



***INSTITUT FÜR
SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT
UNIVERSITÄT KARLSRUHE (TH)***

34. Jahresbericht

2001

Universität Karlsruhe (TH)
Institut für Siedlungswasserwirtschaft
Forschungszentrum Umwelt (FZU)
Adenauerring 20
D-76128 Karlsruhe

April 2002

Das vorliegende Dokument ist auch über das Internet frei verfügbar:
<http://isww.bau-verm.uni-karlsruhe.de/berichte/berichte.html>

Inhaltsverzeichnis

1 Das Institut.....	6
1.1 Anschrift.....	6
1.2 Institutsleitung.....	6
1.3 Mitarbeiter.....	6
1.4 Institutsaufgaben.....	7
1.5 Ausstattung	7
1.5.1 Analytisches Labor	7
1.5.2 Mikrobiologisches Labor	8
1.5.3 Verfahrenstechnisches Labor und Versuchsanlagen	8
1.5.4 Online Meßsysteme	8
1.5.5 Boot	9
1.5.6 Metall- und Kunststoff- Modellbauwerkstatt.....	9
1.5.7 Bibliothek.....	9
1.5.8 EDV.....	9
1.5.8.1 Hardware (Auswahl)	9
1.5.8.2 EDV Software (Auswahl)	9
1.5.8.3 Pools/Clusters.....	10
2 Lehrangebot.....	12
3 Forschungstätigkeiten.....	13
3.1 Quantifizierung der saisonalen, naturräumlichen und lokalen Abhängigkeit der Fremdwasserzuflüsse in Mischwasserkanalisationen.....	14
3.2 Leichtzuschlagstoffe aus Klärschlamm	14
3.3 Erfassung und Bewertung der Feststoffemissionen von Kläranlage und Kanalnetz der Stadt Bruchsal.....	17
3.4 Herstellung von anorganischen Polymeren und deren Flockungswirkung	19
3.5 Stoffstromanalysen für kleine und mittlere Flussgebiete als Grundlage für die Planung und Umsetzung von Gewässerschutzmaßnahmen.....	20
3.6 Einsatz von Retentionsbodenfiltern zur Mischwasserbehandlung - Fallbeispiel Langenalb (Nordschwarzwald)	23
3.7 Integration von Aufwuchskörpern in Belebungsanlagen zur Verbesserung der Schlammindices und zur Erhöhung der Sedimentationsleistung von Nachklärbecken.....	24
3.8 Wet Weather Control –the state of the art in Germany	25

3.9	Dynamik von Sickerwasserabfluß und Stofftransport in mineralischen Bodenkörpern unter spezieller Berücksichtigung der mikrobiellen Biomasse	26
3.10	Schwermetall- und Lindaneinträge in die Flussgebiete Deutschlands	27
3.11	Effects of Solution Conditions on the Precipitation of Phosphate for Recovery	30
3.12	In situ-Sanierung eines kiesig-sandigen Bodens	31
4	Institutsveranstaltungen.....	34
4.1	15. Karlsruher Flockungstage.....	34
4.2	Institutseminar.....	36
4.3	Ehrendoktorwürde.....	38
5	Besuche/Vorträge von Gastwissenschaftlern.....	39
6	Mitgliedschaften in Fachausschüssen, Gremien und Verbänden.....	39
7	Diplom-, Vertiefer- und Studienarbeiten.....	40
7.1	Diplomarbeiten.....	40
7.2	Vertieferarbeiten.....	41
8	Veröffentlichungen.....	42
9	Schriftenreihe	44

Vorwort

Johannes Kraus, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut, stellt nun zum vierten Mal den Jahresbericht zusammen. Dafür möchte ich ihm als aller erstes an dieser Stelle danken. Gedacht ist dieser Jahresbericht als Rechenschaft für uns selbst, aber auch als Nachweis für die interessierte Öffentlichkeit, was wir mir den Mitteln, die uns zur Verfügung gestellt werden, angefangen haben.

Gerade in diesem Bereich machen wir uns immer wieder Gedanken darüber, wie wir das verständlich nach außen transportieren, woran wir arbeiten und wovon wir glauben, es sei für unsere Zukunft von Bedeutung. Das traditionelle Instrument ist die klassische Veröffentlichung; hiervon machen wir immer noch Gebrauch. Es geht aber auch um eine Information der über die eigentlichen Fachkollegen hinausgehenden Öffentlichkeit, also am Fach Interessierte, und vor allen Dingen aber auch von Vertretern aus Verwaltung, Ingenieurbüros und Umweltindustrie. Hier versuchen wir mit wechselndem Erfolg durch sogenannte Tage der offenen Tür, durch ganztägige Seminarveranstaltungen die lang vorher angekündigt und weit publiziert sind, unserem Auftrag, Rechenschaft abzulegen, nachzukommen. Wir sind immer wieder erstaunt, wenn bestimmte Veranstaltungen, deren Signifikanz wir gar nicht so hoch eingeschätzt haben, ein großes Echo finden und andere Themen, deren Bedeutung wir sehr hoch einstufen, dennoch wenig Zuhörer oder Leser anlocken.

Viel kann oder könnte durch das Medium Internet in diesem Bereich erreicht werden; und wir sind gelegentlich überrascht, welche Internetbesucher sich bei uns melden. Es darf also geschlussfolgert werden, dass unser Jahresbericht ein immer wieder aktualisierter Fundus unserer Forschungsberichte, zusammen mit aktuellen Ankündigungen dort zu veröffentlichen ist. Ob dies aber dem eingangs skizzierten Auftrag, Rechenschaft abzulegen, im engeren Sinne nachkommt, wissen wir nicht. Sicherlich sind wir nicht mehr die typischen im Elfenbeinturm arbeitenden Wissenschaftler, und dennoch bleibt die Frage, ob wir genügend aus dem sogenannten Elfenbeinturm heraustreten.

Besondere Ereignisse in dem abgelaufenen und hier berichteten Jahr sind aus der Sicht des Institutsleiters folgende:

- Die Flockungstage, die nach einem gut gemeinten Exkurs nach Nordrhein-Westfalen - aber mit leider unbefriedigendem Erfolg - wieder nach Karlsruhe zurückgekehrt sind und mit einer unerwartet guten Teilnehmerzahl, die Aktualität dieses Konzeptes bewiesen haben.
- Größere Besucherzahlen, insbesondere aus China; hier muss allerdings mit einem gewissen Bedauern angemerkt werden, dass die sehr intensiven Gespräche nahezu echolos verklingen, sobald die Kollegen Deutschland verlassen haben. Ein weiter geführter Kontakt auch mit modernen Kommunikationsmedien scheint gegenwärtig noch nicht möglich.
- Und als Letztes, ein sehr erfolgreicher Seminartag, diesmal in Kooperation mit der Landesanstalt für Umweltschutz zu einem zweifelsohne wichtigen, aber nicht ganz unumstrittenen Thema „Neue Wege in der Siedlungsentwässerung“.

Noch eine Anmerkung zum abgelaufenen Jahr sei erlaubt und zunächst mit einer etwas persönlicheren Note: Der Institutsleiter, der durch die Verleihung des Dr.-Ing. E.h. von der Technischen Universität Dresden geehrt wurde, stellt mit Dankbarkeit fest, dass diese Ehrenpromotion, dort wo auf den Erfolg im Sinne der ingenieurwissenschaftlichen Forschung abgehoben wurde, dies nur zusammen mit den Mitarbeitern des Institutes gesehen werden kann. Ihnen gebührt also mindestens ebensoviel Anerkennung und Dank für diese Ehrung.

Darüber hinaus hat die Laudatio auch auf das Engagement des Institutsleiters in der Phase der Wiederbesetzung zahlreicher Lehrstühle in Dresden hingewiesen. Und dies gibt Anlass zu einer zweiten Anmerkung: Dankbarkeit, die Ältere unter uns empfinden, dass wir nun mit den Kollegen in den sogenannten Neuen Bundesländern so verkehren können, wie wir dies früher nicht konnten und bestenfalls mit unseren weit entfernten amerikanischen Kollegen. Nicht nur dies!

Sondern es ist Anlass hier auch einmal darauf hinzuweisen, dass wir sehr viel von den Kollegen an den Universitäten und Technischen Hochschulen der Neuen Bundesländer gelernt haben und noch mehr hätten lernen können, sei es in der Gliederung der Fachbereiche, die dort einen größeren Mut zur Spezialisierung erkennen lassen, in der Betreuung der Studierenden, deren Studienzeiten auch heute, viele Jahre nach der Wiedervereinigung, immer noch signifikant kürzer sind als bei uns und auch in der vorbildlichen Durchführung von Forschungsarbeiten unter eingegengten oder schmäleren finanziellen Polstern, was erkennen lässt, dass die finanzielle Ausstattung nicht unbedingt eine Garantie für gute Qualität von Forschungsergebnissen sein muss.

Nachdem der Dank an die Institutsmitglieder und auch an den Verfasser des Jahresberichtes schon abgestattet ist, verbleibt mir nur für das kommende Jahr den Mitarbeitern eine glückliche Hand zu wünschen!

Im April 2002

gez. H. H. Hahn

1 Das Institut

1.1 Anschrift

Institut für Siedlungswasserwirtschaft
 Universität Karlsruhe Tel.: 0721/608-2457
 Adenauerring 20 Telefax: 0721/607-151
 76128 Karlsruhe
<http://www.rz.uni-karlsruhe.de/~gh40/Web/>
 email: isww@uni-karlsruhe.de

1.2 Institutsleitung

Professor Dr.-Ing. E.h. Hermann H. Hahn, Ph.D.

1.3 Mitarbeiter¹

Wissenschaftliche Assistenten	Labormitarbeiter	Werkstatt		
<ul style="list-style-type: none"> • Dr. Fuchs, Stephan • Hoffmann, Erhard • Dr. Würdemann, Hilke 	<ul style="list-style-type: none"> • Schwertner, Emanoil • Daubenberger, Stefan* • Knäb, Birgit • Oeder, Patrick • Rapp, Nadine • Schunder, Sebastian 	<ul style="list-style-type: none"> • Gomulski, Klaus • Derzapf, Josef • Hick, Emanuel • Schuler, Torsten • Seib, Andrej 		
Wissenschaftliche Mitarbeiter		Sekretariat		
<ul style="list-style-type: none"> • Bechtel, Antje • Blank, Andreas* • Butz, Jan • Kegebein, Jörg • Kraus, Johannes • Lucas, Steffen • Roddewig, Jochen • Scherer, Ulrike • Schnabel, Susanne • Song, Yonghui • Weber, Jan • Wilhelmi, Marcella* • Zhang, Panyue 	<ul style="list-style-type: none"> • Laube, Ursula • Nollert, Christiana 	<th>Technische Abteilung</th>	Technische Abteilung	
	<th>Zivildienstleistende</th> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Gorenflo, Bastian • Pinter, Djordje • Reiss, Udo* </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Welker, Sigrid </td>	Zivildienstleistende	<ul style="list-style-type: none"> • Gorenflo, Bastian • Pinter, Djordje • Reiss, Udo* 	<ul style="list-style-type: none"> • Welker, Sigrid
	<th>Doktoranden</th> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Anders, Gereon • Bekker, Marina </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • Klingel, Matthias* • Schwarz, Martin </td>	Doktoranden	<ul style="list-style-type: none"> • Anders, Gereon • Bekker, Marina 	<ul style="list-style-type: none"> • Klingel, Matthias* • Schwarz, Martin

¹ Aktuelle Informationen über die Mitarbeiter des ISWW sind über das Internet erhältlich:
<http://www.rz.uni-karlsruhe.de/~gh40/Web/Mitarbeiter/Mitarbeiter.html>

- Dobelmann, Jan Kai

* Nicht im gesamten Zeitraum 2001 am ISWW

1.4 Institutsaufgaben

Das Institut für Siedlungswasserwirtschaft bearbeitet in Lehre und Forschung sowohl verfahrenstechnische als auch planerische Fragestellungen.

Im verfahrenstechnischen Bereich konzentrieren sich die Arbeiten auf die Erforschung und Anwendung von Grundverfahren (unit operations) der Wasseraufbereitung, der konventionellen mechanisch-biologischen und der weitergehenden physiko-chemischen Abwasserreinigung sowie der Behandlung von Schlämmen. Ferner werden Verfahren zur mechanisch-biologischen Reinigung von Altlastböden erarbeitet. Basierend auf Grundlagenkenntnissen aus Wasserbau, Chemie, Physik, Biologie und Verfahrenstechnik wird die Lösung von praktischen Problemstellungen unter dem Gesichtspunkt einer verfahrenstechnischen Optimierung und Minimierung der Betriebskosten angestrebt.

Im planerischen Bereich stehen die Entwicklung und Anwendung computerorientierter Planungsverfahren für lokale, regionale und überregionale Ver- und Entsorgungseinrichtungen im Vordergrund. Dem mit Planungsaufgaben befaßten Ingenieur werden Instrumentarien zur Verfügung gestellt, die eine Bearbeitung auch großer und komplexer Aufgabenstellungen in umfassenderer und effizienterer Weise erlauben, als es bisher mit konventionellen Planungsmethoden möglich war.

1.5 Ausstattung

1.5.1 Analytisches Labor

Durch die Ausstattung des Instituts mit modernen Analysengeräten kann in Wasser-, Abwasser-, Sediment-, Schlamm- und Bodenproben eine breite Palette von Summen- und Einzelparametern bestimmt werden. Das Spektrum der untersuchten Parameter reicht von einfachen pH-Wert Messungen bis zur quantitativen Bestimmung organischer Mikroschadstoffe. Dabei stehen unter anderem folgende Geräte zur Verfügung:

- CSB-Autoanalyser
- DOC/TOC-Analysegerät
- 2 AOX-Analysegeräte
- Gefriertrocknungsanlage
- UV/VIS-Filter- und Spektralphotometer
- Anlage zur Stickstoffbestimmung nach Kjeldahl
- 2 Atomabsorptionsspektrometer
- Mikrowellenaufschlußgerät
- Kapillar-GC (FID, ECD, NPD)
- GC/MS-Kopplung
- HPLC-Gradienten System
- Anlage zur Gelpermeationschromatographie
- Einrichtung für SPME

- Elementaranalyse
- IR-Spektrometer
- Tensiometer
- CIS Partikelanalysegerät mit Laser- und Bildanalyse
- Zetameter zur Bestimmung der elektrophoretischen Beweglichkeit
- Laser-Doppler Anemometer

1.5.2 Mikrobiologisches Labor

Das Institut verfügt über ein mikrobiologisches Labor zur Darstellung von Reinkulturen, Bakterienidentifikation und zum Betrieb von sterilen Batch- und kontinuierlichen Versuchen. Die Ausstattung besteht aus:

- Clean-bench
- Mikroskop mit Phasenkontrast
- temperierter Kulturraum
- Biolumineszenz-Meßgerät
- Stereolupe

1.5.3 Verfahrenstechnisches Labor und Versuchsanlagen

Für verfahrenstechnische Untersuchungen und Optimierungen im Bereich der Wasser-, Abwasser- und Schlammbehandlung stehen mobile Versuchsanlagen im Labor- und Technikumsmaßstab zur Verfügung:

- Belebtschlammanlagen (2 l/h bis 1.000 l/h)
- Tropfkörper
- Scheibentauchkörper (5 bis 300 m² Scheibenfläche, resp. 150 – 2.000 l/d)
- Absetzbecken
- Flotationsanlagen z.T. mit nachgeschalteter Filtrationseinheit
- Kombinierte Sedimentations-/Elektroflotations-Modellanlage
- Flockungsanlagen (Reihenrührgeräte, Rohrreaktor)
- Schlammeindicker (Schlammhöhe bis 2,5 m) mit radiometrischer Dichte- und Kompressionsdruckmessung
- Anlage zur anaeroben Behandlung von organischen Hausmüllabfällen
- Hydrozyklon

1.5.4 Online Meßsysteme

- Meßanlage zur Aufzeichnung und Probenahme bei Niederschlagsereignissen bestehend aus
 - Regenschreiber
 - Dataloggingsystem
 - Ereignissteuerung
 - Probenehmer
- Mobiler On-line Meßwagen zur Beprobung von Kläranlagen.

1.5.5 Boot

Für gewässerkundliche Untersuchungen steht zu Forschungs- und Lehrzwecken ein Laborboot (Länge 8,5 m) zur Verfügung.

1.5.6 Metall- und Kunststoff- Modellbauwerkstatt

Gemeinsam mit dem Forschungszentrum Umwelt verfügt das Institut für Siedlungswasserwirtschaft über eine mechanische Werkstatt, mit deren Hilfe sich labor- und versuchstechnische Anlagen konzipieren und für die jeweilige Anwendung modifizieren lassen.

1.5.7 Bibliothek

Die Bibliothek enthält ca. 5.000 Bände und führt zahlreiche Fachzeitschriften aus dem In- und Ausland.

Zuständig: Frau Welker, Tel.: 0721/ 608-4114

1.5.8 EDV

1.5.8.1 Hardware (Auswahl)

- Workstations, Axil SPARCstation, alle Arbeitsplätze mit PCs (vernetzt)
- Mehrere Laser- und Tintenstrahldrucker, von denen die folgende von jedem Arbeitsplatz ansprechbar sind:
 - Kyocera FS-1750 mit Duplexeinheit
 - HP LaserJet 4M Plus mit Duplexeinrichtung
 - HP DesignJet 1600CM
- 1 A0 Digitalisierbrett, Summagraphics Microgrid III
- 2 Farbscanner

1.5.8.2 EDV Software (Auswahl)

Jeweils eine oder mehrere Lizenzen von den neuesten Versionen der folgenden Software:

Betriebssysteme

- Solaris
- MS-Windows NT
- MS-Windows 95
- MS-Windows 98
- Linux

Graphische Arbeitsplätze

- AutoCAD für DOS/Windows und SPARC
- ArcCAD für Windows
- ARCVIEW für Windows
- Corel Draw, Visio, Harvard Graphics und weitere Programme

Simulationssoftware

- Aquasim (Simulation biologischer Prozesse in Gewässern)
- ARABER (Simulation der biologischen Abwasserreinigung)
- GPS-X (Simulation der biologischen Abwasserreinigung)
- HAuSS (Hydrodynamische Abfluß- und Schmutzfrachtsimulation; Eigenentwicklung)
- Kasim (Modellbibliothek für Kläranlagen)

- Mouse (Hydrodynamische Abfluß- und Schmutzfrachtsimulation)
- Simulink (Graphische Prozeßsimulationssoftware)
- XP-EXTRAN/SWMM (Hydrodynamische Abfluß- und Schmutzfrachtsimulation)

Diverses

- ASIM 2 und 3 (Abflußsimulation)
- Matlab (Meßsoftware mit Toolboxen)
- MS-Office Prof. (Word, Excel, Access)
- Dbase IV

1.5.8.3 Pools/Clusters

CIP-Pools

Das Institut war und ist an mehreren CIP-Pools (Computerinvestitionsprogramm) der Universität beteiligt. Der CIP-Pool umfaßt rund 30 vernetzte PC-Arbeitsplätze. Neben der für Bauingenieure speziellen Software, die dort zur Verfügung steht (R-STAB, RIB, ANSYS-ED usw.), sind CAD-Arbeitsplätze mit Digitalisieretabletts installiert.

WAP-Cluster

Im Rahmen des WAP-Clusters (Wissenschaftliche Arbeitsplätze) wird durch die Vernetzung und Zusammenarbeit mehrerer Arbeitsplätze einzelner Institute in konkreten Projekten einerseits die Effektivität durch den erzielten Synergieeffekt gesteigert, andererseits können die Ressourcen der einzelnen Institute von dem jeweiligen Partnerinstitut mitbenutzt werden.

Netzdienste

Über das breitbandige Karlsruher LIChtwellenleiter Kommunikationsnetz (KLICK) ist jeder Arbeitsplatz am Institut direkt und permanent an das Internet angeschlossen. Dadurch können wichtige Netzdienste von allen Mitarbeitern in Anspruch genommen werden. Neben den bekannten Diensten auf der Basis des TCP/IP Protokolls (Email, SSH, SCP, FTP, TELNET, WWW usw.) ist eine Online Literaturrecherche in den Beständen der Universitätsbibliothek von jedem Arbeitsplatz aus möglich. Es besteht zudem Zugang zu Vektor- und Parallelrechnern (Rechenzentrum Universität Karlsruhe) und Zugang zu zentralen Datenbanken (Statistisches Landesamt Baden-Württemberg usw.). Weiteren Recherchen zu wissenschaftlichen Zwecken über das weltweite Internet sind keine Grenzen gesetzt.

Im lokalen Bereich können über das Institutsnetz von jedem Arbeitsplatz folgende zusätzliche Dienste in Anspruch genommen werden:

- Transparenter Zugriff auf gemeinsame Speicherbereiche (NFS)
- Plotten/Drucken über das Netz auf die Institutsplotter und -drucker
- Institutsinterne Email-Liste

Weiterhin fungieren Mitarbeiter des Instituts in Zusammenarbeit mit dem Rechenzentrum der Universität Karlsruhe als Betreuer der bundesweiten Email-Liste für Wissenschaftler im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft über das Internet².

² Informationen über die Email-Liste für SiedlungswasserwirtschaftlerInnen sind über das Internet erhältlich:
<http://www.rz.uni-karlsruhe.de/~gh40/Web/siwawi/siwawi-1.html>

- Listenadresse: siwawi-l@rz.uni-karlsruhe.de

2 Lehrangebot

für Studenten aus den Bereichen Bauingenieur-, Chemieingenieur- und Wirtschaftsingenieurwesen sowie Bio-, Geo- und Regionalwissenschaften:

<u>WINTERSEMESTER</u>	<u>SOMMERSEMESTER</u>
Siedlungswesen (SWW I) 2V/1Ü Hahn/Butz	Verfahrenstechnische Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft (SWW III) 2V Hahn/Hoffmann
Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft (SWW II) 2V Hahn/Fuchs	Informationsverarbeitung im Bauingenieurwesen 1V/2Ü Inst. f. Baustatik/Lucas
Bemessung von Anlagen der Siedlungswasserwirtschaft (SWW IV/I) 2V Hahn/Hoffmann	Bemessung von Anlagen der Siedlungswasserwirtschaft (SWW IV/II) 2V Hahn/Fuchs
Übungen zu SWW III und IV 2Ü Hoffmann	Altlastensanierung 1V Fuchs/Hahn
Technologie der Abfallwirtschaft 2V Seng/Hartmann/Kegebein	Wasser und Lufthygiene 1V Ringelmann/Schnabel
Operations Research I 2V Hahn/Cembrowicz/Kraus	Operations Research II 1Ü Cembrowicz/Kraus
Praktikum Verfahrenstechnik 2Ü Scherer	Geoökologisches Seminar in der SWW 2S Fuchs/Schnabel
Patentwesen für Ingenieure 1V Rückert/Hoffmann	EDV und CAD in der Siedlungswasserwirtschaft (SWW V) 1V/2Ü Butz
Physikalisch-chemische Grundlagen der Siedlungswasserwirtschaft 2V Hahn	Chemische Behandlung von Industrieabwässern 1V Hahn
Repititorium SWW (Block) Ü Hoffmann	Abfall- u. Altlastenrecht 1V Wolf

3 Forschungstätigkeiten³

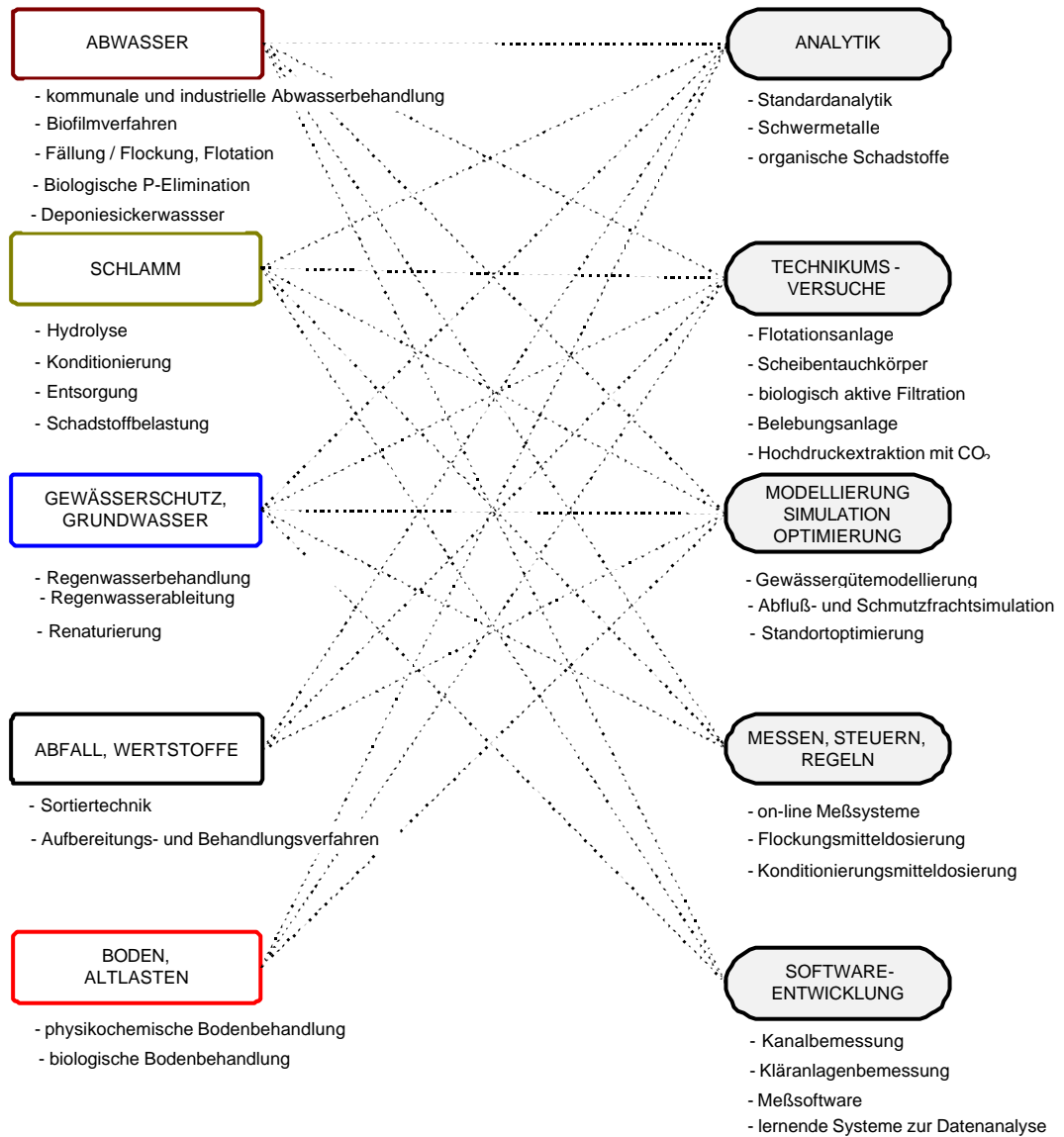


Bild 3-1: Forschungstätigkeiten im Überblick

Die Skizze zeigt die wichtigsten Forschungsthemen (links) und die zur Bearbeitung verwendeten Instrumente und Methoden (rechts)

³Die nachfolgenden sowie weitere Forschungsberichte des ISWW sind über das Internet unter der folgenden Adresse zu finden:

<http://www.rz.uni-karlsruhe.de/~gh40/Web/forschungsprojekte/projekte.html>

3.1 Quantifizierung der saisonalen, naturräumlichen und lokalen Abhängigkeit der Fremdwasserzuflüsse in Mischwasserkanalisationen

Seit vielen Jahren ist das Problem ‚Fremdwasser‘ in der Fachwelt bekannt. Aus verschiedenen Quellen stammende Wasserströme führen zu wirtschaftlichen und betrieblichen Nachteilen. Unkontrolliertes Verhalten der Anlagen zur Mischwasserbehandlung, eine verminderte Reinigungsleistung von Kläranlagen sowie erhöhte Investitions- und Betriebskosten können die Folgen erhöhter Fremdwasserabflüsse sein. In der jüngeren Vergangenheit abgeschlossene Untersuchungen belegen, dass die anzusetzenden Fremdwasserzuschläge deutlich über den in der Planungspraxis üblichen, pauschalen Annahmen (50...200%) liegen können. Ausserdem wird immer wieder über eine starke Saisonalität in Bezug auf das Auftreten von Fremdwasser berichtet. Das vorliegende Projekt soll in Zusammenarbeit mit der Firma UFT, Bad Mergentheim das "Fremdwasser-Problem" in Baden-Württemberg quantifizieren. Zu diesem Zweck wird ein Datenpool der Firma UFT mit 34 Kläranlagen in Baden-Württemberg ausgewertet. Insbesondere die Zuflusscharakteristik der Abwasserreinigungsanlagen wird Gegenstand der Untersuchungen sein. Anhand der Ergebnisse der Auswertung soll - wenn möglich - die Lokalisierung und Ausweisung von Regionen mit erhöhtem Fremdwasserzufluss erfolgen. Ausserdem ist eine Aussage über mögliche Ursachen für vermehrt auftretendes Fremdwasser Ziel des Projektes. Aus der Quantifizierung der saison- und naturraum-abhängigen Fremdwasserzuschläge lassen sich unter Umständen allgemeingültige Hinweise für die Planung und den Betrieb von unterschiedlichen Anlagen der Siedlungsentwässerung ableiten.

Stichworte: Fremdwasser

Projektleitung	Prof. H.H. Hahn, Ph.D. Dr.-Ing. S. Fuchs
Sachbearbeiter	Dipl.-Ing. Steffen Lucas
Zeitraum	Herbst 2000 - Frühjahr 2001
Finanzierung	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg

3.2 Leichtzuschlagstoffe aus Klärschlamm

Blähvorgang

In der Bundesrepublik fallen ca. 2,5-3 Mio. jato Trockenrückstand (TR) kommunaler Klärschlämme an. Davon wird ein Großteil deponiert, etwa 40% landwirtschaftlich verwertet und ca. 10-15% verbrannt. Der bisherige Entsorgungsweg der Deponierung entfällt gemäß den Bestimmungen der TA Siedlungsabfall ab 2005. Der landwirtschaftlichen Nutzung stehen aufgrund des Schadstoffpotentials Akzeptanzprobleme entgegen; insbesondere auch die BSE-/Prionenproblematik sowie endokrin wirkende Stoffe im Klärschlamm haben die Diskussion über diesen Entsorgungsweg neu entfacht, so daß auch hierdurch ein Rückgang zu erwarten ist. Ein alternatives Verwertungskonzept ist die Herstellung von Leichtzuschlagstoffen. Dem Prozeß läßt sich mit der seit ca. 6 Jahrzehnten großtechnisch betriebenen Erzeugung von Blähton vergleichen ([RILEY, 1951], [WILSON, 1953], [SCHELLMANN/FASTABEND, 1972]: Aus Tonen, die entweder aufgrund ihrer Entstehung feinverteilte organische Bestandteile aufweisen oder denen separat Kohlemehl, (Alt)Öl oder ähnliche brennbare Stoffe zugegeben werden, werden Pellets geformt und diese einer thermischen Be-

handlung, bestehend aus Vorwärmung, Brennen und Kühlen, unterzogen. Beim Brennen werden die organischen Inhaltsstoffe oxidiert und die Verbrennungsgase „blähen“ die Pellets auf, da sie durch die gleichzeitige äußere Erweichung der mineralischen Matrix am Austritt behindert werden. Dass dieser Blähvorgang bei geeigneter Verfahrensführung auch bei Klärschlamm zu beobachten ist, zeigt Bild 3-2: Zum Einsatz kam ausgefauter Klärschlamm einer auf 80.000 EGW ausgelegten Anlage, welcher zuvor in einem herkömmlichen Fleischwolf mit Matrize stranggepresst wurde. Die Brenntemperatur betrug im vorliegenden Fall 1.250°C, wobei zwei Probenkörper direkt in den auf Nenntemperatur gebrachten Ofen gegeben wurden:

Nach **15 s** verdeckt ein Russschleier zunächst die Sicht auf die Probe. Erst nach **30 s** lüftet er sich und gibt den Blick auf die Rückwand frei. Die Probe samt Brennunterlage weist noch einen deutlichen Farbunterschied zur weissglühenden Umgebung auf, da der Strahlungswärmeaustausch eben Zeit benötigt und die Probe durch den Russschleier erst einmal abgeschirmt war. Nach **3 min** haben die Pellets die Brenntemperatur erreicht. Bei der rechten Probe ist im oberen Bereich eine deutlich Aufspreizung zu erkennen, was auf Rissbildung in Folge des extremen Temperaturgradienten zurückzuführen ist. Bei einer technischen Herstellung mit Förderung des Gutes durch den Ofen würde dies zum Zerfall der Pellets führen. In vorliegenden Fall ohne Bewegung verheilt dieser Riss jedoch wieder, wie nach **24 min** zu erkennen ist. Hier hat auch der Bläheffekt sehr deutlich eingesetzt, wie insbesondere die Rundwölbung der rechten Probe zeigt; nach dieser Zeit ist auch das Blähmaximum erreicht. Die längere Verweilzeit von **27 min** führt dagegen wieder zu einer Stauung, da die Viskosität des Materials weiter erniedrigt wird und so ein Teil der gebildeten Gase entweichen kann bzw. der zunehmende Schmelzeanteil die entstandenen Poren füllt.

Probennr. 010011

100% Klärschlamm Vim-
buch

$T_B = 1.250^\circ\text{C}$

Direkteingabe ohne Vor-
heizen

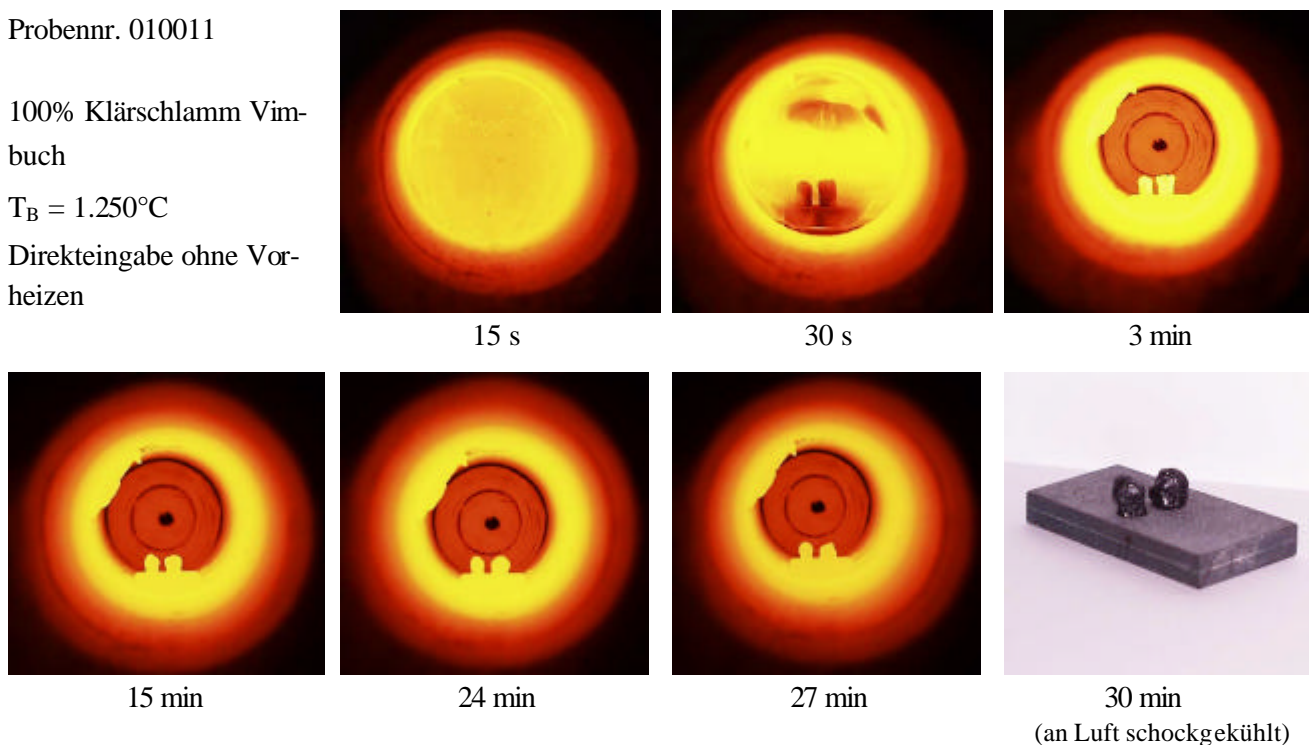


Bild 3-2: Blähversuche im Rohofen

Materialvergleich

Klärschlamm ist insbesondere aufgrund seines hohen Flußmittelgehaltes in Form von (Erd)Alkali- und Eisenoxiden als korrosiv im Hochtemperaturbereich einzuschätzen. In der Glasindustrie wer-

den diese Stoffe (mengenmäßig am bedeutendsten ist Soda - Na_2CO_3) als Netzwerkwandler für das SiO_2 -Kristallgitter eingesetzt, was dessen Schmelzpunkt von ca. 1.710°C auf eine Verarbeitungstemperatur (Schmelzen und Läutern) von ca. 1.500°C für Massenware wie Behälter- und Flachglas vermindert und eine wirtschaftliche Glasherstellung erst ermöglicht [ILLIG, 1991]. Auch wenn der Leichtzuschlagstoff aus Klärschlamm bzw. die Feuerfestausmauerung - mit Ausnahme amorpher Phasen - weder mineralogisch noch chemisch mit „Gläsern“ übereinstimmen, kann die Betrachtung der Verhältnisse in Silikatgläsern Erklärungsmuster für die Wirkung von Aschebestandteilen als Flußmittel liefern: Die im Falle der Glasherstellung zudotierten Natriumionen behindern die Ausrichtung der SiO_4 -Tetraeder zum Kristall, so daß auch bei langsamer Abkühlung der glasige Zustand erhalten bleibt. In ähnlicher Weise wirken auch andere (Erd)Alkaliionen und je nach System auch Aluminium- bzw. Eisenoxide u.a. Diese Eutektika-Bildung ist auch dafür verantwortlich, daß sich neben reinem Quarzglas auch herkömmlich eingesetzte Porzellanschalen (sowohl glasiert als auch unglasiert) nur bedingt als Tiegelmateriale eignen, da sie bei Temperaturen im Schmelzbereich von Klärschlamm durch Bildung niedrigschmelzender Komponenten quasi angefressen werden und damit eine stoffschlüssige Verbindung entsteht (Bild 3-3).


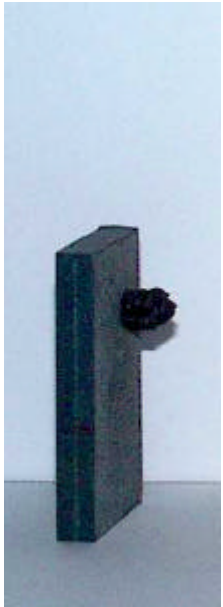



Temp.wechse l	+	++	-	0	++
Korrosion	+/0	+	0	-	-
					
	Korundchrom	SiC	Al₂O₃	Porzellan	SiO₂
	Vim	Vim	Vim	Kar (QSK5)	Vim
	1.275°C	1.225°C	1.200°C	1.200°C	1.200°C

Bild 3-3: Hochtemperatur-Korrosionsbeständigkeit verschiedener Feuerfestmaterialien

Geringer, aber für die Praxis immer noch zu stark, ist dieser Flußmittel-Effekt auch bei hochtonerhaltigen Materialien (Al_2O_3). Bessere Ergebnisse brachten Versuche mit Siliziumkarbid (SiC), das auch als Feuerfestzustellung in Müllverbrennungsanlagen dient: Die hier festklebenden Pellets waren nahezu rückstandsfrei abzulösen. Allerdings besteht bei längeren Standzeiten die Gefahr,

dass beim oxidierenden Brand der Sauerstoff mit dem Silizium eine dichte SiO₂-Schicht bildet, welche die Wandung zwar vor weiterem Sauerstoffangriff schützt; sie würde aber durch die (Erd)Alkalien aufgelöst. Bei Sondermüllverbrennungsanlagen (Ausmauerung z.B. mit Korundchrom) wirkt sich dieser Angriff deshalb nicht so gravierend aus, da sich durch die schmelzflüssige Asche ein sog. Schlackenpelz bildet, der die Wandung vor weiterer Korrosion bewahrt. Beim Blähen soll jedoch der Schmelzpunkt gerade eben nicht erreicht werden, sondern nur eine Plastifizierung, damit die im Innern entstehenden Gase nicht entweichen; eine derartige Autopassivierung kann somit nicht stattfinden; das eingesetzte Material wurde bei den Versuchen zwar nicht aufgelöst, die Pellets hafteten jedoch sehr stark an der Oberfläche, welche allerdings erheblich rauher als die des SiC ausfällt.

Ein weiterer Punkt ist die Temperaturwechselbeständigkeit, d.h. Aufheiz- und Abkühlzyklen des Materials, wobei sich insbesondere das Siliziumkarbid hervortat; nach derzeitigem Kenntnisstand sollten sich daher SiC und - mit Abstrichen - Korundchrom als Feuerfestzustellungen eignen.

Literatur:

ILLIG, M. (1991): „ABC Glas“; Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.
 PFAENDER, H. (1989): „Schott-Glaslexikon“; mvv-Verlag, 4. Auflage 1989.
 RILEY, C. (04/1951): „Relation of Chemical Properties to the Bloating of Clays“; Journal of the American Ceramic Society, S.121-128.
 SCHELLMANN, W.; FASTABEND, H. (02/1972): „Laboratoriumsuntersuchungen zur Beurteilung von Bläh-tonen“; Ziegelindustrie 25, S. 79-86.
 WILSON, H. (1953): „Lightweight Aggregates for the Construction Industry“; Journal of the Canadian Ceramic Society 22, S. 44-50.

Stichworte: Klärschlammverwertung, Leichtzuschlagstoffe, Blähvorgang, Hochtemperaturkorrosion

Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. E.h. H. H. Hahn, Ph.D. Dipl.-Ing. E. Hoffmann
Sachbearbeiter	Dipl.-Ing. Johannes Kraus
Zeitraum	12.1998 - 11.2003
Finanzierung	bisher aus Eigenmitteln des Instituts

3.3 Erfassung und Bewertung der Feststoffemissionen von Kläranlage und Kanalnetz der Stadt Bruchsal

Die Gewässergüte des Duttbacher Grabens, der seine „Quelle“ im Ablauf der Kläranlage Bruchsal hat, soll verbessert werden. Im gegenwärtigen Zustand fällt auf, dass sich das Gewässer neben einer schlechten biologischen Gewässergüte (GKL III-IV) auch durch diverse Schlammablagerungen auszeichnet. Die Kläranlage Bruchsal sowie die Regenwasserbehandlungsanlagen der Gemeinde Forst und der Stadt Bruchsal werden als Ursachen für die Verschlammung des Gewässers vermutet.

Bezüglich des Kläranlagenbetriebes wurden in der jüngsten Vergangenheit zahlreiche Untersuchungen, deren Ergebnisse auch umgesetzt wurden, durchgeführt. Keine Erkenntnisse liegen über die aus den Regenwasserbehandlungsanlagen entlasteten Wassermengen und Feststofffrachten vor. Das Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISWW) der Universität Karlsruhe hat ein entsprechendes Messkonzept erstellt. Ein neu entwickelter Akkumulationsprobenehmer soll dabei erprobt werden (s. Abbildung 1).



Bild 3-4: Der entwickelte Akkumulationsprobenehmer am Gerinne des Klärüberlaufs des RÜB auf der Kläranlage Bruchsal

Eine Analyse der gemessenen AFS-Konzentrationen im Kläranlagenablauf zeigte deutlich den Erfolg der durchgeführten Ausbaumaßnahmen. Seit Beginn des Projektes liegen die Werte im normalen bis guten Bereich.

Abflussmessungen am Gerinne des Klärüberlaufs des Regenüberlaufbeckens auf der Kläranlage Bruchsal ergaben, dass der Klärüberlauf ausserordentlich selten anspringt; trotz einer Messzeit von über 5 Monaten wurden gerade einmal 4 Ereignisse registriert! Die gemessenen AFS-Konzentrationen bewegten sich im Bereich zwischen 60 und 135 mg/l. Das Regenüberlaufbecken der Gemeinde Forst entlastete in der gesamten Zeit nur ein einziges Mal.

Aufgrund der geringen Anzahl an Ereignissen kann noch nicht von einer belastbaren Erprobung des Akkumulationsprobenehmers gesprochen werden. Seine Grenzen im Bereich kleinerer Ereignisse (kleine Frachten) und seine Stärken im Bereich von größeren Ereignissen (große Frachten) wurden jedoch deutlich.

Stichworte: Feststoffe, Mischwasserentlastung, Akkumulationsprobenehmer

Projektleitung	Dr.-Ing. S. Fuchs
Sachbearbeiterin	Dipl.-Ing. J. Butz
Zeitraum	04.2001 bis 10.2001
Finanzierung	Stadt Bruchsal

3.4 Herstellung von anorganischen Polymeren und deren Flockungswirkung

Die Flockung ist ein wichtiger Einheitsprozess für Wasseraufbreitung, Abwasserreinigung und Schlammbehandlung. Sie wird routinemäßig eingesetzt, um einerseits ein optimal klares Wasser zu gewinnen und zum anderen unerwünschte oder schädliche Stoffe, die an den Partikeln adsorbiert sein können, aus dem Wasser zu entfernen. Aluminium- und Eisensalze sind die gebräuchlichsten Flockungsmittel. Durch eine Vorneutralisierung der Aluminium- und Eisensalzlösung ist es möglich, Produkte mit höherer Ladungsdichte und größeren Molekülen herstellen, z.B. Polyaluminium und Polyeisen. Durch diese höhere Ladungsdichte werden die negativ geladene Partikel besser ent-stabilisiert. Des weiteren besitzen diese Polyverbindungen die Eigenschaft, die entstabilisierten Partikeln zu verbinden, wodurch größere und stabilere Verbände entstehen.

Im Laufe der Untersuchungen werden verschiedene anorganische Polymere, besonders Mehr-fachpolymere mit Fe, Al, Si usw., unter optimierten Bedingungen hergestellt, ihre Charakteristika bei der Herstellung und Alterung untersucht und mit anderen Polymeren und einfachen Metallsalzen verglichen.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen folgendes:

- Polyeisen-Sulfat mit einer Basizität $\leq 0,3$, Polyeisen-Chlorid mit einer Basizität $< 2,5$ und Polyaluminium-Chlorid mit einer Basizität $< 2,5$ sind stabil, wenn die Konzentration an Metallionen kleiner als 0,5M ist.
- Der pH-Wert des Polyeisen-Sulfats steigt langsam mit zunehmender Basizität. Der pH-Wert des Polyeisen-Chlorids verläuft umgekehrt proportional zu einer Steigerung der Basizität im Bereich 0 bis 0,5, um bei einer weiteren Erhöhung der Basizität wieder anzusteigen. Eisenionen hydrolysieren im Wasser schnell und stark. Der pH-Wert des Polyaluminium-Chlorids steigt deutlich im Basizitätsbereich von 0 bis 0,5 und von 2,0 bis 2,5, während er von 0,5 bis 2,0 sehr viel weniger zunimmt. Aluminiumionen hydrolysieren bei 0,5 bis 2,0 stark.
- Bei der Flockung von Silikasol zeigt Polyeisen-Sulfat keine besseren Eigenschaften als Eisen-Sulfat, auch unter Berücksichtigung des negativeren Zetapotentials der Partikeln im Leitungswasser im Vergleich zu ionenfreiem Wasser, hinsichtlich langsamerer Partikelzahlabnahme bei zunehmender Dosierung und zunehmender Flockungszeit, kleinerer durchschnittlicher Partikelgröße, höherer Resttrübung usw.
- Verglichen mit Eisen-Chlorid zeigt Polyeisen-Chlorid auch keine besseren Eigenschaften bei der Flockung von Silikasol, wobei die Zetapotential- und Partikelveränderung bei der Flockung analog zum Vergleich Polyeisen-Sulfat mit Eisen-Sulfat liegt.
- Polyaluminium-Chlorid besitzt ein deutlich besseres Ladungsneutralisationsvermögen bei der Flockung von Silikasol als Aluminium-Chlorid, wie das positivere Zetapotential der Partikeln im Leitungswasser und im ionenfreien Wasser gezeigt hat. Gleichzeitig nimmt die Partikelzahl bei zunehmender Dosierung und zunehmender Flockungszeit schneller ab, wobei die durchschnittliche Partikelgröße größer, die Trübungselimination aber fast gleich ist.

- Beim Vergleich von Eisen- und Aluminiumsalzen besitzt FeCl_3 deutlich bessere Eigenschaften im Hinblick auf das Aggregierungsvermögen und die Trübungselimination, während Polyaluminium-Chlorid ein eindeutig besseres Ladungsneutralisierungsmögen besitzt.
- Bei der Kombination von Polyeisen und Polyaluminium zeigt sich, dass das Verhältnis zwischen Aluminium- und Eisenionen ein entscheidender Faktor für die Eigenschaften des Mehrfachpolymeres ist.

Stichworte: Fällung/Flockung, Anorganische Polymere

Projektleitung	Prof. H.H. Hahn, Ph.D. Dipl.-Ing. E. Hoffmann
Sachbearbeiterin	Master-Ing. Panyue Zhang
Zeitraum	ab Oktober 2000
Finanzierung	Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD)

3.5 Stoffstromanalysen für kleine und mittlere Flussgebiete als Grundlage für die Planung und Umsetzung von Gewässerschutzmaßnahmen

Eine nachhaltige Bewirtschaftung von Flusseinzugsgebieten erfordert eine umfassende Analyse der Stoffströme unter Einbeziehung der naturräumlichen Gegebenheiten. Ziel einer derartigen Analyse muss es sein, die Quellen und Eintragspfade unterschiedlicher Stoffe oder Stoffgruppen zu identifizieren und die resultierenden Stoffeinträge mit angemessener Zuverlässigkeit zu quantifizieren.

Erste Auswertungen der im Zuge des durchgeführten Gewässermonitorings aufgenommenen Daten zeigt Bild 3-5. Deutlich zu erkennen ist der starke Gradient der Nitratgehalte auf einer Lauflänge von nur 30 km und die teilweise extrem hohen Nitratkonzentrationen in landwirtschaftlich intensiv genutzten Teileinzugsgebieten (Weierbach).

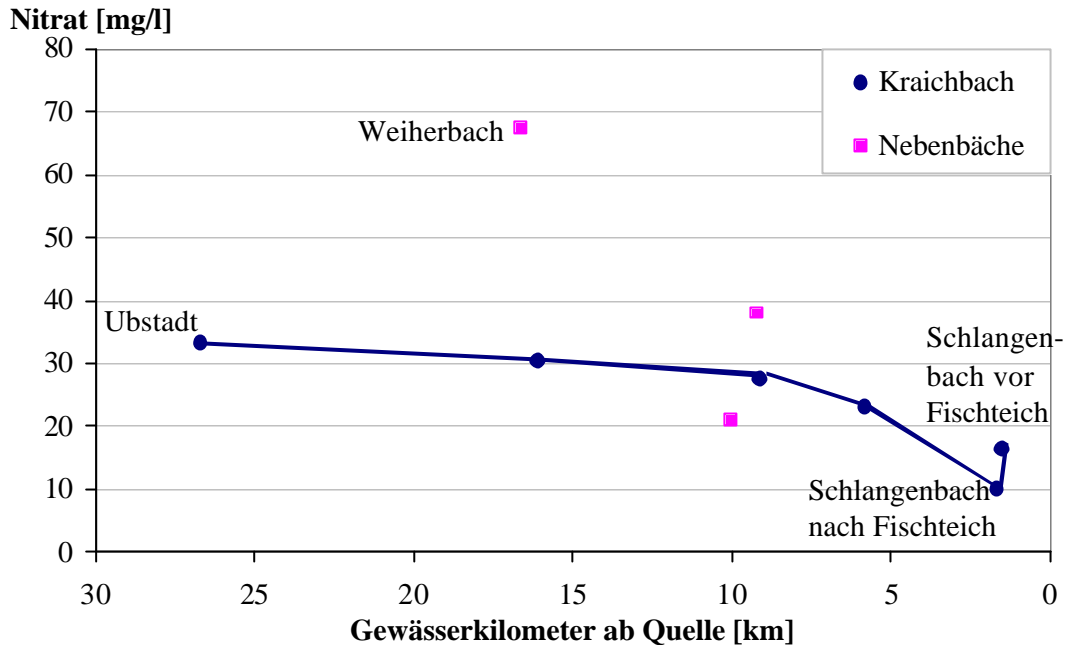


Bild 3-5: Nitratgehalte im Kraichbach und seinen Nebengewässern (75 %- Perzentile aus 18 Beprobungen)

Der Probenahmepunkt „Schlangenbach vor Fischteich“ wurde in Quellnähe festgelegt und umfasst ein überwiegend bewaldetes Einzugsgebiet im Naturraum „Strom- und Heuchelberg“. Der Gewässerlauf ist durch zusammenhängende Waldflächen abgeschirmt. Dieser Probenahmepunkt dient als Referenzpunkt mit vergleichsweise naturbelassenem Charakter. Mit dem Probenahmepunkt „Schlangenbach nach Fischteich“ soll der Einfluss eines Fischteichs auf die Gewässerqualität untersucht werden. Hier weisen die Ergebnisse des letzten Jahres auf eine Nitratsenke hin.

Wie in der Grobanalyse [HAHN ET AL., 2001] gezeigt werden konnte, stammen wesentliche Nährstoff- und Schwermetallemissionen aus den urbanen Räumen. Für Phosphor, Cadmium und Quecksilber stellen die kommunalen Kläranlagen den bedeutendsten Eintragspfad dar, aber auch die Austräge aus Kanalisationen sind insbesondere für die Schwermetalle von großer Bedeutung.

Eine klassische Maßnahme des Gewässerschutzes ist der Ausbau von Kläranlagen zur weitergehenden Nährstoffelimination. So wurde die Kläranlage Flehingen (Abwasserzweckverband „Oberer Kraichbach“) 1979 als mechanisch-biologische Kläranlage gebaut und in den Jahren 1995 bis 1998 aufwendig erweitert, weil sie die Anforderungen der AbwasserVO nicht erfüllen konnte. Ein Vergleich der N_{tot} -Emissionen im Testgebiet vor und nach dem Kläranlagenausbau zeigt, dass alleine durch den Ausbau einer der zwei Kläranlagen im Untersuchungsgebiet die gesamten Stickstoffemissionen um 20 % gesenkt werden konnten, die Emissionen der Punktquellen sogar um über 50 %. Der gewässerökologische Nutzen ist noch höher zu bewerten, als es durch den Vergleich der totalen Stickstofffrachten demonstriert werden kann, da vor dem Ausbau die größte Menge des Stickstoffes als fischtoxisches Ammonium emittiert wurde, welches nun überwiegend zu Nitrat oxidiert wird.

In einer weiteren Analyse wurde die Berechnung des Fremdwasserzuschlages (Quotient aus Fremdwasserzufluss und Schmutzwasserzufluss) für die Kläranlage in Unteröwisheim nach FUCHS & LUCAS 2001 (Abschnitt 3.1) vorgenommen. Dabei zeigt sich, dass

- die Kläranlage Unteröwisheim eine ausgeprägte Saisonalität des Fremdwasseraufkommens aufweist. Hohe Fremdwasserzuschläge ergeben sich in den Wintermonaten von November bis April. Die Maxima treten in der Regel in den Monaten März und April auf. Minimale Fremdwasserzuschläge werden am Ende des Sommerhalbjahres in den Monaten September und Oktober festgestellt.
- die Fremdwasserzuschläge trotz Betrachtung der Monatsmittelwerte deutlich höher als allgemein angenommen sind. Im Gegensatz zu den Annahmen aller bisherigen Modellansätze muss davon ausgegangen werden, dass der Betrieb von Kläranlage und Kanalnetz nicht regel- oder dimensionierungsgerecht erfolgt. Es ist eine bisher nicht berücksichtigte, signifikante Mehrbelastung der Gewässer zu befürchten.

Weiterhin wurde in Zusammenarbeit mit dem Bauamt der Stadt Kraichtal damit begonnen, die tatsächlich ans Netz angeschlossenen versiegelten Flächen, die angeschlossenen Außengebiete sowie die Struktur des Kanalnetzes über Pläne und vor-Ort-Begehungen für alle 9 Stadtteile zu erfassen. Für jeden Stadtteil wurden aus den erhobenen Daten „Systempläne“ erstellt, die auch über die vorhandenen Regenbauwerke Auskunft geben. Übergeordnetes Ziel ist es, eine Methode zu entwickeln, die unter Berücksichtigung örtlicher Gegebenheiten zuverlässige Schätzwerte für die jährlich entlastete Wassermenge liefert. Die Erfahrung vorausgegangener Projekte zeigt, dass die Ermittlung vertrauenswürdiger Entlastungsvolumina der entscheidende Schlüssel zur Berechnung von Entlastungsfrachten sind.

Angesichts dieser Analysen und den Ergebnissen des Vorprojektes wird deutlich, dass die Weiterentwicklung der Quantifizierungsansätze für die Pfade „Erosion“, „Grundwasser“ und „Siedlungsgebiete“ prioritär zu verfolgen ist.

Literatur:

- HAHN, H.H., S. FUCHS, S., A. BECHTEL & J. BUTZ (2001): „Stoffstromanalyse für kleine bis mittlere Flussgebiete als Grundlage für die Planung und Umsetzung von Gewässerschutzmaßnahmen“ (Vorprojekt). BW-PLUS Vorhaben 20 003, Endbericht (unveröffentlicht)
- HAHN, H.H., S. FUCHS, S., A. BECHTEL & J. BUTZ (2002): „Stoffstromanalyse für kleine bis mittlere Flussgebiete als Grundlage für die Planung und Umsetzung von Gewässerschutzmaßnahmen“, Sachstandsbericht zum Vorhaben. BW-PLUS Vorhaben 21 003 (unveröffentlicht)

Stichworte: **Schwermetalle, Nährstoffe, Eintragspfade, GIS, Gewässerschutzmaßnahmen**

Projektleiter	Prof. Dr.-Ing. E.h. H.H. Hahn, Ph.D. Dr.-Ing. S. Fuchs
Sachbearbeiterin	Dipl.-Biol. A. Bechtel Dipl.-Ing. J. Butz
Zeitraum	10.2000 – 04.2001 Vorprojekt 10.2001 – 09.2003
Finanzierung	BWPLUS (Projektträgerschaft „Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung“)

3.6 Einsatz von Retentionsbodenfiltern zur Mischwasserbehandlung - Fallbeispiel Langenalb (Nordschwarzwald)

Bestehen aufgrund besonderer Schutzbedürfnisse eines Gewässers weitergehende Anforderungen an Mischwassereinleitungen, können bepflanzte Retentionsbodenfilter (RBF) in Kombination mit konventionellen Kanalentlastungsanlagen ein wirkungsvolles Instrument zur Minderung der Entlastungsfrachten und hydraulischen Stoßbelastungen darstellen.

Die auf zwei Jahre ausgelegte Überwachung des 1998 in Betrieb genommenen RBF Langenalb wurde 2001 abgeschlossen und liefert praxisrelevante Erkenntnisse über die Reinigungsleistung und Grenzen der Belastbarkeit von Mischwasser beaufschlagten RBF mit einschichtigem Sandfilter. Zudem wurde die Effizienz des Gesamtkonzepts (Regenüberlaufbecken + RBF) hinsichtlich des angestrebten Gewässerschutzziels beurteilt. Der Schwerpunkt lag hierbei auf dem Nachweis einer ausreichenden abflusssdämpfenden Wirkung des RBF, da zurückliegende Untersuchungen am selben Standort zeigten [FUCHS, 1997], dass defizitäre Besiedlungsmuster der aquatischen Lebensgemeinschaften unterhalb des RÜB v. a. auf hydraulischen Stress zurückzuführen waren.

Für die Wassermengen- und Stoffbilanzierung erfolgten kontinuierliche Aufzeichnungen des Entlastungsgeschehens am RÜB und RBF sowie ereignisbezogene Probenahmen aus Filterzulauf, –überlauf und Filterdränage. Zudem wurde der Einfluss der Filtergeschwindigkeit auf den Stoffrückhalt untersucht. Im Rahmen der Immissionsbetrachtungen wurde geprüft, inwieweit die jährliche Anzahl und die Intensität Geschiebetrieb und damit Organismendrift auslösender Entlastungsereignisse gegenüber der ursprünglichen Situation verringert wird. Die Entwicklung der Gewässerbiozönose wurde seit Januar 1998 anhand monatlicher flächenbezogener Aufsammlungen des Makrozoobenthos ober- und unterhalb der Einleitung dokumentiert.

Die Auswertungen ergaben, dass der RBF Langenalb aufgrund außergewöhnlicher Randbedingungen hydraulisch und stofflich übermäßig hoch belastet wurde. Gebietsspezifisch und witterungsbedingt erhöhte Fremdwasserabflüsse im Kanalnetz verursachten im Winter tage- bis wochenlange (!) Kanalentlastungen mit entsprechend lang andauerndem Filterüberstau und -überlauf. Diese Situationen bedingten jeweils im zweiten Winterquartal Verringerungen der hydraulischen Filterdurchlässigkeit bishin zur Totalkolmation, die eine mehrmonatige Filterregeneration (Außerbetriebnahme des RBF) erforderte. Als Ursache der Totalkolmation war das massenhafte Wachstum mikrobieller Biomasse bei Überstauereignissen von mehr als einwöchiger Dauer anzusehen. Bei normalem Entlastungsverhalten der Vorstufe (Zeiträume ohne erhöhte Fremdwasserabflüsse) bestand eine hohe Betriebssicherheit, und abgesehen vom Phosphatrückhalt wurden ähnlich gute Reinigungsleistungen wie bei bindigen Filterböden erzielt. Die Erhöhung der Filtergeschwindigkeit hatte keinen signifikanten Einfluss auf den Stoffrückhalt. Nähere Details sind [SCHNABEL & FUCHS, 2001] zu entnehmen.

Die Immissionsbetrachtungen [SCHNABEL, 2001] zeigten, dass ohne RBF jährlich etwa 10 der ca. 50 Kanalentlastungen infolge hoher Abflussintensitäten ein bedeutendes Organismendrift auslösendes Potenzial im Gewässer aufweisen. Durch die Nachschaltung des RBF (~ Verdoppelung des spezif. Speichervolumens) lässt sich im Fallbeispiel aus gewässerbiologischer Sicht bei ca. 50 % dieser Ereignisse eine ausreichend gedrosselte Einleitung erreichen. Aufgrund der örtlichen Randbedingungen (stoffliche Gewässerbelastung durch langanhaltende Mischwassereinleitungen im Winter, Außerbetriebnahme des RBF) resultierten für die Gewässerbiozönose unterhalb der Anlage jedoch nur saisonale Erholungsphasen. Allerdings lässt sich von den Ergebnissen der Bestandsaufnahmen ableiten, dass sich während des Normalbetriebs ein positiver Trend (z. B. Zunahme der Populationsdichten standorttypischer Arten unterhalb der Anlage und Zunahme der bio-

zönotischen Ähnlichkeit zwischen den verglichenen Bachstrecken) abzeichnete. Diese Ergebnisse liefern im Zusammenhang mit ähnlichen immissionsorientierten Untersuchungen (zit in [BORCHARDT et al., 1998] wertvolle Hinweise zur Beurteilung der hydraulischen Belastbarkeit kleiner freifließender Mittelgebirgsbäche.

Literatur:

- BORCHARDT, D., J. HSCHER & E. MAUCH (1998): „Auswirkungen von Mischwassereinleitungen auf den Stoffhaushalt und die Biozönose von Fließgewässern - Ökologische und wasserwirtschaftliche Folgerungen“. GWF Wasser Abwasser 139 (7): 418-423.
- FUCHS, S. (1997): „Wasserwirtschaftliche Konzepte und ihre Bedeutung für die Ökologie kleiner Fließgewässer – Aufgezeigt am Beispiel der Mischwasserbehandlung“. Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft, Universität Karlsruhe Bd. 79, Oldenbourg.
- SCHNABEL, S. (2001): „Bestandsaufnahmen des Makrozoobenthos eines kleinen Bergbachs als Erfolgskontrolle nach Inbetriebnahme eines Retentionsbodenfilters zur weitergehenden Mischwasserbehandlung“. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL) - Tagungsbericht 2000 (Magdeburg): S. 293-297; Tutzing.
- SCHNABEL, S. & S. FUCHS (2001): „Betriebserfahrungen mit dem Retentionsbodenfilter Langenalb“. In: Tagungsbericht der ATV-DVWK Bundes- und Landesverbandstagung 2001 am 27.-28. September in Freiburg im Breisgau: S. 204-216; Stuttgart.

Stichworte: **Retentionsbodenfilter, Mischwasserbehandlung, kleine Fließgewässer, hydraulischer Stress, aquatische Wirbellosenfauna**

Projektleiter	Prof. Dr. Ing. E. h. H. H. Hahn, Ph. D., Dr.-Ing. S. Fuchs
Sachbearbeiterin	Dipl.-Biol. Susanne Schnabel
Zeitraum	01.1998 - 10.2001
Finanzierung	Land Baden-Württemberg

3.7 Integration von Aufwuchskörpern in Belebungsanlagen zur Verbesserung der Schlammindices und zur Erhöhung der Sedimentationsleistung von Nachklärbecken

Grundsätzlich werden "neue" Schwimm- und Blähschlammprobleme gerade bei Anlagen mit biologischer Phosphorelimination und Denitrifikation in zunehmendem Masse beobachtet, deren Auswirkungen sich vorwiegend in einer Verschlechterung der Phasenseparation dokumentieren lassen. Die Ursachen sind derzeit wenig verstanden. Vielfach werden als Erklärung Ursachenbündel aufgeführt, die eines gemeinsam haben: Die Korrelation der Auftretenswahrscheinlichkeit von Schwimm- und Blähschlammphänomenen mit der vorhandenen Verfahrenstechnik der Anlage.

Scheinbar in Vergessenheit geraten sind in diesem Zusammenhang Festbettreaktoren, schwimmende Aufwuchskörper und Sequencing Batch Reaktoren, welche tendenziell einen niedrigeren Schlammindex aufweisen.

Ziel dieses Vorhabens ist es, mit Hilfe vorgeschalteten Sequencing Batch Biofilm Reaktoren, einerseits eine Ertüchtigung bestehender konventioneller Kläranlagen im Bereich der Nachklärung und andererseits eine erweiterte biologische Phosphorelimination zu erreichen.

Mit dem Eingang des Zuwendungsbescheids Mitte August 2001, wurde die Versuchsanlage auf der Kläranlage Pforzheim aufgestellt und angefahren. In diesem Zusammenhang wurden zwei Diplomarbeiten vergeben. Die erste Arbeit [WINKLER, 2001] hat die Anlage hinsichtlich Ihrer Reinigungsleistung und Ihrem Einfluss auf die Charakteristiken des Belebtschlammes untersucht, die zweite Arbeit [KNORPP, 2001] hat im speziellen den sessilen und suspendierten Schlamm charakterisiert.

Die Ergebnisse des praktischen Versuchs sollen mittels Simulation verifiziert werden. Hierzu wurde das Simulationsmodell GPS-X (Hydromantis, Inc.) verwendet. Um die erweiterte biologische Phosphorelimination im Sequencing Batch Biofilm Reaktor darzustellen, wurde uns ein eigens für dieses Projekt entwickeltes Tool von der Softwarefirma zur Verfügung gestellt. Die Simulation selbst war ebenfalls Inhalt einer studentischen Arbeit, welche im Laufe des Januars 2002 abgeschlossen sein wird.

Literatur:

KNORPP, K. (2001): „Charakterisierung des sessilen und suspendierten Schlammes einer konventionellen Belebungsanlage mit vorgeschaltetem Sequencing Batch Biofilm-Reaktor“; Diplomarbeit am Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Karlsruhe.

WEBER, W. (1993): „Betriebserfahrungen mit getauchten Festbetten“; Manuskript Vortrag anlässlich des ATV-Seminars Einsatz von Biofilmreaktoren.

WENTZEL, M.C.; DOLD, P.L.; EKAMA, G.A.; MARAIS, G.V.R. (1985): „Kinetics of biological phosphorus release“. In: Enhanced biological phosphorus removal from wastewater. Wat. Sci. Tech. Vol. 17, Nr. 11 u. 12; S. 57-71.

WILDERER, P.A. (1995): „Bio-P in SBR-Anlagen“; Bio-P Hannover 95; Internationale Konferenz zur vermehrten biologischen Phosphorelimination; Heft 92; Veröffentlichung des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover; 1995.

WINKLER (2001): „Betriebsoptimierung eines zur biologischen Phosphorelimination betriebenen halbtechnischen Sequencing Batch Reaktor mit eingebauten Festbetten“; Diplomarbeit am Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Karlsruhe.

Projektleiter	Dipl.-Ing. Erhard Hoffmann
Sachbearbeiter	Dipl.-Ing. Jan T. Weber
Zeitraum	August 2001 – Oktober 2002
Finanzierung	BMBF

3.8 Wet Weather Control –the state of the art in Germany

Ziel dieser Studie ist es, den Stand der Dinge hinsichtlich der Regenwasserbehandlung in Deutschland vergleichend gegenüberzustellen.

Im Mittelpunkt soll dabei die Abflusssteuerung in Kanalnetzen stehen, welche es möglich macht, stille Reserven in der Kanalisation zu nutzen. Hierbei kann sowohl die Reduzierung des in den Vorfluter abgeschlagenen Wassers als auch die einhergehende Verschmutzung der Gewässer im Vordergrund stehen.

Die Studie hat ergeben, dass die Regenwasserbehandlung zumeist statisch ist (Regenbecken, etc.) und daher nicht die individuellen Randbedingungen eines Ereignisses berücksichtigt (vorangegangene Trockenwetterperiode; Verlauf, Intensität des Ereignisses, etc.).

Sachbearbeiter	Dipl.-Ing. Jan T. Weber
Zeitraum	Juli, August 2001; März 2002
Finanzierung	Eurawasser

3.9 Dynamik von Sickerwasserabfluß und Stofftransport in mineralischen Bodenkörpern unter spezieller Berücksichtigung der mikrobiellen Biomasse

Im Jahr 2001 wurden unter anderem zwei studentische Arbeiten betreut, die sich mit der „biologischen Kolmation“ auseinandersetzten. Im Rahmen einer Diplomarbeit untersuchte Herr Rüdiger Daul die biologische Kolmation in Form einer Literaturrecherche („Biologische Kolmation von Bodenkörpern (Literaturarbeit)“). Schwerpunkte dieser Arbeit waren das Aufzeigen von Ursachen der Kolmation, die Beschreibung verschiedener Modelle zum Verständnis der biologischen Kolmation und das Vorkommen von biologischer Kolmation in der Praxis.

Im Anschluss daran führte Herr Klaus Litty in seiner Vertieferarbeit Laborexperimente zur biologischen Kolmation durch („Auswirkung von Klimastress auf die Kolmation und Reinigungsleistung von Sandfiltern“). Dazu wurden in einer Klimakammer des Forschungszentrums für Umwelt acht Sandfilter über einen Zeitraum von drei Monaten mit synthetischem und realem kommunalem Misch-Abwasser beschickt. Nach einer Adaptationsphase der Mikroorganismen wurde in der Klimakammer die Temperatur gesenkt und ein Teil der Sandfilter nicht weiter beschickt. Während der gesamten Versuchszeit wurden Abwasserproben entnommen um die Reinigungsleistung der Filter zu untersuchen.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Temperaturabsenkung von 20 °C auf 5 °C keinen wesentlichen Einfluss auf die Reinigungsleistung hat. Ein starkes Bündel aus biologischer Leitschicht

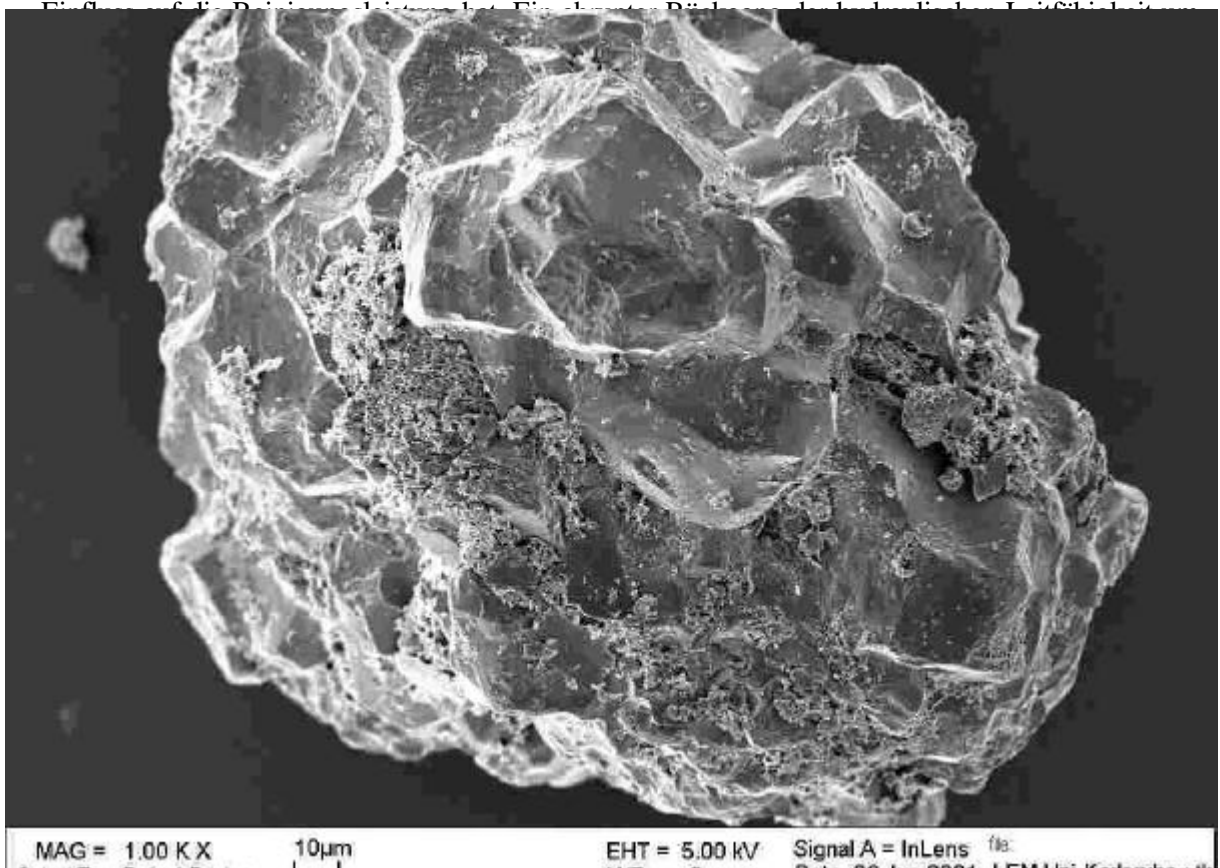


Bild 3-6: Abbildung: REM-Aufnahme eines Sandkorns aus einem Labor-Sandfilter.

Um Erkenntnisse über die Form des Biofilms auf dem Filtermaterial Sand zu gewinnen, wurden im Juni 2001 verschiedene Proben im Laboratorium für Elektronenmikroskopie der Universität Karlsruhe mit einem Rasterelektronenmikroskop (REM) untersucht. Die folgende Abbildung zeigt die Besiedlung des Filtermaterials durch die Mikroorganismen. Auffallend ist in diesem Zusammenhang, dass die Biofilme in den untersuchten Proben fast ausschließlich aus Bakterien bestehen. Pilze oder Tiere wurden kaum gefunden.

Die Bodenproben aus dem Laborexperiment und vom Retentionsbodenfilter Langenalb wurden mit der HPLC-Methode analysiert (Entwicklung der Methode: siehe Jahresbericht 2000). Als Hauptergebnis dieser Untersuchungen kann dabei festgehalten werden: Die Proben aus dem Freiland sind mit der eigens entwickelten Methode analysierbar. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Methode für die Detektion von Biomasse und Bioaktivität sehr gut geeignet ist und neue Einblicke in die Mechanismen der biologischen Kolmation erlaubt.

Weitere stichprobenartige Untersuchungen haben gezeigt, dass diese Methode auch auf andere Proben übertragbar ist (z.B. Belebtschlamm, Bodenproben im Umfeld von Kanalleckagen).

Die bisherigen Ergebnisse wurden auf verschiedenen Konferenzen dem Fachpublikum vorgestellt:

- Im März 2001 auf der Jahrestagung der „Vereinigung für allgemeine und angewandte Mikrobiologie“ (VAAM) in Oldenburg (Vortrag und Veröffentlichung);
- Im September 2001 auf der internationalen Konferenz „Wetlands & Remediation“ in Burlington, USA (Vortrag und Veröffentlichung);
- Im Oktober 2001 auf der internationalen Konferenz der „International Water Association“ (IWA) in Berlin (Poster).

Stichworte: Biologische Kolmation, Bodenfilter, HPLC, DNA, tRNA, rRNA, RNA/DNA.

Projektleiter	Prof. H. H. Hahn, Ph. D. Dr.-Ing. S. Fuchs
Sachbearbeiter	Dipl.-Biol. M. Schwarz
Zeitraum	01.10.1998 – 30.09.2001
Finanzierung	Deutsche Forschungsgemeinschaft (Graduiertenkolleg “Grenzflächenphänomene in aquatischen Systemen und wässrigen Phasen”)

3.10 Schwermetall- und Lindaneinträge in die Flussgebiete Deutschlands

Im Rahmen des Projektes wurde eine Abschätzung der Schwermetall- und Lindaneinträge aus punktförmigen und diffusen Quellen in die großen Flussgebiete Deutschlands für die Bezugsjahre 1985, 1995 und 2000 durchgeführt. Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (Karlsruhe) und dem Institut für Gewässeröko-

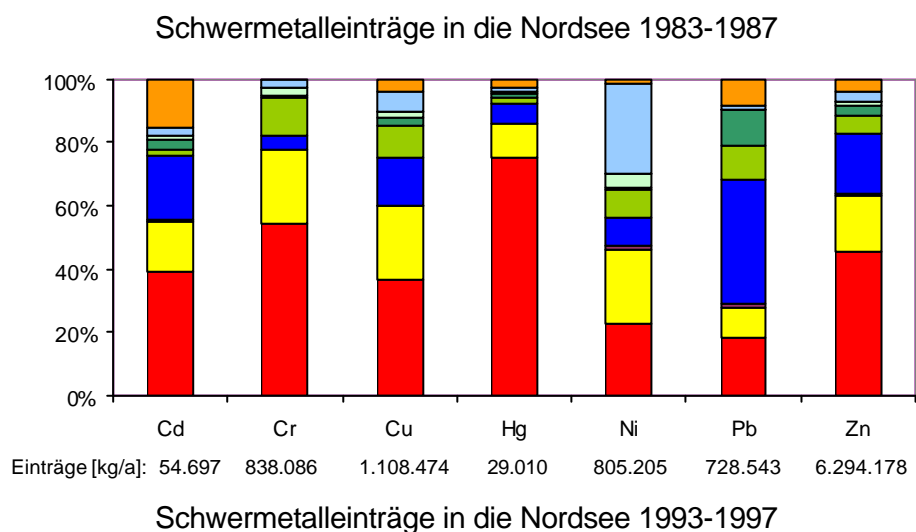
logie und Binnenfischerei (Berlin) im Auftrag des Umweltbundesamtes bearbeitet. Ziel des Projektes war die Überprüfung der im Rahmen von internationalen Abkommen zum Schutz der Meere und großen Flussgebiete von Deutschland vereinbarten Reduktionsziele.

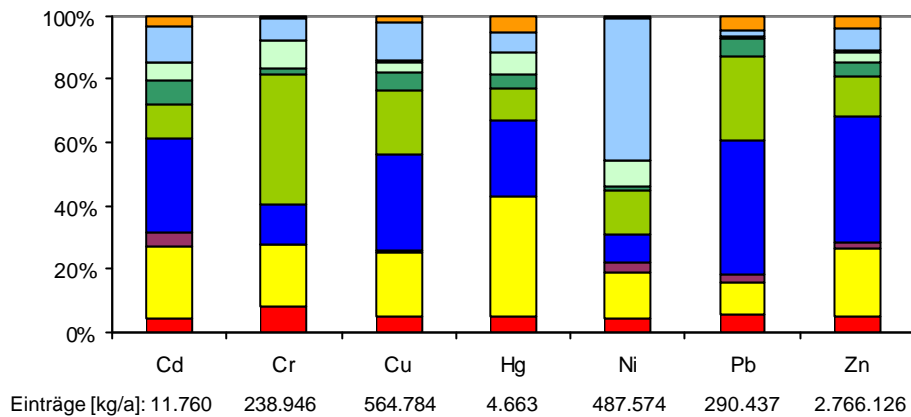
Für die Abschätzung der industriellen Direkteinträge sowie der Emissionen aus kommunalen Kläranlagen wurde eine umfangreiche Recherche bei den zuständigen Behörden der Bundesländer durchgeführt [BÖHM ET AL., 2001]. Die Berechnung der Einträge aus diffusen Quellen erfolgte durch Anpassung des Modells MONERIS, das für die Bilanzierung der Nährstoffeinträge vom Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei entwickelt wurde [BEHRENDT ET AL., 1999].

Bild 3-7 zeigt die relative Bedeutung der Eintragspfade an der gesamten emittierten Schwermetallfracht aus Deutschland in die Nordsee (Summe der Einträge in Rhein, Ems, Weser, Elbe und das Küstengebiet der Nordsee) für 1985, 1995 und 2000. Das Reduktionsziel im Rahmen der 4. Internationalen Nordseeschutzkonferenz wurde für Cadmium, Quecksilber und Blei mit 70 % festgelegt. Für Chrom, Kupfer, Nickel und Zink wurde eine Verringerung der Einträge um 50 % angestrebt.

Für Cadmium wurde eine Reduktion der Einträge um insgesamt 83 % erreicht, die hauptsächlich auf eine Verringerung der industriellen Direkteinträge zurückzuführen ist. Für das Gebiet der Neuen Bundesländer zeigt sich zudem eine signifikante Verminderung der *diffusen Einträge aus urbanen Gebieten*.

Verglichen mit den anderen Metallen wurde für Quecksilber mit 87 % die höchste Reduktion, hauptsächlich infolge des Industrieabbaus im Elbeeinzugsgebiet, erreicht.





Schwermetalleinträge in die Nordsee 1998-2000

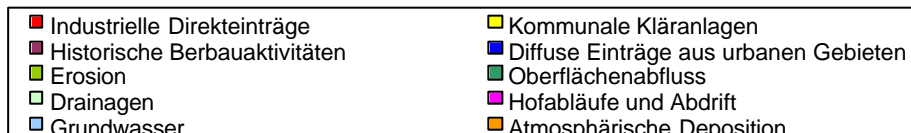
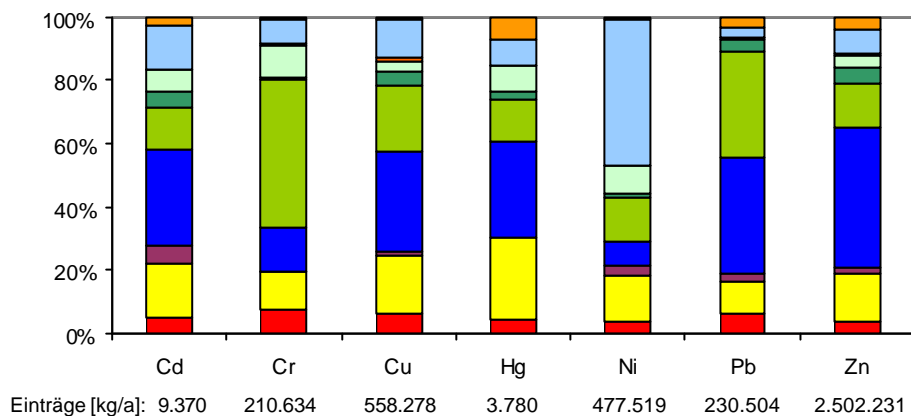


Bild 3-7: Schwermetallemissionen in die Nordsee aus Deutschland [kg/a] und relative Bedeutung der Eintragspfade.

Aufgrund der Substitution von Blei als Zusatzstoff in Kraftstoffen seit dem Jahre 1986 zeigt sich für dieses Metall eine Verringerung der Einträge aus *diffusen Quellen* in die Nordsee um 63 %. Bezogen auf die gesamten Blei-Einträge wurde das 70-% Reduktionsziel mit insgesamt 68 % jedoch knapp verfehlt.

Der wichtigste Eintragspfad für Nickel ist der *Zufluss von Grundwasser*. Obwohl die Verminderung der punktförmigen Einträge für Nickel 74 % beträgt, wurde insgesamt nur eine Reduktion um 41 % der gesamten Einträge in die Nordsee erreicht.

Für Chrom, Kupfer und Zink beträgt die Reduktion 75 %, 50 % und 60 %, hauptsächlich infolge der Verminderung der Einträge aus *Punktquellen*.

Während 1985 ein beträchtlicher Anteil der Schwermetalleinträge aus Punktquellen stammte, überwiegen heute die diffusen Quellen. Die wichtigsten Eintragspfade sind *diffuse Einträge aus urbanen Gebieten* (Regenwasserkanäle und Mischwasserüberläufe) sowie die *Erosion*.

Literatur:

BEHRENDT, H.; HUBER, P.; OPITZ, D.; SCHMOLL, O.; SCHOLZ, G.; UEBE, R. (1999): „Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands“. UBA-Texte 75/99, Berlin.

BÖHM, E.; HILLENBRAND, T.; MARSCHIEDER-WEIDEMANN, F.; SCHEMPP, C.; FUCHS, S.; SCHERER, U. (2001): „Bilanzierung des Eintrags prioritärer Schwermetalle in Gewässer“. Abschlussbericht zum UBA-Vorhaben Nr. 298 22 243, UBA-Texte 29/01.

Stichworte: Schwermetalle, Diffuse Einträge, Industrielle Direkteinleiter, Kommunale Kläranlagen

Projektleiter	Dr.-Ing. S. Fuchs
Sachbearbeiterin	Dipl.-Geol. Ulrike Scherer
Zeitraum	November 2000 – Januar 2002
Finanzierung	Umweltbundesamt

3.11 Effects of Solution Conditions on the Precipitation of Phosphate for Recovery

Phosphate recovery from wastewater asks for profound understanding of the effects of solution conditions on the precipitation of calcium phosphate. The former studies have shown that solution pH value and initial Ca/P ratio are two vital parameters to control the precipitation of phosphate; carbonate affects the precipitation rate and efficiency of calcium phosphate, but improved solution pH value and initial Ca/P ratio can help to overcome the influence.

For further understanding of the effects of solution conditions on the precipitation of calcium phosphate, a computer programme, PHREEQC was employed to calculate the speciation and saturation-index with respect to hydroxyapatite of a chemically defined precipitation system, which contained phosphate of 1-200 mg P/L, with initial Ca/P ratios of 1-10 times of the stoichiometric calcium to phosphorus molar ratio of hydroxyapatite, at a pH value range of 7.0-11.0. The results show that the saturation-index is respectively the logarithmic function of the phosphate concentration and the calcium concentration, increasing with the increase of either of them; the saturation-index is a polynomial function of the solution pH value and increases with its increase, and the effect of solution pH value is due to its influence on base uptake of the precipitation reaction and the speciation of phosphate and calcium ions; the saturation-index is also a logarithmic function of the solution ionic strength but decreases with its increase; at the temperature range of 5-30°C the saturation-index increases linearly with solution temperature and the effect of temperature is also due to its influence on the speciation of phosphate and calcium ions.

Besides carbonate, organic matter is another key inhibitor to the precipitation of calcium phosphate. Humic substance was used as organic matter to synthesize the artificial wastewater. The effect of organic matter concentrations up to 30 mg C/L DOC on the precipitation of 20 mg P/L was studied in batch reactions. At pH 8.0 the precipitation rate of phosphate was greatly retarded by organic matter and the corresponding precipitation efficiency also decreased, but at pH values ≥ 9.0 the effect of organic matter on the precipitation of phosphate was very small. This indicates that the solution pH value is still a key factor influencing the precipitation process. The increases of solution pH value and initial Ca/P ratio are two approaches to overcome the influence of organic matter on

the precipitation of phosphate. X-ray diffraction measurement shows that the precipitate is hydroxyapatite.

Keywords: phosphate recovery, precipitation, PHREEQC, effect of organic matter.

Projektleiter	Prof. H.H. Hahn, Ph.D. Dipl.-Ing. E. Hoffmann
Sachbearbeiter	Master-Ing. Y. Song
Zeitraum	Februar 2000 – September 2001
Finanzierung	Deutscher Akademischer Auslandsdienst (DAAD)

3.12 In situ-Sanierung eines kiesig-sandigen Bodens

Im Bereich eines Treibstofflagers ist der Boden und das Grundwasser mit aliphatischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen verunreinigt. Im Rahmen eines vom Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung (BWB) geförderten Vorhabens ist auf dem Gelände eine Versuchsanlage zur in situ-Behandlung des Schadensherdes aufgebaut worden. Die Anlage zur mikrobiologischen Bodenbehandlung wird vom Institut für Boden- und Felsmechanik, dem Institut für Siedlungswasserwirtschaft und der Firma Umweltschutz Nord gemeinsam betrieben (Abb. 1). Der Betrieb der Anlage wird von der US-Airforce finanziert.

Untersuchungen zur Ausgangssituation auf dem Gelände zeigten, daß das ursprünglich auf dem Grundwasser schwimmende Gemisch aus Diesel und Kerosin durch Grundwasserschwankungen in die wassergesättigte Zone des Bodens eingetragen worden ist. Daher ist der Boden bis in eine Tiefe von etwa 10 m unter GOK mit Mineralölkohlenwasserstoffen kontaminiert, obwohl der derzeitige Grundwasserspiegel bei etwa 7 m unter GOK liegt.

Zum Abbau der Schadstoffe werden aerobe und anaerobe Abbauprozesse kombiniert. Der teilgesättigte Boden wird mittels einer Luftströmung mit Sauerstoff versorgt. In der gesättigten Zone dient ein Wasserkreislauf zur Versorgung der schadstoffabbauenden Mikroorganismen mit Sauerstoff und Nitrat. Die Behandlung des Prozeßwassers erfolgt in einem Bioreaktor, der einerseits zum Abbau der gelösten organischen Substanzen genutzt wird und andererseits auch zum Strippen von flüchtigen Schadstoffen und zur Belüftung des Kreislaufwassers dient.

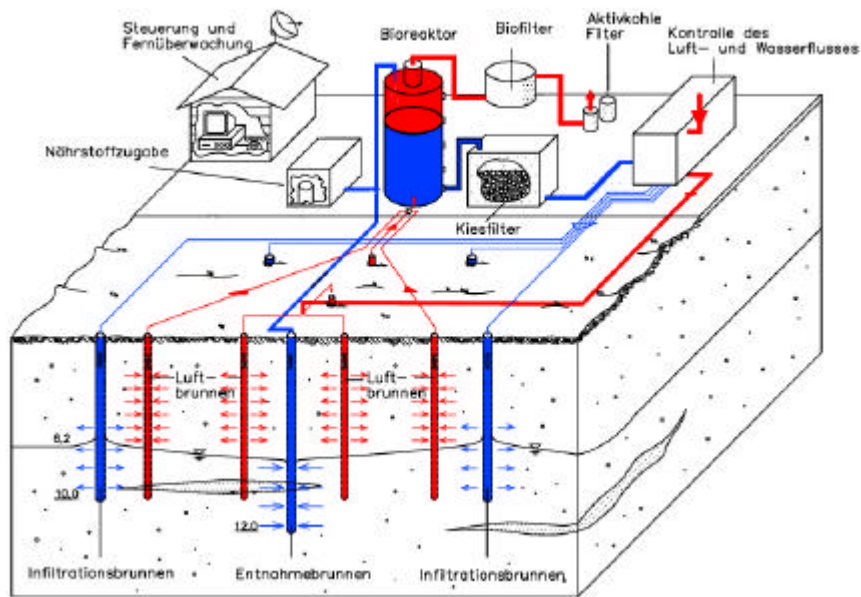


Bild 3-8: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus
blau: Wasserkreislauf, rot: Luftkreislauf

Nach 5 Jahren biologischer Behandlung ergab sich folgende Zwischenbilanz:

- Während dem ungesättigten Boden über eine Luftströmung in ausreichendem Maße Sauerstoff zur Förderung des biologischen Schadstoffabbaus zugeführt konnte, besteht in der gesättigten Zone in großen Bereichen ein Mangel an Sauerstoff.
- Untersuchungen zum Air Sparging (Druckluft einspeisung in den wassergesättigten Boden) zeigen, daß die Sauerstoffversorgung im Boden durch den Einsatz dieses Verfahrens erheblich verbessert werden kann, wobei zugleich auch große Mengen an Schadstoffen aus dem Boden über den Wasser- und den Luftweg ausgetragen werden [SPIEB, 2002].

Um das Air Sparging-Verfahren weiter zu verbessern, soll das bestehende System in Bezug auf den Sauerstoffeintrag optimiert werden. Ziel der Untersuchungen ist es, ein Einspeiseverfahren zu entwickeln, das einerseits möglichst große Mengen an Sauerstoff in den gesättigten Boden transportiert und andererseits nur geringe Mengen an Schadstoffen über den Luft- und Wasserweg austrägt. Hierzu sind der Einspeisedruck und das Einspeiseintervall des Air Sparging Verfahrens zu optimieren. Die Relation zwischen dem Sauerstoffeintrag und dem Schadstoffaustrag soll untersucht werden. Der Sauerstoffeintrag ist über den Sauerstoff- und Kohlendioxidgehalt in den Grundwassermeßstellen und im Entnahmebrunnen zu quantifizieren. Die Bestimmung des Sauerstoff- und Kohlendioxidgehaltes erfolgt mit Hilfe von Elektroden. Der Schadstoffaustrag kann über online-Bestimmungen (Detektor: FID) in der Abluft des Versuchsfeldes, in der Abluft des Wasseraufbereitung und über Schadstoffmessungen im Wasserkreislauf quantifiziert werden. Um die Leistungsfähigkeit des Air Sparging-Verfahrens zu beurteilen, ist die Zunahme des Schadstoffabbaus durch die Druckluft einspeisung zu bilanzieren und das Langzeitverhalten bezüglich der Schadstoffmobilisierung zu untersuchen.

Literatur:

SPIEB, A. (2002): „Kombination von in-situ-Verfahren zur Behandlung kohlenwasserstoffbelasteter Böden einschließlich Air Sparging“. Dissertation Veröffentlichungen des Instituts für Boden- und Felsmechanik, TU Karlsruhe, im Druck.

Stichworte: in situ-Bodensanierung, aerober und anaerober Schadstoff-abbau, BTEX, MKW, Bilanzierung des Abbaus in situ

Projektleiterin	Dr.-Ing. Hilke Würdemann
Sachbearbeiter	Dipl.-Ing. Jörg Kegebein
Zeitraum	November 2000 – Januar 2002
Finanzierung	Umweltbundesamt

4 Institutsveranstaltungen

4.1 15. Karlsruher Flockungstage

Geruchsemissionen

Umsetzungsprozesse im Kanal können zur Bildung äusserst unangenehmer Gerüche führen. Verantwortlich hierfür sind in der Regel anaerobe Vorgänge, welche die Genese flüchtiger schwefelhaltiger Komponenten, die meist als Hauptverursacher von Gerüchen und ihren Folgen gelten, bedingen. Vielfach führen diese Prozesse zu Korrosionsschäden an Kanalsystemen, die nicht aus korrosionsbeständigem Material sind. Aber nicht nur aus Kanälen sind solche Probleme bekannt, sie lassen sich auch auf und um Kläranlagen finden - wobei hier die Geruchsbelästigung im Vordergrund steht - insbesondere dann, wenn die Anlage in oder in unmittelbarer Nähe von bebauten Gebieten liegt.

Zu diesem Thema trafen sich am 06. und 07. November letzten Jahres rund 115 Vertreter aus Wissenschaft, Wirtschaft und kommunaler Ebene zu den jährlich stattfindenden Karlsruher Flockungstagen, die vom Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Karlsruhe (TH) unter der Federführung von Professor Hermann H. Hahn veranstaltet werden.

Neben den Ursachen der Bildung von Gerüchen standen verschiedene Meß- und Quantifizierungsmethoden im Mittelpunkt des ersten Tages, welcher mit einem Blick auf rechtliche Aspekte abgerundet wurde:

Prof. Frechen von der Gesamthochschule Kassel begann mit der Einführung über die Grundlagen der Geruchsmeßtechnik, -quantifizierung und Probenahme.

Frau Arndt (RWTH Aachen) stellte Ergebnisse eines Forschungsprojektes vor, bei dem die Geruchsmessung über eine sog. künstliche Nase realisiert wurde.

Den Zusammenhang zwischen der Abwasserzusammensetzung bzw. dessen Inhaltsstoffen und der Bildung von Schwefelwasserstoff sowie anderer Geruchsstoffe beleuchtete Prof. Hvitved-Jacobsen von der Aalborg University in Dänemark näher. Er stellte zugleich ein Simulationsmodell vor, mit dessen Hilfe die Geruchsbildung - gemessen anhand der Indikatorsubstanz Hydrogensulfid - in gewissen Grenzen vorausgesagt werden kann.

Eine in der Praxis bewährte Möglichkeit der Geruchsmessung stellte Herr Kristandt von der Fa. Dräger Safety dar: Durch das tragbare Gerät lassen sich Methan, Sauerstoff, Kohlendioxid und Schwefelwasserstoff messen.

Maßnahmen zur Geruchsbekämpfung schilderte Herr von Both von der Fa. „aqua-terra Bioprodukt GmbH“: Bei der Zugabe von biologischen Nährböden (Warenzeichen Renosan) dienen Mikroorganismen zugleich als Trägermaterial, Festbett und Besiedelungsfläche, wodurch sich eine Biozönose entwickelt, die Gerüche erst gar nicht entstehen lässt bzw. vorhandene abbaut.

Herr Weth stellte das patentierte Drausy-Schlauchsystem vor, mit dessen Hilfe Luft, Sauerstoff oder andere Wirksubstanzen über Hunderte von Metern in ein Kanalsystem oder auch in der Kläranlage zur Belüftung dosiert werden können.

Rechtliche Belange der Geruchsproblematik stellte Prof. Hagen (Vizepräsident des Bundesgerichtshofs a.D.) anhand eines Urteils aus den späten 70er Jahren zu den Einwänden von Anwohnern einer Kläranlage dar.

Hierauf entbot Herr Drobig, Leiter der Kläranlage Radolfzell, welche damals Objekt des Rechtsstreites war, anhand eines sehr kurzweiligen Vortrages seine Antwort mit der provozierenden Frage: „Kann eine solche Anlage stinken?“. Angesichts der beinahe idyllischen Bilder der direkt am Bodensees gelegenen Anlage eine fast schon rhetorische Frage. Tatsächlich sind durch mehrere Maßnahmen, aber vor allem auch durch den direkten Kontakt zwischen Anlagenbetreiber und Anwohner diese Probleme in Griff gebracht worden.

Herr Hoffmann vom ISWW machte es sich im Anschluß daran zur Aufgabe, potentielle und reelle Emissionsquellen bei der Abwasserbehandlung aufzuzeigen sowie Maßnahmen zur Bekämpfung - einmal durch Konfigurationen auf der Anlage wie Abdeckungen etc., zum anderen durch den Einsatz von Hilfsstoffen (Chemikalien u.ä.) - vorzustellen. Anhand zweier Fallbeispiele wurden die dadurch erzielten Ergebnisse verdeutlicht.

Damit wurde von der Kläranlage auf den Bereich Kanäle übergeleitet: Herr Barjenbruch von der Universität Rostock stellte hierzu einmal neuralgische Punkte im Kanalsystem dar, auf die hinsichtlich einer Geruchsentstehung bzw. -emission besonders zu achten sei, und zum zweiten Möglichkeiten der Bekämpfung durch verschiedene Maßnahmen. Im Speziellen waren dies: Die Trinkwassereinleitung zur Verkürzung der hydraulischen Aufenthaltszeiten, die Dosierung von Fe-Salzen als Fällmittel sowie die Zugabe von Nitrat, um ein anoxische Milieu einzustellen und so die Bildung von H_2S zu verhindern.

Ähnliche Erfahrungen aus der Praxis konnte Herr Holst von der Stadtentwässerung Hamburg berichten. Dort wurde ebenfalls versucht, über die Zudosierung von Fe-Salzen, Nitrat sowie eisenhaltigen Wasserwerkschlämmen den Geruchsemissionen zu Leibe zu rücken. Neben den erreichten Ergebnissen wurden auch die Kosten der unterschiedlichen Verfahren, wie sie sich spezifisch für Hamburg gestalten, vorgestellt.

Den schon mehrfach erwähnten Einsatz von Nitrat zur Geruchselimination bzw. -vermeidung stellte Herr Günster von der Fa. ‚Hydro Chemicals‘ vor. Mit dem Nutriox-Konzept lässt sich die Bildung von Schwefelwasserstoff unterdrücken, was sich zum einen hinsichtlich möglicher Geruchsbelästigungen und zum anderen bezüglich der Korrosion durch Schwefelsäure aus H_2S positiv auswirkt.

Von ‚Ondeo Nalco‘ wurde nach einer Übersicht über Geruchsbekämpfungsmaßnahmen der Geruchsbinder Nalco 8452 Plus inkl. Dosiereinheit vorgestellt; der Wirkeffekt des Präparates besteht im wesentlichen aus der Adsorption von Geruchsstoffen.

Einen weiteren Aspekt von Geruchsemissionen, welche auch schon von jedermann erfahren wurde ist der Bereich Gülle aus der Massentierhaltung. Insbesondere jahreszeitliche Beschränkungen bzw. unzureichende Ausbringungsflächen können im ländlichen Bereich zu massiven Geruchsproblemen führen. Zwei mögliche Abhilfemaßnahmen wurden vorgestellt: Zum einen das MAP-Verfahren der Fa. ‚Poll Umwelt- und Verfahrenstechnik‘, zum anderen eine Behandlung mittels Scheibentauchkörper, wie sie von Herrn Anders (ISWW) vorgestellt wurde. Hauptverursacher von Gerüchen aus der Gülle ist das Nitrat, welches - da wasserlöslich - auch hinsichtlich der Auswaschung ins Grundwasser Probleme bereitet.

Das MAP-Verfahren ist eine Fällreaktion, bei der ein schwerlösliches Magnesium-Ammonium-Phosphat ausgeschieden wird. Um die entsprechende Reaktion zu fördern wird über das Fällmittel ‚Pollfloc‘ fehlendes Magnesium und Phosphat zudosiert, so dass die entsprechend stöchiometrische Abscheidung von MAP stattfinden kann. Das Fällmittel kann anschliessend rezykliert oder das MAP in seiner Gesamtheit als hochwirksamer und -konzentrierter Dünger eingesetzt werden.

Einen anderen Weg verfolgt die Behandlung mit Scheibentauchkörpern. Hierbei wird das Ammonium nicht abgetrennt, sondern analog der Behandlung von Abwasser nitrifiziert und anschliessend

denitrifiziert, wobei dem Stickstoffüberschuss aus der Tierhaltung wirksam begegnet werden kann. Mit dieser Behandlung - bestehend aus mechanischer Stufe (Abscheidung von Feststoffen), biologischer (Stickstoffelimination) sowie optionaler chemischer Behandlung (Oxidation mittels Fentons-Reagenz) - läßt sich neben der Geruchsentfernung auch eine weitgehende CSB-Reduktion realisieren.

Den Abschluß der Vortragsreihe bildeten „Maßnahmen zur Minderung von Geruchsemissionen von Rechen- und Sandfanggut“. Die Fa. ‚Huber Maschinen und Anlagenbau‘ stellte hierzu ihre Hochdruckpresse mit Intensivwäsche samt Wirtschaftlichkeitsberechnung für eine Kläranlagen-größe von 25.000 EGW vor.

Traditionell begleitet wurde die Tagung durch eine Fachausstellung, wobei die teilnehmenden Firmen auch über das Feld der „blossen“ Geruchsmessung und -bekämpfung hinaus ihre Produkte und Konzepte im Bereich der Abwasserbehandlung anboten. Die Vortragspausen wurden für intensive und direkte Gespräche zwischen Anwendern und Herstellern genutzt.

4.2 Institutsseminar

Wintersemester 2000/2001

16. Februar 2001

Neue Wege in der Siedlungsentwässerung

(gemeinsame Veranstaltung der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) und des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft)

9:00 Begrüßung und Einführung

Bernd Haller (Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe)

Block 1: Traditionelle und modifizierte Systeme

9:15 Sind traditionelle Entwässerungssysteme noch zeitgemäß?

Hermann H. Hahn (Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Uni Karlsruhe)

10:00 Emissionen aus Misch- und Trennsystemen

Stephan Fuchs (Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Uni Karlsruhe)

11:15 Auswirkungen von Abkoppelungsmaßnahmen in der Stadtentwässerung

Friedhelm Sieker (Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, Dahlwitz-Hoppegarten)

12:00 Wasser erleben – Künstlerische Elemente in der Stadthydrologie

Jan Hilbert (Atelier Dreiseitl, Überlingen)

Block 2: Innovative Strategien und Visionen

14:00 Neue Entwässerungskonzepte – Warum?

Thomas Hillenbrand (Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe)

14:45 Waste Design und Maßnahmen an der Quelle führen zu mehr Flexibilität in der Abwasserreinigung
Tove Larsen (EAWAG, Dübendorf)

Block 3: Praktische Erfahrungen mit alternativen Konzepten

16:00 Erschließung des Freiburger Vauban-Quartiers
Jörg Lange (Freiburg)

16:45 Umsetzung neuer Entwässerungskonzepte am Beispiel der Ökologischen Wohnsiedlung Lübeck-Flintenbreite und der Lambertsühle (Burscheid)
Martin Oldenburg (Otterwasser GmbH, Lübeck)

Sommersemester 2001

20. Juli 2001

9:30 Schwermetall- und Nährstoffbilanzen im Neckareinzugsgebiet
Dipl.-Ing. Jan Butz

10:15 Stoffstromanalysen an kleineren und mittleren Flussgebieten am Beispiel des Kraichbachs
Dipl.-Biol. Antje Bechtel

11:15 Retentionsbodenfilter zur Mischwasserbehandlung - Betriebserfahrungen mit dem RBF Langenalb
Dipl.-Biol. Susanne Schnabel

12:00 Mit RNA und DNA die mikrobielle Biomasse und Aktivität in Bodenfiltern bestimmen
Dipl.-Biol. Martin Schwarz

13:45 Klärschlamm - Zum Verbrennen zu schade?
Versuche zur Leichtzuschlagherstellung
Dipl.-Ing. Johannes Kraus

14:30 Weitergehende Güllebehandlung mit Scheibentauchkörpern
Dipl.-Ing. Gereon Anders

4.3 Ehrendoktorwürde

Am 20. Juni 2001 verlieh die Technische Universität Dresden Prof. Hahn die Ehrendoktorwürde. Diese Auszeichnung erfolgte in Anerkennung „seiner herausragenden wissenschaftlichen Leistungen und seines großen Engagements bei der Erneuerung und Etablierung der Fachrichtung Wasserwesen an der TU Dresden nach der Wende“ wie Prof. Peter Werner - seines Zeichens Prodekan der Fakultät ‚Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften‘ - in seiner Laudatio betonte. Damit „darf“ sich Prof. Hahn neben seinem an der Harvard University erworbenen ‚Ph.D.‘ nun auch mit dem deutschen Dokortitel (Dr.-Ing. E.h.) schmücken.



Bild 4-1: Prof. Hahn bei der Verleihung der Ehrendoktorwürde durch den Präsidenten der TU Dresden Prof. Mehlhorn

5 Besuche/Vorträge von Gastwissenschaftlern

Dr. Anastasios I. **ZOUBOULIS**, Assoc. Professor of Chemical and Environmental Technology, Aristotle University, School of Chemistry, Dept. of Chemical Technology, Greece; Gastwissenschaftler vom 29.06. bis 04.07.2001 – Forschungskooperation ‚Bodenfilter‘.

Delegation des Projektes „Center for Environmental Technology Hunan (CETH)“, PR China am 23.05.2001

Herr **LIU** Keli, Vorsitzender des Universitätsrates , Universität Hunan

Prof. **ZHOU** Xuhong, Vizepräsident Universität Hunan

Herr **JIANG**, Ruzhen, Vizedirektor, Provinzregierung Hunan

Herr **WANG** Nasheng, Vizedirektor der Provinz Hunan, Abteilung Wissenschaft und Technologie

Prof. **LI** Caiting, Stellvertretender Dekan, Fakultät Umweltwissenschaften und Umweltingenieurwesen, Leiter Bereich Abluftbehandlung (CETH)

Prof. **YUAN** Xingzhon, Leiter des Bereiches Abfallbehandlung (CETH)

Prof. **LI** Xiaoming, Leiter des Bereiches Abwasserbehandlung (CETH).

Dr. Avner **ADIN**, The Hebrew University of Jerusalem, Division of Environmental Sciences, Israel.

6 Mitgliedschaften in Fachausschüssen, Gremien und Verbänden

Fuchs, S.

- ATV Arbeitsgruppe 2.1.1 "Weitergehende Anforderungen an Mischwasserentlastungen"
- Bodenfilterarbeitsgruppe des Landes Baden-Württemberg
- Deutsche Expertengruppe "Diffuse Quellen" UBA.

Hahn, H.H.

- Präsident der ATV-DVWK
- Vorsitzender des Beirates des Forschungszentrum Umwelt
- Vizepräsident des IFAT-Messebeirates München
- Mitglied im Werbeausschuß der Münchner Messegesellschaft für die IFAT
- Herausgeber des gwf im Verlag Oldenbourg
- Mitglied im Organisationskomitee der Internationalen Göteborg Symposien
- Vorstandsmitglied des Güteschutz Kanalbau
- Mitglied im Redaktionsbeirat der Korrespondenz Abwasser
- Mitglied im Umweltbeirat der Evangelischen Landeskirche in Baden
- Vorstandsmitglied Vereinigung deutscher Gewässerschutz

Hoffmann, E.

- ATV Nachbarschaftslehrer in Baden-Württemberg

7 Diplom-, Vertiefer- und Studienarbeiten

7.1 Diplomarbeiten

TUMA, Rafed: Literaturstudie über Fettfänge auf kommunalen Kläranlagen – Belastung, Bemessung, Reinigungsleistung und Betrieb, Betreuer Hoffmann, 27.02.2001.

TUTSCH, Friedemann: Anaerobic Biological Removal of Reactive Dyes – Batch Laboratory Experiments, Betreuer Hoffmann, 28.02.2001.

DAUL, Rüdiger: Biologische Kolmation von Bodenkörpern, Betreuer Schwarz, Vert. II, 06.04.01.

HARTENSTEIN, Ingo Daniel: Emissionsschätzung der dezentralen Abwasserentsorgung für Nährstoffe und Schwermetalle, Betreuer Butz, Vert. II, 09.04.01.

STEEGER-BALLBACH: Untersuchung einer Anlage zur Grauwasseraufbereitung im Rahmen eines Ökologischen Sanitärkonzeptes, Betreuer Fuchs, Vert. Geodät, 12.06.01.

BLATTMANN, Tanja: Optimierung einer Trinkwasseraufbereitungsanlage mit geschlossener Einsicht-Schnellfiltration zur Enteisung und Entmanganung; Betreuer Hoffmann/Fuchs, Vert. Geoökolog., 29.06.2001.

JOSWIG, Philipp: Lime Treatment of the UASBR Effluent for Fecal Coliform Removal, Betreuer Hahn, 21.06.01.

BLANK, Andreas: Untersuchungen zur Kultivierung und Bekämpfung fädiger Blähschlämme in einem SBR-Reaktor, Betreuer Kegebein, Vert. II, 26.07.01.

TROEGER, Kai: Das Bringsystem – Studie über Umfang und Umsetzbarkeit des Bringsystems für Trubstoffe aus der Weinproduktion in Theinland-Pfalz, Betreuer Müller/Hoffmann, Vert. II, 08.06.2001.

WINKLER, Ulrich: Betriebsoptimierung eines zur Biologischen Phosphorelimination betriebenen halbtechnischen Sequencing Batch Reactor mit eingebauten Festbetten, Betreuer Weber, Vert. II, 10.09.01.

SANIO, Dennis: Energieoptimierung in der Umwelttechnik – am Beispiel der Kläranlage Karlsruhe, Betreuer Klingel, Vert. II, 14.09.01.

HAUSER, Carsten A.: Stormwater Management for a Mumbai Suburb (India), Betreuer Hoffmann/Hahn, Vert. II, 01.10.01.

LITTY, Klaus: Evaluation of existing effluent treatment operations and processes of a molasses based distillery – an Indian Experience, Betreuer Hahn/Khare, Vert. III, 12.10.2001.

KNORPP, Kai: Charakterisierung des Sessilen und Suspendierten Schlamms einer Konventionellen Belebungsanlage mit Vorgesaltetem Sequencing Batch Biofilm Reaktor, Betreuer Weber, Vert. II, 17.12.2001.

BORIES, Christiane: Untersuchungen zur Beeinflussung der Absetzeigenschaften belebter Schlämme durch Zugabe aluminiumhaltiger Flockungsmittel, Betreuer Kegebein, 24.12.2001.

7.2 Vertieferarbeiten

TUMA, Rafed: Schwermetallbelastungen von Primär-, Sekundär- und Faulschlamm – Orientierende Untersuchungen zu den Möglichkeiten der Schadstoffentfrachtung, Betreuer Hoffmann Vert. II, 04.01.01.

GREIL, Michaela: Analysis and evaluation of the Chennai Water Supply, Betreuer Prof. Murthy/Hoffmann, Vert. II, 05.01.01.

HAUCK, Oliver: Becherglasuntersuchungen zur Minimierung der Geruchsemissionen der Trübwasser aus der Voreindickung der A-Stufe der Kläranlage Köln-Stammheim, Betreuer Hoffmann, Vert. III, 12.04.2001.

MATHIASCH, Andreas: Entwicklung und Erprobung eines Tests zur Prüfung von Fällungs- und Flockungsmitteln, Betreuer Hoffmann, 15.06.2001.

LITTY, Klaus: Auswirkungen von Klimastress auf die Kolmation und Reinigungsleistung von Bodenfiltern, Betreuer Fuchs/Schwarz, 22.06.2001.

KUHNIMHOF, Tobias: Prozessorientierte Erosionsmodellierung am Beispiel des Weiherbachgebietes, Betreuer Butz/Scherer, Vert. III, 23.11.2001.

8 Veröffentlichungen

- ANDERS, GEREON (2000):** Weitergehende Güllebehandlung unter Einsatz von Scheibentauchkörpern mit dem Ziel der Geruchsbekämpfung. In: Geruchsemissionen. Hahn, H.H.; Kraus, J. (Hrsg.). Schriftenreihe des ISWW der Universität Karlsruhe (TH), Bd. 105, S. 161-174. Institutsverlag-Siedlungswasserwirtschaft, Karlsruhe.
- BÖHM, E.; HILLENBRAND, T.; MARSCHIEDER-WEIDEMANN, F.; SCHEMP, CH.; FUCHS, S.; SCHERER, U. (2001):** Bilanzierung des Eintrags prioritärer Schwermetalle in Gewässer. Umweltbundesamt Berlin (Hrsg.). In: Texte, Nr. 29. Umweltbundesamt, Berlin.
- BUTZ, J.; FUCHS, S. (2001):** Material Flux Analysis as Part of River Basin Management Plans. In: Proceedings zur 5th International Conference DIFFUSE/NONPOINT POLLUTION AND WATERSHED MANAGEMENT, 10.-15. Juni 2001, Milwaukee, Wisconsin. CD-Rom.
- HAHN, Hermann H. (2001):** Stadtentwässerungsanlagen – Realität und Wunschdenken. In: Wassermanagement im 21. Jahrhundert., S. 205-211. Emscher Genossenschaft, Essen.
- HAHN, Hermann H. (2001):** Der Mittelstand ist oft flexibler. In: wwt, awt Wasserwirtschaft Wassertechnik, H. 3, S. 7.
- HAHN, Hermann H. (2001):** Das Für und Wider der landwirtschaftlichen Klärschlammnutzung. In: Verantwortungsbewusste Klärschlammverwertung, S. 203-218. TK Verlag Karl J. Thomé-Kozmiensky.
- HAHN, Hermann H. (2001):** Agricultural use of sewage sludge - A controversial issue. In: Sewage Sludge Disposal sustainable and/or reliable solutions. Kroiss, H. (Hrsg.). Wiener Mitteilungen, Wasser, Abwasser, Gewässer, Bd. 171, S. 11-20. Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Technische Universität Wien.
- HAHN, H.H.; KRAUS, J. (Hrsg., 2001):** Geruchsemissionen. Tagungsband der 15. Karlsruher Flockungstage. Schriftenreihe des ISWW der Universität Karlsruhe (TH), Bd. 105. Institutsverlag-Siedlungswasserwirtschaft, Karlsruhe.
- HOFFMANN, Erhard (2001):** Geruchsproblematik auf Kläranlagen. In: Geruchsemissionen. Hahn, H.; Kraus, J. (Hrsg.). Schriftenreihe des ISWW der Universität Karlsruhe (TH), Bd. 105, S. 71-75. Institutsverlag-Siedlungswasserwirtschaft, Karlsruhe.
- KEGEBEIN, J.; HOFFMANN, E.; HAHN, H.H. (2001):** Co-Transport und Co-Verwertung. Eine Alternative zur getrennten Bioabfallsammlung? In: GWF Wasser-Abwasser, 142. Jhrg., H. 6., S. 429-434.
- MIHOPULOS, J. HOFFMANN, E.; HAHN, H.H. (2001):** Pretreatment of Industrial Wastewater by Ammonia Stripping to optimise Heavy Metal Removal Efficiency – Modelling and Experimental Results, Poster Presentations B0238, Track 6, Wastewater Treatment. IWA 2nd World Water Congress „Efficient Water Management – Making It Happen“, Berlin 15.-19. October 2001.

- NAUDAUSCHER, IMKE (2001):** Kompostierung menschlicher Ausscheidungen durch Verwendung biologischer Trockentoiletten – mit besonderer Berücksichtigung des Kleingartenbereichs. Schriftenreihe des ISWW der Universität Karlsruhe (TH), Bd. 100. Institutsverlag-Siedlungswasserwirtschaft, Karlsruhe.
- SCHMID-SCHMIEDER, VOLKER (2001):** Vergleich der Leistungsfähigkeit von Biofilmverfahren bei Sanierungen bzw. Erweiterungen von kommunalen Kläranlagen. Schriftenreihe des ISWW der Universität Karlsruhe (TH), Bd. 104. Institutsverlag-Siedlungswasserwirtschaft, Karlsruhe.
- SCHNABEL, SUSANNE (2001):** Bestandsaufnahmen des Makrozoobenthos eines kleinen Bergbaches als Erfolgskontrolle nach Inbetriebnahme eines Retentionsbodenfilters zur weitergehenden Mischwasserbehandlung. In: DGL Tagungsbericht 2000, 18. bis 22. September 2000, Magdeburg, S. 293-297. Deutsche Gesellschaft für Limnologie, Tutzing.
- SCHNABEL, S.; FUCHS, S. (2001):** Betriebserfahrungen mit dem Retentionsbodenfilter Langenalb. In: ATV-DVWK Bundes- und Landesverbandstagung, 27.-28. September 2001, Freiburg im Breisgau. ATV-DVWK Landesverband Baden-Württemberg, Stuttgart (Hrsg.). S. 204-216. Kohlhammer Verlag, Stuttgart.
- SCHWARZ, M.; FUCHS, S.; HAHN, H.H. (2001):** Direct extraction of tRNA, rRNA and DNA by HPLC from soil filters to quantify microbial biomass and activity. Kurzfassung KSA16, S. 37. BIOSpektrum Sonderausgabe anlässlich der VAAM-Jahrestagung 2001 in Oldenburg. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- WITTLAND, Clemens (2001):** Angepasste Verfahren zur Industrieabwasserreinigung. – Modell zur Verfahrensauswahl. Schriftenreihe des ISWW der Universität Karlsruhe (TH), Bd. 102. Institutsverlag-Siedlungswasserwirtschaft, Karlsruhe.
- WITTMAYER, M.; WITTE, K. SIEWEK, L.; WÜRDEMANN, H. (2001):** Perspektiven der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung für die dezentrale Entsorgung von Siedlungsabfällen. In: 4. Dialog „Abfallwirtschaft M-V“, S. 29-40. Institut für Landschaftsbau und Abfallwirtschaft, Fachbereich Landeskultur und Umweltschutz, Universität Rostock.

9 Schriftenreihe

- [1] **KARPE, H.-J.:** Zur Wirtschaftlichkeit bei der Planung von Fernwasserversorgungen. Karlsruhe 1969 (Eigenverlag des Verfassers).
- [2] **PÖPEL, J.:** Schwankungen von Kläranlagenabläufen und ihre Folgen für Grenzwerte und Gewässerschutz. GWF, Schriftenreihe Wasser – Abwasser, 16. Oldenbourg Verlag München 1971.
- [3] **MEIER, P. M.:** Möglichkeiten zur technischen und wirtschaftlichen Optimierung von Zweckverbänden. Wasser und Abwasser in Forschung und Praxis, Bd. 4. Erich Schmidt Verlag, Bielefeld 1972.
- [4] **ABENDT, R.; AHRENS; W.; CEMBROWICZ, R. G.; HAHN, H. H.; KNOBLAUCH, A.; ORTH, H.:** Operations Research und seine Anwendung in der Siedlungswasserwirtschaft I. Wasser und Abwasser in Forschung und Praxis, Bd. 5. Erich Schmidt Verlag, Bielefeld 1972.
- [5] **NOLL, K.:** Untersuchungen zur Grundwasserentnahme aus den pleistozänen Sedimenten des Rheintalgrabens im Rhein-Neckar-Raum. Karlsruhe 1972 (Eigenverlag des Verfassers).
- [6] **NEIS, U.:** Experimentelle Bestimmung der Stabilität anorganischer Schwebstoffe in natürlichen Gewässern. Karlsruhe 1974 (Eigenverlag des Verfassers).
- [7] **AHRENS, W.:** Optimierungsverfahren zur Lösung nichtlinearer Investitionsprobleme – angewandt auf das Problem der Planung regionaler Abwasserentsorgungssysteme. Quantitative Methoden der Unternehmensplanung, Bd. 4. Verlag Meisenheim/Glahn 1975.
- [8] **ORTH, H.:** Verfahren zur Planung kostenminimaler regionaler Abwasserentsorgungssysteme. Wasser und Abwasser in Forschung und Praxis, Bd. 9. Erich Schmidt Verlag, Bielefeld 1975.
- [9] **MOSEBACH, K. G.:** Phosphatrücklösung bei der Ausfällung von Simultanschlamm. Wasser und Abwasser in Forschung und Praxis, Bd. 11. Erich Schmidt Verlag, Bielefeld 1975.
- [10] **AHRENS, W.; CEMBROWICZ, R. G.; DEHNERT, G.; HEISS, H.-J.; HAHN, H. H.; HENSELEIT, H. J.; ORTH, H.; SENG, H. J.:** Operations Research und seine Anwendung in der Siedlungswasserwirtschaft II. Wasser und Abwasser in Forschung und Praxis, Bd. 12. Erich Schmidt Verlag, Bielefeld 1976.
- [11] **DEHNERT, G.:** Regionale Planung der Standorte für Abwasserbehandlungsanlagen mit Hilfe graphentheoretischer Algorithmen. Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Bd. 1. Erich Schmidt Verlag, Bielefeld 1976.
- [12] **HAHN, H. H. (Hrsg.):** Umweltschutz im Bereich des Wasserbaus. Wasser und Abwasser in Forschung und Praxis, Bd. 14. Erich Schmidt Verlag, Bielefeld 1976.
- [13] **JØRGENSEN, S. E.:** Reinigung häuslicher Abwässer durch Kombination eines chemischen Fällungs- und Ionenaustauschverfahrens. Karlsruhe 1976 (Eigenverlag des Verfassers).

- [14] **RUF, J.:** Gewässergütesimulation unter Berücksichtigung meteorologischer Einflüsse. Prognostisches Modell Neckar, Bericht 16. Dornier System. Friedrichshafen 1977.
- [15] **AHRENS, W.; DEHNERT, G.; DURST, F.; GERBER, J.; HAHN, H. H.; PAESSENS, H.; WEUTHEN, H. K.:** Tourenplanung bei der Abfallbeseitigung. Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Bd. 3. Erich Schmidt Verlag, Bielefeld 1977.
- [16] **KLUTE, R.:** Adsorption von Polymeren an Silikaoberflächen bei unterschiedlichen Strömungsbedingungen. Karlsruhe 1977 (Eigenverlag des Verfassers).
- [17] **KNOBLAUCH, A.:** Mathematische Simulation des Phosphorkreislaufs in einem gestauten Gewässer. GWF, Schriftenreihe Wasser – Abwasser, Bd. 17. Oldenbourg Verlag, München 1978.
- [18] **ABENDT, R.:** Aussagefähigkeit von Sauerstoffhaushaltsrechnungen. Hochschulsammlung Ingenieurwissenschaft, Wasserwirtschaft, Bd. 1. Hochschulverlag, Stuttgart 1978.
- [19] **SENG, H. J.:** Systematische Beurteilung der Umweltverträglichkeit bei Abfalldeponiestandorten. Hochschulsammlung Ingenieurwissenschaft, Abfallwirtschaft, Bd. 2. Hochschulverlag, Stuttgart 1979.
- [20] **INSTITUT FÜR SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT:** Fortschritte bei der Anwendung von Flockungsverfahren in der Abwassertechnologie. 2. Verfahrenstechnisches Seminar. Karlsruhe 1979 (Eigenverlag des Instituts, vergriffen).
- [21] **HAHN, H. H. (Hrsg.):** Von der Abfallbeseitigung zur Abfallwirtschaft, Fachkolloquium zu Ehren von Prof. Dr.-Ing. Hans Straub, Karlsruhe 1980 (Eigenverlag des Instituts, vergriffen).
- [22] **INSTITUT FÜR SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT:** Planung und Organisation von Einzelkläranlagen und Gruppenkläranlagen, 6. Planungstechnisches Seminar. Karlsruhe 1980 (Eigenverlag des Instituts).
- [23] **KÄSER, F.:** Transport suspendierter Feststoffe in Fließgewässern. Karlsruhe 1981 (Eigenverlag des Instituts, vergriffen).
- [24] **EPPLER, B.:** Aggregation von Mikroorganismen. Karlsruhe 1981 (Eigenverlag des Instituts, vergriffen).
- [25] **INSTITUT FÜR SIEDLUNGSWASSERWIRTSCHAFT:** Fortschritte bei der Anwendung des Flotationsverfahrens in der kommunalen Abwasserreinigung, 3. Verfahrenstechnisches Seminar. Karlsruhe 1981 (Eigenverlag des Instituts).
- [26] **PAESSENS, H.:** Tourenplanung bei der regionalen Hausmüllentsorgung. Karlsruhe 1981 (Eigenverlag des Instituts).
- [27] **KIEFHABER, K. P.:** Versuchsanlagen zur Entspannungsflotation von Abwasser – Vergleich von Versuchsergebnissen. Karlsruhe 1982 (Eigenverlag des Instituts, vergriffen).
- [28] **HAHN, H. H.; SENG, H. J. (Hrsg.):** Wirtschaftlichkeit in der Abfallwirtschaft. Karlsruhe 1982 (Eigenverlag des Instituts).
- [29] **HAHN, H. H.; PAESSENS, H. (Hrsg.):** Tourenplanung in der Abfallwirtschaft II. Karlsruhe 1982 (Eigenverlag des Instituts).

- [30] **DICKGIESSER, G.:** Betriebssichere und wirtschaftliche Klärschlamm Entsorgung. Karlsruhe 1982 (Eigenverlag des Instituts, vergriffen).
- [31] **HAHN, H. H. (Hrsg.):** Wasserversorgung und Abwasserbehandlung in Entwicklungsländern. Karlsruhe 1982 (Eigenverlag des Instituts).
- [32] **HAHN, H. H. (Hrsg.):** Schlämme aus der Abwasserfällung/-flockung. Karlsruhe 1983 (Eigenverlag des Instituts).
- [33] **v. FALKENHAUSEN, K.:** Planung eines Entsorgungssystems für die Klärschlammbehandlung. Karlsruhe 1983 (Eigenverlag des Instituts).
- [34] **HEISS, H.-J.:** Stabilität kostenminimaler Lösungen bei der Planung von Abwasserentsorgungssystemen. Karlsruhe 1983 (Eigenverlag des Instituts).
- [35] **HAHN, H. H. (Hrsg.):** Planung im Gewässerschutz unter besonderer Berücksichtigung von Flußgebietsmodellen. Karlsruhe 1984 (Eigenverlag des Instituts, vergriffen).
- [36] **BANTZ, I.:** Ein Rechenverfahren zur Darstellung der Auswirkungen von Stoßbelastungen auf die Qualität von Fließgewässern. Karlsruhe 1985 (Eigenverlag des Instituts, vergriffen).
- [37] **LÖHR, J.:** Einfluß der Tiefendurchmischung auf die Entwicklung von Phytoplankton – dargestellt am Beispiel des Maines. Karlsruhe 1984 (Eigenverlag des Instituts).
- [38] **TROUBOUNIS, G.:** Strukturorientierte Simulation des Kohlenstoff-, Stickstoff-, Phosphor- und Sauerstoffhaushaltes flacher Gewässer. Karlsruhe 1985 (Eigenverlag des Instituts, vergriffen).
- [39] **DITTRICH, A.:** Transport und Sedimentation organischer Stoffe in Abwasserteichen. Karlsruhe 1985 (Eigenverlag des Instituts, vergriffen).
- [40] **GROHMANN, A.; HAHN, H.H.; KLUTE, R. (Hrsg.):** Chemical Water and Wastewater Treatment. Practical Experience and New Concepts. Proceedings from the 1st Gothenburg Symposium, 1984. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 1985 (vergriffen).
- [41] **HAHN, H.H.; NEIS, U. (Hrsg.):** Belastungsschwankungen auf Kläranlagen: Auswirkungen und Möglichkeiten zur Reduktion, insbesondere durch Chemikalieneinsatz. Karlsruhe 1985 (Eigenverlag des Instituts).
- [42] **SCHMITT, T.G.:** Der instationäre Kanalabfluß in der Schmutzfrachtmodellierung. Karlsruhe 1985 (Eigenverlag des Instituts, 2. Auflage).
- [43] **IOSSIFIDIS, V.:** Die Rolle der Ablagerungen bei der Schmutzfrachtberechnung in Kanalisationsnetzen. Karlsruhe 1985 (Eigenverlag des Instituts, 2. Auflage).
- [44] **SCHMITT, T.G.; HAHN, H.H. (Hrsg.):** Schmutzfrachtberechnung für Kanalisationsnetze. Karlsruhe 1986 (Eigenverlag des Instituts, 2. Auflage).
- [45] **DÖLL, B.:** Die Kompensation der Oberflächenladung kolloidaler Silika-Suspensionen durch die Adsorption kationischer Polymere in turbulent durchströmten Rohrreaktoren. Karlsruhe 1986 (Eigenverlag des Instituts).
- [46] **MERTSCH, V.:** Sedimentation, Eindickung und Entwässerung von Fällungs-/ Flockungsschlamm. Karlsruhe 1987 (Eigenverlag des Instituts, vergriffen).

- [47] **KORDES, B.:** Berechnung der Energiebilanz von Kläranlagen unter Berücksichtigung zeitlicher Schwankungen. Karlsruhe 1987 (Eigenverlag des Instituts, vergriffen).
- [48] **GEPPERT, B.:** Tourenplanung bei der innerstädtischen Hausmüllentsorgung. Karlsruhe 1987 (Eigenverlag des Instituts).
- [49] **GUTEKUNST, B.:** Sielhautuntersuchungen zur Einkreisung schwermetallhaltiger Einleitungen. Karlsruhe 1988 (Eigenverlag des Instituts).
- [50] **HAHN, H.H.; KLUTE, R.; BALMER, P. (Hrsg.):** Recycling in Chemical Water and Wastewater Treatment. Proceedings from the 2nd international Gothenburg Symposium. Karlsruhe 1986 (Eigenverlag des Instituts).
- [51] **HAHN, H.H.; LEE, C.M. (Hrsg.):** Abwasserreinigung in Entwicklungsländern mit besonderer Berücksichtigung der Industrie. Karlsruhe 1987 (Eigenverlag des Instituts).
- [52] **HOFFMANN, E.:** Strömungsstrukturen in Flockungsreaktoren (in Vorbereitung).
- [53] **HAHN, H.H.; PFEIFER, R. (Hrsg.):** Fällung/Flockung - Erfahrungen aus Labor und Praxis. Karlsruhe 1990 (Eigenverlag des Instituts).
- [54] **KRÜGER, E.M.:** Stabilität mineralischer Basisabdichtungen von Hausmülldeponien bezüglich des Ausbreitungsverhaltens anorganischer Schadstoffe. Karlsruhe 1989 (Eigenverlag des Instituts).
- [55] **SISKOS, D.:** Kläranlagenauslegung für stehende Vorfluter. Karlsruhe 1989 (Eigenverlag des Instituts).
- [56] **HOU, R.:** Kontrollstrategien für Fällung und Flockung auf Kläranlagen mit einem Vorhersagemodell der Zu- und Ablauffracht. Karlsruhe 1990 (Eigenverlag des Instituts).
- [57] **XANTHOPOULOS, C.:** Methode für die Entwicklung von Modellregenspektren für die Schmutzfrachtberechnung. Karlsruhe 1990 (Eigenverlag des Instituts).
- [58] **HAHN, H.H.; XANTHOPOULOS, C. (Hrsg.):** Schadstoffe im Regenabfluß aus städtischen Gebieten - Präsentation eines BMFT - Verbundprojektes. Karlsruhe 1990 (Eigenverlag des Instituts, vergriffen).
- [59] **LEE, C.-M.:** Tone zur physikalisch-chemischen Abwasserreinigung. Karlsruhe 1990 (Eigenverlag des Instituts).
- [60] **HARTMANN, K.-H.:** Anaerobe Behandlung von Sickerwässern aus Hausmülldeponien. Karlsruhe 1991 (Eigenverlag des Instituts).
- [61] **HAHN, H.H.; PFEIFER, R. (Hrsg.):** Vor-, Simultan- oder Nachfällung? - Entscheidungskriterien für Planung, Entwurf und Betrieb. Karlsruhe 1991 (Eigenverlag des Instituts).
- [62] **LEONHARD, D.:** Eindickung und Entwässerung als Konsolidierungsvorgang. Karlsruhe 1992 (Eigenverlag des Instituts).
- [63] **WEISSER, M.:** Untersuchungen zur Belastung kommunaler Klärschlämme durch organische Schadstoffe - Abschlußbericht zum BMFT-Forschungsvorhaben 02 WS 464/8. Karlsruhe 1992 (Eigenverlag des Instituts).

- [64] **HAHN, H.H.; XANTHOPOULOS, C. (Hrsg.):** Schadstoffe im Regenabfluß II. Präsentation des BMFT-Verbundprojektes. Karlsruhe 1992 (Eigenverlag des Instituts, 2. Auflage).
- [65] **HAHN, H.H.; PFEIFER, R. (Hrsg.):** Sanierung von Kläranlagen. Karlsruhe 1992 (Eigenverlag des Instituts).
- [66] **DÜRETH-JONECK, S.:** Entwicklung eines naturnahen, praxisorientierten Mobilitätstests für Schwermetalle und Arsen in kontaminierten Böden. Karlsruhe 1993 (Eigenverlag des Instituts).
- [67] **HAHN, H.H.; TRAUTH, R. (Hrsg.):** Fällungs-/Flockungschemikalien. Anforderungen, Angebot, Auswahl und Qualität. Karlsruhe 1993 (Eigenverlag des Instituts, vergriffen).
- [68] **HAHN, H.H.; TRAUTH, R. (Hrsg.):** Wechselwirkungen der biologischen und chemischen Phosphorelimination. Tagungsband zu den 7. Karlsruher Flockungstagen, Karlsruhe 1993 (Eigenverlag des Instituts).
- [69] **LANGER, S.J.:** Struktur und Entwässerungsverhalten polymergeflockter Klärschlämme. Karlsruhe 1994 (Eigenverlag des Instituts).
- [70] **MÜLLER, N.:** Gewässergütemodellierung von Fließgewässern unter Berücksichtigung qualitativer, quantitativer, flächenhafter und sozioökonomischer Informationen. Karlsruhe 1994 (Eigenverlag des Instituts).
- [71] **HAHN; H.H.; TRAUTH, R. (Hrsg.):** Klärschlamm - Ressource oder kostenintensiver Abfall? Tagungsband zu den 8. Karlsruher Flockungstagen, Karlsruhe 1994 (Eigenverlag des Instituts).
- [72] **MIHOPULOS, J.:** Wechselwirkung Flockenbildung - Flockenabtrennung unter Berücksichtigung der Durchströmungsmuster in Sedimentations- und Flotationsbecken. München 1995 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).
- [73] **XANTHOPOULOS, C.; HAHN, H.H. (Hrsg.):** Schadstoffe im Regenwasser III. München 1995 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).
- [74] **HAHN, H.H.; TRAUTH, R. (Hrsg.):** Wirtschaftlichkeitsfragen in der Abwasserreinigung. Tagungsband zu den 9. Karlsruher Flockungstagen, München 1995 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg, vergriffen).
- [75] **SCHMID, KARL:** Tensidunterstützte und biologische Sanierung der Feinkornfraktion aus der Bodenwäsche bei kohlenwasserstoffhaltigen Altlasten. München 1996 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).
- [76] **HÖLZER, DIRK:** EDV-gestützte Planung von Belebtschlammanlagen unter besonderer Berücksichtigung betrieblicher Aspekte, München 1996 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).
- [77] **HARITOPOULOU, T.:** Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe und Schwermetalle in urbanen Entwässerungssystemen- Aufkommen, Transport und Verbleib. München 1996 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).

- [78] **HAHN, H.H.; TRAUTH, R. (Hrsg.):** Wechselwirkung zwischen Einzugsgebiet und Kläranlage. Tagungsband zu den 10. Karlsruher Flockungstagen, München 1996 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).
- [79] **FUCHS, S.:** Wasserwirtschaftliche Konzepte und ihre Bedeutung für die Ökologie kleiner Fließgewässer - Aufgezeigt am Beispiel der Mischwasserbehandlung. München 1997 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).
- [80] **BEUDERT, G.:** Gewässerbelastung und Stoffaustrag von befestigten Flächen in einem kleinen ländlichen Einzugsgebiet. München 1997 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).
- [81] **WITT, P.CH.:** Untersuchungen und Modellierungen der biologischen Phosphat-elimination in Kläranlagen. München 1997 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).
- [82] **PSCHERA, S.:** Abwasserbehandlung mit Ozon: Klassifizierung von Abwasser zur optimierten Verfahrensgestaltung in der Kreislaufwirtschaft. München 1997 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).
- [83] **TRAUTH, R.:** Lokalisierung von Grundwasserschadstoffquellen in urbanen Räumen München 1998 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).
- [84] **JAKOBS, J.:** Quantifizierung der Wirkung von Kanalnetzbewirtschaftungsmaßnahmen mit Hilfe des detailliert hydrodynamischen Schmutzfrachtmodells HAuSS. München 1998 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).
- [85] **XANTHOPOULOS, C.:** Stoffströme in der Urbanhydrologie Teil 1 - Oberfläche. München 1998 (Oldenbourg-Verlag).
- [86] **SCHMITT, T.G.:** Stoffströme in der Urbanhydrologie Teil 2 -Kanalisation. München 1997 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).
- [87] **SEYFRIED, C.F.:** Stoffströme in der Urbanhydrologie Teil 3 - Kläranlage. München 1998 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).
- [88] **HAHN, H.H., SCHÄFER, M. (Hrsg.):** Stoffströme in der Urbanhydrologie Teil 4 - Emission/Immission. München 1998 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).
- [89] **HAHN, H.H., WILHELMI, M.:** Abwasserreinigung - Reststoffproblem oder Sekundärrohstoffquelle. Tagungsband zu den 11. Karlsruher Flockungstagen, München 1997 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).
- [90] **SCHULZ, S.:** Der Kanal als Reaktor: Neubildung von AOX durch Wirkstoffe in Reinigungsmitteln. München 1998 (Oldenbourg Verlag).
- [91] **WOLTER, C.:** Steuer- und Regelkonzepte der Vorklärung unter Einbeziehung der Vorfällung/Flockung und Schlamhydrolyse. München 1998 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).
- [92] **PFEIFER, R.:** Schmutzstoffrückhalt durch chemisch-physikalische Regenwasserbehandlung im Trennsystem. München 1998 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).
- [93] **LIN, L.Q.:** Entstabilisierung und Aggregation von Silika und Huminsäure mit Aluminiumsalzen in turbulenten Rohrströmungen. München 1998 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).

- [94] **HAHN, H.H., WILHELMI, M. (Hrsg.):** Abwasserfällung und Flockung. Tagungsband zu den 12. Karlsruher Flockungstagen, München 1998 (Kommissionsverlag R. Oldenbourg).
- [95] **HUPPERT, N.:** Elimination von Ibuprofen und NBBS in kommunalen Kläranlagen analysiert mittels Festphasenmikroextraktion. München 1999 (Oldenbourg Verlag).
- [96] **FUCHS, S.; HAHN, H.H. (Hrsg., 1999):** Schadstoffe im Regenabfluß IV. Abschlußpräsentation des BMBF-Verbundprojektes NIEDERSCHLAG. München 1999 (Oldenbourg Verlag).
- [97] **SCHÄFER, Markus:** Regionalisierte Stoffstrombilanzen in städtischen Einzugsgebieten – Möglichkeiten, Probleme und Schlußfolgerungen. Universität Karlsruhe – Institutsverlag Siedlungswasserwirtschaft 1999.
- [98] **HAHN, H.H.; KRAUS, J. (Hrsg.):** Technologische Aspekte der Wasser-, Abwasser- und Schlammbehandlung. Tagungsband zu den 13. Karlsruher Flockungstagen, Universität Karlsruhe – Institutsverlag Siedlungswasserwirtschaft 1999.
- [99] **KISHI, R.T.:** Einzugsgebietseigenschaften und Fließgewässergüte (Modellierung stofflicher Parameter mit Hilfe raumbezogener Daten). Karlsruhe 2000 (Universität Karlsruhe – Institutsverlag Siedlungswasserwirtschaft).
- [100] **ANTUSCH, E.:** Lokalisierung organischer Abwasserkanäle durch Sielhautuntersuchungen. Karlsruhe 1999 (Universität Karlsruhe – Institutsverlag Siedlungswasserwirtschaft).
- [101] **AMU, V.E.:** Use of Intelligent Pigging for Minimisation of Oil Spills and for Extension of Economic Lifetime of Oil Pipelines in Ecologically Sensitive Areas. Karlsruhe 2000 (Universität Karlsruhe – Institutsverlag Siedlungswasserwirtschaft).
- [102] **WITTLAND, C.:** Angepasste Verfahren zur Industrieabwasserreinigung - Modell zur Verfahrensauswahl. Karlsruhe 2000 (Universität Karlsruhe – Institutsverlag Siedlungswasserwirtschaft).
- [103] **HAHN, H.H.; KRAUS, J. (Hrsg.):** Projektmanagement, Maschinentechnik und gesetzliche Vorgaben. Tagungsband zu den 14. Karlsruher Flockungstagen, Karlsruhe 2000 (Universität Karlsruhe – Institutsverlag Siedlungswasserwirtschaft).
- [104] **SCHMID-SCHMIEDER, V.:** Vergleich der Leistungsfähigkeit von Biofilmverfahren bei Sanierungen bzw. Erweiterungen von kommunalen Kläranlagen. Karlsruhe 2000 (Universität Karlsruhe – Institutsverlag Siedlungswasserwirtschaft).
- [105] **HAHN, H.H.; KRAUS, J. (Hrsg.):** Geruchsemissionen. Tagungsband zu den 15. Karlsruher Flockungstagen, Karlsruhe 2000 (Universität Karlsruhe – Institutsverlag Siedlungswasserwirtschaft).

Bände erhältlich bei:

Institut für Siedlungswasserwirtschaft

Forschungszentrum Umwelt der Universität Karlsruhe (TH)

Adenauerring 20
D-76128 Karlsruhe
Sigrid Welker – Bibliothek
Abteilung Schriftenreihe
Tel.: 0721/608-4114
Fax: 0721/608-6372
email: sigrid.welker@bau-verm.uni-karlsruhe.de