



AKTUELLE UNTERSUCHUNGEN ZUR HYGIENE IN NATURFREIBÄDERN

DIPL.-ING. STEFAN BRUNS

VORTRAG
MONTAG 29.01.2007 14:00H – 15:00H



4. Internationaler Kongress und Fachmesse
für naturnahe Badegewässer

Öffentliche Naturbäder – Schwimmteiche – Sauna – Pools
27. - 30. Januar 2007 - Messegelände Hannover





1. ABSTRACT

Um die Planungssicherheit von öffentlichen Naturfreibädern zu erhöhen müssen relevante Wirkmechanismen weiter erforscht werden.

Nur so ist es möglich entscheidende Parameter bei der Planung zu berücksichtigen und neue Erkenntnisse über die bisher vom UBA festgelegten Leitkeime *Enterococcus*, *Escherichia coli* und *Pseudomonas aeruginosa* und darüber hinaus über die *Halbwertszeit* von Viren in natürlichen bzw. eingeschränkt natürlichen Ökosystemen zu erzielen.

Ziel dieser Untersuchung war die Implementierung dieser Wirkmechanismen in das numerische Auslegungsmodell auf Basis von Aquasim.

Im Rahmen eines vom BMWI geförderten Forschungsvorhaben wurden in Kooperation mit dem ISAH an der Universität Hannover Untersuchungen zur Keim- und Virenelimination in Bodenfiltern im aquatischen System selber durchgeführt, die im Einzelnen vorgestellt und diskutiert werden sollten.

In diesem Vortrag stellen wir den derzeitigen Stand der Untersuchungen vor.

2. GRUNDLAGEN DER PLANUNGSRELEVANTEN BAKTERIOLOGIE UND VIROLOGIE IN NATURFREIBÄDERN

NACHSTEHEND EINE KURZE EINFÜHRUNG IN DIE HYGIENEDISKUSSION HINSICHTLICH DER FREIBÄDER

Da im Wasser grundsätzlich eine Vielzahl unterschiedlichster Keime auftreten, bedient man sich zur Vergleichbarkeit der Leitkeime. Es wurde festgestellt, dass diese Keime gut mit der Belastung des Wassers durch anthropogene Einträge korrelieren.



LEITKEIME

Leitkeime sind Keime, anhand derer man die hygienische Gesamtsituation eines Bades beschreiben kann. Leitkeime wie Enterokokken und *E. coli* gelten selber nicht als gefährlich, dienen allerdings als Indikatoren für die hygienische Verunreinigung von Wasser. Bei steigendem Vorkommen deuten sie darauf hin, dass die Wahrscheinlichkeit von für den Menschen gefährlichen Keimen steigt.

Der Leitkeim *Pseudomonas aeruginosa* hingegen ist selber humanpathogen. Er kann zu einer Gesundheitsgefährdung führen, darum wird insbesondere auf diesen Keim seitens der Gesundheitsämter ein besonderes Augenmerk gerichtet.

ENTEROKOKKEN

Enterokokken (*Enterococcus*) kommen in der Umwelt, beim Tier und beim Menschen sowie in traditionellen Lebensmitteln wie beispielsweise Käse oder Rohwürsten vor.

Bei Menschen und Tieren spielen von den etwa 25 bekannten Enterokokken-Spezies zwei Arten, nämlich *E. faecium* und *E. faecalis*, eine wichtige Rolle im Verdauungssystem.

Sie werden daher auch in probiotischen Lebensmitteln zur Förderung der Mikroflora des Verdauungssystems eingesetzt

Steigt die KBE Enterokokken im Badewasser, so ist dies ein Zeichen hoher Nutzungsintensität

E.COLI

Es tritt natürlicherweise als harmloser Bewohner des menschlichen Darms auf. *E. coli* ist eines der wichtigsten Untersuchungsobjekte der Mikrobiologie, Biochemie und Sammelbegriff für auf molekularbiologischen Erkenntnissen fußende Techniken zur Isolation, Synthese und Charakterisierung von genetischem Material und Mechanismen, die das Erbgut von Organismen betreffen. Da *E. coli* auch eine gewisse Zeit außerhalb des Darmes überlebt und sich leicht nachweisen lässt, dient er als Indikator für fäkale Verunreinigungen von Trinkwasser und Gewässern.



PSEUDOMONAS AERUGINOSA

Pseudomonas aeruginosa ist ein weit verbreiteter Boden- und Wasserkeim und kann aus Pflanzen, Früchten, Lebensmitteln und dem Darmtrakt von Mensch und Tier isoliert werden. Er ist ein humanpathogener Keim und Lebensmittelverderber und kann in Leitungswasser, Waschbecken, Spülmaschinen, Medikamenten und Desinfektionsmitteln vorkommen.

In den Beckenbädern nach DIN wurde dieser Keim als Leitkeim aufgenommen, um die Funktionstüchtigkeit der Schnellsandfilter zu überprüfen. Tritt dieser Keim auf, so deutet dies auf Kolmationsnester im Filter hin.

Im Bereich der Kleinbadeteiche wurde dieser Keim als Leitkeim übernommen. Er stellt wegen fehlender Desinfektion und seiner gleichzeitigen Humanpathogenität allerdings automatisch ein höheres Gefährdungspotenzial dar.

Im aktuellen Fachbuch Infektiologie [1] steht zur Epidemiologie der Außenohrentzündung, dass bei bakterieller Infektion in 30 % bis 90 % der Fälle *Pseudomonas aeruginosa* der ursächliche Erreger ist. Zur Prophylaxe heißt es einfach: „Wasserexposition vermeiden“. Beim Tauchen in einem Badewasser, das mit *Pseudomonas aeruginosa* verunreinigt ist, wird das Badewasser in den äußeren Gehörgang gedrückt. Wenn dieses Wasser nicht entfernt wird, kann dies zu erheblichen Ohrenschmerzen bis hin zu einer schweren Mittelohrentzündung führen. Kontaktlinsen können, wenn sie mit pseudomonadenhaltigem Wasser gereinigt werden, eine Keratitis (Hornhautentzündung) auslösen.

VIREN

Viren sind etwa 16nm bis 300nm große Partikel, die Zellen infizieren können. Sie können sich nicht selbstständig vermehren (replizieren), sondern benötigen dafür die Wirtszelle. Viren bestehen aus Proteinen und Nukleinsäuren.

¹ Infektiologie, Adam, Doer, Link, Loede, Springer Verlag, 2004



Einige Viren sind zusätzlich von einer Membran umgeben, die als Virushülle bezeichnet wird.

Viren befallen Zellen von Pflanzen, Tieren und Pilzen. Viren, die Bakterien als Wirte nutzen, werden Bakteriophagen genannt.

Viren sind nicht Bestandteil der hygienischen Bewertung von Badegewässern. Die Diskussion um den Vogelgrippevirus im Frühling 2005 hat deutlich gemacht, dass hier ein weiterer Erfahrungsbedarf besteht. Weder für Bäder mit Badewasseraufbereitung nach DIN, noch für Naturfreibäder oder für Badeseen bestehen Erfahrungen zur Relevanz von Viren im Freiwasser.

Es ist unter Virologen seit langer Zeit bekannt, dass fäkale Viren, hierzu zählen die Enteroviren, Adenoviren und Polioviren, in natürlichen Gewässern auftreten können.

Die gefährlichste Gruppe stellen die Polioviren dar, die zu Kinderlähmung führen können. Diese Viren treten heute nicht mehr auf.

Die häufigste Art stellen die Enteroviren dar. Sie können harmlose Arten der Hirnhautentzündung und wenige Arten auch Bindehautentzündungen hervorrufen.

Die Adenoviren können ebenfalls Bindehautentzündungen, Husten, Halsschmerzen oder Durchfall hervorrufen

Resistenz

Da Viren außerhalb des Wirtes keinen Stoffwechsel aufweisen, sind sie sehr unempfindlich gegenüber Desinfektionsmitteln. Sie gelten als resistent gegenüber UV-Licht, hohen Alkoholkonzentrationen und Chlor in üblichen Beckenkonzentrationen



Zur Elimination der Viren in natürlichen biologischen Filtern gibt es heute noch keine Untersuchungen. Ebenso ist unbekannt, wie hoch die Lebensdauer dieser Viren in natürlichen Gewässern ist.

3. AIF-KOOPERATIONSPROJEKT

„Entwicklung eines Gerätes zur Online-Überwachung der Hygieneparameter von öffentlichen Bädern, Direkteinleitern und Aquakulturanlagen - HYDRA“

Während in den Beckenbädern nach DIN 19 643 ein aktives Desinfektionsmittel zugegeben wird, welches eine scheinbare Viren- und Bakterienfreiheit erzeugt, die über den Gehalt an freiem Chlor nachgewiesen wird, fehlt dieses Instrument bei den Naturfreibädern. Neben den routinemäßigen Untersuchungen, i.d.R. durch Gesundheitsämter, bestehen hier keine weiteren Kenntnisse über die Hygiene zwischen diesen Zeitpunkten. Für die bakteriologische Kontrolle werden Leitkeime herangezogen, wobei diskutiert wird, wie weit diese mit den verschiedenen Einzelkeimen und Viren korrelieren. Dieser Sachverhalt trifft für beide Bädertypen zu.

Im Rahmen dieses Kooperationsprojektes werden mit dem Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik (ISAH) Hannover, dem Institut für Umweltverfahrenstechnik (IUV) Bremen, dem Bremerhavener Institut für Biologische Informationssysteme (BIBIS), der Firma Polyplan, den Landes- und Kreisgesundheitsämtern und der Arbeitsgemeinschaft für Badeseen und Schwimmteiche (ABS) folgende Fragen bearbeitet:

- Sind Viren ein Thema in Naturfreibädern?
- Wie repräsentativ sind die Analyseergebnisse der Labore?
- Welche Wirkmechanismen zur In-situ-Entkeimung sind relevant?
- Welche Keimabbauleistung weisen Bodenfilter auf?
- Kann eine Aussage zur Keimbelastung in Naturfreibädern über den Verbrauch eines Desinfektionsmittels halbquantitativ ermittelt werden?



Die Forschungsarbeit wurde in drei Blöcken abgearbeitet:

BLOCK 1: GRUNDLAGENFORSCHUNG:

Virologie und Bakteriologie von Naturfreibädern und Chlorbädern und deren Zusammenspiel auf Basis von Literaturrecherchen und Expertenwissen, sowie vorangegangenen Feldversuchen und den experimentellen Ergebnissen. Besondere Beachtung dabei fanden die humanpathogenen Viren: Adenovirus, Echovirus, Hepatitis-A-Virus, Norovirus, Rotavirus

BLOCK 2: FELDFORSCHUNG:

Messungen in fünf ausgewählten Naturfreibädern. Messungen in Zu- und Abläufen der Filteranlagen im Rahmen der Routineuntersuchungen (Leitkeime, Phosphor) sowie die Sichttiefe im Nutzungsbereichswasser. Zusätzliche Datenerhebung durch die Anlagenbetreiber (Volumenströme, Besucherzahlen, Temperaturen)

BLOCK 3: EXPERIMENTELLE FORSCHUNG:

Entwicklung und Aufbau eines Versuchsstandes, bestehend aus Kompartiment Wasserkörper, Kompartiment Filtersystem, Kompartiment MSR-Technik und Algenreaktor. Diese Anlage dient der Ermittlung der Korrelation von Viren zum Leitkeim; von Leitkeim zu UV-Licht; von Leitkeim zu thermischen Änderungen; von Leitkeim zu Zooplankton und dem Vergleich mit der Chlordesinfektion.

BLOCK 4: ENTWICKLUNG EINES GERÄTES ZUR ONLINE-ÜBERWACHUNG

der hygienischen Situation, aufbauend auf den vorgenannten Forschungsarbeiten. Dieser Block wird hier nicht dargestellt, da er zurzeit noch in Arbeit ist.

BESCHREIBUNG DES FELDVERSUCHES BLOCK 2

Im Rahmen des Feldversuches wurden vier Bäder gem. Tabelle 1 untersucht. Analytik und Probenahme wurden im Rahmen dieses Feldversuches bewusst parallel zu den beauftragten örtlichen akkreditierten Labors vom ISAH durchgeführt. Die Virologie wurde vom BIBIS mit einer PCR Analyse analysiert.



Bäder	Nennbesucher- zahl [Pers./Tag]	Wasservolumen der Becken - Nutzungsbereich [m ³]					Wasser- wechsel pro Tag (bei 100 % Auslastung der Filter)
		Schwimmer (incl. Sprungbereich)	Sprung- becken	Nicht- schwimmer	Kleinkind- becken	Gesamt	
Naturbad Altenautal	1.095	1.222		261	9	1.492	6,2
Naturbad Bassum	957	903	573	780	15	2.271	3,7
Naturbad Ebrach	514	1.147		320	75	1.542	6
Naturbad Hude	664	1.110		338	17	1.465	3,4

Tabelle 1: Bäder im Feldversuch

Die Methoden der örtlichen Labors waren nicht einheitlich und sind daher in Tabelle 2 zusammengefasst



ERGEBNISSE DER HYGIENEUNTERSUCHUNGEN

	Naturbad Altenautal (HBICON GmbH)	Naturbad Bassum (Gesundheitsamt Landkreis Diepholz)	Naturbad Ebrach (Analab Taubmann GmbH)	Naturbad Hude (Gesundheitsamt Landkreis Oldenburg)
E. coli	DIN EN ISO 9308-1		DIN EN ISO 9308-1	DIN EN ISO 9308-3
Fäkalcoliforme Bakterien		BundesgesBl. 10/95		BundesgesBl. 10/95
intestinale Enterokokken	DIN EN ISO 7899-2	DIN EN ISO 7899-2	DIN EN ISO 7899-2	DIN EN ISO 7899-2
Pseudomonas aeruginosa	DIN EN 12780	DIN EN 12780	DIN EN 12780	DIN EN 12780

Tabelle 2: Analysemethoden unterschiedlicher Hygieneparameter

Parameter	Grenzwert im Nutzungs- bereichswasser	Anzahl Untersuchungen [n] Badesaison 2006	Beanstandungen Badesaison 2006 (in %)
Fäkalcoliforme Bakterien	100 / 100ml	51	1 (2)
<i>Escherichia coli</i>	100 / 100ml	203	8 (3,9)
intestinale Enterokokken	50 / 100ml	253	5 (2)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10 / 100ml	253	40 (15,8)

Tabelle 3: Mikrobiologische Grenzwertüberschreitungen im Nutzungsbereichswasser von vier verschiedenen Naturfreibädern in Deutschland

Tabelle 3 zeigt die Probe- und Beanstandungshäufigkeit. Auffällig ist hier die Zahl der Überschreitungen beim Leitkeim *Pseudomonas aeruginosa*, die im Versuchszeitraum 2006 bei 15,8% lagen.



2006	Fäkalcoliforme Bakterien				<i>Escherichia coli</i>				intestinale Enterokokken				<i>Pseudomonas aeruginosa</i>								
Bäder	Anzahl Untersuchungen [n]	Beanstandunge(n) %	Werte [n] >100 - 150/100ml	Werte [n] 150 - 200/100ml	Werte [n] > 200/100ml	Anzahl Untersuchungen [n]	Beanstandunge(n) %	Werte [n] >100 - 150/100ml	Werte [n] 150 - 200/100ml	Werte [n] > 200/100ml	Anzahl Untersuchungen [n]	Beanstandunge(n) %	Werte [n] >50 - 70/100ml	Werte [n] 70 - 100/100ml	Werte [n] >100/100ml	Anzahl Untersuchungen [n]	Beanstandunge(n) %	Werte [n] >10 - 30/100ml	Werte [n] 30 - 50/100ml	Werte [n] 50 - 100/100ml	Werte [n] >100/100ml
Naturbad Altenautal						81	4 (4,9)	1	1	2	81	1 (1,2)	1	0	0	81	15 (18,5)	7	3	3	2
Naturbad Bassum	33	1 (3)	0	0	1	29	1 (3,4)	0	0	1	62	0 (0)	0	0	0	62	13 (21)	7	1	2	3
Naturbad Ebrach						60	0 (0)	0	0	0	60	4 (6,7)	2	1	1	60	5 (8,3)	5	0	0	0
Naturbad Hude	18	0 (0)	0	0	0	33	3 (9,1)	2	0	1	50	0 (0)	0	0	0	50	7 (14)	3	2	0	2

Tabelle 4: Mikrobiologische Grenzwertüberschreitungen im Nutzungsbereichswasser verschiedener Naturfreibäder

Tabelle 4 zeigt die Verteilung der Beanstandungen auf die einzelnen Bäder bezogen. Das Naturbad Altenautal und Bassum fallen hier mit 18,5% bzw. 21 % extrem hoch aus. Die größte Überschreitungshäufigkeit liegt hier im Bereich von >10-30/100 ml. Interessant ist, dass bei Bädern mit größerer Häufigkeit der Grenzwertüberschreitungen überproportional die höheren Überschreitungen bis > 100/100 ml zunehmen.

2006	Fäkalcoliforme Bakterien				<i>Escherichia coli</i>				intestinale Enterokokken				<i>Pseudomonas aeruginosa</i>								
Bäder	Anzahl Untersuchungen [n]	Beanstandunge(n) %	Werte [n] >100 - 150/100ml	Werte [n] 150 - 200/100ml	Werte [n] > 200/100ml	Anzahl Untersuchungen [n]	Beanstandunge(n) %	Werte [n] >100 - 150/100ml	Werte [n] 150 - 200/100ml	Werte [n] > 200/100ml	Anzahl Untersuchungen [n]	Beanstandunge(n) %	Werte [n] >50 - 70/100ml	Werte [n] 70 - 100/100ml	Werte [n] >100/100ml	Anzahl Untersuchungen [n]	Beanstandunge(n) %	Werte [n] >10 - 30/100ml	Werte [n] 30 - 50/100ml	Werte [n] 50 - 100/100ml	Werte [n] >100/100ml
Schwimmerbecken	22	0 (0)	0	0	0	71	1 (1,4)	0	1	0	92	0 (0)	0	0	0	91	16 (17,6)	8	3	2	3
Nichtschwimmerbecken	22	0 (0)	0	0	0	76	5 (6,6)	3	0	2	98	1 (1,02)	1	0	0	100	13 (13)	7	1	3	2
Kleinkindbecken	7	1 (14,3)	0	0	1	56	2 (3,6)	0	0	2	63	4 (6,3)	2	1	1	62	11 (17,7)	7	2	0	2

Tabelle 5: Mikrobiologische Grenzwertüberschreitungen in verschiedenen Nutzungsbereichen unterschiedlicher Naturfreibäder

Bei der Betrachtung der Verteilung der Keimbelastung auf die unterschiedlichen Beckennutzungen wie Kleinkind-, Nichtschwimmer- und Schwimmerbecken gem. Tabelle 5 zeigen sich im Bereich der Fakalcoli-



formen von *Escherichia coli* und Enterokokken tendenziell Zunahmen vom Schwimmerbecken zum Nichtschwimmerbecken und zum Kleinkindbecken. Dies entspricht den Erwartungen, da letztere deutlich höher belastet werden. Beim *Pseudomonas aeruginosa* hingegen ist diese Tendenz nicht zu erkennen.

REPRODUZIERBARKEIT DER HYGIENEPARAMETER AUS DEM FELDVERSUCH

Um die Qualität der Messungen generell zu prüfen, wurden Parallelbeprobungen durchgeführt. In Tabelle 6 werden die Ergebnisse gegenübergestellt. Alle Labore sind akkreditiert und arbeiten nach den vorher beschriebenen Verfahren.

Die Probeentnahme wurde zeit- und ortgleich durchgeführt. Die Proben wurden direkt an die Labors geschickt; mögliche Probenahmefehler wurden daher minimiert.

Betrachten wir den *Pseudomonas aeruginosa* im Freibad Bassum zum Beispiel und ziehen hierfür nur die Messungen des ISAH heran, so besteht plötzlich keine Grenzwertüberschreitung mehr.

Auch in dem Bad in Ebrach werden zwei Grenzwertüberschreitungen durch das ISAH nicht bestätigt; wohingegen eine im Schwimmerbecken wieder hinzukommt.

Unterstellt man allen Büros eine ordentliche Arbeit, so zeigen die Ergebnisse, dass entweder die Analyseverfahren deutlich ungenauer sind, als es notwendig wäre um in dieser Auflösung eine Aussage zu liefern, oder aber dass das natürliche Wasser so inhomogen ist, dass Einzelproben grundsätzlich nicht aussagefähig sind.

Interessant ist auch der unterschiedliche Umgang mit den gewonnenen Daten bezüglich der Grenzwertüberschreitungen. Während im Freibad Altenautal und Hude sehr restriktive Maßnahmen erfolgten, wurde in Bassum keine Beanstandung laut, obwohl weder dem Auftraggeber, noch dem Gesundheitsamt die negativen Parallelproben nicht bekannt waren. Letzteres soll keine Kritik, sondern vielmehr die unterschiedlichen Bewertungsmaßstäbe aufzeigen, mit denen sich auch der Planer auseinandersetzen muss.

Altenautal	Schwimmerbecken						Nichtschwimmerbecken						Kleinkindbecken											
	ISAH		HBICON		IE		ISAH		HBICON		IE		ISAH		HBICON		IE		ISAH		HBICON		IE	
	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	
Datum der Probenahme	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa
13.06.2006	6	3	0	0	11	0	0	21	0	0	0	0	9	0	0	0	2	4	4	0	0	0	9	0
27.06.2006	3	1	0	0	5	0	0	1	0	0	0	0	9	0	0	1	2	2	10	31	9	9	0	0
11.07.2006	30	12	1	0	100	0	0	13	7	15	0	0	9	0	0	100	44	45	14	9	9	0	0	0

Bassum	Schwimmerbecken						Nichtschwimmerbecken I						Nichtschwimmerbecken II						Sprungbecken						Kleinkindbecken					
	ISAH		GLD		Pa		ISAH		GLD		Pa		ISAH		GLD		Pa		ISAH		GLD		Pa		ISAH		GLD		Pa	
	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	
Datum der Probenahme	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa
07.06.2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.06.2006	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04.07.2006	2	1	0	0	2	1	0	0	4	6	80	0	0	2	120	0	15	6	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ebrach	Schwimmerbecken						Nichtschwimmerbecken						Kleinkindbecken											
	ISAH		analab		Pa		ISAH		analab		Pa		ISAH		analab		Pa		ISAH		analab		Pa	
	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	[KEB/100ml]	[MFK/100ml] [KEB/100ml]	
Datum der Probenahme	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa	Ec	Pa
12.07.2006	4	0	3	1	4	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	4	8	20	88	0	0	0	
26.07.2006	36	8	5	3	34	4	25	7	9	3	20	3	30	33	101	42	20	1	0	0	0	0	0	
09.08.2006	0	2	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	

Tabelle 6: Analyseergebnisse im Vergleich (ISAH - Gesundheitsämter)



UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE ZUR VIROLOGIE

Es wurden 47 Wasserproben in den Untersuchungsbädern entnommen und mittels PCR-Verfahren ausgewertet.

Adenovirus, Echovirus, Hepatitis-A-Virus, Norovirus waren in allen 47 Wasserproben nicht nachweisbar.

Rotavirus: In den Proben „Bassum Zulauf Neptunfilter 23.08.06, 11:00“ und „Hude Ablauf Nassfilter 30.08.06“ ein sehr schwach positives Signal (Nachweisgrenze).

Dies ist zwar noch kein Beweis, dass Viren in den Naturfreibädern hinsichtlich der Hygiene keine Rolle spielen, aber es ist ein erster Hinweis hierfür.

VERSUCHSSTAND (BLOCK 3)

Den Versuchsstand bildet ein Bassin mit 1m^3 Wasserinhalt, bestehend aus Wasserkörper und Bodenfilter (Filterkörper). Zur Einstellung der konstanten Chlorophyllkonzentration liefert der Algenreaktor ständig Grünalgen in den Reinwasserstrom ein. Zooplankton wird manuell zugegeben, sofern es das Versuchsdesign vorsieht.

Das Beckenwasser fließt über Überlaufrinnen ab und wird auf dem Filterkörper, der mit einer unterschiedlichen Filtermächtigkeit befüllt werden kann, verregnet.

Gegenüber den vorangegangenen Feldversuchen können hier definierte Zulaufbedingungen (chemische, virologische und hygienische Belastungen) für den Bodenfilter eingestellt werden und es werden normierte Abbauleistungen ermittelt.

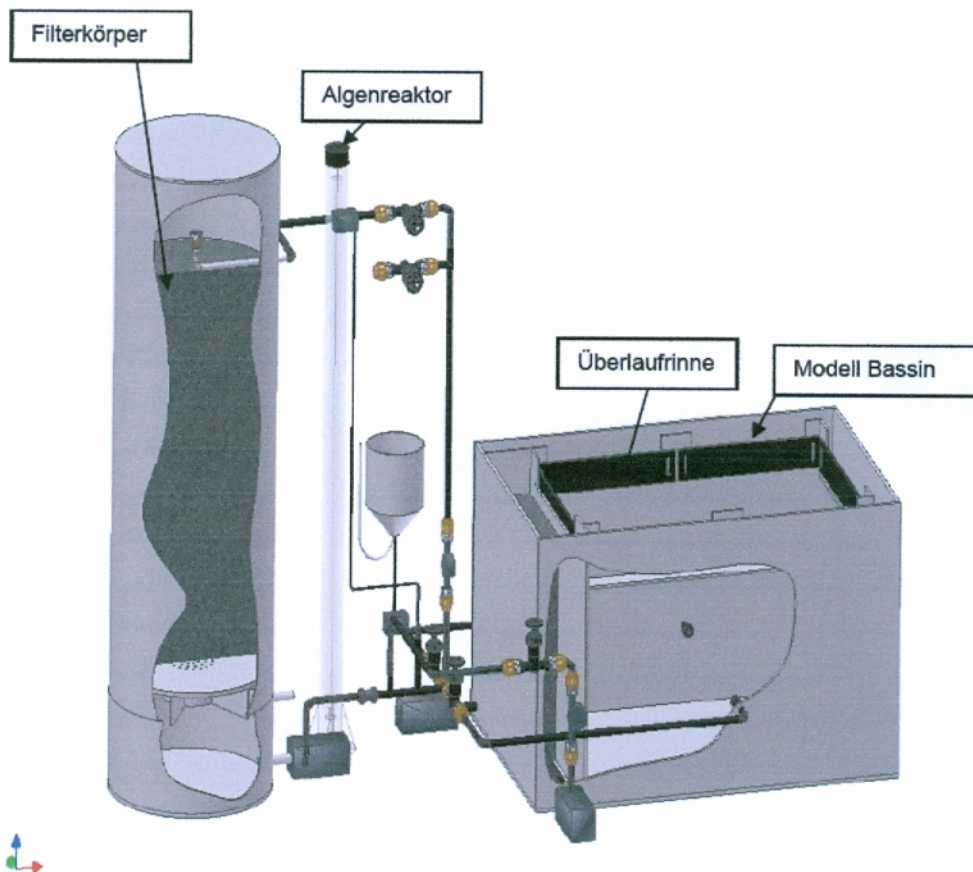


Abbildung 1: Versuchsstand

BISHERIGE VERSUCHSERGEBNISSE AUS DEM VERSUCHSTAND

Es wurden bisher folgende Versuche im Versuchsstand durchgeführt:

KEIMABBAU IN ABHÄNGIGKEIT VOM VOLUMENSTROM

Das Rückhaltevermögen bzw. die Eliminationsleistung des Bodenfilters hinsichtlich des im Wasserkörper befindlichen Indikatorkeimes *E. coli* bei unterschiedlichen hygienischen und hydraulischer Belastungen bei stufenweiser Veränderung der Filterhöhe (1.70, 1.20, 0.80 m) wurde untersucht



Die Proben wurden alle 5 - 15 Min. im Zulauf und zeitversetzt alle 5 - 15 Min. im Ablauf (Dauer etwa eine Stunde) genommen. Das Beckenwasser wurde mit einem Escherichia coli - Stamm: DSM 1116 (ATCC 9637) beschickt. Die Bestimmung der E. coli - Konzentrationen erfolgte nach Coli-18/ Quanti- Tray (Idexx Laboratories, Inc.)

Versuchsphase	Filterhöhe	Wassertemperatur	Hydraul. Belastung	Auslastung Anlage	E coli - Ausgangskonzentration	Reinigungsleistung
Nr.	[m]	[°C]	[m ³ /m ² *d]	[%]	[MPN/100ml]	[%]
1	1,7	23	6	50	100	100
2	1,7	23	12	50	500	99,8
3	1,7	23	12	50	2000	99,9
4	1,2	23	12	50	500	99,3
5	1,2	23	12	50	2000	99,4
6	1,2	23	12	100	500	99,9
7	1,2	23	12	100	2000	99,8
8	1,2	23	24	100	500	99,4
9	1,2	23	24	100	2000	99,2
10	0,8	23	12	50	500	98
11	0,8	23	12	50	2000	97,7
12	0,8	23	12	100	500	99,7
13	0,8	23	12	100	2000	99,6

Tabelle 7: Reinigungsleistung Neptunfilter im Versuchsstand

In Tabelle 7 wird der Keimabbau in Abhängigkeit vom Volumenstrom, der Filtermächtigkeit und der Eingangskonzentration von E.coli dargestellt. Bei der Filtersäule 1,2 m wurden 2 Versuche mit einer Beschickung von 24 m³/m²*d bei 2000 MPN/100ml durchgeführt. Hierbei wird die minimale Eliminationsleistung von 99.2 % erreicht. Laut FFL wäre bei Grenzwertüberschreitung eine Elimination von einer 10er Potenz entsprechend 90% Eliminationsrate gefordert.

KEIMABBAU IN ABHÄNGIGKEIT VOM NATÜRLICHEN UV LICHT

Untersuchung der Eliminationsleistung durch UV-Licht (Natur - Labor) hinsichtlich des im Wasserkörper befindlichen Indikatorkeimes Escherichia coli. Es wurde eine UV-Lampe mit einer Farbtemperatur von 4967 K verwendet.



Parallel hierzu wurde ein Versuch mit Sommersonne, 12 Uhr bei einer Außentemperatur von ca. 34°C durchgeführt.

Die Probenahme erfolgte alle fünf Minuten. Für den Abbauersuch wurde der EscherichiacoliStamm: DSM 1116 (ATCC 9637) eingesetzt. Die Bestimmung der E.coliKonzentrationen erfolgte nach Colilert-18/ Quanti- Tray (I-dexx Laboratories, Inc.)

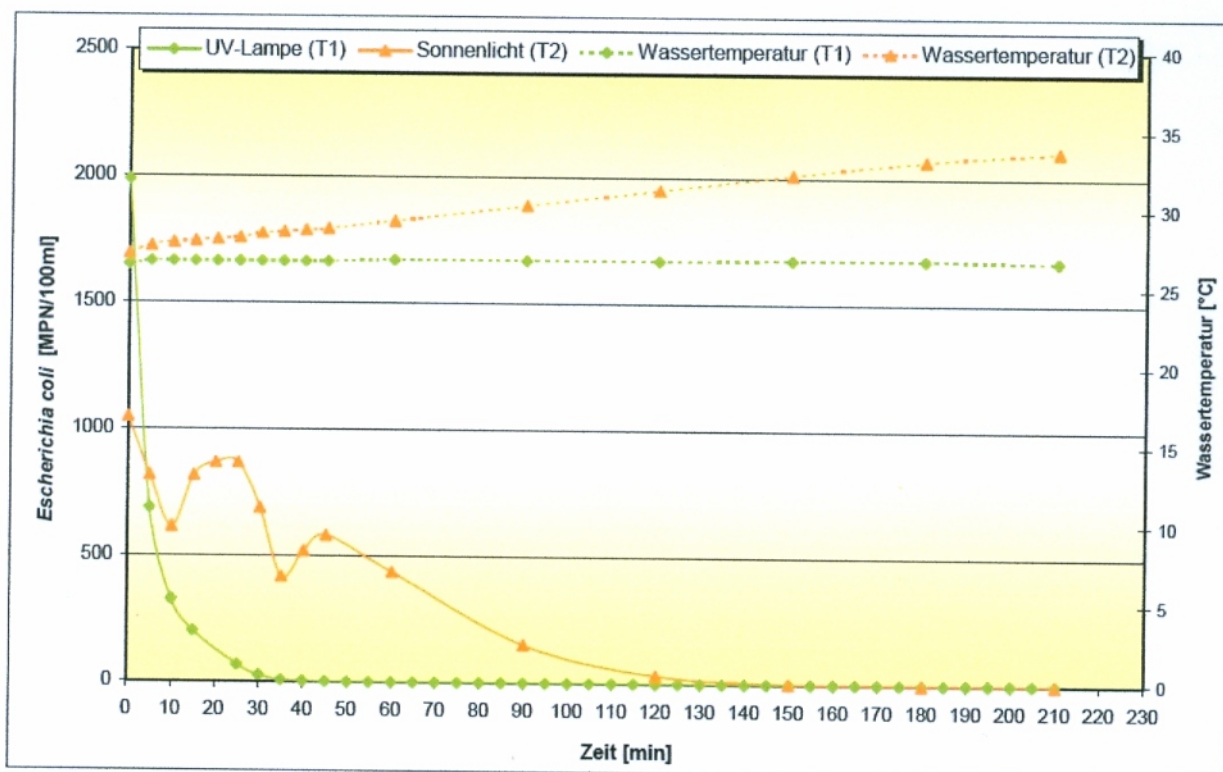


Abbildung 2: Keimzahlreduzierung als Funktion der Zeit

In Abbildung 2 sind die Abbauleistungen über die Zeit abgebildet. Der Abbau in Höhe einer 10er Potenz ist bei Verwendung der UV-Lampe nach ca. 15 Minuten erreicht während dies unter Sonneneinstrahlung ca. 90 Minuten dauert.

Aufbauend auf die durchgeführten Versuche sind in 2007 weitere Versuche geplant, über die wir nach Fertigstellung und Prüfung berichten werden.

