Praxismagazin für Trink- und Abwassermanagement wwt-online.de

wasserwirtschaft wassertechnik wwt

9/2014

huss
HUSS-MEDIEN GmbH
10400 Berlin
A11195

Alternativen
Gereinigtes Abwasser als Ressource
Seite 33

Neue Verordnung
Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
Seite 38

Mit 25 Seiten
SPECIAL
INDUSTRIE + WASSER

Abwasserkonzepte für Industriezonen Seite 8

Prof. Dr. mult. Karl-Ulrich Rudolph; Sandra Kreuter; Prof. Dr. Bui DuyCam; Nguyen Van Long

Abwasserkonzept für Industriezonen in Vietnam

BMBF-Vorhaben AKIZ: Wissenschaftliche Ergebnisse und wirtschaftlicher Kollateralnutzen der anwendungsorientierten Wasserforschung.

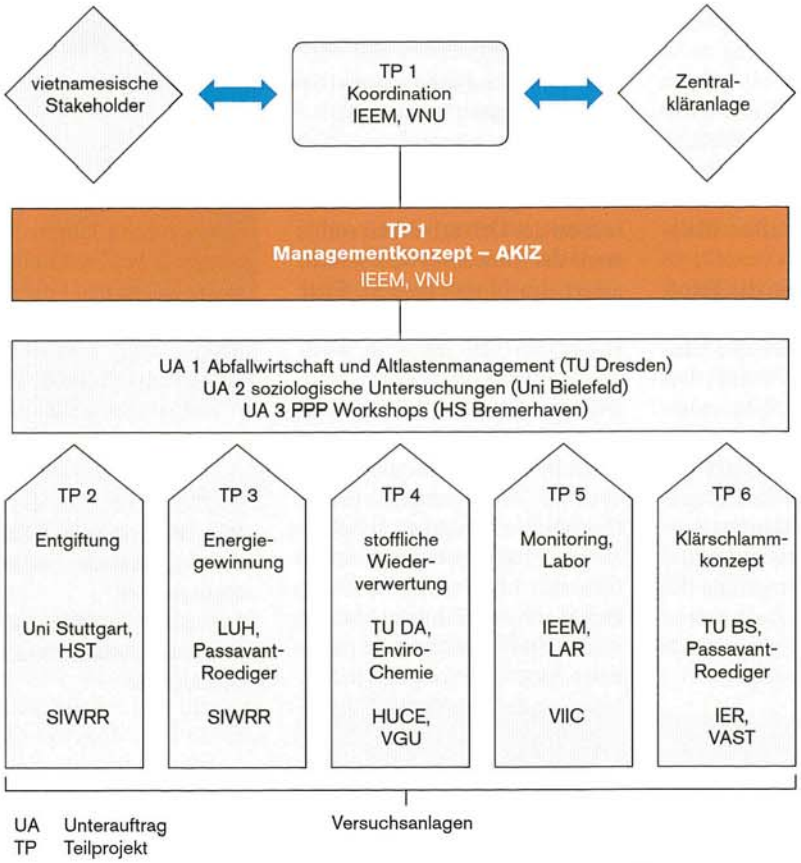

Bild 1 **Struktur des AKIZ-Projekts**

Seit Ende 2009 arbeiten 18 deutsche und vietnamesische Partner gemeinsam für das vom BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) und MOST (Vietnamesisches Ministerium für Wissenschaft und Technik) gemeinsam geförderte Verbundvorhaben AKIZ an der Entwicklung eines integrierten Abwasserkonzepts für Industriezonen in Vietnam /1/ in der Stadt Can Tho im Mekong-Delta. Das Hauptziel des AKIZ-Projekts ist die Entwicklung eines ganzheitlichen Konzepts, das aufgrund integrierter Optimierung von technischen und wirtschaftlichen Komponenten einen langlebigen und nachhaltigen Betrieb der Abwasserinfrastruktur mit zentralen und dezentralen Behandlungsanlagen für Industriezonen in tropischen Entwicklungsländern gewährleistet. Aufgrund der in Vietnam spezifischen wasserwirtschaftlichen, ökonomischen, sozialen, rechtlichen und politischen Rahmenbedingungen stellten sich ganz besondere Herausforderungen, die eine Adaption und Weiterentwicklung von Technologien wie auch besondere Geschäftsmodelle und Finanzierungskonzepte erforderlich machen.

Wie in Bild 1 visualisiert ist, ruht das AKIZ-Projekt auf sechs Säulen, deren Ergebnisse in ein umfassendes Managementkonzept einfließen. AKIZ erhebt den Anspruch, dass die Dreifach-Verknüpfung (triple bridging) durch den ganzheitlichen Ansatz gelungen ist, nämlich die Verbindung von (1.) Theorie und Praxis, von (2.) Ökonomie und Technik und schließlich von (3.) Deutschland und Vietnam /2/.

Teilprojekt TP 1: Koordination und Managementkonzept

AKIZ wird gemeinsam vom IEEM (dem Institut für Umwelttechnik und Management an der Universität Witten/Herdecke) und der Vietnamesischen Nationaluniversität (VNU) über die HUS (Hanoi University of Science) koordiniert. Inhaltlich besteht die Aufgabe des TP 1 in der Zusammenführung der Forschungsergebnisse aus den übrigen Teilprojekten und der Bearbeitung von ökonomischen und finanztechnischen Fragestellungen für das integrierte Abwasserkonzept. In enger Zusammenarbeit mit den beteiligten Industriebetrieben und den örtlichen Fachbehörden unter dem Volkskomitee von Can Tho wurden innovative Technologiekonzepte und Geschäftsmodelle zum Bau und Betrieb der dezentralen Abwasservorhandlungen und zentralen Abwasserklärung für die Industriezone Tra Noc entwickelt. Die Zentralkläranlage ist im Bau; die Inbetriebnahme soll im IV. Quartal 2014 erfolgen.

Mittlerweile haben ca. 35 Studenten (Bachelor- und Masterstudenten sowie Doktoranden) im Rahmen des AKIZ-Vorhabens Forschungsarbeiten durchgeführt. Zwei AKIZ-Mitarbeiterinnen aus Vietnam haben DAAD-Stipendien für ein weiterführendes Studium in Deutschland erhalten, und es gab etliche Forschungsaufenthalte und Ausbildungskurse für Mitarbeiter/Innen von AKIZ-Partneruniversitäten und Klärwerksbetreibern.

Für die Verbreitung der wissenschaftlichen Erkenntnisse und die Verwertung der wissenschaftlichen Ergebnisse in der Praxis werden gezielte Unterstützungsmaßnahmen durchgeführt (Capacity Building, Workshops, Training usw.), vielfach zusammen mit der GIZ (Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit), sowohl am Projektstandort Can Tho als auch an den VNU-Standorten Hanoi und Ho Chi Minh Stadt. Überall dort wurden die relevanten Beteiligten

Bild 2 **Membran-Pilotanlage zur Wertstoffrückgewinnung**

(Volkskomitees, Industriezonenbetreiber, Industriebetriebe, Umweltbehörden, vietnamesische und deutsche Forschungsinstitutionen usw.) eingebunden. Themen von Veranstaltungen waren u. a. Abwassermonitoring, dezentrale Abwasserbehandlung, Abwasserbehandlung für fischverarbeitendene Betriebe, Klärschlammkonzepte, Industrielles Abwasser-Abfallmanagement, Reinigung und Betrieb von Abwasserkanälen in Industriezonen und Kalkulation von Abwasserkosten und Tarifgestaltung.

Um Lösungsmöglichkeiten für die Abwasserprobleme mit den maßgebenden Entscheidungsträgern diskutieren zu können, hatten IEEM/AKIZ gemeinsam mit der ADB (Asian Development Bank) im Oktober 2012 zu einem Gespräch am Runden Tisch in Hanoi eingeladen. Dieses „Round Table Meeting" war das erste seiner Art, bei dem maßgebende Vertreter des MPI (Ministerium für Planung und Investitionen), des MOC (Bauministerium), des MOIT (Ministerium für Industrie und Handel), des MONRE (Umweltministerium) und internationaler Geberbanken (wie Weltbank, JICA, KfW mit GIZ) vertreten waren (Bild 3). Bei den insgesamt ca. 50 namhaften Teilnehmern bestand Einvernehmen, dass der mangelnde Vollzug von existierenden Umweltschutzgesetzen und die unzureichende Überwachung (Monitoring der Abläufe aus abwassertechnischen Anlagen) eine wesentliche Ursache dafür sind, dass die Abwasseranlagen in den Industriezonen nicht funktionieren oder ganz fehlen. Vertreter der vietnamesischen Ministerien wiesen zudem auf Gesetzeslücken, nicht ausreichend klare Regelungen und den enormen Finanzbedarf hin.

Eine enge Zusammenarbeit mit der GIZ und den verantwortlichen vietnamesischen Ministerien (MPI, MOC, MOF) gibt es auch bei der Entwicklung von Empfehlungen zur Überarbeitung des bestehenden „Abwassererlasses"

Bild 3 **Round Table Meeting**

Bild 4 **Klärwerksbesichtigung in Deutschland im Rahmen eines AKIZ-, GIZ-Training**

Bild 5 **CP-Pilotanlage zur Abwasserentgiftung**

Bild 6 **Verbrennungsofen für gefährliche Abfälle**

(Decree 88) – hier insbesondere zu den Bestimmungen über die Erhebung von Abwassergebühren als Finanzierungselement für die Abwasserinfrastruktur in Industriezonen.
Auf Grundlage einer Vereinbarung zwischen BMBF und MOST vom März 2013 ist IEEM/AKIZ mit der Leitung des BMBF/MOST-Büros für Forschungskooperation zu Wasser und Nachhaltigkeit beauftragt worden (www.vd-office.net). Dem Büro obliegt die projektübergreifende Koordination aller von BMBF und MOST unterstützten Vorhaben, zudem die Unterstützung der deutsch-vietnamesischen Forschungsarbeit für die vorgenannten Ministerien.

Teilprojekt TP 2: Abwasserentgiftung mit chemisch-physikalischen Verfahren

In Teilprojekt 2 untersuchen die Firma HST (www.hst.de) mit der Universität Stuttgart (www.iswa.uni-stuttgart.de) die Elimination von toxischen Stoffen aus dem Abwasserstrom eines pestizidverarbeitenden Betriebs. Diese Aufgabe ist von fundamentaler Bedeutung, nicht nur für den Schutz vor irreversiblen Schäden für die Umwelt und die Wasserressourcen, sondern auch für die Sicherstellung des Betriebs der zentralen biologischen Kläranlagen in den Industriezonen. Um verschiedene Technologiekombinationen zur Elimination der toxischen Stoffe testen zu können, wurde eine zweistöckige CP-Anlage errichtet und auf dem Fabrikgelände betrieben (Bild 5). Die Anlage bietet verschiedenste Kombinationsmöglichkeiten für eine physikalische und chemische Abwasserbehandlung, wie Sedimentation, Filtration, Fällung und Flockung, Adsorption an Aktivkohle sowie chemische und weitergehende Oxidation mit Ozon.
Im Rahmen der von AKIZ vorgenommenen Analyse der Abwässer und Giftstoffe, welche bei der Produktion von pestizidhaltigen Pflanzenbehandlungsmitteln in der Fabrik entstehen, wurde festgestellt, dass man einen erheblichen Anteil von toxischen Stoffen durch einfache (und sogar Kosten sparende) Produktionsumstellung aus dem Abwasser heraushalten kann und stattdessen in zumeist pulverförmigen festen Abfällen konzentriert. Um das damit verbundene erhebliche Umweltentlastungspotenzial zu realisieren, hat die GIZ für die AKIZ-Partnerfabrik den Bau einer Sonderabfallverbrennungsanlage (Verbrennungsofen und Abluftbehandlung nach VN-Standard) für die toxischen Abfälle unterstützt (Bild 6). Die aufeinander abgestimmten Projekte von AKIZ (gefördert über das BMBF) und GIZ (gefördert über das BMZ) haben bereits heute zu einer gravierenden Reduzierung der Umweltbelastung mit toxischen Stoffen aus Abwässern und Abfällen der pestizidverarbeitenden Fabrik in Can Tho geführt.

Bild 7 **Pilotanlage zur anaeroben Abwasserbehandlung mit Biogasgewinnung**

Teilprojekt TP 3: Energiegewinnung mit Anaerobtechnik

Mit dem Teilprojekt 3 untersuchen die Firma Passavant-Roediger (www.passavant-roediger.de) mit der Universität Hannover (www.isah.uni-hannover.de) wie man Energie aus Abwasser gewinnen kann, die auch in Vietnam knapp und teuer geworden ist. Die hierfür erforderliche Anaerobanlage wurde auf dem Gelände eines fischverarbeitenden Betriebes errichtet und mit organisch hoch belastetem Flotat aus dem Abwasserstrom des Betriebes beschickt. Das gewonnene Biogas kann dabei verstromt und je nach Bedarf in Wärme oder Kälte umgewandelt werden. In weiteren Untersuchungen wird die Übertragbarkeit der Anaerobtechnologie auf Reststoffe der Bierherstellung (Treber, Geläger) als zusätzliches Einsatzgebiet dieser Technologie getestet (Bild 7).

Teilprojekt TP 4: Wertstoffrückgewinnung mit Membrantechnik

Dass die Wertstoffrückgewinnung aus bestimmten industriellen Abwässern wirtschaftlich durchführbar sein kann, zeigen die AKIZ-Partner EnviroChemie (www.envirochemie.com) begleitet von der TU Darmstadt (www.iwar.tu-darmstadt.de). Hierfür wurde eine Membran-Versuchsanlage mit verschiedenen Teilkomponenten entwickelt und am Standort einer Brauerei in der Industriezone installiert (Bild 2). Das bei der Flaschenreinigung benutzte und mit Aluminium sowie Waschadditiven verschmutzte Hauptlaugenbad lässt sich damit reinigen und so einer Wiederverwendung zuzuführen. Zudem gibt es durch „thermisches Recycling" erhebliche Zusatzeinsparungen, weil für die Erwärmung des recycelten Laugenbades auf 80 °C (Temperatur im Hauptlaugenbad) weniger Energie aufgewendet werden muss. Die Pilotanlage wurde an einem zweiten Standort ebenfalls erfolgreich ausgetestet, und zwar bei einem Fischabfall verarbeitenden Betrieb, der Chitin und Glucosamin in einem Natriumhydroxid-Bad aus den Shrimpsschalen gewinnt. Mit Hilfe der Membrananlage ist es möglich, die Badflüssigkeit zu reinigen, zu recyceln und wertvolles Protein-Konzentrat sowie thermische Energie wiederzugewinnen.

Teilprojekt TP 5: Monitoringkonzept und Analyse-Labors

Im Rahmen des TP 5 entwickeln die Firma LAR Process Analysers (www.lar.com) und das Institut für Umwelttechnik und Management an der Universität Witten/Herdecke (www.uni-wh-ieem.de) ein Überwachungskonzept für Abwassereinleitungen in der Industriezone Tra Noc. Im Rahmen des AKIZ-Projekts wurde ein stationäres Labor entworfen, gebaut und in der IZ Tra Noc betrieben. Das Labor arbeitet mittlerweile seit mehr als drei Jahren. Bei Ringversuchen im Vergleich mit professionellen Großlabors wurden vielfach Bestwerte bei der Analysegenauigkeit erzielt, obwohl das AKIZ-Labor nur als vorübergehendes Forschungslabor für Studenten und junge Wissenschaftlern betrieben wird. Das AKIZ-Labor hat angepasste Verfahren für die Analyse verschiedenster Parameter aus den spezifischen Abwasserproben der IZ Tra Noc entwickelt und erbringt Analysedienstleistungen für alle anderen AKIZ Teilprojekte, aber auch für die IZ Betreiber CEPIZA/CIPCO und für die Tra Noc Water Supply Company (TRANOWACO). Für die Erarbeitung des Monitoringkonzepts mussten ein gültiges Abwasserkataster entwickelt und zusätzliche Bestandserhebungen durchgeführt werden, um unvollständige und unrichtige Daten zu vervollständigen bzw. zu korrigieren. Weil die Toxizität ein unverzichtbarer Über-

Alles fließt.
FLUXUS® misst.
Eingriffsfrei.

Eingriffsfreie Durchflussmessung mit Clamp-On-Ultraschalltechnik

- Einfache Nachrüstung ohne Rohrarbeiten und Versorgungsunterbrechung
- Für alle Rohrmaterialien und Nennweiten - von DN6 bis DN6000
- Exakte bidirektionale Messung mit hoher Messdynamik
- Wasserdichte Sensoren (IP68), geeignet für den direkten Erdeinbau
- Zuverlässige Messung auch bei hohem Feststoffanteil durch NoiseTrek-Modus
- Ideal zur Netzüberwachung und Leckagendetektion

www.flexim.com

FLEXIM

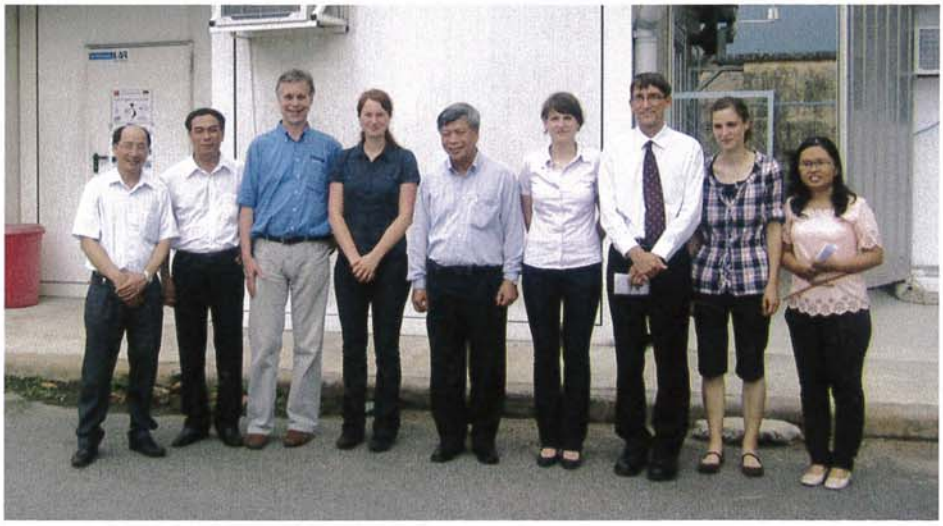

Bild 8 **Stationäres AKIZ Labor in der IZ Tra Noc**

Bild 9 **Mobiler Messwagen mit Echtzeit-Datenübertragungsmöglichkeit u. a. für Toxizität**

Bild 10 **AKIZ-Versuchscontainer zur Klärschlammbehandlung**

wachungsparameter für industrielle Einleitungen ist und sich häufig nur direkt an der Abwasserquelle messen lässt, hat AKIZ mit zusätzlicher Förderung des BMBF zwei mobile Labore mit einem leistungsfähigen Toxizitäts-Analysator konzipiert und konstruieren lassen, die die Möglichkeit einer Online-Datenübertragung in Echtzeit bieten. Das bedeutet sowohl für die manipulationssichere Datenübertragung als auch für den produktionsintegrierten Umweltschutz enorme Vorteile. Die mobilen Messwagen sind bei den vietnamesischen Umweltbehörden, Industriezonenbetreibern und Industriebetrieben auf enormes Interesse gestoßen und haben neue Möglichkeiten der erweiterten Zusammenarbeit zwischen AKIZ und den vietnamesischen Ministerien (insbesondere mit MONRE, dem nationalen Umweltministerium und den örtlichen Umweltbehörden DONREs, aber auch mit MOST / DOST und MPI/DPI) sowie Geberbanken (wie der Weltbank) eröffnet. In einem nach AKIZ von der Weltbank beschlossenen großen Vorhaben IPMV (Industrial Pollution Management Vietnam) wird die Weltbank 17 mobile Abwasser-Monitoringstationen ausschreiben. AKIZ ist dabei in Gesprächskreise zum laufenden fachlichen Austausch eingebunden.

Teilprojekt TP 6: Klärschlammkonzept mit halbtechnischen Versuchen

Durch den Bau dezentraler und zentraler Kläranlagen gewinnt der Umgang mit Klärschlamm in allen Schwellenländern und so auch für Industriezonen in Vietnam an Bedeutung. Im Rahmen des TP 6 Klärschlammkonzept untersucht die TU Braunschweig (www.tu-braunschweig.de/isww) verschiedene technologische Ansätze zur Behandlung der Klärschlämme aus den dezentralen Abwasserbehandlungsanlagen von Industriebetrieben der IZ Tra Noc (u. a. Brauerei, Fischverarbeitung und Chitosanproduktion). Technologische Ansätze wie die Kompostierung und Wurmkompostierung wurden unter den spezifischen Bedingungen für verschiedene Klärschlämme getestet. Zudem wurden in der Versuchsanlage anaerobe Batchtests im semi-technischen Maßstab durchgeführt. Es ließ sich nachweisen, dass sowohl die Vorbehandlung mit chemischer Desintegration, als auch die Co-Vergärung mit Grünschnitt zu einer Biogassteigerung der behandelten Klärschlämme führen kann.

AKIZ: Verwertungsperspektiven und Kollateralnutzen

In rund vier Projektjahren hat AKIZ zunehmend Akzeptanz und Interesse bei vietnamesischen Regierungsstellen, Abwasseranlagenbetreibern und Industrie sowie wissenschaft-

Tabelle: Innovationsbeispiele der sechs AKIZ-Teilprojekte

AKIZ Teilprojekt	Wissenschaftliches Ergebnis	Partner Deutschland	Wissenschaftspartner Vietnam
TP1: Managementkonzept	Lean Cost Concept für IZ Klärwerke mit High-Tech Komponenten kombiniert mit Low Cost Bauteilen	IEEM gGmbH an der Univ. Witten/Herdecke	VNU-HUS www.hus.edu.vn, NEU (www.gsneu.edu.vn)
TP2: Abwasserentgiftung	Hocheffiziente Technologiekombination mit Fällung/Flockung, weitergehender Oxidation (AOP) und Adsorption an Pulveraktivkohle zur Entgiftung von toxischem Industrieabwasser	Universität Stuttgart, HST Systemtechnik GmbH & Co. KG	VNU-HUS
TP3: Energiegewinnung	Entwicklung und Anpassung der Anaerobtechnologie-Verfahrenskette bis zum Einsatz von Biogas für den Betrieb von Kühlanlagen	Leibniz Universität Hannover, Passavant-Roediger GmbH	SIWRR (www.siwrr.org.vn)
TP4: Wertstoffrückgewinnung	Patentierte Verfahrensoptimierung mit chemisch-physikalischer Behandlung vor der Membranseparation für die Entfernung von Aluminium aus der Waschlauge	TU Darmstadt, EnviroChemie GmbH	HUCE (www.dhxd.edu.vn), VGU (www.vgu.edu.vn)
TP5: Abwasser-Monitoring	Tropentaugliche Toxizitäts-Screening-Einheit sowie angepasste chemisch-analytischen Verfahren u. a. für die Bestimmung nicht-ionischer Tenside	IEEM gGmbH an der Univ. Witten/Herdecke, LAR Process Analysers AG	VIIC (www.vinachem.com.vn)
TP6: Klärschlammkonzept	Nachweis der Möglichkeiten und Einsatzgrenzen für naturnahe und technisierte Verfahren zur Behandlung von Industrie-Klärschlämmen unter tropischen Bedingungen	TU Braunschweig	VNU-IER (www.hcmier.edu.vn), VAST (www.vast.ac.vn)

lichen Institutionen Vietnams gefunden. Besonderer Dank für die Förderung des Verbundprojekts AKIZ gebührt dabei dem BMBF als Hauptsponsor des Vorhabens. Über das Begleitprojekt AIM – Assistance for Implementation (www.clientprojekte.de/de/1350.php) hat das BMBF das AKIZ-Team zudem darin unterstützt, das Vorhaben von Anfang an auf wissenschaftliche und wirtschaftliche Verwertungsperspektiven auszurichten. Die Ergebnisse und Erkenntnisse des AKIZ-Vorhabens werden dafür in einem Leitfaden zur Entwicklung integrierter Abwasserkonzepte in Industriezonen veröffentlicht werden (BPG – Best Practice Guide).

Die wissenschaftlichen Ergebnisse von AKIZ lassen sich am besten anhand von tabellarisch aufgelisteten Innovationsbeispielen der sechs Teilprojekte zusammenfassen (Tabelle).

Durch die Komplementärfinanzierung von Zusatzmaßnahmen durch die Weltbank sind AKIZ-Experten bei der Arbeit an einem „Runderlass zur Kalkulation von Abwasserkosten und Festsetzung von Abwassertarifen" eingebunden und für eine Arbeitsgruppe von MPI, MOC und MOF tätig. Es ist beabsichtigt, die entsprechenden Teile des o. g. Leitfadens in diesen Runderlass einfließen zu lassen.

Die Komplementärfinanzierung von AKIZ-Maßnahmen zum Capacity Building im Rahmen der Zusammenarbeit mit der GIZ und anderen Institutionen wie der ADB werden fortgesetzt und nach Möglichkeit intensiviert. Dabei soll der Aufgabenbereich Abwassermonitoring unter Einsatz der mobilen Messwagen auch in anderen Industriezonen stattfinden, zur weiteren Detaillierung und Verifizierung des AKIZ-Konzeptes in zusätzlichen Industriezonen.

Neben solchen wissenschaftlichen und damit verknüpften wirtschaftlichen Verwertungsperspektiven von AKIZ gibt es einen nicht unerheblichen „Kollateralnutzen" dadurch, dass nicht nur die AKIZ-Lösungskonzepte und -Technologien, sondern auch die AKIZ-Beteiligten vor Ort anerkannt sind und sinnvolle Projektentwicklungen unterstützen können. So ist das erste in Vietnam funktionierende mobile Messsystem mit Echtzeit-Datenfernübertragung, Toxizitätsmessung und TOC-Bestimmung der Fa. LAR im Einsatz. Passavant-Roediger hat den Auftrag zum schlüsselfertigen Bau einer großen Wasseranlage für den Hightech-Industriepark Ho Chi Minh City erhalten, wobei u. a. auch die Referenz AKIZ und ein Vortrag der Verfasser vor den entscheidenden Gremien zum Erfolg beigetragen haben. Das zentrale Großklärwerk in Ho Chi Minh City mit einer Endausbau-Kapazität für 830.000 m³/d wird auf Basis einer Referenzplanung als Betreibermodell (DBO) ausgeschrieben. Die von AKIZ-Experten erarbeitete Planung wird wesentliche Elemente des so genannten „Lean-Cost-Concept" enthalten, welche für das Zentralklärwerk der IZ Tra Noc von AKIZ erarbeitet worden war. Es galt das Prinzip: weitgehend automatisierte Steuerung und hochwertige Hightech-Komponenten kombiniert mit preisgünstiger lokaler Bauweise, angepasst an die schwierigen Baugrundverhältnisse im Mekong-Delta.

Dass neben solchen positiven Beispielen einer Erfolgsbilanz auch ungelöste Probleme und technische sowie logistische Schwierigkeiten aufgetreten sind und bei AKIZ noch viel gearbeitet und gelöst werden muss, soll nicht verschwiegen werden. Hauptprobleme sind neben den bekannten Finanzierungsengpässen und Mängeln bei Überwachung und Vollzug im Abwassersektor vor allem auch Qualitätsprobleme. Zu Vieles wird zu billig geplant, gebaut, ausgerüstet und nicht ordnungsgemäß betrieben, geschweige denn nachhaltig gewartet. Deshalb sind die spezifischen Produktionskosten der Abwasserreinigung (€/m³ ordnungsgemäß behandelten Abwassers) in Vietnam zumeist höher als selbst im hochpreisigen Deutschland.

Bild 11 **Versuchsreaktoren zur anaeroben Klärschlammstabilisierung**

LITERATUR

/1/ Rudolph, K.-U.; Fuhrmann, T.; Heinrich, R.; Long, Nguyen Van: Klärtechnik für Vietnams Industriezonen. In: wwt, 9/2010, S. 42 – 45

/2/ Rudolph, K.-U.; Long, N. Van; Ha, M.; Cam, Bui D.; Nam, Nguyen Van; Genthe, W.: Methodological and Strategic Requirements for Research in Water and Sustainability – The Example of AKIZ. In: Journal of Science and Technology, Policy and Management, Vol. 1, Nr. 2, 2012. S. 18 – 28

KONTAKT

IEEM gGmbH – Institut für Umwelttechnik und Management an der Universität Witten/Herdecke
Prof. Dr. mult. Karl-Ulrich Rudolph
Dipl.-Ing. Sandra Kreuter
Tel.: 02302/91401-0
E-Mail: mail@uni-wh-utm.de
www.uni-wh-utm.de