

**„DANA“**

**Entwicklung eines Datenbanksystems zur Optimierung der  
Betriebssicherheit und Energieeffizienz in Naturfreibädern**

**Abschlussbericht**

**DBU-Projekt**

AZ 25480-23

**Projektlaufzeit:**

**05/2008 – 12/2010**

**Projektleitung:**

Polyplan GmbH, Überseetor 14, 28217 Bremen, Stefan Bruns

**Verfasser:**

Stefan Bruns, Inga Eydeler, Heiko Frehse, Dr. Jürgen Spieker, Dr. Stefanie Hirsch,  
Dr. Andreas Wittek

**Bremen, Dezember 2010**

**Bezug über:**

Polyplan GmbH, Überseetor 14, 28217 Bremen

Tel.: 0421 – 178 76 – 10

Fax.: 0421 – 178 76 – 29

E-Mail: [info@polyplan-gmbh.de](mailto:info@polyplan-gmbh.de)

**„DANA“**

**Entwicklung eines Datenbanksystems zur Optimierung der  
Betriebssicherheit und Energieeffizienz in Naturfreibädern**

**Abschlussbericht**

**DBU-Projekt**

AZ 25480-23

**Projektlaufzeit:**

**05/2008 – 12/2010**

**Projektleitung:**

Polyplan GmbH, Überseetor 14, 28217 Bremen, Stefan Bruns

**Verfasser:**

Stefan Bruns, Inga Eydeler, Heiko Frehse, Dr. Jürgen Spieker, Dr. Stefanie Hirsch,

Dr. Andreas Wittek

**Bremen, Dezember 2010**

10/01		<b>Projektkennblatt</b> der <b>Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>		 Deutsche Bundesstiftung Umwelt	
AZ	<b>25480</b>	Referat	<b>23</b>	Fördersumme	<b>103.439,-- €</b> nach Umwidmung 94.423,--€
<b>Antragstitel</b>		<b>Entwicklung eines Datenbanksystems zur Optimierung der Energieeffizienz und hygienischen Betriebssicherheit in Naturfreibädern</b>			
<b>Stichworte</b>		Energie, Gewässer			
Laufzeit		Projektbeginn		Projektende	
<b>32 Monate</b>		<b>13.05.2008</b>		<b>31.12.2010</b>	
Zwischenberichte		16.07.2009		Datenbankentwicklung	
Anwenderschulung		22.04.2009		23.04.2009	
Abschlussveranstaltung		15.04.2010		Datenbankvorstellung	
Experten-Arbeitskreise		01.05.2010		30.12.2010	
<b>Bewilligungsempfänger</b>		Polyplan GmbH Büro Bremen Fahrenheitstr. 1 28359 Bremen		Tel 04 21 / 1 78 76 - 11 Fax 04 21 / 1 78 76 - 29	
				<b>Projektleitung</b> Stefan Bruns	
				<b>Bearbeiter</b> Stefan Bruns, Dr. Jürgen Spieker, Inga Eydeler, Dr. Stefanie Hirsch, Heiko Frehse, Dr. Andreas Wittek	
<b>Kooperationspartner</b>		KLS - Konzepte, Lösungen, Sanierungen im Gewässerschutz Neue Große Bergstr. 20, 22767 Hamburg			
<b>Zielsetzung und Anlass des Vorhabens</b>					
Freibäder mit biologischer Wasseraufbereitung stellen zunehmend ein alternatives Badeangebot zu desinfizierten Beckenbädern nach DIN 19643 dar.					
Im Betrieb dieser Bäder kommt es jedoch zeitweilig zu Störungen und Überschreitungen der Grenzwerte für die hygienischen Überwachungsparameter. Eine Ursachenforschung und Analyse ist jedoch kaum möglich, da es keine umfassende Datensammlung und auch keine einheitliche Dokumentationsstruktur gibt.					
Das Datenbank-System DANA soll eine Experten- und Informationsplattform zwischen Bäderbetreibern, Gesundheitsämtern und Planern von Naturfreibädern darstellen, die durch interaktive Eingabe- und Abfragemöglichkeiten manuell, via PC und Mobiltelefon angesprochen werden kann. Hierdurch sollen für alle Beteiligten neue Erkenntnisse auf fundierter Basis über den Betrieb von Naturfreibädern erlangt werden. Diese Erkenntnisse sollen auch in die Arbeiten der FLL und den Technischen Arbeitskreis des Bundesfachverbandes Öffentlicher Bäder eingebracht werden und über diesen Weg allen Betroffenen zur Verfügung stehen.					
<b>Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden</b>					
Das Projekt besteht aus mehreren Projektphasen. Zunächst wird eine Internet basierende Datenbank entwickelt, in der die Datenblöcke Betriebstagebuch, Hygienemessungen und Anlagenonlinedaten sowie limnologische Daten zusammengeführt werden. Die Datenbank wird durch ein Statistikmodul unterstützt. Mit diesem Modul werden Abhängigkeiten ausgewertet und Datenauffüllungen der zeitlich heterogenen Daten durchgeführt. Darüber hinaus werden standardisierte Schnittstellen zur Datenimplementierung programmiert, wodurch die Fehlerquote manueller Eingaben minimiert werden kann.					
Für die weitere wissenschaftliche Auswertung des Datenpools wurden zwei Expertengremien gegründet. Hier werden die Daten insbesondere im Hinblick auf die hygienischen Aspekte untersucht, aber auch bzgl. der energetischen Optimierung ausgewertet. Nach Ablauf des Förderprojektes sollen diese Gremien fortgeführt werden, so dass die gewonnenen Erkenntnisse auch weiterhin in die Regelwerksausschüsse getragen werden.					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de					

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 Projektbeteiligte</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Zusammenfassung</b> .....	<b>2</b>
<b>3 Zielsetzung und Veranlassung</b> .....	<b>3</b>
<b>4 Ergebnisse und Diskussion</b> .....	<b>6</b>
4.1 Pflichtenheft (Arbeitspaket 1).....	6
4.2 Auswahl der Naturfreibäder (Arbeitspaket 2).....	6
4.3 Entwicklung der Datenbank (Arbeitspaket 3.1).....	9
4.4 Erfassen und Auswerten limnologischer Daten, Hygiene-, Hydraulik und Morphologie (Arbeitspaket 3.2).....	12
4.4.1 Schnittstelle Betriebsdaten / Tabellarische Wochenberichte .....	16
4.4.2 Schnittstellen für Hygienedaten (Labordaten) .....	17
4.4.3 Implementierte Schnittstellen.....	18
4.4.4 Vorgenommene Arbeiten .....	18
4.4.5 Zukünftige Arbeiten .....	20
4.5 Clients, Visualisierungstool (Arbeitspaket 3.3) .....	20
4.6 Erstellung des Statistikmoduls (Arbeitspaket 4) .....	22
4.6.1 Experten-Abfragemodul.....	23
4.6.1.1 Beschreibung des Expertenmoduls .....	24
4.6.1.2 Implementierung einfacher Abfragen basierend auf Stammdaten.....	24
4.7 Validierungsphase (Arbeitspaket 5.1).....	27
4.8 Auswertungen / Ergebnisse (Arbeitspaket 5.2).....	28
4.8.1 Betriebsbegleitende Auswertungen.....	28
4.8.2 Fachliche Auswertungen .....	29
4.8.2.1 Übersicht Datenbestand DANA .....	29
4.8.2.2 Auswertung von positiven Befunden für Indikatorbakterien über den Gesamtdatenbestand.....	31
4.8.2.3 Einfluss von einzelnen Bädern auf positive Befunde für Indikatorbakterien ..	35
4.8.2.4 Auswirkungen der Änderung des Verfahrens DIN EN 12780 für <i>Pseudomonas aeruginosa</i> auf die Überschreitungshäufigkeit .....	39
4.8.2.5 Analyse der chemisch/physikalischen Parameter im Gesamtdatenbestand .....	40
4.8.2.6 Abhängigkeit zwischen Nutzungsintensität und Konzentration von <i>Escherichia coli</i>	41

---

4.8.2.7	Abbauleistung von Indikatorbakterien ( <i>Escherichia coli</i> ) in Bodenfiltern.....	43
4.8.2.8	Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von <i>Pseudomonas aeruginosa</i> und Lastwechseln bei der Filterbeschickung .....	48
4.8.2.9	Zusammenhang zwischen der Keimbelastung mit <i>Pseudomonas aeruginosa</i> und der Umwälzrate .....	49
4.8.2.10	Zusammenhang zwischen dem Vorkommens von <i>Pseudomonas aeruginosa</i> und der Wassertemperatur.....	51
4.8.2.11	Untersuchung des möglichen Zusammenhangs zwischen dem Vorkommen von <i>Pseudomonas aeruginosa</i> und den vorherrschenden Nitratkonzentrationen .....	53
4.8.2.12	Wasserreinigung durch Zooplankton: Keimelimination, Reinigungsleistungen durch Zooplanktonorganismen in Schwimm- und Badeteichen .....	55
4.8.2.13	Ableitung von Badegastgleichwerten.....	56
4.8.2.14	Hydraulische Funktion von Aufbereitungsanlagen.....	56
4.8.2.15	Indikatorkeime und das Leben im Wasser von Schwimm- und Badeteichen..	56
4.8.2.16	Physikalisch-chemische Parameter in Schwimm- und Badeteichen.....	57
4.8.2.17	Untersuchungen zur künstlichen Erwärmung im Naturfreibad Büdelsdorf.....	58
4.8.2.18	Freilandversuch zum Abbau der Indikatororganismen <i>E. coli</i> und intestinale Enterokokken in biologisch-mechanischen Filtersystemen im Naturfreibad Riepe .....	59
<b>5</b>	<b>Öffentlichkeitsarbeit.....</b>	<b>64</b>
<b>6</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>66</b>
<b>7</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>68</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Programm- und Datenbankstruktur.....	9
Abbildung 2: Datenfluss.....	9
Abbildung 3: Client zur Manipulation der Stammdaten für den Datenbankanwender auf Administratorebene .....	10
Abbildung 4: Browsergestützte Anwenderoberfläche, Bsp. Naturbad Primstal für die Eingabemaske Nichtschwimmer Gesundheitsamtsdaten .....	11
Abbildung 5. Zugriffsmatrix, Betreibererklärung .....	12
Abbildung 6: Datenerfassung mit dem Handy .....	16
Abbildung 7: Tabellarische Eingabemaske Wochenbericht Betriebsdaten .....	17
Abbildung 8: Beispiel für eine Datensatzformatierung im TEIS-Format (Ansicht im IE- Explorer).....	19
Abbildung 9: Beispiel für einen über die TEIS-Schnittstelle eingelesenen Datensatz .....	19
Abbildung 10: Excel Aufsatzmodul zur Erzeugung von Standardvisualisierungen .....	21
Abbildung 11: Beispiel für eine Standardvisualisierung <i>E. coli</i> im Betriebsjahr 2009 .....	21
Abbildung 12: Anzahl der implementierten Hygienemessungen (alle Wasserarten) .....	30
Abbildung 13: Anzahl der implementierten Hygienemessungen im Beckenwasser .....	30
Abbildung 14: Überschreitungshäufigkeit <i>Escherichia coli</i> über alle Wasserarten (Beckenwasser, Reinwasser, Rohwasser und Füllwasser) mit Bad 120. ....	31
Abbildung 15: Überschreitungshäufigkeit <i>Escherichia coli</i> im Beckenwasser mit Bad 120 ..	32
Abbildung 16: Häufigkeitsverteilung der Analysewerte <i>Escherichia coli</i> in KBE/100ml in allen Wasserarten (2006-2009) mit Bad 120.....	32
Abbildung 17: Verteilung der Analysewerte <i>Escherichia coli</i> in KBE/100ml in allen Wasserarten (2006-2009) mit Bad 120 .....	33
Abbildung 18: Verteilung der Analysewerte <i>Pseudomonas aeruginosa</i> in KBE/100ml in allen Wasserarten (2006-2009) mit Bad 120 .....	34
Abbildung 19: Anzahl der Analysen ohne das Bad 120 .....	36
Abbildung 20: Überschreitungshäufigkeit <i>Escherichia coli</i> im Beckenwasser ohne Bad 120	36
Abbildung 21: Verteilung der Analysewerte <i>Escherichia coli</i> ohne Bad 120 .....	37
Abbildung 22: Verteilung der Analysewerte <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ohne Bad 120 .....	37

---

Abbildung 23: Überschreitungshäufigkeit <i>Pseudomonas aeruginosa</i> im Beckenwasser ohne Bad 120 .....	38
Abbildung 24: Überschreitungshäufigkeit <i>Pseudomonas aeruginosa</i> im Beckenwasser mit Bad 120 .....	38
Abbildung 25: Überschreitungshäufigkeit Enterokokken im Beckenwasser ohne Bad 120 ...	39
Abbildung 26: Wasserchemische Daten .....	40
Abbildung 27: Konzentrationen von <i>Escherichia coli</i> in Abhängigkeit von den Badegastzahlen.....	42
Abbildung 28: Abbauleistung der Wasseraufbereitungsanlagen hinsichtlich <i>E. coli</i> unter Zugrundelegung von Zulaufwerten <i>E. coli</i> >0 KBE/100ml und Annahme das Werte <15 = 5 KBE/100ml entsprechen. ....	45
Abbildung 29: Verteilung der Abbauleistung der Wasseraufbereitungsanlagen hinsichtlich <i>E. coli</i> unter Zugrundelegung von Zulaufwerten <i>E. coli</i> >0 KBE/100ml und Annahme das Werte <15 = 5 KBE/100ml entsprechen im Wertebereich 50 bis 100.....	46
Abbildung 30: Verteilung der Abbauleistung der Wasseraufbereitungsanlagen hinsichtlich <i>E. coli</i> unter Zugrundelegung von Zulaufwerten <i>E. coli</i> >15 KBE/100ml und Annahme das Werte <15 = 5 KBE/100ml entsprechen im Wertebereich 50 bis 100.....	47
Abbildung 31: Darstellung der Mittelwerte von <i>Pseudomonas aeruginosa</i> in KBE/100ml im Beckenwasser in Abhängigkeit der Varianz der Filterbeschickung 12 h vor dem Probenahmetermin. ....	49
Abbildung 32: Mittelwert von <i>Pseudomonas aeruginosa</i> im Beckenwasser in Abhängigkeit der realen Umwälzrate bezogen auf die letzten 12 Stunden mittl. Anlagenleistung.....	50
Abbildung 33: Mittelwert von <i>E. coli</i> im Beckenwasser in Abhängigkeit der realen Umwälzrate bezogen auf die letzten 12 Stunden mittl. Anlagenleistung .....	50
Abbildung 34: Konzentration von <i>Pseudomonas aeruginosa</i> in Abhängigkeit der Wassertemperatur.....	52
Abbildung 35: Anzahl der Messungen für <i>Pseudomonas aeruginosa</i> in verschiedenen Temperaturbereichen.....	52
Abbildung 36: Keimzahlen (KBE/100ml) von <i>Pseudomonas aeruginosa</i> und korrespondierende Nitratkonzentrationen im Beckenwasser (Schwimmer, Nichtschwimmer, Planschbecken) und im Reinwasser des Naturbades ID 60 während der Saison 2008 und 2009. ....	54
Abbildung 37: Analyse des Zusammenhangs zwischen Nitratwerten und den Konzentrationen von <i>Pseudomonas aeruginosa</i> in Naturfreibädern (n = 621).....	54



---

Abbildung 38: Bakterienverteilung nach Kontamination .....	60
Abbildung 39: <i>E. coli</i> Reduktion gemittelt .....	61
Abbildung 40: iEnterokokken Reduktion gemittelt .....	61
Abbildung 41: Vergleich Roh- zu Reinwasser für <i>E. coli</i> .....	62
Abbildung 42: Vergleich Roh- zu Reinwasser für iEnterokokken .....	62

### **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Übersicht der Arbeitsschwerpunkte der Kooperationspartner .....	4
Tabelle 2: Liste der in DANA erfassten Bäder mit dem dazugehörigen Bundesland.....	7
Tabelle 3: Liste der in DANA erfassten Bäder mit den in der Datenbank vorliegenden Badesaisons. ....	8
Tabelle 4: Liste der in DANA erfassten Datengruppen für die einzelnen Bäder.....	15
Tabelle 5: Anzahl ausgesuchter Daten aus den Betriebshandbüchern.....	29
Tabelle 6: Darstellung der Grenzwertüberschreitungen bäderbezogen .....	35
Tabelle 7: Ausgesuchte wasserchemische Parameter .....	40
Tabelle 8: Phosphorkonzentration im Beckenwasser.....	41



## **1 Projektbeteiligte**

### **Projektverantwortlicher: Polyplan GmbH**

Polyplan (Bremen) Fahrenheitstraße 1  
28359 Bremen  
Dipl. Ing. Stefan Bruns  
Tel.: 0421 – 17 87 6 - 0  
E-Mail: info@polyplan-gmbh.de

### **1. Kooperationspartner: KLS - Gewässerschutz**

KLS-Gewässerschutz (Hamburg) Neue Große Bergstraße 20  
22767 Hamburg  
Dr. Jürgen Spieker  
Tel.: 040 – 38 61 44 60  
E-Mail: info@kls-gewaesserschutz.de

### **2. Kooperationspartner: Institut für Statistik**

Universität Bremen TAB, Am Fallturm 1  
28359 Bremen  
Werner Wosniok  
Tel.: 0421-218-3471  
E-Mail: wwosniok@math.uni-bremen.de  
(Kündigung der Zusammenarbeit zum 01.03.2010)

### **1. Unterauftragnehmer: Ravenworks GbR**

Mary-Astell-Straße 10  
28359 Bremen  
Dr. Andreas Wittek  
Tel.: 0421 - 22 39 70 0  
E-Mail: info@ravenworks.de

### **2. Unterauftragnehmer: iTech Laux & Schmidt GmbH**

Finkestraße 34  
33165 Lichtenau  
Daniel Laux  
Tel.: 05292 - 93 19 33  
E-Mail: Daniel.Laux@itech-gmbh.de

## **2 Zusammenfassung**

Durch das Forschungsprojekt Datenbank Naturfreibäder (DANA) wurden erstmalig sämtliche erhobenen Bäderdaten von insgesamt 34 Einzelbädern über einen Zeitraum von 9 Jahren in einen gemeinsamen Datenpool zusammengeführt.

Dabei ist es gelungen, Daten verschiedener Datenquellen (Betriebsdaten: Aufzeichnungen Schwimmmeister, SPS-Datenlogs, Hygienedaten, limnologische (gewässerökologische) Daten) und mit dementsprechend vielfältigen Datenformaten in einem System zusammenzuführen.

Für den Kreis der am Bäderbetrieb beteiligten Personen (Betreiber, Überwachungsbehörden, Labore, Planer, Ingenieure, etc.) wurde mit DANA eine internetbasierende Plattform geschaffen, die einen zeitnahen Zugriff von jedem internetfähigem Arbeitsplatz auf den aktuellen Datenbestand erlaubt. Darüber hinaus wurde ein Client entwickelt, der schnell standardisierte grafische Auswertungen zu verschiedenen Betriebsparametern ermöglicht. DANA bewerkstelligt weiterhin den Austausch und die Aktualisierung wichtiger Betriebsdokumente wie z.B. Arbeitsanleitungen, Zeichnungen, Leitungspläne, Messpläne. In der Praxis hat sich gezeigt, dass dieses Werkzeug im Rahmen der Koordination bei Betriebsstörungen wesentlich dazu beiträgt, eine schnelle und effiziente Problemlösung herbeizuführen und die Naturfreibäder in Ihrer Betriebssicherheit zu optimieren.

Für den Bereich der Forschung und Entwicklung wurde ein bäderübergreifendes Abfragemodul entwickelt, das einerseits durch eine anonymisierte Darstellung der Bäderdaten dem Datenschutz Rechnung trägt, andererseits aber auch gezielte Abfragen über den Gesamtdatenbestand ermöglicht, so dass tiefer gehende Betrachtungen und neue Erkenntnisse zur Funktion der Naturfreibäder möglich werden.

Damit diese neuen Erkenntnisse auch einen Niederschlag in der Praxis finden, wurden zwei Experten-Arbeitskreise gegründet, die sich mit Fragen zur Hygiene und zur energetischen Optimierung der Naturfreibäder befassen. Über diese Gremien sollen die neuen Erkenntnisse in die Regelwerksausschüsse des Umweltbundesamtes (UBA), der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) und der Deutschen Gesellschaft für das Badewesen e. V. (DGfDB) transferiert werden.

Die gewonnenen Erkenntnisse aus DANA haben bereits in dem neuen Regelwerk der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) „Richtlinien für Planung, Bau, Instandhaltung und Betrieb von Freibädern mit biologischer Wasseraufbereitung (Schwimm- und Badeteiche)“ Niederschlag in der Praxis gefunden. Um den weiteren praktischen Bezug zu fördern werden die Experten-Arbeitskreise weiter arbeiten und neue Erkenntnisse aus DANA in die Arbeit der oben genannten Gremien einfließen.

### **3 Zielsetzung und Veranlassung**

In den vergangenen Jahren haben Naturfreibäder als kostengünstige Alternative und vom Badegast gut angenommenes Ergänzungsangebot zu desinfizierten Beckenbädern enorm an Attraktivität gewonnen und entwickeln sich zunehmend zu technischen Freibädern mit biologisch-mechanischer Wasseraufbereitung in einem hoch frequentierten urbanen Umfeld. Dieser Bädertyp stellt eine Erweiterung neben den desinfizierten konventionellen Beckenbädern nach DIN 19643 dar, die Gesundheits- und Umwelt belastende Chlorprodukte einsetzen. Neben dem Kostenfaktor ist daher der gesundheitliche und ökologische Aspekt der Naturfreibäder positiv zu beurteilen. In der öffentlichen Diskussion wird jedoch häufig kritisiert, dass die biologisch-mechanische Wasseraufbereitung der Naturfreibäder keinen hygienisch einwandfreien Betrieb gewährleisten kann. So reagieren die Gesundheitsämter mangels einer erprobten Gegenmaßnahme, wie sie die erhöhte Zugabe von Chlor in desinfizierten Beckenbädern darstellt, sensibler auf Keimzahlüberschreitungen in Naturfreibädern als in desinfizierten Beckenbädern. Diese kritische Haltung kann bislang nicht entkräftet werden, da die Kenntnisse über die entscheidenden Einflussgrößen und ihr Zusammenwirken äußerst lückenhaft sind.

Zudem existieren in Bezug auf den Wasser- und Energieeinsatz in Naturfreibädern nur unzureichende Daten. Weiterhin sind die von den gültigen Regelwerken (UBA, FLL) vorgegebenen Anforderungen an die Kontrolle der Wasserqualität noch nicht so ausgereift, dass damit sichere Ursache-Wirkungsbeziehungen bei Betriebsstörungen erfasst werden können. Bisher werden nur in einer Minderheit der heute existierenden Naturfreibäder Daten erhoben, die den Ansprüchen an eine sichere Betriebsführung gerecht werden. Der Bedarf an einer fundierten Datenerhebung in Naturfreibädern lässt sich also einerseits daraus ableiten, dass es immer wieder unvorhersehbare Betriebsstörungen gibt, z.B. mit Grenzwertüberschreitung von sog. ‚Leitkeimen‘, wie *Pseudomonas aeruginosa*, deren Mechanismen bisher nicht nachvollziehbar sind. Andererseits herrscht ein genereller Mangel an gesicherten und fundierten Daten.

Anlass dieses Vorhabens ist somit der Mangel an einer gesicherten Datenbasis zu den verschiedenen Parametern und ihren Wechselwirkungen, welche die für den Betrieb eines Naturfreibades kritische Größe an Leitkeimen beeinflussen. Ziel dieses Vorhabens ist es, die komplexen Wechselwirkungen zwischen den gewässerökologischen, hygienischen, technischen und physikalischen Betriebsgrößen zu verstehen und darzustellen, und so eine Basis zu deren gezielten Beeinflussung und Regelung zu schaffen. Nur so kann letztlich das umweltrelevante Potenzial von Naturfreibädern genutzt und die Betriebssicherheit erhöht werden. Dafür bedarf es einer:

1. systematischen Spezifikation nach Bäder-, bzw. Beckentypen (Grad der Nutzung, Naturnähe)

2. Datenerhebung von Betriebshandbuch, Onlinemessdaten, Hygiene- und Limnologiedaten
3. Analyse und Auswertung dieser heterogenen Datenbasis mit geeigneten und wissenschaftlich anerkannten mathematisch-statistischen Methoden.

In einem ersten Schritt sollen Erkenntnisse aus einer fundierten Auswertung bereits vorliegender Daten gewonnen werden, um in weiteren Einzelschritten eine Datenbank zu entwickeln und diese schließlich im Bäderbetrieb einzusetzen. Sie wird Einfluss nehmen auf:

1. die zukünftige Normung im Rahmen der FLL-Regelwerke und die Zuarbeit für die Schwimm- und Badebeckenwasserkommission des Umweltbundesamtes.
2. die fundierte Einbindung von Ergebnissen im Rahmen unserer Tätigkeit im Bundesfachverband öffentlicher Bäder (Boeb), Arbeitskreis Bädertechnik (heute: Deutsche Gesellschaft für das Badewesen e. V.)
3. den sicheren Bäderbetrieb vor Ort
4. die Betriebssicherheit der Naturfreibäder allgemein
5. und letztendlich die Absicherung für die zuständigen Gesundheitsämter

Das Projekt hatte eine Laufzeit von 2 Jahren (Start 05/2008) und wurde mit folgenden Arbeitsschwerpunkten und Kooperationspartnern bzw. Unterauftragnehmern durchgeführt:

Tabelle 1: Übersicht der Arbeitsschwerpunkte der Kooperationspartner

1 Pflichtenheft	alle Projektbeteiligten
2 Referenzobjekte	Polyplan (PP), KLS-Gewässerschutz (KLS)
3 Entwicklung Datenbank:	Ravenworks (Rw)
Design	Rw
Daten: Erhebung und Input	iTech
Client, Visualisierungstool	iTech, Rw
4 Statistik Modul	Institut für Statistik, Universität Bremen (IfS)
5 Datenaufbereitung	Rw, KLS, PP, iTech
Validierung	alle Projektbeteiligten
Entwicklung Prüfberichte	Rw, KLS, PP
6 Verbreitung der Ergebnisse	KLS, PP, IfS

Eine Verlängerung der Projektlaufzeit bis Ende 2010 ergab sich durch die Kündigung eines Kooperationspartners und die Neuausrichtung des Projektes zum Ende des Jahres 2009. Darüber hinaus waren weitere zeitliche Verzögerungen durch eine dauerhafte Erkrankung eines Programmierers begründet.

Es zeigte sich bereits bei ersten statistischen Auswertungen, dass eine statistische Datenauffüllung zwischen den einzelnen Messtagen kaum sinnvoll erscheint. Damit wissenschaftliche Daten-Auswertungen mit dem Datenbestand dennoch durchgeführt werden

können, sollte in der Fortsetzung des Projektes eine praktikable Abfrageplattform an den Gesamtdatenbestand für Wissenschaftler geschaffen werden.

Es wurden zwei neue Experten-Arbeitskreise gegründet, die mit Hilfe des Abfragemoduls zu den Themenschwerpunkten Hygiene und energetische Bäderoptimierung weitere Forschung betreiben. Die gewonnen Erkenntnisse sollen publiziert und in die Regelwerksausschüsse getragen werden.

## **4 Ergebnisse und Diskussion**

Ein wesentliches Ergebnis dieses Forschungsprojektes ist die Datenbank an sich. Erstmals werden umfassende Daten zu verschiedenen Naturfreibädern aus verschiedenen Datenquellen zusammengetragen und aufbereitet, so dass sie wissenschaftlich ausgewertet werden können. Aufgrund der komplexen Zusammenhänge im „technikbeeinflussten Gewässerökosystem Naturfreibad“ zeigen die ersten Auswertungen und Erkenntnisse, dass einfache kausale Zusammenhänge zwischen den Überwachungsparametern nur selten herstellbar sind. Daher sind für spezielle Fragestellungen weitergehende Messreihen erforderlich, die im Vergleich zur Routineüberwachung i.d.R. eine tiefere Datendichte aufweisen müssen. Dies wurde im Rahmen des Projektes für verschiedene Fragestellungen erstmalig durchgeführt.

Für weitere fachliche Auswertungen wurde der Datenbestand spezifisch ausgewertet. Im Folgenden werden die Inhalte der Arbeitspakete dargestellt.

### **4.1 Pflichtenheft (Arbeitspaket 1)**

Unter Mitwirkung aller Projektbeteiligter wurde das Konzept der Datenbank entworfen und festgelegt. Dies beinhaltete die Festlegung der Erfassungsdaten, den Datenfluss, die Organisation und die Struktur der Datenbank. Es sollten Datenfilter, basierend auf den statistischen Analysen der verfügbaren Bestands-Daten entwickelt werden. Dies aber wurde mit zunehmendem Erkenntnisgewinn aufgrund statistischer Unsicherheiten verworfen.

Stattdessen wurden Abfrageoberflächen entwickelt, die sowohl für den Anwender auf Badeebene, als auch für Wissenschaftler bäderübergreifend zur Verfügung stehen und zu Auswertungs- und Analysezwecke genutzt werden können.

Die Ergebnisse der einzelnen Arbeitspakete sind in den folgenden Kapiteln dargestellt.

### **4.2 Auswahl der Naturfreibäder (Arbeitspaket 2)**

Es erfolgte eine Auswahl geeigneter Naturfreibäder bzw. Schwimm- und Badeteichanlagen, die als Referenzbäder in die Studie mit einbezogen wurden. Ziel der Auswahl war es, eine möglichst breite Palette an Bäderformen, Aufbereitungsmethoden und beauftragten Planungsbüros sowie verschiedene geographische Lagen abzudecken. Derzeit befinden sich Bestandsdaten von 34 Naturfreibädern aus ganz Deutschland in der Datenbank. In Tabelle 2 sind die in DANA erfassten Bäder und ihre geografische Lage nach Bundesländern aufgelistet. In dieser Tabelle sind die Naturfreibäder namentlich erwähnt. Im Folgenden



werden die Bäder und die damit zusammenhängenden Daten meist anonymisiert mit dem im Datenbanksystem DANA verwendeten Bäder-Index dargestellt.

Tabelle 2: Liste der in DANA erfassten Bäder mit dem dazugehörigen Bundesland.

<b>Bad</b>	<b>Bundesland</b>
Naturerlebnisbad Niederalfingen (Hüttlingen)	Baden-Württemberg
Troase (Trossingen)	Baden-Württemberg
Naturbad Sulz	Baden-Württemberg
Murg	Baden-Württemberg
Glatten	Baden-Württemberg
Felsenbad Pottenstein	Bayern
Naturfreibad Ebrach	Bayern
Familien-Vital-Park Burgberg-Blaichach	Bayern
Stadionbad Bremen	Bremen
Teich PP	Bremen
Naturerlebnisbad Niestetal	Hessen
Freibad Terrano (Gudensberg)	Hessen
Wellnessdüne 6	Mecklenburg-Vorpommern
Freizeitbad Bassum	Niedersachsen
Naturbad Kirchdorf	Niedersachsen
Waldschwimmbad Hude	Niedersachsen
Naturbad Bardowicker Strand	Niedersachsen
Naturbad Altenautal	Niedersachsen
Flussbad Mühlenhunte	Niedersachsen
Naturbad Zeven	Niedersachsen
Nordseelagune Burhave	Niedersachsen
Naturbad Riepe	Niedersachsen
Privatbad Sottrum	Niedersachsen
Privatbad Rotenburg	Niedersachsen
Grambker See	Niedersachsen
Naturbad Biebertal (Menden)	Nordrhein-Westfalen
Naturfreibad Wetter	Nordrhein-Westfalen
Naturbad Froschloch	Nordrhein-Westfalen
Naturbad Hallenberg	Nordrhein-Westfalen
Natur-Erlebnisbad Bingen-Bingerbrück	Rheinland-Pfalz
Naturbad Primstal (Nonnweiler)	Saarland
Naturbad Heilborn (Merzig)	Saarland
Ökobad Nordgermersleben	Sachsen-Anhalt
Naturerlebnisbad Büdelsdorf	Schleswig-Holstein

Die Tabelle 3 gibt einen Überblick über die in DANA erfassten Bäder und die saisonalen Datensätze, die für diese Bäder vorliegen.

Tabelle 3: Liste der in DANA erfassten Bäder mit den in der Datenbank vorliegenden Badesaisons.

Bäder Index	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
10				x	x	x	x	x	
20				x	x	x			x
30				x	x	x	x	x	
40				x	x	x	x	x	x
50					x	x	x	x	x
60					x	x	x	x	x
70				x	x	x	x		
80					x	x	x	x	
90		x	x	x	x	x	x	x	x
100				x	x	x	x	x	x
110					x	x	x	x	
120					x	x	x	x	
130					x	x	x	x	x
140					x	x	x	x	x
150					x	x	x	x	
160	x	x	x	x	x	x	x	x	
180							x	x	x
190							x	x	x
210							x	x	x
220						x	x	x	x
230						x	x	x	x
240						x	x	x	x
250					x		x	x	
260							x	x	x
270								x	x
280								x	x
290								x	x
300									x
310									x
5000								x	
5001								x	
5002								x	

Der Datenumfang und die Datendichte zu den einzelnen Bädern ist sehr unterschiedlich, da die Dokumentationsgefligkeiten einerseits sehr stark von den Bauauflagen der

Aufsichtsbehörden abhängen und selbst innerhalb eines Bundeslandes sehr unterschiedlich sein können. Andererseits ist der Dokumentationsumfang sehr stark von den Gewohnheiten der Betreiber und auch von den verantwortlichen Einzelpersonen abhängig. Zusätzlich ist die Anzahl der Jahre, in denen eine Datenerhebung stattfand, für die einzelnen Bäder unterschiedlich. Mit dem verfügbaren Datenbestand wurden die in Kapitel 4.8.2 dargestellten Auswertungen durchgeführt.

### 4.3 Entwicklung der Datenbank (Arbeitspaket 3.1)

Die Struktur und der Aufbau der Datenbank wurden von den Projektpartnern Polyplan, KLS-Gewässerschutz und Ravenworks gemeinsam entwickelt. Die Programmierung erfolgte durch den Unterauftragnehmer Ravenworks.

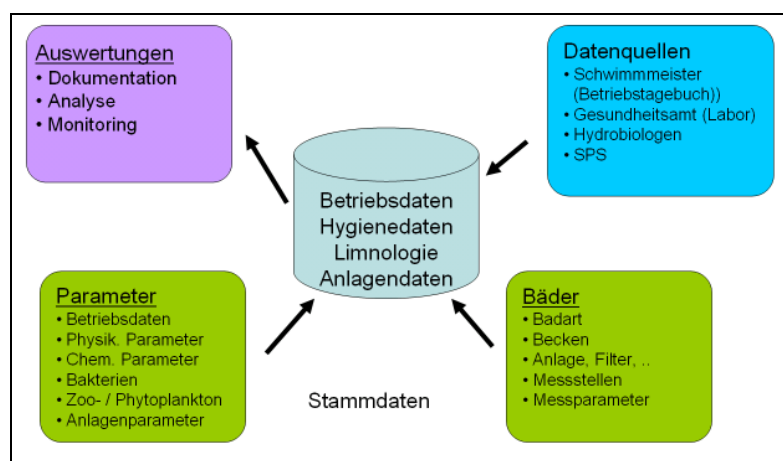


Abbildung 1: Programm- und Datenbankstruktur

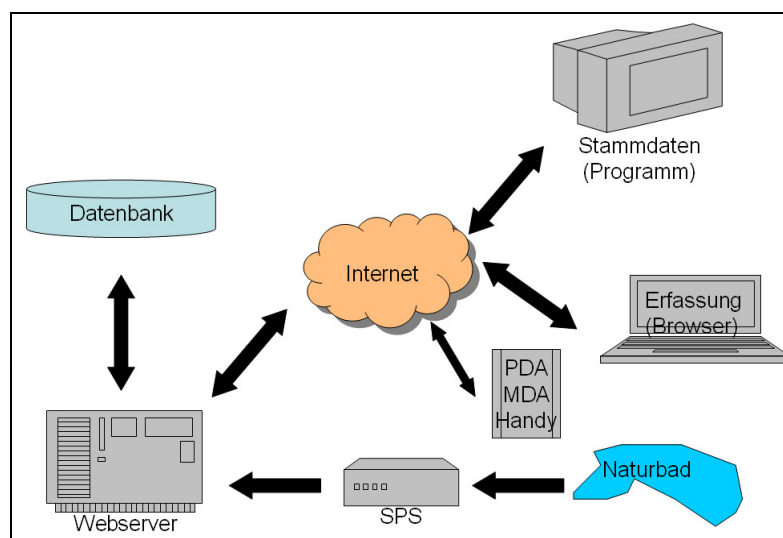


Abbildung 2: Datenfluss

Die Datenhaltung (eigentliche Datenbank) basiert auf einer MySQL-Datenbank. Ein serverseitiges Programm (umgesetzt als Java Servlet, d.h. programmiert in Java) vermittelt zwischen Client und Datenbank. Die sogenannte Businesslogik wird im Server zur Verfügung gestellt.

Grundsätzlich stehen zwei Arten von Clienten zur Verfügung:

- Client zur Manipulation der Stammdaten
- Client zur Erfassung von Messdaten

Der Client zur Einrichtung und Manipulation der Stammdaten ist in Java programmiert und stellt sich als eine Standard-Applikation dar. Auf dieser Ebene können sämtliche bäderspezifische Stammdaten wie Beckenarten, Beckengröße, Art der Wasseraufbereitung, bis hin zu den Betreiberdaten und andere Projektbeteiligte hinterlegt werden.

Zu diesen Stammdaten gehören aber auch sämtliche Messdaten, die vom Einzelparameter inkl. Messeinheit und anzuwendender Normen sowie Messzyklen hinterlegt werden können.

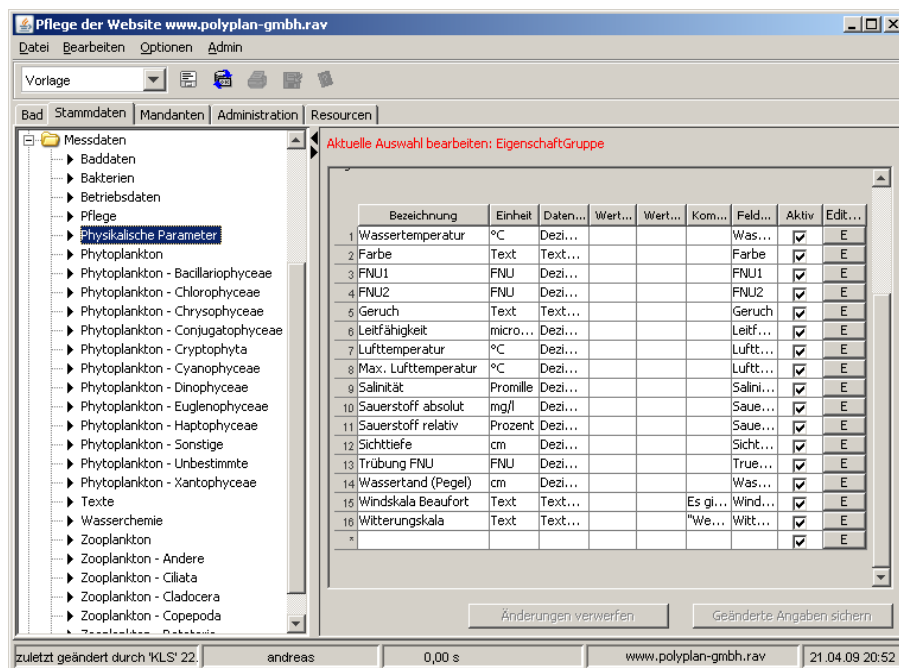


Abbildung 3: Client zur Manipulation der Stammdaten für den Datenbanknutzer auf Administratorebene

Der Client zur Erfassung der eigentlichen Betriebsdaten ist als Browseranwendung programmiert, d.h. sie läuft in jedem aktuellen Internetbrowser. Dieser Client bietet dem eigentlichen Datenbanknutzer bzw. Anwender (Betreiber, Schwimmmeister, Labore etc.) eine eigene Oberfläche zur Datenansicht, Datenpflege bzw. Datenerfassung. Jede Einzelperson

bekommt ein eigenes Benutzerprofil zugewiesen, das ihr die Rechte gibt, bestimmte Daten zu betrachten oder zu manipulieren.

Für die Dateneingabe über Mobiltelefone (Handys) wurde eine eigens reduzierte Benutzeroberfläche programmiert.

Abbildung 4: Browsergestützte Anwenderoberfläche, Bsp. Naturbad Primstal für die Eingabemaske Nichtschwimmer Gesundheitsamtsdaten

Der Betreiber als Eigentümer seiner Bäderdaten erklärt im Vorfeld der Projektteilnahme in einer schriftlichen Bestätigung, welche Personenkreise in welchem Umfang Zugriffsrechte auf seine Daten erhalten sollen. Dabei wird differenziert zwischen Schreib-, Lese- und download-Rechten. Zudem kann der Betreiber erklären, ob bestimmte Personenkreise diese Daten nur anonymisiert einsehen und weiterverwenden dürfen.

Für Anwender aus Forschung und Entwicklung wurde eine eigene anonymisierte Benutzeroberfläche programmiert. In diesem Profil können nur die Rohdaten eingesehen werden, eine direkte Zuordnung des Bades ohne Kenntnis der Indexcodierung ist nicht möglich.

<b>Vereinbarung über die Zugriffsrechte und die Erhebungspflichten von Bäderdaten</b>				
<b>Stadt xxx</b> Frau Meier Am Markt 4 12345 Neustadt		<b>Naturbad xxx</b> Sonnenkamp Beispielstadt		
<b>x = eindeutige Zuordnung</b> <b>0 = anonymisiert</b> <b>(---) = gesperrt</b>				
	<b>Datenerhebungen</b>	<b>Lesen</b>	<b>Schreiben</b>	<b>download</b>
<b>Badbetreiber</b> Stadt xxx Anschrift: Am Markt 4 12345 Neustadt	Stammdaten	x	(---)	x
	Hygienesdaten	x	x	x
	Betriebsdaten	x	x	x
	SPS-Daten	x	(---)	x
	Limnologische Daten	x	(---)	x
<b>Allg. + Techn. Betriebsbetreuung</b> Polyplan GmbH Überseetor 14 28217 Bremn	Stammdaten	x	x	x
	Hygienesdaten	x	(---)	x
	Betriebsdaten	x	(---)	x
	SPS-Daten	x	x	x
	Limnologische Daten	x	(---)	x
<b>Limnologische. Betriebsbetreuung</b> KLS Gewässerbetreuung Neue Große Bergstr. 20 22767 Hamburg	Stammdaten	x	(---)	x
	Hygienesdaten	x	(---)	x
	Betriebsdaten	x	(---)	x
	SPS-Daten	(---)	(---)	(---)
	Limnologische Daten	x	x	x
<b>Wasseruntersuchungen - Labor</b>	Stammdaten	x	(---)	(---)
	Hygienesdaten	x	(---)	x
	Betriebsdaten	(---)	(---)	(---)
	SPS-Daten	(---)	(---)	(---)
	Limnologische Daten	(---)	(---)	(---)
<b>Gesundheitsamt Nebenstelle</b> Herr Meyer Amtsallee 4 12345 Neustadt	Stammdaten	x	(---)	(---)
	Hygienesdaten	x	(---)	x
	Betriebsdaten	x	(---)	x
	SPS-Daten	x	(---)	(---)
	Limnologische Daten	x	(---)	x
<b>Wissenschaftler / Institutionen</b>	Stammdaten	0	(---)	(---)
	Hygienesdaten	0	(---)	0
	Betriebsdaten	0	(---)	0
	SPS-Daten	(---)	(---)	(---)
	Limnologische Daten	0	(---)	0

Abbildung 5. Zugriffsmatrix, Betreibererklärung

#### **4.4 Erfassen und Auswerten limnologischer Daten, Hygiene-, Hydraulik und Morphologie (Arbeitspaket 3.2)**

Die Morphologie bzw. die technischen Kenndaten der einzelnen Bäder wurden durch Polyplan und KLS-Gewässerschutz innerhalb der Stammdaten angelegt und erfasst.

Während des Projektes fand eine laufende Erfassung der relevanten hygienischen und gewässerökologischen Daten sowie eine betriebsbegleitende Auswertung in Form von Prüfberichten statt. Ein Beispiel eines solchen Prüfberichtes ist dem Anhang 1 beigelegt.

Zusätzlich standen den Bädern während der Saison eine technische Betreuung und eine telefonische Beratung bei Problemen (über eine Hotline) zur Verfügung.

Die Erfassung und Auswertung der für die Bäder relevanten Daten beinhalten dabei folgende Parameter:

Temperatur, Sauerstoffgehalt, Sauerstoffsättigung, pH-Wert, Sichttiefe, Leitfähigkeit, Phosphorgehalt, Nitratgehalt, Ammoniumgehalt, Säurekapazität, Gesamthärte, Phytoplankton, Zooplankton, *Escherichia coli*, Enterokokken, *Pseudomonas aeruginosa*, Hydraulik, Nutzungsintensität und Beckenmorphologie. Die Parameter werden in unterschiedlichem Umfang in den Nutzungsbereichen (Schwimmer, Nichtschwimmer, Springer, Planschbecken) und in den verschiedenen Aufbereitungsbereichen (Filtersysteme) und im Füllwasser erhoben.

Streng genommen haben alle Parameter einen limnologischen Bezug. Die Limnologie umfasst sämtliche, auf ein Gewässerökosystem Einfluss nehmende Parameter. Die Daten für die Naturfreibäder werden jedoch an verschiedenen Stellen erhoben und wurden deshalb in der Datenbank in verschiedene Datengruppen zusammengefasst und als einzelner Eingabeblock in den Stammdaten der Datenbank angelegt:

- Betriebstagebuch
- Gesundheitsamt / Labor
- Limnologie Nährstoffe
- Limnologie Phytoplankton
- Limnologie Zooplankton
- SPS (Speicher-Programmierte-Steuerung)

Das **Betriebstagebuch** beinhaltet tägliche Messungen und Aufzeichnungen der Sondenparameter (Sauerstoff, Temperatur, pH-Wert, Sichttiefe), Besucherzahlen, Pumpenlaufzeiten, Füllwassernachspeisungen, Witterungsverhältnisse, Maßnahmen, Pflege und sonstige Vorkommnisse im Bad. Die Messungen und Aufzeichnungen werden durch das Badpersonal vor Ort (Betreiber, Schwimmmeister) durchgeführt.

Der Block **Gesundheitsamt / Labor** beinhaltet die Daten, die das jeweilige zuständige Gesundheitsamt oder Labor im Rahmen der hygienischen Überwachung des Naturfreibades erhebt. Dabei handelt es sich um die mikrobiellen Überwachungsparameter *Escherichia coli*, Enterokokken und *Pseudomonas aeruginosa*. Begleitend werden in den meisten Fällen auch die Wassertemperatur, der pH-Wert, der Sauerstoffgehalt – und in wenigen Fällen - auch die Leitfähigkeit, der Phosphor- und Stickstoffgehalt, Säurekapazität und Gesamthärte, der Eisen- und Mangangehalt sowie der Calcium- und Magnesiumgehalt bestimmt. Die Untersuchungen finden im wöchentlichen bis 14-tägigen Rhythmus statt. Eine Ausnahme stellen die

Füllwasseruntersuchungen dar, die meist ein bis zweimal jährlich durchgeführt werden und zusätzlich die Parameter nach Trinkwasser-VO nachweisen müssen.

Der Block **Limnologie Nährstoffe** beinhaltet die Erhebung der Nährstoffparameter Phosphor, Nitrat, Ammonium, Säurekapazität und Gesamthärte. Die Daten werden im monatlichen Rhythmus durch KLS-Gewässerschutz erhoben wobei die Probenahmen in der Regel nach Einweisung durch das Betriebspersonal erfolgen.

Der Block **Limnologie Phytoplankton** beinhaltet die qualitative und quantitative Erfassung der Artenzusammensetzungen und der Biomassegehalte der planktischen Algengemeinschaft in den Nutzungsbereichen. Die Daten werden im monatlichen Rhythmus durch KLS-Gewässerschutz erhoben.

Der Block **Limnologie Zooplankton** beinhaltet die qualitative und quantitative Erfassung der Artenzusammensetzungen der planktischen tierischen Gemeinschaft ( $>55 \mu\text{m}$ ) in den Nutzungsbereichen. Die Daten werden im monatlichen Rhythmus durch KLS-Gewässerschutz erhoben.

Der Block **SPS** beinhaltet die Erhebung sämtlicher Anlagendaten die automatisiert über Datenschreiber erfasst werden können. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um Sondenparameter wie Temperatur (Luft u. Wasser), und Wassertrübung, aber auch Zählerstände und Laufzeiten von Verbrauchern (Strom, Wasser, Pumpen) sowie Volumenstrommessungen. Die Daten werden im stündlichen Rhythmus erhoben und über eine Fernwartungsschnittstelle via Modem wöchentlich ausgelesen. Aufgrund der Datenmengen ist eine online-Verfügbarkeit für den Betreiber derzeit noch nicht gegeben.

Sämtliche Daten aus den Betriebsjahren 2002 bis 2009 und zum Teil auch bereits aus 2010 wurden durch Polyplan, KLS-Gewässerschutz und Ravenworks in die Datenbank eingegeben.

Allein für das Jahr 2008 enthält die Datenbank 12.000 Messungen für den Block Betriebstagebuch. Dabei entspricht eine Messung einem Satz von Parametern zu einem bestimmten Messzeitpunkt (morgens, mittags, abends, täglich). In dem Block der SPS-Daten für 2008 steigert sich das Datenvolumen aufgrund der dichten Logintervalle auf über 140.000 Datensätze.

Tabelle 4 ist aufgeführt, welche Datengruppen für die einzelnen Bäder in DANA erfasst wurden.



Tabelle 4: Liste der in DANA erfassten Datengruppen für die einzelnen Bäder.

Bäder Index	Betriebs- tagebuch	Gesundheits- amt	Limnologie Nährstoffe	Limnologie Phytoplankton	Limnologie Zooplankton
10	x	x	x	x	x
20	x	x			
30	x	x			
40	x	x	x	x	x
50	x	x	x	x	x
60	x	x	x	x	x
70	x	x			
80	x	x	x	x	x
90	x	x	x	x	x
100	x	x			
110	x	x			
120	x	x	x	x	x
130	x	x		x	x
140	x	x	x	x	x
150	x	x		x	x
160		x			
180	x	x	x	x	x
190	x	x	x	x	x
210	x	x	x	x	x
220	x	x	x	x	x
230	x	x		x	x
240	x	x	x	x	x
250	x	x			
260	x	x			
270	x	x	x	x	x
280	x	x	x	x	x
290	x	x	x	x	x
300	x	x	x	x	x
310	x	x	x	x	x
5000			x		
5001			x		
5002			x		

Seit der Saison 2009 wurden Daten aus dem laufenden Betrieb durch die Projektpartner sowie auch durch die beteiligten Naturfreibäder (Betreiber) online über die Browsermaske in die Datenbank eingegeben.

Zudem wurde eine handygestützte Browsereingabe getestet und optimiert. Dies ermöglicht dem Betriebspersonal direkt an der Messstelle (z.B. Stromzähler) Daten zu erfassen. Dadurch soll der Arbeitsschritt einer handschriftlichen Aufzeichnung wegfallen und die Digitalisierung direkt am Ort der Datenentstehung und Datenablesung erfolgen. Der Anteil von Übertragungsfehlern kann somit erheblich reduziert werden. Die Bereitschaft des Personals sich von alten Gewohnheiten zu lösen und neue Erfassungssysteme auszuprobieren ist jedoch sehr unterschiedlich.



Abbildung 6: Datenerfassung mit dem Handy

#### 4.4.1 Schnittstelle Betriebsdaten / Tabellarische Wochenberichte

Nachdem die Schwimmmeister im Frühjahr 2009 in einem Seminar für die Dateneingabe geschult worden sind (s. Kapitel 5: Öffentlichkeitsarbeit), musste sich das Datenbanksystem in der laufenden Saison dem Praxistest stellen. Um Datenverluste zu vermeiden, wurden die Betriebsdaten zunächst weiterhin in den Papierberichten eingetragen und erst anschließend in das Datenbanksystem manuell eingegeben.

In der Praxis zeigte sich einerseits, dass das Betriebspersonal sich nur sehr schwer von bestehenden Gewohnheiten, den Papierberichten, lösen konnte, denn diese bieten den Vorteil, dass man schnell einen Gesamtüberblick bekommt, ohne zunächst einen Rechner starten zu müssen. Das setzt jedoch voraus, dass die entsprechende Liste auch am richtigen Ort liegt und bei Personalwechsel auch von anderen Personen schnell gefunden wird. Andererseits zeigte sich, dass eine zeitnahe Dateneingabe der Messungen morgens, mittags und abends nicht erfolgt. Viele Schwimmmeister nehmen Ihre Papiertabellen und machen dann schnell zwischendurch Ihre Messungen, wenn der Arbeitsablauf und das Badegastaufkommen es zulassen.

Zudem wird die Dateneingabe unübersichtlich, wenn die Formatierung der Eingabemaske am PC nicht den tabellarischen Papierberichten 1:1 entspricht. Es zeigte sich, dass sich dadurch der Fehlerquotient der manuellen Eingabe erhöhte.

Dies war Anlass, eine Eingabemaske zu programmieren, welche die Datenerfassung für eine komplette Woche abbildet. Das Personal hat somit die Möglichkeit eine Papierliste als Wochenbericht auszudrucken und dort handschriftlich Daten während des Schwimmbadbetriebes zu dokumentieren. Zum Ende der Wochen oder auch täglich können die Daten dann 1:1 in eine gleich formatierte Eingabemaske übertragen werden.

Abbildung 7: Tabellarische Eingabemaske Wochenbericht Betriebsdaten

#### 4.4.2 Schnittstellen für Hygienedaten (Labordaten)

Wichtig für das Gelingen des Gesamtprojektes ist zuallererst die Vollständigkeit und die größtmögliche Qualität der erhobenen Daten. Wichtig ist dafür vor allem die „Einfachheit der Erfassung“, damit der benötigte Zeitaufwand minimiert und dadurch die Bereitschaft zur kontinuierlichen Pflege der Daten erhöht wird. Ebenso sollen Eingabefehler in der Erfassung weitestgehend vermieden werden.

Während es für die Erhebung der Betriebsdaten darum geht, die manuelle Erfassung für die Schwimmmeister so einfach wie möglich zu gestalten (s. „Tabellarische Eingabe“) gibt es für die Hygienedaten, die in den betreuenden Laboren schon digital vorliegen, bessere

Möglichkeiten: Den elektronischen Austausch der Daten über definierte Schnittstellen. Auf Seiten der Labore werden bereits verschiedene derartige Schnittstellen bedient.

Der zu beschreitende Weg ist grob der Folgende: Das Labor erzeugt mit den erfassten Daten eine Datei in einem spezifizierten (Schnittstellen-) Format. Diese Datei wird an den Betreiber des Bades, oder den Betreuer übermittelt (z.B. per E-Mail) und dieser fügt diese Datei, d.h. die darin enthaltenen Daten auf einfache Art und Weise (Upload) den Daten des Bades in DANA hinzu.

#### **4.4.3 Implementierte Schnittstellen**

In Deutschland gibt es leider verschiedene Schnittstellen für den Austausch von Daten, die im Zusammenhang mit der Beprobung von Wasser verwendet werden. Daher ist es für das Projekt DANA nicht ausreichend, nur eine derartige Schnittstelle zu bedienen. Begonnen wurde mit der Implementierung der TEIS 3-Schnittstelle (herausgegeben von „IWW Rheinisch Westfälisches Institut für Wasser Beratungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH“). Weitere Schnittstellen werden in Zukunft folgen.

Vergleiche auch die Übersicht zu den in den Bundesländern verwendeten Schnittstellen unter: <http://www.gw-manager.com/content/view/121/28/>

#### **4.4.4 Vorgenommene Arbeiten**

Der Großteil der Arbeit, die letzten Endes das erweiterte DANA-Programm übernimmt, ist die Zuordnung der Daten, die aus den Laboren kommen, zu den Daten, wie sie in DANA vorliegen. Insbesondere ist dafür notwendig:

- Einlesen der Schnittstellendaten
- Zuordnung der Probestellen der Labore, wie sie über die TEIS-Schnittstelle übermittelt werden zu den Probestellen wie in DANA hinterlegt
- Entsprechend: Zuordnung von Messgrößen, Analyseverfahren etc.
- Abspeichern der Daten

Die DANA-Software wurde daher um folgende Punkte erweitert:

- Stammdaten, die die Zuordnung von externen (Schnittstellen-) Daten zu den in DANA erfassten Daten zu ermöglichen (Messgrößen, Analyseverfahren etc.)
- Stammdatenhaltung, die die Zuordnung von TEIS 3-Daten zu den Daten der einzelnen Bäder erlaubt

- GUI zum Einlesen der gelieferten Daten (Browser gestützt)
- Einlesen von TEIS 3-Daten und Übernahme in die DANA-Strukturen unter Verwendung der hinterlegten Zuordnungsdaten

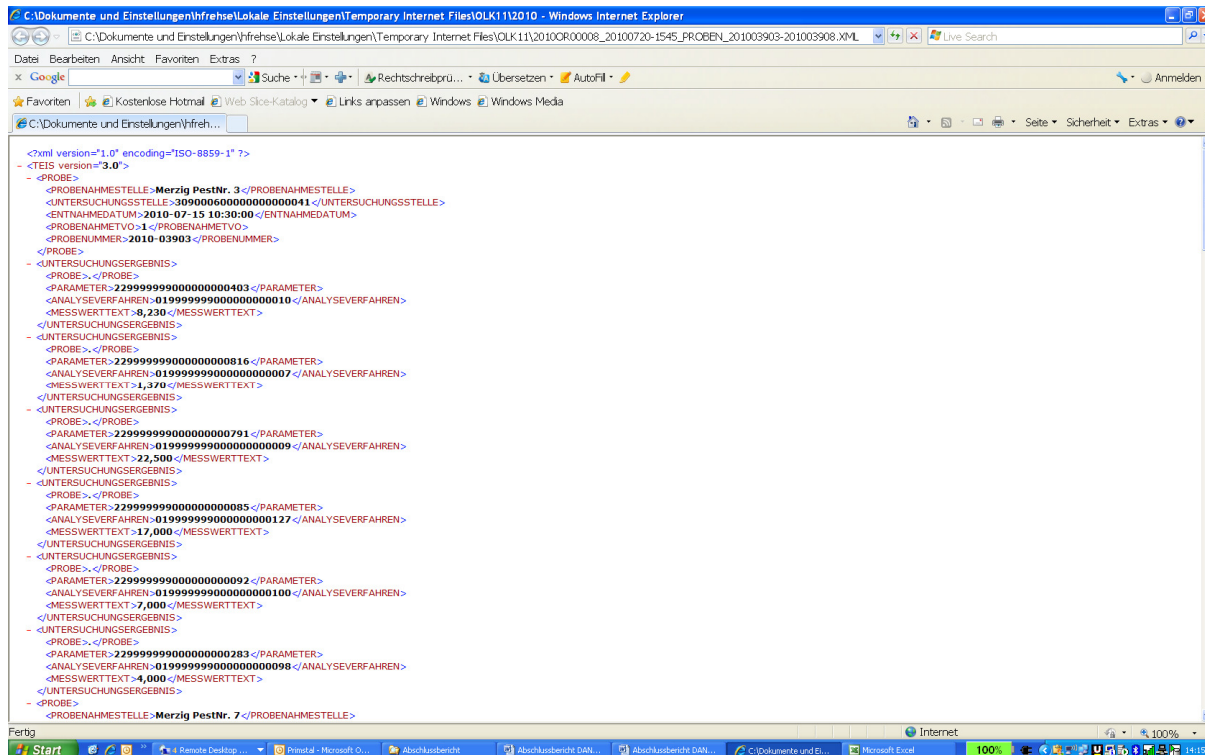


Abbildung 8: Beispiel für eine Datensatzformatierung im TEIS-Format (Ansicht im IE-Explorer)

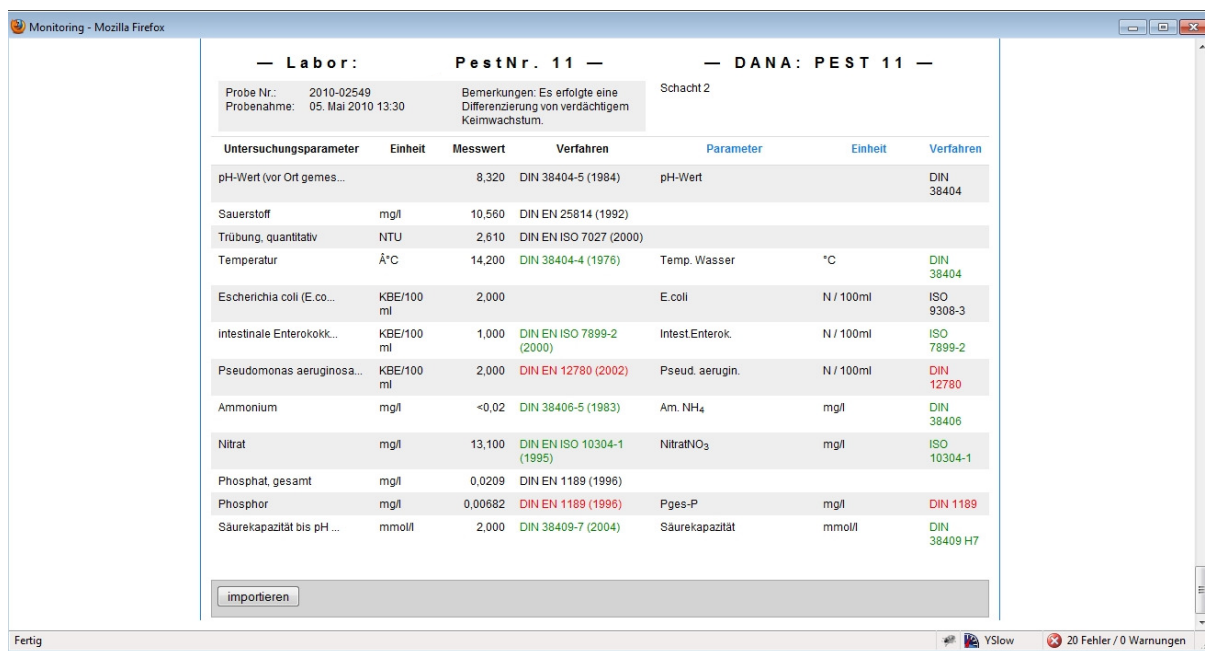


Abbildung 9: Beispiel für einen über die TEIS-Schnittstelle eingelesenen Datensatz

#### **4.4.5 Zukünftige Arbeiten**

Die Grundstruktur für die Einbindung von Daten, die aus Schnittstellendaten kommen, ist jetzt gegeben und kann für weitere Schnittstellendefinitionen verwendet werden. Damit wird der Aufwand zu Bedienung weiterer Schnittstellen in Zukunft geringer sein.

#### **4.5 Clients, Visualisierungstool (Arbeitspaket 3.3)**

Alle betrieblich relevanten Vorgänge in den beteiligten Referenzbädern sowie die Betriebsparameter werden in die Datenbank eingespeist und nach entsprechender Bearbeitung für den Badbetreiber als Diagramm abrufbar visualisiert. Dazu dienen Eingabe- und Erfassungsformulare sowie ein ergänzender ‚Naturfreibad-Client‘. Diese Aufgabe wurde vom Unterauftragnehmer iTech in Abstimmung mit der für die Datenbankentwicklung federführenden Firma Ravenworks geleistet.

Dabei handelt es sich um ein auf Excel basierendes Aufsatzmodul, welches über eine Makroprogrammierung Standarddiagramme zur Visualisierung für den Betreiber erzeugt. Der Anwender klickt dazu auf einen download-button und es werden automatisiert alle aktuellen Daten seines Bades in eine Exceltabelle geschrieben. Es besteht somit auch die Möglichkeit die Daten als Exceltabelle auf der Festplatte zu speichern oder auf anderen Speichermedien zu sichern.

Es öffnet sich automatisch ein DANA-Abfragefenster mit vordefinierten Abfragen, die als farblich hinterlegte Buttons dargestellt werden. Der Anwender kann auch in einem weiteren Register die Abfrage nach seinen Wünschen eingrenzen, indem er beispielsweise die Wasserart (Beckenwasser, Reinwasser, ...), die Beckenart (Schwimmer, Nichtschwimmer, ...) oder die Datenherkunft (Betriebsdaten, Hygieneüberwachung, ...) eingrenzt. Achsenbeschriftungen, Titel und dergleichen können manuell vorgegeben werden. Durch anklicken der Abfragebutton wird dann die Grafik erzeugt. Diese kann anschließend mit den üblichen Excel-Funktionen weiter bearbeitet werden, oder auch in Präsentationen oder Berichten kopiert werden.

In der Testphase 2009 zeigte sich, dass unterschiedliche Excel-Versionen bestimmte individuelle Grundkonfigurationen erfordern, so dass die Grafiken fehlerfrei erzeugt werden können, woraus sich ein erhöhter Betreuungsaufwand für die erstmalige Einrichtung ergab.

Teilweise bestehen auch bei den Nutzern Vorbehalte gegenüber einer Makroprogrammierung, da diese zur Ausführung standardmäßig freigegeben werden muss. Insbesondere bei

Computern die in größeren Netzwerken eingebunden sind, stößt dies aufgrund der Virenproblematik bei den Netzwerkadministratoren auf Vorbehalte.

Für die Einrichtung und Bedienung des Visualisierungstools wurde eine eigene Benutzeranleitung für den Anwender erstellt (s. Anhang 2).

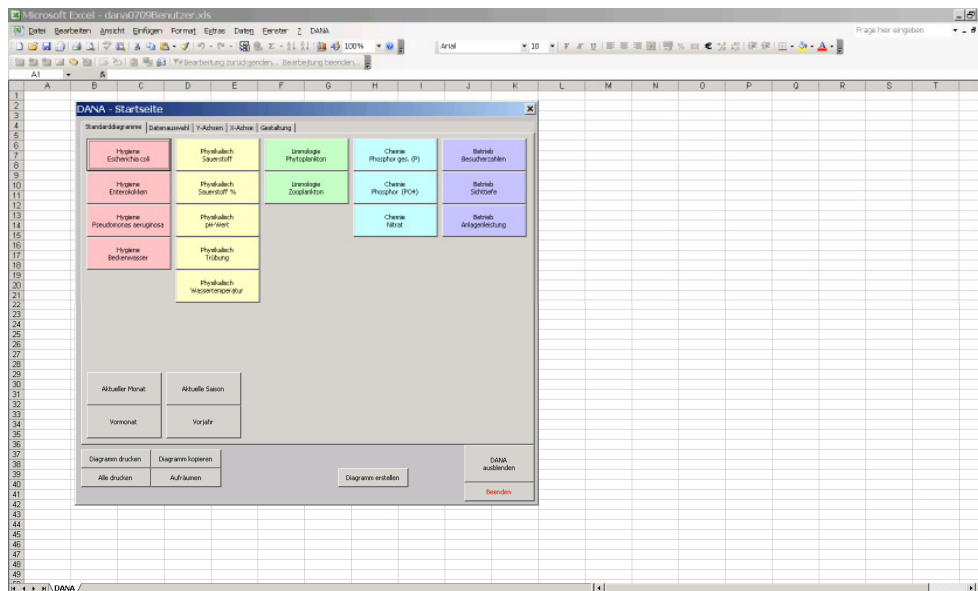


Abbildung 10: Excel Aufsatzmodul zur Erzeugung von Standardvisualisierungen

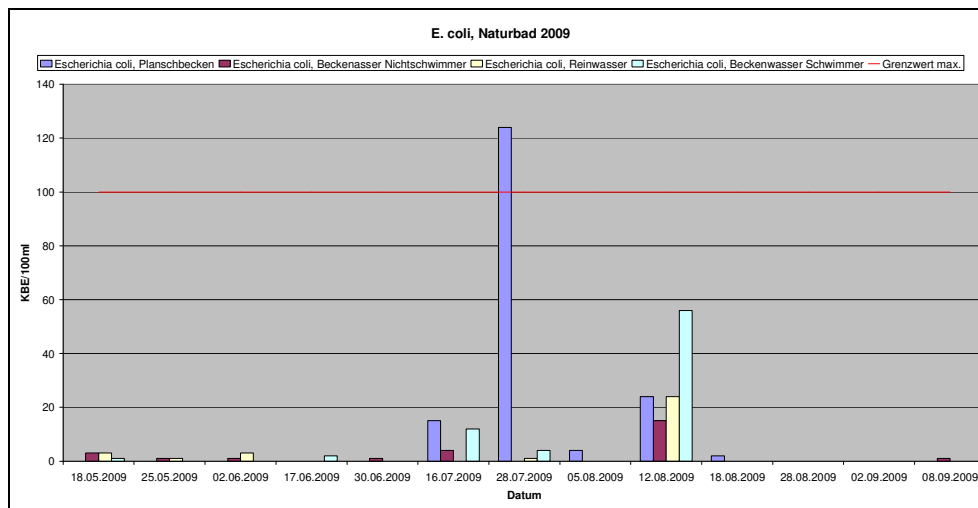


Abbildung 11: Beispiel für eine Standardvisualisierung *E. coli* im Betriebsjahr 2009

#### **4.6 Erstellung des Statistikmoduls (Arbeitspaket 4)**

In einem ersten Ansatz vor der ersten Bäder-Betriebsphase wurde ein Statistikmodul eingesetzt, um bereits vorliegende Bäder-Betriebsdaten daraufhin zu untersuchen, ob zwischen den erhobenen Messgrößen Zusammenhänge bestehen, die für die Planung künftiger Messungen bedeutsam sind. Solche Zusammenhänge können die Gestalt von hoch korrelierten Messungen haben (dann können Messungen reduziert werden), es können sich aber auch Zusammenhänge ergeben, die eine dichtere oder zeitlich anders als bisher organisierte Messstrategie geboten erscheinen lassen.

Das Hauptziel der statistischen Auswertung ist neben der zusammenfassenden Darstellung der erfassten Daten die Untersuchung von Zusammenhängen z.B. zwischen dem hygienischen Status eines Bades und den Faktoren, die diesen Status vermutlich beeinflussen. Der hygienische Status wird im Wesentlichen durch die Keimzahlen von *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* und intestinalen Enterokokken charakterisiert (Zielgrößen), während Kandidaten für erklärende Faktoren in den Aufzeichnungen der Betriebstagebücher, den Gesundheitsamts-Daten, limnologischen Messungen sowie den SPS-Aufzeichnungen zu finden sind. Zum Verständnis der Daten sind weiterhin die Stammdaten eines jeden Bades notwendig.

Für bisherige Auswertungen wurde lediglich ein Teil der vorhandenen Daten ausgenutzt, um weitere existierende Datenbestände für die Validierung von Erkenntnissen nutzen zu können. Benutzt wurden Daten von 15 Bädern, die insgesamt rund 50.000 Datensätze mit insgesamt rund 1.200 Variablen umfassen, wobei nicht jede Variable an jedem Zeitpunkt oder an jedem Standort erfasst wurde.

Eine erhebliche Aufgabe vor der eigentlichen Suche nach Zusammenhängen ist das Zusammenführen von Daten in ein homogenes und damit verknüpfbares zeitliches Raster. Je nach Datenquelle wurden Werte im Abstand von Minuten, Stunden, Tagen oder Wochen erhoben, so dass für nahezu alle Berechnungen eine Interpolation innerhalb einer Daten-Zeitreihe in Richtung auf einen oder mehrere Ziel-Zeitpunkte notwendig ist. Eine solche Interpolation ist in der Regel nur für ein begrenztes Zeitintervall sinnvoll.

Darüber hinaus bleibt jedoch die Frage nach der für eine Variable angemessenen Interpolationsmethode (LOCF - Last Observation Carried Forward, lineare Interpolation, Polynom-Interpolation, interpolierende oder glättende Splines, lokale Regression) zu klären, ebenso wie die weitere Frage, in welcher Weise die Verwendung von solchermaßen adjustierten Daten die daraus entstehenden Schlussfolgerungen beeinflusst.

Interpolierten Daten fehlt in der Regel der Zufallsfehler, den die ursprünglichen Messungen aufweisen, gleichzeitig kann das Interpolationsverfahren unerwünschte Autokorrelationen in der adjustierten Zeitreihe erzeugen. Darüber hinaus zeigen viele Original-Zeitreihen Effekte



von Nachweis- oder Bestimmungsgrenzen, die bei der weiteren Auswertung berücksichtigt werden müssen.

Für eine erste Orientierung wurde das LOCF-Prinzip für die Herstellung eines auswertbaren Datensatzes verwendet. Es zeigten sich fast keine signifikanten, und wenn nur schwache Zusammenhänge zwischen Besucherzahlen, Temperaturen, Nährstoffgehalten, Umwälzleistung und ausgewählten limnologischen Parametern. Die beteiligten Pearson-Korrelationskoeffizienten überschreiten in der Regel nicht den Wert von 0,6 entsprechend 36% erklärter Varianz. Zwischen Keimzahl-Überschreitungen und erklärenden Größen war kein einfacher Zusammenhang festzustellen (logistisches Modell), ebenso wenig wie zwischen Keimzahlen und erklärenden Größen (Poisson-Modell). Alle diese Erkenntnisse stehen jedoch unter dem Vorbehalt, dass hier ein sehr grobes Interpolationsprinzip verwendet und dass verfeinerte Interpolation / Imputation möglicherweise weitere Zusammenhänge erkennen lassen.

Die weitere statistische Datenauffüllung wurde nicht fortgeführt, da sich zeigte, dass damit zu große Unsicherheiten verbunden sind. Stattdessen wurde ein Abfragemodul für die Expertengremien über den Gesamtdatenbestand geschaffen und es wurde ein Hygienearbeitskreises gegründet, um so der mangelnde Statistik durch Expertenwissen zu begegnen.

#### **4.6.1 Experten-Abfragemodul**

Das Abfragemodul enthält bisher eine Liste vorgefertigter Abfragen, hierzu zählen beispielsweise:

1. Ausweis aller Datensätze an denen eine Hygienemessung erfolgte und Darstellung der Besucherzahlen in den 1-5 zurückliegenden Tagen
2. Ausweis aller Datensätze an denen eine Hygienemessung erfolgte und Zusammenstellung der hydraulischen Lastwechsel der letzten 24, 48, 72 h als Varianz, Spitzen- und Min.-Wert.
3. Ausgabe der Hygieneparameter und tagesgleicher Daten aus den Betriebstagebüchern der jeweiligen Bäder nach indizierten Bädern und jeweils nach Datum sortiert.

Darüber hinaus wurde ein Tool mit variablen Abfragen erstellt, das der Anwender in Eigenregie nutzen kann, ohne auf die Hilfe des Datenbank-Administrators angewiesen zu sein.

#### 4.6.1.1 Beschreibung des Expertenmoduls

Der Umfang aber auch die Detaillierung der erhobenen Daten machen es notwendig, dass dem Benutzer/„Auswerter“ der Datenbank einfache Hilfsmittel zum Einsehen oder zum Export der Daten an die Hand gegeben werden. Der Export der rohen Daten mit individueller Visualisierung der Daten als Excel ist an anderer Stelle beschrieben (s. Kapitel 4.5). Hier geht es um weitergehende Auswertungen der Daten, die z.B. Badegastzahlen und Wassertemperaturen (aber natürlich auch andere Größen) in Beziehung zueinander setzen.

Beispiel:

Ist es noch einfach möglich, die täglichen Badegastzahlen zu ermitteln (eine Zahl pro Bad und Tag) und dem Benutzer zur Verfügung zu stellen, so wird es ungleich schwieriger, wenn es „nur“ um die Wassertemperatur geht: Um welche Probenstelle/Wasserart geht es (welches Becken), um welchen Zeitpunkt geht es (morgens/mittags/abends-Messung), wessen Messung ist es (Betriebstagebuch, Hygienemessungen, Limnologie, SPS)? Soll gemittelt werden – falls ja worüber?

Kommt noch hinzu, dass z.B. Daten mit Zeitversatz in Beziehung gesetzt werden (z.B.: „vergleiche Keimzahlen mit den Badegastzahlen der Messung der vorhergehenden 5 Tage“), so wird offensichtlich, dass der „normale Benutzer“ mit der Erstellung derartiger Abfragen an die Datenbank überfordert ist. Auch Werkzeuge, die diesen Typ von Abfragen erlauben, sind zumeist nur für Spezialisten zu bedienen.

Möchte man Daten unterschiedlicher Herkunft miteinander in Beziehung setzen, dann stellen die unterschiedlichen Zeitintervalle für die Erfassung der Messdaten eine weitere Schwierigkeit dar (SPS stündlich, Betriebstagebuch 1-3-mal täglich, Hygienedaten wöchentlich bis 14-tägig, limnologische Daten monatlich während der Saison).

Das erstellte Abfragemodul soll daher die folgenden Anforderungen für den Export bzw. zur Auswertung von Daten erfüllen:

1. Möglichkeit zur Erstellung einfacher Abfragen durch den geübten Benutzer
2. Möglichkeit zur Wiederverwendung dieser Abfragen für den Benutzer aber auch andere Benutzer (Erstellung/Abspeichern von Abfragevorlagen)
3. Hinterlegung von speziellen, komplexeren Abfragen, die auf Anforderung durch den Programmierer vorgenommen (s. Beispiele) und für alle hinterlegt werden.

#### 4.6.1.2 Implementierung einfacher Abfragen basierend auf Stammdaten

Die einfachste Form der Betrachtung der Daten und damit auch des Exportes ist die Darstellung gemessener Größen über die Zeit. Die folgenden Angaben können, bzw. müssen gemacht werden, um einen Export zu spezifizieren:

## 1. Zeitraum

Anzugeben ist der Zeitraum für den die zu exportierenden Daten betrachtet werden sollen.

Um das Datenvolumen beim Export zu reduzieren sind zudem die folgenden Optionen vorgesehen:

- Sollen Datensätze zu Zeiten, an denen keine gewählten Messgrößen erhoben wurde, unterdrückt werden?
- Sollen Datensätze zu Zeiten, an denen nicht von allen der gewählten Herkunftsarten Daten vorliegen, z.B. bei gleichzeitigem Export von Hygienedaten und Betriebstagebuch, unterdrückt werden?

## 2. Auswahl der gemessenen Größen

Die interessierenden Größen sind auszuwählen.

## 3. Filter

Nicht alle Daten zu allen Bädern sollen üblicherweise exportiert werden. Die folgenden Filter stehen daher zur Verfügung

- Bad, Badeigenschaften (Art des Bades, Umwälzraten, ...)
- Becken, Beckeneigenschaften (Schimmer, Nichtschwimmer, ...)
- Herkunft (Hygienemessungen, Betriebstagebuch, ...)
- Wasserart (Beckenwasser, Reinwasser, Rohwasser ...)
- (...)

## 4. Ausgabeoptionen

Ist nicht das individuelle Verhalten von Messgrößen an einzelnen Probestellen von Interesse, sondern das Kollektive, - z.B. alle Temperaturen der Schwimmerbecken eines Bades, - so muss spezifiziert werden, über welche Gruppen und Zeiten gemittelt wird und wie diese Zusammenfassung der Messgrößen gebildet wird.

Zur Auswahl für die Zusammenfassung stehen

- Arithmetisches Mittel,
- Median
- Minimum
- Maximum
- Anzahl Über/Unterschreitung von Werten (zumeist Grenzwerten)

Es ist zudem zu spezifizieren, über welche Größen gemittelt wird

- Zeitliche Mittelung: Was soll mit Daten geschehen, die an derselben Stelle aber zu einem unterschiedlichen Zeitpunkt gemessen werden. Z.B. Temperatur morgens, mittags, abends. Optionen: keine, pro Tag, bzw. allgemein Anzahl von Tagen, über die gemittelt werden soll
- Räumliche Mittelung: Was soll mit Daten geschehen, die zum gleichen Zeitpunkt, aber an unterschiedlichen Stellen gemessen werden. Z.B. Temperatur im Springerbereich, aber auch im Schwimmerbereich. Für die meisten der oben genannten Filter kann auch eine Mittelung vorgenommen werden (auch bäderübergreifend)

## 5. Export

Der Export der Daten ist als Excel- oder CSV-Datei möglich. Neben den eigentlichen Daten werden immer zusätzlich weitere Informationen für die gewählten Messgrößen exportiert. Bad, Becken, Wasserart, Grenzwerte, Einheiten etc. die einer Zuordnung bzw. Einordnung der Größen dienen können.

Die exportierten Daten sind üblicherweise anonymisiert, um eine Zuordnung zu den Bädern zu verhindern.

Der Export ist in zwei Varianten vorgesehen:

- Zeit vs. Messgröße + räumliche Spezifikation, d.h. jede gewählte Messgröße (z.B. Temperatur von jedem gewählten Bad, Becken, Wasserart etc.) erhält eine eigene Spalte im Export.
- Zeit + räumliche Spezifikation vs. Messgröße - jede gewählte Messgröße erhält eine Spalte, zusätzlich gibt es aber noch Spalten für Bad, Becken, etc. D.h. jede Kombination aus Zeit, Bad, Becken ... erhält eine Zeile.

Für die basierend auf den exportierten Daten vorgenommenen Auswertungen ist mal das eine, mal das andere Exportformat geeigneter.

Die dargestellten Abfragemöglichkeiten erlauben auf einfache Weise Kennwerte zu Bädern zu ermitteln. Z.B.: Bestimmte für eine Saison die mittlere/maximale Besucherzahl, den mittleren pH-Wert, die mittlere Masse des Zooplanktons, die Anzahl der Überschreitungen der Grenzwerte für XYZ, ...

## 6. Erweiterung einfacher Abfragen basierend auf abgeleiteten Größen

Während in der einfachsten Abfrageversion in erster Linie die Rohdaten mit Filtermöglichkeiten basierend auf den Stammdaten implementiert wurden, ist es mit Hinblick auf eine Auswertung der Daten sinnvoll, Filtermöglichkeiten anhand der gemessenen Größen zu definieren.

Fragestellungen, die diese Möglichkeit benötigen, sind z.B.

„Suche Daten aller Bäder, die stark besucht sind“, dies könnte bedeuten

- Bäder mit überdurchschnittlicher Besucherzahl über die Saison, (im Vergleich zu anderen Bädern), aber auch
- Bäder mit überdurchschnittlichem Quotienten aus Besucherzahl zu Wasservolumen

Statt über-/unterdurchschnittlich, lassen sich entsprechend auch einfache Zahlenwerte angeben, d.h. z.B. Wert größer als x und kleiner als y.

Vorgesehen sind dementsprechend die folgenden erweiterten Filter, die vorgeschaltet der früheren Filter bedürfen, da Vergleiche immer innerhalb einer Gruppe vorgenommen werden müssen. Zumeist wirken diese Filter sich wie soeben angedeutet auf die Auswahl der Bäder aus - sie können aber allgemeiner verwendet werden, indem sie als Einschränkung auf die räumlichen Stammdaten verwendet werden: Bäder, Becken, Probenstellen. Wir unterscheiden dabei zwischen zwei Arten von Größen

- Größen, die sich unmittelbar aus den gemessenen Größen ergeben (Mittelwert des pH-Wertes, etc.) Diese kann der Benutzer direkt selbst anwählen.
- Größen die sich als Formel aus einer Kombination von gemessenen Größen (und Stammdaten) ergeben, wie obiges Beispiel zu den Besucherzahlen.

Für die zweite Variante sind natürlich nicht alle denkbaren Kombinationen sinnvoll. Die hier wählbaren Größen sind durch das Programm vorgegeben.

Zusätzlich gibt es eine erweiterte Option für die exportierten Zeitpunkte (Datensätze):

- Alle Zeitpunkte (Datensätze), die zum gefilterten Bad, Becken,... gehören
- Nur die Zeitpunkte für die der Filter auch gilt (z.B. Überschreitung von Grenzwerten)

## **7. Abspeichern der gewählten Filter**

Die gewählten Filter und Einschränkungen lassen sich abspeichern, um sie zu einem späteren Zeitpunkt (z.B. in der nächsten Saison) wieder zu verwenden.

## **8. Spezielle Abfragen**

Besonders aufwändige und komplizierte Abfragen wurden und werden auf Anfrage an den Programmierer erzeugt und für die spätere Wiederverwendung abgelegt. Dabei wird darauf geachtet, dass die Abfragen so allgemein wie möglich gehalten werden, um sie auf möglichst vielfältige Weise wieder zu verwenden.

### **4.7 Validierungsphase (Arbeitspaket 5.1)**

Nachdem die Datenerfassung während der Badesaison 2008 noch manuell durch die Projektbeteiligten erfolgte, sollte dies ab der Badesaison 2009 weitestgehend durch die Betreiber erfolgen, da das Datenvolumen mit steigender Bäderzahl nicht mehr zu bewältigen

war. Dazu wurden die Betreiber in einer eigens zu diesem Zweck anberaumten Schulung im April 2009 angeleitet. Schwachstellen im System wurden dadurch schnell erkannt und von den Anwendern mitgeteilt. Somit erfolgte eine saisonbegleitende Qualitätskontrolle. Programmfehler konnten dadurch unmittelbar behoben und auch Kundenwünsche für die Datenstruktur berücksichtigt werden.

Parallel zur Fertigstellung der Datenbank wurden die entwickelten Bewertungskriterien verifiziert, auf Plausibilität geprüft und gegebenenfalls das Modell abgeändert. Die Verifizierung lief analog zur Datenaufnahme, so dass am Ende des Projektzeitraumes ein getestetes und erprobtes Programm steht.

Fortlaufend erfolgte eine Qualitätskontrolle der Datengrundlagen und der Dateneingaben an der alle Projektpartner arbeiteten. Zu diesem Zweck fanden auch regelmäßige Arbeitskreissitzungen statt. Außerdem wurden in Betreiberschulungen die Verantwortlichen vor Ort in der Erfassung und der Eingabe der Daten in DANA weiter qualifiziert (s. dazu auch Anlage 3). Ebenso wurden die beteiligten Bäder während der Saison im Rahmen der Betreuung besucht, so dass Fragen zur Dateneingabe oder auch Probleme mit Hard- und Software direkt geklärt werden konnten.

#### **4.8 Auswertungen / Ergebnisse (Arbeitspaket 5.2)**

In diesem Kapitel werden die betriebsbegleitenden und fachlichen Auswertungen und Ergebnisse dargestellt.

##### **4.8.1 Betriebsbegleitende Auswertungen**

Während des Projektes fand eine laufende Erfassung der relevanten hygienischen und gewässerökologischen Daten sowie eine betriebsbegleitende Auswertung in Form von Prüfberichten statt. Ein Beispiel eines solchen Prüfberichtes ist dem Anhang 1 beigelegt. Zusätzlich standen den Bädern während der Saison eine technische und eine telefonische Beratung bei Problemen (über eine hotline) zur Verfügung.

Darüber hinaus wurden die SPS-Daten in regelmäßigen Zeitintervallen ausgelesen und in das Datenbanksystem importiert. Über Plausibilitätsabfragen konnten Betriebsstörungen wie beispielsweise Spondendefekte zeitnah erkannt und behoben werden.

## 4.8.2 Fachliche Auswertungen

Die im Folgenden dargestellten Auswertungen wurden mit dem in der Datenbank verfügbaren Datenbestand durchgeführt. Daten aus der Saison 2010 wurden dabei in der Regel nicht berücksichtigt, da die Daten dieser Saison noch nicht vollständig in der Datenbank vorliegen.

### 4.8.2.1 Übersicht Datenbestand DANA

In den Betriebstagebüchern sind die regelmäßigen Aufzeichnungen wie Badegastzahlen, Sichttiefen, Wassertemperaturen, besondere Vorkommnisse und sonstige Parameter wie beispielsweise Sauerstoff und pH-Wert enthalten. Die Datenintervalle betragen 6-24 Stunden, die Aufzeichnungen beginnen in der Regel mit Saisonbeginn und enden mit Saisonende.

Tabelle 5: Anzahl ausgesuchter Daten aus den Betriebshandbüchern

BadIndex	Anzahl von Besucherzahl [Pers.]	Anzahl von Lufttemperatur [°C]	Anzahl von Sichttiefe [m]	Anzahl von Sauerstoff absolut [mg/l]	Anzahl von Sauerstoff relativ [%]	Anzahl von pH-Wert
10	158	212				
20	175		172			175
30	236	392				
40	240	142	403	244	383	495
50	303	714	835	592	592	600
60	69	638	1216	531	532	1634
70	112	233				
80	78	80	158	84	85	95
90	457	391	701	395	398	452
100	183	228	250	207	207	207
110	129		167			
120		66	128	65	63	84
130	521	711	662		241	343
140	728	251	792	1133	1094	1131
150	119	338	341		613	341
180	292	505	494	891	890	892
190	227	287	1133	1154	1153	1154
210	285	510	985	1121	1125	1096
220	343	166	174	126	126	386
230	317	370	373	751	749	739
240	457	464	1120	1423	1415	1834
250		167	167			253
260	196	209	85			170
270	246	375	488	484	484	484
280	88	295	386	219	135	274
290	103	102	102	303	303	303
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>6062</b>	<b>7846</b>	<b>11332</b>	<b>9723</b>	<b>10588</b>	<b>13142</b>

In Bad 120 und 250 wurden die Besucherzahlen nicht aufgenommen, obwohl dies für die weitere Auswertung eine maßgebliche Größe ist. Größere Datenlücken treten beispielsweise auch bei den Sauerstoffmessungen auf, obwohl diese seitens der FLL gefordert werden. Je nach Parameter liegen in diesem Datenblock bis zu 13.142 Werte vor.

Der Datenbestand in DANA beinhaltet weiterhin alle hygienischen Messungen die in den Bädern durch die Gesundheitsämter bzw. im Auftrag des Betreibers durch private Labore durchgeführt wurden. Die Messungen erfolgen turnusmäßig einmal die Woche bis alle 14 Tage. Die Proben werden in der Regel am Vormittag entnommen. Zu den untersuchten

Parametern zählen die hygienischen Indikatorbakterien, teilweise Phosphor und die Sichttiefen. In wenigen Ausnahmen wurden weitere Parameter ergänzt. Bei Grenzwertüberschreitungen werden die hygienischen Messungen durch eine Wiederholungsmessung abgesichert, so dass sich zeitweise das Messintervall auf wenige Tage verkürzt.

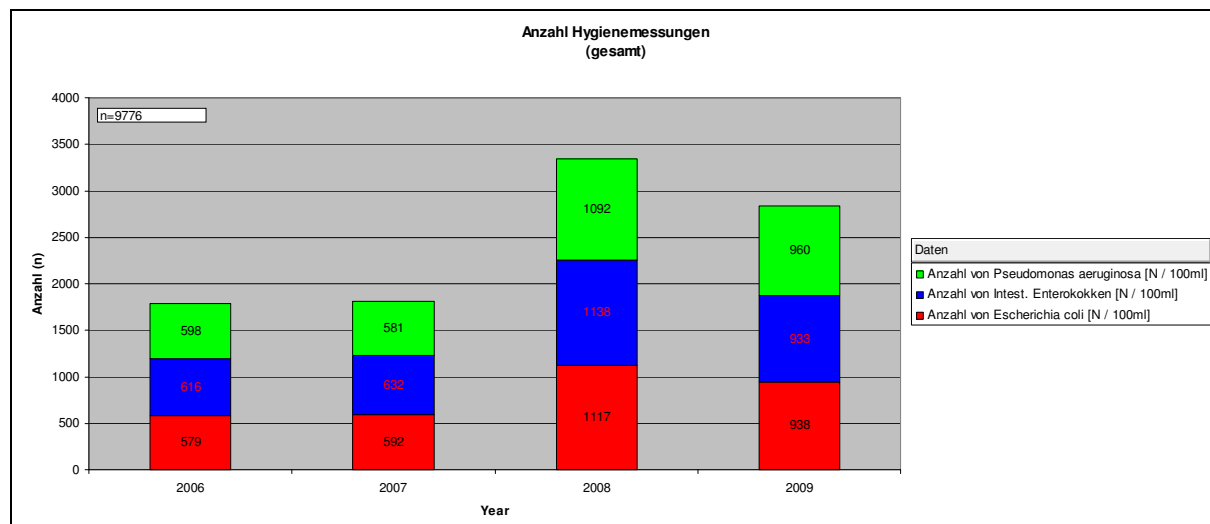


Abbildung 12: Anzahl der implementierten Hygienemessungen (alle Wasserarten)

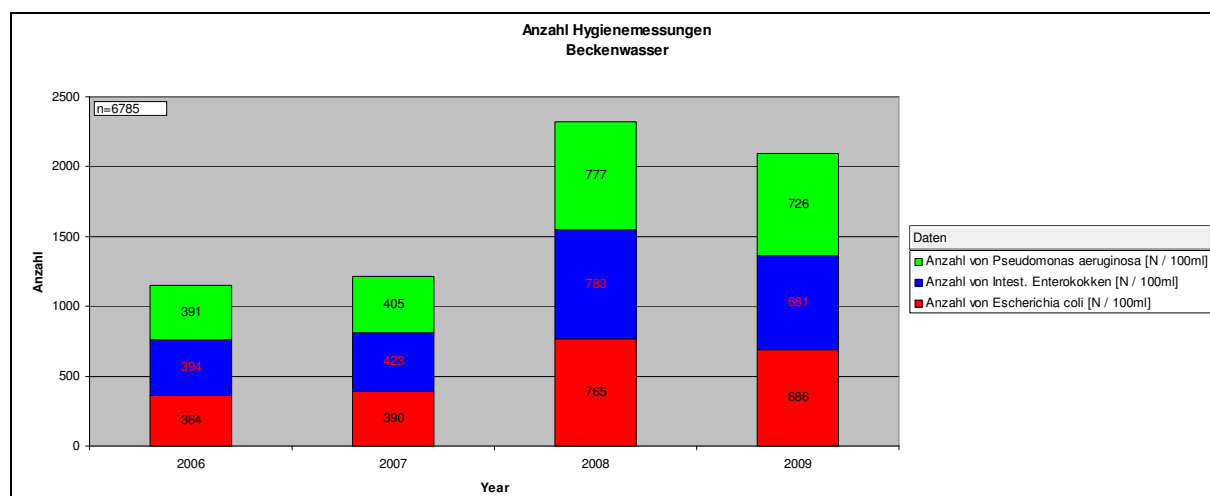


Abbildung 13: Anzahl der implementierten Hygienemessungen im Beckenwasser

Für die Betriebsjahre vor Projektbeginn 2008 wurden vorhandene Daten aus alten Aufzeichnungen und Formaten digitalisiert und in die Datenbank eingelesen. 2008 und 2009 wurden zusätzliche Bäder im Rahmen des Forschungsprojektes gewonnen und in die Datenbank fortlaufend implementiert. Die Abnahme der Hygienemessungen in 2009 gegenüber 2008 lag darin begründet, dass einerseits Bädermonitoring-Verträge mit einzelnen Bädern beendet wurden und andererseits daran, dass aufgrund weniger Grenzwert-Überschreitungen ein geringeres Maß an Nachbeprobungen erfolgte. Die Anzahl der Labordaten von 2010 ist bislang deutlich geringer, da sie mit Beginn der Auswertungen noch



nicht in Gänze eingepflegt wurden. Die Eingabe der Hygieneparameter ist trotz Automatisierungsanstrengungen in der Regel noch ein manueller Vorgang. Ab Saison 2011 wird die sogenannte TEIS-Schnittstelle in Betrieb genommen, über die die Labore ihre Daten dann direkt in die Datenbank exportieren können.

#### 4.8.2.2 Auswertung von positiven Befunden für Indikatorbakterien über den Gesamtdatenbestand

Relevant für den Bäderbetrieb und für die Darstellung der Betriebssicherheit von Naturfreibädern ist die Laboranalyse der Indikatorbakterien (Leitkeime) bzw. deren Individuendichte in KBE pro 100ml. Als Leitkeime gelten, wie bei den Bädern nach DIN 19643, *Escherichia coli*, Enterokokken und *Pseudomonas aeruginosa*.

Die folgenden Diagramme zeigen die Überschreitungshäufigkeit für die verschiedenen Indikatoren. Hierbei wurden Betrachtungen mit und ohne Bad 120 durchgeführt. Das Bad 120 wurde in einer zweiten Auswertung separiert, da es sich hierbei weniger um ein Bad gem. FLL-Definition, sondern eher um einen Badensee gem. EU Badewasserrichtlinie 2006/7/EG handelt. Die häufigen Anstiege von *Escherichia coli* in diesem Bad stammen nachgewiesenermaßen von Wasservögeln, die das Bad abends in großer Zahl aufsuchten.

Zur weiteren Datenanalyse wurden die Hygienedaten mit ihren Häufigkeitsverteilungen abgebildet.

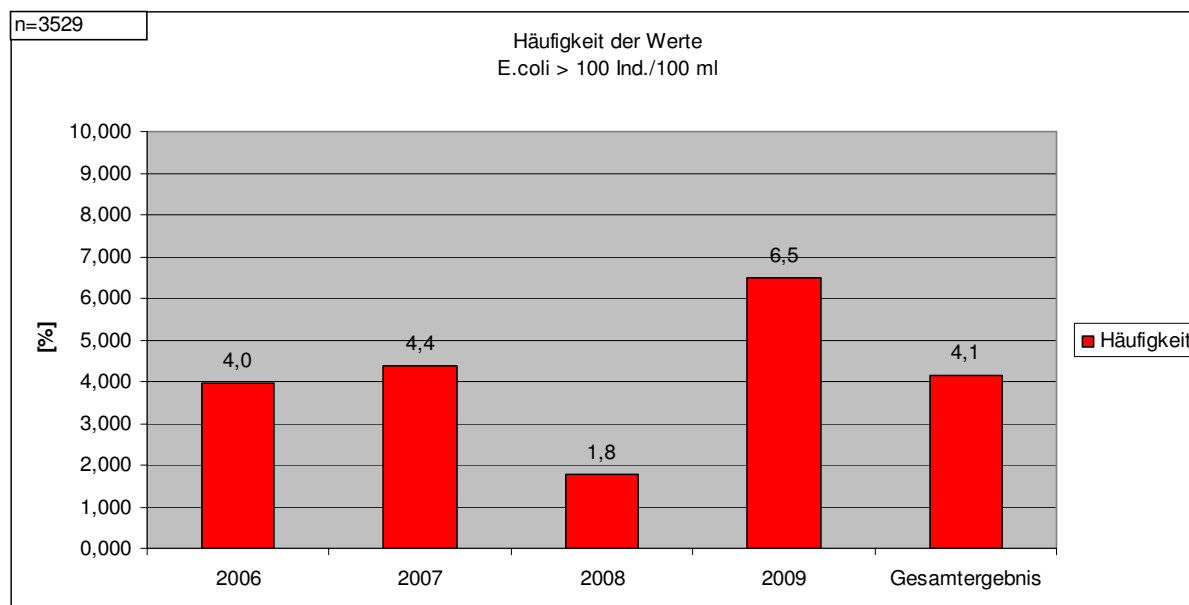


Abbildung 14: Überschreitungshäufigkeit *Escherichia coli* über alle Wasserarten (Beckenwasser, Reinwasser, Rohwasser und Füllwasser) mit Bad 120.

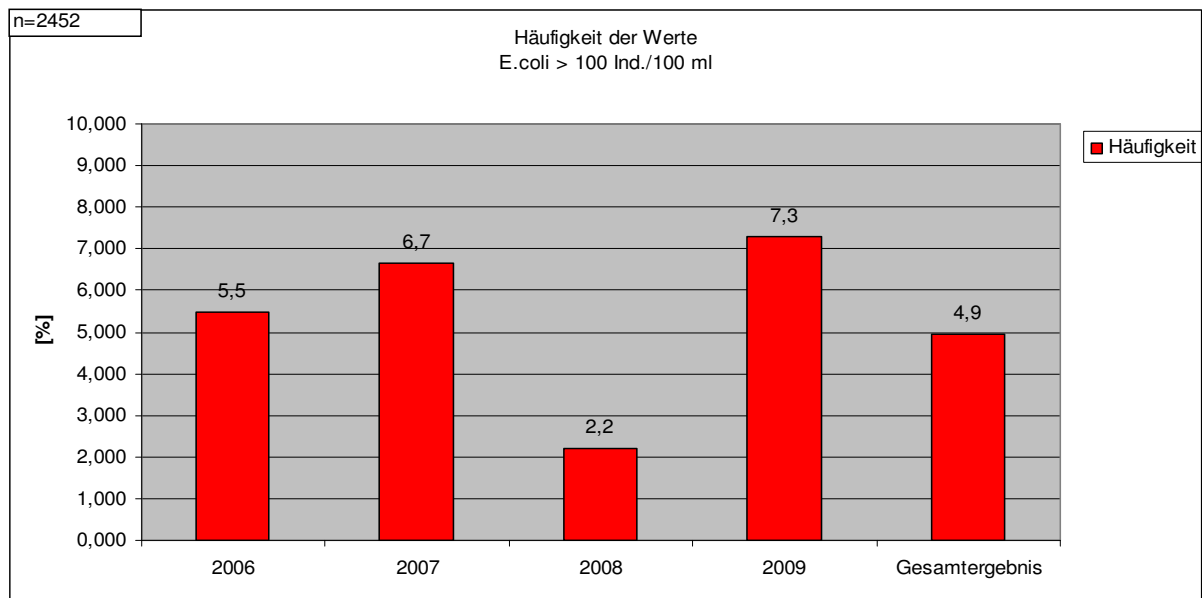


Abbildung 15: Überschreitungshäufigkeit *Escherichia coli* im Beckenwasser mit Bad 120

Im Beckenwasser treten erwartungsgemäß höhere Überschreitungshäufigkeiten als bei der Betrachtung aller Wasserarten auf. Die Überschreitungshäufigkeiten lagen im Beckenwasser zwischen 2,2 und 7,3%.

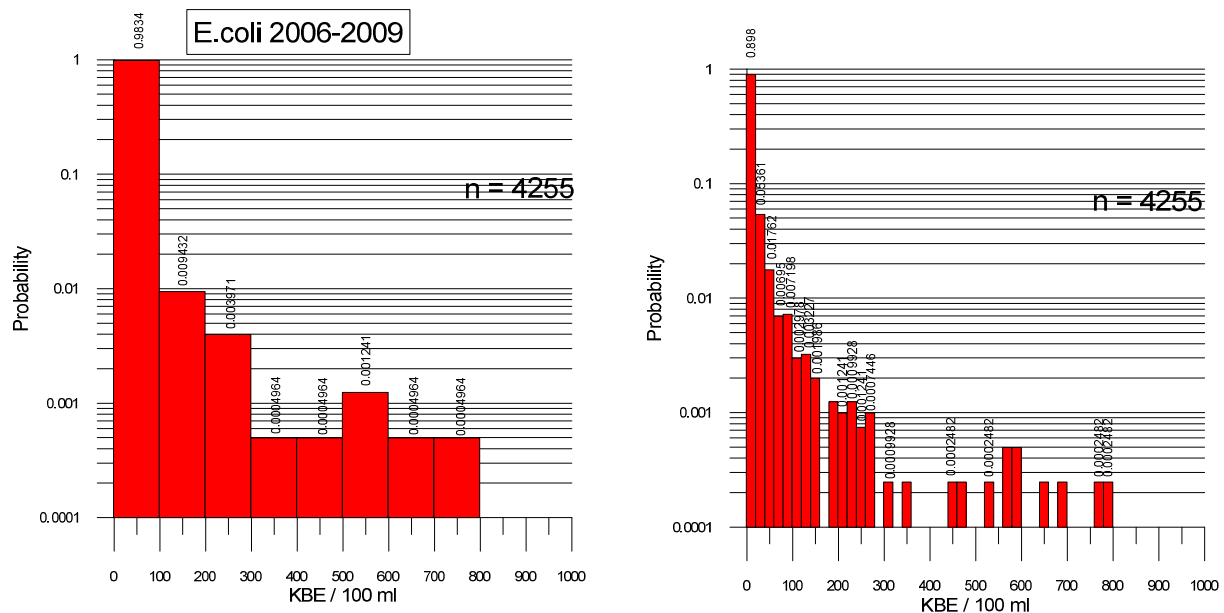


Abbildung 16: Häufigkeitsverteilung der Analysewerte *Escherichia coli* in KBE/100ml in allen Wasserarten (2006-2009) mit Bad 120

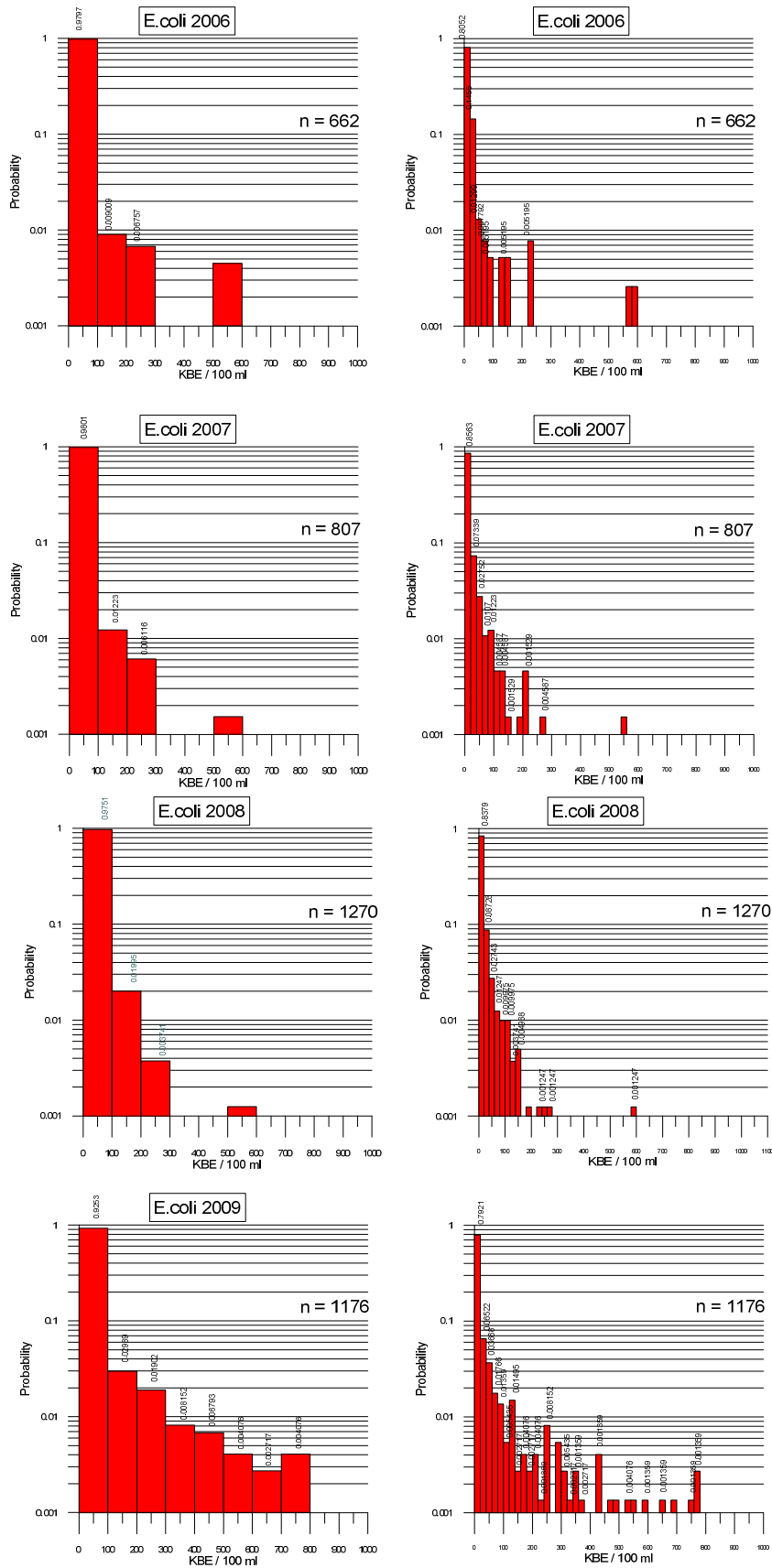


Abbildung 17: Verteilung der Analysewerte *Escherichia coli* in KBE/100ml in allen Wasserarten (2006-2009) mit Bad 120

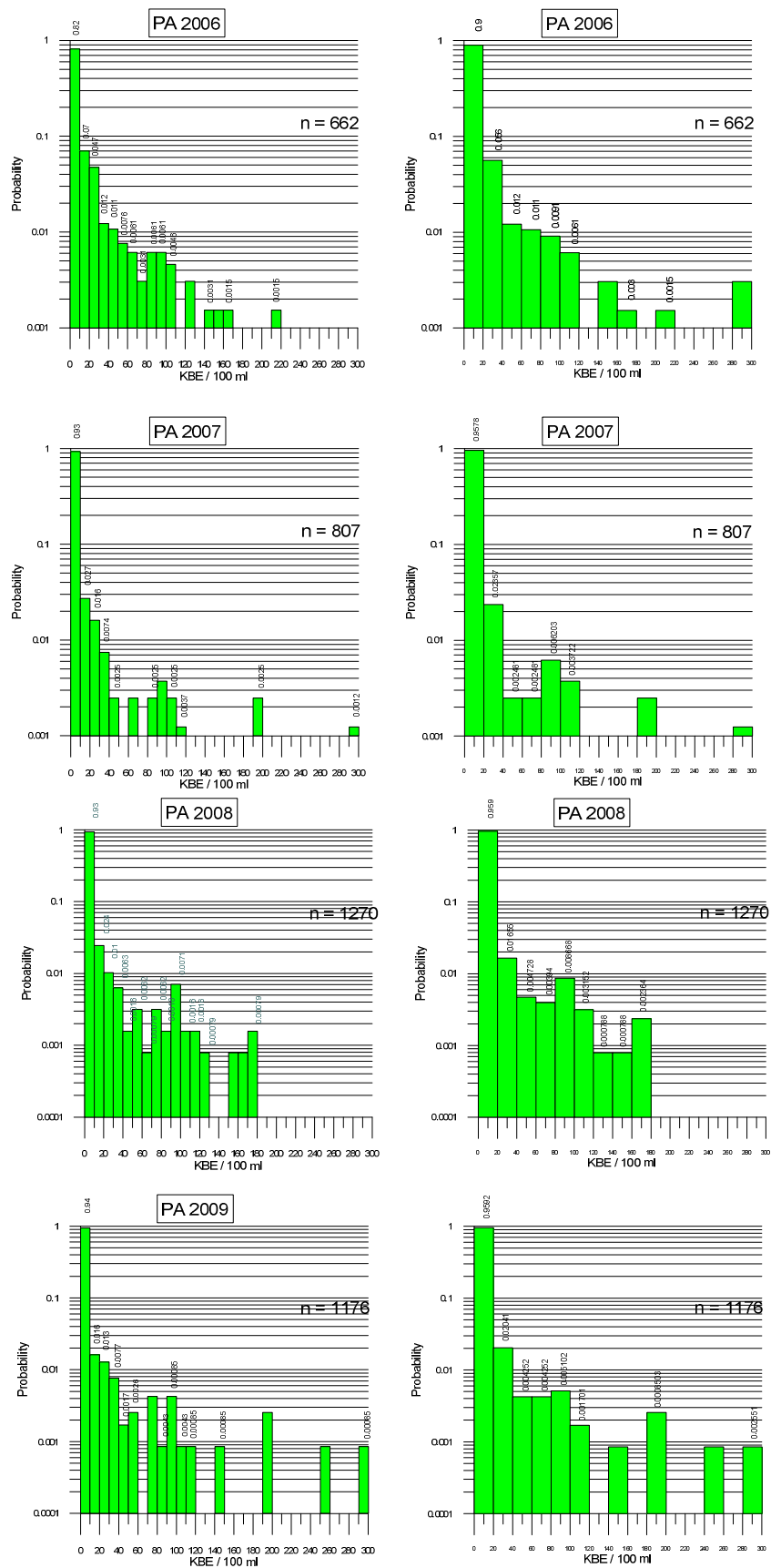


Abbildung 18: Verteilung der Analysewerte *Pseudomonas aeruginosa* in KBE/100ml in allen Wasserarten (2006-2009) mit Bad 120

Abbildung 16 bis Abbildung 18 zeigen die Verteilung der Analysewerte im Gesamtzeitraum bzw. unterteilt nach Jahren.

#### 4.8.2.3 Einfluss von einzelnen Bädern auf positive Befunde für Indikatorbakterien

Tabelle 6 zeigt, dass 50% aller Überschreitungen von *Escherichia coli* in dem Bad 120 auftraten. Hierbei handelt es sich wie bereits eingangs beschrieben um ein EU-Badegewässer mit Einträgen von *E. coli* Bakterien durch Wasservögel und nicht durch Menschen. Dieses Bad wird im Betrieb seitdem gesondert bewertet.

Tabelle 6: Darstellung der Grenzwertüberschreitungen bäderbezogen

Summe von Überschreitung E.coli	Jahr					Gesamtergebnis
BadIndex	2006	2007	2008	2009	2010	
10	0	1	0	0		1
30	2	1	2	1		6
40	0		0	0	2	2
50	0	2	0	0	0	2
60	0	0	0	1		1
70	0	0	0			0
80	0	0	2	1		3
90	0	0	0	3	0	3
100	2	0	2	0	0	4
110	0	0	0	1		1
120	15	19	7	31		72
130	0	2	0	1		3
140	0	0	0	0	4	4
150	3	0	2			5
180			3	3		6
190			0	4	0	4
210			1	7		8
230		1	0	1	0	2
240			0	2	1	3
250	0		0	0		0
260			0	0		0
270				0	1	1
280				0		0
290				4	8	12
20	0	0				0
220		0	1	1		2
Gesamtergebnis	22	26	20	61	16	145

Um eine Verzerrung der Daten aufgrund dieses Sachverhalte zu vermeiden, werden die folgenden Auswertungen ohne das Bad 120 durchgeführt.

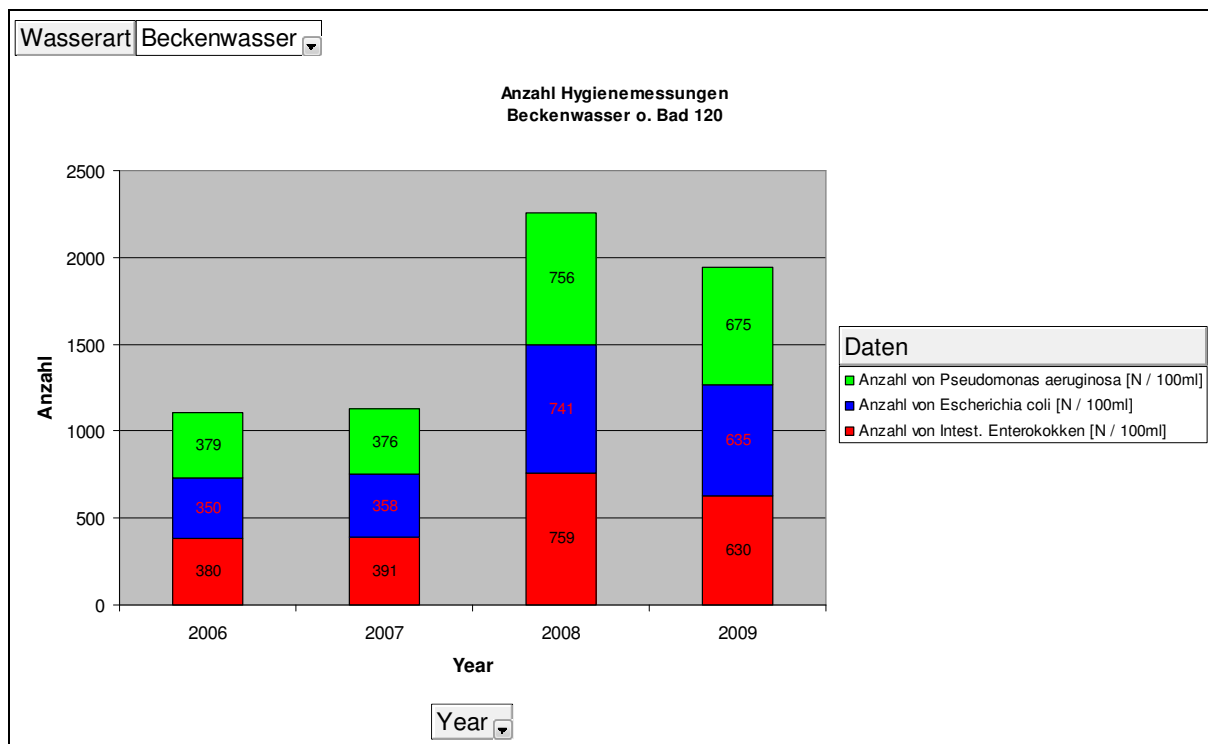


Abbildung 19: Anzahl der Analysen ohne das Bad 120

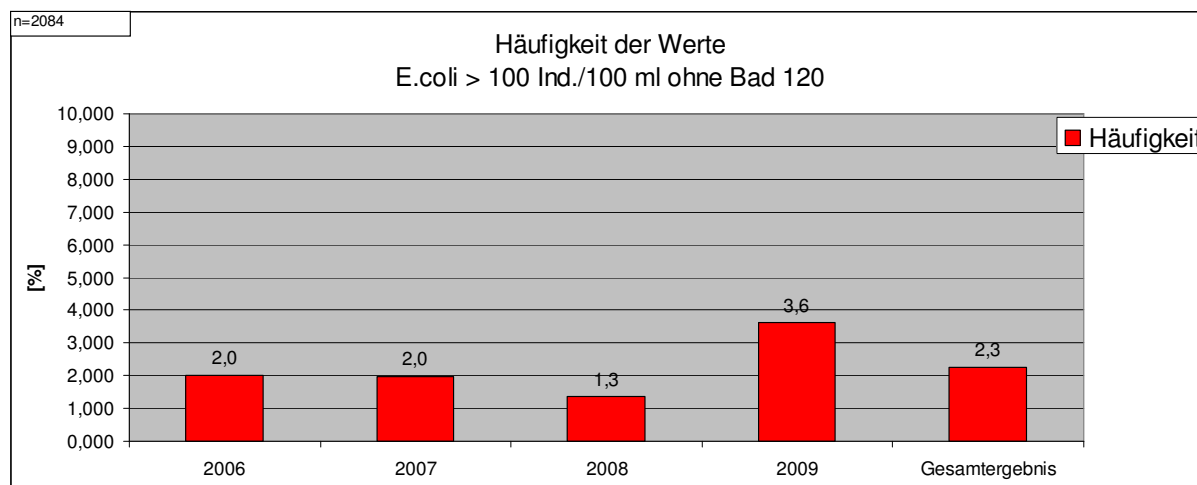


Abbildung 20: Überschreitungshäufigkeit *Escherichia coli* im Beckenwasser ohne Bad 120

Nimmt man das Bad 120 aus der Analyse heraus, so reduzieren sich die Überschreitungshäufigkeiten für *E. coli* auf 1,3 bis 3,6%. Der Mittelwert liegt über die Jahre 2006 bis 2009 bei 2,3%. Auffällig ist der deutliche Anstieg von 1,3 % in 2008 auf 3,6% in 2009. Es legt den Verdacht nahe, dass sich hierin die erhöhten Besucherzahlen in 2009 gegenüber 2008 niederschlagen. Dieser Verdacht wird allerdings durch das sehr besucherstarke Jahr 2006 nicht bestätigt, so dass eine direkte Korrelation zwischen Besucherzahlen und Überschreitungshäufigkeiten von *E. coli* nicht ableitbar ist.

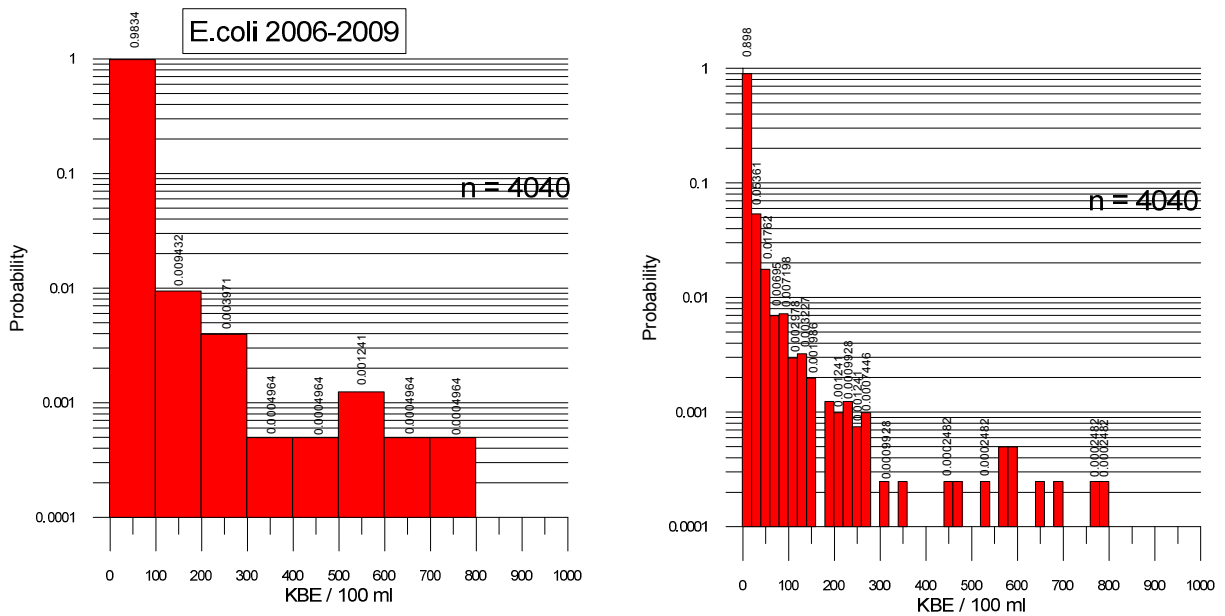


Abbildung 21: Verteilung der Analysewerte *Escherichia coli* ohne Bad 120

Wie aus Abb. 21 ersichtlich verringern sich die Häufigkeiten im Wertebereich oberhalb von 300 KBE gegenüber Abbildung 16 drastisch. Lediglich ca. 0,3% aller gemessenen Werte im Beckenwasser zeigen für *E. coli* einen Wert >300 KBE.

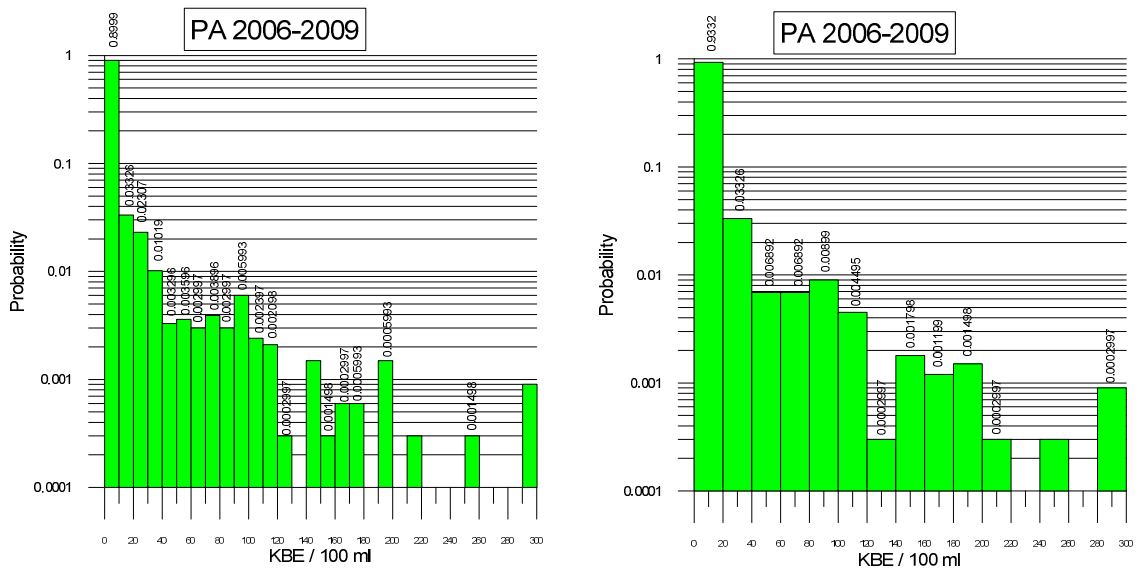


Abbildung 22: Verteilung der Analysewerte *Pseudomonas aeruginosa* ohne Bad 120

Auf die Entwicklung der Überschreitungshäufigkeit von *Pseudomonas aeruginosa* hat das Weglassen des Bades 120 nur einen vernachlässigbaren Einfluss. Die Werte schwanken in einem Bereich von  $<0,2\%$ .

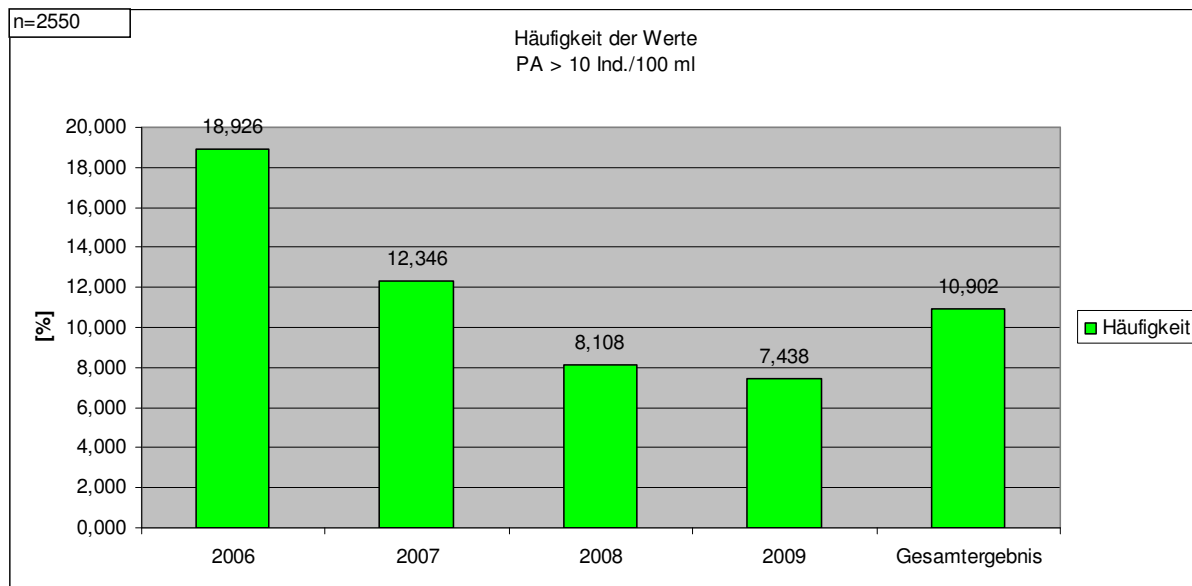


Abbildung 23: Überschreitungshäufigkeit *Pseudomonas aeruginosa* im Beckenwasser ohne Bad 120

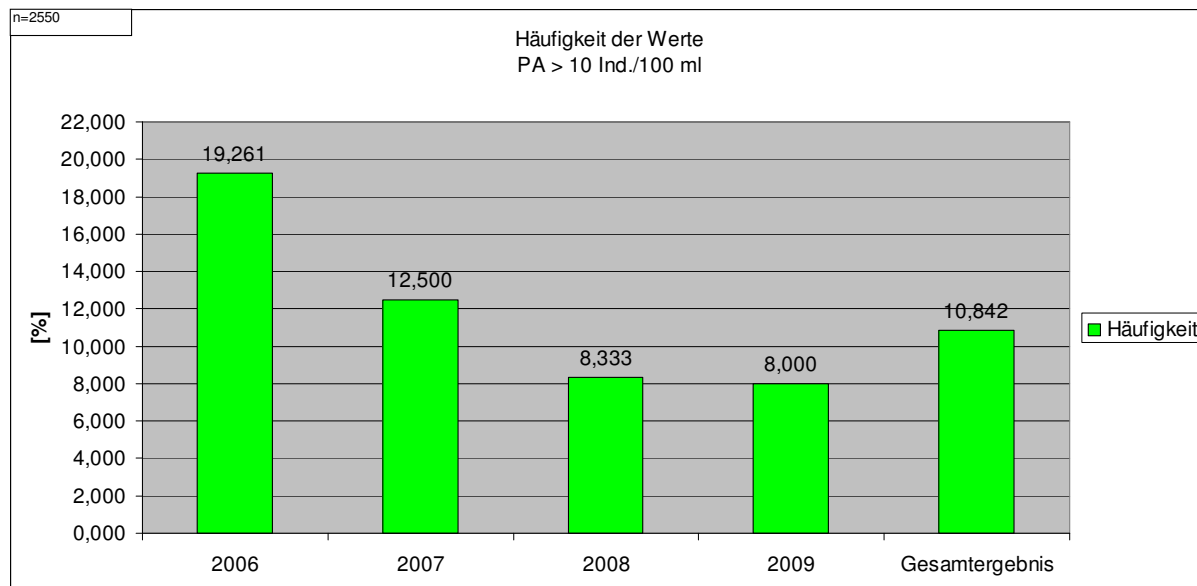


Abbildung 24: Überschreitungshäufigkeit *Pseudomonas aeruginosa* im Beckenwasser mit Bad 120



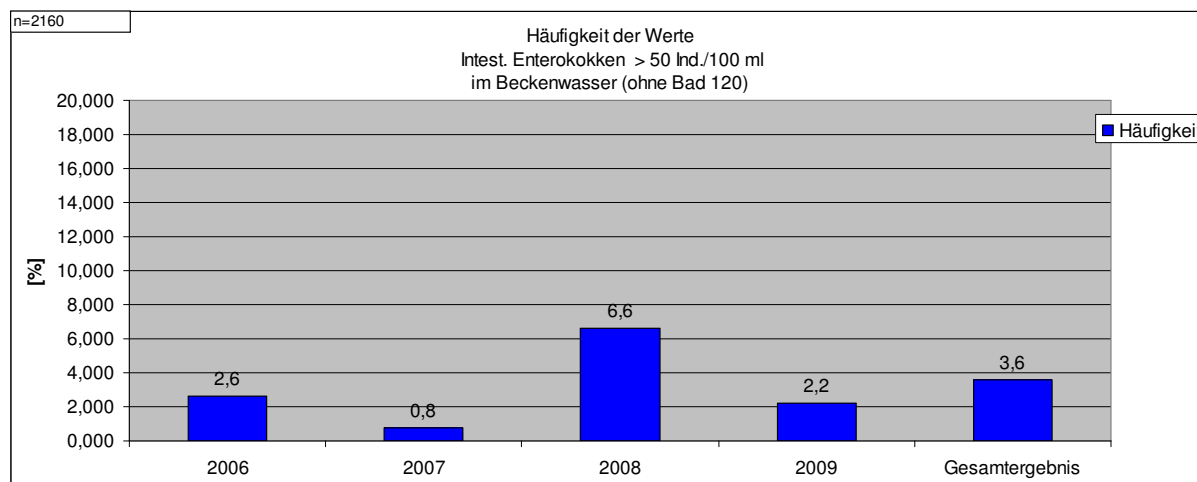


Abbildung 25: Überschreitungshäufigkeit Enterokokken im Beckenwasser ohne Bad 120

Zu erwarten war der große Einfluss auf die Häufigkeit der Überschreitung des Grenzwertes für die Enterokokken durch den Wegfall von Bad 120, da die Erfahrung im Bäderbetrieb zeigt, dass hohe Analysewerte dieses Parameters parallel zu hohen *E. coli* Werten sehr wahrscheinlich sind.

#### 4.8.2.4 Auswirkungen der Änderung des Verfahrens DIN EN 12780 für *Pseudomonas aeruginosa* auf die Überschreitungshäufigkeit

Während sich bei *E. coli* und Enterokokken über den zeitlichen Verlauf der Jahre, trotz deutlich variierendem Badebetrieb nur wenig oder keine Entwicklungen der Überschreitungshäufigkeiten aus dem Datenbestand ableiten lassen, zeigte sich bei *Pseudomonas aeruginosa* ein deutlicher Sprung ab dem Jahr 2007. Während die Grenzwertüberschreitungshäufigkeiten für *Pseudomonas aeruginosa* im Beckenwasser noch im Jahr 2006 und 2007 auf dem Niveau von 19,3% bzw. 12,5% lagen, sanken diese ab Beginn 2008 auf einen Wert von 8,0% und haben sich in 2009 auf diesem Niveau stabilisiert (s. Abbildung 23 u. 24).

Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist dies durch die Sensibilisierung der Labore bezüglich der Analytik von *Pseudomonas aeruginosa*, in Folge der Veröffentlichung des UBA zur Anwendung des Nachweisverfahrens im Frühjahr 2007, zu erklären (Anlage 14). Rückblickend könnte man hieraus schlussfolgern, dass der methodenbedingte Fehler vor 2007 bei annähernd 10% lag, sofern davon ausgegangen wird, dass der Fehler heute 0% beträgt.

#### 4.8.2.5 Analyse der chemisch/physikalischen Parameter im Gesamtdatenbestand

Neben den Hygieneparametern werden verschiedene chemische und physikalische Parameter erhoben. Da Phosphor ein maßgeblicher Parameter zur Beschreibung des Trophieniveaus ist, liegen hier die meisten Messungen vor.

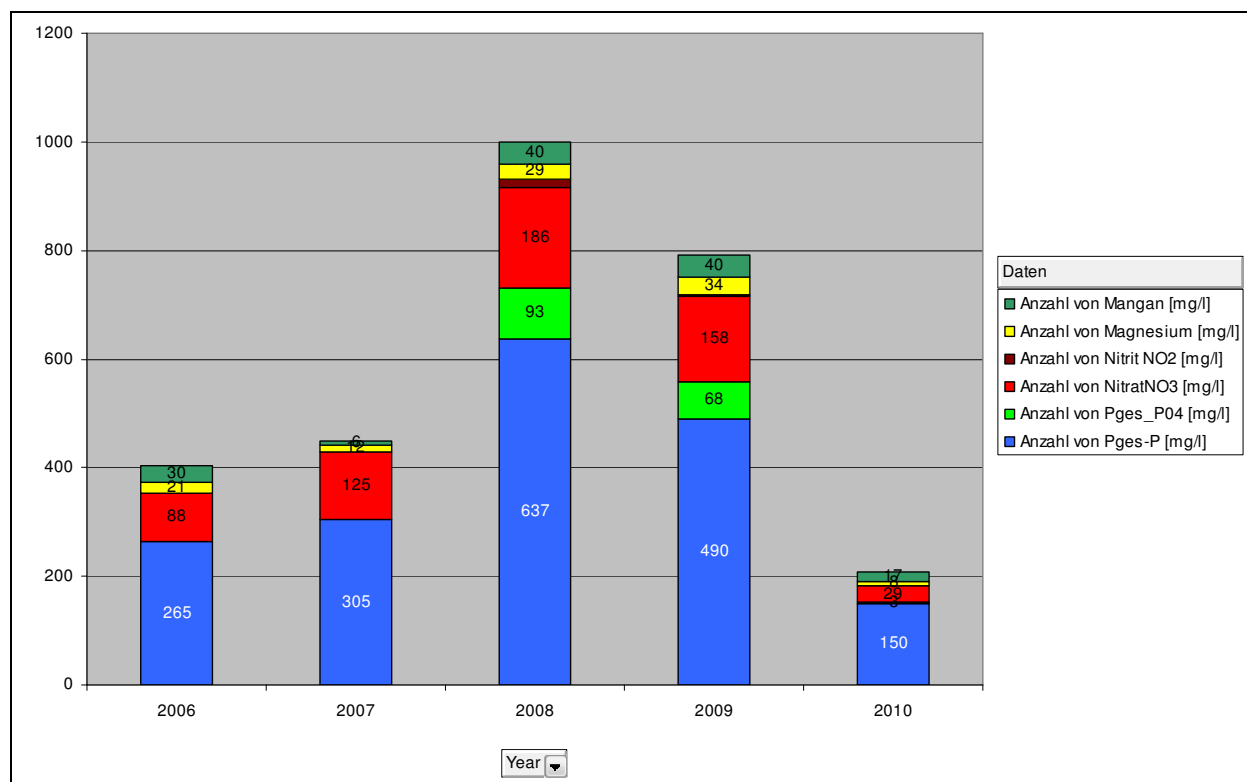


Abbildung 26: Wasserchemische Daten

Tabelle 7: Ausgesuchte wasserchemische Parameter

Badindex	Mittelwert von Pges-P [mg/l]	Mittelwert von NitratNO3 [mg/l]	Mittelwert von Nitrit NO2 [mg/l]	Mittelwert von Mangan [mg/l]	Mittelwert von Magnesium [mg/l]
10	0,011				
20	0,014				
30	0,036				
40	0,030	10,94		0,18	16,70
50	0,013	10,00			
60	0,016	10,99			
70	0,015				
80	0,013	3,02		0,01	
90	0,008				
100	0,012	30,57			
110	0,063	2,17			
120	0,068				
130	0,022	8,10			
140					
150	0,019	1,00	0,01		
160	0,290	256,00			
180	0,018	12,86		0,05	
190	0,028				
210	0,005				
220					
230	0,124	2,47			9,60
240					
250	0,015				
260	0,034			0,00	
270					
280	0,010	2,66		0,02	
290	0,017				
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>0,022</b>	<b>11,39</b>	<b>0,01</b>	<b>0,16</b>	<b>14,97</b>

Tabelle 8: Phosphorkonzentration im Beckenwasser

Wasserart		Beckenwasser					
BadIndex	Anzahl von Pges-P [mg/l]3	Mittelwert von Pges-P [mg/l]	Minimum von Pges-P [mg/l]2	Maximum von Pges-P [mg/l]	Standardabweichung (Grundgesamtheit) von Pges-P [mg/l]		
10	158	0,011	0,001	0,140	0,015		
20	26	0,014	0,003	0,065	0,016		
30	101	0,036	0,005	0,065	0,021		
40	73	0,030	0,020	0,210	0,025		
50	35	0,013	0,010	0,030	0,006		
60	99	0,016	0,003	0,208	0,026		
70	34	0,015	0,005	0,096	0,016		
80	58	0,013	0,001	0,050	0,009		
90	80	0,008	0,001	0,044	0,006		
100	119	0,012	0,010	0,110	0,012		
110	41	0,063	0,000	0,360	0,102		
120	34	0,068	0,023	0,221	0,042		
130	61	0,022	0,010	0,180	0,025		
140							
150	21	0,019	0,009	0,060	0,011		
160	1	0,290	0,290	0,290	0,000		
180	13	0,018	0,010	0,060	0,014		
190	96	0,028	0,000	0,250	0,043		
210	125	0,005	0,002	0,022	0,003		
220							
230	18	0,124	0,005	0,662	0,163		
240							
250	2	0,015	0,003	0,026	0,011		
260	59	0,034	0,005	0,065	0,024		
270							
280	4	0,010	0,010	0,010	0,000		
290	21	0,017	0,003	0,060	0,014		
<b>Gesamtergebnis</b>	<b>1279</b>	<b>0,022</b>	<b>0,000</b>	<b>0,662</b>	<b>0,039</b>		

Die FLL-Empfehlung weist für diesen Parameter einen Richtwert von 10 µg/l aus. Der Mittelwert über alle erhobenen Daten liegt bei 22 µg/l. Einige Bäder zeichnen sich durch hohe Maximalkonzentrationen im Einzelfall mit bis zu 662 µg/l aus. Bei den Bädern 20, 40, 60, 110, 120, 160, 190 treten erhöhte Maximalwerte zwischen 140 und 360 µg/l auf, in den anderen Bädern liegen die Maximalwerte im Bereich zwischen 40 und 60 µg/l. Es wird angestrebt, diese Zusammenhänge in einem Folgeprojekt detaillierter zu untersuchen.

Weitere Informationen werden durch die Datenerhebung aus den SPS-Anlagen geliefert. Hier werden badspezifisch online-Parameter wie Trübung, Wassertemperaturen, Lufttemperaturen, Betriebsstunden der Pumpen, Volumenströme etc. erhoben.

Die folgenden Sachverhalte werden unter Einbeziehung dieser Daten diskutiert.

#### 4.8.2.6 Abhängigkeit zwischen Nutzungsintensität und Konzentration von *Escherichia coli*

Treten in Freibädern mit hoher Umwälzrate und somit i.d.R. einem relativ geringen Beckenvolumen pro Badegast, deutliche Abhängigkeiten zwischen der ausgelegten Nennbesucherzahl und *E. coli* Konzentrationen auf? Um dieser Frage nachzugehen, wurden die Konzentrationen von *Escherichia coli* und die Badegastzahlen für ausgesuchte Bäder abgetragen.

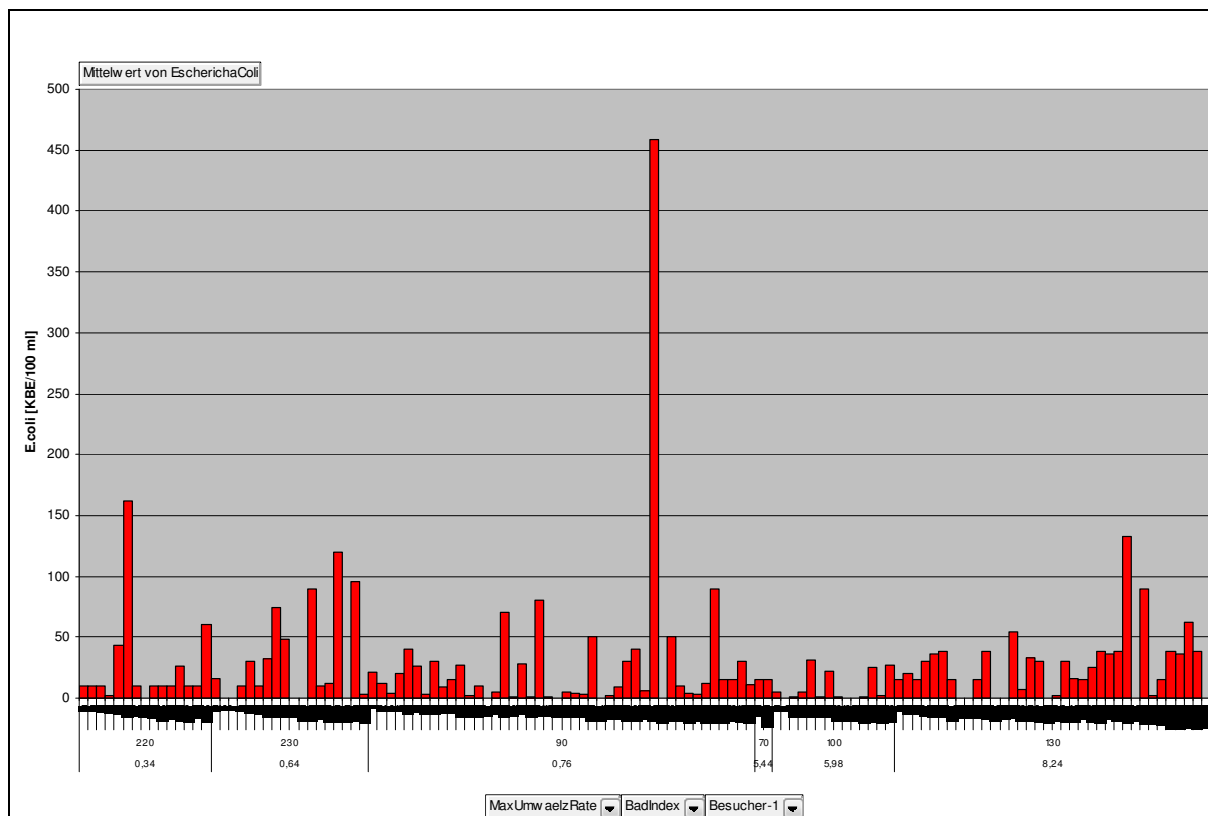


Abbildung 27: Konzentrationen von *Escherichia coli* in Abhängigkeit von den Badegastzahlen

Es wurden die Mittelwerte der *E. coli* Konzentrationen im Beckenwasser über die reale Besucherzahl des Vortages abgebildet. Der Vortag wurde herangezogen, da die Analysen i.d.R. vormittags erhoben werden. Aus diesem Grund kann eine potentielle Abhängigkeit zwischen Badegastbelastung und *E. coli* Konzentration nur anhand der Vortageswerte gefunden werden.

Die Abbildung 27 zeigt auf der linken Seite Bäder mit einer niedrigen Umwälzrate und auf der rechten Seite Bäder mit einer hohen Umwälzrate. Eine Abhängigkeit würde sich andeuten, wenn die *E. coli*-Konzentrationen mit zunehmenden Badegastzahlen steigen. Folgt man der Argumentationslinie des Verdünnungsansatzes, bei dem durch große Beckenvolumina und eine entsprechende Verdünnung niedrige Keimkonzentrationen sichergestellt werden sollen, so müsste die vorher genannte Abhängigkeit tendenziell mit zunehmender Umwälzrate deutlicher werden.

Während z.B. das Bad 230 mit relativ niedriger Umwälzrate eine leichte Korrelation vermuten lässt (hohe Badegastzahlen = hohe Konzentrationen von *Escherichia coli*), ist diese in den anderen Bädern nicht zu finden.

Offensichtlich ist hier jedoch kein Zusammenhang herstellbar. Dies würde die These, dass nur ein großes Beckenvolumen die gewünschte Verdünnung bzw. Reduzierung eingetragener Indikatororganismen bewirken kann (Prinzip Badeseesee) nicht bestätigen. Die Auswertung

zeigt, dass auch eine hohe Umwälzleistung über die Wasseraufbereitungsanlagen eine Verdünnung unterhalb der kritischen Belastungskonzentrationen bewirken kann.

Die Darstellung zeigt aber auch, dass die Auswertung aufgrund des hohen Zeitversatzes zwischen Belastung und Messung nur geringe Abhängigkeiten zwischen Belastung und *E. coli* Konzentrationen aufzeigt. Insbesondere in Bädern mit hoher Umwälzleistung wird das Ergebnis stärker verfälscht als in Bädern mit geringer Umwälzleistung, da bei ersteren die Eliminationsleistung deutlich höher ist, sofern die Filter die geforderte Abbauleistung von einer log-Stufe erreichen. Um dieser Frage weiter nachzugehen, sollten weitere Intensiv-Messungen an verschiedenen Bädertypen während der Belastung durch Badegäste oder auch durch gezielte Kontamination mit Indikatororganismen außerhalb der Badesaison erfolgen. Erste Ergebnisse sind in den Untersuchungen zum Naturfreibad Riepe (s. Kapitel 4.8.2.18) dargestellt.

#### **4.8.2.7 Abbauleistung von Indikatorbakterien (*Escherichia coli*) in Bodenfiltern**

Das Herleiten der Abbauleistung in den Wasseraufbereitungsanlagen aus den turnusmäßigen Messintervallen gestaltet sich als schwierig. Zum einen liegt das Problem in den seltenen Grenzwertüberschreitungen des Indikators *E. coli* (>100 KBE/100ml), was zu dem Problem führt, dass die Abbauleistung von einer log-Stufe rein technisch nicht nachweisbar ist, da die Nachweisgrenze für *Escherichia coli* in der Regel als kleiner <15 KBE/100ml (auch <10 KBE/100ml werden angegeben, je nach Verfahren) ausgewiesen wird.

Das zweite Problem liegt in der Interpretation des Wertes <15 KBE/100ml. Kleiner 15 KBE/100ml kann bedeuten 14 KBE/100ml oder kann ebenso bedeuten 0 KBE/100ml. Alle Werte in diesem Bereich sind generell nicht auszuschließen. Weist beispielsweise das Rohwasser eine Konzentration von 100 KBE/100ml auf und ist der feststellte Wert im Reinwasser <15 KBE/100ml, so kann dies rechnerisch aussagen, dass der Filter eine Abbauleistung hat, die im Bereich von 85% bis zu 99,9999%, also von nicht ganz einer bis zu 5 log-Stufen beträgt. Da die Anzahl der Werte >100 KBE/100ml sich auf ein Minimum reduzieren, ist die Aussagequalität die aus diesen Daten ableitbar ist, nicht als hoch einzustufen.

Hinzu kommt erschwerend, dass das Reinwasser nur selten hygienisch untersucht wird, weil gem. UBA-Empfehlung nur dann eine Kontrolle erforderlich ist, wenn der Befund des Beckenwassers auffällig war.

Aus diesen Gründen reduziert sich die Anzahl der Datensätze, in denen Rein- und Roh- bzw. Rein- und Beckenwasser gleichzeitig vorliegen. Von den insgesamt 1.242 Datensätzen reduziert sich die Anzahl auf:

- 524 Datensätze, bei denen Reinwassermessungen vorliegen und die Zulaufwerte aus Roh- oder Beckenwasser für *E. coli*  $\geq 0$  KBE/100ml liegen.
- 144 Datensätze, bei denen Reinwassermessungen vorliegen und die Zulaufwerte aus Roh- oder Beckenwasser für *E. coli*  $\geq 15$  KBE/100ml liegen.
- 31 Datensätze, bei denen Reinwassermessungen vorliegen und die Zulaufwerte aus Roh- oder Beckenwasser für *E. coli*  $\geq 100$  KBE/100ml liegen.

In der neuen FLL-Richtlinie wird aus den zuvor genannten Gründen die hygienische Untersuchung des Reinwassers in der Routineuntersuchung gefordert. Auf diese Weise kann bei einer auftretenden Belastung unmittelbar eine Bewertung zur Funktionstüchtigkeit der Wasseraufbereitungsanlagen erfolgen.

Auf Grund der zuvor genannten Schwierigkeiten werden in der folgenden Auswertung die vorliegenden Werte für *Escherichia coli* von  $<15$  auf 5 KBE/100ml festgelegt. Das heißt, es wurden nur Datensätze für die Berechnung selektiert, an denen folgende Bedingungen zutrafen: Entweder Rohwasser  $>0$  oder wenn keine Rohwassermessung vorhanden ist, dann Beckenwasser  $>0$  in KBE/100ml. Bestehen mehrere zeitgleiche Beckenwassermessungen, so wurde der Mittelwert gebildet.

In dem folgenden Diagramm ergibt sich daraus die Abbildung der rechnerisch ermittelten Eliminationsraten.

In der Darstellung sind verschiedene bodengebundene Wasseraufbereitungsverfahren mit unterschiedlichen hydraulischen Belastungen (von 2mWs bis 14mWs/m<sup>2</sup>/d) enthalten. Bei der Bewertung der dargestellten Ergebnisse bezüglich der Abbauleistung ist unbedingt zu beachten, dass die Eliminationsleistung rechnerisch erst ab einer Zulaufkonzentration von 50 KBE/100ml eine log-Stufe bzw. 90% betragen kann, sofern der Wert im Reinwasser auf 5 KBE/100ml gesetzt wird, wenn er mit  $<15$  KBE/100ml im Untersuchungsbericht angegeben wurde.

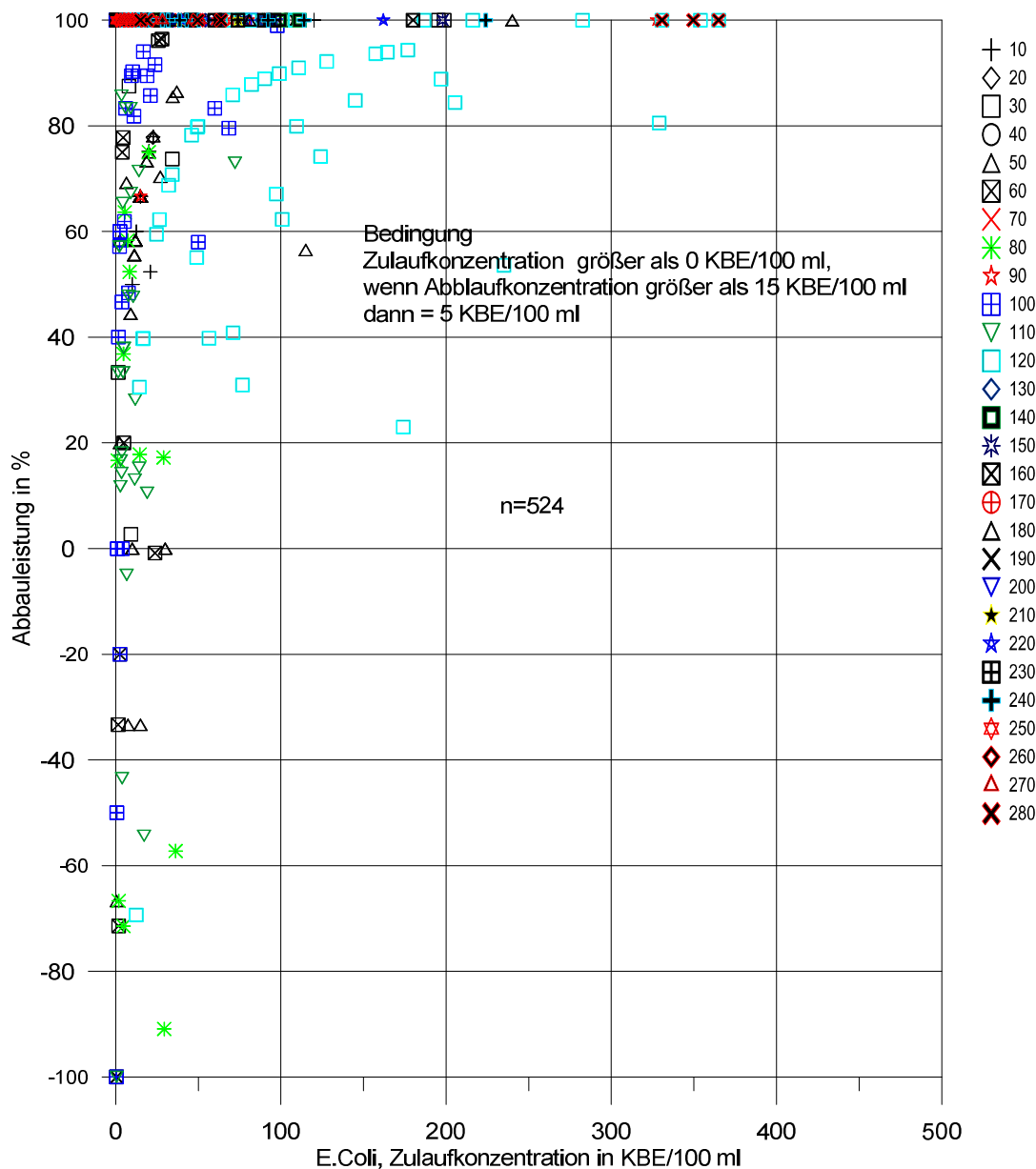


Abbildung 28: Abbauleistung der Wasseraufbereitungsanlagen hinsichtlich *E. coli* unter Zugrundelegung von Zulaufwerten *E. coli* >0 KBE/100ml und Annahme das Werte <15 = 5 KBE/100ml entsprechen.

Berücksichtigt man die Werte <50 KBE/100ml aus den vorher genannten rechnerischen Problemen nicht, so zeigt sich, dass die wesentlichen Datenpunkte im Bereich von 80% bis 90% liegen. Die Auswertung macht aber auch deutlich, dass geringe Eliminationsraten an einzelnen Messtagen auftreten können. Daraus lässt sich ableiten, dass zur Messung eines Nachweises der Abbauleistung in einer biologisch arbeitenden Wasseraufbereitung immer zeitlich versetzte Parallelproben zugrunde gelegt werden sollten.

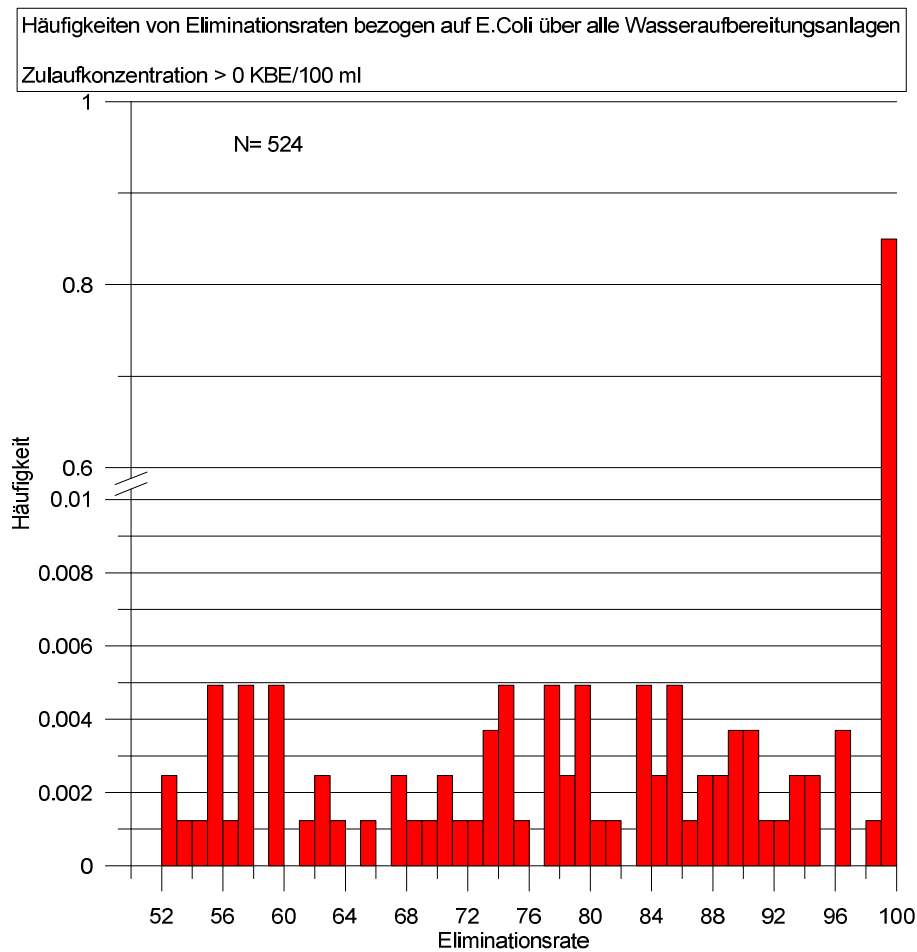


Abbildung 29: Verteilung der Abbauleistung der Wasseraufbereitungsanlagen hinsichtlich *E. coli* unter Zugrundelegung von Zulaufwerten *E. coli* >0 KBE/100ml und Annahme das Werte <15 = 5 KBE/100ml entsprechen im Wertebereich 50 bis 100.

Gemäß der oben stehenden Grafik liegt die Häufigkeit der Eliminationsraten von einer log-Stufe (90 % Abbaurrate) bei ca. 84 %.



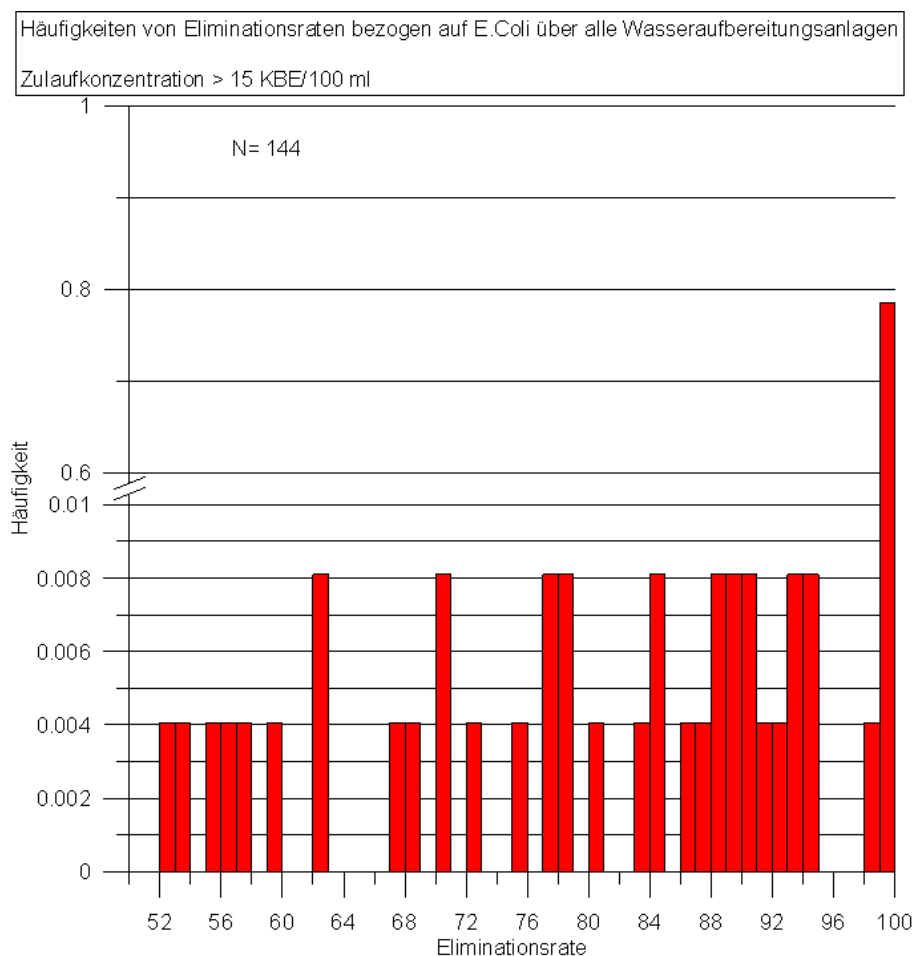


Abbildung 30: Verteilung der Abbauleistung der Wasseraufbereitungsanlagen hinsichtlich *E. coli* unter Zugrundelegung von Zulaufwerten *E. coli* >15 KBE/100ml und Annahme das Werte <15 = 5 KBE/100ml entsprechen im Wertebereich 50 bis 100.

Die vorangestellte Auswertung zeigt, dass auch durch ausklammern der Messungen für *E. Coli* >15 KBE/100ml die Häufigkeit von Abbauraten von einer log-Stufe bei ca. 78%, also in einem sehr ähnlichen Bereich liegt.

Die vorliegenden Daten zeigen eine Tendenz auf. Eine abgesicherte Aussage lassen sie aber aufgrund der vorher genannten Schwierigkeit nicht zu. Zur Absicherung der vorangestellten Auswertung wurde ein ergänzender Versuch in dem Freibad Riepe in Zusammenarbeit mit dem Niedersächsischen Landesgesundheitsamt Aurich, Herrn Dr. Heinemeyer, durchgeführt (s. Kapitel 4.8.2.18).

#### 4.8.2.8 Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von *Pseudomonas aeruginosa* und Lastwechseln bei der Filterbeschickung

Lastwechsel im Anlagenbetrieb der Bodenfilter werden oft als Quelle erhöhter Eintragungspotentiale von *Pseudomonas aeruginosa* genannt. Es wird dabei angenommen, dass es durch eine starke Veränderung von Fließgeschwindigkeiten im Filter- und Rohrleitungssystem zu Biofilmauflösungen von den Materialoberflächen kommt. Es wird zudem angenommen, dass es sich bei *Pseudomonas aeruginosa* mit hoher Wahrscheinlichkeit um einen typischen Organismus der Biofilme handelt.

Um dieser Frage anhand des Datenbestandes aus DANA nachzugehen, wurden alle Bäder ausgewertet, die über eine SPS-Auswertung verfügen, denn hier wurden die hydraulischen Anlagenleistungen in dichten Zeitintervallen von 30 oder 60 Minuten aufgezeichnet. Zu diesen Bädern wurden die Hygienemessungen zusammengetragen und die Anlagenvarianz in den letzten 12 Stunden vor dem Probenahmetermin von *Pseudomonas aeruginosa* ausgewertet. Höhere Lastwechselraten werden als höhere Varianz ausgewiesen.

Die Varianz wurde mit Formel 1 berechnet

$$\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}$$

Dabei ist  $\bar{x}$  der Stichprobenmittelwert und  $n$  der Stichproben Umfang.

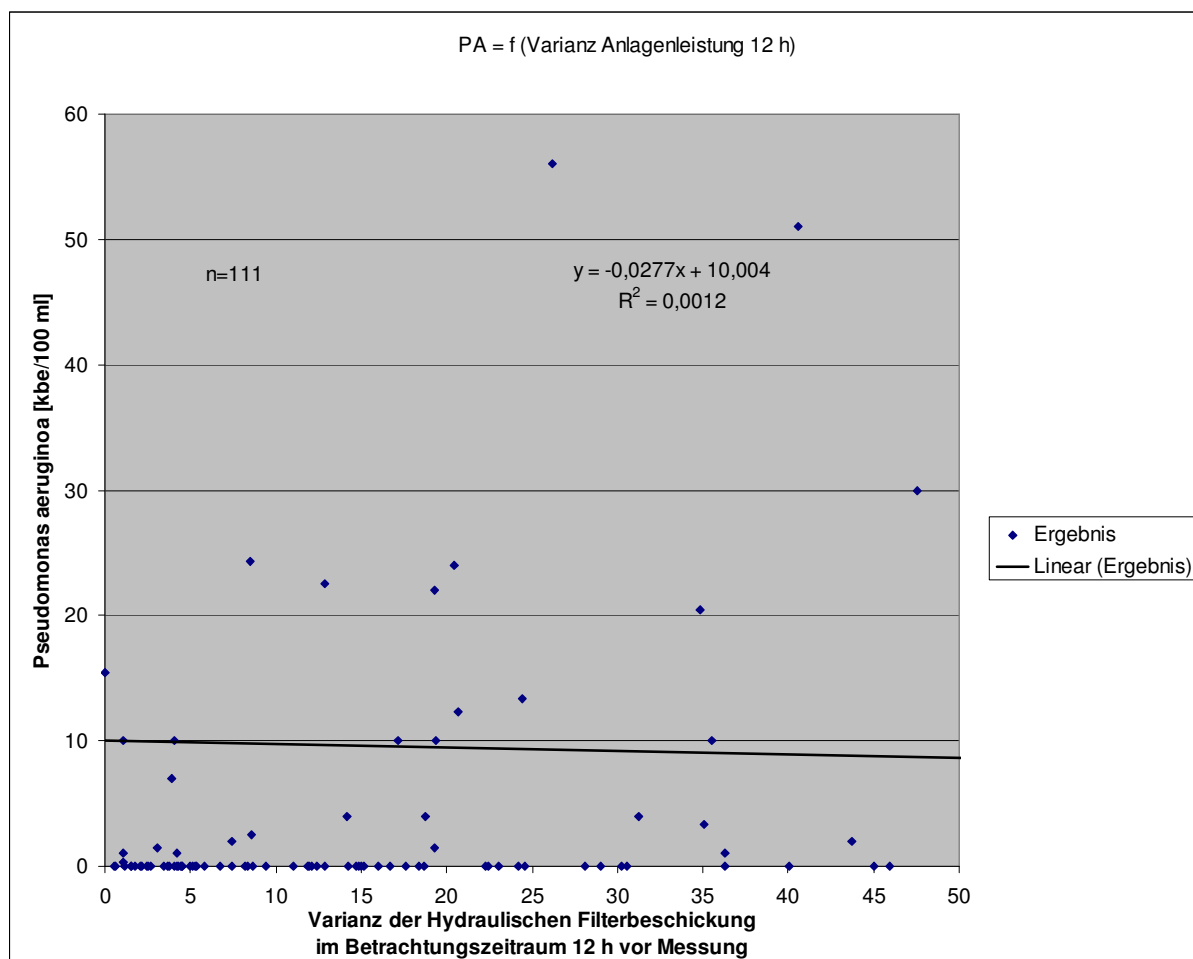


Abbildung 31: Darstellung der Mittelwerte von *Pseudomonas aeruginosa* in KBE/100ml im Beckenwasser in Abhängigkeit der Varianz der Filterbeschickung 12 h vor dem Probenahmetermin.

Die Auswertung in Abb. 31 zeigt, dass keine Abhängigkeit zwischen der Varianz der hydraulischen Filterbeschickung und dem Vorkommen von *Pseudomonas aeruginosa* vorliegt. Sie verdeutlicht aber auch, dass die Anzahl der auswertbaren Daten insgesamt nur sehr gering ist.

Von den 111 Datensätzen, zeigen lediglich 11 Datensätze einen Wert über 10 KBE/100ml was einer sehr geringen Datenmenge entspricht.

Würde man diese Auswertung mit dem derzeitigen Datenbestand für das Reinwasser durchführen, so würde sich die Datenmenge nochmals um ca. 60% reduzieren.

#### 4.8.2.9 Zusammenhang zwischen der Keimbelastung mit *Pseudomonas aeruginosa* und der Umwälzrate

Hohe Umwälzraten bedeuten in der Regel ein kleines spezifisches Beckenvolumen in m<sup>3</sup>/Badegast/Tag. Es wurde der Datenbestand dahingehend untersucht, ob der

Überwachungsparameter *Pseudomonas aeruginosa* gehäuft in Bädern mit hohen Umwälzraten auftritt. Dazu wurden alle Bäder ausgewertet, die über eine automatisierte Datenaufzeichnung bzgl. der umgewälzten Volumenströme verfügen. Für diese Bäder wurden die Hygienemessungen zusammengetragen. Die Umwälzraten wurden dann aus dem Anlagenbetrieb der letzten 12 Stunden berechnet und auf 24 Stunden hochgerechnet.

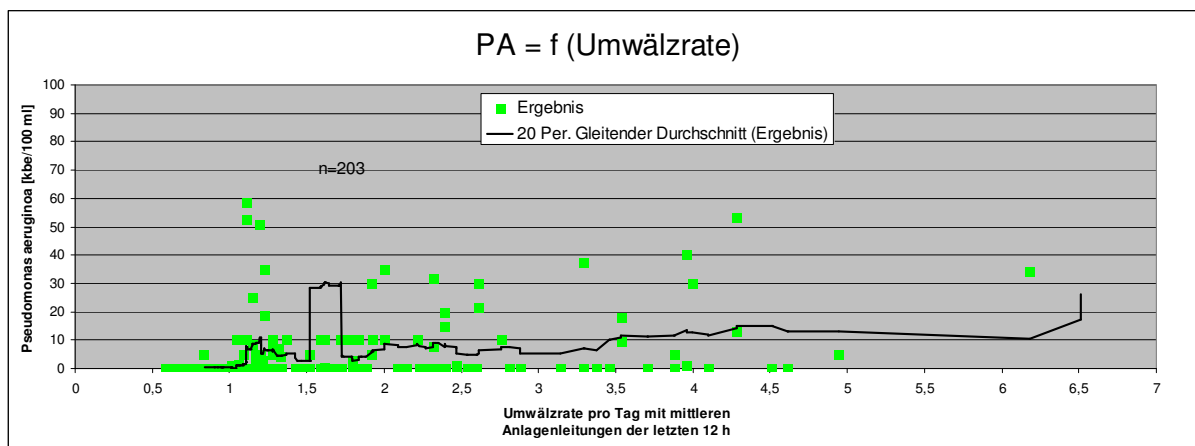


Abbildung 32: Mittelwert von *Pseudomonas aeruginosa* im Beckenwasser in Abhängigkeit der realen Umwälzrate bezogen auf die letzten 12 Stunden mittl. Anlagenleistung

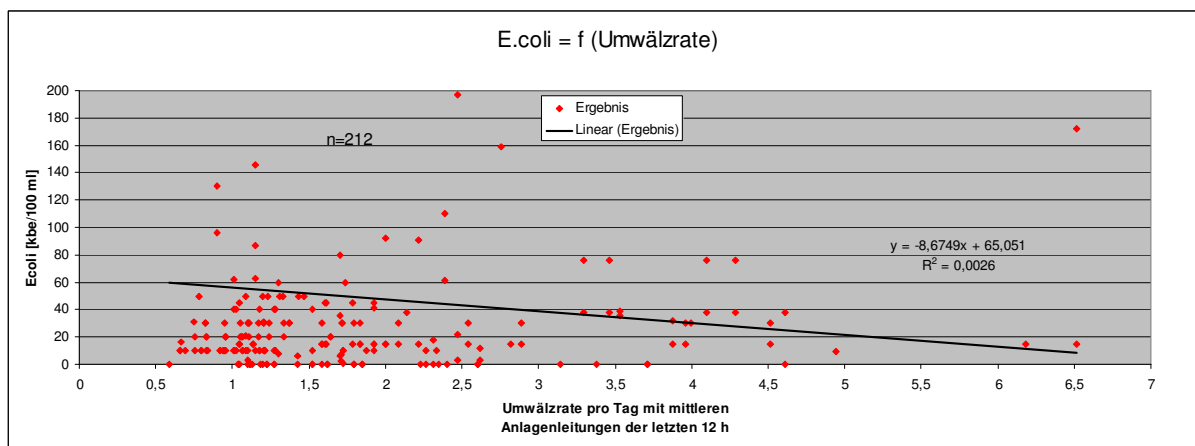


Abbildung 33: Mittelwert von *E. coli* im Beckenwasser in Abhängigkeit der realen Umwälzrate bezogen auf die letzten 12 Stunden mittl. Anlagenleistung

Im realen Anlagenbetrieb zeigen die ausgewerteten Bäder vornehmlich eine durchschnittliche Umwälzrate in einem Bereich zwischen 0,75 bis 2 Umwälzungen pro Tag. Für die *E. coli* Konzentrationen ist in erster Näherung eine Abnahme mit zunehmender Umwälzrate zu erkennen. Allerdings ist das Bestimmtheitsmaß sehr gering. Diese Grundaussage erscheint

allerdings plausibel, da die Elimination durch die *in situ* Entkeimung (z.B. durch UV-Licht und Zooplankton) i.d.R. geringer ist als durch die *ex situ* Entkeimung (Aufbereitungsbereiche). Die *ex situ* Entkeimung steigt mit hoher Wahrscheinlichkeit mit zunehmenden Umwälzraten.

Ein Einfluss der Umwälzraten auf die Belastung mit *Pseudomonas aeruginosa* ist nicht zu erkennen. Dieser Sachverhalt deutet nochmals darauf hin, dass Belastungen des Beckenwassers für diesen Parameter nicht maßgeblich auf hohe Umwälzraten und potentielle Biofilmablösungen zurückzuführen sind. Allerdings sind bei dieser Betrachtung die tatsächliche Fließgeschwindigkeit innerhalb des Filters und auch die Art der Veränderung dieser Fließgeschwindigkeit (Lastwechsel) als absoluter Betrag nicht ausgewiesen.

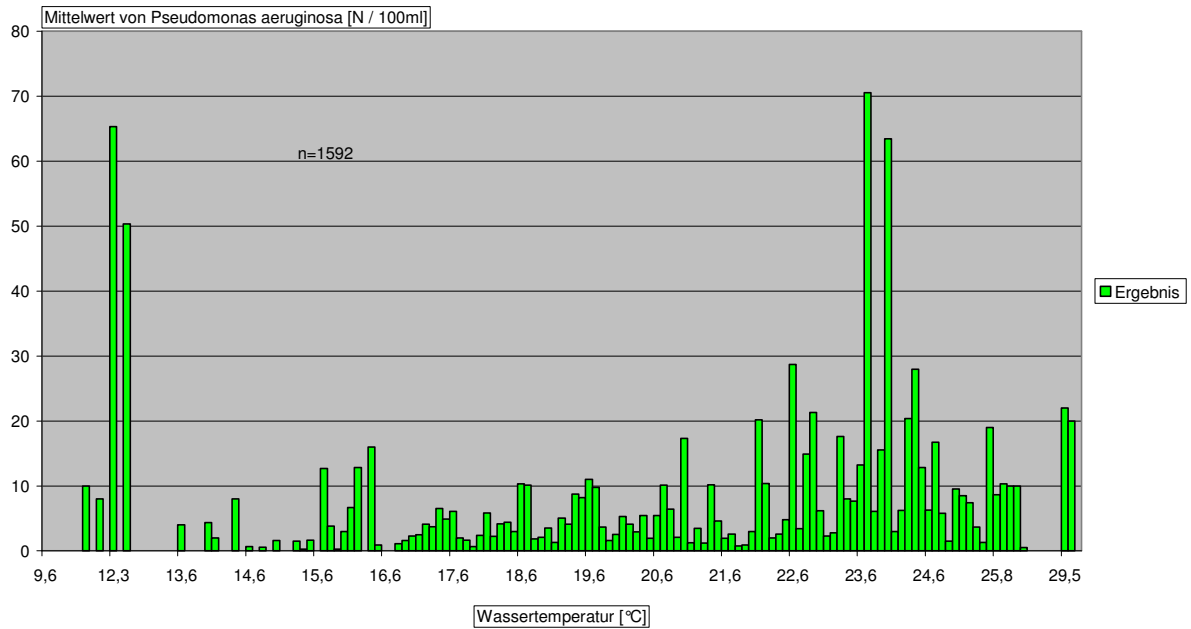
Die vorliegenden Daten können nur als erste Orientierung herangezogen werden, da die Datenmenge nicht ausreicht und das Bestimmtheitsmaß gering ist.

#### **4.8.2.10 Zusammenhang zwischen dem Vorkommens von *Pseudomonas aeruginosa* und der Wassertemperatur**

Hohe Wassertemperaturen bedeuten in der Regel hohe Badegastzahlen und infolgedessen eine betriebsbedingt starke potenzielle Remobilisation von Partikeln. Sofern diese Anlagen über eine dynamische Trübungssteuerung der Anlagenleistung verfügen, steigt in diesen Betriebssituationen auch die Anlagenlast der Aufbereitungsbereiche. Um der Frage nach einem Zusammenhang zwischen Wassertemperatur und Vorkommen von *Pseudomonas aeruginosa* anhand des Datenbestandes aus DANA nachzugehen, wurden die Hygienemessungen aller Bäder (außer Bad 120) zusammengetragen und die Mittelwerte der vorgefundenen Konzentrationen an *Pseudomonas aeruginosa* in KBE/100ml über die Wassertemperatur abgetragen.

Wasserart|Beckenwasser

Ergebnis

Abbildung 34: Konzentration von *Pseudomonas aeruginosa* in Abhängigkeit der Wassertemperatur

Im Bereich um 12°C und zwischen 23,6 und 24,6°C treten erhöhte Mittelwerte auf, die aber oberhalb von 24,6°C wieder auf das Maß unterhalb von 23°C abfallen. Oberhalb von 25°C liegen allerdings nur 17 Datensätze vor.

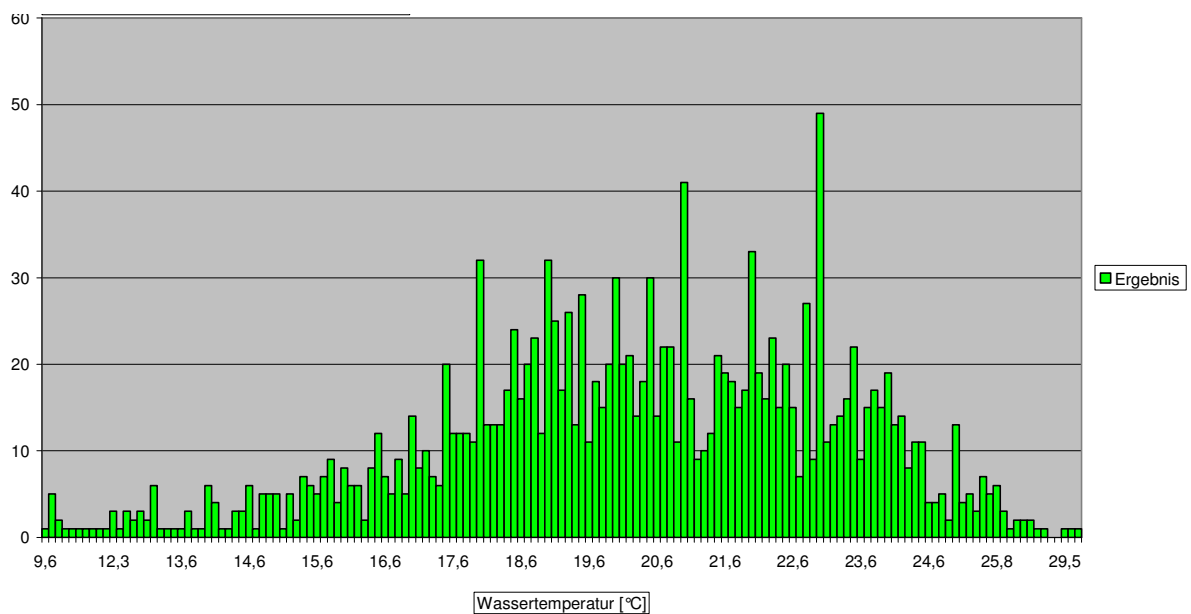
Abbildung 35: Anzahl der Messungen für *Pseudomonas aeruginosa* in verschiedenen Temperaturbereichen.

Abbildung 35 zeigt die Anzahl der Daten im entsprechenden Temperaturbereich. Es wird deutlich, dass die Hauptdatenmenge zwischen 17°C und 24,3°C liegt. Mittelwerte außerhalb dieses Bereiches sind daher aufgrund der geringen Datenmenge in diesen Bereichen nicht zu werten.

#### **4.8.2.11 Untersuchung des möglichen Zusammenhangs zwischen dem Vorkommen von *Pseudomonas aeruginosa* und den vorherrschenden Nitratkonzentrationen**

Bei *Pseudomonas aeruginosa* handelt es sich um ein Stäbchenbakterium das weltweit verbreitet ist und unter verschiedensten Umweltbedingungen vorkommen kann. *P. aeruginosa* konnte u.a. in Gewässern, Böden, Filtermaterialien, Biofilmen und auf Oberflächen von Pflanzen nachgewiesen werden. Auch in tierischen Fäkalien und in Abwässern sowie in Waschbecken und Ausgüssen wurde das Bakterium gefunden und kann sich dort vermehren. Das Wachstumsoptimum von *P. aeruginosa* liegt bei 37°C, aber auch bei niedrigeren oder höheren Temperaturen zwischen 20 und 42°C findet ein Wachstum statt. In Gewässern treten neben den im Biofilm auf Pflanzen und Substraten festsitzenden Formen auch frei schwebende, sogenannte planktonische Bakterien auf.

*Pseudomonas aeruginosa* kann eine Vielzahl an Substraten verstoffwechseln (Schoenen 2009). Unter Sauerstoffmangelbedingungen kann *P. aeruginosa* auch den an Nitrat ( $\text{NO}^3$ ) gebundenen Sauerstoff dazu nutzen, um Substrate abzubauen. Da in den Bodenfiltern und generell im gesamten Wasserkörper von Schwimm- und Badeteichen auch bei optimaler Sauerstoffversorgung kleinräumig sauerstoffarme und -freie Zonen entstehen können (z.B. in Sedimenten oder teilweise kolmatierten Bodenfiltern), besteht die Möglichkeit, dass unter hohen Nitratkonzentrationen verstärkt *P. aeruginosa* vorkommen kann.

Um diese Hypothese zu überprüfen, wurden aus DANA die Untersuchungsergebnisse von *P. aeruginosa* aus 12 Bädern extrahiert. Den Werten von *P. aeruginosa* wurden die zeitlich korrespondierenden Konzentrationen von Nitrat zugewiesen. In den Fällen, wo es keine zeitgleichen Messungen gab, wurde der Nitrat-Wert extrapoliert und dem Ergebnis von *P. aeruginosa* zugewiesen. Dieses Vorgehen ist möglich, da sich die Nitratkonzentrationen in den Bädern nur langsam ändern und darüber hinaus auch für jedes Bad ein weitgehend gleichbleibendes Nitratniveau existiert (s. Abbildung 36). Anschließend wurden die 621 Datensätze korreliert.

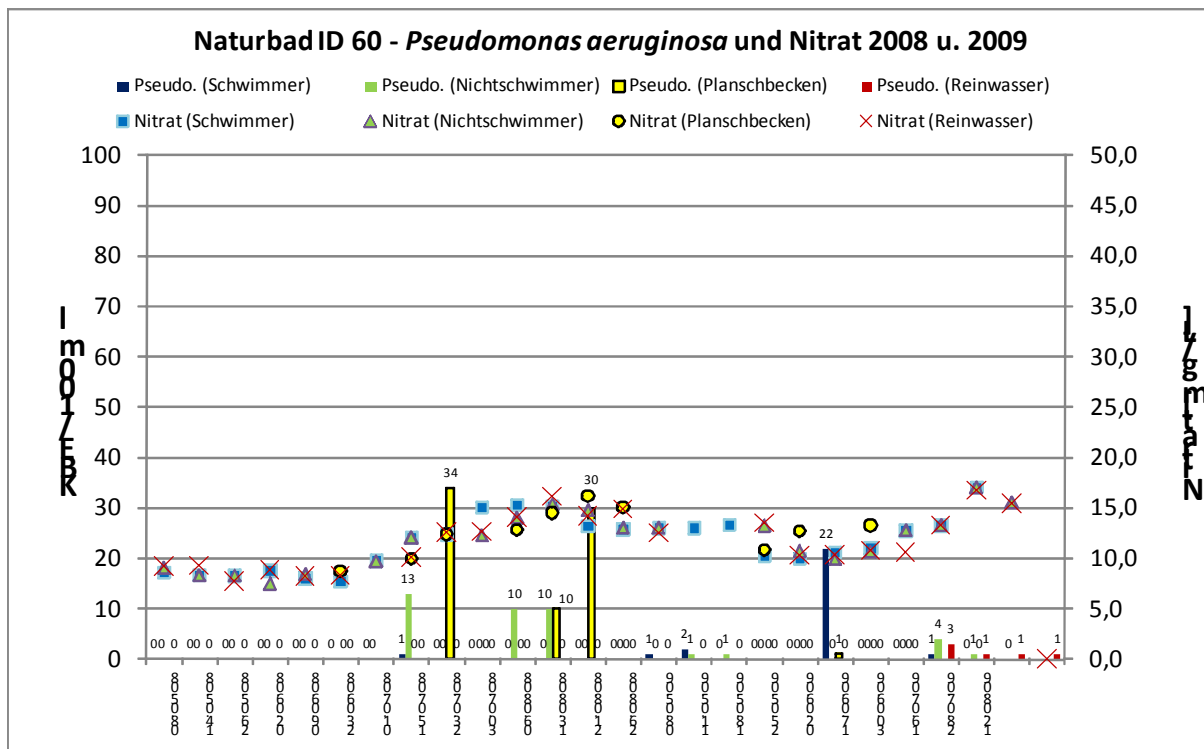


Abbildung 36: Keimzahlen (KBE/100ml) von *Pseudomonas aeruginosa* und korrespondierende Nitratkonzentrationen im Beckenwasser (Schwimmer, Nichtschwimmer, Planschbecken) und im Reinwasser des Naturbades ID 60 während der Saison 2008 und 2009.

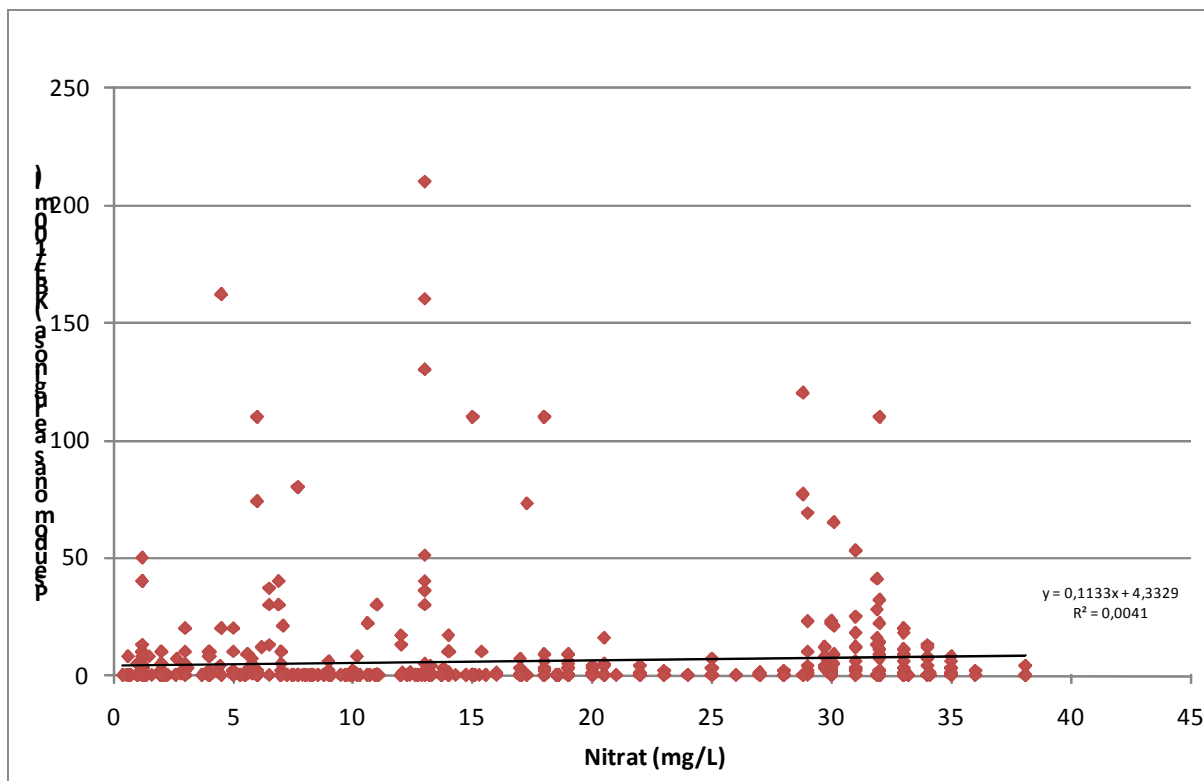


Abbildung 37: Analyse des Zusammenhangs zwischen Nitratwerten und den Konzentrationen von *Pseudomonas aeruginosa* in Naturfreibädern (n = 621)



Das Ergebnis (s. Abbildung 37) zeigt deutlich, dass kein unmittelbarer Zusammenhang zwischen den Nitratwerten und den Konzentrationen von *Pseudomonas aeruginosa* in den betrachteten Bädern zu erkennen sind ( $r^2 = 0,004$ ). In den Fällen, in denen dauerhaft erhöhte Nachweise von *Pseudomonas aeruginosa* erbracht werden, muss somit nach wie vor individuell nach den Ursachen geforscht werden.

SCHOENEN, D. (2009): Wachstumsbedingungen von *Pseudomonas aeruginosa* unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Trinkwasserversorgungssystemen. In: GWF Wasser/Abwasser; 12/2009: S. 1012-1015.

#### **4.8.2.12 Wasserreinigung durch Zooplankton: Keimelimination, Reinigungsleistungen durch Zooplanktonorganismen in Schwimm- und Badeteichen**

Schwimm- und Badeteiche sind kleine Stillgewässer, in denen weitgehend die gleichen gewässerökologischen Prozesse ablaufen wie in natürlichen Seen. Technische Einrichtungen können diese Prozesse lenken, unterstützen oder auch behindern.

Genau wie in einem See findet auch in einem Schwimm- und Badeteich eine *in situ* Entkeimung schon durch natürliche Prozesse im Gewässer selbst statt. Eine wichtige Rolle spielt dabei das Zooplankton (im Wasser frei schwebende, tierische Kleinstorganismen), das sich zum Großteil von Bakterien und Algen ernährt. Zusätzlich findet eine weitere Reduktion der Keime durch das natürliche UV-Licht, das Absinken auf den Gewässerboden (Sedimentation), bestimmte Milieubedingungen, Konkurrenzdruck sowie den Wegfraß durch das Makrozoobenthos statt.

In der Veröffentlichung „Wasserreinigung durch Zooplankton: Keimelimination, Reinigungsleistungen durch Zooplanktonorganismen in Schwimm- und Badeteichen“ (Anlage 10) werden die in DANA verfügbaren Daten ausgewertet. Als Ergebnis ist zu nennen, dass Zooplankton eine herausragende Bedeutung bei der Wasserreinigung aufweisen kann. Andererseits ist das Vorkommen des Zooplanktons in den Bädern nicht stetig, so dass die Reinigungsleistung des Zooplanktons aus Sicherheitsgründen nur als gering angesetzt wird  $0,04 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$ ; (s. auch Anlage 5). Bäder, die eine höhere Reinigungsleistung des Zooplanktons ansetzen, müssen dies durch regelmäßige Untersuchungen nachweisen.

#### 4.8.2.13 Ableitung von Badegastgleichwerten

Anhand der in einem früheren Vorhaben ermittelten Eintragsgrößen für *E. coli* durch Badegäste in ein Naturfreibad<sup>1</sup> und unter Zugrundelegung der ermittelten Eliminationsraten durch Zooplankton im Freiwasser (s. Anlage 10) sowie der Abbauleistung der Mikroorganismen in den biologisch-mechanischen Filtern (s. Kapitel 2.8.2.18), wurden sogenannte Badegastgleichwerte für die Auslegung von Freibädern mit biologischer Wasseraufbereitung neu entwickelt. Da jedoch nicht ausschließlich die hygienischen Aspekte eines Naturfreibades für die Auslegung von Bedeutung sind, sondern insbesondere auch der Nährstoffparameter Phosphor, der maßgeblich für das Wachstum von Algen und damit für Sichttiefeinschränkungen verantwortlich ist, wurde auch diese Größe in die Berechnung der Badegastgleichwerte implementiert.

Die Entwicklung dieser neuen Auslegungsformel für Freibäder mit biologischer Wasseraufbereitung wurde in dem neuen Richtlinienentwurf der FLL aufgenommen und auf einer Fachtagung am 09. Dezember 2010 in Paderborn der Öffentlichkeit vorgestellt.

Detaillierte Ausführungen dazu sind den Anlagen 4 und 5 zu entnehmen.

#### 4.8.2.14 Hydraulische Funktion von Aufbereitungsanlagen

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens DANA fanden ebenfalls Berücksichtigung bei der Erstellung eines Merkblattes zur: „Überprüfung der hydraulischen Funktion von Aufbereitungsanlagen von Freibädern mit biologischer Wasseraufbereitung“, welches im technischen Ausschuss des AK Wasseraufbereitung der Deutsche Gesellschaft für das Badewesen e. V. im Juli 2010 erarbeitet worden ist. Das Einspruchsverfahren zum Blaudruck endete am 30. September 2010, - eine offizielle Veröffentlichung steht jedoch noch aus. Es ist vorgesehen, dass die Richtlinie zum Januar 2011 in Kraft tritt.

Der Blaudruck des Merkblattes DGfDB R 65.09 ist der Anlage 6 zu entnehmen.

#### 4.8.2.15 Indikatorkeime und das Leben im Wasser von Schwimm- und Badeteichen

Wie in Eydelor & Spieker (2010) und Bruns & Wunderlich (2010) dargestellt, kann das Zooplankton eine wesentliche Rolle bei der Wasserreinigung und der Elimination von durch

---

<sup>1</sup> Projekt: "NEMO" Laufzeit: von November 2002 bis Juli 2004, Projektziel: Neuentwicklung eines biotechnischen Reinigungsverfahrens zur Erhöhung der Betriebsstabilität in Naturfreibädern - "NEMO",  
Förderung: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie - BMWi

Badegäste eingetragenen Keimen spielen. In der Realität der hygienischen Überwachung der Bäder stellt sich das Problem, dass die Keimzahlen der Indikatorkeime *Escherichia coli* und Fäkalstreptokokken sowie von *Pseudomonas aeruginosa* sehr gering sind. Überschreitungen des bereits sehr niedrigen Grenzwertes bei *Escherichia coli* von 100 KBE in 100ml kommen z.B. nur in 4% aller in DANA erfassten Messungen vor (s. Abb. 14). Viele Messungen liegen darüber hinaus unterhalb der Nachweisgrenzen. Daraus ergibt sich das statistische Problem, dass ein Einfluss des Zooplanktons nur schwer darzustellen ist.

Das Ergebnis, den Einfluss des Zooplanktons auf die oben genannten Keime in der Praxis darzustellen, ist in der Anlage 15 dargestellt. Für die durchgeführten Korrelationsanalysen wurden aus 15 in DANA erfassten Bädern die Medianwerte von Zoo- und Phytoplankton sowie der Indikatorkeime *Escherichia coli* und Enterokokken sowie von *Pseudomonas aeruginosa* berechnet. Eine einzelfallbezogene Auswertung ist nicht möglich, da das Zoo- und das Phytoplankton nur ca. alle 4 Wochen beprobt und ausgewertet wird und die Ergebnisse nicht mit den dazwischen liegenden (wöchentlich oder 14tägig erhobenen) Hygienedaten verknüpft werden können. Durch die Mittlung der Daten wird eine durchschnittliche Individuenzahl des Zooplanktons bzw. die Biomasse des Phytoplanktons mit der durchschnittlichen hygienischen Situation verglichen.

Die Ergebnisse zeigen sehr schwache bis schwache negative Korrelationen zwischen Zooplanktern und den Hygieneparametern, d.h. höhere Zooplanktdichten scheinen zu geringeren Keimzahlen der oben genannten Hygieneparameter zu führen. Auch der praktische Zusammenhang zwischen der Biomasse des Phytoplankton und der Anzahl der Zooplanker ist nicht stark ausgeprägt. Hierin schlägt sich die Tatsache nieder, dass die meisten Bäder sehr nährstoffarme Systeme darstellen, die zudem noch unterschiedlich stark von den externen Aufbereitungsbereichen beeinflusst werden.

#### **4.8.2.16 Physikalisch-chemische Parameter in Schwimm- und Badeteichen**

In den „Empfehlungen für Planung, Bau, Instandhaltung und Betrieb von öffentlichen Schwimm- und Badeteichanlagen“<sup>2</sup> der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) sind neben technischen Anforderungen auch Grenz- und Leitwerte für die gewässerökologischen (biologische, physikalische, chemische) und hygienischen Parameter angegeben, die weitgehend mit denen des UBA (Hygienische Anforderungen an

---

<sup>2</sup> Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (2003): Empfehlungen für Planung, Bau, Instandhaltung und Betrieb von öffentlichen Schwimm- und Badeteichanlagen. - ISBN 3-934484-71-9

Kleinbadeteiche<sup>3</sup>) übereinstimmen. Die aus dem Jahr 2003 stammenden Werte wurden durch Expertenwissen ermittelt und leiten sich aus den gewässerökologischen Grundsätzen ab. Mit Hilfe von DANA ist nun erstmals ein Abgleich dieser Vorgaben mit der Praxis in öffentlichen Schwimm- und Badeteichen möglich. Für den privaten Bereich wurde dies im Zuge einer Studie der DGfNB (KLS, 2006) bereits durchgeführt.

Die Ergebnisse (s. Anlage 16) zeigen, dass die Abweichungen von den Leitwerten nach FLL bei den meisten Parametern unter 5% liegen. Lediglich bei dem trophierelevanten Parameter Gesamt-Phosphor liegen fast 50% über den Leitwerten der FLL. Dies zeigt jedoch, dass diesem Parameter in Zukunft eine besondere Bedeutung zukommt, da sich die Auswirkungen einer erhöhten Trophie auch in der Reinigungsintensität (z.B. Reinigung der Beckenwände und der Bodens) niederschlagen. Bei der Betrachtung der Daten wird auch deutlich, dass der pH-Wert in Schwimm- und Badeteichen im Mittel bei ca. 8,2 liegt. Dies ist der Wert, den viele natürliche Wässer bei niedriger Trophie häufig aufweisen.

KLS (2006): Gewässerökologische Untersuchungen an Privaten Schwimmteichen. Studie im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für naturnahe Badegewässer e.V.

#### **4.8.2.17 Untersuchungen zur künstlichen Erwärmung im Naturfreibad Büdelsdorf**

Für Freibäder mit biologischer Wasseraufbereitung wird häufig eine künstliche Erwärmung kontrovers diskutiert. Insbesondere von hygienischer Seite wird vor dem Hintergrund einer potentiellen Legionellenkontamination in erwärmten Brauchwassersystemen, eine künstliche Erwärmung als besonders kritisch angesehen.

Im Rahmen der Bäderbetreuung des Naturfreibades in Büdelsdorf (Schleswig-Holstein) traten massive Probleme mit Einträgen von *Pseudomonas aeruginosa* auf. Nach hydraulischer Entkopplung der künstlichen Erwärmung über eine Solarabsorberanlage normalisierten sich die Wasserwerte, so dass die Erwärmungsanlage als Quelle der Kontamination ermittelt werden konnte. Die Solaranlage wurde im direkten Durchfluss mit Reinwasser aus den Filtern betrieben. Bei Erreichung der Zieltemperatur wurde der Erwärmungsbypass temporär abgeschaltet, so dass es zu einer Stagnationsphase kam. Nach erneuter Inbetriebnahme kam es dann zu den genannten massiven Keimausträgen.

Es war jedoch ein besonderes Anliegen des Betreibers das Bad auch weiterhin zu erwärmen und den Badegästen eine Mindesttemperatur oberhalb von 20°C zu garantieren. Es erfolgte in der Folge eine technische Umrüstung der Solaranlage.

---

<sup>3</sup> Empfehlung des Umweltbundesamtes (2003): Hygienische Anforderungen an Kleinbadeteiche (künstliche Schwimm- und Badeteichanlagen). Hrsg.: Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 2003 (46:527-529)

Gemeinsam mit dem Medizinaluntersuchungsamt Krankenhaushygiene des Universitätsklinikums Kiel wurde ein intensives Messprogramm entwickelt, um den Nachweis zu führen, dass bei entsprechender Kreislaufentkopplung über Wärmetauscher eine gefahrlose Erwärmung ohne Keimausträge möglich ist. Die im stetigem Durchfluss betriebenen Kreisläufe wurden mit diversen Wasserentnahmestellen (Probenahmeähne) und Abschiebermöglichkeiten versehen, so dass bei einer dennoch erfolgten Kontamination die Eintragsquelle möglichst schnell gefunden werden kann und auch Teilstränge entleert und desinfiziert werden können.

Es zeigte sich auch in den beiden folgenden Betriebsjahren, dass durch die technische Umrüstung der Anlage weitere Kontaminationen mit *Pseudomonas aeruginosa* nicht mehr nachgewiesen wurden. Auch Legionellen wurden an den verschiedenen Messstellen über den gesamten Zeitraum beprobt, konnten jedoch zu keinem Zeitpunkt nachgewiesen werden.

Nähere Angaben zu den Untersuchungen sind der Präsentation in Anlage 7 zu entnehmen.

#### **4.8.2.18 Freilandversuch zum Abbau der Indikatororganismen *E. coli* und intestinale Enterokokken in biologisch-mechanischen Filtersystemen im Naturfreibad Riepe**

Das Umweltbundesamt (UBA) fordert in seinen Empfehlungen<sup>4</sup> eine Reduktionsleistung durch die Aufbereitungsanlagen in Naturschwimmbädern von mindestens einer log-Stufe. Da das Reinwasser der Naturfreibäder gem. UBA jedoch nicht zwingend in der Routine untersucht werden muss, sondern nur bei hygienischen Auffälligkeiten im Beckenwasser, ist die Datenbasis im Datenbestand insgesamt sehr gering. Außerdem sind auch die zeitlichen Intervalle bei durchgeführten Reinwasseruntersuchungen mit einem Versatz von ein oder zwei Wochen nicht ausreichend, um direkte Rückschlüsse auf die Abbauleistungen einer Filteranlage zu erlauben (s. auch Kapitel 4.8.2.7).

Dies war Anlass dazu, in einem Naturfreibad eine Intensivmessreihe zum Nachweis der tatsächlichen Abbauraten für die hygienischen Indikatororganismen durchzuführen.

Der Mess- und Zeitplan für die Untersuchungsreihen wurde gemeinsam mit dem Landesgesundheitsamt Niedersachsen (NLGA Aurich, Herr Dr. Heinemeyer) entwickelt. Aufgrund der örtlichen Nähe zum Untersuchungslabor bot sich das Naturfreibad in Riepe als Versuchspartner an. Das örtliche Gesundheitsamt erklärte sich bereit, den Versuch mit amtlichen Probenentnahmen zu unterstützen.

---

<sup>4</sup> Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 2003 · 46:527–529 DOI 10.1007/s00103-003-0627-0

Die in diesem Kapitel verwendeten Grafiken wurden vom Landesgesundheitsamt Niedersachsen, Herrn Dr. Heinemeyer, erstellt. Wesentliche Textauszüge entstammen ebenfalls aus den Auswertungen von Herrn Dr. Heinemeyer.

Das Beckenwasser des Naturfreibades Riepe wurde am 17. September 2009 mit *E. coli* und intestinalen Enterokokken (iEK) gezielt kontaminiert. Ziel war eine möglichst homogene Kontamination des gesamten Wasserkörpers in einer Größenordnung von etwa  $1000 \pm 500$  Bakterien / 100ml. Die Reduktion dieser Kontamination sollte dann über einen Zeitraum von 24 Stunden verfolgt.

Die Verteilung der Bakterien nach Kontamination zeigt eine Verbreitung bis in die äußersten Tiefen des Beckens (Abb. 38) und eine, für den Versuchsablauf akzeptable homogene Verteilung, die mit Hilfe eines Lufthebers erreicht werden konnte.

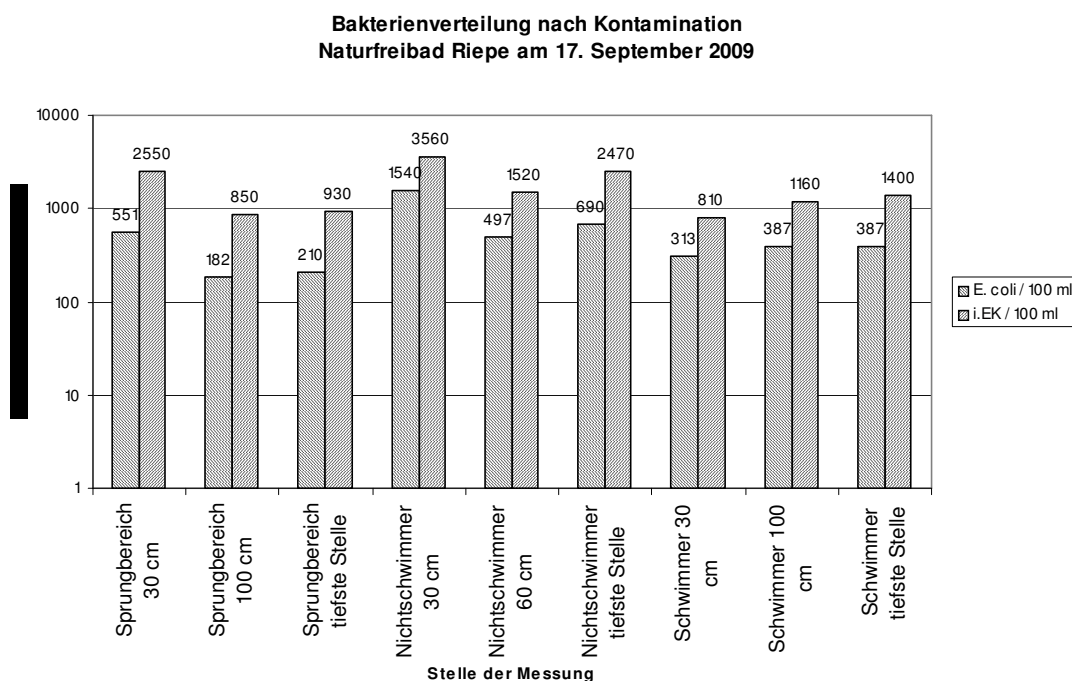


Abbildung 38: Bakterienverteilung nach Kontamination

Bereits nach 6 Stunden Aufbereitungsbetrieb wird die Anzahl der *E. coli* Bakterien und die der intestinalen Enterokokken um etwa eine log-Stufe reduziert (Abb. 39 u. 40). Im aufbereiteten „Reinwasser“ (Abb. 41) war lediglich eine geringfügige Erhöhung (38 *E. coli* / 100ml und 40 iEK / 100ml, Daten nur in Grafik) freigesetzter Bakterien in der Probe um 16 Uhr feststellbar. Um 22 Uhr war auch diese Kontamination im Reinwasser nicht mehr nachweisbar. Daten über den Zeitraum zwischen 10.00 und 16.00 Uhr wurden nicht ermittelt. Wäre es hier zu einem Durchbrechen der Bakterien gekommen, so hätte sich das in einer höheren Anzahl dieser Bakterien im Schwimmteichwasser bemerkbar machen müssen. Das

war nicht der Fall, im Gegenteil. In den Schwimmteich-Proben um 16.00 Uhr wurden sogar etwas weniger Kontaminanten gefunden, als zunächst erwartet wurden.

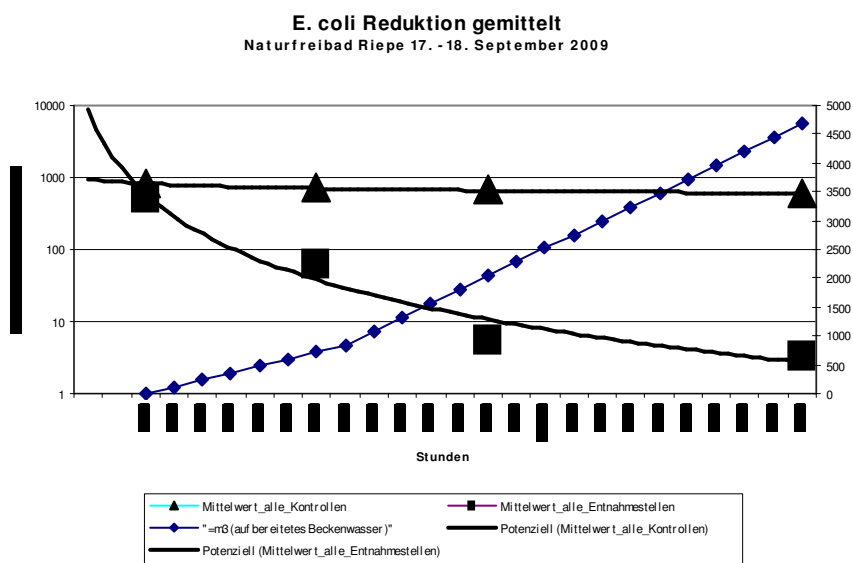


Abbildung 39: E. coli Reduktion gemittelt

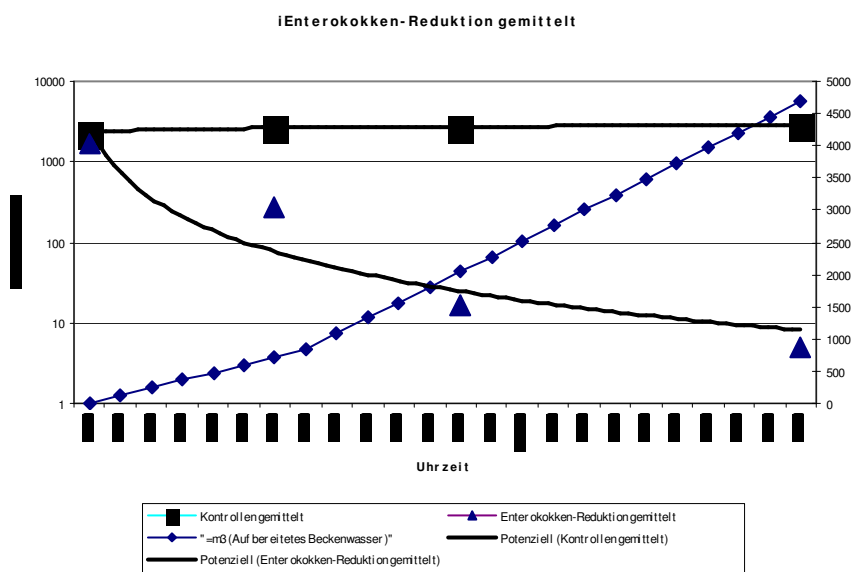


Abbildung 40: iEnterokokken Reduktion gemittelt

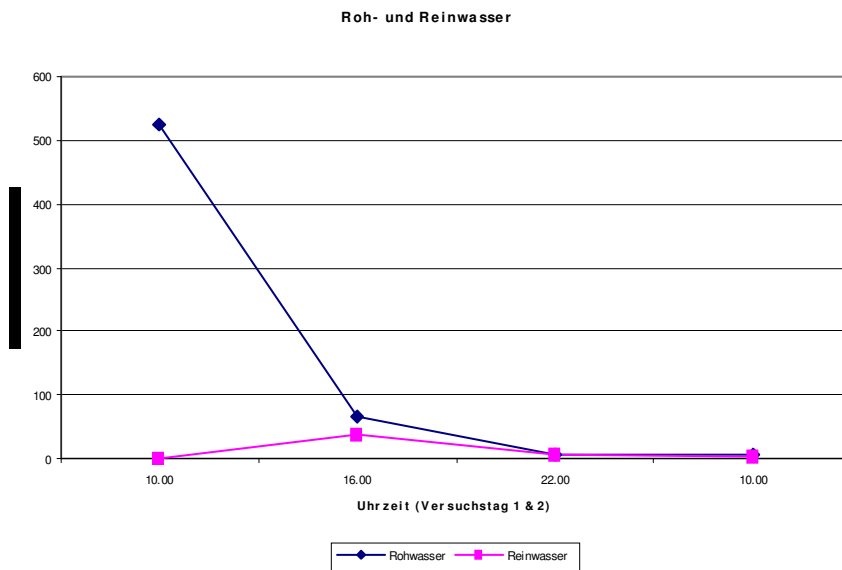
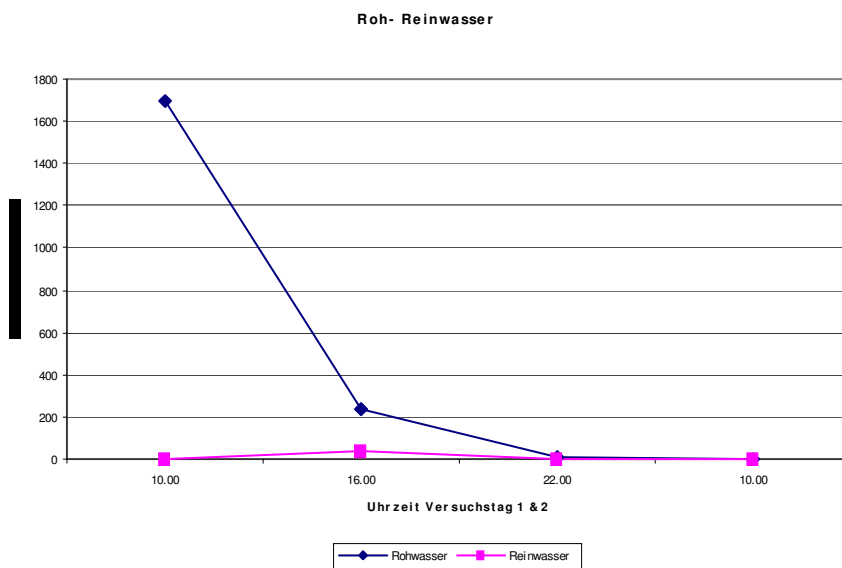
Abbildung 41: Vergleich Roh- zu Reinwasser für *E. coli*

Abbildung 42: Vergleich Roh- zu Reinwasser für iEnterokokken

Zu diesem Zeitpunkt hat etwa 750 m<sup>3</sup> (75%) des Beckenwasservolumens die Aufbereitung durchflossen. Nach weiteren 6 Stunden ist eine weitere Verringerung der Bakterienzahl um eine weitere log-Stufe zu registrieren. Zu diesem Zeitpunkt (22.00 Uhr) haben dann auch insgesamt etwa 2000 m<sup>3</sup> Wasser die Aufbereitung passiert. Das entspricht dem doppelten Beckenvolumen. Insofern ist die Reduktion nach 12 Stunden um zwei log-Stufen verständlich. Dagegen ist die Reduktion nach 6 Stunden etwas besser, als erwartet.

Das Schwimmbad war zum Versuchszeitpunkt bereits seit einer Woche nicht mehr im Betrieb, das Wasser sehr klar und relativ kühl (17 °C). Zu Zeiten höherer Temperatur und



höherer kontinuierlicher Belastung durch Badende kann auch eine wesentlich stärkere Keimelimination durch Zooplankton angenommen werden.

Die Versuchsreihen wurden ausführlich in der Präsentationsveranstaltung in Osnabrück vorgestellt und mit dem Fachpublikum diskutiert. Folienabzüge finden sich im Berichtsanhang Anlage 8. Darüber hinaus wurde ein Veröffentlichungsskript gemeinsam mit Herrn Dr. Heinemeyer bei der Fachzeitschrift gwf-Wasser/Abwasser eingereicht. Nach Prüfung des Artikels ist eine Veröffentlichung für Frühjahr 2011 vorgesehen.

## 5 Öffentlichkeitsarbeit

Das DBU-Projekt DANA wurde im Rahmen einer **Tagung der Arbeitsgemeinschaft Badeseen und Schwimmteiche (ABS) am 22.-23. April 2009** erstmalig öffentlich in **Kassel** vorgestellt. Teilnehmer der Tagung waren die Projektpartner, Badbetreiber sowie geladene Gäste aus dem Umweltbundesamt, der Badebeckenwasserkommission und der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung und Landschaftsbau e.V.. Neben Fachvorträgen zur Keimelimination in Naturfreibädern, wurde der aktuelle Stand der Datenbankentwicklung sowie Anwendungsmöglichkeiten für die Badbetreiber vorgestellt. Im Rahmen dieser Tagung erfolgte auch eine Schulung des Betriebspersonals. Ziel war es die Dateneingaben aus der Gruppe des Betriebstagebuches und des Gesundheitsamtes bereits während der Saison 2009 online durch die Beteiligten vor Ort zu erfassen.

Die Veranstaltung wurde im Vorfeld über Fachzeitschriften (A.B. – Archiv des Badewesens) und das Internet ([www.abs-naturbad.de](http://www.abs-naturbad.de)) angekündigt. Die Tagesordnung ist der Anlage 11 zu entnehmen.

Auf dem **Internationalen Schwimmteichkongress in Meran im Oktober 2009** war auch die Arbeitsgemeinschaft Badeseen und Schwimmteiche mit einem eigenen Messestand vertreten. Hier wurde das Forschungsprojekt DANA vorgestellt und einem internationalen Fachpublikum präsentiert. Herr Bruns referierte über die neuen Berechnungsansätze für einen Badegastgleichwert und deren Ableitung aus den Untersuchungen des Forschungsprojektes. Eine Zusammenfassung zum Fachvortrag ist der Anlage 9 zu entnehmen.

Insbesondere im Ausland stieß das DANA-Projekt auf großes Interesse, da es sich hier um die erste umfassende Datensammlung zu Naturfreibädern überhaupt handelt. In den meisten europäischen Nachbarländern gibt es derzeit weder technische noch gesetzliche Normen und Vorgaben, so dass die einzelnen Landesverbände im Rahmen ihrer normativen Arbeit gern auf die Erfahrungen in Deutschland aufbauen wollen.

Auf dem Kongress in Meran wurde ein neuer Dachverband, die „Internationale Organisation für naturnahe Badegewässer (IOB)“ gegründet. Unter anderem wurde von dieser Organisation ein Entwurf für eine europäische Rahmenrichtlinie für naturnahe Badegewässer erarbeitet. Den Landesverbänden wurde das DANA-Projekt auf der **Mitgliederversammlung der IOB am 21. Oktober 2010 in Aljezur (Portugal)** vorgestellt. Es werden derzeit mit den Landesverbänden und der IOB die Möglichkeiten einer Erweiterung der Datenbank auf europäischer Ebene erörtert.

Dem Fachpublikum der Naturfreibadbranche wurden die Arbeitsergebnisse des Vorhabens am **15. April 2010** in einer Abschlusspräsentation in den Räumlichkeiten der DBU in **Osnabrück** vorgestellt. Das Tagungsprogramm und die Präsentationsfolien sind der Anlage

12 zu entnehmen. Zu dieser Veranstaltung erschien ein kurzer Bericht in den Mitteilungen der **DBU aktuell im September 2010**.

Darüber hinaus wurden die Ergebnisse des Datenbankprojektes im **Regelwerksausschuss des Arbeitskreises öffentliche Schwimmteichanlagen der FLL** vorgetragen. Hier wurde an einer neuen Auslegungsformel für Naturfreibäder gearbeitet, wobei die erhobenen Daten des Datenbanksystems DANA eine wesentliche Grundlage für die Ableitung eines sog. Badegastgleichwertes darstellen. Der Gelbdruck der neuen Richtlinie wurde im Sommer 2010 veröffentlicht (s. Anlage 13).

Am **09. Dezember 2010** wurde die neue FLL-Richtlinie in einer **Fachtagung der FLL in Paderborn** öffentlich vorgestellt. Herr Bruns referierte dort über die neue Auslegungsformel und deren Herleitung. Herr Dr. Spieker referierte über die Wasserreinigung durch *in situ* Entkeimung - Keimelimination durch Zooplankton, Sedimentation und natürliches UV-Licht. Die Vorträge wurden den Tagungsteilnehmern in einem Tagungsskript zur Verfügung gestellt (s. Anlage 4).

Bereits im **März und Mai 2010** erschienen im **Archiv des Badewesen** (A.B.) zwei Veröffentlichungen der Kooperationspartner KLS-Gewässerschutz und Polyplan zu den Themen „Abbauleistung durch Zooplankton“ und „Herleitung einer neuen Berechnungsmethode zur Ermittlung der Nennbesucherzahl“ (s. Anlagen 5 und 10).

Die Versuchsreihen zu den **Abbauversuchen im Naturfreibad Riepe** wurden im **September 2010** in einem gemeinsamen Vortrag mit dem Niedersächsischen Landesgesundheitsamt auf einem Fortbildungstreffen der Hygieneinspektoren aus Niedersachsen vorgestellt.

Vorankündigungen zu den Veranstaltungen Veröffentlichungen wurden jeweils auch auf den Internetseiten der Polyplan GmbH als auch der Arbeitsgemeinschaft Badeseen und Schwimmteiche (ABS) gestellt.

## 6 Fazit

Durch das Forschungsprojekt Datenbank Naturfreibäder<sup>5</sup> (DANA) wurden erstmalig sämtliche erhobenen Bäderdaten von insgesamt 34 Einzelbädern über einen Zeitraum von 9 Jahren in einen gemeinsamen Datenpool zusammengeführt. Dabei ist es gelungen, Daten verschiedener Datenquellen (Betriebsdaten, SPS-Datenloggs, Hygienedaten, limnologische / gewässerökologische Daten) und mit dementsprechend vielfältigen Datenformaten in einem System zusammenzuführen.

Mit DANA wurde eine internetbasierende Plattform geschaffen, die einen zeitnahen Zugriff von jedem internetfähigem Arbeitsplatz auf den aktuellen Datenbestand der erfassten Naturfreibäder erlaubt. In der Praxis hat sich gezeigt, dass dieses Werkzeug bei Betriebsstörungen wesentlich dazu beiträgt, schnelle und effiziente Problemlösungen herbeizuführen und die Naturfreibäder in Ihrer Betriebssicherheit zu optimieren.

Bei der bäderübergreifenden Auswertung der Daten wurden zahlreiche neue Erkenntnisse zur Funktion der Naturfreibäder und der mit ihnen assoziierten Aufbereitungssysteme gewonnen. Diese Erkenntnisse haben teilweise bereits in die relevanten Regelwerke Einzug gehalten (FLL 2011, DGfdB 2011).

Der Schwerpunkt der bäderübergreifenden Auswertung bestand in der Analyse der hygienischen Aspekte, da in Naturfreibädern im Gegensatz zu konventionellen Beckenbädern nach DIN 19643 keine Desinfektionsmittel eingesetzt werden. Für den Indikatorkeim *Escherichia coli* wurde z.B. ermittelt, dass nur in 4,1% aller Messungen der Höchstwert von 100 KBE/100ml überschritten wurde. Für *Pseudomonas aeruginosa* (Höchstwert 10 KBE/100ml) konnte nachgewiesen werden, dass nach der Präzisierung der Untersuchungsmethode die Anzahl der Höchstwertüberschreitungen stark gesunken ist. Neben dem Nachweis, dass in den Aufbereitungsbereichen eine wesentliche Elimination der Indikatorkeime erfolgt, konnte gezeigt werden, dass sich auch im Wasserkörper durch die Aktivität des Zooplanktons eine beträchtliche *in situ* Entkeimung einstellen kann.

Grundsätzlich leidet die Auswertung derzeit noch darunter, dass die Datenbasis in DANA zu inhomogen ist. Obwohl in der bestehenden FLL-Empfehlung und auch in der neuen FLL-Richtlinie eine detaillierte Kontrolle der verschiedenen Wasserarten vorgesehen ist, wird dies in der Praxis nicht in ausreichendem Maße durchgeführt. Ein Schwerpunkt für DANA muss in Zukunft demnach die möglichst vollständige und einheitliche Datenerfassung bei den implementierten Bädern sein. Darauf aufbauend können weitergehende bäderübergreifende Auswertungen durchgeführt werden, die zu einer höheren statistischen Sicherheit führen.

---

<sup>5</sup> In den Regelwerken werden Naturfreibäder aktuell als Freibäder mit biologischer Wasseraufbereitung bezeichnet. In diesem Bericht wird jedoch weiterhin – wie im Antrag – von Naturfreibädern gesprochen.

In Naturfreibädern laufen weitgehend die gleichen gewässerökologischen Vorgänge und Reinigungsprozesse wie in natürlichen Gewässern ab. Bauliche und technische Einrichtungen zur Wasseraufbereitung unterstützen und lenken diese Prozesse mit dem Ziel, einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Freibäder mit biologischer Wasseraufbereitung stellen somit eine besondere Art von aquatischen Ökosystemen dar. Aufgrund der komplexen Struktur dieser Ökosysteme, konnten bisher nicht alle wichtigen Kompartimente in ausreichendem Maße untersucht werden. In Zukunft müssen z.B. mehr Informationen über den Biofilm in den Becken und in den Aufbereitungsbereichen, sowie über die Verteilung des Zooplanktons erhoben werden, um auch in diesem Bereich die Betriebssicherheit zu erhöhen.

Für bestimmte hygienisch relevante Fragestellungen wird es immer so sein, dass die Datendichte der Routineuntersuchungen nicht ausreichend ist. Um hier eine tiefergehende Forschung betreiben zu können, müssen detaillierte Versuchs- und Messreihen mit hoher Datendichte durchgeführt werden. Dies ist zum Beispiel für die Erhöhung der Beckenwassertemperatur  $>23^{\circ}\text{C}$  zu empfehlen.

Um den Datenbestand zu ergänzen und zu verbessern soll auch die Anzahl der in DANA erfassten Bäder erhöht werden. Dies ist bei dem derzeitigen Bestand an über 120 öffentlichen Naturfreibädern allein in Deutschland nicht unrealistisch. Gleichzeitig wird daran gearbeitet das Datenbanksystem DANA zu internationalisieren, da Freibäder mit biologischer Wasseraufbereitung in vielen europäischen Ländern zunehmend Interesse finden.

## 7 Anhang

1. Beispiel für einen Prüfbericht, KLS (Verweis S. 12, S. 29)
2. Daniel Laux: Benutzeranleitung Visualisierungstool, iTech, 2009 (Verweis S. 21)
3. Claudia Schwarzer: „Kein Bad für Entenhausen, ABS-Frühjahrstagung 2009 in Kassel“, Der Schwimmteich, 3-2009:, von (Verweis S. 28)
4. Stefan Bruns: Skript zum Vortrag FLL-Tagung 12-2010, Paderborn (Verweis S. 57, S. 66)
5. Stefan Bruns, Anne Wunderlich: „Herleitung einer neuen Berechnungsmethode zur Ermittlung der Nennbesucherzahl“ von Archiv des Badewesens (A.B.), Ausgabe 05/2010 Seite 279 bis 289 (Verweis S. 57, S. 66)
6. AK Wasseraufbereitung, Deutsche Gesellschaft für das Badewesen e. V.: Blaudruck des Merkblattes DGfDB R 65.09, Essen, 07-2010 (Verweis S. 58)
7. Dr. Axel Matthiessen: „Künstliche Erwärmung einer Schwimmteichanlage“, Vortragsfolien, Osnabrück 4-2010 (Verweis S. 60)
8. Dr. Heinemeyer, Freilandversuch zur Abbauleistung des Filters im Naturfreibad Riepe, Vortragsfolien, Osnabrück 4-2010 (Verweis S. 65)
9. Bruns: Zusammenfassung der Fachvorträge, Tagungsprogramm Internationaler Schwimmteichkongress, Meran 09-2009 (Verweis S. 65)
10. Inga Eydeler und Dr. Jürgen Spieker: „Keimelimination durch Zooplankton“, Archiv des Badewesens (A.B.), Ausgabe 03/2010, Seite 167 bis 175 (Verweis S. 57, S. 66)
11. Frehse, Einladungsschreiben und Tagesordnung der Frühjahrstagung ABS 2009 in Kassel (Verweis S. 66)
12. Einladungsschreiben und Tagesordnung der DANA- Abschlussveranstaltung 2010 in Osnabrück (Verweis S. 66) pdf fehlt noch
13. FLL Gelbdruck, Richtlinie für Planung, Bau, Instandhaltung, und Betrieb von Freibädern mit biologischer Wasseraufbereitung, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), Bonn, 2010 (Verweis S. 66)
14. Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 2007 · 50:987–988, OI 10.1007/s00103-007-0289-4, Online publiziert: 21. Juni 2007, © Springer Medizin Verlag 2007, (Verweis S. 40)
15. KLS, Indikatorkeime und das Leben im Wasser von Schwimm- und Badeteichen, Vortragsfolien 2010, Osnabrück (Verweis S. 58)
16. KLS, Physikalisch-chemische Parameter in Schwimm- und Badeteichen, Vortragsfolien 2009, Kassel (Verweis S. 59)