

Aspekte der Wasserbewirtschaftung in urbanen Ballungsräumen

INGENIEURE UND PLANER MÜSSEN MEHR KÖNNEN ALS TECHNISCHE PROBLEME LÖSEN

Wasserwirtschaftliche Planungen haben wegen der Vielzahl von Aufgaben und Bedeutungen, die Wasser in unterschiedlichen Zusammenhängen und Kulturen hat, neben der technischen Seite längst eine multi-disziplinäre und -kulturelle Dimension. Ein Überblick aus den Forschungsprojekten des Institutes für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau.

Einführung

Wasser ist weltweit vornehmlich als Nahrungsmittel für Mensch und Tier sowie als Bewässerungswasser für Kulturpflanzen bedeutsam. Es dient jedoch auch zum Waschen, als Transportmittel für die Ableitung menschlicher und tierischer Ausscheidungen, zur Stromerzeugung, zur Kühlung von Turbinen in Kraftwerken oder zum Schneiden von Metallen. Wasser hat aber darüber hinaus auch für viele Menschen eine religiöse Bedeutung. Hindus, die zu rituellen Waschungen in den Ganges steigen, und Christen bei der Taufe empfinden Wasser als ein Mittel zur Reinigung des Körpers und der Seele. Wasser und die damit verbundenen Gewässer sollten jedoch auch als Lebensraum verstanden werden, den es zur Bewahrung einer Artenvielfalt zu schützen gilt.

Diese vielfältige Bedeutung des Wassers führt immer mehr zu Konflikten bei seiner Nutzung. Fast in jedem Land werden bezüglich der Interessen andere Schwerpunkte gesetzt. Die Vielfalt der Interessen ist bei der Bewirtschaftung des Wassers zu berücksichtigen. Dies spiegelt sich auch in den Forschungsprojekten des Institutes für Wasserwirtschaft, Hydrologie und Landwirtschaftlichen Wasserbau wider.

Wurden früher Projekte nur auf die Lösung einzelner Probleme gerichtet, so ist die Bewirtschaftung des Wassers

heute eine multi-disziplinäre, auf internationaler Ebene auch eine multi-kulturelle Aufgabe.

Nachfolgend werden einige Aspekte wasserwirtschaftlicher Planungen für Ballungsräume im In- und Ausland anhand von Beispielen aus Forschungsprojekten des Instituts dargestellt.

Dargebotsmanagement

Urbane Gebiete sind dort entstanden, wo es einen direkten Zugang zu Süßwasser gab. Die Menschen in den heutigen Ballungszentren können jedoch nicht mehr aus ihren lokalen Wasserressourcen versorgt werden.

Sahara versorgt. Arryadh, die Hauptstadt Saudi Arabiens, bezieht beispielsweise entsalztes Meerwasser von der Küste über eine Strecke von rund 600 Kilometern.

Nicht alles Wasser, was zur Verfügung steht, darf genutzt werden. Das Leerpumpen eines Grundwasserleiters etwa verhindert, dass künftige Generationen dieses Wasser verwenden können. Oft wird fälschlicherweise das als nutzbar angesehen, was aus der Differenz zwischen Niederschlag und Verdunstung als Abfluss übrig bleibt. Dieser Teil wird als Wasserdargebot bezeichnet.

Vielfach sind jedoch die Nutzungsmöglichkeiten aus



Hannover bekommt Grundwasser aus dem Fuhrberger Raum und dem Harz. Die Küstenstädte Libyens werden mit Tiefen-Grundwasser aus der

ökologischen und anderen Gründen enger begrenzt. Es ist daher der Begriff des nutzbaren Wasserdargebots geprägt worden.

Abbildung 1
Zugang zu Süßwasser in Indien

Das Wasserdargebot ermittelt der Hydrologe, die Festlegung des nutzbaren Dargebots ist das Ergebnis eines Planungs- und Entscheidungsprozesses, an dem viele Interessengruppen mitwirken. So ist der Bau der geplanten Siebertalsperre im Harz für die Wasserversorgung der Gebiete im Süden des Harzes aus landschaftsplanerischen Gründen gestoppt worden.

Im Rahmen der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit mit Brasilien, gefördert vom BMBF und dem brasilianischen Forschungsrat CNPq, werden am Institut für den Ballungsraum João Pessoa, der

- eine hygienisch einwandfreie Wasserversorgung der Favela-Bewohner,
- die Interessen der Landbevölkerung an Bewässerungswasser,
- ökologisch sensible Zonen (Mangrovenwald im Mündungsgebiet),
- die unerlaubte Entnahme von Grundwasser aus dem küstennahen Grundwasserleiter,
- Eindringen von salzigem Meerwasser in den Grundwasserleiter als Folge einer zu hohen Grundwasserentnahme sowie
- Not-Reserven für die immer wieder auftretenden extremen Dürren.

Um Akzeptanz der unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten erzielten Ergebnisse in den beteiligten Behörden und der betroffenen Bevölkerung zu gewinnen, flossen die gewonnenen Erkenntnisse direkt in die Beratung der wasserwirtschaftlichen Planungsbehörde des Bundesstaates Paraíba ein.

Einzelne Software-Tools wurden schon während der Projektzeit als Entscheidungshilfen für Planungsaufgaben zur Verfügung gestellt. An ausgewählten Standorten im Einzugsgebiet sind potenzielle Interessenvertreter der Wassernutzer ermittelt worden. Sprecher der betroffenen Gruppen und Gemeinden



Hauptstadt des Bundesstaates Paraíba im Nordosten Brasiliens, die aktuell und zukünftig nutzbaren Wasserressourcen für die Versorgung der Stadt untersucht.

Zur Verfügung stehen zwei Stauseen in einem landwirtschaftlich geprägten Flusseinzugsgebiet nahe der Hauptstadt sowie ein küstennaher Grundwasserleiter.

Urbane Ballungsräume in Entwicklungsländern sind durch hohes Bevölkerungswachstum, moderne Stadt- und Industrie-Zentren sowie wild wuchernde Favelas (Slums) geprägt. Neben dem stark ansteigenden Wasserbedarf der Bevölkerung und der Industrie sind bei der Planung auch zu beachten:

In Zusammenarbeit mit der Bundesuniversität Paraíba wurde ein Wasserwirtschaftliches Informationssystem zur laufenden Beobachtung aller relevanten hydrologischen Prozesse aufgebaut. Dazu dienten auch Auswertungen von Satellitenbildern zur Erfassung der sensiblen Zonen. Die Informationen sind in einer GIS-gestützten Datenbank gespeichert. Anschließend wurden stochastische Simulationsmodelle zur Datenergänzung, ein Flussgebietsmodell zur Prozesssimulation und Optimierungsalgorithmen zur effektiven Nutzung als Bausteine für ein Entscheidungssystem (*Decision Support System*) entwickelt (BILLIB ET AL., 2001).

nahmen an Seminaren teil, in denen die vielfältigen Interessen aufgezeigt und verschiedene Lösungsmöglichkeiten diskutiert wurden.

In diesem Projektbeispiel werden Methoden eingesetzt, die heute international anerkannt und auch verwendet werden.

Wesentlich dabei ist das Informationswesen, um Akzeptanz von Lösungsansätzen bei den Betroffenen unter Berücksichtigung rechtlicher, sozialer und ökologischer Randbedingungen zu finden.

Abbildung 2 (links) Planungsraum für die Wasserversorgung der Stadt João Pessoa

Abbildung 3 Ermittlung planungsrelevanter meteorologischer Daten

Bedarfs- und Versorgungsmanagement

Eine weitere wesentliche Problematik in der Wasserversorgung liegt in der Kontrolle und Steuerung der Wasserverteilung.

Dabei ist zu unterscheiden zwischen dem tatsächlichen Bedarf eines Einwohners oder eines Industriebetriebes pro Tag und dem Bruttobedarf, der aufgrund der Effizienz des Versorgungssystems zu berücksichtigen ist. Denn nur ein Teil des Wassers, das in ein kommunales Versorgungssystem geschickt wird, kommt beim Verbraucher an. Der Rest versickert aus defekten Leitungen und Speichern auf dem Wege vom Gewinnungsgebiet zum Verbraucher (MULL ET AL., 1992).

»VERDECKTER WASSERBEDARF« DURCH DEN SPEISEZETTEL

Unter »Verdecktem Wasserbedarf« versteht man den Wasserbedarf der Nahrungsmittelproduktion. So benötigt die Produktion von

<i>1 kg Weizen</i>	<i>500 Liter Wasser</i>
<i>1 kg Brot</i>	<i>1000 Liter Wasser</i>
<i>1 Glas Orangensaft</i>	<i>25 Gläser Bewässerungswasser*</i>
	<i>* z.B. in Brasilien</i>

Entscheidend ist also der Speisezettel, das heißt die Ernährungsart:

Bei rein vegetarischer Ernährung werden für die Lebensmittelerzeugung etwa 260 m³ Wasser pro Person jährlich benötigt. Bei nicht-vegetarischer Diät steigt die Menge bis zum zehnfachen, da Tiere nur rund zehn Prozent ihrer Nahrung in Fleisch umsetzen!

Zum Vergleich: Der Wasserbedarf für den privaten Haushalt, den Dienstleistungsbereich und die Industrie liegt heute zwischen 240 m³/Einwohner und Jahr in Nordamerika und 18 m³/Einwohner und Jahr in Afrika.

Derzeit haben rund drei Milliarden Menschen und damit etwa die Hälfte der Weltbevölkerung keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser und hygienischen Einrichtungen.

In der Bundesrepublik Deutschland ist dieser Verlust durch das Aufspüren von Leckagen und die Reparatur der defekten Leitungen auf unter zehn Prozent reduziert worden, bezogen auf das Volumen, das von den Wasser-

werken zur Verfügung gestellt wird. In anderen Ländern beträgt dieser Anteil bis zu 50 Prozent. Insbesondere dort, wo Wasser wenig kostet, sind hohe Wasserverluste durch Leckagen, defekte Installationen, tropfende Wasserhähne und Ähnliches vorzufinden. Dies betrifft auch Länder in Trockengebieten mit begrenzten Wasserressourcen.

In der Bundesrepublik Deutschland liegt der mittlere spezifische Wasserbedarf bei etwa 150 Liter pro Einwohner und Tag. In der ehemaligen DDR lag dieser Wert in vielen Städten wegen der oben genannten Effekte bei circa 400 Liter pro Einwohner und Tag bei etwa gleicher effektiver Nutzung des Wassers im Haushalt und im Gewerbe. Das ist fast die dreifache Menge bei gleicher tatsächlicher Nutzung.

Ein wesentliches Mittel einer Bedarfsplanung ist daher die Preisgestaltung (Winpenny, 1994) für die Wassernutzung. In den Ländern, in denen aus traditionellen oder weltanschaulichen Gründen die Wassernutzung für die Befriedigung von Grundbedürfnissen den Nutzern nahezu kostenfrei (aber hoch subventioniert) zur Verfügung steht, wird mit diesem kostbaren und in vielen Gebieten dieser Erde knappen Gut achtlos und verschwenderisch umgegangen. Wasser muss vom Verbraucher als kostbares Gut empfunden werden. Dieses Problem wurde von Institutsangehörigen unter anderem auf mehreren Workshops in Madras und Haiderabad in Indien mit dortigen Vertretern aus Wissenschaft und Politik diskutiert.

Entsorgungsplanung

Zugeführtes Trinkwasser und auch Niederschlagswasser verwandeln sich in den Städten in Abwasser. Auch die Abwasserentsorgung hat Fernwirkungen. Abwasser aus

Kommunen und Industrie hat etwa den Rhein zu Beginn der 70er Jahre derart belastet, dass dieser viel besungene Fluss als »Nachttopf Europas« bezeichnet wurde.

Hohe Investitionen in Verfahren zur Vermeidung, zur schadlosen Ableitung, Behandlung und Reinigung von Abwasser in allen Anrainerstaaten haben es ermöglicht, dass heute wieder auf weiten Strecken ohne gesundheitliches Risiko im Rhein gebadet werden kann (HAAS, 2002).

Die Verbesserung der Gewässergüte und die Verminderung gesundheitlicher Gefährdung ist zwar überall auf der Welt ein vorrangiges Ziel der Wasserbewirtschaftung, die zu ergreifenden Maßnahmen sind jedoch sowohl von den verfügbaren Finanzmitteln als auch vom bestehenden Ausgangszustand abhängig.

In Sucre (Bolivien) werden die Abwässer ungeklärt in den Rio Quirpinchaca eingeleitet. Das Flusswasser dient jedoch den Bewohnern von Siedlungen flussabwärts als Trinkwasser oder für Bewässerungszwecke. Vom Wasser übertragene Krankheiten sind die Folge. In einem Projekt, an dem ein Mitarbeiter des Instituts beteiligt ist (Förderung durch die Kreditanstalt für Wiederaufbau KfW mit einem Darlehen in Höhe von etwa 20 Millionen Euro), soll diese Situation verbessert werden. Neben der Sanierung und Vervollständigung der meist sehr alten Abwasserleitungen und dem Anschluss der Häuser an das System ist der Bau einer Kläranlage erforderlich, um die gesundheitliche Gefährdung der Einwohner durch wasserinduzierte Krankheiten zu vermindern sowie die Umweltsituation im gesamten Flussgebiet zu verbessern. Außer ingenieurtechnischen Methoden sind hier Schulung und Aufklärung über hydrologische, ökologische und hygienische Zusammenhänge gefordert.

Im Gegensatz dazu gehen in Westeuropa die Verbesserungen der Gewässergüte von gut funktionierenden Regen- und Schmutzwasserentsorgungssystemen mit nahezu flächendeckender Behandlung des Schmutzwassers in Kläranlagen aus. Entsprechend liegt hier ein Schwerpunkt in Forschung und Praxis bei der besseren Ausnutzung der Kapazitäten der Entwässerungssysteme, besonders bei der Bewältigung der Abflüsse von Starkregen. So war das Institut maßgeblich an einem Projekt zur Abflusssteuerung in Nordrhein-Westfalen beteiligt. Von der Radartechnologie zur Messung und Vorhersage von Niederschlägen über die mathematische Simulation der Abflussprozesse und die automatische Entscheidungsfindung zur optimalen Füllung und Entleerung von Speicherräumen bis hin zur entsprechenden Realisierung durch Schieber und Pumpen wurde gezeigt, dass mit dieser Technologie eine gezielte Reduzierung der Gewässerbelastung erreichbar ist (BECKER ET AL., 1999).

Das oben beschriebene Problem der Leckagen betrifft nicht nur die Versorgungsleitungen, sondern in noch höherem Maße auch die Abwasserleitungen, da dadurch wertvolles Grundwasser verschmutzt werden kann.

Die Gefahren, die von verschmutztem Grundwasser ausgehen können, zeigt das nächste Projektbeispiel aus Saudi-Arabien: Unter vielen Städten des Nahen Ostens sind als Folge der Wasserverluste aus Versorgungs- und Abwasserleitungen hohe Grundwasserstände entstanden. Abbildung 4 zeigt Wasserpfützen auf Straßen innerhalb eines Stadtgebietes, die sich austretendes Grundwasser bilden.



Abbildung 4
Vernässungen durch austretendes Grundwasser in einem Stadtgebiet

Durch die Anlage von Dränleitungen (Abbildung 5) wurde das unterirdische Wasser abgesenkt und der Austritt auf tief gelegene Straßen und Plätze verhindert. Das Institut war mit der Bewertung dieser Situation und der Auslegung der Dränleitungen als eine Sofortmaßnahme zur Ableitung überschüssigen Grundwassers befasst.

fallen sind. Auch hier zeigte sich, dass sich leider erst ein bestimmter Leidensdruck aufbauen muss, bevor finanzielle Mittel für die Beseitigung des Problems bereitgestellt werden.

Wie das abschließende Beispiel zeigt, können bei einer schlechten Koordination zwischen Bedarfs- und Entsor-



Abbildung 5
Bau von Dränleitungen unter der Straße einer Stadt, um hohe Grundwasserstände abzusenken.

Zusätzlich ist hier jedoch die Qualität des Grundwassers zu berücksichtigen. Sulfathaltiges Wasser (schwefelige Säure) kann auf kalkhaltige Baustoffe wie Mörtel und Beton aggressiv wirken und die Fundamente von Häusern zerstören. Es ist bekannt, dass in Städten wie Kairo bei hohem Grundwasserstand schon zahlreiche Wohnhäuser wegen korrodierter Fundamente zusammenge-



Abbildung 6
Zustand nach der Absenkung des Grundwassers



**Universitätsprofessor
Dr.-Ing. Rolf Mull**

Jahrgang 1938, ist Geschäftsführender Leiter des Institutes für Wasserwirtschaft, Hydrologie und Landwirtschaftlichen Wasserbau.



Prof. Dr.-Ing. Max Billib

Jahrgang 1946, ist Professor am Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und Landwirtschaftlichen Wasserbau.



**Privat-Dozent Dr.-Ing. habil.
Hans-Reinhard Verworn**

Jahrgang 1947, ist Mitarbeiter am Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und Landwirtschaftlichen Wasserbau.

gungsmanagement aber auch Fehlentwicklungen auftreten:

Der scheinbar hohe Wasserbedarf in der ehemaligen DDR hat dazu geführt, dass nach der Wende in den neuen Ländern viele neue Kläranlagen auf einen spezifischen Bedarf von etwa 600 Liter pro Einwohner und Tag ausgelegt wurden. Nachdem dann erhöhte Abgaben für die Nutzung des Wassers und für die Abwasserbeseitigung zu zahlen waren, wurden defekte Wasserhähne, Toiletten und Wasserleitungen repariert. Das führte zu einer drastischen Verminderung des Wasserverbrauchs, so dass der spezifische Wasserbedarf gegenwärtig um 150 Liter pro Einwohner und Tag liegt.

Daher sind in den neuen Ländern heute viele Abwasserkanäle und Kläranlagen weit überdimensioniert. Die Folgen dieser Fehlplanungen haben zum einen die Wassernutzer durch hohe Wassergebühren zu tragen.

Zum anderen müssen die Abwasserleitungen zusätzlich gespült werden, um Ablagerungen zu vermeiden. Diese Spülung bedeutet einen zusätzlichen Wasserbedarf mit entsprechenden Kosten. Die getroffenen Maßnahmen haben zwar dazu geführt, dass viele Gewässer in den neuen

Ländern wieder als Lebensraum aufgewertet wurden, aber die ökonomische Ausgewogenheit und die soziale Gerechtigkeit ist stark verletzt.

Schlussbemerkungen

Die Wasserbewirtschaftung in den urbanen Ballungszentren ist ein facettenreiches Unterfangen, in dem technische, ökologische, ökonomische, rechtliche, soziale, kulturelle und auch religiöse Aspekte mit unterschiedlichen Akzenten aufeinanderprallen.

Jede Aufgabenstellung ist eine neue Herausforderung und verlangt neben der Fachkompetenz Einfühlungsvermögen und Kreativität, um in der Lage zu sein, technisch angepasste, ökonomisch sinnvolle und sozial annehmbare Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserver- und -entsorgung großer Städte zu treffen, die auch aus ökologischer Sicht nachhaltig sind.

Literatur

- Becker, M., A. Pfister, F. Sperling und H.-R. Verworn (1999): Online-Kanalnetzsteuerung – Realisierung einer Abflußsteuerung unter Verwendung raddargemessener Niederschläge. *Korrespondenz Abwasser*, H.2
- Billib, M., P.W. Boochs, T. Cabral da Silva und A.M.B. Passerat de Silans (2001): Expert System for Water Resources Management in River Basins – A Case Study in Semi-Arid Northeast Brazil, in: I. Chinese, Japanese, German Symposium on International River Basin Management, Hannover, Oktober 2001
- Haas, L. (2002): Gute Noten für den Rhein, *Hannoversche Allgemeine Zeitung*, Nr. 173, 27. Juli 2002, S. 14
- Mull, R., F. Härig und M. Pielke (1992): Groundwater Management in the Urban Area of Hanover, Germany. *Journal Water and Environmental Management*, Vol.6, No2, 199–206
- Winpenny, J. (1994): *Managing Water as an Economic Resource*, Routledge Publ., London