



# **1. SÄCHSISCHE TRINKWASSERTAGUNG**

9. September 2010 in Dresden

## Vorwort

Die 1. Sächsische Trinkwassertagung ist nicht die erste derartige Veranstaltung in Sachsen, aber es ist die erste gemeinsam von den DVGW und BDEW Landesgruppen Mitteldeutschland, den Hochschulen und der DREWAG gemeinsam ausgerichtete Tagung. In Thüringen wurde 2010 bereits das 15. Thüringer Wasserkolloquium veranstaltet. In Dresden haben das jährliche Trinkwasserkolloquium des DVGW Technologiezentrums Wasser, Außenstelle Dresden, und das Trinkwasserkolloquium des Institutes für Siedlungs- und Industriewasserwirtschaft an der TU Dresden bereits Tradition. Dabei werden besondere Schwerpunkte gesetzt, angefangen von der Desinfektion von Trinkwasser, über das Verhalten organischer Wasserinhaltsstoffe bis zur Modellierung der Veränderung der Wasserbeschaffenheit im Rohrnetz, in Talsperren oder bei der Wasseraufbereitung.

Die Sächsische Trinkwassertagung soll thematisch einen etwas größeren Rahmen bilden und dabei regionale und betriebliche Fragestellungen aufgreifen. Die Organisatoren haben sich bemüht, möglichst viele aktuelle Themen in die Veranstaltung einzubinden. Zwei Vorträge widmen sich der heiß diskutierten Festlegung der Wasserpreise. Der Schwerpunkt Wasserbeschaffenheit umfasst Vorträge zur Trinkwasserqualität in Sachsen, zur Trinkwasseraufbereitung und zu Güteproblemen im Verteilungsnetz. Die Wasserversorger haben täglich mit dem Sächsischen Wassergesetz zu tun, mit Benchmarkingprojekten und der Entwicklung von Versorgungsstrategien, wie zum Beispiel der für eine Ersatzrohwasserversorgung. Gerade hier ist der Austausch untereinander wichtig, um nicht nur auf Entwicklungen zu reagieren, sondern an diesen auch aktiv teilzunehmen. Beim Klimawandel werden sich die Geister scheiden. Ob es nun der heißeste Juli oder der niederschlagsreichste August 2010 war – eine sichere Trinkwasserversorgung bleibt die wichtigste Aufgabe der Wasserversorger.

Es ist ein Ziel der Tagung, den fachlichen und personellen Austausch insbesondere zwischen den Hochschulen und den Versorgungsunternehmen, Herstellern und Ingenieurbüros zu stärken. Sachsen hat ein großes Potential im Wassersektor. Die weitergehende Vernetzung, zu der diese Tagung beitragen soll, wird sicher zu einer besseren Nutzung dieses Potentials beitragen.

Am Zustandekommen dieser Tagung haben Herr Rauh als Geschäftsführer der DVGW und BDEW Landesgruppen Mitteldeutschland und die Kollegen der DREWAG großen Anteil. Bedanken möchten wir uns auch bei allen Mitarbeitern und Studierenden, die in die Organisation der Tagung im Vorfeld und während der Veranstaltung einbezogen waren.

Prof. Dr.-Ing. Thomas Grischek, Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Uhl

Dresden, am 9. September 2010

# **Wasserwirtschaft in Lehre und Forschung an der HTW Dresden**

**Prof. Dr.-Ing. Thomas Grischek**

**Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Lehrbereich**

**Wasserwesen**

## **1 Lehre**

An der Fakultät Bauingenieurwesen/ Architektur der HTW Dresden beginnen jährlich etwa 120 Studenten ein Bauingenieurstudium. Der Lehrbereich Wasserwesen ist dabei für sämtliche das Wasser betreffende Ausbildungsaspekte im Grundstudium und in der Vertiefung Verkehrs- und Tiefbau zuständig. Weiterhin werden Lehrveranstaltungen für Studenten des Chemieingenieurwesens/ Umwelttechnik, des Wirtschaftsingenieurwesens und der Landespflege/ Umweltmonitoring angeboten.

Es wird ein Diplomstudiengang Bauingenieurwesen angeboten, der 2010 modularisiert wurde. In diesem Zusammenhang wurden die Lehrinhalte überarbeitet und einige Vertiefungsmodule gekürzt. Eine Umstellung des Diplomstudiengangs Bauingenieurwesen (4 Jahre) auf einen Bachelorstudiengang (voraussichtlich 3,5 Jahre) und einen Masterstudiengang (voraussichtlich 1,5 Jahre) im Rahmen des Bologna-Prozesses wird weiterhin kontrovers an der Fakultät diskutiert. Da die HTW Dresden vor allem für die Region ausbildet und die Mehrzahl der Absolventen der Vertiefung Verkehrs- und Tiefbau (darunter die Studenten, die Module zu Wasserbau und Wasserwirtschaft belegen) in Sachsen Arbeit findet, sind Hinweise aus der Wirtschaft zu den zukünftigen Schwerpunktaufgaben in der Wasserversorgung und den Anforderungen an die Absolventen immer willkommen, um eine praxisnahe Ausbildung zu erreichen. Dies betrifft auch den Bedarf an Weiterbildungsangeboten. Seit einigen Jahren wird ein postgradualer Masterkurs Bauingenieurwesen (1 Jahr Vollzeit oder 2 Jahre neben der beruflichen Tätigkeit) angeboten, der von den besten Absolventen des Diplomstudiengangs und einigen bereits mehrere Jahre in der Praxis tätigen Fachhochschulabsolventen genutzt wird.

## **Lehrangebote des Lehrbereichs Wasserwesen**

### **Grundlagen des Wasserwesens (3./4. Semester, je 2 Semesterwochenstunden (SWS))**

Grundlagen der Ingenieurhydrologie: Komponenten des Wasserkreislaufes, Wasserhaushaltsbilanz, Messmethoden, Gewässerkundliche Hauptzahlen

Grundlagen des Wasserbaus: Flussbau, naturnahe Gestaltung und ökologische Durchgängigkeit von Fließgewässern, Hochwasserschutz und Deichbau, Bauwerke am Fluss (Durchlässe, Düker, Einleitungen, Pumpwerke), feste und bewegliche Wehre, Staumauern und Staudämme

Grundlagen der Wasserversorgung: Wasserbedarf, Wassergewinnung, Wasserbeschaffenheit, Wasseraufbereitung, Wasserförderung, Wasserspeicherung, Wasserverteilung

Grundlagen der Siedlungsentwässerung: Schmutz- und Niederschlagswasserabfluss, Entwässerungssysteme, Technik der Siedlungsentwässerung, Abwasserbeschaffenheit, Abwasser- und Schlammbehandlung

Technische Hydromechanik (3./4. Semester, je 2 SWS)

## **Hydrostatik, Hydrodynamik, Rohrhydraulik, Gerinnehydraulik**

### **Vertiefungsmodul Wasserbau (6. Semester, 4 SWS)**

Grundlagen der Geohydraulik, Verfahren und Bemessung von Grundwasserhaltungsmaßnahmen, Brunnen- und Filterbemessung, Uferfiltration und Grundwasseranreicherung, Gewässerausbau und -unterhaltung; Rechnerpraktikum zur Nutzung des Programms PMWin (MODFLOW) zur Simulation der Grundwasserströmung; Berechnung von Gewässerspiegel-lagen mit HEC-RAS

### **Projekt III Verkehrs- und Tiefbau (6. Semester, 4 SWS)**

Bearbeitung eines Grundwasserbewirtschaftungsproblems

### **Vertiefungsmodul Siedlungswasserwirtschaft (7. Semester, 4 SWS)**

Wasserbedarfsermittlung; Gestaltung, Entwurf, Bemessung und Sanierung von Rohrnetzen; Rechnerpraktikum zur Bemessung und Optimierung von Rohrnetzen mit dem Programm FLOWMASTER (großer Rohrnetzbeleg); Gestaltung, Bemessung, Steuerung und Sanierung von Wasserspeichern

Ermittlung von Schmutz-, Fremd- und Niederschlagswasserabflüssen, Gestaltung, Entwurf, Bemessung und Sanierung von Kanalnetzen, Rechnerpraktikum zur Berechnung von Kanalnetzen mittels HYSTEM-EXTRAN

## **Praktikums-, Diplom- und Masterarbeiten**

Jedes Jahr suchen etwa 80 Bauingenieure für das 5. Semester einen Praktikumsplatz. Das Praktikum umfasst mindestens 20 Wochen im Zeitraum September bis Januar. Angebote für Praktikumsplätze sollten möglichst bis April vorliegen.

Die Vertiefungsmodule im Bereich Wasserwesen wählen jährlich 6 bis 12 Studenten der Vertiefungsrichtung Verkehrs- und Tiefbau. Diese Richtung wird meist kombiniert mit einer Vertiefung in Geotechnik, Eisenbahn- oder Straßenbau. Jährlich werden 5 bis 8 Diplomarbeiten im Bereich Wasserwesen angefertigt (Tab. 1). Die Diplomaufgabenstellung und Betreuung erfolgt überwiegend in Kooperation mit regional ansässigen Unternehmen und Ingenieurbüros. Die Bearbeitungszeit beträgt minimal 3 Monate, bei Feldarbeiten und Versuchen im Allgemeinen 4 Monate, maximal jedoch 5 Monate. Beginn der Diplomarbeiten ist in den Monaten März oder April, so dass die Arbeiten zum Abschluss des 8. Semesters im Zeitraum Juli bis September verteidigt werden. Vorschläge für Aufgabenstellungen für Diplomarbeiten sollten möglichst bis Januar vorliegen. Eine frühzeitige Absprache ermöglicht bereits während des 7. Semesters eine Vorbereitung der Studierenden und Schwerpunktsetzung in der Ausbildung. Bevorzugt werden Diplomarbeiten, welche die Chancen auf eine nachfolgende Anstellung beim Kooperationspartner verbessern und gleichzeitig als Einarbeitungszeit genutzt werden. Bisher wurde durchschnittlich jeder vierte Absolvent der Vertiefung Wasserwesen von einem Kooperationspartner der Diplomarbeiten eingestellt.

In der Masterausbildung Bauingenieurwesen, Vertiefungsrichtung Verkehrs- und Tiefbau, wird ein Kurs „Groundwater Management“ in englischer Sprache angeboten. Der Schwerpunkt liegt hier bei der Planung von Wasserhaltungsmaßnahmen (Baugruben-

entwässerung, Re-Infiltration) und der numerischen Simulation der Grundwasserströmung bei komplizierten Randbedingungen (Tab. 2).

Kooperationspartner aus dem Bereich Wasserversorgung waren bisher das DVGW Technologiezentrum Wasser in Dresden, die Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH, die DREWAG Stadtwerke Dresden GmbH und die OEWA Wasser und Abwasser GmbH (Leipzig, Grimma, Görlitz), das Ingenieurbüro Wasser und Boden GmbH und andere Ingenieurbüros in Sachsen.

Tab. 1: Übersicht Diplomarbeiten 2004-2010

<b>Jahr</b>	<b>Diplomarbeitsthemen</b>
2004	<p>Untersuchungen zur Hochwasserschutzkonzeption für die Kläranlage Kaditz</p> <p>Konstruktiver Entwurf eines Oberflächenwasserspeichers</p> <p>Bewertung diffuser Stoffeinträge in das Grundwasser unter Städten im Land Sachsen</p> <p>Beprobung des oberflächennahen Grundwassers zum Nachweis landwirtschaftlicher Stoffeinträge</p> <p>Deichsanierung bei Erhalt der Geometrie</p> <p>Untersuchungen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes für die Stadt Grimma</p> <p>Optimierung der Kläranlage Demitz-Thumitz</p> <p>Anwendung von Verfahren zur Sanierung von Hausanschlussleitungen in der Siedlungsentwässerung</p>
2005	<p>Hydraulische Bewertung und wirtschaftliche Betrachtung der Ressourcennutzung und Neuordnung des Trinkwasserversorgungssystems Glauchau/Meerane</p> <p>Betriebsoptimierung einer Uferfiltratfassung des Wasserwerks Torgau-Ost</p> <p>Einsatz des Programmsystems STANET zur Bewirtschaftung von Trinkwasserverteilungssystemen</p> <p>Technik und Wirtschaftlichkeit der Regenwassernutzung in Einfamilienhäusern</p> <p>Untersuchungen zur Ermittlung des Hochwasser-Schadenspotenzials in Siedlungsgebieten</p> <p>Beitrag zur messtechnischen Erfassung der Infiltration in Gewässern</p> <p>Sanierung der Kläranlage Eschdorf</p>
2006	<p>Entwurf einer Uferfiltratfassung an der Lagoa do Peri, Brasilien</p> <p>Erfassung der Prozesse der Ablagerungsbildung/ -verlagerung in zwei Trinkwasserverteilungssystemen</p> <p>Untersuchung der hydraulischen Randbedingungen an zwei Regenrückhalte- und Versickerungsanlagen an der BAB A4</p> <p>Auswirkung von Tiefbauwerken auf die Grundwassertemperatur in Dresden</p> <p>Planung und Projektierung einer kleintechnischen Pilotanlage zur Untersuchung des Belebtschlammverfahrens für eine Grundwassersanierung</p> <p>Verbesserung der gewässerökologischen Verhältnisse und des Retentionsvermögens der oberen Dosse</p>
2007	<p>Beitrag zur Modul-Entwicklung für Versuche zur unterirdischen Enteisung</p> <p>Geschiebetransport im Fluss Natzschung und Geschieberückhalt im Bereich Olbernhau</p> <p>Elektrolytische Chlordioxidherzeugung aus Sole</p> <p>Untersuchungen zur Eutrophierungsneigung von Wasserkörpern, die von deponiebürtigen Stoffen beeinflusst werden</p> <p>Groundwater Recharge Facilities in Arid and Semiarid Regions</p>
2008	<p>Trinkwasseraufbereitung in Dehradun, Indien</p> <p>Modellierung des Austausches zwischen Oberflächenwasser und Grundwassers mit Hilfe des Umwelttracers Temperatur</p> <p>Sanierung von begehbaren Abwasserkanälen mit Schlauchlinern und GFK-Kurzrohren</p> <p>Untersuchungen zum Totholz- und Geschieberückhalt im Lotzebach</p> <p>Untersuchung der Grundwasserströmungsverhältnisse in Sao Sebastiao, Brasilien</p> <p>Charakterisierung von Deckschichten in Trinkwasserleitungen</p> <p>Unterirdische Enteisung mit technischem Sauerstoff</p>
2009	<p>Untersuchungen zur unterirdischen Enteisung und Brunnenkonservierung</p> <p>Monitoring der Einfahrphase der unterirdischen Enteisung</p> <p>Prozessuntersuchungen zur unterirdischen Enteisung und Entmanganung</p> <p>Aufbau eines Grundwasserströmungsmodells und Untersuchungen zur Entwicklung der Wasserqualität der Wasserfassung Görlitz-Weinhübel</p> <p>Bemessung und Ausführungsplanung einer Heberbrunnenanlage in Haridwar, Indien</p> <p>Untersuchungen zum Einsatz passiver Probennahmesysteme im Grundwassermonitoring</p> <p>Ermittlung von Infiltrationsraten bewachsener Flächen</p> <p>Untersuchung der Leistungsfähigkeit von Versickerungsanlagen</p> <p>Optimierung eines Versickerungsgrabens an der BAB A13</p>
2010	<p>Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit von Anlagen zur unterirdischen Enteisung</p> <p>Untersuchungen zur Optimierung von Infiltrationsbrunnen</p> <p>Experimentelle Untersuchungen zu Spülverfahren für Trinkwasserleitungen</p> <p>Erarbeitung von methodischen Grundlagen für Optimierung der Anzahl und Anordnung von Armaturen in innerstädtischen Wasserversorgungssystemen</p> <p>Untersuchung der thermischen Grundwasserbelastung beim Bau und Betrieb von Geothermieanlagen</p> <p>Entwurf einer Wasserhaltung für die Grube Niederschlag</p> <p>Elektrolytische Chlorherzeugung für die Trinkwasserdesinfektion</p> <p>Optimierung einer Recyclinganlage für gering belastete Spülwässer in der Halbleiterindustrie</p>

Tab. 2: Übersicht MSc-Arbeiten 2005-2010

Jahr	MSc-Arbeiten
2005	Betriebsoptimierung einer Uferfiltratfassung des Wasserwerks Torgau-Ost
2008	Unterirdische Enteisenung mit technischem Sauerstoff Aufbau eines Grundwasserströmungsmodells und Untersuchungen zur Entwicklung der Wasserqualität der Wasserfassung Göttwitz
2009	Charakterisierung von Deckschichten in Trinkwasserleitungen Modellgestützte Untersuchungen des Küstenaquifers São Sebastião (Brasilien)

Von 2009 bis 2011 läuft ein besonderes Ausbildungsprojekt „US-Germany IRES Program on Riverbank Filtration“. Jährlich absolvieren jeweils vier Studenten aus den USA für zwei Monate zusätzliche Kurse zur Uferfiltration, werden in laufende Projekte eingebunden und besichtigen Uferfiltratwasserwerke in Dresden, Düsseldorf und Görlitz.

Im Lehrbereich Wasserwesen arbeiten drei Doktoranden. Cornelius Sandhu beschäftigt sich mit der Uferfiltration in Indien unter extremen Randbedingungen (kooperatives Promotionsverfahren mit der TU Dresden, Prof. Werner, Prof. Gräber) und wird finanziert aus BMBF-Drittmitteln. Johannes Ahrns nutzt das ESF-Förderprogramm für Fachhochschulabsolventen und befasst sich mit Infiltrationsbrunnen (kooperatives Promotionsverfahren mit der TU Dresden, Prof. Liedl). Marcus Soares wird vom DAAD gefördert und arbeitet am Thema Sedimenttransport und Kolmation von Gewässersohlen bei der Uferfiltration in Brasilien (kooperatives Promotionsverfahren mit der TU Berlin, Prof. Gunkel). Weitere sechs kooperative Doktorarbeiten zur Uferfiltration laufen in Indien, Brasilien, Südkorea und Kolumbien, die Doktoranden waren zu einwöchigen bis zweimonatigen Aufenthalten an der HTW Dresden.

## 2 Forschung

### 2.1 Forschungsprofil

Forschungsprojekte an Fachhochschulen sind vor allem auf die Nutzung der Ergebnisse in der Praxis und die Zusammenarbeit mit Partnern in der Wirtschaft und Industrie ausgerichtet. In der Forschungs-„Nische“ des Lehrbereichs Wasserwesen im Schatten der leistungsstarken Fachrichtung Wasserwesen an der TU Dresden finden sich alle Aspekte zur Uferfiltration, Grundwasseranreicherung und unterirdischen Wasseraufbereitung. Laufende Projekte beschäftigen sich mit der Uferfiltration in Indien und dem Aufbau eines Kompetenzzentrums Uferfiltration in Indien, dem Einsatz der unterirdischen Enteisenung bei hohen Eisengehalten, der Infiltration in unbewachsenen und bewachsenen Infiltrationsbecken, der Kolmation von Gewässersohlen und der Entwicklung von Feldmesstechnik. Dabei existiert eine langjährige, sehr gute Zusammenarbeit mit dem Institut für Wasserchemie und dem Institut für Grundwasserwirtschaft der TU Dresden. Außerdem laufen Projekte in Zusammenarbeit mit dem Straßen- und Eisenbahnbau sowie der Landespflege, z. B. zur Optimierung von Versickerungsbecken an Autobahnen, zur Veränderung des pH-Wertes des Sickerwassers unter Gleisanlagen nach Einsatz von Bodenverbesserungsmitteln, zur Phosphatremobilisierung und Veränderung der Grundwasserströmungsverhältnisse bei der Moorrenaturierung

Insgesamt sind 7 wissenschaftliche Mitarbeiter und Doktoranden über Drittmittel beschäftigt, unterstützt von Dipl.-Ing. Wolfgang Macheleidt (haushaltsfinanzierter Laboringenieur). Von außerordentlichem Wert ist die Beratung der Absolventen und Doktoranden durch Prof. Wolfgang Nestler und Dr.-Ing. Dieter Eichhorn. Nachfolgend werden einige Projekte und Projektergebnisse aus dem Bereich Wasserversorgung kurz vorgestellt.

## 2.2 Uferfiltration

Die Trinkwasserversorgung in Sachsen basiert zu 27 % auf der Fassung von Uferfiltrat und künstlich angereichertem Grundwasser. Während der Untergrundpassage verändert sich die Beschaffenheit des infiltrierenden Flusswassers. Die komplexe Untersuchung der Uferfiltration ist seit mehr als 15 Jahren Schwerpunkt der Forschung im Lehrbereich Wasserwesen (Nestler et al., 1995). Die Forschung umfasst Arbeiten zur Kolmation der Gewässersohle, zur Ermittlung von Fließzeiten des Infiltrats, zur Nachhaltigkeit der Reinigungseffizienz gegenüber organischen Stoffeinträgen, zur Optimierung der Anlagenbewirtschaftung und des Monitorings und zur Modellierung geohydraulischer und hydrogeochemischer Prozesse. Die Forschungsergebnisse finden praktische Umsetzung in verschiedenen Uferfiltrat-Wasserwerken an Elbe, Rhein, Neiße, Ganges und Amur.

Die Verringerung der Konzentration organischer Wasserinhaltsstoffe bei der Untergrundpassage entlang des Fließweges ist insbesondere auf Sorptions- und Abbauprozesse zurückzuführen. Die Beschreibung dieser natürlichen Selbstreinigungsprozesse hinsichtlich Effizienz und Nachhaltigkeit ist von großer Bedeutung bei der Nutzung der Grundwasserleiter als großräumige Speicher- und Reaktionsräume, wie sie zum Beispiel bei der Grundwasseranreicherung, Uferfiltration oder Sanierung von Altlasten angewandt wird. Zur Charakterisierung des Transport- und Abbauverhaltens organischer Wasserinhaltsstoffe wurde eine robuste Laborversuchsanlage konzipiert und für zahlreiche Experimente eingesetzt. Mittels einer Säulenanlage variabler Länge wurde zum Beispiel das Durchbruchverhalten von DOC, Pestiziden, EDTA, aromatischen Aminen und Chloressigsäuren untersucht. Die Retardation bzw. das DOC-Eliminationsvermögen entlang des Fließweges kann dabei in Abhängigkeit von verschiedenen Temperaturen, Abstandsgeschwindigkeiten, Redoxbedingungen und Anfangskonzentrationen bestimmt werden.

Im Rahmen von BMBF-Forschungsvorhaben wurden umfangreiche Untersuchungen der Strömungs- und Beschaffenheitsverhältnisse in Talgrundwasserleitern entlang der Elbe durchgeführt (Fischer et al., 2006; Krüger et al., 2006). Dabei wurden Erfahrungen zur optimalen Gestaltung und Nutzung von Grundwassermessnetzen, zur ereignisbezogenen und langfristigen Beprobung, zur Festlegung des Parameterspektrums und zur Datenauswertung gewonnen (Grischek et al., 2000, 2010, Schoenheinz & Grischek, 2009). Für die Untersuchung der Prozesse in der Gewässersohle wurde eine spezielle Messstelle unter Verwendung von in-situ Membranpumpen unter der Gewässersohle entwickelt.

Für die Bestimmung der Infiltration von Oberflächenwasser in Seen, Speichern, Flüssen, Kanälen, Bächen und Gräben ist die Ermittlung des  $k_f$ -Wertes der Gewässersohle eine notwendige Voraussetzung. Die in der Regel sehr feine Schichtung der Kolmationsschicht hat eine starke Inhomogenität der vertikalen  $k_f$ -Wertverteilung zur Folge. Diese Inhomogenität und der oft hohe Anteil an Organik im Sediment machen eine genaue  $k_f$ -Wertbestimmung nur an ungestörten Proben möglich. Auf der Basis des Verfahrens nach BEYER wurde an der HTWD eine spezielle Anlage entwickelt. Edelstahlrohre mit einer Länge von 0,5 m und einem Durchmesser von 0,1 m werden in die Gewässersohle eingerammt und anschließend mit dem darin eingeschlossenen Bodenmaterial gezogen. Die Säulen werden mit Hilfe speziell entwickelter Adapter in eine Laborversuchsanlage eingebaut. In der Anlage kann die vertikale Durchlässigkeit des Bodenkörpers in der Säule bei verschiedenen Gradienten ermittelt werden (Macheleidt et al., 2006)

Im Rahmen eines vom Sächsischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst geförderten Vorhabens „Uferfiltration als Technik des Integrierten Wasserressourcen-Managements - Bestimmung von Uferfiltrat-Aufenthaltszeiten anhand von Temperatur-



ganglinien und Leitfähigkeitsuntersuchungen“ (2007-2008) wurde die Eignung der Parameter Temperatur und elektrische Leitfähigkeit und entsprechender Auswertungsmethoden zur Bestimmung der Fließzeit des Uferfiltrats evaluiert. Der Vorteil der Temperatur besteht darin, dass sie als natürlich vorkommender Tracer genutzt und einfach und kontinuierlich gemessen werden kann. Es ist keine Stoffzugabe und folglich keine wasserrechtliche Erlaubnis für Versuche notwendig. Zur Beschreibung des Fließverhaltens des Uferfiltrats (Fließwege und Fließgeschwindigkeiten) mit Hilfe des Parameters Temperatur wurden Untersuchungen an den Uferfiltrationsstandorten Dresden-Tolkewitz, Göttwitz und Görlitz durchgeführt. Die erforderlichen Temperaturdaten wurden durch den Einsatz von Datenloggern und die Aufnahme von Tiefenprofilen im Rahmen von Stichtagsmessungen bereitgestellt. Zur Auswertung wurden verschiedene Ansätze angewandt und verglichen: Anpassung von Kosinusfunktionen an die Temperaturganglinien und anschließende Bestimmung der Aufenthaltszeit über die Phasenverschiebung, Kreuzkorrelation, Ermittlung der Fließzeit mit Hilfe des Darcy-Gesetzes basierend auf Wasserstandsmessungen sowie mittels Wärmetransportmodellierung basierend auf Temperaturdaten. Für die Fassungen in Tolkewitz und Görlitz wurden Fließzeiten ermittelt. Die Erfassung der Temperatur als Tracer für die Fließzeitbestimmung bei der Uferfiltration kann als kostengünstige Methode empfohlen werden. Für die Datenauswertung wurden Diagramme entwickelt, die eine einfache Abschätzung der Fließzeiten ermöglichen. Die Eignung des Tracers elektrische Leitfähigkeit konnte ebenfalls nachgewiesen werden, Temperaturmessungen sind aus Kostengründen jedoch zu favorisieren. Die Ergebnisse wurden auf dem von der Sächsischen Landesstiftung Natur und Umwelt durchgeführten Lehrgang zur „Repräsentativen Grundwasserprobenahme“ den sächsischen Behörden und Unternehmen vorgestellt.

Während es in Deutschland aufgrund der demografischen Entwicklung und des sinkenden Wasserbedarfs eher um eine Optimierung der Uferfiltratgewinnungsanlagen geht (Griseck et al., 2010), stellt in Indien das Bevölkerungswachstum eine enorme Herausforderung für die Trinkwasserversorgung dar. Der Trinkwasserbedarf wird dort bis 2025 um etwa 50 % steigen. Um die Zahl der Erkrankungen infolge unzureichender Wasserqualität zu verringern, ist vor allem eine sichere Trinkwasseraufbereitung notwendig, wozu die Indien kaum genutzte Uferfiltration einen großen Beitrag leisten kann. Seit 2005 baut die HTW Dresden deshalb ein Netzwerk Uferfiltration auf. Partner der HTWD sind das Wasserversorgungsunternehmen Uttarakhand Jal Sansthan (UJS), das IIT Roorkee, die DREWAG, die Stadtwerke Düsseldorf AG, das DVGW Technologiezentrum Wasser und die TU Dresden.

Aufgabe des Netzwerkes ist es, die Wasserversorgungsunternehmen in Indien über die Möglichkeiten der Uferfiltration zu informieren, neue Uferfiltrationsprojekte zu initiieren und durch Kooperation indischer und deutscher Forschungseinrichtungen und Unternehmen Ansätze zur Anpassung an spezifische hydrologische und geologische Bedingungen in Indien zu entwickeln. Für die Anwendung der Uferfiltration als kostengünstige, naturnahe und nachhaltige Umwelttechnologie und als Alternative zur direkten Oberflächenwasserentnahme gibt es insbesondere in Nordindien günstige Bedingungen (Sandhu et al., 2006, 2010). Aktivitäten des Wasserversorgers UJS mit Unterstützung der HTWD wurden von der indischen Regierung mit einem 2. Platz bei der Vergabe der ‚National Urban Water Awards 2009‘ in Neu Delhi gewürdigt. Die Uferfiltration als erster Aufbereitungsschritt bietet jedoch auch an verunreinigten Flüssen wie dem Yamuna in Delhi ein großes Potential zur Verbesserung der Trinkwasserversorgung.

Nach Beendigung eines EU-Projekts (Tab. 3) konnte der Aufbau eines Kooperationszentrums für Uferfiltration „Cooperation Centre for Riverbank Filtration (CCRBF)“ in Haridwar (Bundesland Uttarakhand in Nordindien) 2007 und 2008 mit Spendenmitteln der Stadtwerke

Düsseldorf AG und der Rheinenergie AG fortgesetzt werden. Im Jahr 2008 wurde dem Kooperationszentrum der Status eines gemeinnützigen Vereins in Indien zuerkannt. Seit September 2008 gibt es eine Kooperation mit der GTZ-ASEM, in deren Rahmen Studentenprojekte zur Verbesserung der Wasserversorgung in Indien gefördert werden. Inzwischen wurde deutlich, dass bei dem sich entwickelnden Vertrauensverhältnis viele Anfragen und Kooperationsangebote indischer Partner über das Gebiet Wassergewinnung hinaus gehen und den gesamten Bereich der Wasserwirtschaft umfassen. So liefen bereits Arbeiten zur Methodik der Leckagesuche in Wasserverteilungsnetzen und zur Planung eines Wasserwerkes in Dehradun mit komplizierter Enthärtung und Sulfatentfernung (Griseck et al., 2009). In diese Arbeiten wurden die TU Dresden und das TZW einbezogen. Seit September 2008 unterstützt das BMBF ein Forschungsmarketing-Projekt, um neben der grundlegend praktischen auch die wissenschaftliche Zusammenarbeit zu intensivieren und zusätzlich zu dem von den Wasserwerken getragenen Kooperationszentrum ein Indisch-Deutsches Kompetenzzentrum Uferfiltration am National Institute of Hydrology in Roorkee aufzubauen.

Tab. 3: Überblick der Aktivitäten in Indien seit 2004

<b>Jahr</b>	<b>Projekt/ Veranstaltung</b>	<b>Projektträger</b>	<b>Organisation</b>	<b>Partner</b>	<b>Ort</b>
2004	International Workshop Riverbank Filtration	-	IIT Roorkee & University of Hawaii	HTWD als Gast aus Deutschland	Roorkee
2005 - 2006	EU-India Riverbank Filtration Network	EU ECCP	HTWD	SWD, Uni Innsbruck, UEA, IITR, UJS <sup>1)</sup> , IHDF, NIH	Haridwar, Roorkee, Varanasi, Patna, Nainital
2006 - 2007	Kolmation an Uferfiltrationsstandorten in Uttaranchal	DST-BMBF	HTWD	IITR, UJS, DGC	Haridwar, Dehradun
2007 - 2008	Cooperation Centre for Riverbank Filtration (CCRBF) Haridwar, Workshops	SWD GTZ	HTWD	SWD, UJS, IITR, MIT, RheinEnergie, DST	Haridwar, Ahmedabad, Muzaffarpur
2007	Workshop	SWD	HTWD	IITR, UJS, SWD, TUD	Roorkee
2008	Workshop	SWD	HTWD	Nirma Univ., GWSSB, AMS, NEERI, SWD	Ahmedabad
2009	Workshop	BMBF	HTWD	DST, UCOST, IITR, SWD, TZW	Dehradun
2008 - 2010	Competence Centre for Riverbank Filtration	BMBF	HTWD	NIH, TZW, TU Dresden	Roorkee
2010 - 2012	Water Technology Initiative, Entwicklung von 4 Uferfiltrationsstandorten	DST	UCOST	UJS HTWD beratend	Uttarakhand

<sup>1)</sup> Staatliches Wasserversorgungsunternehmen für das Bundesland Uttarakhand

Seit 2007 organisiert die HTWD mit ihren Partnern jährlich Workshops in Indien zu Themen der Wasserwirtschaft, Schwerpunkt Uferfiltration (Tab. 3). Jährlich absolvieren 4 Bauingenieurstudenten der HTWD ihr Praktikumssemester in Indien. Bisher waren bereits mehr als 30 indische Ingenieure, Doktoranden und Professoren zu Exkursionen und Workshops in Deutschland. Im August 2010 kamen 6 indische Fachleute zu einem Workshop sowie zur Besichtigung des Wasserwerks Dresden-Hosterwitz, des TZW-Labors, der DREWAG-Zentrale und der Brunnenbau Wilschdorf GmbH nach Dresden. Auf dem

Workshop an der HTWD wurde über den Stand des Baus und der Probenahmeprogramme für 4 neue Uferfiltrat-Brunnen in Uttarakhand als Demonstrationsvorhaben beraten. Abb. 1 zeigt ein Beispiel einer entsprechenden Informationstafel. Die Tafeln werden in Englisch und Hindi an den vier Standorten aufgestellt, um die Bevölkerung über die Aktivitäten zu informieren.

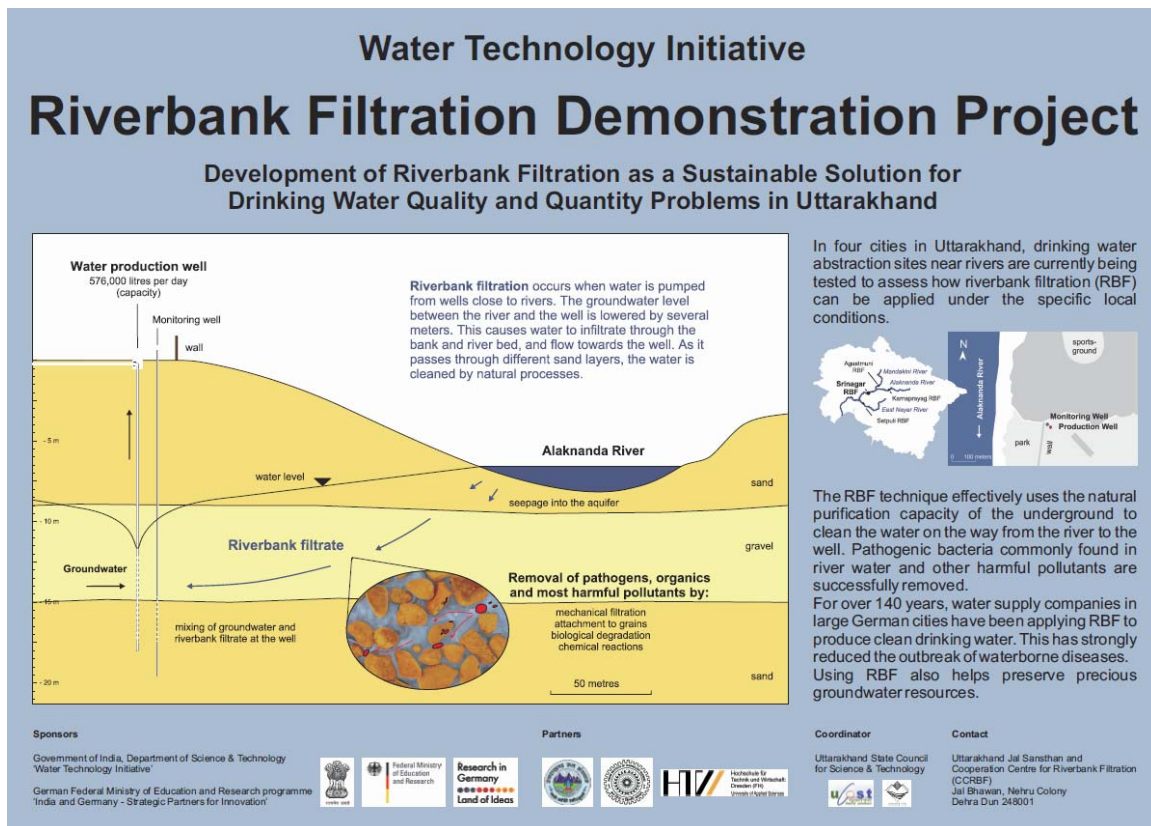


Abb. 1: Informationstafel für einen neuen Uferfiltrationsstandort in Indien

### 2.3 Grundwasseraufbereitung durch unterirdische Enteisenung/ Entmanganung

Im Rahmen eines BMBF-Forschungsprojektes wurden 2007-2010 automatisierte Module entwickelt, die eine kostengünstigere Durchführung von Vorversuchen zur unterirdischen Enteisenung gestatten (Abb. 2 & 3). Diese Module basieren auf dem Einsatz von technischem Sauerstoff. Labor- und Feldversuche dienten Untersuchungen zur Erweiterung der Einsatzgrenzen des Verfahrens.



Abb. 2: Modul 1 PKW-Anhänger für Untersuchungen an Kleinanlagen

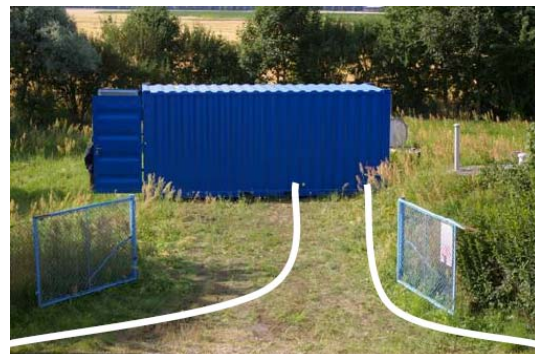


Abb. 3: Modul 2 Containermodul für Untersuchungen an Großanlagen

Das Containermodul wurde mit Unterstützung durch die Fernwasserversorgung Elbaue-Ostharz GmbH an einem Standort nahe Torgau in Sachsen fünf Monate lang getestet (Macheleidt et al., 2010). Es konnte nachgewiesen werden, dass durch die unterirdische Enteisung des anstehenden Grundwassers eine Reduzierung der Eisen(II)-Konzentrationen von über 14 mg/l bis zum Trinkwassergrenzwert von 0,2 mg/l möglich ist (Grischek et al., 2008a). Gleichzeitig konnte eine Verringerung der Arsenkonzentration von 7 µg/l bis auf einen Wert von 0,5 µg/l nachgewiesen werden. Eine Manganentfernung wurde in der zur Verfügung stehenden Versuchszeit erwartungsgemäß nicht erreicht. Die Ergebnisse der Prozessuntersuchungen und hydrochemischen Auswertungen werden an anderer Stelle veröffentlicht. Mit dem Langzeittest wurde nachgewiesen, dass mit dem Containermodul eine Standortbewertung hinsichtlich der Eignung der unterirdischen Enteisung sicher möglich ist. Bei Eignungsversuchen an Brunnen kann mit einer Infiltrationsleistung bis zu 40 m<sup>3</sup>/h bei frei wählbarer Sauerstoffkonzentration bis zu 40 mg/l im Infiltrat gearbeitet werden. Die Nutzung des vor Ort produzierten technischen Sauerstoffs ermöglicht auch Versuche an Standorten mit hoher Eisenkonzentration im Grundwasser bzw. hoher Sauerstoffzehrung durch andere Prozesse im Untergrund. Die Dauer eines Vorversuches hängt wesentlich von den örtlichen Gegebenheiten wie Brunnenausbau, Mächtigkeit des Grundwasserleiters, pH-Wert und Eisengehalt des Grundwassers ab. Für sichere Aussagen ist von einer minimalen Versuchsdauer von drei Monaten auszugehen. Das Containermodul steht für eine weitere Nutzung im Rahmen von Kooperationsvereinbarungen zur Verfügung.

Bei Präsentationen auf der Messe WasserBerlin 2009 sowie in Gesprächen mit Wasserversorgungsunternehmen aus Russland, Weißrussland, Südkorea und Ägypten wurde deutlich, dass die Anwendung der UEE in diesen Regionen großes Potenzial besitzt. Besonders die Kopplung mit der Uferfiltration, die schon an einigen Standorten angewendet wird, stieß auf reges Interesse (Ahrns et al., 2009). In Zusammenarbeit mit der ARCADIS Deutschland GmbH wird eine Pilotanlage in Khabarovsk am Amur (Russland) betreut und der Bau einer Wasserfassung für mehr als 120.000 m<sup>3</sup>/d wissenschaftlich begleitet (Herlitzius et al., 2008, 2010). Zur Optimierung der UEE unter den schwierigen hydrogeochemischen Randbedingungen in Russland (niedrige Wassertemperaturen, niedriger pH-Wert, hohe Kohlensäurekonzentration) laufen Laborversuche in Dresden.

Durch den Rückgang des Wasserverbrauchs sowie Umstrukturierungen werden in Deutschland einige Fassungen der Wasserversorger temporär oder über längere Zeiträume nicht betrieben. An den nicht oder nur temporär genutzten Brunnen kommt es trotzdem zur Brunnenalterung durch Verockerung der Filterschlitzes bzw. Filterschüttungen. Gründe dafür sind u. a. das eisenhaltige Grundwasser und schwankende Grundwasserstände mit daraus resultierenden wechselnden aeroben und anaeroben Verhältnissen im und um den Brunnen. Um an mittelfristig nicht betriebenen Brunnen vor Inbetriebnahme auf kostenintensive Regenerierungsverfahren verzichten zu können, wurde eine prophylaktische Brunnenkonservierung untersucht. Dabei war die Frage zu beantworten, ob durch die Anwendung der unterirdischen Enteisung ein Brunnen für einen definierten Zeitraum stillgelegt werden kann, ohne dass es zu den beschriebenen Brunnenalterungen kommt bzw. wie lange der erzeugte Reaktionsraum nach Infiltration von sauerstoffhaltigem Wasser das mit der natürlichen Grundwasserströmung durch den Brunnenraum transportierte Eisen(II) zurückhalten kann. Für eine Durchlässigkeit des Grundwasserleiters von  $k_f = 1 \cdot 10^{-4}$  m/s, eine Porosität von  $n_e = 0,25$  und eine Sauerstoffkonzentration des Infiltrats von  $c_{O_2} = 10$  mg/l wurden mit dem Programm PMWin fiktive Szenarien einer Brunnenkonservierung modelliert und mit Feldversuchsergebnissen verglichen. Danach kann bei einer Abstandsgeschwindigkeit  $v_a = 0,1$  m/d und einem Reaktionsraumradius  $r = 6$  m der Brunnen für einen Zeitraum von mindestens 60 d konserviert werden.

## 2.4 Grundwassermonitoring

Zur Untersuchung der Grundwasserbeschaffenheit muss in der Regel ein hoher technischer Aufwand (z. B. Bau von Grundwassermessstellen) betrieben werden. Mit der an der HTWD entwickelten *Nestlersonde* ist es möglich, für unterschiedliche Parameter teufenorientierte Konzentrationsprofile im oberflächennahen Grundwasserbereich mit geringem Aufwand aufzunehmen (Abb. 4). Dabei weist die *Nestlersonde* eine Reihe von Vorteilen gegenüber einer Grundwassermessstelle auf. Mit ihr kann ein Tiefenprofil der Grundwasserbeschaffenheit mit hoher Trennschärfe aufgenommen werden, die Anpassung an schwankende Grundwasserstände ist problemlos möglich und es kann bereits am Grundwasseranschnitt mit der Beprobung begonnen werden. Es ist nur eine kleine Fläche von ca. 2 m x 2 m für den Bohransatzpunkt und diese nur für die Dauer der Probennahme erforderlich. Einschränkungen bezüglich des Einsatzes der Rammsonde bestehen hinsichtlich des Parameterspektrums (z. B. flüchtige Verbindungen), des Vertrauensbereiches für einzelne Parameter (z. B. Fe, Mn), der Probenmenge und bei stark schluffigen oder stark konsolidierten Böden. Der Einsatz von Unterdruck zur Probengewinnung beschränkt die Anwendung der Sonde auf Grundwasserleiter mit einem maximalen Flurabstand von etwa 6,0 m. Die Beprobung an einem Ansatzpunkt ist nur einmal möglich, da durch das Rammen die Bodenmatrix und die Stratifikation des Untergrundes gestört werden und im Nachgang möglicherweise vertikale Kurzschlussströmungen auftreten können. Die Sonde wurde bereits erfolgreich zur Ermittlung von Stickstoffeinträgen in das Grundwasser unter landwirtschaftlich genutzten Flächen eingesetzt (Griseck et al., 2007).

**Radon-222** ( $^{222}\text{Rn}$ ) ist ein instabiles Isotop des inerten Edelgases Radon mit einer Halbwertszeit von 3,8 Tagen. Radon entsteht beim natürlichen Zerfall von Radium, welches in vielen Gesteinen enthalten ist. Es kommt in Grundwasserleitern natürlich vor. Das Grundwasser nimmt beim Durchströmen des Grundwasserleiters Radon-222 aus dem Lockergestein bis zur Gleichgewichtskonzentration auf. In Oberflächengewässern ist die Rn-222 Konzentration aufgrund der Entgasung in die Atmosphäre sehr gering. Aus der im Wasser gemessenen Radonkonzentration und der Nutzung des Radonkonzentrationsgefälles zwischen Grundwasser (max.) und Oberflächenwasser (min.) kann die Aufenthaltszeit bzw. die Fließgeschwindigkeit des Wassers berechnet werden (Macheleidt et al., 2006). Um Radon online messen zu können, muss es aus der wässrigen Phase in die Gasphase überführt werden. Dazu wurden Tests verschiedener Materialien durchgeführt. Es wurde der Einfluss des Luft- und Wasserdurchsatzes auf die Messergebnisse untersucht und unter Mitwirkung von Prof. Nestler ein erster Prototyp zur online-Messung gebaut (Abb. 5) und erfolgreich getestet. Mit der Nutzung von Radon als natürlichem Tracer können u. a. die folgenden Aufgaben gelöst werden: Ermittlung optimaler Abpumpzeiten für Grundwassermessstellen; Bestimmung der Austauschraten zwischen Oberflächengewässer und Aquifer; Beschreibung der Durchströmung von Wasserbauwerken; Überprüfung von Gewässern auf ihr Radonentgasungspotential; Untersuchung von Duschwässern. Radonkonzentrationen in der Luft (z. B. in Filterhallen) können ebenfalls bestimmt werden. Im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie zur Schutzzonenfestlegung einer Quellwasserfassung im Vogtland wurden 2009/2010 Radonmessungen zur Ermittlung von Aufenthaltszeiten durchgeführt.



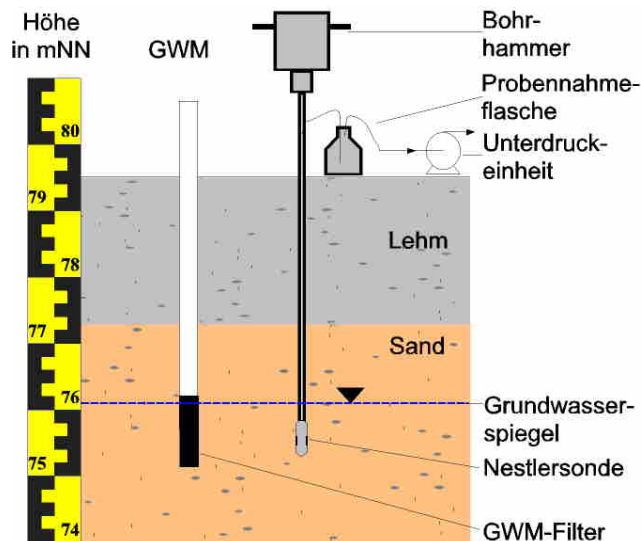


Abb. 4: Prinzip der Probennahme



Abb. 5: Messkoffer für Radon-222

Globale Klimaveränderungen, spezielle urbane Klimabedingungen und die zunehmende Nutzung des Grundwassers für Wärmeaustauscher und Klimaanlage beeinflussen die Grundwassertemperatur unter einer Stadt langfristig. Tiefgaragen, Fernwärmekanäle, Abwasserleitungen und andere Tiefbauwerke stellen zusätzliche Wärmequellen im Untergrund dar. Eine Erhöhung der Grundwassertemperatur kann Auswirkungen auf die Wasserbeschaffenheit und die Strömungsverhältnisse und somit auf die Nutzung des Grundwassers (Wasserversorgung, Wärmepumpen) haben. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit der Erfassung, Dokumentation und Bewertung der Entwicklung der Grundwassertemperatur. In Dresden wurden gemeinsam mit dem Umweltamt langfristig angelegte Messungen durchgeführt (Grischek et al., 2008b) und auf einem Workshop vorgestellt (<http://www.gwz-dresden.de/dgfz-ev/aktuelle-informationen/kolloquium-gw-temperatur/vortraege.html>). Im Untersuchungszeitraum 2006-2010 wurde für 7 Grundwassermessstellen (GWM) im Stadtzentrum von Dresden eine mittlere Grundwassertemperatur von 15,0 °C und im Abstrom des Coselpalais eine Maximaltemperatur von 21,1 °C beobachtet. An den GWM Stallhof und Ständehaus betrug der Temperaturanstieg > 4 K in 3 Jahren. Im Abstrom der Tiefgaragen Coselpalais und ESAG-Gebäude war eine Temperaturerhöhung um > 2 K nachweisbar.

## Literaturverzeichnis

- Ahrns, J., Klügel, S., Schoenheinz, D., Eichhorn, D., Grischek, T. (2009) Subsurface iron removal at river bank filtration sites. Proc. IWA Eastern European Regional Young Water Professionals Conf., 21.-22.05.09, Minsk, 290-297.
- Fischer, T., Day, K., Grischek, T. (2006) Sustainability of riverbank filtration in Dresden, Germany. In: UNESCO IHP-VI Series on Groundwater No. 13, Recharge systems for protecting and enhancing groundwater resources. Proc. Int. Symp. Management of Artificial Recharge, 11.-16.06.2005, Berlin, 23-28.
- Grischek, T., Schoenheinz, D., Syhre, C., Saupe, K. (2010) Impact of decreasing water demand on bank filtration in Saxony, Germany. Drink. Water Eng. Sci. 3, 11-20.
- Grischek, T., Malter, S., Sandhu, C., Kamphausen, S. (2009) Trinkwasseraufbereitung in Dehradun, Indien. Wasser 2009 Proc. Jahrestagung der Wasserchem. Gesell. der GDCh, 18.-20.05.2009, Stralsund, 197-201.

- Grischek, T., Fischer, J., Klügel, S., Macheleidt, W. (2008a) Unterirdische Enteisung von Grundwasser. In: Niekamp, O. (Hrsg.) IFF wba '08 Innovation und Forschung an Fachhochschulen. VDI Fortschritt-Berichte, Reihe 4, Bauingenieurwesen 209, 42-50.
- Grischek, T., Macheleidt, W., Saupe, K., Ahrns, J., Wübken, L. (2008b) Messung und Bewertung der Grundwassertemperatur. In: Sächsische Landesstiftung Natur und Umwelt, Kursunterlagen Repräsentative Grundwasserprobennahme, Schwerpunkt Qualitätssicherung. 09.-11.10.2009, Leipzig.
- Grischek, T., Macheleidt, W., Ihling, H., Kuhn, K., Thuss, K.-H. (2007) Einsatz der Nestler-sonde zur teufenorientierten Beprobung von oberflächennahem Grundwasser. Grundwasser Altlasten aktuell 2007, 10-21.
- Grischek, T., Macheleidt, W., Nestler, W. (2000) Hydrochemische Erfassung des Stoffaustausches zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser in der Torgauer Elbaue. In: Friese, K., Witter, B., Miehl, G., Rode, M. (Hrsg.) Stoffhaushalt von Auenökosystemen. Springer-Verlag, 119-128.
- Herlitzius, J., Sumpf, H., Kulakov, V.V., Grischek, T., Pillukeit, W. (2010) Further development of subsurface iron removal in combination with other techniques. Proc. IWA Specialist Conf. Water and Wastewater Treatment Plants in Towns and Communities of the XXI Century: Technologies, Design and Operation, 02.-04.06.2010, Moscow.
- Herlitzius, J., Sumpf, H., Grischek, T., Rothe, S. (2008) Russischer Markt als Chance für die in situ Aufbereitung von Grundwasser. energie wasser-praxis 9, 8-13.
- Krüger, M., Ende, C., Grischek, T. (2006) Management of river bank filtration in the Elbe River Basin near Torgau, Germany. In: UNESCO IHP-VI Series on Groundwater No. 13, Recharge systems for protecting and enhancing groundwater resources. Proc. Int. Symp. Management of Artificial Recharge, 11.-16.06.2005, Berlin, 49-54.
- Macheleidt, W., Grischek, T., Klügel, S., Ebermann, J., Ahrns, J., Eichhorn, D. (2010) Containermodul für automatisierte Vorversuche zur unterirdischen Enteisung. energie wasser praxis 5, 72-77.
- Macheleidt, W., Grischek, T., Nestler, W. (2006) New approaches for estimating streambed infiltration rates. In: Hubbs, S. (ed.) Riverbank Filtration Hydrology. NATO Science Series IV. Earth and Environmental Sciences Vol. 60, Springer, Dordrecht, 73-91.
- Nestler, W., Neitzel, P., Grischek, T., Dehnert, J. (1995) Untersuchung der Beschaffenheitsdynamik bei der Uferfiltration der Elbe. BMFT-Forschungsbericht 02WT9162/0, 1991-1994, 123 S.
- Sandhu, C., Grischek, T., Kumar, P., Ray, C. (2010) Potential for riverbank filtration in India. Clean Techn Environ Policy, DOI 10.1007/s10098-010-0298-0
- Sandhu, C., Grischek, T., Schoenheinz, D., Ojha, C.S.P., Irmscher, R., Uniyal, H.P., Thakur, A.K., Ray, C. (2006) Drinking water production in India – Bank filtration as an alternative. Water Digest 1(3), 62-65.
- Schoenheinz, D., Grischek, T. (2009) Beitrag zur Bewertung des Einflusses von Klimaänderungen auf die Trinkwassergewinnung durch Uferfiltration. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 26, 117-122.

Prof. Dr.-Ing. Thomas Grischek  
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Lehrbereich Wasserwesen  
Friedrich-List-Platz 1  
01069 Dresden  
Tel.: 0351 4623350  
Fax: 0351 4622195  
Email: grischek@htw-dresden.de