisen.

Da das prinzipielle Anliegen der Untersuchungen des Projektes aber darin bestand, das Verhalten von Krankheitserregern bei der Aufbereitung des Abwassers zu untersuchen, wurde eine zweite Methode verwendet, die ausschließlich auf den Nachweis von *Clostridium perfringens* gerichtet ist. Mit dem in der TrinkwV 2001 beschriebenen Verfahren wird ausschließlich *Clostridium perfringens* nachgewiesen. Eine Norm zum Nachweis von *Clostridium perfringens* aus Wasserproben wird derzeit bei ISO erarbeitet. Als Selektivmedium zum Nachweis von *Clostridium perfringens* wird in der TrinkwV 2001 der m-CP-Agar angegeben. Bei der Normung des Verfahrens wird derzeit ein weiteres Medium, der TSC-Agar, untersucht.

Alle Einzelwerte, welche sowohl mit dem Verfahren nach TrinkwV 1990 / DIN EN 26 461 Teil 1 als auch mit demjenigen nach TrinkwV 2001 unter Einbeziehung des m-CP- und des TSC-Mediums erzielt wurden, sind im Anhang dargestellt.

Die Ergebnisse nach TrinkwV 1990 und TrinkwV 2001 (m-CP und TSC) zeigten prinzipielle Unterschiede. So liegen die MPN-Werte (Methode TrinkwV 1990) mehrheitlich niedriger als die mittels Membranfiltration (Methode TrinkwV 2001) erhaltenen Befunde. Die Unterschiede zwischen den MPN- und den m-CP/ TSC-Werten betragen zum Teil mehrere log-Stufen; sie sind umso größer, je höher die Gesamtzahl an Clostridien ist.

Um die Diskrepanz zwischen den Ergebnissen nach TrinkwV 1990 und 2001 zu erklären, wurden umfangreiche Laborexperimente durchgeführt. Unterschiede in der Art der Anreicherung könnten zu den zitierten Divergenzen geführt haben. Nach TrinkwV 1990 wird die Anreicherung der Wasserprobe in einem flüssigen Medium vorgenommen, nach TrinkwV 2001 wird die Probe filtriert und der Filter auf ein festes Medium aufgelegt.

Zum Auskeimen der Sporen sind anaerobe Bedingungen notwendig. Anaerobe Bedingungen werden durch einfachen Austausch der Luft mit einem sauerstofffreien Gasgemisch relativ leicht geschaffen. Bei Plattenkulturen, d.h. fes-

ten Nährmedien, ist dies einfach zu realisieren. Bei flüssigen Kulturen könnte der Sauerstoffentzug innerhalb des Mediums unvollständig oder verzögert erfolgen und somit das Vorliegen strikt anaerober Verhältnisse nicht gewährleistet sein. Nur ein Teil der Clostridien wächst im Medium an, während auf festen Medien nahezu alle Mikroorganismen geeignete Bedingungen finden und anwachsen können. Dies wäre eine mögliche Erklärung für die unterschiedlichen Ergebnisse nach beiden Bestimmungsverfahren.

4.2 4.2 Sulfitreduzierende sporenbildende Anaerobier („Clostridien“)

4.3 Allgemeines

Clostridien werden auch als sulfitreduzierende sporenbildende Anaerobier bezeichnet, je nach der systematischen Definition der Gattung Clostridium. Die bei fast allen Clostridien vorhandene Fähigkeit zur Sulfitreduktion ist für das im folgenden beschriebene Anzuchtverfahren aus Trink-, Oberflächen-, und Abwasser von besonderer Bedeutung. Dieses Verfahren verfolgt den Nachweis der Clostridiensporen.

Der Nachweis von Endosporen sulfitreduzierender Clostridien zeigt Verunreinigungen an, welche fäkaler Natur sein können. Diese Verunreinigungen können, durch die Sporenresistenz bedingt, bereits sehr lange zurückliegen. Die Sporen können Desinfektionsmaßnahmen widerstehen.

Beim Nachweis von sulfitreduzierenden Clostridien werden sowohl humanmedizinisch bedeutsame Arten wie der Gasbranderreger *Clostridium perfringens*, aber auch apathogene Clostridienarten erfasst. Aufgrund der natürlichen Verbreitung der apathogenen Clostridien in der Umwelt finden sich Clostridiensporen nicht nur regelmäßig im Abwasser, sondern auch in Böden und Gewässersedimenten. Die weitergehende Typisierung bleibt Speziallaboratorien vorbehalten.

4.4 Methodik

Bestimmung nach TrinkwV (1990)

- Nährmedien
 - Clostridien-Differential-Bouillon (DRCM)
 - Blut-Glucose-Agar

- Untersuchungsgang

Das Ziel des hier beschriebenen Untersuchungsverfahrens ist der Nachweis von sulfitreduzierenden Clostridien aus deren Endosporen. Dabei wird die durch Sulfidbildung verursachte Schwarzfärbung der Kolonien zur Erkennung ausgenutzt.

Da die Untersuchung auf den Nachweis der Endosporen der Clostridien ohne deren vegetative Stadien abzielt, wird die zu untersuchende Wasserprobe vor der eigentlichen Untersuchung auf 75 ± 5 °C erhitzt und 10 Minuten bei dieser Temperatur gehalten. Dabei werden die vegetativen Stadien und eine unerwünschte Begleitflora abgetötet. Nach rascher Abkühlung werden die Proben weiterverarbeitet.

Die Methode zur Flüssigkeitsanreicherung kann für die Untersuchung aller Wasserarten angewendet werden. Sie entspricht der TrinkwV (1990) und geringfügig modifiziert DIN EN 26461-1 (1993).

Der Nachweis der sulfitreduzierenden sporenbildenden Anaerobier erfolgt quantitativ mittels eines MPN-Ansatzes. Dabei werden unter sterilen Bedingungen unterschiedliche Volumina (100 ml, 50 ml, 10 ml) des zu untersuchenden Wassers zu doppeltkonzentrierter DRCM-Bouillon gegeben. Sind bei stark verschmutzten Proben kleinere Volumina zu untersuchen, so gibt man 1 ml Untersuchungswasser (oder eine Verdünnung 1 : 10, 1 : 100 o.ä. davon) zu 25 ml einfach konzentrierter DRCM-Bouillon.

Die Bebrütung erfolgt 44 ± 4 Stunden bei 36 ± 1 °C in einem Anaerobier-Topf.

- Auswertung

Die Schwarzfärbung der Flüssigkeitsanreicherung wird als positiv bewertet. Zur Bestätigung wird auf Blut-Glucose-Agar überimpft und sowohl anaerob als auch aerob bei 36 ± 1 °C für 24 ± 4 Stunden inkubiert. Die Diagnose sulfitreduzierende sporenbildende Anaerobier ist bestätigt, wenn diese ausschließlich anaerob auf Blut-Glucose-Agar wachsen.

Anhand der Anzahl der positiven Ansätze wird mittels einer MPN-Tabelle ein Index ermittelt. Dieser MPN-Index bezeichnet die wahrscheinlichste Keimzahl in einem Wasservolumen, hier in 100 ml.

4.5 Literatur

Verordnung über Trinkwasser und Wasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasserverordnung – TrinkwV) vom 12. Dezember 1990, BGBl. I (1990): 2612-2631.

DIN EN 26 461 T.1: Nachweis und Zählung der Sporen sulfitreduzierender Anaerobier (Clostridien). Teil 1: Flüssigkeitsanreicherung (1993).

4.6 4.3 Clostridium perfringens

4.7 Allgemeines

Neben der bereits oben beschriebenen Methode zum Nachweis von sulfitreduzierenden sporenbildenden Anaerobiern mittels Flüssigkeitsanreicherung in DRCM-Bouillon wurde eine weitere Methode, die Membranfiltration mittels m-CP (modified membrane Clostridium perfringens Agar) und TSC-Agar (Eigelfreier Tryptose-Sulfit-Cycloserin-Agar), angewandt.

Mit der Membranfiltrationsmethode auf m-CP- und TSC-Agar wird im Gegensatz zu der Methode nach TrinkwV 1990 ausschließlich die Art *Clostridium perfringens* erfasst.

Clostridium perfringens wurde als neuer Parameter zur mikrobiologischen Überwachung des Trinkwassers in die ab 2003 gültige Trinkwasserverordnung aufgenommen. Er dient dabei als Indikator für Parasitendauerformen, da die

Sporen von *Clostridium perfringens* ähnlich resistent gegen Chlor wie die Parasitendauerformen sein sollen.

In der „Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch“ und in der ab 2003 in Kraft tretenden Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001), welche die bis dahin gültige Verordnung (TrinkwV 1990) ersetzt, wird für den Nachweis von *Clostridium perfringens* die Membranfiltrationsmethode mittels m-CP-Agar angegeben.

Eine Norm, weder international noch national, zum Nachweis von *Clostridium perfringens* aus Wasserproben gibt es noch nicht.

Im Rahmen der internationalen Normung (ISO/CEN) wird als weiteres Nährmedium der TSC-Agar, welcher zur Bestimmung von *Clostridium perfringens* in Lebensmitteln eingesetzt wird (§ 35 LMBG), getestet. Erste orientierende Untersuchungen weisen auf eine höhere Sensitivität des TSC-Agars im Vergleich zum m-CP-Agar hin (Ergebnisse unveröffentlicht).

Die Wasserproben wurden deshalb von uns sowohl mittels m-CP-Agar als auch mittels TSC-Agar auf *Clostridium perfringens* untersucht.

4.8 Methodik

- Nährmedien
 - m-CP-Agar
 - TSC-Agar
- Untersuchungsgang

Die zu untersuchende Wasserprobe wird filtriert (Zellulosenitratfilter, Porenweite 0.2 µm). Jeweils ein Filter wird auf m-CP- und TSC-Agar aufgebracht und anaerob bei 44 ± 1 °C für 21 ± 3 Stunden inkubiert.

- Auswertung

m-CP-Agar

Clostridium perfringens bildet gelbe Kolonien, welche nach Alkalisierung (Bedampfen mit Ammoniumhydroxid für 20 bis 30 Sekunden) eine rote Färbung annehmen.

4.8.1.1 TSC-Agar

Als *Clostridium perfringens* werden alle Kolonien gezählt, welche schwarze bzw. gelb-braune Kolonien bilden und typische biochemische Reaktionen aufweisen.

Clostridium perfringens bildet gemäß Hersteller nur schwarze Kolonien auf TSC-Agar aus. Da aber aus Untersuchungen u.a. der Arbeitsgruppe ISO TC 147/ SC 4 WG 5 „Clostridien“ (unveröffentlicht) bekannt ist, dass auch die gelb-braunen Kolonien *Clostridium perfringens* sein können, werden diese, nachdem sie durch weitere biochemische Tests als *Clostridium perfringens* bestimmt worden sind, zu den positiven Kolonien dazugezählt.

4.9 Literatur

Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasserverordnung – TrinkwV) vom 12. Dezember 1990, BGBl. I (1990): 2612-2631.

EG: Richtlinie des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (98/83/EG). Amtsblatt der EG Nr. L 330 vom 05.12.1998, S. 32 – 54.

Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung (Trinkwasserverordnung-TrinkwV) vom 21. Mai 2001, BGBl. I (2001):959-979.

Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach §35 LMBG: Untersuchung von Lebensmitteln – Bestimmung von *Clostridium perfringens* in Fleisch und Fleischerzeugnissen. (Mai 1984), L 06.0020.

5 COLIPHAGEN

5.1 Allgemeines

Coliphagen sind Bakterienviren, die *E. coli* als Wirtsorganismus befallen. Sie sind im kommunalen Abwasser stets nachweisbar und haben vergleichbare ökologische Eigenschaften wie die humanpathogenen Enteroviren. Im Gegensatz zu den enteralen Viren können Coliphagen in den Wasserproben mit sehr geringem Zeit- und Materialaufwand untersucht werden. Sie scheinen für das Monitoring von Oberflächengewässer hinsichtlich der Kontamination mit enteralen Viren gut geeignet zu sein.

5.2 Methodik

Coliphagen werden auf dem Zellrasen eines bestimmten *E. coli*-Stammes in einer Nährgarkulturplatte nachgewiesen. Im Gegensatz zum Nachweis von enteralen Viren führt die direkte Animpfung einer spezifischen *E. coli*-Kultur mit der Wasserprobe bereits nach 24stündiger Bebrütung bei 37 °C zu einem sichtbaren Effekt. Aufgrund der infizierten und lysierten Bakterien auf dem *E. coli*-Rasen, kommt es zur Bildung der makroskopisch erkennbaren, runden, relativ scharf begrenzten Aufhellungen (Plaques) mit Durchmesser von 0,5 – 5 mm.

- Nährmedien

Verschiedene Stämme von *E. coli* können als Wirtsbakterium für Coliphagen herangezogen werden (Havelaar, 1986). In dieser Methode dient *E. coli* K13 (ATCC 15766) als Wirtsbakterium.

- Trypton Hefe Extrakt (THE)-Nährlösung

THE-Nährlösung wird für die Anzucht der frischen *E. coli* K13-Kultur eingesetzt.

Bestandteile: 10 g Trypton
 8 g NaCl
 1 g Hefeextrakt
 1 g Glucose
 0,22 g CaCl₂
 ad 1000 ml entionisiertes Wasser

Herstellung:

Trypton, Hefeextrakt, Glucose, NaCl und CaCl₂ werden in einem Glaskolben in entionisiertem Wasser unter Erhitzen gelöst und auf einen pH-Wert von 6,8 ± 0,1 eingestellt. Die Lösung wird 15 min bei 121 °C autoklaviert.

- Trypton Hefe Extrakt (THE)-Weichagar

THE-Weichagar wird für die Kultivierung von mit der Wasserprobe inokulierten *E. coli* K13 in Form eines Zellrasen auf den Platten eingesetzt.

Bestandteile: 10 g Trypton
 8 g NaCl

1 g Hefeextrakt
1 g Glucose
0,22 g CaCl₂
8 g Agar Agar
ad 1000 ml entionisiertes Wasser

Herstellung: wie bei 3.1

- Doppelkonzentrierter Trypton Hefe Extrakt (THE)-Weichagar

Doppelkonzentrierter THE-Weichagar wird bei der Kultivierung der *E. coli* K13-Rasen zum Ansatz der großen Probevolumina von 10 - 100 ml verwendet.

Bestandteile: 20 g Trypton
 16 g NaCl
 2 g Hefeextrakt
 2 g Glucose
 0,44 g Ca Cl₂
 32 g Agar Agar
 ad 1000 ml entionisiertes Wasser

Herstellung: wie bei 3.1

- Anzucht von *E. coli* K13
- *E. coli* K13-Starterkultur

Der Stammkultur von *E. coli* K13 wird auf THE-Weichagarplatten ausgestrichen und bei 36 ± 1 °C übernacht bebrütet. Die Starterkulturplatten können 2 Wochen im Kühlschrank aufbewahrt werden.

- *E. coli* K 13-Kultursuspension

Zur Inokulation mit der Wasserprobe wird *E. coli* K13 zuerst in THE-Nährlösung frisch kultiviert. Aus einer Starterkulturplatte werden *E. coli* K13 in 3 ml THE-Nährlösung mit Hilfe einer Pipette abgeschwemmt. Diese Suspension wird mit 50 ml THE-Nährlösung (ausreichend für 100 Tests) vermischt und in einem Schüttelwasserbad bei 120 Upm und einer Temperatur von 37 °C bis zum Erreichen einer optischen Dichte (1 cm Schichtdicke, Wellenlänge: 578 nm) von 0,6 - 0,8 4-6 h inkubiert.

5.3 Untersuchungsgang und Auswertung

- Nachweis in Probevolumen bis 1 ml

- Die Proben werden in die sterilen Reagenzröhrchen pipettiert.
- 0,5 ml der frisch hergestellten *E. coli* K13-Suspension wird der Probe zugegeben.
- Diese wird anschließend mit 10 ml THE-Weichagar versetzt und in die Kulturplatten (Durchmesser 9 cm) gegossen.
- Nach 24-stündiger Inkubation der Kulturen bei 36 ± 1 °C werden die Plaques (helle Löcher im trüben *E.coli* K13-Rasen) gezählt und daraus die Konzentration des Coliphagen als pfu (plaque forming unit) pro ml Probe berechnet.

- Nachweis in Probevolumen von 10 – 100 ml

Anhang 1

Diese Methode wird bei Untersuchungen der großen Probevolumina von 10 – 100 ml eingesetzt, wenn in 1 ml der zu untersuchenden Probe kein Nachweis von Bakteriophagen zu erwarten ist:

- 100 (10) ml Probe werden in eine 300 ml sterilen Erlenmayerkolben im Wasserbad ca. 10 min bei 37 °C temperiert.
- 10 (1) ml frisch kultivierte *E. coli* K13 Suspension werden der Probe zugegeben.
- Die Probe (insgesamt 110 (11) ml) wird mit 110 (11) ml doppelkonzentriertem THE-Nähragar, welcher zuvor bei 55 °C temperiert war, vermischt, so dass die Endkonzentrationen des Gesamtvolumens (220 bzw. 22 ml) der Konzentration des TYE-Einfach-Nährmediums entspricht.
- Das Gesamtvolumen von 220 (22) ml wird dann auf die leere(n) Kulturplatte(n) (Durchmesser 9 cm) in Volumen von 20 – 25 ml verteilt.
- Nach einer 24stündigen Inkubation von Kulturen bei 36 ± 1 °C werden die Aufhellungen auf der *E. coli*-Rasen jeweiliger Platte gezählt, addiert und als pfu/100 (10) ml wiedergegeben.

Literatur

Bestimmung nach Lopez-Pila, J. (persönliche Mitteilung 2000).

6 SALMONELLEN

6.1 Allgemeines

Salmonellen sind oxidasenegative, fakultativ anaerobe, nichtsporenbildende gramnegative Stäbchenbakterien aus der Familie der Enterobacteriaceae, die in unterschiedlichem Maße für Mensch und Tier pathogen sind. Das Genus *Salmonella* besteht nur aus den beiden Spezies *Salmonella enterica* und *Salmonella bongori*.

Die meisten Salmonellenstämme vergären Glucose unter Gasbildung, sind lactose- und saccharose-negativ, bilden kein Indol, decarboxylieren Lysin, spalten keinen Harnstoff und reduzieren Sulfid zu Sulfid. Wichtige Ausnahmen hiervon sind die fehlende Gasbildung und eine nur geringe Sulfidproduktion bei *S. Typhi* sowie die Lactosevergärung bei etwa Zweidrittel der früher als Arizona bekannten Stämme der Subgruppen IIIa und IIIb.

Das Anreicherungsmedium der Wahl ist das Rappaport-Vassiliadis-Medium. Da Salmonellen ein kurzzeitiges Austrocknen überleben, wird in diesem Medium diese Situation durch eine hypertone Magnesiumchloridlösung künstlich erzeugt. Allerdings wird diese Behandlung nur von frischen, voll lebensfähigen Salmonellen überstanden. Gestresste Bakterien sollten in einer Voranreicherung aufgefrischt werden (z. B. in Peptonwasser). Zur Quantifizierung sollte ein MPN-Ansatz der Flüssigkeitsanreicherung erfolgen. Zur Artbestimmung kommen biochemische und serologische Verfahren zur Anwendung.

6.2 Methodik

- Nährmedien und Reagenzien
 - gepuffertes Peptonwasser (Voranreicherung)
 - Medium nach Rappaport-Vassiliadis (RV-Bouillon zur Anreicherung) nach ISO CD 6340
 - Xylose-Lysin-Desoxycholat-Agar (XLD-Agar) nach ISO CD 6340
 - Brillantgrün-Phenolrot-Lactose-Saccharose-Agar (BPLS-Agar) nach ISO CD 6340
- Untersuchungsgang

Eine Vielzahl von Anreicherungsverfahren und Nährmedien wurde für den Salmonellennachweis entwickelt. Enteritis-Salmonellen und *S. Typhi* müssen aufgrund unterschiedlicher Beeinflussung in verschiedenen Selektivmedien nachgewiesen werden. Obwohl *S. Typhi* in industrialisierten Ländern nur mehr extrem selten in Wasserproben vorhanden ist, ist dies zumindest bei epidemiologischen Verdachtssituationen mit zu berücksichtigen. Für die Isolierung von Salmonellen aus Wasserproben und Schlämmen ist eine akzeptable Untersuchungsvorschrift in einem DIN ISO 6340-Entwurf angegeben. Die Bestimmungen können sowohl qualitativ als auch quantitativ mit einem MPN-Verfahren durchgeführt werden. Das Probenvolumen wird zur Voranreicherung gepuffertem Peptonwasser zugesetzt. Die Bebrütung erfolgt 16 bis 20 Stunden bei 36 ± 1 °C. Danach wird je 1 ml in je 100 ml Medium nach Rappaport-Vassiliadis ($42 \pm 0,5$ °C, 24 Stunden) angereichert (MPN-Ansatz). Aus der Anreicherung wird auf XLD-Agar und BPLS-Agar abgeimpft und nach entsprechender Inkubationszeit (24 - 28 Stunden, 36 ± 1 °C) werden verdächtige Kolonien (XLD-Agar: farblos, rosa bis rot, häufig zentral geschwärzt; BPLS-Agar: rosa weiß bis rot, meist roter Hof) in Nährbouillon (36 ± 1 °C, 24

Stunden) überführt. Von dieser wird auf Kligler überimpft (36 ± 1 °C, 24 Stunden), anschließend werden verdächtige Kolonien in der Bunten Reihe getestet. Serologische Tests schließen sich an.

- Auswertung

Salmonellen sind dann nachgewiesen, wenn das Isolat biochemisch typische Reaktionen aufweist und serologisch bis zum Serovar bestimmt worden ist. Isolate, die biochemisch anders reagieren und nicht agglutinieren, sind keine Salmonellen.

Bei quantitativen Bestimmungen wird der MPN-Index ohne Vertrauensgrenzen angegeben.

6.3 Literatur

DIN ISO CD 6340: Wasserbeschaffenheit: Nachweis von Salmonellen (1994).

7 CAMPYLOBACTER / ARCOBACTER

7.1 Allgemeines

Die Familie der Campylobacteraceae umfasst die Gattungen Campylobacter, Arcobacter, Sulfurospirillum und die Species *Bacteroides ureolyticus*. Campylobacter sind seit langem als Krankheitserreger (Enteritiserreger) bekannt. Zunehmend werden auch thermotolerante sogenannte Arcobacter als potenziell pathogen und ebenfalls als Durchfallerreger beschrieben.

Campylobacter sind gramnegative Bakterien mit einer bis mehreren korkenzieherartig erscheinenden Windungen des Bakterienkörpers. Die Gesamtlänge des Organismus kann bis zu 8 µm betragen. Campylobacter fragmentieren in älteren Kulturen zu kokkoiden Strukturen. Unter der Sammelbezeichnung Campylobacter werden oft auch Campylobacter-ähnliche Bakterien verstanden, welche wie die nahe verwandten Arcobacter zwar taxonomisch eigenständig sind, die aber trotzdem im Rahmen der hier zu besprechenden Nachweismethoden mit erfasst werden.

Campylobacter können sowohl vom Menschen und anderen Säugetieren, aber auch von vielen Vogelarten isoliert werden. Besonders Vögel sind als natürlicher Standort dieser Bakterien zu betrachten. Demzufolge können sie als nahezu ubiquitär in der Umwelt, besonders im Wasser, verbreitet angetroffen werden. Sie sind fakultativ human- und tierpathogen.

Der Nachweis von Campylobacter zeigt Verunreinigungen an, welche fäkaler Natur sein können. Da Campylobacter besonders bei niedrigen Wassertemperaturen von 4°C bis 10 °C lange überlebensfähig sind, ist ihre Präsenz, besonders in ungechlorten Trinkwasserverteilungssystemen, nicht auszuschließen. Bei den hier beschriebenen Anzuchtverfahren werden die besonders häufig als humanpathogen beschriebenen thermotoleranten *Campylobacter jejuni* und *Campylobacter coli*, aber auch *Arcobacter spec.*, erfasst.

Campylobacter benötigen mikroaerophile Kultivierungsbedingungen. Allerdings ist die Sauerstoffbedürftigkeit stark artabhängig. So sind *Arcobacter spec.* am wenigsten empfindlich gegenüber Sauerstoff.

Derzeit gibt es noch keine nationale oder internationale Norm zum Nachweis von Campylobacteraceae aus Wasserproben.

In unserer Einrichtung wurde eine Nachweismethode entwickelt und über Jahre erfolgreich eingesetzt. Je nach Bebrütungstemperatur (42 °C bzw. 37 °C) lassen sich hauptsächlich thermophile Campylobacter (Bebrütung bei 42 °C) bzw. thermotolerante Campylobacter und Arcobacter (Bebrütung bei 37 °C) nachweisen. Da zunehmend auch thermotolerante Campylobacter (z.B. *Campylobacter coli*) und Arcobacter (z.B. *Arcobacter butzleri*) neben *Campylobacter jejuni* als Krankheitserreger beschrieben werden, können mit der von uns eingesetzten Methodik und Bebrütung bei 37 °C sowohl thermotolerante Campylobacter als auch potentiell pathogene Arcobacter bestimmt werden.

Es wurden mit dieser Methode Campylobacter und Arcobacter erfasst, ohne dass zwischen beiden Gattungen unterschieden werden kann. Es kann lediglich angegeben werden, ob und in welcher Konzentration Campylobacter bzw. campylobacterähnliche Mikroorganismen wie Arcobacter in einem bestimmten

Probenvolumen vorhanden sind.

Mikrobiologische Ergebnisse werden entscheidend von der angewandten Methodik und vom Volumen der untersuchten Wasserprobe beeinflusst. Gibt es für einen Parameter, wie *Campylobacter*, keine Norm, so können verschiedene Verfahren nach dem Stand von Wissenschaft und Technik angewendet werden. In Dänemark wird z.B. eine andere Methode als die von uns angewandte benutzt, mit dem Ziel, ausschließlich die thermophilen *Campylobacter* nachzuweisen. Diese Methode wird zur Zeit zum Nachweis thermophiler *Campylobacter* bei ISO genormt.

Beide Methoden unterscheiden sich also sowohl hinsichtlich des Spektrums als auch der Anzahl nachgewiesener Mikroorganismen. Die erzielten Ergebnisse sind nicht unmittelbar miteinander vergleichbar.

Mit dem von uns im Projektzeitraum eingesetzten Verfahren werden, wie bereits erläutert, *Campylobacter* und *Arcobacter* gleichzeitig nachgewiesen. Eine Unterscheidung der beiden Gattungen ist nur durch zusätzliche Untersuchungen z.B. durch Biotypisierung möglich. Da diese sehr zeitaufwendig und kostenintensiv sind, werden sie routinemäßig nicht durchgeführt.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die aus den Abwasserproben isolierten Stämme zusätzlich anhand biochemischer Reaktionen (21 Reaktionen) typisiert, um eine Identifizierung und Zuordnung zu den Gattungen *Campylobacter* und *Arcobacter* vornehmen zu können. Dabei zeigte sich, dass ca. 20 % der isolierten Stämme zur Gattung *Campylobacter* (vorwiegend *Campylobacter coli*) und ca. 75 % zur Gattung *Arcobacter* gehörten.

7.2 Methodik

- Nährmedien
 - modifizierte Aktivkohle-Cefoperazon-Desoxycholsäure-Bouillon (mCCD-Bouillon)
 - modifizierter Aktivkohle-Cefoperazon-Desoxycholsäure-Agar (mCCD-Agar)
- Untersuchungsgang

Der Untersuchungsgang besteht in der Regel aus drei Schritten:

- a) Membranfiltration der zu untersuchenden Wasserprobe
- b) Einbringen des Filters in die Anreicherungsbouillon
- c) Ausbringen der Anreicherung auf das Selektivmedium.

Der Nachweis erfolgt quantitativ anhand eines MPN-Ansatzes. Dabei werden unterschiedliche Volumina (500 ml, 100 ml, 10 ml) der zu untersuchenden Probe zunächst über einen Zellulosenitratfilter mit einer Porengröße von 0,45 µm filtriert. Falls das Wasser reich an Huminstoffen, Algen oder Feststoffen ist, empfiehlt sich eine fraktionierte Filtration über Membranen der Porengrößen von 5,0; 1,2; und 0,45 µm. Damit kann einem vorzeitigen Verschluss des 0,45 µm Filters vorgebeugt werden. Der Filter wird in 10 ml mCCD-Bouillon eingebracht und 24 Stunden mikroaerophil bei 37 °C bebrütet.

Unter Umständen sind kleinere Probenvolumina als 10 ml zu untersuchen. Diese werden dann direkt in die Anreicherungsbouillon gegeben. Nach der mikroaerophilen Bebrütung der Anreicherung für 24 Stunden bei 37 °C wird diese bei 7000 g für 10 Minuten zentrifugiert und das Sediment (ca. 1 ml Volumen) auf einem auf die Platte mit dem Selektivmedium aufgelegten Membranfilter (Porengröße 0,45 µm) aufgebracht. Nach zwei Stunden Bebrütung wird der Membranfilter entfernt und das Selektivmedium für weitere 48 Stunden bei 37 °C unter mikroaerophilen Bedingungen bebrütet. Danach werden die Platten hinsichtlich des Auftretens von mukösen, hell- bis dunkelgrauen Kolonien inspiziert. Der Durchmesser der Campylobacter- bzw. Arcobacterkolonien ist sehr unterschiedlich. Nach zwei Tagen Bebrütung kann er bis zu einem Zentimeter betragen.

- Auswertung

Alle Platten des Selektivmediums werden als positiv gewertet, auf denen wenigstens eine Campylobacter- bzw. Arcobacter- Kolonie nachgewiesen wird.

Zur Bestätigung können Hellfeld-Durchlicht-Mikroskopie bzw. Fluoreszenzmikroskopie verwendet werden. Im Falle des Hellfeld-Durchlicht-Verfahrens empfiehlt sich die Anfertigung und Betrachtung von Präparaten, welche nach GRAM gefärbt wurden.

Bei der Fluoreszenzmikroskopie wird zunächst ein Tropfen Akridinorange-Lösung (Konzentration: 250 µg/ml) auf einem Objektträger aufgebracht. Dann wird eine Bakterienkolonie darin verrieben. Nach zwei Minuten wird ein Deckgläschen aufgebracht und das Präparat bei einer Anregungswellenlänge von 490 nm und einer Emissionswellenlänge von 525 nm betrachtet. Bei beiden Verfahren sollten Objektive mit einer 100fachen Vergrößerung verwendet werden. Campylobacter/Arcobacter-Arten haben ein charakteristisches mikroskopisches Erscheinungsbild.

Die Bestimmung der Arten erfolgt durch umfangreiche biochemische Nachweisreaktionen.

Aus der Anzahl positiver Platten wird anhand einer entsprechenden Tabelle der Index ermittelt. Dieser bezeichnet die wahrscheinlichste Anzahl an Campylobacter / Arcobacter in einem Probenvolumen, hier in 100 ml.

7.3 Literatur

Jacob, J., Lior, H., Feuerpfeil, I. (1993): Isolation of *Arcobacter butzleri* from a drinking water reservoir in eastern Germany. Zbl. Hyg. 193, 557-562.

Methoden der biologischen Wasseruntersuchung, Band 1: Hygienisch-mikrobiologische Wasseruntersuchungen. Hrsg.: E. Schulze, Gustav-Fischer-Verlag Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm (1996).

8 YERSINIA

8.1 Allgemeines

Yersinien sind gramnegative, ovoide, sporenlöse Stäbchenbakterien von 0,5 bis 0,8 µm Durchmesser und 1 bis 3 µm Länge. Sie sind oxidasenegativ, katalasepositiv, reduzieren Nitrat zu Nitrit und können fakultativ anaerob wachsen. Durch peritriche Begeißelung sind Yersinien bei Temperaturen unter 30 °C beweglich; bei 37 °C kann man keine oder kaum Beweglichkeit feststellen. Lediglich *Yersinia pestis* ist stets unbeweglich. Die Fähigkeit der Yersinien, sich in der Kälte (bis 0 °C) zu vermehren, wird zu ihrem Nachweis ausgenutzt.

Der Gattung *Yersinia*, die zu den Enterobacteriaceae gehört, werden z. Z. 11 Spezies zugeordnet, von denen drei - *Yersinia pestis*, *Yersinia pseudotuberculosis* und bestimmte Serovare von *Yersinia enterocolitica* - Bedeutung als Krankheitserreger haben. Erstere ist Erreger der Beulenpest, die hier außer Betracht bleiben soll.

Die Erreger sind weitverbreitet vor allem in den gemäßigten Zonen. Sie kommen vorzugsweise im Darm des Menschen und im Darm (und Rachen) von warmblütigen Wild- und Nutztieren vor, wurden aber auch bei Fischen, Schalentieren und Reptilien und häufig in Lebensmitteln (Fleisch, Rohmilch, Eiscreme) nachgewiesen. Sie gelangen vorwiegend mit den Ausscheidungen in die Umwelt und werden so zur Kontaminationsquelle für Abwasser, Oberflächenwasser, Boden und Pflanzen.

Während apathogene Sero- und Biovare von *Yersinia enterocolitica* und weitere apathogene *Yersinia*-Arten primär Umweltkeime sind und sich in der Außenwelt sogar vermehren können, scheinen humanpathogene Serovare offenbar nicht dazu fähig zu sein, wohl aber dazu, in der Umwelt zu überleben.

8.2 Methodik

- Nährmedien und Reagenzien
 - *Yersinia*-Bouillon (mod. nach Schiemann, s. auch CIN Bouillon)
 - Desoxycholat-Citrat-Agar (nach Leifson)
 - Cytochromoxidase-Reagenz (Nadi-Reagenz)
 - Kligler mit Harnstoff
 - Beweglichkeitsagar
- Untersuchungsgang

Bei der Anzucht von Yersinien aus Wasserproben ist es notwendig, zur Hemmung der Begleitflora Anreicherungs- und Selektionsverfahren einzusetzen. Dabei wird die Fähigkeit der Yersinien, sich bei niedrigen Temperaturen vermehren zu können, zu ihrem Nachweis mittels Kälteanreicherung (Inkubation bei 4 °C) ausgenutzt. Zur Hemmung der Begleitflora können weiterhin Medien mit Gallen Salzen oder Farbstoffen bzw. mit Antibiotikazusätzen eingesetzt werden, die kommerziell erhältlich sind. Bei stark kontaminierten Abwasserproben kann ein Ausschalten der Begleitflora durch Kalilaugenbehandlung erreicht werden.

Die im folgenden beschriebenen Untersuchungsverfahren sind für Abwasserproben und für Oberflächenwasser- und Trinkwasserproben einsetzbar.

Yersinia spec. werden quantitativ (MPN-Ansatz) nachgewiesen. Dabei werden größere Volumina membranfiltriert (Zellulosenitratfilter, Porenweite 0,45 µm) und der Filter wird anschließend in die Anreicherungsbouillon eingebracht; kleinere Volumina werden direkt in die Anreicherung gegeben. Die Ansätze werden 21 Tage bei 4 – 6 °C in der Yersinia-Bouillon angereichert. Nach der Kälteanreicherung wird auf Leifson-Agar abgeimpft (Drei-Ösen-Verdünnung), u.U. muss das Anreicherungsmedium verdünnt werden. Weitere 48 Stunden Bebrütung bei 28 °C schließen sich an.

Verdächtige Kolonien sind klein, korallenrot bis himbeerfarben, halbkugelig trocken bis matt glänzend. Bei Inkubation von 48 Stunden und länger können sich in Abhängigkeit von der Nährbodenzusammensetzung kleine und größere Koloniformen ("Ochsenauge", zentraler dunkelroter Punkt mit hellem Rand) ausbilden.

Bei *Yersinia enterocolitica* ist es außerdem möglich, dass verschiedene Serogruppen unterschiedliche Koloniformen oder -morphologien ausbilden können.

Sind die verdächtigen Kulturen cytochromoxidasen negativ, nach Inkubation bei 28 °C beweglich, bei 36 °C unbeweglich, und zeigen sie einen typischen "Yersinien-Kligler" (Glukose positiv, Laktose negativ, H₂S negativ, Harnstoff positiv), so ist die Diagnose Yersinia bestätigt.

Durch weitere biochemische Tests sind die Yersinia-Arten voneinander abzugrenzen. Für die Biotypisierung von *Yersinia enterocolitica*-Stämmen wird das Schema nach WAUTERS verwendet.

Durch serologische Tests und die Biovarbestimmung ist eine weitere Klassifizierung und Zuordnung der isolierten Yersinien zu pathogenen oder potentiell pathogenen Stämmen möglich.

- Auswertung

Zur Angabe des Ergebnisses werden alle durch o.g. Anreicherungs-, Selektions- und Bestätigungstests gefundenen Yersinia-Kolonien berücksichtigt. Die Auswertung erfolgt über den Code nach einer entsprechenden MPN-Tabelle. Die Angabe des Ergebnisses erfolgt dazu als MPN-Index und gibt die wahrscheinliche Anzahl an Yersinien in einem Wasservolumen, hier in 100 ml, wieder.

8.3 Literatur

Schulze, E. (1994): Verhalten von Mikroorganismen und Viren bei der Trinkwasseraufbereitung - Campylobacter und Yersinia. DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 110, 179 - 190.

Methoden der biologischen Wasseruntersuchung, Band 1: Hygienisch-mikrobiologische Wasseruntersuchungen. Hrsg.: E. Schulze, Gustav-Fischer-Verlag Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm (1996).

9 ENTEROHÄMORRHAGISCHE *E. COLI* (*EHEC*'s, *E. COLI* O 157)

9.1 Allgemeines

Enterohämorrhagische *E. coli* (*EHEC*) sind humanpathogene Varianten des Darmbakteriums *E. coli*. Sie sind im wesentlichen durch ihre Fähigkeit zur Bildung verschiedener Zelltoxine, der sogenannten Shigatoxine (Stx), auch als Verotoxine (VT) oder Shiga-like Toxine (SLT) bezeichnet, definiert, wodurch sie sich von anderen potentiell pathogenen *E. coli*-Stämmen unterscheiden. Als pathogen gelten verschiedene Serogruppen, wobei die bisher häufigsten Erreger in Deutschland der Serogruppe O:157 angehören.

EHEC's sind als Verursacher der hämorrhagischen Colitis und des hämolytisch-urämischen Syndroms (HUS) bekannt geworden. Besonders bei Kleinkindern kann dies zu lebensbedrohlichen Komplikationen führen.

EHEC's wurden erstmals 1982 in den USA als neuer Pathotyp von *E. coli* erkannt; in Deutschland wurden die ersten Erkrankungen 1985 nachgewiesen.

Eine standardisierte Methode zum Nachweis von *EHEC*'s aus Wasserproben gibt es derzeit noch nicht. Es wurde deshalb eine kulturelle Methode zum quantitativen Nachweis von *EHEC*'s aus Wasserproben erarbeitet.

Nach Anreicherung der Proben wie für *E. coli* beschrieben, schließt sich ein serologischer Test an.

9.2 Methodik

- Definition

Als *E. coli* O 157 werden Mikroorganismen definiert, die auf der Oberfläche eines selektiven Nährbodens typische Kolonien ausbilden und mit Antiseren gegen O 157-Antigene agglutinieren.

- Nährmedien / Testsysteme
 - mEC-Bouillon mit Novobiocin (Fa. Merck)
 - Sorbit-MacConkey-Agar mit Cefixim und Kaliumtellurit (Fa. Oxoid)
 - *E. coli* O157 Latex –Test (Fa. Oxoid)
- Untersuchungsgang

Zum Nachweis von *E. coli* O 157 aus Wasserproben wird ein MPN-Ansatz (z.B. 3 x 100 ml, 3 x 10 ml, 3 x 1 ml) durchgeführt, um eine quantitative Auswertung zu ermöglichen. Die entsprechenden Volumina werden filtriert und der Filter wird in mEC-Bouillon (mit Novobiocin) eingebracht. Kleinere Probenvolumina als 10 ml werden direkt in die Anreicherung gegeben. Die Inkubation erfolgt bei 36 ± 1 °C für 18 – 24 Stunden. Anschließend wird auf Sorbit-MacConkey-Agar (mit Cefixim und Kaliumtellurit) abgeimpft und wiederum bei 36 ± 1 °C für 18 - 24 Stunden bebrütet. Verdächtige, d.h. sorbit-negative Kolonien werden isoliert und mit dem *E. coli* O157 Latex -Test nach Vorschrift weiter untersucht. Erfolgt eine Agglutination, so besitzt der untersuchte Stamm das Antigen der Serogruppe O 157.

- Auswertung

Alle verdächtigen Stämme mit dem Antigen der Serogruppe O 157 werden bei der Auswertung berücksichtigt.

Das Ergebnis gibt die wahrscheinliche Anzahl an *EHEC*'s in einem Wasservolumen (hier in 100 ml) an , welche als MPN-Index über eine entsprechende Tabelle erhalten wurde.

10 CRYPTOSPORIDIEN UND GIARDIEN

10.1 Allgemeines

Cryptosporidien und Giardien gehören zur Gruppe der protozoischen Parasiten und sind als solche die Erreger von Anthroozoonosen, d. h. ihr Vorkommen ist nicht auf den Menschen beschränkt. Sie sind in der Lage, sich im Magen-Darmtrakt zahlreicher Wild- und Haustierarten zu vermehren.

Neben der Übertragung von Tier zu Tier und vom Tier zum Menschen ist auch eine Übertragung von Mensch zu Mensch und vom Menschen zum Tier möglich. Sowohl Cryptosporidien wie auch Giardien verursachen beim Menschen in der Regel sog. selbstlimitierende Diarrhoen (Durchfallerkrankungen), die im Normalfall ohne Therapie wieder ausheilen. Im Einzelfall kann die Erkrankung aber auch bei Personen mit intaktem Immunsystem durch erheblichen Flüssigkeits- und Elektrolytverlust lebensbedrohliche Formen annehmen und eine Behandlung im Krankenhaus erforderlich machen. Besonders gefährdet sind Kleinkinder, ältere Menschen und Immunsupprimierte.

Für beide Erreger wurden Epidemien beschrieben, die auf kontaminiertes Trinkwasser zurückzuführen waren.

Besondere Bedeutung für die Trinkwasserhygiene erhalten Cryptosporidien und Giardien dadurch, dass die als infektiöse Stadien von den befallenen Wirtsorganismen mit den Fäkalien ausgeschiedenen Zysten (bei Giardien) bzw. Oozysten (bei Cryptosporidien) im wässrigen Milieu gegenüber Umwelteinflüssen und gegenüber der Desinfektion mit Chlor außerordentlich resistent sind. In kaltem Wasser bleiben Cryptosporidien-Oozysten u. U. monatelang infektiös (ROBERTSON et al. 1992).

Versuche mit gesunden erwachsenen Freiwilligen haben gezeigt, dass die Infektionsdosis bei Cryptosporidien sehr gering ist (DUPONT et al. 1995). Statistisch gesehen ist es daher wahrscheinlich, dass in seltenen Fällen einzelne Oozysten eine Infektion verursachen können.

10.2 Methodik

- Untersuchungsgang

Die Nachweismethode basiert auf der Filtration großer Wasservolumina mit Hilfe von sog. Wickelfiltern. Die in der Filterwolle zurückgehaltenen Oozysten werden anschließend eluiert, konzentriert und mit monoklonalen Antikörpern (MAB = Monoclonal Antibodies) zusammengebracht, die sich spezifisch an die Oozystenoberfläche anlagern. An die Antikörper ist eine im UV-Licht fluoreszierende Substanz (Fluoreszein-Isothiozyanat, FITC) gekoppelt. Der Nachweis der so markierten Zysten erfolgt durch Auszählen unter dem Epifluoreszenzmikroskop.

- Auswertung

Als Oozysten werden Strukturen von charakteristischer Größe und Fluoreszenz gewertet. Da sich die Antikörper gleichmäßig von außen auf die Oozystenhülle setzen, fluoreszieren die tangential abstrahlenden äußeren Kontu-

ren infolge des Summationseffekts am stärksten. Zur Mitte hin flacht die Fluoreszenz stark ab.

Cryptosporidien-Oozysten haben einen Durchmesser von 4 µm bis 6 µm, in aller Regel aber von ziemlich exakt 5 µm. Sie sind im Normalfall kreisrund bis allenfalls leicht oval. Durch Eindellung oder teilweisen Kollaps können sich auch charakteristische Faltenstrukturen darstellen. Leere Oozystenhüllen können auch das sehr typische Bild einer halb geöffneten Tulpenblüte bieten.

Die Zysten von *Giardia lamblia* sind größer und in ihrer Form etwas variabler. Grundsätzlich sind die Zysten längsoval, können sich bei axialer Lage im Präparat aber auch nahezu kreisrund darstellen. Der Längsdurchmesser beträgt 10 µm bis 18 µm, im Durchschnitt 14 µm, der Querdurchmesser 7 µm bis 13 µm, im Durchschnitt 10 µm. Geplatzte und kollabierte Zysten in getrockneten Präparaten können auch größer erscheinen. Wie Cryptosporidien-Oozysten können auch Giardien-Zysten durch teilweisen Kollaps bedingte Faltenstrukturen aufweisen.

Bei der Angabe der Ergebnisse muss das ursprünglich filtrierte Probenvolumen sowie der tatsächlich mikroskopisch untersuchte Anteil des Probenvolumens mitgeteilt werden. Es sollte auch angegeben werden, wie viele der Oozysten morphologisch intakt waren. Bei der angewandten Methode handelt es sich um einen rein morphologischen Nachweis, der keine Aussage darüber zulässt, ob es sich bei den nachgewiesenen Strukturen um lebendes und damit infektiöses Material handelt.

Derzeit steht in Deutschland kein genormtes Analysenverfahren zu Verfügung, das oben beschriebene Verfahren erfolgt nach dem Stand der Technik. Es erlaubt eine Wiederfindungsrate von ca. 20 % (laborinterne Bestimmung). Eine internationale Norm (ISO) wird derzeit erarbeitet.

10.3 Literatur

Dupont, H.L., Chappell, C.L., Sterling, C.R., Okhuysen, P.C., Rose, J.B., Jakubowski, W. (1995): The infectivity of *Cryptosporidium parvum* in healthy volunteers. *New England Journal of Medicine* 332, 855-859.

Robertson, L.J., Campbell, A.T., Smith, H.V. (1992): Survival of *Cryptosporidium parvum* oocysts under various environmental pressures. *Applied and Environmental Microbiology* 58, 3494-3500.

Rose, J. B., Botzenhart, K. (1990): *Cryptosporidium* und *Giardia* im Wasser: Nachweisverfahren, Häufigkeit und Bedeutung als Krankheitserreger. *Das Gas- und Wasserfach (gwf): Wasser-Abwasser* 131, 563-572.

Methoden der biologischen Wasseruntersuchung, Band 1: Hygienisch-mikrobiologische Wasseruntersuchungen. Hrsg.: E. Schulze, Gustav-Fischer-Verlag Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm (1996).

ANHANG 2

Ergebnisse mikrobiologischer Untersuchungen

Inhaltsverzeichnis

1	Bewachsener Bodenfilter Wiedersberg	
1.1	Indikatororganismen	W 1
1.1.1	Statistische Angaben	W 1
1.1.2	Einzelergebnisse	W 2
1.2	Pathogene Mikroorganismen	W 16
1.2.1	Statistische Angaben	W 16
1.2.2	Einzelergebnisse	W 17
2	Bewachsener Bodenfilter Ettenbüttel	
2.1	Indikatororganismen	E 1
2.1.1	Statistische Angaben	E 1
2.1.2	Einzelergebnisse	E 2
2.2	Pathogene Mikroorganismen	E 8
2.2.1	Statistische Angaben	E 8
2.2.2	Einzelergebnisse	E 9
3	Bewachsener Bodenfilter See	
3.1	Indikatororganismen	S 1
3.1.1	Statistische Angaben	S 1
3.1.2	Einzelergebnisse	S 2
3.2	Pathogene Mikroorganismen	S 8
3.2.1	Statistische Angaben	S 8
3.2.2	Einzelergebnisse	S 9
3.3	Indikatororganismen (Altdaten)	S 15
3.3.1	Einzelergebnisse	S 15
4	Auswertung spezieller Probenahmen	
4.1	Standzeituntersuchungen und Mehrfachbestimmungen	A 1
4.2	Intensivprobenahmen und Routineprobenahmen	A 2

1 BEWACHSENER BODENFILTER WIEDERSBERG

1.1 Indikatororganismen

1.1.1 Statische Angaben

	Koloniezahl 20°C [KBE/ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme Bakterien [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
Probenahmestelle: Ablauf Vorklä rung (VK 3), Zulauf Vertikalfilter						
Anzahl	46	46	60	30	74	42
Minima	1,00E+04	1,00E+04	8,90E+02	7,40E+03	4,00E+02	1,70E+03
Maxima	9,00E+06	1,00E+07	2,40E+07	1,00E+08	2,00E+06	6,90E+05
Mittelwert	1,06E+06	9,94E+05	1,53E+06	8,41E+06	9,15E+04	7,42E+04
Standardabweichung	1,82E+06	1,92E+06	4,60E+06	1,94E+07	2,66E+05	1,15E+05
Median	4,05E+05	3,00E+05	2,60E+04	1,50E+06	6,10E+03	4,65E+04
Probenahmestelle: Ablauf Vertikalfilter						
Anzahl	42	42	59	28	73	39
Minima	1,00E+02	2,00E+02	3,80E+01	3,15E+02	3,00E+00	0,00E+00
Maxima	1,39E+06	1,38E+06	1,10E+06	9,20E+06	1,00E+04	4,90E+03
Mittelwert	6,37E+04	5,33E+04	4,25E+04	4,01E+05	1,31E+03	1,34E+03
Standardabweichung	2,12E+05	2,10E+05	1,52E+05	1,70E+06	1,91E+03	1,10E+03
Median	1,35E+04	8,50E+03	3,20E+03	1,65E+04	7,20E+02	1,30E+03
Probenahmestelle: Ablauf Horizontalfilter						
Anzahl	45	45	74	31	44	41
Minima	2,00E+00	2,00E+00	3,00E-01	1,00E+00	1,00E+00	0,00E+00
Maxima	2,10E+05	1,10E+05	1,60E+04	1,60E+04	1,90E+04	3,70E+03
Mittelwert	5,33E+03	2,97E+03	3,64E+02	1,21E+03	4,86E+02	9,07E+01
Standardabweichung	3,09E+04	1,62E+04	1,87E+03	3,55E+03	2,83E+03	5,71E+02
Median	1,10E+02	7,00E+01	3,45E+01	1,60E+02	1,00E+01	0,00E+00

1.1.2 Einzelergebnisse

Anlage: Wiedersberg

Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung (VK 3) / Zulauf Vertikalfilter

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
14.06.99		10:20	6,60E+06	2,55E+06	n.d.	n.d.	> 1100	n.z.
12.07.99		10:45	3,80E+06	6,70E+06	2,40E+07	4,62E+07	> 11000	n.z.
27.09.99		10:15	9,00E+06	1,00E+07	1,00E+06	1,00E+08	9,00E+04	n.z.
18.10.99		10:50	1,10E+06	1,10E+06	2,80E+04	7,50E+05	1,10E+04	n.d.
15.11.99		10:10	2,00E+05	1,00E+05	4,30E+05	2,40E+06	< 1000	n.z.
22.11.99		10:20	5,10E+06	5,00E+06	2,40E+07	2,40E+07	1,40E+05	n.d.
29.11.99		10:15	1,10E+05	1,30E+05	2,00E+04	1,50E+05	7,40E+02	1,70E+03
08.12.99		10:25	1,10E+06	1,20E+06	2,40E+05	5,40E+05	7,00E+04	4,80E+04
13.12.99		10:10	2,80E+05	2,60E+05	1,70E+05	3,50E+05	8,00E+04	1,40E+04
11.01.00		10:20	9,00E+05	4,20E+05	2,80E+05	2,80E+05	5,00E+04	6,50E+03
18.01.00		10:30	1,40E+05	1,40E+05	2,30E+05	1,10E+06	7,00E+04	5,00E+03
09.02.00		10:05	1,00E+05	2,70E+05	3,30E+05	3,30E+05	5,80E+05	9,00E+03
22.02.00		10:20	5,30E+05	3,70E+05	1,70E+05	1,70E+05	8,00E+04	n.d.
06.03.00		10:10	7,00E+04	6,00E+04	9,00E+04	9,00E+04	2,00E+05	n.d.
21.03.00		10:25	4,10E+05	1,30E+05	2,60E+05	7,00E+05	3,50E+05	6,50E+03
11.04.00		10:10	4,10E+05	3,30E+05	3,30E+05	1,30E+06	6,20E+05	1,40E+04
22.05.00	I	10:30	1,60E+05	9,00E+04	> 3,2 x 10 ⁶	n.d.	5,30E+03	n.d.
22.05.00	I	14:00	4,80E+05	4,00E+05	> 3,2 x 10 ⁶	n.d.	3,80E+03	6,00E+04
22.05.00	I	14:45	n.d.	n.d.	> 3,2 x 10 ⁶	n.d.	2,50E+03	n.d.
22.05.00	I	15:30	n.d.	n.d.	> 3,2 x 10 ⁶	n.d.	9,00E+02	4,80E+04

n.d.: nicht durchgeführt

n.z.: nicht zählbar

n.n.: nicht nachweisbar

Anlage: **Wiedersberg**

Probenahmestelle: **Ablauf Vorklärung (VK 3) / Zulauf Vertikalfilter**

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
23.05.00	I	09:00	6,00E+04	1,20E+05	> 3,2 x 10 ⁶	n.d.	1,10E+03	3,80E+04
23.05.00	I	10:00	n.d.	n.d.	> 3,2 x 10 ⁶	n.d.	4,90E+03	5,20E+04
23.05.00	I	10:45	n.d.	n.d.	> 3,2 x 10 ⁶	n.d.	6,20E+03	n.d.
23.05.00	I	11:30	n.d.	n.d.	> 3,2 x 10 ⁶	n.d.	2,30E+03	4,20E+04
23.05.00	I	13:15	n.d.	n.d.	> 3,2 x 10 ⁶	n.d.	1,30E+03	n.d.
23.05.00	I	14:00	n.d.	n.d.	> 3,2 x 10 ⁶	n.d.	8,40E+02	3,40E+04
23.05.00	I	14:45	n.d.	n.d.	> 3,2 x 10 ⁶	n.d.	9,70E+03	n.d.
23.05.00	I	15:30	4,30E+05	3,70E+05	> 3,2 x 10 ⁶	n.d.	2,30E+03	3,60E+04
24.05.00	I	09:00	4,90E+05	5,00E+06	6,00E+04	7,40E+03	7,40E+03	4,70E+04
24.05.00	I	09:45	n.d.	n.d.	> 3,2 x 10 ⁶	n.d.	8,80E+03	n.d.
24.05.00	I	10:30	n.d.	n.d.	> 3,2 x 10 ⁶	n.d.	5,60E+03	n.d.
24.05.00	I	11:15	n.d.	n.d.	> 3,2 x 10 ⁶	n.d.	6,70E+03	4,00E+04
19.06.00	I	08:00	4,10E+05	1,80E+05	2,30E+03	n.d.	4,30E+03	n.d.
19.06.00	I	14:00	n.d.	n.d.	8,40E+03	n.d.	3,20E+03	6,90E+05
19.06.00	I	15:10	2,20E+05	2,50E+05	1,30E+03	n.d.	4,50E+03	n.d.
20.06.00	I	08:05	7,90E+05	5,00E+05	3,20E+03	n.d.	1,60E+03	9,00E+04
20.06.00	I	09:00	n.d.	n.d.	4,20E+03	n.d.	2,90E+03	n.d.
20.06.00	I	10:00	n.d.	n.d.	> 6,7 x 10 ⁸	n.d.	4,90E+03	1,00E+05
20.06.00	I	11:00	n.d.	n.d.	5,10E+04	n.d.	1,60E+04	n.d.
20.06.00	I	11:50	n.d.	n.d.	3,60E+03	n.d.	2,20E+03	9,20E+04
20.06.00	I	13:00	n.d.	n.d.	1,20E+04	n.d.	6,00E+03	n.d.
20.06.00	I	14:00	7,00E+05	5,40E+05	2,90E+03	n.d.	1,70E+03	9,00E+04
20.06.00	I	15:00	n.d.	n.d.	1,90E+03	n.d.	3,60E+03	n.d.

Anlage: Wiedersberg

Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung (VK 3) / Zulauf Vertikalfilter

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
21.06.00	I	08:00	9,00E+04	8,00E+04	3,20E+03	n.d.	1,70E+03	1,30E+05
21.06.00	I	10:00	n.d.	n.d.	6,00E+03	n.d.	2,30E+03	n.d.
21.06.00	I	11:00	n.d.	n.d.	8,90E+03	n.d.	1,90E+03	9,70E+03
21.06.00	I	12:00	n.d.	n.d.	2,90E+03	n.d.	4,70E+03	n.d.
17.07.00		10:50	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
15.08.00		10:10	2,70E+05	2,50E+05	2,40E+04	2,40E+04	3,80E+05	1,70E+05
22.08.00		10:20	1,00E+05	3,00E+05	3,20E+05	-	1,90E+05	1,70E+05
05.09.00		10:15	1,30E+05	1,00E+05	3,20E+03	-	9,40E+03	n.d.
19.09.00		10:25	1,00E+05	1,00E+05	4,90E+05	1,30E+06	1,00E+04	n.d.
10.10.00		10:10	2,60E+05	3,00E+05	7,90E+05	2,20E+06	1,00E+05	5,50E+04
24.10.00		10:20	3,40E+05	3,20E+05	9,20E+06	1,60E+07	5,00E+04	n.d.
28.11.00		10:30	3,20E+05	1,20E+05	8,00E+05	3,30E+06	1,00E+04	6,00E+04
09.01.01		10:05	1,70E+06	1,70E+06	7,90E+06	7,90E+06	1,00E+05	n.d.
20.02.01	I	09:45	1,00E+05	8,00E+04	4,00E+03	n.d.	9,20E+02	5,00E+04
20.02.01	I	10:30	n.d.	n.d.	8,10E+03	n.d.	2,00E+03	n.d.
20.02.01	I	11:15	n.d.	n.d.	6,20E+03	n.d.	8,90E+03	4,50E+04
20.02.01	I	13:00	1,00E+04	1,00E+04	8,90E+02	n.d.	5,60E+02	4,70E+04
20.02.01	I	13:45	n.d.	n.d.	6,20E+03	n.d.	4,00E+02	n.d.
20.02.01	I	14:45	n.d.	n.d.	1,20E+03	n.d.	6,60E+02	5,80E+04
20.02.01	I	15:30	n.d.	n.d.	2,90E+03	n.d.	4,00E+02	4,60E+04

Anlage: **Wiedersberg**

Probenahmestelle: **Ablauf Vorklärung (VK 3) / Zulauf Vertikalfilter**

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
21.02.01	I	08:45	7,20E+05	2,80E+05	1,50E+03	n.d.	9,70E+02	4,00E+03
21.02.01	I	09:30	n.d.	n.d.	2,40E+03	n.d.	1,50E+03	n.d.
21.02.01	I	10:15	n.d.	n.d.	1,70E+03	n.d.	1,10E+04	1,40E+04
21.02.01	I	11:00	1,30E+06	4,60E+05	4,70E+03	n.d.	2,10E+03	n.d.
21.02.01	I	12:00	n.d.	n.d.	2,90E+03	n.d.	1,90E+03	n.d.
21.02.01	I	13:00	n.d.	n.d.	2,50E+03	n.d.	1,00E+03	3,20E+04
21.02.01	I	14:00	n.d.	n.d.	9,00E+03	n.d.	8,10E+03	n.d.
28.03.01		10:10	1,00E+04	2,00E+04	3,30E+05	7,90E+05	1,60E+05	n.d.
23.04.01		10:20	2,90E+05	1,10E+05	7,90E+05	5,40E+06	4,00E+04	2,40E+04
15.05.01		10:15	1,60E+05	1,20E+05	3,50E+06	3,50E+06	4,00E+04	n.d.
11.06.01		10:25	4,30E+06	9,90E+05	4,90E+05	5,40E+06	5,00E+04	7,00E+04
03.07.01		10:10	1,50E+06	1,70E+06	5,40E+06	1,60E+07	1,80E+05	2,30E+05
07.08.01		10:20	4,00E+05	4,00E+05	1,30E+06	2,40E+06	1,40E+05	3,20E+05
28.08.01		10:30	7,10E+05	9,00E+05	7,90E+05	1,70E+06	8,00E+05	1,60E+04
25.09.01		10:05	2,30E+06	1,20E+06	7,90E+06	7,90E+06	2,00E+06	2,50E+03

Anlage: **Wiedersberg**

Probenahmestelle: **Ablauf Vertikalfilter / Zulauf Horizontalfilter**

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
14.06.99		10:20	1,39E+06	1,38E+06	6,00E+02	1,91E+03	> 1100	n.d.
12.07.99		10:45	9,00E+04	7,20E+04	1,91E+02	3,15E+02	1,15E+03	n.d.
27.09.99		10:15	3,00E+04	4,40E+04	9,10E+02	4,60E+04	2,40E+02	n.d.
18.10.99		10:50	5,80E+03	6,00E+03	6,20E+02	4,60E+04	1,10E+03	n.d.
15.11.99		10:10	5,00E+03	2,30E+03	1,10E+04	1,10E+04	2,60E+02	n.d.
22.11.99		10:20	3,10E+04	3,90E+04	7,50E+04	7,50E+04	7,20E+02	n.d.
29.11.99		10:15	1,00E+03	2,00E+03	4,90E+02	2,40E+03	3,00E+00	n.d.
08.12.99		10:25	1,10E+05	1,10E+04	1,60E+04	1,60E+04	3,30E+02	3,20E+02
13.12.99		10:10	2,30E+04	1,20E+04	3,30E+04	1,70E+04	2,00E+03	2,40E+02
11.01.00		10:20	2,00E+04	1,80E+04	1,30E+04	2,40E+04	1,00E+03	1,00E+02
18.01.00		10:30		Flasche kaputt	Flasche kaputt	Flasche kaputt		
09.02.00		10:05	4,00E+04	9,00E+03	3,30E+03	3,30E+03	2,30E+03	6,40E+01
22.02.00		10:20	1,00E+04	5,00E+03	4,90E+03	4,90E+03	3,00E+01	
06.03.00		10:10	1,00E+03	1,00E+03	1,70E+03	3,30E+03	3,80E+03	n.d.
21.03.00		10:25	< 100	< 100	< 99	< 9	< 100	1,00E+00
11.04.00		10:10	> 1000	1,00E+03	4,90E+02	2,40E+03	> 1000	7,70E+02
22.05.00	I	10:30	7,10E+04	4,00E+04	> 3,5 x 10 ⁴	n.d.	5,20E+02	n.d.
22.05.00	I	14:00	3,90E+04	1,70E+04	> 3,5 x 10 ⁴	n.d.	7,60E+02	1,90E+03
22.05.00	I	14:45	n.d.	n.d.	> 3,5 x 10 ⁴	n.d.	1,10E+03	n.d.
22.05.00	I	15:30	n.d.	n.d.	> 3,5 x 10 ⁴	n.d.	9,80E+02	2,50E+03

Anlage: **Wiedersberg**

Probenahmestelle: **Ablauf Vertikalfilter / Zulauf Horizontalfilter**

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
23.05.00	I	09:00	4,90E+03	5,10E+03	> 3,5 x 10 ⁴	n.d.	3,90E+02	1,80E+03
23.05.00	I	10:00	n.d.	n.d.	2,10E+04	n.d.	2,70E+02	1,30E+03
23.05.00	I	10:45	n.d.	n.d.	> 3,5 x 10 ⁴	n.d.	8,40E+02	n.d.
23.05.00	I	11:30	n.d.	n.d.	> 3,5 x 10 ⁴	n.d.	2,30E+02	1,90E+03
23.05.00	I	13:15	n.d.	n.d.	> 3,5 x 10 ⁴	n.d.	2,90E+02	n.d.
23.05.00	I	14:00	n.d.	n.d.	> 3,5 x 10 ⁴	n.d.	2,00E+02	1,40E+03
23.05.00	I	14:45	n.d.	n.d.	> 3,5 x 10 ⁴	n.d.	7,70E+01	n.d.
23.05.00	I	15:30	1,80E+04	1,40E+04	> 3,5 x 10 ⁴	n.d.	1,40E+02	2,30E+03
24.05.00	I	09:00	6,90E+03	1,50E+04	> 3,5 x 10 ⁴	n.d.	4,30E+02	1,30E+03
24.05.00	I	09:45	n.d.	n.d.	> 3,5 x 10 ⁴	n.d.	7,30E+02	n.d.
24.05.00	I	10:30	n.d.	n.d.	> 3,5 x 10 ⁴	n.d.	1,30E+03	n.d.
24.05.00	I	11:15	n.d.	n.d.	> 3,5 x 10 ⁴	n.d.	9,20E+02	1,80E+03
19.06.00	I	08:00	8,00E+03	2,00E+03	1,10E+03	n.d.	3,80E+01	n.d.
19.06.00	I	14:00	n.d.	n.d.	4,80E+03	n.d.	3,80E+01	6,50E+02
19.06.00	I	15:10	5,00E+03	2,00E+03	3,80E+01	n.d.	3,80E+01	n.d.
20.06.00	I	08:05	4,70E+04	4,30E+04	1,80E+04	n.d.	9,80E+02	1,70E+03
20.06.00	I	09:00	n.d.	n.d.	1,10E+04	n.d.	5,70E+02	n.d.
20.06.00	I	10:00	n.d.	n.d.	2,70E+03	n.d.	4,40E+02	1,00E+03
20.06.00	I	11:00	n.d.	n.d.	9,20E+02	n.d.	5,20E+02	n.d.
20.06.00	I	11:50	n.d.	n.d.	2,20E+03	n.d.	6,20E+02	3,00E+03
20.06.00	I	13:00	n.d.	n.d.	3,30E+03	n.d.	2,80E+03	n.d.
20.06.00	I	14:00	1,70E+04	1,60E+04	3,30E+03	n.d.	3,60E+02	1,00E+03
20.06.00	I	15:00	n.d.	n.d.	2,40E+03	n.d.	3,40E+02	n.d.

Anlage: **Wiedersberg**

Probenahmestelle: **Ablauf Vertikalfilter / Zulauf Horizontalfilter**

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
21.06.00	I	08:00	7,00E+03	6,00E+03	6,60E+03	n.d.	6,50E+02	2,80E+03
21.06.00	I	10:00	n.d.	n.d.	1,40E+03	n.d.	1,10E+02	n.d.
21.06.00	I	11:00	n.d.	n.d.	2,70E+03	n.d.	2,30E+02	2,40E+03
21.06.00	I	12:00	n.d.	n.d.	3,00E+03	n.d.	1,10E+03	n.d.
17.07.00		10:50	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
15.08.00		10:10	1,00E+03	1,00E+03	7,90E+02	7,90E+02	6,80E+02	3,70E+02
22.08.00		10:20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	8,00E+02	n.d.
05.09.00		10:15	1,00E+02	2,00E+02	3,20E+03	-	1,20E+02	n.d.
19.09.00		10:25	4,20E+02	3,60E+02	2,00E+04	7,00E+04	1,00E+04	n.d.
10.10.00		10:10	2,80E+04	> 1,0 · 10 ⁴	2,40E+05	2,40E+05	1,00E+03	5,90E+02
24.10.00		10:20	1,10E+05	1,50E+05	3,50E+05	5,40E+05	1,00E+04	n.d.
28.11.00		10:30	1,10E+05	1,50E+05	2,00E+04	5,00E+04	1,00E+03	3,20E+02
09.01.01		10:05	1,00E+04	8,00E+03	2,00E+03	2,00E+03	1,00E+02	n.d.
20.02.01	I	09:45	2,50E+04	1,30E+04	5,00E+02	n.d.	8,00E+02	1,00E+03
20.02.01	I	10:30	n.d.	n.d.	2,00E+03	n.d.	2,50E+03	n.d.
20.02.01	I	11:15	n.d.	n.d.	2,10E+03	n.d.	8,90E+02	1,60E+03
20.02.01	I	13:00	9,40E+03	6,80E+03	1,10E+03	n.d.	9,80E+02	1,80E+03
20.02.01	I	13:45	n.d.	n.d.	1,40E+03	n.d.	2,00E+02	n.d.
20.02.01	I	14:45	n.d.	n.d.	1,30E+03	n.d.	3,50E+02	1,60E+03
20.02.01	I	15:30	n.d.	n.d.	1,20E+03	n.d.	4,50E+02	1,60E+03

Anlage: **Wiedersberg**

Probenahmestelle: **Ablauf Vertikalfilter / Zulauf Horizontalfilter**

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
21.02.01	I	08:45	2,20E+04	3,70E+03	9,80E+02	n.d.	2,90E+02	9,50E+02
21.02.01	I	09:30	n.d.	n.d.	3,10E+03	n.d.	1,90E+03	n.d.
21.02.01	I	10:15	n.d.	n.d.	1,80E+03	n.d.	3,60E+03	5,20E+02
21.02.01	I	11:00	3,00E+04	5,20E+03	6,00E+03	n.d.	8,00E+02	n.d.
21.02.01	I	12:00	n.d.	n.d.	3,90E+03	n.d.	3,10E+03	n.d.
21.02.01	I	13:00	n.d.	n.d.	7,70E+01	n.d.	4,00E+01	6,30E+02
21.02.01	I	14:00	n.d.	n.d.	3,30E+03	n.d.	3,10E+03	n.d.
28.03.01		10:10	6,00E+03	6,00E+03	9,20E+03	1,60E+04	4,40E+03	n.d.
23.04.01		10:20	4,00E+04	4,60E+04	1,10E+06	9,20E+06	3,40E+03	1,80E+03
15.05.01		10:15	7,00E+03	8,00E+03	2,30E+05	2,30E+05	2,70E+03	n.d.
11.06.01		10:25	2,70E+05	4,30E+04	1,40E+05	4,90E+05	1,20E+03	4,90E+03
03.07.01		10:10	1,00E+04	1,00E+04	5,00E+04	5,00E+04	1,00E+02	4,00E+03
07.08.01		10:20	4,00E+03	8,00E+03	8,00E+03	1,10E+04	3,00E+02	1,80E+02
28.08.01		10:30	1,00E+04	1,00E+04	8,00E+03	8,00E+03	7,00E+03	1,20E+01
25.09.01		10:05	7,10E+03	5,60E+03	5,40E+04	5,40E+04	2,70E+03	0,00E+00

Anlage: **Wiedersberg**

Probenahmestelle: **Ablauf Horizontalfilter**

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
14.06.99		10:20	7,50E+03	4,95E+03	3,00E-01	2,40E+03	4,30E+01	n.d.
12.07.99		10:45	4,60E+02	8,60E+02	1,00E+00	3,00E+00	3,80E+01	n.d.
27.09.99		10:15	3,60E+02	5,70E+02	9,00E-01	2,15E+02	4,00E+00	n.d.
18.10.99		10:50	3,70E+01	5,20E+01	1,50E+01	4,60E+02	9,00E+00	n.d.
15.11.99		10:10	1,00E+02	1,00E+02	2,40E+02	2,40E+02	8,00E+00	0,00E+00
22.11.99		10:20	1,05E+02	6,10E+01	2,10E+01	2,40E+02	5,00E+00	0,00E+00
29.11.99		10:15	1,10E+02	5,50E+01	2,00E+00	4,00E+00	5,00E+00	7,00E+00
08.12.99		10:25	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
13.12.99		10:10	1,30E+02	5,80E+01	5,00E+00	1,60E+01	1,00E+00	2,00E+00
11.01.00		10:20	2,00E+01	4,00E+01	5,00E+00	1,60E+01	2,00E+00	8,00E+00
18.01.00		10:30	4,10E+01	8,00E+00	3,00E+00	8,00E+00	3,00E+00	0,00E+00
09.02.00		10:05	6,40E+01	3,50E+01	3,50E+01	3,50E+01	3,00E+01	0,00E+00
22.02.00		10:20	6,50E+02	5,40E+02	9,20E+01	9,20E+01	6,00E+01	n.d.
06.03.00		10:10	3,00E+01	2,00E+01	1,70E+01	1,70E+01	neg.	n.d.
21.03.00		10:25	1,20E+02	7,00E+01	1,30E+01	2,30E+01	2,00E+01	1,00E+00
11.04.00		10:10	3,80E+01	2,80E+01	3,40E+01	2,40E+02	3,10E+01	0,00E+00
22.05.00	I	10:30	1,10E+02	5,30E+02	4,20E+01	n.d.	1,00E+01	n.d.
22.05.00	I	14:00	1,00E+02	5,00E+01	2,77E+03	n.d.	5,20E+02	0,00E+00
22.05.00	I	14:45	n.d.	n.d.	3,30E+02	n.d.	3,20E+01	n.d.
22.05.00	I	15:30	n.d.	n.d.	1,20E+02	n.d.	1,00E+01	0,00E+00

Anlage: **Wiedersberg**

Probenahmestelle: **Ablauf Horizontalfilter**

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
23.05.00	I	09:00	6,70E+01	8,00E+00	< 10	n.d.	1,00E+01	0,00E+00
23.05.00	I	10:00	n.d.	n.d.	6,40E+01	n.d.	< 10	0,00E+00
23.05.00	I	10:45	n.d.	n.d.	3,20E+01	n.d.	1,00E+01	n.d.
23.05.00	I	11:30	n.d.	n.d.	1,00E+01	n.d.	< 10	0,00E+00
23.05.00	I	13:15	n.d.	n.d.	4,20E+01	n.d.	1,00E+01	n.d.
23.05.00	I	14:00	n.d.	n.d.	1,46E+02	n.d.	< 10	0,00E+00
23.05.00	I	14:45	n.d.	n.d.	7,80E+02	n.d.	2,20E+01	n.d.
23.05.00	I	15:30	1,00E+02	3,70E+01	2,20E+01	n.d.	< 10	0,00E+00
24.05.00	I	09:00	9,90E+01	1,90E+02	1,60E+03	n.d.	1,10E+02	0,00E+00
24.05.00	I	09:45	n.d.	n.d.	1,04E+03	n.d.	7,60E+01	n.d.
24.05.00	I	10:30	n.d.	n.d.	8,80E+01	n.d.	5,40E+01	n.d.
24.05.00	I	11:15	n.d.	n.d.	2,20E+01	n.d.	< 10	0,00E+00
19.06.00	I	08:00	3,40E+02	9,70E+01	5,40E+01	n.d.	< 10	n.d.
19.06.00	I	14:00	n.d.	n.d.	2,20E+01	n.d.	< 10	0,00E+00
19.06.00	I	15:10	2,40E+02	5,80E+01	6,40E+01	n.d.	< 10	n.d.
20.06.00	I	08:05	2,80E+02	1,70E+02	3,20E+01	n.d.	< 10	0,00E+00
20.06.00	I	09:00	n.d.	n.d.	< 10	n.d.	< 10	n.d.
20.06.00	I	10:00	n.d.	n.d.	2,20E+01	n.d.	< 10	0,00E+00
20.06.00	I	11:00	n.d.	n.d.	4,20E+01	n.d.	< 10	n.d.
20.06.00	I	11:50	n.d.	n.d.	5,40E+01	n.d.	< 10	0,00E+00
20.06.00	I	13:00	n.d.	n.d.	3,20E+01	n.d.	< 10	n.d.
20.06.00	I	14:00	4,30E+02	1,40E+02	4,20E+01	n.d.	< 10	0,00E+00
20.06.00	I	15:00	n.d.	n.d.	3,20E+01	n.d.	< 10	n.d.

Anlage: **Wiedersberg**

Probenahmestelle: **Ablauf Horizontalfilter**

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
21.06.00	I	08:00	2,70E+02	1,20E+02	5,40E+01	n.d.	< 10	0,00E+00
21.06.00	I	10:00	n.d.	n.d.	2,20E+01	n.d.	< 10	n.d.
21.06.00	I	11:00	n.d.	n.d.	3,20E+01	n.d.	< 10	0,00E+00
21.06.00	I	12:00	n.d.	n.d.	1,20E+02	n.d.	< 15	n.d.
17.07.00		10:50	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
15.08.00		10:10	2,90E+02	4,00E+02	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	0,00E+00
22.08.00		10:20	8,00E+01	7,00E+01	5,00E+00	1,60E+02	7,70E+01	n.d.
05.09.00		10:15	5,00E+01	7,00E+01	5,40E+01	5,40E+01	n.d.	n.d.
19.09.00		10:25	2,00E+00	2,00E+00	3,00E+00	1,60E+02	1,00E+02	n.d.
10.10.00		10:10	1,10E+02	2,60E+02	3,00E+00	2,80E+01	1,00E+00	0
24.10.00		10:20	1,20E+03	5,20E+02	8,00E-01	3,50E+01	1,00E+00	n.d.
28.11.00		10:30	1,00E+02	1,00E+02	2,40E+01	1,60E+02	1,00E+00	0,00E+00
09.01.01		10:05	7,00E+01	6,00E+01	5,00E+00	8,00E+00	> 1	n.d.
20.02.01	I	09:45	7,90E+01	8,00E+00	2,20E+01	n.d.	< 10	1,00E+00
20.02.01	I	10:30	n.d.	n.d.	2,20E+01	n.d.	< 10	n.d.
20.02.01	I	11:15	n.d.	n.d.	4,20E+01	n.d.	1,00E+01	0,00E+00
20.02.01	I	13:00	1,20E+01	3,00E+00	2,20E+01	n.d.	< 10	0,00E+00
20.02.01	I	13:45	n.d.	n.d.	3,20E+01	n.d.	< 10	n.d.
20.02.01	I	14:45	n.d.	n.d.	1,00E+01	n.d.	1,00E+01	0,00E+00
20.02.01	I	15:30	n.d.	n.d.	1,00E+01	n.d.	< 10	0,00E+00

Anlage: **Wiedersberg**

Probenahmestelle: **Ablauf Horizontalfilter**

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
21.02.01	I	08:45	5,20E+01	1,60E+01	7,60E+01	n.d.	< 10	0,00E+00
21.02.01	I	09:30	n.d.	n.d.	7,60E+01	n.d.	1,00E+01	n.d.
21.02.01	I	10:15	n.d.	n.d.	3,20E+01	n.d.	2,20E+01	0,00E+00
21.02.01	I	11:00	5,70E+01	1,00E+01	6,40E+01	n.d.	< 10	n.d.
21.02.01	I	12:00	n.d.	n.d.	5,40E+01	n.d.	1,00E+01	n.d.
21.02.01	I	13:00	n.d.	n.d.	7,60E+01	n.d.	< 10	n.d.
21.02.01	I	14:00	n.d.	n.d.	8,80E+01	n.d.	< 10	n.d.
28.03.01		10:10	3,00E+01	3,00E+01	5,40E+01	1,60E+02	4,00E+00	n.d.
23.04.01		10:20	3,10E+02	9,90E+01	2,40E+02	5,40E+02	2,20E+01	0,00E+00
15.05.01		10:15	1,50E+03	6,20E+02	2,00E+02	1,10E+03	6,00E+00	n.d.
11.06.01		10:25	2,20E+03	8,00E+02	4,90E+02	3,30E+02	4,20E+02	0,00E+00
03.07.01		10:10	2,10E+05	1,10E+05	1,60E+04	1,60E+04	1,90E+04	3,70E+03
07.08.01		10:20	1,00E+04	1,00E+04	8,00E+02	1,30E+04	1,00E+02	0,00E+00
28.08.01		10:30	1,50E+03	1,20E+03	1,10E+02	1,60E+03	4,70E+02	0,00E+00
25.09.01		10:05	3,40E+02	3,40E+02	8,00E+01	2,30E+02	1,40E+01	0,00E+00

Anlage: **Wiedersberg**

Probenahmestelle: **Ablauf UV-Anlage / Zulauf Phosphatfilter**

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
14.06.99		10:20	8,80E+01	2,40E+01	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,00E+00
12.07.99		10:45	6,50E+02	3,30E+02	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,00E+00
27.09.99		10:15	1,50E+01	4,00E+00	< 0,3	< 0,3	0,00E+00	0,00E+00
18.10.99		10:50	5,40E+01	1,60E+02	9,30E+01	9,30E+01	9,00E+00	n.d.
15.11.99		10:10	1,30E+02	4,00E+02	1,10E+03	1,10E+03	3,00E+00	0,00E+00
29.11.99		10:15	3,50E+01	6,60E+01	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	
13.12.99		10:10	2,30E+02	4,90E+01	4,00E+00	9,00E+00	4,00E+00	n.d.
11.01.00		10:20	1,00E+01	9,00E+01	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	0,00E+00
09.02.00		10:05	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	
12.04.00		10:10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
23.05.00		10:00	0,00E+00	0,00E+00				
15.08.00		10:10	3,00E+00	1,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
24.10.00		10:20	1,00E+00	1,00E+00	< 0,2	< 0,8	< 1	
28.11.00		10:30	2,60E+01	5,00E+00	1,00E+00	7,90E+00	< 1	

Anlage: **Wiedersberg**

Probenahmestelle: **Ablauf Phosphatfilter**

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
14.06.99		10:20	1,53E+03	7,40E+02	3,00E-01	9,00E-01	4,27E+02	1,00E+00
12.07.99		10:45	3,00E+02	1,00E+03	2,00E+00	2,30E+01	2,30E+01	0,00E+00
27.09.99		10:15	4,55E+02	3,55E+02	3,00E+00	9,30E+01	4,00E+00	4,00E+00
18.10.99		10:50	9,70E+01	1,30E+02	1,50E+01	4,30E+01	4,00E+00	n.d.
15.11.99		10:10	1,30E+03	4,00E+02	1,10E+03	1,10E+03	3,00E+00	0,00E+00
29.11.99		10:15	3,50E+01	6,60E+01	< 1		< 1	
13.12.99		10:10						n.d.
11.01.00		10:20						0,00E+00
18.01.00		10:15						
09.02.00		10:05	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
22.02.00		10:20	1,00E+03	1,00E+03	9,00E+00	9,00E+00	neg.	
06.03.00		10:10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
21.03.00		10:25	3,40E+01	9,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
15.08.00		10:10	3,00E+01	1,20E+02	2,30E+02	1,20E+02	7,70E+01	0,00E+00
24.10.00		10:20	1,00E+00	1,00E+00	5,40E+01	1,60E+02	<1	
28.11.00		10:30	6,90E+02	2,10E+02	8,00E+00	5,40E+02	1,00E+02	
28.08.01		10:30	1,40E+04	6,00E+03	8,00E+00	1,60E+04	1,60E+02	0,00E+00

1.2 Pathogene Mikroorganismen

1.2.1 Statische Angaben

	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	Clostridien	Clostridium perfringens (m-CP)	Clostridium perfringens (TSC)	Cryptosporidien- Oozysten	Giardien- Zysten
	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[KBE/100ml]	[KBE/100ml]	[100l]	[100l]
Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung (VK 3), Zulauf Vertikalfilter							
Anzahl	39	24	38	9	9	13	13
Minima	3,80E+03	3,00E-01	3,00E+00	8,40E+03	1,00E+04	8,00E+00	1,63E+02
Maxima	7,80E+07	1,10E+05	4,60E+04	6,60E+04	7,90E+04	2,31E+02	8,70E+03
Mittelwert	4,19E+06	4,87E+03	1,85E+03	2,84E+04	3,12E+04	4,86E+01	3,23E+03
Standardabweichung	1,28E+07	2,19E+04	7,51E+03	1,88E+04	1,97E+04	6,34E+01	3,03E+03
Median	2,40E+05	1,10E+01	4,95E+01	2,00E+04	2,30E+04	2,40E+01	1,27E+03
Probenahmestelle: Ablauf Vertikalfilter							
Anzahl	33	26	37	10	10	2	2
Minima	2,30E+01	3,00E-01	2,00E+00	2,00E+01	4,00E+01	8,00E-01	1,50E+00
Maxima	1,10E+06	1,10E+04	2,40E+02	1,32E+04	1,20E+03	2,00E+00	4,00E+00
Mittelwert	1,26E+05	4,47E+02	6,35E+01	1,65E+03	4,56E+02	1,40E+00	2,75E+00
Standardabweichung	3,12E+05	2,11E+03	7,67E+01	3,87E+03	3,90E+02	6,00E-01	1,25E+00
Median	7,50E+03	2,75E+00	2,40E+01	4,55E+02	4,55E+02	1,40E+00	2,75E+00
Probenahmestelle: Ablauf Horizontalfilter							
Anzahl	29	14	37	2	4	1 *	3 **
Minima	1,00E-01	6,00E-02	6,00E-01	1,00E+00	1,00E+00		
Maxima	7,50E+03	1,00E+00	2,40E+01	1,70E+01	2,30E+01		
Mittelwert	3,64E+02	2,40E-01	4,50E+00	9,00E+00	6,50E+00		
Standardabweichung	1,38E+03	3,13E-01	5,64E+00	8,00E+00	9,53E+00		
Median	1,10E+01	1,00E-01	2,00E+00	9,00E+00	1,00E+00		

*) nur 1 Probe statistisch auswertbar, 12 von 13 nicht nachweisbar

**) nur 3 Proben statistisch auswertbar, 10 von 13 nicht nachweisbar

1.2.2 Einzelergebnisse

Anlage: **Wiedersberg**

Probenahmestelle: **Ablauf Vorklärung (VK 3) / Zulauf Vertikalfilter**

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Cryptosporidien- Oozysten	Giardien- Zysten	Salmonellen
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[100]	[100]	[MPN/100ml]
14.06.99		10:20	> 11000	pos.	n.d.	4,62E+02	n.d.	n.d.	n.d.
12.07.99		10:45	> 1100000	n.d.	n.d.	2,30E+01	n.d.	n.d.	<0,1
27.09.99		10:15	1,10E+07	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
18.10.99		10:50	9,20E+04	n.d.	n.d.	3,80E+01	n.d.	n.d.	n.d.
15.11.99		10:10	2,30E+05	n.d.	n.d.	>110	n.d.	n.d.	<0,1
22.11.99		10:20		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.	
29.11.99		10:15	4,60E+06	n.d.	n.d.	1,10E+02	3,20E+01	3,64E+03	n.d.
08.12.99		10:25		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.	
13.12.99		10:10	4,60E+06	n.d.	n.d.	1,50E+01	n.d.	n.d.	
11.01.00		10:20	1,10E+06	n.d.	n.n. in 10ml	3,50E+01	n.d.	n.d.	neg. 300ml
18.01.00		10:30	1,10E+07	3,00E-01	n.n. in 10ml	4,30E+01	n.d.	n.d.	pos. 100ml
09.02.00		10:05	4,60E+06	< 3	n.n. in 100ml	1,10E+02	n.d.	n.d.	neg. 300ml
22.02.00		10:20	9,30E+05	1,00E+00	<1.00E-01	1,40E+01	n.d.	n.d.	pos. 300 ml
06.03.00		10:10	1,10E+06	2,00E+00	n.n. in 100ml	1,50E+01	n.d.	n.d.	neg. 300 ml
21.03.00		10:25	2,10E+05	< 0,3	<3.00E-01	2,90E+01	n.d.	n.d.	pos. 300 ml
11.04.00		10:10	2,40E+05	< 3	n.a.	4,60E+01	1,80E+01	2,85E+02	neg. 300ml
22.05.00	I	10:30	1,10E+06	6,00E-01	n.n. in 100ml	1,10E+02	2,40E+01	8,48E+02	eingestellt
22.05.00	I	14:00	1,10E+06	9,00E-01	n.n. in 100ml	1,10E+02	8,00E+00	9,92E+02	
22.05.00	I	14:45		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.	
22.05.00	I	15:30		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.	

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf Vorklämung (VK 3) / Zulauf Vertikalfilter

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Cryptosporidien- Oozysten	Giardien- Zysten
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[100l]	[100l]
23.05.00	I	09:00	1,10E+06	2,40E+00	n.n. in 100ml	1,20E+01	2,40E+01	9,12E+02
23.05.00	I	10:00		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
23.05.00	I	10:45		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
23.05.00	I	11:30		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
23.05.00	I	13:15		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
23.05.00	I	14:00	1,10E+06	2,00E+00	n.n. in 100ml	1,10E+02	1,60E+01	1,27E+03
23.05.00	I	14:45		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
23.05.00	I	15:30		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
24.05.00	I	09:00	>1100000	3,50E+00	n.n. in 100ml	1,10E+02	n.d.	n.d.
24.05.00	I	09:45		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
24.05.00	I	10:30		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
24.05.00	I	11:15		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
19.06.00	I	08:00	5,20E+04	1,10E+03	n.n. in 100ml	1,50E+01	1,20E+01	3,31E+02
19.06.00	I	14:00	2,40E+06	2,92E+02	n.n. in 100ml	3,50E+01	1,20E+01	1,63E+02
19.06.00	I	15:10		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
20.06.00	I	08:05	7,50E+06	> 1100	n.n. in 100ml	5,30E+01	n.d.	n.d.
20.06.00	I	09:00		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
20.06.00	I	10:00		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
20.06.00	I	11:00		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
20.06.00	I	11:50		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
20.06.00	I	13:00		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.
20.06.00	I	14:00	2,40E+07	n.d.	n.n. in 100ml	2,92E+02	n.d.	n.d.
20.06.00	I	15:00		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf Vorklärung (VK 3) / Zulauf Vertikalfilter

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Clostridium perfringens (m-CP)	Clostridium perfringens (TSC)	Cryptosporidien- Oozysten	Giardien- Zysten
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[KBE/100ml]	[KBE/100ml]	[100l]	[100l]
21.06.00	I	08:00	7,80E+07	5,30E+01	n.n. in 100ml	3,50E+01			n.d.	n.d.
21.06.00	I	10:00			n.d.				n.d.	n.d.
21.06.00	I	11:00			n.d.				n.d.	n.d.
21.06.00	I	12:00			n.d.				n.d.	n.d.
17.07.00		10:50	9,30E+04	29	n.n. in 100ml	4,40E+01			2,31E+02	4,50E+03
15.08.00		10:10	1,50E+05	1,00E+00	n.d.	3,00E+00			n.d.	n.d.
22.08.00		10:20	2,30E+05	3,00E+00	n.d.	7,00E+00			2,00E+01	6,92E+03
05.09.00		10:15	4,60E+06	n.d.	n.d.	2,10E+01			n.d.	n.d.
19.09.00		10:25	1,50E+05	2,00E+00	<0,3	4,00E+00			1,50E+02	5,44E+03
10.10.00		10:10	1,50E+04	n.d.	n.d.	4,60E+04			4,40E+01	8,04E+03
24.10.00		10:20	2,40E+04	4,40E+01	<0,3	4,40E+02			n.d.	n.d.
28.11.00		10:30	2,40E+04	1,50E+01	<0,3	7,30E+01			4,00E+01	8,70E+03
09.01.01		10:05	3,80E+03	2,90E+01	<0,3	2,30E+03	Beginn der Untersuchung	09.01.01	4,00E+01	8,70E+03
20.02.01	I	09:45	1,10E+06	3,40E+02	<0,3	> 11000	2,00E+04	1,60E+04	Untersuchung eingestellt	
20.02.01	I	10:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3,30E+04	4,20E+04		
20.02.01	I	11:15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
20.02.01	I	13:00	1,50E+05	7,00E+00	n.d.	> 11000	5,70E+04	4,20E+04		
20.02.01	I	13:45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
20.02.01	I	14:45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
20.02.01	I	15:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf Vorklärung (VK 3) / Zulauf Vertikalfilter

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Clostridium perfringens (m-CP)	Clostridium perfringens (TSC)
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[KBE/100ml]	[KBE/100ml]
21.02.01	I	08:45	2,40E+05	> 1100	<0,3	2,40E+03	1,50E+04	2,70E+04
21.02.01	I	09:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21.02.01	I	10:15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21.02.01	I	11:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21.02.01	I	12:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21.02.01	I	13:00	1,10E+05	2,90E+02	n.d.	9,30E+02	1,70E+04	2,30E+04
21.02.01	I	14:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
28.03.01		10:10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
23.04.01		10:20	4,60E+04	> 11000	<0,3	4,60E+03	2,16E+04	2,12E+04
15.05.01		10:15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
11.06.01		10:25	2,40E+05	1,10E+05	<0,3	1,10E+04	1,80E+04	2,10E+04
09.07.01		10:10	1,50E+05	> 11000	< 0,3	1,14E+02	8,40E+03	1,00E+04
07.08.01		10:20	1,10E+05	3,50E+02	n.d.	2,30E+01	> 100000	> 100000
28.08.01		10:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
25.09.01		10:05	1,50E+04	4,40E+03	< 0,3	4,20E+02	6,60E+04	7,90E+04

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf Vertikalfilter / Zulauf Horizontalfilter

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Cryptosporidien- Oozysten	Giardien- Zysten	Salmonellen
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[100]	[100]	[MPN/100ml]
14.06.99		10:20	> 1100	pos.	n.d.	2,40E+02	n.d.	n.d.	
12.07.99		10:45	> 110000	n.d.	n.d.	1,50E+01	n.d.	n.d.	< 0,1
27.09.99		10:15	7,40E+02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
18.10.99		10:50	4,30E+02	n.d.	n.d.	2,40E+01	n.d.	n.d.	
15.11.99		10:10	<30	n.d.	n.d.	1,10E+02	n.d.	n.d.	<0,1
22.11.99		10:20		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.	
29.11.99		10:15	2,30E+03	n.d.	n.d.	2,40E+01	n.d.	n.d.	n.d.
08.12.99		10:25		n.d.	n.d.		n.d.	n.d.	
13.12.99		10:10	7,50E+04	n.d.	n.d.	2,40E+01	n.d.	n.d.	neg. 1000ml
11.01.00		10:20	> 11000	n.d.	n.d.	1,10E+02	n.d.	n.d.	
18.01.00		10:30	1,50E+04	< 0,3	n.d.	2,40E+01	n.d.	n.d.	neg. 1000ml
09.02.00		10:05	2,40E+04	4,00E-01	n.d.	2,40E+01	n.d.	n.d.	neg. 1000ml
22.02.00		10:20	4,60E+04	9,00E-01	n.d.	2,40E+01	n.d.	n.d.	neg. 1000ml
06.03.00		10:10	2,30E+03	n.d.	n.n. in 500ml	2,40E+01	n.d.	n.d.	neg. 1000ml
21.03.00		10:25	2,40E+04	< 0,1	n.n. in 500ml	1,10E+02	n.d.	n.d.	neg. 1000ml
11.04.00		10:10	2,90E+04	4,00E-01	n.a.	1,10E+02	2,00E+00	4,00E+00	neg. 1000ml
22.05.00	I	10:30	1,10E+06	1,40E+00	n.d.	4,00E+00	n.d.	n.d.	eingestellt
22.05.00	I	14:00	1,10E+06	7,00E-01	n.d.	6,00E+00	n.d.	n.d.	
22.05.00	I	14:45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
22.05.00	I	15:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf Vertikalfilter / Zulauf Horizontalfilter

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Cryptosporidien- Oozysten	Giardien- Zysten
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[100l]	[100l]
23.05.00	I	09:00	1,20E+05	1,60E+01	n.d.	2,40E+01	n.d.	n.d.
23.05.00	I	10:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
23.05.00	I	10:45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
23.05.00	I	11:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
23.05.00	I	13:15	1,10E+06	n.d.	n.d.	1,10E+02	n.d.	n.d.
23.05.00	I	14:00	n.d.	1,50E+00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
23.05.00	I	14:45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
23.05.00	I	15:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
24.05.00	I	09:00	1,20E+05	1,60E+01	n.d.	1,00E+01	n.d.	n.d.
24.05.00	I	09:45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
24.05.00	I	10:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
24.05.00	I	11:15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
19.06.00	I	08:00	7,30E+02	> 110	n.d.	8,00E+00	n.d.	n.d.
19.06.00	I	14:00	2,30E+02	2,00E+00	n.d.	1,50E+01	n.d.	n.d.
19.06.00	I	15:10		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
20.06.00	I	08:05	9,20E+03	> 110	n.d.	3,00E+00	n.d.	n.d.
20.06.00	I	09:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
20.06.00	I	10:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
20.06.00	I	11:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
20.06.00	I	11:50	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
20.06.00	I	13:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
20.06.00	I	14:00	1,90E+05	3,50E+00	n.d.	5,00E+00	n.d.	n.d.
20.06.00	I	15:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf Vertikalfilter / Zulauf Horizontalfilter

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Clostridium perfringens (m-CP)		Clostridium perfringens (TSC)	Cryptosporidien- Oozysten	Giardien- Zysten	Salmonellen
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[KBE/100ml]	[KBE/100ml]	[KBE/100ml]	[100]	[100]	[MPN/100ml]
21.06.00	I	08:00	1,60E+05	2,90E+01	n.d.	1,50E+01				n.d.	n.d.	n.d.
21.06.00	I	10:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.				n.d.	n.d.	n.d.
21.06.00	I	11:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.				n.d.	n.d.	n.d.
21.06.00	I	12:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.				n.d.	n.d.	n.d.
17.07.00		10:50	7,40E+03	7,00E-01	n.d.	1,50E+01				8,00E-01	1,50E+00	n.d.
15.08.00		10:10	< 300	1,00E+00	n.d.	2,00E+00				n.d.	n.d.	neg. 1000ml
22.08.00		10:20	> 11000	6,00E-01	n.d.	8,00E+00				n.d.	n.d.	n.d.
05.09.00		10:15	7,50E+03	n.d.	n.d.	>110				n.d.	n.d.	n.d.
19.09.00		10:25	4,20E+02	2,00E+00	n.d.	3,00E+00				n.d.	n.d.	n.d.
10.10.00		10:10	4,20E+02	n.d.	n.d.	>110				n.d.	n.d.	n.d.
24.10.00		10:20	4,30E+02	2,90E+01	n.d.	1,13E+02				n.d.	n.d.	n.d.
28.11.00		10:30	1,50E+02	2,10E+01	n.d.	1,00E+01				n.d.	n.d.	n.d.
09.01.01		10:05	2,30E+01	9,00E+00	n.n. in 3x 500ml	4,30E+01	Beginn der Untersuchung 09.01.01					
20.02.01	I	09:45	> 11000	2,00E+00	< 0,3	2,40E+02	6,00E+01	7,00E+01	Untersuchung eingestellt			n.d.
20.02.01	I	10:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	4,30E+02	4,20E+02				n.d.
20.02.01	I	11:15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.				n.d.
20.02.01	I	13:00	> 11000	3,00E-01	n.d.	2,40E+02	6,10E+02	5,60E+02				n.d.
20.02.01	I	13:45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.				n.d.
20.02.01	I	14:45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.				n.d.
20.02.01	I	15:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.				n.d.

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf Vertikalfilter / Zulauf Horizontalfilter

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Clostridium perfringens (m-CP)	Clostridium perfringens (TSC)
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[KBE/100ml]	[KBE/100ml]
21.02.01	I	08:45	1,10E+04	1,50E+01	< 0,3	2,10E+02	5,30E+02	5,70E+02
21.02.01	I	09:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21.02.01	I	10:15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21.02.01	I	11:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21.02.01	I	12:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21.02.01	I	13:00	> 11000	1,20E+01	n.d.	2,40E+02	4,80E+02	4,90E+02
21.02.01	I	14:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
28.03.01		10:10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
23.04.01		10:20	4,60E+03	> 1100	< 0,1	9,30E+01	1,32E+04	1,04E+03
15.05.01		10:15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
11.06.01		10:25	9,30E+03	1,10E+04	< 0,1	> 1100	1,00E+03	1,20E+03
09.07.01		10:10	1,50E+03	2,30E+02	< 0,3	< 30	7,00E+01	9,00E+01
07.08.01		10:20	2,40E+02	3,00E+01	n.d.	4,60E+01	4,00E+01	8,00E+01
28.08.01		10:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
25.09.01		10:05	4,30E+01	2,10E+02	< 0,3	2,40E+01	2,00E+01	4,00E+01

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf Horizontalfilter

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Cryptosporidium- Oozysten	Giardien- Zysten	Salmonellen
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[100]	[100]	[MPN/100ml]
14.06.99		10:20	> 1100	pos.		2,30E+01			n.d.
12.07.99		10:45	1,46E+02	n.d.		< 3			< 0,1
27.09.99		10:15	1,50E+01			n.d.			n.d.
18.10.99		10:50	1,40E+01			6,00E+00			n.d.
15.11.99		10:10	9,00E-01		n.d.	3,00E+00	n.d.	n.d.	<0,1
22.11.99		10:20	n.d..			n.d..			
29.11.99		10:15	7,50E+03		n.d.	3,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	n.d.
08.12.99		10:25			n.d.		n.d.	n.d.	
13.12.99		10:10	9,30E+01		n.d.	6,00E-01			
11.01.00		10:20	1,60E+02		n.n. in 100ml	4,00E+00	n.d.	n.d.	neg.1000ml
18.01.00		10:30	4,00E+00	< 0,3	n.n. in 500ml	2,00E+00	n.d.	n.d.	neg.1000ml
09.02.00		10:05	4,20E+01	< 0,1	n.d.	6,00E-01	n.d.	n.d.	neg.1000ml
22.02.00		10:20	1,10E+03	< 0,1	n.d.	2,00E+00	n.d.	n.d.	
06.03.00		10:10	2,30E+01	< 0,1	n.d.	6,00E-01			
21.03.00		10:25	9,00E+00	6,00E-02	n.d.	3,00E+00	n.d.	n.d.	
11.04.00		10:10	2,15E+02	< 0,1	n.d.	3,00E+00	n.n.	4,00E-01	neg.1000ml
22.05.00	I	10:30	2,90E+01	1,00E-01	n.n. in 500ml	2,40E+01	n.n.	n.n.	eingestellt
22.05.00	I	14:00	3,50E+01	< 0,1	n.n. in 500ml	6,00E-01	n.n.	n.n.	
22.05.00	I	14:45	n.d.			n.d.			
22.05.00	I	15:30	n.d.			n.d.			

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf Horizontalfilter

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Cryptosporidium- Oozysten	Giardien- Zysten
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[100l]	[100l]
23.05.00	I	09:00	1,10E+03	1,00E-01	n.n. in 500ml	n.d.	n.n.	n.n.
23.05.00	I	10:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
23.05.00	I	10:45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
23.05.00	I	11:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
23.05.00	I	13:15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
23.05.00	I	14:00	2,00E+00	1,00E-01	n.n. in 500ml	1,00E+00	n.n.	n.n.
23.05.00	I	14:45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
23.05.00	I	15:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
24.05.00	I	09:00	1,00E-01	1,00E-01	n.n. in 500ml	2,00E+00	n.d.	n.d.
24.05.00	I	09:45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
24.05.00	I	10:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
24.05.00	I	11:15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
19.06.00	I	08:00	3,00E-01	< 0,1	n.n. in 500ml	6,00E+00	n.n.	n.n.
19.06.00	I	14:00	< 0,1	< 0,1	n.n. in 500ml	6,00E+00	n.d.	n.d.
19.06.00	I	15:10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
20.06.00	I	08:05	3,80E+01	1,00E-01	n.n. in 500ml	6,00E-01	n.d.	n.d.
20.06.00	I	09:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
20.06.00	I	10:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
20.06.00	I	11:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
20.06.00	I	11:50	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
20.06.00	I	13:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
20.06.00	I	14:00	< 0,1	< 0,1	n.n. in 500ml	6,00E-01	n.d.	n.d.
20.06.00	I	15:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf Horizontalfilter

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Clostridium perfringens (m-CP)	Clostridium perfringens (TSC)	Cryptosporidien- Oozysten	Giardien- Zysten
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[KBE/100ml]	[KBE/100ml]	[100]	[100]
21.06.00	I	08:00	<0,1	<0,1	n.n. in 500ml	6,00E-01				
21.06.00	I	10:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.				n.d.
21.06.00	I	11:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.				n.d.
21.06.00	I	12:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.				n.d.
17.07.00		10:50	3,00E-01	1,00E-01	n.n.in 500ml	6,00E-01			n.n.	n.n.
15.08.00		10:10	<0,1	<0,1	n.d.	<0,5				n.d.
22.08.00		10:20	<0,1	1,00E-01	n.d.	2,00E+00				7,00E-01
05.09.00		10:15	<0,1	n.d.	n.d.	6,00E-01				n.d.
19.09.00		10:25	<0,1	<0,1	n.n.in3x500ml	<0,1			n.n.	n.n.
10.10.00		10:10	<0,1	n.d.	n.d.	3,00E+00			n.n.	n.n.
24.10.00		10:20	1,00E-01	<0,1	n.n.in3x500ml	1,00E+00			n.n.	n.n.
28.11.00		10:30	<0,1	<0,1	<0,1	1,00E+01	Beginn der Untersuchung 09.01.01		n.n.	n.n.
09.01.01		10:05	2,00E-01	<0,1	<0,1	1,50E+01	1,00E+00	1,00E+00	Untersuchung eingestellt	
20.02.01	I	09:45	2,00E+00	1,00E-01	<0,1	8,00E+00	<1	<1		
20.02.01	I	10:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
20.02.01	I	11:15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
20.02.01	I	13:00	3,00E+00	2,00E-01	n.d.	2,00E+00	<1	<1		
20.02.01	I	13:45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
20.02.01	I	14:45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		
20.02.01	I	15:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf Horizontalfilter

Datum	PN	Zeit [h]	Campylobacter/ Arcobacter [MPN/100ml]	Yersinien [MPN/100ml]	E. coli 0 157 [MPN/100ml]	Clostridien [MPN/100ml]	Clostridium perfringens (m-CP) [KBE/100ml]	Clostridium perfringens (TSC) [KBE/100ml]
21.02.01	I	08:45	1,10E+01	< 0,1	< 0,1	1,00E+01	< 1	1,00E+00
21.02.01	I	09:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21.02.01	I	10:15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21.02.01	I	11:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21.02.01	I	12:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21.02.01	I	13:00	1,10E+01	< 0,1	n.d.	4,00E+00	< 1	1,00E+00
21.02.01	I	14:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
28.03.01		10:10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
23.04.01		10:20	< 0,1	1,00E+00	< 0,1	4,00E+00	< 1	< 1
15.05.01		10:15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
11.06.01		10:25	6,00E-01	1,00E-01	< 0,1	1,00E+00	< 1	< 1
09.07.01		10:10	>11	> 11	< 0,3	1,00E+01	1,70E+01	2,30E+01
07.08.01		10:20	1,10E+01	2,00E-01	n.d.	2,00E+00	< 1	< 1
28.08.01		10:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
25.09.01		10:05	< 0,1	1,00E+00	< 0,3	1,00E+00	< 1	< 1

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf UV-Anlage / Zulauf Phosphatfilter

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Cryptosporidien- Oozysten	Giardien- Zysten	Salmonellen
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[100]	[100]	[MPN/100ml]
14.06.99		10:20	9,90E+00	pos.		< 3			n.d.
12.07.99		10:45	< 0,3	n.d.		< 3			< 0,1
27.09.99		10:15	< 0,1			n.d.			n.d.
18.10.99		10:50	5,00E+00			2,40E+01			n.d.
15.11.99		10:10	<0,1		n.d.	3,00E+00	n.d.	n.d.	<0,1
13.12.99		10:10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
11.01.00		10:20	7,00E-01			1,10E+02	n.d.	n.d.	
18.01.00		10:15	< 0,1	< 0,1	n.d.	3,00E+00	n.d.	n.d.	< 0,1
09.02.00		10:05	< 0,1	< 0,1	n.d.	2	n.d.	n.d.	
22.02.00		10:20	2,00E-01	< 0,1	n.d.	<5.00E-01	n.d.	n.d.	
06.03.00		10:10	1,10E+01	< 0,1	n.d.	6,00E-01	n.d.	n.d.	
21.03.00		10:25	< 0,1	< 0,1	n.d.	1,00E+01	n.d.	n.d.	
12.04.00		10:10	2	< 0,1	n.d.	6,00E-01	n.n.	4,00E-01	n.d.
23.05.00		10:00	< 0,1	< 0,1	n.d.	2,00E+00	n.d.	n.d.	
17.07.00		10:50	< 0,1	< 0,1	n.d.	< 0,5	n.d.	n.d.	
10.10.00		10:10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
24.10.00		10:20	<0,1	<0,1	n.d.	1,00E+00	n.d.	n.d.	
28.11.00		10:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf Phosphatfilter

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Cryptosporidien- Oozysten	Giardien- Zysten	Salmonellen
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[100]	[100]	[MPN/100ml]
14.06.99		10:20	2,10E+01	pos.		4,62E+02			n.d.
12.07.99		10:45	7,00E+00	n.d.		1,50E+01			1,00E-01
27.09.99		10:15	3,00E-01			n.d.			n.d.
18.10.99		10:50	1,00E-01			1,00E+01			n.d.
15.11.99		10:10	<0,1		n.d.	2,10E+01	n.d.	n.d.	<0,1
29.11.99		10:15					0,00E+00	4,00E-01	
13.12.99		10:10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
11.01.00		10:20	2,00E-01	< 0,1	n.d.	4,60E+01	n.d.	n.d.	
18.01.00		10:15	< 0,1	< 0,1	n.d.	1,00E+01	n.d.	n.d.	
09.02.00		10:05	<1.00E-01	< 0,1	n.d.	4,60E+01	n.d.	n.d.	
22.02.00		10:20	<1.00E-01	< 0,1	n.d.	6,00E+00	n.d.	n.d.	
06.03.00		10:10	<1.00E-01	0,5	n.d.	6,00E+00	n.d.	n.d.	
21.03.00		10:25	<1.00E-01	< 0,1	n.d.	6,00E+00	n.d.	n.d.	
12.04.00		10:10	3,00E-01	1,00E-01	n.d.	1,00E+01	n.d.	n.d.	

2 BEWACHSENER BODENFILTER ETTENBÜTTEL

2.1 Indikatororganismen

2.1.1 Statistische Angaben

	Koloniezahl 20°C [KBE/ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung (Teich 2), Zulauf Vertikalfilter						
Anzahl	25	25	33	20	33	27
Minima	1,00E+02	1,00E+02	3,60E+02	2,00E+03	1,00E+02	3,00E+02
Maxima	1,30E+07	2,20E+07	1,30E+07	7,90E+07	6,40E+05	2,50E+05
Mittelwert	1,09E+06	1,55E+06	7,31E+05	5,63E+06	8,69E+04	2,55E+04
Standardabweichung	2,63E+06	4,35E+06	2,25E+06	1,72E+07	1,40E+05	4,84E+04
Median	1,00E+05	1,20E+05	2,30E+04	4,20E+05	2,00E+04	9,30E+03
Probenahmestelle: Ablauf Vertikalfilter 1						
Anzahl	14	14	22	11	21	18
Minima	6,00E+01	9,00E+01	2,00E+01	3,30E+02	1,50E+01	0,00E+00
Maxima	5,80E+04	3,20E+05	3,50E+04	9,30E+04	9,00E+03	1,70E+04
Mittelwert	1,36E+04	4,22E+04	6,00E+03	2,36E+04	3,29E+03	1,61E+03
Standardabweichung	1,73E+04	8,20E+04	8,22E+03	2,60E+04	2,66E+03	3,81E+03
Median	8,70E+02	1,85E+03	2,45E+03	9,20E+03	2,40E+03	5,75E+02
Probenahmestelle: Ablauf Vertikalfilter 2						
Anzahl	24	24	31	20	32	26
Minima	1,00E+02	4,00E+01	2,00E+01	2,00E+01	1,00E+00	1,00E+00
Maxima	1,90E+05	1,90E+05	5,40E+04	1,60E+05	3,40E+04	2,00E+03
Mittelwert	1,06E+04	1,06E+04	6,20E+03	2,36E+04	2,94E+03	3,24E+02
Standardabweichung	3,76E+04	3,76E+04	1,23E+04	4,15E+04	6,08E+03	4,61E+02
Median	1,25E+03	1,20E+03	9,00E+02	3,40E+03	1,60E+03	6,60E+01

2.1.2 Einzelergebnisse

Anlage:

Ettenbüttel

Probenahmestelle:

Zulauf Teich 1

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
01.09.99		11:20	4,20E+07	4,50E+07	1,90E+05	4,40E+06	> 1,0E+05	n.d
04.11.99		11:30	7,30E+05	6,00E+05	9,40E+03	nicht auswertbar	1,10E+04	n.d
25.01.00		11:15	9,00E+05	8,10E+05	4,90E+05	9,20E+06	5,00E+05	3,30E+04
14.02.00		11:35	1,00E+04	2,00E+04	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+04	3,60E+04
14.03.00		11:25	9,10E+04	1,90E+05	2,40E+05	2,40E+05	8,70E+04	1,50E+03
03.04.00		11:40	9,00E+05	6,30E+05	> 1600000	> 1600000	2,00E+05	n.d
17.04.00		11:50	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
09.05.00		11:10	1,10E+05	1,20E+05	7,90E+05	1,30E+06	4,00E+05	1,20E+05
16.05.00		11:45	1,20E+06	7,90E+05	2,40E+06	5,40E+06	7,50E+05	1,70E+04
06.06.00		11:10	7,80E+05	6,80E+05	3,30E+05	2,40E+06	4,00E+05	2,90E+05
03.07.00		11:00	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
11.07.00		11:20	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
01.08.00		11:50	1,10E+06	6,00E+05	3,50E+06	3,50E+06	2,30E+05	2,60E+04
11.09.00		11:10	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
12.09.00		11:45	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
16.10.00		11:30	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
13.11.00		11:25	3,00E+05	1,00E+04	4,90E+05	2,40E+06	6,00E+05	6,50E+04

n.d.: nicht durchgeführt

Anlage: Ettenbüttel

Probenahmestelle: Ablauf Teich 2 / Zulauf Vertikalfilter

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
01.09.99		11:20	1,00E+06	2,20E+07	3,60E+02	7,30E+03	4,60E+04	n.d
04.11.99		11:30	5,00E+04	2,60E+04	6,10E+03	nicht auswertbar	1,90E+03	n.d.
25.01.00		11:15	1,40E+05	1,30E+05	1,60E+06	>1600000	1,20E+05	2,16E+03
14.02.00		11:35	3,00E+05	1,50E+05	1,30E+06	7,90E+05	2,00E+05	1,50E+03
14.03.00		11:25	1,00E+04	4,00E+04	1,10E+05	1,70E+05	2,00E+04	5,00E+02
03.04.00		11:40	1,00E+05	5,00E+04	2,40E+05	2,40E+05	1,00E+03	2,30E+03
17.04.00		11:50	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
09.05.00		11:10	1,00E+04	2,00E+04	2,30E+04	4,60E+04	6,40E+05	4,70E+03
16.05.00		11:45	1,20E+05	9,50E+04	2,40E+05	3,50E+05	1,60E+05	6,90E+03
06.06.00		11:10	1,00E+05	2,40E+05	1,70E+04	1,70E+05	1,00E+03	1,90E+04
03.07.00		11:00	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
11.07.00		11:20	1,00E+02	1,00E+02	1,60E+04	>16000	1,00E+02	7,00E+03
01.08.00		11:50	2,60E+04	1,20E+05	2,00E+03	2,00E+03	1,00E+03	4,80E+03
11.09.00		11:10	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
12.09.00		11:45	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
17.10.00		11:30	2,50E+04	1,90E+04	4,90E+05	4,90E+05	4,10E+05	8,20E+04
13.11.00		11:25	3,60E+04	1,10E+04	8,00E+04	3,30E+05	4,00E+04	1,50E+04
04.12.00		11:00	4,00E+05	3,50E+05	5,40E+05	9,20E+05	2,80E+05	2,50E+05
15.01.01		10:50	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
06.02.01		11:20	2,00E+04	4,00E+04	8,00E+04	1,30E+05	1,80E+05	1,40E+04
12.03.01	I	12:00	n.d	n.d	1,90E+03	n.d	8,90E+03	1,00E+04
12.03.01	I	13:00	n.d	n.d	2,40E+03	n.d	7,70E+03	n.d
12.03.01	I	14:00	1,00E+03	3,00E+03	3,20E+03	n.d	3,90E+03	9,30E+03
12.03.01	I	15:00	n.d	n.d	2,30E+03	n.d	6,50E+03	n.d
12.03.01	I	16:00	n.d	n.d	3,20E+03	n.d	3,70E+03	n.d
12.03.01	I	16:45	n.d	n.d	4,30E+03	n.d	4,10E+02	9,40E+03

Anlage: Ettenbüttel

Probenahmestelle: Ablauf Teich 2 / Zulauf Vertikalfilter

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
13.03.01	I	09:00	2,00E+03	5,00E+03	3,20E+03	n.d	5,20E+03	9,20E+03
13.03.01	I	09:45	n.d	n.d	4,00E+03	n.d	7,00E+03	n.d
13.03.01	I	10:30	n.d	n.d	5,40E+03	n.d	7,00E+02	1,10E+04
13.03.01	I	10:45	n.d	n.d	4,10E+03	n.d	7,10E+03	6,00E+03
28.05.01		11:35	5,80E+05	9,10E+05	1,70E+05	5,40E+05	2,00E+04	2,20E+04
09.07.01		10:50	7,30E+05	4,50E+06	2,40E+06	9,20E+06	4,00E+04	7,00E+03
01.08.01		11:15	7,70E+03	8,90E+03	2,00E+04	2,00E+04	1,00E+03	3,00E+02
04.09.01		11:00	1,30E+07	4,10E+05	7,90E+05	1,30E+06	3,80E+04	8,50E+03
17.09.01		11:45	2,80E+06	2,90E+06	1,70E+05	2,40E+06	5,50E+04	7,00E+04
22.10.01		11:30	1,10E+06	1,10E+06	1,10E+06	3,50E+06	1,10E+05	2,90E+04
05.11.01		11:20	2,60E+06	1,70E+06	1,30E+07	7,90E+07	2,50E+05	5,00E+04
19.11.01		11:50	4,00E+06	3,80E+06	1,70E+06	1,30E+07	2,00E+05	3,70E+04

Anlage: Ettenbüttel

Probenahmestelle: Ablauf Vertikalfilter 1

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
11.09.00		11:10	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
12.09.00		11:45	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
17.10.00		11:30	8,00E+01	1,10E+02	2,20E+02	5,40E+02	9,00E+01	6,40E+01
13.11.00		11:25	2,80E+04	2,80E+04	9,20E+03	9,20E+03	4,80E+03	6,30E+02
04.12.00		11:00	1,60E+04	1,70E+04	7,00E+03	1,10E+04	9,00E+03	1,70E+04
15.01.01		10:50	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
06.02.01		11:20	2,10E+03	1,60E+03	2,40E+04	3,50E+04	1,50E+03	1,20E+03
12.03.01	I	12:00	n.d	n.d	2,80E+03	n.d	8,70E+02	7,00E+02
12.03.01	I	13:00	n.d	n.d	1,50E+03	n.d	3,00E+03	n.d
12.03.01	I	14:00	3,00E+02	4,00E+02	2,40E+03	n.d	2,00E+02	8,00E+02
12.03.01	I	15:00	n.d	n.d	4,60E+03	n.d	6,60E+03	n.d
12.03.01	I	16:00	n.d	n.d	3,10E+03	n.d	6,10E+03	n.d
12.03.01	I	16:45	n.d	n.d	1,30E+03	n.d	4,60E+03	7,00E+02
13.03.01	I	09:00	3,00E+02	2,10E+03	1,90E+03	n.d	5,90E+03	8,60E+02
13.03.01	I	09:45	n.d	n.d	2,60E+03	n.d	3,00E+03	n.d
13.03.01	I	10:30	n.d	n.d	2,50E+03	n.d	2,40E+03	7,00E+02
13.03.01	I	10:45	n.d	n.d	1,40E+03	n.d	5,70E+03	5,20E+02
28.05.01		11:35	5,80E+04	7,80E+04	3,30E+03	1,70E+04	3,00E+02	4,00E+01
09.07.01		10:50	3,70E+04	3,20E+05	3,50E+04	9,30E+04	4,00E+03	8,10E+02
01.08.01		11:15	1,00E+02	1,00E+04	2,00E+03	2,30E+04	1,00E+02	0,00E+00
04.09.01		11:00	7,00E+02	9,00E+01	2,00E+01	3,30E+02	> 1	1,10E+01
17.09.01		11:45	7,50E+03	7,00E+03	9,20E+03	> 1600	1,10E+03	8,00E+01
22.10.01		11:30	9,70E+02	4,30E+02	3,30E+02	2,40E+03	5,00E+01	1,80E+01
05.11.01		11:20	7,70E+02	6,50E+02	2,40E+03	3,50E+03	2,80E+02	1,30E+02
19.11.01		11:50	6,00E+01	9,00E+01	8,00E+01	3,30E+02	1,50E+01	1,80E+01

Anlage: Ettenbüttel

Probenahmestelle: Ablauf Vertikalfilter 2

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
01.09.99		11:20	1,10E+04	1,90E+05	< 0,3	< 0,3	2,30E+01	n.d
04.11.99		11:30	2,90E+02	4,00E+02	3,10E+03	nicht auswertbar	2,40E+02	n.d
25.01.00		11:15	3,00E+02	3,00E+02	5,00E+03	5,00E+03	1,00E+04	1,40E+01
14.02.00		11:35	5,00E+03	2,00E+03	3,30E+03	3,30E+03	2,50E+03	6,00E+01
14.03.00		11:25	4,00E+02	5,00E+02	1,10E+03	1,10E+03	3,00E+01	9,00E+00
03.04.00		11:40	2,70E+03	2,20E+03	5,40E+04	9,20E+04	9,00E+02	4,50E+01
17.04.00		11:50	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
09.05.00		11:10	9,90E+03	1,60E+04	1,60E+04	1,60E+05	3,40E+04	6,30E+02
16.05.00		11:45	8,00E+02	1,50E+03	4,90E+03	2,20E+04	4,00E+03	3,90E+01
06.06.00		11:10	1,00E+03	1,10E+03	8,00E+02	3,30E+03	2,00E+02	1,60E+01
03.07.00		11:00	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
11.07.00		11:20	1,50E+03	7,80E+02	5,00E+02	1,70E+03	1,00E+01	6,00E+01
01.08.00		11:50	3,00E+02	4,00E+02	2,00E+01	2,00E+01	1,00E+02	1,60E+01

Anlage: Ettenbüttel

Probenahmestelle: Ablauf Vertikalfilter 2

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
11.09.00		11:10	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
12.09.00		11:45	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
17.10.00		11:30	1,10E+02	4,00E+01	2,40E+02	3,50E+02	1,10E+02	8,00E+01
13.11.00		11:25	2,90E+03	5,30E+03	9,20E+03	9,20E+03	6,00E+03	2,80E+02
04.12.00		11:00	2,70E+03	2,80E+03	2,30E+03	4,60E+03	2,00E+03	2,00E+03
15.01.01		10:50	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
06.02.01		11:20	2,80E+03	2,20E+03	3,50E+04	3,50E+04	5,80E+03	1,30E+03
12.03.01	I	12:00	n.d	n.d	9,00E+02	n.d	1,80E+03	7,30E+02
12.03.01	I	13:00	n.d	n.d	8,20E+02	n.d	1,80E+03	n.d
12.03.01	I	14:00	2,00E+02	1,00E+02	2,50E+03	n.d	8,30E+03	3,10E+02
12.03.01	I	15:00	n.d	n.d	6,30E+02	n.d	1,80E+03	n.d
12.03.01	I	16:00	n.d	n.d	7,30E+02	n.d	1,60E+03	n.d
12.03.01	I	16:45	n.d	n.d	8,30E+02	n.d	2,10E+03	5,60E+02
13.03.01	I	09:00	9,00E+02	3,20E+02	5,70E+02	n.d	1,50E+03	5,30E+02
13.03.01	I	09:45	n.d	n.d	1,30E+03	n.d	1,40E+03	n.d
13.03.01	I	10:30	n.d	n.d	4,10E+03	n.d	1,60E+03	6,60E+02
13.03.01	I	10:45	n.d	n.d	9,00E+02	n.d	1,70E+03	4,60E+02
28.05.01		11:35	9,40E+03	1,50E+04	2,00E+02	1,70E+03	1,00E+00	3,00E+01
09.07.01		10:50	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
01.08.01		11:15	1,00E+02	1,00E+02	2,00E+01	8,00E+01	1,00E+01	1,00E+00
04.09.01		11:00	1,90E+05	3,80E+03	3,50E+04	3,50E+04	1,90E+03	6,30E+01
17.09.01		11:45	7,90E+02	1,30E+03	8,00E+01	1,30E+03	5,00E+01	2,20E+01
22.10.01		11:30	2,40E+03	1,10E+03	6,00E+01	3,50E+03	1,00E+02	6,90E+01
05.11.01		11:20	7,40E+03	8,10E+03	7,90E+03	9,20E+04	2,50E+03	4,30E+02
19.11.01		11:50	4,60E+02	2,20E+02	8,00E+01	3,30E+02	2,00E+01	9,00E+00

2.2 Pathogene Mikroorganismen

2.2.1 Statistische Angaben

	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	Clostridien	Clostridium perfringens (m-CP)	Cryptosporidien- Oozysten	Giardien- Zysten
	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[KBE/100ml]	[100l]	[100l]
Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung (Teich 2), Zulauf Vertikalfilter						
Anzahl	23	18	24	9	8	10
Minima	2,00E-01	3,00E-01	2,30E+01	8,00E+02	4,00E+00	1,00E+02
Maxima	4,60E+06	3,90E+01	2,40E+04	1,80E+04	1,52E+02	8,20E+03
Mittelwert	4,27E+05	9,63E+00	2,41E+03	9,64E+03	7,71E+01	2,48E+03
Standardabweichung	9,45E+05	1,13E+01	5,11E+03	5,57E+03	6,09E+01	2,81E+03
Median	9,30E+04	4,50E+00	4,00E+02	9,00E+03	8,00E+01	9,67E+02
Probenahmestelle: Ablauf Vertikalfilter 1						
Anzahl	13	7	15	10	1*	4
Minima	2,00E+00	1,00E-01	3,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,00E+00
Maxima	4,60E+04	2,00E+00	2,40E+02	1,08E+03	1,31E+03	2,80E+01
Mittelwert	5,11E+03	7,29E-01	6,70E+01	3,49E+02	2,86E+02	6,33E+00
Standardabweichung	1,25E+04	6,18E-01	7,70E+01	3,78E+02	3,78E+02	9,65E+00
Median	2,40E+02	6,00E-01	2,40E+01	2,50E+01	6,10E+01	7,50E+00
Probenahmestelle: Ablauf Vertikalfilter 2						
Anzahl	21	9	27	10	0**	1***
Minima	5,00E+00	1,00E-01	2,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	
Maxima	4,60E+03	5,00E-01	4,60E+03	8,10E+02	1,12E+03	
Mittelwert	1,00E+03	2,11E-01	2,38E+02	1,47E+02	1,64E+02	
Standardabweichung	1,34E+03	1,37E-01	8,80E+02	2,40E+02	3,21E+02	
Median	4,30E+02	1,00E-01	2,30E+01	3,85E+01	8,00E+01	

*) nur 1 Probe statistisch auswertbar, 7 von 8 nicht nachweisbar

**) keine Proben statistisch auswertbar, 10 von 10 nicht nachweisbar

***) nur 1 Probe statistisch auswertbar, 9 von 10 nicht nachweisbar

2.2.2 Einzelergebnisse

Anlage: Ettenbüttel

Probenahmestelle: Zulauf Teich 1

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Salmonellen
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]
01.09.99		11:20	n.d.	n.d.	n.d.	1,10E+03	< 0,1
04.11.99		11:30	4,30E+03	n.d.	n.d.	1,20E+03	<0,1
25.01.00		11:15	7,50E+03	6,00E+00	n.n. in 10ml	1,20E+03	pos. 300ml
14.02.00		11:35	1,10E+04	< 3	n.d.	n.d.	neg 100ml
14.03.00		11:25	1,10E+05	3,00E-01	<3.00E-01	5,30E+01	neg 300ml
03.04.00		11:40	9,30E+04	7,00E-01	<3.00E-01	1,20E+02	neg 300ml
17.04.00		11:50	2,80E+03	2,00E+00	<3.00E-01	1,10E+03	n.d.
09.05.00		11:10	2,90E+05	3,00E+00	<3.00E-01	1,20E+03	n.d.
16.05.00		11:45	4,60E+05	9,00E+00	<3.00E-01	2,90E+02	n.d.
06.06.00		11:10	> 110000	4,00E+00	<3.00E-01	1,10E+03	n.d.
03.07.00		11:00	> 1000000	2,00E+01	<3.00E-01	1,10E+03	n.d.
11.07.00		11:20	3,80E+05	n.d.	<3.00E-01	9,40E+01	n.d.
01.08.00		11:50	2,40E+05	n.d.	<3.00E-01	4,40E+01	n.d.
11.09.00		11:10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
12.09.00		11:45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
16.10.00		11:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
13.11.00		11:25	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Anlage:

Ettenbüttel

Probenahmestelle:

Ablauf Teich 2 / Zulauf Vertikalfilter

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Clostridium perfringens (TSC)	Cryptosporidien- Oozysten	Giardien- Zysten	Salmonellen
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[KBE/100ml]	[100]	[100]	[MPN/100ml]
01.09.99		11:20	n.d	n.d	n.d	1,10E+03	n.d	n.d	n.d	< 0,1
04.11.99		11:30	2,00E-01	n.d	n.d	2,40E+02	n.d	n.d	n.d	n.d.
25.01.00		11:15	> 1100	0,3	n.d.	3,80E+02	n.d	n.d	n.d	pos.200ml
14.02.00		11:35	11000	< 3	n.d.	2,30E+01	n.d	n.d	n.d	neg 300ml
14.03.00		11:25	1,50E+04	3	<3.00E-01	1,10E+03	n.d	n.d	n.d	neg 300ml
03.04.00		11:40	1,10E+06	3,00E+00	n.n.	2,10E+02	n.d	n.d	n.d	neg 300ml
17.04.00		11:50	2,80E+03	3,00E+00	<3.00E-01	1,10E+03	n.d	n.d	n.d	n.d
09.05.00		11:10	9,30E+04	7,00E+00	<3.00E-01	4,60E+02	n.d	n.d	n.d	n.d.
16.05.00		11:45	1,50E+05	> 3	<3.00E-01	2,10E+02	n.d	n.d	n.d	n.d.
06.06.00		11:10	>110000	< 3	n.d.	> 1100	n.d	n.d	n.d	n.d
03.07.00		11:00	> 110000	2,00E+00	n.d.	1,10E+03	n.d	n.d	n.d	n.d
11.07.00		11:20	6,40E+04	4,00E-01	n.d.	3,90E+01	n.d	n.d	n.d	n.d.
01.08.00		11:50	2,30E+03	n.d.	n.d.	2,80E+01	n.d	n.d	n.d	n.d.
11.09.00		11:10	4,60E+05	7,00E-01	n.d.	>1100	n.d	n.d	n.d	n.d
12.09.00		11:45	4,60E+05	7,00E+00	n.d.	>1100	n.d	n.d	n.d	n.d
17.10.00		11:30	4,60E+05	1,00E+00	n.d.	4,60E+03	n.d	n.d	n.d	n.d
13.11.00		11:25	9,30E+04	1,00E+00	n.d.	3,60E+01	n.d	n.d	n.d	n.d.
04.12.00		11:00	2,90E+04	3,90E+01	n.d.	9,30E+01	n.d	n.d	n.d	n.d.
15.01.01		10:50	4,20E+03	1,50E+01	< 0,3	1,10E+03	1,80E+04	10	733	n.d.
06.02.01		11:20	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
12.03.01	I	12:00	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d.
12.03.01	I	13:00	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
12.03.01	I	14:00	4,20E+03	9,00E+00	n.d.	1,50E+02	9,00E+03	143	6600	n.d.
12.03.01	I	15:00	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d.
12.03.01	I	16:00	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
12.03.01	I	16:45	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d.

Anlage:

Ettenbüttel

Probenahmestelle:

Ablauf Teich 2 / Zulauf Vertikalfilter

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Clostridium perfringens (m-CP)	Clostridium perfringens (TSC)	Cryptosporidien- Oozysten	Giardien- Zysten
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[KBE/100ml]	[KBE/100ml]	[100l]	[100l]
13.03.01	I	09:00	4,20E+03	2,00E+01	n.d.	4,30E+03	1,50E+04	2,30E+04	152	8200
13.03.01	I	09:45	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
13.03.01	I	10:30	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
13.03.01	I	10:45	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
28.05.01		11:35	4,60E+05	2,80E+01	< 0,3	2,00E+02	2,00E+03	1,20E+04	nn.	1,00E+02
09.07.01		10:50	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
01.08.01		11:15	9,20E+01	< 3	n.d.	4,20E+02	8,00E+02	1,30E+03	n.n	1,20E+02
04.09.01		11:00	> 110000	1,10E+01	< 0,3	> 11000	> 100000	> 100000	4,00E+00	3,80E+02
17.09.01		11:45	4,60E+05	6,00E+00	< 0,3	7,50E+03	7,00E+03	9,00E+03	2,00E+01	1,20E+03
22.10.01		11:30	1,10E+06	2,80E+01	< 0,3	2,40E+04	1,20E+04	2,40E+04	1,28E+02	2,70E+03
05.11.01		11:20	4,60E+06	n.d	< 0,3	2,10E+02	8,00E+03	1,40E+04	1,25E+02	4,50E+03
19.11.01		11:50	2,40E+05	n.d	< 0,3	9,30E+03	1,50E+04	5,00E+03	3,50E+01	3,05E+02

Anlage:

Ettenbüttel

Probenahmestelle:

Ablauf Vertikalfilter 1

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Clostridium perfringens (m-CP)	Clostridium perfringens (TSC)	Cryptosporidien- Oozysten	Giardien- Zysten
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[KBE/100ml]	[KBE/100ml]	[100l]	[100l]
11.09.00		11:10	2,00E+00	1,00E-01	<0,3	3,00E+00	n.d	n.d	n.d	n.d
12.09.00		11:45	2,86E+02	1,00E-01	n.d.	8,00E+00	n.d	n.d	n.d	n.d
17.10.00		11:30	9,20E+01	<0,1	n.d.	5,00E+00	n.d	n.d	n.d	n.d
13.11.00		11:25	>11000	<0,1	<0,1	2,40E+01	n.d	n.d	n.d	n.d
04.12.00		11:00	2,40E+03	<0,1	n.d.	2,40E+02	n.d	n.d	n.d	n.d
15.01.01		10:50	> 11000	< 0,3	< 0,1	2,40E+01	1,08E+03	1,31E+03	n.n.	5,00E+00
06.02.01		11:20	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
12.03.01	I	12:00	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
12.03.01	I	13:00	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
12.03.01	I	14:00	9,00E+02	1,00E+00	< 0,3	2,30E+02	8,00E+02	3,00E+02	n.n.	n.n.
12.03.01	I	15:00	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
12.03.01	I	16:00	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
12.03.01	I	16:45	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
13.03.01	I	09:00	2,30E+02	6,00E-01	< 0,3	9,20E+01	5,00E+02	3,00E+02	n.n.	n.n.
13.03.01	I	09:45	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
13.03.01	I	10:30	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
13.03.01	I	10:45	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
28.05.01		11:35	4,60E+04	2,00E+00	< 0,1	9,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	n.n.	1,00E+01
09.07.01		10:50	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
01.08.01		11:15	1,50E+01	1,00E+00	n.d.	2,90E+01	1,10E+01	1,40E+01	n.d.	n.d.
04.09.01		11:00	1,20E+02	4,00E-01	< 0,1	5,00E+01	1,40E+01	3,60E+01	n.n.	4,00E+00
17.09.01		11:45	1,10E+03	3,00E-01	< 0,3	9,00E+01	3,80E+01	4,50E+01	n.d.	n.d.
22.10.01		11:30	2,40E+02	< 0,3	< 0,3	2,30E+01	3,00E+01	7,70E+01	2,00E+00	2,80E+01
05.11.01		11:20	2,40E+03	n.d	< 0,3	4,00E+00	2,00E+01	1,70E+01	n.n.	n.n.
19.11.01		11:50	4,30E+01	n.d	< 0,3	3,00E+00	1,90E+01	1,20E+02	n.n.	n.n.

Anlage:

Ettenbüttel

Probenahmestelle:

Ablauf Vertikalfilter 2

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Salmonellen
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]
01.09.99		11:20	n.d	n.d	n.d	9,00E+00	< 0,1
04.11.99		11:30	<30	n.d	n.d.	1,10E+03	n.d.
25.01.00		11:15	5,00E+00	n.d.	n.d.	7,00E+00	neg. 1000ml
14.02.00		11:35	2,40E+01	5,00E-01	n.d.	2,40E+01	neg. 1000ml
14.03.00		11:25	4,60E+01	3,00E-01	n.d.	1,50E+01	neg. 1000ml
03.04.00		11:40	> 1100	< 0,1	n.d.	23	neg. 1000ml
17.04.00		11:50	> 110	1,00E-01	n.d.	75	n.d
09.05.00		11:10	1,10E+03	3,00E-01	n.d.	4,30E+01	n.d
16.05.00		11:45	> 1100	< 0,3	n.d.	2,70E+01	n.d
06.06.00		11:10	> 1100	1,00E-01	< 0,3	4,30E+01	n.d
03.07.00		11:00	> 1100	1,00E-01	n.n.	4,30E+01	n.d
11.07.00		11:20	1,50E+03		n.n.	4,00E+00	n.d
01.08.00		11:50	1,50E+03	n.d.	n.n.in3x500ml	4,30E+01	n.d

Anlage:

Ettenbüttel

Probenahmestelle:

Ablauf Vertikalfilter 2

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Clostridium perfringens (m-CP)	Clostridium perfringens (TSC)	Cryptosporidien- Oozysten	Giardien- Zysten
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[KBE/100ml]	[KBE/100ml]	[100]	[100]
11.09.00		11:10	4,30E+01	<0,1	n.n.in3x500ml	1,20E+01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
12.09.00		11:45	2,80E+01	<0,1	n.d.	1,20E+01	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
17.10.00		11:30	2,40E+02	<0,1	n.d.	5,00E+00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
13.11.00		11:25	4,60E+03	<0,1	<0,1	1,15E+02	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
04.12.00		11:00	4,30E+02	<0,1	n.d.	9,00E+00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
15.01.01		10:50	2,40E+03	1,00E-01	<0,1	4,30E+01	8,10E+02	1,12E+03	n.n.	n.n.
06.02.01		11:20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
12.03.01	I	12:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
12.03.01	I	13:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
12.03.01	I	14:00	9,20E+01	3,00E-01	<0,3	9,20E+01	3,00E+02	1,00E+02	n.n.	n.n.
12.03.01	I	15:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
12.03.01	I	16:00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
12.03.01	I	16:45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
13.03.01	I	09:00	4,30E+02	1,00E-01	<0,3	2,30E+01	2,00E+02	1,00E+02	n.n.	n.n.
13.03.01	I	09:45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
13.03.01	I	10:30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
13.03.01	I	10:45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
28.05.01		11:35	9,20E+02	n.d.	<0,1	4,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	n.n.	n.n.
09.07.01		10:50	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
01.08.01		11:15	2,40E+02	<0,1	n.d.	1,50E+01	2,00E+00	8,00E+00	n.n.	n.n.
04.09.01		11:00	4,60E+03	<0,1	<0,1	4,60E+03	6,50E+01	8,10E+01	n.n.	2,00E+00
17.09.01		11:45	1,10E+03	<0,1	<0,3	< 30	4,00E+00	1,20E+01	n.n.	n.n.
22.10.01		11:30	1,50E+03	<0,1	<0,3	2,00E+00	1,00E+01	2,40E+01	n.n.	n.n.
05.11.01		11:20	2,40E+02	n.d.	<0,3	2,40E+01	7,10E+01	7,90E+01	n.n.	n.n.
19.11.01		11:50	9,00E+00	n.d.	<0,3	5,00E+00	1,20E+01	1,20E+02	n.n.	n.n.

3 BEWACHSENER BODENFILTER SEE

3.1 Indikatororganismen

3.1.1 Statische Angaben

	Koloniezahl 20°C		Koloniezahl 36°C		E. coli		Coliforme B.		Enterokokken		Coliphagen	
	[KBE/ml]	[KBE/ml]	[KBE/ml]	[KBE/ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[KBE/100ml]	[KBE/100ml]	[KBE/100ml]	[pfu/100ml]	
Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung, Zulauf Horizontalfilter 1												
Anzahl	41	40	41	41	41	39	36	38	15	36	36	36
Minima	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	1,00E+02	9,60E+02	2,00E+01	1,50E+01	9,20E+01	1,70E+03	5,50E+03	5,50E+03	5,50E+03
Maxima	1,10E+07	9,00E+06	9,00E+06	1,60E+05	9,20E+07	1,60E+06	1,60E+06	1,60E+08	2,70E+06	5,50E+05	5,50E+05	5,50E+05
Mittelwert	1,02E+06	8,91E+05	8,91E+05	1,17E+04	5,69E+06	4,30E+04	5,07E+04	1,22E+07	8,75E+05	1,56E+05	1,56E+05	1,56E+05
Standardabweichung	2,22E+06	1,72E+06	1,72E+06	2,98E+04	1,69E+07	2,53E+05	2,63E+05	3,64E+07	1,02E+06	1,07E+05	1,07E+05	1,07E+05
Median	2,40E+05	2,40E+05	2,40E+05	1,80E+03	1,00E+04	5,10E+02	9,40E+01	1,94E+03	5,00E+05	1,50E+05	1,50E+05	1,50E+05
Probenahmestelle: Ablauf Horizontalfilter 1												
Anzahl	41	41	41	41	39	36	36	36	14	36	36	36
Minima	1,00E+02	1,00E+02	1,00E+02	1,00E+02	2,00E+01	2,00E+01	1,50E+01	1,50E+01	1,00E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Maxima	1,30E+05	1,60E+05	1,60E+05	1,60E+05	1,60E+06	1,60E+06	1,60E+06	1,60E+06	2,90E+04	1,22E+03	1,22E+03	1,22E+03
Mittelwert	1,22E+04	1,17E+04	1,17E+04	1,17E+04	4,30E+04	4,30E+04	5,07E+04	5,07E+04	2,59E+03	1,12E+02	1,12E+02	1,12E+02
Standardabweichung	2,70E+04	2,98E+04	2,98E+04	2,98E+04	2,53E+05	2,53E+05	2,63E+05	2,63E+05	7,35E+03	2,42E+02	2,42E+02	2,42E+02
Median	3,00E+03	1,80E+03	1,80E+03	1,80E+03	5,10E+02	5,10E+02	9,40E+01	9,40E+01	3,95E+02	2,55E+01	2,55E+01	2,55E+01
Probenahmestelle: Ablauf Horizontalfilter 2												
Anzahl	41	40	40	40	39	39	37	37	15	36	36	36
Minima	1,40E+02	1,00E+02	1,00E+02	1,00E+02	1,50E+01	1,50E+01	3,80E+01	3,80E+01	1,30E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Maxima	2,20E+05	1,50E+05	1,50E+05	1,50E+05	9,20E+04	9,20E+04	3,50E+05	3,50E+05	2,00E+05	4,70E+02	4,70E+02	4,70E+02
Mittelwert	1,86E+04	1,45E+04	1,45E+04	1,45E+04	4,04E+03	4,04E+03	1,86E+04	1,86E+04	1,47E+04	1,57E+02	1,57E+02	1,57E+02
Standardabweichung	4,69E+04	3,22E+04	3,22E+04	3,22E+04	1,44E+04	1,44E+04	6,33E+04	6,33E+04	4,96E+04	1,60E+02	1,60E+02	1,60E+02
Median	4,00E+03	3,95E+03	3,95E+03	3,95E+03	1,20E+03	1,20E+03	2,90E+02	2,90E+02	1,00E+02	8,00E+01	8,00E+01	8,00E+01

3.1.2 Einzelergebnisse

Anlage: See

Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung / Zulauf Horizontalfilter (neu, HF 1)

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
04.09.2000		10:00	7,90E+04	1,90E+05	5,37E+03	-	2,87E+03	-
10.10.2000		10:00	1,20E+05	>1000000	7,90E+05	7,90E+05	4,40E+04	2,50E+04
27.02.2001		10:00	9,90E+05	7,20E+05	7,70E+03	n.d.	1,70E+03	2,10E+04
05.03.2001		10:00	3,00E+05	2,20E+05	6,70E+03	n.d.	2,20E+03	n.d.
26.03.2001		10:30	2,80E+05	1,00E+05	7,00E+05	5,40E+06	1,00E+04	n.d.
03.04.2001		09:30	1,20E+06	4,40E+05	2,40E+06	1,20E+05	7,15E+04	4,65E+04
23.04.2001		10:00	4,30E+05	1,20E+05	1,40E+06	1,40E+06	5,00E+05	1,10E+04
07. 05. 2001	I	10:00	3,00E+04	6,00E+04	7,70E+03	2,60E+03	n.d.	1,20E+05
07. 05. 2001	I	10:45	1,00E+04	7,00E+04	8,60E+03	1,90E+03	n.d.	8,80E+04
07. 05. 2001	I	11:30	1,00E+03	3,00E+04	1,00E+04	1,40E+03	n.d.	n.d.
07. 05. 2001	I	12:15	1,00E+04	3,00E+04	4,10E+03	9,80E+03	n.d.	1,70E+05
07. 05. 2001	I	13:00	2,00E+04	4,00E+04	3,60E+03	3,90E+03	n.d.	n.d.
07. 05. 2001	I	13:45	4,00E+04	6,00E+04	4,40E+03	1,98E+03	n.d.	2,30E+05
07. 05. 2001	I	15:15	1,00E+03	1,00E+04	3,60E+03	1,50E+03	n.d.	1,40E+05
08. 05. 2001	I	09:00	2,40E+05	2,00E+05	1,30E+04	1,90E+03	n.d.	2,70E+05
08. 05. 2001	I	10:30	1,00E+03	1,00E+03	1,70E+03	5,80E+02	n.d.	2,20E+05
08. 05. 2001	I	12:00	1,00E+04	5,00E+04	3,40E+04	1,90E+03	n.d.	2,30E+05
26.06.2001		10:00	2,00E+05	2,40E+05	2,40E+07	2,40E+07	6,40E+05	3,40E+05
03.07.2001		11:00	2,00E+04	2,00E+04	2,00E+05	2,00E+05	1,00E+04	1,25E+05

n.d.: nicht durchgeführt

n.n.: nicht nachweisbar

Anlage: See

Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung / Zulauf Horizontalfilter (neu, HF 1)

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
16.07.2001	I	09:00	1,90E+05	3,20E+05	1,20E+03	1,70E+03	n.d.	2,00E+05
16.07.2001	I	10:00	6,10E+05	9,50E+05	2,90E+04	2,30E+03	n.d.	1,50E+05
16.07.2001	I	10:30	5,00E+04	1,80E+05	4,10E+03	3,00E+03	n.d.	2,00E+05
16.07.2001	I	10:45	3,90E+05	6,10E+05	2,00E+04	9,70E+02	n.d.	2,00E+05
16.07.2001	I	11:30	3,00E+05	6,10E+05	6,20E+03	1,60E+03	n.d.	1,40E+05
16.07.2001	I	12:00	2,00E+04	6,00E+04	9,60E+02	1,60E+03	n.d.	2,10E+05
16.07.2001	I	12:15	1,20E+05	2,50E+05	9,40E+03	1,70E+03	n.d.	2,80E+05
16.07.2001	I	13:00	9,00E+04	2,20E+05	1,40E+03	1,50E+03	n.d.	1,50E+05
16.07.2001	I	13:45	2,00E+05	2,40E+05	1,20E+04	1,90E+03	n.d.	1,40E+05
17.07.2001	I	09:00	4,90E+05	6,70E+05	1,90E+04	1,20E+03	n.d.	1,60E+05
17.07.2001	I	09:45	7,70E+05	8,30E+05	3,60E+03	1,20E+03	n.d.	1,40E+05
17.07.2001	I	10:30	6,00E+05	6,00E+05	1,20E+03	9,20E+02	n.d.	1,00E+05
17.07.2001	I	11:15	5,80E+05	9,80E+05	4,70E+03	8,80E+02	n.d.	1,80E+05
17.07.2001	I	12:00	2,80E+05	1,00E+06	4,10E+03	4,30E+03	n.d.	1,50E+05
17.07.2001	I	12:45	1,70E+06	1,50E+06	1,10E+04	1,70E+03	n.d.	2,10E+05
17.07.2001	I	13:30	1,30E+05	1,40E+05	1,30E+04	9,20E+01	n.d.	2,70E+05
13.08.2001		10:00	4,90E+05	4,70E+05	3,50E+06	3,50E+06	6,50E+05	5,50E+05
11.09.2001		10:00	5,40E+06	5,60E+06	2,40E+07	3,50E+07	2,30E+06	5,50E+03
08.10.2001		10:15	2,00E+06	1,60E+06	5,40E+07	1,60E+08	2,00E+06	2,50E+04
16.10.2001		10:15	4,40E+06	3,40E+06	9,20E+07	1,60E+08	1,50E+06	4,90E+04
12.11.2001		09:30	1,10E+07	9,00E+06	1,70E+07	4,90E+07	2,70E+06	5,10E+04
26.11.2001		10:00	7,90E+06	3,80E+06	1,30E+07	2,40E+07	2,70E+06	3,20E+04

Anlage: See

Probenahmestelle: Ablauf Horizontalfilter (neu, HF 1)

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
04.09.2000		10:00	2,00E+03	1,40E+03	1,20E+02	n.d.	6,10E+01	n.d.
10.10.2000		10:00	3,60E+03	3,80E+03	>160	>160	5,00E+02	3,00E+01
27.02.2001		10:00	1,70E+03	1,20E+03	2,50E+02	n.d.	3,80E+01	2,80E+02
05.03.2001		10:00	5,10E+03	2,20E+03	6,60E+02	n.d.	5,80E+02	n.d.
26.03.2001		10:30	2,00E+04	1,50E+03	3,50E+03	1,60E+04	1,00E+02	n.d.
03.04.2001		09:30	4,30E+04	2,20E+03	1,70E+03	1,70E+04	6,00E+02	3,10E+01
23.04.2001		10:00	1,50E+04	1,90E+03	8,00E+02	1,10E+04	2,90E+02	5,70E+01
07. 05. 2001	I	10:00	1,00E+03	1,60E+03	2,10E+02	3,00E+01	n.d.	1,10E+01
07. 05. 2001	I	10:45	1,00E+02	3,00E+02	5,10E+02	9,40E+01	n.d.	6,00E+00
07. 05. 2001	I	11:30	1,00E+02	6,00E+03	9,40E+01	9,40E+01	n.d.	n.d.
07. 05. 2001	I	12:15	1,00E+02	1,00E+02	2,50E+02	3,00E+01	n.d.	9,00E+00
07. 05. 2001	I	13:00	1,00E+03	5,00E+02	1,40E+02	1,10E+02	n.d.	n.d.
07. 05. 2001	I	13:45	1,00E+03	5,00E+02	4,60E+01	4,60E+01	n.d.	9,00E+00
07. 05. 2001	I	15:15	1,90E+02	9,00E+02	3,70E+02	1,40E+02	n.d.	1,10E+01
08. 05. 2001	I	09:00	4,00E+03	1,10E+03	2,50E+02	4,60E+01	n.d.	1,00E+01
08. 05. 2001	I	10:30	1,10E+03	5,00E+04	3,70E+02	9,30E+01	n.d.	1,50E+01
08. 05. 2001	I	12:00	1,10E+03	4,00E+04	6,40E+02	4,00E+02	n.d.	1,50E+01
26.06.2001		10:00	5,00E+02	1,70E+03	2,00E+01	9,20E+03	1,20E+02	1,30E+01
03.07.2001		11:00	1,30E+04	5,40E+03	2,00E+01	2,80E+03	1,00E+01	4,00E+02

Anlage: See

Probenahmestelle: Ablauf Horizontalfilter (neu, HF 1)

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
16.07.2001	I	09:00	1,20E+04	1,40E+03	3,30E+02	1,50E+01	n.d.	2,00E+00
16.07.2001	I	10:00	1,00E+03	1,80E+03	5,50E+02	1,10E+02	n.d.	1,40E+01
16.07.2001	I	10:30	2,00E+03	1,10E+03	3,50E+02	3,00E+01	n.d.	2,00E+00
16.07.2001	I	10:45	1,00E+03	1,20E+03	6,80E+02	1,60E+02	n.d.	3,00E+01
16.07.2001	I	11:30	3,00E+03	1,40E+03	5,60E+02	2,50E+02	n.d.	2,40E+01
16.07.2001	I	12:00	1,00E+03	1,00E+03	1,20E+03	7,60E+01	n.d.	0,00E+00
16.07.2001	I	12:15	3,00E+03	9,00E+03	9,30E+02	1,90E+02	n.d.	3,50E+01
16.07.2001	I	13:00	7,00E+03	2,00E+03	7,70E+02	4,60E+01	n.d.	3,60E+01
16.07.2001	I	13:45	2,00E+03	6,00E+02	7,90E+02	9,40E+01	n.d.	2,90E+01
17.07.2001	I	09:00	1,20E+04	2,20E+03	5,10E+02	1,50E+01	n.d.	1,70E+01
17.07.2001	I	09:45	7,00E+03	3,80E+03	5,30E+02	4,50E+01	n.d.	3,70E+01
17.07.2001	I	10:30	2,00E+03	1,60E+03	4,30E+02	4,50E+01	n.d.	2,70E+01
17.07.2001	I	11:15	2,00E+04	8,00E+03	2,70E+02	1,50E+01	n.d.	2,70E+01
17.07.2001	I	12:00	3,20E+03	2,40E+03	2,90E+02	3,00E+01	n.d.	2,60E+01
17.07.2001	I	12:45	7,00E+02	1,00E+03	5,80E+02	1,50E+01	n.d.	2,50E+01
17.07.2001	I	13:30	1,50E+03	1,20E+03	3,30E+02	7,70E+01	n.d.	1,50E+01
13.08.2001		10:00	2,20E+04	5,60E+03	7,90E+02	1,60E+04	2,00E+01	6,30E+01
11.09.2001		10:00	3,10E+03	3,90E+03	1,70E+03	9,20E+03	1,60E+03	6,00E+00
08.10.2001		10:15	1,20E+05	1,00E+05	1,60E+06	1,60E+06	2,90E+04	6,30E+02
16.10.2001		10:15	1,30E+05	4,30E+04	4,90E+04	1,30E+05	1,70E+03	5,60E+02
12.11.2001		09:30	9,90E+03	5,60E+03	7,90E+03	1,30E+04	1,70E+03	3,14E+02
26.11.2001		10:00	2,20E+04	1,60E+05	> 1600000	> 1600000	> 10000	1,22E+03

Anlage: See

Probenahmestelle: Ablauf Horizontalfilter (alt, HF 2)

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
04.09.2000		10:00	4,90E+02	5,60E+02	1,50E+01	n.d.	3,00E+01	n.d.
10.10.2000		10:00	7,90E+02	>10000	9,10E+01	>160	3,00E+01	0,00E+00
27.02.2001		10:00	2,40E+04	1,30E+04	> 3,5 x 10 ⁴	n.d.	2,90E+03	2,10E+01
05.03.2001		10:00	2,20E+05	1,20E+05	1,00E+04	n.d.	1,10E+04	n.d.
26.03.2001		10:30	1,00E+03	2,00E+03	9,20E+03	1,60E+04	2,00E+05	n.d.
03.04.2001		09:30	4,00E+03	3,00E+02	8,00E+02	8,00E+02	1,00E+03	2,30E+01
23.04.2001		10:00	2,20E+05	9,30E+04	9,20E+04	9,20E+04	4,80E+03	3,30E+02
07. 05. 2001	I	10:00	1,00E+03	1,00E+03	1,90E+03	1,20E+02	n.d.	6,60E+01
07. 05. 2001	I	10:45	1,00E+03	1,00E+02	2,10E+03	7,80E+01	n.d.	8,00E+01
07. 05. 2001	I	11:30	1,00E+03	2,00E+03	7,80E+02	7,80E+01	n.d.	n.d.
07. 05. 2001	I	12:15	1,00E+03	1,00E+02	6,50E+02	1,60E+02	n.d.	8,00E+01
07. 05. 2001	I	13:00	3,00E+04	3,00E+04	1,50E+03	7,80E+01	n.d.	n.d.
07. 05. 2001	I	13:45	1,00E+03	1,00E+02	7,50E+02	3,80E+01	n.d.	5,40E+01
07. 05. 2001	I	15:15	1,00E+03	1,00E+03	1,20E+03	1,20E+02	n.d.	8,00E+01
08. 05. 2001	I	09:00	1,00E+03	1,00E+03	1,40E+03	3,80E+01	n.d.	1,30E+02
08. 05. 2001	I	10:30	1,00E+03	1,00E+02	1,30E+03	1,20E+02	n.d.	7,40E+01
08. 05. 2001	I	12:00	3,00E+04	1,00E+03	1,00E+03	8,80E+02	n.d.	8,00E+01
26.06.2001		10:00	2,60E+04	1,50E+05	5,00E+02	1,60E+04	1,00E+02	0,00E+00
03.07.2001		11:00	3,70E+04	3,30E+04	2,00E+02	1,70E+05	1,00E+02	1,00E+00

Anlage: See

Probenahmestelle: Ablauf Horizontalfilter (alt, HF 2)

Datum	PN	Zeit	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Coliphagen [pfu/100ml]
16.07.2001	I	09:00	8,00E+03	5,00E+03	6,20E+02	2,00E+02	n.d.	3,50E+01
16.07.2001	I	10:00	4,00E+03	4,00E+03	1,60E+03	9,20E+02	n.d.	3,40E+02
16.07.2001	I	10:30	4,00E+03	3,00E+03	4,00E+02	3,80E+01	n.d.	3,00E+00
16.07.2001	I	10:45	3,00E+03	4,00E+03	1,90E+03	8,60E+02	n.d.	2,50E+02
16.07.2001	I	11:30	6,00E+03	5,00E+03	4,10E+03	1,00E+03	n.d.	4,60E+02
16.07.2001	I	12:00	5,00E+03	4,00E+03	3,80E+01	3,80E+01	n.d.	5,00E+00
16.07.2001	I	12:15	3,00E+04	4,00E+04	1,90E+03	6,40E+02	n.d.	3,20E+02
16.07.2001	I	13:00	7,00E+03	5,00E+03	2,70E+03	7,40E+02	n.d.	4,00E+02
16.07.2001	I	13:45	6,00E+03	1,80E+04	3,10E+03	1,10E+03	n.d.	4,70E+02
17.07.2001	I	09:00	8,10E+03	4,90E+03	7,30E+02	2,90E+02	n.d.	3,60E+02
17.07.2001	I	09:45	4,40E+03	5,30E+03	5,20E+02	6,70E+02	n.d.	3,20E+02
17.07.2001	I	10:30	4,00E+03	3,20E+03	2,50E+03	7,70E+01	n.d.	3,60E+02
17.07.2001	I	11:15	3,60E+03	3,90E+03	3,60E+03	2,10E+02	n.d.	3,60E+02
17.07.2001	I	12:00	6,70E+03	4,10E+03	2,90E+03	1,20E+02	n.d.	3,50E+02
17.07.2001	I	12:45	4,20E+03	4,20E+03	1,90E+03	2,40E+02	n.d.	2,60E+02
17.07.2001	I	13:30	8,70E+03	5,10E+03	2,60E+03	4,00E+02	n.d.	3,00E+02
13.08.2001		10:00	3,90E+04	8,00E+03	2,00E+01	3,50E+05	6,00E+01	0,00E+00
11.09.2001		10:00	4,50E+03	2,80E+03	7,90E+02	2,40E+04	1,50E+02	2,80E+01
08.10.2001		10:15	3,60E+03	2,60E+03	2,00E+01	9,20E+03	3,00E+01	0,00E+00
16.10.2001		10:15	9,20E+02	1,20E+03	< 20	2,20E+02	1,30E+01	0,00E+00
12.11.2001		09:30	1,40E+02	1,40E+02	3,30E+01	1,30E+02	1,30E+01	2,00E+00
26.11.2001		10:00	6,00E+02	1,40E+02	7,90E+01	9,20E+02	3,60E+01	1,00E+00

3.2 Pathogene Mikroorganismen

3.2.1 Statische Angaben

	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	Clostridien	Clostridium perfringens (m-CP)	Cryptosporidien- Oozysten	Giardien- Zysten
	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[KBE/100ml]	[100l]	[100l]
Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung, Zulauf Horizontalfilter 1						
Anzahl	17	12	16	14	5 *	16
Minima	7,40E+02	1,00E+00	2,00E+02	1,50E+03	8,00E+00	1,50E+01
Maxima	1,50E+07	3,50E+01	1,10E+04	1,30E+04	2,00E+01	1,80E+02
Mittelwert	2,72E+06	1,68E+01	4,17E+03	5,49E+03	1,38E+01	5,58E+01
Standardabweichung	4,64E+06	1,20E+01	3,60E+03	2,62E+03	4,31E+00	4,30E+01
Median	4,30E+05	1,70E+01	4,20E+03	5,45E+03	1,50E+01	4,25E+01
Probenahmestelle: Ablauf Horizontalfilter 1						
Anzahl	15	7	16	14	3 **	1 ***
Minima	1,00E+00	1,00E-01	9,00E+00	4,00E+00	2,00E+00	
Maxima	2,10E+05	1,00E+00	2,30E+03	3,90E+02	4,80E+02	
Mittelwert	1,88E+04	3,57E-01	4,64E+02	1,18E+02	1,68E+02	
Standardabweichung	5,26E+04	4,07E-01	6,24E+02	9,60E+01	1,30E+02	
Median	2,10E+02	1,00E-01	2,20E+02	8,00E+01	1,30E+02	
Probenahmestelle: Ablauf Horizontalfilter 2						
Anzahl	17	4	14	14	****	****
Minima	3,00E+00	3,00E-01	7,00E+00	0,00E+00	2,00E+00	
Maxima	4,60E+04	3,00E+00	9,20E+02	4,20E+02	7,10E+02	
Mittelwert	3,67E+03	1,15E+00	1,64E+02	5,19E+01	9,36E+01	
Standardabweichung	1,09E+04	1,11E+00	2,56E+02	1,09E+02	1,86E+02	
Median	1,90E+02	6,50E-01	3,60E+01	9,00E+00	3,00E+01	

*) nur 5 Proben statistisch auswertbar, 11 von 16 Proben nicht nachweisbar

**) nur 3 Proben statistisch auswertbar, 12 von 15 nicht nachweisbar

***) nur 1 Probe statistisch auswertbar, 14 von 15 Proben nicht nachweisbar

****) an dieser Probenahmestelle nicht untersucht

3.2.2 Einzelergebnisse

Anlage: See

Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung / Zulauf Horizontalfilter (neu, HF 1)

Datum	PN	Zeit [h]	Campylobacter/ Arcobacter [MPN/100ml]	Yersinien [MPN/100ml]	E. coli 0 157 [MPN/100ml]	Clostridien [MPN/100ml]	Clostridium perfringens (TSC)		Cryptosporidien- Oozysten [100l]	Giardien- Zysten [100l]	Salmonellen [MPN/100ml]
							(m-CP) [KBE/100ml]	(TSC) [KBE/100ml]			
05.09.00		10:00	1,10E+06	2,80E+01	n.d.	>1100			n.n.	4,00E+01	-
10.10.00		10:00	4,60E+06	1,00E+00	n.d.	4,60E+03			n.d.	n.d.	-
27.02.01		10:00	4,30E+05	6,00E+00	< 0,3	4,20E+03	3,30E+03	5,70E+03	8,00E+00	4,80E+01	
05.03.01		10:00	4,60E+04	< 3	< 0,3	4,20E+03	2,40E+03	5,10E+03	n.n.	8,20E+01	
26.03.01		10:30	7,40E+02	9,00E+00	< 0,3	4,30E+03	4,10E+03	6,40E+03	1,00E+01	2,00E+01	
03.04.01		09:30	1,10E+06	2,00E+01	< 0,3	2,00E+02	5,30E+03	5,90E+03	n.n.	1,50E+01	
25.04.01		10:00									
07.05.01	I	10:00	1,50E+05	1,00E+00	< 0,3	9,30E+03	5,00E+03	5,60E+03	1,50E+01	4,50E+01	
07.05.01	I	10:45									
07.05.01	I	11:30									
07.05.01	I	12:15									
07.05.01	I	13:00									
07.05.01	I	13:45									
07.05.01	I	15:15									
08.05.01	I	09:00	2,10E+05	< 0,3	< 0,3	9,20E+02	1,50E+03	2,40E+03	1,60E+01	3,80E+01	
08.05.01	I	10:30									
08.05.01	I	12:00									
26.06.01		10:00	9,30E+04	3,50E+01	< 0,3	4,20E+02	6,10E+03	9,00E+03	n.n.	1,50E+01	
03.07.01		11:00									

Anlage:

See

Probenahmestelle:

Ablauf Vorklärung / Zulauf Horizontalfilter (neu, HF 1)

Datum	PN	Zeit	Campylobacter/ Arcobacter	Yersinien	E. coli 0 157	Clostridien	Clostridium perfringens (m-CP)	Cryptosporidien- Oozysten	Giardien- Zysten	Salmonellen
		[h]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[MPN/100ml]	[KBE/100ml]	[100l]	[100l]	[MPN/100ml]
16.07.01	I	09:00	2,40E+05	2,80E+01	< 0,3	7,50E+02	6,30E+03	n.n.	1,20E+02	
16.07.01	I	10:00								
16.07.01	I	10:30								
16.07.01	I	10:45								
16.07.01	I	11:30								
16.07.01	I	12:00								
16.07.01	I	12:15								
16.07.01	I	13:00								
16.07.01	I	13:45								
17.07.01	I	09:00								
17.07.01	I	09:45								
17.07.01	I	10:30	4,60E+05	2,80E+01	< 0,3	1,10E+04	5,60E+03	n.n.	9,00E+01	
17.07.01	I	11:15								
17.07.01	I	12:00								
17.07.01	I	12:45								
17.07.01	I	13:30								
13.08.01		10:00	1,10E+07	3,00E+00	< 0,3	9,40E+03	6,70E+03	n.n.	2,00E+01	
11.09.01		10:00	1,50E+07	1,40E+01	< 0,3	2,30E+03	6,40E+03	n.n.	6,00E+01	
08.10.01		10:15	1,10E+07	n.d.	< 0,3	3,60E+02	4,10E+03	n.n.	2,20E+01	
16.10.01		10:15	2,40E+05	2,80E+01	< 0,3	9,20E+02	> 10000	n.n.	3,80E+01	
12.11.01		09:30	4,30E+04		< 0,3	4,60E+03	1,30E+04	2,00E+01	1,80E+02	
26.11.01		10:00	4,60E+05	n.d.	< 0,3	9,30E+03	7,00E+03	n.n.	6,00E+01	

Anlage:

See

Probenahmestelle:

Ablauf Horizontalfilter (neu, HF 1)

Datum	PN	Zeit [h]	Campylobacter/ Arcobacter [MPN/100ml]	Yersinien [MPN/100ml]	E. coli 0 157 [MPN/100ml]	Clostridien [MPN/100ml]	Clostridium perfringens (TSC)		Cryptosporidien- Oozysten [100l]	Giardien- Zysten [100l]	Salmonellen [MPN/100ml]
							(m-CP) [KBE/100ml]	(TSC) [KBE/100ml]			
05.09.00		10:00	2,40E+04	1,00E-01	n.n.in3x500ml	1,10E+03			n.n.	n.n.	-
10.10.00		10:00	2,10E+05	1,00E+00	n.n.in3x500ml	>1,1x104			n.d.	n.d.	-
27.02.01		10:00	< 300	1,00E-01	< 0,3	6,20E+02	140	220	n.n.	n.n.	
05.03.01		10:00	1,50E+01	1,00E-01	< 0,3	3,60E+02	150	210	n.n.	n.n.	
26.03.01		10:30	1,00E+00	< 0,1	< 0,3	4,20E+02	250	290	2,00E+00	n.n.	
03.04.01		09:30	2,70E+01	< 0,1	< 0,3	2,30E+02	150	350	n.n.	n.n.	
25.04.01		10:00									
07.05.01	I	10:00	2,00E+00	1,00E-01	< 0,3	2,90E+02	80	210	2,00E+00	2,00E+00	
07.05.01	I	10:45									
07.05.01	I	11:30									
07.05.01	I	12:15									
07.05.01	I	13:00									
07.05.01	I	13:45									
07.05.01	I	15:15									
08.05.01	I	09:00	2,00E+00	1,00E-01	< 0,3	2,30E+03	80	140	2,00E+00	n.n.	
08.05.01	I	10:30									
08.05.01	I	12:00									
26.06.01		10:00	1,00E+00	< 0,1	< 0,3	7,30E+01	6,00E+01	6,00E+01	n.n.	n.n.	
03.07.01		11:00									

Anlage:

See

Probenahmestelle:

Ablauf Horizontalfilter (neu, HF 1)

Datum	PN	Zeit [h]	Campylobacter/ Arcobacter [MPN/100ml]	Yersinien [MPN/100ml]	E. coli 0 157 [MPN/100ml]	Clostridien [MPN/100ml]	Clostridium perfringens (TSC)		Cryptosporidien- Oozysten [100l]	Giardien- Zysten [100l]	Salmonellen [MPN/100ml]
							(m-CP) [KBE/100ml]	[KBE/100ml]			
16.07.01	I	09:00									
16.07.01	I	10:00	2,90E+02	< 0,1	< 0,3	9,00E+00	6,00E+01	1,20E+02	n.n.	n.n.	
16.07.01	I	10:30									
16.07.01	I	10:45									
16.07.01	I	11:30									
16.07.01	I	12:00									
16.07.01	I	12:15									
16.07.01	I	13:00									
16.07.01	I	13:45									
17.07.01	I	09:00									
17.07.01	I	09:45									
17.07.01	I	10:30	9,30E+01	< 0,1	< 0,3	2,30E+01	3,00E+01	1,00E+02	n.n.	n.n.	
17.07.01	I	11:15									
17.07.01	I	12:00									
17.07.01	I	12:45									
17.07.01	I	13:30									
13.08.01		10:00	1,10E+03	< 0,3	< 0,3	3,50E+01	6,00E+01	7,00E+01	n.n.	n.n.	
11.09.01		10:00	> 11000	1,00E+00	< 0,3	2,10E+02	8,00E+01	5,00E+01	n.n.	n.n.	
08.10.01		10:15	4,60E+04	< 0,3	< 0,3	1,50E+03	3,90E+02	4,80E+02	n.n.	n.n.	
16.10.01		10:15	6,00E+02	< 0,3	< 0,3	4,00E+01	> 1000	> 1000	n.n.	n.n.	
12.11.01		09:30	2,30E+02	< 0,3	< 0,3	2,10E+02	1,20E+02	5,00E+01	n.n.	n.n.	
26.11.01		10:00	2,10E+02	< 0,3	< 0,3	9,00E+00	4,00E+00	2,00E+00	n.d.	n.d.	

Anlage:

See

Probenahmestelle:

Ablauf Horizontalfilter (alt, HF 2)

Datum	PN	Zeit [h]	Campylobacter/ Arcobacter [MPN/100ml]	Yersinien [MPN/100ml]	E. coli 0 157 [MPN/100ml]	Clostridien [MPN/100ml]	Clostridium perfringens (TSC)		Cryptosporidien- Oozysten [100l]	Giardien- Zysten [100l]	Salmonellen [MPN/100ml]
							(m-CP) [KBE/100ml]	(TSC) [KBE/100ml]			
04.09.2000		10:00	2,15E+02	<0,1	<0,3	4,20E+01			n.d.	n.d.	-
10.10.2000		10:00	4,60E+04	<0,3	n.n.in3x500ml	2,80E+02			n.d.	n.d.	-
27.02.2001		10:00	1,50E+03	<0,3	<0,3	<300	80	180	n.d.	n.d.	
05.03.2001		10:00	6,10E+01	<0,3	<0,3	9,20E+02	420	710	n.d.	n.d.	
26.03.2001		10:30	1,50E+02	<0,3	<0,3	3,60E+01	5	<1	n.d.	n.d.	
03.04.2001		09:30	7,50E+01	<0,3	<0,3	4,20E+02	140	140	n.d.	n.d.	
23.04.2001		10:00									
07.05.2001	I	10:00	4,30E+01	<0,1	<0,3	3,60E+01	0,00E+00	4,00E+01	n.d.	n.d.	
07.05.2001	I	10:45									
07.05.2001	I	11:30									
07.05.2001	I	12:15									
07.05.2001	I	13:00									
07.05.2001	I	13:45									
07.05.2001	I	15:15									
08.05.2001	I	09:00	4,30E+01	3,00E-01	<0,3	3,60E+01	0,00E+00	3,00E+01	n.d.	n.d.	
08.05.2001	I	10:30									
08.05.2001	I	12:00									
26.06.2001		10:00	2,30E+01	3,00E-01	<0,3	<3	1,90E+01	3,50E+01	n.d.	n.d.	
03.07.2001		11:00									

Anlage:

See

Probenahmestelle:

Ablauf Horizontalfilter (alt, HF 2)

Datum	PN	Zeit [h]	Campylobacter/ Arcobacter [MPN/100ml]	Yersinien [MPN/100ml]	E. coli 0 157 [MPN/100ml]	Clostridien [MPN/100ml]	Clostridium perfringens (m-CP) [KBE/100ml]	Clostridium perfringens (TSC) [KBE/100ml]	Cryptosporidien- Oozysten [100l]	Giardien- Zysten [100l]	Salmonellen [MPN/100ml]
16.07.01	I	09:00									
16.07.01	I	10:00	4,60E+02	3,00E+00	< 0,3	1,00E+01	2,30E+01	4,80E+01	n.d.	n.d.	
16.07.01	I	10:30									
16.07.01	I	10:45									
16.07.01	I	11:30									
16.07.01	I	12:00									
16.07.01	I	12:15									
16.07.01	I	13:00									
16.07.01	I	13:45									
17.07.01	I	09:00									
17.07.01	I	09:45									
17.07.01	I	10:30	1,50E+02	< 0,1	< 0,3	4,60E+01	1,50E+01	5,00E+00	n.d.	n.d.	
17.07.01	I	11:15									
17.07.01	I	12:00									
17.07.01	I	12:45									
17.07.01	I	13:30									
13.08.01		10:00	2,10E+03	1,00E+00	< 0,3	1,10E+01	4,00E+00	6,00E+00	n.d.	n.d.	
11.09.01		10:00	1,10E+04	< 0,1	< 0,3	4,30E+02	1,30E+01	7,00E+00	n.d.	n.d.	
08.10.01		10:15	2,00E+02	< 0,3	< 0,3	7,00E+00	0,00E+00	7,00E+00	n.d.	n.d.	
16.10.01		10:15	3,00E+00		< 0,3	1,50E+01	> 500	> 500	n.d.	n.d.	
12.11.01		09:30	2,10E+02		< 0,3	9,00E+00	4,00E+00	2,00E+00	n.d.	n.d.	
26.11.01		10:00	1,90E+02	n.d.	< 0,3	< 3	4,00E+00	7,00E+00	n.d.	n.d.	

3.3 Indikatororganismen (Altdaten)

3.3.1 Einzelergebnisse

Anlage: See

Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung / Zulauf Horizontalfilter (alt, HF 2)

Datum	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C/24h [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C/48h [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Salmonellen [MPN/100ml]
11.01.88	2,80E+04	2,20E+03		1,00E+05	1,00E+05	1,00E+05	100,10,1ml n.n.
01.02.88	5,70E+04	4,80E+03		1,00E+04	1,00E+04	1,00E+04	100,10,1ml n.n.
04.07.88	3,90E+05	3,70E+05		1,00E+00	1,00E+00	1,00E+05	100,10,1ml n.n.
26.07.88	9,10E+03	3,70E+04		1,00E+05	1,00E+05	1,00E+06	100,10,1ml n.n.
30.09.88	2,30E+05	1,20E+06		1,00E+05	1,00E+05	1,00E+04	100,10,1ml n.n.
14.12.88	5,70E+05	2,90E+05		1,00E+05	1,00E+05	1,00E+05	70,10,1ml n.n.
15.12.88	1,20E+06	1,00E+06		1,00E+04	1,00E+04	1,00E+04	150,10,1ml n.n.
23.01.89	1,30E+06	2,40E+05		1,00E+05	1,00E+05	1,00E+06	100,10,1ml n.n.
24.01.89	1,70E+04	2,50E+04		1,00E+05	1,00E+05	1,00E+06	100,10,1ml n.n.
22.05.89	7,80E+04	3,60E+05		1,00E+05	1,00E+05	1,00E+06	100,10,1ml n.n.
31.07.89	4,60E+05	3,00E+05		1,00E+05	1,00E+05	1,00E+05	100,10,1ml n.n.
14.11.89	1,70E+05	7,90E+04		1,00E+05	1,00E+05	1,00E+05	100,10,1ml n.n.
08.05.90	1,20E+07	2,40E+05		1,00E+05	1,00E+05	1,00E+04	100,10,1ml n.n.
07.11.90	1,70E+07	2,10E+07		1,00E+05	1,00E+05	1,00E+06	100,10,1ml n.n.
11.12.90	2,10E+06	9,00E+04		1,00E+05	1,00E+06	1,00E+05	100,10,1ml n.n.

Anlage: See

Probenahmestelle: Ablauf Vorklä rung / Zulauf Horizontalfilter (alt, HF 2)

Datum	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C/24h [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C/48h [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Salmonellen [MPN/100ml]
05.02.91	4,60E+06	5,20E+06		1,00E-06	1,00E-06	1,00E-05	100,10,1ml n.n.
09.04.91	2,30E+07	7,80E+05	5,50E+06	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	100,10,1ml n.n.
18.06.91	8,80E+06	1,90E+06	5,60E+06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	100,10,1ml n.n.
06.08.91	2,80E+05	2,60E+05	1,40E+06	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-05	100,10,1ml n.n.
06.08.91	6,50E+04	8,40E+04	2,00E+05	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-05	100,10,1ml n.n.
05.11.91	3,00E+06	1,20E+04		1,00E-06	1,00E-06	1,00E-06	
25.05.93	3,80E+06	2,10E+06	2,80E+06	1,00E-06	1,00E-06	1,00E-05	
06.07.93	1,20E+06	4,30E+05	1,70E+06	1,00E-04	1,00E-05	1,00E-06	
03.08.93	4,00E+06	7,20E+05	2,80E+05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-04	
17.10.93	1,50E+05	1,50E+05	2,20E+05	1,00E-05	1,00E-05	1,00E-01	

Anlage: See

Probenahmestelle: Ablauf Horizontalfilter (alt, HF 2)

Datum	Koloniezahl 20°C [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C/24h [KBE/100ml]	Koloniezahl 36°C/48h [KBE/100ml]	E. coli [MPN/100ml]	Coliforme B. [MPN/100ml]	Enterokokken [KBE/100ml]	Salmonellen [MPN/100ml]
11.01.88	2,50E+01	2,00E+01		1,00E+01	1,00E+01	1,00E+00	200,100,10,1 ml n.n.
01.02.88	6,10E+02	1,90E+01		1,00E+02	1,00E+02	1,00E+01	350,100,10,1 ml n.n.
04.07.88	7,00E+01	8,00E+00		1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	100ml polyv. Il pos.
26.07.88	1,00E+02	7,40E+02		1,00E+00	1,00E+00	1,00E+00	500,100,10,1 ml n.n.
30.09.88	2,90E+01	3,80E+01		1,00E-01	1,00E+01	1,00E+01	600,100,10,1 ml n.n.
14.12.88	4,20E+03	3,40E+02		1,00E+01	1,00E+01	1,00E+01	300,100,10,1 ml n.n.
15.12.88	3,40E+03	1,50E+02		1,00E+01	1,00E+01	1,00E+01	300,100,10,1 ml n.n.
23.01.89	1,30E+03	1,80E+02		1,00E+02	1,00E+02	1,00E+01	300,100,10,1 ml n.n.
24.01.89	2,20E+02	1,20E+02		1,00E+01	1,00E+01	1,00E+01	300,100,10,1 ml n.n.
22.05.89	1,10E+02	2,60E+02		1,00E+00	1,00E+00	1,00E+01	250,100,10,1 ml n.n.
31.07.89	2,00E+02	2,40E+02		1,00E+01	1,00E+01	1,00E+02	100,10,1ml n.n.
14.11.89	4,10E+02	1,80E+02		1,00E+00	1,00E+01	1,00E+00	250,100,10,1 ml n.n.
08.05.90	1,10E+03	1,80E+02		1,00E+00	1,00E+00	1,00E+01	250,100,10,1 ml n.n.
07.11.90	1,20E+03	3,30E+02		1,00E+01	1,00E+01	1,00E+00	850,100,10,1 ml n.n.
11.12.90	1,60E+04	2,00E+03		1,00E+03	1,00E+03	1,00E+03	500,100,10,1ml n.n.
05.02.91	4,30E+05	1,00E+05		1,00E-04	1,00E-04	1,00E-04	200,100,10,1ml n.n.
09.04.91	7,30E+04	1,20E+03	1,70E+04	1,00E-03	1,00E-03	1,00E-02	200,100,10,1 ml n.n.
18.06.91	7,30E+02	1,20E+02	1,90E+02	1,00E-02	1,00E-02	1,00E-01	500,100,10 n.n.
06.08.91	2,90E+02	1,10E+02	2,40E+02	1,00E+02	1,00E+00	1,00E+00	250,100,10ml n.n.
06.08.91	1,60E+02	7,00E+01	2,20E+02	1,00E+01	1,00E-01	1,00E+00	300,100,10ml n.n.
05.11.91	7,00E+01	8,90E+01	9,00E+00	1,00E-01	1,00E+01	1,00E-01	500,100,10 n.n.
25.05.93	4,30E+02	4,80E+02	8,00E+02	1,00E-01	1,00E-01	1,00E-02	
06.07.93	7,00E+01	8,00E+01	1,30E+04	1,00E+02	1,00E+02	1,00E-01	
03.08.93	1,40E+03	9,00E+02	1,10E+03	1,00E+01	1,00E+01	1,00E+01	
17.10.93	1,50E+03	1,50E+02	1,50E+03	1,00E+01	1,00E+01	1,00E+01	

4 AUSWERTUNG SPEZIELLER PROBENAHMEN

4.1 STANDZEITUNTERSUCHUNGEN UND MEHRFACHBESTIMMUNGEN

		Abi. VK			Abi. VF			Abi. HF		
Probenahme 23.05.2000 Dreifachbestimmung										
<i>E. coli</i>	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
3h	> 3200000	> 3200000	> 3200000	7,10E+03	> 35000	> 35000	3,20E+01	3,20E+01	1,00E+01	
7h	> 3200000	> 3200000	> 3200000	> 35000	> 35000	> 35000	1,30E+03	1,13E+03	1,16E+03	
9h	> 3200000	> 3200000	> 3200000	> 35000	> 35000	> 35000	5,58E+02	6,76E+02	7,58E+02	
Enterokokken				A	B	C				
3h	1,10E+04	6,20E+03	8,80E+03	4,40E+02	2,50E+02	3,90E+02	< 10	< 10	< 10	
7h	9,00E+02	7,60E+02	3,80E+03	1,30E+02	2,70E+02	2,50E+02	4,20E+01	4,20E+01	7,60E+01	
9h	1,20E+03	6,10E+03	9,00E+03	4,50E+01	9,40E+01	6,10E+01	3,20E+01	1,80E+02	1,90E+02	
Probenahme 21.06.2000 Doppelbestimmung										
<i>E. coli</i>	A	B				A	B			
20h	1,30E+03	1,70E+03	2,80E+03	4,60E+03	4,60E+03	2,20E+01	2,20E+01	2,20E+01	2,20E+01	
22h	7,00E+03	2,80E+03	8,00E+03	4,10E+03	4,10E+03	5,40E+01	5,40E+01	7,60E+01	7,60E+01	
25h	2,20E+03	1,10E+03	2,90E+03	3,10E+03	3,10E+03	< 10	< 10	2,20E+01	2,20E+01	
27h	1,60E+03	1,50E+03	3,10E+03	3,90E+03	3,90E+03	5,40E+01	5,40E+01	6,40E+01	6,40E+01	
29h	1,10E+03	1,40E+03	1,90E+03	1,50E+03	1,50E+03	5,40E+01	5,40E+01	5,40E+01	5,40E+01	
42h	4,00E+03	4,60E+03	1,50E+03	1,40E+03	1,40E+03	6,40E+01	6,40E+01	3,20E+01	3,20E+01	
Enterokokken				A	B	C				
20h	1,20E+03	9,40E+02	6,60E+02	1,10E+03	1,10E+03	< 10	< 10	< 10	< 10	
22h	8,70E+02	1,20E+03	4,40E+02	5,00E+03	5,00E+03	> 35000	> 35000	> 35000	> 35000	
25h	8,00E+02	8,30E+02	1,20E+03	1,10E+03	1,10E+03	> 35000	> 35000	> 35000	> 35000	
27h	6,50E+02	8,00E+02	9,40E+02	1,60E+03	1,60E+03	1,00E+01	1,00E+01	< 10	< 10	
29h	9,00E+02	8,30E+03	1,20E+03	9,70E+03	9,70E+03	> 35000	> 35000	> 35000	> 35000	
42h	7,30E+02	6,60E+02	6,80E+02	-	-	< 10	< 10	< 10	< 10	

4.2 INTENSIV- UND ROUTINEPROBENNAHMEN

	Intensivprobenahmen			Routineprobenahmen			Gesamtprobenahmen		
	E. coli	Enterokokken	Campylobacter /Arcobacter	E. coli	Enterokokken	Campylobacter /Arcobacter	E. coli	Enterokokken	Campylobacter /Arcobacter
	29	45	13	37	37	33	60	74	39
Ablauf Vorklärung									
Anzahl	7,79E+03	3,81E+03	9,07E+06	2,48E+06	1,79E+05	4,08E+06	1,53E+06	9,15E+04	4,19E+06
Mittelwert	1,33E+04	3,30E+03	2,09E+07	5,65E+06	3,56E+05	1,34E+07	4,60E+06	2,66E+05	1,28E+07
Standardabweichung	9,60E+03	8,52E+03	2,07E+07	7,90E+06	4,60E+05	6,92E+06	3,69E+06	1,87E+05	8,20E+06
90% Perzentil	6,20E+03	5,30E+03	2,40E+06	8,00E+05	1,60E+05	1,10E+06	4,45E+05	6,50E+04	1,75E+06
75% Perzentil	3,20E+03	2,30E+03	1,10E+06	3,30E+05	7,00E+04	2,40E+05	2,60E+04	6,10E+03	2,40E+05
Median	2,40E+03	1,50E+03	2,40E+05	6,00E+04	9,40E+03	9,30E+04	3,20E+03	2,03E+03	1,10E+05
25% Perzentil	6,00E+04	1,60E+04	7,80E+07	2,40E+07	2,00E+06	7,80E+07	2,40E+07	2,00E+06	7,80E+07
Maxima	8,90E+02	4,00E+02	5,20E+04	1,50E+03	7,40E+02	3,80E+03	8,90E+02	4,00E+02	3,80E+03
Ablauf Vertikalbeet									
Anzahl	3,77E+03	8,22E+02	3,56E+05	7,13E+04	1,74E+03	6,11E+04	4,25E+04	1,31E+03	1,26E+05
Mittelwert	4,75E+03	8,74E+02	4,60E+05	1,96E+05	2,48E+03	2,01E+05	1,52E+05	1,91E+03	3,12E+05
Standardabweichung	7,04E+03	2,26E+03	1,10E+06	2,03E+05	4,10E+03	1,20E+05	5,82E+04	3,10E+03	1,84E+05
90% Perzentil	3,30E+03	9,80E+02	6,45E+05	2,98E+04	2,08E+03	2,40E+04	1,20E+04	1,15E+03	4,60E+04
75% Perzentil	2,30E+03	5,20E+02	1,20E+05	8,00E+03	8,00E+02	7,40E+03	3,20E+03	7,20E+02	7,50E+03
Median	1,23E+03	2,70E+02	1,01E+04	1,01E+03	2,98E+02	4,30E+02	1,25E+03	2,70E+02	4,30E+02
25% Perzentil	2,10E+04	3,60E+03	1,10E+06	1,10E+06	1,00E+04	1,10E+06	1,10E+06	1,00E+04	1,10E+06
Maxima	3,80E+01	3,80E+01	2,30E+02	1,91E+02	3,00E+00	2,30E+01	3,80E+01	3,00E+00	2,30E+01
Ablauf Horizontalbeet									
Anzahl	1,94E+02	5,79E+01	1,12E+02	5,38E+02	6,65E+02	4,21E+02	3,64E+02	4,86E+02	3,64E+02
Mittelwert	4,95E+02	1,23E+02	3,13E+02	2,56E+03	3,35E+03	1,47E+03	1,87E+03	2,83E+03	1,38E+03
Standardabweichung	2,93E+02	9,30E+01	3,80E+01	3,15E+02	1,10E+02	7,46E+02	3,03E+02	1,07E+02	3,92E+02
90% Perzentil	7,60E+01	3,75E+01	3,20E+01	7,90E+01	5,15E+01	9,30E+01	7,90E+01	4,58E+01	4,20E+01
75% Perzentil	4,20E+01	1,00E+01	1,10E+01	2,80E+01	1,00E+01	1,40E+01	3,45E+01	1,00E+01	1,10E+01
Median	2,70E+01	1,00E+01	2,00E+00	5,00E+00	4,00E+00	9,00E-01	1,80E+01	5,75E+00	2,00E+00
25% Perzentil	2,77E+03	5,20E+02	1,10E+03	1,60E+04	1,90E+04	7,50E+03	1,60E+04	1,90E+04	7,50E+03
Maxima	1,00E+01	1,00E+01	1,00E-01	3,00E-01	1,00E+00	1,00E-01	3,00E-01	1,00E+00	1,00E-01

ANHANG 3

Ergebnisse abwasserchemischer Untersuchungen

Inhaltsverzeichnis

1	Bewachsener Bodenfilter Wiedersberg	
1.1	Abwasserchemische Untersuchungen	W 1
2	Bewachsener Bodenfilter Ettenbüttel	
2.1	Abwasserchemische Untersuchungen	E 1
3	Bewachsener Bodenfilter See	
3.1	Abwasserchemische Untersuchungen	S 1

1 BEWACHSENER BODENFILTER WIEDERSBERG

1.1 Abwasserchemische Untersuchungen

Anlage: **Wiedersberg**

Probenahmestelle: **Zulauf Vorklärung**

Datum	O ₂ %	O ₂ (mg/l)	T °C	pH	Lf	CSB (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
18.05.1999		7,3	10,6	10,60	1,18	743	198	23					
14.06.1999		5,6	15,6	10,16	1,48	915	269	35					
15.06.1999	51,0	5,3	12,6	9,74	1,09	368	111	24					
12.07.1999	45,0	4,4	14,2	8,14	0,91	458	134	26					
13.07.1999	45,0	4,4	14,5	8,10	0,91	428	96,9	21					
10.08.1999	34,0	3,4	n.d.	8,08	0,99	308	93,2	23					
11.08.1999	42,0	3,9	14,9	8,11	0,99	409	111	19					
27.09.1999	59,0	5,8	14,0	7,10	1,43	1202	428	50	25,3	2,1	1,230	21,3	
28.09.1999	42,0	4,2	15,0	8,01	1,32	828	240	27	43,8	0,7	0,340	24,4	
18.10.1999			n.d.	7,18	1,35	570	164	16	42,1	< 0,51	0,090		
19.10.1999			n.d.	8,48	1,15	531	173	20	41,8	< 0,51	0,120		
05.11.1999	43,0	4,5	10,1	8,12	0,72	279	95,8	31	73,5	< 0,51	0,010		
15.11.1999			8,3	8,21	0,97	484	114	25	16,4	5,3	1,770		
16.11.1999			9,2	8,03	0,91	322	67,8	29	26,8	4,4	6,030		
22.11.1999	n.d.	n.d.	n.d.	8,45	1,10	589	169	32	51,3	1,5	0,870		
23.11.1999	n.d.	n.d.	n.d.	8,54	0,90	689	217	31	28,9	0,9	0,070		
29.11.1999	46,0	4,9	8,3	7,86	1,34	1015	275	42	84,2	1,6	1,050		
30.11.1999	48,0	5,4	8,1	8,09	0,88	631	189	56	42,6	4,3	1,340		
06.12.1999	n.d.	n.d.	n.d.	8,76	1,36	924	299	54	36,5	5,1	0,680		
13.12.1999	48,0	5,4	6,7	7,73	0,82	631	211	93	23,4				
11.01.2000	47,0	5,6	5,9	7,91	0,89	306	99,5	16	18,6				
17.01.2000	n.d.	n.d.	5,9	7,85	0,85	369	128	36	15,3				
08.02.2000	49,9	5,9	5,8	7,97	0,78	311	92,4	53	18,7				
22.02.2000	44,7	5,3	5,5	7,94	0,77	367	133	40	21,2	6,6		9,9	11,6
06.03.2000	43,7	5,3	5,6	7,27	0,76	178	54,0	10	11,7	9,1		18,9	
21.03.2000	45,1	5,3	6,3	7,87	0,68	379	75,1	25	16,4	7,7		9,2	10,6
11.04.2000		6,5	7,4	6,95	1,14	463	136	19	23,4	4,7		11,6	

n.d.: nicht durchgeführt

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Zulauf Vorklä rung

Datum	T °C	pH	Lf	CSB (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
22.05.2000 vm.				708							
22.05.2000 nm.						n.b.					
23.05.2000 vm.		8,76	1,21	708	94,0						
23.05.2000 nm.	12,9	8,63	1,46		181	15					
24.05.2000				660	165	40					
19.06.2000											
20.06.2000 vm		keine PN									
20.06.2000 nm		keine PN									
21.06.2000		keine PN									
17.07.2000	13,4	8,35	1,01	311	96,3	42	35,5	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
15.08.2000	15,1	8,45	1,14	931	252	14	30,7	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
22.08.2000	15,9	8,05	1,31	358	108		53,4	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
05.09.2000	13,3	8,20	1,17	230	71,6	8	41,2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
19.09.2000	12,9	8,30	1,41	749	248	63	107,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
11.10.2000	11,0	9,02	1,13	512	117	37	26,8	4,2	n.b.	n.b.	n.b.
23.10.2000	12,3	8,33	1,71	832	277	74	123,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
28.11.2000		8,30	0,57	305	75,9		25,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
09.01.2001	6,6	8,28	1,21	2631	1000	8	60,8	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf Vorklärung (VK1)

Datum	O ₂ %	O ₂ (mg/l)	T °C	pH	Lf	CSB (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)
17.05.1999		0,3	11,0	8,04	1,06	331	109	41
18.05.1999		0,3	10,5	8,10	1,09	324	95,5	54
14.06.1999	3,0	0,3	12,7	7,54	0,89	157	65,9	41
15.06.1999		0,3	12,9	7,61	1,09	162	64,1	44

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung (VK3) / Zulauf Vertikalfilter

Datum	O ₂ %	O ₂ (mg/l)	T °C	pH	Lf	CSB (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
12.07.1999			20,9	7,10	0,89	220	84,4	11					
13.07.1999	8,0	0,8	13,7	7,25	0,91	241	88,7	34					
10.08.1999	1,0	0,1	18,0	7,07	1,17	n.b.	122	34					
11.08.1999	24,0	2,2	14,7	7,19	0,95	334	98,1	25					
27.09.1999	8,0	0,8	14,1	7,01	0,83	165	59,9	18	22,5	< 0,51	< 0,006	16,3	
28.09.1999	5,0	0,4	13,7	7,11	0,86	234	81,3	15	20,7	< 0,51	< 0,006	15,6	
18.10.1999				7,10	1,07	218	59,9	15	28,4	< 0,51	< 0,006	10,9	14,4
19.10.1999				7,13	0,88	110	33,8	9	41,8	< 0,51	0,690	7,3	10,6
05.11.1999	11,0	1,3	10,3	7,20	0,92	171	54,6	9	17,6	< 0,51	< 0,006	12,5	14,6
15.11.1999				7,40	0,92	186	43,2	14	22,2	< 0,51	0,040	10,7	12,8
16.11.1999			9,3	7,34	0,91	141	31,1	12	15,6	< 0,51	0,040	9,8	11,2
22.11.1999			4,1	7,24	1,10	233	64,1	15	31,7	0,9	0,080	13,5	15,0
23.11.1999			7,1	7,40	1,10	197	60,2	16	68,3	1,5	1,240	12,3	13,5
29.11.1999	11,0	1,3	7,9	7,47	1,09	185	59,0	14	30,6	1,1	0,070	13,7	14,4
30.11.1999	13,0	1,4	8,1	7,32	1,07	212	64,0	20	28,6	0,9	0,070	12,4	15,5
06.12.1999			6,8	7,45	1,34	280	96,6	40	34,0	1,2	0,130	17,5	19,0
13.12.1999	36,0	4,1	7,1	7,44	0,84	126	44,4	37	20,4	1,5	0,280	12,4	13,1
11.01.2000	5,1	0,6	5,9	7,58	0,83	148	51,6	15	19,2	< 0,74,0	0,100	9,0	10,6
17.01.2000			5,9	7,69	1,02	246	88,8	34	33,5	0,8	0,030	14,8	16,6
08.02.2000	8,2	0,9	5,8		0,98	183	72,5	26	26,2	0,8	2,000	10,6	13,6
22.02.2000	12,9	1,5	5,6	7,66	0,96	194	73,8	40	26,5	0,8	0,103	10,9	13,6
06.03.2000	6,2	0,7	6,3	7,76	0,82	143	48,7	15	18,9	1,1	0,793	7,8	10,2
21.03.2000	12,1	1,4	6,4	7,78	0,74	128	35,5	20	15,8	1,0	0,036	6,7	8,8
11.04.2000						322	106	12	35,6	1,0	0,036	14,8	16,8
22.05.2000 vm.						708	95,0		50,7	1,1	0,000	15,8	19,8
22.05.2000 nm.						324	98,0	18	46,0	1,2	0,000	14,8	19,4
23.05.2000 vm.				7,20	1,06	298	105		48,8	1,0	0,033	15,2	19,0
23.05.2000 nm.			12,9	7,16	1,06		94,0	18	46,4	1,0	0,027	15,2	18,8
24.05.2000						294	109	24	n.b.	n.b.		10,4	18,8
19.06.2000			16,0	6,79	1,10	186	56,7	19	20,7	0,7	0,018	7,8	11,4

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle: Ablauf Vorklämung (VK3) / Zulauf Vertikalfilter

Datum	T °C	pH	Lf	CSB (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
20.06.2000 vm	15,6	6,92	1,10		66,1		24,6	1,2	0,024	8,6	11,6
20.06.2000 nm	16,2	6,83	1,04	218	60,8	15	22,6	1,1	0,030	8,0	11,6
21.06.2000	15,1	6,84	1,06	209	59,8	20	20,7	1,2	0,021	7,4	10,4
17.07.2000	13,5	6,92	0,94	189	54,3	17	19,9	0,9	0,036	9,0	12,2
15.08.2000	16,3	7,10	1,14	303	79,9	16	40,0	1,2	0,027	13,6	15,6
22.08.2000	15,5	7,11	0,94	183	52,7		24,6	1,0	0,021	10,8	12,2
05.09.2000	13,9	7,33	0,95	230		11	24,8	< 0,74	0,030	10,6	13,4
19.09.2000	13,8	7,23	1,03	197	52,8	54	25,5	0,9	0,024	11,4	13,0
11.10.2000	10,9	7,26	1,01	135	28,3	23	20,9	0,9	0,030	10,2	12,2
23.10.2000	12,6	7,29	1,19	247	71,4	80	30,9	0,9	0,034	13,2	16,2
28.11.2000		7,10	0,97	108	26,7	36	15,9	4,0	2,492	12,2	13,6
09.01.2001	5,8	7,20	1,06	80,2	37,1	18	16,4	15,3	1,550	13,6	13,6
20.02.01 vm.	4,6	7,58	1,13	169	43,6		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
20.02.01 nm.	5,1	7,42	1,13	159	44,3		27,0	0,8		14,4	17,2
21.02.01 vm.	4,7	7,39	1,11	139	33,0		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
21.02.01 nm.	5,4	7,50	1,10	133	27,6	16	24,6	1,7	2,280	12,8	14,2
28.03.2001											
23.04.2001											
15.05.2001											
11.06.2001				169	52,5	57				14,4	17,5
03.07.2001				376	115	20				18,6	21,0
07.08.2001	15,7	7,28	1,14	203	24,5	26				15,6	18,4
28.08.2001	15,4	7,37	1,12	137	23,2						
25.09.2001	12,8	7,01	1,07	173	31,4					14,2	18,0

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle: Ablauf Vertikalfilter / Zulauf Horizontalfilter

Datum	O ₂ %	O ₂ (mg/l)	T °C	pH	Lf	CSB (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
17.05.1999		0,3	12,3	7,38	1,01	51,0	21,2	34					
18.05.1999		0,6	13,9	7,10	1,08	55,8	21,3	43					
14.06.1999	46,0	4,1	16,9	7,07	0,94	44,7	18,1	27					
15.06.1999	47,0	4,0	16,0	7,01	0,93	52,2	20,1	34					
12.07.1999	41,0	3,6	18,8	7,13	0,88	32,5	13,2	6					
13.07.1999	11,0	1,0	18,0	6,73	0,89	57,2	13,8	12					
10.08.1999	50,0	4,5	17,7	6,76	1,13	37,7	11,2	19					
11.08.1999	38,0	3,5	16,9	6,68	1,08	38,2	11,4	20					
27.09.1999	67,0	6,4	15,4	7,11	0,93	21,7	7,8	10	1,37	23,5	0,210	6,4	
28.09.1999	50,0	4,8	14,5	7,06	1,04	17,2	8,3	10	1,26	31,7	0,470	6,1	4,6
18.10.1999				6,78	1,00	26,9	7,9	11	1,27	21,9	0,160	4,5	4,1
19.10.1999				6,74	1,02	23,1	8,3	12	0,97	26,5	0,170	4,0	4,1
05.11.1999				6,80		25,6	7,6	11	1,63	24,2	0,130	4,2	4,2
15.11.1999			5,7	6,81	0,81	17,6	8,1	15	0,67	14,1	0,100	5,3	5,3
16.11.1999			7,0	6,56	0,84	15,0	8,0	13	0,57	15,2	0,008	5,5	5,5
22.11.1999	32,0	3,5	5,4	6,67	0,90	36,3	13,5	15	1,22	20,6	0,080	5,0	5,0
23.11.1999	24,0	2,8	5,5	6,74	1,00	25,1	9,6	14	1,04	23,2	0,140	5,3	5,3
29.11.1999	29,0	3,5	5,6	6,79	0,99	24,3	8,3	15	1,33	20,9	0,130	4,9	4,9
30.11.1999	44,0	5,3	5,4	6,85	0,97	21,0	8,0	14	0,64	28,3	0,120	6,6	6,6
06.12.1999	31,0	3,2	5,4	6,69	1,00	25,3	10,6	17	1,87	22,0	0,140	8,7	8,7
13.12.1999		1,3	6,3	6,62	0,98	23,0	9,9	17	3,86	17,2	0,008	8,4	8,4
11.01.2000	13,8	1,7	4,7	6,83	0,80	23,8	9,2	15	2,85	12,9	0,080	7,2	7,2
17.01.2000	13,9	1,7	3,0	6,75	0,88	25,3	8,8	19	3,54	16,6	0,110	7,1	7,1
08.02.2000	25,0	2,9	5,0	6,85	0,84	23,1	9,7	27	1,53	16,5	0,160	5,9	5,9
22.02.2000		0,2	3,5	7,00	0,93	21,9	8,2	20	2,68	17,0	5,167	5,3	5,3
06.03.2000			4,3	6,81	0,79	26,2	9,4	18	6,62	13,5	4,103	6,5	6,5
21.03.2000			5,9	6,83	0,71	23,9	9,6	17	3,59	11,5	3,495	6,2	6,2
11.04.2000		0,3	7,2	5,86	0,98	43,8	12,5	11	6,63	22,7	6,900	7,8	7,8
22.05.2000 vm.						19,5	12,4		6,86	25,8		1,8	1,8
22.05.2000 nm.						29,4	11,0	16	7,33	21,5		4,9	4,9

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf Vertikalfilter / Zulauf Horizontalfilter

Datum	T °C	pH	Lf	CSB (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
23.05.2000 vm.		6,76	1,03	19,5	11,3		7,57	18,1	5,502	4,6	4,6
23.05.2000 nm.	12,9	6,68	1,03		11,2	23	7,41	18,4	5,593	4,9	4,9
24.05.2000				29,9	9,2	24	n.b.	n.b.		2,9*	4,4
19.06.2000	15,3	6,54	0,95	20,3	10,1	15	2,57	12,6	3,830	5,0	5,0
20.06.2000 vm	16,2	6,67	1,01		10,6		2,18	23,9	7,264	4,1	4,1
20.06.2000 nm	15,1	6,58	0,96	24,8	9,9	16	2,42	19,7	5,988	4,2	4,2
21.06.2000	15,5	6,56	0,98	27,1	9,4	17	2,65	18,6	5,653	3,6	3,6
17.07.2000	13,4	6,65	0,86	22,3	8,7	15	2,18	10,8	3,283	4,2	4,2
15.08.2000	16,4	6,65	1,11	25,9	-	17	0,96	40,7	12,371	5,8	5,8
22.08.2000	16,1	6,65	1,06	25,3	10,4		1,03	31,5	9,574	4,9	4,9
05.09.2000	13,6	6,97	1,10	20,7	7,6	12	1,40	40,7	12,371	4,3	4,3
19.09.2000	13,0	6,78	0,99	< 15	7,3	18	< 0,07	16,2		2,2	2,2
11.10.2000	9,9	6,88	1,03	19,5	7,2	32	< 0,07	21,0		3,2	3,2
23.10.2000	12,1	6,91	1,04	22,3	11,0	53	0,68	26,2	7,964	7,6	7,6
28.11.2000		6,70	0,95	19,7	6,8		0,23	23,7	7,204	8,9	8,9
09.01.2001	4,6	6,64	1,02	18,9	8,3	16	0,69	31,1	9,453	11,8	11,8
20.02.01 vm.	4,0	7,11	1,02	27,9	10,1						
20.02.01 nm.	4,5	7,21	1,02	29,3	9,6		4,64	21,7	0,080	11,4	11,4
21.02.01 vm.	3,8	7,11	1,01	23,8	9,0						
21.02.01 nm.	4,2	7,14	1,02	30,9	8,4	14	4,60	21,4	0,060	11,6	11,6
11.06.2001				31,8	11,7	44				13,2	13,2
03.07.2001				22,1	8,0	18				9,8	9,8
07.08.2001	15,3	6,93	1,04	23,9	5,1	20				9,4	9,4
28.08.2001	15,9	6,97	1,07	< 15	7,6						
25.09.2001	11,3	6,71	0,96	17,1	6,5					13,0	13,0

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf Horizontalfilter / Zulauf P-Filter

Datum	O ₂ %	O ₂ (mg/l)	T °C	pH	Lf	CSB (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
17.05.1999		0,1	11,4	7,52	0,93	28,0	14,4	19					
18.05.1999		0,1	11,9	7,50	0,93	33,4	14,8	39					
14.06.1999	2,0	0,2	15,7	6,91	0,84	24,6	14,6	30					
15.06.1999	2,0	0,2	16,1	6,87	0,85	26,0	13,9	27					
12.07.1999	3,0	0,2	17,5	6,76	0,84	20,4	9,3	11					
13.07.1999	6,0	0,5	18,3	6,77	0,85	45,4	9,7	12					
10.08.1999	2,0	0,2	17,2	6,56	1,17	19,7	8,4	22					
11.08.1999	2,0	0,2	17,1	6,45	1,16	19,4	8,3	21					
27.09.1999	10,0	1,0	15,3	6,91	1,01	16,3	7,3	10	0,37	23,0	0,510	5,1	
28.09.1999	15,0	1,4	14,1	6,92	0,97	21,4	6,9	9	0,18	22,3	0,490	4,7	
18.10.1999				6,74	1,01	22,6	6,4	13	0,09	18,6	0,190	2,2	
19.10.1999				6,81	1,01	23,1	6,6	14	0,07	18,3	0,220	2,3	
05.11.1999						18,2	7,5	11	<0,02	25,1	<0,006	2,8	
15.11.1999			5,4	6,85	0,76	15,0	7,3	11	<0,02	14,2	<0,006	3,4	
16.11.1999			5,5	6,87	0,79	15,0	6,9	11	<0,02	14,6	<0,006	3,2	
22.11.1999	22,0	2,8	3,3	6,87	0,90	<15	6,9	11	<0,07	19,7	<0,015	2,7	
23.11.1999	16,0	2,1	3,3	6,83	0,90	24,6	7,3	9	<0,07	18,5	<0,015	2,7	
29.11.1999	20,0	2,4	4,4	6,98	0,94	21,2	6,7	11	<0,07	20,8	<0,015	2,9	
30.11.1999	23,0	2,7	3,8	6,94	0,94	15,9	7,4	10	<0,07	21,5	<0,015	2,8	
06.12.1999	25,0	3,3	3,7	6,88	0,96	7,4	7,4		<0,07	24,4	<0,015	3,5	
13.12.1999		2,7	4,1	6,92	0,98	26,0	8,0		0,73	20,0		4,9	
11.01.2000	11,3	1,4	3,1	6,98	0,85	21,7	7,6	14	0,58	15,5		4,4	
17.01.2000	8,9	1,0	1,8	7,03	0,86	26,2	7,1	13	0,77	14,1		4,3	
08.02.2000	5,2	0,6	4,2	6,87	0,80	18,1	7,4	31	0,57	17,1		3,8	
22.02.2000	14,2	1,9	2,1	6,89	0,92		10,6	22	8,81	14,3		8,2	8,2
06.03.2000	7,8	1,0	3,4	6,91	0,75	21,4	7,8	20	3,20	12,5		5,0	5,0
21.03.2000	9,0	1,1	4,8	6,95	0,71	16,6	7,2	14	2,89	12,4		5,0	5,0
11.04.2000		0,4	6,7	5,79	0,97	30,1	9,0	15	5,69	14,6		5,1	5,1

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle: Ablauf Horizontalfilter / Zulauf P-Filter

Datum	T °C	pH	Lf	CSB (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
22.05.2000 vm.				21,1	8,2		2,34	18,0	n.b.	3,1	n.b.
22.05.2000 nm.				20,7	8,2	18	2,26	18,9	n.b.	3,1	n.b.
23.05.2000 vm.		6,71	1,03	21,1	8,8		2,34	18,4	n.b.	3,0	n.b.
23.05.2000 nm.	12,9	6,64	1,03		8,3	18	2,26	18,3	n.b.	3,0	n.b.
24.05.2000				19,5	8,3	21	n.b.	n.b.	n.b.	2,8	n.b.
19.06.2000	15,5	6,59	1,01	19,8	8,6	17	0,11	10,0	n.b.	1,6	n.b.
20.06.2000 vm	15,8	6,71	0,99		8,6		0,14	9,5	n.b.	1,6	n.b.
20.06.2000 nm	15,7	6,61	0,98	20,8	8,5	17	0,09	9,3	n.b.	1,7	n.b.
21.06.2000	16,3	6,59	0,99	19,6	8,4	20	0,09	8,8	n.b.	1,6	n.b.
17.07.2000	13,0	6,71	0,89	17,9	6,8	14	<0,07	9,1	n.b.	1,5	n.b.
15.08.2000	16,6	6,64	1,13	17,9	9,1	15	0,08	17,5	n.b.	1,4	n.b.
22.08.2000	15,9	6,70	1,13	23,9	8,3		<0,07	22,5	n.b.	1,6	n.b.
05.09.2000	13,0	6,84	0,91	22,7	7,9	14	<0,07	20,6	n.b.	3,0	
19.09.2000	13,4	6,68	0,98	<15	7,4	27	0,46	26,9		4,9	4,9
11.10.2000	10,7	6,87	0,93	22,1	8,2	21	0,53	20,6		8,1	8,1
23.10.2000	11,1	6,95	1,03	<15	7,0	33	<0,07	18,2	n.b.	3,5	n.b.
28.11.2000		6,90	0,95	22,4	6,8		<0,07	20,0	n.b.	6,1	6,1
09.01.2001	3,7	6,91		15,7	7,3	15	0,09	32,4	n.b.	8,0	8,0
20.02.01 vm.	2,9	7,01	0,96	19,7	7,1		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
20.02.01 nm.	3,1	7,05	0,97	21,3	6,8		0,12	26,7		8,3	8,3
21.02.01 vm.	2,9	7,02	0,97	18,8	6,7		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
21.02.01 nm.	2,9	6,94	0,98	20,7	5,9	14	0,09	26,0		8,3	8,3
11.06.2001				24,1	9,5	35			n.b.	8,1	8,2
03.07.2001				56,9	12,6	21					
07.08.2001	15,0	6,93	1,11	25,7	8,9	21				5,8	5,8
28.08.2001	15,6	7,06	1,12	18,1	4,8						
25.09.2001	11,3	6,81	0,96	17,3	7,0					9,7	9,8

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf UV Anlage

Datum	O ₂ %	O ₂ (mg/l)	T °C	pH	Lf	CSB (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
17.05.1999													
18.05.1999													
14.06.1999	9,0	0,9	16,0	7,08	0,85	25,7	14,1	25					
15.06.1999	22,0	2,1	15,2	7,13	0,85	26,4	13,6	26					
12.07.1999	17,0	1,7	17,0	7,26	0,88	25,9	8,3	11					
13.07.1999	15,0	1,4	17,0	6,92	0,86	42,3	8,3	10					
10.08.1999	17,0	1,5	17,5	6,90	1,19	21,5	8,6	23					
11.08.1999	20,0	1,9	16,4	6,62	1,19	17,1	8,2	18					
27.09.1999	23,0	2,2	15,1	7,04	1,05	16,3	6,3	10	0,37	20,9	0,240	3,0	
28.09.1999	21,0	2,0	13,8	7,06	0,96	<15	6,4	9	0,30	21,4	0,220	3,3	
18.10.1999				6,73	1,01	20,2	6,6	11	0,09	18,8	0,180		
19.10.1999				6,89	1,04	23,3	5,9	12	<0,02	18,4	<0,006		
05.11.1999						18,7	6,8	11	<0,02	23,7	<0,006		
15.11.1999			3,3	7,13	0,76	16,9	7,2	11	<0,02	14,6	<0,006		
16.11.1999			5,6	7,14	0,78	15,0	6,6	12	<0,02	15,0	<0,006		
22.11.1999				6,92	0,90	<15	6,9	13	<0,07	19,5	<0,015		
23.11.1999	24,0	3,1	4,5	6,97	0,90	<15	6,9	11	<0,07	17,2	<0,015		
29.11.1999	21,0	2,7	3,9	6,85	0,94			11	<0,07	21,7	<0,015		
30.11.1999	24,0	3,1	4,0	6,92	0,93			10	<0,07	21,5	<0,015		
06.12.1999				6,85	0,96				<0,07	24,2	<0,015		
13.12.1999	28,0	3,6	5,0	6,88	0,98								
11.01.2000	15,8	2,0	3,0	6,99	0,85		7,3	13					
17.01.2000			2,9	7,00	0,64		7,4	13					
08.02.2000	12,0	1,5	4,4	6,93	0,81			30					
22.02.2000	13,1	1,7	2,4	6,96	0,92	19,0	8,4	20	2,55	17,0		5,3	5,3
06.03.2000			keine Probe genommen										
21.03.2000			5,5	6,86	0,70	18,9	7,9	11	2,85	11,7		5,0	5,0
11.04.2000			7,0	6,13	0,96		8,8	14	5,34	14,6		5,1	

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf UV Anlage

Datum	T °C	pH	Lf	CSB (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
22.05.2000 vm.				19,5	8,5						
22.05.2000 nm.				19,9	8,2	17					
23.05.2000 vm.		6,73	1,09	19,5	8,2						
23.05.2000 nm.	13,8	6,64	1,08		8,1	26					
24.05.2000				21,1	8,1	19					
19.06.2000	15,5	6,56	1,01		8,2	16					
20.06.2000 vm	15,8	6,69	0,99		8,6						
20.06.2000 nm	15,8	6,60	0,99		8,6	15					
21.06.2000	14,9	6,59	1,00		8,4	19					
17.07.2000	13,4	6,68	0,89		6,7	18					
15.08.2000	17,0	6,63	1,13	17,6	8,2	15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
22.08.2000	15,6	6,96	1,13	18,9	7,8		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
05.09.2000	13,6	6,81	0,91	33,3		13	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
19.09.2000	13,2	6,73	0,99		7,9	21	0,08	15,9		2,2	n.d.
11.10.2000	10,1	6,84	1,03		7,1	27	< 0,07	19,7		3,2	n.d.
23.10.2000	11,7	6,92	1,03		6,9	27	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
28.11.2000		6,80	0,95		6,4		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
09.01.2001	3,9	6,74	1,06	16,6	7,2	13	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
20.02.01 vm.	3,2	7,02	0,96	31,1	6,9		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
20.02.01 nm.	3,6	7,02	0,96	17,9	6,9		0,09	28,5		8,2	8,2
21.02.01 vm.	3,1	6,98	0,97	19,7	6,6		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21.02.01 nm.	3,7	7,04	0,98	23,5	6,5	20	0,08	26,0		8,3	8,3
11.06.2001				17,1	8,9	33					
25.09.2001	11,9	6,89	0,96	19,4	7,2						

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf Phosphatfilter

Datum	O ₂ %	O ₂ (mg/l)	T °C	pH	Lf	CSB (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
17.05.1999													
18.05.1999													
14.06.1999	24,0	2,4	15,3	7,40	0,87	25,5	12,8	29					
15.06.1999	22,0	4,5	14,3	7,43	0,86	26,4	13,0	24					
12.07.1999	12,0	1,1	18,6	7,06	0,85	18,5	9,4	10					
13.07.1999	12,0	1,0	17,9	6,76	0,84	53,9	9,5	9					
10.08.1999	9,0	0,8	17,6	6,63	1,17	19,9	8,2	23					
11.08.1999	9,0	0,8	16,9	6,50	1,16	19,0	8,5	18					
27.09.1999	16,0	1,5	15,0	7,00	1,00	15,1	6,7	7	0,41	23,5	0,530	5,0	
28.09.1999	21,0	2,0	13,9	7,00	1,02	< 15	6,7	9	0,22	20,7	0,520	4,9	
18.10.1999				6,94	1,04	< 15	6,5	12	< 0,02	17,1	< 0,006	< 0,2	
19.10.1999				6,89	1,04	16	5,9	14	< 0,02	18,2	< 0,006	2,3	
05.11.1999						18	5,9	9	< 0,02	21,7	< 0,006	< 0,2	
15.11.1999			3,0	7,10	0,78	15	6,1	12	< 0,02	14,4	< 0,006	< 0,2	
16.11.1999				7,35	0,79	15	6,1	12	< 0,02	12,6	< 0,006	< 0,2	
22.11.1999				7,12	0,90	< 15	6,3	9	< 0,07	17,4	0,015	< 0,2	
23.11.1999	26,0	3,7		6,87	0,9	< 15	6,8	11	< 0,07	18,6	0,015	< 0,2	
29.11.1999	26,0	3,3	4,3	6,88	0,95	< 15		8	< 0,07	19,8	0,015	< 0,2	
30.11.1999	29,0	3,6	3,9	6,92	0,95	< 15		9	< 0,07	21,9	0,015	< 0,2	
06.12.1999			3,9	7,70	0,96				< 0,07	22,0	< 0,015	< 0,2	
13.12.1999	61,0	6,3	4,9	7,21	0,93				0,15	18,4		< 0,2	
11.01.2000	17,2	2,3	2,8	7,15	0,85	< 15	6,7	15	0,21	14,8		0,9	
17.01.2000			2,9	7,35	0,64	15,8	7,0	11	0,31	12,6		1,3	
08.02.2000	16,3	2,0	4,4	7,22	0,80	16,3	7,2	29	0,40	18,1		1,8	
22.02.2000	13,0	1,7	2,4	7,05	0,93	17,4	7,6	19	1,54	18,6		2,0	2,1
06.03.2000	15,8	2,0	3,7	7,16	0,73	19,8	7,1	19	3,74	10,7		2,7	2,7
21.03.2000	14,1	1,7	5,2	7,11	0,73	22,0	6,8	11	2,38	11,6		2,1	2,1
11.04.2000			6,3	6,10	0,96	90,5	8,5	16	4,76	15,2		2,7	2,7

Anlage:

Wiedersberg

Probenahmestelle:

Ablauf Phosphatfilter

Datum	T °C	pH	Lf	CSB (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
22.05.2000 vm.				21,6	8,4		1,99	15,5	n.b.	1,6	n.b.
22.05.2000 nm.				19,0	8,7	23	1,76	15,5	n.b.	1,7	n.b.
23.05.2000 vm.		6,99	1,11	21,6	8,7		1,76	17,1	n.b.	1,6	n.b.
23.05.2000 nm.	13,1	6,87	1,11		8,1	16	1,68	12,7	n.b.	1,7	n.b.
24.05.2000				21,1	8,1	19	n.b.	n.b.	n.b.	1,6	n.b.
19.06.2000	15,6	6,88	1,04	17,5	8,1	15	0,13	9,7	n.b.	1,1	n.b.
20.06.2000 vm	14,9	6,99	1,03		7,8		0,12	9,5	n.b.	1,1	n.b.
20.06.2000 nm	14,9	6,91	1,04	17,7	7,9	17	0,17	9,5	n.b.	1,1	n.b.
21.06.	14,9	6,96	1,03	21,6	8,7	18	0,12	9,0	n.b.	1,1	n.b.
17.07.2000	13,3	6,94	0,90	17,2	5,9	13	0,09	8,8	n.b.	0,7	n.b.
15.08.2000	17,1	6,96	1,08	18,3	7,0	11	0,11	15,3	n.b.	0,6	n.b.
22.08.2000	15,5	7,60	1,14	22,0	7,0		0,09	16,4	n.b.	0,6	n.b.
05.09.2000	13,2	7,04	1,01	28,4	6,5	13	0,10	21,4	n.b.	0,4	n.b.
19.09.2000	12,9	6,98	1,03	< 15	6,3	15	< 0,07	15,2		0,5	0,5
11.10.2000	9,9	7,05	1,08	17,8	7,2	34	0,15	20,6		0,5	n.b.
23.10.2000	11,7	7,17	1,03	19,4	6,7	14	< 0,07	16,1	n.b.	0,5	n.b.
28.11.2000		7,10	0,91	17,0	5,4	32	0,16	17,7	n.b.	1,6	1,6
09.01.2001	3,8	6,96	1,05		6,3	13	0,11	30,1	n.b.	4,1	4,1
20.02.01 vm.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
20.02.01 nm.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21.02.01 vm.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
21.02.01 nm.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
11.06.2001				20,7	7,8	26			n.b.	4,4	4,4
07.08.2001	15,5	7,08	1,08	20,3	5,0	18				2,4	2,4
28.08.2001	15,2	7,32	1,16	19,0	5,3						
25.09.2001	11,4	7,07	1,00	< 15	7,0					4,2	4,2

2 BEWACHSENER BODENFILTER ETTENBÜTTEL

2.1 Abwasserchemische Untersuchungen

Anlage: **Ettenbüttel**

Probenahmestelle: **Zulauf Teich 1**

Datum	O ₂ %	O ₂ (mg/l)	T °C	pH	Lf	CSB (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	Nges (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	CI (mg/l)
27.07.1999				7,36	1,7	709	197	34	87,3						
01.09.1999				7	1,69	805	220	22	119						
15.09.1999				8,42	1,56	571	172	30	85,9	67,8	1,52	0,15	34,2		212
04.11.1999				6,89	1,79	368	166	22	52,7	74,6	< 0,51	0,14	33	38,5	251
24.01.2000	28,4	3,57	5,7	8,72	1,746	661	221	39		83,5	0,83	0,06	33,5	36,5	
14.02.2000	34,4	4,1	7,4	8,41	1,6	738	202	32		73,3	1,08		33,5	37	
14.03.2000						127	42,5	8,8		9,83	1,63		6,5	9,5	
04.04.2000						178	57,7	8		17,6	2		9,5	11,5	
18.04.2000			10,1	7,09	1,57	703	174	17		81,1	1,04		17	28,5	
09.05.2000	13,6	1,33	17,1	7,09	1,69	732	225	23		74,9	0,94		32,5	36,5	
15.05.2000						609	191	23		61,2	0,74		19	33	
05.06.2000			19,2	7,32	0,98	582	146	23		35,9	0,94		16,5	22	
03.07.2000			18,5	8,26	1,65	904	273	27		89,3	0,78		27	38,5	
11.07.2000						533	156			75,5	0,85		24,5	29,5	
31.07.2000				7,49	1,05	363	91,9			46,4	0,92		19	23,5	
11.09.2000	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
12.09.2000	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d.: nicht durchgeführt

n.n.: nicht nachweisbar

Anlage:

Ettenbüttel

Probenahmestelle:

Ablauf Teich 2 / Zulauf Vertikalfilter

Datum	O ₂ %	O ₂ (mg/l)	T °C	pH	Lf	CSB (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	Nges (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Cl (mg/l)
27.07.1999				7,8	1,04	160	41,7	29	45,2						
01.09.1999				7,01	0,84	213	39,9	8	39,2						
15.09.1999															
04.11.1999	8	1	7,8	7,15	0,98	117	46,8	13	39,9	29,3	< 0,51	< 0,006	13	14	108
24.01.2000	10,3	1,86	1,5	7,29	0,92	181	57,8	15		23,1	< 0,74	0,015	7,9	12	
14.02.2000	11,5	1,45	4,4	7,38	0,754	137	38	16		17,6	0,74		6,8	10,2	
14.03.2000						75,4	24,7	9		9,52	< 0,74		4,3	6,6	
04.04.2000						125	39,7	9		12,2	< 0,74		3,3	8,2	
18.04.2000			9,5	7,13	0,67	126	37,6	6		11,5	0,74		3,6	8,2	
09.05.2000	8,6	0,85	18,9	7,09	0,7	126	36	11		11,2	0,85		5,1	7,8	
15.05.2000						149	39	11		14,7	< 0,74		6,3	9,6	
05.06.2000			20,2	7,41	0,85	155	41	20		18,6	1		7,4	10,6	
03.07.2000			19,5	7,6	1,1	127	28,6	15		23,7	0,81		8,9	11,6	
09.07.2000						99,6	46,4			14,7	0,81		6,3	7,6	
31.07.2000			18,4	7,41	0,68	70	21,3			11,9	0,85		5,7	6,8	
11.09.2000			17,3	7,47	0,786	77	19,1	15		22,2	0,9		8,8	9,8	
12.09.2000			16	7,51	0,787	95	23,5	7,7		19,8	1,06		8	10,2	
16.10.2000			13,5	7,42	1,024		35,5			33,9	0,83		12	14,8	
13.11.2000			n.g.	7,68	1,218	212	53	19		42,1	0,97		14,8	17	
04.12.2000			6,2	7,37	1,144	213	62,1	19		46	0,81		14,8	17,2	
15.01.2001			2,3	7,12	1,077	243	79,5	7,1		38,6	< 0,74		13,8	15	
06.02.2001						190	58,4	7,8					9,2	11,4	

Anlage:

Ettenbüttel

Probenahmestelle:

Ablauf Teich 2 / Zulauf Vertikalfilter

Datum	O ₂ %	O ₂ (mg/l)	T °C	pH	Lf	CSB (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
12.03.01.v.m.			10,4	7,42	1,065	187	60,2		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
12.03.01.n.m.			10,6	7,4	1,072	198	64					10,8	13,4
13.03.01.v.m.			8,2	7,4	1,077	213	69,3		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
13.03.01.n.m.			8,4	7,41	1,071	202	67,5	15				11,8	13,6
28.05.2001			15,8	7,74	1,22	88	29,7	15				12,4	14,6
09.07.2001			20,9	7,91	1,24	99,6	46,4	17				10,6	10,6
30.07.2001			25,1	7,49	0,985	72,1	21,9	14				9,4	9,6
04.09.2001			17,8	n.g.	n.g.	117	15,1					12,6	15,2
17.09.2001			14	7,4	0,85	75,8	16,8	6,7				7,6	9,2
22.10.2001			12,3	7,44	1,124	110	30					10,6	12,2
05.11.2001			9,7	7,3	1,02	131	31,5	14				9,6	12
19.11.2001			7,8	7,5	1,04	134	38,2					11,4	14,8

Anlage:

Ettenbüttel

Probenahmestelle:

Ablauf Vertikalfilter 1

Datum	O ₂ %	O ₂ (mg/l)	T °C	pH	Lf	CSB (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
11.09.2000			15,8	6,950	0,989	19,2	6,3	8,8	0,1	24,4	0,018	3,6	3,6
12.09.2000			15,6	7,17	1,007	19	6,3	8,7	<0,07	23,9	0,018	3,4	3,4
16.10.2000			12,6	7,5	1,143		9	11	3,51	27,4	0,03	5,7	5,7
13.11.2000			9,2	7,33	1,23	25,1	8,7	14	2,56	44,4	0,081	4,9	4,9
04.12.2000			7,7	7,7	1,089	21,8	9,8	14	6,44	25,8	0,03	11,6	11,6
15.01.2001			3,8	7	1,138	34,6	12,1	11	14	19,2	0,093	5	5
06.02.2001						33,4	9,2	14	23,7	2,02	0,126	10,2	10,2
12.03.01v.m.			7,1	7,31	1,039	43,9	14,4		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
12.03.01n.m.			7,0	7,32	1,04	39,4	13,8		23,9	2,09	0,057	11,2	11,2
13.03.01.v.m.			6,7	7,15	1,045	43	14,9		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
13.03.01.n.m.			6,7	7,26	1,048	44,8	15	17	24,96	1,13	0,057	12,4	12,4
28.05.2001			14,6	7,19	1,25	35,9	13,7	11	7,49	1,82	0,066	6,4	6,4
09.07.2001			19,1	7,32	1,26	45,2	13,9	17	8,11	17,39	n.g.	8,4	8,4
30.07.2001			kein	Wasseraustritt		-	-						
04.09.2001			16,8	n.g.	n.g.	21,2	4,7		2,42	39,1	0,096	3,1	3,1
17.09.2001			14,1	7,22	0,94	22,5	5,9	7	0,16	16,93	0,027	5,4	5,4
22.10.2001			12,9	6,93	1,186	19	6,5		<0,07	23,23	<0,015	7,1	7,1
05.11.2001			10,7	7,11	1,1	20,7	5,8	18	0,98	21,07	0,054	8,8	8,8
19.11.2001			7,9	7,22	1,13	17,3	5,2		0,4	21,16	0,018	7,5	8

Anlage:

Ettenbüttel

Probenahmestelle:

Ablauf Vertikalfilter 2

Datum	O ₂ %	O ₂ (mg/l)	T °C	pH	Lf	CSB (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	Nges (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	CI (mg/l)
27.07.1999				7,07	0,92	43,2	16,7	41	12,1						
01.09.1999				7,16	0,9	37,2	15,3	42	12,4						
15.09.1999				7,2	0,9	37,9	16,3	33	16,9	4,71	5,52	0,41	1,64		95,3
04.11.1999				7,46	1,08	24,6	9,1	19	38,3	9,36	22,1	0,27	1,9	2	101
24.01.2000		3,2	3,9	7,29	1,066	17,9	7,3	17		7,1	22,8	0,09	2,6	2,6	
14.02.2000		1,66	5,4	7,22	0,82	17,9	8,8	13		7,88	10	0,05	4,5	4,5	
14.03.2000	20,6	2,42	8,1	7,22	0,684	< 15	7,9	9,3		4,29	7,87	0,06	3,6	3,6	
04.04.2000						21,1	8,3	9		3,2	6,21	0,1	3,2	3,2	
18.04.2000			9,1	7,13	0,72	19,4	8,9	5		4,45	3,68	0,07	3,3	3,3	
09.05.2000	14,7	1,41	18,7	7,09	0,07		15	23		10,2	1,56	0,02	4,1	4,1	
15.05.2000			16,8			40,4	16	19		11,2	< 0,74	< 0,015	3,5	3,7	
05.06.2000			19,7	6,92	0,98	22,7	8,2	11		0,45	19,1	0,07	1,9	1,9	
03.07.2000			16,5	6,86	1,16	28,5	11,8	13		1,09	24,4	0,04	5,6	5,6	
11.07.2000			15,6			8,5	8,5			0,4	17,4	0,03	4,6	4,6	
31.07.2000			17,7	6,96	0,794	7,7				0,72	13,7	< 0,015	6,8	6,8	

3 BEWACHSENER BODENFILTER SEE

1.1 Abwasserchemische Untersuchungen

Anlage:

See

Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung / Zulauf Horizontalfilter (alt, HF 2)

Datum	Uhrzeit	Labor	T (°C)	Menge (m³/d)	pH-Wert	L _F	CSB (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	CI (mg/l)
22.02.1985		WWV			7,7	1630	623				115,3	0,5			21,2	112
26.03.1985	10:40	WWV			7,5	1350	734	440			93,0	0,4			17,9	83
10.05.1985		WWV					619				100,3	0,5			19,5	74
02.10.1985	14:00	WWV					528	317			99,6	0,1			16,6	89
19.11.1985	09:30	WWV			7,9		433	215			79,4	0,2			11,9	60
03.12.1985	11:00	WWV			8,0		469	292			110,0	0,2			17,5	73
17.12.1985		WWV			8,0		447	197			109,2	0,9			16,9	83
15.01.1986	10:00	WWV			8,1		642	355			114,0	0,9			16,0	77
28.01.1986	11:00	WWV			7,9		433	190			103,0	0,5			16,4	81
12.02.1986	10:00	WWV			7,9		444	210			93,6	0,9			13,8	69
26.02.1986	11:00	WWV			8,0		549	245			128,0	0,2			20,7	87
11.03.1986	12:00	WWV			8,0		683	425			128,0	0,5			17,0	113
26.03.1986	11:00	WWV			8,1		535	336			93,4	0,3			16,6	56
23.04.1986	12:00	WWV			8,1		519	320			101,0	0,6			18,9	80
26.05.1986	10:00	WWV			8,1		465	275			80,0	0,5				63
23.06.1986	09:00	WWV			8,0		569	350			102,0	0,4			19,7	63
29.07.1986	10:00	WWV			8,1		304	178			98,0	0,9			18,2	68
02.09.1986	11:00	WWV			8,1		204	92			94,3	0,5			13,8	72
13.10.1986	09:00	WWV			8,0		262	124			106,4	0,3			16,5	84
12.11.1986	10:00	WWV			7,9		332	188			99,5	1,0		10,9	14,7	68
09.12.1986	10:00	WWV			7,9		228	113			51,9	2,1		5,2	7,8	77

WWV: Wasserwirtschaftsamt Nürnberg

WaBoLu / UBA: Institut für Wasser-, Boden- und Luftthygiene / Umweltbundesamt

Eko: Eigenkontrolle

n.d.: nicht durchgeführt

n.n.: nicht nachweisbar

Anlage:

See

Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung / Zulauf Horizontalfilter (alt, HF 2)

Datum	Uhrzeit	Labor	T (°C)	Menge (m³/d)	pH-Wert	L _F	CSB (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Cl (mg/l)
19.01.1987	10:00	WW			8,1		299	130			131,0	0,8		14,5	18,6	74
18.02.1987	11:00	WW			7,9		304	145			109,0	0,7		17,3	21,3	73
17.03.1987	10:00	WW			7,9		856				87,6	0,4		14,0	17,3	64
28.04.1987	11:00	WW			8,2		477	285			82,9	0,3		12,0	15,4	54
20.05.1987	11:30	WW			7,4		647	435			80,0	0,2		12,6	17,3	61
24.06.1987	10:00	WW			7,9		381	247			57,0	0,8				93
22.07.1987	10:15	WW			7,8		344	140			104,0	0,3		14,2	17,4	67
10.09.1987	10:30	WW			8,1		88	39			39,4	1,7				34
20.10.1987	10:00	WaBoLu					608	145	56	131						
13.10.1987	10:00	WW			7,8		291	150			91,5	0,8				62
09.11.1987	09:30	WW			7,8		265	120			103,4	2,1				60
09.12.1987	10:30	WW			8,1		248	140			124,9	0,9		8,1	9,7	51
11.01.1988	10:00	WaBoLu					301	97	86	47						
13.01.1988	10:00	WW			8,0		283	145			80,8	1,4		10,0	11,9	55
01.02.1988	10:00	WaBoLu			7,6	2230	482	147	110	77						
10.02.1988	09:30	WW			8,1		407	217			103,2	1,2		15,2	19,7	71
29.03.1988	11:00	WW					342	240			75,7	1,3		11,7	12,7	52
18.04.1988	10:00	WW			8,0		250	89			100,7	0,8		16,1	18,8	66
16.05.1988	10:00	WW			8,1		350	180			113,8	1,4		15,1	18,3	68
15.06.1988	10:00	WW			8,1		244	74			95,4	0,3		10,6	17,9	58
04.07.1988	10:00	WaBoLu	15,9		8,1	1710	179	72	229	47						
11.07.1988	10:30	WW			8,0		405	255			90,5	0,5		16,4	18,3	121
26.07.1988	10:00	WaBoLu	17,9			1780	219	69		64						
02.08.1988	10:30	WW			8,1		213	550			138,0	83,0		18,5	23,0	105
08.09.1988	11:00	WW			8,1		218	130			101,4	0,3		13,6	16,0	69
29.09.1988	10:00	WaBoLu	14,7			1470	183	37	107	46						

Anlage:

See

Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung / Zulauf Horizontalfilter (alt, HF 2)

Datum	Uhrzeit	Labor	T (°C)	Menge (m³/d)	pH-Wert	L _F	CSB (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Cl (mg/l)
04.10.1988	11:00	WW			8,3		385	235			140,3	1,1		16,0	18,4	109
07.11.1988	10:30	WW			8,0		237	121			102,1	1,2		12,4	14,6	63
14.12.1988	14:00	WaBoLu	8,2		7,5	1640	265	187	110	45						
15.12.1988	08:00	WaBoLu	5,6		7,9	1530	371	89	151	38						
23.01.1989	15:00	WaBoLu	6,5		8,0	1700	229	78	84	56						
24.01.1989	08:30	WaBoLu	5,5		8,0	1500	253	104	85	58						
21.02.1989	10:00	WW			8,0		432	200			66,9	0,5		9,5	10,8	54
21.03.1989	10:30	WW			8,0		182	69			118,0	0,3		11,7	16,2	63
19.04.1989	11:00	WW			8,1		257	103			142,0	1,0		14,1	16,5	66
22.05.1989	10:00	WaBoLu	17,2		8,6	1250	326	164	104	70						
23.05.1989	11:15	WW			8,2		444	319			70,8	1,1		7,8	13,5	126
19.06.1989	13:00	WW			8,2		349	175			111,0	0,4		15,5	18,7	80
24.07.1989	09:30	WW			8,0		322	135			62,2	0,4		7,3	12,7	49
31.07.1989	10:00	WaBoLu	17,2		8,0	1650	348	166	109	67						
14.09.1989	10:30	WW			7,5		353	195			99,4	0,5		13,7	16,5	76
26.09.1989	10:30	WaBoLu					709	420	234	38						
18.10.1989	11:30	WW			7,8		791	345			38,0	0,2		4,9	7,0	44
13.11.1989	10:00	WaBoLu	10,5		7,5	1490	473	231	122	29						
15.11.1989	10:30	WW			7,4		563	420			44,9	0,0		6,4	9,0	44
11.12.1989	09:00	WW			7,4		626	385			80,2	0,0		11,7	15,8	56
05.02.1990	12:00	WW			7,4		560	350			61,3	0,0		8,6	13,7	55
08.05.1990	10:00	WaBoLu	14,8		7,2	1350	431	216	14	58						
31.05.1990	11:30	WW			7,3		496	320			84,1	16,0		13,8	17,5	55
25.09.1990	11:00	WW			7,4		510	300			116,0	0,0		17,3	17,3	62
06.11.1990	10:00	WaBoLu	10,3		7,1	1500	361		181	64	75,2					
26.11.1990	09:30	WW			7,5		542	315			130,0	<0,2		15,6	18,6	71
11.12.1990	10:00	WaBoLu	5,3		7,4	1720	570	212	151	100		<0,2			16,6	

Anlage:

See

Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung / Zulauf Horizontalfilter (alt, HF 2)

Datum	Uhrzeit	Labor	T (°C)	Menge (m³/d)	pH-Wert	L _F	CSB (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Cl (mg/l)
30.01.1991	11:45	WW			7,8		828	500			97,7	<0,2				73
05.02.1991	10:00	WaBoLu			7,3		590	311	176	70						60
09.04.1991	10:00	WaBoLu	12,0			1570	640	343	187	53						
06.06.1991	09:00	WW			7,3		919	550			109,0	<0,2		15,5	22,9	72
18.06.1991	10:00	WaBoLu	15,3		7,2	1810	802	410	260	73					19,9	70
06.08.1991	10:00	WaBoLu	20,5		7,3	1850	588	374	165	81				19,5	19,6	60
06.08.1991	14:00	WaBoLu	22,5		7,2	1960	595	284	183	57				19	19,0	59
08.10.1991	10:00	WW			7,3		520	310			85,6	0,2			16,6	52
05.11.1991	10:00	WaBoLu	9,9		7,4	1900	560	212	151	51	92,0	1,8			17,7	
27.11.1991	14:45	WW			7,5		427	225			89,0			7,8	14,1	67
03.02.1992	10:30	WW			7,8			>710	250		93,5	<0,2			16,6	59
02.06.1992	11:30	WW			7,1			425	190		90,1	<0,2			18,8	74
02.09.1992	09:30	WW			7,5			210	190		100,0	<0,2			18,1	76
01.12.1992	09:00	WW			7,2			270	189		83,1	<0,2			15,7	61
28.04.1993	10:30	WW			7,3			330	200		86,9	<0,2				67
25.05.1993	10:00	WaBoLu	16,4		6,9	1750	916	399	271	63	78,0	1,5				
06.07.1993	10:00	WaBoLu	16,5		7,3	1740	654	263	165	38	101,4	1,2				
19.07.1993		WW						345	130		98,5				16,8	
03.08.1993	10:00	WaBoLu	17,9		7,1	1630	602	274	213	45	93,6	1,4		14,3	16,3	
06.10.1993		WW						225	120		74,5				8,1	
17.10.1993	10:00	WaBoLu	13,9		7,2	1660	369	123	90	38	85,0	0,4		12,4	18,2	
14.12.1993	10:00	WaBoLu	7,8		7,0	4070	701	123	218	50	76,4	<0,2		13,7	16,9	
08.03.1994		WW						324	250		87,5				15,6	
28.06.1994		WW						370	330		64,7				18,6	
26.09.1994		WW						170	130		23,2				14,0	

Anlage:

See

Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung / Zulauf Horizontalfilter (alt, HF 2)

Datum	Uhrzeit	Labor	T (°C)	Menge (m³/d)	pH-Wert	L _F	CSB (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Cl (mg/l)
09.03.1995		WWV						530	270		81,0					
05.07.1995		WWV						275	160		64,7				14,9	
26.10.1995		WWV						395	120		72,5				12,9	
30.04.1996	15:00	UBA			6,7	1700	808	420	240	32	86,8	0,7	0,03	13,4	18,1	97
04.09.1996	13:00	WWV														
10.10.1996	10:00	UBA			7,6	1710	475	246	79	13	94,7	1,2	<0,01	12,4	14,4	117
15.10.1996	10:00	WWV							110		90,4	<0,2	0,01		14,0	88
11.11.1996	09:15	UBA	12,2		7,5	1590	545	250	151	61	84,5	<0,20	<0,01	11,8	13,8	91
28.11.1996	09:15	UBA	11,5		7,2	1630	328	177	191	126	86,5	0,4	<0,01	13,2	14,6	112
28.11.1996	09:30	WWV							150		93,2	0,2			16,6	109
17.12.1996	10:00	WWV							150		85,7	<0,2		8,4	14,9	103
13.01.1997	09:30	WWV							192		84,9	<0,2		12,0	13,2	127
12.02.1997	13:00	WWV							219		85,8	0,3		8,5	12,2	96
04.03.1997	10:00	WWV							210		80,2	<0,2		8,2	13,6	112
06.03.1997	09:30	UBA	10,3		7,2	1600	436	233	159	66	84,3	1,1	0,06	9,8	12,1	130
24.03.1997	09:00	WWV							238		67,6	0,2		10,0	15,9	107
23.04.1997	09:00	WWV							170		72,3	<0,2		9,5	15,3	134
29.04.1997	10:00	UBA			7,0	1600	608	332	281	22	83,6	1,3	0,04	12,0	14,9	62
15.05.1997	10:30	WWV							296		65,3	<0,2		10,7	15,3	97
10.06.1997	10:00	WWV							170		90,9	<0,2		12,5	15,1	
24.07.1997	10:00	WWV							230		82,5	<0,2			17,3	77
20.08.1997	09:30	WWV							126		60,0	<0,2		9,5	12,6	81
21.10.1997	09:30	UBA			7,8	1570	463		183	20	80,9	0,9		10,4	11,2	114
08.04.1998	10:15	WWV							156		59,2	<0,2		7,6	12,3	106
20.10.1998	11:15	WWV						>72	198		76,1	<0,2	0,01	10,4	12,1	101
18.11.1998	09:00	WWV							160		82,1	<0,2			14,6	91

Anlage:

See

Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung / Zulauf Horizontalfilter (neu, HF 1)

Datum	Uhrzeit	Labor	T (°C)	Menge (m³/d)	pH-Wert	L _F	CSB (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Cl (mg/l)
14.06.1999		WWV			7,2	1350	332	88	90		61,3	<0,2	1	9,2	11,9	114
26.06.1999	06:00	EKo	15,1	6,17	7,4		431	260								
16.09.1999	07:00	EKo	18,1	10,80	7,4		430	417								
19.10.1999	10:30	WWV							130		68,3	<0,2	0,01		13,1	117
15.11.1999	11:30	EKo	10,0	33,23	7,6		520	327								
23.02.2000	15:00	EKo	8,6	4,32	7,4		520	333								
10.05.2000	09:30	EKo	15,4	43,20	7,4		800	>500								
27.06.2000	09:30	WWV							117		70,8	<0,2			16,9	108
21.08.2000	18:00	EKo	19,2	18,00	7,2		570	373								
04.09.2000	10:00	UBA	17,8		7,2	1358	483		149		70,3	0,9	0,02	10,7	12,0	
10.10.2000	10:00	UBA	17,1		7,4	1510	440		132	13	65,2	0,9	0,02	10,3	12,4	
15.11.2000	09:00	EKo	11,2	12,34	7,2		920	>500								
29.11.2000	10:00	WWV							97		68,3	<0,2			12,5	74
21.02.2001	10:30	WWV							140		65,3	<0,2			12,6	112
27.02.2001	10:00	UBA	5,6		7,8	1547	545		166	16	67,2	0,8	0,04	9,8	14,0	
05.03.2001	10:00	UBA	8,2		7,5	1454			140	15	67,6	1,0	0,06	10,4	11,7	
26.03.2001	10:30	UBA	9,1		7,7	1406			164	22	64,1	0,9	0,06	10,3	21,1	
03.04.2001	09:30	UBA	12,7		7,4	1489	505		186	17	65,6	0,9	0,05	10,7	12,4	
23.04.2001	10:00	UBA	11,9		7,6	1541			189		75	0,7	0,05	11,3	13,4	
07.05.2001	10:00	UBA	13,1		7,3	1435	486		135	18	62,5	0,8	0,04	11,4	14,5	
07.05.2001	15:15	UBA	13,4		7,5	1448	448		139	18						
08.05.2001	09:00	UBA	12,2		7,5	1498	457		142		69,5		0,03	11,4	13,4	
28.05.2001	10:15	EKo	15,7	30,86	7,1											
26.06.2001	10:00	UBA							134	8	73,1	1,3		12,1	12,1	
03.07.2001	11:00	WWV					>350	357			54,7	<0,2			16,4	84
04.07.2001	10:00	UBA					434		79	12	63,6	1,2		10,3	12,6	
16.07.2001	10:00	UBA					444		144	13	72,7	1,4	0,03	12,9	13,4	

Anlage:

See

Probenahmestelle: Ablauf Vorklärung / Zulauf Horizontalfilter (neu, HF 1)

Datum	Uhrzeit	Labor	T (°C)	Menge (m³/d)	pH-Wert	L _F	CSB (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Cl (mg/l)
17.07.2001	10:00	UBA	17,3		7,5	1424	459		159	11	73,4	1,2	0,03	12,8	14,2	
29.07.2001	16:30	EKo	23,4	5,76	7,3		740	335		16						
13.08.2001	10:00	UBA	19,1		7,4	1378	391		80		64,8	0,9	0,03	12,2	13,0	
11.09.2001	10:00	UBA	15,6		7,9	1490	295		49	11	76,6		0,02	9,6	10,6	
08.10.2001	10:15	UBA	16,1		7,5	1497	430		144	14	58,1	0,9	0,09	10,0	11,7	
09.10.2001	07:00	EKo	14,9		7,2		620	373								
16.10.2001	10:15	UBA	15,4		7,4	1614	386		104		61,2	0,9	0,09	11,1	12,6	
23.10.2001	11:30	WWV														
12.11.2001	09:30	UBA	11,2		7,8	1530	788		277	8,7	67,9	1,0	0,09	13,9	15,7	
26.11.2001	10:00	UBA	9,4		7,3		480		167		63,4	0,7	0,09	10,9	12,6	

Anlage:

See

Probenahmestelle:

Ablauf Horizontalfilter (neu, HF 1)

Datum	Uhrzeit	Labor	T (°C)	Menge (m³/d)	pH-Wert	L _F	CSB (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Cl (mg/l)
14.06.1999		WWV			7,5	1190	41,0		15,0		34,50	19,70	0,37	0,06	0,84	104
16.09.1999																
19.10.1999	10:30	WWV					42,0	7	14,0		56,30	14,80	0,17		7,44	111
15.11.1999	11:30															
23.02.2000	15:00	EKo					129,0				8,10	4,20			9,2	
10.05.2000	09:30	EKo														
27.06.2000	09:30	WWV					38,0	3	13,0		36,70	24,70	0,80		7,24	109
21.08.2000	18:00	EKo														
04.09.2000	10:00	UBA	15,9		7,2	1312	26,7	<5	10,6		26,70	35,70	1,35	8,81	8,81	
10.10.2000	10:00	UBA	17,3		7,3	1260	28,6	<5	8,4	13	24,30	36,80	0,93	7,83	7,83	
15.11.2000	09:00	EKo														
29.11.2000	10:00	WWV					25,0	2	9,1		18,60	45,70	0,76	7,57	7,57	108
21.02.2001	10:30	WWV					29,0	3	10,0		18,30	42,10	0,85	7,50	7,50	110
27.02.2001	10:00	UBA	2,7		7,6	1181	26,5	<5	9,1	11	16,40	46,00	0,49	7,18	7,18	
05.03.2001	10:00	UBA	3,1		7,3	1185			9,1	10	22,34	38,00	0,67	6,67	6,67	
26.03.2001	10:30	UBA	5,8		7,5	827	31,3	<5	10,7	12	20,94	15,21	0,62	7,83	7,83	
03.04.2001	09:30	UBA	8,2		7,5	1107	36,1		11,2	13	27,34	23,27	0,85	7,01	7,01	
23.04.2001	10:00	UBA	7,3		7,5	936			8,4	12	11,72	35,25	0,49	7,18	7,18	
07.05.2001	10:00	UBA	7,3		7,3	1113	35,7		9,5		15,00	43,09	0,52	7,83	7,83	
07.05.2001	15:15	UBA	7,3		7,3	1125	26,4		9,3							
08.05.2001	09:00	UBA	9,8		7,4	1116	29,6		9,4		14,84	43,09	0,50	7,99	7,99	
28.05.2001	10:15	EKo					31,0	5			7,72	34,40		8,00	8,00	
26.06.2001	10:00	UBA							11,0	12	12,81	43,32				
03.07.2001	11:00	WWV					25,0	1	10,0		13,50	39,00	0,44	8,28	8,28	111
04.07.2001	10:00	UBA					30,3	<5	8,4	12	17,50	44,24		9,13	9,13	
16.07.2001	10:00	UBA					29,4		8,3	12	18,13	40,32	0,33	8,97	8,97	
17.07.2001	10:00	UBA	14,3		7,3	1130	24,0		8,5	11	15,47	41,47	0,33	8,97	8,97	

Anlage:

See

Probenahmestelle: Ablauf Horizontalfilter (neu, HF 1)

Datum	Uhrzeit	Labor	T (°C)	Menge (m³/d)	pH-Wert	L _F	CSB (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ P (mg/l)	PO ₄ P (mg/l)	Cl (mg/l)
29.07.2001	16:30	EKo	18,6	8,50	7,3		30,0	6			3,26	>22,6		9,10	9,10	
13.08.2001	10:00	UBA	16,3		7,3	1299	25,5		7,7	15	18,28	46,31	0,72	8,81	8,81	
11.09.2001	10:00	UBA	13,4		7,4	1200	23,5		5,0		15,00	40,32	0,12	8,14	8,14	
08.10.2001	10:15	UBA	13,4		7,4	1428	51,8		17,3		13,11	41,34	0,60	8,81	8,81	
09.10.2001	07:00	EKo														
16.10.2001	10:15	UBA	13,4		7,3	1310	29,8		11,5		19,11		0,45	9,95	9,95	
23.10.2001	11:30	WW					24,0	1			15,00	40,70	0,2	8,31	8,31	124,0
12.11.2001	09:30	UBA	7,5		7,3	1320	31,1		7,3		26,10	26,70	0,30	9,46	9,46	
26.11.2001	10:00	UBA	5,8		7,3		58,3		18,3		40,56	8,14	1,50	9,30	9,30	

Anlage:

See

Probenahmestelle: Ablauf Horizontalfilter (alt, HF 2)

Datum	Uhrzeit	Labor	T (°C)	Menge (m³/d)	pH-Wert	Lf	CSB (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	CI (mg/l)
22.02.1985		WWV	0,5		7,2	1165	106	45			56,3	0,8			0,30	85
26.03.1985	10:40	WWV	2,5		7,2	780	71	21			40,2	0,9			0,30	56
10.05.1985		WWV									45,3	0,1			0,20	70
02.10.1985	14:00	WWV					38	2			35,4	5,5			0,10	88
19.11.1985	09:30	WWV		0,86	7,2		27	1			25,3	4,2			0,00	102
03.12.1985	11:00	WWV			6,9		31	1			28,4	4,6			0,10	99
17.12.1985		WWV			7,0		41	1			39,2	2,0			0,00	86
15.01.1986	10:00	WWV	1,0	0,20	7,2		102				48,9	0,4			0,20	73
28.01.1986	11:00	WWV	0,5	0,06	7,1		55	9			52,0	0,2			0,30	52
12.02.1986	10:00	WWV	0,0	0,04	7,1		73	21			69,0	5,7			0,30	76
26.02.1986	11:00	WWV	0,0	0,03	7,1		90	26			73,0	0,4			0,40	88
11.03.1986	12:00	WWV	1,0	0,04	7,0		110	42			70,0	0,8			1,00	128
26.03.1986	11:00	WWV	2,5	0,07	7,5		88	34			53,0	1,3			0,50	49
23.04.1986	12:00	WWV	7,5	0,04	7,2		83	23			57,3	11,0			0,30	74
26.05.1986	10:00	WWV	14,0	0,04	7,4		74	11			60,0	5,6			0,50	55
23.06.1986	09:00	WWV	16,0	0,03	7,6		43	4			49,0	17,1			0,10	46
29.07.1986	10:00	WWV	15,0	0,04	7,3		44	3			46,4	19,0			0,10	87
02.09.1986	11:00	WWV	12,0	0,03	7,3		45	2			54,8	27,0			0,40	80
13.10.1986	09:00	WWV	10,0	0,03	7,0		41	1			52,7	15,7			0,10	84
12.11.1986	10:00	WWV	6,0	0,03	7,2		28	1			42,3	11,9			0,03	72
09.12.1986	10:00	WWV	5,0	0,03	7,4		28	1			46,8	15,3			0,10	89
19.01.1987	10:00	WWV	0,5	0,04	7,4		33	2			63,0	9,5			0,10	65
18.02.1987	11:00	WWV	1,5	0,03	7,4		60				60,6	2,0			0,80	61
17.03.1987	10:00	WWV	0,5	0,03	7,4		60	9			70,2	1,9			0,30	68
28.04.1987	11:00	WWV	7,0	0,05	7,5		66	10			61,7	8,7		0,10	0,40	64

Anlage:

See

Probenahmestelle:

Ablauf Horizontalfilter (alt, HF 2)

Datum	Uhrzeit	Labor	T (°C)	Menge (m³/d)	pH-Wert	Lf	CSB (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	CI (mg/l)
20.05.1987	11:30	WWV	9,0	0,04	7,4		61	9			52,0	9,1		0,02	0,50	56
24.06.1987	10:00	WWV	11,0	0,10	7,2		47	6			36,0	18,7				39
22.07.1987	10:15	WWV	14,0	0,08	7,1		42	3			27,0	10,4				48
10.09.1987	10:30	WWV	14,0	0,06	7,0		35	2			37,5	38,1				77
13.10.1987	10:00	WWV	11,5	0,05	7,0		30	1			27,2	22,1				77
20.10.1987	10:00	WaBoLu					35	5	11	19						
09.11.1987	09:30	WWV	6,0	0,05	7,1		30	1			35,3	20,3			0,10	81
09.12.1987	10:30	WWV	2,0	0,03	7,2		26	1			46,5	27,7		0,01	0,10	71
11.01.1988	10:00	WaBoLu					35	5	13	23						
13.01.1988	10:00	WWV	2,5	0,06	7,1		38	2			40,8	23,1		0,10	0,30	65
01.02.1988	10:00	WaBoLu	2,1		7,2	1130	40	5	15	24						
10.02.1988	09:30	WWV	2,5	0,10	7,2		41	3			52,6	15,8		0,70	0,90	55
29.03.1988	11:00	WWV	1,8	0,20	7,2		38	3			37,9	2,6		1,90	2,10	22
18.04.1988	10:00	WWV	7,5	0,06	7,2		40	1			46,8	14,9		0,90	1,30	54
16.05.1988	10:00	WWV	13,0	0,03	7,6		40	1			46,6	23,7		0,10	0,30	60
15.06.1988	10:00	WWV	16,0		7,1		52	1			21,5	15,1		0,03	0,60	43
04.07.1988	10:00	WaBoLu	14,6		7,2	1300	36	5		25						
11.07.1988	10:30	WWV	15,0	0,01	7,2		49	1			34,8	5,8			0,20	29
26.07.1988	10:00	WaBoLu	15,8			1250	43	5		20						
02.08.1988	10:30	WWV	15,5	0,01	7,5		37	1			26,8	18,0		0,02	0,20	66
08.09.1988	11:00	WWV	13,5	0,01	7,1		29	1			31,1	17,0		0,10	0,40	85
29.09.1988	10:00	WaBoLu	12,3			1360	31	5		15						
04.10.1988	11:00	WWV	12,2	0,01	7,1		27	1			38,1	19,2			0,30	79
07.11.1988	10:30	WWV	6,0	0,02	7,2		23	1			35,0	14,1		0,02	0,51	72
14.12.1988	14:00	WaBoLu	3,4		7,2	910	26	5	7	22						
15.12.1988	08:00	WaBoLu	2,2		7,0	910	25	5	7	21						

Anlage:

See

Probenahmestelle: Ablauf Horizontalfilter (alt)

Datum	Uhrzeit	Labor	T (°C)	Menge (m³/d)	pH-Wert	Lf	CSB (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Cl (mg/l)
23.01.1989	15:00	WaBoLu	2,1		7,1	1200	30	5	7	16						
24.01.1989	08:30	WaBoLu	1,8		7,1	1250	36	5	7	18						
21.02.1989	10:00	WW	3,5	0,04	7,2		37	4			58,7	6,2		0,50	1,20	56
21.03.1989	10:30	WW	4,0	0,02	7,4		35	1			71,2	11,4		0,10	1,30	64
19.04.1989	11:00	WW	7,0	0,01	7,5		36	2			64,0	10,7		0,10	1,10	62
22.05.1989	10:00	WaBoLu			7,4	1170	43	5	15	25						
23.05.1989	11:15	WW	7,0	0,01	7,5		37	1			45,7	11,6		0,10	1,00	52
19.06.1989	13:00	WW	15,0	0,01	7,5		35	1			48,4	17,3		0,04	0,40	36
24.07.1989	09:30	WW	16,0	0,06	7,1		36	1			26,2	14,9		0,40	0,80	45
31.07.1989	10:00	WaBoLu	15,0		7,2	1270	34	5	12	24						
14.09.1989	10:30	WW	13,0	0,02	7,1		17	1			24,0	18,3		0,20	0,70	72
26.09.1989	10:30	WaBoLu					27	5	10	23						
18.10.1989	11:30	WW	10,0	0,01	7,3		22	1			19,8	2,7		0,03		62
13.11.1989	10:00	WaBoLu	5,9		7	830	19	5	9	23						
15.11.1989	10:30	WW	5,0	0,02	7,1		26	1			23,5	5,1		0,40	0,90	62
11.12.1989	09:00	WW	1,0	0,01	7,3		111	>20			67,7	0,1		0,20	1,20	67
05.02.1990	12:00	WW	3,5	0,04	7,3		55	6			55,4	3,2		0,03	1,70	58
08.05.1989	10:00	WaBoLu	13,2		7,3	1030	48	5	15	31						
31.05.1990	11:30	WW	14,0	0,01	7,5		38	1			39,8	5,2		0,51	0,80	51
25.09.1990	11:00	WW	11,0	0,02	7,1		28	2			19,0	18,9		0,50	0,50	89
06.11.1990	10:00	WaBoLu	6,4		6,9	980	24	5	7	24	14,4					
11.12.1990	09:30	WaBoLu	2,1		7,2	1030	15	5	9	20	27,2	2,8			0,80	62
26.11.1990	10:00	WW	0,0	0,01	7,6		26	1			20,3	9,7	0,10	1,51	1,59	61
30.01.1991	11:45	WW	1,0	0,05	7,8		252	>145			80,8	0,2	0,01		7,46	75
05.02.1991	10:00	WaBoLu			7,1		145	62	62	39						78
09.04.1991	10:00	WaBoLu	9,0			1320	50	8	27	39	71,5	3,1				50

Anlage:

See

Probenahmestelle: Ablauf Horizontalfilter (alt)

Datum	Uhrzeit	Labor	T (°C)	Menge (m³/d)	pH-Wert	Lf	CSB (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ -P (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Cl (mg/l)
06.06.1991	09:00	WWV	10,0	0,02	7,4		41	11			54,5	1,8	0,02	0,42	0,82	58
18.06.1991	10:00	WaBoLu	12,2		7,1	1000	47	5	17	35	45,2	9,8			0,60	50
06.08.1991	10:00	WaBoLu	18,0		7,1	1180	30	5	15	47	42,5	0,2		0,1	0,50	55
06.08.1991	14:00	WaBoLu	18,4		7,1	1290	41	5	13	43	41,2	0,7		0,1	0,50	53
08.10.1991	10:00	WWV	12,0	0,01	7,2		24	1			16,2	5,0	0,02		0,53	86
05.11.1991	10:00	WaBoLu	6,5		7,1	1080	21	5	8	23					0,70	87
27.11.1991	14:45	WWV	5,0	0,04	7,3		19	1			15,7	13,3			0,70	67
03.02.1992	10:30	WWV	1,0	0,08	7,3		40	3	14		44,9	9,7	0,30		0,72	73
02.06.1992	11:30	WWV	12,0	0,07	7,5		42	2	16		57,0	1,8	0,01		0,70	64
02.09.1992	09:30	WWV	14,0	0,10	7,1		25	1	11		13,3	17,1	0,01		0,59	93
01.12.1992	09:00	WWV	6,0	0,04	7,5		24	1	9		18,5	19,8	0,08		2,07	60
28.04.1993	10:30	WWV	10,0	0,02	7,2		25	1	55		28,9	14,6	0,08		3,30	61
25.05.1993	10:00	WaBoLu	13,3		7,3	1030	24	5	12		25,0	8,1				
06.07.1993	10:00	WaBoLu	13,9		7,1	860	17	5	12	28	11,7	10,1				
19.07.1993		WWV					27	2			14,5	0,6	0,03		0,61	
03.08.1993	10:00	WaBoLu	14,5		6,8	890	<15	<5	10	21	6,2	1,0			2,00	
06.10.1993		WWV					21	1			2,1	15,5	0,08		1,71	
17.10.1993	10:00	WaBoLu	11,5		7,1	1130	<15	<5	9	26	3,1	23,2		1,5	1,5	
14.12.1993	10:00	WaBoLu	2,5		7,1	1480	68	<5	34	42	33,3	13,2			0,8	
08.03.1994		WWV		0,04			50	8			55,1	8,8	0,21		4,68	
28.06.1994		WWV		0,07			33	1			10,2	1,0	0,03		1,32	
26.09.1994		WWV		0,03			28				7,8	9,9	0,20		1,00	
09.03.1995		WWV		0,05			31	4			49,0	7,5	0,30		2,98	
05.07.1995		WWV		0,09			36	3			51,7	3,3			0,96	
26.10.1995		WWV		0,03			32	2			56,1	15,8	0,08		1,27	
30.04.1996	15:00	WaBoLu			7,4	1350	65	10	20	18	51,7	14,8	0,19	1,01	2,77	83

Anlage:

See

Probenahmestelle: Ablauf Horizontalfilter (alt)

Datum	Uhrzeit	Labor	T (°C)	Menge (m³/d)	pH-Wert	Lf	CSB (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ P (mg/l)	PO ₄ P (mg/l)	CI (mg/l)
04.09.1996	13:00	WW	12,5	0,06	7,2		32	2	14		56,3	4,1	0,40		2,28	104
10.10.1996	10:00	WaBoLu			7,5	1400	26	8	13	12	50,8	5	0,04	<0,30	2,48	115
15.10.1996	10:00	WW	10,0	0,09	7,2		35	2	10		58,9	6,5	0,40		2,73	107
11.11.1996	09:15	WaBoLu	8,0		7,6	1380	49	5	14	37	55,3	6,2	0,04	2,25	3,55	92
28.11.1996	09:15	WaBoLu	5,7		7,2	1360	47	6	12	12	55,0	8,7	0,17	1,50	3,94	100
28.11.1996	09:30	WW	5,0	0,20	7,2		41	9	14		58,3	7,7	0,20		4,31	95
17.12.1996	10:00	WW		0,16	7,3		60	14	17		60,2	5,8	1,00	2,10	5,58	93
13.01.1997	09:30	WW		0,12	7,5		135	<21	46		75,2	<0,2	0,05	5,39	5,75	110
12.02.1997	13:00	WW		1,80	7,8		201	<77	65		50,1	<0,2	0,01	4,77	8,04	70
04.03.1997	10:00	WW	4,0	0,36	7,4		113	32	39		58,5	1,1	1,10	3,00	6,50	92
06.03.1997	09:30	UBA	4,7		7,3	1300	93	24	34	22	58,4	0,7	0,37	4,43	7,26	88,00
24.03.1997	09:00	WW		0,20	7,4		57	8	17		50,2	2,6	0,60	2,02	4,58	85
23.04.1997	09:00	WW		0,14	7,0		34	1	11		46,3	8,2	0,20	0,54	3,12	94
29.04.1997	10:00	UBA			7,3	1180	47	<5	37	14	28,8	4,6	0,04	3,00	4,37	46
15.05.1997	10:30	WW	12,5	0,07	7,2		35	1	12		53,5	2,1	0,02	0,41	2,30	93
10.06.1997	10:00	WW		0,10			31		12		56,8	1,4	0,18	0,05	1,66	91
24.07.1997	10:00	WW		0,02	7,2		33	2	12		53,3	2,6	0,02		1,92	85
20.08.1997	09:30	WW		0,07	7,2		34	3	13		55,1	3,6	0,03	0,02	3,28	106
21.10.1997	09:30	UBA			7,5	1350	27		37	12	61,8	6,1		<0,30	2,07	97
08.04.1998	10:15	WW	6,0	0,14	6,5		85	15	32		53,8	3,2	0,50	1,10	4,48	104
20.10.1998	11:15	WW		0,15			44	9	17		42,2	2,2	0,34	2,10	5,86	83
18.11.1998	09:00	WW		0,22	7,4		97	>15	33		46,4	1,5	0,17		7,71	81

Anlage:

See

Probenahmestelle:

Ablauf Horizontalfilter (neu, HF 2)

Datum	Uhrzeit	Labor	T (°C)	Menge (m³/d)	pH-Wert	Lf	CSB (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ P (mg/l)	PO ₄ P (mg/l)	Cl (mg/l)
14.06.1999		WWV			7,5	1050	32	2	12		36,7	2,6	0,10	1,38	2,55	67
26.06.1999	06:00	EKo	12,2	1,52	7,2		92	10			12,3	4,8			<0,3	
16.09.1999	07:00	EKo	16,8	1,52	7,3		38	9			12,1	2,1			<0,3	
19.10.1999	10:30	WWV		0,06	6,4		19	1	7		9,9	1,5	0,04		1,13	95
15.11.1999	11:30	EKo	5,2	1,39	7,2		38	1			6,9	4,6			0,40	
23.02.2000	15:00	EKo	2,4	2,88	7,3		71	1			12,2	6,9			<0,3	
10.05.2000	09:30	EKo	11,4	2,34	7,3		45	4			10,8	9,4			1,50	
27.06.2000	09:30	WWV		0,04	7,4		29	1	10		32,6	1,0	0,04		1,25	99
21.08.2000	18:00	EKo	15,6	0,69	7,0		41	7			11,3	1,7			<0,3	
04.09.2000	10:00	UBA	15,0		7,2	1280	30	<5	11		23,2	1,2	0,015		1,73	
10.10.2000	10:00	UBA	17,2		7,2	1060	19	<5	7,8	17	10,6	5,1	0,024	1,17	1,3	
15.11.2000	09:00	EKo	7,5	1,23	7,2		34	4			15,9	10,1		1,30	1,30	
29.11.2000	10:00	WWV		0,03	7,1		18	1	8		25,6	10,0	0,03	1,73	1,73	108
21.02.2001	10:30	WWV		0,27	7,2		36	5	12		29,7	8,8	0,20	6,17	6,17	101
27.02.2001	10:00	UBA	0,9		7,5	1254		<5	14,6	16	45,2	4,2	0,91	6,52	6,52	
05.03.2001	10:00	UBA	0,7		7,6	1200			29,6	16	48,5	1,9	0,09	9,95	9,95	
26.03.2001	10:30	UBA	4,7		7,6	887	48,1	<5	16,3	18	31,3	1,7	0,21	9,45	9,45	
03.04.2001	09:30	UBA	6,9		7,5	1052	36,1		9,9	14	34,4	5,4	0,31	5,06	5,06	
23.04.2001	10:00	UBA	10,5		7,7	1032			12,5	15	38,7	3,4	0,06	6,03	6,03	
07.05.2001	10:00	UBA	11,3		7,9	1179	41,2		14,7	16	44,5	6,1	0,15	6,20	6,20	
07.05.2001	15:15	UBA	12,8		8,1	1178	41,8		14,5							
08.05.2001	09:00	UBA	10,6		7,7	1192	29,6		13,2		45,3	5,8	0,15	6,20	6,20	
28.05.2001	10:15	EKo	14,7	2,16	7,5		40,0	7			10,3	1,3		2,40	2,40	
26.06.2001	10:00	UBA							12,9	12	37,9	4,9		1,27	1,27	
03.07.2001	11:00	WWV		0,05	7,0		30,0	1	11		24,6	3,6	0,32	1,27	1,27	102
04.07.2001	10:00	UBA					36,1	<5	11,7	15	32,8	5,6		1,24	1,24	

Anlage:

See

Probenahmestelle: Ablauf Horizontalfilter (neu, HF 2)

Datum	Uhrzeit	Labor	T (°C)	Menge (m³/d)	pH-Wert	Lf	CSB (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)	TOC (mg/l)	AOX (µg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	o-PO ₄ P (mg/l)	PO ₄ P (mg/l)	Cl (mg/l)
16.07.2001	10:00	UBA					36,1		10,5	25	15,6	14,1	0,21	2,12	2,12	
17.07.2001	10:00	UBA	14,3		7,6	1013	22,9		10,0	18	20,3	7,1	0,21	2,28	2,28	
29.07.2001	16:30	EKo	21,7	0,48	7,7		34,0	6			4,4			0,65	0,65	
13.08.2001	10:00	UBA	15,2		7,5	1270	26,4		9,2	13	24,5	3,9	0,20	0,71	0,71	
11.09.2001	10:00	UBA	10,7		7,9	1020	24,0		4,7	8,3	7,0	9,2	0,23	1,23	1,23	
08.10.2001	10:15	UBA	13,2		7,5	1163	21,6		8,0	15	15,1	1,7	0,02	0,68	0,68	
09.10.2001	07:00	EKo	11,9				23,6	2			20,2	1,4			0,34	
16.10.2001	10:15	UBA	13,0		7,5	1212	17,7		6,8		18,6	3,6	0,43	0,55	0,55	
23.10.2001	11:30	WWV			7,2		17,0	1			17,6	20,9	0,35	0,40	0,40	105
12.11.2001	09:30	UBA	7,2		7,5	988	30,0		4,4	12	7,2	0,5	0,19	1,00	1,00	
26.11.2001	10:00	UBA	5,3		7,4		21,2		5,5		4,9	15,8	0,44	1,73	1,73	

ANHANG 4

Ergänzende Abbildungen – Anlagen Wiedersberg, Ettenbüttel und See

Inhaltsverzeichnis

1 Bewachsener Bodenfilter Wiedersberg

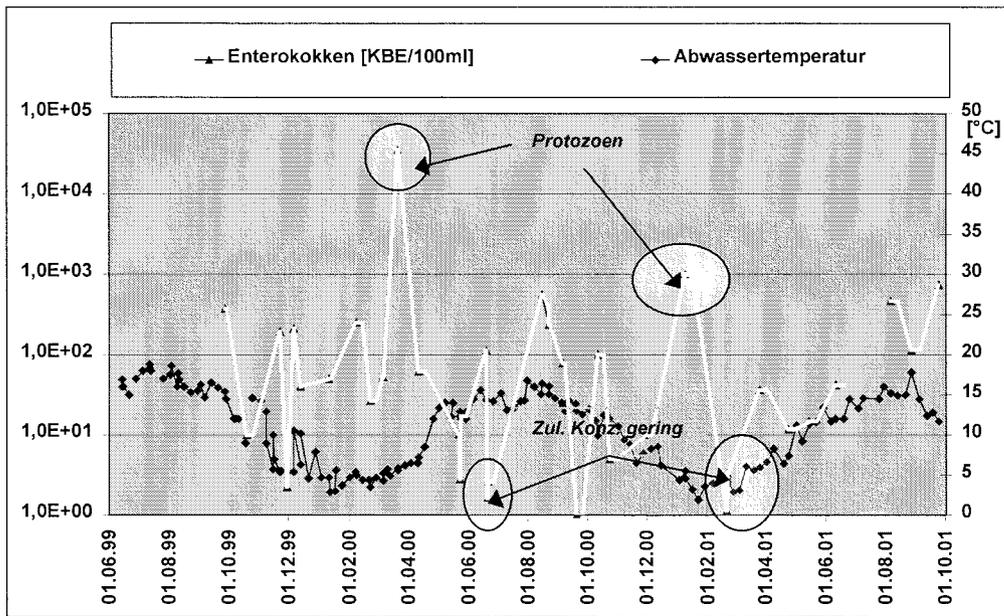
Anhang 4, Abb. 5.1.15: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter, Anlage Wiedersberg	7
Anhang 4, Abb. 5.2.16: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter, Anlage Wiedersberg	7
Anhang 4, Abb. 5.2.17: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter, Anlage Wiedersberg	8
Anhang 4, Abb. 5.2.18: Elimination von Clostridien im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter, Anlage Wiedersberg	8
Anhang 4, Abb. 5.2.19: Elimination von <i>E. coli</i> im Vergleich zur Abwassertemperatur, Horizontalfilter, Anlage Wiedersberg	9
Anhang 4, Abb. 5.2.20: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur Abwassertemperatur, Horizontalfilter, Anlage Wiedersberg	9
Anhang 4, Abb. 5.2.21: Elimination von <i>E. coli</i> im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Horizontalfilter, Anlage Wiedersberg	10
Anhang 4, Abb. 5.2.22: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Horizontalfilter, Anlage Wiedersberg	10

2 Bewachsener Bodenfilter Ettenbüttel

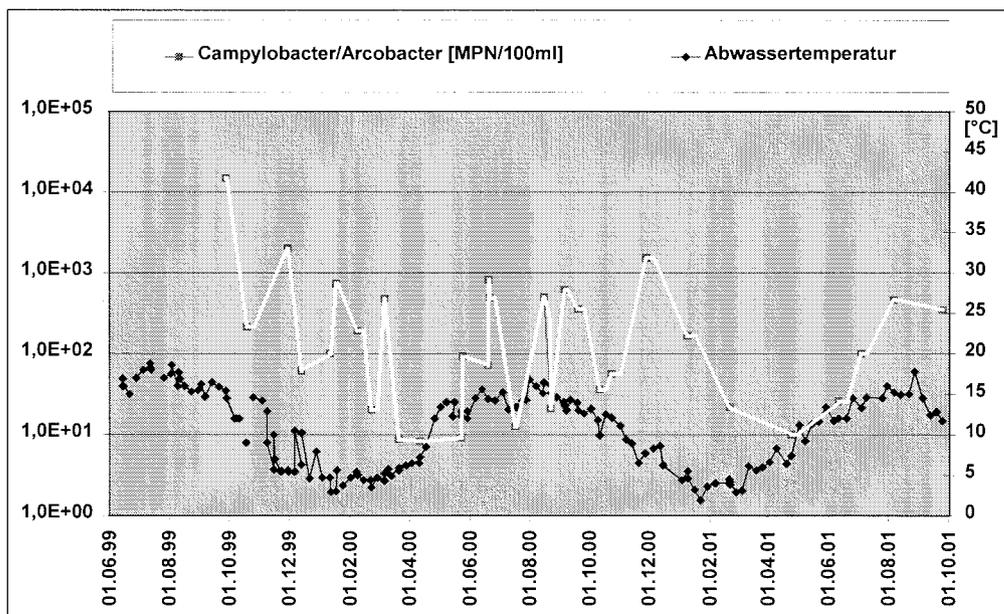
Anhang 4, Abb. 5.3.14: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur Zulaufkonzentration, Vertikalfilter 1, Anlage Ettenbüttel	13
Anhang 4, Abb. 5.3.15: Konzentrationen von Clostridien in Abläufen Vorklärung, Vertikalfilter 1 und Vertikalfilter 2, Anlage Ettenbüttel	13
Anhang 4, Abb. 5.3.16: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter 1, Anlage Ettenbüttel	14
Anhang 4, Abb. 5.3.17: Elimination von Clostridien im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter 1, Anlage Ettenbüttel	14

Anhang 4, Abb. 5.3.18: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter 1, Anlage Ettenbüttel	15
Anhang 4, Abb. 5.3.19: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter 1, Anlage Ettenbüttel	15
Anhang 4, Abb. 5.3.20: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter 2, Anlage Ettenbüttel	16
Anhang 4, Abb. 5.3.21: Elimination von <i>E. coli</i> im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter 2, Anlage Ettenbüttel	16
Anhang 4, Abb. 5.3.22: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter 2, Anlage Ettenbüttel	17
3 Bewachsener Bodenfilter See	
Anhang 4, Abb. 5.4.11: Konzentration von Enterokokken in Abläufen der Vorklärung, Horizontalfilter 1 und Horizontalfilter 2, Anlage See	21
Anhang 4, Abb. 5.4.12: Konzentration von Campylobacter/Arcobacter in Abläufen Vorklärung, Horizontalfilter 1 und Horizontalfilter 2, Anlage See	21
Anhang 4, Abb. 5.4.13: Konzentrationen von Clostridien in Abläufen Vorklärung, Horizontalfilter 1 und Horizontalfilter 2, Anlage See	22
Anhang 4, Abb. 5.4.14: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur Abwassertemperatur, Horizontalfilter 1, Anlage See	22
Anhang 4, Abb. 5.4.15: Elimination von Clostridien im Vergleich zur Abwassertemperatur, Horizontalfilter 1, Anlage See	23
Anhang 4, Abb. 5.4.16: Elimination von <i>E. coli</i> im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Horizontalfilter 1, Anlage See	23
Anhang 4, Abb. 5.4.17: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Horizontalfilter 1, Anlage See	24
Anhang 4, Abb. 5.4.18: Elimination von Clostridien im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Horizontalfilter 1, Anlage See	24

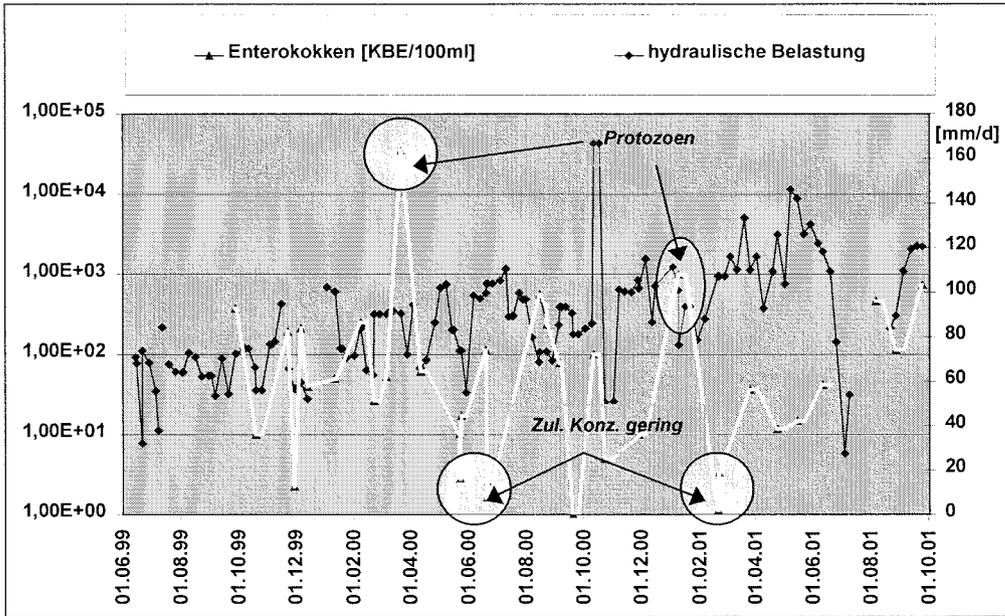
1 Bewachsener Bodenfilter Wiedersberg



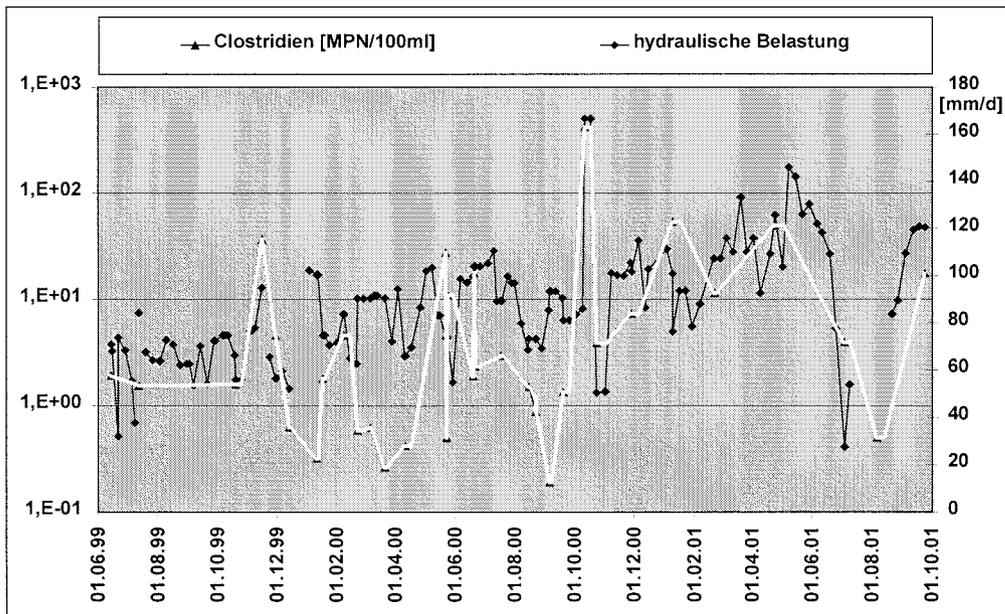
Anhang 4, Abb. 5.1.15: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter, Anlage Wiedersberg



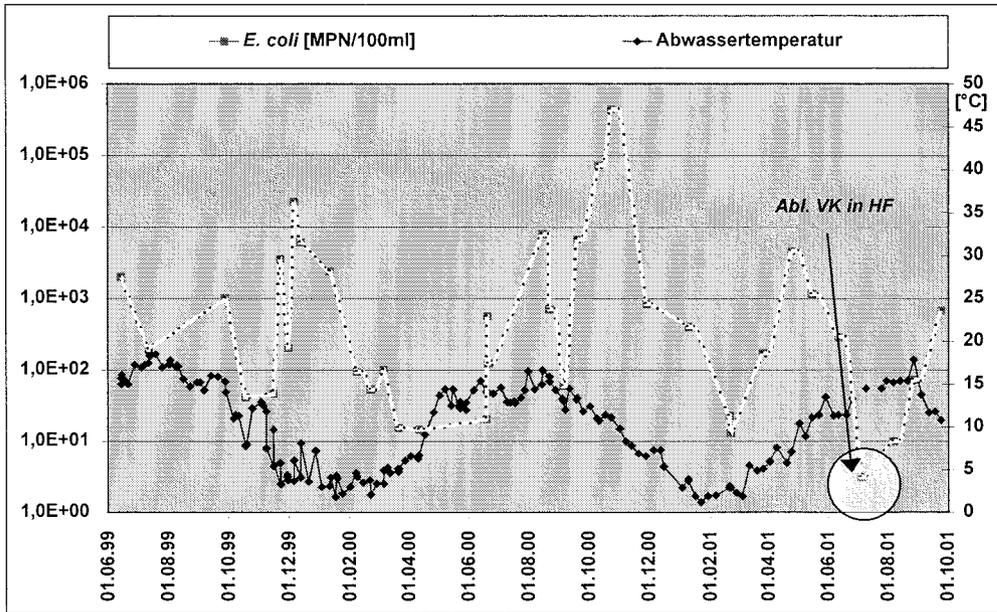
Anhang 4, Abb. 5.2.16: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter, Anlage Wiedersberg



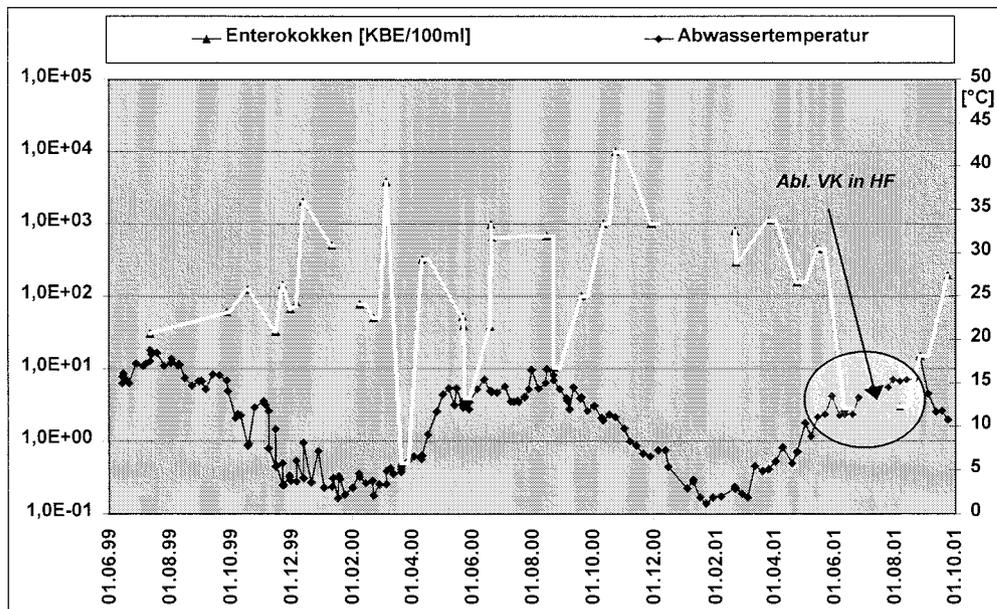
Anhang 4, Abb. 5.2.17: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter, Anlage Wiedersberg



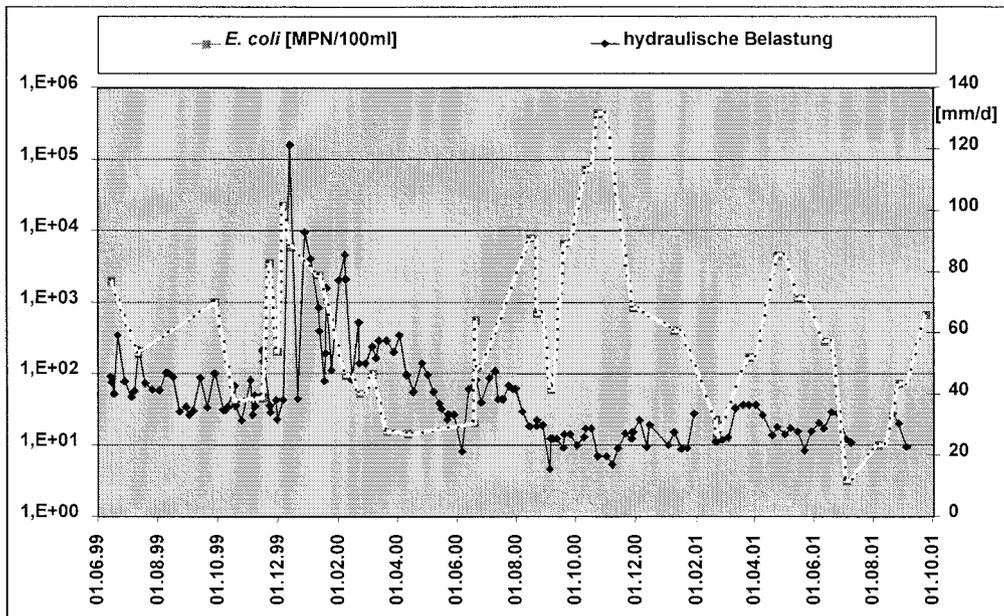
Anhang 4, Abb. 5.2.18: Elimination von Clostridien im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter, Anlage Wiedersberg



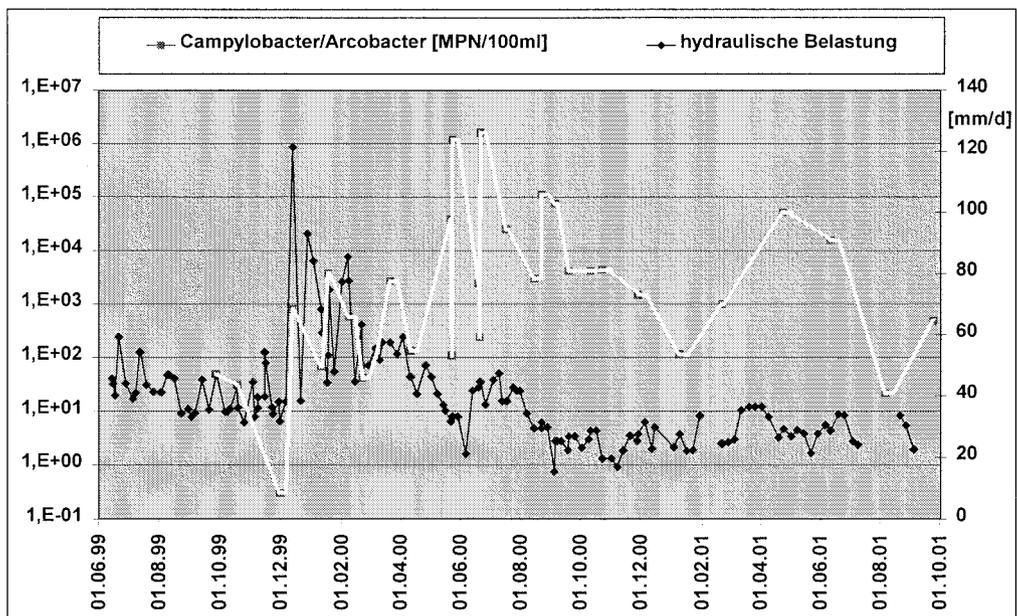
Anhang 4, Abb. 5.2.19: Elimination von *E. coli* im Vergleich zur Abwassertemperatur, Horizontalfilter, Anlage Wiedersberg



Anhang 4, Abb. 5.2.20: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur Abwassertemperatur, Horizontalfilter, Anlage Wiedersberg

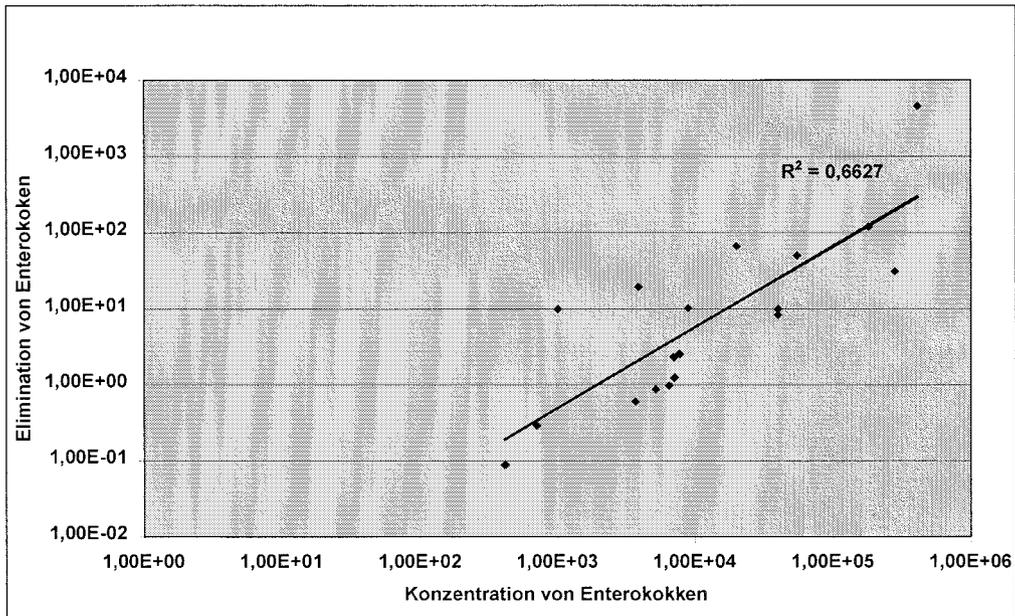


Anhang 4, Abb. 5.2.21: Elimination von *E. coli* im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Horizontalfilter, Anlage Wiedersberg

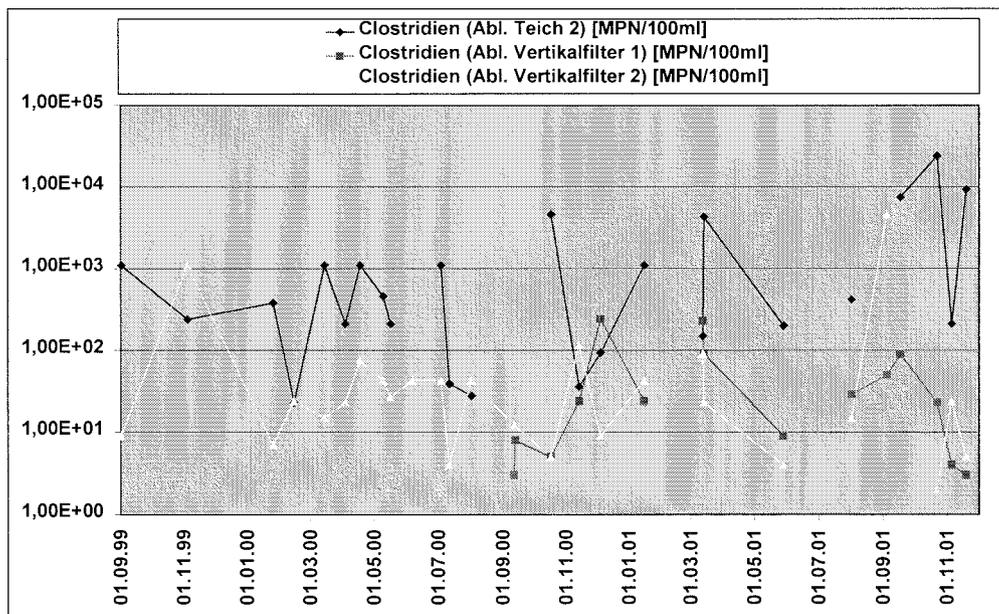


Anhang 4, Abb. 5.2.22: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Horizontalfilter, Anlage Wiedersberg

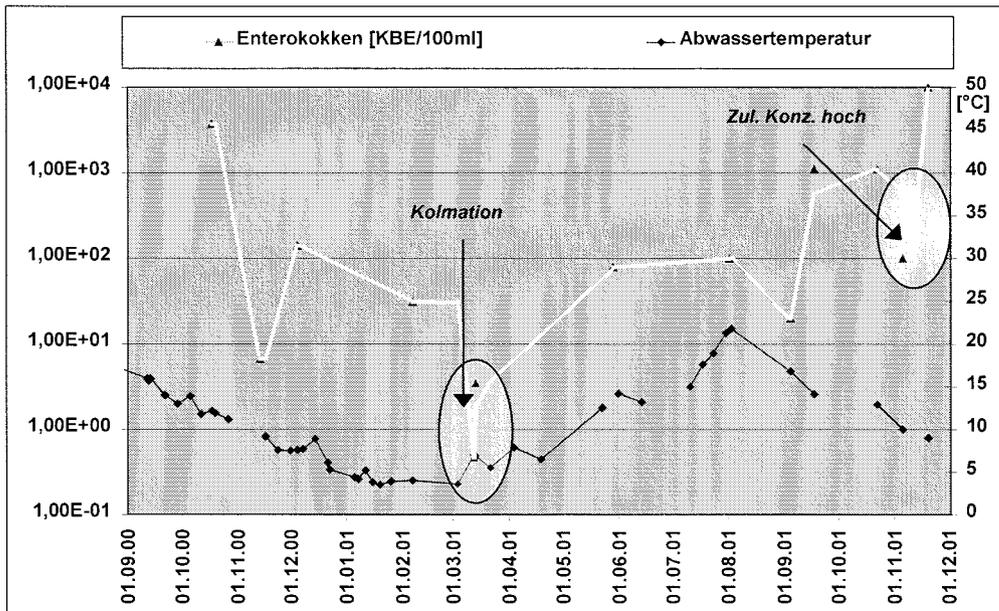
2 Bewachsener Bodenfilter Ettenbüttel



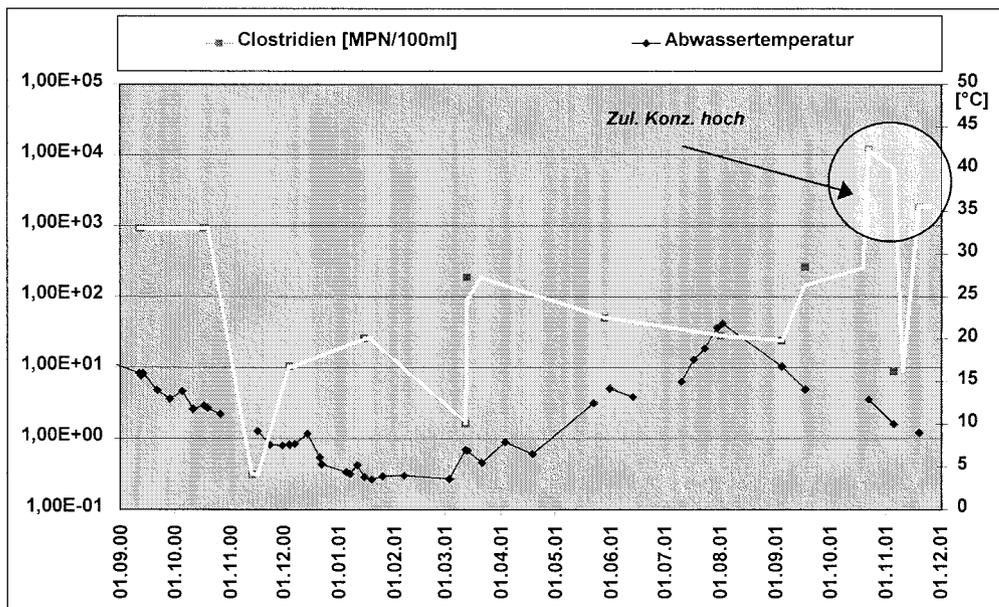
Anhang 4, Abb. 5.3.14: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur Zulaufkonzentration, Vertikalfilter 1, Anlage Ettenbüttel



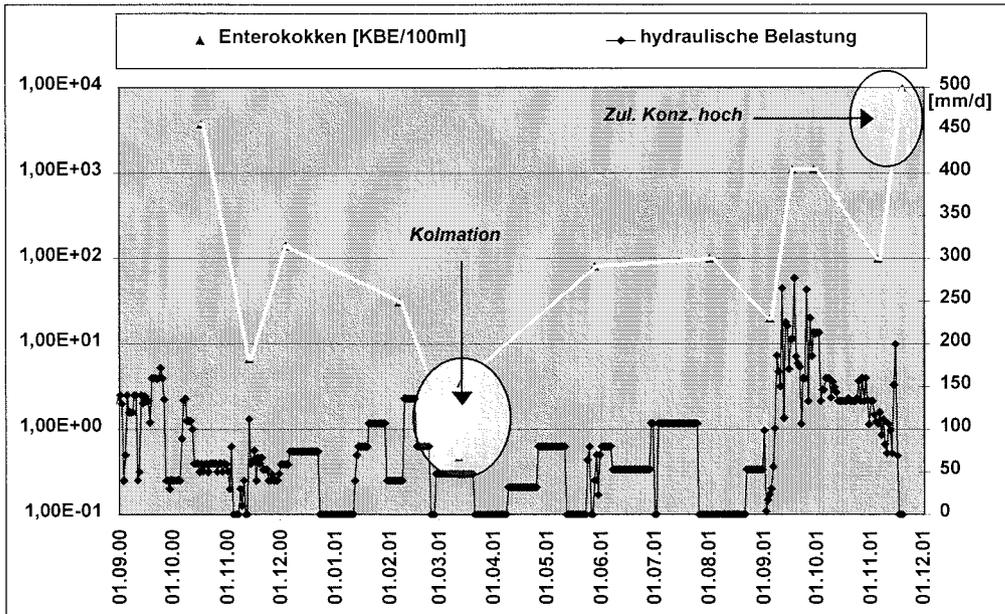
Anhang 4, Abb. 5.3.15: Konzentrationen von Clostridien in Abläufen Vorklä rung, Vertikalfilter 1 und Vertikalfilter 2, Anlage Ettenbüttel



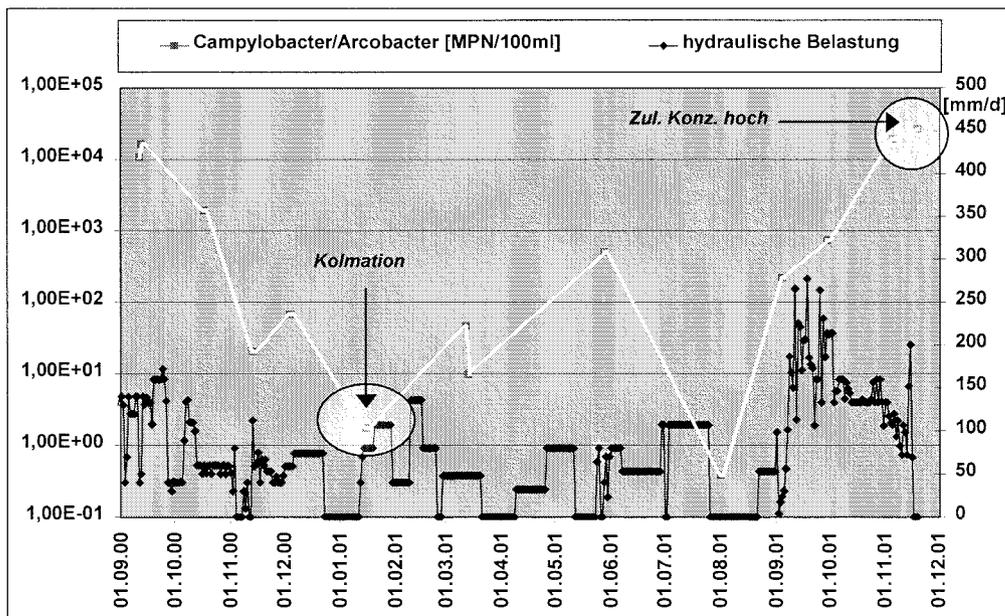
Anhang 4, Abb. 5.3.16: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter 1, Anlage Ettenbüttel



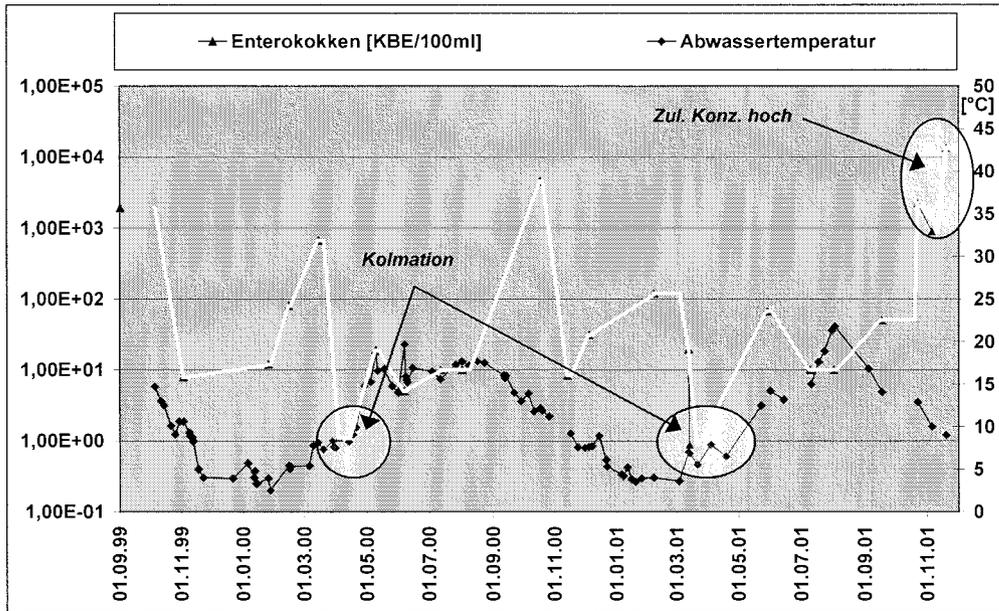
Anhang 4, Abb. 5.3.17: Elimination von Clostridien im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter 1, Anlage Ettenbüttel



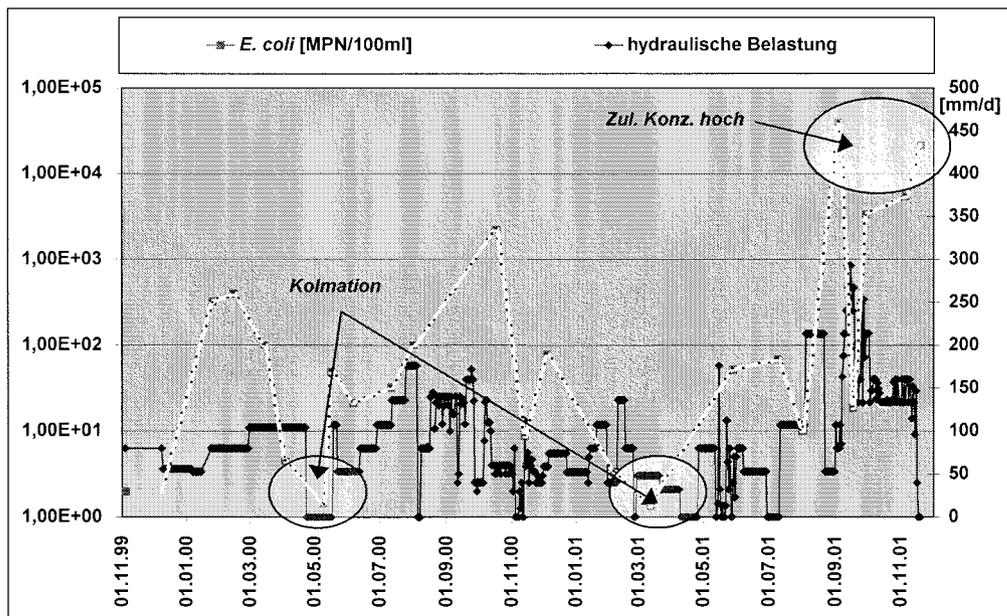
Anhang 4, Abb. 5.3.18: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter 1, Anlage Ettenbüttel



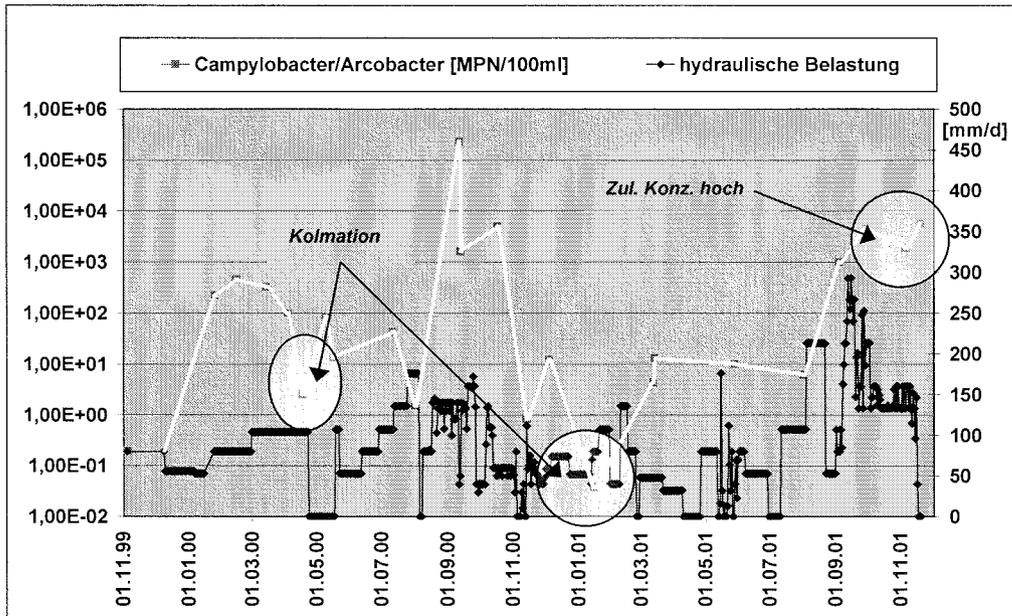
Anhang 4, Abb. 5.3.19: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter 1, Anlage Ettenbüttel



Anhang 4, Abb. 5.3.20: Elimination von Enterokokken im Vergleich zur Abwassertemperatur, Vertikalfilter 2, Anlage Ettenbüttel

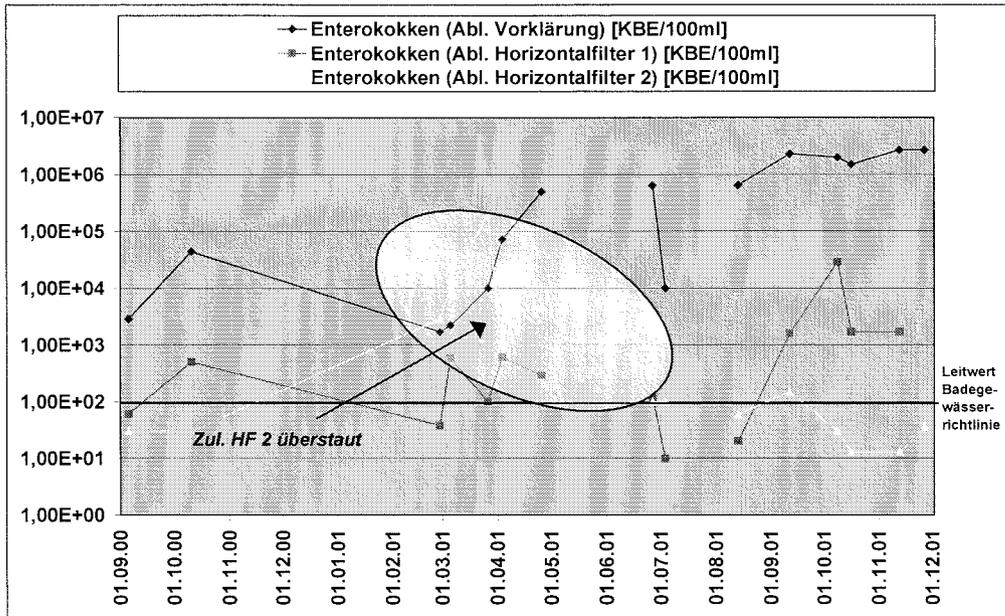


Anhang 4, Abb. 5.3.21: Elimination von *E. coli* im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter 2, Anlage Ettenbüttel

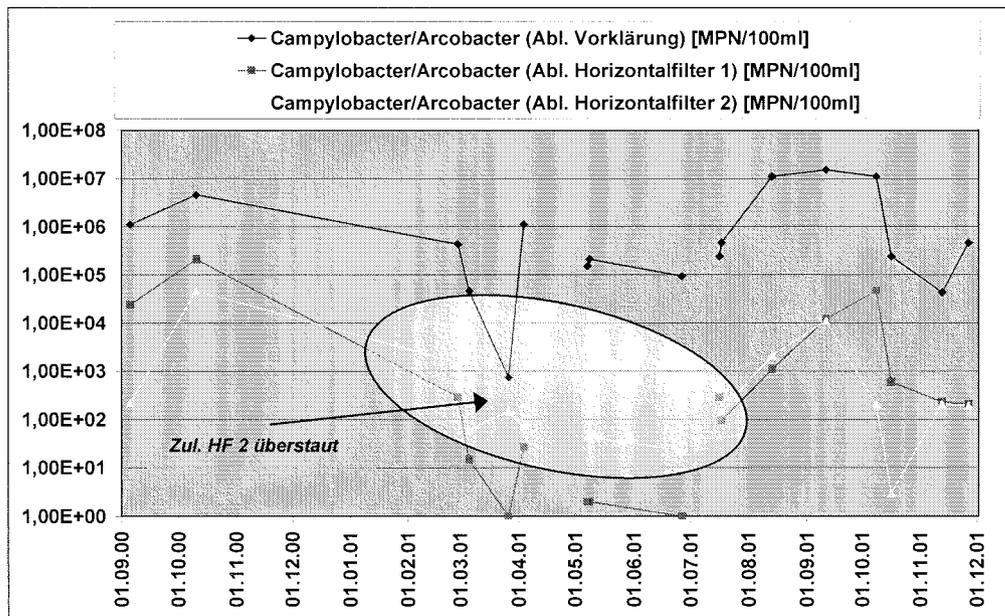


Anhang 4, Abb. 5.3.22: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Vertikalfilter 2, Anlage Ettenbüttel

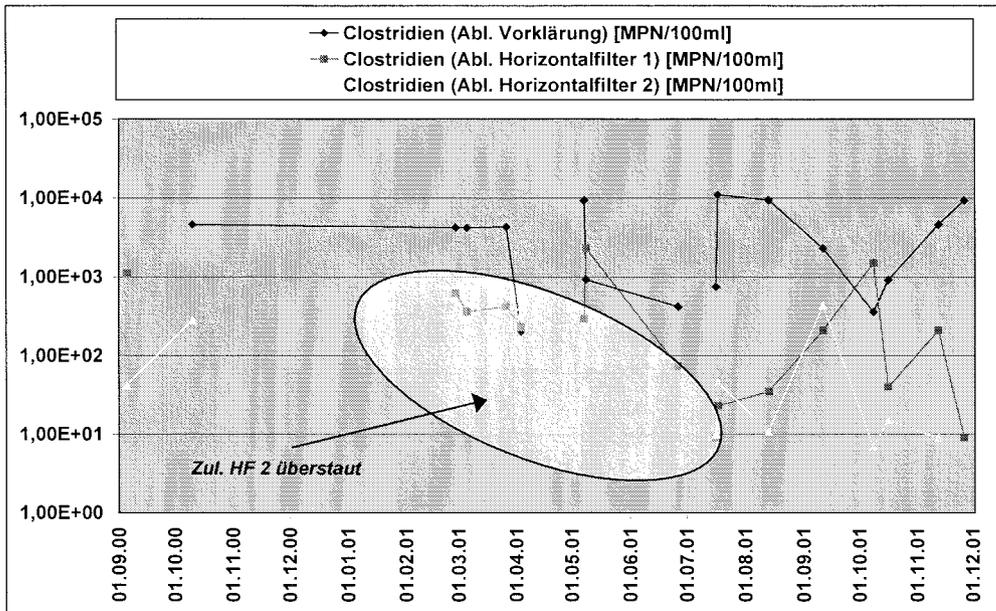
3 Bewachsener Bodenfilter See



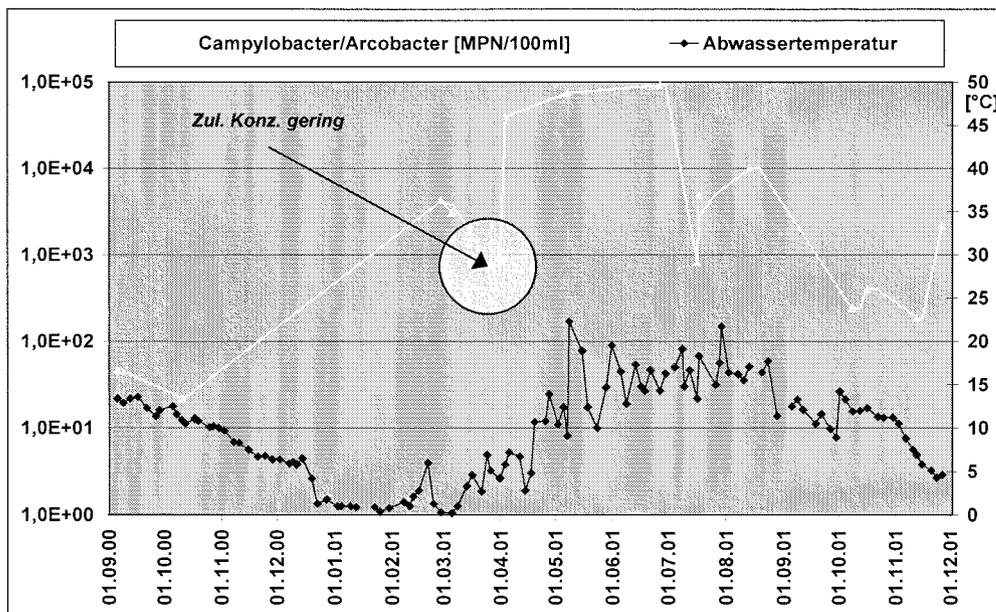
Anhang 4, Abb. 5.4.11: Konzentration von Enterokokken in Abläufen der Vorklärung, Horizontalfilter 1 und Horizontalfilter 2, Anlage See



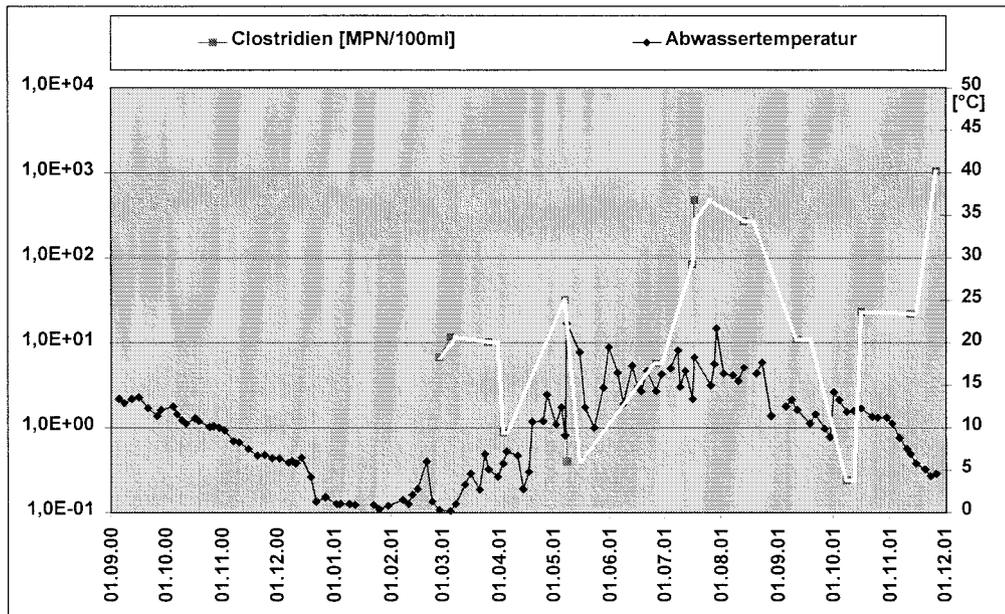
Anhang 4, Abb. 5.4.12: Konzentration von Campylobacter/Arcobacter in Abläufen Vorklärung, Horizontalfilter 1 und Horizontalfilter 2, Anlage See



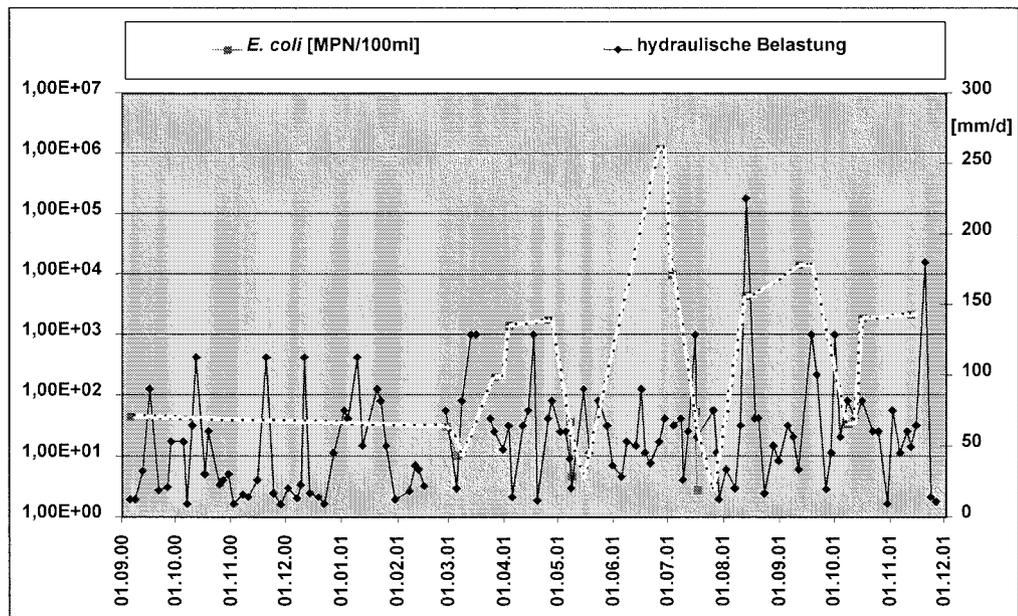
Anhang 4, Abb. 5.4.13: Konzentrationen von Clostridien in Abläufen Vorklärung, Horizontalfilter 1 und Horizontalfilter 2, Anlage See



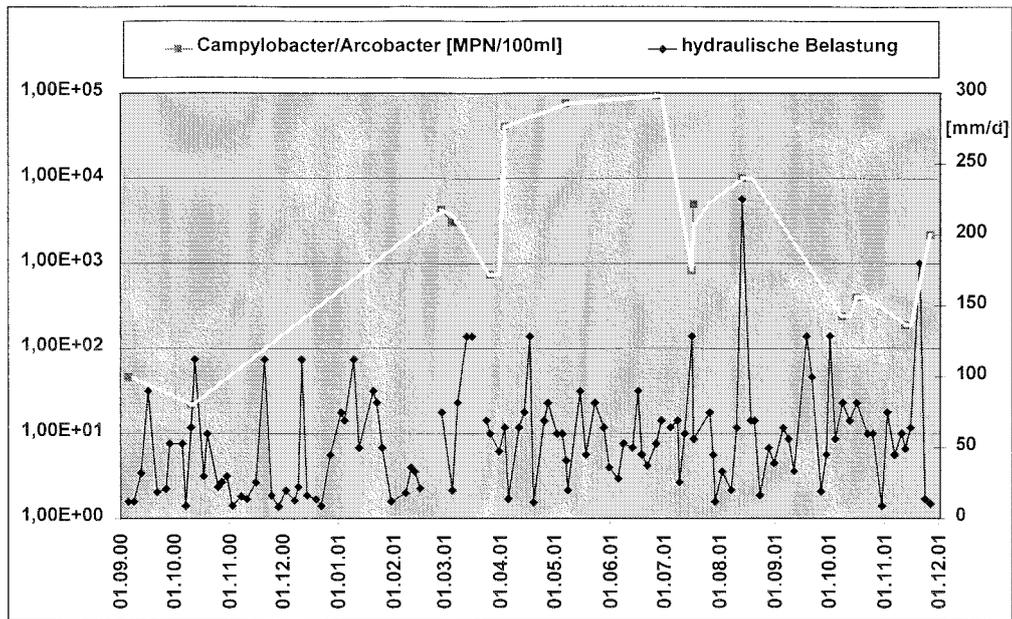
Anhang 4, Abb. 5.4.14: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur Abwassertemperatur, Horizontalfilter 1, Anlage See



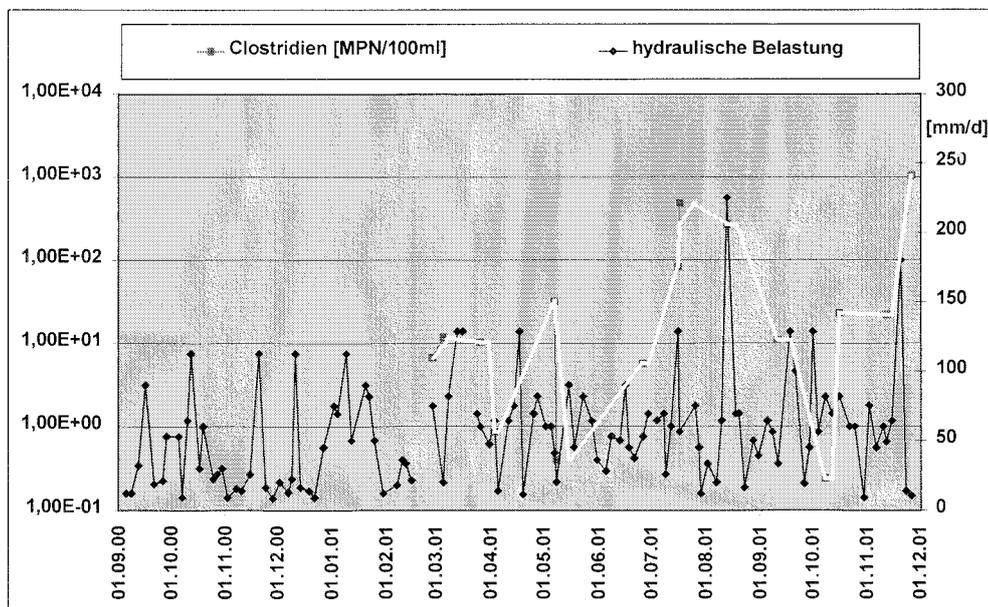
Anhang 4, Abb. 5.4.15: Elimination von Clostridien im Vergleich zur Abwassertemperatur, Horizontalfilter 1, Anlage See



Anhang 4, Abb. 5.4.16: Elimination von *E. coli* im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Horizontalfilter 1, Anlage See



Anhang 4, Abb. 5.4.17: Elimination von Campylobacter/Arcobacter im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Horizontalfilter 1, Anlage See



Anhang 4, Abb. 5.4.18: Elimination von Clostridien im Vergleich zur hydraulischen Belastung, Horizontalfilter 1, Anlage See