

KA

Korrespondenz Abwasser · Abfall

9/12

www.dwa.de/KA

Grußwort:
DWA-Bundestagung

Symposium
„Mikroschadstoffe“

Zehn Jahre
„August-Hoch-
wasser 2002“

Water Innovation
Europe

Rohrschäden

Fließgeschwindig-
keiten in Becken

Schiffsabwasser

Benchmarking

Landnutzung vs.
Wasserwirtschaft

**Stadt, Land, Fluss –
Moderne Wege der Wasser- und Abfallwirtschaft**

**Willkommen zur DWA-Bundestagung
am 26. und 27. September 2012 in Magdeburg**

Informationen und Anmeldung:

Tel.: 02242 872-181

bzw. E-Mail: sundermeyer-kirstein@dwa.de



**Beleg
exemplar**

Bitte
beachten Sie
Seite 842

Landnutzung versus Wasserwirtschaft in São Paulo

Maximilian Hansinger, Andreas Zeiselmaier und Christoph Rapp (München)

Zusammenfassung

Das Wachstum der größten Stadt Südamerikas, São Paulo, führt zu enormen Umweltproblemen, die sich vor allem auf die Trinkwasserqualität auswirken. Im Rahmen eines Expertenseminars und eines Studenten-Workshops in der Metropole konnten Einblicke in deren Wasserwirtschaft gewonnen und vor allem der Bezug der Bevölkerung zum Lebenselement erörtert werden. Der Schwerpunkt der Untersuchung wurde auf das Einzugsgebiet des Trinkwasserreservoirs Guarapiranga gelegt.

Schlagwörter: International, Trinkwasser, Einzugsgebiet, Brasilien, Flächennutzung

DOI: 10.3242/kae2012.09.005

Abstract

Land Use versus Water Management in São Paulo

The expansion of São Paulo, South America's biggest city, leads to tremendous environmental problems that impact above all on the quality of drinking water. Within the framework of an expert seminar and a student workshop in this metropolis, we gained insights into its water management policy and above all we discussed the relationship between the population and this vital element. The focus of the investigation was on the catchment area of the Guarapiranga drinking water reservoir.

Key words: international, drinking water, catchment area, Brazil, land use

1 Einleitung

Eine bereits seit 2009 bestehende persönliche Kooperation zwischen Instituten der Universidade de São Paulo (USP) und der Technischen Universität München (TUM) war der Anlass, ein TUM-Alumni-Seminar mit dem Thema ‚Living quality in megacities – transportation and water‘ in Südamerikas größter Metropole abzuhalten. Neben Verkehrsproblemen in den so genannten BRIC-Staaten (Brasilien, Russland, Indien, China) stand der Umgang mit der für den Menschen wohl wichtigsten Ressource im Mittelpunkt der Tagung, die als Anlass genommen wurde, die im April 2012 stattfindende Kunst-Wissenschaftsausstellung ‚wasser-werke‘ (www.wasser-werke.org) vorzubereiten. Darüber hinaus gab die fast zeitgleich stattfindende Eröffnung des ‚Deutschen Wissenschafts- und Innovationshauses‘ den Impuls, einen wasser-werke Workshop in Deutschlands größtem ausländischem Wirtschaftsstandort durchzuführen.

Das rapide Wachstum der Stadt, die 1934 eine Million Einwohner zählte und mit nun 11 Millionen im Zentrum und 20 Millionen in der gesamten Region [7] eine der größten Städte weltweit ist, führte zu immensen Umweltproblemen, die sich vor allen Dingen auf die Wassergüte auswirken. Einen schlechten Einfluss auf die Trinkwasserqualität haben nach Blum [1] die informellen Siedlungen, die sich am zweitgrößten Reservoir der Stadt, der Represa Guarapiranga, gebildet haben. Aber auch die Industrieabfälle in einer der weltweit am stärksten wachsenden Regionen in Verbindung mit den löchrigsten Umweltgesetzen einer aufstrebenden Nation tragen einen maßgeblichen Teil zur Verschlechterung der Situation bei. Die Einleitung ungeklärter Abwässer bringt das Ökosystem ins Wan-

ken und führt zu einer graduellen Kontamination des Trinkwassers, das in Brasilien im Überfluss vorhanden scheint. Ein im Jahr 2000 angekündigtes Versprechen, bis 2014 ganz São Paulo an die Kanalisation anzuschließen und das Abwasser biologisch zu behandeln, konnte nicht eingehalten werden; der Anteil geklärten Schmutzwassers ist in den vergangenen Jahren sogar zurückgegangen.

Im Rahmen des Kooperationsprojekts wasser-werke wurde der Bezug der dort lebenden Menschen zu Wasser und zum Speichersee erörtert sowie physikalische Daten erhoben. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse sollten dazu dienen, Problembewusstsein zu schaffen und Lösungsansätze zu finden, die einfach zu realisieren sind.

2 São Paulo

2.1 Historie

Die Wurzeln der Gründung der Stadt São Paulo¹ reichen bis ins Jahr 1554 zurück, als Jesuiten den Ort für tauglich befunden hatten, um dort im Auftrag des Heiligen Paulus (portugiesisch: São Paulo) eine Missionsstation zu errichten. Erst gut 150 Jahre später wurde 1711 die Siedlung formell als Stadt geführt. Im Gegensatz zu Rio de Janeiro oder Salvador de Bahia, die bereits zu bedeutenden politischen wie wirtschaftlichen Zentren der damaligen portugiesischen Kolonie herangewachsen wa-

¹ São Paulo ist als Stadt bekannt, die Metropolregion sowie der Bundesstaat sind ebenso benannt.

ren, bestand São Paulo noch immer aus nicht recht viel mehr als ein paar Kirchen und einigen Siedlungen [2]. Die günstigen klimatischen Bedingungen und der fruchtbare Boden im Hinterland der Stadt führten ab 1850 dazu, dass im Hochland São Paulos der Kaffeeanbau intensiviert wurde. Der steigende Kaffeebedarf in Europa, eine systematische Erschließung des Binnenlandes durch Eisenbahnlinien sowie die relative Nähe zur Küste und damit zu Exporthäfen, bescherten der Stadt ab 1880 durch den „Kaffee-Boom“ einen wirtschaftlichen Aufschwung. Eine spezielle Einwanderungspolitik, die auf die Lohnarbeit auf den Plantagen zugeschnitten war, und die Binnenwanderung hatten Zuwachsraten von bis zu 14 Prozent zur Folge. Den 65.000 Einwohnern um 1890 standen 1934 bereits eine Million entgegen; die Zwei-Millionen-Marke wurde 1950 erreicht. Nach den 1920er Jahren verlor Kaffee mehr und mehr seine Bedeutung als Exportprodukt, São Paulo hatte sich bis dahin aber bereits als wirtschaftliches Zentrum etabliert und wirkte vermehrt als Magnet für Unternehmen. Der industrielle Aufschwung, verstärkt durch ausländische Investitionen vor allem aus Deutschland, führte zu einem Bevölkerungswachstum von 5,5%, sodass 1970 die Metropolregion São Paulo (MRSP) bereits mehr als acht Millionen Einwohner zählte. Ab den 1970er Jahren ging der Zuwachs zurück und lag 2001 bei nur noch ca. 0,85%, etwa der Hälfte des brasilianischen Bundesdurchschnitts. Heute ist São Paulo der größte industrielle Ballungsraum Lateinamerikas und der bedeutendste Industriestandort für deutsche Unternehmen außerhalb der Bundesrepublik [2]. Brasilienweit ist São Paulo der wohlhabendste Bundesstaat; die

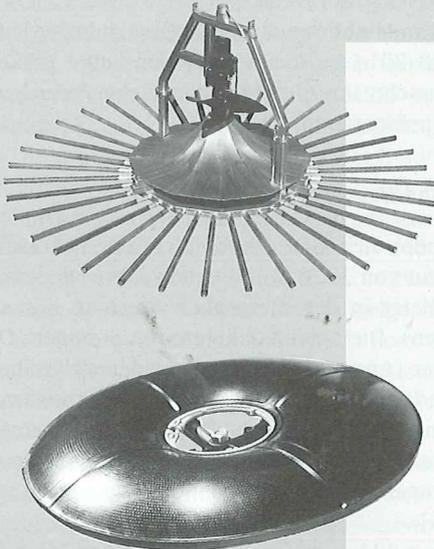
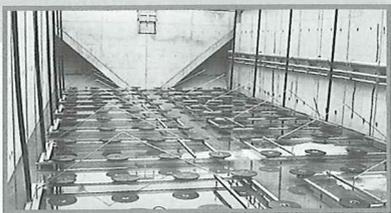
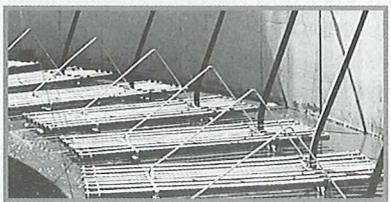


Abb. 1: Informelle Siedlung am Rande der Represa Guarapiranga

MRSP erwirtschaftet dabei etwa 18% des Bruttoinlandsprodukts (BIP) bei nur einem Anteil von 10% der brasilianischen Bevölkerung [13]

2.2 Informelle Siedlungen, Favelas

Die rasante Bevölkerungszunahme brachte große strukturelle Probleme mit sich. Im Zuge der anhaltenden Zuwanderung, insbesondere aus den strukturschwachen Regionen im Nordosten Brasiliens, ergab sich schnell ein Mangel an erschwinglichem Wohnraum. Resultate waren illegale Landnahme von privaten und öffentlichen Gebieten und einhergehend die Entwicklung von sogenannten informellen Siedlungen; in Brasilien spricht man von „Favelas“. Die ersten Favelas São Paulos entstanden – vergleichsweise spät – in den 1940er Jah-

IFU-Membranbelüftungssysteme

*Energiebewusst in die Zukunft.
Mit der Erfahrung aus 40 Jahren.*

Tannenwaldallee 72 • D-61348 Bad Homburg • www.ifu-diffuser.de
Tel. 061 72/93 7063 • Fax 061 72/30 4651 • info@ifu-diffuser.de



DIFFUSIONS- UND
UMWELTECHNIK
G — M — B — H

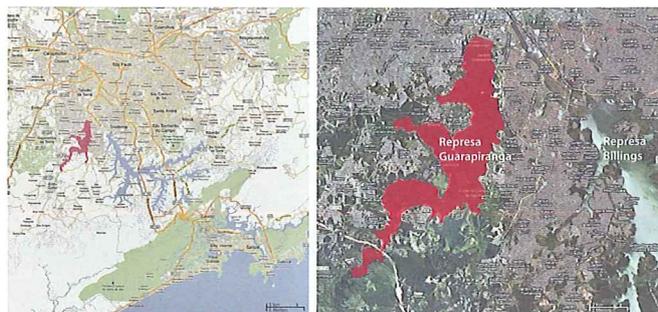


Abb. 2: Das Guarapiranga Reservoir am südlichen Rand von São Paulo (Datenbasis: Google Maps)

ren. Zu Beginn wurde mit der Problematik zum Teil radikal umgegangen: Von „bulldozing“, also Zwangsräumung mit schweren Baumaschinen, war die Rede. Insbesondere in zentralen, finanziell interessanten Gebieten der Innenstadt spielte dies bis in die 90er Jahre eine Rolle [8]. Doch die Zahl der Favela-Bewohner stieg und steigt noch immer überproportional. Heute leben nahezu 30% der Bevölkerung in solchen Siedlungen [1] und es gibt neue, deutlich effektivere Ansätze, mit der illegalen Landnahme umzugehen. Dies sind z. B. Sanierungsprogramme, bei denen versucht wird, die informellen Siedlungen in den städtischen Kontext zu integrieren [1]. Es gab eine Veränderung der öffentlichen Politik von „slum removal“ hin zu „slum upgrading“ [8]. Die lokale Aufwertung geht oft einher mit der Legalisierung der Besitzverhältnisse. Soziale Initiativen zur Stadterneuerung wie „Bairro Legal“ wurden gestartet. Insbesondere die informellen Siedlungen in der Umgebung der Einzugsgebiete der Trinkwasserreservoirs „Guarapiranga“ und „Billings“ waren Brennpunkte und erforderten schnelles Handeln.

Die Standorte der Favelas sind häufig eng mit Wasserschutzflächen und bislang ungebauten Grünflächen verbunden. Eben dort, wo der formelle Immobilienmarkt aufgrund erschwerter Baubedingungen keinen Zugang findet [8].

Großer Handlungsbedarf bestand demnach in der zum Teil katastrophalen sanitären Infrastruktur in den Siedlungen, die oftmals weder Trinkwasserzugang hatten noch über eine funktionierende Abwasser- und Müllentsorgung verfügten. Dies führte schnell zu gravierenden Umweltproblemen. Weiträumige Oberflächenversiegelung führte zu flutartigen Abflüssen. Die stadtplanerische Folge war die weitere Kanalisation der Oberflächengewässer. Die beiden Flüsse Tietê und Pinheiros wurden zu großen, offenen Abwasserkanälen, die das heutige Stadtbild São Paulos prägen [8]. Die Begradigung der Kanäle führt zur Eintiefung mit entsprechender Auswirkung auf den anstehenden Grundwasserleiter; hinzu kommt die verhinderte Infiltration und somit eingeschränkte Grundwasserneubildung. Weitere Probleme sind Überschwemmungen und Erdbeben. Aufgrund des erhöhten Siedlungsdrucks müssen die wachsenden Favelas auf risikobehaftete Flächen ausweichen. Dies sind häufig gefährdete Berghänge² und Überschwemmungsgebiete. Weiter machen die mangelnden baulichen Sicherheitsstandards die Gebäude besonders anfällig für Naturkatastrophen [4, 10].

Favelas sind die Heimat der brasilianischen Arbeiterklasse. Im Laufe der Zeit wurden sie jedoch vielfach zu Quellgebieten

² Bei einem verheerenden Erdbeben waren z. B. im Jahr 1999 in Caracas, Venezuela, 20.000 bis 50.000 Todesopfer zu beklagen.



Abb. 3: Ausstellungseröffnung im Club Transatlântico der AHK in São Paulo (Foto: CRIS VILLARES / AHK BRASÍL)

V. l. n. r.: Albert Berger (Kanzler der TUM), Georg Schmid (Vorsitzender CSU-Fraktion im Bayer. Landtag), Markus Reichhart (Freie Wähler), Horst Seehofer (Bayer. Ministerpräsident), Dr. Wolfgang Heubisch (Bayer. Minister für Wissenschaft, Forschung und Kunst), Markus Rinderspacher (Vorsitzender der SPD-Landtagsfraktion), Emilia Müller (Bayer. Ministerin für Bundes- und Europaangelegenheiten), Katja Hessel (Bayer. Staatssekretärin für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie)

krimineller Aktivitäten. Drogenhandel, Gewalt und Bandenkriege bestimmen oft das tägliche Leben der Menschen.

Diese Zustände wurden lange Zeit von der Politik verdrängt und stoßen auch heute noch bei der Bevölkerung auf Vorurteile und Angst [1, 10]. Es besteht eine strenge Segregation zu den Wohnquartieren der Mittel- und Oberschicht. Für die meisten Brasilianer stehen die Favelas für ‚no-go areas‘.

Nicht zuletzt im Hinblick auf das Großereignis der Fußball Weltmeisterschaft 2014 in Brasilien werden heute große Anstrengungen erbracht, um die Stadt den vielen Besuchern in bestem Licht zu präsentieren.

2.3 Hydrologie und Wasser in São Paulo

Klimatisch befindet sich São Paulo mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von 19,3° C und einem Jahresniederschlag von 1450 Millimeter in der subtropisch feuchten Klimazone (Cfa nach Köppen). Die beiden Jahreszeiten Sommer (Okt. – März) und Winter (Apr. – Sept.) unterscheiden sich dabei vor allem in der Niederschlagsmenge, voneinander; im wärmsten Monat Februar mit durchschnittlich 22,3° C fallen 233 mm Niederschlag, während im Juli, dem kältesten Monat mit einer Durchschnittstemperatur von 15,7° C, nur etwa 44 mm registriert werden [16].

Der Zugang zur 80 km entfernten Atlantikküste wird durch die Gebirgskette Serra do Mar erschwert, welche parallel zur Küstenlinie verläuft. Aufgrund dieser geologischen Formation fließen die Flüsse, die westlich der Serra do Mar entspringen (nur etwa 20 km vom Meer entfernt), von der Küste weg hinein ins Landesinnere. Das größte hier zu nennende Flusssystem ist der Rio Tietê, in dessen Einzugsgebiet sich die MRSP zu 99 Prozent befindet und der diese in nordwestliche Richtung durchfließt, bevor er nach 1.130 km in den Rio Paraná mündet, welcher schließlich über den Rio de la Plata bei Buenos Aires den Atlantik erreicht. Der Rio Pinheiros ist ein Seitenarm des Tietê, der zwar nur etwa 25 km lang ist, sich aber in nördliche

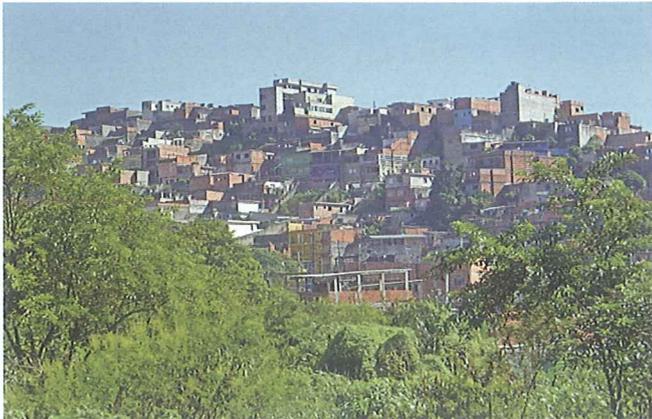


Abb. 4: Blick auf informelle Siedlung am Rande der Represa Guarapiranga

Richtung durch São Paulo zieht und dessen Stadtbild wie der Tietê prägt.

Die Metropolregion umfasst heute eine Ost-West Ausdehnung von etwa 50 km; die Stadt erstreckt sich auf 1.509 km² [4].

Der weitaus größte Teil der Bevölkerung in der MRSP (29 der 35 zugehörigen Munizipien) wird durch den staatlichen Wasserversorger und Abwasserentsorger SABESP bedient. SABESP wurde 1973 gegründet und versorgt im ganzen Bundesstaat São Paulo über 23 Millionen Menschen mit Wasser, womit es zu einem der größten und effektivsten Wasserversorger weltweit zählt [9].

Das Trinkwasser wird zu 80 Prozent aus Oberflächenwasser gewonnen; hierfür stehen acht unabhängige Rohwasserreservoir zur Verfügung. Die drei größten seien hier kurz erwähnt:

Das Cantareira-System bezieht seit 1880 insgesamt 33 m³/s Wasser aus Flüssen in einem Berggebiet im Norden der Stadt, womit 8,1 Millionen Menschen versorgt werden [12].

Das zweitwichtigste System in der MRSP ist das Guarapiranga-System. Es setzt sich aus dem Guarapiranga- und dem Billings-Trinkwasserreservoir im Süden der Stadt zusammen. Der Guarapiranga-Stausee wurde bereits 1906 fertiggestellt und diente ursprünglich der Energieerzeugung aus Wasserkraft. Als die Stadt Anfang des Jahrhunderts wuchs und der Trinkwasserbedarf in die Höhe stieg, wurde es ab 1928 ausschließlich als Trinkwasserspeicher verwendet. Dem steigenden Bedarf folgte 1935 das Reservoir Billings. Die beiden Reservoir werden aus Flüssen der Serra do Mar gespeist und versorgen knapp 4 Millionen Menschen mit 14 m³/s Trinkwasser [12].

Als letztes sei das Alto Tietê System genannt. Hier wird Wasser aus dem Rio Tietê und einigen Nebenflüssen 10 m³/s für 3,1 Millionen Menschen entnommen, bevor diese das Stadtgebiet durchfließen [12]. Dabei beträgt der Wasserverlust aufgrund maroder Leitungen und illegaler Wasserentnahme in Favela-Siedlungen etwa 28% des gesamten Wasserverbrauchs [9].

Das Rohwasser wird in der Metropolregion in 28 verschiedenen Anlagen zu Trinkwasser aufbereitet. Bevor es die eigentliche Aufbereitungsanlage erreicht, wird es vorgechlort und alkalisiert, um den pH-Wert anzuheben. Danach folgen die Schritte: Koagulation mit Aluminiumsulfat, Flockung, Dekantieren, Passieren eines Sandfilters, weiteres Alkalisieren, schließlich Desinfektion mit Chlor und die Zugabe von Fluor zur Vorbeugung von Karies [15].

Laut SABESP sind in der MRSP alle Haushalte an das Trinkwassernetz angeschlossen, an das Abwassernetz dagegen nur

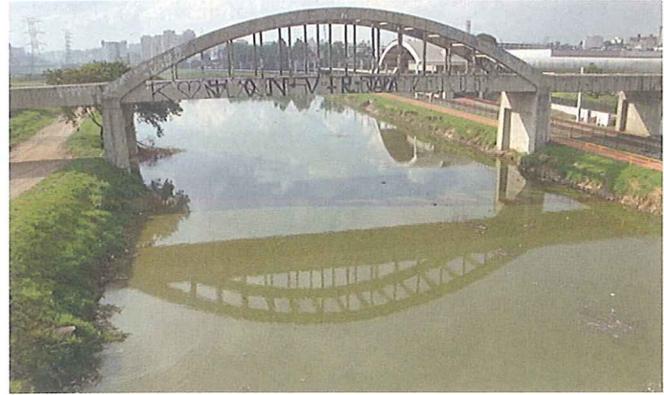


Abb. 5: Der stark verunreinigte Rio Pinheiros, Blick nach Norden auf das Stadtzentrum

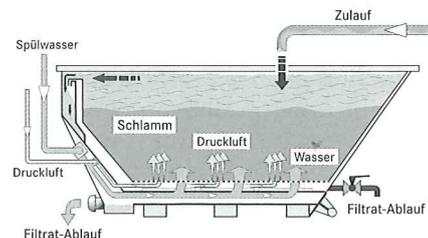
etwa 79%. 72% des gesammelten Abwassers werden in Kläranlagen mechanisch-biologisch gereinigt.

2.4 Projektregion

Aufgrund informeller Landnahme und Favela-Ausbreitungen in den Wassereinzugsgebieten in der Serra do Mar und rund um die Trinkwasserreservoir Guarapiranga und Billings hat sich die Wasserqualität in der MRSP seit den 70er Jahren deutlich verschlechtert. Heute muss bereits ein weitaus höherer Aufwand zur Aufbereitung des Trinkwassers betrieben werden als noch

www.trockener-schlamm-kugler.de

Ideal für Sandfang und Kanalspülgut.



Sandy, der belüftete Sandfang-Container. Schnelle Entwässerung und stichfester, geruchsfreier Schlamm bei minimalen Transport- und Deponiekosten.

KUGLER®

Konzepte für die Fest-Flüssig-Trennung

Behälter- und Anlagenbau Tel. 07452 / 82 19 16
 Bergwaldstraße 3 Fax 07452 / 82 19 17
 D-72202 Nagold Mail: info@kugler-gmbh

ENTWÄSSERN · TRENNEN · FILTERN · KLÄREN



Donizete Araújo arbeitet als Assistent in der Leitung eines Kinder- und Jugendzentrums. Für ihn spielt die Erziehung und Bildung der Kinder eine zentrale Rolle für die Zukunft des Reservoirs. Zusammen mit seiner Künstlergruppe Decálogo Jalé veranstaltet er Protestmärsche und Theateraufführungen, um Denkanstöße zu geben und auf die prekäre Lage aufmerksam zu machen.



Avair arbeitet für die gemeinnützige Organisation Santos Mártires und engagiert sich ehrenamtlich für die Umwelt. Guarapiranga bedeutet für sie ein Leben im Paradies. Die Lebensqualität zeichnet sich für sie vor allem durch die bessere Luft, die vielen Grünflächen und nicht zuletzt durch den Parque Ecológico aus. Dieser wurde auf Druck der Bewohner ins Leben gerufen und steht allen als Naherholungsort zur Verfügung.



Lourdes lebt seit fast 20 Jahren in einer Siedlung in Guarapiranga. Ihrer Meinung nach hat sich die Situation bereits deutlich verbessert, denn vor 10 Jahren war das Reservoir deutlich stärker durch Hausmüll verschmutzt. Wo heute die Straße vor ihrem Haus verläuft, war früher ein offener Abwasserkanal, der bei Starkregen oft ihre Wohnung flutete, bis das ganze Gebiet von der Stadtverwaltung unterirdisch kanalisiert wurde.

vor 20 Jahren [8]. Die Siedlungen verfügten über keinerlei Abwasserentsorgung oder -aufbereitung. Da es auch keine zentrale Müllabfuhr gab, erfolgte die Entsorgung des Mülls meist auch sehr unsachgemäß. In der Regel wurde er in kleineren Flussläufen und an den Ufern der Wasserreservoirs deponiert [8]. Die ungeklärten Siedlungsabwässer und die Sickerwässer des Mülls gelangten ohne jegliche Vorbehandlung direkt in die Trinkwasserspeicher und führten dort zu Eutrophierung und einer allgemeinen Verschlechterung der Wasserqualität.

Um diesem Problem entgegenzutreten, wurde 1994 von der CETESB (São Paulos Umweltbehörde) unter Mithilfe der Weltbank ein Programm zur strukturellen Aufwertung der Favelasiedlungen im Guarapiranga-Bassin ins Leben gerufen [5]. Dabei konnten die Siedlungen infrastrukturell in das Stadtgebiet eingebunden werden, indem Müllentsorgung eingeführt sowie Straßen und Wege baulich aufgewertet wurden. Darüber hinaus wurden bis zum Jahr 2000 insgesamt 17.200 Familien an die kommunale Abwasserentsorgung angeschlossen. Trotz dieser Maßnahmen verschlechtert sich die Wasserqualität im Reservoir weiter, da die informelle Landnahme mit ihrer Entsorgungsproblematik von Müll- und Abwasser rund um das Reservoir anhält. Derzeitige Anstrengungen zielen auf eine Bewusstseinsbildung der Siedler um das Guarapiranga Reservoir ab. Zudem befasst sich ein Projekt mit dem integrierten Wasserressourcen-Management der Metropolregion São Paulo [11].

3 Workshop/Field Trip

Aufbauend auf ein TUM-Alumni Seminar zum Thema ‚Living quality in megacities – transport and water‘ fand Anfang März 2012 der Workshop der Technischen Universität München (TUM) in Zusammenarbeit mit der Universidade de São Paulo

(USP) statt. Es wurden Daten über Wasserdargebot und -qualität erhoben und wissenschaftlich analysiert. Parallel wurde das in-situ-Kunstprojekt ‚about water‘ realisiert, bei dem Menschen aus der Region Guarapiranga porträtiert und ihre persönlichen Wassergeschichten gesammelt und ausgewertet wurden. Eine Ausstellung, die am 09.04.2012 vom Bayerischen Ministerpräsidenten Seehofer eröffnet wurde, zeigte die Ergebnisse in der deutschen Außenhandelskammer in São Paulo.

Die gewonnenen Erkenntnisse dienen dazu, Problembewusstsein zu schaffen und Lösungsansätze zu finden. Ziel ist es, mit einfachen Mitteln die Lebenssituation der Anwohner zu verbessern. Sie sollen aber auch Anstoß zur Reflexion des persönlichen Umgangs mit der Ressource Wasser geben.

3.1 Guarapiranga

Destination des Wissenschaftsprojekts war die Region am östlichen Ufer der Represa Guarapiranga. Dort wurde der ‚Parque Ecológico Guarapiranga‘ besucht, der seinen Fokus insbesondere auf Umweltbildung und Prävention setzt. In dem Naturreisort wird anschaulich gezeigt, welcher natürliche Reichtum die Region auszeichnet. Im angeschlossenen Müllmuseum erkennt man aber schnell die Verletzlichkeit dieses Ökosystems und die größte Problematik der Region.

3.2 Água é vida

In intensiven Interviews mit der lokalen Bevölkerung konnten Einblicke in deren Verhältnis zu Wasser und Wasserqualität gewonnen werden. Insgesamt wurden 15 Menschen unterschiedlichen Alters dazu befragt, was Wasser für sie bedeutet. Nachfolgend werden drei Porträts vorgestellt.



Abb. 6: Stark verschmutzter Zufluss zum Trinkwasserreservoir (Entnahmestelle der Wasserprobe)

Die Anstrengungen der Weltbank scheinen Früchte zu tragen. „Água é vida“ – Wasser ist Leben – hat fast jeder Interviewpartner verinnerlicht. Das Umdenken von der exzessiven Nutzung der natürlichen Ressourcen hin zu einem verantwortungsvollen Leben im Einklang mit der Natur hat in den ärmeren Schichten dieses Schwellenlandes begonnen. Die Oberschicht hingegen beansprucht weiterhin Privilegien wie z.B. die Nutzung privater Verkehrsmittel im Megastau anstatt auf den schnellen und sicheren Öffentlichen Nahverkehr umzusteigen.

3.3 Probennahme

Im Rahmen des Workshops wurden Wasserproben eines offensichtlich stark verschmutzten Zuflusses zum Reservoir entnommen und im Labor der USP hinsichtlich ihrer Qualität analysiert. Aufgrund logistischer Schwierigkeiten konnte nur die Schwermetallanalyse fachlich korrekt ausgewertet werden. Die Ergebnisse wurden mit Grenzwerten für Trinkwasser der WHO [15] verglichen:

	WHO	Probe 1 u. 2
Arsen	0,01	< 0,01
Cadmium	0,003	< 0,008
Chrom	0,05	< 0,01
Blei	0,01	< 0,03

Die Ergebnisse liegen allesamt unter der Nachweisgrenze der USP. Damit konnte zumindest nachgewiesen werden, dass auch

bei Trockenwetterabfluss an dieser Stelle keine Schwermetalle aus Industrieabwässern oder z. B. Leitungsarmaturen in das Reservoir gelangen. Die Keimbildung durch biologische Prozesse im Abwasser und spätere Eutrophierung im Reservoir konnte nicht überprüft werden, ist allerdings mehrfach an ähnlichen Stellen dokumentiert worden. Die beständige aber stetig zunehmende Trinkwasserbehandlung durch SABESP ist nach wie vor der einzige Weg, um die Keimkonzentration in der Wasserversorgung zu mindern.

4 Diskussion der Ergebnisse

4.1 Problembeschreibung

Der hohe Eintrag von Müll-Sickerwasser und häuslichem Abwasser ins Reservoir spiegelt sich vor allem in einem erhöhten BOD-Wert [11] wider, der auf erhöhte bakterielle Aktivitäten Rückschlüsse ziehen lässt. Der Grund hierfür ist der Eintrag von Nitraten (NO₃), Nitriten (NO₂), Ammonium (NH₄) und Phosphatverbindungen (PO₄) über die Abwässer, die zu einer Nährstoffanreicherung im Stausee führen. Vor allem in subtropischen Klimazonen führt dieser Überdüngungsprozess zu einem ausufernden Wachstum von Algen und speziell von Cyanobakterien. Rund 60 Prozent aller weltweit untersuchten Cyanobakterien haben auf Fische und Menschen eine toxische Wirkung [14]. Dabei ist nicht die reine Präsenz dieser Bakterien ausschlaggebend, sondern deren erhöhte Konzentration im Gewässer, oft zu erkennen an einer grünlichen Schaumschicht, die auf der Wasseroberfläche schwimmt [14]. Besorgniserregend sind sie vor allem in Gewässern wie der Represa Guarapiranga, die der Naherholung dienen bzw. dienen, da deren orale Aufnahme zu Krankheiten führen kann. Beim Absterben der Organismen wird obendrein Sauerstoff im Gewässer verbraucht, was zum Verenden von Fischen führt. Zudem gelangen Kolibakterien über das eingeleitete Abwasser in das Reservoir und führen zu dessen Kontamination. Die Auswirkungen sind vielfältig: Fischfang ist kaum mehr möglich, der ökologische Zustand verschlechtert sich stetig und auch die Nutzung für Freizeitaktivitäten ist nur eingeschränkt möglich. Die Grundwasserqualität wird beeinträchtigt und die Biodiversität im Lebensraum rund um den See ist gefährdet.

Bei der Nutzung als Trinkwasserspeicher muss mit einem erhöhten Aufwand zur Aufbereitung gerechnet werden [8, 14].

www.
AQUADATA.de

**Die Redox-Regelung,
das Original !**

Regelung der Nitrifikation / Denitrifikation
Nach- und Umrüstung bestehender Kläranlagen
Kontrolle der Schlammstabilisierung

AQUADATA Abwassertechnik GmbH
Friedrich-Seele-Straße 1b • 38122 Braunschweig
Tel.: [05 31] 50 14 52 • Fax: [05 31] 50 09 07
E-Mail: info@aquadata.de

Grabenlos gut!

DIRINGER&SCHEIDEL
ROHR SANIERUNG

D&S

Aschaffenburg-Dessau-Freiburg-Hannover-Herne-Leipzig-Mannheim
München · Nürnberg · Oldenburg · Saar · Wetzlar · www.dus-rohr.de

4.2 Lösungsansätze

Die Schaffung von öffentlichem Bewusstsein und Umwelterziehung bilden die Grundlage für eine Verbesserung der aktuellen Situation. Diese Ansätze werden auch von der brasilianischen Regierung als wichtiges Instrument der Umweltpolitik verstanden und entsprechend gefördert. Als Folge daraus wurde das Informationszentrum des ‚parque ecológico‘ [8] eingerichtet, welches bereits Wirkung zeigt (siehe 3.3). Dennoch bedarf es zusätzlich einer Aufwertung und Bereitstellung von grundlegender Infrastruktur, die es ermöglicht, die Abwässer abzuleiten und die fachgerechte Entsorgung des Mülls zu gewährleisten.

Einen entscheidenden Schritt in diese Richtung konnte das ‚Water Quality and Pollution Control Project‘ der Weltbank aus dem Jahr 2000 beitragen (siehe 3.3). Durch einen multisektoralen Ansatz, in dem sozio-ökonomische und infrastrukturelle Probleme gleichermaßen fokussiert wurden, konnte durch einen partizipativen Prozess, an dem staatliche Behörden, Wasserversorger und Bewohner beteiligt waren, ein Teil der Favelas im Guarapiranga-Einzugsgebiet infrastrukturell aufgewertet werden [5]. Diese Maßnahmen müssen nun konsequent und zeitnah auf die bestehenden Siedlungen umgesetzt werden.

Ähnliche Probleme bestehen weltweit in vielen Metropolen, die von zunehmender Landflucht und unkontrolliertem Wachstum betroffen sind. Gerade in den BRIC-Staaten ist die Lösung dieser Probleme der Schlüssel für eine nachhaltige Entwicklung [3].

5 Fazit

Durch eine umfangreiche Recherche und Analyse unterschiedlicher Quellen sowie Befragungen und Probennahmen konnten die bestimmenden Einflussfaktoren für die Wasserwirtschaft in São Paulo identifiziert werden. Dabei wurde der soziale Aspekt ins Zentrum der Untersuchung gerückt. Es konnten Wege aufgezeigt werden, mit denen die Wasserqualität im Reservoir bereits verbessert wurde und kontinuierlich verbessert werden kann. Gleichzeitig wurden Defizite vor allen Dingen in der Abwasserableitung und -reinigung aufgedeckt.

Aufgrund der Nähe zum Stadtzentrum bietet sich die Represa Guarapiranga ideal als Naherholungsgebiet an. Der Anschluss der Siedlungen an die öffentliche Kanalisation und die Aufbereitung des Abwassers würde die Attraktivität dieses Gebiets weiter stärken, was sich letztendlich auch finanziell auszahlen wird. Von der Lösung der Umweltprobleme in Guarapiranga würden somit alle Bewohner São Paulos profitieren.

Die gewonnenen Ergebnisse wurden im Rahmen der vom Bayerischen Ministerpräsidenten Seehofer eröffneten Ausstellung ‚Wasserwerke in São Paulo und in München auf der IFAT im Bereich ‚Research and Education‘ präsentiert. Sie dienen auch als Grundlage für ein ähnliches Projekt, welches im August 2012 im indischen Bangalore durchgeführt wird.

Dank

Dieses Projekt konnte nur durch die finanzielle Unterstützung der Bayerischen Staatskanzlei realisiert werden; weitere Förderung erfolgte durch den Bund der Freunde der TUM. Weiterer Dank gilt den unzähligen ‚Paulistas‘, die bereitwillig jede gestellte Frage beantwortet haben. Hervorzuheben ist in diesem Kontext die Organisation ‚Sociedade Santos Mártires‘.

Literatur

- [1] Blum, E.; Hrsg., *Favela-Metropolis: Berichte und Projekte aus Rio de Janeiro und São Paulo*, 1st ed. Gütersloh, Berlin, Basel, Boston, Berlin: Bauverlag Birkhäuser, 2004
- [2] brasilien.de Reiseservice, *Geschichte des Bundesstaates São Paulo*. Online: <http://www.brasilien.de/geschichte/staaten/saopaulo.asp> (02.04.2012)
- [3] Christ, K.; Baier, K.; Schmitz, K.-S.; Jha, R und Azzam, R.; Wasserverschmutzung und Umweltprobleme als Folge der Urbanisierung in Hyderabad, *WasserWirtschaft*, vol. 03/2012, pp. 25–30
- [4] Fix, M.; *Understanding Slums: Case Studies for the Global Report 2003: Urban Slums Reports: The case of Sao Paulo, Brazil*. Online: http://www.ucl.ac.uk/dpu-projects/Global_Report/pdfs/SaoPaulo.pdf (02.04.2012)
- [5] Formiga Johnsson, R. M. und Kemper, K. E.; *Institutional and policy analysis of river basin management: The Alto-Tietê River Basin, São Paulo, Brazil*. Working Paper 3650, June 2005. Online: http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/IW3P/IB/2005/06/16/000016406_20050616092016/Rendered/PDF/wps3650.pdf bzw. http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/IW3P/IB/2005/06/16/000016406_20050616092016/Rendered/PDF/28962.pdf (02.04.2012)
- [6] Gunkel, G.; Hrsg., *Reservoir and river basin management: Exchange of experiences from Brazil, Portugal and Germany*. Berlin: Univ.-Verl. der TU, 2007
- [7] IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, *Dados do Censo 2010 publicados no Diário: Oficial da União do dia 04/11/2010, Dados: São Paulo*. Online: http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados_divulgados/index.php?uf535 (02.04.2012)
- [8] Imarato, I. und Ruster, J.; *Slum Upgrading and Participation: Lessons from Latin America*. Washington, D.C.: World Bank, 2003
- [9] Machiaveli, F. und Schneider, M.; *Challenges and Opportunities: of the new Brazilian regulatory framework for water and sanitation: the Sabesp case*. Online: http://siteresources.worldbank.org/EXTWAT/Resources/4602122-1213366294492/5106220-1234469721549/11.1_SABESP.pdf (02.04.2012)
- [10] Oyeyinka, O.; *São Paulo: A tale of two cities. Nairobi, Kenya: United Nations Human Settlement Programme*, 2010
- [11] Porto, M.; *ENGINEERING, THE ENVIRONMENT AND EXTREME EVENTS: WILL TECHNOLOGY & INNOVATION BE ENOUGH?*, Presentation: Harvard University School of Engineering and Applied Sciences, 03.01.2012. Online: http://www.drclas.harvard.edu/files/Urban_Water_Sao_Paulo_Monica.Porto_.pdf (20.04.2012)
- [12] SABESP, *SABESP – offizielle Webseite*. Online: <http://www.sabesp.com.br/> (02.04.2012)
- [13] Werna, E.; Urban management and intra-urban differentials in Sao Paulo, *Habitat International*, Vol. 19, Nr. 1, pp 123-138, 1995
- [14] WHO, *Guidelines for safe recreational water environments*. Geneva: World Health Organization, 2003. Online: <http://whqlibdoc.who.int/publications/2003/9241545801.pdf> (02.04.2012)
- [15] WHO, *Guidelines for drinking-water quality*. Geneva: World Health Organization, 2011. Online: http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/index.html (16.04.2012)
- [16] World Meteorological Organisation, *World Weather Information Service, São Paulo, Brazil*. Online: <http://worldweather.wmo.int/136/c01083.htm> (02.04.2012).

Autoren

Maximilian Hansinger; Andreas Zeiselmaier
 Dr.-Ing. Christoph Rapp
 Hydromechanik-Labor
 Technische Universität München
 Arcisstraße 21, 80333 München

E-Mail: rapp@tum.de

