

Untersuchungen zur mikrobiellen Belastung von Siedlungsabwässern

Dipl.-Biol. Christoph Koch, Dr. med. Thomas Kistemann M.A., Dipl.-Geogr. Friederike Dangendorf,
Dr. rer. nat. Regine Fischeder, Prof. Dr. med. Martin Exner
Hygiene - Institut der Universität Bonn
Sigmund Freud - Straße 25
53105 Bonn

1 Einleitung: Problemstellung und Auftrag

Der hygienisch-mikrobiologischen Qualität des Wassers für den menschlichen Gebrauch wird hinsichtlich der möglichen Gefahren für die menschliche Gesundheit die größte Bedeutung beigemessen. Über die möglichen Eintragspfade seuchenhygienisch relevanter Mikroorganismen in Oberflächengewässer sowie deren Verhalten im Fließgewässer lagen bislang jedoch kaum Kenntnisse vor.

Vor diesem Hintergrund beauftragte das Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen unter Beteiligung der Arbeitsgemeinschaft Trinkwassertalsperren e.V. das Hygiene-Institut der Universität Bonn u.a. mit der Untersuchung der mikrobiellen Belastung von Siedlungsabwässern im Einzugsgebiet von Talsperren.

Ein wesentliches Ziel bestand dabei darin, über die quantitative Ermittlung des Vorkommens von Bakterien und Parasiten in Siedlungsabwässern neue Erkenntnisse über die Höhe der Einträge, sowie über eventuelle Zusammenhänge zwischen den einzelnen mikrobiellen und chemischen Belastungsparametern zu gewinnen.

2 Untersuchungsmethoden

Die wichtigsten Betriebsparameter der untersuchten Kläranlagen sind in Tab. 1 zusammengestellt.

Tab.1: Eckdaten der untersuchten Kläranlagen

	Kläranlage 1	Kläranlage 2
Baujahr	1991 - 1994 erweitert und saniert	1982
Kapazität (EGW)	35.000	3.000
Derzeit angeschlossene EGW	28.000	2.100
Ausstattung	Feinsieb- und Sandfanganlage, belüfteter Sandfang mit integriertem Fettfang, Vorklärung, Belebung mit Phosphatfällung, Nachklärbecken	Doppelter automatischer Rechen, belüfteter Sandfang mit Fettfang, Belebung, Nachklärbecken
Art des zuzubehandelnden Abwassers	häusliche Abwässer, in geringem Umfang klein- und mittelständische Betriebe	häusliche Abwässer

Alle Wasserproben wurden chemisch, bakteriologisch und parasitologisch untersucht. Neben den Indikatorbakterien *E. coli*, Coliforme, Fäkalstreptokokken und sulfitreduzierende anaerobe Sporenbildner (Clostridien) wurden Salmonellen, *Campylobacter*, Yersinien und *E. coli* O157:H7 untersucht, die erst in den letzten Jahren als trinkwasserübertragene Krankheitserreger erkannt wurden. Von zentralem Interesse war außerdem die Frage der Belastung der Siedlungsabwässer in den Dauerstadien der Darmparasiten *Cryptosporidium* sp. und *Giardia lamblia*, die als Erreger schwerer Durchfallerkrankungen bekannt sind.

Die Analyse der physikalisch-chemischen Parameter pH, Trübung, Färbung, Nitrat, Nitrit, Ammonium, Borat und Phosphatverbindungen erfolgte nach den entsprechenden DIN-Verfahren.

Die Bestimmung der Koloniezahl erfolgte nach Trinkwasserverordnung vom 5.12.1990, *E. coli*, Coliforme und Fäkalstreptokokken nach dem MPN-Verfahren der EG-Badegewässerrichtlinie 76/160/EWG. Ein Screening auf *E. coli* O157:H7 erfolgte mittels Nachweis-Kits diverser Hersteller. *Yersinia* sp. wurde über Membranfiltration nach SCHULZE (1996) nachgewiesen, Clostridien nach Mineral- und Tafelwasser-Verordnung vom 1.8.1984. Nur qualitativ wurden *Salmonella* sp. in Anlehnung an ISO 6579 vom 1.9.1993 (Flüssiganreicherung) und *Campylobacter* sp. mittels Flüssiganreicherung bestimmt.

Die parasitologischen Untersuchungen erfolgten in Anlehnung an das bei HSMO 1989 beschriebene Verfahren: Filtration von 500 Litern Probevolumen über 1µm-Wickelfilter, Elution des Filters, Konzentration mittels Zentrifuge und Saccharose-Flotation, Immunfluoreszenz-Mikroskopie.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in folgender Tabelle zusammengefasst. Im Zeitraum vom 6.1.1997 bis 20.1.1998 wurden im Ablauf der Kläranlage 2 26 und im Ablauf der Kläranlage 1 insgesamt 12 Proben genommen. In Klammern sind jeweils die Median-Werte dargestellt.

Tab.2: Ergebnisse der Analysen

	Trübung (FAU)	pH	Nitrat (mg/l)	Nitrit (mg/l)	Ammonium (mg/l)	Phosphat (mg/l)	Gesamthosphor (mg/l)	Borat (mg/l)	Koloniezahl 20° (KBE/ml)	Koloniezahl 37° (KBE/ml)
Kläranlage 1	1,2 - 7,2 (3,4)	6,9 - 7,4 (7,2)	2,1 - 24,2 (7,15)	0,15 - 0,86 (0,3)	0,45 - 24,3 (3,85)	0,3 - 7,2 (1,05)	0,1 - 1,8 (0,58)	0,4 - 1,9 (1,19)	5.000 - 35.000 (9.500)	5.000 - 83.000 (12.000)
Kläranlage 2	0,7 - 6,1 (2,05)	6,3 - 7,3 (7,00)	3,0 - 7,5 (13,15)	0,04 - 1,8 (0,30)	0,2 - 3,5 (0,65)	5,8 - 20 (9,50)	0,69 - 8,3 (4,00)	0,36 - 2,4 (1,16)	1.300 - 41.000 (12.100)	485 - 81.120 (8727)

	<i>E. coli</i> (MPN/100ml)	Coliforme (MPN/100ml)	<i>Yersinia</i> sp. (MPN/100ml)	Fäkalstreptokokken (KBE/100ml)	Diplosterion (KBE/100ml)	<i>Salmonella</i> sp.	<i>Campylobacter</i>	<i>Cryptosporidium</i> sp. (Oocysten/10l)	<i>Giardia lamblia</i> (Cysten/100l)
Kläranlage 1	4.600 - 460.000 (110.000)	7.500 - 1.500.000 (240.000)	n.n.	160 - 220.000 (21.000)	0 - 7.000 (700)	6x nachgewiesen	11x nachgewiesen	0 - 9,5 (1,35)	6,2 - 97 (37,6)
Kläranlage 2	930 - 150.000 (43.000)	2.400 - 1.100.000 (110.000)	0 - 60.000 (0)	613 - 77.000 (8.600)	0 - 3.100 (170)	8x nachgewiesen	19x nachgewiesen	0 - 4,7 (0,5)	1 - 148,5 (60,9)

4 Diskussion

Wie bereits bei Calderon et al. (1991) beschrieben, konnte auch im vorliegenden Forschungsprojekt gezeigt werden, daß Abwassereinleitungen einen erheblichen Anteil der Belastung der Oberflächengewässer mit humanpathogenen Bakterien verursachen können. Zumindest für die Fäkalbakterien ist aber ein längeres Überleben oder eine Vermehrung im Fließgewässer aufgrund der niedrigeren Temperaturen und des geringeren Nährstoffangebots kaum möglich (Popp 1993). Darüber hinaus kommt es im Gewässer zu einer Verdünnung der eingeleiteten Bakterien.

Bei einem mittleren Verhältnis des Abflusses der Kläranlage 2 zu dem ihres Vorfluters von 1:174 liegen die Median-Werte der verschiedenen quantitativ untersuchten Bakterien- bzw. Keimzahlen im Vorfluter immer mindestens eine log-Stufe niedriger (Abb.1). Zwar liegt beispielsweise der Median-Wert der Coliformen im Vorfluter zwar mit 5×10^3 KBE / 100 ml etwas über dem EG-Grenzwert für Badegewässer (Abb.1, Gewässer3). Da die Mediane anderer untersuchter Fließgewässer sich aber mit $1,1 \times 10^3$ bzw. $2,4 \times 10^3$ in der gleichen Größenordnung bewegen, obwohl es dort keine Kläranlageneinleitungen gibt, ist der Einfluß der Kläranlage 2 auf ihren Vorfluter in bakteriologischer Hinsicht als eher gering einzustufen.

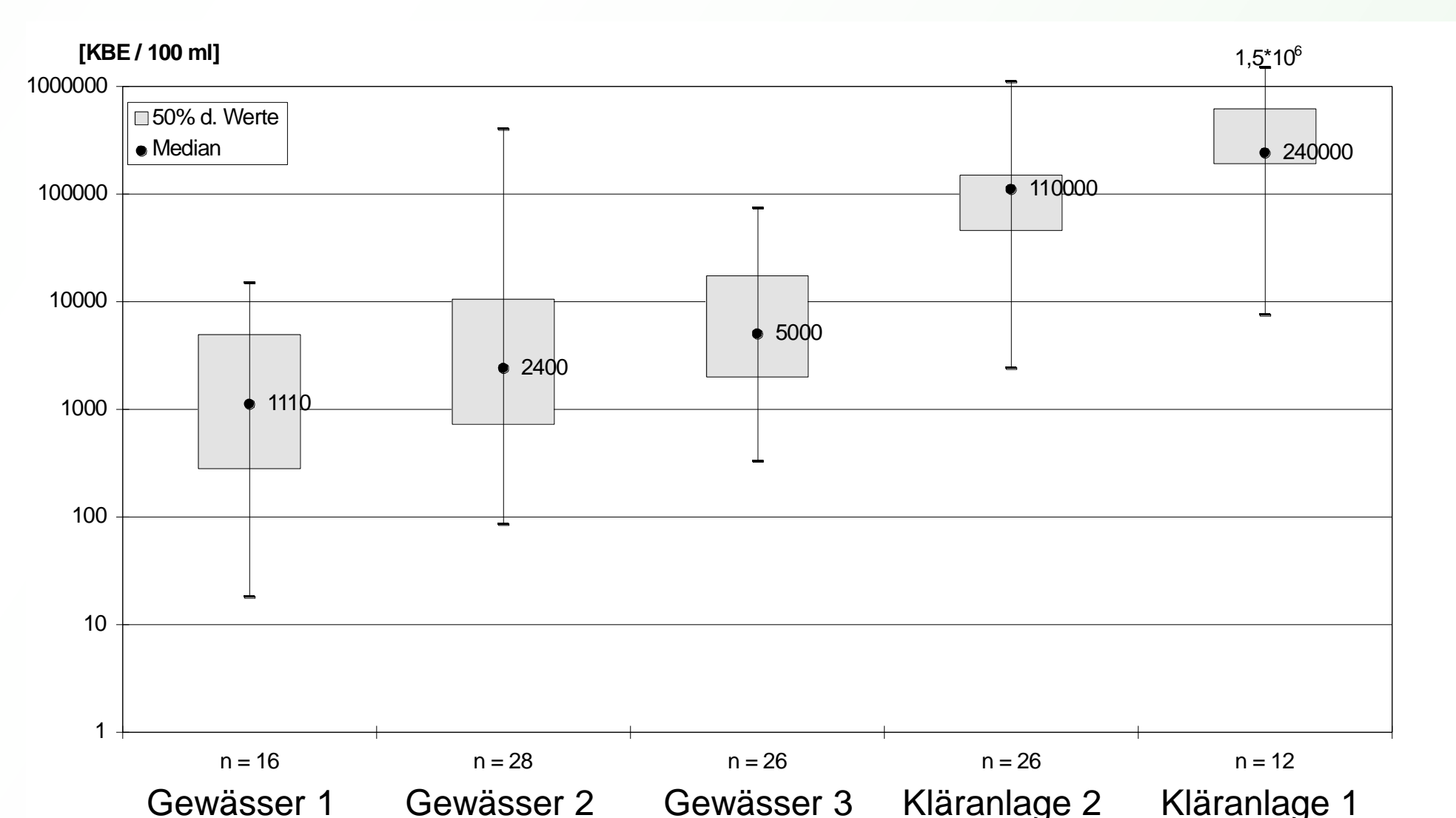


Abb.1: Vergleich der Belastung dreier Fließgewässer und der untersuchten Kläranlagen mit Coliformen

Bei der Betrachtung der parasitologischen Untersuchungen der Kläranlagen fällt auf, daß nur unregelmäßig und niedrige *Cryptosporidium* sp.-Konzentrationen gemessen wurden, dafür aber nahezu regelmäßig hohe Konzentrationen von *Giardia lamblia*-Cysten (Abb.2). Um diese Unterschiede genauer erklären zu können, wären detaillierte Untersuchungen zur Qualität des Zulaufwassers und zur Abwasserstruktur des Einzugsgebietes notwendig, um zu klären, ob der Unterschied auf verschiedenen Eliminationsraten für Oocysten und Cysten beruht, oder auf dem fehlenden Eintrag von *Cryptosporidium*-Oocysten. Daß sowohl die Extremwerte als auch die Median-Werte der *Giardia*-Cysten an der Kläranlage 2 deutlich höher als an der Kläranlage 1 liegen, kann ebenfalls seinen Grund in der unterschiedlichen Durchseuchung der Bevölkerung in den Einzugsgebieten haben. Ebenso ist es aber auch möglich, daß die Kläranlage 1 eine etwas höhere Eliminationsleistung in Bezug auf diese Cysten besitzt, ggf. aufgrund einer längeren Verweilzeit des Wassers in der Nachklärung und einer dementsprechend höheren Sedimentation.

Die niedrigeren Werte für *Cryptosporidium* sp. im Vergleich zu den Oberflächengewässern (Abb.2) lassen sich zu einem großen Teil durch den beim kommunalen Abwasser fehlenden Einfluß von Nutz- und Wildtieren erklären: vor allem bei ersteren stellen Kälber ein beträchtliches Reservoir für diesen Parasiten dar (z.B. Karanis und Seitz, 1996).

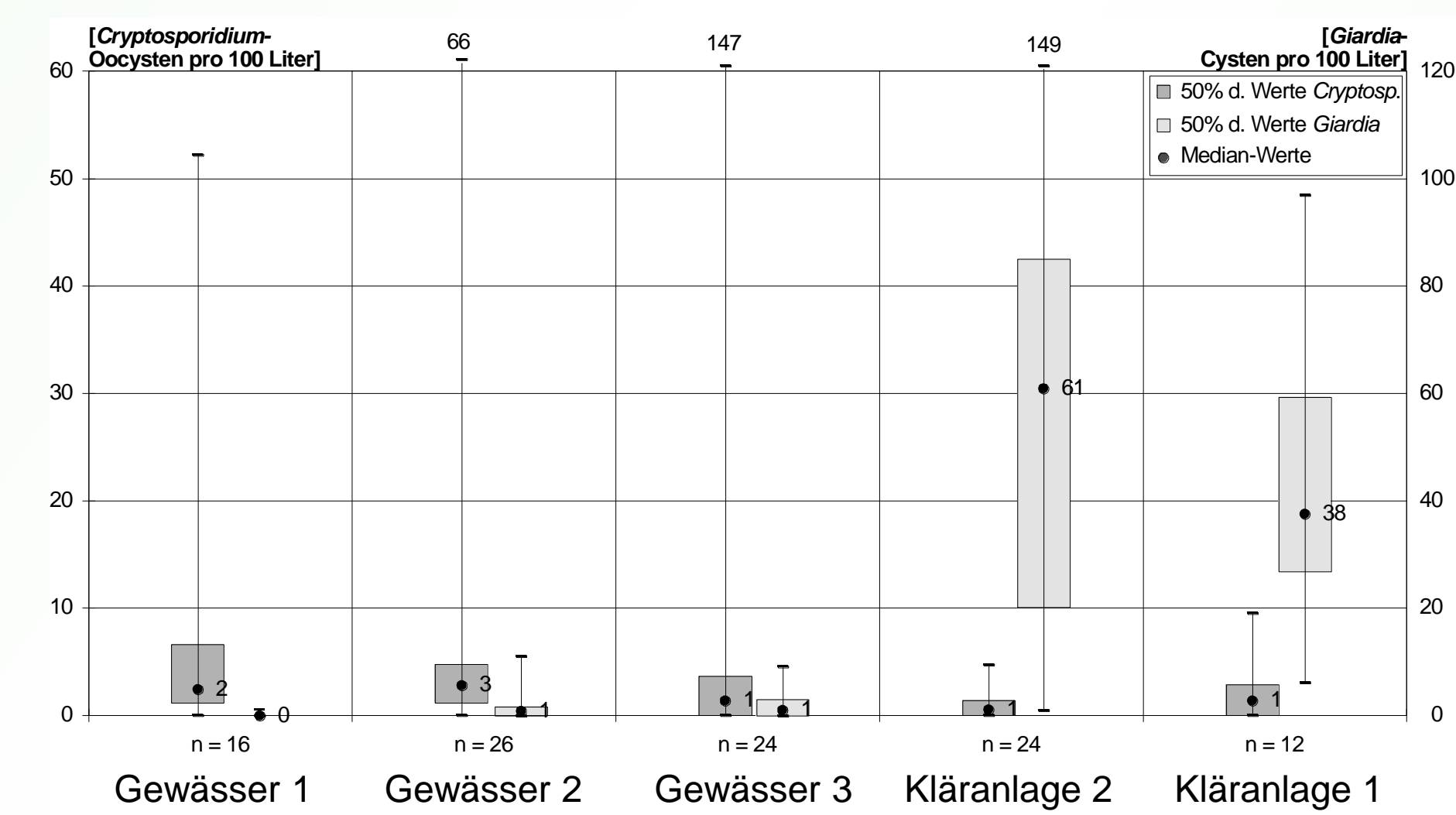


Abb.2: Vergleich der Parasitenbelastungen dreier Fließgewässer und der untersuchten Kläranlagen

Von besonderem Interesse im Rahmen des Forschungsprojektes war die Frage, ob Parameter identifiziert werden können, die mit parasitologischen Parametern korrelieren, und somit möglicherweise geeignet sind, eine parasitäre Belastung kurzfristig zu indizieren. Die Berechnung der Korrelationen zwischen chemischen und parasitologischen Parametern ergab aber für keinen der physiko-chemischen Parameter einen systematischen Zusammenhang. Die untersuchten Indikatorbakterien korrelierten nur sehr schwach mit den parasitologischen Parametern (vgl. Abb.3). Nach den vorliegenden Resultaten ist davon auszugehen, daß diejenigen Parameter, die möglicherweise eine Indikatorfunktion für die parasitäre Belastung haben könnten, für jede Probenahmestelle in Fließgewässern individuell identifiziert werden müssen. Für Kläranlagenabläufe erscheint die Benennung solcher Parameter zur Zeit unmöglich.

Aus den Resultaten der übrigen Untersuchungen folgt, daß die Indikatorbakterien zwar untereinander recht hoch korrelierten, daß aber eine systematische Beziehung zum Auftreten der regelmäßig untersuchten Krankheitserreger (*Campylobacter* und Yersinien) nicht hergestellt werden kann. Die Ergebnisse des qualitativ geführten Salmonellennachweises weisen in die gleiche Richtung.

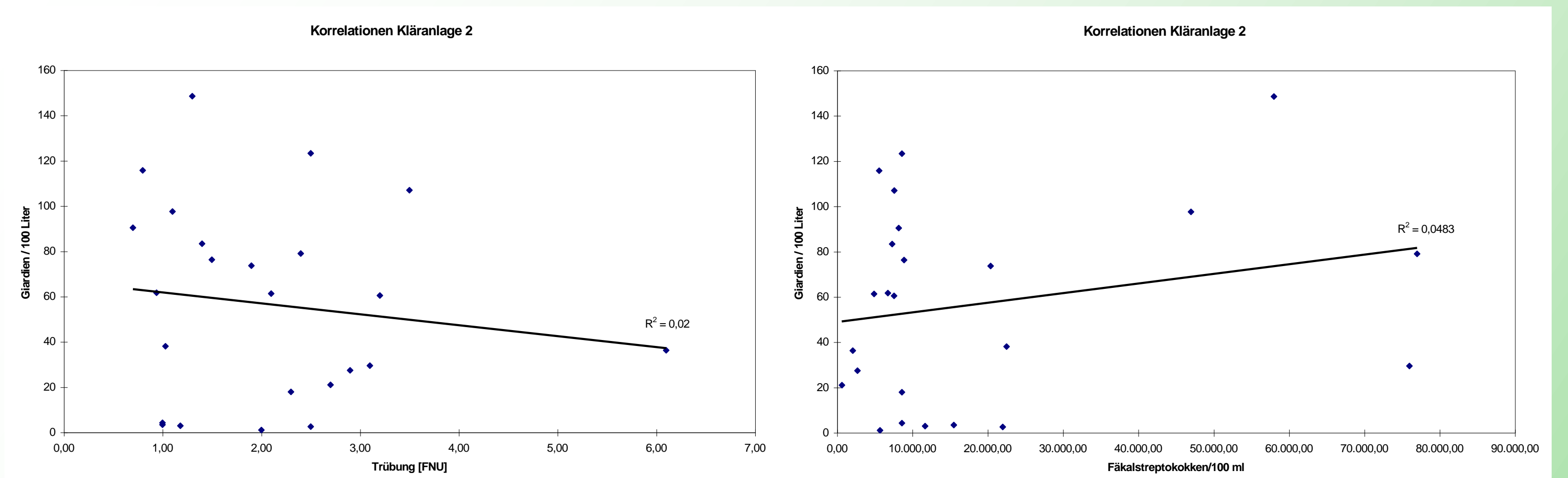


Abb.3: Korrelationen der Parasitenbelastung zu chemischen oder bakteriologischen Parametern sind nicht signifikant

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Untersuchung von Siedlungsabwässern sollte orientierende Daten zu deren mikrobiellen Belastungen liefern, die möglicherweise über ihre Vorfluter in Trinkwassertalsperren gelangen. Zur Untersuchung wurden zwei Kläranlagen unterschiedlichen Ausbaugrades ausgewählt.

Unabhängig vom Ausbaugrad der chemischen Reinigung stellen Kläranlagen nach den vorliegenden Ergebnissen einen bedeutsamen Eintragspfad für mikrobielle Belastungen der Vorfluter dar.

Im Unterschied zu den Oberflächengewässern wurden in den Kläranlagenabläufen nur unregelmäßig und niedrige Konzentrationen der Oocysten von *Cryptosporidium* sp. gemessen, jedoch nahezu regelmäßig hohe Konzentrationen von *Giardia lamblia*-Cysten, wobei die Belastung in Kläranlage 2 deutlich höher war als in Anlage 1.

Für die klassischen Indikatorbakterien konnte gezeigt werden, daß sie untereinander zwar recht gut korrelieren, daß aber eine systematische Beziehung zum Auftreten der Krankheitserreger *Campylobacter* und Yersinien nicht hergestellt werden kann.

Die Berechnung der Korrelationen zwischen physiko-chemischen und parasitologischen Parametern ergaben keine aussagekräftigen Ergebnisse.

Um das Gefährdungspotential von Abwasserreinigungsanlagen v.a. in Trinkwassereinzugsgebieten besser beurteilen zu können, muß die mikrobiologische Reinigungsleistung von Kläranlagen in Abhängigkeit von ihrem Ausbaugrad und der Struktur ihres Einzugsgebietes genauer untersucht werden. Letzteres ist Gegenstand eines geplanten Folgeprojektes.

6 Literatur

Calderon, R., Mood, E.W. & Dufour, P. (1991): Health effects of swimmers and non-point sources of contaminated water, J. Env. Health Research 1, S. 21-31

HSMO (1989): Isolation and Identification of Giardia Cysts, Cryptosporidium Oocysts and Free Living Pathogenic Amoebae in Water etc., London

Karanis, P., Seitz, H.M. (1996): Vorkommen und Verbreitung von Giardien und Cryptosporidien im Roh- und Trinkwasser aus Oberflächenwasserwerken, in: gwf Wasser Abwasser 137, 12, S.94-101

Popp, W., Baumann, M., Möller de Vargas, D. (1993): Bewertungsschema zur bakteriologisch-hygienischen Beurteilung der Wasserqualität von Fließgewässern anhand von Fäkalindikatorbakterien als Ergänzung zur biologischen Gewässergütebeurteilung, In: Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, 47, S. 1-10

Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften über die Qualität der Badegewässer vom 8. Dezember 1975 (76/160/EWG), 137. Ergänzung - SMBl. NW (Stand 1. Mai 1980), Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen, Nr. 36 einschl. Richtlinie für die Rohwasserüberwachung von Grundwasser, Quellwasser, Uferfiltrat und angereichertem Grundwasser nach § 50 des Landeswassergesetzes NRW (Rohwasserüberwachungsrichtlinie), RdEr. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft vom 12. März 1991 (IV B 2-3100 -29333), Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen, Nr. 27, 1991

Rose, J.B., Botzenhart, K. (1990): Cryptosporidium und Giardia im Wasser, in: gwf Wasser - Abwasser, 131/10, S. 563-572

Schoenen, D., Botzenhart, K., Exner, M., Feuerpfeil I., Hoyer, O., Sacré, C., Szewzyk, R. (1997): Vermeidung einer Übertragung von Cryptosporidien und Giardien mit dem Wasser, in: Bundesgesundheitsbl., 40/12, S.466-475