

GECO▶C 2010

Gummersbach Environmental Computing Center

**GECO▶C : Die Spezialisten
für Automatisierung in
Umwelt und Energie**

**Innovative Messtechnik
zur Prozessüberwachung**

**Simulationsmodelle zur
intelligenten Optimierung**

**Software-Agenten für
komplexe Regelungen**

**Energie aus Biomasse,
effizient optimiert**

Gummersbach Environmental
Computing Center



Editorial

Innovation braucht Mut



Prof. Dr. Michael Bongards, Leiter GECO►C

Editorial 2

GECO►C – Unser Team 3

Wasser

Wasser als Lebensmittel 3

Online Messtechnik in Kläranlagen 4

Kläranlage und Kanalnetz als Einheit 4

Automatisierung einer Membrankläranlage 5

Deutsches Know-How erhöht Umweltschutz in Kirgistan 5

Kanalnetz

Kanalnetze 6

Mission „Optimierung“ 6

„Rohr frei“ 7

Digitale Bildanalyse an Entlastungsbauwerken 7

Biogas

Biogas 8

Bioenergie – die natürliche Alternative 8

Impressum

Herausgeber: Prof. Dr. M. Bongards

Redaktion und Layout: Nicole Ley

Druck: Häuser KG

Buch- und Offset-Druckerei

Copyright: Prof. Bongards, GECO►C

GECO►C wird auf 100% Recycling-Papier gedruckt

Geben wir es doch zu: Den alten Spruch „Never change a running system!“ haben wir tief verinnerlicht. Haben wir etwas mit viel Mühe ans Laufen bekommen, dann lassen wir es oft erst mal so wie es ist. Dazu kommt dann noch das Hammer-Paradigma: „Hast du einen Hammer, dann erscheint jedes Problem wie ein Nagel.“ Und unsere eigenen Nägel haben wir mit dem Hammer gut eingeschlagen. Das passt, das funktioniert und wenn sich etwas lockert, dann können wir es wieder mit dem Hammer fixieren.

Was macht denn eine **Innovation** aus? Echte Innovationen sind unbequem, da heißt es: „Zu teuer..., eher unwahrscheinlich..., zu viele technische Risiken...“ Eine Idee, die von den meisten Fachleuten begrüßt wird, ist eigentlich keine Innovation. Da muss man sich eher fragen, warum das noch keiner gemacht hat, wenn die Lösung so offensichtlich ist.

Und wie erzeuge ich Innovationen? Ich kann sie nicht gemäß Bestellung produzieren wie eine **Maschine**. Ich kann nur Voraussetzungen schaffen, in denen Innovationen gefördert werden. Entscheidend hierfür ist die Zusammenarbeit kreativer Menschen aus unterschiedlichen Fachgebieten. Innovationen entstehen oft an den Berührungspunkten unterschiedlicher technisch-wissenschaftlicher Disziplinen. Dabei gilt: Je unterschiedlicher die Bereiche und je intensiver die Kooperation, desto höher wird die **Chance** für echte Innovationen.

Womit wir beim Thema angekommen sind: Der gegenseitigen, innovativen **Befruchtung**

von Automatisierung, Energie- und Umwelttechnik. Das sind Bereiche, zwischen denen erhebliche Unterschiede bestehen. Technische Innovationen bewegen sich in ihnen mit völlig unterschiedlichen Geschwindigkeiten: Automatisierungssysteme müssen nach 5–10 Jahren erneuert werden, Biogasanlagen werden über 20 Jahre abgeschrieben und ein Kanalnetz ist für 50–100 Jahre ausgelegt. So erstaunt es nicht, dass sich der Bauingenieur oder der Umwelttechniker immer wieder wundern, wenn sie hören, dass ein technisches Gerät innerhalb von 15 Jahren seine Leistungsfähigkeit vertausendfacht und der **Preis** dafür gleichzeitig deutlich abnimmt. Diese Entwicklung von Rechnersystemen wird durch das Moorsche Gesetz beschrieben und bewahrt sich seit über 20 Jahren. Das Ende dieser Entwicklung wird – wie der nahende Weltuntergang – zwar immer wieder vorhergesagt, hat sich bisher aber noch nicht eingestellt.

Welche Innovationen sind nun möglich? Hier eine Prognose: Messtechnische **Systeme** werden preiswerter, kleiner und einfacher installierbar. Wenn der batteriebetriebene Ammonium-Sensor für die Kläranlage mit Funkschnittstelle und ca. einem Jahr Betriebszeit nur noch 20 Euro kosten wird, dann werden wir davon gleich 20 Stück einsetzen. Adaptive, modellbasierte Steuer- und Regelungssysteme erkennen aus diesen Messdaten Zustandsänderungen und Optimierungspotenziale, die dem Betreiber den Mut geben, auch seine laufenden Anlagen zu verbessern.

Ähnlich aufgebaute Messsysteme wandern mit dem Substratstrom durch Biogasanlagen und messen Redoxpotenzial und Säurekapazität, wichtige Voraussetzungen für den optimierten und sicheren Anlagenbetrieb. Und die Vernetzung dieser Systeme mittels Konfiguration der Applikationssoftware ist nicht komplizierter als die Inbetriebnahme eines Haushalts-Kühlschranks. Sie halten diese Vision für Unsinn? Dann könnte es eine **Innovation** sein!

Michael Bongards

Kontakt:

Prof. Dr. Michael Bongards
 Tel.: +49 2261 81 96 6419
 Mail: michael.bongards@fh-koeln.de
 Internet: www.gecoc.de
 www.fh-koeln.de/ait

Fachhochschule Köln
 Cologne University of Applied Sciences
 Campus Gummersbach
 Steinmüllerallee 1
 51643 Gummersbach

GECO►C – Unser Team

Innovative Arbeitsgruppe der Fachhochschule Köln, Campus Gummersbach

Seit 2009 gliedert sich die Fachhochschule Köln in 11 Fakultäten, die die organisatorischen Grundeinheiten der Hochschule bilden. Innerhalb dieser Fakultäten gibt es verschiedene Institute, in denen i.d.R. mehrere Professoren tätig sind. So arbeiten im Institut „Automation & Industrial IT“ fünf Professoren in Forschung und Lehre. Von diesen leitet Prof. Dr. Michael Bongards ein interdisziplinäres Forschungsteam, in dem seit 2005 mindestens fünf wissenschaftliche Mitarbeiter und natürlich auch zahlreiche Studenten tätig sind. Das Team hat sich seit 2008 einen offiziellen Namen zugelegt: Gummersbach Environmental Computing Center, kurz GECO►C.

Die Mitglieder der Arbeitsgruppe haben ihr Studium in verschiedenen Bereichen abgeschlossen: Ingenieure, Informatiker, Biologen und Chemiker bilden hier eine effektive Einheit. „Innovationen entstehen aus der Verbindung und dem Dialog verschiedener Wissensgebiete“, ist Prof. Bongards überzeugt. Dies ist auch der Grund für die interdisziplinäre Zusammensetzung seiner Arbeitsgruppe.

Seit Mitte der 90er Jahre beschäftigt sich die Arbeitsgruppe GECO►C der Fachhochschule Köln mit Fragen der Umwelttechnik. Aufgrund zahlreicher – auch internationaler – Projekte besitzt das Forscherteam eine hohe Kompetenz in der Automatisierung, Steuerung und Simulation von Kläranlagen und Kanalnetzen. Zu ihren grundlegenden Werkzeugen zählen u.a. die Methoden der Computational Intelligence (CI), dank derer die Forscher schon viele neue und praktische Lösungen aus den Bereichen der Ingenieurwissenschaften und der Informatik entwickelt haben. Seit 2006 werden die neuartigen Techniken auch an landwirtschaftlichen und industriellen Biogasanlagen erforscht und erfolgreich eingesetzt. Dieses Anwendungsgebiet eröffnete viele bislang ungenutzte Entwicklungsmöglichkeiten und bot dem Team von GECO►C



die Möglichkeit zur innovativen Forschung. Als Folge entstanden zwei Promotionen, von denen eine bereits Ende 2010 abgeschlossen werden wird.

Neben dem wissenschaftlichen Ansatz steht für Prof. Dr. Bongards und seine Arbeitsgruppe die praktische Umsetzung im Vordergrund. Hierbei werden die innovativen Lösungsansätze überprüft und im realen Betrieb umgesetzt. Die dabei stattfindende Entdeckung neuer Forschungsansätze, sehen die Gummersbacher als einen zusätzlichen positiven Aspekt an. So profitieren die industriellen und kommunalen Part-

ner nicht nur von den allgemeinen Verbesserungen durch technische Innovationen, sondern sie verringern meist auch den bislang notwendigen Energiebedarf sowie ihre Kosten.

Das Wissenschaftlerteam kann neue Fragestellungen in Form von Forschungsaufträgen bearbeiten. Auf diese Weise sind Möglichkeiten der finanziellen Förderung von Seiten des Landes NRW, der Bundesregierung, der EU und vielen anderen Organisationen gegeben. „Neuen Ideen gegenüber sind wir immer sehr aufgeschlossen“, lächelt Prof. Bongards auffordernd.

Wasser als Lebensmittel

Wasser ist in vielen Teilen der Erde ein knappes und somit besonders wertvolles Gut. Dies gilt auch für Europa, obwohl die Menschen hier meist noch keinen Wassermangel verspüren. Vielmehr nutzen sie das Wasser in vielfältiger Hinsicht: zum Trinken, Waschen, Reinigen und sogar als Spülmittel für ihre Fäkalien. Für alle diese Bereiche wird "sauberes" Wasser verwendet, so dass die Abwasserreinigung einen wichtigen Bestandteil im Wasserkreislauf darstellt.

Die Abwasserreinigung erfolgt durch Kläranlagen, denen das Wasser meist über weitläufige Kanalsysteme zugeführt wird. Aufgrund steigender ökologischer Anforderungen müssen die Kläranlagen die Qualität des ablaufenden Wassers ständig verbessern. Die im Abwasser enthaltenen Schmutzstoffe, wie anorganische Stickstoff- und Phosphorverbindungen sowie organische Kohlenstoffverbindungen, müssen eliminiert bzw. soweit reduziert werden, dass die vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Grenzwerte eingehalten werden.

Auf der anderen Seite sind die Betreiber der Kläranlagen gezwungen Kosten einzusparen. Um beides zu gewährleisten – Kosteneffizienz und Umweltansprüche – sind komplexe Abwasserreinigungsverfahren und leistungsfähige Automatisierungskonzepte notwendig. An diesem Punkt setzt der Arbeitsbereich des Teams um Prof. Dr. Bongards von der Fachhochschule Köln, Campus Gummersbach, an. Hier findet man die richtige Lösung.



Online-Messtechnik in Kläranlagen

Innovatives Industrieprojekt im CHEMPARK in Leverkusen

In Automatisierungskreisen hat sich die Forschungsgruppe GECO►C der Fachhochschule Köln bereits einen guten Ruf erworben. Auch die Industrie kennt sie mittlerweile, die Spezialisten von der Fachhochschule. Ihr Fachgebiet sind Aufgabenstellungen im Bereich der Umwelttechnik und genau deswegen sind sie auch für die Currenta GmbH & Co. OHG im Einsatz.

Gemeinsam mit dem Betreiber des Gemeinschaftsklärarwerks im Entsorgungszentrum Leverkusen-Bürrig werden innovative Regelungsstrategien für eine gleichmäßige Beschickung der Anlage entwickelt. Die Kläranlage reinigt nicht nur das Abwasser des CHEMPARK, sondern auch das kommunale Abwasser des Wuppertalverbandes. Aktuell liegt die Kapazität der Kaskadenbiologie für das kommunale Abwasser bei 0,3 Mio. Einwohnergleichwerten (EW). Ein Hauptproblem stellen dabei die potenziell hohen Schwankungen in den Konzentrationen des Abwassers dar, die große Unterschiede – je nach Art des Zulaufs – aufweisen können.

Ziel ist eine möglichst gleichbleibende Beschickung der Anlage, um einen stabilen und störungsfreien Betrieb zu garantieren. Dabei stellen die anoxische und aerobe Abwasserbehandlung sowie die Steigerung

der Denitrifikationsleistung wesentliche Aspekte der regelungstechnischen Entwicklungen dar. Die bislang umgesetzten Optimierungs- und Regelungsverfahren zeigen bereits erste Verbesserungen auf. So konnte das Abbauverhalten im Simulationsmodell der Kläranlage optimiert werden.

Erleichterter Messvorgang durch innovative Sonden

Als Forschungsgruppe einer Fachhochschule ist das GECO►C Team immer auf dem neusten Stand der Technik und verfügt bereits über hohe Erfahrungswerte im Einsatz von spektroskopischen Online-CSB- und Nitrat-Messsonden.

„Wir arbeiten auf verschiedenen Kläranlagen mit den spektroskopischen Online-Sonden“, erklärt Dipl.-Ing. Christian Wolf. „Aus diesem Grund war es für uns nahelie-

gend, sie auch auf dieser Großanlage zum Einsatz zu bringen.“ Beide Projektpartner sind mit dem bisherigen Einsatz der Sonden zufrieden.

Langfristig ist geplant, die teuren und stör anfälligen nasschemischen Online-Analysatoren durch die moderneren Messapparaturen zu ersetzen. „Der Messvorgang wird durch die Sonden erleichtert, und auch die Betreiber haben einen deutlich geringeren Reinigungs- und Wartungsaufwand“, beschreibt Wolf die Vorzüge des neuen Messsystems.

Die Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie weist noch weitere Erfolge auf: So wurde nicht nur im Simulationsmodell die Abbauleistung der Kläranlage verbessert, sondern die Berechnungen belegen auch, dass durch den Einsatz der innovativen Regelungsverfahren Energieeinsparungen von mehr als 10 % zu erreichen sind.

Kläranlage und Kanalnetz als Einheit

Bereits seit 2007 beweist die Forschungsgruppe von Prof. Dr. Bongards in Zusammenarbeit mit dem Aggerverband ihr fachliches Know-How in der Automatisierung von Abwasseranlagen. Hierbei stellt KANNST, die integrale Steuerung von Kläranlage und Kanalnetz, das größte Projekt dar. Hinzu kommt, dass eine solche integrale Steuerung in Europa praktisch einzigartig ist. Die bisherigen Erfolge wurden durch die örtliche Umweltbehörde in Ausübung ihrer Kontrollaufgaben bestätigt und durch das MUNLV (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW) über weitere Teilprojekte unterstützt.

Die große Herausforderung bei diesem Projekt ist der ganzheitliche Ansatz, der in der praktischen Umsetzung bisher so nicht erfolgte“, erläutert Dr. Tanja Hilmer, die sich in ihrer Doktorarbeit u.a. mit diesem Thema befasste. „Das grundsätzliche Ziel ist der Schutz des Gewässers“, meint die junge Ingenieurin. „Wir haben verschiedene Aspekte verfolgt, die letztendlich zum Ziel geführt haben. Dazu zählen u.a. die verbesserte Nutzung der vorhandenen Regenüberlaufbecken (RÜB), die Vergleichmäßigung der Zulauffracht zur Kläranlage sowie eine optimierte Regelung der Kläranlage.“

Die ehrgeizigen Ziele wurden durch den Einsatz neuartiger Messtechnik sowie der Verwendung innovativer Methoden, wie z.B. Computational Intelligence (CI), im Rahmen der Regelung erreicht. Dabei bildete ein angepasster Fuzzy-Regler mit einer vorgeschalteten State-Machine das Grundgerüst der Regelung.

Das GECO►C Team entwickelte ein hochkomplexes Simulationsmodell, um die Kläranlage und das Kanalnetz vollständig abzubilden. Die Entwicklung neuer, eigens angepasster Modellkomponenten war dabei von entscheidender Bedeutung. „Innovationen entstehen durch die Verbindung verschiedener Wissenschaften“, ist sich Prof. Dr. Bongards sicher. Aus diesem Grund achtet der Ingenieur der Chemietechnik auch auf die interdisziplinäre Zusammenarbeit seines Teams.

Gefahrlose Optimierung dank Simulationsmodell

Mit Hilfe des neuen Simulationsmodells war es möglich, verschiedene Szenarien der Regelung realitätsgetreu abzubilden ohne in den realen Anlagenbetrieb einzugreifen, bzw. diesen zu gefährden. „Uns ist es wichtig, dass alle Prozesse genauestens abgebildet werden“, kommentiert Prof. Dr. Bon-

gards. „Nur wenn das Modell sämtliche Testdurchläufe besteht, wird die Regelung auf der Anlage eingesetzt. Es handelt sich also um ein Verfahren, von dem nicht nur die Umwelt, sondern auch die Anlagenbetreiber profitieren.“

Um das Gewässer vollständig zu schützen, war ein weiterer Schritt notwendig: „Wir mussten ein umfassendes Sicherheitskonzept entwickeln“, erläutert Dr. Hilmer.

Auf diese Weise stellten die Projektpartner sicher, dass auch bei Ausfall einzelner Regelungskomponenten kein Risiko für die Abwassersysteme, das Gewässer, die Umwelt oder die Anwohner entsteht.

Bereits seit Juni 2009 ist der neuartige Regler im kommunalen Kanalnetz aktiv geschaltet und erbringt seitdem Einsparungen von bis zu 30 %.

„Wir werden diese erfolgreiche Zusammenarbeit auf jeden Fall fortsetzen“, ergänzt die junge Wissenschaftlerin abschließend. „Wir haben noch genug Ideen.“

Automatisierung einer Membrankläranlage

Neu entwickeltes Simulationsmodell für Membranstufe

Membrankläranlagen sind eine attraktive Alternative zu herkömmlichen Belebungsanlagen, vor allem aufgrund ihrer höheren Abwasserqualität und des geringeren Platzbedarfs. Der wirtschaftliche Einsatz dieser Anlagen erfordert einen hohen Grad an automatisierungstechnischer Komplexität, um die kostenintensiven Prozessabläufe zu optimieren.

Zusammen mit dem örtlichen Abwasserverband, der RWTH Aachen sowie den Industriepartnern, ATM Abwassertechnik sowie Klapp+Müller, entwickelt die Forschungsgruppe GECO►C ein allgemein nutzbares Automatisierungssystem. Die Arbeitsgruppe verfügt über hohe Erfahrungswerte in der Automatisierung von Abwasserbehandlungsanlagen und dem damit verbundenen Einsatz von Simulationsmodellen. Bei vielen technischen Prozessen hat sich der Einsatz der Simulationstechnik als Optimierungs- und Trainingswerkzeug bewährt – Beispiel Flugsimulator. Vor allem, wenn zwischen mehreren unterschiedlichen Betriebsoptionen zu wählen ist, kann mit einem Simulationsmodell in die Zukunft gerechnet werden, so dass Fehlbedienungen vermieden werden.



„Das reizvolle an diesem Forschungsprojekt ist, dass es sich um eine Membrankläranlage handelt“, erklärt Dipl.-Ing. Thomas Ludwig. „Die Abläufe an der Membran unterscheiden sich von denen in einem klassischen Belebungsbecken, so dass für diesen Bereich auch unterschiedliche Simulationsblöcke notwendig sind. Da mit den vorhandenen Modulen keine überzeugenden Ergebnisse erzielt werden konnten, haben wir einzelne Blöcke, wie z.B. die Membranstufe,

vollkommen neu erstellt. Es wurde eine äußerst umfangreiche Datenbank aufgebaut, die die Grundlage für die Entwicklung

Simulation läuft hervorragend

Zurzeit erarbeitet das Team eine vereinfachte Bedienerführung, auf Softwareagenten aufbauend, um dem Personal vor Ort einen besseren Überblick über die komplexen Abläufe zu ermöglichen.

In einem weiteren Schritt soll ein Simulationssystem für Schulungszwecke erstellt werden. „Eine solche Trainingssoftware dient der leichteren Einarbeitung“, erläutert Prof. Dr. Bongards. „Unser Automatisierungssystem soll auch Außenstehenden die Abläufe an der Membrankläranlage schnell und effektiv vermitteln können.“

Deutsches Know-How erhöht Umweltschutz in Kirgistan

Dezentrale Überwachung von Kläranlagen auch in entlegenen Regionen möglich

Die Ausstattung einer Kompaktkläranlage am idyllischen Issyk-Kul-See mit einem dezentralen Fernüberwachungssystem hat deren Funktionsweise deutlich verbessert. In Zusammenarbeit mit deutschen und kirgisischen Partnern gelang der GECO►C Arbeitsgruppe nicht nur der Transfer von deutschem Know-How nach Kirgistan, sondern auch ein wichtiger Beitrag zum Umweltschutz in der aufstrebenden Tourismusregion rund um den zweitgrößten Bergsee der Welt.

Dank der internationalen Kontakte von Prof. Dr. Bongards hat sich die Arbeitsgruppe GECO►C auch in Kirgistan einen guten Ruf in der Automatisierungstechnik erworben. Das kirgisische Bauunternehmen BIOR benötigte eine verbesserte Überwachung seiner Anlagen am Issyk-Kul-See. In Kooperation mit der Alfred Kuhse GmbH übernahm die Forschungsgruppe GECO►C die Aufgabe, eine Kompaktkläranlage am Ufer des Bergsees mit einem Fernüberwachungssystem auszustatten.

Ein grundlegendes Problem war, dass bis zu diesem Zeitpunkt Wartung und Überwachung der Anlage in nur unzureichendem Maß erfolgten. Ziel des Projektes war zum einen der Aufbau eines Pilotsystems und zum anderen die Weitergabe von technischem Know-How. Die Kirgisen sollten Aufbau und Bedienung von internet- und mobilfunkbasierten Überwachungsanlagen kennen- und anwenden lernen. Enge Kontakte zur Technischen Universität Bishkek stellten dabei die Grundlage für den Wissenstransfer dar.

Bereits während der Installation konnten Fehler im Betrieb der Anlage erkannt und beseitigt werden.



Das Steuerprogramm der Kläranlage wurde ebenfalls – auf Basis der aufgezeichneten Messwerte – überarbeitet und weiter verbessert. Dabei liefert die automatische Aufzeichnung der Messwerte nicht nur eine deutliche Erhöhung der Datendichte, sondern verringert auch noch das Fehlerrisiko, da die Werte bis dahin nur von Hand aufgezeichnet wurden. „Die kontinuierliche Datenerfassung ermöglicht nun eine Überwachung der Kläranlage von jedem Ort mit Internetzugang und zwar 24 Stunden am Tag“, ergänzt Dipl.-Ing. Peter Kern.

Das Fernüberwachungssystem ist seit Ende 2007 in Betrieb und hat seine Eignung und Zuverlässigkeit während der bisherigen Laufzeit bewiesen. Eine Langzeitstudie der GECO►C Forschungsgruppe hat gezeigt, dass sowohl die Datenaufzeichnung als auch die Übertragung sehr gut funktionieren. Anhand der kontinuierlichen Überwachung konnte BIOR den Betrieb der Kompaktkläranlage essentiell verbessern.

Hinzu kommt, dass an der TU Bishkek ein Labor mit moderner Automatisierungstechnik ausgestattet wurde, so dass die jungen, kirgisischen Ingenieure in Zukunft mit dieser Technik vertraut sein werden.

Mehr Daten, weniger Fehler

„Wir haben unsere Ziele erreicht“, freut sich Prof. Dr. Bongards. „Die Anlage wurde verbessert, die Kirgisen sind nun in der Lage unser Know-How selbstständig anzuwenden und unsere Zusammenarbeit wird auch weiterhin Erfolge zeigen“, ist sich der Arbeitsgruppenleiter sicher.



Kanalnetze

Die Aufgabe eines Kanalnetzes besteht im raschen, ablagerungsfreien Weitertransport des Abwassers zur Kläranlage bei gleichzeitiger Vermeidung von Überflutungsschäden.

In der Vergangenheit wurden Kanalnetze vielfach statisch betrieben und waren dadurch nicht in der Lage, auf die natürlichen Schwankungen im Abflussgeschehen zu reagieren.

Aufgrund der steigenden ökonomischen und ökologischen Ziele setzt sich zunehmend der Trend einer dynamischen Bewirtschaftung von Mischwasser-Kanalnetzen durch.

Hierbei ergeben sich völlig neue Möglichkeiten und Ansätze für eine integrierte Betrachtung von Kanalnetz und Kläranlage. Einen wesentlichen Aspekt stellt dabei der Technologiefortschritt dar, der bei der Informationsverarbeitung, der Prozesssteuerung sowie der Online-Erfassung von Mengen- und Frachtgrößen im Abwasser zum Tragen kommt.

Mission „Optimierung“

Agentensystem im Kanalnetz mit Innovationspreis 2009 ausgezeichnet

Die Ferchau Engineering GmbH belohnte die neuartige Idee der GECO►C Arbeitsgruppe, selbstlernende Softwareagenten zur Regelung von Kanalnetzen einzusetzen, auf der Hannover Messe 2009 mit dem Innovationspreis. Die aufstrebenden Jungforscher entwickelten dabei ein selbstlernendes, benutzerfreundliches Regelungssystem, das vor allem auch durch seine leichte Übertragbarkeit auf andere Kanalnetz-Kläranlagen-Systeme punktete.

In diesem Zusammenhang hat die Arbeitsgruppe GECO►C ein innovatives Regelungssystem entwickelt, welches Software-Agenten verwendet. „Man spricht von einem Software-Agenten, bzw. einem Agentensystem, wenn ein Computerprogramm bestimmte Eigenschaften aufweist, welche es dem System ermöglichen, in einem gewissen Rahmen eigenständig zu handeln“, erklärt der Informatiker Oliver Trauer. „Ein wesentlicher Aspekt hierbei ist, dass die Agenten adaptive Fähigkeiten besitzen, d.h. sie sind selbstlernend und anpassungsfähig.“

Für die Umsetzung verwendete das interdisziplinäre Team der Fachhochschule moderne Simulationswerkzeuge, innovative Regelungsansätze und Datenverarbeitungsstrukturen.

Der größte Vorteil der Software-Agenten besteht in ihrer universellen Anwendbarkeit. Das heißt, sie sind leicht auf Kanalnetze mit abweichenden Eigenschaften und/oder unterschiedlichem Aufbau zu übertragen. Neu bei dieser Entwicklung ist auch, dass das Regelungssystem nach dem marktwirtschaftlichen System arbeitet. Hierbei sorgen die Software-Agenten dafür, dass die vorhandenen Speicherkapazitäten im Kanalnetz optimal ausgenutzt werden. Auf diese Weise kann die Entlastungsrate von

wasser deutlich reduziert werden, so dass bauliche Erweiterungen vielfach unnötig werden. Ein wesentlicher Vorteil, der Kanalnetz-Betreibern viel Geld sparen kann.

Universelle Anwendbarkeit des adaptiven Systems

Im Rahmen des Projektes sollte ebenfalls eine Möglichkeit zur frachtabhängigen Regelung gefunden werden. Dies wurde durch eine Optimierung des Wasserzulaufs zur Kläranlage möglich. Dank der hohen Flexibilität des Systems und der adaptiven Komponenten war diese Anpassung sogar ohne umfangreiche Neukonfigurationen zu erreichen.

„Mit unseren Software-Agenten haben wir

nicht nur ein besonders flexibel einzusetzendes Werkzeug geschaffen, es ist auch in seiner Umsetzung besonders preisgünstig“, freut sich Andreas Stockmann, Ingenieur für Wasserwirtschaft.

Trotz der komplexen technischen und biologischen Hintergründe ist die entwickelte Regelung leicht zu handhaben. „In jedem unserer Projekte steht der Praxisbezug im Vordergrund“, erläutert der Leiter der Gummersbacher Forschungsgruppe, Prof. Dr. Bongards. „Aus diesem Grund achten wir auch auf die benutzerfreundlichen Strukturen unserer Entwicklungen. Unser Ziel ist es, die Umwelt so gut wie möglich zu schützen und gleichzeitig die Handhabung von Systemen im Umweltbereich so leicht wie möglich zu gestalten.“



„Rohr frei“

Intelligentes Spülen im Kanalnetz verbessert den Schutz des Gewässers

Sedimentablagerungen im Kanalnetz wurden in der Vergangenheit als lästige, aber unvermeidbare Nebenerscheinungen akzeptiert. Die bisherigen Maßnahmen reichten von der manuellen Reinigung bis zum Einsatz von ferngesteuerten "Reinigungs-Robotern" und waren dadurch mit einem relativ hohen Arbeits- und Kostenaufwand verbunden. Die neuartige Regelung des GECO►C Forschungsteams soll diese Probleme beseitigen und dadurch die Belastungen der Kläranlage, bzw. des Gewässers reduzieren.

Bei bisherigen Automatisierungssystemen wurde die Reinigung der Kanalnetze von Sedimenten mit eingelagerten CSB-Anteilen nicht berücksichtigt. Dank neu entwickelter und automatisch betriebener Schwallspüleinrichtungen im Kanal besteht nun die Möglichkeit, die oben genannten Ablagerungen weitestgehend zu verhindern, bzw. zeitnah zu beseitigen. Die Folgen sind eine Verbesserung der betrieblichen Situation und ein effektiverer Gewässerschutz.

Die Entwicklung neuer Spülschilde durch den Projektpartner Steinhardt GmbH bildet die Grundlage für eine neuartige Regelung, die sich auf dieses Kanal-typische Problem konzentriert. Das Regelungssystem wird auf einem Neuronalen Netz basieren und kann sich dadurch adaptiv an die jeweils aktuelle Belastungssituation der Kläranlage anpassen. Der Einsatz innovativer Methoden der Computational Intelligence ermöglicht sogar eine Prognose der Belastungssituation der Kläranlage für die nahe Zukunft, wo-

durch die Regelung frühzeitig auf veränderte Situationen reagieren kann.

Vorteile für den Anwender:

- Reduzierung von Ablagerungen
- Vermeidung sommerlicher Geruchsbelästigungen
- Reduzierung von Spülstößen
- Verringerung der KA-Belastung durch Vielzahl an Spülstößen
- Reduzierung der Betriebskosten
- Erhöhung der Betriebssicherheit

Doch damit nicht genug: Die Idee der Forschungsgruppe GECO►C und ihrer Industriepartner, Steinhardt GmbH und SYDRO Consult GmbH, beinhaltet auch die Berücksichtigung von Niederschlagsprognosen. So sollen auch diese Werte – inkl. der damit einhergehenden Belastungen des Kanalnetzes – in die Zukunft prognostiziert werden und mit in die Entscheidungen des Regelungssystems einfließen.



„Mit unserer neuen Regelung betreten wir Neuland im Bereich der Abwassertechnik“, freut sich Prof. Dr. Bongards. „Eine Regelung, die ihre Entscheidungen selbstständig - unter Berücksichtigung von Witterung und Kläranlagen-Belastung – treffen kann, ist am Markt bislang nicht verfügbar.“

Auch bei dieser Neuentwicklung legt der Leiter der Gummersbacher Arbeitsgruppe besonderen Wert auf die Anwenderfreundlichkeit: „Wir wollen, ein System entwickeln, das leicht auf andere Kanalnetze zu übertragen ist. Aus diesem Grund wird auch die Qualität des Übertragungskonzeptes im Rahmen des Projektes intensiv untersucht werden.“

Die Ingenieurin Dr. Tanja Hilmer sieht jedoch noch einen weitaus wichtigeren Vorteil: „Mit solch einer neuartigen Regelung wird vor allem die Betriebssicherheit erhöht, da die Gefahr von Verstopfungen und/oder Querschnittsreduzierungen durch angelagerte Sedimente vermieden werden kann.“

Digitale Bildanalyse an Entlastungsbauwerken

An sogenannten Entlastungsbauwerken wird bei starken Regenereignissen Mischwasser in unsere Gewässer entlastet. Dies dient zum Schutz vor überfluteten Kanalsystemen und überschwemmten Kellern. Die Forschungsgruppe GECO►C plant in Kooperation mit der Steinhardt GmbH eine quantitativ und qualitativ verbesserte Bestimmung der Fließgewässerbelastung, welche durch den Einsatz digitaler Bildanalysesysteme erreicht wird.

Den Anlagen aus der Kanalisations- und Abwassertechnik wird meist wenig Beachtung geschenkt, so dass die Bürger nur im Falle von Fehlfunktionen auf sie aufmerksam werden. Vor allem an Trennbauwerken werden die zu entlastenden Mischwasserabflüsse oft nicht weiter behandelt und führen damit erhebliche Mengen an Schmutz in das Gewässer ein. Für Anrainer sind solche Entlastungen im Zuge starker Regenfälle anhand der sogenannten „Toilettenpapierkennlinie“ er-

kennbar. Die Steinhardt GmbH Wassertechnik hat mit HydroScreen Rechenanlagen und HydroMesi Partikelabscheider hochwirksame Anlagen, um solche Schmutzstoffe herauszuholen. „Leider fehlen konkrete Entscheidungshilfen, wo solche Anlagen erforderlich sind, da sich die Zustände im Kanal regelmäßig verändern“, teilt Dipl.-Ing. J. Steinhardt mit. Ein erster Schritt, um Störungen des ökologischen Gleichgewichts durch Notentlastungen zu unterbinden, ist eine immissionsorientierte Betrachtung der abgeschlagenen Wassermengen.

Qualitative und quantitative Bestimmung der Belastungssituation

Im Rahmen des laufenden Projekts soll der abfließende Volumenstrom mit Hilfe von Methoden der digitalen Bildverarbeitung exakter erfasst werden. Um das zu erreichen, wird eine Technik entwickelt, die kontinuierliche Messungen vor Ort sowie eine hohe räumliche Auflösung ermöglicht. Dabei stellen der hohe Verschmutzungsgrad, die Überflutungsgefahr sowie der notwendige Explosionsschutz wesentliche technische Herausforderungen dar.

Zusätzlich wird mittels der Bildverarbeitung eine Abschätzung der mitgeführten Schmutzfracht durch die abgeschlagenen Wassermengen erfolgen. „Bei der Bildanalyse stellt die Unterscheidung von Wasser und Verschmutzungsmaterialien den wesentlichen Aspekt dar“, erklärt Dipl.-Inf. Oliver Trauer. Durch die qualitativ verbesserte Betrachtung wird auch eine Analyse der baulichen Situation von Entlastungsbauwerken möglich, wodurch der potenzielle Bedarf an neuen Tauchwandkonstruktionen erkennbar wird. „Um die Messtechnik in der Praxis erfolgversprechend einsetzen zu können, muss auch die notwendige Infrastruktur vorhanden sein“, ergänzt Prof. Dr. Bongards. „Es wird ein Konzept entwickelt, welches die Energieversorgung, die Kommunikationstechnik und auch die Datenübertragung regelt.“

Biogas

Die Energiegewinnung aus Biomasse in Form von Biogas hat in den letzten 20 Jahren weltweit stark zugenommen. Speziell in Deutschland haben sich die Rahmenbedingungen für Biogasanlagen in der Landwirtschaft durch das Erneuerbare Energien Gesetz deutlich verbessert. Angesichts steigender Substratkosten und sinkender Stromvergütung gewinnt die intelligente Regelung von Biogasanlagen immer mehr an Bedeutung. Ziel ist eine hohe Anlagenauslastung ohne Störung der Fermentierbiologie. Die Herausforderung liegt hierbei in der Erfassung der Biologie im Fermenter, da es sich um einen biologischen und damit stark variierenden Abbauprozess handelt. Das GECO►C Team entwickelte ein völlig neuartiges Regelungskonzept, um die Besonderheiten in Biogasanlagen entsprechend zu berücksichtigen.



Bioenergie – die natürliche Alternative

Wirtschaftlichkeit durch innovative Prozessoptimierung

Dank der Förderung erneuerbarer Energien durch den Gesetzgeber verfügen die Anlagenbetreiber nun über eine Grundlage für den wirtschaftlichen Betrieb ihrer Biogasanlagen. Dies entbindet die Betreiber jedoch nicht von der beständigen Suche nach Verbesserungsmöglichkeiten. Im Rahmen des Forschungsprojektes MOBIO, das in Kooperation mit der PlanET Biogastechnik GmbH durchgeführt wird, konnte das GECO►C Team bereits eine effektivere Substratverwertung durch den Einsatz innovativer Mess- und Regelungstechnik erreichen.

Ziel des Forschungsprojektes ist die Zusammenführung der neusten Entwicklungen aus den Bereichen Messtechnik und Prozessoptimierung sowie deren Umsetzung in der Praxis. Dabei sollen Biogasmenge und -qualität verbessert sowie gleichzeitig die Energiekosten für den Betrieb der Anlage möglichst gering gehalten werden.

Aus diesem Grund werden verschiedene Biogasanlagen unterschiedlichen Aufbaus und Fütterung untersucht.

Durch die erstmalige Verwendung innovativer Online-Messtechnik ist eine deutlich effektivere Anlagenüberwachung möglich geworden. Dabei kommen Messsonden für pH-Wert, Redoxpotenzial und Trockensubstanz zum Einsatz. Aufgrund der schnelleren Verfügbarkeit der Messdaten ergeben sich neue Ansatzmöglichkeiten zur Prozessoptimierung.

Zeitnahe Überwachung des Gärprozesses

„Sowohl Test als auch Installation sind bislang erfolgreich verlaufen“, ist Prof. Dr. Bongards optimistisch. „Bisher war durch die labortechnischen Untersuchungen ein deutlich höherer Zeitaufwand notwendig, aber nun ist die Überwachung des Gärprozesses zeitnah möglich. Ein wichtiger Erfolg für unsere Arbeit.“

Der Einsatz von Simulationsmodellen ist eine der Kernkompetenzen der Gummersbacher Forschungsgruppe und wird als Werkzeug zur Prozessoptimierung genutzt. Ein solches Modell bildet die zentralen Abläufe in der Biogasanlage realitätsgetreu nach und wird parallel zur Anlage betrie-

ben. Im Modell können verschiedene Abläufe getestet werden, ohne dass der reale Betrieb beeinträchtigt oder gefährdet wird. Gerade im Erhalt des stabilen Anlagenbetriebes sieht Dipl.-Ing. Christian Wolf die Schwierigkeiten der Optimierung: „Die Prozessstabilität ist eine wesentliche Grundlage für den Betrieb einer Biogasanlage.“

Um den komplizierten biologischen und chemischen Prozessen während des Gärprozesses gerecht zu werden, wird der Einsatz vielfältiger Methoden der Computational Intelligence notwendig. „Wir verwenden u.a. Genetische Algorithmen oder PSO (Particle Swarm Optimization)“, erläutert der junge Wissenschaftler. „Beide Methoden nehmen für ihre grundlegenden Prinzipien Naturprozesse zum Vorbild und sind besonders für die Optimierung komplexer Prozesse geeignet.“ Das Ziel ist eine Steigerung der Anlagenleistung durch Auswahl der optimalen Substratzufuhr. „Aus Erfahrung wissen wir, dass hierdurch Leistungsreserven bis zu 20 % aktiviert werden können“, ergänzt Prof. Dr. Bongards. „Man erhält eine höhere Biogasausbeute bei gleichzeitig geringeren Energie- und Substratkosten.“

Das Projekt verläuft nicht nur sehr erfolgreich, sondern hat auch schon eine Vielzahl weiterer, interessanter Ansätze aufgezeigt.

