

IITB

visIT

[H²O] Grundwasser, Oberflächenwasser, Trinkwasser

Fraunhofer

Essay – Wasser und Energie
– eine Partnerschaft

Essay – Stoffstrombetrachtungen
zur Abwassernutzung

Beijing Water – Wasserversorgung
einer Megacity

Integrierte
Gewässerinformationssysteme

AquaBioTox –
Trinkwasserüberwachung

Wassermanagement in Darkhan,
Mongolei

1/2009

www.iitb.fraunhofer.de

ISSN 1616-8240



Fraunhofer

IITB

Impressum

Herausgeber
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Beyerer

Redaktion
Sibylle Wirth

Layout und graphische Bearbeitung
Christine Spalek

Druck
Engelhardt und Bauer
Karlsruhe

Anschrift der Redaktion

Fraunhofer-Institut für
Informations- und Datenverarbeitung IITB

Fraunhoferstr. 1
76131 Karlsruhe
Telefon +49 721 6091-300
Fax +49 721 6091-413
presse@iitb.fraunhofer.de

© Fraunhofer IITB
Karlsruhe 2009

ein Institut der Fraunhofer-Gesellschaft
zur Förderung der angewandten
Forschung e. V. München

9. Jahrgang
ISSN 1616-8240

Bildquellen

Deckblatt Corel Corporation

Personen Fotos
indigo Werbefotografie

Seite 6: Eva-Maria Nehring
Seite 7: MEV
Seite 14: isaacarnquist

Alle andere Abbildungen Fraunhofer IITB

Nachdruck, auch auszugsweise,
nur mit vollständiger Quellenangabe und
nach Rücksprache mit der Redaktion.

Belegexemplare werden erbeten.

INHALT

Essay

Seite 4 **Wasser und Energie – eine Partnerschaft**
Hartwig Steusloff

Seite 6 **Stoffstrombetrachtungen zur Abwassernutzung**
Michael Birkle

Themen

Seite 8 **Beijing Water – Wasserversorgung einer Megacity**
Oliver Krol, Thomas Rauschenbach

Seite 10 **Integrierte Gewässerinformationssysteme**
Thomas Usländer

Seite 12 **AquaBioTox – Onlinefähige Trinkwasserüberwachung**
Helge-Björn Kuntze, Thomas Müller

Seite 14 **Optimierte Trinkwasserversorgung
in der Stadt Darkhan, Mongolei**
Buren Scharaw

Liebe Freunde des IITB,

Wasser ist die wichtigste Ressource für alles Leben auf unserem Planeten. Die Erdoberfläche wird zu ca. 71 Prozent von Wasser bedeckt, allerdings ist nur ein verschwindend geringer Teil als Trinkwasser geeignet und verfügbar, denn 97 Prozent dieses Wassers bestehen aus Salzwasser und das Süßwasser liegt größtenteils als Eis an den Polen, in Gletschern und in Dauerfrosthöfen vor. Die nachhaltige Versorgung der Weltbevölkerung mit hygienischem und toxikologisch unbedenklichem Trinkwasser sowie ausreichendem Nutzwasser stellt eine anspruchsvolle Herausforderung dar.

Im vorliegenden visIT berichten wir anhand ausgesuchter Projekte darüber, welche Lösungsansätze und Stellschrauben die Versorgungssituation verbessern können. So beschreibt zunächst Professor Hartwig Steusloff in seinem Essay die Wechselwirkung zwischen Wasser und Energie, denn die Aufbereitung und Bereitstellung von Nutz- und Trinkwasser ist nur durch den Einsatz von Energie möglich.

Professor Michael Birkle beleuchtet Chancen und Risiken bei der mehrfachen Nutzung des Wassers durch Verwendung von Abwasser z. B. in der Landwirtschaft. Dabei gilt es, ein besonderes Augenmerk auf die im Abwasser vorliegenden stofflichen Bestandteile zu richten, um einerseits eine gefährliche Ausbreitung von Parasiten und pathogenen Bakterien oder Chemikalien zu vermeiden, und andererseits den Vorteil der Düngung durch die organische Fracht zu nutzen.

In dem Projekt Beijing Water zeigen Priv.-Doz. Thomas Rauschenbach und Dr. Oliver Krol am Beispiel von Peking, wie eine Region in einem Wassermangelgebiet mit rapidem Bevölkerungswachstum durch ein Wassermanagementsystem die Verteilung so steuern kann, dass eine nachhaltige Versorgung gewährleistet bleibt.

Das IITB verfügt über eine langjährige Erfahrung im Aufbau großer Umweltportale, die eine Vielzahl von Daten aufnehmen, strukturieren, webbasiert darstellen und unterschiedlichsten Nutzern zugänglich machen. Ein solches offenes und flexibles Portal für die wasserwirtschaftliche Verwaltung und den Gewässerschutz beschreibt Thomas Usländer.

Lassen sich toxische Substanzen in Trinkwasser mittels Sensorik, die auf einem Bildauswertungssystem aufsetzt, nachweisen? Diese Frage war die Motivation zum BMBF-Verbundvorhaben AquaBioTox, in welchem Indikator-Mikroorganismen durch ihre Vitalität Rückschlüsse auf die Qualität erlauben. Hierüber berichten Dr. Thomas Müller und Dr. Helge-Björn Kuntze.

Anhand des Projekts MoMo (Modellregion Mongolei) erläutert Dr. Buren Scharaw ein weiteres Wasserbewirtschaftungs-Managementmodell für Zentralasien mit dem Ziel, durch die Aufbereitung von Trinkwasser die Versorgung nachhaltig, kostengünstig und ökologisch sinnvoll zu optimieren.

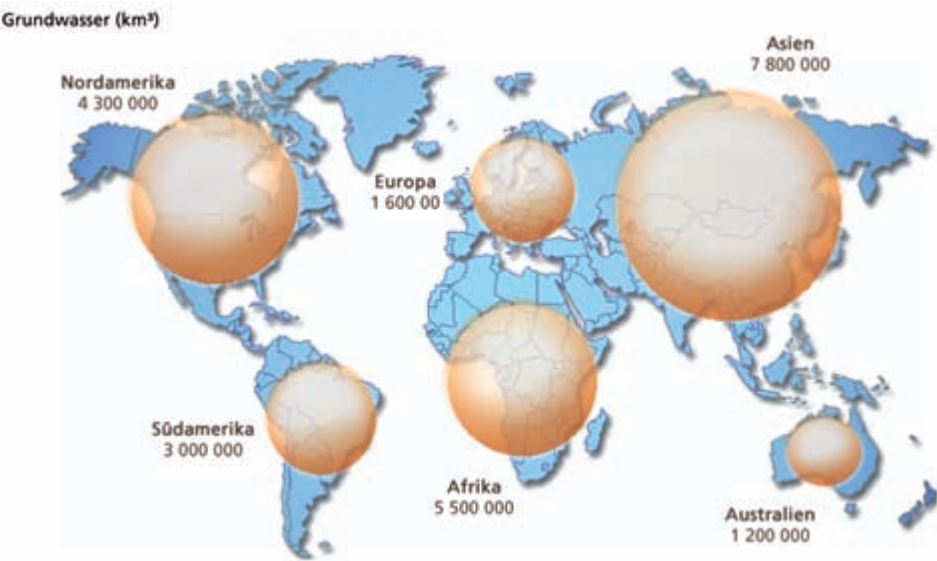
Alle diese Beiträge bieten Lösungsansätze, um die Lebensqualität zu steigern, eine bessere Verteilung zu erreichen und auch für kommende Generationen einen ausgewogenen Umgang mit der Ressource Wasser zu ermöglichen.

Karlsruhe, im Juni 2009
Jürgen Beyerer

Editorial



WASSER UND ENERGIE – EINE PARTNERSCHAFT



DIE BEREITSTELLUNG VON NUTZBAREM WASSER
ERFORDERT ZUNEHMEND DEN EINSATZ VON ENERGIE

Wasser und Energie gehören zu den Grundvoraussetzungen für jede Art von Leben. Während Energieformen oft gegeneinander austauschbar sind, ist Wasser nicht substituierbar. Der Mensch kann Energie speichern und in Mangelzeiten aktivieren; einen nennenswerten Speicher für Wasser besitzt er nicht.

97 Prozent des globalen Wassers ist Salzwasser; nur knapp 3 Prozent sind für die Trinkwasserbereitstellung geeignet (Abb. 1). Der Mensch und die Wirbeltiere benötigen Wasser in flüssiger Form und an der Erdoberfläche, das ohne zusätzlichen Energieeinsatz im Wesentlichen aus Niederschlägen über dem Festland stammt (0,1 Prozent des global vorhandenen Süßwassers).

Zu berücksichtigen ist dabei die Wasserqualität. Trinkwasser für Mensch und Tier (ca. 10 Prozent des Wasserverbrauchs)

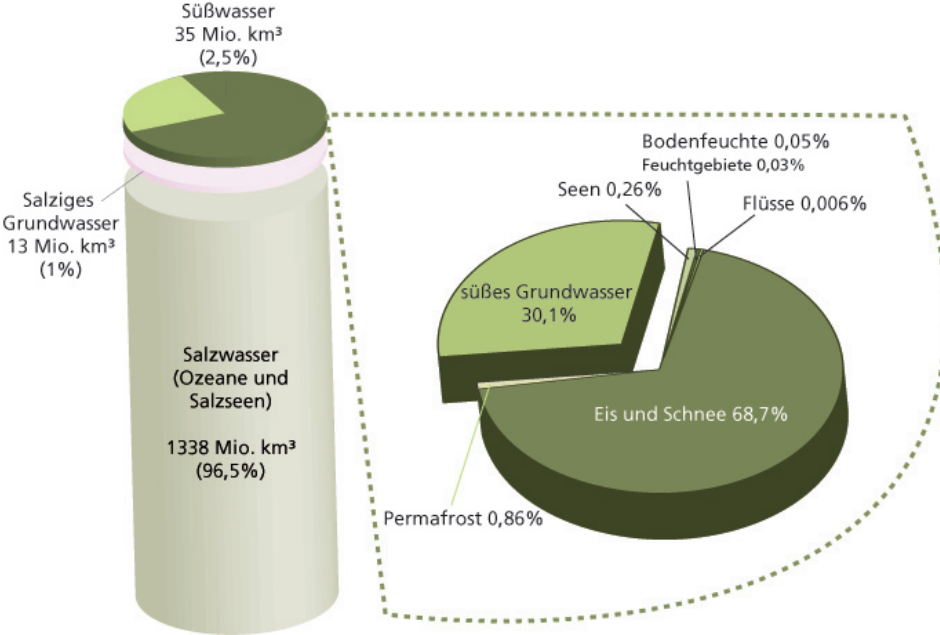
muss frei von pathogenen Keimen und Schadstoffen sein sowie erträglich schmecken. Für die Bewässerung (ca. 70 Prozent) und die Verwendung als Brauchwasser (ca. 20 Prozent) gelten weniger hohe Qualitätsanforderungen. Das bei jeder dieser Nutzungsarten entstehende Abwasser muss behandelt werden, um es dem Süßwasservorrat der Erde wieder zuführen zu können.

Mit weiter ansteigender Weltbevölkerung und steigendem Wasserverbrauch in heute noch unterversorgten Gebieten (1,1 Mrd Menschen leben ohne Zugang zu sauberem Trinkwasser, 2,4 Mrd ohne sanitäre Einrichtungen) wird die Versorgung nur aus Niederschlagswasser nicht mehr möglich sein. Wir müssen Wasser einsparen und / oder neue Wasservorräte erschließen. Für beide Möglichkeiten brauchen wir geeignete Technologien und Energie.

Technologien zum Einsparen von Wasser haben in den entwickelten Ländern zu erheblichem Rückgang des Wasserverbrauchs geführt, nicht zuletzt durch effizientere Verfahren der Bewässerung (Wurzelbewässerung statt Flutung), Anbau von Früchten mit geringerem Wasserbedarf (Getreide statt Reis) sowie Nutzung von geeignet aufbereitetem Abwasser (z. B. Belassung von Nitraten und Phosphaten als Düngemittel). Diese Technologien sparen teilweise sogar Energie ein.

Die Erschließung der erheblichen globalen Grundwasservorräte (Abb. 2) erfordert zumindest Pump-Energie. Grundwasser wird heute schon aus großen Tiefen gefördert, in der nordostchinesischen Ebene z. B. aus bis zu 200 m Tiefe. Grundwasser enthält – je nach Bodenbeschaffenheit – gelöste Stoffe, etwa in Form von Salzen, die mit Energieeinsatz entfernt werden müssen, um bei Bewässerung durch Grundwasser einer langfristigen Versalzung des Unterbodens zu begegnen. Nachhaltige Nutzung von Grundwasser bedeutet zudem die Sicherstellung der Grundwasserneubildung, ggf. durch Verpressung von Oberflächenwasser, was aus Gründen des Energieeinsatzes überwiegend unterbleibt. Ein Absinken des Grundwasserpegels um derzeit mehr als 1 m jährlich in der nordostchinesischen Ebene führt zur mittelfristigen Vernichtung dieser Wasserressource.

Süßwasser kann aus Salzwasser durch sehr energieaufwändige Verfahren (wie z. B. Membranfilterung bei hohem Druck oder Verdampfung und Kondensation) gewonnen werden. Je nach Technologie liegen die Kosten für 1 m³ Wasser bei 60



bis 80 Cent, d. h. bei etwa dem Doppelten der Grundwassernutzung. Problematisch ist die Rückführung der entstehenden Sole in küstennahe Gewässer. Dennoch nutzt die Meerwasserentsalzung eine praktisch unerschöpfliche »Rohstoffbasis«; bei Erzeugung der notwendigen Energie durch Solarkraftwerke ist diese Technologie zumindest nachhaltig, im Gegensatz zum schnellen Verbrauch teilweise sehr alter Grundwasservorräte, vor allem auch in ariden Gebieten.

Der Transport von Wasser über Tankfahrzeuge (regional) oder Leitungen / offene Gerinne (überregional) sei angesprochen. Der Energieverbrauch liegt z. B. bei der Fernwasserversorgung Oberfrankens im Bereich von 0,5 KWh/m³. Eine großräumige Ergänzung von Oberflächen- und Grundwasserressourcen durch entsalztes Meerwasser für im Landesinneren gelegene große Städte erfordert Transportenergie, die langfristig unvermeidbar sein wird.

Entscheidend für die Wirksamkeit all dieser Maßnahmen ist ein überregionales, vielleicht sogar globales Wassermanagement. Die Allokierung von Wasser unter Berücksichtigung des Energiebedarfes kann auf Dauer nicht lokal getroffen werden, sondern muss Wasserverfügbarkeit und Energieverfügbarkeit global optimieren (z. B. Versorgung von Küstenregionen mit ergiebiger Sonneneinstrahlung durch entsalztes Meerwasser plus Wassertransport ins Landesinnere).

Die Energie dazu muss direkt aus der Sonne kommen und muss die mangelnden natürlichen Niederschläge, die ja ebenfalls direkt aus Sonnenstrahlung entstehen, systemisch ergänzen. Der Aufwand zur Bereitstellung solcher erneuerbarer Energie erfordert einen adäquaten Wasserpreis: Wasser ist ein kostbares Gut, dessen Wert als Lebensmittel und Rohstoff uns durch die Kosten immer mehr bewusst werden muss. Auch diese Sicht wird zum schonenden Umgang mit Wasser und Energie beitragen.



Prof. Dr. Hartwig Steusloff

Sonderprojekte China
Fraunhofer IITB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-330
hartwig.steusloff@iitb.fraunhofer.de
www.iitb.fraunhofer.de

STOFFSTROMBETRACHTUNGEN ZUR ABWASSERNUTZUNG



Wasserbeschaffung ist in vielen Teilen der Welt noch Handarbeit: Wasserträger in Nepal.

HERAUSFORDERUNG SAUBERES WASSER

In vielen trocken-warmen Regionen der Erde ist Wasser ein knappes Gut, das nicht nur die Bereitstellung von Trinkwasser oder von Brauchwasser für die Industrie limitiert, sondern auch die Lebensmittelproduktion begrenzt. In weiten Teilen der Erde gelingt eine ausreichende Nahrungsmittelversorgung der Bevölkerung nur durch eine mehr oder weniger intensive Bewässerung in der Landwirtschaft. In den intensiv genutzten Lößregionen der Großen Nordchinesischen Ebene wird mehr als die Hälfte des jährlich verbrauchten Wassers in der Landwirtschaft benötigt.

Will man in den ausgedehnten trocken-warmen bis semi-ariden Regionen der Erde eine langfristig gesicherte, nachhaltige Wasserwirtschaft ohne Einbußen

bei der Agrarproduktion aufbauen, kommt man an einer weitgehenden Abwassernutzung bzw. an einer Mehrfachnutzung des Wassers nicht vorbei. Dabei stellt die landwirtschaftliche Nutzung der kommunalen Abwässer (in der Regel aus einer Mischkanalisation) das primäre Ziel, aber auch das zentrale Problem dar.

Die Hauptbestandteile des kommunalen Abwassers sind, von wenigen Ausnahmen abgesehen, Wasser (aus Regenwasserabläufen und genutztem Trinkwasser) und organische Fracht (überwiegend menschliche Fäkalien und / oder Lebensmittelrückstände). Beide Komponenten werden in der Landwirtschaft gebraucht, Wasser zur Bewässerung, die organische Fracht zur

Humusbildung und die darin enthaltenen Pflanzennährstoffe zur Düngung. Bei steigenden Ernteerträgen und zunehmender energetischer Biomassenutzung werden ergänzende Maßnahmen zur Stabilisierung des Humusgehaltes und des Nährstoffangebotes im Boden immer wichtiger. Humus im Boden ist zum einen ein unverzichtbarer Zwischenspeicher für Wasser und Pflanzennährstoffe und zum anderen wichtig für den Erosionsschutz. Zurückgehende Humusgehalte verschärfen die Auswirkungen von Extremwetterlagen und führen zu Ausschwemmungen von Feinkornanteil, Nitrat, Phosphat etc. in Grundwasser und / oder Oberflächenwasser. Es ist von daher nicht verwunderlich, dass die menschlichen und tierischen Exkremente von Alters her auf die Felder ausgebracht wurden. Problematisch ist diese Praxis heute aus hygienischer Sicht (Parasiten, pathogene Bakterien und Viren etc.) und durch Rückstände von Haushaltschemikalien, Kosmetika und Medikamenten sowie durch in die Mischkanalisation eingeleitete Abwässer aus Handwerk und Gewerbe. Dennoch ist das im kommunalen Abwasser vorliegende Wasser eine wichtige Ressource in Trockengebieten.

Europäische und vor allem deutsche Praxis in der Abwasserentsorgung ist, aus dem kommunalen Abwasser der Mischkanalisation die organische Fracht durch Einsatz von Belebtschlammverfahren als Klärschlamm herauszunehmen. Im Klärschlamm enthalten sind neben der Organik ein erheblicher Teil der Pflanzennährstoffe, z. T. aber auch Schadstoffe aus Haushalt und Gewerbe (z. B. Schwermetalle). Eine landwirtschaftliche Verwertung des Klärschlammes

gilt deshalb in Deutschland als problematisch. Die Bundesländer streben mit mehr oder weniger großen Ausnahmen eine Verbrennung des Klärschlammes an. Das geklärte Abwasser wird, gegebenenfalls nach Denitrifikation und Phosphatfällung einem Vorfluter zugeleitet. Eine landwirtschaftliche Nutzung wird von den unteren Wasserbehörden in der Regel wegen »hygienischer Bedenken« (Krankheitskeime, Arzneimittelrückstände) untersagt. Die in Deutschland favorisierte bzw. angestrebte Entsorgung kommunaler Abwässer führt zu einer »schadlosen« Beseitigung nicht nur möglicher Schadstoffe, sondern auch des überwiegenden Wertstoffinventars. Es ist daher nicht überraschend, dass diese Art der kommunalen Abwasserentsorgung in den trocken-warmen bis ariden Wassermangelregionen der Erde angesichts steigender Lebensmittel- und Düngemittelpreise auf Vorbehalte stößt. Für die dort angestrebte landwirtschaftliche Nutzung der kommunalen Abwässer hat Deutschland weder bewährte Konzepte und Erfahrungen noch eine darauf zugeschnittene robuste low-cost Behandlungstechnik anzubieten. Im Gegensatz dazu ist Deutschland bei der

Nutzung industrieller Abwässer bzw. bei der Aufbereitung und Kreislaufführung von Prozessabwasser durchaus konkurrenzfähig. Industrielle Prozessabwässer sind Stoffstromgemische mit beschränktem, durch die Prozesse gegebenem Stoffinventar. Kommunale Abwässer hingegen sind Stoffstromgemische mit offenem Stoffinventar.

Will man also die Kreislaufwirtschaft durch landwirtschaftliche Nutzung des Abwassers und seiner Wertstofffrachten auch bei kommunalen Abwässern realisieren, muss man bei Management, Verfahren und Technologien für Stoffströme mit offenem Stoffinventar neue Wege zur Nutzung der Wertstofffrachten und zur Vermeidung nicht »tolerierbarer« Schadstofffrachten gehen. Ein Schwerpunkt dabei wird auch die Untersuchung von Lebensdauer, Migration, Sorption und Abbau von organischen Schadstoffen im Oberboden, der Transfer in die Nahrungskette und die wissenschaftliche Abwägung des »Tolerierbaren« sein. Eine große Nachfrage am Weltmarkt für entsprechende Technologien und Produkte zur Abwassernutzung ist vorhanden.



Prof. Dr. Michael Birkle

Sonderprojekte China
Fraunhofer IITB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-380
michael.birkle@iitb.fraunhofer.de
www.iitb.fraunhofer.de/



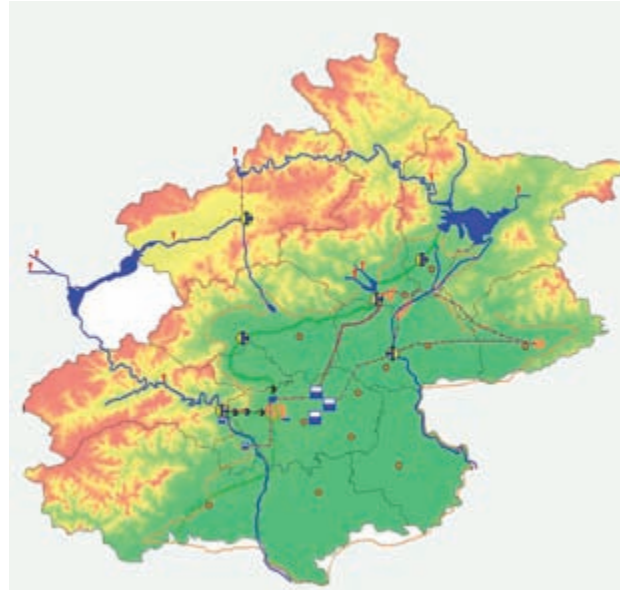
Dr. Oliver Krol

Mess-, Regelungs- und
Diagnosesysteme
Fraunhofer IITB Karlsruhe

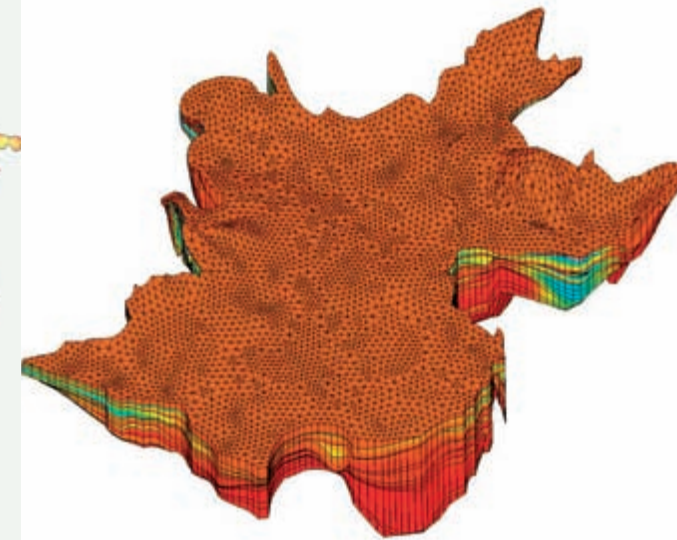
Telefon +49 721 6091-430
oliver.krol@iitb.fraunhofer.de
www.iitb.fraunhofer.de/MRD



In Trockenzeiten bleibt vom Fluss Yongding an der Marco-Polo-Brücke in der Provinz Peking nur noch sein ausgetrocknetes breites Bett.



Karte der Provinz Peking mit den Reservoiren, Flussläufen, Kanälen, Wasserwerken und dem Modellgebiet für das Grundwassermodells.



Das in einzelne Elemente unterteilte 3-dimensionale Grundwassermodell der Region.

Benutzeroberfläche kann der Anwender vielfältige Szenarien generieren, die eine mögliche Entwicklung des Niederschlags, des Wasserverbrauchs und anderer wasserwirtschaftlich relevanter Größen beschreiben und für die das System eine optimale Bewirtschaftungsstrategie berechnet.

Seit Sommer 2008 ist das System in der Wasserbehörde in Peking im Einsatz und die dortigen Mitarbeiter wurden im Umgang mit dem System bereits geschult. Aufgrund der großen Zufriedenheit wird derzeit eine Erweiterung des Systems, das bisher nur die Quantität berücksichtigt, auf die Untersuchung der Qualität erwogen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, dieses System auch auf andere Städte in China und Wassermangelgebiete wie z. B. die Mongolei, Ägypten oder Vietnam zu adaptieren.

ENTSCHEIDUNGSHILFESYSTEM SICHERT LANGFRISTIG UND NACHHALTIG DIE VERSORGUNG DER MILLIONENBEVÖLKERUNG MIT NUTZ- UND TRINKWASSER

Peking liegt am nördlichen Rand der Nordchinesischen Ebene und hat derzeit eine Einwohnerzahl von ca. 14 Mio., mit einer durch Zuwanderung bedingten Wachstumsrate von 0,5 bis 1 Mio. Einwohnern pro Jahr. Das Verwaltungsgebiet der Hauptstadt (Beijing Municipality) umfasst ca. 16.500 km². Durch die starke wirtschaftliche Entwicklung und die permanent wachsende Bevölkerung ist der Wasserbedarf der Region kontinuierlich gestiegen, zumal bisher das Wasser in Peking für die Einwohner kostenlos ist und eine systematische Erfassung des Verbrauchs durch Wasserzähler auch in den privaten Haushalten nicht stattfand. Die Verringerung der Niederschlagsmengen in den letzten Jahren führte zusätzlich zur Verschärfung der Situation. Deshalb wurde in den letzten Jahrzehnten der Bedarf weitestgehend aus dem Grundwasser gedeckt. Mit der Folge,

dass der Grundwasserspiegel im Mittel um 1,5 m pro Jahr absinkt. Auch die Oberflächenwasserressourcen gingen stark zurück oder konnten aufgrund von Kontaminationen nur eingeschränkt genutzt werden.

Die Abteilung MRD und das Fraunhofer Anwendungszentrum Systemtechnik AST Ilmenau arbeiten an einem Entscheidungshilfesystem, das die Pekinger Wasserbehörde bei der Lösung dieses Existenz bedrohenden Problems unterstützt. Die Arbeiten werden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem chinesischen Ministerium für Wissenschaft und Technologie gefördert.

Das Ergebnis der 4-jährigen Forschungszeit ist ein Entscheidungshilfesystem, mit dem die Behörde die Verteilung der Wasserressourcen kurz-, mittel- und

langfristig planen und steuern kann. Neu an diesem Entscheidungsunterstützungssystem ist, dass auf Basis der erstellten Simulationsmodelle und dem Einsatz von Optimierungsverfahren, Strategien für die optimale Verteilung der Wasserressourcen berechnet werden können. Diese Aufgabe kann vom Menschen allein für ein solch komplexes Gesamtsystem nicht zufrieden stellend gelöst werden.

Mit diesem System kann die Pekinger Wasserbehörde jederzeit anhand von aktuellen Verbrauchszahlen und abgeleiteten Prognosen die Wasserentnahmen und -verteilung für unterschiedlichste Zeithorizonte planen. Die besonderen Herausforderungen bei diesem Projekt waren zum einen das sehr große Modellgebiet von 6300 km², für das sowohl ein Grundwasser- als auch ein Oberflächen-

wassermodell entwickelt und beide miteinander gekoppelt werden mussten. Zum anderen sollte das System sowohl reine Simulationsläufe der Modelle erlauben, andererseits jedoch auch modellbasierte Optimierungen von Strategien zur Wasserverteilung ermöglichen. Da die Rechenzeiten für eine Optimierung mit dem vollständigen Grundwasser-Modell bei dieser Gebietsgröße ins Unendliche explodiert, musste eine automatisierte Modellreduktion der Grundwassermodelle entwickelt werden, die die 150.000 Variablen auf ein reines Datenmodell von 10-50 Freiheitsgraden verringerte. Dieses Konzept dürfte weltweit einmalig sein. Selbstverständlich sollte das ganze System darüber hinaus über eine benutzerfreundliche grafische Oberfläche und eine leichte Parametrierung der Modelle mit Hilfe von Karten und Zeitreihen ermöglichen. Mit Hilfe der

Literatur:

- [1] L. W. Mays. Water resources system management tools. McGraw-Hill Companies, Inc. New York, 2005
- [2] T. Bernard, H. Linke, O. Krol: A Concept for the long term Optimization of regional Water Supply Systems using a reduced Finite Element Groundwater Model. VDI/VDE-GMA-Kongress 2007, VDI-Berichte 1980, S. 751-762, Düsseldorf: VDI-Verlag, 2007
- [3] Rauschenbach, Th.; Steusloff, H.; Birkle, M.: Modeling of Beijing municipality's water resources as basis for an optimal water allocation system. In: Proceedings of Beijing Conference on Sustainable Water Management. Beijing, China, 2007
- [4] Rauschenbach, Th.; Pfützenreuter, T.; Zhang, T.; Karimanzira, D.: Simulation based water resources allocation decision support system for Beijing. In: Proceedings of CAIWA 2007, 1st International Conference on Adaptive and Integrated Water Management. Basel, Switzerland, 2007



LÄNDERÜBERGREIFENDE UMWELTDATENBANKEN ZUR KOOPERATIVEN BEOBACHTUNG DER WASSERQUALITÄT

Wasser ist die Grundlage allen Lebens. Das Wissen über die Qualität und die Quantität des Wassers als lebenswichtige natürliche Ressource ist eine wesentliche Voraussetzung für effektiven und nachhaltigen Umwelt- und Gesundheitsschutz. Die Zuständigkeiten der Behörden sind eindeutig geregelt: Trinkwasser unterliegt grundsätzlich bis zum Zapfhahn des Verbrauchers der Überwachung durch das Gesundheitsamt. Informationen über den quantitativen Zustand (u. a. Pegelmesswerte) und qualitativen Zustand (d. h. chemische, biologische und physikalische Gütemesswerte) unserer ober- und unterirdischen Gewässer sowie deren Nutzung werden von den Umweltbehörden in Bund und Ländern in Gewässerinformationssystemen gehalten. Gesetzliche Berichtspflichten regeln den Datenaustausch zwischen den Behörden.

Hier vollzieht sich derzeit, angetrieben von umfassenden Europäischen Richtlinien, ein Umbruch in der Philosophie des Informationsmanagements. Einerseits erfordert das neue Umweltinformationsgesetz die effiziente und verständliche Bereitstellung von Gewässerinformationen für die interessierte Öffentlichkeit, zum besseren Verständnis zunehmend als thematische Karten oder Zeitreihen in grafischer Form und einfach aus dem Internet abrufbar. Andererseits ändert sich der fachliche Blickwinkel auf die Daten. Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) stellt die Betrachtung von Grund- und Oberflächenwasserkörpern gemäß ihren natürlichen und nicht gemäß den organisatorischen Grenzen in den Mittelpunkt. Dazu kommt die Forderung nach einem guten strukturellen Zustand der Flüsse, wozu u. a. die Durchgängigkeit für Fische gehört. Die europäische

Trinkwasserrichtlinie macht die Abgrenzung von Versorgungsgebieten notwendig. Ein Versorgungsgebiet umschreibt ein geografisch definiertes Gebiet, in dem die Qualität des Trinkwassers als nahezu einheitlich angesehen werden kann.

Für Gewässerinformationssysteme erfordert dies ein hohes Maß an Flexibilität: Rohmesswerte müssen in unterschiedlichsten Aggregations-, Format- und Layoutvarianten (z. B. in thematischen Karten, Diagrammen und Berichten) angeboten werden. Für geostatistische Auswertungen und Prognosen ist eine fachliche Verknüpfung mit einer Vielzahl anderer Fachinformationen über unsere Umwelt notwendig, wie zum Beispiel geografische Basisdaten oder Informationen über Infrastruktur, Altlasten, Boden oder Landnutzung. Bei diesen Berechnungen spielen Qualitätssicherungsmaßnahmen und die explizite Angabe von Unsicherheiten (ausgedrückt z. B. in der Sprache UncertML) eine zunehmende Rolle.

Das IITB liefert seit mehreren Jahren passende Software-Lösungen auf der Grundlage der beiden Produktlinien WebGenesis® und WaterFrame®. Sie sind in der behördlichen Wasserwirtschaft in Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Thüringen und Bayern sowie in der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) im praktischen Einsatz und unterstützen dort wesentliche Teile des wasserwirtschaftlichen Verwaltungsvorgangs. Die Systeme sind offen und modular aufgebaut und decken die Anforderungen für Grund-, Oberflächen- und Trinkwasser ab.

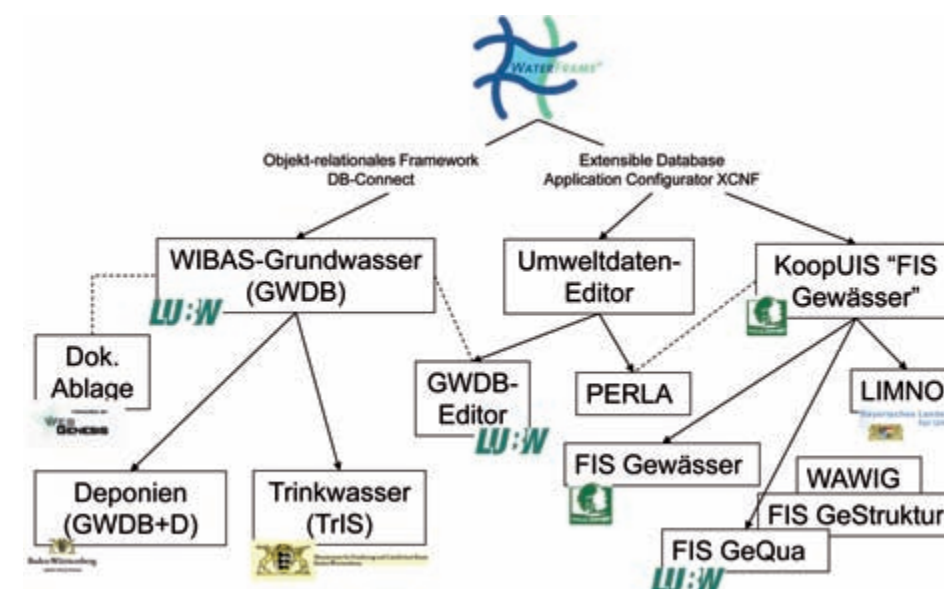
Parallel dazu ist das IITB durch Forschungsprojekte und aktive Standardisierungsarbeit (z. B. beim Open Geospatial Consortium) an der Entwicklung eines integrierten europäischen Umweltinformationssystems (SEIS) beteiligt. Aus informationstechnischer Sicht hat sich zur Realisierung einer dazu passenden Software-Infrastruktur das Dienstekonzept durchgesetzt. Allgemein nutzbare Funktionen (z. B. die Recherche

nach Umweltdaten und -diensten, die Visualisierung von Messwerten mit Raum- oder Zeitbezug) werden über Internet-fähige Dienste (sog. Web Services) gekapselt und können in die jeweiligen Informationssysteme eng oder auch lose gekoppelt eingebunden werden. Die Software-Lösungen des IITB bieten entsprechende Schnittstellen an, so dass sich die Gewässerinformationssysteme der beteiligten Bundesländer nahtlos und schrittweise in die europäischen Infrastrukturen integrieren können.

Weitere Informationen unter <http://www.webgenesis.eu> <http://www.waterframe.eu> und <http://ec.europa.eu/environment/seis/>

Literatur:

- [1] Ballin, W. et al: WaterFrame® - Fortschrittliche Gewässerinformationssysteme durch Kooperation der Bundesländer Baden-Württemberg, Thüringen und Bayern auf fachlicher und technischer Ebene. In: Mayer-Föll, R. and W. Geiger (eds.), Wissenschaftliche Berichte FZKA 7420, F + E-Vorhaben KEWA Phase III 2007/2008, S. 113-122, <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/41267/>, 2008.
- [2] Schmid, H. et al: TrIS - Neuentwicklung des Trinkwasserinformationssystems Baden-Württemberg. In: Mayer-Föll, R. and W. Geiger (eds.), Wissenschaftliche Berichte FZKA 7420, F + E-Vorhaben KEWA Phase III 2007/2008, S. 123-130, <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/41267/>, 2008.
- [3] Usländer, T. »Architectural Viewpoints and Trends for the Implementation of the Environmental Information Space«. In: Hřebíček, J. et al (eds.), 2009: Tagungsband der Europäischen Konferenz TOWARDS eENVIRONMENT, ISBN 978-80-210-4824-9, <http://www.e-environment.org/proceedings>, pp. 130-137, 2009.



Ausprägungen der WaterFrame® Informationssysteme.



Dipl.-Inform. Thomas Usländer

Informationsmanagement
Fraunhofer IITB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-480
thomas.uslaender@iitb.fraunhofer.de
www.iitb.fraunhofer.de/IMT



Dr.-Ing. Thomas Müller

Autonome Systeme und
Maschinensehen
Fraunhofer IITB Karlsruhe

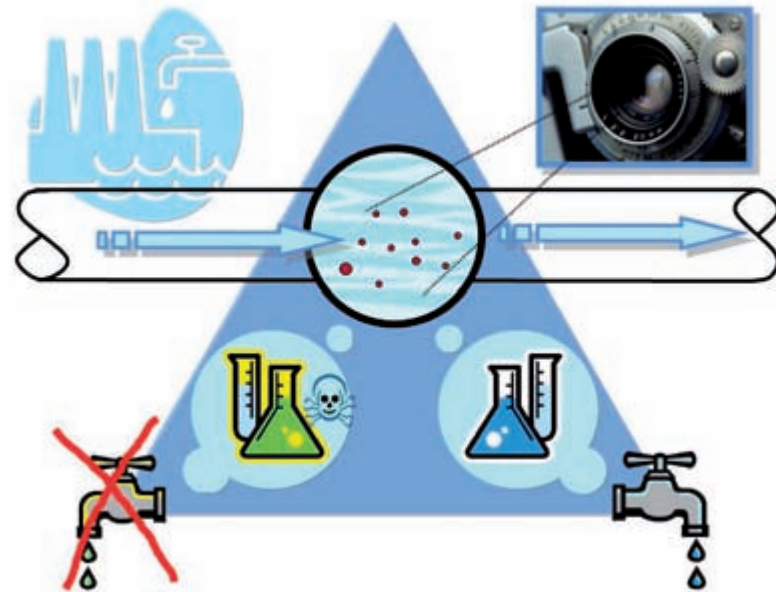
Telefon +49 721 6091-458
thomas.mueller@iitb.fraunhofer.de
www.iitb.fraunhofer.de/ASM



Dr.-Ing. Helge-Björn Kuntze

Mess-, Regelungs- und
Diagnosesysteme
Fraunhofer IITB Karlsruhe

Telefon +49 721 6091-310
helge-bjoern.kuntze@iitb.fraunhofer.de
www.iitb.fraunhofer.de/MRD



Schema des AQUABIOTOX-Sensorkonzeptes.

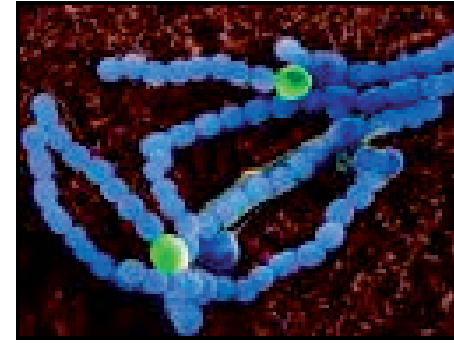
ONLINEFÄHIGE TRINKWASSERÜBERWACHUNG AUF GRUNDLAGE EINES BIOLOGISCHEN BREITBANDSENSORS MIT AUTOMATISCHER BILDAUSWERTUNG

Wassernetze sind einer Gefährdung durch absichtliche oder unabsichtliche Verunreinigungen ausgesetzt. Insbesondere in der Trinkwasserversorgung, die zudem ein potenzielles Terror-Angriffsziel darstellt, müssen Gefahren für die öffentliche Gesundheit rechtzeitig erkannt werden.

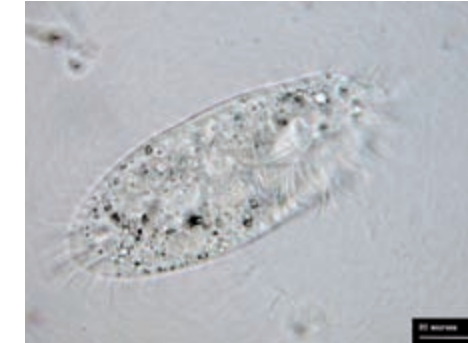
Die Trinkwasserverordnung verlangt deshalb routinemäßige Untersuchungen auf bestimmte Krankheitserreger und chemische Stoffe. Die hierbei eingesetzten Analyseverfahren werden in speziellen Labors offline durchgeführt. Sie sind jedoch einerseits zu langwierig, um in Fällen von Kontaminationen die Bevölkerung rechtzeitig zu warnen und wirksame Abhilfemaßnahmen (z. B. Abtrennung betroffener Teile des Wasserversorgungsnetzes) einleiten zu können. Andererseits beschränken sie sich auf

ein begrenztes Spektrum. Unbekannte oder nicht erwartete toxische Stoffe, die die Gesundheit des Menschen in gleicher Weise bedrohen, bleiben unberücksichtigt.

Für die frühzeitige Erkennung von gesundheitsbedrohenden Kontaminationen im Trinkwasser wird jedoch gerade angesichts einer veränderten Bedrohungslage ein onlinefähiges, breitbandiges Testverfahren für die Trinkwasserkonformität benötigt. Es muss sehr schnell und zuverlässig reagieren, robust gegenüber Fehlalarmen sein, von Personen ohne wissenschaftliche Qualifikation bedient werden können und die Anschaffungs- und Instandhaltungskosten sollten wirtschaftlich vertretbar sein. Gegenwärtig stehen solche onlinefähigen und breitbandigen Testverfahren bzw. Sensorsysteme nicht zur Verfügung.



Organismen mit unterschiedlichen Nährstoffansprüchen: von Bakterien und Algen als Nahrungsquelle bis hin zu oligotrophen Bakterien, die in Frischwasser leben: Cyanobakterien und Geißeltierchen.

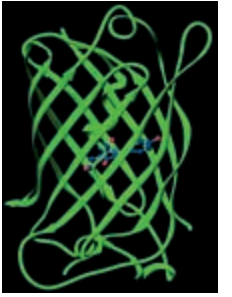


In dem seit einem Jahr laufenden BMBF-Verbundvorhaben AquaBioTox wird daher ein generisches Trinkwasser-Überwachungskonzept für einen onlinefähigen mikrobiologischen Breitband-Toxizitätssensor entwickelt und prototypisch realisiert. Das Konzept soll auf automatischer Bildauswertung aufsetzen und sich mit anderen, am Markt verfügbaren, toxisch relevanten Sensoren bzw. integrierten Sensorchips sinnvoll kombinieren lassen. Das vorgeschlagene Biosensorprinzip beruht darauf, aus dem Hauptwasserstrom eine kleine Menge abzuzweigen und damit Indikator-Mikroorganismen zu umspülen. Deren Vitalität wird von einer geeignet positionierten und ausgelegten Kamera kontinuierlich beobachtet und automatisch ausgewertet. Sollten sich im Vergleich zu einer ebenfalls beobachteten, von reinem Wasser umspülten, Nullprobe charakteristische Veränderungen der Vitalität ergeben (etwa hinsichtlich Beweglichkeit, Farbänderung, Trübung oder Zerfall von Kolonien), signalisiert das dem Wasserversorger eine Anomalie.

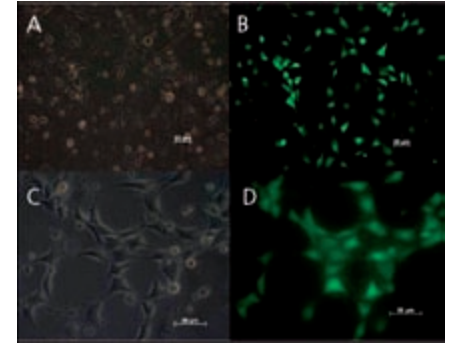
Die Vitalität der verwendeten Mikroorganismen verändert sich jedoch nicht ausschließlich in Abhängigkeit von der

Toxizität des Wassers, sondern möglicherweise auch bei anderen unbedenklichen Schwankungen des Wasserzustandes (z. B. Temperatur, pH-Wert, O₂-Gehalt etc.). Daher ist es notwendig, die Umgebungsbedingungen der Mikroorganismen in dem Prozess durch Automatisierung so zu stabilisieren, dass eine eindeutige Abhängigkeit zwischen anormalem Vitalitätsverhalten der Mikroorganismen und der Toxizität des Wassers aufrecht erhalten wird. Der verfahrenstechnische Prozess wird vom Projektpartner Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB entwickelt.

Die Online-Diagnose relevanter Vitalitätsmerkmale der Mikroorganismen (z. B. Bewegungsgeschwindigkeit, Farb- oder Leuchtverhalten) erfolgt mit Hilfe eines geeigneten bildgebenden Sensors und unter Verwendung modell- und wissensbasierter Methoden der automatischen Bildauswertung. Für die Fusion der heterogenen Sensorinformationen und -daten zu einem belastbaren Gesamtdiagnoseergebnis werden verschiedene probabilistische Methoden (Bayes-Verfahren) sowie lernfähigen Neuro-Fuzzy-Methoden untersucht und optimiert.



Green-fluorescent protein GFP



Expression von GFP in molekularbiologisch modifizierten Zellsystemen.

Die zunächst auf einer gemeinsamen Systemplattform des Systemherstellers bbe Moldaenke (Projektpartner) integrierten und vorgetesteten Hardware- und Softwarekomponenten werden schließlich in einem stillgelegten Bereich des Netzes der Berliner Wasserbetriebe (Projektkoordinator) unter realistischen Praxisbedingungen erprobt und optimiert.

Literatur:

- [1] Beyerer, J.: Vorrichtung und Verfahren zur Online-Kontrolle von Trinkwasser auf Humanverträglichkeit innerhalb eines Trinkwasserversorgungsnetzes, Patentanmeldung am 14.03.2007, Amtliches Aktenzeichen: 10 2007 012 970.1
- [2] Frey, Ch.; Kuntze, H.-B.: Neuro-Fuzzy-basierte Sensorfusion zur qualifizierten Schadensdiagnose an Abwasserkanälen. In: tm 70 (2003) 07/08, S. 386-397
- [3] Frey, Ch.; Kuntze, H.-B.: Neuro-Fuzzy-basiertes multisensorielles Diagnosekonzept zur qualifizierten Schadensdiagnose an Abwasserkanälen. at - Automatisierungstechnik 53 (2005) H.7, S. 332-341
- [4] Laubenheimer, A.: Automatische Registrierung adaptiver Modelle zur Typerkennung technischer Objekte. Universitätsverlag Karlsruhe Dissertation, 2004
- [5] T. Müller, T. Honke, and M. Müller: CART III - Improved Camouflage Assessment Using Moving Target Indication. SPIE Defence and Security Symposium, Orlando, Florida/USA, April 13-17, 2009. In Proceedings of the SPIE: Infrared Imaging Systems: Design, Analysis, Modeling, and Testing XX, 2009.

OPTIMIERTE TRINKWASSERVERSORGUNG IN DER STADT DARKHAN, MONGOLEI



Darkhan mit seinen rund 75.000 Einwohnern liegt 200 km nordwestlich von Ulan Bator.

Seit Sommer 2006 arbeitet die Arbeitsgruppe »Wasserversorgungs- und Abwasserbehandlungssysteme« des Fraunhofer Anwendungszentrums Systemtechnik Ilmenau mit Partnern anderer Institutionen am Projekt »Integriertes Wasserressourcen-Management (IWRM) in Zentralasien: Modellregion Mongolei (MoMo)« erfolgreich zusammen.

Durch den rasanten Bevölkerungszuwachs, die zunehmende Industrialisierung, die Bergbauindustrie, die Migration vom Land in die Städte, die Austrocknung der Gewässer, Abschmelze der Gletscher, die Abholzung der Wälder, die zerstörten Gras- und Weidenlandschaften und die Verschmutzung der Frischwasserressourcen bestehen in der Modellregion erhebliche Probleme. Sie beeinflussen die Lebensgrundlagen der Bevölkerung negativ und begrenzen die soziale und wirtschaftliche Entwicklung dieser Regionen bereits jetzt. Entsprechend groß ist der Handlungsbedarf zur Verbesserung der siedlungswasserwirtschaftlichen Infrastruktur sowie der

Überwachung und der Sicherstellung der Trinkwasserversorgung. Ein Ziel an dem das AST arbeitet ist es, eine ökologisch und ökonomisch nachhaltige und optimale Trinkwasserversorgung in der Modellregion zu etablieren.

Mittels des im AST entwickelten Softwaretools HydroDyn werden die Schwachstellen und Engpässe des Trinkwasserversorgungsnetzes der Stadt Darkhan bestimmt und so die Grundlage für eine optimale Auslegungsplanung sowie optimierte Vorschläge zur Bewirtschaftung unterbreitet. Hierdurch können die teilweise immens hohen Sanierungs- und Betriebskosten minimiert werden. Über Kostenvergleichsrechnungen werden Sanierungsalternativen untersucht und Entscheidungshilfen dahingehend vorgeschlagen, ob systematische Reparaturen oder komplette Erneuerungen mit den jeweils erforderlichen Investitionen zu einem optimalen Kapitaleinsatz führen. Neben der Analyse des derzeitigen Zustandes der Anlagen und der anzusetzenden Sanierungskosten wurden in den

Ansätzen die verfügbaren Einnahmen (Gebühren), Nutzungsdauer der Anlagen und die Belange der Nutzergruppen berücksichtigt. Die Integration bzw. die Erschließung der Jurtensiedlungen in das öffentliche Trinkwassernetz soll eine Verbesserung der Lebensbedingungen in der ausgewählten Modellregion bewirken.

Während in den Jahren 2006 und 2007 das Hauptaugenmerk zunächst auf den Bereichen Grundlagenerhebung des Trinkwasserversorgungssystems der Stadt Darkhan (Bestandsaufnahme, Datenerfassung, System- und Problemanalyse sowie Datenaufbereitung) lag, konnten im Jahr 2008 nun erste Auswertungen und Netzsimulationen durchgeführt werden. Es wurden bereits früher aufgestellte Vermutungen nun rechnerisch belegt. So zeigte sich beispielsweise, dass in einigen Teilbereichen des Versorgungsnetzes recht hohe Druckschwankungen im Tagesverlauf auftreten. Derartige Schwankungen führen zu einer unnöti-

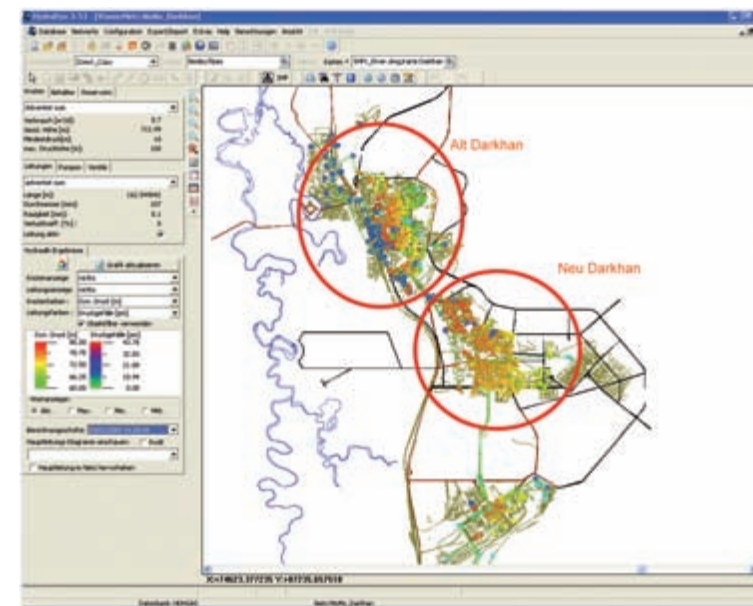
gen Belastung von Leitungen und damit zu vorzeitiger Alterung und Leckagen. Hier könnte der Einsatz von Druckregulventilen in bestimmten Netzbereichen helfen.

Die Aufstellung einer Gesamtwasserbilanz der Stadt, welche mit den mongolischen Projektpartnern zusammen erarbeitet wurde, ergab, dass sich die Wasserverluste derzeit auf etwa 40 Prozent des eingespeisten Trinkwassers belaufen. Zusammen mit den veralteten ineffizienten Förderpumpen, die hohe Stromkosten verursachen, entstehen so dem Betreiber USAG große finanzielle Belastungen. Dieser arbeitet momentan mit einer sehr geringen Kostendeckung, so dass kaum finanzielle Mittel für eine Sanierung vorhanden sind. Es werden lediglich akute Probleme gelöst. Hier kann angesetzt werden, um in der derzeit geplanten Phase II des Projektes ein Umsetzungskonzept für eine effiziente Leckortung und die nachhaltige Netzsanierung zu erarbeiten. Zur Kostenminimierung beim Betrieb der Pumpen

wurde im HydroDyn ein Modul zur Bestimmung eines energieoptimalen Pumpenfahregimes entwickelt. Da das Hydraulikmodell nichtlinear und vor allem unstetig ist, wurde für die Optimierung ein Genetischer Algorithmus verwendet.

Anhand der bisher gewonnenen Erkenntnisse wurden für den weiteren Projektverlauf und insbesondere für die Phase II nachfolgende Ziele aufgestellt:

- Eine nachhaltige Aufbereitung des Trinkwassers mit neuesten Lösungsansätzen.
- nachhaltiges Monitoringprogramm zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung der Stadt Darkhan und der ländlichen Bevölkerung mit einer ausreichend guten Qualität und Quantität.
- Untersuchung von Einflussgrößen auf Alterung und Verschleiß von Anlagen in Trinkwasserversorgungsnetzen.
- Modellbasierte Simulation zur optimierten Positionierung von Sensoren zur Minimierung der Wasserverluste.



Simulationsergebnisse des Trinkwasserversorgungsnetzes der Stadt Darkhan.

Literatur:

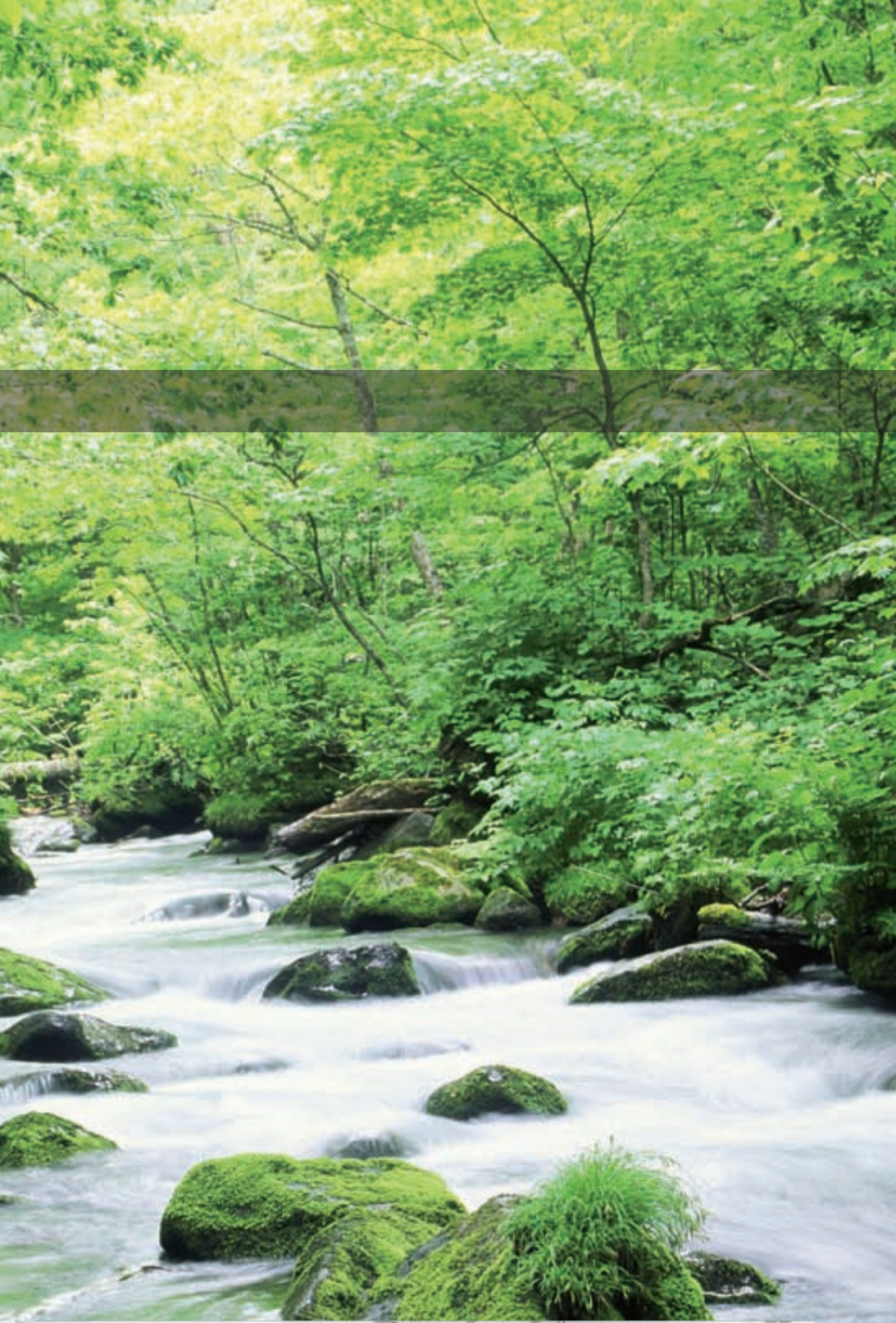
- [1] Scharaw, B., and Li, P. (2006): A Decomposed Approach to Optimal Planning and Operation of Water Supply Networks, Hydrological Sciences for Managing Water Resources in the Asian Developing World, Guangzhou, China
- [2] T. Westerhoff / B. Scharaw (2007): 52. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium an der TU Ilmenau Vortrag: Optimised Control of the drinking water supply system of city Darkhan in Mongolia, Proc. 52nd International Scientific Colloquium. Universitätsverlag Ilmenau. Vol. II. pp. 41-46
- [3] B. Scharaw / T. Westerhoff (2008): IHP/UNESCO International Conference on »Uncertainties in Water Resource Management: causes, technologies and consequences« (WRM-Mo2008): Optimal planning and operation of the drinking water supply system of the city Darkhan in Mongolia, Proc. Ulaanbaatar Mongolia, No.1 pp. 81-85

Dr.-Ing. Buren Scharaw

Leiter Wasserver- und
-entsorgungssysteme
Fraunhofer AST Ilmenau

Telefon +49 3677 461-121

buren.scharaw@ast.iitb.fraunhofer.de
www.iitb.fraunhofer.de/AST



Karlsruhe

Fraunhofer-Institut für
Informations- und
Datenverarbeitung IITB
Fraunhoferstraße 1
76131 Karlsruhe
Telefon +49 721 6091-0
Fax +49 721 6091-41 3
info@iitb.fraunhofer.de
www.iitb.fraunhofer.de

Ilmenau

Fraunhofer-Anwendungszentrum
Systemtechnik AST
Am Vogelherd 50
98693 Ilmenau
Telefon +49 3677 461-132
Fax +49 3677 461-100
claudia.schrickel@ast.iitb.fraunhofer.de
www.ast.iitb.fraunhofer.de



Beijing

Representative for Production and
Information Technologies
Unit 0610, Landmark Tower II
8 North Dongsanhuan Road
Chaoyang District
100004 Beijing, PR China
Telefon +86 10 6590 0621
Fax +86 10 6590 0619
muh@fraunhofer.com.cn