

Hydrologie und Wasserbewirtschaftung

Hydrology and Water Resources Management



Anteil der Bakterien am Abbau der organischen Substanz im Elbe-Ästuar
Integration urbaner Gewässer – Entwicklung, Bilanz, Herausforderungen
Hydrologie - Forschung zwischen Theorie und Praxis

Hydrologie und Wasserbewirtschaftung

Die Zeitschrift Hydrologie und Wasserbewirtschaftung (HyWa) ist eine deutschsprachige Fachzeitschrift, die Themen der Hydrologie und Wasserwirtschaft umfassend behandelt. Sie bietet eine Plattform zur Veröffentlichung aktueller Entwicklungen aus Wissenschaft und operationeller Anwendung. Das Spektrum der Fachbeiträge setzt sich aus folgenden Themenbereichen zusammen, die unter qualitativen, quantitativen, sozioökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten behandelt werden:

- Hydrologie
- Bewirtschaftung der Wasservorkommen
- Wasser- und Stoffflüsse, Gewässerschutz
- Binnen- und Küstengewässer
- Grundwasser

Zur Veröffentlichung werden nur fachlich fundierte, originäre Artikel zu aktuellen Themen zugelassen. Ein Redaktionsausschuss sowie assoziierte Editoren, bestehend aus Hochschulvertretern, Vertretern des Bundes und der Länder, gewährleisten, dass nur qualitativ hochwertige Fachbeiträge veröffentlicht werden (peer review). Die HyWa enthält außerdem einen nachrichtlichen Teil, der dem Austausch von Informationen aus Bund, Ländern und internationalen staatlichen und nicht-staatlichen Organisationen dient.

Editoren

Redaktionsausschuss:

Dr. Johannes Cullmann,
IHP/HWRP-Sekretariat, Koblenz

Prof. Dr.-Ing. Markus Disse,
Universität der Bundeswehr, Neubiberg

Frau Prof. Dr. Nicola Fohrer,
Universität Kiel

Prof. Dr. Uwe Grünewald,
Technische Universität Cottbus

MR Helmut Teltscher,
Thür. Ministerium für Landwirtschaft,
Naturschutz und Umwelt, Erfurt

Redaktion:

Gerhard Strigel, Leitung, v.i.S.d.P. • strigel@bafg.de
Hilde Hücking • huecking@bafg.de • Telefon: 0261/1306-5354

Übersetzungen: Bernd Uebelmann • uebelmann@bafg.de

Anschrift:

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Am Mainzer Tor 1 • 56068 Koblenz • www.hywa-online.de

Verlagsrechte:

Die eingereichten Aufsätze und Kurzberichte müssen Originalarbeiten sein. Sie dürfen in der vorgelegten oder in ähnlicher Form weder an anderer Stelle eingereicht noch veröffentlicht sein. Ausnahmen in besonders gelagerten Fällen, z.B. Vorveröffentlichung in anderer Sprache, bedürfen vorheriger Absprache mit der Redaktionsleitung. Mit der Annahme des Manuskripts geht das Recht der Veröffentlichung einschließlich sonstiger Vervielfältigung auf den Herausgeber über.

Erscheinungsweise:

zweimonatlich im Abo, 34,- €/Jahr,
kündbar jeweils drei Monate vor Jahresende

Herausgeber:

BfG für Fachverwaltungen des Bundes und der Länder

Satz und Druck:

Druckpartner Moser, Rheinbach
ISSN 1439-1783

The journal Hydrologie und Wasserbewirtschaftung (HyWa) (Hydrology and water resources management) is a German-language periodical which comprehensively reports on hydrological topics. It serves as a platform for the publication of the latest developments in science and operational application. The range of contributions relates to the following subjects that are treated from qualitative, quantitative and ecological aspects:

- hydrology
- water resources management
- water and material fluxes, water protection
- inland and coastal waters
- groundwater.

Only scientifically substantiated articles on current topics are selected for publication. An editing committee comprising representatives from universities, and from the Federal Republic and the Federal States guarantees that only high-quality contributions are published (peer review).

The HyWa also includes a news section for the exchange of information from the Federal Republic, the Federal States, and international governmental and non-governmental organisations.

Assoziierte Editoren

Prof. Dr. Günter Blöschl,
Technische Universität Wien

Dr. Gerhard Brahmmer,
Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wiesbaden

Prof. Dr. Axel Bronstert
Universität Potsdam

Prof. Dr. Bernd Cyffka,
Universität Eichstätt-Ingolstadt, Eichstätt

Prof. Dr. Siegfried Demuth,
UNESCO Division of Water Science, Paris

Prof. Dr. -Ing. Uwe Haberlandt,
Universität Hannover

Dr. Fritz Kohmann,
Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

Prof. Dr. Wolfram Mauser,
Universität München

Prof. Dr. Lucas Menzel,
Universität Heidelberg

Prof. Dr. Bruno Merz,
Deutsches GeoForschungszentrum, Potsdam

Frau Prof. Dr. Elisabeth I. Meyer,
Universität Münster

Frau Dr. Heike Puhlmann,
Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Freiburg

Prof. Dr. Andreas Schumann,
Universität Bochum

Prof. Dr. Clemens Simmer,
Universität Bonn

Prof. Dr. Manfred Spreafico,
Universität Bern

Prof. Dr. Benedikt Toussaint,
Taunusstein

Prof. Dr. Stefan Uhlenbrook,
UNESCO-IHE Institute for Water Education und
Delft University of Technology, Delft

Prof. Dr. Markus Weiler,
Universität Freiburg

Prof. Dr. Rolf Weingartner,
Universität Bern

Inhalt | Contents

Fachartikel | Scientific reports

Klaus Gocke, Jürgen Lenz, Regine Koppe, Gerhard Rheinheimer und Hans-Georg Hoppe Der Anteil der Bakterien am Abbau der organischen Substanz im Elbe-Ästuar The role played by bacteria in the decomposition of organic matter in the Elbe Estuary	188
Felix Hauser, Doris Wastl-Walter und Rolf Weingartner Integration urbaner Gewässer – Entwicklung, Bilanz und neue Herausforderungen Integration of water bodies in the urban landscape – history, current status, and new challenges	199
Andreas Schumann Hydrologie – Forschung zwischen Theorie und Praxis Hydrology – Research between theory and practice	215

Hydrologische Notizen | Hydrological notes

UN Wasserforum UN Water forum	224
Tagungsbericht Report on scientific event	226
Projektbericht Project report	227
Aktuelles Latest news	231

Nachrichten | News

Personen People	234
Neue Publikationen New publications	235
Termine Events	239

Die Fachzeitschrift Hydrologie und Wasserbewirtschaftung ist gelistet im:
Science Citation Index Expanded (SCIE), Journal Citation Reports/Science Edition und Scopus

Klaus Gocke, Jürgen Lenz, Regine Koppe, Gerhard Rheinheimer und Hans-Georg Hoppe

Der Anteil der Bakterien am Abbau der organischen Substanz im Elbe-Ästuar

The role played by bacteria in the decomposition of organic matter in the Elbe Estuary

An vier Tidenzyklus-Stationen von 21 bis 36 Std. Dauer wurde auf einem Längsschnitt von Hamburg bis zur Außenelbe untersucht, welchen Anteil die Bakterien am Abbau der organischen Substanz haben. Der Gesamt-Abbau durch die planktische Organismengemeinschaft wurde aus dem Sauerstoffverbrauch mit einem angenommenen Respirationsquotienten von 0,85 bestimmt. Der bakterielle Abbau wurde über die Biomasse-Produktion und die Wachstums-Effizienz der Bakterien ermittelt. Die Tidenzyklus-Stationen mit einer hohen zeitlichen Auflösung zeigten eine große Variabilität der Abbauprozesse während der Gezeiten. Die Mittelwerte ergaben, dass der Gesamt-Abbau im oberen noch limnischen Bereich $10,2 \mu\text{g C l}^{-1} \text{h}^{-1}$ betrug mit einem bakteriellen Anteil von 82 %. Flussabwärts ging der Gesamt-Abbau auf $2,7 \mu\text{g C l}^{-1} \text{h}^{-1}$ zurück und der bakterielle Anteil belief sich auf rd. 50 %. Der Längsschnitt von Hamburg bis Neuwerk mit einer hohen räumlichen Auflösung zeigte eine grundsätzlich ähnliche regionale Verteilung. Der hohe Anteil des bakteriellen Abbaus in dem oberen limnischen Ästuarbereich geht darauf zurück, dass das hier aus dem Mittellauf der Elbe eingeschwemmte Phytoplankton infolge Lichtmangels größtenteils abstirbt. Die Ursachen liegen in der großen Wassertiefe des Hamburger Hafengebietes und der starken Gezeitendurchmischung der Wassersäule. Dadurch vermindert sich die Respiration des Phytoplanktons und die Abbautätigkeit ist daher im Wesentlichen auf die Bakterien und das Zooplankton beschränkt. Von diesen beiden verbleibenden Hauptkomponenten des Flussplanktons spielen die Bakterien die wichtigere Rolle beim Abbau der organischen Substanz im Elbe-Ästuar.

Schlüsselwörter: Bakterieller Abbau, Bakterien, Elbe-Ästuar, Gesamt-Abbau, Tidenzyklus

At four tidal sites samples were taken over 21 to 36 hours along a transect from Hamburg to the outer boundary of the Elbe Estuary to study the share of bacteria in the decomposition of organic matter. The total decomposition rate was estimated by means of planktonic community respiration, assuming a respiration quotient of 0.85. The bacterial decomposition performance was estimated from the bacterial biomass production and bacterial growth efficiency. The samples that were taken in a high temporal resolution mirrored the wide variations induced by tidal currents. The mean values of the total decomposition rate in the upper limnic part of the estuary amounted to $10.2 \mu\text{g C l}^{-1} \text{h}^{-1}$, with bacteria accounting for 82 %. Further downstream, the total decomposition decreased to about $2.7 \mu\text{g C l}^{-1} \text{h}^{-1}$ with bacteria contributing only about 50 %. The transect from Hamburg to the Island of Neuwerk, sampled with high spatial resolution, followed essentially the same regional pattern. The high rate of bacterial decomposition in the inner part of the estuary is due to the fact that the phytoplankton population, washed in from the shallower upstream part of the Elbe River, suffers from severe light limitation. The cause is the deeper water in the Hamburg harbour area combined with strong tidal mixing of the water column. Thus, the respiration of the phytoplankton is reduced and the total decomposition remains mostly restricted to the activity of bacteria and zooplankton, of which bacteria play the more prominent role in the degradation of organic matter in the Elbe Estuary.

Keywords: Bacteria, bacterial decomposition, Elbe Estuary, tidal cycle, total decomposition

1 Einleitung

Die Geschwindigkeiten der Auf- und Abbauprozesse der organischen Substanz bestimmen die Dynamik der Stoffumsetzungen im Gewässer. In vielen aquatischen Systemen wie im offenen Meer oder in den zentralen Teilen größerer Seen stehen beide Prozesse mehr oder weniger in einem dynamischen Gleichgewicht. In anderen Gewässern oder in deren Teilbereichen wird dagegen bedeutend mehr organisches Material ab- als aufgebaut. Diese Systeme werden in der neueren Literatur in Anlehnung an einen „Superorganismus“ als „netto heterotroph“ bezeichnet. Paradebeispiele hierfür sind die meisten Flüsse und Ästuar (COLE 1999, TAYLOR et al. 2003, BATTIN et al. 2008). Eine derartige Netto-Heterotrophie entsteht dadurch, dass diesen Gewässern organisches Material aus allochthonen Quellen zugeführt wird. Das muss nicht ganzjährig der Fall sein, sondern kann sich auch auf bestimmte Jahreszeiten beschränken (GAZEAU et al. 2005).

Während der Aufbau der organischen Substanz im Pelagial der Gewässer nur durch die autotrophen Organismen, im Wesentli-

chen durch das Phytoplankton, erfolgt, sind am Abbau alle Organismengruppen, also das Phytoplankton sowie das Zooplankton und die Bakterien, beteiligt. Eine besondere Bedeutung kommt hier den Bakterien zu, da praktisch nur diese Organismengruppe in der Lage ist, neben dem partikulären auch das gelöste organische Material abzubauen (COLE 1999, BIDDANDA & COTNER 2002). Dabei wird dieses in bakterielle Biomasse umgewandelt und so über den „microbial loop“ wieder in die Nahrungskette eingeschleust (AZAM et al. 1983, COLE & PACE 1995). Da die gelöste organische Substanz gerade in Flüssen und Ästuaren einen großen Anteil an der Gesamtmenge der organischen Substanz hat, kommt der Abbautätigkeit der Bakterien in diesen Systemen naturgemäß eine besondere Bedeutung im Stoffkreislauf zu (RHEINTHALER & HERNDL 2005). Die Ermittlung ist daher eine wichtige Voraussetzung für eine genaue Erstellung des Kohlenstoff-Haushalts.

Der weitaus größte Teil des Abbaus der organischen Substanz im Pelagial eines Gewässers lässt sich über die Sauerstoffzehrung relativ einfach bestimmen. Erheblich problematischer ist es, die jeweiligen Anteile der drei genannten Organismengruppen zu

ermitteln, da derartige Messungen eine vorherige Separierung der Gruppen erfordern würden. Im Prinzip lassen sich zumindest die Bakterien bei ihrer geringen Größe über eine fraktionierte Filtration von den anderen, meist größeren Organismen abtrennen (MARANGER et al. 2005, DEL GIORGIO et al. 2006, VAN WAMBEKE et al. 2008). Dieses Verfahren hat jedoch den Nachteil, dass kleinste Algen und Protozoen selbst engporige Filter passieren können und so die Respirationsmessung der Bakterien verfälschen. Kleinere Porengrößen wiederum würden die an Partikeln haftenden Bakterien eliminieren, deren Anteil in trübstoffreichen Gewässern, wie den meisten Flüssen und Ästuaren, groß sein kann (ZIMMERMANN 1997, PLOUGH et al. 2002, SIMON et al. 2002, GOCKE et al. 2010). Voraussetzung einer Respirationsmessung ist in jedem Fall, dass die mit dem Abbau des organischen Materials einhergehende Sauerstoff-Konzentrationsänderung überhaupt messbar ist, was allerdings in den vielfach eutrophen Flüssen und Ästuaren dank der heutigen modernen O₂-Analytik ein eher geringeres Problem darstellt.

Die mit der Filtration einhergehenden Schwierigkeiten lassen sich umgehen, wenn man die bakterielle Respiration mit einem indirekten Verfahren abschätzt. Hierzu wird die Produktion von Bakterienbiomasse experimentell anhand der Thymidin- oder Leucin-Inkorporation gemessen und anschließend berechnet, wie viel organisches Material die Bakterien aufgenommen haben müssen, um eben diese Biomasse zu bilden. Hierzu ist die Kenntnis der bakteriellen Wachstumseffizienz (bacterial growth efficiency = BGE) erforderlich. Beide Verfahren sind zum Einen wegen der Filtrationsmanipulationen und zum Anderen wegen der Anwendung bestimmter, nicht konstanter Umrechnungsfaktoren unbefriedigend (JAHNKE & CRAVEN 1995). Trotzdem werden sie in Ermangelung besserer Methoden häufig verwendet, um die Respiration der Bakterien zu bestimmen, deren Kenntnis wichtig ist z.B. für die Einschätzung der Selbstreinigung eines Gewässers.

Flüsse und noch ausgeprägter Ästuar stellen hochdynamische und komplexe Systeme dar, die die Analyse sämtlicher hydrographischer und biologischer Prozesse schwierig machen (MARANGER et al. 2005). Dieses ist in den umfassenden Studien über die pelagischen Lebensgemeinschaften und die Stoffumsetzungen in der Elbe bei PUSCH & FISCHER (2006) eingehend dargestellt. In der vorliegenden Arbeit haben wir den Anteil der Bakterien am Abbau der organischen Substanz im Elbe-Ästuar über die Inkorporation von Leucin bestimmt. Die in unserer Studie beschriebenen Messungen stellen unserer Kenntnis nach den ersten Versuch einer Untersuchung über die Bedeutung des bakteriellen Abbaus in diesem Gebiet dar.

2 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Die Unterelbe stellt das größte mitteleuropäische Ästuar dar. Die Länge des Ästuars zwischen dem Wehr Geesthacht (Elbe-Km 586), das die obere Begrenzung darstellt, und der seeseitigen Grenze bei Cuxhaven (E-Km 728) beträgt 142 km. Im Ästuar herrschen bei mittlerem Oberwasserabfluss bis etwa E-Km 670 limnische Bedingungen (NÖTHLICH 1990). Euhaline Verhältnisse mit einem Salzgehalt > 30 PSU werden erst bei E-Km 745, also bereits außerhalb des eigentlichen Elbe-Ästuars, angetroffen. In dem weiten Übergangsbereich zwischen diesen beiden Grenzen nimmt die Salinität stetig zu, wobei an den jeweiligen Untersu-

Tabelle 1

Hydrographische Parameter des Elbe-Ästuars: (a) Internat. Komm. zum Schutz der Elbe (2008), (b) BERGEMANN et al. 1996, (c) ARGE Elbe 2002
Hydrographical parameters of the Elbe Estuary with references

Einzugsgebiet	142.268 km ²
Wasserführung (1961–2005) (a)	
Jahresmittel	716 m ³ s ⁻¹
Monatsmittel Mai	804 m ³ s ⁻¹
Monatsmittel Juni	634 m ³ s ⁻¹
Monatsmittel Juli	500 m ³ s ⁻¹
Fließdauer des Wassers von Geesthacht	bis HH-Blankenese ca. 2 Tage bis Wischhafen ca. 1,5 Wochen
(bei mittlerer Wasserführung) (b)	bis Brunsbüttel knapp 3 Wochen bis Neuwerk mehr als 4 Wochen
Trübungsmaximum	
(bei mittlerer Wasserführung) (c)	
Lage	Elbe-Km 660–710
Mittlere Trübstoff-Konzentration	120 mg l ⁻¹ (Trockensubstanz)

chungspunkten sowohl jahreszeitliche Schwankungen, die mit dem Oberwasserabfluss zusammenhängen, als auch kurzzeitige tiden- und windbedingte Änderungen auftreten können.

Es herrschen halbtägige Gezeiten, die eine deutliche zeitliche Asymmetrie zwischen Ebbe (ca. 7 Std.) und Flut (ca. 5 Std.) aufweisen, mit örtlich unterschiedlichen Tidenhuben von 3,0–3,6 m. Nähere Angaben zur mittleren Wasserführung und Fließdauer sowie zur Lage des Trübungsmaximums während des Untersuchungszeitraumes finden sich in Tabelle 1 und bei GOCKE et al. (2010).

3 Probenahme

Tidenzyklen auf vier Dauerstationen

Die Untersuchungen wurden mit dem Forschungskutter „Littorina“ (2000 und 2001) und mit dem Forschungsschiff „Alkor“ (2002 und 2003) im Zeitraum Ende Mai bis Anfang Juli durchgeführt. Im Jahr 2000 erfolgten die Probenahmen an der Landungsbrücke Hamburg-Blankenese und in den anderen Jahren auf den jeweiligen Reede-Stationen. Die Positionen der Stationen und die Untersuchungszeiten sind in Abbildung 1 und Tabelle 2 aufgeführt. Die Proben wurden mit 5 l-Niskinschöpfern aus 1 m (Hamburg-Blankenese und Wischhafen) sowie auf den beiden anderen Stationen zusätzlich aus der halben Wassertiefe und 1 m über Grund genommen und sofort verarbeitet bzw. für die spätere Aufarbeitung im Labor vorbereitet.

Längsschnitt

Mit FS „Alkor“ wurde am 6.7.2004 ein Längsschnitt in der Fahrrinne von Hamburg bis Neuwerk durchgeführt (Abb. 1). Die Untersuchung begann um 17:30 Uhr und endete um 23:30 (MEZ). Vom fahrenden Schiff aus wurden in 10 km Abständen Oberflächenproben mit einer Edelstahlpütz genommen, bei in situ-Temperatur zwischengelagert und spätestens eine Stunde nach Entnahme aufgearbeitet bzw. für die nachfolgende Analyse vorbereitet.

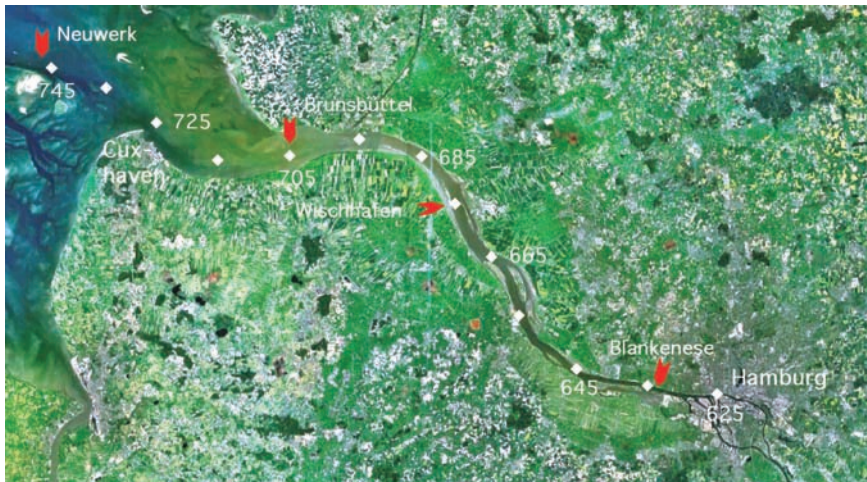


Abbildung 1

Das Elbe-Ästuar mit den Stationen der Tidenzyklus-Untersuchungen (rote Pfeile) und des Längsschnittes (weiße Rauten)
The Elbe Estuary with the positions of the tidal sampling sites (red arrows) and of the sampling transect (white diamonds)

4 Methoden

Auf den Dauerstationen für die Tidenzyklus-Untersuchung wurden Strömungsgeschwindigkeit und -richtung in 1 m Wassertiefe mit dem Strömungsmesser RCM7 der Fa. Aanderaa Data Instruments, Bergen, Norwegen, über mehrere Tidenzyklen gemessen.

Die Dauerregistrierung von Temperatur und Salzgehalt erfolgte mit den TS-Sensoren dieser Strömungsmesser. Die Vertikalprofile von Temperatur und Salzgehalt wurden mit einer TS-Sonde der Fa. WTW (Weilheim) aufgenommen.

Auf dem Längsschnitt wurde die Temperatur- und Salzgehaltsverteilung in 1 m Wassertiefe mit der festinstallierten TS-Sonde von FS „Alkor“ ermittelt.

Die Secchi-Tiefe als Maß für die Wassertrübung wurde wegen der teilweise starken Wasserströmung mit einer an einer langen Stange befestigten Secchi-Scheibe gemessen.

Die Konzentration von Chlorophyll a wurde fluorometrisch nach der HELCOM-Methode (HELCOM 1988) ermittelt. Hierzu wurden die Proben (Triplikate) durch Glasfaserfilter filtriert und die Filterrückstände mit Äthanol extrahiert.

Der bakterielle Abbau von organischer Substanz wurde indirekt aus der Biomasseproduktion und der Wachstumseffizienz der Bakterien bestimmt. Nur für die Messung der Biomasseproduktion der ersten Tidenzyklus-Station in Hamburg-Blankenese (2000) wurde die Methode von FUHRMAN & AZAM (1982) angewandt, bei der ³H-Thymidin verwendet wird. Bei allen weiteren Untersuchungen wurde ³H-Leucin nach der Methode von SIMON & AZAM (1989) eingesetzt. Dazu wurden 10 ml Wasserproben (Triplikate, zusätzlich eine Formol-fixierte Blindprobe) entweder mit 5 µCi ³H-Thymidin entsprechend einer Konzentration von 8,5 nmol l⁻¹ Thymidin oder mit 5 µCi ³H-Leucin plus 1 nmol unmarkiertes Leucin versetzt. Letzteres entspricht einer Endkonzentration von 104 nmol l⁻¹ Leucin. Anschließend wurden die Proben eine Stunde bei in situ-Tem-

peratur (+/- 1°C) inkubiert, danach durch Polycarbonat-Filter mit 0,2 µm Porenweite filtriert und deren Radioaktivität im Szintillationszähler gemessen. Die Reproduzierbarkeit beider Methoden war sehr gut. Im Mittel wichen die Einzelwerte bei den untersuchten Proben nur um 4,5 % von den jeweiligen Mittelwerten ab. Nur in wenigen Fällen war die Abweichung > 10 %.

Die Biomasseproduktion nach der Thymidin-Methode wurde mit einem Konversionsfaktor von 2 x 10⁹ neu gebildete Bakterienzellen pro nmol aufgenommenes Thymidin (SMITS & RIEMANN 1988) errechnet. Weiterhin wurde angenommen, dass diese Bakterien im Mittel einen Kohlenstoffgehalt von 2 x 10⁻⁸ µg C pro Zelle (LEE & FUHRMAN 1987) aufweisen. Das bedeutet, dass eine Thymidin-Inkorporation von 1 nmol l⁻¹ h⁻¹ einer Produktion von 40 µg C l⁻¹ h⁻¹ Bakterienbiomasse entspricht. Für die Berechnung

der Biomasseproduktion aus der Leucin-Aufnahme wurde ein Konversionsfaktor von 3,091 µg C pro nmol verwendet (SIMON & AZAM 1989). Bezüglich der Wachstumseffizienz wurde ein Wert von 50 % angenommen, d.h. die Hälfte der aufgenommenen organischen Substanz wird von den Bakterien in eigene Biomasse umgesetzt und die andere Hälfte zur Energiegewinnung veratmet (BERMANN et al. 2004).

Der Abbau der organischen Substanz durch die Gesamtheit der in der Wasserprobe vorhandenen Organismen, im Weiteren mit Gesamt-Abbau bezeichnet, wurde über den Sauerstoffverbrauch ermittelt. Dazu wurden jeweils vier 100 ml Glasschliff-Flaschen abgefüllt, von denen zwei für 24 h bei in situ-Temperatur (+/- 2 °C) inkubiert wurden, während die beiden anderen zur Bestimmung der Initial-Sauerstoffkonzentration dienten. Die O₂-Konzentration wurde titrimetrisch nach der Winkler-Methode bestimmt. Im Mittel betragen die Konzentrationsdifferenzen zwischen den jeweiligen Parallelen 0,02 mg l⁻¹ O₂ bei der Initialkonzentration und 0,03 mg l⁻¹ O₂ nach 24 h Inkubation. Für die Umrechnung des Sauerstoffverbrauchs in abgebauten organischen Kohlenstoff wurde ein Respirationskoeffizient von 0,85 in Anlehnung an BERMAN et al. (2004) angenommen.

5 Ergebnisse

5.1 Hydrographische und chemische Parameter

5.1.1 Tidenzyklus-Stationen

Die Wasserführung der Elbe, gemessen am Pegel Neu Darchau (Elbe-Km 536), entsprach in den Untersuchungsmonaten Mai/Juni in etwa dem Jahresmittel (Tab. 1).

Die Spannbreite der maximalen Strömungsgeschwindigkeit an den vier Untersuchungsstationen lag bei Flut zwischen 0,91 und 1,45 m s⁻¹ und bei Ebbe zwischen 0,73 und 1,45 m s⁻¹. Die höchsten Werte wurden bei Neuwerk und die niedrigsten bei Hamburg-Blankenese gemessen. Die mittleren Strömungsgeschwindigkeiten beliefen sich auf etwas mehr als die Hälfte der Maximalwerte (Tab. 2). Aus der mittleren Strömungsgeschwindigkeit und der Zeitdauer von Ebbe und Flut lässt sich die Wasserverset-

zung während eines Gezeitenzyklus berechnen. Sie betrug z.B. an der Station Wischhafen (Dauer der Ebbe rd. 7,0 h und der Flut rd. 5,4 h) bei Ebbe 17 km und bei Flut 15 km. Damit umfasst die Wasserversetzung auf dieser Station während eines Gezeitenzyklus einen Streckenbereich zwischen E-Km 658 und 690 (Tab. 2).

Entsprechend der Jahreszeit waren im Spätfrühling/Frühsummer die Wassertemperaturen mit bis zu 19,8 °C relativ hoch (Tab. 2). Es wurden deutliche tidenbedingte Temperaturänderungen mit bis zu 2,0 °C (Neuwerk) beobachtet, wobei die höchsten Temperaturen in der Regel mit dem Tidenniedrigwasser zusammen fielen.

Die Spanne des Salzgehaltes reichte von limnischen Verhältnissen auf der Station Blankenese bis zu einem fast marinen Wert von 30,6 PSU während des Hochwassers bei Neuwerk (Tab. 2). Dabei zeigte sich deutlich der Einfluss der Tiden auf den Salzgehalt, der zwischen Hoch- und Niedrigwasser eine Differenz von 0,8 PSU (Wischhafen) und 8,6 PSU (Neuwerk) aufwies.

Außer bei Hochwasser auf der Station Neuwerk war die Wassertrübung auf allen Stationen sehr hoch. Die größte Trübung mit nur 0,25 m Secchi-Tiefe, was einer euphotischen Zone mit nur ca. 0,7 m Schichtdicke entspricht, wurde auf der im Trübungsmaximum gelegenen Station Wischhafen gemessen. Hohe Wassertrübungen wurden in der Regel in den Tidenphasen beobachtet, in denen maximale Strömungsgeschwindigkeiten herrschten, während die geringsten Trübungswerte mit dem Hochwasser zusammenfielen.

5.1.2 Längsschnitt

Die Probenahme auf dem Längsschnitt erfolgte ohne Berücksichtigung der Tidenphase, so dass sich die Stationen z.T. deutlich hinsichtlich Strömungsrichtung und -geschwindigkeit unterschieden. Die Wassertemperatur lag zwischen 18,4 °C (Blankenese) und 17,9 °C (Neuwerk). Limnische Verhältnisse herrschten zwischen E-Km 625 und E-Km 665, ab E-Km 675 (Wischhafen) stieg der Salzgehalt stetig bis auf 22,1 PSU bei E-Km 745 (Neuwerk) an (Abb. 6). Die Wassertrübung war hoch zwischen E-Km 625 und E-Km 685 mit einem ausgeprägten Peak bei E-Km 635, der offensichtlich durch die in der Nähe erfolgte Verklappung von Baggergut verursacht wurde. Ab E-Km 695 ging die Trübung zurück und erreichte ihren niedrigsten Wert bei E-Km 745.

5.2 Biologische Parameter

5.2.1 Tidenzyklus-Stationen

Die Chlorophyll-Konzentrationen (Mittelwerte über die Tiden) waren mit 28,9 µg l⁻¹ am höchsten auf der Station Hamburg-Blankenese. Stromabwärts kam es zu einem rapiden Rückgang bei Wischhafen und einer nachfolgend weiteren leichten Abnahme bis auf 5,4 µg l⁻¹ bei Neuwerk (Tab. 3). Auf den Stationen Blankenese, Wischhafen und Neuwerk fluktuieren die Konzentrationen in Abhängigkeit von der

Tide, wobei die höchsten Werte bei Niedrig- und die niedrigsten bei Hochwasser erreicht wurden (Abb. 2, 3 und 5). Bei Brunsbüttel konnten diese tidenabhängigen Variationen dagegen nicht beobachtet werden (Abb. 4). Die tieferen Wasserschichten bei Brunsbüttel und Neuwerk wiesen im Mittel geringfügig höhere Chlorophyllgehalte als die Oberflächenschicht auf.

Der höchste Gesamt-Abbau wurde auf der Station Hamburg-Blankenese (E-Km 634) gemessen. Hier betrug der Mittelwert über den Tidenzyklus 10,2 µg C l⁻¹ h⁻¹. Wie bei den Chlorophyllgehalten gingen die Abbauraten flussabwärts schnell zurück. Die niedrigsten Oberflächenwerte mit 2,2 µg C l⁻¹ h⁻¹ wurden bereits bei Wischhafen (E-Km 675) erreicht, die Unterschiede zu den beiden noch weiter flussabwärts gelegenen Stationen waren allerdings gering. Bei Brunsbüttel und Neuwerk lag eine schwach ausgeprägte Tiefenschichtung der Abbauraten vor (Tab. 3). Auf allen Stationen kam es zu deutlichen zeitlichen Änderungen des Gesamt-Abbaus. Eine klare Abhängigkeit von der Gezeitenphase wurde jedoch erwartungsgemäß nur bei Hamburg-Blankenese beobachtet, wobei der aus dem Rahmen fallende Peak um 18:00 wahrscheinlich ein lokales und kurzfristiges Phänomen darstellt (Abb. 2).

Die Spannweite der über die Tide gemittelten Raten des bakteriellen Abbaus reichte von 8,3 µg C l⁻¹ h⁻¹ bei Hamburg-Blankenese bis 1,2 µg C l⁻¹ h⁻¹ bei Brunsbüttel, während die Einzelwerte einen Bereich von 0,7 bis 13,4 µg C l⁻¹ h⁻¹ überdeckten (Tab. 3). Der bei Blankenese beobachtete Peak des Gesamt-Abbaus zeigte sich auch beim bakteriellen Abbau (Abb. 2). Auf den Stationen Blankenese, Wischhafen und Neuwerk war der bakterielle Abbau während der Niedrigwasserphasen höher als bei Tidenhochwasser (Abb. 2, 3, 5), dagegen lag bei Brunsbüttel eine umgekehrte Situation vor (Abb. 4).

Tabelle 2

Die Umweltbedingungen auf den Tidenzyklus-Stationen (Messwerte aus 1 m Tiefe)
Hydrographic conditions at the tidal sampling sites in the Elbe Estuary (data from 1 m depth)

	Hamburg-Blankenese	Wischhafen	Brunsbüttel	Neuwerk
	Anleger	Reede	Neufeld-Reede	Reede
Datum	7./8.6.2000	19./20.6.2001	30.6./1.7.2003	28./29.5.2002
Position	Elbe-Km 634	Elbe-Km 675	Elbe-Km 705	Elbe-Km 747
Wassertiefe (m) ¹⁾	8	9	9	14
Maximale Strömungsgeschw. (m s⁻¹)	0,91 (Flut) 0,73 (Ebbe)	1,40 (Flut) 1,08 (Ebbe)	1,53 (Flut) 1,33 (Ebbe)	1,60 (Flut) 1,45 (Ebbe)
Mittlere Strömungsgeschw. (m s⁻¹)	0,36 (Flut) 0,46 (Ebbe)	0,80 (Flut) 0,69 (Ebbe)	0,94 (Flut) 0,96 (Ebbe)	0,95 (Flut) 0,84 (Ebbe)
Tiden-Einflussbereich ²⁾ (Elbe-Km)	622–640	658–690	685–725	725–765
Temperatur (°C)	17,6–18,8	16,6–17,3	19,3–19,8	13,5–15,5
Leitfähigk. (µS cm⁻¹)	1013–1021	---	---	---
Salzgehalt (PSU)	---	0,5–1,3	7,1–14,6	22,0–30,6
Secchi-Tiefe (m)	0,4–0,9	0,25–0,45	0,5–0,7	0,8–2,1
Sauerstoff-Sättig. (%)	51–62	82–91	86–96	98–109

¹⁾ Niedrigwasser-Tiefe (water depth at low tide)

²⁾ Streckenbereich der Wasserversetzung während eines Tidezyklus (range of water transport during a tidal cycle)

Tabelle 3

Mittelwerte und Spannweite der biologischen Parameter auf den Tidenzyklus-Stationen. (Unter bakteriellem Abbau (%) ist der Anteil des bakteriellen Abbaus am Gesamt-Abbau zu verstehen.) Auf allen Stationen erfolgte die Probenahme in 1 m Wassertiefe (oben) und bei Brunsbüttel und Neuwerk zusätzlich in der Mitte der Wassersäule (Mitte) und in 1 m über Grund (unten).

Biological parameters (mean values and ranges) at the tidal sampling sites. („Bakterieller Abbau“ (%) indicates the share of bacteria in total decomposition.) At all sites samples were taken from 1 m depth („oben“) and at Brunsbüttel and Neuwerk additionally from the middle („Mitte“) of the water column and 1 m above the bottom („unten“).

Tidenzyklus-Stationen	Proben-Tiefen	Chlorophyll a ($\mu\text{g l}^{-1}$) Mittelwert Bereich	Gesamt-Abbau ($\mu\text{g C l}^{-1} \text{h}^{-1}$) Mittelwert Bereich	Bakterieller Abbau ($\mu\text{g C l}^{-1} \text{h}^{-1}$) Mittelwert Bereich	Bakterieller Abbau (%) Mittelwert Bereich
Hamburg-Blankenese (E-Km 634)	oben	28,9 16,0–44,6	10,2 6,0–17,0	8,3 5,3–13,4	82 55–(112)
Wischhafen (E-Km 675)	oben	9,3 2,7–14,1	3,9 1,0–8,7	2,0 0,9–3,1	58 22–89
Brunsbüttel (E-Km 705)	oben	7,0 5,2–9,9	2,2 1,4–3,8	1,2 0,9–1,5	58 39–80
	Mitte	7,9 5,4–9,5	2,6 1,4–3,7	1,2 0,8–1,6	52 32–80
	unten	8,7 5,5–10,4	2,8 2,4–3,3	1,4 1,2–2,0	52 41–77
Neuwerk (E-Km 747)	oben	5,4 3,9–6,5	2,7 2,0–3,5	1,3 0,7–2,0	49 31–75
	Mitte	6,8 4,6–8,1	2,9 2,0–4,2	1,4 0,7–1,8	50 30–85
	unten	6,6 3,9–8,7	2,3 1,4–3,4	1,3 0,7–1,8	57 32–72

Der höchste Anteil des bakteriellen Abbaus am Gesamt-Abbau mit im Mittel 82 % wurde auf der Station Hamburg-Blankenese gemessen (Abb. 2). Hier reichte die Spannweite der Einzelwerte von 55 bis 112 %. Zwei der 12 Werte beliefen sich auf 105 und 112 % (siehe dazu auch Kap. 6.1 in der Diskussion). Auf den weiteren Stationen lagen die Mittelwerte in der Oberflächenschicht zwischen 58 % (Wischhafen) und 49 % (Neuwerk). Auch auf diesen Stationen streuten die Einzelwerte stark, ohne jedoch die Grenze von 100 % zu überschreiten (Tab. 3 und Abb. 3–5).

5.2.2 Längsschnitt

Die höchsten Chlorophyll-Konzentrationen mit $42,2 \mu\text{g l}^{-1}$ wurden auf der am weitesten flussaufwärts gelegenen Untersuchungsstation E-Km 625 (Hamburger Hafen) gemessen. Flussabwärts erfolgte ein stetiger Rückgang bis auf Minimalwerte von rd. $0,5 \mu\text{g l}^{-1}$, die zwischen E-Km 695–715 beobachtet wurden. In Richtung Nordsee stiegen die Konzentrationen wieder bis auf $7,3 \mu\text{g l}^{-1}$ an (Abb. 6).

Die Längsverteilung des Gesamt-Abbaus folgte weitgehend dem Muster der Chlorophyll-Konzentration. Auf die höchsten Raten von rd. $25 \mu\text{g C l}^{-1} \text{h}^{-1}$ im Hamburger Hafen folgte eine rasche Abnahme auf einen Minimalwert von rd. $0,9 \mu\text{g C l}^{-1} \text{h}^{-1}$ bei E-Km 695 und ein anschließender Wiederanstieg auf rd. $3,7 \mu\text{g C l}^{-1} \text{h}^{-1}$ in der Außenelbe (Abb. 6).

Die Spannweite des bakteriellen Abbaus reichte von $2,3 \mu\text{g C l}^{-1} \text{h}^{-1}$ bis $0,3 \mu\text{g C l}^{-1} \text{h}^{-1}$ mit einer ähnlichen Längsverteilung wie beim Gesamt-Abbau (Abb. 6).

Der prozentuale Anteil des bakteriellen Abbaus am Gesamt-Abbau war bei E-Km 635 mit 32 % relativ gering (der Wert der Station E-Km 625 ist leider verloren gegangen). Höhere Werte von rd. 45 % schlossen sich flussabwärts zwischen E-Km 645 und 675 an, während der Anteil ab E-Km 705 nur noch rd. 20 % betrug (Abb. 6).

6 Diskussion

6.1 Kritische Betrachtung der verwendeten Konversionsfaktoren

Die Berechnung des Gesamt-Abbaus der organischen Substanz aus der Sauerstoffzehrung und die Ermittlung des durch die Bakterien bewirkten Abbaus über einen Umweg aus der Bakterien-Biomasseproduktion erfordern die Verwendung bestimmter Konversionsfaktoren. So wird die Sauerstoffzehrung mit dem respiratorischen Quotienten (RQ) multipliziert, um den Abbau in Kohlenstoff-Äquivalenten zu erhalten. Der RQ bewegt sich zwischen 1 bei der Veratmung von Kohlenhydraten und rd. 0,7, wenn Fette veratmet werden. Die Veratmung von Eiweißen würde einen RQ von 0,8 nach sich ziehen. Im Gewässer ist von der Veratmung eines Substanzgemisches, in dem Eiweiße und Kohlenhydrate überwiegen, auszugehen (GEIDER 1997, BERMAN et al. 2004). In der vorliegenden Untersuchung wurde, ebenso wie in den beiden genannten Arbeiten, mit einem RQ von 0,85 gearbeitet, um so der „gemischten“ Zusammensetzung des organischen Materials im Elbe-Ästuar Rechnung zu tragen. Selbst wenn dieser Wert nicht exakt den tatsächlichen Verhältnissen entspricht und örtlichen und zeitlichen Schwankungen unterliegen dürfte, so weicht er wahrscheinlich doch nicht allzu weit vom „richtigen“ Wert ab. Die Bestimmung des Gesamt-Abbaus ist daher relativ unproblematisch und das Ergebnis kann als vertrauenswürdig gelten.

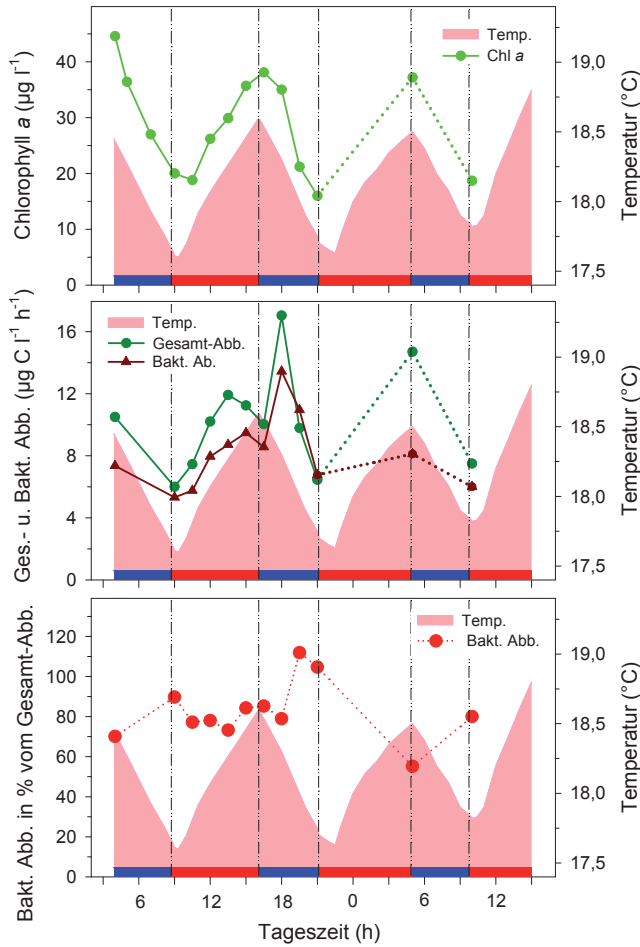


Abbildung 2

Zeitliche Änderungen von Temperatur, Chlorophyll a, Gesamt-Abbau und bakteriellem Abbau sowie dem prozentualen Anteil der Bakterien am Gesamt-Abbau auf der Station Hamburg-Blankenese (7./8.6.2000). Die blauen und roten Zeitabschnitte zeigen Flut (blau) und Ebbe (rot) an. *Tidal changes in temperature, chlorophyll a, total decomposition, and bacterial decomposition as well as the share of bacteria in total decomposition at Hamburg-Blankenese (7./8 June 2000). The blue and red sections indicate flood-tide (blue) and ebb-tide (red).*

Die Bestimmung der bakteriellen Abbauleistung ist dagegen mit weitaus größeren Problemen behaftet. Die Messung der Bakterien-Biomasseproduktion mit den beiden verwendeten Methoden, der Thymidin- und der Leucin-Aufnahme, hat das Problem, dass von dem sehr kleinen Anteil dieser „Marker-Substanzen“ auf die insgesamt neu gebildete Bakterienbiomasse geschlossen wird. In der Literatur findet sich eine weite Spanne von Konversionsfaktoren, mit deren Hilfe aus der Aufnahme von Thymidin die Anzahl der neu gebildeter Zellen ermittelt wird (TUOMI 1997, KIRSCHNER et al. 2004). Für die Bestimmung der Bakterien-Biomasseproduktion mit dieser Methode sind weiterhin die Kenntnis des mittleren Zellvolumens und des Kohlenstoff-Gehalts der Zellen erforderlich, die entweder gemessen oder in der Regel wiederum aus Literaturangaben übernommen werden (LEE & FUHRMAN 1987). Ebenso erfordert die Bestimmung der Biomasseproduktion mit Hilfe der Leucin-Aufnahme Konversionsfaktoren, da hier über die Eiweißbildung auf die Gesamtbiomasse-Produktion geschlossen wird. Diese Methode ist empfindlicher als die Thymidin-Aufnahme und etwas weniger problematisch, da der Leucin-Anteil am Eiweiß und der Eiweiß-Anteil an der Gesamtbiomasse relativ stabil sind. Trotzdem gilt auch hier,

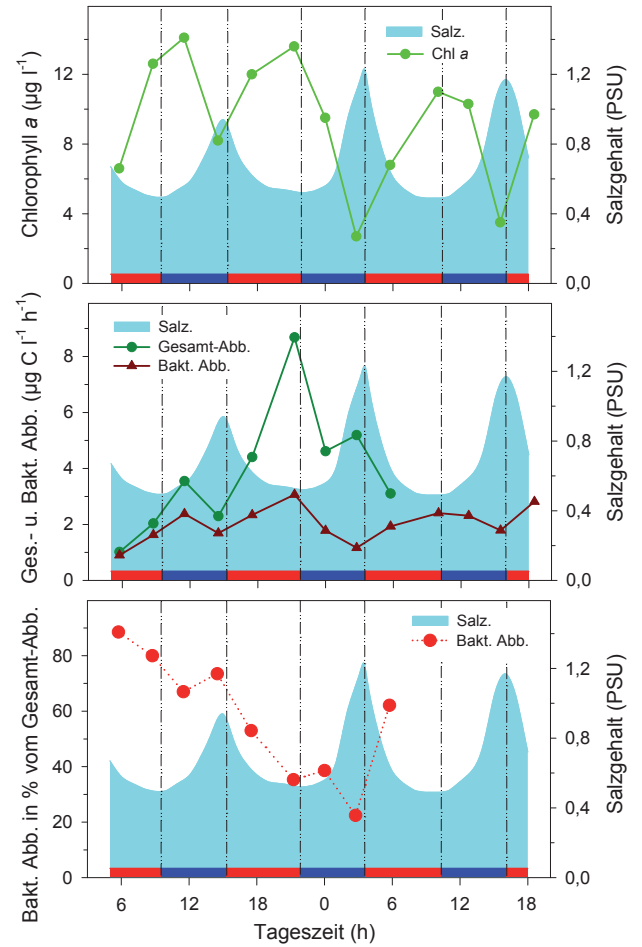


Abbildung 3

Zeitliche Änderungen von Salzgehalt, Chlorophyll a, Gesamt-Abbau und bakteriellem Abbau sowie dem prozentualen Anteil der Bakterien am Gesamt-Abbau auf der Station Wischhafen (19./20.6.2001) *Tidal changes in salinity, chlorophyll a, total decomposition, and bacterial decomposition as well as the share of bacteria in the total decomposition at Wischhafen (19./20 June 2001)*

dass die Spannweite der Konversionsfaktoren groß ist (JØRGENSEN 1992, PÉDROS-ALIÓ et al. 1999, CALVO-DÍAZ & MORÁN 2009). Generell gilt, dass die Konversionsfaktoren räumlichen und zeitlichen Schwankungen unterliegen (RIEMANN et al. 1990).

Um die Menge des von den Bakterien abgebauten organischen Materials an Hand der Bakterien-Biomasseproduktion (BBP) berechnen zu können, muss diese noch mit der bakteriellen Wachstumseffizienz multipliziert werden, d.h. mit dem Wirkungsgrad, mit dem die Bakterien ihre aufgenommenen „Nahrung“ in eigene Biomasse umwandeln (Bacterial Growth Efficiency = BGE). In der Literatur finden sich hierzu Werte, die einen Bereich von < 5 % bis zu rd. 70 % überdecken (ROLAND & COLE 1999, DEL GIORGIO et al. 2006). In der Mehrzahl der untersuchten Biotope scheint eine niedrige BGE mit oligotrophen und eine hohe BGE mit eutrophen Verhältnissen einherzugehen (BIDDANDA et al. 1994, BIDDANDA et al. 2001, SMITH & KEMP 2003, MARANGER et al. 2005). Die BGE der an Partikeln haftenden Bakterien liegt nach GROSSART & PLOUGH (2000) ebenfalls im höheren Bereich (45 % +/- 4 %). Die für die vorliegende Untersuchung gewählten 50 % erscheinen uns deshalb in Anbetracht der eutrophen Bedingungen im Elbe-Ästuar als gerechtfertigt.

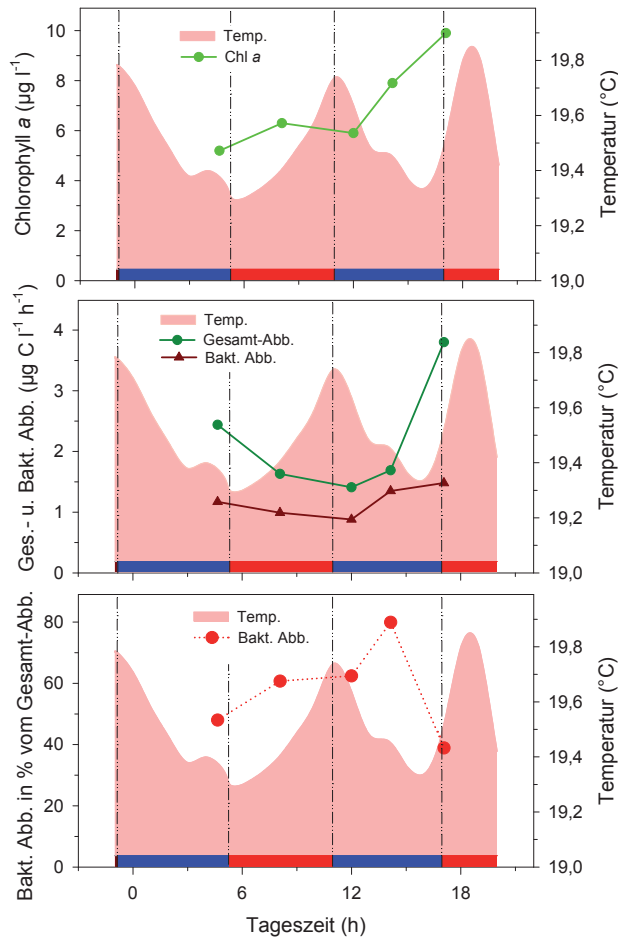


Abbildung 4
Zeitliche Änderungen von Temperatur, Chlorophyll a, Gesamt-Abbau und bakteriellem Abbau sowie dem prozentualen Anteil der Bakterien am Gesamt-Abbau auf der Station Brunsbüttel (30.6./1.7.2003)
Tidal changes in temperature, chlorophyll a, total decomposition, and bacterial decomposition as well as the share of bacteria in the total decomposition at Brunsbüttel (30 June/1 July 2003)

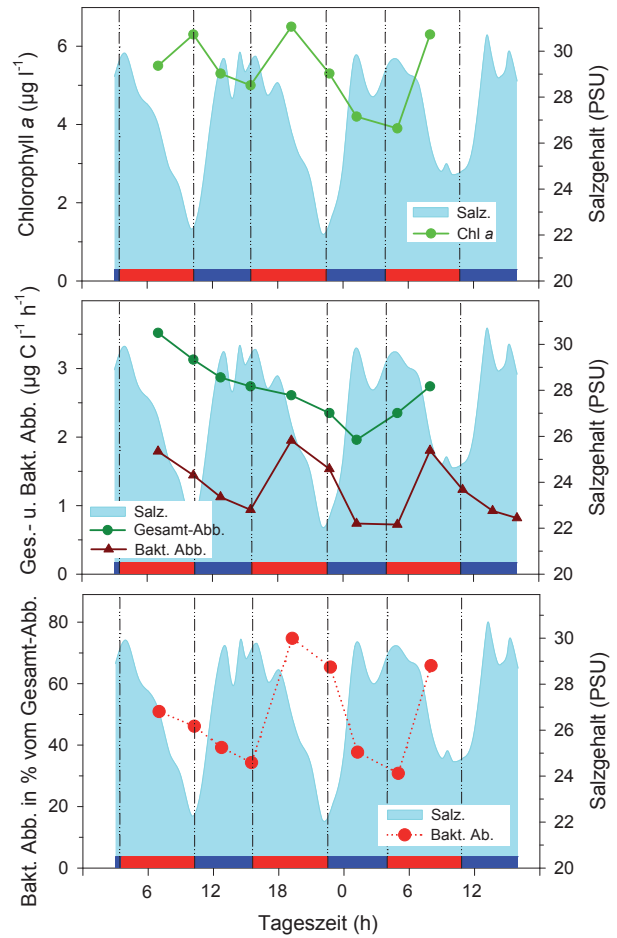


Abbildung 5
Zeitliche Änderungen von Salzgehalt, Chlorophyll a, Gesamt-Abbau und bakteriellem Abbau sowie dem prozentualen Anteil der Bakterien am Gesamt-Abbau auf der Station Neuwerk (28./29.5.2002)
Tidal changes in salinity, chlorophyll a, total decomposition, and bacterial decomposition as well as the share of bacteria in the total decomposition at Neuwerk (28/29 May 2002)

Trotzdem kann es vorkommen, dass die Berechnung des von den Bakterien abgebauten organischen Materials mit den angenommenen Konversionsfaktoren und der angenommenen Wachstumseffizienz nicht immer zu akzeptablen Ergebnissen führt. Dies gilt sowohl für die bakteriologischen Faktoren als auch für den RQ-Wert. Die damit einhergehenden Probleme zeigen sich klar anhand der Tidenzyklus-Untersuchung in Hamburg-Blankenese (Abb. 2), wo bei zwei von zwölf Messpunkten der Bakterien-Abbau etwas höher lag als der Gesamt-Abbau.

6.2 Höhe des bakteriellen Abbaus und sein Anteil am Gesamt-Abbau

Die regionale Verteilung des Chlorophyllgehaltes und der bakteriellen Aktivität auf dem Längsschnitt durch das Elbe-Ästuar, die in dieser Arbeit für das Jahr 2004 beschrieben wird (Abb. 6), stimmt weitgehend mit eigenen Beobachtungen aus dem folgenden Jahr (GOCKE et al. 2010) sowie den Ergebnissen anderer Autoren (KARRASCH et al. 2004) überein. Stets folgte auf hohe Werte im limnischen Ästuarbereich flussabwärts ein starker Rückgang mit den niedrigsten Werten in der Zone des Trübungsmaximums, an den sich ein erneuter deutlicher Wiederanstieg in der Außenelbe anschloss. Für den Gesamtabbau und den bakte-

riellen Abbau ergaben sich ähnliche Verteilungsmuster. Die Raten der Sauerstoff-Zehrung waren nicht am höchsten im Bereich des sogenannten „Sauerstoff-Lochs“ bei E-Km 635–645, sondern sie sind hier bereits deutlich gegenüber weiter flussaufwärts gelegenen Stationen zurückgegangen. Im „Sauerstoff-Loch“ treffen hohe Wassertrübung und große Wassertiefe zusammen, so dass die niedrige biogene Sauerstoff-Produktion und der physikalische Sauerstoff-Eintrag nicht ausreichen, um die Sauerstoff-Zehrung auszugleichen. Ähnliche Beobachtungen wurden von PREEN & KIRCHMAN (2004) im limnischen Bereich des Delaware Ästuars (USA) gemacht.

Im Prinzip zeigte sich die regionale Verteilung, die auf dem Längsschnitt angetroffen wurde, auch bei den Mittelwerten der Tidenuntersuchungen, wobei allerdings der Wiederanstieg in der Außenelbe nicht vorhanden oder nur schwach ausgeprägt war (Tab. 3). Ins Auge fallend war die starke Variabilität innerhalb eines Tidenzyklus, die am deutlichsten auf der Station Wischhafen war, also am oberen Rand der Brackwasserzone. Hier war die Spannbreite der Werte größer als der Mittelwert (Tab. 3). GOOSEN et al. (1999) fanden auf einer Tidenstation bei Brunsbüttel ebenfalls ausgeprägte gezeitenabhängige Änderungen des Chlo-

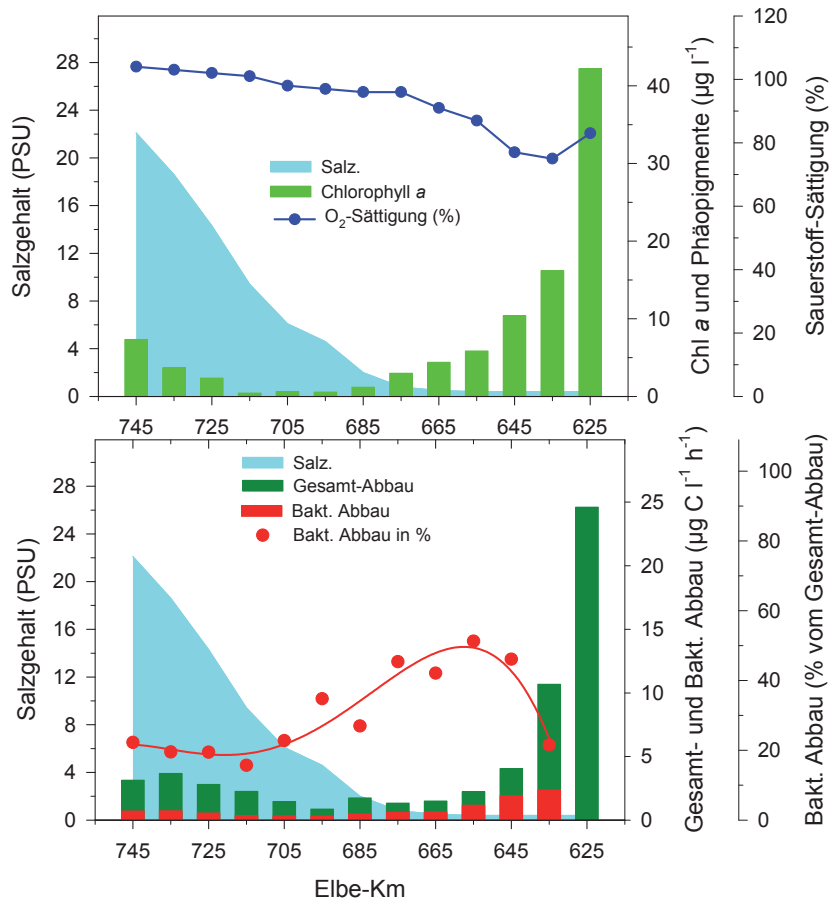


Abbildung 6
 Längsverteilung von Salzgehalt, Sauerstoff-Sättigung, Chlorophyll a, Gesamt-Abbau und bakteriellem Abbau sowie der prozentuale Anteil der Bakterien am Gesamt-Abbau im Oberflächenwasser des Elbe-Ästuars (6.7.2004, 17:30–23:30)
Regional distribution in salinity, oxygen saturation, chlorophyll a, total decomposition, and bacterial decomposition as well as the share of bacteria in the total decomposition in the surface water of the Elbe Estuary (6. July 2004, 17:30–23:30)

rophyllgehaltes und der Bakterien-Aktivität. Diese zeitenabhängigen Veränderungen spiegeln das Hin und Her der unterschiedlichen Wassermassen im Flut- und Ebb-Strom wider und müssen damit klar von wachstumsgesteuerten zeitlichen Prozessen unterschieden werden.

Die Gründe für die Längsverteilung des Phytoplanktons, für das hier der Parameter Chlorophyll steht, sind in erster Linie eine Folge des ab Hamburg und weiter im Bereich des Trübungsmaximums ungünstigen und später in der Außenelbe wieder günstiger werdenden Lichtklimas. Dagegen wird das regionale Muster der Bakterienaktivität, hier speziell der bakterielle Abbau, weitgehend von der Menge und Qualität des leicht abbaubaren organischen Materials beeinflusst (KARRASCH et al. 2004, GOCKE et al. 2010).

Der Anteil der Bakterien am Gesamt-Abbau des organischen Materials weist eine große Spannweite auf. So ging ihr Anteil, der im limnischen Bereich bei Hamburg-Blankenese während der mit hoher zeitlicher Auflösung durchgeführten Tiden-Untersuchungen im Mittel 82 % betrug, auf rd. 50 % in der Außenelbe zurück. Die Untersuchung des Längsschnittes, der dagegen eine hohe räumliche Auflösung aufwies, ergab ein ähnliches regionales Muster. Hier lag die Zone mit hohen bakteriellen Anteilen ebenfalls im limni-

schon Bereich (E-Km 625–675), sie machten jedoch nur rd. die Hälfte des Gesamt-Abbaus aus. Flussabwärts fiel der Anteil auf rd. 20 % (Abb. 6). Die quantitativen Unterschiede zwischen den Tide-Untersuchungen und dem Längsschnitt können einerseits dadurch bedingt sein, dass die Messungen in unterschiedlichen Jahren durchgeführt wurden, andererseits spielt sicherlich auch eine große Rolle, dass der Längsschnitt ohne Berücksichtigung der Tidenphase erfolgte. Untersuchungen im freien Ozean (RIVKIN & LEGENDRE 2001), in Seen (COTNER & BIDDANDA 2003) oder in Flüssen und Ästuaren (FINDLAY et al. 1992) haben gezeigt, dass die Bakterien den größten Anteil am Abbau der organischen Substanz haben. Er lag im Arktischen Ozean bei 3–60 % mit einem Mittelwert von 25 % (KIRCHMAN et al. 2009). In der Biskaya betrug er rd. 70 % (GONZALEZ et al. 2003) und im Delaware Ästuar rd. 50 % (PREEN & KIRCHMAN 2004).

Wie bereits erwähnt, trifft das Phytoplankton, das in großer Menge aus dem Mittellauf der Elbe in den limnischen Bereich des Elbe-Ästuars eingeschwemmt wird, hier auf eine Zone hoher Trübung gepaart mit einer großen Wassertiefe und starker Turbulenz. Das dadurch bedingte ungünstige Lichtklima führt zu einem baldigen Absterben der Algen. Für den Gesamt-Abbau bedeutet dies, dass das Phytoplankton nicht mehr aktiv über die Veratmung seiner eigenen Biomasse am Abbau der organischen Substanz teilnimmt, sondern statt dessen seinerseits – teilweise erst nach Hydrolyse – vom Zooplankton und den Bakterien abgebaut wird. Dabei zeigen die hohen Werte von bis zu 82 %, dass die Bakterien zumindest in dieser Region des Ästuars eine größere Rolle am Abbau spielen als das Zooplankton und das Mikrozooplankton des „microbial loop“.

Erstaunlich ist die große Variationsbreite des prozentualen Anteils der Bakterien am Abbau des organischen Materials, die innerhalb der Tidezyklen gemessen wurden. Diese Änderungen, die innerhalb von Stunden ablaufen (Abb. 2–5), lassen sich z.T. dadurch erklären, dass während des Tidezyklus einerseits Verschiebungen des Anteils der Bakterien an der Gesamtmenge aller Organismen sowie andererseits Änderungen in der Zusammensetzung der Bakterienpopulation (DEL GIORGIO & BOUVIER 2002) und der Milieu-Parameter ablaufen. Die Populationsänderungen dürften wegen der Kürze der Zeit weniger durch Wachstumserscheinungen als vielmehr durch Beimischungen von Wasser mit bereits veränderten Populationen bedingt sein. Milieu-Änderungen wie z.B. Erhöhung des Salzgehaltes oder Verschiebungen in der Menge und Zusammensetzung des abbaubaren organischen Materials dürften sich wiederum auf den Metabolismus auswirken.

7 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die höchsten Raten der Abbauaktivität im Pelagial des Elbe-Ästuars zwischen Elbe-Km 625 und der Außenelbe betragen im Mittel 10,2 µg C l⁻¹ h⁻¹. Sie wurden querab von Hamburg gemessen.

sen. Elbabwärts kam es zu einem raschen Rückgang auf knapp $4 \mu\text{g C l}^{-1} \text{h}^{-1}$ bei Glückstadt und zwischen Brunsbüttel und der Außenelbe lagen die Raten auf einem mehr oder weniger gleichmäßigem Niveau von $2\text{--}3 \mu\text{g C l}^{-1} \text{h}^{-1}$. Von den drei Hauptkomponenten des Planktons, also dem Phyto- und Zooplankton sowie den Bakterien, spielen die Bakterien die wichtigste Rolle beim Abbau des organischen Materials. Ihr Anteil belief sich etwas unterhalb von Hamburg auf etwa 80 % und weiter elbabwärts auf rd. 50 % der Gesamt-Abbauraten. Der hohe Anteil unterhalb Hamburgs ist dadurch bedingt, dass in diesem Gebiet das aus dem Mittellauf der Elbe eingeschwemmte Phytoplankton absterbt. Die Ursache hierfür liegt im Lichtmangel infolge hoher Wassertrübung und größerer Wassertiefe. Dadurch entfällt die Abbautätigkeit des Phytoplanktons, was auf den ersten Blick eigenartig erscheint, da man mit dem Phytoplankton nicht den Abbau, sondern umgekehrt den Aufbau des organischen Materials verbindet. Es ist aber unbestritten, dass die Respiration der Algen zu einem Abbau der organischen Substanz und zwar ihrer eigenen Körpersubstanz führt. Die Abbautätigkeit unterhalb Hamburgs und weiter flussabwärts im unteren Bereich der limnischen Zone ist daher auf das Zooplankton und die Bakterien beschränkt, von denen letztere bei weitem die größere Rolle spielen. In abgeschwächerem Maße gilt das auch für die brackigen und marinen Bereiche des Elbe-Ästuars und der Außenelbe.

Summary

Measurements in the waters of the Elbe Estuary between Elbe-Km 625 and its outer boundary showed that the highest organic matter decomposition rate occurred off Hamburg, where the mean value was $10.2 \mu\text{g C l}^{-1} \text{h}^{-1}$. Further down the river at Glückstadt, the decomposition rate decreased to almost $4 \mu\text{g C l}^{-1} \text{h}^{-1}$; between Brunsbüttel and the boundary of the estuary it dropped to $2\text{--}3 \mu\text{g C l}^{-1} \text{h}^{-1}$. Of the three main components of the plankton community, phyto-, zoo-, and bacterioplankton, bacteria play the leading role in decomposing organic matter. Their share in the total decomposition ranged from around 80 % off Hamburg to about 50 % further downstream. The high figure at Hamburg is due to strong turbidity and deeper water in the harbour area that cause severe light limitation, thus curtailing the growth of phytoplankton borne downstream from the upper reaches of the Elbe. Therefore, in this area, phytoplankton respiration plays a lesser role in the decomposition of organic matter, this is largely left to the activity of zooplankton and, even more importantly, bacteria. In the brackish water region further down the river, the dominant role of bacteria recedes to some extent, but they still remain the chief decomposers of organic matter within the pelagic realm.

Danksagung

Die Autoren danken den Kapitänen und Besatzungen von FS „Alkor“ und FK „Littorina“ für die tatkräftige Unterstützung bei den Untersuchungen in der Unterelbe. Unser Dank gebührt auch den beiden Gutachtern für ihre wertvollen Hinweise und konstruktiven Ratschläge.

Anschrift der Verfasser:

Dr. K. Gocke
 Prof. J. Lenz
 Frau R. Koppe
 Prof. G. Rheinheimer
 Prof. H.-G. Hoppe
 IFM-GEOMAR Leibniz-Institut für Meereswissenschaften
 Düsternbrooker Weg 20, 24105 Kiel
 kgocke@ifm-geomar.de

Literaturverzeichnis

- ARGE ELBE (2002): Typisierung des Übergangsgewässers in der Flussgebietseinheit Elbe nach EG-Wasserrahmenrichtlinie. – PDF-Dokument 6 S.; www.fgg-elbe.de/tl_fgg_neu/veroeffentlichungen.html?page=8
- AZAM, F., T. FENCHEL, J.G. GRAY, L.-A. MEYER-REIL & F. THINGSTADT (1983): The ecological role of water-column microbes in the sea. – *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 10, 257–263
- BATTIN, T.J., L.A. KAPLAN, S. STUART, C.S. HOPKINSON, E. MART, A.I. AARON, J.D. NEWBOLD & F. SABATER (2008): Biophysical controls on organic carbon fluxes in fluvial networks. – *Nature Geosci.* 1, 95–100
- BERGEMANN, M., G. BLÖCKER, H. HARMS, M. KERNER, R. MEYER-NEHLS, W. PETERSEN & F. SCHROEDER (1996): Der Sauerstoffhaushalt der Tideelbe. – *Die Küste. Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee.* Heft 56/96. – Westholsteinische Verlagsgesellschaft Boysens & Co, Heide i. Holstein
- BERMAN, T., A. PARPAROV & Y. Z. YACOBI (2004): Planktonic community production and respiration and the impact of bacteria on carbon cycling in the photic zone of Lake Kinneret. – *Aquat. Microb. Ecol.* 34, 43–55
- BIDDANDA, B. & J. B. COTNER (2002): Love handles in aquatic ecosystems: the role of dissolved organic drawdown, resuspended sediments and terrigenous inputs in the carbon balance of Lake Michigan. – *Ecosystems* 5, 431–445
- BIDDANDA, B., M. OGD AHL & J. B. COTNER (2001): Dominance of bacterial metabolism in oligotrophic relative to eutrophic waters. – *Limnol. Oceanogr.* 46, 730–739
- BIDDANDA, B., S. OPSAHL & R. BRENNER (1994): Plankton respiration and carbon flux through bacterioplankton on the Louisiana shelf. – *Limnol. Oceanogr.* 39, 1259–1275
- CALVO-DÍAZ, A. & X.A.G. MORÁN (2009): Empirical leucine-to-carbon conversion factors for estimating heterotrophic bacterial production: seasonality and predictability in a temperate coastal ecosystem. – *Appl. Environ. Microbiol.* 75, 3216–3221
- COLE, J.J. (1999): Aquatic microbiology for ecosystem scientists: new and recycled paradigms in ecological microbiology. – *Ecosystems* 2, 215–225

- COLE, J.J. & M.L. PACE (1995): Why measure bacterial production? A reply to the comment by Jahnke and Craver. – *Limnol. Oceanogr.* 40, 441–444
- COTNER, J.B. & B.A. BIDDANDA (2003): Carbon fluxes mediated by microbes in Lake Michigan. – In: *Global threats to large lakes: Managing in an environment of instability and unpredictability*. – 46th Conference on Great Lake Research, Abstracts, p. 211
- DEL GIORGIO, P.A. & T.C. BOUVIER (2002): Linking the physiologic and phylogenetic successions in free-living bacterial communities along an estuarine salinity gradient. – *Limnol. Oceanogr.* 47, 471–486
- DEL GIORGIO, P.A., M.L. PACE & D. FISCHER (2006): Relationship of bacterial growth efficiency to spatial variation in bacterial activity in the Hudson River. – *Aquat. Microb. Ecol.* 45, 55–67
- FINDLAY, S., M.L. PACE, D. LINTS & K. HOWE (1992): Bacterial metabolism of organic carbon in the tidal freshwater Hudson Estuary. – *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 89, 147–153
- FUHRMANN, J.A. & F. AZAM (1982): Thymidine incorporation as a measure of heterotrophic bacterioplankton production in marine surface waters: evaluation and field results. – *Mar. Biol.* 66, 109–120
- GAZEAU, F., A.V. BORGES, C. BARRON, C.M. DUARTE, N. IVERSEN, J.J. MIDDELBURG, B. DELILLE, M.-D. PIZAY, M. FRANKIGNOULE & J.-P. GATTUSO (2005): Net ecosystem metabolism in a micro-tidal estuary (Randers Fjord, Denmark): evaluation of methods. – *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 301, 23–41
- GEIDER, R.J. (1997): Photosynthesis or planktonic respiration? – *Nature* 388, 132
- GOCKE, K., J. LENZ, R. KOPPE, G. RHEINHEIMER & H.-G. HOPPE (2010): Regionale Verteilung der Bakterien-Abundanz und Aktivität in der Unterelbe und Unterweser: Ein Vergleich zwischen beiden Ästuaren. – *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 54, 336–348
- GONZALEZ, N., R. ANANDON & L. VIESCA (2003): Carbon flux through the microbial community in a temperate sea during summer: role of bacterial metabolism. – *Aquat. Microb. Ecol.* 33, 117–126
- GOOSEN, N.K., J. KROMKAMP, P. van RIJSWIJK & P. van BREUGEL (1999): Bacterial and phytoplankton production in the maximum turbidity zone of the three European estuaries: the Elbe, Westerschelde and Gironde. – *J. Mar. Syst.* 22, 151–171
- GROSSART, H.-P. & H. PLOUGH (2000): Bacterial production and growth efficiencies: Direct measurements on riverine aggregates. – *Limnol. Oceanogr.* 45, 436–445
- HELCOM (1988): Guidelines for the Baltic Monitoring Programme for the Third Stage. Part D. Biological Determinants. – *Baltic Sea Environ. Proc.* No. 27 D, 161 pp.
- INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DER ELBE (2008): Zwischenbericht zur Niedrigwasserstatistik der Elbe und bedeutender Nebenflüsse (Stand: November 2008); www.ikse-mkol.org
- JAHNKE, R.A.D. & B. CRAVEN (1995): Quantifying the role of heterotrophic bacteria in the carbon cycle: a need for respiration rate measurements. – *Limnol. Oceanogr.* 40, 436–441
- JØRGENSEN, N.O.G. (1992): Incorporation of [3H]leucine and [3H]valine into protein of freshwater bacteria: uptake kinetics and intracellular isotope dilution. – *Appl. Environ. Microbiol.* 58, 3638–3646
- KARRASCH, B., S. ULLRICH, M. MEHRENS & H. ZIMMERMANN-TIMM (2004): Free and particle-associated extracellular enzyme activity and bacterial production in the Lower Elbe Estuary, Germany. – *Acta Hydrochim. Hydrobiol.* 31, 297–306
- KIRCHMAN, D.L., V. HILL, M.T. COTTRELL, R. GRADINGER, R.R. MALMSTROM & A. PARKER (2009): Standing stocks, production, and respiration of phytoplankton and heterotrophic bacteria in the western Arctic Ocean. – *Deep-Sea Res.* 56, 1237–1248
- KIRSCHNER, A.K.T., P. WIHLIDAL & B. VELIMIROV (2004): Variability and predictability of the empirical factor for converting ³H-thymidine uptake into bacterial carbon production for a eutrophic lake. – *J. Plankton Res.* 26, 1559–1566
- LEE, S. & J.A. FUHRMANN (1987): Relationships between biovolume and biomass of naturally derived marine bacterioplankton. – *Appl. Environ. Microbiol.* 53, 1298–1303
- MARANGER, R.J., M.L. PACE, P.A. DEL GIORGIO, N.F. CARACO, & J.J. COLE (2005): Longitudinal spatial patterns of bacterial production and respiration in a large river-estuary: implications for ecosystem carbon consumption. – *Ecosystems* 8, 318–330
- NÖTHLICH, I. (1990): Hydrobiologische Untersuchungen zur Kennzeichnung der Salzgehaltsverhältnisse im Elbe-Ästuar. – Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, BfG-0535
- PEDRÓS-ALIÓ, C., J. CALDERÓN-PAZ, N. GUIXA-BOIXEREU, M. ESTRADA & J.M. GASOL (1999): Bacterioplankton and phytoplankton biomass and production during summer stratification in the northwestern Mediterranean Sea. – *Deep-Sea Res. Part I*, 46, 985–1019
- PLOUGH, H., H. ZIMMERMANN-TIMM & B. SCHWEITZER (2002): Microbial communities and respiration on aggregates in the Elbe Estuary, Germany. – *Aquat. Microb. Ecol.* 27, 241–248
- PREEN, K. & D.L. KIRCHMAN (2004): Microbial respiration and production in the Delaware Estuary. – *Aquat. Microb. Ecol.* 37, 109–119
- PUSCH, M. & H. FISCHER (2006) (Hrsg.): Stoffdynamik und Habitatstruktur in der Elbe – Konzepte für die nachhaltige Entwicklung einer Flusslandschaft, Bd. 5 – Weißensee-Verlag, 404 S., ISBN 978-3-89998-011-0

- RHEINTHALER, T. & G.J. HERNDL (2005): Seasonal dynamics of bacterial growth efficiencies in relation to phytoplankton in the southern North Sea. – *Aquat. Microb. Ecol.* 39, 7–16
- RIEMANN, B., R.T. BELL & N.O.G. JØRGENSEN (1990): Incorporation of thymidine, adenine and leucine into natural bacterial assemblages. – *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 65, 87–94
- RIVKIN, R.B. & L. LEGENDRE (2001): Biogenic carbon cycling in the upper ocean: Effects of microbial respiration. – *Science* 291, 2398–2400
- ROLAND, F. & J.J. COLE (1999): Regulation of bacterial efficiency in a large turbid estuary. – *Aquat. Microb. Ecol.* 20, 31–38
- SIMON, M. & F. AZAM (1989): Protein content and protein synthesis rates of planktonic bacteria. – *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 51, 201–213
- SIMON, M., H.-P. GROSSART, B. SCWEITZER & H. PLOUGH (2002): Microbial ecology of organic aggregates in aquatic ecosystems. – *Aquat. Microb. Ecol.* 28, 175–211
- SMITH, E.M. & W.M. KEMP (2003): Planktonic and bacterial respiration along an estuarine gradient: response to carbon and nutrient enrichment. – *Aquat. Microb. Ecol.* 30, 251–261
- SMITS, J.D. & B. RIEMANN (1988): Calculation of cell production from [³H] thymidine incorporation with freshwater bacteria. – *Appl. Environ. Microbiol.* 54, 2213–2219
- TAYLOR, G.T., J. WAY & M.I. SCRANTON (2003): Planktonic carbon cycling and transport in surface waters of the highly urbanized Hudson River Estuary. – *Limnol. Oceanogr.* 48, 1779–1795
- TUOMI, P. (1997): Bacterial carbon production in the Northern Baltic: a comparison of thymidine incorporation and FDC based methods. – *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 153, 59–66
- VAN WAMBEKE, F., I. OBERNOSTERER, T. MOUTIN, S. DUHAMEL, O. ULLOA & H. CLAUSTRE (2008): Heterotrophic bacterial production in the eastern South Pacific: longitudinal trends and coupling with primary production. – *Biogeosciences* 5, 157–169
- ZIMMERMANN, H. (1997): The microbial community on aggregates in the Elbe Estuary, Germany. – *Aquat. Microb. Ecol.* 13, 37–46

Felix Hauser, Doris Wastl-Walter und Rolf Weingartner

Integration urbaner Gewässer – Entwicklung, Bilanz und neue Herausforderungen

Integration of water bodies in the urban landscape – history, current status, and new challenges

Fließgewässer und Seen sind Teil der urbanen Umwelt mit ihren spezifischen Ausprägungen; gleichzeitig sind sie Teil des natürlichen Gewässersystems. Urbane Gewässer vermögen einen wichtigen Beitrag für die Lebensqualität in den Städten zu leisten und haben eine spezielle Funktion in der Raumplanung und im Städtebau. Viele urbane Gewässer weisen aber hinsichtlich ihrer Integration in den städtischen Raum und ins naturräumliche Gewässersystem anerkanntermaßen Defizite auf. Das Thema der urbanen Gewässer ist sehr aktuell. In den letzten Jahren sind denn auch in zahlreichen Städten einerseits Konzepte und andererseits konkrete Projekte rund um die Gewässer initiiert oder bereits ausgeführt worden. Außerdem sind neue Fragestellungen, beispielsweise im Zusammenhang mit neuen Anforderungen des Hochwasserschutzes, in den Vordergrund gerückt. Der vorliegende Aufsatz stellt für Schweizer Städte die städtebauliche Integration ins Zentrum und zeigt die wichtigsten historischen Prozesse auf. Empirische Grundlagen dienen der Einordnung aktueller Fallbeispiele und Entwicklungen. Das Potential einer möglichen Reintegration von Fließgewässern und Seen in Städten ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig.

Schlagwörter: Hochwasserschutz, Integration von Gewässern, Städtebau, urbane Gewässer

Rivers, streams, and lakes are elements of the urban landscape and simultaneously part of the natural hydrological system. Urban water bodies may contribute significantly to the quality of life in cities and may fulfil special functions in land-use planning and urban development. Yet, many urban water bodies show obvious deficiencies in terms of their integration into the urban space and the natural hydrological landscape. The topic of urban water bodies is high on the current agenda. In recent years, many cities have initiated or even implemented plans and real-life projects pertaining to water bodies. Moreover, new issues, such as new requirements in flood defence, have become prominent. The present paper focuses on integration as one component of urban planning in Swiss cities, with special reference to the most important historical processes. Current case studies and trends are classified on an empirical basis. The potential for reintegration of flowing waters and lakes in cities depends on many factors.

Keywords: Flood protection, integration of water bodies, urban development, urban water bodies

1 Einleitung: Wasser in der Stadt

In der Berner Tageszeitung „Der Bund“ vom 26. Juli 2008 stellte der Journalist Markus Brotschi im Zusammenhang mit dem „Aufstieg“ Winterthurs zur 100.000-Einwohner-Stadt fest, dass das Einzige, was nun noch fehle, ein großes Gewässer sei, an dem sich flanieren ließe. Tatsächlich laden Eulach und Töss im ehemaligen Industrieort über weite Strecken nicht zum Verweilen an ihren Ufern ein. Dennoch zeigt dieser mediale Seufzer, wie in der Wahrnehmung vieler Menschen Stadt und Fluss (oder auch See) untrennbar zusammen gehören. SCHUHMACHER (1998, S. 201) formuliert es so: „Die Verfügbarkeit von Wasser als essentielles Lebensmittel ist zu allen Zeiten die entscheidende Voraussetzung für die Begründung von Siedlungen gewesen. Als Produktions- und Transportmittel hatten vor allem Fließgewässer maßgeblichen Einfluss auf die wirtschaftliche Entwicklung der Städte und ihres Umfeldes. Waschplätze, Schiffsanlegestellen, Hochwasserschutzbauten und Verteidigungsgräben stellten bis in die mittlere Neuzeit eher punktuelle Eingriffe in das ökologische Gefüge des jeweiligen Gewässers dar“.

Die Problematik und das Spannungsverhältnis Wasser/Stadt könnte man unter dem Begriff der Ambivalenz zusammenfassen. Auf der einen Seite gründet sich „die Feindbeziehung des Menschen zum Wasser [...] vor allem in der geringen Berechenbarkeit seines Auftretens“ und „Küsten- und Flussstädte stehen und standen in einer dauernd gespannten Beziehung zum Hochwasser“ (EICK 1991, S. 275). Auf der anderen Seite ist Was-

ser für die Gründung von dauerhaften Siedlungen unentbehrlich. Oder anders gesagt: „Am Anfang der Stadt stand die Auseinandersetzung mit der Natur. Die Stadt war der Natur abgerundenes Gebiet. Die Beherrschung von Natur und Wasser war Grundvoraussetzung für die Bildung von Städten“ (DVWK 2000, S. 5).

Die Funktionen des Wassers in und für die Stadt veränderten sich im Laufe der Zeit erheblich (s. z.B. HAUSER 2000, Tab.1). Die in den letzten Jahrzehnten ergriffenen Maßnahmen im Gewässerschutz ermöglichen heute eine andersartige, direktere Nutzung der Flüsse und Seen; Regulierungen oberhalb der Städte an diesen Gewässern führten zu einer regelmäßigeren Wasserführung und damit zu einer besseren Planbarkeit von Gestaltungs- und Revitalisierungsmaßnahmen. Damit eröffnen sich Chancen zu einem anderen, unmittelbarerem Umgang mit Wasser in der Stadt (HAUSER 2000, Kap. 7).

Seit dem Ende der 1980er Jahre zeichnet sich eine – wenn auch vorerst zaghafte – Renaissance der Gewässer in der Stadt ab (z.B. GARNIER 1989). In Zentrumsnähe sind zahlreiche Flächen an Gewässern frei geworden. „Hintergrund dieser Entwicklung sind komplexe ökonomische Veränderungen, z.B. Verschiebungen der sektoralen Struktur der Stadtwirtschaft, Veränderungen der Transport-, Produktions- und Kommunikationstechnologien sowie eine neue Einstellung zur Innenstadt und eine neue Bereitschaft der Bewohner, sich dem Erlebnisraum 'Innenstadt' auszusetzen“ (SACHS-PFEIFFER 1989, S. 67). Diese möglichen Umnut-

zungen – aber auch die anstehenden Sanierungen zahlreicher in die Jahre gekommener Bauwerke am Wasser sowie Maßnahmen im Bereich des Hochwasserschutzes, die nun gewässer- und stadtverträglich gestaltet werden können – bieten eine einmalige Chance, Gewässern in der Stadt wieder einen höheren Stellenwert einzuräumen.

Fließgewässer sind lineare Elemente in der Stadt. Als solche gliedern sie einen Stadtraum und bieten Leitlinien für die Bebauung (s. z.B. HUBER 1992). Häufig begründen sie durchgehende Grünzüge. Diese strukturelle Eigenheit kann von der Stadtplanung genutzt werden. Die größeren Flüsse und auch die Seen haben die Gliederungsfunktion behalten, oft grenzen sie denn auch verschiedene Nutzungszonen voneinander ab. Kleinere Bäche hingegen, Kanäle usw. blieben in der Planung vielfach unberücksichtigt.

Generell stehen im Stadtraum „die Gewässer teilweise in Konkurrenz mit weiteren Nutzungsansprüchen, besonders mit Bauten und Straßen“ (SCHWARZE & RÜDISÜHLI 1992, S. 87). Diese Konkurrenz bestimmt nach wie vor die Planung wesentlich, bedingt auch durch ökonomische Zwänge. Dabei sind die Fließgewässer „von herausragender Bedeutung als bestimmende Leitlinien für Durchgrünungs- und Erschließungssysteme einer Stadt. Wasserläufe erzielen gliedernde, verbindende und auflockernde Wirkungen und erfüllen integrierende Funktionen zwischen Stadt und Umland“ (ARBEITSGRUPPE 5 1989, S. 45). Trotzdem werden Gewässer häufig unter dem Begriff der Grünraumplanung einfach subsumiert. Dies ist dort sinnvoll, wo diese wirklich nach umfassenden Kriterien bewerkstelligt wird. Gewässer haben aber darüber hinaus noch weit mehr Funktionen für die Bewohnerinnen und Bewohner der Stadt, wie etwa ihre Bedeutung für Freizeit und Erholung, ihr Einfluss aufs Stadtbild oder auch ihr Beitrag zum Stadtklima (SCHWARZE & RÜDISÜHLI 1992). Diese Funktionen ebenfalls wahrzunehmen ist gleichermaßen Aufgabe einer verantwortungsbewussten Stadtplanung.

Architekturhistorisch gesehen wurde Wasser zwar bereits sehr früh als Gestaltungselement eingesetzt, allerdings beschränkte sich seine Verwendung meist auf seine Funktion als „ästhetisches Gebrauchsmittel“ (EICK 1991, S. 284), also auf seinen Einsatz zur Dekoration. Dabei sind im Laufe der Jahrhunderte großartige Bauwerke entstanden (s. z.B. MOORE 1994) und auch in neuerer Zeit konnte in dieser Hinsicht Wegweisendes realisiert werden (z.B. DREISEITL & GRAU 2006, HELLWEG & OLTMANN 2000, HÖLZER 2008). Vielfach jedoch geht die Verwendung des Wassers und erst recht der Gewässer nicht über das Dekorative hinaus; das Wasser dient der Repräsentation, es soll ein Gebäude erhöhen, spiegeln und nicht umgekehrt.

2 Entwicklung der Desintegration urbaner Gewässer

Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts ist die Stadt auf dem Gebiet der heutigen Schweiz eine ummauerte Stadt oder, wie WALTER (1994, S. 131) meint: „L'appellation de ville se légitime par la présence d'une muraille qui lui confère un enracinement spatial. [...] En Suisse, à la fin du 18^e siècle, une ville sans remparts, une ville

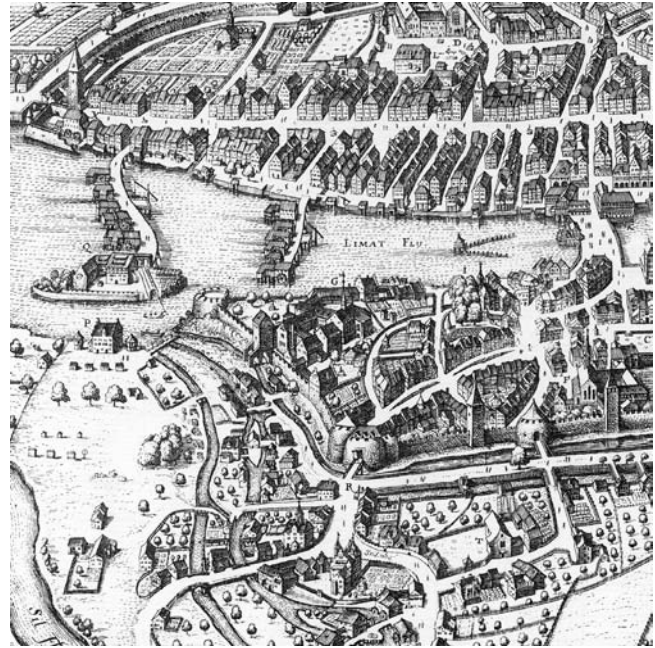


Abbildung 1

Die enge Verflechtung von Gewässer und Siedlung: Limmat und Seitenarme der Sihl in der Stadt Zürich im 17. Jahrhundert (Ausschnitt aus dem Merian-Plan, in: GÖLDI 2008b, S. 11)

Close interlacing of waters and settlement: the River Limmat and tributaries of the River Sihl in the city of Zurich in the 17th Century (detail from the Merian Plan in: GÖLDI 2008b, p. 11)

sans limites claires définies, n'est pas une ville. La ville existe seulement comme huis clos.“¹

Durch diese räumliche Enge werden die Gewässer in der Folge ebenfalls eingengt: Der Gewässerraum bildet – wo er überhaupt noch zur Verfügung steht – eine der wenigen Verdichtungsmöglichkeiten der Stadt innerhalb der Stadtmauern. Damit einher geht auch eine quantitative und qualitative Übernutzung. Die Gewässer in der Stadt werden intensiv auf verschiedenste Weise beansprucht. Sie sind unverzichtbarer Teil der Stadt und: Sie sind in den gebauten Bereich miteinbezogen und damit der Stadt und ihren Bedürfnissen angepasst (Abb. 1). Die „Natur“ findet außerhalb der Stadt statt und bedroht diese nur in Katastrophenfällen wie zum Beispiel bei Hochwassern.

Die zu Beginn des 19. Jahrhunderts einsetzenden Prozesse, die sich in den 1830er und 1840er Jahren verstärken, sind prägend für die Entwicklung nach 1850. Die Rede ist einmal vom relativen politischen Bedeutungsverlust der Städte, was in ihrer Öffnung gegenüber dem ländlichen Raum und schließlich in der Schleifung der Befestigungen zum Ausdruck kommt. Zusätzlich erfolgt ein zunächst langsames, aber stetiges Wachstum des Verkehrsaufkommens. „Neben dem Ausbau der Landwege stellte die Dampfschiffahrt eine erste grundlegende Neuerung im Massentransport dar. Der Bau von Häfen und Quaianlagen in den Seestädten war ein wichtiger Impuls zur Einleitung von innerstädtischen Umstrukturierungen“ (KOCH 1992, S. 31). Die „Zeitschrift

¹ Die Stadt legitimiert sich durch das Vorhandensein einer Mauer, die ihr eine räumliche Abgrenzung verleiht. Am Ende des 18. Jahrhunderts ist in der Schweiz eine Stadt ohne Befestigung, ohne klar definierte Grenzen, keine Stadt. Die Stadt existiert nur als abgeschlossener Raum.

über das gesamte Bauwesen“ beschreibt diese Dynamik 1839 folgendermaßen (zit. nach KOCH 1992, S. 30): „In einer geringen Reihe von Jahren sind eine Menge Städte und Dörfer erweitert und verschönert, künstliche Brücken über Flüsse und Schluchten geschlagen, bequeme Straßen über steile Felsgebirge und über Seen vermittels Dampfschiffe fortgeführt. Den wilden Fluthen übertretender Ströme sind Schranken gesetzt, Sümpfe und Seen abgeleitet worden. Das alles hat die Baukunst zu Stande gebracht.“

Die Jahre zwischen 1850 und 1890 stehen bezüglich des Verhältnisses von Gewässern und Städten im Zeichen der endgültigen Öffnung der Städte, die vorher eingeleitet wird. Nach ca. 1860 verstärkt der Eisenbahnbau die angesprochenen Prozesse und fördert die Verstädterung entscheidend (s. z.B. KOCH 1992). Er sorgt schließlich für die weitgehende Aufgabe der ehemaligen gewerblich betriebenen Warentransporte auf den Fließgewässern. Die Entwicklung der Städte zeigt nun eine Dynamik, welche die Gewässer nicht unberührt lassen kann. In verhältnismäßig kurzer Zeit werden die großen Flüsse von Verkehrsachsen zu Verkehrshindernissen, die es zu überwinden gilt und die auch überwunden werden, so zum Beispiel bereits 1844 mit dem Bau der Nydeggbücke in Bern.

Weiterhin sind die Gewässer intensiv genutzt, ja die Entwicklung der Technik bietet immer mehr und ausgeklügeltere Möglichkeiten der Kraftübertragung (s. z.B. SCHNITTER 1992, GÖLDI 2008b) und führt zu technischen Meisterwerken wie etwa dem Moserdamm in Schaffhausen (NIEDERHAUSER 1983). Seeregulierungen wie beispielsweise die Juragewässerkorrektur und verlässlichere Hochwasserschutzbauten führen zu einer Umgestaltung nicht nur der Städte, sondern ganzer Landschaften und bieten der wachsenden Bevölkerung den nötigen Lebensraum (s. z.B. VISCHER 2003). Die Kulmination dieses Prozesses erfolgt indes erst später.

Die Städte beginnen außerdem, das touristische Potential der urbanen Wasserflächen in Wert zu setzen. Die Ufer werden – auch für einen verbesserten Hochwasserschutz mittels Quais (SCHNITTER 1992) – instand gesetzt, unterhalten und gepflegt. Diese neue Nutzung ist aber nur bei großen Gewässern, also Flüssen und Seen, möglich. Die kleineren Flüsse und Bäche sind oft Hindernisse bei der Entwicklung neuer Wohngebiete und stören durch ihre meist ungenügende Wasserqualität zunehmend das Stadtbild.

Zu keiner Zeit jedoch ist die Urbanisierungsdynamik in der Schweiz so stark wie im ausgehenden 19. Jahrhundert; verglichen mit dem Ausland bleibt sie allerdings beschaulich. Für die Gewässer in der Stadt sind dabei folgende Punkte von entscheidender Bedeutung:

- „Industrialisierung bedeutet im späten 19. Jahrhundert Verstädterung. Die Fabriken werden nun am Rand der Stadt gebaut“ (NOSEDA & STEINMANN 1988, S. 66). Tatsächlich ist bis anhin die Industrialisierung in der Schweiz ein ländliches Phänomen, sie folgt dem Flussnetz. Nun vollzieht sich der forcierte Ausbau der Industrieinfrastruktur in der Stadt.
- Das bisherige Kommunikations- und Energienetz der Gewässer wird durch die beiden neuen Netze der Eisenbahn und der Elektrizität abgelöst. Die Elektrizität macht die In-

dustrie unabhängig vom unmittelbaren Standort an den Gewässerrläufen. Viele ehemalige mechanische Anlagen werden zu hydroelektrischen Werken umgewandelt (SCHNITTER 1992).

- Die verstärkte Bebauung, insbesondere für den Wohnungsbau, erfolgt zwar nicht gerade völlig plan- und konzeptlos, doch kann in den Städten der Schweiz von einer Gesamtplanung im Allgemeinen nicht die Rede sein. Vor diesem Hintergrund gerät die Berücksichtigung der Gewässerstrukturen bei Stadterweiterungen völlig in den Hintergrund.
- Die unbestritten desolaten Zustände auf sozialem Gebiet – hervorgerufen durch Überbelegungen und mangelhafte bzw. fehlende Infrastruktur – führen zu großen hygienischen Problemen und schließlich zur Eindolung zahlreicher, vor allem kleiner und mittelgroßer Gewässer – nach dem Motto: aus den Augen, aus dem Sinn.

Diese Prozesse verstärken in ihrer Summe den Druck auf die Gewässer insgesamt und prägen auch die erste Hälfte des 20. Jahrhunderts. Man kann für die Schweiz diesen Zeitraum mit KOCH (1992, S. 114) unter den Titel „Verstetigung der Verstädterung“ stellen. Die Prozesse der Urbanisierung konsolidieren sich; die um die Jahrhundertwende getätigten massiven Investitionen in die Verkehrs- und Industrieinfrastruktur tragen Früchte. Kurz vor dem 1. Weltkrieg „befand sich die Schweiz im oberen Bereich einer langen Konjunkturphase“ (JOST 1983, S. 114). Der Krieg bringt zwar den Tourismus zum Erliegen, doch andere Branchen – wie etwa die Maschinenindustrie – florieren weiterhin. Es ist – vor allem nach dem Einschnitt des 1. Weltkrieges – der Beginn der klassischen Moderne; die „wirkliche“ oder doch zumindest geträumte Großstadt liegt in der Schweiz in greifbarer Nähe. Noch ist das Automobil in der Schweiz kein Massentransportmittel, doch die Anzeichen dafür sind unübersehbar. Die Gewässer werden durch diese Entwicklung mehr und mehr an den Rand und aus den Augen gedrängt. Sie sind Hindernisse der Modernität – einer Modernität, die sich allerdings vor allem in der Produktionsweise, der industriellen Fertigung, manifestiert und nicht in einer sorgfältigen Planung.

Ein Mahner wie der ETH-Professor für Städtebau Hans Bernoulli, der sich für eine geordnete Stadtentwicklung einsetzt, wird nicht ernst genommen, auch weil er die öffentliche Verfügungsgewalt über den Boden fordert. Sein Appell zur Erhaltung der See- und Flussufer im öffentlichen Besitz und zu ihrer Gestaltung (MARTIN & BERNOULLI 1929) verhallt ungehört.

In der Zwischenkriegszeit prägt das sogenannte „Neue Bauen“ die weitere Entwicklung des Städtebaus entscheidend. Es setzen sich indes nicht die gesellschaftspolitischen Inhalte dieser damals neuen und fortschrittlichen Konzepte durch, sondern auf längere Sicht einzig die angewandte industrielle Bautechnik. Was die Gewässer anbelangt, ist es schwierig, aus den verfügbaren Quellen eine schlüssige Position dazu für die „Neue Sachlichkeit“ zu definieren. Es gibt sie wohl auch nicht und es ist kein Zufall, dass die „Natur“ und alles, was mit ihr zusammenhängt, sehr selten in den Planungsentwürfen erscheint. Allerdings wird durch diese konsequent geplante Herangehensweise an die Stadt und damit der in ihr vorkommenden Gewässer der Boden gelegt für die Entwicklungen nach dem 2. Weltkrieg.



Abbildung 2

Verkehrsprojekt am Zürcher Bellevue, das an den Ufern von Limmat und Zürichsee Hochleistungsstraßen vorsieht und sie damit von der Stadt städtebaulich abtrennt (verkleinerter Ausschnitt, aus: KREMER & LEIBBRAND 1953, Blatt 148)

A traffic project on Zurich's Bellevue square showing major roads on the banks of the River Limmat and Lake Zurich separating the city from the waters (reduced-scale detail from KREMER & LEIBBRAND, 1953, Blatt 148)

Für GILG & HABLÜTZEL (1983, S. 194) vollzieht sich in der Schweiz nach 1950 „im Rahmen einer vom Neoliberalismus geprägten und vom kalten Krieg gestützten Ordnung ein rasches wirtschaftliches Wachstum, dessen nationale und internationale Auswirkungen noch kaum als fragwürdig empfunden werden“. Für die Gewässer in den Städten bedeutsam ist dieses Wachstum vor allem hinsichtlich des Verkehrs. Die Autobahnplanung in der Schweiz ab 1958 sieht ein sehr dichtes Netz von Hochleistungsstraßen vor, das in den Hauptzentren verknüpft werden muss. Zudem sollen konsequenterweise ab den Autobahnen die sogenannten Expressstraßen den automobilen Menschen ins Zentrum der Stadt an seinen Arbeits- und Einkaufsort bringen. Aus topografischen und damit letztendlich finanziellen Gründen sind die Flussläufe geradezu prädestiniert, um den Raum dafür zur Verfügung zu stellen – mit gravierenden Folgen: „Le plus souvent, l'automobile s'avère le pire ennemi de la sauvegarde du cadre paysager. Sous son emprise, les quais se transforment en axes de transport bruyantes, pollués et infranchissables. La qualité de la vie urbaine en est irrémédiablement atteinte“² (LABASSE 1989, S. 17).

Fast in jeder Schweizer Stadt werden Expressstraßen größeren oder kleineren Zuschnitts geplant (WERK 1961). Das Beispiel von Zürich steht hier stellvertretend (Abb. 2).

In den Dekaden nach 1960 ermöglicht ein Grundkonsens des Fortschritts in breiten Bevölkerungskreisen den ungehemmten Ausbau der Straßen im ganzen Land – mit den gravierendsten Auswirkungen in den Städten. In den Innenstadtbereichen ist verfügbarer Raum für diese Erweiterungen kaum vorhanden; die Baulandreserven und brach gelassene Industrieflächen werden von Bauten des in dieser Zeit schnell wachsenden Dienstleistungssektors beansprucht (s. z.B. BÄRTSCHI 1983). Als einzige Möglichkeit für größere Straßenprojekte verbleibt deshalb nur der Raum der großen Gewässer. Die noch offen fließenden kleineren Bäche an den Stadträndern sind unterdessen von den wachsenden Wohnsiedlungen bedrängt.

² Meistens erweist sich das Auto als der schlimmste Feind, wenn es um den Schutz der Landschaft geht. Unter seinem Einfluss sind die Quais in laute, verschmutzte und unpassierbare Verkehrsachsen verwandelt worden. Die urbane Lebensqualität wurde dadurch tiefgreifend beeinträchtigt.

Die Desintegration der urbanen Gewässer, hier verstanden als Ergebnis der beschriebenen Prozesse, vollzieht sich rasch, in allen Städten und manchmal gar flächendeckend. Die Folgen dieser Entwicklung waren und sind in den Städten deutlich ablesbar: Flüsse, Bäche und oft auch Seeufer sind im Stadtraum nicht mehr präsent; die Stadt hat ihren Bezug zum Wasser verloren. Die Gewässerräume sind beispielsweise durch Durchgangstraßen von der Stadt abgetrennt, private Bereiche verunmöglichten den Zugang etc. und sie sind damit der Öffentlichkeit entzogen. Die gliedernden Funktionen dieser Linienelemente kommen nicht mehr zum Tragen.

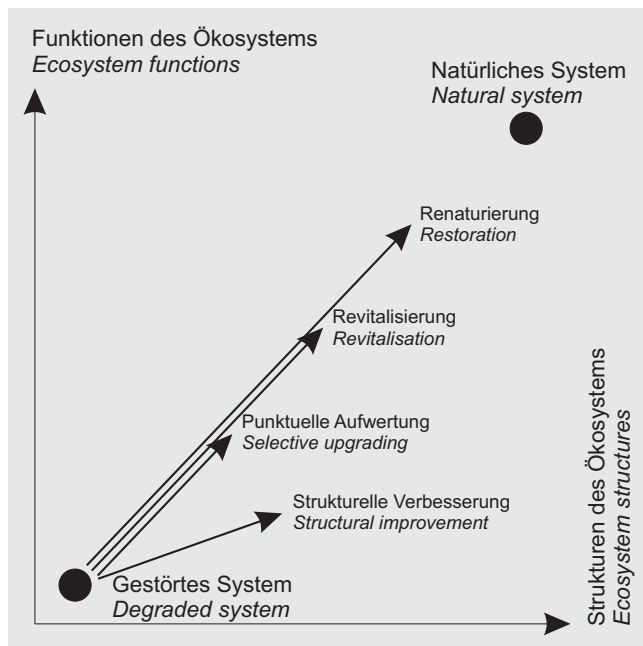
Erst ab den 1980er Jahren führen vielfältige Veränderungen wie ein wachsendes Umweltbewusstsein in der Gesellschaft, die Erkenntnis der negativen Folgen der Entwicklung für Gewässer und Bevölkerung etc. dazu, dass – ausgehend z.B. von BAUDIREKTION DES KANTONS ZÜRICH (1985) oder BAUAMT 1 DER STADT ZÜRICH (1988a, 1988b) – auch in den Städten erste Schritte zu einer Verbesserung der Situation unternommen werden, zunächst mit dem Hauptziel, die Gewässer wieder in den Naturraum zu integrieren. Die Reintegration in den Stadtraum wird zu Beginn nur am Rande beachtet.

Der vorliegende Artikel geht der Frage nach, wie sich nach den verschiedenen Maßnahmen in den letzten 25 Jahren die Situation in den Schweizer Städten aktuell im Hinblick auf die Integration urbaner Gewässer, vor allem bezüglich der Zugänglichkeit und der städtebaulichen Gestaltung präsentiert und welche Möglichkeiten sich zur weiteren Entwicklung bieten.

3 Methodische Grundlagen zur Integration urbaner Gewässer

Integration bedeutet im Wortsinne die (Wieder-)Herstellung eines Ganzen oder die Eingliederung in ein größeres Ganzes. Dies kann nun bezüglich der Gewässer in der Stadt grundsätzlich zweierlei bedeuten: eine Behebung der vielfältigen erkannten ökologischen Defizite (s. z.B. DWA 2009, Kap. 3), also die Wiedereingliederung der städtisch überprägten Wasserläufe ins naturräumliche Gesamtsystem und ihre Wiederherstellung als dessen Komponenten (Abb. 3), oder eine städtebauliche Bezugnahme durch die (Wieder-)Herstellung einer engen Verflechtung von Stadt und Wasser.

Im ersten Fall bedeutet Integration strukturelle Verbesserung (z.B. bezüglich Uferraum, Durchgängigkeit, Hydraulik), Revitalisierung und Renaturierung (STUCKI 2007), im zweiten Fall eine bewusste städtebauliche Um-Gestaltung mit dem Ziel, das Gewässer für die Bevölkerung erlebbar zu machen. Die beiden Ebenen sind nicht unbedingt und überall kompatibel. Wie aber mittlerweile verschiedene Beispiele zeigen (s. z.B. BÄNZIGER 2006, DREISEITL & GRAU 2006, KERLEN 2006, LASSERRE & SALIN 2006, LARDI 2008), haben in einer Stadt durchaus beide Formen der Integration Platz, auch wenn sie häufig räumlich getrennt sind.

**Abbildung 3**

Schematische Darstellung der Maßnahmen am Gewässer zwischen Funktion und Struktur des Ökosystems (nach: GEISSBÜHLER 2007, S. 6 und STUCKI 2007, S. 21, vereinfacht)

Scheme of the measures pertaining to waters and relating to the functions and the structure of the ecosystem (according to GEISSBÜHLER 2007, p. 6 and STUCKI 2007, p. 21, simplified)

In zentralen urbanen Bereichen (Innenstädte etc.) gehört der „gebauten“ Integration der Vorrang gegenüber der naturräumlichen, wohingegen in Wohngebieten, Parkanlagen und in peripheren Räumen die renaturierende Integration sinnvoll ist und Platz hat; kreative Mischformen sind natürlich wünschenswert.

Im vorliegenden Aufsatz wird die städtebauliche Integration ins Zentrum gerückt; Ausgangspunkt bietet eine Untersuchung (HAUSER 2000), welche – basierend auf empirischen Grundlagen des Jahres 1998 aus den 13 Schweizer Städten Basel, Bern, Biel, Chur, Genf, Lausanne, Lugano, Luzern, St. Gallen, Schaffhausen, Sitten, Winterthur und Zürich – einerseits die vorhandenen Defizite vorstellte und andererseits Möglichkeiten und Grenzen der Reintegration auslotete. Die Analyse, die seitdem durch die Ergebnisse aus weiteren Städten ergänzt wurde (GRIMM 2010, GRUNAUER 2007, HIRSCHI 2009, KÄMPF 2003, KUNZ 2009, LITZKO 2010), basiert auf einer Zustandsbeschreibung, aus der sich schließlich das Verbesserungspotential ableiten lässt. Kriterien und Untersuchungsgegenstand werden in der Folge vorgestellt. Untersucht wurden in den ausgewählten Städten alle Gewässerabschnitte inklusive der Ufer größerer Seen. Als Untersuchungsgebiet wurde das innerhalb der Stadtgrenzen gelegene Siedlungsgebiet sowie die noch nicht überbauten Bauzonen festgelegt. Durch diese Vollerhebung konnte insgesamt eine Uferlänge von rund 650 km erfasst werden. Diese Zahl entspricht natürlich nicht der effektiven Gewässerlänge in den Städten, da einerseits sowohl das linke wie das rechte Ufer separat erhoben, andererseits nur im Siedlungsgebiet liegende Abschnitte bearbeitet wurden. Die eingedolten Abschnitte wurden zwar ebenfalls miteinbezogen, bei der quantitativen Auswertung mittels GIS der hier zur Diskussion stehenden Kenngrößen jedoch nicht

berücksichtigt, da sie den Vergleich zwischen den Städten verzerrt hätten.

Die Beurteilung erfolgte auf Grund einer visuellen Einschätzung und der Zuordnung zu Kategorien im Zuge einer individuellen Begehung aller Orte. Diese Vorgangsweise basiert somit auf einer qualitativen Bewertung, die jederzeit intersubjektiv nachvollziehbar ist, aber keine quantitative Beurteilung darstellt wie beispielsweise metrische Daten oder ein Punktesystem.

3.1 Zugänglichkeit

Ob ein Bach, ein Fluss oder ein Seeufer zugänglich ist oder nicht, entscheidet wesentlich über seine Integration in den städtischen Raum. Dies wird schon früh, etwa im Bachkonzept der Stadt Zürich (BAUAMT 1 DER STADT ZÜRICH 1988a) anerkannt, wo der Zugänglichkeit für den Erlebniswert eines Gewässers ein hoher Stellenwert eingeräumt wird. Der direkte Zugang zum Gewässer schafft einen unmittelbaren Kontakt; das Wasser wird wahrnehmbar. Gleichzeitig können mit einer guten Zugänglichkeit aber Beeinträchtigungen für den Uferbereich des Gewässers verbunden sein, indem etwa durch das Betreten Fauna und Flora gestört oder geschädigt werden. Dies spielt jedoch nur an denjenigen Abschnitten eine große Rolle, wo der Uferbereich ein naturnahes oder gar natürliches Erscheinungsbild zeigt, also in den wenigsten Fällen. Gerade an hart verbauten Abschnitten und bei großen Gewässern in einer Innenstadt beispielsweise gibt es aus dieser Sicht unter normalen Verhältnissen keinen Grund, die Zugänglichkeit einzuschränken, sofern gewisse Sicherheitsbedingungen erfüllt sind.

In der Untersuchung von HAUSER (2000) wurde die Zugänglichkeit in vier Klassen eingeteilt: unzugänglich, schwer zugänglich, indirekt/eingeschränkt zugänglich und direkt zugänglich. Das Verfahren mit der abschnittswisen Zuordnung zu den einzelnen Klassen wurde auch in anderen Studien verwendet (z.B. KAISER 2005, MIETHANER et al. 2008). Die Beurteilung ist meist problemlos möglich. Hauptkriterium für die Zugänglichkeit ist die Möglichkeit, mit dem Element Wasser vom Ufer her in Berührung zu kommen.

Der Grad der Zugänglichkeit hängt natürlich auch vom Wasserstand ab. Eine Wasserfläche kann zum Beispiel bei Niedrigwasser schwer, bei Hochwasser jedoch gut zugänglich sein. Diesem Umstand wurde insoweit Rechnung getragen, als ein Mittelwasserstand angenommen wurde. Die Zugänglichkeit bezieht sich nur unmittelbar auf den betreffenden Abschnitt. Im Folgenden werden die vier Kategorien kurz dokumentiert (Abb. 4).

3.1.1 Unzugängliche und schwer zugängliche Gewässerabschnitte

Die Kategorie „unzugänglich“ beinhaltet alle Abschnitte, welche durch Zäune abgesperrt sind oder wo hohe Mauern, steile Böschungen etc. den Zugang zum Wasser verunmöglichen (Abb. 4). Privatgrundstücke, die für die Öffentlichkeit gesperrt sind, werden ebenfalls so beurteilt, auch wenn das Gewässer für die jeweiligen Besitzerinnen und Besitzer zugänglich ist. Allerdings muss der Zugang für die Öffentlichkeit physisch verunmöglicht sein – z.B. mittels Mauern etc. Es gibt auch Ufer in Städten, die natürlicherweise unzugänglich sind – bewaldete Steilhänge etwa, enge Schluchten oder große Schilfgürtel.



Unzugänglich / *Inaccessible* (Schüss, Biel)



Schwer zugänglich / *Difficult access* (Reuss, Luzern)



Eingeschränkt zugänglich / *Limited access* (Aare, Bern)



Direkt zugänglich / *Direct access* (Zürichsee, Zürich)

Abbildung 4

Beispiele für die Beurteilung der Zugänglichkeit an verschiedenen Abschnitten (Fotos: F. Hauser 1998)
Examples of assessments of the access to waters (photos: F. Hauser 1998)

Bei schwer zugänglichen Abschnitten ist der Zugang grundsätzlich möglich, erfordert aber einen relativ großen Aufwand. Es muss z.B. eine Böschung überwunden werden, oder ein Dickicht verhindert – vor allem im Sommer – eine direkte Kontaktnahme mit dem Wasser. Auch Abschnitte, die mit nur niedrigen Zäunen oder Mauern eingegrenzt sind, fallen in diese Kategorie.

3.1.2 Eingeschränkt und direkt zugängliche Abschnitte

Bei eingeschränkt zugänglichen Abschnitten kann der Zugang mit vertretbarem Aufwand erreicht werden; die Uferböschung ist also niedrig und relativ flach, auch ein Aufenthalt am Wasser ist an einigen Stellen durchaus möglich. Es bestehen keine Zäune oder andere Hindernisse (Abb. 4). In diese Kategorie fallen auch Abschnitte mit in engem Abstand wechselndem möglichem und unmöglichem Zugang.

Der Zugang ans Wasser an direkt zugänglichen Abschnitten ist für Fußgängerinnen und Fußgänger problemlos möglich, d.h. es müssen keine nennenswerten Hindernisse überwunden werden oder Treppenstufen führen direkt ans Ufer.

3.1.3 Ergebnisse der Erhebung der Zugänglichkeit

Im Durchschnitt waren 50,5 % von allen offen fließenden untersuchten Abschnitten unzugänglich (Abb. 5). Schwer zugänglich sind 26,4 %, eingeschränkt zugänglich 17,0 % und direkt zu-

gänglich nur gerade noch 6,1 %. Überdurchschnittlich viele unzugängliche Abschnitte weisen Fribourg, Chur, Lugano, Olten und St. Gallen sowie – in geringerem Ausmaß – auch Sitten und Frauenfeld auf. Auf der anderen Seite zeigen Thun und Yverdon, aber auch Aarau, Basel, Bern, Genf, Luzern, Schaffhausen und Thun einen höheren Anteil an direkt oder eingeschränkt zugänglichen Uferstrecken, die den im urbanen Kontext erwünschten „idealen“ Zustand verkörpern.

Im Vergleich zum in der Abbildung 5 gezeigten Gesamtbild ist die Zugänglichkeit bei den großen – und deshalb sehr prägenden – Flüssen eher etwas schlechter. Die wichtigen Gewässer in den Städten sind also insgesamt sehr schwer zugänglich, insbesondere die Rhone in Sitten, aber auch die Limmat in Zürich, der Rhein in Basel oder die Reuss in Luzern. Die Ausnahme bildet in diesem Zusammenhang die Aare in Bern, welche zu fast 50 % direkt oder wenigstens eingeschränkt zugänglich ist. Auch der Rhein in Schaffhausen bietet ein ähnliches Bild.

3.2 Städtebauliche Gestaltung

Im Zentrum der Beurteilung steht der Bezug des Gewässers zu seiner Umgebung bzw. umgekehrt. Mit Umgebung ist nicht nur der unmittelbare Uferraum gemeint; vielmehr wird der Betrachtungsperimeter ausgeweitet. Die umliegenden Gebäude, Straßen, Plätze etc. und ihre architektonische Gestaltung, Einbin-

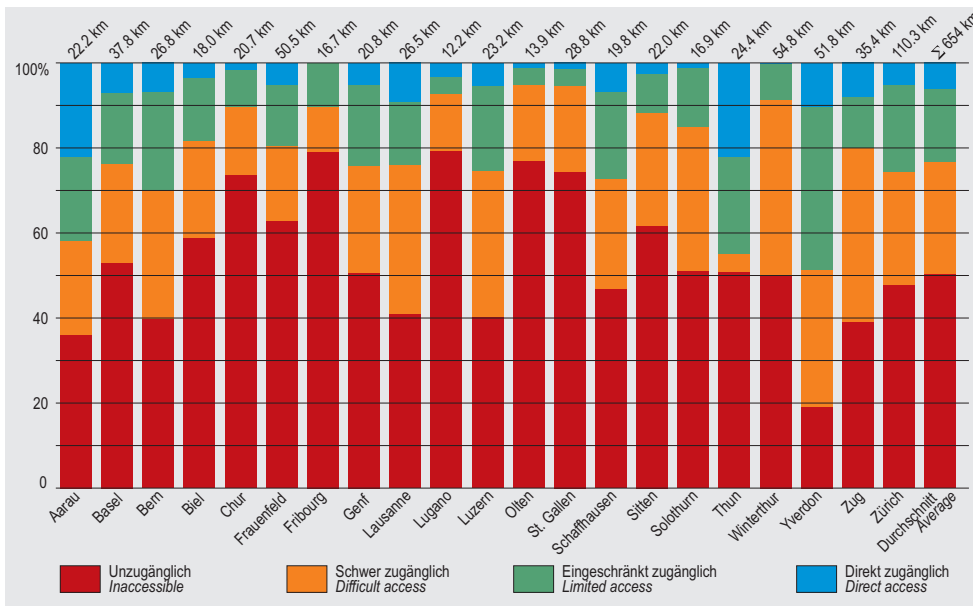


Abbildung 5
 Anteile der Zugänglichkeit der Ufer an offenen Gewässern in Schweizer Städten
 Percentage ranking of degrees of accessibility of the banks of open water in Swiss cities
 (Daten/Data: GRIMM 2010, GRUNAUER 2007, HAUSER 2000, HIRSCHI 2009, KÄMPF 2003, KUNZ 2009, LITZKO 2010)

derung und Wirkung wurden in die Beurteilung miteinbezogen. Je nach Größe des Gewässers kann dieser Bereich relativ groß sein. Kriterium ist in erster Linie die Bezugnahme dieser Elemente zum Gewässer, welches Mittel- und Ausgangspunkt der Bewertung bleibt. Es bedeutet auch, dass beispielsweise markante Gebäude – auch wenn sie nicht direkt am Ufer stehen – die Beurteilung beeinflussen. Die Beziehung kann sich auch in der Nutzung ausdrücken. Ein klassischer Fall dafür ist der Hafen. Eine Straße jedoch nutzt das Gewässer nicht, sondern eignet sich allenfalls dessen Uferbereich an.

Methodisch kombiniert der von HAUSER (2000) eingeführte aggregierte Parameter „Städtebauliche Gestaltung“ verschiedene Eigenschaften des Uferbereichs implizit miteinander, was nicht immer unproblematisch ist (KUNZ 2009, Kap. 6). Verschiedene Autoren (z.B. KAISER 2005, KAISER 2007, MIETHANER et al. 2008) haben denn auch weitere, differenzierte Kenngrößen zur Erfassung zusätzlicher Faktoren vorgeschlagen, etwa Erreichbarkeit, Sichtbarkeit, akustische Wahrnehmbarkeit oder Eigenart des Gewässers (DWA 2009). Diese zusätzlichen Zielgrößen sind im Rahmen einer Sanierung unbedingt zu berücksichtigen. Für breiter angelegte empirische Untersuchungen wie die vorliegende, die einen Überblick über ganze Stadträume geben sollen, eignet sich der zusammenfassende Indikator „städtebauliche Gestaltung“ durchaus, um die unterschiedlichen Städte oder auch Stadtteile untereinander vergleichbar zu machen.

Differenziert wurden schließlich sechs Klassen (Abb. 6): Ausgrenzend und nicht-integrativ gestaltete Abschnitte, nicht-urbane, als Park oder parkartig gestaltete Abschnitte sowie die traditionell- und urban-integrativ gestalteten Abschnitte.

3.2.1 Ausgrenzend und nicht-integrativ gestaltete Abschnitte

Oberirdisch fließende Gewässer in der Kategorie der ausgrenzend gestalteten Abschnitte sind häufig richtiggehend ver-

drängt und man hat den Eindruck, dass sie eigentlich stören. Die Gestaltung billigt ihnen nicht nur keinen Raum zu, sondern will sich bewusst und rücksichtslos von ihnen absetzen. Beispielsweise sind dem Gewässer die Rückseiten der Gebäude zugewandt oder der Straßenraum reicht ohne Zwischenraum bis direkt ans Gewässer. Dies kann Wohngebiete betreffen; häufig sind aber auch Innenstädte betroffen, vor allem verursacht durch Verkehrsanlagen (Abb. 6).

Bei den nicht-integrativ gestalteten Abschnitten ist das Gewässer Nebensache und wird höchstens „toleriert“. Die gewählte Gestaltung setzt keinen Bezug zum Gewässer. Einige Büsche und Bäume zum Beispiel („Abstandsgrün“) im Uferbereich vermögen den Gesamteindruck nicht zu mildern; der Eindruck ist langweilig und banal und wäre auch ohne das Gewässer nicht anders. Diese Bereiche laden denn auch nicht zu Aktivitäten am Wasser ein und sind entsprechend wenig genutzt.

3.2.2 Nicht-urban gestaltete Abschnitte

Diese Kategorie ist insofern schwierig, als in ihr die verschiedensten Erscheinungsbilder vereinigt werden müssen. Zum einen handelt es sich um Landwirtschaftsgebiete, zum andern um generell ländliche Gestaltungsmuster und private Gartenbereiche. Insgesamt sind diese Bereiche derart uneinheitlich, dem öffentlichen Raum entzogen und weitab einer städtischen Gestalt. Kriterium ist also eine spezifisch nicht-urbane Gestaltung, die dem Standort in der Stadt nicht gerecht wird.

3.2.3 Park oder parkartig gestaltete Abschnitte

Diese Kategorie beschreibt die Gestaltung der Gewässerumgebung in Parkanlagen und parkähnlichen Bereichen. Die Abgrenzung zu den Kategorien „nicht-urban“ und auch „traditionell-integrativ“ ist oft schwierig. Das Kriterium zur Abgrenzung gegenüber der Kategorie „nicht-urban“ ist die Öffentlichkeit der Anlage. Ein Park im hier definierten Sinne ist grundsätzlich öffentlich zugänglich.

Auch alle Waldabschnitte oder solche mit waldähnlichem Charakter werden in diese Kategorie aufgenommen. In einer Stadt hat (fast) jeder Wald immer auch Parkcharakter. Voraussetzung für die Aufnahme ist jedoch eine minimale flächenhafte Ausdehnung.

3.2.4 Traditionell- und urban-integrativ gestaltete Abschnitte

Eine bewusste Gestaltung ist bei beiden Kategorien klar erkennbar und löst eine entsprechende Nutzung aus. Das Gewässer ist in die Gestaltung nicht nur miteinbezogen, sondern dient dafür als Ausgangs- und Bezugspunkt. Bei den urban-integrativen Ab-



Ausgrenzende Gestaltung / *Segregating design* (Luganer See, Lugano)



Nicht-integrative Gestaltung / *Non-integrating design* (Sionne, Sitten)



Traditionell-integrative Gestaltung / *Traditional-integrating design* (Schüss, Biel)



Urban-integrative Gestaltung / *Urban-integrating design* (Reuss, Luzern)

Abbildung 6

Idealtypische Beispiele für die Kategorien der städtebaulichen Gestaltung an verschiedenen Abschnitten (Fotos: F. Hauser 1998)

Typical examples of urban-design categories of open-water banks (Photos: F. Hauser 1998)

schnitten spricht die Gestaltung eine neue und modern geprägte Sprache und kann verblüffen und inspirieren. Auch planerische Maßnahmen können begleitend eine Rolle spielen.

Die Kategorie der traditionell-integrativ gestalteten Abschnitte erfasst speziell die Ausprägungen der traditionellen städtebaulichen Konzepte z.B. des 19. Jahrhunderts oder auch des Mittelalters, die sonst schlecht zuzuordnen sind und etwas Eigenständiges darstellen (Abb. 6). Unter diese Kategorie werden auch traditionelle Gewerbenutzungsformen subsumiert, etwa in Betrieb stehende Hafen- oder auch traditionelle Wasserkraftanlagen. Es handelt sich aber meist um die klassischen, bekannten Quaianlagen oder Flussufer in Altstadtzentren.

3.2.5 Ergebnisse der Erhebung der Gestaltung

Der Indikator „Städtebauliche Gestaltung“ reflektiert am unmittelbarsten den Stellenwert der Gewässer in einer Stadt, das heißt den Grad der Auseinandersetzung mit dem Element Wasser in der städtischen Planungspolitik. Oder anders gesagt: Am Anteil der als „ausgegrenzt“ oder „nicht-integrativ“ klassierten Strecken lässt sich eine bescheidene Aufmerksamkeit ablesen, die den Gewässern vom Gemeinwesen entgegengebracht wird. Ein größerer Anteil an integrativ gestalteten Ufern andererseits zeigt ein

verstärktes Zur-Kennntnis-Nehmen der Wasserläufe und ihrer Funktionen. Abbildung 7 zeigt eine Übersicht der Resultate in den untersuchten Städten. Die Differenzen der Streckenlängen im Vergleich zur Abbildung 5 ergeben sich aus der Tatsache, dass nicht ganz alle Strecken im Erhebungszeitpunkt hinsichtlich ihrer Gestaltung beurteilt werden konnten, z.B. bei Baustellen etc.

In der Regel bewegt sich der Wert für die ausgegrenzten Abschnitte zwischen ca. 7 % und 13 %. Einen höheren Anteil weisen Chur, Lugano, Thun und vor allem Sitten auf, wo 42,9 % der Uferstrecken ausgegrenzend gestaltet sind. In absoluten Zahlen bedeutet dies, dass von den insgesamt 73,1 km ausgegrenzten Abschnitten aller untersuchten Städte 9,4 km, also etwa ein Achtel, aus Sitten stammen. Die nicht-integrativ gestalteten Strecken machen insgesamt den größten Anteil aus. Trotzdem gibt es einige bemerkenswerte Unterschiede zwischen den Städten. So ist der entsprechende Anteil in Aarau, Basel, Fribourg und Zug vergleichsweise gering, während Sitten auch hier mit über 50 % den Spitzenwert erreicht. In Sitten sind rund 95 % der Gewässerabschnitte ausgegrenzend oder nicht-integrativ gestaltet.

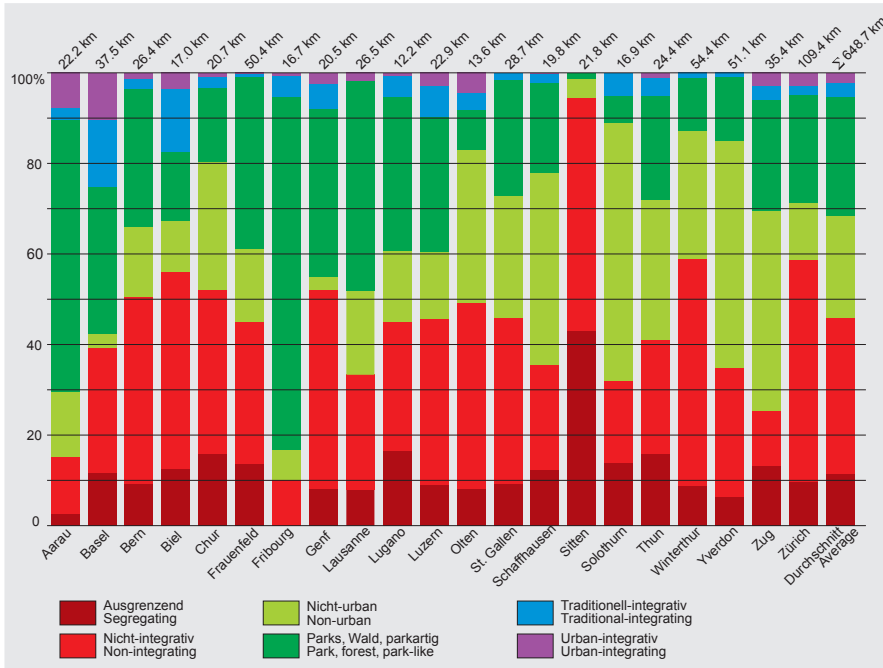


Abbildung 7
 Anteile der städtebaulichen Gestaltung von Uferstrecken an offenen Gewässern
Percentage ranking of urban designs of open-water banks
 (Daten/Data: GRIMM 2010, GRUNAUER 2007, HAUSER 2000, HIRSCHI 2009, KÄMPF 2003, KUNZ 2009, LITZKO 2010)

Die spezifisch nicht-urban gestalteten Abschnitte beinhalten, wie erwähnt, die unterschiedlichsten Eigenschaften. So sind Landwirtschaftsgebiete ebenso vertreten wie private Gärten. Es zeigt sich dementsprechend, dass die sehr dicht bebauten „Stadtstaaten“ Basel und Genf kaum über nennenswerte Anteile verfügen, während flächenmäßig große Gemeinden mit aufgelockelter Siedlungsstruktur und weitläufigen unüberbauten Bauzonen hohe Werte erreichen. Beispiele dafür sind Chur, Olten, Solothurn, Schaffhausen, Thun, Yverdon oder Zug.

Die als Park, Wald oder parkartig gestalteten Abschnitte sind an Gewässern in Schweizer Städten relativ häufig. Sie sind für eine Stadt auch sehr wichtig und sollten mit Sorgfalt behandelt werden. Als eigentliche Parkstadt der Schweiz mit einer Einwohnerzahl von über 100.000 erweist sich Lausanne mit einem Anteil von 46,2 % an derartigen Ufern. Der hohe Wert ist nur zum Teil auf die Seelage zurückzuführen; vielmehr durchziehen im nördlichen Teil der Stadt die beiden Flüsschen Flon und Louve in stark eingeschnittenen Tälern das Siedlungsgebiet, begleitet von Wäldern (THELER & REYNARD 2006). Erstaunlicherweise sind die entsprechenden Anteile in Basel und Genf ebenfalls überdurchschnittlich hoch, was verdeutlicht, dass eine urbane Prägung und eine dichte Bebauung das Vorhandensein von Wald und Parkanlagen keineswegs ausschließen müssen. Auf der anderen Seite verfügt Sitten über einen parkartigen Uferabschnitt von nur gerade 300 m im untersuchten Gebiet. Ausnahmeerscheinungen bilden die Städte Aarau und Fribourg. Beide sind geprägt durch bewaldete Flusslandschaften am Rande oder inmitten des Siedlungsgebiets.

Die traditionell-integrativen Ufer verweisen auf die Pflege der historischen Bausubstanz oder Nutzung, während die urban-integrativen einen moderneren Zugang charakterisieren. Zusammen-

fassend lässt sich feststellen, dass alle diese Anteile vergleichsweise gering sind. Die meisten Städte jedoch verfügen zumindest über kurze traditionell gestaltete Abschnitte sowie auch über – noch kürzere – urban-integrativ gestaltete. Insgesamt führt Basel diese „Gestaltungsrankliste“ klar an, ein Zeichen für einen achtsamen Umgang mit dem Element Wasser in der Stadt. Auch Biel, Genf, Luzern und – in absoluten Zahlen – auch Zürich weisen überdurchschnittliche Werte auf. Das Schlusslicht bildet auch hier Sitten, das über keinerlei integrativ gestaltete Uferabschnitte verfügt.

4 Integration urbaner Gewässer als Funktion von Zugänglichkeit und Gestaltung

Unter urbaner Integration wird die städtebauliche Eingliederung der Gewässerufer in die Lebenswelt Stadt verstanden. Der Grad dieser Integration misst sich einerseits am Grad der Erfüllung von bestimmten Kriterien der Urbanität – Kennzeichen wie zum Beispiel Lebendigkeit, Abwechslungsreichtum oder Spannung sowie an-

dere mehr, zusammenfassend ausgedrückt durch den Indikator „Städtebauliche Gestaltung“ – und andererseits an den bestehenden Möglichkeiten zur Teilhabe an dieser Urbanität an den Gewässern durch die Menschen in der Stadt, ausgedrückt durch den Indikator der Zugänglichkeit.

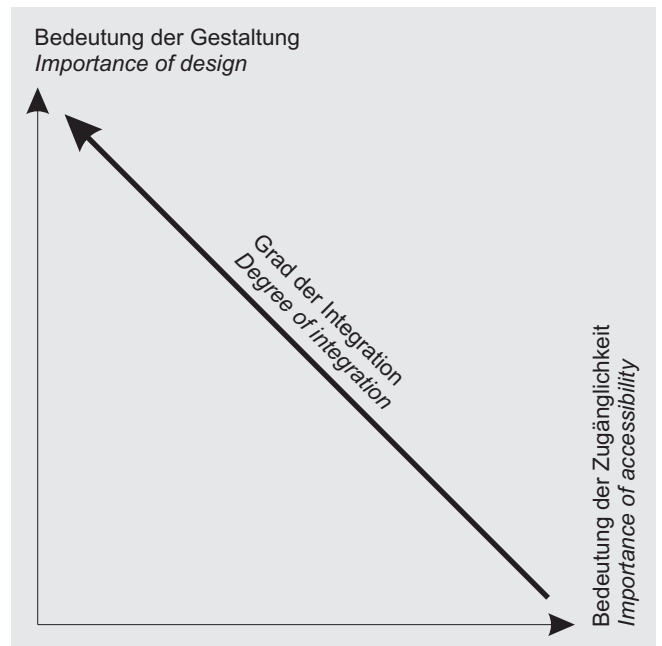
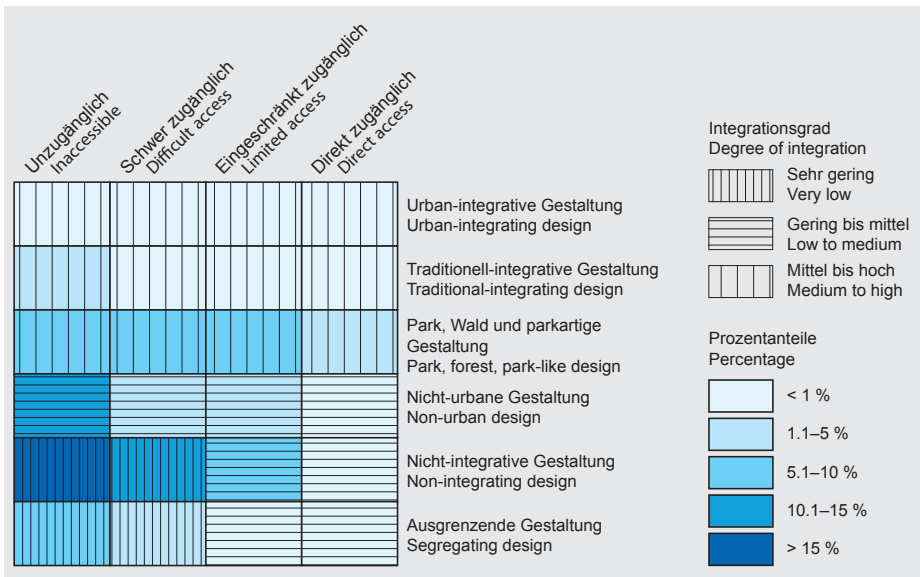


Abbildung 8
 Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen Zugänglichkeit und städtebaulicher Gestaltung hinsichtlich der Integration der urbanen Gewässer (nach: HAUSER 2000, S. 135)
Scheme of the relation between accessibility and urban design with respect to the integration of urban waters (according to HAUSER 2000, p. 135)



Kriterium mehr zur Ermittlung des Integrationsgrades. Dies gründet einerseits auf der Überlegung, dass auch unzureichend gestaltete Abschnitte genutzt werden können, sofern sie zugänglich sind – aber eben nur dann. Andererseits ist die Zugänglichkeit bei integrativ gestalteten Abschnitten oder in Wald- und Parkgebieten deshalb nicht sehr entscheidend, weil diese als Ganzes erlebt werden und auch räumlich einen erweiterten Wirkungskreis besitzen. Abbildung 9 zeigt die so abgeleiteten Resultate der untersuchten Schweizer Städte in einer Matrix. Die Kategorien der Zugänglichkeit und der städtebaulichen Gestaltung werden entsprechend ihrer Bedeutung verknüpft. Die Farben verweisen auf die Prozentanteile der Gewässerabschnitte aller untersuchten Städte der jeweiligen Kategorie: Beispielsweise sind mehr als 15 % der Ufer unzugänglich und gleichzeitig nicht-integrativ gestaltet. Die über die Flächen gelegte Schraffur ist eine Zusammenfassung

Abbildung 9
 Prozentanteile verschiedener Grade der Integration aller untersuchter Gewässerstrecken und Zusammenfassung verschiedener Grade
 Percentages of degrees of integration of all waters studied and summary of the different degrees
 (Daten/Data: GRIMM 2010, GRUNAUER 2007, HAUSER 2000, HIRSCHI 2009, KÄMPF 2003, KUNZ 2009, LITZKO 2010)

Um den Grad der urbanen Integration abzuleiten, können also die beiden Parameter „Städtebauliche Gestaltung“ und „Zugänglichkeit“ kombiniert werden. Die Gewichtung der zwei Kenngrößen ist dabei ungleich: Die Bedeutung der Zugänglichkeit ist bei unzureichend gestalteten Abschnitten größer als bei integrativ gestalteten (Abb. 8). Oder anders formuliert: Bei integrativ gestalteten Abschnitten ist die Zugänglichkeit kein entscheidendes

der so ermittelten Integrationsgrade als Basis für weitere Interpretationen (Abb. 10) oder für räumliche Analysen und Darstellungen (Abb. 11).

Interpretiert man die relative Lage der Städte im Diagramm der Abbildung 10, so springen dabei vor allem einige spezielle Städte ins Auge: Yverdon und Solothurn, Aarau und Fribourg sowie

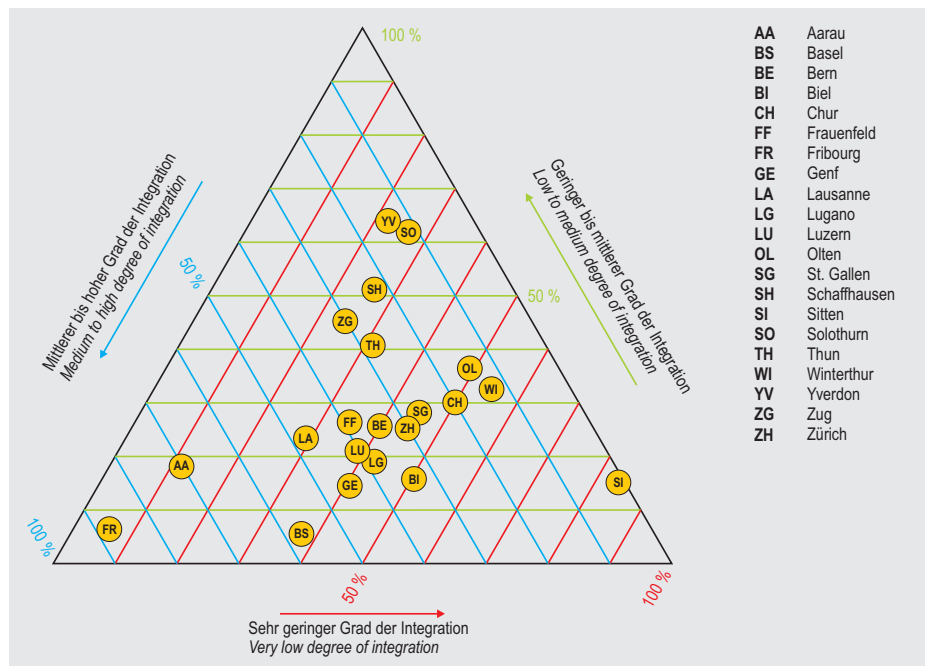


Abbildung 10
 Anteile der verschiedenen Grade der Integration der untersuchten Städte
 Percentages of degrees of integration of waters in the cities studied
 (Daten/Data: GRIMM 2010, GRUNAUER 2007, HAUSER 2000, HIRSCHI 2009, KÄMPF 2003, KUNZ 2009, LITZKO 2010)

Sitten. Fribourg hat mit Abstand den größten Anteil an den mittel- bis hochgradig integrierten Abschnitten, Sitten den absolut kleinsten. Yverdon und Solothurn – aber auch Schaffhausen – wiederum verzeichnen einen hohen Anteil an den gering- bis mittelgradig integrierten Strecken, was in diesen Fällen auf die große Zahl nicht-urbaner Abschnitte hinweist, also landwirtschaftliche Gebiete, welche in der Bauzone liegen, aber noch nicht überbaut sind. Die Situation von Fribourg und Aarau ist teilweise methodisch bedingt: Auf die sehr langen bewaldeten Strecken in deren Stadtraum wurde bereits hingewiesen. Durch die Zuordnung der Kategorie „Park/Wald“ in die zusammengefasste Klasse der mittleren bis hohen Integration erscheinen diese Städte als „Ausreißer“. Abgesehen von diesen Ausnahmen hat die Stadt Basel den höchsten Integrationsgrad. Der Mittelwert aller einundzwanzig Städte ist praktisch identisch mit dem Wert für die Stadt Zürich, was auch mit der großen Streckenlänge der Gewässer in dieser Stadt zusam-

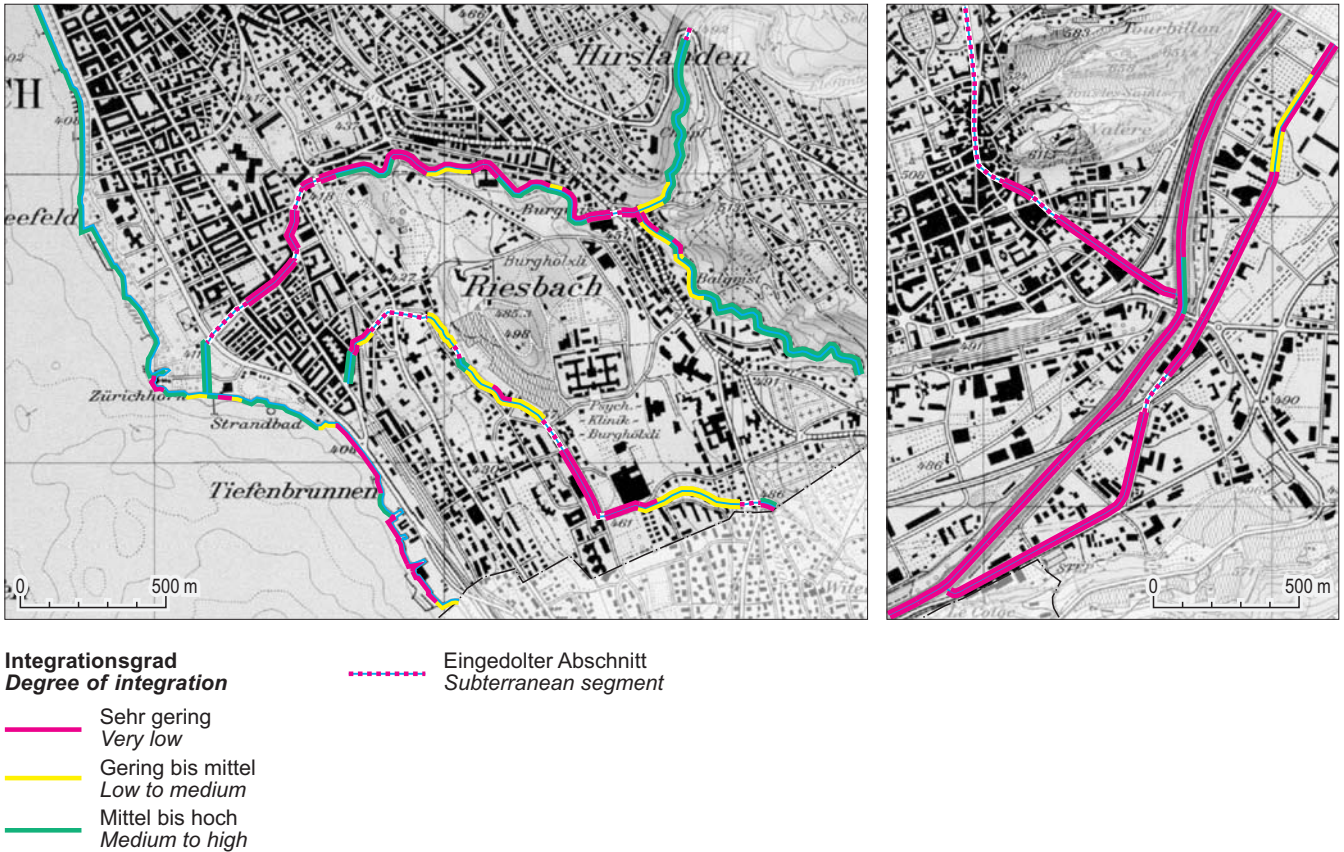


Abbildung 11

Verschiedene Grade der Integration am Beispiel von Zürich (links) und Sitten (nach: HAUSER 2000)
Degrees of integration of waters using Zürich (left) and Sitten as examples (according to HAUSER 2000)

menhängt. Die summarische Darstellung wird natürlich dem Einzelfall nicht gerecht. Dazu eignen sich räumlich differenzierte Analysen mittels Karten. Zwei Beispiele dazu zeigt die Abbildung 11.

5 Möglichkeiten zur Verbesserung der Integration

Legt man Zugänglichkeit und städtebauliche Gestaltung zu Grunde, so kann aus den vorliegenden Resultaten ein großer Sanierungsbedarf hinsichtlich der Integration der Gewässer und somit grundsätzlich auch ein großes Potential abgeleitet werden. Dieses Potential relativiert sich allerdings durch andere Faktoren wie Kosten, hydrologische Gegebenheiten, bauliche Hindernisse etc. Trotzdem sollte dieses Reservoir an Möglichkeiten – mit den Chancen, die sich daraus für jede Stadt ergeben – Anstoß genug sein, diese Aufgabe anzugehen (SCHWARZE & RÜDISÜHLI 1992).

Die Innenstädte sind städtebaulich die sensibelsten Bereiche einer Stadt. Durch ihre Dichte bieten sie auch im Umgang mit den Gewässern ganz besondere Probleme – man denke nur etwa an die vielfältigen Nutzungsansprüche und die Nutzungskonkurrenz auf der zur Verfügung stehenden Fläche. Wie der historische Abriss zeigt (Abschnitt 2), sind die Gewässer in aller Regel die „Verlierer“ bei diesem Verteilungskampf. Aber auch in den Außenquartieren ist die Situation vielfach nicht wesentlich besser. Durch die meist geringere Dichte der Nutzungen gibt es aber tendenziell mehr Spielräume.

Grundsätzlich stehen aus städtebaulicher Sicht zwei Möglichkeiten zur Reintegration im Vordergrund: die Verbesserung der Zugänglichkeit und die Verbesserung der Gestaltung, wobei diese in einem umfassenden Sinn gemeint ist und die in Abschnitt 3.2.5 erwähnten weiteren Parameter miteinschließt. Maßnahmen an urbanen Gewässern verknüpfen idealerweise beide Elemente.

5.1 Verbesserung der Zugänglichkeit

Ein entscheidendes Kriterium für die Integration ist, wie erwähnt, die Zugänglichkeit. Die Verbesserung dieser Größe ist daher ein wichtiges Anliegen und trägt viel zur Reintegration bei. Die Zugänglichkeit ist nicht nur durch hohe Ufermauern, Abschränkungen, Zäune etc. eingeschränkt, sondern oft auch durch kleinere bauliche Maßnahmen wie etwa Leitplanken sowie durch Einschränkungen, die das Privateigentum mit sich bringt.

Es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten, die Zugänglichkeit zu verbessern: Abflachung der Ufer, Entfernung von unnötigen Abschränkungen und Zutrittsverboten etc. Oft braucht eine Verbesserung der Zugänglichkeit auch ganz einfach Raum, der aber selten zur Verfügung steht und dessen Bereitstellung auf Kosten anderer Nutzungen geht – meist von Straßen und Parkplätzen. Gerade Treppen sind jedoch ein probates Mittel, die Zugänglichkeit punktuell zu verbessern, vor allem an großen Fließgewässern und auch an Seen. Mehrere in gewissen Abständen nebeneinander angeordnete Treppen können die Zugänglichkeit eines ganzen Abschnitts verbessern. Sie sind – wie viele Beispiele

zeigen – ein typisch urbanes Gestaltungselement. Dort wo sie eingesetzt werden, entwickeln sich die entsprechenden Orte durch die erlebbare Nähe zum Wasser auch sehr schnell zu Treffpunkten der Menschen, also zu Kristallisationspunkten urbanen Lebens.

5.2 Verbesserung der städtebaulichen Gestaltung durch planerische Maßnahmen

Abgesehen von den großen – und teuren – baulichen Umgestaltungen bieten planerische Maßnahmen eine breite Palette von Möglichkeiten zur Verbesserung der Situation an Gewässern – gerade im Bereich des Verkehrs. Viele der als ausgegrenzt oder nicht-integrativ ausgewiesenen Abschnitte sind so klassiert, weil der Gewässerraum durch unmittelbar angrenzende Verkehrsflächen stark beeinträchtigt ist und so nicht zum Bleiben einlädt. Neben einigen wenigen Bahnanlagen ist es vor allem der motorisierte Straßenverkehr, der dafür verantwortlich ist. Praktisch in allen Städten sind entlang der großen Flüsse und Seen regelrechte „Asphaltwüsten“ entstanden. Diese Fehlplanungen sind wohl nur langfristig wenigstens teilweise zu korrigieren. Mit punktuellen Maßnahmen lässt sich aber zum Teil Abhilfe schaffen und schon das Verhindern des weiteren Anwachsens der Verkehrsfläche und des Verkehrsvolumens kann ein Fortschritt sein.

Einfacher präsentiert sich die Situation an kleinen Gewässern und auch an einigen Stellen großer Flüsse, wo nur kleine Straßen entlangführen. Hier lassen sich mit den klassischen Mitteln der städtebaulichen Gestaltung wie der Verkehrsberuhigung mit verhältnismäßig kleinem finanziellem Einsatz große Verbesserungen erzielen. Allein schon durch die Unterbindung des Durchgangsverkehrs lassen sich Gewässerräume frei halten und den Bewohnerinnen und Bewohnern zur Verfügung stellen. Bauliche und gestalterische Maßnahmen unterstützen diesen Prozess. Idealerweise sind sie mit ökologischen Verbesserungen am Gewässer verknüpft.

5.3 Revitalisierung, Gestaltung und Partizipation

In der Schweiz sind – wie auch an anderen Orten – in den letzten Jahren aus verschiedenen Gründen urbane Gewässer saniert worden. Häufig stand zu Beginn der Planungen ein erkanntes ökologisches Defizit oder baufällige Ufermauern mussten ersetzt werden. Die Beispiele von Maßnahmen an Gewässern in Basel

und Zürich zeigen exemplarisch, dass ein Mit- und Nebeneinander von gewässerökologischer und -struktureller Aufwertung einerseits sowie städtebaulicher Reintegration andererseits möglich ist. Es zeigt sich, dass solche Lösungen vor allem in Städten realisiert werden, in denen bereits ein Gesamtkonzept zur Entwicklung der Gewässer vorliegt.

5.3.1 Revitalisierung von Birs und Wiese in Basel

Die Stadt Basel – bzw. der Kanton Basel-Stadt – verfügt seit dem Jahr 2002 über ein Entwicklungskonzept Fließgewässer (AMT FÜR UMWELT UND ENERGIE DES KANTONS BASEL-STADT 2002), welches exemplarisch und detailliert den Ist-Zustand und den operationellen Handlungsbedarf an den Stadtgewässern dokumentiert, vor allem hinsichtlich ökologischer Parameter. Auch basierend auf diesen Grundlagen wurde der Unterlauf der Birs revitalisiert (Abb. 12). Zu Beginn standen Fragen der Gewässerökologie im Vordergrund (BITTERLI 2008); das Projekt führte aber am Schluss zu einer umfassenden Revitalisierung der Birs und beinhaltete auch die Berücksichtigung soziokultureller Aspekte (LARDI 2008), indem die Zugänglichkeit mit gezielten Maßnahmen deutlich verbessert wurde. Der Naherholungswert für die Bevölkerung konnte so erheblich gesteigert werden.

5.3.2 Neugestaltung des Wipkingeruferes in Zürich

Am Ursprung der Umgestaltung des Limmatufers im Zürcher Stadtteil Wipkingen stand die nötige Sanierung der Ufermauer (s. z.B. GÖLDI 2008a). Diese Gelegenheit wurde genutzt, um durch die Verbesserung der Zugänglichkeit eine attraktive und heute stark genutzte Anlage zu schaffen, die das Gewässer zum Stadtteil hin öffnet (GÖLDI HOFBAUER 2005).

Mit den Umgestaltungen ist ein neuer Stadtpark entstanden, der zu einem wichtigen Naherholungsgebiet wurde (KERLEN 2006). Die Maßnahme ist Teil eines umfassenden Landschaftsentwicklungskonzepts, das von Stadt und Kanton Zürich gemeinsam realisiert wird und unter anderem, neben der ökologischen Aufwertung der flusstypischen Lebensräume, die Erholungsqualitäten des Gebietes verbessern und die Nutzungsinteressen besser koordinieren soll (GRÜN STADT ZÜRICH 2006). Das Beispiel zeigt eine typische Reintegrationsmaßnahme am Fluss, indem Zugänglichkeit und Gestaltung gleichermaßen berücksichtigt werden.



Abbildung 12

Revitalisierter Birs-Abschnitt in Basel (Fotos: F. Hauser 2005)

Revitalised reach of the River Birs in Basel (Photos: F. Hauser 2005)

**Abbildung 13**

Limmat in Zürich; links: vor und während des Baus der Anlage (Fotos: asp Landschaftsarchitekten AG, aus: GÖLDI 2008a), rechts: Situation nach der Umgestaltung (Foto: T. Reist 2007)

The River Limmat in Zürich. Left: before and during the reconstruction of the bank at Wipkingen (Photos: asp Landschaftsarchitekten AG, from: GÖLDI 2008a). Right: View after construction (Photo: T. Reist 2007)

5.3.3 Partizipation

Die vorgestellten Projekte – und viele andere – konnten nur realisiert werden, weil während der Projektierung und im Projektverlauf im Vergleich zu früheren Jahrzehnten eine andere, neue Vorgehensweise gewählt wurde: Der Information und zum Teil der Partizipation der Bevölkerung wurde großes Gewicht beigegeben. Die Gewässer und ihre Ufer Räume sind für viele Einwohnerinnen und Einwohner der Städte von großer Bedeutung, was ja gerade auch eine Motivation für die Reintegration der Gewässer darstellt. In neueren Untersuchungen (z.B. MERKSA 2008) konnte gezeigt werden, dass die Bedeutung urbaner Gewässer für das Wohlbefinden, die Gesundheit und ganz allgemein die Lebensqualität der Menschen nicht unbedeutend ist.

Daneben widersprechen sich einige Ansprüche an ein Gewässer oder es droht die Gefahr einer Übernutzung. Diese Konflikte müssen mit allen Beteiligten gemeinsam gelöst werden. KAISER (2005, 2007) hat die wesentlichen Merkmale der Partizipation an Beispielen aus Freiburg i.Br. dargestellt; die Ergebnisse lassen sich auch auf andere Städte übertragen und waren auch Grundlage für weitere Empfehlungen (DWA 2009, U.A.N. & FLUR 2010). Auch in anderen Arbeiten (z.B. LEISI 2009) wird diesem Punkt eine große Beachtung geschenkt und sowohl auf die Chancen wie auch die Risiken dieser Planungen hingewiesen. Art und Ausmaß der Partizipation sind sehr unterschiedlich. Eine detaillierte Evaluation dazu wäre sehr spannend, würde aber den Rahmen dieses Artikels sprengen (z.B. U.A.N. & FLUR 2010, die Projektdatenbank unter www.netzwerk-flur.ch, Stichwort Partizipation, oder als ein Beispiel mit vielen Elementen www.hochwasserschutz-regensburg.de).

Die erhaltenen Resultate sprechen jedoch insgesamt deutlich für diese Form der Planung bei Vorhaben an einem Gewässer, da die Identifikation der Menschen mit dem Gewässerraum gestärkt wird. Begleitende Öffentlichkeitsarbeit oder Umweltbildung im weitesten Sinne können diesen positiven Effekt noch verstärken (z.B. THELER & REYNARD 2005 oder GÖLDI 2008a und 2008b).

6 Neue Herausforderungen

Gewässer – Bäche, Flüsse und Seen – sind grundsätzlich einem steten Wandel unterworfen. Dies gilt sowohl in der Landschaft wie auch in der durch den Menschen besonders stark geprägten Umwelt in der Stadt. Neue Herausforderungen für urbane Gewässer – oder letztlich für die Menschen in der Stadt – ergeben sich aus den Veränderungen der naturräumlichen Einflussgrößen einerseits wie auch aus einem sozioökonomischen Wandel andererseits. Ob beide sich positiv oder negativ auf die Gewässer auswirken, ist schwierig zu beurteilen. Die Klimaänderung lässt befürchten, dass größere Hochwasser immer häufiger auftreten, was Menschen und Sachwerte in den Städten in Gefahr bringen kann, wenn nicht angemessene Schutzmaßnahmen getroffen werden können. Wirtschaftliche Entwicklungen, beispielsweise die Aufgabe oder Verlagerung einer industriellen Produktionsstätte aus Kostengründen, können zu frei werdenden Flächen an Gewässern führen, die nun einer neuen Nutzung und Gestaltung offen stehen. Bei allen Maßnahmen, die an urbanen Gewässern getroffen werden, ist eine integrative Sichtweise entscheidend: Alle Aspekte sollten in die Planung miteinbezogen und danach in einem partizipativen Prozess verantwortlich umgesetzt werden. Dies dient letztlich sowohl den Menschen wie den Gewässern in der Stadt.

7 Zusammenfassung

Gewässer – Bäche, Flüsse und Seen – sind einem steten Wandel unterworfen. Dies gilt insbesondere in städtischen Gebieten, wo anthropogene Eingriffe seit langer Zeit den Gewässerraum maßgeblich prägen. Im Laufe der historischen Entwicklung wurden die Gewässer in den Städten nicht nur vom naturräumlichen hydrologischen System abgetrennt, sondern auch aus dem Stadt- raum, also dem Lebensraum der Bewohnerinnen und Bewohner, verdrängt. Die Gründe dafür sind vielfältig und häufig im Zusammen- hang mit sich wandelnden Funktionen der Gewässer zu sehen. Selbstverständlich sind die räumliche Entwicklung der Städte, aber auch die hohe Beanspruchung der urbanen Areale durch Verkehr und Gebäude mit verantwortlich. Das Resultat dieser Prozesse lässt sich heute in unterschiedlichem Ausmaß in allen Städten feststellen.

Während die Wiedereingliederung der Flüsse und Bäche in den Naturraum im Fokus vieler Planungen liegt (Stichwort Revitalisierung), gibt es bezüglich der städtebaulichen Integration nur wenige empirische Untersuchungen. Für die Schweiz wurde deshalb mittels eines speziell entwickelten Bewertungsverfahrens in einer Reihe von Städten der Grad der städtebaulichen Integration erfasst. Im Zentrum der Erhebungen stand die Bewertung von Zugänglichkeit und städtebaulicher Gestaltung. Basierend auf diesen Ergebnissen können konkrete Verbesserungsmaßnahmen vorgeschlagen werden.

Neue Herausforderungen bei der städtebaulichen Integration stellen sich durch die vielerorts nötig gewordenen Verstärkungen des Hochwasserschutzes bzw. die Instandstellung bestehender Schutzmaßnahmen unter neuen Vorzeichen. Bauliche Maßnahmen sind heute – nicht zuletzt der hohen Kosten wegen – nur Erfolg versprechend realisierbar, wenn sie in einem breiten Partizipationsprozess zusammen mit der Bevölkerung entwickelt und verschiedenen Anforderungen hinsichtlich Nutzung und Aufwertung der Gewässer gerecht werden (Hochwasserschutz, Zugänglichkeit, Erlebbarkeit, Revitalisierung etc.).

Summary

Surface waters – streams, rivers, and lakes – are subject to permanent processes of change. This is particularly true in urban areas, where anthropogenic interventions have had substantial influences on water bodies for long times. In the course of history, urban water bodies have not only been severed from the natural hydrological system but were also removed from the urban environment, i.e. from the living space of urban dwellers. There are many reasons for these processes, which are frequently connected with changing functions of waters. Obviously, urban sprawl and land consumption for traffic areas and buildings had their share therein. Today, the results of these processes can be found more or less pronounced in every city.

While a great deal of planning activity has focused on the reintegration of rivers and streams into the natural environment (“revitalisation”), there have been few empirical studies of their integration in the context of urban development. We therefore applied a tailor-made evaluation procedure at a number of cities in Switzerland to determine the degrees to which such integra-

tion found consideration in urban development. Our primary concern was to assess the accessibility of the waters and the urban design of the banks. The findings of this study allow to derive detailed proposals for improvements.

In many places the need for better flood control and maintenance of existing flood defences in a new context poses fresh challenges to urban development with respect to integrating water bodies. Not least because of their high costs, design measures can currently be realised successfully only if they were developed in a broad public participatory process and if they take account of demands related to uses and the upgrading of urban waters (flood prevention, accessibility of banks, landscape experience, revitalisation, etc.).

Anschrift der Verfasser:

Lic. phil. F. Hauser
 Prof. Dr. D. Wastl-Walter
 Prof. Dr. R. Weingartner
 Geographisches Institut der Universität Bern
 Hallerstr. 12, 3012 Bern, Schweiz
 hauser@giub.unibe.ch

Literaturverzeichnis

- AMT FÜR UMWELT UND ENERGIE DES KANTONS BASEL-STADT (2002): Entwicklungskonzept Fließgewässer Basel-Stadt. – Basel
- ARBEITSGRUPPE 5 (1989): Wasser – Landschaftselement in der Stadt. – Mitteilungen der deutschen Akademie für Städtebau und Landesplanung 33 (1), 45–48
- BÄNZIGER, R. (2006): Zürichsee Vision 2050 – Eine Vorarbeit für die künftige Gestaltung des Zürichsees. – Wasser Energie Luft 98 (2), 86–93
- BÄRTSCHI, H.-P. (1983): Industrialisierung, Eisenbahnschlachten und Städtebau. Die Entwicklung des Zürcher Industrie- und Arbeiterstadtteils Aussersihl. Ein vergleichender Beitrag zur Architektur- und Technikgeschichte. – Birkhäuser, Basel/ Stuttgart
- BAUAMT 1 DER STADT ZÜRICH (1988a): Bachkonzept – Detaillierte Erläuterungen. – Zürich
- BAUAMT 1 DER STADT ZÜRICH (1988b): Das Bachkonzept der Stadt Zürich. Sonderdruck Nr. 1211 aus Gas-Wasser-Abwasser 8, Zürich
- BAUDIREKTION DES KANTONS ZÜRICH (Hrsg.) (1985): Mehr Natur in Siedlung und Landschaft. – Zürich
- BITTERLI, Ch. (2008): Umfassende Gewässerschutzplanung – Das Projekt BirsVital. – Gas-Wasser-Abwasser 3, 179–184
- DREISEITL, H. & D. GRAU (2006): Wasserlandschaften. Planen, Bauen und Gestalten mit Wasser. – Birkhäuser Verlag, Basel-Berlin-Boston

- DVWK (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.) (Hrsg.) (2000): Gestaltung und Pflege von Wasserläufen in urbanen Gebieten. – Merkblätter zur Wasserwirtschaft Nr. 252, Hennef
- DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.) (Hrsg.) (2009): Entwicklung urbaner Fließgewässer – Teil 1: Grundlagen, Planung und Umsetzung. – Merkblatt DWA-M 609-1, Hennef
- EICK, K. (1991): Entwicklung urbaner Gewässer. – In: Schuhmacher, H., Thiesmeier, B. (Hrsg.): Urbane Gewässer. – Westarp Wissenschaften, Essen, 275–296
- GARNIER, Ch. (1989): L'eau et la valorisation des milieux urbains. – Comité des travaux historiques et scientifiques (Hrsg.): La ville et le fleuve. – Paris, 23–35
- GEISSBÜHLER, U. (2007): Selbstreinigung urbaner Flusslandschaften bei Basel – Inwertsetzung revitalisierter und naturnaher Auen- und Feuchtgebiete in den ehemaligen Fluss-ebenen von Wiese, Birs und Rhein. – Physiogeographica – Basler Beiträge zur Physiogeographie 37. – Basel
- GILG, P. & P. HABLÜTZEL (1983): Beschleunigter Wandel und neue Krisen (seit 1945). – In: Im Hof, U. et al. (Hrsg.): Geschichte der Schweiz und der Schweizer, Band III. – Helbing & Lichtenhahn, Basel/Frankfurt a. Main, 91–314
- GÖLDI, Ch. (2008a): Wassernutzung – Zürich. Hydrologische Exkursionen in der Schweiz Nr. 1.4, Bern
- GÖLDI, Ch. (2008b): Gewässer in der Stadt – Zürich. Hydrologische Exkursionen in der Schweiz Nr. 1.5, Bern
- GÖLDI HOFBAUER, M. (2005): Wasserbau und Stadtentwicklung – Neugestaltung des Limmatufers in Zürich Wipkingen. – Gas – Wasser – Abwasser 7, 519–526
- GRIMM, O. (2010): Die Integration urbaner Fließgewässer – Eine Zustandsanalyse in der Stadt Frauenfeld. – Bachelorarbeit am Geographischen Institut der Universität Bern, Bern
- GRUNAUER, C. (2007): Gewässer der Stadt Thun. Eine Zustandsanalyse ihrer urbanen Integration. – Bachelorarbeit am Geographischen Institut der Universität Bern, Bern
- GRÜN STADT ZÜRICH (2006): Limmatraum Stadt Zürich. – Broschüre Landschaftsentwicklungskonzept (LEK). – Zürich
- HAUSER, F. (2000): Des- und Reintegration urbaner Gewässer. Eine Zustands- und Potentialanalyse in Schweizer Städten. – Publikation Gewässerkunde Nr. 252, Geographisches Institut der Universität Bern, Bern
- HELLWEG, U. & J. OLTMANN (Hrsg.) (2000): Wasser in der Stadt. Perspektiven einer neuen Urbanität. – Transit Buchverlag, Berlin
- HIRSCHI, J. (2009): Verbauungsgrad, Zugänglichkeit und Gestaltung der Gewässer in Yverdon-les-Bains. – Bachelorarbeit am Geographischen Institut der Universität Bern, Bern
- HÖLZER, Ch. et al. (Hrsg.) (2008): Stromlagen. Urbane Flusslandschaften gestalten. – Birkhäuser Verlag, Basel
- HUBER, B. (1992): Städtebau – Raumplanung. – Lehrmittel Band 1 Städtebau, 5. aktualisierte Auflage. – VdF, Zürich/Stuttgart
- JOST, H.-U. (1983): Bedrohung und Enge (1914–1945). – In: Im Hof, U. et al. (Hrsg.): Geschichte der Schweiz und der Schweizer, Band III:101–190. – Basel/Frankfurt a. Main
- KAISER, O. (2005): Bewertung und Entwicklung urbaner Fließgewässer – Culterra 44, Institut für Landespflege der Universität Freiburg, Freiburg i.Br.
- KAISER, O. (2007): Bewertung und partizipative Entwicklung urbaner Fließgewässer. – Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 51 (2), 60–72
- KÄMPF, E. (2003): Verbauungsgrad, Zugänglichkeit und städtebauliche Gestaltung der Fließgewässer in Solothurn. – Seminararbeit am Geographischen Institut der Universität Bern, Bern
- KERLEN, Ch. (2006): Zürich – Stadt am Wasser. – Anthos 3, 2–13, La Chaux-de-Fonds
- KOCH, M. (1992): Städtebau in der Schweiz 1800–1990. Entwicklungslinien, Einflüsse und Stationen. – ORL-Bericht Nr. 81, Zürich und Stuttgart
- KREMER, Ph. & K. LEIBBRAND (1953): Generalverkehrsplan für die Stadt Zürich. – Hannover/Zürich
- KUNZ, F. (2009): Verbauungsgrad, Zugänglichkeit und Gestaltung der Gewässer in Aarau und Zug. – Bachelorarbeit am Geographischen Institut der Universität Bern, Bern
- LABASSE, J. (1989): Réflexions d'un géographe sur le couple ville–fleuve. – Comité des travaux historiques et scientifiques (Hrsg.): La ville et le fleuve. – Paris, 9–22
- LARDI, R. (2008): Gewässerrevitalisierung – Am Beispiel der Birs, Kanton Basel-Stadt. – Gas – Wasser – Abwasser 3, 185–189
- LASSERRE, O. & L. SALIN (2006): Geometrie des Wassers. – Anthos 3, 18–21, La Chaux-de-Fonds
- LEISI, Ch. (2009): Revitalisierung von Fließgewässern im Spannungsfeld gesellschaftlicher Interessen. – Wasser – Energie – Luft 101 (2), 121–125
- LITZKO, M. (2010): Die Integration urbaner Gewässer – Eine Zustandsanalyse der Städte Olten und Fribourg. – Bachelorarbeit am Geographischen Institut der Universität Bern, Bern
- MARTIN, C. & H. BERNOULLI (1929): Städtebau in der Schweiz – Grundlagen. – Verlag Ernst Wasmuth A.G, Zürich
- MERKSA, K. (2008): Die Auswirkung von urbanen Gewässern und der Begrünung ihrer Ufer auf die Lebensqualität und das Wohlbefinden von StädterInnen – am Beispiel der Themse. – Diplomarbeit an der Fakultät für Psychologie der Universität Wien, Wien

- MIETHANER, S., F. KÖNIG & B. LEHMANN (2008): Urbane Fließgewässer bewerten – Leitbild und Methode für die Praxis. – Zeitschrift für angewandte Ökologie 40 (7), 204–209
- MOORE, Ch. (1994): Water and architecture. – Harry N. Abrams Inc, New York
- NIEDERHAUSER, P. (1983): Schaffhausen – Moserdamm, Rheinfallwerke, Pumpspeicher. – Pro Aqua (Hrsg.): Die Geschichte der Gewässerkorrekturen und der Wasserkraftnutzung in der Schweiz. Fachtagung V, 9. Internationale Fachmesse und Fachtagungen für Umweltschutz, Band 9E:14.1–14.19, Basel
- NOSEDA, I. & M. STEINMANN (1988): Zeitzeichen. Schweizer Baukultur im 19. und 20. Jahrhundert. – Verlag-AG der Akademischen Technischen Vereine, Zürich
- SACHS-PFEIFFER, T. (1989): Städte am Ufer – Internationaler Vergleich. – Mitteilungen der deutschen Akademie für Städtebau und Landesplanung 33 (1), 66–90
- SCHNITTER, N. (1992): Die Geschichte des Wasserbaus in der Schweiz. – Olythus Verlag, Oberbözberg
- SCHUHMACHER, H. (1998): Stadtgewässer. – In: Sukopp, H. & R. Wittig (Hrsg.): Stadtökologie. Ein Fachbuch für Studium und Praxis. – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart/Jena/Lübeck/Ulm, 201–217
- SCHWARZE, M. & H.-P. RÜDISÜHLI (1992): Grünraum in der Stadt – Erhalten, Gestalten und Nutzen. – Bericht 29 des NFP 25 Stadt und Verkehr, Zürich
- STUCKI, O. (2007): Strukturen und Funktionen urbaner Kleingewässer um Basel – Quellsee (Brüglinger Ebene) und Étang U (Petite Camargue Alsacienne) als Natur-, Lebens- und Erholungsraum. – Physiogeographica – Basler Beiträge zur Physiogeographie, Band 38, Basel
- THELER, D. & E. REYNARD (2006): L'eau en ville – Lausanne. – Excursions hydrologiques en Suisse No 3.1, Berne
- U.A.N. Kommunale Umwelt-Aktion & Flur Netzwerk Fließgewässer im urbanen Raum (2010): Revitalisierung urbaner Flüsse und Bäche. – Empfehlungen und Tipps von kommunalen Akteuren für kommunale Akteure, Hannover
- VISCHER, D. (2003): Die Geschichte des Hochwasserschutzes in der Schweiz. Von den Anfängen bis ins 19. Jahrhundert. – Berichte des BWG, Serie Wasser Nr. 5, Bern
- WALTER, F. (1994): La Suisse urbaine 1750–1950. – Carouge-Genève
- WERK (1961): Schweizer Monatschrift für Architektur, Kunst, Künstlerisches Gewerbe, Heft 10, Winterthur

Andreas Schumann

Hydrologie – Forschung zwischen Theorie und Praxis

Hydrology – Research between theory and practice

Bei der Zusammenarbeit von Forschung und Praxis sind im Bereich der Hydrologie und Wasserwirtschaft einige Besonderheiten zu berücksichtigen. So sind oftmals die Anforderungen der Praxis nicht deckungsgleich mit den Zielsetzungen der Forschung. Um diese Unterschiede zu verdeutlichen, werden Aufgaben der wasserwirtschaftlichen Praxis mit den häufig durch die Forschungsförderung definierten Forschungszielen verglichen. Den Fragen, warum praktisch relevante Problemstellungen durch Wissenschaftler nicht aufgegriffen werden und andererseits Forschungsergebnisse nicht stärker in die Praxis Eingang finden, wird nachgegangen. Hierzu werden Beispiele (Umsetzung der EU-Hochwasserrichtive, DIN 19700, DVWK- bzw. DWA-Regelwerke zu Hochwasserwahrscheinlichkeiten, RIMAX) genutzt. Neben den unterschiedlichen Zielsetzungen werden die methodische Persistenz der Praxis und die zunehmende Komplexität der Forschungsergebnisse als Hindernisse gesehen. In den Schlussfolgerungen wird die Notwendigkeit besserer Schnittstellen aufgezeigt. Die Bedeutung von Fachgesellschaften als Plattform verbesserter Kommunikation wird hervorgehoben. Die hier gemachten Aussagen zu Forschung beziehen sich ausschließlich auf den universitären Bereich.

Schlagwörter: Forschungsziele, hydrologische Forschung, Regelwerke, wasserwirtschaftliche Praxis

The cooperation between research and practical application in hydrology has certain specific characteristics. In many cases the practical requirements for scientific findings differ from the research targets of the scientists. To identify and highlight these discrepancies, the paper compares some problems of practical water management with research objectives that are often specified by funding agencies. The questions why problems of practical relevance are not addressed by researchers and, *vice versa*, why research results are not applied in practice are discussed. Several examples (such as the implementation of the EC Floods Directive, the German Standard on Water Storage Reservoirs, and the new guidelines for flood probability estimations) are considered. Apart from the fact that the two sides pursue different objectives, it is the persistence in traditional methods in practical water management along with increasing methodological complexity of scientific outputs that acts as a barrier between science and practice. In the conclusions the paper discusses the need for better interfaces between the two sides and emphasizes the relevance of hydrological associations as platforms for intensified communication. Based on the author's experience, the statements on research made in this report are limited to university level education in Germany.

Keywords: Practical guidelines, practical water management, research in hydrology, research targets

1 Einleitung

Der Unterschied zwischen Theorie und Praxis stellt eine Grundfrage der Erkenntnistheorie dar. Ohne hier erkenntnistheoretische Ansprüche erfüllen zu wollen, werden nachfolgend einige Besonderheiten der Zusammenarbeit von Theorie und Praxis im Bereich Hydrologie und Wasserwirtschaft diskutiert. Hydrologie ist nach der Definition der DIN 4049 die „Wissenschaft vom Wasser, seinen Eigenschaften und seinen Erscheinungsformen auf und unter der Landoberfläche“ (DIN 4049 1992). Sie basiert auf Theorien und untersucht Prozesse und Phänomene. Die Anwendung ihrer Erkenntnisse erfolgt in der Wasserwirtschaft. Nach DIN 4049 wird der Begriff „Wasserwirtschaft“ als „zielbewusste Ordnung aller menschlichen Einwirkungen auf das ober- und unterirdische Wasser“ erklärt. Umfassender ist die von Grünewald im Taschenbuch der Wasserwirtschaft gegebene Definition, nach der die Wasserwirtschaft den „Ausgleich zwischen dem räumlichen und zeitlich sowie mengen- und beschaffenheitsmäßig außerordentlich differenzierten natürlichen Wasserdargebot und den vielfältigen Ansprüchen und Einflussnahmen der menschlichen Gesellschaft“ anstrebt (GRÜNEWALD 2001). Beide Erklärungen beinhalten eine unmittelbare praktische Orientierung der Wasserwirtschaft auf Veränderung und Regelung. Diese Veränderungen setzen (neben wissenschaftlichen Verfahren und Methoden) die Kenntnisse des zu verändernden Systems voraus. Für das natürliche System des Wasserkreislaufes werden diese Kenntnisse durch die Hydrologie bereitgestellt. Sowohl in der Hydrologie als auch der Wasserwirtschaft gibt es

Bereiche, die (vermeintlich) unabhängig voneinander bestehen können und Bereiche, die zumindest von Zeit zu Zeit auf Kooperationen angewiesen sind. Die Häufigkeit und Intensität der Zusammenarbeit hängt dabei stark von den Themenfeldern und Problemstellungen ab. Generell handelt es sich bei der Hydrologie um eine „beobachtende“ Wissenschaft, die sich mit einem realen, physisch existierenden System befasst und auf Naturdaten angewiesen ist. Eine hydrologische Zeitreihe ist nicht wie ein Experiment in Physik oder Chemie beliebig oft wiederholbar, sondern enthält zeitlich und räumlich begrenzte Informationen zu hydrologischen Prozessen. Wissenschaftler, die diese Informationen nutzen wollen, müssen damit in Kontakt zur Informationsquelle „Praxis“ treten. Ob die darauf aufbauenden Forschungsergebnisse praktisch relevant werden, hängt dann aber von einer Reihe von Bedingungen ab, die nachfolgend diskutiert werden. Hierzu zählen: die Zielstellung der Forschungsarbeiten, die Vermittelbarkeit der Forschungsergebnisse und deren Nutzen zur Lösung der Aufgaben der wasserwirtschaftlichen Praxis sowie die Notwendigkeit dauerhafter wasserwirtschaftlicher Planungsgrundlagen vor dem Hintergrund veränderlicher Randbedingungen und Zielsetzungen.

2 Anforderungen der wasserwirtschaftlichen Praxis

Wie oben an Hand von Definitionen belegt, ist die Wasserwirtschaft zielorientiert. Die Ziele können durch folgende Aufgaben umrissen werden:

- mengen- und gütemäßige Sicherung der menschlichen Nutzungsansprüche an das natürliche Wasserdargebot
- Gewässerschutz zur Erhaltung der Selbstreinigungskraft der Gewässer sowie der Erhaltung und Wiederherstellung regenerationsfähiger Ökosysteme
- Schutz vor Schädigungen durch das Wasser.

Diese Einzelaufgaben stehen nicht nebeneinander, sondern sind stets gleichzeitig zu realisieren. So ist die Wasserbewirtschaftung heute auf die Erfüllung von Nutzungsansprüchen bei gleichzeitigem Schutz der Wasserressourcen orientiert, da der zunehmende Nutzungsdruck dazu führen kann, dass die Ressource unbrauchbar wird. In der Praxis werden die hydrologischen Verhältnisse in der Regel in Zusammenhang mit einem bestimmten Anforderungsprofil bewertet. Die Hydrologie muss dabei häufig nicht nur die natürlichen Verhältnisse erfassen, die fortwährenden Veränderungen ausgesetzt sind, sondern auch Nutzungseinflüsse berücksichtigen und Fragestellungen, die sich aus Wechselwirkungen von Wassernutzungen und hydrologischen Bedingungen ergeben, beantworten. Die Zielsetzungen der Hydrologie verändern sich dabei mit den Zielsetzungen der Wasserwirtschaft, die wiederum von den veränderlichen Ansprüchen der Gesellschaft abhängen (SCHUMANN 2010):

- Zunächst bestand die Aufgabe der Wasserbewirtschaftung zu Ende des 19. und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts in der Wassererschließung für wirtschaftliche Zwecke. Im Mittelpunkt standen Einzelnutzungen und deren Versorgung unter minimalen Kosten.
- Unter dem Druck konkurrierender Nutzer stand in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts die Optimierung der Wassernutzungen innerhalb wasserwirtschaftlicher Systeme unter Einbeziehung ökonomischer Kriterien im Mittelpunkt.
- Die dritte, derzeitige Entwicklungsstufe der Wasserbewirtschaftung ist auf die Erfüllung von Nutzungsansprüchen bei gleichzeitigem Schutz der Wasserressourcen orientiert. Der Schwerpunkt liegt jetzt in der Erhaltung der Integrität des hydrologischen Kreislaufes, der die Erneuerbarkeit der Ressource sichert.

Die wasserwirtschaftliche Praxis ist mit vielfältigen politisch initiierten Fragestellungen befasst, z.B. aktuell mit der Herstellung des guten ökologischen Zustands, dem Hochwasserrisikomanagement oder den Fragen der Klimaveränderung in ihrer Wirkung auf die hydrologischen Verhältnisse. Ein besonderes Problem dieser Fragestellungen ist die immanente Unschärfe der Zielvorgaben. So sind der gute ökologische Zustand, ein signifikantes Hochwasserrisiko oder angemessene Ziele des Hochwassermanagements zunächst nicht definiert, sondern ergeben sich aus speziellen Umsetzungsüberlegungen, die häufig auf einer Konsequenzenanalyse beruhen. Dies kann am Beispiel der Umsetzung der EU-Hochwasserrichtlinie verdeutlicht werden (WHG 2009). Bekanntlich werden dort drei Hochwasserszenarien bezeichnet, für die Gefahren- und Risikokarten und letztlich Pläne für risikomindernde Maßnahmen zu entwickeln sind:

- a) Hochwasser mit niedriger Wahrscheinlichkeit oder Szenarien für Extremereignisse;
- b) Hochwasser mit mittlerer Wahrscheinlichkeit (voraussichtliches Wiederkehrintervall ≥ 100 Jahre);
- c) gegebenenfalls Hochwasser mit hoher Wahrscheinlichkeit.

Lässt man die unter c) genannte Gruppe außer Betracht und berücksichtigt, dass das 100-jährliche Ereignis eine in Deutschland gebräuchliche Planungsgrundlage ist und sich damit als „Hochwasser mittlerer Wahrscheinlichkeit“ anbietet, so bleibt die Frage nach dem Hochwasser mit niedriger Wahrscheinlichkeit oder den Extremszenarien. Zunächst steht fest, dass es sich um ein deutlich selteneres Ereignis als das Hochwasser mittlerer Wahrscheinlichkeit handeln sollte. Da das Ziel der Richtlinie darin besteht, die möglichen nachteiligen Folgen unterschiedlicher Hochwasserszenarien zu ermitteln, um dann das Hochwasserrisiko zu bewerten und durch geeignete Maßnahmen zu mindern, falls dieses Hochwasserrisiko als „signifikant“ anzusehen ist, sollte die Wahl unter Bezug auf eine „Signifikanzgrenze“ erfolgen. Die Richtlinie berücksichtigt, dass sich das Hochwasserrisiko aus der Kombination der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Hochwasserereignisses und der hochwasserbedingten potenziellen nachteiligen Folgen ergibt. Damit stellt sich die Frage, wie diese Signifikanzgrenze anzusetzen ist, ob sie sich z.B. aus der großen Häufigkeit oder aber aus höheren Schäden ergibt? Die Fragestellung ist theoretisch über Schadenserwartungswerte und Kosten-Nutzen-Analysen auf Projektebene zu klären. Für den Bereich einer regionalen Planungseinheit stellt sich aber die Frage nach den kumulierten Konsequenzen der Festlegung eines Extremereignisses für einen größeren Planungsraum, z.B. ein Bundesland. Für deichgeschützte Siedlungsgebiete ist z.B. die Wahl des Extremhochwassers in Zusammenhang mit dem jeweiligen Bemessungshochwasser der Deiche zu sehen. Da mit niedriger Wahrscheinlichkeit eine Zunahme der nachteiligen Folgen eines Hochwassers verbunden ist, ergibt sich bei der Umsetzung der Richtlinie eine ortsspezifische Relation von Konsequenzen und Wahrscheinlichkeit. Die ausgewiesene Hochwasserbetroffenheit hängt von der Annahme der hydrologischen Belastung in Form des Hochwassers niedriger Wahrscheinlichkeit oder des Extremszenarios ab. Selbst nach Festlegung des Extremszenarios ergibt sich keine klare Abgrenzung zwischen betroffenen und nichtbetroffenen Bereichen, da weitere Risikofaktoren (z.B. das Versagensrisiko von Hochwasserschutzanlagen) nicht vollständig berücksichtigt werden können. Die Wahl der Hochwasser der Kategorie a) ist somit keine Frage der Risikoforschung, sondern das Ergebnis der gewünschten Risikokommunikation.

Wie das Beispiel zeigt, werden hydrologische Informationen durch die Praktiker in Kenntnis der Relevanz dieser Informationen für die Lösung wasserwirtschaftlicher Aufgaben beurteilt. Damit werden andere Kriterien für die Bewertung von Verfahren und Methoden entscheidungsrelevant als die der Wissenschaftler, die ihre Forschungsergebnisse in der Regel nach der methodischen Qualität und der Übereinstimmung mit den zu Grunde liegenden Daten einschätzen. Gerade im Bereich der Wasserwirtschaft werden Wissenschaftler schnell feststellen, dass die von ihnen festgestellten „Fakten“ oftmals Konflikte und Kontroversen nicht lösen, sondern vielmehr umgekehrt die Lösung eines Konflikts im Nachhinein bestimmt, welche Gegebenheiten als Fakten anerkannt und berücksichtigt werden (MONSTERT & ROADGEVER 2008).

Häufig wird seitens der Praxis geklagt, dass praktisch relevante Probleme nicht durch die Forschung aufgenommen werden. Dies kann verschiedene Ursachen haben (PILGRIM 1986):

- a) die Probleme sind zu schwierig und ungeeignet, um eine definitive Lösung zu finden,
- b) die Probleme eignen sich nicht für eindeutige mathematische oder computerbasierte Berechnungsverfahren, die

- Lösungen erfordern Beurteilungen und einen gewissen Grad an Subjektivismus (siehe Beispiel Hochwasserrisiko),
- c) die Probleme könnten mit vorhandenen Hilfsmitteln gelöst werden, es handelt sich also nicht um Forschungsprobleme im eigentlichen Sinne, sondern der Praxis fehlen die erforderlichen personellen und finanziellen Kapazitäten zu deren Bearbeitung.

Wie forschungsrelevante Probleme durch die Praxis aufgeworfen, dann aber nicht weiter verfolgt werden, kann am Beispiel der Hochwasserbemessung von Talsperren (DIN 19700, 2004) gezeigt werden. Im entsprechenden Arbeitsausschuss der DIN stand die Frage der Wahl des Bemessungshochwassers BHQ2 für den Bemessungsfall 2 (Standicherheit des Absperrbauwerkes). Die beteiligten Talsperrenexperten akzeptierten das Konzept des stochastischen Risikos. Auf Nachfrage nach einer akzeptablen Überschreitungswahrscheinlichkeit des BHQ2 innerhalb von 100 Jahren Talsperrenbetrieb wurde 1 % genannt. Damit war das HQ(10.000) als BHQ-Wert erforderlich. Es ergab sich die Frage, auf welcher Grundlage ein HQ(10.000) abgeschätzt werden kann. Durch den Vorschlag einer Konvention (Annahme der Pearson-III-Verteilung mit einer maximierten Schiefe) wurde hierzu ein pragmatischer Ansatz (KLEEBERG & SCHUMANN 2001) gefunden, der in verschiedenen Regionen Deutschlands Anwendung fand. Im Gegensatz zu dieser Abfolge von Fragestellung und Lösungsansatz wurde ein anderes Problem weitgehend ausgeklammert. Bei den Vorgaben zur Hochwasserbemessung wurde auch die Berücksichtigung der Seeretention gefordert, da es sich hierbei um eine physikalisch bedingte relevante Einflussgröße handele. Aus dieser Vorgabe ergaben sich Folgerungen:

- Wenn eine Bemessungshochwasserwelle durch die Überschreitungswahrscheinlichkeit ihres Scheitelabflusswertes

definiert wird, sind damit das Volumen und die Form der Ganglinie, welche im Zusammenspiel der gewässermorphologischen Gegebenheiten und der technischen Parameter des Absperrbauwerkes die Stauhöhe und damit das Risiko der Überlastung bestimmen, nicht definiert.

- Da die Form und das Volumen der Zuflusswelle nicht durch den Scheitelabfluss definiert werden, sind kritische Belastungen denkbar, die durch Wellen mit kleineren Scheiteln, aber ungünstigen Ganglinien und Volumina bedingt sind (Bsp. Abb. 1).

In der DIN 19700, Teil 11, schlagen sich diese Überlegungen in der Forderung nieder, auch Hochwasserereignisse mit kleineren Scheitelwerten zu berücksichtigen, wenn die Ganglinienformen in Abhängigkeit von den jeweiligen Retentionsbedingungen eine Stauinhaltsmaximierung bewirken können (DIN 19700, 2004). Da im entsprechenden Passus der DIN 19700 das Wort „gegebenenfalls“ eingefügt wurde, werden derartige Untersuchungen, für die mittlerweile entsprechende methodische Grundlagen (KLEIN 2009) verfügbar sind, bisher wenig verwendet. Hierzu trägt sicher auch die Komplexität der Lösung unter Nutzung der multivariaten Statistik bei (Abb. 2). Die Bemessungshochwasser sind durch die Jährlichkeit nicht mehr eindeutig festgelegt, es gibt unterschiedliche Scheitel- und Füllenkombinationen mit gleicher Jährlichkeit. Da das Risiko der Überlastung einer Stauanlage individuell von den technischen Parametern, die die Retention bestimmen, und der Wahl der Belastungsgröße abhängt, wird die Talsperrenbemessung damit zum Entscheidungsproblem. Aus komplexeren Betrachtungsweisen (hier der risikoorientierten Bemessung) erwachsen neue Anforderungen an das Methodenverständnis der Praxis und den Umgang mit den Ergebnissen der Forschung.

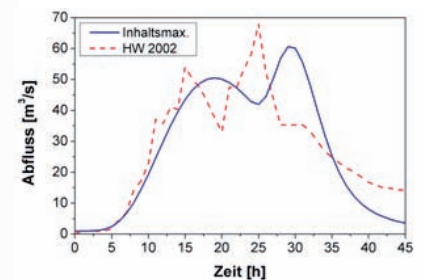
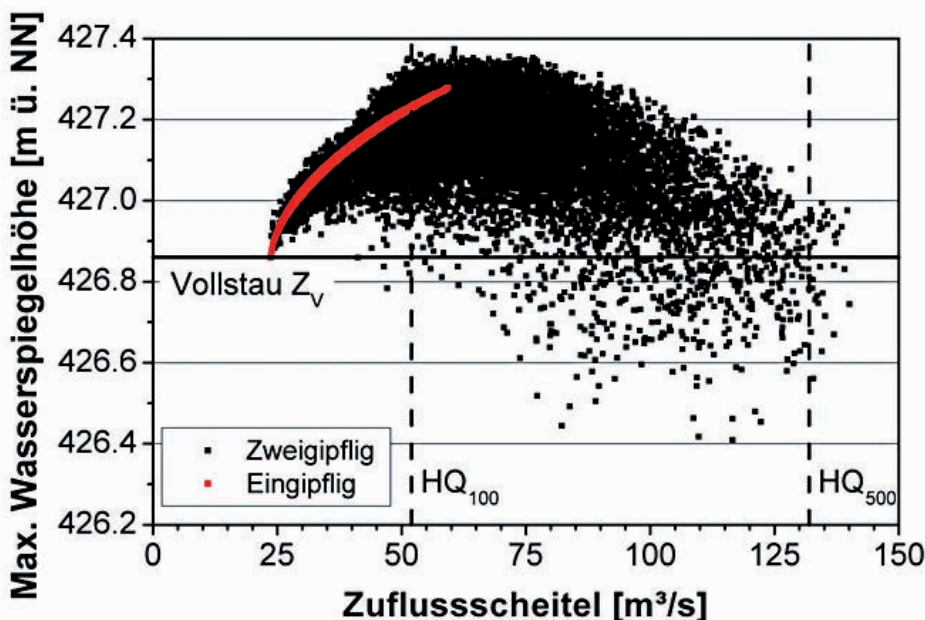


Abbildung 1

Maximierte Stauspiegel in Abhängigkeit vom Zuflussscheitel bei vorgegebener typischer Ganglinie und statistischer Variation von Scheitel, Fülle und Form der Ganglinie (Talsperre Gottleuba). Die Hochwasserganglinien rechts zeigen die inhaltsmaximierende Ganglinie und die beobachtete Ganglinie des Extremhochwassers 2002 (aus KLEIN 2009).

Maximised storage levels in dependence on the discharge peak of a typical inflow hydrograph and on statistical variations of the peak, the volume, and the shape of the hydrograph (Gottleuba reservoir). The small figure compares two hydrographs: the hydrograph that maximizes the storage volume and the observed inflow hydrograph of the flood event in August 2002 (KLEIN 2009).

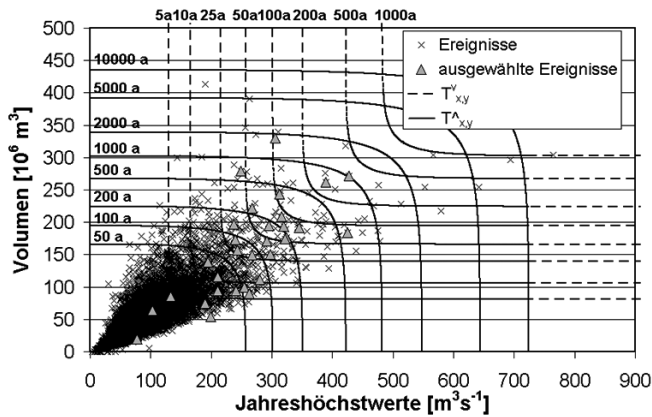


Abbildung 2
Gemeinsame Wiederkehrintervalle T^x_{xy} , T^y_{xy} (Überschreiten von x oder y) und T^x_{xy} , T^y_{xy} (Überschreiten von x und y) für die Jahreshöchstabflüsse und die zugehörigen Füllen der Hochwasserwellen im Zufluss zum Hochwasserrückhaltebecken Straußfurt (KLEIN et al. 2008)
Identical return periods T^x_{xy} , T^y_{xy} (exceeding x or y) and T^x_{xy} , T^y_{xy} (exceeding x and y) of the corresponding flood peaks and flood volumes of simulated yearly floods as inflow to the flood retention basin Straussfurt (KLEIN et al. 2008)

Es gäbe weitere Beispiele für Fragestellungen von praktischem Interesse, für die wissenschaftliche Ansätze vorliegen, die den Anforderungen der Praxis nicht entsprechen. Diese Anforderungen sind nach den Erfahrungen des Autors (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) wie folgt zu charakterisieren:

- Planungen ergänzen in Deutschland heute meist andere, bereits in der Vergangenheit getroffene Planungsentscheidungen. Wenn sich die Grundlagen der Planungen zu stark und sprunghaft ändern, wird die systemare Gesamtplanung fraglich. So wird eine gewisse „Stationarität“ der hydrologischen Aussagen erforderlich. Brüche in hydrologischen Methoden mit gravierenden Auswirkungen auf die Planungsgrundlagen müssen deshalb sorgfältig hinsichtlich ihrer Notwendigkeit, ihrer Konsequenzen und ihrer Dauerhaftigkeit überprüft werden.
- Forschungsergebnisse sind in der Praxis oft anders zu bewerten als im wissenschaftlichen Bereich. Wenn z.B. die Vorhersageunsicherheit eines hydrologischen Modells durch die Entwickler angegeben wird, geht man davon aus, man kenne den tatsächlichen Beobachtungswert und bewertet die Abweichung der Vorhersage von diesem Wert. Der Praktiker ist aber nicht an dem vorhergesagten Wert, sondern dem tatsächlich eintretenden Wert interessiert. Wenn das Modell eine Vorhersage geliefert hat, braucht er die Aussage, welcher Wert sich in der Realität nun in Kenntnis und (in der Regel abweichend von dieser Vorhersage) tatsächlich einstellt. Er braucht eine Aussage zur Nachbildungsgüte, d.h. zum Bereich, in dem der reale Wert zu erwarten ist. Der Unterschied zwischen beiden Betrachtungsweisen (TODINI 2010) ist in Abbildung 3 verdeutlicht.
- Da wasserwirtschaftliche Maßnahmen generell Gegenstand öffentlicher Diskussionen sind, wird eine Eindeutigkeit der Aussagen zu deren Grundlagen, Zielen und Ergebnissen gefordert. Da es in der Regel sowohl Kontrahenten als auch Befürworter für Maßnahmen gibt, sollte sich der involvierte Wissenschaftler hier um klare Aussagen bemühen. Indifferente Haltungen sind zwar in Folge der beschränkten Informationen und Kenntnisse teilweise begründet, relativieren jedoch oftmals die Forschungs-

ergebnisse zu stark und schränken deren Eignung für die Praxis ein. Probabilistische Betrachtungen erfreuen sich im Bereich der Wissenschaft großer Beliebtheit. Gerade in Hinblick auf die Öffentlichkeitsbeteiligung sind Wahrscheinlichkeitsaussagen jedoch problematisch. Generell wächst im Zusammenhang mit der weltweiten Berichterstattung zu Umwelt- und Naturkatastrophen die Überzeugung, dass ein Ereignis geringer Wahrscheinlichkeit jederzeit eintreten kann. Damit wird es schwierig, die notwendige Differenzierung zwischen wahrscheinlichen und unwahrscheinlichen Ereignissen, die im Alltagsleben bewusst oder unbewusst ständig erfolgt, auch bei wasserwirtschaftlichen Maßnahmen umzusetzen. Dies hat für die Anwendung von probabilistischen Ansätzen besondere Bedeutung. So sind z.B. Ensemble-Vorhersagen ein Mittel, um die Unsicherheit der Hochwasservorhersage zu charakterisieren. Es fehlt aber die Möglichkeit, aus dem meist sehr großen Bereich möglicher Entwicklungen eine konkrete Aussage im Sinne eines Erwartungswertes abzuleiten, weil der Situationsbezug weitgehend fehlt, d.h. die bedingte Wahrscheinlichkeitsaussage kann (noch) nicht geliefert werden (SCHUMANN et al. 2011, SCHÜTTEMEYER & SIMMER 2011). Während die Forschung die Bandbreite der zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten angibt, muss der Praktiker daraus eine konkrete Entscheidung ableiten. Diese Entscheidung kann falsch sein, da eine andere Entwicklung eintritt als erwartet. Wenn die getroffene Entscheidung dann aber unter Bezug auf eine Ensemblerechnung, die auch die tatsächlich eingetretene Entwicklung abdeckte, als vermeintlicher Fehler betrachtet wird, stellt dies den Sinn und Zweck der Unsicherheitspropagation in Frage.

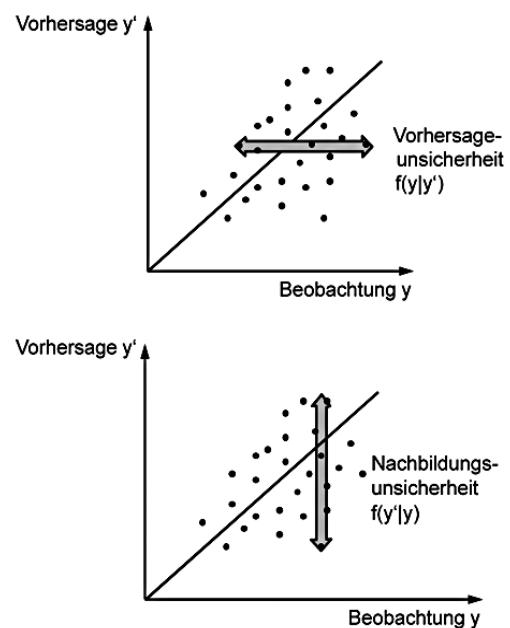


Abbildung 3
Hydrologische Vorhersagen: Wird die Vorhersageunsicherheit oder die Nachbildungsunsicherheit benötigt?
Hydrological forecasts – do we need prediction uncertainties or emulation uncertainties?

3 Zielsetzungen und Randbedingungen der hydrologischen Forschung

In der hydrologischen Forschung gibt es unterschiedliche Bereiche, die sich in ihrem Praxisbezug unterscheiden. Stark vereinfachend ist zwischen der Grundlagenforschung, die zur Verbesserung des Verständnisses hydrologischer Systeme dient und der angewandten Forschung, die dieses Verständnis nutzt, um wasserwirtschaftliche Probleme und Fragestellungen zu lösen, zu unterscheiden. Vereinfachend ist diese Differenzierung insofern, als ohne ein tieferes hydrologisches Verständnis viele praktische Fragestellungen nicht nachhaltig beantwortet werden können. Die hier verwendete Kategorisierung der Forschung in angewandte und Grundlagenforschung ist gerade im Bereich der Hydrologie problematisch, da zwischen beiden Bereichen Übergänge und Schnittmengen bestehen. So führt die breite Anwendung von anerkannten Verfahren in der Hydrologie dazu, dass immanente methodische Defizite der Forschungsarbeiten, die diesen Anwendungen zugrunde liegen, vernachlässigt werden, andererseits können neue Forschungsergebnisse oftmals erst in praktische Anwendungen einfließen, wenn diese hinreichend aufbereitet, verallgemeinerungsfähig geprüft und z.B. durch einen Berechnungsalgorithmus im Rahmen einer Softwarelösung Breitennutzbar werden.

Im Bereich der angewandten Forschung ist die Wissenschaft an der Schnittstelle zwischen natürlichen, technischen und sozialen Systemen tätig. Die Anforderungen der Praxis, die oben umrissen wurden, sind schon bei der Formulierung der Aufgabenstellung zu berücksichtigen. Die Ergebnisse der Forschung sind so aufzubereiten und zu formulieren, dass die Vertreter der Praxis diese nutzen können. Die Beziehungen zwischen der Grundlagenforschung und der Praxis sind dagegen weniger direkt. Die praktische Relevanz der Forschung, die im Bereich der angewandten Forschung oftmals überbetont wird, da sie sich erst im wasserwirtschaftlichen und damit politischen Entscheidungsprozess ergibt, wird im Bereich der Grundlagenforschung meist nicht oder nur wenig thematisiert. Zwar wird sich auch hier der Wissenschaftler primär mit einem realen physisch existenten System (Hang, Gewässerstrecke, Flussgebiet etc.) befassen müssen, wenn die Ergebnisse der Forschung für die reale Welt relevant sein sollen. Mathematisch-theoretische Konstrukte auf der Grundlage von Annahmen werden nur in Einzelfällen nützlich sein. Ob und wie die Ergebnisse der Grundlagenforschung dann aber praktisch relevant werden, hängt von einer Reihe von Bedingungen ab, die nachfolgend diskutiert werden.

Maßgeblichen Einfluss auf den Anwendungsbezug der Forschungsergebnisse hat zunächst die Motivation der Forschenden. Neben den offensichtlichen und ehrenvollen Zielen des Erkenntnisgewinns, der Lösung eines theoretischen und/oder vielleicht auch praktischen Problems und der methodischen Weiterentwicklungen gibt es im Wissenschaftsbetrieb weitere, eher versteckte Motive. Hierzu zählen die Einwerbung einer möglichst hohen Summe von Drittmitteln, die Erweiterung der Veröffentlichungsliste, die wissenschaftliche Qualifizierung und verschiedentlich auch das wissenschaftliche Renommee bei den Gutachtern, das sich eher mit methodisch komplexen, in Einzelfällen vielleicht auch inhaltlich abstrusen Analysen stärken lässt als mit der Lösung eines praktischen Problems (PILGRIM 1986).

In der Hydrologie werden häufig Verfahren und Methoden anderer Wissenschaftsdisziplinen angewandt. Diese Methoden sind zunehmend kompliziert und erfordern oftmals ein hohes Maß an Einarbeitung. Im Ergebnis ist der Erstanwender dann natürlich interessiert, seine Nutzen-Kosten-Relation zu verbessern und möglichst erfolgreiche Anwendungen der Methoden zu präsentieren. Deutlich wird dies, wenn in Veröffentlichungen neue Verfahren und Methoden vorgestellt werden, ohne dass die Vorteile gegenüber bisherigen Ansätzen (z.B. effektiver, genauer, schneller) bewiesen werden können. In der angewandten Forschung stellt die Validierung einer Methode einen Gewinn dar, falsifizierte Aussagen, Thesen, Theorien sind dagegen wertlos und werden verworfen. Diese Feststellung schließt nicht aus, dass für die Wissenschaft als Methode des Erkenntnisgewinns die Widerlegung, die Falsifikation einer Theorie, ein Gewinn sein kann. Karl POPPER (1994) postuliert in seinem Werk „Logik der Forschung“ den Gedanken der Unmöglichkeit der Verifikation wissenschaftlicher Theorie, womit der Erkenntnisgewinn nicht auf dem Beweis, sondern der Widerlegung der Theorie beruht (Der Autor dankt dem unbekanntem Gutachter für diesen wertvollen Hinweis).

Leider verselbstständigen sich verschiedene methodische Entwicklungen und werden zum Standard, obwohl ihr praktischer Nutzen nicht bewiesen ist. Ein Beispiel ist die multikriterielle Entscheidungsunterstützung (SCHULTZ 1993). Viele Forschungsprojekte im Bereich der Wasserbewirtschaftung beinhalten den Aufbau eines Entscheidungsunterstützungssystems, das einem fiktiven Entscheider die Wahl zwischen verschiedenen Alternativen erleichtern soll. Die meisten hierzu angewandten Verfahren erfordern eine Präferenzstruktur des Entscheiders, im besten Fall erlauben sie die interaktive Festlegung dieser Präferenzen unter Berücksichtigung der Ergebnisse unterschiedlicher Entscheidungsstrategien. Die Feststellung der optimalen Entscheidung wird aber dann schwierig, wenn sie von der Akzeptanz der Entscheidungsgrundlagen abhängt, was häufig der Fall ist. Der Entscheider bleibt in derartigen Systemen abstrakt, die Strukturierung des Entscheidungsproblems künstlich und der Nutzen im partizipativen Entscheidungsprozess eher gering.

Für die Zielsetzungen der Forschungsaktivitäten spielt die zunehmende Projektorientierung der Forschungsförderung eine entscheidende Rolle. Durch die Projektforschung wird versucht, die Forschungsaktivitäten auf praktisch relevante Bereiche zu lenken. Ausgangspunkt ist häufig die Argumentation, die Wissenschaft würde nicht genug praxisnah arbeiten. Anscheinend fällt es dann aber schwer, diese Praxisnähe in den Ausschreibungen auch tatsächlich zu erreichen. Oftmals wird die Forschungsförderung in Bereiche gelenkt, die derzeit für die Förderinstitution politisch relevant sind (z.B. die Zusammenarbeit mit einzelnen Schwelmländern, die Förderung kleiner und mittlerer Unternehmen oder der Klimaschutz). Es stellt sich die Frage, wie die deutsche wasserwirtschaftliche Praxis bei der Initiierung derartiger Forschungsaktivitäten beteiligt ist? Zurzeit gibt es hier wohl eher eine Zufälligkeit im Zusammenwirken von Förderinstitutionen, politischen Rahmenvorgaben und Beratungsgremien, bei der kurzfristige Ziele oder die Vorprägungen der Verantwortlichen zu Entscheidungen führen. Wie könnte unter den Bedingungen der Projektförderung die Praxis stärker in die Programmentwicklung eingebunden werden? Erforderlich wären Gremien, in denen sowohl Forschungsförderer als auch Praktiker mit Forschern aus den Be-

reichen der Grundlagen- und der Angewandten Forschung kommunizieren, wissenschaftliche und praktische Fragestellungen und Lösungsansätze austauschen. Dies wäre ein Betätigungsfeld für Fachgesellschaften. Alle bisherigen Versuche hierzu sind unter Anderem deshalb gescheitert, weil die Zusammensetzung dieser Gremien nicht so erfolgte, dass ein ausgeglichener Gesamtblick möglich war. Die Praxis wäre in einem derartigen Gremium gefordert, ihre Problemstellungen so zu formulieren, dass eine „kritische Masse“ an Forschungsaufgaben gebildet würde, die als solide in ihrer Forschungsrelevanz und Förderwürdigkeit erkennbar wird. Dies setzt voraus, dass kleinteilige lokale oder regionale Problemstellungen, die mit eigenen Mitteln oder direkten Beauftragungen von Forschungs- und Entwicklungsleistungen gelöst werden könnten, von übergeordneten Problemstellungen getrennt werden. Es stellt sich somit die Frage, ob Praktiker derartige gemeinsame Vielfache in überregionalen Problemstellungen, die dann forschungspolitische Dimensionen aufweisen, identifizieren können und wollen.

Der Trend zur Projektforschung hat für die Wissenschaft unter Umständen nachteilige Folgen. Im Resultat wechselnder Forschungsthemen wird es für die Wissenschaftler immer schwieriger „bei einer Sache zu bleiben“. Statt zweckfreier Forschungsmittel gibt es zweckgebundene Projektmittel, Projekte sind nur durch Gruppen von Wissenschaftlern, die interdisziplinär, also arbeitsteilig agieren müssen, zu bearbeiten, Projektakquise und Projektmanagement (z.B. Personal- und Kontenverwaltung) erfordern Kapazitäten, die für Forschungsleistungen nicht zur Verfügung stehen. Wenn die Projektförderung die Erkenntnisförderung ersetzt, wird die Forschungslandschaft ärmer, da Forschungskapazitäten für die Erstellung von Grundlagen, die eine starke Spezialisierung erfordern, nicht mit dem Anspruch der Generalisierung, der sich aus inhaltlich rasch wechselnden Projektausschreibungen ergibt, vereinbar sind.

4 Methodische Persistenz und Komplexität – Probleme bei der Umsetzung von Forschungsergebnissen

Wirklich neue methodische Entwicklungen unterscheiden sich häufig stark von den tatsächlich in der Praxis angewandten Verfahren und Methoden (PILGRIM 1986). Die Kenntnis dieses Unterschieds ist für die Wissenschaftler insofern von Interesse, als dadurch die spezifischen Anwendungsprobleme festgelegt sind. In der Regel werden neue Methoden und Verfahren nur verzögert eingeführt und dann über längere Zeit beibehalten. Die Ergebnisse neuer Verfahren und Methoden werden häufig an Hand ihrer Differenzen zu den bisherigen Annahmen beurteilt und umso eher akzeptiert, je weniger sie von diesen abweichen. Eine Chance, neue hydrologische Verfahren in Breitenanwendungen zu überführen, bieten aktuelle Problemstellungen, z.B. die Notwendigkeit ein HQ(10.000) anzugeben oder den diffusen Stoffeintrag in alle Oberflächengewässer zu quantifizieren. Das Problem besteht darin, dass oftmals wissenschaftliche Grundlagen hierzu nicht anwendungsbereit zur Verfügung stehen und im Sinne der Einheitlichkeit und der raschen Umsetzung (meist reicht die Bearbeitungszeit, die Praktikern zur Verfügung steht, nicht aus um einen Methodenvergleich durchzuführen) am besten ein bereits bekannter und eingeführter Ansatz genutzt wird. Ist aber ein derartiges Verfahren erst einmal als gängige Praxis

und vielleicht gar durch eine Verwaltungsvorschrift etabliert, werden sich neue Ansätze nur schwer einführen lassen.

Eine Ursache für methodische Persistenz sind Softwarelösungen. Durch die Bereitstellung einer Software wird der Anwender häufig von der eigentlichen Problemlösung getrennt (PILGRIM 1986). Er stellt Eingangsdaten bereit, sammelt die notwendigen Kenntnisse über die Bedienung des Programms und erhält ein Ergebnis, das ihm viel Zeit spart, aber voraussetzt, dass das zu lösende Problem den inhaltlichen Vorgaben der Lösung entspricht (bei der hochwasserstatistischen Analyse z.B. die Homogenität und Konsistenz der Daten). Software-Lösungen haben dazu geführt, dass sich eine neue Anwendergruppe herausbildete, die nicht notwendigerweise die hydrologischen Kenntnisse besitzen müssen, die zur Anwendung der vorgefertigten Methoden und Interpretation der Ergebnisse erforderlich sind. Das „hydrologische Gefühl“ für ein Flussgebiet geht verloren.

Die Notwendigkeit der Aufbereitung von methodischen Entwicklungen in Software stellt ein großes Umsetzungsproblem dar. Gerade bei der Projektforschung ist das Versprechen kostenloser Forschungsergebnisse für praktische Anwendungen durch die Wissenschaftler oftmals nicht einzulösen. Der Projektcharakter der Forschung lässt keine Implementierung der Ergebnisse zu, da die Projektzeiträume so bemessen sind, dass die Bearbeitungsdauer für die oftmals komplexen Fragestellungen kaum ausreicht, die Entwickler nach Ende des Projektes nicht mehr zur Verfügung stehen und keine professionelle Umsetzung der Ergebnisse in bestehende Strukturen der Praxis (z.B. Datenbanken und andere Softwarelösungen) möglich ist.

Die Beharrungsneigung in der Umsetzung von wissenschaftlichen Erkenntnissen kann am Beispiel der Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten aufgezeigt werden. In der „Empfehlung zur Berechnung der Hochwasserwahrscheinlichkeit“ (DVWK 1979) findet sich ein Berechnungsgang auf der Grundlage der Pearson-III-Verteilung und der Momentenmethode. Zwanzig Jahre später beinhaltet das DVWK-Merkblatt 251 „Statistische Analyse von Hochwasserabflüssen“ (DVWK 1999) 7 Verteilungsfunktionen, 3 Parameterschätzverfahren und 3 Anpassungstests. Als Handreichung für die Wahl der Verteilungsfunktion wurde empfohlen, die Quantilkorrelationen und ω^2 -Werte zu vergleichen, um so die „Güte“ der Anpassung der Verteilungsfunktionen an die empirischen Unterschreitungswahrscheinlichkeiten zu beurteilen. Mit der Einführung einer Software-Lösung ergeben sich dann die Hochwasserwahrscheinlichkeiten quasi auf Knopfdruck. Das im Herbst 2010 in das Gelbdruckverfahren gegangene Merkblatt M-552 „Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten“ versucht, die Trennung zwischen dem Software-Anwender und dem eigentlichen hydrologischen Problem zu überbrücken. Es verlässt die vorgegebenen Pfade der mathematischen Statistik, in dem eine stärkere Berücksichtigung der hydrologischen Besonderheiten (z.B. der gebietspezifischen Hochwasserentstehungsbedingungen) und die Auswahl einer Verteilungsfunktion auf Grund regionaler hochwasserhydrologischer Untersuchungen gefordert wird. Im Gegensatz zu den bisherigen Ansätzen wird auch die Tatsache, dass es sich beim Gegenstand der Analyse nicht um beliebig wiederholbare Ergebnisse eines Experiments, sondern um eine Beobachtungsreihe mit vorgegebenem Anfangs- und Endpunkt und hoher stochastischer Variabilität handelt, stärker berücksichtigt. Mit der Berücksichtigung der Probleme bei der Ermittlung von

Hochwasserwahrscheinlichkeiten soll der Verfahrensablauf nicht unnötig erschwert, sondern die Aussagefähigkeit der hochwasserstatistischen Analysen verbessert werden. Dabei reicht natürlich die Darstellung der Probleme nicht aus, sondern es müssen auch Möglichkeiten aufgezeigt werden, diese Probleme zu mindern. Diese Lösungsansätze können aber auf Grund der verschiedenen Möglichkeiten zur Informationserweiterung, der unterschiedlichen regionalen hydrologischen Bedingungen und der teilweise bestehenden methodischen Komplexität (z.B. von Regionalisierungsansätzen) nicht einem generellen Methodenvergleich unterzogen werden. Mit Sicherheit wird die praktische Anwendung vorgeschlagener Lösungsansätze zeigen, welche Akzeptanz für derartige Verfahren besteht, auch ohne dass diese Möglichkeiten rezeptartig dargestellt werden. Um derartige Anwendungen zu fördern, müssen allerdings zunächst die Probleme benannt und Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt werden, selbst wenn dadurch vermeintlich perfekte bestehende „Rezepte“ in Frage gestellt werden.

Ein generelles Problem der Umsetzung von Forschungsergebnissen ist deren Komplexität. Zweifellos besteht eine Tendenz der hydrologischen Forschung hin zu komplexeren Entwicklungen, z.B. in der Modellkopplung oder in einer zunehmenden Modellkomplexität, die durch räumlich hochauflösende physikalisch begründete Ansätze mit komplexen numerischen Lösungen bestimmt wird. Daraus ergeben sich folgende Grundprobleme der Übertragung in die Praxis:

- die Verfahren und Methoden werden durch die Nutzer nicht verstanden,
- Modelle sind überparametrisiert und erfordern Anwendungserfahrungen, um wichtige von unwichtigen Parametern zu unterscheiden,
- komplexe Verfahren und Methoden sind nicht notwendigerweise besser zur Lösung praktischer Probleme geeignet als einfache Ansätze (z.B. Forschungsmodelle, die zur operationellen Vorhersage eingesetzt werden).

Welche Probleme komplexe Forschungsergebnisse für die Praxis darstellen, kann am Beispiel der DWA-Arbeitsgruppe „Transfer von RIMAX-Ergebnissen in die Praxis“ verdeutlicht werden. Auf dem DWA-RIMAX-Praxistreffen am 26. und 27. Juni 2008 in Potsdam wurde festgestellt: „Aus Sicht der Praxis besteht die Schwierigkeit, der Vielzahl der angebotenen Methoden und Systeme angemessen zu beurteilen und die richtige Auswahl für die Praxisanwendung zu treffen. Es fehlt eine Instanz (LAWA?, DWA?), die diese Beurteilung vornimmt und Empfehlungen für die Praxis erarbeitet“ (DWA 2008). Eine derartige „Instanz“ wird sich sicher nicht finden lassen und so werden sich komplexe Ergebnisse nur in der Kommunikation zwischen Theorie und Praxis umsetzen lassen.

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Kommunikation zwischen Wissenschaft und Praxis ist eine wesentliche Voraussetzung für Kooperation. Trotzdem erfolgt diese Kommunikation hier eher zufällig als planvoll. In diesem Beitrag wurden folgende Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Praxis aufgezeigt:

a) Die Forschungszielstellungen

Unter den Bedingungen der Projektförderung sollte die Praxis stärker in die Programmentwicklung eingebunden werden. Hierbei sind nicht Einzelmeinungen gefragt, sondern repräsentative, übergeordnete Problemstellungen, die in ihrer Forschungsrele-

vanz und Förderwürdigkeit erkennbar sind. Die Forschungsrelevanz erfordert dabei den Abgleich der Problemstellungen mit dem wissenschaftlichen Kenntnisstand um sowohl praktisch relevante als wissenschaftlich attraktive Themen zu finden. Ein Gremium, in dem sowohl Forschungsförderer als auch Praktiker mit Forschern kommunizieren, um wissenschaftliche und praktische Fragestellungen und Lösungsansätze auszutauschen, gibt es derzeit in Deutschland nicht.

b) Vermittlung von Forschungsergebnissen gegenüber der Praxis
Wissenschaftler haben oftmals weder Zeit noch Ressourcen, weder die erforderlichen Fähigkeiten noch Interesse, um ihre Forschungsergebnisse über das normale Maß der Publikationen hinaus zu verbreiten. Weiterbildungsveranstaltungen wie Kurse und Workshops können für Anbieter und Nachfrager höchst ineffizient sein, wenn sie entweder nicht nachgefragt werden oder aber nicht so strukturiert sind, dass praxisrelevantes Wissen vermittelt wird. Eine wesentliche Plattform zur Verbreitung von wissenschaftlichen Kenntnissen sind Fachgesellschaften, in denen sich Wissenschaftler und Praktiker austauschen können. Ob allerdings die vorherrschenden Strukturen der Weiterbildungsangebote und Regelwerksarbeit hierzu ausreichen, hängt davon ab, in wieweit paritätische Besetzungen ein Qualitätsmanagement sichern, Themensetzungen den Erfordernissen der Praxis entsprechen und die Forschungsergebnisse praktisch relevant sind. Neue Angebote im Bereich der Qualifizierung sollten sowohl in der studentischen Ausbildung als auch der beruflichen Weiterbildung entwickelt werden.

c) Einführung von Forschungsergebnissen in die Praxis

In der Regel beinhalten Forschungsprojekte keine Implementierungsphasen für die Ergebnisse. Insbesondere Forschungsergebnisse, die an programmtechnische Lösungen gebunden sind, können nicht in die Praxis überführt werden, da der Entwickler nicht länger zur Verfügung steht und/oder die professionelle Aufbereitung zusätzliche personelle und finanzielle Ressourcen erfordern. Wenn derartige Überführungsleistungen durch die Praxis gefördert werden sollen, muss der Nutzen der Ergebnisse nachgewiesen werden. Dies setzt aber häufig die praxisnahe Aufbereitung der Ergebnisse voraus.

d) Personeller Austausch zwischen Praxis und Wissenschaft

Ein Mittel, neue wissenschaftliche Erkenntnisse in der Praxis einzuführen und praktische Aspekte in der Forschung zu verfolgen, wäre ein personeller Austausch zwischen beiden Bereichen. In der Ingenieurhydrologie in Deutschland ist dieser personelle Austausch nicht stark ausgeprägt. Wissenschaftler haben Probleme, eine adäquate Tätigkeit in der wasserwirtschaftlichen Praxis zu finden, da dort schlicht und einfach Stellen fehlen. Andererseits stellt die Unsicherheit der akademischen Laufbahn, z.B. die generelle Stellenbefristung, keinen Anreiz für Praktiker dar, an Hochschulen zu wechseln. Letztlich wäre aber ein verstärkter personeller Austausch förderlich für die Übertragung wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Praxis (z.B. durch Absolventen, die diese Kenntnisse mitbringen) oder durch das Einbringen von praktischen Problemen in die Forschung durch Praktiker, die in die Wissenschaft zurückkehren.

Generell könnte den Fachgesellschaften eine große Bedeutung bei der Lösung der dargestellten Probleme zukommen. Voraussetzung ist jedoch, dass sich viele Hydrologen angesprochen

fühlen, an deren Lösung mitzuwirken. Viele der genannten Probleme resultieren aus fehlender Kommunikation. Mit diesem Beitrag sollte zu deren Verbesserung beigetragen werden.

Summary and conclusions

Cooperation between sciences and practice presupposes communication between the two sides. However, this communication happens more often by chance than as a regular controlled process. This paper discusses the following interfaces between science and practice in hydrology:

(a) The research objectives

Especially in project-oriented (funded) research, the practical water-management should be better involved in the development of research programmes. Not individual opinions but representative problems of overriding importance should be formulated that readily show their scientific relevance and their practical importance. The relevance for research can be evaluated only if the problems are set against the scientific knowledge available to solve them. However, to date Germany still lacks a panel, where representatives of practical water management, hydrological scientists, and funding agencies communicate to exchange scientific and practical questions and solutions.

(b) Transfer of scientific findings into practice

Scientists often do not have enough time or resources and neither the skills nor interest to disseminate the results of their research beyond the usual scope of their publications. Thus, in-job and post-graduate training in courses or workshops may become very inefficient for providers and users alike, because there is, on the one hand, no demand for such training and, on the other hand, the offers are not structured in such a way that applicable practical knowledge is provided. Important platforms to disseminate scientific knowledge are scientific societies, where scientists can exchange their achievements with practitioners. The efficiency of such further training courses and of regulatory activities to establish standards and guidelines depends on the following two conditions: quality management, which demands equal representation of science and practice, and the selection of topics according to practical needs. New offers for vocational qualification should be developed as part of the education at universities as well as in the system of in-job training.

(c) Implementation of scientific findings in practice

In most cases, research projects do not include a phase of the implementation of their results. Particularly results that are based on software developments cannot be implemented into practice if the software developers are no longer involved in the project or if the professional preparation of the results for application demands additional personnel or funds. When practical institutions or enterprises have to finance such implementations, the practical benefits of the results have to be demonstrated. This, however, often requires the preparation of the scientific output for practical application.

(d) Exchange of experts between research and practice

A good way to introduce scientific results into practice and to consider practical aspects in research is the exchange of experts between both sectors. In the field of engineering hydrology in Germany such exchanges are not too frequent. Scien-

tists have problems to find adequate positions in practice, simply because vacancies are rare. On the other hand, the uncertainties of an academic career, e.g. the time limitations of research positions, are no incentives for practitioners to go back to universities. Nevertheless – such an exchange of human resources would be beneficial for the implementation of scientific results into practice (e.g. by graduates who have theoretical knowledge) or for the integration of practical problems into research by practitioners who return to scientific research.

Scientific societies could generally play an important role in solving the problems addressed here. A precondition is that a significant number of hydrologists feel invited to become part of this solution. Many of these problems result from deficits in communication. This paper aims to improve this dilemma.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. rer.nat.habil. A. Schumann
Lehrstuhl für Hydrologie, Wasserwirtschaft und Umwelttechnik
Ruhr-Universität Bochum
Universitätsstr. 150, 44801 Bochum
Andreas.Schumann@ruhr-uni-bochum.de

Literaturverzeichnis

- DIN 19700 (2004): Stauanlagen. – Deutsches Institut für Normung. – Bezugsquelle: Beuth Verlag GmbH, Berlin
- DIN 4049 (1992): Hydrologie. – Deutsches Institut für Normung. – Bezugsquelle: Beuth Verlag GmbH, Berlin
- DVWK (1979): Empfehlung zur Berechnung der Hochwasserwahrscheinlichkeit. – DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft H. 101
- DVWK (1999): Statistische Analyse von Hochwasserabflüssen. – DVWK-Merkblatt 251
- DWA (2008): Zusammenfassung des Praxisworkshops „Anwendung der RIMAX- Ergebnisse in der Praxis“; <http://www.rimax-hochwasser.de/520.html>
- GRÜNEWALD, U. (2001): Wasserwirtschaftliche Planungen. – In: Lecher et al.: Taschenbuch der Wasserwirtschaft. – Parey-Verlag, Berlin
- KLEEBERG, H.-B. & A.H. SCHUMANN (2001): Ableitung von Bemessungsabflüssen kleiner Überschreitungswahrscheinlichkeiten. – Wasserwirtschaft 91 (2), 90–95
- KLEIN, B. (2009): Ermittlung von Ganglinien für die risikoorientierte Hochwasserbemessung von Talsperren. – Schriftenreihe Hydrologie/ Wasserwirtschaft Ruhr-Universität Bochum, H. 25
- KLEIN, B., A. SCHUMANN & M. PAHLOW (2008): Hochwasser-schutzplanung in Flussgebieten unter Verwendung der multivariaten Statistik am Beispiel der Unstrut. – Wasserwirtschaft 11, 29–34

- MONSTERT, E. & G.T. ROADGEVER (2008) The seven rules for hydrologists and other researchers wanting to contribute to water management practice. – Hydrol. Earth Syst. Sci., 12, 1087–1096; www.hydrol-earth-syst-sci.net/12/1087/2008/hess-12-1087-2008.pdf
- PILGRIM, D.H. (1986): Bridging the Gap Between Flood Research and Design Practice. – WRR, Vol. 22, No. 9, 1655-1765
- POPPER, K. (1994): Logik der Forschung. – 10. Aufl. – Mohr Siebeck Verlag, Tübingen
- SCHÜTTEMEYER, D. & C. SIMMER (2011): Uncertainties in weather forecast – reasons and handling. – In: Schumann, A.H. (Editor): Hydrology for Flood Risk Assessments and Management. – Springer-Publishing Company
- SCHULTZ, G.A. (1993): Some issues in the application of water resources analysis techniques: what can science sell to practice? – In: Extreme Hydrological Events: Precipitation, Floods and Droughts. – IAHS Publ. No. 213
- SCHUMANN, A. (2010): IWRM 2010 – Welche Rolle spielt die Hydrologie? – Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 54 (2), 105–115
- SCHUMANN, A., Y. WANG & J. DIETRICH (2011): Framing uncertainties in flood forecasting with ensembles. – In: Schumann, A.H. (Ed.): Hydrology for Flood Risk Assessments and Management. – Springer-Publishing Company
- TODINI, E (2010): Predictive Uncertainty in Flood Forecasting and Emergency Management. – Proceedings 17th Congress of the Asia and Pacific Division of the IAHR, Auckland, New Zealand, February 24–27
- WHG (2009): Wasserhaushaltsgesetz – Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts BGBl. I Nr. 51 vom 06.08.2009, S. 2585

UN Wasserforum

IHP-Projekt Grundwasser für Notsituationen IHP-Project Groundwater for Emergency Situations

Das IHP Projekt Groundwater for Emergency Situations (GWES) verfolgt das Ziel, für Notsituationen, wie sie sich aus extremen Naturkatastrophen ergeben, die Nutzung von Grundwasservorkommen für die öffentliche Wasserversorgung zu prüfen und zu ermöglichen. Das Projekt wurde bereits in der VI. Phase des IHP (2002–2007) begonnen und mit dem Bericht "Groundwater for Emergency Situations – A Framework Document" (IHP VI Series on Groundwater No 12) abgeschlossen. Eine wesentliche Aufgabe des GWES war darüber hinaus die Durchführung von internationalen Expertenworkshops in verschiedenen Regionen der Erde wie Mexiko, Indien, Iran und Japan, wo die erforderlichen Maßnahmen diskutiert und strukturiert wurden.

Angesichts der Häufigkeit und Intensität von Naturkatastrophen und ihren Auswirkungen auf die Wasserversorgung der Menschen in den betroffenen Regionen hat der Intergovernmental Council für das IHP der UNESCO eine Fortsetzung des GWES beschlossen, die in der VII. Phase des IHP (2008–2013) umgesetzt wurde.

Das GWES Projekt wird von einer internationalen Arbeitsgruppe, bestehend aus Experten der UNESCO, der International Association of Hydrogeologists (IAH) und weiteren Fachleuten verschiedener Länder und Regionen, bearbeitet. Deutscher Vertreter in dieser Fachgruppe war Professor Klaus-Peter Seiler, i.R., Institute of Hydrology, Helmholtz Zentrum, München.

Ziel der zweiten Phase des GWES-Projekts war die Erstellung einer methodischen Richtlinie: Identifizierung, Untersuchung, Abschätzen, Bewirtschaften und Kartierung von Grundwasservorkommen, die im Hinblick auf extreme Naturkatastrophen ausreichend geschützt sind, um sie in Notsituationen nutzen zu können. Ein wichtiger Teilaspekt von GWES ist die Befähigung zur Selbsthilfe der lokalen Bevölkerung. Auf der Basis der untersuchten Grundwasservorkommen soll so eine schnelle Wasserversorgung wieder ermöglicht werden.

Neben dem methodischen Vorgehen liefert die Richtlinie Informationen, wie die Thematik Grundwasser für Notsituationen in das nationale Notfallmanagement eingebunden werden kann. Zur Illustration sind folgende Fallstudien aufgenommen worden:

- Identifying a potential emergency groundwater supply in a fractured rock quartzitic aquifer with environmental isotopes
- Isotope hydrology assists in revealing a regional emergency groundwater resource in South Africa
- The Molasse Basin of South Germany: a classic example of emergency groundwater resources
- Groundwater for emergency situations: Labe (Elbe) River flood in the Czech Republic, August 2002
- Impact of the October 1999 super cyclone on the groundwater system and identification of groundwater resources for providing safe drinking water in coastal Orissa, India
- The implementation of best management practices for emergency groundwater in China – a case study of Shenthen Xikeng reservoir area

- 'El Niño' impact on water supply and sewage drainage infrastructure in Peru
- The effect of the 2004 tsunamis on groundwater in the Maldives islands
- Tsunami impacts and rehabilitation of groundwater supply: Lessons learned from Eastern Sri Lanka
- Groundwater use in an emergency: impact of, and experience gained in the huge Hanshin-Awaji, Japan earthquake

Der IHP-Bericht „Groundwater for Emergency Situations – A methodological Guide“ kann unter www.unesco.org, Navigationspunkte natural-sciences, resources, publications heruntergeladen werden.

G. Strigel, IHP/HWRP-Sekretariat, Koblenz

WMO Kongress 2011 WMO Congress 2011

Der WMO Kongress ist das höchste beschlussfassende Gremium der World Meteorological Organization (WMO) und tagt regulär alle vier Jahre. Der diesjährige 16. WMO Kongress hat auch Entscheidungen zur Hydrologie getroffen. Das Hydrology and Water Resources Programme (HWRP) wird in der dreigliedrigen Struktur (1) Basissysteme, (2) Prognosen und Anwendungen und (3) Capacity Building weitergeführt. Für die WMO Flood Forecasting Initiative wird eine Beratergruppe eingesetzt. Weiter wurde das sog. Quality Management Framework – Hydrology beschlossen, das in den nächsten Jahren zu einer Stärkung des Qualitätsmanagements in den nationalen hydrologischen Diensten führen soll.

Zu dem von der 3. Weltklimakonferenz eingesetzten Globalen Rahmenwerk für Klimadienleistungen (Global Framework for Climate Services, GFCS) wurde ein wichtiger Beschluss gefasst, zum Einen betrifft dies die Steuerungsstrukturen: hier soll es auf der obersten Ebene ein zwischenstaatliches Gremium (Intergovernmental Board) geben. Zum Anderen wird das WMO Sekretariat auch das Sekretariat des GFCS beherbergen. Im GFCS enthalten ist auch die Climate User Interface Plattform, die eine verbesserte Interaktion zwischen sektoralen Nutzern und Anbietern von Klimadienleistungen ermöglichen soll. Eine der vorrangigen Nutzergruppen ist hier die Wasserwirtschaft. Das HWRP hat innerhalb der WMO die Aufgabe, die notwendigen Voraussetzungen für eine verbesserte Nutzbarkeit der Klimainformationen in der Wasserwirtschaft zu schaffen, auch durch eine weiter verbesserte Zusammenarbeit zwischen den nationalen meteorologischen und hydrologischen Diensten. Auf einer Sondersitzung des Kongresses soll 2012 der Umsetzungsplan und die detaillierte Steuerungsstruktur für das GFCS mit den Mitgliedern und den anderen am GFCS beteiligten UN-Organisationen beschlossen werden.

Für die Position des WMO Generalsekretärs konnte sich der bisherige Amtsinhaber, Michel Jarraud, Frankreich, in einer Abstimmung deutlich gegen seine Mitbewerber durchsetzen. Er wurde für eine dritte und damit nach den Statuten letzte Amtszeit ernannt. Der Leiter des Kanadischen Wetterdienstes, David Grimes,

wurde zum Präsidenten der Organisation berufen. Prof. Dr. Gerhard Adrian, Präsident des Deutschen Wetterdienstes, wurde in den Exekutivrat der WMO gewählt.

Joachim Saalmüller, Deutscher Wetterdienst, Offenbach

UNESCO Lehrstuhl HydroChange der RWTH Aachen **UNESCO Chair HydroChange, RWTH Aachen**

Im Oktober 2010 erhielt die Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH) das Mandat der UNESCO zum Aufbau eines UNESCO Lehrstuhls für Hydrologischen Wandel und Wasserressourcen-Management. In der Bundesrepublik Deutschland ist dies der insgesamt achte UNESCO Lehrstuhl. Seitens der RWTH Aachen wurde Univ.-Prof. Dr.-Ing. Heribert Nacken mit der Aufgabe betraut, das Mandat aktiv umzusetzen und in der Folgezeit die Aktivitäten des UNESCO Lehrstuhls zu initiieren und zu betreuen. Herr Nacken ist langjähriges Mitglied des Wissenschaftlichen Beirates des deutschen IHP/HWRP-Nationalkomitees. Der neue Aachener Lehrstuhl tritt in ein Netzwerk von insgesamt 650 UNESCO Lehrstühlen ein, die eine weltweite Kooperation anstreben.

Die Ziele des neuen UNESCO Lehrstuhls liegen im Rahmen der mittelfristigen Strategie der UNESCO (2008–2013), der VII. Phase des IHP und der UN-Dekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“. Die Kernpunkte bestehen in der Erforschung von Anpassungsstrategien, die im Kontext des hydrologischen Wandels erforderlich werden, der Entwicklung von Methodenkompetenzen zum effektiven und nachhaltigen Wasserressourcen Management sowie schwerpunktmäßig in der Herstellung von innovativen und adaptiven Aus- und Weiterbildungsangeboten von der Schule über die Universität bis in den außeruniversitären Bereich.

Ein regionaler Fokus bei der Umsetzung der Arbeiten liegt dabei neben der Umsetzung vor Ort auf den Ländern im arabischen Raum, in welchen die Veränderung der Lebensbedingungen durch den hydrologischen und klimatischen Wandel zu dringenden Handlungs- und Anpassungsstrategien auffordern. Diese können auf lange Sicht nur durch die Einführung von Bildungsmaßnahmen zur nachhaltigen Entwicklung erzielt werden. Der UNESCO Lehrstuhl wird bestehende Kooperationen nutzen und zusätzliche Nord-Süd-Süd Kooperationen etablieren. Dabei kann auf ein starkes Kompetenznetzwerk von lokalen Bildungsträgern zurück gegriffen werden, das in den vergangenen acht Jahren

stetig mit jedem der vier bereits erfolgreich abgeschlossenen Tempus Projekte des Lehrgebietes Ingenieurhydrologie gewachsen ist. In diesen Projekten unterstützte das Lehrgebiet unter anderem zwei Universitäten in Kairo bei dem Aufbau des Masterstudiengangs „Water Resources Management and Environmental Engineering“, und entwickelte ein Trainingsprogramm (training of trainers) für Mitarbeiter des ägyptischen Wasserministeriums. Darüber hinaus bestehen intensive Verbindungen mit dem UNESCO Lehrstuhl „Sustainable Stormwater Management“ in China. Mit diesem Lehrstuhl wurden bereits in der Vergangenheit Medien gestützte Unterrichtskurse entwickelt und mit Hilfe des Lehr- und Lernsystems Moodle bereitgestellt. Die daraus entstandenen Selbstlernmedien werden an drei chinesischen Universitäten (Tongji, Jinan und Nanchang) eingesetzt.

Aktuell ist der UNESCO Lehrstuhl in das durch die EU geförderte Projekt EDUCAMP eingebunden. Ziel des Projektes, bei dem die Mitarbeiter mit einem internationalen Konsortium aus Universitäten und NGOs zusammen arbeiten, ist es, die Bildung für die nachhaltige Entwicklung in die ägyptische Gesellschaft und dort speziell in die Schulen zu tragen und zu verankern. Zu diesem Zweck werden erstmals Schulen und Universitäten miteinander strukturell gekoppelt und sogenannte „Centres of Excellence“ innerhalb ägyptischer Universitäten eingeführt, die zum Angebot und Training von Aktivitäten und zur Bildung für die Nachhaltige Entwicklung (ESD) beitragen. Der UNESCO Lehrstuhl übernimmt in dem Projekt die Konzeption und Erstellung von ESD Kits für Lehrer und Schüler im Themenbereich Wasser. Durch langjährige Erfahrung in Zusammenhang mit innovativen Lehr- und Lernmethoden wird der Fokus der Entwicklung auf Medien gestützten ESD Kits liegen. Des Weiteren wird eine netzgestützte Kooperations-Plattform zur Vernetzung der Akteure sowie dem gegenseitigen Austausch von Wissen und Erfahrungen mit dem Thema der nachhaltigen Entwicklung beitragen.

Außerdem konzipiert der Lehrstuhl derzeit in Zusammenarbeit mit der German University of Technology (GUTech) im Oman einen neuen Bachelor / Master Studiengang „Environmental Engineering“, bei dem die Wasserressourcen einen Schwerpunkt darstellen werden.

Weitere Informationen zum UNESCO Lehrstuhl HydroChange finden Sie im Internet unter: www.unescochair.rwth-aachen.de sowie www.lfi.rwth-aachen.de.

H. Nacken, RWTH Aachen

Tagungsbericht

9. Doktorandenworkshop „Hydrologische Modellierung (AG HYDMOD)“ in Bern 9th PhD-workshop on hydrological modelling (AG HYDMOD) at Bern

Der Workshop AG HYDMOD ist eine jährlich stattfindende Fachtagung zum Thema Modellierung hydrologischer Systeme im weitesten Sinne, welche sich explizit an Nachwuchsforschende der Doktors- und Masterstufe richtet. In einer, von allen Teilnehmenden sehr geschätzten, ungezwungenen Atmosphäre werden diskussionswürdige methodische Aspekte aus der aktuellen Forschungsarbeit kurz vorgestellt, um diese dann ausführlich mit dem Publikum zu diskutieren. Diese intensive Interaktion zwischen Vortragenden und Publikum zeichnet den Workshop aus und ermöglicht es, kreative Lösungsansätze zu entwickeln.

Am 28. und 29. April 2011 diskutierten über 40 Teilnehmende aus Deutschland, Österreich und der Schweiz an der Universität Bern in drei Blöcken über aktuelle Fragen der hydrologischen Modellierung:

- Parametersensitivität und Unsicherheiten in der Kalibrierung: Wie kann man bestehende Modelle verbessern?
- Sensitivitäten in Raum und Zeit: Wie aussagekräftig sind aktuelle hydrologische Projektionen?
- Unsicherheiten in den Eingangsdaten und deren Auswirkungen auf den Modelloutput: Quantifizieren und Minimieren?

Jeder dieser Vortragsblöcke wurde durch ein Keynote-Referat eröffnet und mit einer zusammenfassenden Plenumsdiskussion abgeschlossen. Insgesamt 13 Vortragende und 6 Poster-Autoren boten einen Einblick in ihre Forschungsarbeiten. In den 20-minütigen Diskussionen nach jedem Vortrag und in den drei Plenumsdiskussionen am Schluss jedes Vortragblockes wurden verschiedene Lösungswege diskutiert, die hier kurz zusammengefasst sind:

Block 1: Dr. Daniel Viviroli (Imperial College London und Universität Bern) wies mit seinem Keynote-Referat auf verschiedene Herausforderungen hin, die unmittelbar mit dem Prozess der hydrologischen Modellierung einhergehen. Unter anderem ging er auf Herausforderungen bei der Kalibrierung von physikalisch basierten deterministischen Modellen und die damit verbundenen Unsicherheiten ein. Zudem stellte er eine praxisrelevante Umsetzung seiner Forschungsarbeit, ein System zur modellbasierten Hochwasserabschätzung, vor.

In der Plenumsdiskussion wurden beispielsweise Stärken und Schwächen des Nash-Sutcliffe-Gütemaßes (NSE) zur Bewertung und Kalibrierung hydrologischer Modelle erörtert. Das Plenum war sich einig, dass das NSE in der Hydrologie ein Standardgütemaß darstellt und daher im Sinne der Vergleichbarkeit verschiedener Studien erhoben werden sollte. Zur Bewertung der Modellierungsgüte eignet sich das NSE allein jedoch kaum. Stattdessen bietet es sich an, eine dem Modellierungsziel entsprechende Auswahl von Gütemaßen zu verwenden. Zudem sollten hydrologische Modelle möglichst auf mehrere Zielgrößen kalibriert werden, da dies eine realistische Prozessabbildung ermöglichen kann. Die Idee hydrologische Modelle einer Bias-Korrektur zu unterziehen, anstatt sie aufwändig zu kalibrieren, wurde verworfen, weil hydrologische Modelle auf dem Massenerhaltungsge-

setz basieren, womit der gesamte Input in ein Modell zu einem Output umgewandelt werden muss.

Block 2: Prof. Dr. Ulrich Strasser (Universität Graz) zeigte in seinem Keynote-Referat anhand zahlreicher Beispiele die Grenzen vieler konzeptueller hydrologischer Modelle auf, wobei deren Nichtberücksichtigung zu Fehlinterpretationen der Modellresultate führen kann. Zum Erstellen aussagekräftiger hydrologischer Projektionen bedarf es also Modelle, welche besonders hinsichtlich der untersuchten Prozesse szenarienfähig sind. Um dies zu erreichen sind sowohl vertiefte Kenntnisse der wesentlichen Prozesse als auch detaillierte Informationen zur Umsetzung dieser relevanten Prozesse im jeweiligen Modell notwendig. Nur mit einem umfassenden Prozessverständnis lassen sich aus Klimaszenarien plausible hydrologische Projektionen errechnen und fundierte Aussagen treffen.

Die anschließende Diskussion verdeutlichte, dass hydrologische Projektionen nötig sind. Diese sollten jedoch nicht als Prognosen, sondern als Szenarien verstanden werden. Die Gesellschaft fordert heute Aussagen zur Auswirkung der Klimaveränderung, auch wenn die Modelle nicht perfekt sind. Eine Fokussierung auf für die Gesellschaft relevante Grenzwerte erscheint dabei am zielführendsten.

Block 3: Prof. Dr. Jan Seibert (Universität Zürich) zeigte in seinem Keynote-Referat Differenzen zwischen Realität und Modellwelt auf. Diese Unterschiede beschränken sich nicht nur auf die konzeptuelle Umsetzung von in der Natur ablaufenden Prozessen im Modell selbst, sondern schließen auch Ungenauigkeiten und Fehler bei Messung und Interpolation von meteorologischen Antriebs- und hydrologischen Vergleichsdatenreihen ein. So werden gemessener Niederschlag und Abfluss stets von den wahren Werten abweichen.

Im Plenum wurde dann schnell klar, dass die Kommunikation aller Unsicherheiten bei allen Studien unumgänglich ist. Hingegen konnte nicht abschließend beantwortet werden, wie diese Unsicherheiten zu kommunizieren sind.

Die Schlussdiskussion widmete sich noch einmal allen genannten Themenbereichen. Darüber hinaus wurden aber auch rein praktische Aspekte der Modellierung angesprochen. So wurde von Teilnehmern darauf hingewiesen, dass manche Grafikkarten auch 100 mal schneller rechnen können und es sich deshalb lohnen würde, diese Option für rechenaufwändige Simulationen, Modellkalibrierung oder Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalysen in Betracht zu ziehen.

Abschließend wurde noch diskutiert, ob Englisch als Workshop-Sprache zeitgemäßer wäre. Nach einer intensiven Diskussion haben sich letztlich die Teilnehmenden dafür ausgesprochen, die AG HYDMOD auch weiterhin auf Deutsch zu veranstalten, aber stärker als bisher auf die Möglichkeit hinzuweisen, dass stets auch englische Beiträge akzeptiert werden.

Alle Vorträge des diesjährigen Workshops sind auf der folgenden Internetseite aufgeschaltet: www.oeschger.unibe.ch/events/conferences/aghymod/

Die freundliche Unterstützung des Oeschger-Zentrum für Klimafolgenforschung sowie der Schweizerischen Hydrologischen Kommission haben die Durchführung des Workshops und der anschließenden Exkursion ins Berner Oberland überhaupt erst ermöglicht. Dem Geographischen Institut sei für die Zurverfügungstellung von Infrastruktur und Personal gedankt.

Die Verknüpfung von Praxis und Wissenschaft konnten die Teilnehmenden in diesem Jahr erstmalig auf einer eintägigen Exkursion zu den Wasserkraftwerken der KWO und einem Schutzbauwerk am Glyssibach in Brienz erfahren.

Die 10. AG HYDMOD findet im Frühjahr 2012 an der Friedrich-Schiller-Universität Jena statt. Informationen werden frühzeitig versandt, Interessierte können sich bereits heute beim Mailverteiler anmelden: wshydmod@gmail.com.

Anschrift der Verfasser:

Raphael Meyer
 Nina Köplin
 Jan Schwanbeck
 Gruppe für Hydrologie, Universität Bern
 Hallerstr. 12, 3012 Bern, Schweiz
 raphael.meyer@giub.unibe.ch

Projektbericht

Eine Methode zur Bestimmung der Wechselwirkungen zwischen Sedimentdynamik und Ökotoxikologie
An approach to investigate the interactions between sediment transport and ecotoxicological processes

Infolge extremer hydrodynamischer Ereignisse oder anthropogener Aktivitäten wie zum Beispiel bei Hochwasserereignissen, Baggertätigkeiten oder Stauräumspülungen kann es zur Resuspension von Sedimenten in Gewässern, Stauräumen und Hafenbecken kommen. Infolge dieser Ereignisse ist auch die Resuspension schadstoffbelasteter Sedimente mit Auswirkungen auf aquatische Organismen möglich. In den vergangenen Jahrzehnten wurden zahlreiche experimentelle und numerische Untersuchungen oder Messungen in der Natur zum Transport- und Erosionsverhalten von Sedimenten durchgeführt. Weiterhin gibt es eine Vielzahl von Untersuchungen, die sich mit der Wirkung von kontaminierten Sedimenten auf die aquatische Umwelt beschäftigen. Jedoch ist derzeit wenig über die direkten Wechselwirkungen zwischen hydrodynamischen und ökotoxikologischen Prozessen unter Berücksichtigung der Sedimentdynamik bekannt. Im Sinne eines nachhaltigen Sedimentmanagements muss es daher Ziel interdisziplinärer Forschung sein, die ökotoxikologischen Auswirkungen und das Risiko schadstoffbelasteter Sedimente auf die aquatische Flora und Fauna in Abhängigkeit der Hydrodynamik und der Sedimentdynamik zu beschreiben und zu bewerten. Dieses neu gewonnene Wissen soll helfen, bestehende Regelwerke und Sedimentmanagementpläne anzupassen und zu erweitern sowie nachhaltige und kosteneffiziente Maßnahmen im Umgang mit kontaminierten Sedimenten zu entwickeln.

Um dieses Ziel zu erreichen wurde eine interdisziplinäre Methode entwickelt, bei der Wasserbauingenieure und Ökotoxikologen gemeinsam die ökologische und toxikologische Relevanz resuspendierter Sedimente unter Berücksichtigung des Erosions- und Transportverhaltens der Sedimente für charakteristische Strömungsbedingungen untersuchen, beschreiben und bewerten.

1 Einleitung

Im Rahmen des Floodsearch-Projekts – gefördert durch die Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder zur Förderung von Wis-

senschaft und Forschung an deutschen Hochschulen – werden zwei klassischerweise getrennt arbeitende Fachdisziplinen durch die Entwicklung eines fachübergreifenden methodischen Ansatzes zusammengeführt. Ziel ist es, durch die Kombination der Fachgebiete Wasserbau und Ökotoxikologie das Risiko und die Bioverfügbarkeit partikelgebundener Schadstoffe auf aquatische Organismen unter realistischen hydrodynamischen Strömungsbedingungen und unter definierten Umweltbedingungen abzuschätzen und auf diese Weise das Systemverständnis zu erweitern.

In Abhängigkeit von Strömungsgeschwindigkeit, Sohlschubspannung und Sedimenteigenschaften werden Sedimente erodiert oder sedimentiert. Besonders in strömungsberuhigten Bereichen wie Hafenbecken, Stauräumen oder auf Vorländern kommt es zur Deposition feiner, meist kohäsiver Sedimente. In stark industrialisierten Regionen können kohäsive Sedimentfraktionen, die aufgrund ihrer Oberflächeneigenschaften Schadstoffe binden, mit Schadstoffen belastet sein. Die abgelagerten Sedimente stellen somit ein potenciales Risiko für die aquatische Umwelt dar (GERBERSDORF et al. 2011, HEISE & FÖRSTNER 2007, HOLLERT et al. 2007). Aufgrund dieser Fähigkeit kohäsiver Sedimente Schadstoffe zu bin-

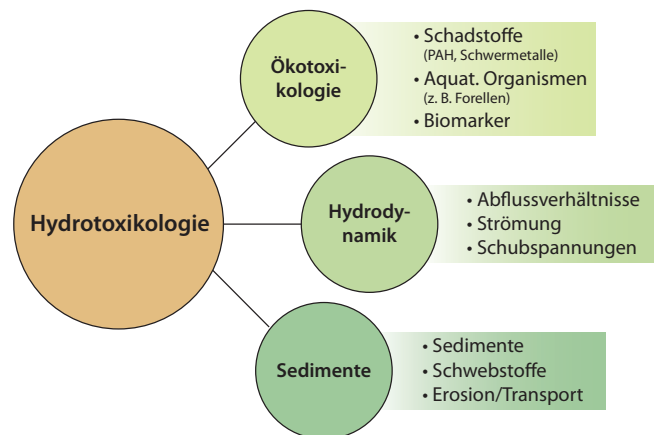


Abbildung 1
 Hydrotoxische Untersuchungen – Verbindung von Ökotoxikologie, Hydrodynamik und Sedimentdynamik (COFALLA et al. 2011)

den, gilt dem Erosions- und Transportverhalten dieser Sedimente bei Extremhochwässern, Baggertätigkeiten in Flüssen, Häfen, Ästuaren oder Talsperren das besondere Interesse des Floodsearch-Projekts, da durch die Resuspension schadstoffbelasteter Sedimente die toxischen Substanzen wieder in die Wassersäule eingetragen werden können und damit unter Umständen bioverfügbar werden. Frühere Untersuchungen (z.B. HOLLERT et al. 2000, NETZBAND 2007, WÖLZ et al. 2008) haben gezeigt, dass zuvor abgelagerte, partikelgebundene Schadstoffe bei Hochwasserereignissen wieder bioverfügbar werden und daher die Resuspension dieser Sedimente starke Auswirkungen auf die aquatische Fauna und Flora hat.

Im Rahmen des Projekts Floodsearch werden wasserbauliche und ökotoxikologische (hydro-toxische) Methoden (WÖLZ et al. 2009) in einem Versuchsstand kombiniert und weiterentwickelt, um das übergeordnete Ziel der ökotoxikologischen Relevanz schadstoffbelasteter Sedimente gemeinsam zu untersuchen. Ziel ist es, die Wechselwirkungen zwischen schadstoffbelasteten Sedimenten und aquatischen Organismen unter definierten Randbedingungen im Experiment zu untersuchen, um auf dieser Grundlage Empfehlungen zum Umgang mit schadstoffbelasteten Sedimenten zu geben. Vorteil der gewählten Vorgehensweise ist die Berücksichtigung aller relevanten Prozesse in einem Experiment (hydrodynamische Prozesse, Erosion, Transport und Deposition, Bioverfügbarkeit sedimentgebundener Schadstoffe und ökotoxikologische Bewertung in in-vitro und in-vivo Systemen) (Abb. 1) unter reproduzierbaren Laborbedingungen. Diese neu erarbeitete Methode erlaubt somit ein umfassenderes Verständnis und eine bessere Beschreibung aller relevanten Prozesse und Wechselwirkungen. Hiermit steht ein experimentelles Werkzeug zur Verfügung, um die Bioverfügbarkeit partikelgebundener Schadstoffe unter systematischen und vergleichbaren Randbedingungen beschreiben und bewerten zu können.

2 Versuchsaufbau und Versuchsprogramm

Im Rahmen des Floodsearch-Projekts wird das Erosions- und Transportverhalten schadstoffbelasteter kohäsiver Sedimente unter definierten physikalischen Randbedingungen (Hydrodynamik, Sedimentdynamik) für synthetische Sedimente und Natursedimente charakterisiert (SPORK 1997). Auf dieser Grundlage gilt es, die ökotoxikologische Relevanz der resuspendierten Schadstoffe durch systematische Versuche experimentell zu untersuchen und zu beurteilen. Um diese Projektziele zu erreichen, wurde das Kreisgerinne des IWW durch zusätzliche Messtechnik und Kontrollinstrumente ergänzt und erweitert, um Experimente mit lebenden Organismen unter kontrollierbaren Umweltbedingungen durchzuführen (COFALLA et al. 2010). Besonders hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang die Erweiterung des Kreisgerinnes zur Überwachung der Umweltbedingungen (z.B. pH-Wert, Temperatur, Sauerstoffgehalt etc.) und die Erweiterung der Kontrolleinrichtungen (z.B. Kälteanlagen, Luftzufuhr etc.) (COFALLA et al. 2010).

Innerhalb einer ersten Machbarkeitsstudie wurden verschiedene Testserien mit künstlichen Sedimenten durchgeführt, um die Wirkung der Sedimente auf den gewählten Testorganismus (Regenbogenforelle – *Oncorhynchus mykiss*) zu ermitteln. Zusätzlich bestand das Versuchsprogramm aus einem Vergleichstest mit Testorganismen ohne Sedimente (Klarwasserversuch) und einem Vergleichstest ohne Testorganismen mit Sedimenten (Erosions- und Sedimentationsversuch). Details zu den Versuchsrandbedingungen sind bei COFALLA et al. (2010) beschrieben.

Auf der Grundlage dieses Versuchsprogramm sind einerseits die ökotoxikologischen Auswirkungen der Sedimente sowie der schadstoffbelasteten Sedimente auf die Fische messbar und quantifizierbar, andererseits kann parallel das Erosions- und Transportverhalten der Sedimente bestimmt werden. Alle Experimente wurden unter kontrollierten hydraulischen und sedimentologischen Bedingungen sowie unter kontrollierten Umweltbedingungen durchgeführt. Das künstliche Sediment wurde nach der OECD-Richtlinie 218 (OECD 2004) hergestellt. Diese Sedimente setzten sich aus 5 % Torf, 20 % Kaolinit, 75 % Quarzsand zusammen. Das Sediment hatte nach Fertigstellung einen Wassergehalt von 30 %. Weiterhin wurden polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) als Schadstoffklasse ausgewählt, um das Sediment zu dotieren (Pyren ($4,1 \text{ mg kg}^{-1}$), Phenanthren ($5,0 \text{ mg kg}^{-1}$), Chrysen ($3,3 \text{ mg kg}^{-1}$) und Benzof[a]pyren ($8,3 \text{ mg kg}^{-1}$)). Eine Gesamtmenge von rund 700 kg künstlichen Sediments wurde für alle Tests, die im Kreisgerinne durchgeführt wurden, vorbereitet. Die Hälfte des Sedimentes wurde mit den oben genannten PAKs dotiert. Auf diese Weise konnte sichergestellt werden, dass ein bekanntes standardisiertes Sediment mit klar definierten Schadstoffkonzentrationen zum Einsatz kommt und die Variabilität dieses Kunstsedimentes in der Machbarkeitsstudie als gering angenommen werden konnte. Nachdem eine Sedimentschicht mit einer Stärke von 4 cm manuell in das Kreisgerinne eingebaut wurde, konnte mit der Flutung des Kreisgerinnes begonnen werden. Anschließend fand eine Konsolidierung der Sohle über eine Dauer von drei Tagen statt (SCHWEIM 2005). Mit Hilfe einer simulierten Hochwasserkurve, die nach DIN 4049-3 (DIN 4049-3, 1992) an die Bedingungen des Kreisgerinnes angepasst wurde, konnte das eingebrachte Sediment resuspendiert werden. Die Dauer eines Versuchs betrug 120 Stunden bei einer maximalen Sohlschubspannung von $0,4 \text{ N/m}^2$. Dies entsprach einer tangentialen Fließgeschwindigkeit von $0,38 \text{ m/s}$. Abbildung 2 zeigt die Bewegung der Sedimente während eines simulierten Hochwasserereignisses.

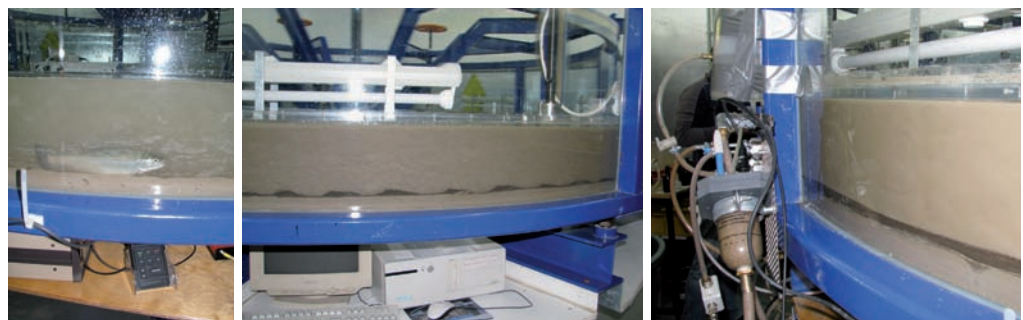


Abbildung 2

Das Kreisgerinne am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, RWTH Aachen (links: Regenbogenforelle im Experiment; Mitte: Rippelbildung; rechts: Messeinrichtung zur Aufzeichnung und Kontrolle der Sedimenteigenschaften und der Umweltbedingungen)

3 Ergebnisse

Im Folgenden sollen beispielhaft einige Ergebnisse der hydrotoxischen Untersuchungen dargestellt werden. Während der Versuche wurden kontinuierlich hydraulische, sedimentologische und physikalisch-chemische Parameter aufgezeichnet, um die Umweltbedingungen, das Erosions- und das Transportverhalten der Sedimente während der Experimente zu charakterisieren.

Der mittlere Sauerstoffgehalt lag bei 9,37 mg/l ($\sigma = 1,03$), die Durchschnittstemperatur bei $T = 12,67\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\sigma = 0,09$) und der mittlere pH-Wert bei pH 7,90 ($\sigma = 0,23$). Die Stabilität dieser und weiterer physikalisch-chemischer Parameter zeigen, dass ein geeignetes Milieu für die Versuchsorganismen erfolgreich über die gesamte Versuchsdauer bereitgestellt werden konnte.

Zur Charakterisierung des Sedimentverhaltens wurden die kritische Sohlschubspannung und die Entwicklung des Schwebstoffgehalts in der Wassersäule kontinuierlich aufgezeichnet und analysiert. Die kritische Schubspannung als Maß für den Erosionsbeginn wurde mit Hilfe von Trübungsmessungen bestimmt (COFALLA et al. 2010). Die Konzentration des Schwebstoffgehalts war abhängig von der kritischen Sohlschubspannung, der Sedimentzusammensetzung, der Konsolidierungszeit und der Abwesenheit/Anwesenheit der Fische (COFALLA et al. 2010). Die maximale Schwebstoffkonzentration betrug 18,50 g/l bei einer Sohlschubspannung von 0,35 N/m² im Bereich der abnehmenden Hochwasserwelle. Die chemische Analyse der Sedimentproben ergab eine Wiederfindungsrate der PAK zwischen 52 % und 74 %.

Weiterhin wurden im Rahmen der Versuche eine große Anzahl verschiedener biologischer Endpunkte analysiert. Diese Endpunkte ermöglichten es, den Einfluss der sedimentgebundenen Schadstoffe auf die aquatischen Organismen zu bestimmen. Die ausgewählten biologischen Endpunkte beinhalteten biochemische Marker (7-Ethoxyresorufin-O-Deethylase, Glutathion-S-Transferase und Katalase Aktivität, Lipidperoxidation), Genexpressionsanalysen (quantitative Echtzeit-RT-PCR), die Bestimmung des Cytochroms P450 1A1 (CYP1A1) Proteingehalts, die chemische Analyse der Metabolite in der Galle (1-Hydroxypyrene, 1 Hydroxyphenanthrene, und 3-Hydroxybenzo[a]pyrene) (Abb. 3) und die Bestimmung der Mikrokernrate mit peripheren Erythrozyten, welche einen definitiven Nachweis für Chromosomenschäden darstellt (BRINKMANN et al. 2010).

Durch die Exposition der Regenbogenforellen gegenüber den gewählten sedimentgebundenen Schadstoffen gab es keine wesentlichen Veränderungen bei den Enzymmessungen. Im Gegensatz dazu war die Mikrokernfrequenz signifikant (4,3-mal größer im Vergleich zur Kontrollgruppe) durch die Exposition der Regenbogenforellen mit PAK kontaminierten resuspendierten Sedimenten im Kreisgerinne erhöht. Der empfindlichste Biomarker für PAK-Exposition war die Konzentration von PAK-Metaboliten in der Gallenflüssigkeit, die die Aufnahme von partikelgebundenen Schadstoffen deutlich zeigte.

Im Gegensatz zu den in-vivo Messungen zeigten die gespikten Sedimente signifikante EROD Aktivitäten in in vitro Messungen mit RTL-W1 Zelllinien im Vergleich zu dem Kontrollsediment (HUDJETZ et al. 2010). Mit einem Bio-TEQ von etwa 900 Pg g⁻¹ zeigten die belasteten Sedimente die gleiche Aktivität, wie sie

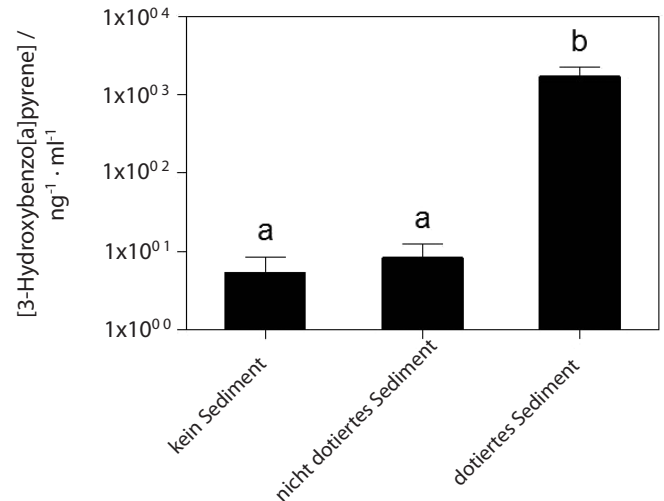


Abbildung 3

Konzentration des PAK-Metabolites 3-Hydroxybenzo[a]pyren in der Galle von Regenbogenforellen, die zuvor den Sedimenten im Kreisgerinne für 5 Tage ausgesetzt waren im Vergleich zur Kontrollgruppe. Jeder Versuch wurde mit $n = 15$ Tieren durchgeführt. Balkengrafiken stellen den Mittelwert dar, Fehlerbalken die Standardabweichung. Versuchsgruppen mit dem selben Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Kruskal-Wallis one-way ANOVA on ranks nach der Methode von Dunn, $p \leq 0,01$) (BRINKMANN et al. 2010)

auch in anderen Studien für belastete Sedimente aus deutschen Gewässersystemen gefunden wurden. Die Unterschiede zwischen den in-vivo und den in vitro EROD Aktivitäten können mit der kurzen Exposition der Versuchstiere gegenüber kontaminierten Sedimenten (5 Tage) wie auch mit den Stoffwechseleffekten aufgrund der niedrigen PAK-Konzentrationen erklärt werden.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der experimentellen Machbarkeitsstudie des Floodsearch-Projektes wurde gezeigt, dass es möglich ist, hydrodynamische und ökotoxikologische Ansätze und Methoden experimentell miteinander zu kombinieren. Diese neue interdisziplinäre Methode stellt ein leistungsfähiges und vielversprechendes Werkzeug dar, um das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Sedimentdynamik, sedimentgebundenen Schadstoffen und aquatischen Organismen auf experimenteller Grundlage zu verbessern. Mit der neuen Methode steht Entscheidungsträgern aus Hafen-, Wasserstraßen-, Talsperren- und Wasserwirtschaftsverwaltungen ein zusätzliches Instrument auf Organismenebene zur Bewertung der Bioverfügbarkeit partikelgebundener Schadstoffe als Grundlage für eigene Entscheidungsprozesse zur Verfügung. Wechselwirkungen zwischen schadstoffbelasteten Sedimenten und aquatischen Organismen können unter Ausschluss der natürlichen Variabilität systematisch untersucht und bewertet werden.

Derzeit werden von den Projektpartnern neben künstlichen Sedimenten auch natürliche Sedimente im Kreisgerinne unter variablen Umweltbedingungen (Trübung, pH, Strömungen, Sedimente) getestet. Dafür wurden Messtechnik und Kontrollinstrumente am Kreisgerinne weiter angepasst und erweitert. Die Wechselwirkungen zwischen Schadstoffen, Sedimenten und aquatischen Organismen werden detailliert untersucht.

Danksagung

Die Autoren dieses Beitrags bedanken sich bei der ERS-Projektsteuerungsgruppe und bei Frau Dr. Elke Müller vom Exploratory Research Space (ERS) an der RWTH Aachen für die Bewilligung und Finanzierung des Projekts durch Zuschüsse der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder.

Anschrift der Verfasser.

Dipl.-Ing. Catrina Cofalla; Dipl.-Ing. Sebastian Roger;
Dr. Roy M. Frings; Univ.-Prof. Dr.-Ing. Holger Schüttrumpf
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, RWTH Aachen
Kreuzherrenstr. 7, 52056 Aachen
cofalla@iww.rwth-aachen.de,
schuettrumpf@iww.rwth-aachen.de

B. Sc. Markus Brinkmann; Dipl.-Biol. Sebastian Hudjetz;
Dipl.-Biol. Jan Wölz; Uni.-Prof. Dr. rer.nat. Henner Hollert
Institut für Umweltforschung, RWTH Aachen

Dr. Sabine U. Gerbersdorf
Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart

Dr. Markus Hecker
Toxicology Centre, University of Saskatchewan; Saskatoon, SK,
Canada

Dr. Ulrike Kammann
Johann Heinrich von Thuenen-Institute (vTI), Hamburg

Prof. Dr. Gottfried Lennartz
Forschungsinstitut für Ökosystemanalyse und -bewertung
(Gaiac), RWTH Aachen

Prof. Dr. Andreas Schäffer
Institut für Umweltforschung, RWTH Aachen

Literaturverzeichnis

BRINKMANN, M., S. HUDJETZ, C. COFALLA, S. ROGER, U. KAMMANN, X. ZHANG, S. WISEMAN, J. GIESY, M. HECKER, H. SCHÜTTRUMPF, J. WÖLZ & H. HOLLERT (2010): A combined hydraulic and toxicological approach to assess re-suspended sediments during simulated flood events: Part I – Multiple biomarkers in rainbow trout. – *Journal of Soils and Sediments* 10 (7), 1347–1361

COFALLA, C., S. ROGER, M. BRINKMANN, S. HUDJETZ, H. SCHÜTTRUMPF & H. HOLLERT (2010): Floodsearch – Hydrotoxic Investigations of Contaminated Sediment in an Annular Flume. – *Proceedings of the PIANC MMX Kongress*. – Liverpool, UK

COFALLA, C., S. HUDJETZ, S. ROGER, M. BRINKMANN, P. EISENBEIS, H. HOLLERT & H. SCHÜTTRUMPF (2011): Remobilization of particle-bound contaminants from re-suspended sediments and their impact on aquatic organism. – *Book of Abstracts of the 7th SedNet Conference*. – Venedig, Italien

DIN 4049-3 (1992): Hydrologie, Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie. – Beuth Verlag, Berlin

GERBERSDORF, S., H. HOLLERT, M. BRINKMANN, S. WIEPRECHT, H. SCHÜTTRUMPF & W. MANZ (2011): Anthropogenic pollutants affect ecosystem services of freshwater sediments: the need for a “triad plus x” approach. – Accepted for publication in *Journal of Soils and Sediments*. DOI: 10.1007/s11368-011-0373-0

HEISE, S. & U. FORSTNER (2007): Risk assessment of contaminated sediments in river basins – theoretical considerations and pragmatic approach. – *J Environ Monit* 9, 943–52

HOLLERT, H., M. DÜRR, L. ERDINGER & T. BRAUNBECK (2000): Cytotoxicity of settling particulate matter (SPM) and sediments of the Neckar river (Germany) during a winter flood. – *Environ Toxicol Chem* 19, 528–534

HOLLERT, H., M. DÜRR, I. HAAG, J. WÖLZ, K. HILSCHEROVA, L. BLAHA & S. GERBERSDORF (2007): Influence of hydrodynamics on sediment ecotoxicity. – In: Westrich, B., Förster, U. (eds): *Sediment dynamics and pollutant mobility in rivers*. – Springer Verlag, Heidelberg, 401–416

HUDJETZ, S., M. BRINKMANN, C. COFALLA, J.C. WÖLZ, S. ROGER, B. SCHMIDT, A. SCHÄFFER, U. KAMMANN, H. SCHÜTTRUMPF & H. HOLLERT (2010): FLOODSEARCH Part A: Chemical and effect directed analysis (EDA) of resuspended sediments during simulated flood events. – In: *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*. – *Proceedings of the Annual Meeting SETAC Europe 2010 in Seville*. – SETAC Press, Brüssel

NETZBAND, A. (2007): Sediment management: An essential element of river basin management plans. – *J Soils Sediments* 7, 117–132

OECD (2004): OECD Guideline 218 – Sediment-Water Chironomid Toxicity Test Using Spiked Sediment

SCHWEIM, C. (2005): Modellierung und Prognose der Erosion feiner Sedimente. – Fakultät für Bauingenieurwesen der RWTH Aachen (Dissertation), Aachen

SPORK, V. (1997): Erosionsverhalten feiner Sedimente und ihre biogene Stabilisierung. – *Mitteilungen des Lehrstuhls und Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft der RWTH Aachen Band 114*. Mainz, Aachen

WÖLZ, J., C. COFALLA, S. HUDJETZ, S. ROGER, M. BRINKMANN, B. SCHMIDT, A. SCHÄFFER, U. KAMMANN, G. LENNARTZ, M. HECKER, H. SCHÜTTRUMPF & H. HOLLERT (2009): In search for the ecological and toxicological relevance of sediment re-mobilisation and transport during flood events. – *Journal of Soils and Sediments* 9 (1), 1–5

WÖLZ, J., M. ENGWALL, S. MALETZ, H. OLSMAN TAKNER, B. VAN BAVEL, U. KAMMANN, M. KLEMP, R. WEBER, T. BRAUNBECK & H. HOLLERT (2008): Changes in toxicity and Ah receptor agonist activity of suspended particulate matter during flood events at the rivers Neckar and Rhine – a mass balance approach using in vitro methods and chemical analysis. – *Environ Sci Pollut Res* 15, 536–553

Aktuelles

Gründung der Deutschen Hydrologischen Gesellschaft

Am 21. Juni 2011 fand in der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), Koblenz, eine Initialversammlung zur Gründung der „Deutschen Hydrologischen Gesellschaft“ (DHG) statt.

Ziel der „Deutschen Hydrologischen Gesellschaft“ ist die Förderung der Hydrologie in Forschung, Lehre und Praxis, wobei die Bildung einer breiten Basis an der Hydrologie interessierter Fachleute die wesentliche Voraussetzung bildet. Ein gewähltes Gremium soll hierzu fachliche Schwerpunkte formulieren und Impulse für die Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Grundlagen und deren Anwendung an der Schnittstelle zwischen Wissenschaft und Praxis entwickeln. Mit Weiterbildungsangeboten zu einer Vielzahl von aktuellen Themen z.B. über die derzeitigen Kenntnisse zur zukünftigen Klimaentwicklung, der breiten Anwendung der N/A-Modellierung oder der Bedeutung des Wassers als weltweit limitierender Entwicklungsfaktor, sollen vor allem Praktiker, aber auch der wissenschaftliche Nachwuchs mit neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen vertraut gemacht werden. Die DHG ist offen für eine Zusammenarbeit mit inhaltlich ähnlichen Gremien und Institutionen und strebt insbesondere die Kooperation mit der Fachgemeinschaft Hydrologische Wissenschaften (FgHW) in der DWA an.

Das auf der Sitzung am 21. Juni gebildete vorläufige Geschäftsführende Präsidium setzt sich aus folgenden Mitgliedern zusammen:

- Prof. Axel Bronstert, Universität Potsdam
- Prof. Markus Casper, Universität Trier
- Prof. Andreas Schumann, Universität Bochum
- Prof. Markus Weiler, Universität Freiburg.

Während der Sitzung wurde ein Termin für die erste Mitglieder- und Gründungsversammlung festgelegt, die am 23. September 2011 in der BfG, Koblenz, stattfinden wird. An der BfG wird auch die Geschäftsstelle der „Deutschen Hydrologischen Gesellschaft“ eingerichtet.

Inhalte der Veranstaltung am 23. September werden zum einen Beratungen zu den zukünftigen Arbeiten und Initiativen der „Deutschen Hydrologischen Gesellschaft“ sowie die Wahl des Präsidiums sein. Hierzu wird noch eine gesonderte Einladung weit gestreut. Die DHG hofft auf eine rege Beteiligung und lädt alle Interessierten ein, an der Veranstaltung in Koblenz teilzunehmen. Kontakt für Fragen, Anregungen und Mitgliedschaft: Dr. Thomas Lüllwitz, luellwitz@bafg.de, Tel. 0261/1306-5879 sowie -5353.

Th. Lüllwitz, Geschäftsstelle Deutsche Hydrologische Gesellschaft, Koblenz

Neue Master-Studiengänge an der TU Dresden

Zum kommenden Wintersemester werden an der TU Dresden in der Fachrichtung Wasserwesen die neuen Master-Studiengänge Hydrologie, Hydrobiologie, Wasserwirtschaft sowie Abfallwirtschaft und Altlasten angeboten.

Das traditionsreiche Dresdner Wasserwesen ist in seiner Struktur einmalig in Deutschland, es vereint die unterschiedlichsten Disziplinen innerhalb eines Fachbereichs der TU Dresden, der größten Technischen Universität Deutschlands. Die Studiendauer für die neuen Master-Studiengänge beträgt vier Semester und die Studierenden schließen mit dem Grad Master of Science ab. Die Zulassung erfolgt über ein Eignungsfeststellungsverfahren, das auch Absolventen aus angrenzenden Disziplinen den Zugang ermöglichen soll. Voraussetzung zur Zulassung ist ein abgeschlossenes Bachelor-Studium.

Darüber hinaus bietet das Dresdner Wasserwesen den bereits etablierten Master-Studiengang Hydro Science and Engineering an, der komplett in Englischer Sprache durchgeführt wird und sehr gut von ausländischen Studierenden angenommen wird.

Informationen zu den Studiengängen und zur Bewerbung sind über das Studieninformationssystem der TU Dresden unter <http://tu-dresden.de/sins> abrufbar.

(aus: Mitteilung Institut für Hydrologie und Meteorologie, TU Dresden, vom 6. Juni 2011)

Studiengänge „Wasser und Umwelt“

WS 2011/12 in Weimar und Hannover

Die Bauhaus-Universität Weimar und die Leibniz Universität Hannover bieten Fachkräften im Bereich Wasser und Umwelt bereits seit über 10 Jahren ein berufsbegleitendes Fernstudium mit Präsenzphasen an. Die Studienangebote liegen in der aktuellen Wasser- und Umweltforschung mit den Lehrbereichen Wasserwirtschaft und Wasserbau, Abfallwirtschaft, Umweltrecht und -management. Ferner findet in jedem Semester ein Sprachkurs statt. Die Masterstudiengänge in Weimar und Hannover sind akkreditiert.

Information: www.uni-weimar.de/Bauing/wbbau; www.wbbau.uni-hannover.de

Fernstudienkurs zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie

Herbst 2011 Universität Koblenz

Seit Jahren ist das Umweltprogramm des Zentrums für Fernstudien und Universitäre Weiterbildung (ZFUW) fester Bestandteil des Weiterbildungsangebots der Universität Koblenz-Landau. Im Herbst 2011 bietet das Zentrum erneut einen Kurs zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie an.

Zielgruppe sind Ingenieure/innen und Naturwissenschaftler/innen sowie Mitarbeiter/innen aus den Bereichen Umweltplanung und Umweltverwaltung, Wasserwirtschaft, Landwirtschaft und Industrie sowie aus Umweltverbänden. Anmeldeschluss ist der 15. August.

Information: www.uni-koblenz-landau.de/zfuw/

Einfluss der Verdunstung von Landflächen auf Sommerniederschläge

Nach der Theorie hat die Bodenfeuchte eine positive Auswirkung auf den Niederschlag, jedoch gibt es bisher dazu wenig großräumige Untersuchungen. Ein Team der Columbia University und der Rutgers University hat jetzt nachgewiesen, dass die Landverdunstung die Sommerniederschläge östlich des Mississippi und in der Monsun-Region im Süden der USA und Mexico beeinflussen kann. Höhere Verdunstung erhöht die Wahrscheinlichkeit eines „Nachmittagsniederschlags“ östlich des Mississippi und in Mexico, hat jedoch keinen Einfluss im Westen der USA. Das unterschiedliche Verhalten wird mit der Luftfeuchte begründet. Die Atmosphäre in den westlichen Regionen ist so trocken, dass ungeachtet der Erhöhung der Luftfeuchte durch die Evapotranspiration keine Beeinflussung der Niederschläge erfolgt, da die zugeführte Feuchte sofort in der Atmosphäre dissipiert. In der Atmosphäre der östlichen Regionen, die bereits sehr feucht ist, löst die durch Oberflächenverdunstung zusätzlich zugeführte Feuchte Niederschläge aus. Für die Vorhersage von Hochwasser und Dürre ein wichtiger Aspekt.

Originalarbeit:

Kirsten L. Findell, Pierre Gentine, Benjamin R. Lintner, Christopher Kerr. 2011. Probability of afternoon precipitation in eastern United States and Mexico enhanced by high evaporation. *Nature Geoscience*, 2011; DOI: 10.1038/ngeo1174

(aus: *Waterlink-international* vom 9. Juni 2011 (in Englisch))

2011: Der trockenste, sonnenreichste und zweitwärmste Frühling seit Beginn der Wetteraufzeichnung in Bochum

Der Frühling 2011 brach fast alle Rekorde: In Bochum war er der trockenste, sonnenreichste und zweitwärmste seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Das bestätigt die Auswertung von Messdaten der Arbeitsgruppe Klimaforschung (AG) am Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum. Die AG betreibt die Ludger-Mintrop-Klimastation am Bochumer Bergbaumuseum und kann dort auf Daten zugreifen, die bis ins Jahr 1888 zurückreichen. Die zentrale Lage der Station ist im Ruhrgebiet einzigartig und ermöglicht Erkenntnisse über das tatsächliche Stadtklima in Europas größtem Ballungsraum. Mit insgesamt 56,9 mm Niederschlag war der Frühling 2011 (März bis Mai) der trockenste seit Beginn der Niederschlagserfassung 1888. Er erreichte nur 32,5 % der langjährigen mittleren Niederschlagssumme für den Frühling von 175,1 mm. Weitere Information unter: www.geographie.rub.de/ag/klima/

(aus: *Mitteilung Arbeitsgruppe Klimaforschung – Geographisches Institut – Ruhr-Uni Bochum: www.geographie.ruhr-uni-bochum.de/ag/klima/* vom 16. Juni 2011)

Mit dem Wasser leben – Hochwasserschutz in Nordrhein-Westfalen

Die Broschüre informiert über die im Hochwasserschutzkonzept Nordrhein-Westfalen vorgesehenen Instrumente, beschreibt konkrete Maßnahmen und Handlungsoptionen auch für private Haus- und Grundstückseigentümer und erklärt den nach EU-

Recht zurzeit laufenden Arbeitsprozess für ein systematisches und flächendeckendes Risikomanagement.

Download unter www.umwelt.nrw.de

(aus: *Pressemitteilung Umweltministerium Nordrhein-Westfalen* vom 18. Juni 2011)

Anstieg des Meeresspiegels

Seit Beginn der Industrialisierung steigt der Meeresspiegel schneller als je zuvor in den letzten zweitausend Jahren. Nach vielen Jahrhunderten mit stabilen oder nur langsam steigenden Werten geht die Kurve seit Ende des 19. Jahrhunderts steil nach oben. Das zeigt eine Untersuchung von Ablagerungen an der US-Atlantikküste – die erste durchgehende Rekonstruktion der Veränderungen des Meeresspiegels über einen solch großen Zeitraum. Zumindest in den letzten tausend Jahren kann das Auf und Ab der globalen Durchschnittstemperatur das Verhalten des Meeresspiegels erklären, schreibt ein Team internationaler Wissenschaftler in der US-Fachzeitschrift *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*. Die neuen Daten erhärten die physikalisch begründete Annahme, dass der Meeresspiegel umso rascher steigt, je wärmer das globale Klima wird.

Die Daten zeigen vier Phasen. Von 200 vor Christus bis 1000 nach Christus war der Meeresspiegel stabil. Ab dem 11. Jahrhundert stieg er 400 Jahre lang um etwa fünf Zentimeter pro Jahrhundert an. Diesen Anstieg konnten die Wissenschaftler in Modellrechnungen mit der mittelalterlichen Warmperiode erklären. Gefolgt war der Anstieg von einer weiteren stabilen Periode mit kühlerem Klima, die bis ins späte 19. Jahrhundert reicht. Seither ist der Meeresspiegel im Zuge der globalen Erwärmung um rund 20 Zentimeter angestiegen. Damit ist dieser Anstieg um ein Mehrfaches schneller als alles, was es in den vorangegangenen 2000 Jahren gegeben hat.

Originaltitel: *Climate related sea-level variations over the past two millennia*

Andrew C. Kemp, Benjamin P. Horton, Jeffrey P. Donnelly, Michael E. Mann, Martin Vermeer, and Stefan Rahmstorf
PNAS 2011; published ahead of print June 20, 2011, doi:10.1073/pnas.1015619108 (Download: www.pnas.org)

(aus: *Pressemitteilung Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung* vom 20. Juni 2011)

Erarbeitung eines DWA-Themenbandes „Aktuelle flussbauliche Maßnahmen – Flussbau heute“

Die Gewässer wurden durch einschneidende flussbauliche Aktivitäten insbesondere am Ende des 19. Jahrhunderts und Anfang des 20. Jahrhunderts wesentlich verändert. Begradigungen, Eingengungen und Nutzbarmachung für Wasserkraft und Schifffahrt standen im Vordergrund und wurden durch harte bauliche Eingriffe, wie starke Uferbefestigungen oder Stauanlagen, umgesetzt. Die Ziele heutiger flussbaulicher Maßnahmen sind andere: Der nach WRRL definierte gute ökologische Zustand steht im Fokus und dazu werden alternative Bauweisen und Baustoffe eingesetzt, wie z.B. ingenieurbioologische Bauweisen. Aktuell findet sich in verschiedenen Quellen die Beschreibung einzelner

Komponenten des modernen Flussbaus. Es gibt aber kein Kompendium, das den aktuellen Stand zusammenfassend darstellt. Deshalb hat sich der FA WW-1 „Flussbau“ unter der Leitung von Frau Prof. Wieprecht zur Aufgabe gemacht, einen DWA-Themenband dafür zu erarbeiten.

In dem Kompendium werden zunächst der klassische Flussbau der letzten Jahrhunderte analysiert und dessen Folgen für unsere Gewässer kurz dargestellt sowie die Ziele des heutigen Flussbaus abgeleitet.

Aufgrund der mannigfaltigen Nutzungen eines Gewässers ergeben sich weitreichende Konflikte zwischen einerseits Rückführung eines Gewässers zur Naturnähe und andererseits Nutzungen z.B. Hochwasserschutz, Schifffahrt, Wasserkraftnutzung, Siedlungen usw., anhand derer die Anforderungen an den heutigen Flussbau definiert werden. Dazu werden die ökologische Verträglichkeit der Maßnahmen und deren Beitrag zu einer Verbesserung des ökologischen Zustands sowie der Anwendung flexibler Bauweisen näher betrachtet. Moderner Flussbau sollte jedoch als Maßnahme in einem Gesamtsystem verstanden werden und nicht nur als einzelne, lokale Verbesserung. In diesem Sinne werden Einsatz und Wirkungsweise von Aufweitungen, Reaktivierung von Verzweigungen, Geschiebeaktivierung, Durchgängigkeit und Anforderungen an Querbauwerke sowie Ufergestaltung und laterale Vernetzung näher beleuchtet. Auf die Ergebnisse aus anderen Arbeitsgruppen, z.B. Sohlgleiten, Fischab- und -aufstieg, biologische Qualitätskomponenten, Sedimentmanagement, wird hingewiesen oder sie werden praxisnah zusammengefasst. Schlussendlich wird versucht, die Frage des monetären Werts flussbaulicher Maßnahmen zu beantworten.

Der Themenband soll eine Zusammenfassung, Handreichung und die Möglichkeit einer Wirkungsabschätzung flussbaulicher Maßnahmen bieten. Er richtet sich an die interessierte Öffentlichkeit, Genehmigungsbehörden, Ingenieurbüros, Planer und alle, die mit Gewässerunterhaltung und Gewässerausbau zu tun haben. Hinweise und Anregungen zu diesem Vorhaben nimmt die DWA-Bundesgeschäftsstelle (Dipl.-Ing. Anett Baum, baum@dwa.de) gerne entgegen.

(aus: Mitteilung DWA vom 22. Juni 2011)

Kipp-Elemente im Klimasystem

Das arktische Meer-Eis und die Gebirgsgletscher der Alpen werden unter den in der Studie aufgelisteten Elementen als diejenigen eingeschätzt, die am empfindlichsten auf die Erderwärmung reagieren. Geht das arktische Meer-Eis zurück, so kann dies Auswirkungen auf das System von Hoch- und Tiefdruckgebieten in der Atmosphäre über dem Nordatlantik haben – und hiermit auch auf die vom Atlantik kommenden Stürme in Europa. Ein Schrumpfen der Gletscher in den Alpen hat Auswirkungen auf die Verfügbarkeit von Wasser in der Region, weil sich je nach Jahreszeit der Abfluss von Schmelzwasser in die Flüsse verändert. Mit einer Erwärmung von zwei Grad Celsius würden von den Gletschern nur kleine Reste bleiben. Ob es bei diesen zwei Kipp-Elementen eine Selbstverstärkung der Effekte gibt, ist unsicher. So könnte sich etwa der Rückgang beim arktischen Meer-Eis wieder umkehren, wenn die globale Mitteltemperatur sinkt – auch wenn ein solches Szenario nicht sehr wahrscheinlich ist.

Das Risiko, bei der Abnahme der Ozonschicht über der Arktis einen Kipp-Punkt zu erreichen, werde unbedeutend, wenn die Menge von Chlor in der Stratosphäre unter das Niveau von 1980 sinkt, so die Einschätzung der Experten. Dies werde voraussichtlich 2060 der Fall sein. Hohe Unsicherheit gibt es bei der großen Umwälzströmung im Atlantik, der sogenannten thermohalinen Zirkulation. Ihr möglicher Zusammenbruch könnte durch den Zustrom von Süßwasser geschehen, der seine Ursache im Schmelzen der Eisdecke auf Grönland und in veränderten Niederschlagsmustern hat. Die Unsicherheit in der zukünftigen Veränderung dieser Größen spiegelt sich in einer starken Unsicherheit über das Kippen der Ozeanströmung. Entsprechend bleibt, im Gegensatz zu den anderen Kippelementen, die Unsicherheit auch bei starker Erwärmung hoch.

Originaltitel:

Levermann, A., Bamber, J., Drijfhout, S., Ganopolski, A., Haeberli, W., Harris, N., Huss, M., Krüger, K., Lenton, T., Lindsay, R., Notz, D., Wadhams, P., Weber, S.: Potential climatic transitions with profound impact on Europe, Review of the current state of six 'tipping elements of the climate system'. Climatic Change (2011) DOI 10.1007/s10584-011-0126-5, Download: www.springerlink.com

(aus: Pressemitteilung Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) vom 23. Juni 2011)

Landnutzungswandel beeinflusst kontinentalen Wasserkreislauf

Der WMO Research Award for Young Scientists 2011 wurde an Rudi van der Ent für seine Forschungsarbeit zum Thema „Origin and fate of atmospheric moisture over continents“ verliehen, die er gemeinsam mit den Autoren Prof. Huub Saventije, Bettina Schaeffli und Susan Steel-Dunne (alle TU Delft) verfasst hat. In der Publikation wird aufgezeigt, dass Wasser, welches als Niederschlag in einer Region fällt, aus einer anderen, weit entfernten Region stammen kann oder dass es sich um rückgewonnene Luftfeuchte handeln kann, die durch Verdunstung innerhalb der Region entstanden ist. Globale Windverteilungen, Topographie und Landnutzung spielen eine Rolle bei den Verteilungsmustern von Luftfeuchte und globalen Wasserressourcen. Landnutzungsänderungen wie Bewässerung, Staudämme und Abholzung können die Verdunstungsmuster in einer Region verändern und haben potentiellen Einfluss auf die Wasserressourcen in weit entfernten Regionen.

Viele Studien über rückgewonnene Luftfeuchte hatten bislang einen regionalen Fokus. Für eine globale Sichtweise haben van der Ent et. al. globale Karten erstellt, die den Ursprung der atmosphärischen Feuchte für verschiedene Regionen aufzeigen. Es wird geschätzt, dass durchschnittlich 40 % der terrestrischen Niederschläge aus der Verdunstung von Landflächen stammen und dass 57 % der gesamten terrestrischen Verdunstung als Niederschlag wieder auf Landflächen fällt. Einige Regionen sind auf rückgewonnenes Wasser, das aus der eigenen Region stammt, angewiesen, während in anderen Gebieten die Feuchte aus entfernteren Regionen stammt. Beispielsweise stammen 80 % der chinesischen Wasserressourcen aus in Eurasien verdunstetem Wasser und das Einzugsgebiet des Rio de la Plata in Südamerika erhält sein Wasser zu 70 % aus der Verdunstung im Einzugsgebiet des Amazonas.

Originalliteratur:

Origin and fate of atmospheric moisture over continents. *Water Resources Research*, Vol. 46, W09525, 12 pp., 2010 doi:10.1029/2010WR009127

(aus: *Latest News der TU Delft, Niederlande*, vom 28. Juni 2011 (in Englisch))

Arzneimittel belasten Gewässer

Das Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG), Mecklenburg-Vorpommern, untersuchte im Rahmen seiner fachbehördlichen Arbeit und in Abstimmung mit dem Ministerium Arzneimittelbelastungen in den Abläufen von Kläranlagen mit bemerkenswerten Ergebnissen.

In 26 Kläranlagen des Landes unterschiedlicher Größenklassen wurde das Auftreten von 12 Arzneimitteln, darunter Schmerzmittel und Mittel zur Senkung des Bluthochdruckes (Betablocker), sowie zweier Röntgenkontrastmittel in den Abläufen (nach der Klärung) untersucht. Die Arzneimittelwirkstoffe Carbamazepin, Diclofenac und Metoprolol wurden dabei in allen Kläranlagen nachgewiesen, und zwar in Konzentrationen, die überwiegend zwischen 1 und 10 µg/l lagen. Relativ häufig, aber in niedrigeren Konzentrationen kamen Bisoprolol, Sulfamethoxazol (ein Antibiotikum) und Solatol vor. Die untersuchten Röntgenkontrastmittel waren ebenfalls häufig und in Konzentrationen bis über 100 µg/l nachweisbar.

In den Gewässern, die die geklärten Abwässer aufnehmen, traten diese Stoffe ebenfalls auf, wenn auch in deutlich niedrigeren Konzentrationen. Messwerte über 1 µg/l waren selten.

Auffällig ist, dass vorwiegend kleinere Kläranlagen in ländlichen, dünnbesiedelten Gebieten von erhöhten Arzneimittelkonzentrationen betroffen sind. Vermutlich ist das auf den höheren Arzneimittelbedarf der überwiegend älteren Bevölkerung der kleinen anliegenden Ortschaften zurückzuführen. Oft leiten diese kleinen Kläranlagen ihr behandeltes Abwasser darüber hinaus in abflussarme Vorflut-Gewässer ein, in denen sich der Arzneimittelintrag insbesondere in den trockenen Sommermonaten aufgrund eines verringerten Verdünnungseffektes durch deutlich erhöhte Arzneimittelkonzentrationen nachweisen lässt.

Über die Wirkung dieser naturfremden Stoffe ist noch wenig bekannt. Zum Schutz der Umwelt wurden seitens der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser für einige der untersuchten Arzneimittelwirkstoffe Umweltqualitätsnormen abgeleitet. So beträgt die für Wasserorganismen ökotoxikologisch abgeleitete Umweltqualitätsnorm für Diclofenac 0,1 µg/l und für Sulfamethoxazol 0,15 µg/l, die im Jahresmittel der Untersuchungsergebnisse eingehalten werden sollten. Diese Normen werden in einigen abflussarmen Gewässern in Mecklenburg-Vorpommern überschritten.

Da viele Arzneimittelwirkstoffe gut wasserlöslich sind und in konventionellen Kläranlagen nicht oder nur unvollkommen zurückgehalten werden, kommt der Vermeidung des Arzneimittelintrages in die Umwelt eine große Bedeutung zu. Arzneimittel – egal ob in Tabletten- oder Tropfenform – sollten daher in keinem Fall über Ausgüsse oder Toiletten in die Kanalisation gelangen. Sondern Arzneimittelreste sollten unbedingt an die Apotheken zurückgegeben werden, die diese einer Abfallverbrennung zuführen und so die Wirkstoffe sicher zerstören.

(aus: *Pressemitteilung Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG) Mecklenburg-Vorpommern*, Nr. 10/11 vom 11. Juli 2011)

Personen

85. Geburtstag von Herrn Prof. (em) Dr.-Ing. habil. Siegfried Dyck

Siegfried Dyck wurde am 3. August 1926 geboren. In Dresden studierte er von 1947 bis 1952 Bauingenieurwesen mit der Vertiefung Wasserbau. Als Dipl.-Ing. ging er nach dem Studium an das Berliner Institut für Wasserwirtschaft (IfW). Die Berechnung des Wasserhaushaltes von Flussgebieten und die Bemessung von Talsperren gehörten zu seinen ersten Tätigkeiten. Nach der Promotion und einer Zwischenstation am Atomkraftwerk Rheinsberg, wo er wasserwirtschaftliche Fragestellungen bearbeitete, übernahm er die Leitung der Abteilung Hydrologie und Wassermengenwirtschaft am IfW. Diese Gruppe erarbeitete wesentliche Grundlagen der allgemeinen und angewandten



Hydrologie, der Berechnung des Wasserhaushaltes, der Niederschlags-Abfluss-Beziehung sowie der Berechnung von Hoch- und Niedrigwasser. Die wissenschaftlichen Grundlagen der Wasserbewirtschaftung in diesen Jahren wurden wesentlich von Siegfried Dyck geprägt.

1967 wurde Dr. Dyck als Professor für Hydrologie und als Direktor an das neugegründete Institut für Hydrologie an die TU Dresden berufen. Mit den in einer Sektion zusammengefassten Bereichen Wasserbau, Technische Hydromechanik, Wasserwirtschaft, Hydrobiologie, Hydrochemie, Hydrologie und Meteorologie, war zu dieser Zeit an der TU Dresden eine fachlich eng verwobene wissenschaftliche Struktureinheit entstanden, in welcher neben der Hochschulausbildung auf dem Wassersektor auch ein wesentliches Potential der Wasserforschung der DDR konzentriert war. In diesem Umfeld war die Dresdener Schule der Hydrologie von jeher sehr interdisziplinär angelegt. Das Hydrologiestudium in Dresden bestand von Anfang an aus einer fundierten mathematisch-physikalischen Grundausbildung, auf deren Basis neben den naturwissenschaftlichen Grundlagen der Hydrologie auch

ingenieurwissenschaftliche, hydrochemische und hydrobiologische Themen vermittelt wurden. Ein so komplex angelegter Studiengang Hydrologie, wie ihn Siegfried Dyck konzipierte, war bis weit in die siebziger Jahre in Deutschland einzigartig. Dem engagierten Wirken von Prof. Dyck und seinen Mitarbeitern ist es geschuldet, dass in Dresden sowohl die Einheit von Forschung und Lehre als auch die Gemeinschaft der Lehrenden und Lernenden wirklich erlebbar waren. Am Institut herrschte eine beinahe familiäre Atmosphäre, die wohl die meisten, welche sie erleben und mitgestalten konnten, in angenehmer Erinnerung haben.

Die Forschung wurde unter der Leitung von Prof. Dyck mit großer Breite und Tiefe betrieben. Es gab wohl kaum einen Bereich der damals aktuellen hydrologischen Fragestellungen, dem in Dresden nicht nachgegangen wurde. Ausdruck für ein bewundernswert universales hydrologisches Wissen sind auch zahlreiche wissenschaftliche Veröffentlichungen, die Siegfried Dyck neben der hohen nationalen Beachtung auch die Anerkennung der internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft brachte. Die internationale Wertschätzung zeigt sich auch in den internationalen Funktionen, die er inne hatte: Präsident des International Committee for Evaporation, mehrere Wahlperioden Vizepräsident der International Commission for Water Resources Systems, von 1987 bis 1991 gewählter erster Vizepräsident der

IAHS, Tätigkeiten in der UNESCO (IHD und IHP) und der WMO (OHP). 1992 verlieh die IAHS Prof. Siegfried Dyck den International Hydrology Prize.

Die erarbeiteten wissenschaftlichen Ergebnisse wurden zügig in Lehrbücher umgesetzt. In den siebziger und achtziger Jahren entstand die „Angewandte Hydrologie“. Der Name Dyck wurde mit diesem Werk fast schlagartig zum Synonym für den Kenntnisstand auf dem Gebiet der Hydrologie. Diese geballte Sammlung hydrologischen Wissens wurde zu dem deutschsprachigen Klassiker und das Nachschlagen im „Dyck“ beinahe zur Pflicht. Neben diesem Standardwerk entstanden in den achtziger und neunziger Jahren gemeinsam mit Prof. Peschke noch die „Grundlagen der Hydrologie“. Auch dieses Buch ist außerordentlich gut aufgenommen worden.

Die verdienstvolle Tätigkeit von Herrn Prof. Dyck am ältesten Hydrologielehrstuhl Deutschlands hat auch viele Jahre nach seiner Emeritierung Einfluss auf Lehre und Forschung.

Im Namen aller Mitarbeiter des Institutes für Hydrologie und Meteorologie der TU Dresden wünschen wir Herrn Prof. Dyck alles Gute und beste Gesundheit.

Robert Schwarze und Franz Lennartz

Neue Publikationen

Aquatische Chemie. Einführung in die Chemie natürlicher Gewässer

Laura Sigg und Werner Stumm

vdf Hochschulverlag, Zürich 2011. 524 S., zahlr. Abb. u. Tab., 38,90 € ISBN 978-3-8252-8463-3

Dieses Buch behandelt die Grundlagen der aquatischen Chemie, der Chemie wässriger Lösungen und ihrer Anwendung auf die natürlichen Gewässer und auf andere aquatische Systeme.

Die verschiedenen chemischen Reaktionen werden eingehend aufgrund der thermodynamischen Gleichgewichte und der kinetischen Gesetzmäßigkeiten diskutiert und quantitativ mit vielen Beispielen und Übungen behandelt. Diese Grundlagen ermöglichen es, die chemischen Prozesse in natürlichen Gewässern und in technischen Systemen der Abwasserreinigung und der Trinkwasseraufbereitung zu verstehen.

In der Neuauflage wurden alle Kapitel unter dem Gesichtspunkt aktueller Entwicklungen revidiert. Ein zusätzliches Kapitel behandelt die Anwendungen auf die Systeme See, Fließgewässer und Grundwasser.

(aus: Mitteilung vdf Hochschulverlag an der ETH Zürich vom 13. Mai 2011)

Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer

Hydrologie – Abflussregime Stufe F (flächendeckend)
Hrsg. Bundesamt für Umwelt BAFU, Schweiz, 2011

Das Modul-Stufen-Konzept zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer umfasst Erhebungsverfahren in drei Intensitätsstufen für die Bereiche Hydromorphologie, Biologie sowie chemische und toxische Effekte. Das vorliegende Modul Hydrologie – Abflussregime für die Stufe F (flächendeckend), kurz HYDMOD-F, ist eine Methode zur Beschreibung der hydrologischen Verhältnisse einer Region mit der Erfassung der wasserwirtschaftlichen Eingriffe und der Beurteilung deren Auswirkungen auf das Abflussregime. Beurteilt und klassifiziert wird der Natürlichkeitsgrad des Abflussregimes anhand von neun Bewertungsindikatoren, welche verschiedene Charakteristika aus den Bereichen Niedrigwasser-, Mittelwasser- und Hochwasserregime abdecken.

Nachdem die Methode seit 2008 als Entwurf für die Erprobung zur Verfügung stand, wurde HYDMOD-F auf der Basis der gemachten Anwendungserfahrungen und Rückmeldungen überarbeitet und publiziert.

Die Anwendung von HYDMOD-F benötigt verschiedene hydrologische Kenngrößen. In vielen Fällen ist aber davon auszugehen, dass die verfügbare Datenlage spärlich ist. Deswegen wurden parallel zur Methodenentwicklung auch eine Reihe hydrologischer Grundlagen und Abschätzverfahren erarbeitet, welche Bestandteil von HYDMOD-F sind. Schliesslich wurde zur Unterstützung und Erleichterung für den Anwender ein EDV-Hilfsprogramm entwickelt.

HYDMOD-F ist als Paket zu verstehen: Im Zentrum steht die eigentliche Bewertungsmethodik. Daneben werden auch diver-

se Abschätzverfahren bereitgestellt. Schliesslich wird das Paket durch die unentgeltlich zur Verfügung gestellte Software HYD-MOD-FIT zur IT-gestützten Anwendung, Standardisierung und Verringerung des Anwendungsaufwands komplettiert. Zudem werden auch GIS-Hilfsdateien für die kartografische Umsetzung der Bewertungsergebnisse zur Verfügung gestellt.

Download der Publikation und des Softwarepakets unter www.modul-stufen-konzept.ch oder www.bafu.admin.ch, Navigationspunkt Publikationen.

(aus: Mitteilung Bundesamt für Umwelt BAFU, Schweiz, vom 19. Mai 2011)

Virtuelles Wasser – Weniger Wasser im Einkaufskorb

Hrsg. Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V., Bonn 2011. 39 S. Der neue Ratgeber „Virtuelles Wasser – weniger Wasser im Einkaufskorb“ zeigt für wichtige Produktgruppen, wo es besonders sinnvoll und ohne Einbußen der Lebensqualität auch leicht möglich ist, das eigene Verhalten wasserbewusst zu ändern. Der Schwerpunkt liegt dabei bei den Lebensmitteln, aber auch Themen wie Agro-Sprit oder der besonders durstige Baumwollanbau werden behandelt. Das über die Beispiele deutlich gemachte Prinzip des virtuellen Wassers lässt sich auf viele andere Alltagsprodukte übertragen. Wie sich persönliche Verhaltensänderungen tatsächlich zahlenmäßig auswirken können, macht eine Übersicht am Ende der Broschüre deutlich, in der vorgerechnet wird, wie viel virtuelles Wasser sich bei einzelnen Produkten ohne Abstriche bei der Lebensqualität täglich einsparen lässt.

Die Broschüre kann unter www.vdg-online.de/shop bestellt werden.
(aus: Mitteilung Vereinigung Deutscher Gewässerschutz vom 19. Mai 2011)

Tropical Montane Cloud Forests

L.A. Bruijnzeel, F.N. Scatena and L.S. Hamilton (eds.) International Hydrology Series of UNESCO/IHP. 2011. 768 pages ISBN 978-0-52176-035-5
Umfassender Überblick über den aktuellen Kenntnisstand zu tropischen Nebelwäldern. 72 Kapitel beschreiben ein weites Spektrum wie z.B. globale Verteilung der Nebelwälder, Böden, Biodiversität, hydrologische Prozesse, Hydrochemie und Wasserqualität, klimatische Einflüsse sowie Erhalt und Management von tropischen Nebelwäldern. Das letzte Kapitel enthält eine Synthese führender Wissenschaftler und fasst den gegenwärtigen Kenntnisstand zusammen. Das Buch ist ein State of the Art-Report über den biologischen und hydrologischen Wert dieser einzigartigen Wälder.

(aus: UNESCO Water e-Newsletter No 250 vom 23. Mai 2011 (in Englisch))

The water footprint assessment manual

Setting the global standard
Arjen Y. Hoekstra, Ashok K. Chapagain, Maite M. Aldaya, Mesfin M. Mekonnen
Earthscan – Taylor & Francis Group Ltd, Abingdon 2011. 224 pages ISBN 978-1-84971-279-8
Verfügbar als pdf und als gebundenes Buch (Download: www.waterfootprint.org)

Das Buch informiert über den globalen Standard zum “water footprint assessment”, entwickelt vom Water Footprint Network (WFN). Definitionen und Methoden zur Erfassung des water footprint werden dargestellt, differenziert nach den einzelnen Herstellungsprozessen und Produkten und auch nach Zielgruppen wie Verbraucher, Nationen und Wirtschaft. Weiter enthalten sind Methoden für die Abschätzung der Nachhaltigkeit mittels des water footprint eines Produktes sowie ein umfangreiches Literaturverzeichnis zum Thema.

(aus: Website www.waterfootprint.org, Stand 27. Mai 2011 (in Englisch))

Water, Life and Civilisation

Climate, Environment and Society in the Jordan Valley

Steven Mithen, Emily Black (eds.)
Cambridge University Press, 2011. 520 S., 270 Abb. 87 Tab.
International Hydrology Series of UNESCO
ISBN 9780521769570

Eine Studie über Klima, Hydrologie und Gesellschaft im Jordantal für die letzten 20.000 Jahre bis heute. Sie beschreibt, wie aktuelle Modelle das Klima im nahen Osten in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft modellieren können, überprüft und liefert neue Beweise für den ökologischen Wandel auf der Grundlage geologischer Ablagerungen, erstellt hydrologische Modelle für den Jordan und dazugehörige Wadis und erklärt, wie städtische und ländliche Kommunen heute ihre Wasserversorgung organisieren. Das Buch liefert einen neuen Ansatz sowie innovative Methoden, die angewandt werden können, um das Zusammenwirken von Klima, Hydrologie und Gesellschaft in ariden und semi-ariden Regionen auf der ganzen Welt zu untersuchen.

(aus: UN-Water Decade Programme on Advocacy and Communication (UNW-DPAC), Bimonthly Publications Review vom 23. Mai 2011 (in Englisch))

Safe drinking-water from desalination

World Health Organization (WHO), 2011. 32 S. WHO/HSE/WSH/11.03
Download: <http://bit.ly/jcYhSL>

Der Bericht zeigt die wichtigsten Gesundheitsrisiken auf, die mit den verschiedenen Entsalzungsprozessen verbunden sind und bietet Unterstützung bei der Auswahl von Methoden zur Abschätzung und zum Management von Risiken, damit die Sicherheit von entsalztem Trinkwasser gewährleistet werden kann. Das Konzept der Wassersicherheitspläne (WSPs) für Entsalzungssysteme sowie potenzielle Gefahren hinsichtlich der Wasserherkunft werden vorgestellt. Die mikrobiellen und chemischen Risiken sowie weitere Brennpunkte im Zusammenhang mit der Behandlung, Remineralisierung, Lagerung und Verteilung des Wassers werden beschrieben.

(aus: UN-Water Decade Programme on Advocacy and Communication (UNW-DPAC), Bimonthly Publications Review vom 23. Mai 2011 (in Englisch))

Small-scale water supplies in the pan-European region.

Background, challenges, improvements

World Health Organization (WHO), Regional Office for Europe 2011. 54 S.
Download: <http://bit.ly/eCOAwt>

Die Publikation soll Entscheidungsträgern oder Kontrollbehörden im Trinkwassersektor die Besonderheiten und Charakteristika von kleinräumigen Wasserversorgungen verständlich machen. Der Bericht liefert Hintergrundinformationen, Fallstudien, Erkenntnisse und gibt Anregungen für Ansätze kleinräumiger Wasserversorgung in nationalen Programmen. Außerdem werden Zusatzinformationen über weiterführende Literatur sowie aktuelle internationale Vernetzungsaktivitäten im Hinblick auf kleinräumige Wasserversorgung bereitgestellt.

(aus: *UN-Water Decade Programme on Advocacy and Communication (UNW-DPAC), Bimonthly Publications Review vom 23. Mai 2011 (in Englisch)*)

Water ethics and water resources management

UNESCO Office Bangkok 2011. 84 S.

ISBN 978-92-9223-358-7(Print version)

ISBN 978-92-9223-359-4 (Electronic version)

Download: <http://bit.ly/iSk9va>

Der Bericht erörtert u.a. anhand von Fallstudien ethische Überlegungen im Zusammenhang mit der Nutzung und Bewirtschaftung von Wasserressourcen. Es wird systematisch dargestellt, inwieweit eine „Wasserethik“ auf wasserwirtschaftliche Praktiken Einfluss nehmen kann. Die Darstellung ist kulturübergreifend. Fallstudien sind: The Need for a More Efficient Aquaculture Industry; Computer-Aided, Community-Based Water Planning; Gila-San Francisco Decision Support Tool; The South-to-North Water Diversion Project in China; A Review on Chinese Water Ethics.

(aus: *UN-Water Decade Programme on Advocacy and Communication (UNW-DPAC), Bimonthly Publications Review vom 23. Mai 2011 (in Englisch)*)

Glossary of Glacier Mass Balance and Related Terms

Cogley, J.G., R. Hock, L.A. Rasmussen, A.A. Arendt, A. Bauder, R.J. Braithwaite, P. Jansson, G. Kaser, M. Möller, L. Nicholson, M. Zemp IHP-VII Technical Documents in Hydrology No. 86, IACS Contribution No. 2, UNESCO-IHP, Paris 2011

Download: www.unesco.org, Navigationspunkte natural-sciences, resources, publications

Das Glossary, erstellt von einer Arbeitsgruppe der International Association of Cryospheric Sciences (IACS), ist ein umfassendes Werk zur Thematik Gletschermassenbilanzen und verwandter Begriffe. Gletscherfluktuationen, z.B. die Länge eines Gletscher oder die flächenhafte Ausdehnung, werden an tausenden der über 100.000 über die ganze Erde verteilten Gletschern erfasst. Massenbilanzen sind für die Analyse von Klimaänderungen und für die Beurteilung der Gletscherentwicklung grundlegendes Arbeitsmittel. Eine systematische, präzise und eindeutige Terminologie ist Voraussetzung für vergleichende Betrachtungen.

(aus: *Vorwort Glossary of Glacier Mass Balance and Related Terms (in Englisch)*)

Fließgewässer-Renaturierung heute und morgen. EG-Wasserrahmenrichtlinie, Maßnahmen und Effizienzkontrolle

S. Jähnig, D. Hering, M. Sommerhäuser (Hrsg.)

Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart 2011. 280 S., 74 Abb., 55 Tab., 39,90 €

ISBN 978-3-510-53011-3

Vorgestellt werden Konzeption, Durchführung und Effizienz aktuell in Deutschland durchgeführter und geplanter Renaturierungen. Anhand von Projekten zu verschiedenen Gewässertypen, Nutzungsformen und Landschaftsräumen (Mittelgebirgsbäche und -flüsse, Tieflandflüsse, Bundeswasserstraßen, Gewässer in der Stadt und in einem Biosphären-Reservat) entsteht ein Überblick über verschiedenste Planungsobjekte und Maßnahmenkonzepte. Auch die Methodik der Erfolgskontrollen und deren Ergebnisse – die Wirkung auf unterschiedliche Organismengruppen des Gewässers und der Aue – wird dargestellt. Im zweiten Teil wird die Frage erörtert, wie sich Renaturierungsmaßnahmen großräumig konzipieren und priorisieren lassen. Es werden Konzeptionen für größere Gebiete (z.B. Bundesländer und das Gebiet der ganzen Bundesrepublik Deutschland) vorgestellt. Ferner wird die Frage, welche Randbedingungen den Erfolg von Renaturierungen beeinflussen, erörtert. Abschließend folgen eine kritische Würdigung verschiedener Renaturierungsmaßnahmen und ihrer räumlichen Konfigurationen sowie Empfehlungen für zukünftige Planungen.

(aus: *Mitteilung Schweizerbart Science Publishers vom 8. Juni 2011*)

River Basin Management VI

C.A. Brebbia (ed.)

Wit Press, Ashurst Lodge 2011. 416 S.

ISBN 978-1-84564-516-8

Das Buch enthält die Vorträge der 6. International Conference on River Basin Management 2011 in Riverside, California. Hauptthemen sind: River and watershed management; Flood studies; Hydrological modelling; River restoration and environmental impact; Erosion and sediment transport; Water resources management and water quality.

(aus: *Press release Wit Press vom 9. Juni 2011*)

Water Resources Management VI

C.A. Brebbia, V. Povov (eds.)

Wit Press, Ashurst Lodge 2011. 864 S.

ISBN 978-1-84564-514-4

Die Vorträge der 6th International Conference on Sustainable Water Resources Management 2011 in Riverside, California sind in der Publikation nach folgenden Themenbereichen dargestellt: Water Management and Planning; River Basin Management; Urban Water Management; Hydrological Modelling; Hydraulic Engineering; Water Quality; Pollution Control; Irrigation Issues; Special Session on Sharing our Water Resources; Flood Risk; Waste Water Treatment and Management; Waste Water Treatment and Re-use; Water Resources and Economics; The Right to Water.

(aus: *Press release Wit Press vom 9. Juni 2011*)

Wasser. Chemie, Mikrobiologie und nachhaltige Nutzung

Grohmann, A.N., Jekel, M., Grohmann, A., Szewzyk, U., Szewzyk, R. Verlag Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, Berlin 2011. 369 S., 77 Abb., 50 Tab., 49,95 €

ISBN 978-3-11-021308-9

Als Ergänzung zu dem Handbuch „Wasser“ von K. Höll wurde dieses Studienbuch zur Chemie, Mikrobiologie und nachhaltigen Nutzung des Wassers konzipiert. Das interdisziplinäre Werk bietet einen strukturierten und schnellen Überblick mit den Schwerpunkten Herkunft und Eigenschaften von Wasser und wässrigen Lösungen, Stoffe im Wasser, Wasser als Lebensraum,

Wassernutzung und Ordnungsrahmen sowie Änderungen im Wassermanagement im Zuge des Klimawandels.

(aus: Mitteilung Verlag Walter de Gruyter GmbH & Co. KG vom 21. Juni 2011)

Deiche an Fließgewässern. Teil 1: Grundlagen (Merkblatt DWA-M 507-1)

Hrsg. DWA, Hennef 2011. 107 S., 76,- €

(Fördernde DWA-Mitglieder: 60,80 €)

ISBN 978-3-941897-76-2

Im Rahmen der Hochwasserschutzstrategien der Bundesländer sind Hochwasserschutzdeiche ein wesentliches Element des sogenannten Technischen Hochwasserschutzes. Die Erfahrungen bei Hochwasserereignissen der vergangenen Jahre in Deutschland, nachgeschaltete Untersuchungskampagnen und Bestandsbewertungen von Deichstrecken sowie der hieraus abgeleitete Aufwand haben verdeutlicht, dass umfangreiche Maßnahmen der Ertüchtigung und zum Neubau von Deichen an Fließgewässern erforderlich sind.

Vor diesem Hintergrund wurde das DVWK-Merkblatt „Flussdeiche“ aus dem Jahre 1986 von der DWA in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Talsperrenkomitee (DTK) und der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) überarbeitet und ergänzt, um den zwischenzeitlich erreichten Stand der Technik zu dokumentieren und zusammenzufassen. Der Anwendungsbereich des Merkblattes wurde von „Flussdeichen“ auf „Deiche an Fließgewässern“ erweitert, weshalb eine Klassifizierung von Deichen nach Höhe und Schadenspotenzial eingeführt wurde, die bei verschiedenen Aspekten der ingenieurtechnischen Bemessung dieser Bauwerke von Bedeutung ist. Dargelegt werden die erforderlichen hydraulischen Bemessungsgrundlagen und Nachweise sowie das geotechnische Bemessungskonzept. Ebenfalls in das Nachweiskapitel integriert wurde das Konzept zur Bewertung der Erosionssicherheit von Deich und Untergrund.

Ein weiterer Schwerpunkt wurde auf bauliche Anlagen im Deichbereich gelegt. In diesem Zusammenhang werden Hinweise zu Leitungsführungen und Lastannahmen gegeben. Da zukünftig große Anstrengungen zur Ertüchtigung bestehender Deichstrecken erforderlich sein werden, wurde diesem Aspekt ein eigenes Kapitel gewidmet. Ferner werden Hinweise zur Deichunterhaltung, Deichüberwachung sowie zur Deichverteidigung gegeben.

Das Merkblatt soll Fachleuten in Behörden, Ingenieurbüros und Baufirmen, die mit Planung, Bau und Unterhaltung von Hochwasserschutzdeichen befasst sind, konkrete Hinweise sowie Nachweiskonzepte und Bemessungsansätze liefern, um die Anforderungen, die an diese Bauwerke zu stellen sind, erfüllen zu können.

Das Merkblatt erscheint als Teil 1 einer Reihe „Deiche an Fließgewässern“, in der mit der geplanten Veröffentlichung weiterer

Bände, u.a. Details über Landschaftsökologische Gesichtspunkte bei Flussdeichen, Dichtungssysteme und Oberböden in Deichen dargestellt werden.

(aus: DWA Mitteilung vom 7. Juli 2011)

Angewandte Geoinformatik 2011

Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. (Hrsg.)

Beiträge zum 23. AGIT-Symposium Salzburg

Wichmann Verlag, Berlin-Offenbach 2011. 966 S., 92,- €

ISBN 978-3-87907-508-9

Das Zentrum für Geoinformatik der Universität Salzburg veranstaltete vom 6. bis 8. Juli 2011 das 23. „Symposium für Angewandte Geoinformatik (AGIT)“. Dieses Forum für Anwender von Geoinformationssystemen (GIS) und verwandten Methoden und Technologien dokumentiert als zentrale Informations-Dreh-scheibe jährlich den „Stand der Praxis“.

(aus: Mitteilung Wichmann vom 11. Juli 2011)

Environment and security in the Amu Darya basin

UNEP Report 2011

Download des Berichtes: www.unep.org oder www.envsec.org

Im ariden Einzugsgebiet des Amu Darya ist für Millionen Menschen in den Anrainerstaaten die bewässerte Landwirtschaft der Hauptwirtschaftszweig. Jedoch ist die Landwirtschaft im Einzugsgebiet des Amu Darya abhängig von großen, komplexen Bewässerungssystemen, die seinerzeit von der Sowjetunion entwickelt und gebaut wurden. Mit dem gigantischen Bewässerungssystem konnte sich eine nicht nachhaltige Landwirtschaft über große Flächen ausdehnen, was damals als Sieg der Technik über eine raue Natur angesehen wurde. Diese Entwicklung führte jedoch zu Umweltschäden und zur Verschlechterung der Lebensqualität. Wasserknappheit und schlechte Wasserqualität bewirkten, dass eine stetig steigende Zahl von Menschen auswanderte, um in anderen Regionen oder Ländern ihren Lebensunterhalt zu verdienen. Das System beruhte außerdem auf der gegenseitigen Abhängigkeit der einzelnen Sowjetstaaten sowie deren Abhängigkeit von der Zentralregierung.

Als das Einzugsgebiet zum Zeitpunkt der Unabhängigkeit zwischen verschiedenen Ländern aufgeteilt wurde, wuchs plötzlich die Anzahl der Anspruchsberechtigten und die Anrainerstaaten mussten Lösungen zur Bewirtschaftung der Wasserressourcen in der Region finden sowie Konflikte mit internationalem Ausmaß ohne externe Unterstützung schlichten.

Der Bericht analysiert die naturräumlichen Gegebenheiten und anthropogenen Einwirkungen. Darauf aufbauend werden Empfehlungen für die zukünftige Zusammenarbeit der Anliegerstaaten im Einzugsgebiet des Amu Darya gegeben.

(aus: Zusammenfassung UNEP-Report 2011 „Environment and security in the Amu Darya basin“ (in Englisch))

Termine

Einfluss der Klimaänderung auf die Wasserkraftnutzung

8. September 2011 in Visp, Schweiz

Information: www.hydrologie.unibe.ch

Geochemical, isotope and innovative tracers: Challenges and perspectives for small catchment research

ERB workshop

12.–13. September 2011 in Luxemburg

Informationen: <http://erb.lippmann.lu/>

Die Entwicklung von Gewässerauen – zur Auswahl, Planung und Gestaltung geeigneter Maßnahmen

Seminar

13.–14. September 2011 in Schneverdingen

Information: www.nna.de

Die Oberharzer Wasserwirtschaft ist UNESCO-Weltkulturerbe

21. Fachtagung der Deutschen Wasserhistorischen Gesellschaft e.V.
16.–17. September 2011 in Clausthal-Zellerfeld/Oberharz

Information: www.dwhg-ev.de

Schadstoffdynamik in Flussgebieten – Ursachen, Wirkungen und Konsequenzen stofflicher Veränderungen in Raum und Zeit

20. Chemisches Kolloquium

19.–20. September 2011 in Koblenz

Information: www.bafg.de

Partikuläre Stoffströme in Flusseinzugsgebieten

Kolloquium

20.–21. September 2011 in Koblenz

Information: www.bafg.de

Mitglieder- und Gründungsversammlung der Deutschen Hydrologischen Gesellschaft

23. September 2011 in Koblenz

Information: www.bafg.de

Wasserwirtschaft und Politik im Dialog

26.–27. September 2011 in Berlin

Information: <http://bundestagung.dwa.de>

Innovationsforum Wasserwirtschaft

10.–11. Oktober 2011 in Osnabrück

Information: www.dbu.de oder www.dwa.de

Jahrzehnt neuer Herausforderungen – Finanzierung, Organisation, Betrieb und Instandhaltung

Österreichische Wasserwirtschaftstagung 2011
11.–12. Oktober 2011 in St. Pölten, Österreich

Information: www.oewav.at

15. Workshop Großskalige Hydrologische Modellierung

2.–4. November 2011 in Igls-Vill / Innsbruck, Österreich

Information: www.alp-s.at

6th World Water Forum

12.–17. März 2012 in Marseilles, Frankreich

Information: www.worldwaterforum6.org und
www.world-water-forum-2012-europa.eu

2. IAHR Europe Congress

22.–29. Juni 2012 in München

Information: www.iahr2012.tum.de, Kurzfassungen
an: iahr2012@bv.tum.de

Erläuterung zur Titelseite

Wasserstandsmessung an den Lareinsonntagspleisquellen

Die Lareinsonntagspleisquellen liegen in den Zentralalpen auf 1.890 m ü. A. in der Gemeinde Galtür. Seit 1. August 2003 werden in dem vom Hydrographischen Dienst Tirol direkt an der Quellfassung errichteten Messwehr die Parameter Wasserstand, elektrische Leitfähigkeit und Wassertemperatur von Messsonden kontinuierlich erfasst und von einem Datensammler aufgezeichnet. Infolge Lawinengefährdung war eine besondere Ausgestaltung der Messstelle erforderlich. Der Datensammler ist in der Holzkiste neben dem Messwehr untergebracht und beides wurde mit Holzplatten abgedeckt. Die Daten werden über eine Festnetzleitung der Vorarlberger Illwerke in die Dienststelle übertragen.

Aus dem mit einer Drucksonde gemessenen Wasserstand wird mittels der Wehrkurve (Pegelschlüssel) die Schüttung errechnet. Diese schwankt zwischen 41 und 103 l/s. Der Jahresgang der Schüttung ist vor allem von der Schneeschmelze abhängig. Die elektrische Leitfähigkeit liegt zwischen 93 und 266 $\mu\text{S}/\text{cm}$, die Wassertemperatur zwischen 2,8 und 4,0 °C.

*Jutta Eybl, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien und Gerald Mair,
Hydrographischer Dienst Tirol, Österreich*



Messung von Wasserstand, elektrischer Leitfähigkeit und Wassertemperatur an den Lareinsonntagspleisquellen

Foto: Hydrographischer Dienst Tirol, Österreich