



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

33. Jahresbericht

2000

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

März 2001

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

Inhaltsverzeichnis

1	Das Institut	5
1.1	Anschrift.....	5
1.2	Institutsleitung.....	5
1.3	Mitarbeiter.....	5
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.....	8
1.5.6	Metall- und Kunststoff- Modellbauwerkstatt.....	8
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.....	11
3	Forschungstätigkeiten	12
3.1	Quantifizierung der saisonalen, naturräumlichen und lokalen Abhängigkeit der Fremdwasserzuflüsse in Mischwasserkanalisationen	13
3.2	Energiebilanz zur grobkeramischen Verwertung von Klärschlämmen.....	13
3.3	Einsatz von Retentionsbodenfiltern zur Mischwasserbehandlung - Projekt Langenalb (Nordschwarzwald) -	15
3.4	„Dynamik von Sickerwasserabfluß und Stofftransport in mineralischen Bodenkörpern unter spezieller Berücksichtigung der mikrobiellen Biomasse“ (Arbeitstitel)	17
3.5	Stoffstromanalysen für kleinere und mittlere Flußgebiete als Grundlage für die Planung und Umsetzung von Gewässerschutzmaßnahmen.....	18
3.6	Bilanzierung des Eintrages prioritärer Schwermetalle in die Flussgebiete Deutschlands	20
3.7	Projekt ABIRER - Energetische Nutzung organischer Reststoffe und Abwässer zur Aktivkühlung von Most und Wein	22
3.8	Der Einsatz von Scheibentauchkörpern zur Güllebehandlung mit dem Ziel der weiter gehenden Nährstoffreduktion.....	24
3.9	Neue Konzepte zur Bioabfallverwertung: Co-Transport und Co-Verwertung	25

3.10 Phosphate Recovery from Wastewater – Precipitation Conditions	26
3.11 Herstellung von anorganischen Polymeren und Flockungsprozesse mit anorganischen Polymeren.....	27
4 Institutsveranstaltungen.....	28
4.1 14. Karlsruher Flockungstage	28
4.2 Institutsseminar	31
4.3 Jubiläen	32
5 Das Bootspraktikum auf der „NAVICULA“	34
6 Besuche/Vorträge von Gastwissenschaftlern	35
7 Mitgliedschaften in Fachausschüssen, Gremien und Verbänden	35
8 Dissertationen 2000.....	36
9 Diplom-, Vertiefer- und Studienarbeiten.....	36
9.1 Diplomarbeiten.....	36
9.2 Vertieferarbeiten	37
10 Veröffentlichungen	39
11 Schriftenreihe	41

Vorwort

Wenn man sich diesen Jahresbericht vor Augen führt und ihn vergleicht mit denen vorangehender Jahre, so mag sehr wohl der Eindruck entstehen, es sei „eines der üblichen“ Jahre - ein Routinejahr. Gibt es denn so etwas überhaupt? Wenn ja, dann war dieses Jahr 2000 eines, das sich durch keine besonderen Ereignisse dramatischer Art ausgezeichnet hat, das dafür aber genügend Raum ließ, um neue Entwicklungen einzuleiten. So hat z.B. das Institut auf der – zum ersten Mal in diesem Jahr in Karlsruhe statt findenden – Jahrestagung der ATV-DVWK e.V. zwei Beiträge technisch-wissenschaftlicher Art platzieren können. Und ebenso hat das Institut zum ersten Mal versucht, die sehr erfolgreichen und mit dem Namen des Institutes eng verknüpften Flockungstage nicht in Karlsruhe, sondern in Münster in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Münster durchzuführen. Im ersten Fall war der Versuch ein sehr erfolgreicher, im zweiten Fall einer, dessen Ausgang man mit gemischter Gefühlen zu betrachten hat.

Blickt man in die Zukunft, so ist, einerseits durch eine geringere Auslastung der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen und andererseits durch die Wünsche des Ministeriums zur Vergrößerung einzelner Fakultäten, die Zugehörigkeit des Institutes zur Bauingenieur-Fakultät in Frage gestellt gewesen. Das Rektorat hätte es gerne gesehen, wenn das Institut die Chemieingenieur-Fakultät verstärkt hätte. Aus Kapazitätsgründen hat sich nahezu logisch angeboten zu überlegen, ob das Institut nicht im Bereich der Wirtschaftswissenschaften neu Fuß fassen könnte. Schlussendlich ist aber nach langer Diskussion, vor allen Dingen auch vor dem Hintergrund fachlicher Entwicklungen, die die umweltverfahrenstechnischen Entwicklungen als weitgehend abgeschlossen erscheinen lassen könnten, die der Ausfüllung und Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRR) umgekehrt große Bedeutung beimessen, der Verbleib des Institutes in der Bauingenieur-Fakultät, vor allen Dingen auch im Zusammenhang mit den dort nun verstärkt geförderten geo-ökologischen Arbeiten.

Auch im Hinblick auf die Forschung im engeren Sinn zeichnet sich ab, dass in Zukunft mehr und mehr Aufwand in das interdisziplinäre und überfachliche Konzipieren von Forschungsaufträgen investiert werden muss, ohne dass damit von Anfang an eine Erfolgsgarantie, d.h. eine Finanzierung solcher Forschungsvorhaben gewährleistet ist. Als Chemiker würde man festzustellen haben, dass die Aktivierungsenergie für einen solchen Forschungsantrag heute überproportional groß geworden ist, zum einen weil zunächst das Gespräch zwischen unterschiedlichsten Disziplinen in Gang gebracht werden muss, dann aber auch, weil dabei Forschungsagglomerate entstehen, die zu heterogen und nicht mehr koordinierbar erscheinen. So hat das Institut an mehreren solchen Übungen z.T. auch federführend teilgenommen, viel dabei gelernt, allerdings wenig an materiellen Mitteln dazu gewonnen.

Wie immer bleibt am Schluss die vornehmste und schönste Aufgabe des Institutsleiters, allen Institutsangehörigen zu danken, zu danken für das immer größer werdende Engagement, das noch immer die stetig abnehmenden materiellen Ressourcen zu kompensieren vermag. Wie lang dies noch so sein wird, ist offen.

Im März 2001

gez.: 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 Hermann H. Hahn, Ph.D.

1.3 Mitarbeiter¹

Wissenschaftliche Assistenten	Labormitarbeiter	Werkstatt
<ul style="list-style-type: none"> • Dr. Fuchs, Stephan • Hoffmann, Erhard 	<ul style="list-style-type: none"> • Brandt, Andreas • Daubenberger, Stefan • Knäb, Birgit* • Rapp, Nadine • Schwertner, Emanoil • Schön, Bernd-Uwe 	<ul style="list-style-type: none"> • Gomulski, Klaus • Derzapf, Josef • Neusatz, Claudiu • Schuler, Torsten • Seib, Andrej
Wissenschaftliche Mitarbeiter		Sekretariat
<ul style="list-style-type: none"> • Butz, Jan • Holz, Axel* • Kegebein, Jörg • Kraus, Johannes • Lucas, Steffen • Roddewig, Jochen* • Scherer, Ulrike • Schnabel, Susanne • Song, Yonghui • Wilhelmi, Marcella • Zhang, Panyue 	<ul style="list-style-type: none"> • Heiss, Gudrun* • Nollert, Christiana • Laube, Ursula 	
	Zivildienstleistende	Technische Abteilung
	<ul style="list-style-type: none"> • Baureis, David • Förderer, Alex • Nowack, Alexander* 	<ul style="list-style-type: none"> • Welker, Sigrid
	Doktoranden	
	<ul style="list-style-type: none"> • Amu, Vincent* • Anders, Gereon • Dobelmann, Jan Kai • Fittschen, Imke* 	<ul style="list-style-type: none"> • Kishi, Regina* • Klingel, Matthias • Schwarz, Martin

* Nicht im gesamten Zeitraum 2000 am ISWW

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



Bild 1-1: Die Mitarbeiter des ISWW (Sommer 99)

(von links nach rechts)

- 1. Reihe:** A. Brandt, M. Schwarz, H. Hahn, H. Weißer, J. Kraus, I. Fittschen, M. Göring
- 2. Reihe:** C. Ince, B. Schön, U. Scherer, G. Heiss, E. Schwertner, S. Welker, S. Schnabel, R. Kishi, V. Amu, E. Hoffmann, J. Butz
- 3. Reihe:** J. Kegebein, S. Fuchs, U. Laube, S. Lucas, M. Wilhelm, F. Pfeifer, C. Neusatz, T. Schuler

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-Analysengerät
- 2 AOX-Analysengeräte
- 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 elektroforetischen 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)
- 1 A0 Farbplotter: HP DesignJet 650C (20 MB, PostScript, vernetzt)
- Mehrere Laser- und Tintenstrahldrucker, von denen die folgende von jedem Arbeitsplatz ansprechbar sind:
 - Kyocera FS-1750 mit Duplexeinheit
 - HP LaserJet 4M Plus (14 MB, PostScript) mit Duplexeinrichtung
 - HP DesignJet 1600CM (6 MB, PostScript)
- 1 A0 Digitalisierbrett, Summagraphics Microgrid III
- 1 Farbscanner, HP ScanJet 4c

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

Tools zur Softwareentwicklung

- Diverse Compiler, Debugger und Programmierumgebungen für die Programmiersprachen C, C++, FORTRAN, Pascal, Smaltalk, Java, Visual Basic u.a.

Simulationssoftware

- Aquasim (Simulation biologischer Prozesse in Gewässern)
- HAuSS (Hydrodynamische Abfluß- und Schmutzfrachtsimulation; Eigenentwicklung)
- Simulink (Graphische Prozeßsimulationssoftware)
- Kasim (Modellbibliothek für Kläranlagen)
- XP-EXTRAN/SWMM (Hydrodynamische Abfluß- und Schmutzfrachtsimulation)
- Mouse (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 (Pentium). Neben der für Bauingenieure speziellen Software, die dort zur Verfügung steht (R-STAB, RIB, ANSYS-ED usw.), sind CAD-Arbeitsplätze mit A3 Digitalisiertabletts 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, 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.

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

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

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

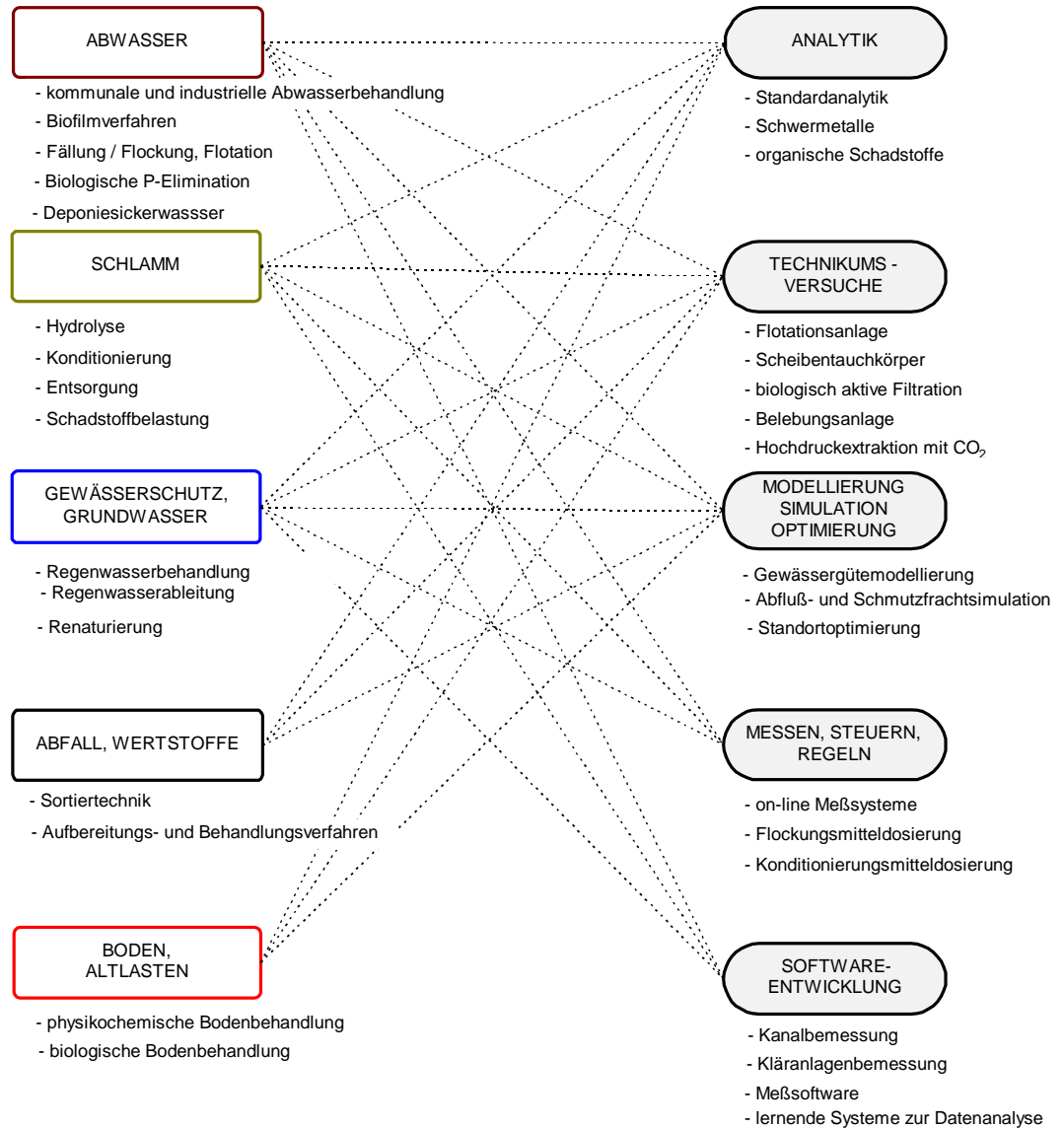


Bild 3-1: Forschungstätigkeiten im Überblick

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 naturraumabhängigen Fremdwasserzuschläge lassen sich unter Umständen allgemeingültige Hinweise für die Planung und den Betrieb von unterschiedlichen Anlagen der Siedlungsentwässerung ableiten.

Stichworte: **Fremdwasser**

Projektleiter	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 Energiebilanz zur grobkeramischen Verwertung von Klärschlämmen

Ein alternatives Verwertungskonzept von Klärschlämmen ist die Herstellung von Leichtzuschlagstoffen. Verfahrensschritte hierbei sind die Formgebung/Trocknung mit dem Ziel, stabile Pellets zu erhalten, sowie die Pyrolyse zur Vorwärmung und zum Austreiben eines Teils der Organik, wobei das Pyrolysegas in den folgenden Prozeßeinheiten eingesetzt wird; der Pyrolysekoks mit dem gesamten Ascheanteil und etwa 15-25% Kohlenstoff wird dem eigentlichen Brennofen zugeführt und dort bei 1.050 bis 1.250°C gebläht, so daß ein wärmedämmendes und zugleich stabiles Leichtprodukt entsteht. Daß die alleinige Keramisierung von Klärschlamm prinzipiell möglich ist, zeigen sowohl eigene Versuche als auch das japanische Hama Soil-Verfahren, bei dem Klär-

schlammmasche in einem ähnlichen Keramisierungsprozeß zu Pflanzgranulat bzw. Leichtzuschlag verarbeitet wird.

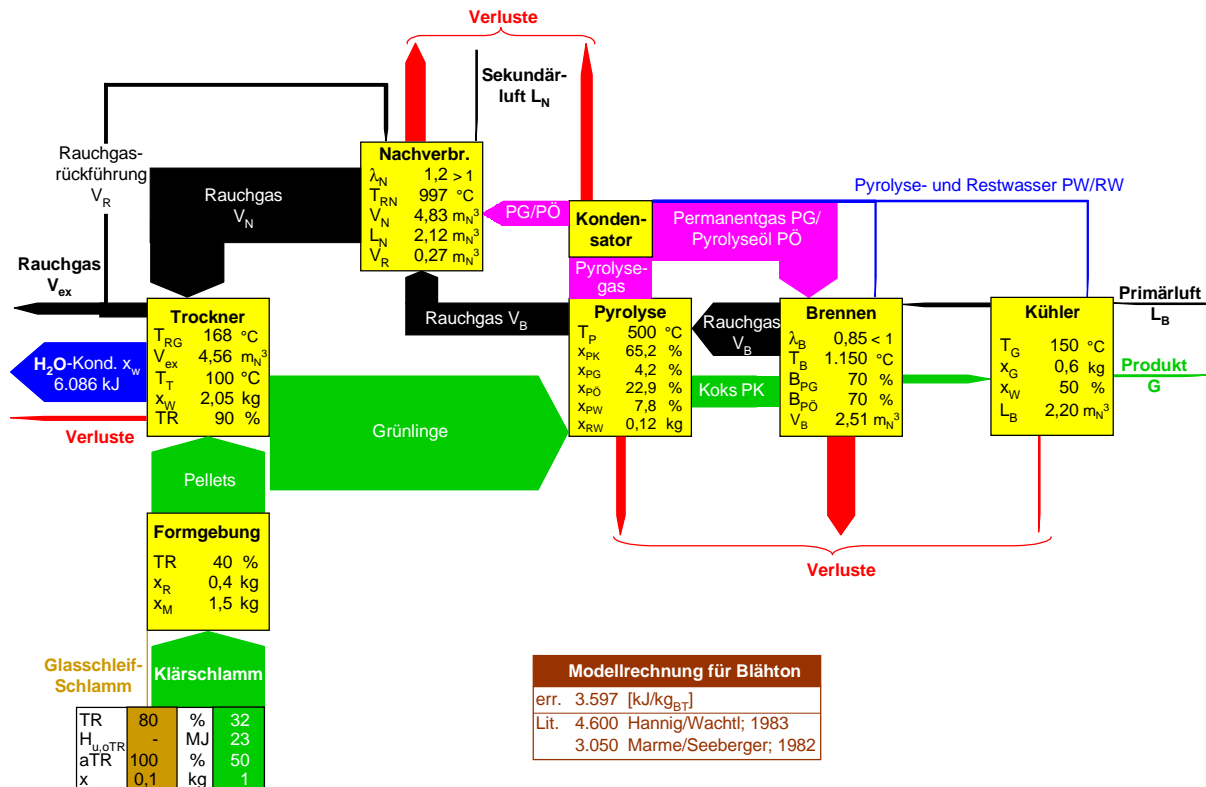


Bild 3-2: Energieflußdiagramm

Inwieweit ein solches Verfahren autotherm, d.h. ohne äußere Energiezufuhr funktioniert, war Gegenstand einer Simulation. Ergebnisse dieser Bilanzierung in Form eines Energieflußdiagramms zeigt Bild 3-2: Ausgehend von einer Zumischung von 10% Altglas bez. des Klärschlammes mit 32% TR wird die Mischung unter Rückführung von 0,4 kg Trockenmaterial bei 40% TR zu Pellets geformt und getrocknet. Damit die sog. Grünlinge beim Eintritt in die heiße Brennkammer nicht aufgrund des hohen Temperaturgradienten zerplatzen, findet eine Vorwärmung unter Luftabschluß statt. Der Pyrolysekoks (PK) wird in der Brennkammer unter reduzierenden Bedingungen ($\lambda_B = 0,85$) bei 1.150°C gebläht und anschließend gekühlt; pro kg Klärschlamm erhält man $x_G = 0,6$ kg Leichtzuschlag. Das bei der Pyrolyse ebenfalls anfallende Pyrolysegas wird kondensiert und die Produkte Permanentgas (PG) sowie Öl (PÖ) im Brennreaktor (70%) bzw. zur Nachverbrennung eingesetzt, während das Pyrolyse- und Restwasser (PW bzw. RW) zur Kühlung des Gutes bzw. zur Temperaturregelung im Blähofen (je $x_W = 50\%$) eingesetzt werden. Die Verbrennungsluft (L_B) wird über den Kühler vorgewärmt und in den Blähofen geleitet; das dort entstehende Rauchgas (V_B) dient zur Beheizung des Pyrolyseaggregats und wird anschließend bei Luftüberschuß ($\lambda_N = 1,2$) nachverbrannt. Während die Temperatur im Brennofen wegen des Bläh-effekts zwischen 1.050 und 1.250°C liegen muß, läßt sich für die Nachverbrennung ein moderateres Niveau realisieren, bei der die Bildung von thermischem NO_x (bei Luftüberschuß) wirksam unterdrückt werden kann [Zeldovich, 1946]; einzig die Vorgabe der 17. BImSchV (Mindesttemperatur 850°C) ist einzuhalten [BImSchG, 1990]. Eine Begrenzung nach oben kann durch die Rückführung von Rauchgas nach dem Trockner erreicht werden.

Im simulierten Beispiel reicht die Enthalpie des Rauchgases aus, um das Glas/Schlamm-Gemisch zu trocknen, so daß das Gesamtverfahren autotherm ablaufen kann. Als Endtemperatur des Rauchgases (T_{RG}) erhält man 168°C, womit der Taupunkt der Rauchgase überschritten bleibt und diese im „Naturzug“ in die Atmosphäre entweichen können. Als Gesamtaufwand für die konventionelle Herstellung von Blähton werden ca. 3.600 kJ/kg Blähton errechnet, was im Bereich von Literaturangaben mit 3.000-4.600 kJ/kg liegt [Hannig/Wachtl, 1983 \ Marme/Seeberger, 1982].

Literatur:

- BIMSCHG (1990): „Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen, durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge, Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG“, Fassung vom 14. Mai 1990, BGBl. I S. 880.
- HANNIG, H.; WACHTL, K. (1983): „Beitrag zur Ermittlung von Apparatekennlinien an Drehrohröfen für die Herstellung von Blähton“; Dissertation an der Hochschule für Architektur und Bauwesen Weimar.
- MARME, W.; SEEBERGER, J. (06/1982): „Der Primärenergiegehalt von Baustoffen - Teil 2“; Bauphysik, S. 208-214.
- NAKAMURA, E. (03/1998): „Sludge Reuse as Construction Material in Yokohama-City“; Veröffentlichungen des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover, Heft 107; BMBF-Statusseminar „Stoffliche Verwertung von Klärschlämmen und Aschen aus der Klärschlammverbrennung als Baustoff“.
- ZELDOVICH, Y.A. (1946): „The oxidation of nitrogen in combustion and explosions“; Acta Physicochim. USSR 22:577.

Stichworte: **thermisch-stoffliche Klärschlammverwertung, Energiebilanz, Leichtzuschlagstoffe**

Projektleiter	Prof. H. H. Hahn, Ph.D.
Sachbearbeiter	Dipl.-Ing. Johannes Kraus
Zeitraum	12.1999 - 11.2000
Finanzierung	bisher aus Eigenmitteln des Instituts

3.3 Einsatz von Retentionsbodenfiltern zur Mischwasserbehandlung - Projekt Langenalb (Nordschwarzwald) -

Anlass und Zielsetzung

Mit dem Ziel Gewässerbelastungen durch Mischwassereinleitungen zu vermindern, werden in Deutschland seit Ende der 80er Jahre bewachsene Retentionsbodenfilter (RBF) eingesetzt. Es handelt sich hierbei um Filteranlagen mit einer ausgeprägten biologischen Reinigungskomponente, die entlastetes Mischwasser aus vorgeschalteten Regenüberlaufbecken in einem integrierten Retentionsraum zwischenspeichern und gedrosselt an den Vorfluter abgeben.

Im hier vorgestellten Projekt sollen anhand einer dreijährigen Betriebsüberwachung des 1998 in Betrieb gegangenen RBF Langenalb Daten über das Betriebsverhalten und die Reinigungsleistung von RBF mit einschichtigem Sandfilter ermittelt werden. Die Erweiterung des Regenüberlaufbe-

ckens (RÜB) Langenalb um ein RBF wurde vor dem Hintergrund einer Studie über den Einfluss der Mischwasserentlastungen des RÜB auf das kleine Vorflutgewässer Maisenbach angeregt (FUCHS 1997). Bei dem betrachteten Gewässertyp stellt die hydraulische Komponente der Mischwassereinleitungen den dominierenden Belastungsfaktor dar, so dass hier insbesondere die Effizienz der ablussdämpfenden Wirkung des RBF beurteilt werden soll.

Untersuchungsprogramm

Mit einer automatischen Meßstation am RÜB und am RBF Langenalb wird über Wasserstandsmessungen das Entlastungsgeschehen aufgezeichnet und auf dieser Grundlage eine Bilanzierung der Wasserströme im System vorgenommen. Ereignisbezogen werden Wasserproben aus dem Filterzulauf, –überlauf und der Filterdränage genommen, um den Stoffrückhalt der Anlage zu bestimmen. Untersucht werden die Parameter AFS, CSB, NH₄-N, NO₃-N, SRP und P_{tot}. Um den Einfluss der Filtergeschwindigkeit auf die Reinigungsleistung zu untersuchen, wurde 1999 die Filterdrosselung entsprechend der Vorgaben der LfU (1998) eingestellt, im Jahr 2000 dagegen das Filter ungedrosselt betrieben.

Im Mittelpunkt der Immissionsbetrachtungen stehen die gewässerhydraulischen Verhältnisse bei Mischwassereinleitungen. Insbesondere wird geprüft, inwieweit durch die Erweiterung des Retentionsraums die jährliche Anzahl und die Intensität Geschiebetrieb und damit Organismendrift auslösender Entlastungsereignisse verringert wird. Als Bewertungsmaßstab für die ökologische Wirksamkeit dienen die Befunde mittel- bis langfristiger Entwicklungen der Wirbellosenfauna der Gewässerstrecken ober- und unterhalb der Einleitung.

Ergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse der Jahre 1999 und 2000 konnten zeigen, dass das Sandfilter gute Reinigungsleistungen bzgl. der Parameter AFS, CSB und Ammonium erbringt. Trotz der recht hohen Wirkungsgrade (Tabelle 3-1) ergab sich in Bezug auf das jährliche Gesamtentlastungsvolumen, das aufgrund spezifischer Gebietseigenschaften im hydrologischen Winterhalbjahr (erhöhter Fremdwasserabfluss) der Jahre 1998 bis 2000 zum größten Teil fast unbehandelt über Filterüberlauf und Notentlastung ins Gewässer eingeleitet wurde, ein insgesamt geringer Stoffrückhalt durch die Anlage. Zudem war die Anlage im Winterhalbjahr aufgrund extrem langer Einstaudauern einem erhöhten Kolmationsrisiko ausgesetzt. Die Aufgabe der Abflussdämpfung und der Mischwasserreinigung durch Filtration wurden lediglich im Sommerhalbjahr gut erfüllt. Im Winter unterlagen nur ca. 3 bis 6% des entlasteten Mischwassers einer Filterpassage.

Tabelle 3-1: Mittelwerte, Minima und Maxima der frachtgewogenen Konzentrationen des entlasteten Mischwassers sowie Wirkungsgrade der Stoffelimination bei Filterpassage.

Parameter	Mischwasser [mg/l]		Wirkungsgrad η [%]
	Mittel	Min – Max	
Abfiltrierbare Stoffe (AFS)	104	14-1.001	97
Glühverlust	34	11-106	93
CSB	43	25-111	63
NH ₄ -N	1,29	0,06-1,99	82
Gelöstes Phosphat (SRP)	0,33	0,04-0,52	11
Gesamt-Phosphat (P _{tot})	1,38	0,5-5,33	74

Die Immissionsbetrachtungen zeigen, dass im Maisenbach bei Abflüssen über 500 l/s partieller Geschiebetrieb einsetzt, so dass Entlastungsabflüsse ab diesem Wert ein bedeutendes Organismendrift auslösendes Potenzial aufweisen und als kritisch anzusehen sind. 1999 und 2000 fanden

nach den genannten Kriterien insgesamt 14 kritische Kanalentlastungen statt. Bei ca. 50 % dieser Ereignisse erfolgte durch den RBF eine ausreichend gedrosselte Einleitung ins Gewässer. Insbesondere extreme sommerliche Spitzenabflüsse wurden drastisch gesenkt. Im Winter war jedoch das Retentionsvermögen der Anlage aufgrund langanhaltender Speicherfüllungen stark eingeschränkt. Speziell 2000 resultierten daraus nur um wenige Prozent gedrosselte Notentlastungen. Auf den Gesamtuntersuchungszeitraum bezogen ergeben sich für das Gewässer daraus nur saisonale Erholungsphasen. So zeigen die gewässerbiologischen Bestandsaufnahmen, dass unter den 1999 herrschenden Verhältnissen in der Einleitungsstrecke zwar eine deutliche Verbesserung des Gewässerzustands erfolgte, dieser positive Trend sich allerdings unter den extremen hydraulischen und stofflichen Belastungen in der ersten Jahreshälfte 2000 nicht fortsetzte. Bis in den Sommer 2000 bestand wieder ein ähnliches Schadensmuster wie vor Inbetriebnahme des RBF. Eine höhere ökologische Effizienz lässt sich zukünftig nur erreichen, wenn die winterlichen Fremdwasserabflüsse vermindert werden und damit ein ungestörter Filterbetrieb gewährleistet wird.

Literatur:

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.

LFU (1998): Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem. Handbuch Wasser 4 Bd. 10, Karlsruhe.

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

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

3.4 „Dynamik von Sickerwasserabfluß und Stofftransport in mineralischen Bodenkörpern unter spezieller Berücksichtigung der mikrobiellen Biomasse“ (Arbeitstitel)

Die biologische Kolmation von Abwassersystemen ist ein bekanntes aber bislang nur wenig untersuchtes Phänomen. Kolmation tritt beispielsweise in Bodenfiltern für die Abwasserreinigung und in der Umgebung von undichten Kanalrohren auf. Eine Kolmation ist von enormer Bedeutung für die hydraulische Leitfähigkeit. So ist zum Beispiel die Reduktion der hydraulischen Leitfähigkeit bei Bodenfiltern nachteilig, da das zu reinigende Abwasser nicht mehr oder nur noch sehr langsam in den Boden eindringen kann.

Im Jahr 2000 wurde die Kolmation von Bodenporen durch mikrobielle Biomasse (Bakterien und Pilze) untersucht. Mit der unten beschriebenen Methode konnten die mikrobielle Biomasse und die mikrobielle Aktivität in unterschiedlichen Bodenschichten quantifiziert werden. Ziel dieser Untersuchungen war die Messung der mikrobiellen Biomasse und der mikrobiellen Aktivität in unterschiedlichen Tiefenstufen. Dabei wurde die DNA als Parameter für die Biomasse und das Verhältnis RNA:DNA als Parameter für die Aktivität verwendet.

Eine Methode, die für Tiefseesedimente entwickelt wurde (Dell'Anno et al. 1996), konnte nach anfänglichen Schwierigkeiten modifiziert und schließlich erfolgreich auf Bodenfilter im Labor (siehe Jahresbericht 1999) und im Freiland übertragen werden.

Um die Nukleinsäuren in Lösung zu bringen, wurden die Zellwände mit einem Lysispuffer destabilisiert und mit Ultraschall aufgeschlossen. Nach zwei weiteren Reinigungsschritten konnten die Proben mittels Hochdruck-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) aufgetrennt und bei einer Wellenlänge von 260 nm quantifiziert werden.

Im Gegensatz zu gewöhnlich verwendeten molekularbiologischen Methoden können RNA und DNA simultan gemessen werden. Außerdem ist die HPLC-Methode sehr schnell (< 1 Stunde) und liefert reine Nukleinsäuren.

Es zeigte sich, dass die Konzentration und die Zusammensetzung des Abwassers die vertikale Verteilung der Nukleinsäuren stark beeinflusste. Die Vertikalprofile ergaben signifikante Abnahmen aller Nukleinsäuren mit zunehmender Tiefe. Weitere Auswertungen sind noch im Gange. Des Weiteren sind Untersuchungen zur Charakterisierung der isolierten Nukleinsäuren geplant.

Die HPLC-Methode wird auch in der Forschergruppe Kanalleckagen Anwendung finden.

Stichworte: **Kolmation, Bodenfilter, HPLC, DNA, RNA.**

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

3.5 Stoffstromanalysen für kleinere und mittlere Flußgebiete als Grundlage für die Planung und Umsetzung von Gewässerschutzmaßnahmen

Auf der Grundlage bereits entwickelter methodischer Ansätze für große Flußgebiete (>1.000 km²) sollen im gegebenen Vorhaben lokal bis regional bedeutsame Kontrollgrößen und Wirkungsbeziehungen des Stofftransportes in Gewässereinzugsgebieten herausgearbeitet und in die Formulierung wasserwirtschaftlicher Maßnahmen einfließen. Das Gesamtziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines transparenten, übertragbaren und in der Praxis anwendbaren Stoffeintragsmodells für kleine bis mittlere Flussgebiete.

Im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg wurde hierzu von Dritten ein kalibriertes und verifiziertes Wasserhaushaltsmodell erstellt, das in die Projektarbeit einfließt. Die Einbeziehung weiterer Fachdisziplinen sowie der für das Untersuchungsgebiet zuständigen Verwaltungsbehörden wurde durch die Bildung eines projektbegleitenden Arbeitskreises sichergestellt. Eine erste Sitzung fand am 27.11.00 statt.

Als Testgebiet dient das Einzugsgebiet des oberen Kraichbaches, das durch seine intensiv landwirtschaftliche Nutzung und seine Größe von 160 km² die Herstellung eines direkten Bezugs zwischen Modellergebnissen und konkreten Maßnahmen erlaubt. Im Rahmen der Bearbeitung des Vorprojektes wurde die erforderliche Datenbasis aufgebaut und eine Grobbilanz (s. Bild 3-3) erstellt. Die zugrundegelegten Berechnungsansätze entsprechen mit geringen Modifikationen den im Modellsystem MONERIS und im Projekt NIEDERSCHLAG entwickelten Grundlagen. Retention und Transformation in der Fläche sind nur pauschal berücksichtigt, so dass die dargestellten Ergebnisse das jeweilige Austragspotenzial zeigen.

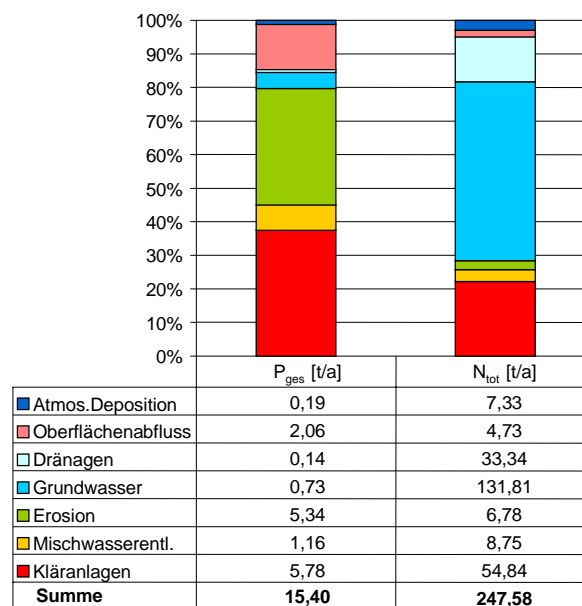


Bild 3-3: Potenzielle Nährstoffeinträge in den Kraichbach

Neben den absoluten Frachten zeigt Bild 3-3 auch die relative Bedeutung einzelner Eintragspfade. Es wird deutlich, dass für Phosphor und Stickstoff grundsätzlich verschiedene Eintragspfade von Bedeutung und somit auch verschiedene Maßnahmenoptionen offen sind. Das Gesamtergebnis deckt sich mit den Erfahrungen aus anderen, größeren Einzugsgebieten. Dies lässt sich anhand der flächenspezifischen Frachten ($P_{ges} = 0,1 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}$, $N_{ges} = 1,55 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}$), die als mittel bis hoch anzusehen sind, sowie an den Beiträgen einzelner Eintragspfade festmachen. Zu einem gewissen Teil sind diese Übereinstimmungen darauf zurückzuführen, dass die Grobbilanz auch auf Datensätze zurückgreift, die hochaggregiert sind und mittlere Bedingungen wiedergeben. Es ist daher davon auszugehen, dass nach vollständiger Einbeziehung gebietsspezifischer Daten erhebliche Änderungen/Differenzierungen auftreten werden.

Für die berechneten Schwermetallfrachten (nicht dargestellt) gelten grundsätzlich die gleichen Feststellungen wie für die Nährstoffe. Auch hier können die flächenspezifischen Frachten in das bekannte Spektrum eingeordnet werden und liegen eher an dessen oberen Ende (z.B. Pb Rhein = $0,6 \text{ kg/km}^2 \cdot \text{a}$, Neckar = $1,7 \text{ kg/km}^2 \cdot \text{a}$, Kraichbach = $1,3 \text{ kg/km}^2 \cdot \text{a}$). Auffällig sind die hohen Anteile der erosionsbedingten Schwermetallfracht, die nicht auf besonders hohe Bodenkonzentrationen, sondern den hohen Bodenabtrag zurückzuführen sind. Verschiedene, im Testgebiet reali-

sierte Maßnahmen zur Erosionsminderung sind in den Berechnungen nicht berücksichtigt, dennoch ist zu erwarten, dass die Bedeutung der Erosion nach Einbeziehung gebietspezifischer Daten noch steigen wird.

Durch die erstellten Grobbilanzen lassen sich zukünftige Arbeitsschwerpunkte und eine Liste potenzieller Maßnahmen festlegen. Das Beispiel der Erosion unterstreicht eindrücklich die Notwendigkeit detaillierter Analysen, um zu konkreten und zielführenden Maßnahmen zu kommen. Die Verwendung hochaggregierter Eingangsdaten relativiert die real bestehende Problematik in der Regel so stark, dass sie im schlimmsten Fall nicht erkannt wird oder zumindest eine falsche Prioritätensetzung erfolgt.

Literatur:

FUCHS, S.; HAHN, H.H. (2001): Stoffstromanalysen für kleine bis mittlere Flussgebiete als Grundlage für die Planung und Umsetzung von Gewässerschutzmaßnahmen, Sachstandsbericht zum Vorhaben (Vorprojekt - unveröff.).

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

Projektleiter	Dr.-Ing. S. Fuchs Prof. H.H. Hahn, Ph.D.
Sachbearbeiter	Dipl.-Ing. J. Butz Dipl.-Biol. A. Bechtel
Zeitraum	Ab 10.2000
Finanzierung	BWPLUS (Projektträgerschaft "Programm Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung")

3.6 Bilanzierung des Eintrages prioritärer Schwermetalle in die Flussgebiete Deutschlands

Im Rahmen des Projektes wurde eine Abschätzung der Schwermetalleinträge aus diffusen Quellen sowie aus kommunalen Kläranlagen für die großen Flussgebiete Deutschlands vorgenommen. Die Abschätzung der industriellen Direkteinträge erfolgte durch das Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (Böhm et al., 2001). Bild 3-4 zeigt ein Schema der zu berücksichtigenden Stoffquellen und Eintragspfade.

Die Berechnung der Einträge aus diffusen Quellen erfolgte durch Anpassung des Modells MONERIS (Behrendt et al., 1999), das für die Bilanzierung der Nährstoffeinträge vom Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB, Berlin) entwickelt wurde.

Für die Abschätzung der Einträge aus kommunalen Kläranlagen wurde eine bundesweite Recherche zu Schwermetallablaufkonzentrationen von Kläranlagen durchgeführt.

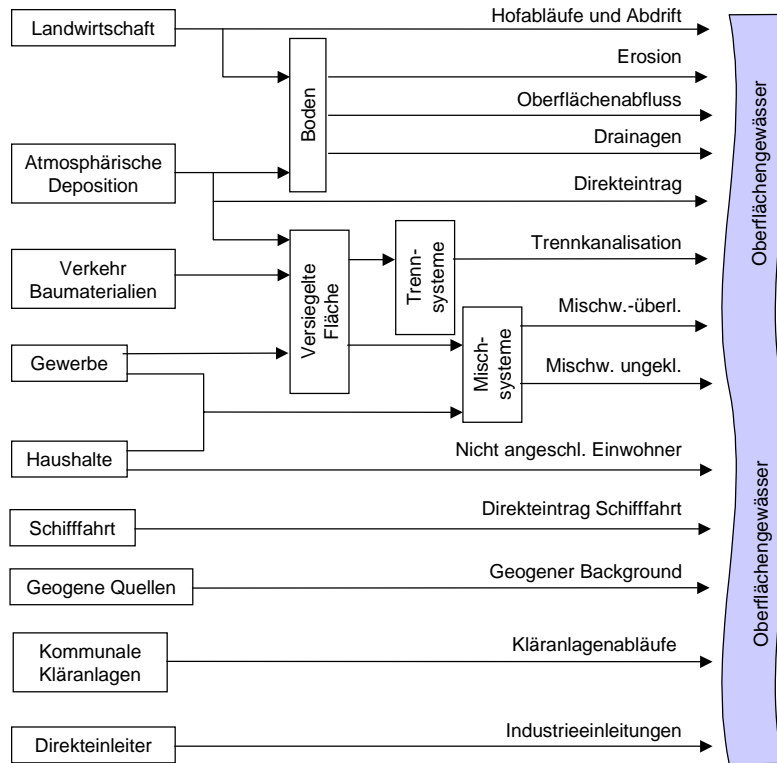


Bild 3-4: Stoffquellen und Eintragspfade in Oberflächengewässer (nach IKSR, 1999)

Bild 3-5 zeigt beispielhaft für das Metall Blei die prozentuale Verteilung der Einträge in die großen Flussgebiete Deutschlands. Für die Darstellung wurde unterschieden zwischen Einträgen durch industrielle Direkteinleiter, kommunale Kläranlagen sowie diffuse Einträge aus urbanen Gebieten (Trennkanalisation, Mischkanalisation und nicht angeschlossene Einwohner) und sonstigen diffusen Einträgen, die überwiegend Stoffquellen aus der Landwirtschaft umfassen (Erosion, Dränagen, Hofabläufe und Abtrift). Der geogene Hintergrund wurde gesondert ausgewiesen.

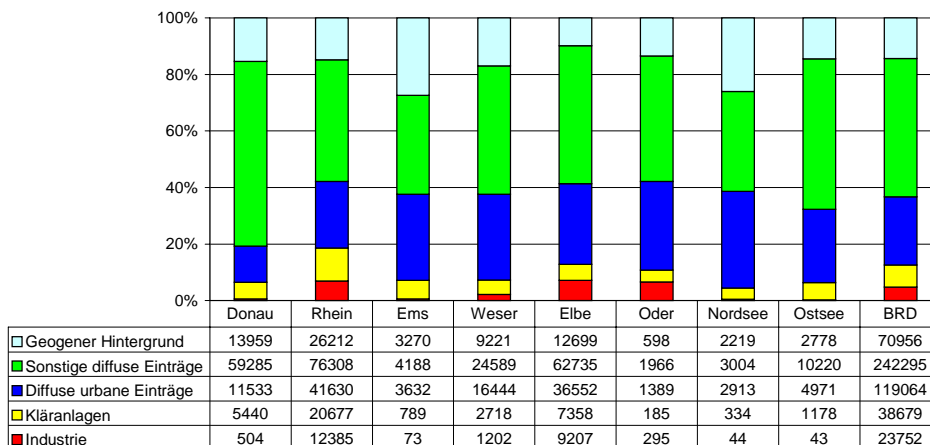


Bild 3-5: Darstellung der Einträge in die großen Flussgebiete für das Metall Blei [kg/a]

Bei der Betrachtung der Ergebnisse muss die unterschiedliche Qualität der Eingangsdaten berücksichtigt werden. Die ermittelten Frachten der industriellen Direkteinleiter weisen die höchste Zuverlässigkeit auf, da sie aufgrund der relativ geringen Anzahl der Einleiter direkt abgefragt werden konnten. Den zweiten Rang nehmen die kommunalen Kläranlagen ein. Die diffusen Einträge

sind mit höheren Unsicherheiten behaftet, da für Schwermetalle nur in begrenztem Umfang Messwerte vorliegen und deshalb eine Reihe von Annahmen getroffen werden musste.

Der Anteil der diffusen Quellen liegt im Durchschnitt für alle Schwermetalle bei 77 %. Die wichtigsten Eintragungspfade bei den diffusen Quellen sind die urbanen Flächen, wobei die Einträge aus Trennkanalisationen und Mischwasserüberläufen die höchsten Frachten liefern. Bei den sonstigen diffusen Quellen ist insbesondere die Erosion als ein maßgeblicher Eintragungspfad zu nennen.

Die punktuellen Einträge werden überwiegend durch die kommunalen Kläranlagen dominiert, die im Durchschnitt für alle Metalle 2/3 der Frachten aus Punktquellen emittieren.

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.; SCHEMP, C.; FUCHS, S.; SCHERER, U. (2000): Bilanzierung des Eintrags prioritärer Schwermetalle in Gewässer. Abschlussbericht zum UBA-Vorhaben Nr. 298 22 243, Herausgabe als UBA-Text in Vorbereitung.

IKSR (1999), Internationale Kommission zum Schutz des Rheins: Rhein, Bestandsaufnahme der Einträge prioritärer Stoffe 1996, Koblenz.

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

Projektleiter	Dr.-Ing. S. Fuchs
Sachbearbeiterin	Dipl.-Geol. Ulrike Scherer
Zeitraum	Januar 1999 – August 2000
Finanzierung	Umweltbundesamt

3.7 Projekt ABIRER - Energetische Nutzung organischer Reststoffe und Abwässer zur Aktivkühlung von Most und Wein

Pro ha Rebfläche fallen in der Weinwirtschaft ca. 3.300 kg an Trestern an, die abgesehen von der landbaulichen Verwertung keine weitere Nutzung erfahren. Auch auf dem Gebiet der Abwasserbehandlung in der Weinbereitung bestehen Optimierungsmöglichkeiten, berücksichtigt man dass für die Erzeugung eines Liters an Wein ca. 5 Liter an Frischwasser erforderlich ist. Darüberhinaus können infolge der Aktivitäten der Weinwirtschaft Gewässerbelastungen nicht ausgeschlossen werden, die sich lokal potenzieren. Ausgehend von dieser Situation wurde durch ABIRER-Systems in Zusammenarbeit mit dem Sachgebiet Abwasser- und Produktionsrückstände der SLFA Neustadt ein Konzept entwickelt, das mit der produktionsintegrierten Verwertung dieser Rückstände der Weinwirtschaft neue Perspektiven eröffnet. Im Rahmen des Projektes ABIRER sollen die bei der Erzeugung von Wein anfallenden organisch hochbelasteten Abwässer und die Nebenprodukte der Produktion wie Trester und Hefetrübe in einem zweistufigen naturnahen Anlagenkonzept in nutzbare Elemente zerlegt werden.

Der Massenfluss weist dabei folgendes Schema auf:

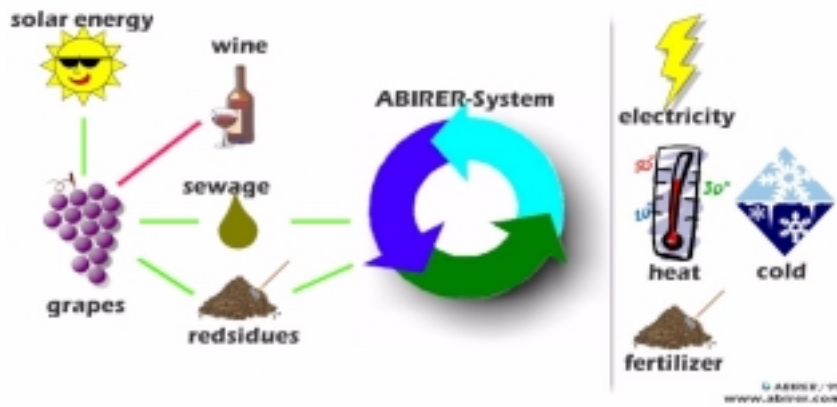


Bild 3-6: Massenfluss des ABIRER-Projektes

Aus den organischen Inhaltsstoffen der Abwässer und Abfälle wird im ABIRER-Verfahren Biogas erzeugt, das in einem Blockheizkraftwerk direkt zu Strom und Wärme verarbeitet werden kann. Durch die anaerobe Umsetzung der Inhaltsstoffe können ca. 95% der eingebrachten organischen Masse als Energielieferant dienen. Ca. 5% der organischen Masse bleiben als nährstoffreicher mineralisierter Schlamm zurück, der ideal als natürlicher Dünger Verwendung finden kann. Im Rahmen des Verfahrenskonzeptes wird das aus den Reststoffen gewonnene Biogas in einer Klimazentrale vor Ort in Strom und Wärme umgewandelt, die direkt in der Produktion eine Verwendung finden. Die aus den Produktionsabfällen erzeugte thermische Energie wird in einer Adsorptionskälteanlage in aktive Kälte verwandelt, mit der eine Steuerung der Gärkühlung, aber auch eine optimale Temperierung des Lagerkellers sowie anderer Gebäudeteile möglich wird. In der technischen Vorabvisualisierung stellt sich das Verfahren folgendermaßen dar:

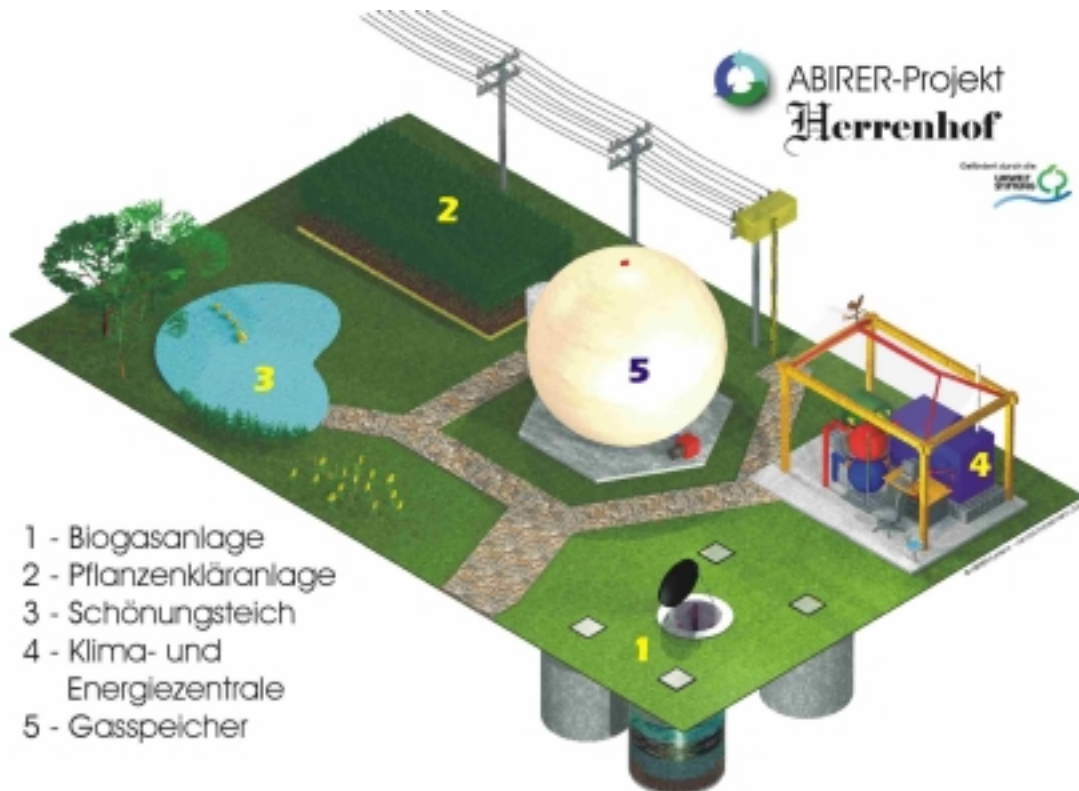


Bild 3-7: Anlagendarstellung

Im ABIRER-Projekt Herrenhof sollen folgende Demonstrationsergebnisse verfolgt werden:

- **Gewinnung von Energie** in Form von Biogas aus den Reststoffen der Weinwirtschaft zur thermoenergetischen Vollversorgung des Weingutes.
- **Energetische Versorgung** anderer Verbraucher mit Kälte, Wärme und Strom und die Abgabe der überschüssigen Energie an das Stromnetz.
- **Einsparung von Trinkwasser** durch die eigenständige Behandlung von Abwasser zur Aufbereitung als Brauchwasser (60% Reduktion als Einsparziel)
- **Verbesserte Weinqualität** durch eine umweltfreundlich betriebene Gärkühlung
- **Entlastung der Gewässer** durch eine Verhinderung von organischen Verschmutzungen durch die Aktivitäten des Weinbaus

Derzeit befindet sich das Vorhaben in der technischen Planungsphase für die Demonstrationsanlage und im Bereich der Laborversuche sind die ersten Versuche erfolgreich durchgeführt worden, so dass weitere Aussagen zur optimierten Dimensionierung der Demonstrationsanlage beige-steuert werden können.

Stichworte: **Biogas, Weinbau**

Projektleiter	Prof. H.H. Hahn, Ph.D. Dipl.-Ing. agr., Dipl.-Ing. (FH) Dierk Hagen Müller
Projektpartner	Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Weinbau und Gartenbau (SLFA), Neustadt
Sachbearbeiter	Dipl.-Ing. Jan Kai Dobelmann
Zeitraum	Januar 2000 – Dezember 2002
Finanzierung	Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)

3.8 Der Einsatz von Scheibentauchkörpern zur Güllebehandlung mit dem Ziel der weiter gehenden Nährstoffreduktion

Ziel der Untersuchungen ist es, ein praxistaugliches Verfahren zur Nährstoffreduktion in Gülle mit Hilfe von Scheibentauchkörpern zu entwickeln.

Dass Scheibentauchkörper zur Behandlung stark belasteter Abwässer geeignet sind, ist bereits aus einigen Arbeiten z.B. im Bereich der Sickerwasserreinigung und der Behandlung von Abwasser aus der Schlammmentwässerung auf kommunalen Kläranlagen bekannt. Diese Erkenntnisse wurden in anderen Forschungsvorhaben bereits auf die Behandlung von Gülle übertragen. Allerdings führten diese Ansätze aufgrund von verfahrenstechnischen Problemen und daraus resultierenden betrieblichen Schwierigkeiten nicht zur praktischen Anwendung. Von dieser Basis ausgehend, wird im Rahmen dieses Vorhabens ein innovatives Verfahrenskonzept zur Güllebehandlung entwickelt und erprobt, in dem das System Scheibentauchkörper als Hauptbestandteil integriert ist.

Im Betrieb mehrerer halbtechnischer bis technischer Pilotanlagen zur Güllebehandlung konnten zahlreiche Betriebsdaten zur Verfahrensführung unter besonderer Berücksichtigung der Vorbehandlung sowie der stofflichen und hydraulischen Belastung der biologischen Stufe ermittelt werden. Diese Daten belegen, daß das Verfahren im halbtechnischen bis hin zum technischen Maßstab stabil und effizient betrieben werden kann, und somit praxistauglich ist. Weitere Untersuchungen dienen der Optimierung des Gesamtprozesses und damit der Erhöhung der Wirtschaftlichkeit.

Das Verfahren wurde im Rahmen des internationalen Wettbewerbs "Innovationsforum - Veredelung und Umwelt" der Fachwelt vorgestellt und ausgezeichnet.

Stichworte: **Gülle, Scheibentauchkörper**

Projektleiter	Dipl.-Ing. E. Hoffmann Prof. H.H. Hahn, Ph.D.
Sachbearbeiter	Dipl.-Ing. Gereon Anders
Zeitraum	Dezember 1998– Juli 2001
Finanzierung	Landesgraduiertenförderungsgesetz (LGFG)

3.9 Neue Konzepte zur Bioabfallverwertung: Co-Transport und Co-Verwertung

Die getrennte Sammlung verschiedener Abfallfraktionen – Verpackungsabfälle, Papier, Metall, Bioabfall, Sperrabfall, Rest- und Sonderabfall – hat sich innerhalb der letzten zehn Jahren bundesweit durchgesetzt und stellt die Grundlage gegenwärtiger Verwertungskonzepte dar. In Siedlungen ohne Gartenflächen besteht die Bioabfallfraktion im wesentlichen aus strukturschwachen, wasserhaltigen Küchenabfällen (Speise und Zubereitungsreste), die in vergleichsweise geringen Mengen anfallen.

Als Alternative zur getrennten Sammlung und konventionellen Erfassung der Küchenabfälle wird die dezentrale Vorbehandlung (Zerkleinerung/Suspendierung mit Küchenabfallzerkleinern) und der anschließende Transport im Kanal zur angeschlossenen Kläranlage diskutiert.

Küchenabfallzerkleinerer (KAZ) werden seit ca. 60 Jahren in den USA eingesetzt, und wurden ursprünglich entwickelt, um Bequemlichkeitsansprüche bedienen zu können. Neben der hohen Akzeptanz (fäulnisfähige Stoffe können ohne Zwischenlagerung in der Tonne jederzeit entsorgt werden) kann eine energetische Verwertung (Co-Vergärung) erzielt werden, wenn bestimmte Randbedingungen gewahrt sind: Notwendig sind (a) der ablagerungsfreie Transport im Kanalsystem, (b) die Möglichkeit der weitgehenden Separation der Abfälle im Vorklärbecken der Kläranlage und (c) die abschließende Vergärung des Primärschlammes.

Untersuchungen zum Transport und Sedimentationsverhalten lieferten folgende Ergebnisse:

- Die Küchenabfälle wurden mit KAZ auf Partikelgrößen im Millimeterbereich zerkleinert; ca. 25-30% der Abfallmenge lagen nach der Zerkleinerung in gelöster Form vor, der verbleibende Anteil zeigte eine gute Absetzbarkeit.

- Der Transport in einer Testrinne erfolgte selbst bei geringer Strömungsgeschwindigkeit (0,2 m/s) ablagerungsfrei, zeigte jedoch eine sohnnahe Konzentrationserhöhung.
- Der gelöste, nicht abtrennbare Anteil kann als externe C-Quelle für die Verbesserung der Bio-P und/oder der Denitrifikationsleistung der Anlage eingesetzt werden, bzw.- bei Intensivierung der Abtrennung in der Vorklärung - die derzeit eingesetzte C-Quelle substituieren; einer Erhöhung der Schlammbelastung kann in diesem Fall entgegengewirkt werden.
- Der spezifische Energieertrag aus der Vergärung wurde auf 4,5 m³ pro Einwohner und Jahr geschätzt, dies entspricht etwa einer Erhöhung um 50%.

Folgerungen:

Die Einführung von KAZ sollte nicht generell, aber unter bestimmten Randbedingungen ermöglicht werden. Das Verwertungsgebot wird hierdurch nicht unterlaufen.

Stichworte: **Covergärung, Cotransport, Küchenabfallzerkleinerer**

Projektleiter	Dipl.-Ing. E. Hoffmann
Sachbearbeiter	Dipl.-Ing. Jörg Kegebein
Zeitraum	Januar 2000 – Dezember 2000
Finanzierung	Bisher aus Eigenmitteln des Instituts

3.10 Phosphate Recovery from Wastewater – Precipitation Conditions

Phosphorus recovery from wastewater accords with the demands of sustainable development of phosphate industry and the stringent environmental quality standard. Although a few techniques for phosphorus recovery have been developed, there is a lack of basic knowledge on the precipitation and crystallization processes of calcium phosphate from wastewater. The purpose of the study is to obtain basic information on calcium phosphate precipitation from wastewater, paying attention to the effects of pH values, Ca/P ratios, and carbonate.

Experiments were undertaken in a stirring beaker reactor. 20 mg P/l phosphate was precipitated by calcium with Ca/P molar ratios of 1.67, 3.33, 5.0, and 6.67 at pH values ranging from 7.5-11.0; residual P and Ca were analyzed at intervals during the precipitation process. 2.5 and 5.0 mmol/l Na₂CO₃ were added to the above reaction systems to understand the effect of carbonate on calcium phosphate precipitation.

The results show that both higher pH values and higher Ca/P molar ratios benefit the efficiencies of calcium phosphate precipitation. If taking phosphate recovery efficiency of 85% in 3 hours as a standard, the lowest pH value for Ca/P 1.67, 3.33, 5.0, and 6.67 should be 10.0, 9.0, 9.0, and 7.5, respectively. Because of the buffer effect of the studied phosphate system, exception took place under pH 8.0, where higher final efficiencies than that of pH 8.5 were obtained above Ca/P molar ratio 3.33. Carbonate affects calcium phosphate precipitation by lowering the reaction efficiency, but pH value is still the dominant factor of the precipitation process, and higher Ca/P molar ratios also help to overcome the influence of carbonate.

The above studies provide important information for phosphate recovery from wastewater. Further studies on the effects of organic matters and the role of seeding materials are still going on.

Stichworte: **Phosphorus recovery, Precipitation**

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)

3.11 Herstellung von anorganischen Polymeren und Flockungsprozesse mit anorganischen Polymeren

Die Flockung spielt bei Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Schlammbehandlung eine große Rolle, wobei die Kosten der Flockungsmittel im Vordergrund stehen. Anorganische Flockungsmittel entwickeln sich sehr schnell. Momentan werden unterschiedliche anorganische Polymere hergestellt und intensiv untersucht. Es hat sich gezeigt, daß diese Polymere Vorteile im Bezug auf Flockungseffizienz, Flockungsmittelrest, Betriebskosten usw. haben.

Im Laufe der Untersuchungen werden verschiedene anorganische Polymere, besonders Mehrfachpolymere mit Fe, Al, Si usw. unter optimierten Bedingungen hergestellt und ihre Charakteristiken bei der Herstellung und Alterung untersucht und mit anderen Polymeren verglichen.

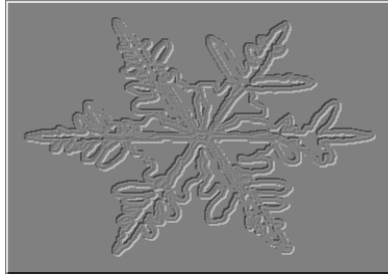
Die Flockungseffizienz hängt hauptsächlich von den Charakteristiken der Flockungsmittel ab. Die Flockungseffizienz, die Flockungseinflußfaktoren und die optimierten Flockungsbedingungen werden mit den Arten der Flockungsmittel verbunden. In der Verwendung der verschiedenen Flockungsmittel werden die Flockungsprozesse durch die Veränderung der Ladungen, der Größen von Partikeln dargestellt.

Stichworte: **Fällung/Flockung, anorganische Polymere**

Projektleiter	Prof. H.H. Hahn, Ph.D. Dipl.-Ing. E. Hoffmann
Sachbearbeiter	Master-Ing. P. Zhang
Zeitraum	ab Oktober 2000
Finanzierung	Deutscher Akademischer Auslandsdienst (DAAD)

4 Institutsveranstaltungen

4.1 14. Karlsruher Flockungstage



Projektmanagement, Maschinentechnik und gesetzliche Vorgaben

Am 28. und 29. November letzten Jahres trafen sich rund 75 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.

Zum ersten Mal war ein Veranstaltungsort fern der „heimatlichen“ Region Karlsruhe gewählt worden: Münster in Westfalen. Mitveranstalter war das Institut für Abfall- und Abwasserwirtschaft e.V. (INFA) sowie das Labor für Abfallwirtschaft, Siedlungswasserwirtschaft und Umweltchemie (LASU) der Fachhochschule Münster unter Prof. Manfred Lohse, der auch die Moderation des zweiten Tages übernahm. Leider hatte sich die Fertigstellung des Gebäudekomplexes - eine historische Reiterkaserne - soweit verzögert, daß im Außenraum noch umfangreiche Bauarbeiten liefen, was die Anfahrt erschwerte. Sachkundige im Bereich Schlämme, wie sie die Teilnehmer darstellten, konnte aber auch derartige Schwierigkeiten im Schlepptau eines niedergehenden Regens nicht schrecken.

Inhaltlich beschäftigte sich die Veranstaltung dieses Jahr mit den Fragen des Projektmanagements, etwa hinsichtlich Ausschreibungsfragen und des Betriebs von Kläranlagen. Hier ist durch die Liberalisierung des Marktes momentan und in Zukunft noch vermehrt mit erheblichen Auswirkungen auf den Bau und Betrieb von Anlagen im (Ab)Wasserbereich zu rechnen.

Dr. Beckereit von der Eurawasser Berlin konnte aus Sicht eines privatwirtschaftlichen Betreibers verschiedener Wasserver- und Abwasserentsorgergebiete berichten, wobei mehrere Modelle denkbar sind und auch entsprechend umgesetzt werden:

- Betriebsführung (Eigentum und Investitionen bleiben in kommunaler Hand, lediglich der Betrieb wird privatwirtschaftlich organisiert)
- Betreibervertrag (nur der Anlagenbesitz verbleibt unter kommunaler Regie)
- Kooperation (der Betrieb wird privatwirtschaftlich organisiert, Eigentum und Investitionen werden je nach Kooperationsstiefe gemeinsam geregelt)
- Verkauf (komplette Übernahme durch ein privates Unternehmen)

Auswirkungen auf die Mitarbeiterzahl und -motivation, die Kundenfreundlichkeit sowie last but not least die Wasserpreise rundeten den Vortrag ab.

Dr. Dorias von der Drees&Sommer GmbH nahm das Spannungsfeld von Anforderungen und Wirtschaftlichkeit beim Betrieb von Kläranlagen unter die Lupe. Schwerpunkt hierbei war die Analyse von Optimierungspotentialen mit dem Ziel, Arbeitsabläufe möglichst effizient zu gestalten, um die Betreiber- und damit auch Verbraucherkosten niedrig zu halten. Anders als in herkömmli-

chen Wirtschaftsbereichen ist im Bereich der Abwasserentsorgung jedoch eine 100%ige Anlagenverfügbarkeit zu beachten, da es ansonsten zu strafrechtlichen Konsequenzen im Sinne von Organisationsverschulden kommen kann.

Dip.-Ing. Kaufhold von der kdg - Kommunale Dienste GmbH thematisierte in seinem Vortrag die Frage „Wettbewerb bei der Vergabe von Ingenieurleistungen und HOAI - ein Widerspruch?“. Gerade in Zeiten leerer öffentlicher Kassen, aus denen die meisten Aufträge in der Wasserver- und -entsorgung kommen, mutet es zunächst als Anachronismus an, daß nach der HOAI (Honorarordnung für Ingenieure und Architekten) Baumaßnahmen nicht aufgrund des niedrigsten Preises bei Ausschreibungen vergeben werden sollen. Diese Regelungen machen jedoch durchaus Sinn, da die HOAI dem Bauherren die Möglichkeit bietet, demjenigen den Auftrag zu geben, der die besten Leistungen erwarten läßt; ruinösen Preiswettbewerben mit der Gefahr von Qualitätseinbußen kann dadurch wirksam vorgebeugt werden.

Welche Auswirkungen die EU-Wasserrahmenrichtlinie durch den Übergang von der emissions- zur immissionsbasierten Betrachtungsweise auf das Flußgebietsmanagement hat, war Inhalt des Beitrages von Prof. Krebs (TU Dresden). Durch diesen neuen Betrachtungsansatz kann sich eine neue Optimierungsstrategie für die Siedlungsentwässerung ergeben, bei welcher sich der Schwerpunkt von der einzugsspezifischen Dimensionierung zur gewässerbezogenen, maßgeschneiderten Lösung verschiebt.

Ebenfalls mit einer supranationalen Gesetzgebung beschäftigte sich Prof. Dichtl von der TU Braunschweig in seinem Vortrag zur rechtlichen Regelung der EU für Abfall und Klärschlamm und den Konsequenzen für die Behandlung und Entsorgung aus bundesdeutscher Sicht. Nach einem Vergleich bisheriger Vorschriften mit den EU-Regeln im Bereich Deponiedichtungen wurden auch die derzeit in der Diskussion befindlichen Vorschläge zur landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung vorgestellt und diskutiert, die nach dem jetzigen Stand eine Ausweitung zumindest bei der vorigen Behandlung „nach höherem Standard“ erlauben würden. Im Bereich der Schadstoffe werden für die Schwermetalle wohl auch mittel- und langfristige Ziele formuliert und der Katalog organischer Schadparameter ausgeweitet werden. Man wird jedoch abwarten müssen, wie die abschließenden Regelungen denn tatsächlich aussehen werden.

Die Brücke zum Themenkomplex Fällung und Flockung wurde durch den Beitrag von Prof. Wichmann (TU Hamburg-Harburg) geschlagen: Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz hat die Förderung der Kreislaufwirtschaft zur Ressourcenschonung zum Ziel. Bei der Trinkwasseraufbereitung fallen je nach (Grund)Wasserherkunft verschiedene Schlämme (z.B. Eisen/Mangan-, Eisen- oder Aluminium-Flockungs- oder auch Kalkschlämme an). Zumindest die Eisenhydroxid-Schlämme lassen sich teilweise mit positiven Effekten bei der Abwasserableitung und -behandlung beispielsweise zur H₂S-Bindung, der P-Eliminierung oder der Schlammentwässerung als Flockungsmittel einsetzen, wobei verschiedene Dosiermöglichkeiten und -konzentrationen vorgestellt wurden.

Ein Charakteristikum der Karlsruher Flockungstage ist die enge Verzahnung von Kenntnissen aus Wissenschaft und Forschung mit praktischen Erfahrungen aus Einsatz und Betrieb. Im diesjährigen Ausstellerblock berichteten Firmen über neue Kenntnisse und Erfahrungen im Bereich der Abwasseranalytik und der Schlammbehandlung sowie - natürlich auch im Sinne des Veranstaltungstitels Flockungstage - mit Flockungs- und Fällungschemikalien.

Die Fa. Dr. Lange stellte ihre Betriebsanalytik in Form von Schnelltests vor und verglich die Leistungsfähigkeit und entstehenden Kosten mit herkömmlichen Norm-Verfahren.

Ebenfalls einen Küvettentest beschrieb der Beitrag der L.U.M. GmbH, der bei der Untersuchung zur Entwässerbarkeit von Schlämmen Verwendung findet und dadurch effektiv für den Test geeigneter Flockungsmittel und deren Dosiermengen eingesetzt werden kann.

Über 10 Jahre Erfahrungen im Bereich der Tank- und Dosiertechnik von Flockungsmitteln und anderer Chemikalien berichtete die Fa. Südchemie, während die HEG Engineering GmbH ihren FlowMix-Reaktor zum optimalen Aufbereiten und Dosieren von Flockungsmitteln mit der Vermeidung von Unter- und Überdosierungen und den damit verbundenen Kosten vorstellte.

Dieser Teil der Veranstaltung wurde durch zwei Beiträge zur Schlammbehandlung abgerundet.: Die Fa. Kemira stellte ihr Krepro-Verfahren vor, bei dem durch saure Hydrolyse eine faser- und heizwertreiche Fraktion sowie ein phosphatangereichertes, überwiegendes mineralisches Produkt gewonnen wird.

Im Bereich Maschinentechnik konnte die Fa. Huber ein neues Aggregat vorstellen, den sog. ROTAMAT-Scheiben-Eindicker. Aufgrund der gesetzlich vorgeschriebene N- und P-Eliminierung hat sich in den letzten Jahren die Qualität der Schlämme hinsichtlich ihrer Abzeigeneigenschaften verschlechtert, so daß der maschinellen Eindickung zunehmend Bedeutung zukommt.

Dem ursprünglichen Ziel der 1987 ins Leben gerufenen Karlsruher Flockungstage, die Intensivierung und Förderung des Erfahrungsaustausches zwischen Anwendern und Herstellern von F/F-Chemikalien, wurde durch die Gelegenheit des informellen Erfahrungsaustausch zwischen Anwendern und Herstellern in der begleitenden Fachausstellung Rechnung getragen.

4.2 Institutsseminar

Wintersemester 1999/2000

Bodenfilter zur Mischwasserbehandlung

4. Februar 2000

- 9:30 Einsatzbereich und konstruktive Gestaltung von Retentionsbodenfiltern
Hartmut Roth (Regierungspräsidium Karlsruhe)
- 10:00 Schmutzfrachtberechnung zum Langzeitverhalten von Bodenfilteranlagen
Theo Schmitt (Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Uni Kaiserslautern)
- 10:30 Betriebserfahrungen mit dem Retentionsbodenfilter Fulda-Fellenweg (Hessen)
Winfried Born (Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft, GH Kassel)
- 11:30 Betriebserfahrungen mit dem Retentionsbodenfilter Langenalb (Baden-Württemberg)
Stephan Fuchs (Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Uni Karlsruhe)
- 12:00 Gewässerbiologische Untersuchungen zur Erfolgskontrolle des Retentionsbodenfilters Langenalb (Baden-Württemberg)
Susanne Schnabel (Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Uni Karlsruhe)
- 12:30 Mikrobiologie und Stoffumsatz mischwasserbeaufschlagter Sandfilter – Laboruntersuchungen an Filtersäulen
Martin Schwarz (Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Uni Karlsruhe)

Sommersemester 2000

Reststoffverwertung

28. Juli 2000

- 9:30 Perspektiven der Klärschlammverwertung – Die Europäische Klärschlammrichtlinie
Roland Wolf (Emscher Genossenschaft, Essen)
- 10:00 Energiebilanz der grobkeramischen Verwertung von Klärschlämmen
Johannes Kraus (Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Uni Karlsruhe)
- 10:30 Verwertungsmöglichkeiten von Sandfanggut, Kanalsanden und Straßenkehricht
Andreas Hitzler (Fa. Brackett Geiger, Karlsruhe)
- 11:30 Möglichkeiten nachhaltiger Sanitär Lösungen – Trennung häuslicher Abwasserströme durch Kompost- und Separationstoiletten
Imke Fittschen (Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Uni Karlsruhe)
- 12:00 Das ABIRER-Projekt Herrenhof – Energetische Nutzung organischer Reststoffe und Abwässer zur Aktivkühlung von Most und Wein
Jan Kai Dobelmann & Dierk Hagen Müller (Staatliche Lehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Weinbau und Gartenbau, Neustadt/Weinstr.)

- 12:30 Neue Konzepte zur Bioabfallverwertung: Co-Transport und Co-Verwertung
Jörg Kegebein (Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Uni Karlsruhe)
- 13:00 Phosphate recovery from wastewater – precipitation conditions
Yonghui Song (Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Uni Karlsruhe)

4.3 Jubiläen

Dieses Jahr standen 2 Jubiläen an:

Prof. Hahn feierte am 03. September sein 30-jähriges Jubiläum als Institutsleiter. Rektor Wittig ging in seiner Festansprache auf den damals fast schon unerhörten Vorgang ein, einen knapp 30-jährigen „Jüngling“ auf den Stuhl des neugeschaffenen Instituts für Siedlungswasserwirtschaft zu berufen. 3 Dekaden später kann man guten Mutes sagen, daß dies eine richtige Entscheidung war, hat doch das Institut unter der kontinuierlichen Führung von Prof. Hahn einen erfolgreichen Weg mit 65 Doktoranten sowie über 350 Diplomanten genommen und ungezählte Studenten in den Bereich Siedlungswasserwirtschaft eingeführt.



Bild 4-1: Rektor Wittig bei der Festansprache

Der zweite „Feiertag“ klang eben schon an: Mit 30 Institutsleiter, bedeutet 30 Jahre später den 60. Geburtstag, der im Rahmen einer Festveranstaltung durch die Freunde und Förderer des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft in Karlsruhe (FISKA) organisiert wurde. Besonderen Dank gilt Herrn Dr. Heiss, der die Veranstaltung maßgeblich vorbereitet hat. Die Laudatio hielt Herr Prof K.R. Imhoff, der den Werdegang von Prof. Hahn von seiner Studienzeit in München, seinem Promotionsaufenthalt in den USA über die Institutsgründung hier an der TH Karlsruhe mit der be-

fruchtenden Wirkung seiner Arbeiten für den ganzen Wasserwirtschaftsbereich nachzeichnete, wobei auch der private Hermann Hahn mit Familie nicht zu kurz kam.

Herr Pfarrer Nagorny von der Landesakademie Baden hielt unter dem Titel „Ökologie der Zeit. Überlegungen und Impulse“ eine besinnliche Rede, die Betrachtungen zum Umgang mit der Zeit aus philosophisch-religiöser Sicht thematisierte. Wer kennt heutzutage nicht den Termindruck, den Zeitstreß, den uns nicht nur unser Arbeitsleben abverlangt. Wohltuend war hier, einmal innezuhalten und quasi von höherer Warte aus unser Verhalten diesebezüglich zu überdenken. Das Wasser hierbei als Symbol einer unvergänglichen Kraft, die Leben bringt, Ausgleich schafft, zu seinem Ziel - dem Meer – hinführt: „Es lehrt mich das rechte Leben“.

Damit war dann auch die Brücke zum letzten Redner geschlagen: Philippe Bergeron. Sein Vortrag „Environmental issues in the new century – The asian perspective“ beschäftigte sich mit den Aussichten und Entwicklungen des wirtschaftlichen Fortschritts auf unsere Umwelt in all seinen Nuancen wie Wasser- und Energiehaushalt, Landwirtschaft, Verstädterung und Industrialisierung, Herrschaftsformen sowie Wohlstand mit dem Schwerpunkt auf den asiatisch-pazifischen Raum. Prognosen zufolge werden in dieser wachstumsstärksten Region des 21. Jahrhunderts die Siedlungsprobleme fokussiert auftreten. Sollten diese Länder dieselben Entwicklungsstadien durchmachen wie die „alten“ Industrienationen, sähe es für die Zukunft wahrlich düster aus. Es bleibt zu hoffen, daß sich durch uni- und bilaterale Kooperationen die damaligen Fehler vermeiden lassen, die erst in den letzten 2-3 Jahrzehnten erkannt wurden und sich nur unter immensen finanziellen Aufwendungen abmildern ließen.

5 Das Bootspraktikum auf der „NAVICULA“

Das Bootspraktikum fand vom 15. – 18. Juni 2000 in Zwingenberg am Neckar statt. Stützpunkt war das Gelände des MYC Neckar. Hier wurde campiert sowie ein Laborzelt eingerichtet, in dem Wasseranalysen und biologische Bestimmungsarbeiten durchgeführt wurden.

Für die Untersuchungen am Neckar wurde z. T. das Institutsboot „Navicula“, das als Landesfahrzeug für Forschung und Lehre zur Verfügung steht, eingesetzt. Es handelt sich dabei um ein Stahlrumpfbboot mit einer Länge von 8,5 m, einem Tiefgang von 0,85 m und einer Mototleistung von 100 PS. Das Boot liegt im Hafen des MYCN in Zwingenberg und dient außerhalb der Universitätsbetriebs als Lehrboot der Wasserschutzpolizei.

Daneben bestand erstmals durch Kooperation mit der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) die Möglichkeit das Laborschiff der LfU „Max Honsell“ zu besichtigen und einen Einblick in das Gewässerüberwachungsprogramm Neckar zu erhalten. An Bord der „Max Honsell“ wurde demonstriert wie zum Zweck der biologischen Gewässergütebeurteilung und zur Arteninventarisierung Sedimentprobenahmen in großen Flüssen durchgeführt werden.

Das viertägige Geländepraktikum umfasste folgende experimentelle Programmpunkte:

- Untersuchungen zum Sauerstoffhaushalt des Neckars
 - a) Sauerstoffproduktion und –verbrauch in der freien Welle
 - b) Sauerstoffzehrung durch das Flusssediment
- Porenwasserchemismus in Sedimentprofilen
- Untersuchungen an einem Nebengewässer des Neckars (Elz)
 - a) biologische Gewässergütebeurteilung
 - b) Gewässerstrukturkartierung
 - c) Beurteilung der Wasserqualität an Kläranlageneinleitungen

Praktikumsleitung:

Dr.-Ing. Stephan Fuchs

Dipl.-Biol. Susanne Schnabel

Dipl.-Biol. Martin Schwarz

Laborleitung:

Stefan Daubenberger

Bernd Schön

6 Besuche/Vorträge von Gastwissenschaftlern

Dr.-Ing. **C. XANTHOPOULOS**, Uni Thessaloniki, 10.-13.09.2000

Dipl.-Ing. **H. PROHASKA**, Uni Thessaloniki, 10.-17.09.2000

Prof. Dr.-Ing. **I. TRIFONOV**, Dekan der Fakultät für Verkehrsbauwesen der Universität für Architektur, Bauwesen und Geodäsie der Universität Sofia, 11.07.2000

Prof. **B. GAO**, Ph.D., DAAD Gastprofessor vom 25.11.1999 – 29.02.2000; Department of Environmental Engineering, Shandong University, Jinan, China

Delegation of Shandong University of Science and Technology, PR China am 14.12.2000

Prof. Dianping **MA**, President

Prof. Zechang **LIU**, Dean

Prof. Shixue **Zhou**

Ass. Prof. Honguan **Yu**

Dr. Alain **PETITJEAN**, Assistent der Geschäftsleitung und Begleiter, Électricité de France (EDF), Chatou bei Paris/Frankreich, 26.Juli 200

7 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 Abwassertechnischen Vereinigung e. V.
- Vizepräsident International Water Association (IWA)
- Vorsitzender des Beirates des Forschungszentrum Umwelt
- Schatzmeister der Europäischen Wasservereinigung (EWA)
- 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

Hoffmann, E.

- ATV Nachbarschaftslehrer in Baden-Württemberg

8 Dissertationen 2000

- M.Sc **Regina Tiemy KISHI**: Einzugsgebietseigenschaften und Fließgewässergüte (Modellierung stofflicher Parameter mit Hilfe raumbezogener Daten), Referent Prof. H. H. Hahn, Korreferent Prof. Dr.-Ing. habil. Hans-Peter Bähr, 16. 02.2000
- Dipl.-Ing. **Imke FITTSCHEN**: Kompostierung menschlicher Ausscheidungen durch Verwendung biologischer Trockentoiletten, Referent Prof. H. H. Hahn, Korreferent Prof. Dr.-Ing. R. Otterpohl, Technische Universität Hamburg-Harburg, 26.07.2000
- Dipl.-Ing. **Clemens WITTLAND**: Angepasste Verfahren zur Industrieabwasserreinigung –Modell zur Verfahrensauswahl, Referent Prof. H. H. Hahn, Korreferent Prof. Dr.rer.nat. Josef Winter, 26.07.2000
- M. Sc. Eng. **Vincent AMU**: Minimierung von Unfällen in Ölröhrleitungen und ökonomische Lebensdauererlängerung der Leitungen in ökologisch sensiblen Gebieten durch intelligente Molchung, Referent Prof. Dr.rer.nat P. Werner, Technische Universität Dresden, Korreferent Prof. H. H. Hahn, 27.07.2000
- Dipl.-Ing. **Volker SCHMID-SCHMIEDER**: Vergleich der Leistungsfähigkeit von Biofilmverfahren bei Sanierungen bzw. Erweiterungen von Kommunalen Kläranlagen, Referent Prof. H. H. Hahn, Korreferent Prof. Dr.rer.nat. Josef Winter, 08.11.2000

9 Diplom-, Vertiefer- und Studienarbeiten

9.1 Diplomarbeiten

- BÖHM, Mark-Oliver**: Chemische Phosphorelimination am Beispiel der Vorfällung/-flockung im Vergleich zur Biologischen P-Elimination, Betreuer Hoffmann; Vert.-Richt. III, 07.01.2000
- LIEBERT, Joachim**: Darstellung der Kostenwirksamkeitsbeziehungen verschiedener Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstrukturgüte, Betreuer Fuchs/Hillenbrand; Vert.-Richt. II, 10.01.2000
- OHNEMUS, Klaus**: Erarbeitung von Bewertungsmaßstäben für Effizienz von Kläranlagen auf der Basis verfügbarer Datensätze, Betreuer Hoffmann; Vert.III, 14.01.2000
- FINKENBRINK, Barbara**: Entwurf eines Regenwasserbewirtschaftungskonzeptes für ein Gebiet mit einem schutzwürdigen Vorfluter am Beispiel des Gewerbegebietes „Im Kirschbaumgewann (Bebauungsplan Nr. 112) / westliche Viernheimer Straße“ der Stadt Weinheim, Betreuer Fuchs; Geoökol., 09.02.2000
- FRAMMERSBERGER, Andreas**: Nutzung des Kanalsystems als Transportpfad für zerkleinerte Küchenabfälle, Betreuer Hoffmann/Kegebein; Vert. II, 21.0.3.2000

- STAUDER, Thomas:** Adsorption of synthetic organic chemicals in groundwater with PAC for subsequent membrane treatment, Betreuer Hahn; Vert.II, 31.03.2000
- VON VOGT, Jan:** Deep bed feltration of biofilter effluents; 29.03.2000
- POLLATZ, Thorsten:** Untersuchungen zur Optimierung der vermehren biologischen Phospatentfernung auf der Kläranlage des Forschungszentrums Karlsruhe, Betreuer Hoffmann/Donnert; 26.04.2000
- KOVÁCS, Viktória:** Der Einfluss der biologischen und chemischen Abwasserreinigung auf die Eigenschaften der anfallenden Klärschlämme; Betreuer Dr. Dulovics/Hahn
- WOLFF, Petra:** Beurteilung der Effizienz von Sandwaschanlagen auf der Basis ausgewählter Größen wie Schwermetalle und Trennschärfe, Betreuer Hoffmann; Vert. III, 26.05.2000
- KLOS, Stefan:** Evaluation of Slow Sand Filtration for the Treatment of Surface- and Rooftop-Runoffs in India and other tropical Areas, Betreuer Hahn; Vert. III, 14.06.2000
- RUFLE, Anita:** Aufarbeitung und kritische Bewertung der Daten aus Bodenanalysen im Nahbereich von Kanalleckagen, Betreuer Fuchs; 11.09.2000
- SCHABER, Martin:** Ermittlung von Überlaufhäufigkeiten und Überlaufdauern von ausgewählten Regenüberlaufbecken im Albatal, Betreuer Fuchs; Vert. II, 27.10.2000
- WILL, Insa:** The Suitability of Slow Filtration as a Pre-Treatment Step for Surface Runoff before the Background of Groundwater Replenishment, Betreuer Hahn; Vert. II, 23.11.2000
- FRIST, Martin:** Advanced Chemical Textile Wastewater Treatment Using Fenton's Reagent, Betreuer Hahn/Dr. Mittal; Vert. II, 27.11.2000
- BÖSINGER, David:** Vergleichende Quantifizierung der Nährstoff- und Schwermetallemissionen, Betreuer Fuchs/Butz; Vert. II, 24.11.2000
- HÜFFMEIER, Nils:** Quantifizierung und Ursachen von Fremdwasser auf Kläranlagen in Baden-Württemberg, Betreuer Lucas/Fuchs; 18.12.2000

9.2 Vertieferarbeiten

- SCHLICHTING, Florian:** Optimierung des Wasserverbrauchs eines Neubaugebietes unter Berücksichtigung derzeit verfügbarer technischer Möglichkeiten und Kostenaspekten, Betreuer Fuchs; 11.02.00
- WINKLER, Ulrich:** Untersuchung der Optimierungsmöglichkeiten der Ammoniumstrippung galvanischer Abwässer im Labormaßstab, Betreuer Hoffmann; Vert. II, 13.04.00
- SALZMANN, Christof:** Untersuchungen zum Sedimentations- und Hydrolyseverhalten von zerkleinerten Küchen Abfällen, Betreuer Hoffmann/Kegebein; Vert. II, 18.04.00
- KNÖLLER, Veronika:** GIS-gestützte Modellierung des erosionsbedingten Bodeneintrages in Fließgewässer, Betreuer Butz/Fuchs; Vert. II, 15.08.00
- MÖBER, Christoph:** Laboruntersuchungen zur Möglichkeit einer mikrobiologischen In-Situ-Sanierung eines gealterten Mineralölschadens, Betreuer Fuchs/Schwarz; Vert. II, 18.08.00
- TROEGER, Kai:** Verbesserung der vermehrten biologischen Phosphatelimination durch Zugabe von Dolomitkalkhydrat, Betreuer Donnert/Hoffmann; Vert. II, 12.09.00

BLANK, Andreas: Orientierende Vorversuche zur Pelletierung von Klärschlamm als Vorstufe einer thermisch/stofflichen Verwertung, Betreuer Kraus; 14.09.00

BÖSINGER, David: Untersuchung eines Biogasreaktors als Komponente eines Sanitärsystems im ökologischen Wohnungsbau, Betreuer Fuchs; Vert. III, 22.9.00

SANIO, Dennis: Wasserstandsmessung an einem Regenüberlaufbecken, Betreuer Kraus; Vert. II, 09.10.00

MEINZINGER, Franziska: GIS-gestützte Evaluation der Wirksamkeit von Erosionsschutzmaßnahmen, Betreuer Fuchs/Butz; Vert. II, 24.10.00

10 Veröffentlichungen

- BUTZ, J.; FUCHS, S. (2000):** EU-Wasserrahmenrichtlinie: Wasser- und Stoffstrommodelle als Bestandteil von Flussgebietsbewirtschaftungsplänen. In: ATV-DVWK-Bundestagung 2000. Stadthalle Karlsruhe, Kongresszentrum, 25.-27. Sept. ATV-DVWK-Schriftenreihe, Bd. 20, S. 727-737. GFA Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., Hennef.
- BÖHM, E.; HILLENBRAND, T. MARSCHEIDER-WEIDEMANN, F.; SCHEMPP, C.; FUCHS, S.; SCHERER, U.; LÜTTGERT, M. (2000):** Emissionsinventar Wasser für die Bundesrepublik Deutschland. Umweltbundesamt Berlin (Hrsg.). UBA- Texte, Nr. 53. Umweltbundesamt, Berlin.
- FUCHS, Stephan (2000):** Verschmutzung von Regen- und Mischwasser. In: Entwässerungskonzepte. ATV-Fortbildungskurs für Wassergütwirtschaft und Abwassertechnik, 15.-17. März 2000 in Kassel. K/1, S. 3-1-3-28. GFA-Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., Hennef.
- FUCHS, S.; BUTZ, J.; SCHERER, U. (2000):** Nutrient and Heavy Metal Emissions into the River Nekkar. In: 4 th International Rhine Conference, 22., 23. and 24. November 2000. Rotterdam.
- FUCHS, S.; SCHERER, U. (2000):** Quantifizierung der Schwermetalleinträge in die Flussgebiete Deutschlands. In: Gewässer, Landschaften. 9. Magdeburger Gewässerschutzseminar Einzugsgebietsmanagement. Tagungsband. ATV-DVWK-Schriftenreihe, Bd. 22, S. 154-157. GFA Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik, e.V., Hennef.
- HAHN, Hermann H. (2000):** Gemeinsam Europa gestalten. In: ATV-DVWK-Bundestagung 2000. Stadthalle Karlsruhe, Kongresszentrum, 25.-27. Sept. ATV-DVWK-Schriftenreihe, Bd. 20, S. 15-17. GFA Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., Hennef.
- HAHN, Hermann H. (2000):** Die Bedeutung der Siedlungswasserwirtschaft für den regionalen Stoffhaushalt. In: Stoffhaushalt in der Siedlungsentwässerung. Krebs, Peter (Hrsg.). Tagungsband. Dresdner Kolloquium zur Siedlungswasserwirtschaft. Schriftenreihe des ISI, Bd. 16, S. 1-16. Technische Universität Dresden.
- HAHN, Hermann, H. (2000):** Dem Boden eine starke Lobby! In: Wasser & Boden, 52. Jhr., H. 10, S. 1.
- HAHN, Hermann H. (2000):** Dramatische Situation. In: SIEG TECH, 16. Jhr., H. 15, S. 28-29.
- HAHN, Hermann H. (2000):** Herausforderungen an einen deutschen Wasserwirtschaftsverband im Zeitalter der Informationstechnik. In: Zukunft der Wasserwirtschaft - Zukunftsaufgaben des ÖWAV, ÖWAV-Workshop am 27. und 28. April 2000 im Bundestagesheim Raach am Hochgebirge, Gloggnitz, Austria. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien.
- HAHN, Hermann H. (2000):** Private müssen Überzeugungsarbeit leisten. Interview. In: GLASKLAR. Informationen der Eurawasser. Eurawasser Aufbereitungs- und Entsorgung GmbH, Berlin (Hrsg.). Ausgabe 2, S. 2-3.
- HAHN, Hermann H. (2000):** Die wasserwirtschaftlichen Konsequenzen des EU-Beitritts anhand der Situation in der Abwasserentsorgung. 6. Internationale Sommerakademie, St. Marienthal. „Wasser im 21. Jahrhundert - Perspektiven, Handlungsfelder, Strategien“.

- HAHN, H.H.; HOFFMANN, E.; ØDEGAARD, H. (Hrsg., 2000):** Chemical Water and Wastewater Treatment VI. Proceedings of the 9th Gothenburg Symposium 2000, Istanbul, Turkey. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- HAHN, H.H.; KRAUS, J. (Hrsg., 2000):** Projektmanagement, Maschinentechnik und gesetzliche Vorgaben. Tagungsband der 14. Karlsruher Flockungstage. Schriftenreihe des ISWW der Universität Karlsruhe (TH). Bd. 103. Institutsverlag-Siedlungswasserwirtschaft, Karlsruhe.
- KISHI, Regina T. (2000):** Einzugsgebietseigenschaften und Fließgewässergüte (Modellierung stofflicher Parameter mit Hilfe raumbezogener Daten). Schriftenreihe des ISWW der Universität Karlsruhe (TH), Bd. 99. Institutsverlag-Siedlungswasserwirtschaft, Karlsruhe.
- KRAUS, Johannes (2000):** Verwertbarkeit von Inhaltsstoffen aus Leichtflüssigkeitsabscheidern. In: ATV-DVWK-Bundestagung 2000. Stadthalle Karlsruhe, Kongresszentrum, 25.-27. Sept. ATV-DVWK-Schriftenreihe, Bd. 20, S. 869-885. GFA Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., Hennef.
- LIEBERT, J.; FUCHS, S.; HAHN, H.H.; HILLENBRAND, T. (2000):** Wirksamkeit von Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstrukturgüte. In: KA-Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, 47. Jhrg., H. 8, S. 1166-1171.
- SCHÄFER, M.; HAHN, H.H.; HOFFMANN, E. (2000):** Acid Extraction of Heavy Metals from Bio-Waste and Bio-Solids. In: Chemical Water and Wastewater Treatment VI. Hahn, H.H.; Hoffmann, E.; Ødegaard, H. (Eds), pp. 327-335. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- SCHÄFER, M.; HOFFMANN, E. (2000):** Lokalisierung und Auftragspotentiale. In: Entsorgungspraxis, H. 4, S. 15-19.
- SCHÄFER, M.; HAHN, H.H.; HOFFMANN, E.; HILLIGARDT, D.; LANG, S. (2000):** Nassmechanische Ausschleusung von Schadstoffen aus Bioabfall. In: Müll und Abfall, 32. Jhrg., H. 8, S. 476-483.
- SCHÄFER, M.; HOFFMANN, E.; HAHN, H.H.; ZEIBIG, M. (2000):** Ergebnisse halbtechnischer Untersuchungen zur Co-Vergärung organischer Siedlungsabfälle. In: Beiträge zur Abfallwirtschaft, Bd. 12, S. 31-48. Technische Universität Dresden. Eigenverlag der Gesellschaft zur Förderung des Instituts für Abfallwirtschaft und Altlasten, Dresden.
- SCHERER, ULRIKE:** Modelling phosphorus transport processes in a small southern German rural catchment. In: The Role of Erosion and Sediment Transport in Nutrient and Contaminant Transfer. Proceedings of a symposium held at Waterloo. Canada, July 2000. IAHS Publ., No 263, pp. 285-292.
- SCHNEIDMADL, J.; FUCHS, S.; HILLENBRAND, T. (2000):** Vergleichende Ökobilanz unterschiedlicher Abwasserkonzepte. In: KA-Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, 47. Jhrg., H. 5, S. 681-696.

11 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 Simultanschlämmen. 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. Verfahrensstechnisches 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 Klärschlammentsorgung. 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-/ Flockungsschlämmen. 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.:** Sichelhautuntersuchungen 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 Ablaufracht. 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. 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? 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. 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. 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 Phosphatelimination 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. 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 Schlammhydrolyse. 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. 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., 1999):** Technologische Aspekte der Wasser-, Abwasser- und Schlammbehandlung. 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.:** Projektmanagement, Maschinentechnik und gesetzliche Vorgaben. 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