

# NETZWERK WISSEN

## Aktuelles aus Bildung und Wissenschaft, Forschung und Entwicklung



© Hochschule Bochum

### Das Institut für Wasser und Umwelt an der Hochschule Bochum

#### Siedlungswasserwirtschaft

- Interview mit Prof. Dr. Bernd Nolting: Neue Studiengänge für den Ingenieur Nachwuchs
- Forschungsschwerpunkt Niederschlagswasser:
  - Abfluss von Metalldächern umweltverträglich versickern
  - Sind Ökopflaster nach längerer Nutzung noch durchlässig?

#### Wasserwesen

- Am Puls der Zeit in Lehre und Forschung
- Aktuelle Projekte zur Anwendungs- und Grundlagenforschung

#### Geothermie

- Am Standort Bochum laufen die Netzwerkfäden zusammen
- Up to date in Forschung und Entwicklung: GeoJetting, GeoStar, seismisches Observatorium

# Neue Studiengänge für den Ingenieurnachwuchs

Der Lehr- und Forschungsbereich Siedlungswasserwirtschaft ist eines von drei Fachgebieten am Institut für Wasser und Umwelt. Sein Leiter Prof. Dr.-Ing. Bernd Nolting sprach mit gwf-Wasser|Abwasser über neue Herausforderungen im Fach und wie die Hochschule Bochum schon während der Ausbildung des Ingenieurnachwuchses darauf reagiert.

**Herr Prof. Nolting, seit 1996 lehren und forschen Sie in der Siedlungswasserwirtschaft an der Hochschule Bochum. Wo sehen Sie spezielle Aufgaben dieses Fachgebietes?**

In der angewandten Forschung und auch in den unterschiedlichen Lehrveranstaltungen des Bachelor- und des Masterstudiengangs richten wir unser Augenmerk besonders darauf, Trinkwasser in einwandfreier Qualität ohne Beeinträchtigung der Umwelt bereitzustellen, anfallendes Abwasser ohne Schädigung der Umwelt abzuleiten und dieses zum Schutz der Umwelt zu reinigen sowie die dabei anfallenden Rückstände schadlos zu entsorgen. Die Siedlungswasserwirtschaft wird dabei immer wieder mit neuen Herausforderungen aus einem sich ständig verändernden Umfeld konfrontiert.

**Was sind denn Beispiele für solche neuen Herausforderungen?**

Mikroschadstoffe aus Arzneimittelrückständen im Abwasser müssen mit innovativen Verfahren entfernt oder die Aufbereitungsanlagen für Wasser und Abwasser energetisch optimiert betrieben werden. Neuerdings wird auch über Mikroplastik diskutiert. Außerdem hat der Klimawandel erheblichen Einfluss auf die Bemessung, Gestaltung und den Betrieb siedlungswasserwirtschaftlicher Systeme und Starkregenereignisse führen immer häufiger zu Überlastungen unserer städtischen Infrastruktur. Überflutungen mit daraus resultierenden Schäden sind die Folge. Ingenieure der Siedlungswasserwirtschaft müssen in die Lage versetzt werden, Lösungen für diese neuen Aufgaben zu finden.

**Wie gehen Sie darauf in der Ausbildung an der Hochschule Bochum ein?**

In unseren Lehrveranstaltungen zeigen wir hierzu die Wege auf: Mit Simulationspro-



grammen können beispielsweise die Auswirkungen von Überflutungen infolge von Starkregenereignissen berechnet werden. Wir üben dies in Seminaren in interdisziplinärer Zusammenarbeit mit anderen beteiligten Fachingenieuren wie Verkehrsplanern, Architekten und Landschaftsplanern, und entwickeln nachhaltige Lösungen. Darauf wird im neuen Studiengang „Nachhaltige Entwicklung“ und demnächst auch im Studiengang „Umweltingenieurwesen“ besonderer Wert gelegt.

Bernd Nolting: „Die Siedlungswasserwirtschaft wird immer wieder mit neuen Herausforderungen konfrontiert.“

## Themen und Ausstattung

Das Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft untersucht praxisbezogen unterschiedliche aktuelle Fragestellungen zu folgenden Themen:

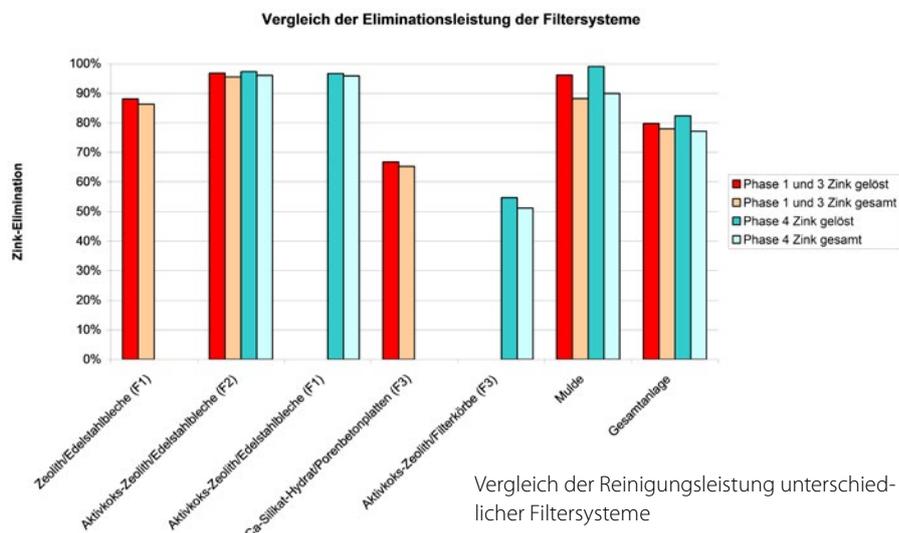
- Aufstellung und Anwendung von Simulationsmodellen für Kläranlagen und Entwässerungssysteme: Simulationsstudien für kommunale Kläranlagen; Simulationsstudien für Kanalnetze, hydrodynamische Berechnungen; Überflutungsberechnungen und -studien
- Entwicklung und Anwendung von nachhaltigen Konzepten zur Regenwasserbewirtschaftung
- Sanierungskonzepte für bestehende Abwassersysteme
- Untersuchung von Systemen zum Schadstoffrückhalt bei belastetem Regenwasser
- Untersuchung zur Wasserdurchlässigkeit und Schadstoffrückhalt von Böden und Oberflächenbelägen
- Analyse biologischer und chemischer Vorgänge bei der Abwasserreinigung und Betriebsoptimierung bestehender Kläranlagen

Für die Lehrveranstaltungen und Forschungsprojekte steht ein Labor zur chemischen, biologischen und physikalischen Untersuchung von Abwasser zur Verfügung. Mithilfe eines Tropfinfiltrimeters ermitteln Studenten und Wissenschaftler die hydraulische Leitfähigkeit von versickerungsfähigen Flächen. In einem modernen Computerlabor mit zwölf voll ausgestatteten Arbeitsplätzen können sie unterschiedliche Simulationsuntersuchungen durchführen. Für praktische Untersuchungen errichten die Mitarbeiter Versuchsanlagen für gewöhnlich vor Ort, also dort, wo das Wasser anfällt.

# Niederschlagswasser von Metalldächern umweltverträglich versickern

Wegen ihrer Umweltschädlichkeit dürfen belastete Niederschlagswässer – etwa von Metalldächern – nicht ohne vorhergehende Behandlung versickert werden. Für eine Einleitung sind die Prüfwerte für Sickerwasser der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung rechtlich bindend. Um Informationen über die Reinigungsleistung und den Betrieb geeigneter Behandlungssysteme vor einer Versickerung zu erhalten, bereiteten Mitarbeiter der Siedlungswasserwirtschaft an der Hochschule Bochum das abfließende Niederschlagswasser von einem Zinkdach auf. Die Dachfläche des Altenheimgebäudes betrug 2600 m<sup>2</sup>. Anschließend wurde das behandelte Wasser versickert.

Im Rahmen des Pilotprojektes errichteten die Wissenschaftler eine Behandlungs- und Versickerungsanlage für das gesamte anfallende Niederschlagswasser der Dachflächen und betrieben diese über einen Zeitraum von 20 Monaten. Der Regenabfluss der Zinkdächer wurde dabei über ein mehrstufiges System zur Reinigung und Versickerung des Regenwassers in den Untergrund eingeleitet. Der wesentliche Stoffrückhalt findet in einer Filterpackung statt, die im Aufstromverfahren passiert wird. In diesen Filtern laufen je nach eingesetztem Material Prozesse wie etwa Ionenaustausch, chemische Fällung und Adsorption der gelösten Metallanteile statt. Die Untersuchungen hatten das Ziel, verschiedene Filtermaterialien und -systeme



Vergleich der Reinigungsleistung unterschiedlicher Filtersysteme

hinsichtlich ihrer Reinigungsleistung und Praxistauglichkeit zu testen. Ergänzend wurde parallel eine klassische Versickerungsmulde mit unterschiedlichen Filtersubstraten analysiert.

Das Niederschlagswasser wies eine mittlere Konzentration von 4 bis 4,5 mg/l Zink auf. Dabei lag das Element fast vollständig in gelöster Form vor. Um die geforderten Ablaufwerte von 0,5 mg/l zu erreichen, ist eine Eliminationsleistung hinsichtlich Gesamtzink von rund 90% notwendig.

Es wurden drei verschiedene Filtermaterialien und drei unterschiedliche Filtersysteme getestet (siehe Grafik). Die Filtermaterialien basierten auf Zeolith oder

Calcium-Silikat-Hydrat, zum Teil in Mischung mit anderen Adsorbentien wie Aktivkoks.

Die zeolithgefüllten Systeme, installiert in Filtern mit Edelstahl-Lochblechplatten beziehungsweise in der Versickerungsmulde als Sohlsubstratbeimischung, wiesen ein sehr stabiles Zink-Eliminationsverhalten auf. Unterschiede in der Leistung ergaben sich zum einen durch die gewählte Konstruktion – kompakte Filtersysteme gegenüber extensiven Mulden –, zum anderen durch beigemischte Adsorbentien und Substrate. Obwohl sich in der Reinigungsleistung kaum Unterschiede zeigten, kann durch die Beimischung von Aktivkoks offensichtlich der Eintrag von Organika wie Baumpollen deutlich besser abgepuffert werden. Auch das technisch weniger komplizierte Muldensystem erwies sich diesbezüglich als robuster.

## Forschungsschwerpunkt Niederschlagswasser

Wie erreicht man einen naturnahen Umgang mit anfallendem Niederschlagswasser? In einem aktuellen Forschungsschwerpunkt gehen Wissenschaftler am Lehr- und Forschungsgebiet Siedlungswasserwirtschaft der Hochschule Bochum dieser Frage nach. Dabei liegt der Fokus einerseits auf der Qualität des Niederschlagswassers und den möglichen Auswirkungen auf die Umwelt. Andererseits stehen die Quantität und die durch Starkregenereignisse hervorgerufenen Probleme in der Siedlungsentwässerung im Mittelpunkt. Die zwei hier vorgestellten Projekte zum Abfluss von Metalldächern und zur Versickerung über Ökopflaster verdeutlichen diese Ausrichtung beispielhaft.

## Kontakt:

Prof. Dr.-Ing. Bernd Nolting  
 Fachbereich Siedlungswasserwirtschaft  
 Hochschule Bochum  
 Tel. (0234) 32 10 217  
 bernd.nolting@hs-bochum.de  
 www.hochschule-bochum.de/fbb/labore/siwawi.html

# Ökopflaster nach langer Nutzung noch durchlässig?

Im Sinne eines ökologischen Umgangs mit dem in Siedlungsgebieten anfallenden Niederschlagswasser streben Planer heute häufig eine möglichst weitgehende Niederschlagswasserversickerung an. Dabei zieht man es vor, den Abfluss zu reduzieren und örtlich zu versickern anstatt ihn in das Kanalnetz einzuleiten. Indem Entwässerungsflächen vom Kanalnetz abgekoppelt werden und Niederschlagswasser versickert wird, wird das Kanalnetz hydraulisch entlastet oder die Überflutungssicherheit gesteigert.

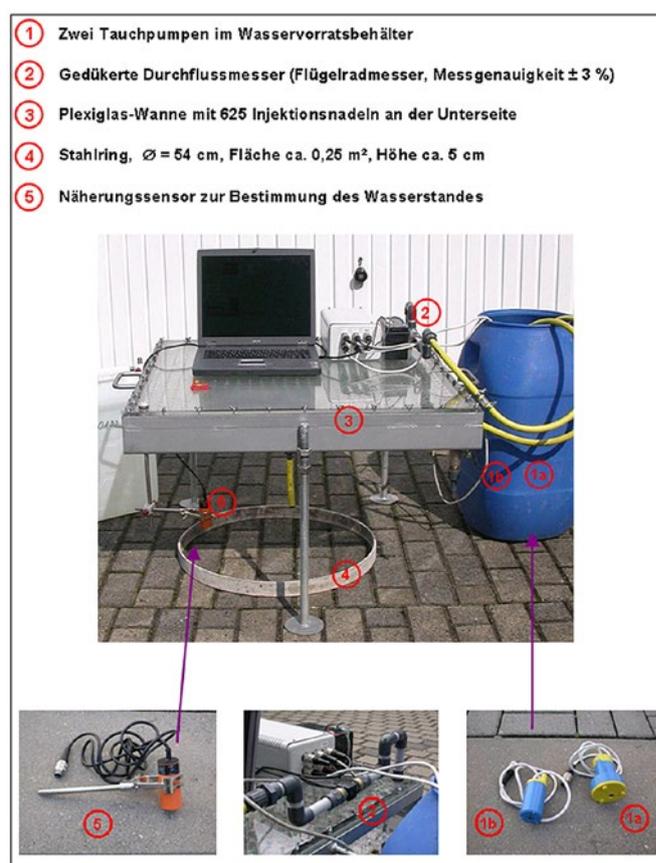
Eine technische Möglichkeit zur Umsetzung dieses Anspruches ist die Entsiegelung von Flächen. Dazu bietet sich die Verwendung von wasserdurchlässigen Oberflächenbelägen an: Infrage kommen haufwerksporige Steine, Sickerfugensteine und Rasengittersteine. Hinsichtlich ihrer Versickerungsfähigkeit wird bei wasserdurchlässigem Pflaster und wasserdurchlässigem Beton von einer Alterung des Materials ausgegangen. Experten befürchten, dass aufgrund des Eintrags von mineralischen und organischen Feinanteilen die Durchlässigkeit im Laufe der Zeit abnimmt (DWA-Arbeitsblatt A138, /6/).

Im Projekt wurde vor Ort mit einem Tropfinfiltrimeter (Bild) untersucht, ob

eine beim Neubau ausreichende Sickerleistung auch nach mehrjährigem Bestehen des Belages noch vorhanden ist. Über 90% der untersuchten Flächen ha-

ben die Tests bestanden. Entscheidend ist aber, dass die in **Tabelle 1** aufgelisteten Randbedingungen berücksichtigt werden.

Aufbau eines Tropfinfiltrimeters



**Tabelle 1:** Einflussparameter auf die nachhaltige Wasserdurchlässigkeit von Ökopflastern

Einflussfaktor	Auswirkung auf die Wasserdurchlässigkeit
Alter	Mit zunehmendem Alter werden Schmutzpartikel in den Belag eingetragen, die die Wasserdurchlässigkeit vermindern können. Die Stärke der Verschmutzung hängt allerdings in erster Linie nicht vom Alter des Belages, sondern vorrangig von der Nutzung und der Lage (bzgl. Sonneneinstrahlung und Vegetation) ab.
Verschmutzung	Schmutzpartikel, wie Staub oder Vermoosung, können die Wasserdurchlässigkeit erheblich mindern.
Nutzung	Die Nutzungsart, wie etwa das Befahren mit Fahrzeugen, kann zu einem Eintrag von Schmutzpartikeln führen und Setzungen des Belages verursachen. Dies kann die Durchlässigkeit herabsetzen.
Vegetation und Sonneneinstrahlung	Beläge unterhalb von Bäumen oder Sträuchern sowie in Schattenlage weisen oft vermehrten Moosbewuchs oder Verschmutzungen durch Laub, Blüten, Pollenstaub oder Nadeln auf. Regelmäßig weisen diese Flächen geringere Infiltrationsraten als die angrenzenden sauberen Flächen auf.
Reinigung	Eine Reinigung des Belages und der Fugen kann seine Durchlässigkeit erhöht bzw. erhalten werden.
Nässung	Der Wassergehalt eines Belages, also die Wetterlage vor einem Infiltrimeter-Test, kann die Infiltrationsrate deutlich beeinflussen.
Einbau (Eigenleistung/Fachfirma)	Grundsätzliche Unterschiede zwischen dem Einbau durch eine Fachfirma oder eine Privatperson mit Auswirkung auf die Wasserdurchlässigkeit eines Belages wurden nicht beobachtet. Ein Einbaufehler in Form von Einfegen eines feinen Sandes in einen haufwerksporigen Stein kann die Wasserdurchlässigkeit mindern.

# Am Puls der Zeit in Lehre und Forschung

Das Lehrgebiet Wasserwesen im Fachbereich Bauingenieurwesen sieht seine Hauptaufgaben zum einen in nachhaltiger Forschung und zum anderen in der praxisnahen Ausbildung des Ingenieur Nachwuchses. Dafür passt die Hochschule Bochum ihre Lehre immer wieder an veränderte Rahmenbedingungen an. Zum Beispiel mit dem neuen Bachelor-Studiengang „Umweltingenieurwesen“, der mit dem Wintersemester 2017/2018 startet.

Neben die klassischen Studiengänge des Bauingenieurwesens tritt damit ein weiterer Studiengang mit dem Abschluss Bachelor of Science (B. Sc.), der auf aktuelle Entwicklungen im Wasserfach reagiert. Schon seit dem Wintersemester 2014/15 wird der Studiengang „Nachhaltige Entwicklung“ angeboten.

Am Puls der Zeit in der Ingenieurausbildung präsentiert sich damit der federführende Fachbereich Bauingenieurwesen. Denn der neue Studiengang spricht Interessierte an, die ein Studium mit einer breiten natur- und ingenieurwissenschaftlichen Basis aufnehmen und später in den Bereichen Umwelttechnik, Planung städtische Infrastruktur oder regenerative Energien arbeiten möchten. Nach dem Grundlagenstudium bietet der Fachbereich daher die beiden Vertiefungsrichtungen „Urbane Infrastruktur“ und „Bauen und Energie“ an. Im Anschluss haben Absolventen die Möglichkeit, Kenntnisse und Fähig-

keiten in einem geplanten Master-Studium auszubauen.

## Lehrgebiet Wasserwesen, insbesondere Wasserbau und Hydromechanik

„Unsere Lehre kennzeichnet eine starke Praxisnähe“, betont Prof. Dr.-Ing. Christoph Mudersbach, der das Lehrgebiet Wasserwesen, insbesondere Wasserbau und Hydromechanik, seit 2014 leitet. Dieses vertritt in den Bachelor- und Masterstudiengängen des Fachbereichs Bauingenieurwesen die Fächer Ingenieurhydrologie, Hydromechanik, Wasserbau, wasserbauliches Versuchswesen, numerische Strömungssimulation sowie Wassermengenerwirtschaft. Die Praxisnähe zeigt sich unter anderem darin, dass die Studenten für ihre Abschlussarbeiten mehrheitlich mit Kommunen, Wasserverbänden und Ingenieurbüros zusammenarbeiten. Gleichzeitig sieht Mudersbach ein weiteres wichtiges

Ziel darin, den Studenten Kompetenzen zum wissenschaftlichen Arbeiten zu vermitteln: „Dies ist die Basis für die Mitarbeit in Forschungsprojekten, die Aufnahme eines Masterstudienganges oder die Durchführung eines Promotionsvorhabens.“

Die Forschungen des Lehrgebietes Wasserwesen orientieren sich am Leitbild der Hochschule Bochum. Dieses betont das Prinzip der Nachhaltigkeit, um gesellschaftliche Probleme zu lösen. „Der Wassersektor ist durch vielfältige Änderungen geprägt“, erläutert Mudersbach. Klimawandel und anthropogen verursachte Effekte sind die wichtigsten Faktoren, die zum Teil komplexe Wechselwirkungen verursachen. Zu den Konsequenzen zählen Veränderungen im globalen bis regionalen Wasserkreislauf, die weitere Folgen wie beispielsweise Hochwasser, Starkregen, Wasserknappheit oder zeitliche und räumliche Änderungen in der Verteilung von Wasserressourcen nach sich ziehen. „Hieraus erwächst die Notwendigkeit, nachhaltige Anpassungsstrategien in der Wasserwirtschaft zu entwickeln“, ist Mudersbach überzeugt.

Diesem Ansatz trägt das Lehrgebiet Wasserwesen in folgenden Forschungsbereichen Rechnung:

- Durchführung von Naturmessungen (Hydrometrie)
- Ingenieurhydrologie und Extremwertstatistik
- hydrologische Zeitreihenanalyse
- Hochwasserschutz und Hochwasserrisikomanagement
- Starkregenrisikoanalysen
- Niederschlag-Abfluss-Simulation
- Strömungssimulation
- Flussbau
- Speicherbewirtschaftung
- Küsteningenieurwesen
- physikalische Modellversuche



Blick in die große Versuchshalle. © LWH

**Statement**

„Die wichtigste Grundlage für die nachhaltige Bemessung von wasserwirtschaftlichen Infrastruktursystemen sind Naturdaten und deren fundierte Auswertung. Wir haben uns daher zur Aufgabe gemacht, die Qualität der Datenerhebung bei Abflussmessungen zu verbessern und neue Methoden der Datenauswertung zu entwickeln, um schließlich auch die Qualität numerischer Simulationen zu verbessern. Dies sind zentrale Beiträge für ein verbessertes Risikomanagement von Flusshochwasserereignissen und Sturzfluten.“

**Prof. Dr.-Ing. Christoph Mudersbach, Leiter des Lehrgebietes Wasserwesen, insbesondere Wasserbau und Hydromechanik**

### Umfassende Laborausstattung für Ausbildung und Modellversuche

Dem Lehrgebiet zugeordnet ist das Wasserbaulabor der Hochschule Bochum, das zwei Versuchshallen vorhält. In der 176 m<sup>2</sup>

großen Lehrlaborhalle finden vorlesungsbegleitende Übungen statt. Darüber hinaus können Studenten hier Laborpraktika absolvieren. Um großangelegte physikalische Modellversuche im Rahmen von Drittmittel- oder Forschungsprojekten

realisieren zu können, steht außerdem eine große Versuchshalle von 255 m<sup>2</sup> (**Bild**) zur Verfügung. Die Wasserversorgung der beiden Hallen erfolgt zentral über drei Zentrifugalpumpen mit einer Leistung bis zu 50 kW und einer Fördermenge bis zu 350 l/s.

Eine Besonderheit ist die umfangreiche Ausstattung zur Durchführung von Naturmessungen. Hierzu gehören mobile Abflussmesssysteme auf Basis des ADCP-Messprinzips (Acoustic Doppler Current Profiler) oder der Tracer-Methode. Für die Messung mit ADCP-Systemen stehen wiederum leinengeführte Geräteträger und ein ferngesteuertes Boot zur Verfügung.

**Kontakt:**

Prof. Dr.-Ing. Christoph Mudersbach  
Lehrgebiet Wasserwesen, insb. Wasserbau und Hydromechanik  
Hochschule Bochum  
Tel. (0234) 32 10 249  
[christoph.mudersbach@hs-bochum.de](mailto:christoph.mudersbach@hs-bochum.de)  
[www.hochschule-bochum.de/fbb/labore/wasserbau.html](http://www.hochschule-bochum.de/fbb/labore/wasserbau.html)

## Aktuelle Projekte zur Grundlagen- und Anwendungsforschung

In fortlaufenden Forschungsprojekten legt das Lehrgebiet Wasserwesen, insbesondere Wasserbau und Hydromechanik (LWH), den Schwerpunkt auf praxisnahe Anwendungsforschung. Am LWH kommt aber auch Grundlagenforschung nicht zu kurz – entsprechende Projekte finanziert zum Teil die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). Aktuelle Vorhaben laufen unter anderem zu Abflussmessungen, Starkregengefährdungen oder hydrologischen Extremwertstatistiken.

### Optimierung von Abflussmessungen

Wasserstand und Abfluss stellen im Bereich der Wasserwirtschaft die wesentlichen Bemessungsgrößen dar. Eine hochauflösende, möglichst kontinuierliche und fehlerfreie Erfassung dieser Daten ist unerlässlich

- zur Auslegung und zum Betrieb unterschiedlichster wasserbaulicher Einrich-

tungen, wie beispielsweise Wehre und Talsperren, Wasserkraft- und Trinkwasseraufbereitungsanlagen,

- zur Prognose von Hoch- und Niedrigwasserständen,
- aber auch zur Kalibrierung von hydrodynamisch-numerischen Modellen.

Grundlegend dafür ist die quantitative Bestimmung des Abflusses. In oberirdi-

schen Gewässern kann diese mit unterschiedlichen Messmethoden erfolgen. Die gängigsten Verfahren dazu sind der konventionelle hydrometrische Flügel, „Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)“-Systeme (Messmethode per Boot/Geräteträger oder mobiles ADCP) (**Bild**) sowie Radar- und stationäre Ultraschallsysteme. Jedes der angeführten hydrometrischen Systeme bietet unterschiedliche Vor- und



Mobiles ADCP-Messsystem River Surveyor M9 mit Geräteträger Q-Boat 1800D. © LWH

Nachteile im operativen Einsatz. Im Rahmen eines Forschungsprojektes analysiert das LWH zusammen mit dem Wupperverband systematisch die Vor- und Nachteile der jeweiligen Messverfahren zur Bestimmung des Abflusses. Ziel ist es, Methoden zu entwickeln, die eine optimierte Auswertung der Abflussmessungen ermöglichen.

### Analyse von Starkregen-gefährdungen

Starkregenereignisse und Sturzfluten treten in den letzten Jahren vermehrt auf. Laut Expertenprognosen wird sich dieser Trend zukünftig fortsetzen. Solche Ereignisse haben in der jüngeren Vergangenheit und aktuell Schäden in Milliardenhöhe verursacht. Sturzfluten sind geprägt durch Überflutungsereignisse auch abseits von Gewässern, verbunden mit sehr kurzen Reaktionszeiten. Diese Charakteristika führen dazu, dass Frühwarnsysteme in der Regel versagen.

In der Risikovorsorge spielt daher die flächendeckende Analyse von Sturzflutgefährdungen eine wichtige Rolle. In Zusammenarbeit mit dem Regionalverband Ruhr, der Emschergenossenschaft und dem Lippeverband sowie dem Fachbereich Geodäsie und Geoinformatik der Hoch-

schule Bochum entwickelt das LWH neue Ansätze für eine flächendeckende Analyse von Starkregengefährdungen. So sollen Gefährdungsschwerpunkte identifiziert werden.

### Hydromechanik von Kanalsteilstrecken

Im Rahmen eines angewandten Forschungsprojektes beschäftigt sich das LWH mit der Hydromechanik in Kanalsteilstrecken. Kanalsteilstrecken stellen für die Bemessung anspruchsvolle Bauwerke dar, insbesondere wenn die Leitung durchgängig als Freispiegelabfluss erfolgt. Wie in dem Fall ein Überstau der Kanalschächte vermieden werden kann, untersuchen derzeit die LWH-Mitarbeiter. In der wasserbaulichen Versuchshalle werden dazu Kanalsteilstrecken im Maßstab von etwa 1:8 als physikalische Modellversuche nachgebaut. Besonderes Augenmerk legen die Mitarbeiter dabei auf die korrekte Dimensionierung von Fallschächten und die Ermittlung der Energiedissipation in diesen Bauwerken.

### Hydrologische Extremwertstatistik

Im Bereich der Grundlagenforschung befassen sich die Wissenschaftler am LWH mit den Auswirkungen von instationären

Effekten in Zeitreihen auf die Extremwertstatistik. Es handelt sich hierbei sowohl um DFG-finanzierte Projekte als auch um eigenfinanzierte Untersuchungen.

Die wasserwirtschaftliche Bemessungspraxis basiert im Wesentlichen auf der Ermittlung hydrologischer Bemessungsgrößen. Dies können Bemessungsregenereignisse, -abflüsse oder -wasserstände sein. Um Bemessungswerte festzulegen, bedient man sich der Methodik der Extremwertstatistik. Basierend auf beobachteten oder modellierten Daten wie etwa Regen- oder Abflusszeitreihen werden mittels Extremwertverteilungsfunktionen Quantile berechnet. Diese statistischen Schwellenwerte können als Basis dienen, um Bemessungswerte wie etwa den statistischen Wert für ein Jahrhunderthochwasser, HQ100, festzulegen. Die klassischen Verfahren der Extremwertstatistik, die sich auch in den einschlägigen Regelwerken wiederfinden, setzen voraus, dass die Daten stationär sind, also keine zeitlichen Änderungen aufweisen.

Es zeigt sich jedoch deutlich, dass hydrologische Zeitreihen kein stationäres Verhalten aufweisen. Beispiel dafür sind die zunehmenden Hochwasser- und Starkregenereignisse in den letzten Jahrzehnten. Nach eher trockenen und hochwasserarmen Jahrzehnten – insbesondere den 1970er-Jahren – häufen sich sowohl großräumige Flusshochwässer (Rhein 1993 und 1995, Oder 1997, Elbe 2002, 2006, 2011 und 2013, Donau 2002, 2010 und 2013) als auch kleinräumige Extremereignisse (Münster 2014, Wuppertal 2013, Dortmund 2014, diverse Städte in NRW 2015, Starkregenereignisse 2016).

In der wasserwirtschaftlichen Praxis besteht somit gegenwärtig ein großer Widerspruch. Denn die Regelwerke sehen einerseits keinen Umgang mit instationären Bemessungswerten vor. Andererseits belegen vielfältige wasserwirtschaftliche Untersuchungen jedoch, dass die Bemessungsgrößen zeitlichen Veränderungen unterliegen. Am LWH werden daher sowohl die Auswirkungen von Instationaritäten auf Bemessungswerte untersucht als auch neue Bemessungsansätze entwickelt, die diesen Entwicklungen Rechnung tragen.

# In Bochum laufen die Netzwerkfäden zusammen

Weitspannendes Netzwerk, umfassende Forschungsinfrastruktur und innovative Studienprofile: Seit 2003 hat sich das International Geothermal Centre zu einer der führenden Bildungs- und Forschungseinrichtungen entwickelt – national und international. Am Internationalen Geothermiezentrum in Bochum (GZB) liegt das Augenmerk auf der Erkundung, Gewinnung und Nutzung von Erdwärme als Energiequelle der Zukunft.

„Geothermie aus größeren Tiefen ist nahezu die einzige Option, das Fernwärmenetz in seiner jetzigen Form auf erneuerbare Energieträger umzustellen“, ist GZB-Direktor Prof. Dr. Rolf Bracke im Hinblick auf die Konversion der Fernwärme in der Metropole Ruhr überzeugt. Anlässlich der Auszeichnung des GZB als „Ort des Fortschritts 2015“ durch die Landesregierung NRW äußerte Bracke weiter: „Mit Ende der fossilen Großkraftwerke fehlt es uns ansonsten an Wärmeenergie für diese Infrastruktur. Wichtiger Baustein unserer Arbeit am GZB ist es, hier Lösungen zu finden.“

Im Rahmen ihres Forschungsplanes „metropoleruhr.2040MW.geothermie“ haben sich die zehn am GZB beteiligten Universitäten und Fachhochschulen ein ehrgeiziges Ziel gesteckt: Bis zum Jahr 2040 soll der Anteil der Geothermie an der Wärmeversorgung rund vervierfacht werden. Dafür arbeitet die gemeinnützige wissenschaftliche Vereinigung am GZB gemeinschaftlich und hochschulübergreifend an der Entwicklung neuer Technologien.

Daneben kann das GZB als Verbundforschungseinrichtung der Wissenschaft und Wirtschaft zusätzlich auf ein weltumspannendes Netzwerk zurückgreifen. Zum einen ist es in verschiedene europäische Forschungsverbände integriert. Die wichtigsten sind die European Energy Research Alliance (EERA) und das German Scientific Earth Probing Consortium (GESEP). Außerdem hat der Weltverband Geothermie (IGA – International Geothermal Association) 2011 seine Geschäftsstelle vom isländischen Reykjavik nach Bochum an das GZB verlegt. Die IGA vertritt aktuell über 5000 Mitglieder aus mehr als 65 Ländern und unterstützt die internationale Vernetzung des GZB auf dem F&E-Sektor.

Zum anderen ist am GZB die Wirtschaftsvereinigung Geothermie e. V. angesiedelt. Die rund 20 Unternehmen aus der

Geothermiebranche sind forschungsstrukturell und projektspezifisch eng in das GZB eingebunden, um die Interessen der Unternehmen mit der Anwendungsforschung zu verzahnen. Rolf Bracke erläutert die Vorteile dieser zweigliedrigen Organisationsstruktur des GZB: „Die Verknüpfung von Wissenschaft und Wirtschaft gewährleistet eine schnelle Überführung von Forschungsergebnissen in marktfähige Produkte und einen hohen Anwendungsbezug der wissenschaftlichen Arbeiten.“

## Eine der weltweit größten Forschungsinfrastrukturen

Das Zentrum verfügt über eine der größten Forschungsinfrastrukturen für die Geothermie weltweit. Hierzu gehören Labore für Bohrtechnologie, für Reservoir-, Geo- und Energietechnik, Einrichtungen zur Technologie-Demonstration und zur Umweltüberwachung sowie das etwa 50 km<sup>2</sup> große bergrechtliche Erlaubnisfeld „Zukunftsenergie“. „Damit bietet das GZB ein erstklassiges F&E-Umfeld, das Wissenschaftler aus aller Welt anzieht“, betont der GZB-Direktor. Die Forscher kommen aus Indien, Frankreich, Schweden, Italien, Spanien, Chile, Griechenland, Neuseeland, der

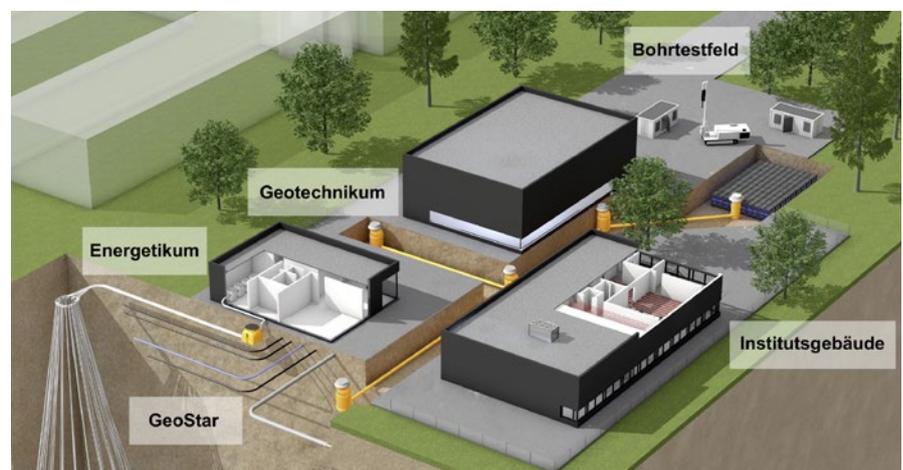
Türkei, Polen, El Salvador oder dem Iran – um nur einige Länder zu nennen.

Das GZB erforscht Technologien zur Erzeugung von Wärme, Kälte und Strom. Dabei reicht der Anwendungsbereich von 2 °C bis 200 °C Gesteins- und Thermalwassertemperatur. Typische Nutzungen sind:

- Wärmepumpen,
- Thermal- und Heilbäder,
- Fischzucht,
- Großgewächshäuser in der landwirtschaftlichen Produktion,
- Meerwasserentsalzung,
- Kältemaschinen für die Industrie und zur Gebäudeklimatisierung,
- kommunale Nah- und Fernwärmesysteme sowie
- Kraftwerke von 2 bis 200 MW Leistung.

## GeothermieCampus in Bochum wächst ständig

Auf dem Mitte 2013 eröffneten GeothermieCampus arbeiten gegenwärtig rund 40 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter – Tendenz steigend. Zuletzt kam die Graduiertenschule AGES, Applied Research on Geothermal Energy Systems, hinzu. In diesem Kooperationsprojekt bilden die Ruhr-



Bauliche F&E-Infrastruktur des Internationalen Geothermiezentrums. © GZB/Rehau AG + Co

## Statement



„Erdwärme, diese an nahezu jedem Ort der Erde nutzbare und überall heimische Energiequelle, stellt ein wichtiges Element für die Konversion der Energiesysteme und den Klimaschutz dar. Das GZB trägt seit nun über zehn Jahren durch sein Bildungsangebot, die anwendungsorientierte Forschung und die Netzwerkaktivitäten dazu bei, die Geothermie als klima- und ressourcenschonende Technologie weiterzuentwickeln und Fachkräfte für die Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung aus- und fortzubilden.“

**Prof. Dr. Rolf Bracke, Leiter des Lehrgebietes Geothermie und Umwelttechnik, Leiter des International Geothermal Centre**

Grenzen hinwegdenken und neue Wege des Energiemanagements erschließen können“, ist GZB-Direktor Bracke überzeugt. Dazu zählten insbesondere die Entwicklung und der Einsatz ingenieurtechnischer Verfahren auf der Basis solider naturwissenschaftlicher Kenntnisse und ihre Einbindung in städtebauliche und versorgungstechnische Infrastrukturen.

Diese Qualifikationen werden im B.Sc.-Studiengang durch Lehrveranstaltungen wie beispielsweise Energieversorgung sowie Geologie & geogene Energieträger vermittelt. Der Master-Bereich vertieft diese Grundkenntnisse in einem eigenen Studienprofil „Geothermische Energiesysteme“. Hier werden unter anderem die Lehrveranstaltungen Geothermik, Grundwasserhydraulik, Thermodynamik, Bohrtechnik, Bohrlochgeophysik sowie Geothermischer Anlagenbau und Wärmebergbau bedient.

Universität und die Hochschule Bochum gezielt Doktoranden aus.

Im B.Sc.- und M.Sc.-Studiengang des Fachbereichs Bauingenieurwesen deckt das GZB das Themenfeld Energie ab. Der Ballungsraum Europa wird zukünftig zu-

nehmend von Energieimporten abhängig sein. Der Energieversorgung seiner Wirtschaft, Städte und Regionen stehen deshalb in den nächsten Jahrzehnten tiefgreifende Veränderungen bevor. „Hier werden kreative Köpfe benötigt, die über fachliche

## Kontakt:

**Prof. Dr. Rolf Bracke**  
Lehrgebiet Geothermie und Umwelttechnik  
Hochschule Bochum  
Tel. (0234) 32 10 233  
rolf.bracke@hs-bochum.de  
www.geothermie-zentrum.de

## GeoJetting, GeoStar, seismisches Observatorium

Mit ihren Entwicklungen und Forschungen sind die Wissenschaftler am International Geothermal Centre in Bochum up to date. Das Team unter der Leitung von Prof. Dr. Rolf Bracke deckt die Themenfelder Advanced Drilling Technologies und Infrastructure & Applications ab. Zum Wintersemester 2014/15 wurde zudem Prof. Dr. Erik Saenger auf die Stiftungsprofessur Reservoir Engineering & Rock Physics berufen, die mit Mitteln der Stadtwerke Bochum eingerichtet wurde.

### Advanced Drilling Technologies

Das Department Advanced Drilling Technologies befasst sich mit der Entwicklung innovativer bohrtechnischer Verfahren zur Erschließung von Erdwärme. Dafür steht eine umfangreiche technische und bauliche Ausstattung bereit, wie etwa eine institutseigene F&E-Bohranlage BO.REX (Bochum Research and Exploration Drilling Rig), mehrere Hochleistungspumpen (**Bild 1**), eine Aufbereitungsanlage für Bohrspülungen, eine Metallwerkstatt zur

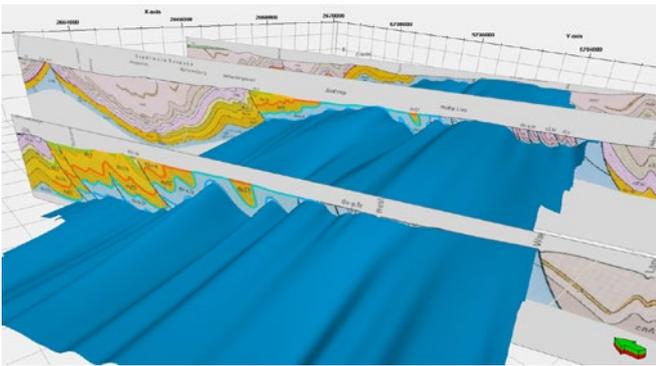
Herstellung von Bohrwerkzeug-Prototypen sowie ein eigenes ca. 5000 m<sup>2</sup> großes in-situ Labor samt Bohrtestfeld.

Um geothermische Ressourcen effizient zu erschließen, legen die Wissenschaftler um Teamleiter Bracke inhaltliche Schwerpunkte ihrer Entwicklungsarbeiten auf die Höchstdruckwasserstrahltechnik mit und ohne Zusatz von Abrasivmitteln, die Weiterentwicklung der Coiled-Tubing-Technologie für geothermische Anwendungen und die Entwicklung einer wasserstrahlgeführten Laserbohrtechnologie.

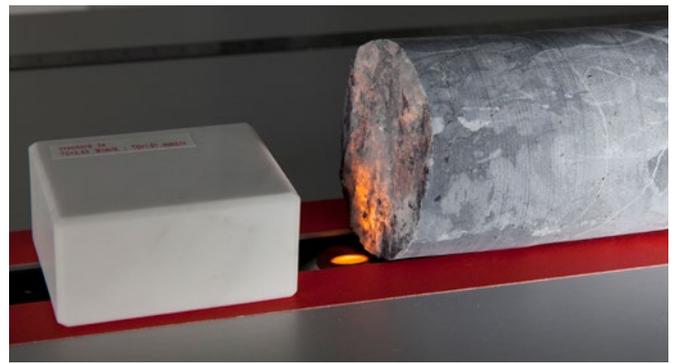
Für die Entwicklung des GeoJetting-Bohrverfahrens, einer Hochdruckbohrtechnik



**Bild 1:** F&E-Bohranlage BO.REX mit containerisierter Hochleistungsplungerpumpe. © GZB



**Bild 2:** Flächenmodellierung für ein geothermisches Reservoir



**Bild 4:** Wärmeleitfähigkeitsmessung mittels Thermal Conductivity Scanner. © GZB

mit 1000 bar Wasserdruck, wurden die GZB-Wissenschaftler im Jahr 2008 mit dem Ruhr-2030-Award des Initiativkreises Ruhrgebiet ausgezeichnet.

### Infrastructure & Applications

Von geothermischer Klimatisierung einzelner Gebäude bis hin zu Wärmenetzlösungen für kommunale Infrastrukturen – die Dienstleistungen des Departments Infrastructure & Applications umfassen Anwendungsforschung und Machbarkeitsstudien. So wurde im Rahmen eines F&E-Vorhabens das GeoStar-Konzept entwickelt, mit dessen Hilfe auch die Gebäude des GeothermieCampus mit Wärme und Kälte versorgt werden. Der in Eigenleistung realisierte GeoStar besteht aus insgesamt 17 sternförmig angeordneten und bis zu 200 m tiefen Bohrungen. Die installierten Erdwärmesonden wurden mit Glasfaserkabeln ausgestattet, die es ermöglichen, während des Betriebs Leistungsmessungen durchzuführen. Die durch das Langzeitmonitoring gewonnenen Daten werden sowohl für die Anlagensteuerung als auch für Forschungszwecke eingesetzt. Diese vergleichen die Wissenschaftler zum Beispiel mit den

Ergebnissen von Modellrechnungen auf Basis numerischer Simulationen (**Bild 2**). Projekte zur Wärmespeicherung im Untergrund, zur geothermischen Nachnutzung von Bergbauinfrastruktur und zur Kombination von Geothermie mit weiteren Energieträgern, insbesondere Solarenergie, zählen ebenfalls zum Spektrum der F&E-Tätigkeiten. Darüber hinaus entsteht gegenwärtig ein Forschungs- und Testlabor für Wärmepumpentechnologie. Dieses soll 2017 in Betrieb genommen werden.

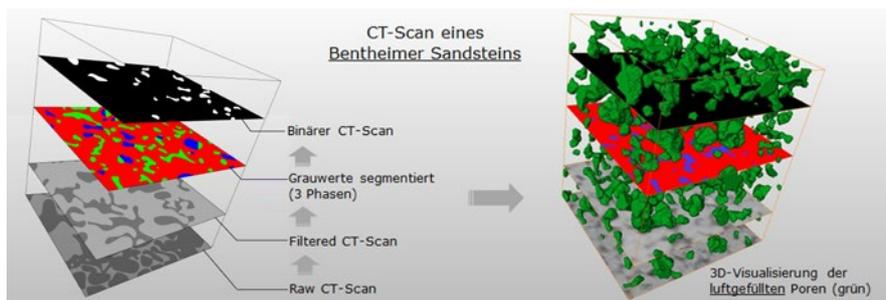
### Reservoir Engineering & Rock Physics

Für ihre Forschungen charakterisieren und überwachen die Wissenschaftler am Lehrstuhl Reservoir Engineering & Rock Physics geothermische Reservoirs. Dabei spielen insbesondere die Themen 4D-Gesteinsdeformation, physikalisch-chemische Wechselwirkungen zwischen Gestein und Fluiden sowie Wellenausbreitung und -dämpfung eine Hauptrolle.

Die Labore für Geotechnologien und seismische Observation (LGSO) repräsentieren die zentralen Laboreinrichtungen am GZB. Hier finden sich Geräte für Expe-

rimente und Analysen auf unterschiedlichen Zeit- und Längenskalen. Des Weiteren betreiben die Wissenschaftler ein Observatorium, das kontinuierlich jede seismische Aktivität in der Umgebung des GeothermieCampus überwacht. Die wichtigsten technischen Geräte des LGSO:

- ICP-OES-Anlage (Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometer) zur Bestimmung von Haupt- und Spurenelementen (Konzentrationen von  $\mu\text{g/l}$  bis  $\text{g/l}$ ) in flüssigen Lösungen wie etwa Grundwässern oder geothermischen Fluiden
- Mikroröntgentomographieanlage ( $\mu\text{CT}$ ) zur zerstörungsfreien, dreidimensionalen Erfassung von Gesteinsstrukturen (z. B. Porenraum, Risse, Mineralverteilung) mit einer Auflösung von bis zu  $1\ \mu\text{m}$  (**Bild 3**)
- ThermoTriaxialpresse zur Untersuchung von Gesteinseigenschaften unter Reservoirbedingungen; Umgebungsdruck von maximal 150 MPa, Porendruck von maximal 140 MPa, Temperatur von max.  $180^\circ\text{C}$
- Thermal Conductivity Scanner (TCS) zur berührungslosen optischen Messung von thermischer Leitfähigkeit, Wärmekapazität und thermischer Diffusivität an Gesteinskernen (**Bild 4**)
- umfangreiches Set an geophysikalischen Bohrlochsonden zur Messung von Gesteins- und Fluideigenschaften im Bohrloch (Gammastrahlung, akustischer Teviewier, Full-Waveform-Sonic-Log, Leitfähigkeit, Temperatur, Fließraten, in-situ-Beprobung von Gasen mithilfe einer Membrane-Interface-Probe etc.)



**Bild 3:** Workflow und Endresultat der 3D-Visualisierung des luftgefüllten Porenraums einer Probe Bentheimer Sandsteins mithilfe der Mikroröntgentomographie