

Wasserversorgung und Abwasserentsorgung von Megacities

Fachabteilung für Hydrologie und Wasserwirtschaft

Christian-Albrechts-Universität Kiel

Seminar: Regionale Wasserwirtschaft SS/2005

Referentin: Freya-Elisabeth Hensgens, Matrikel-Nr.: 677 174,

E-Mail Adresse: freyahensgens@web.de

20.07.2005

Wasserversorgung und Abwasserentsorgung von Megacities

Inhalt

1.	Einleitung: Wasservorkommen auf der Erde	01
2.	Fallbeispiel Kalkutta	05
2.1	Hydrogeologie Kalkuttas	05
2.2	Infrastruktur Kalkuttas	06
2.2.1	Wasserversorgung	07
2.2.2	Abwasserentsorgung	09
3.	Fallbeispiel Istanbul	10
3.1	Zur Geschichte der Wasserversorgung Istanbul	10
3.1.1	Die ersten Speicherseen	10
3.2	Wasserversorgung	11
3.2.1	Wasserversorgung ab 1950	11
3.2.2	Krisenjahre 1989/1990	12
3.2.3	Wasserversorgung ab 1994 und zukünftige Projekte	13
3.3	Abwasserentsorgung	14
3.3.1	Abwasserentsorgung des Osmanischen Reiches	14
3.3.2	Abwasserentsorgung Mitte des 20. Jhs.	15
3.3.3	Abwasserentsorgung nach 1966 und heute	16
4.	Fazit	16
5.	Literatur	17

1 Einleitung: Wasservorkommen auf der Erde

Wasser ist ein knappes Gut. Für den Menschen ist nur 1 % des Süßwassers nutzbar. Das entspricht 0,007 % allen Wassers, das auf der Erde vorkommt.

Anteilig am gesamten Wasservorkommen nimmt das Salzwasser 97,5 % ein, das in den Weltmeeren gespeichert ist. Die restlichen 2,5 % Süßwasser befinden sich in den Eisschichten von Nord- und Südpol als gebundenes Wasser (70 %); in Aquiferen und als Bodenfeuchte gespeichert verteilen sich 30 % des Süßwassers (von Baratta et al. 2003).

Heutzutage werden 54 % des verfügbaren Süßwassers für die Landwirtschaft, die privaten Haushalte und die Industrie genutzt. Die Nutzung soll im Jahr 2025 auf 70 % ansteigen. Grund hierfür ist nach von Baratta et al. (2003) das weltweite Bevölkerungswachstum. Immer mehr Menschen verbrauchen zunehmend immer mehr Wasser. „Zwischen 1900 und 1995 hat sich die globale Wasserentnahme mehr als versechsfacht und ist damit mehr als doppelt so schnell gewachsen wie die Weltbevölkerung“ (von Baratta et al. 2003).

Das Jahr 2003 wurde von den Vereinten Nationen aufgrund der immer stärkeren Nutzung der Süßwasservorkommen als „Internationalen Jahr des Süßwassers“ erklärt. Am 22.3.2003, dem „Weltwassertag“, wurde der Weltwasserentwicklungsbericht (World Water Development Report) vorgelegt, der von 23 UN-Institutionen gemeinsam erarbeitet worden ist. Es wird von einer sich verschärfenden Wasserkrise gesprochen (von Baratta et al. 2003).

Laut UN (von Baratta et al. 2003) wird weltweit keine Region von den Auswirkungen der verstärkten Süßwassernutzung verschont bleiben - selbst wasserreiche Regionen und Länder nicht. Die unterschiedliche Verteilung der Wasservorkommen auf der Erde wirken sich erschwerend auf wasserarme Regionen und Länder aus. Das bedeutet, daß bereits wasserarme Gebiete zu den neuen Gebieten der Wasserknappheit zu zählen sind. U. a. sind es die Ufergebiete von Volta (Ghana), Farah (Afghanistan), Euphrat und Tigris (Türkei, Iran, Syrien), Nil (Ägypten) und Narmada (Indien).

Zu den zehn wasserärmsten Staaten der Erde gehören u. a. Singapur (149 m³ verfügbares Wasser pro Einwohner und Jahr), Malta (129 m³), Saudi-Arabien (118 m³), Bahamas (66 m³), Gaza (52 m³) und Kuwait (10 m³). Grönland (10 767 857 m³), USA/Alaska (1 563 168 m³), Guyana (316 689 m³), Republik Kongo (275 679 m³) und

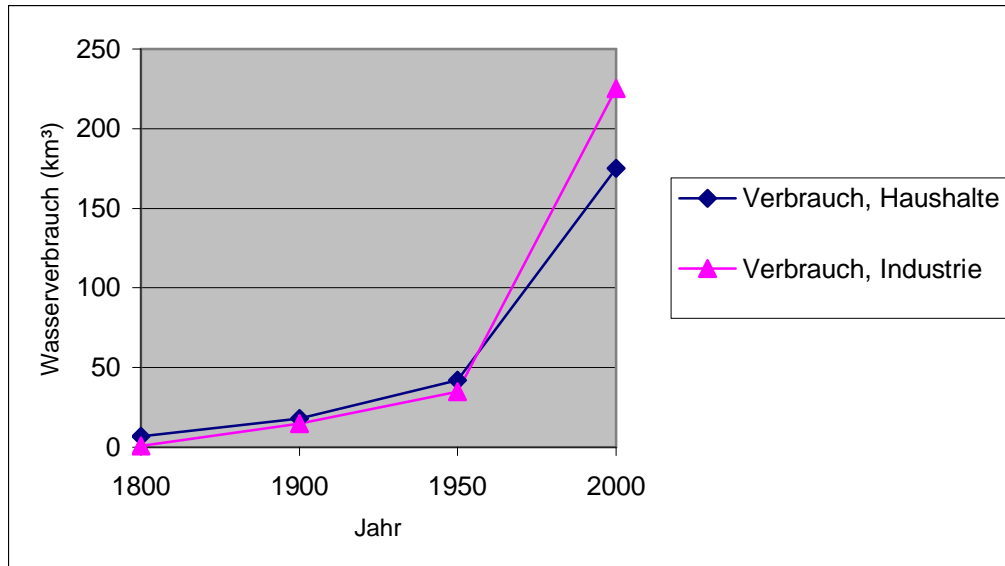
Gabun (133 333 m³) gehören u. a. zu den zehn wasserreichsten Staaten. Die Verfügbarkeit an sich erneuerndem Süßwasser pro Einwohner und Jahr in m³ wird in Nordafrika als sehr niedrig eingestuft. Dort hat jeder Einwohner weniger als 500 m³ Süßwasser im Jahr zur Verfügung. Dieser Wert beinhaltet Trinkwasser, Brauchwasser und Wasser zur Herstellung von Lebensmitteln, wie z.B. Ackerfrüchten, Getreide oder auch Fleisch gebraucht wird. In Südafrika, Simbabwe, Malawi, Somalia, Burkina Faso, Syrien, Südkorea, Polen, der Tschechischen Republik und Dänemark wird die Verfügbarkeit als niedrig (1000 bis 1700 m³) eingestuft. Die größten Teile Europas, West- und Südasiens mit China und Teile Afrikas erreichen eine mittlere Verfügbarkeit von 1700 bis 4000 m³. Die Verfügbarkeit an sich erneuerndem Süßwasser wird in Nordasien, Skandinavien, Australien, Nord- und Südamerika, Teilen Afrikas sowie in Südostasien mit über 10 000 m³, und damit als sehr hoch, eingestuft. Dies verdeutlicht, wie unterschiedlich die Süßwasserreserven über die Erde verteilt sind.

Aus dem Weltwasserentwicklungsbericht der UN geht die Prognose hervor, daß im Jahr 2050 die Wasserknappheit (Pro-Kopf-Verfügbarkeit an Süßwasser < 1700 m³ p.a.) ca. 2 Mrd. Menschen in 48 Ländern betreffen wird. Im schlimmsten Fall allerdings sollen 7 Mrd. Menschen in 60 Ländern von den Auswirkungen der Wasserknappheit betroffen sein.

Ursachen der Wasserknappheit sind die Zunahme der Bewässerungslandwirtschaft und die Zunahme der industriellen und der privaten Wassernutzung. Etwa 69 % der globalen Wasserentnahme entfallen auf die Landwirtschaft, wobei im Jahr 2000 17 % der weltweiten Ackerflächen bewässerte Flächen ausmachten (272 Mio. ha). Im Jahr 1966 nahmen die bewässerten Ackerflächen noch 153 Mio. ha ein.

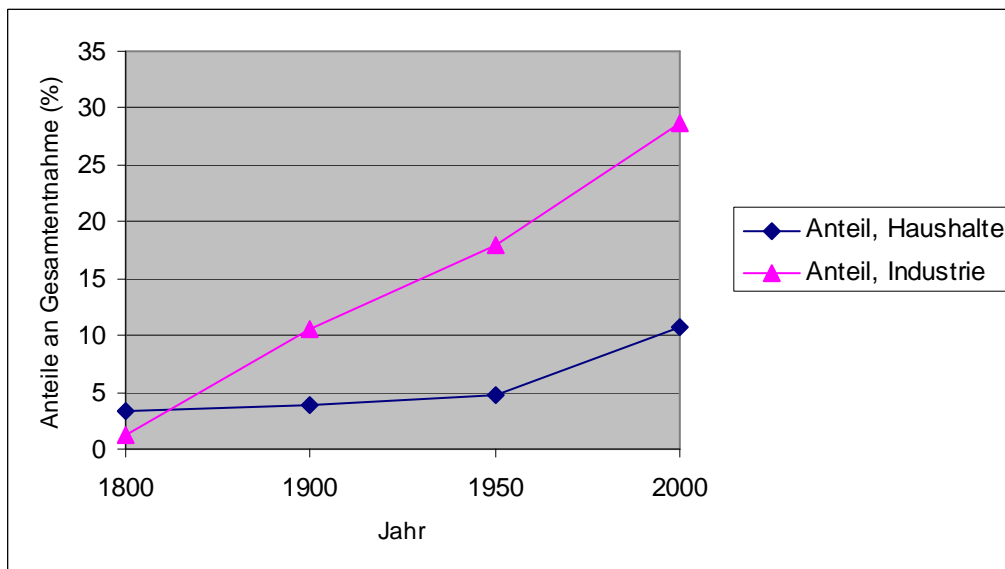
Die folgende Graphik zeigt den Verlauf des im privaten und industriellen Bereich verbrauchten Wassers zwischen 1800 und 2000.

Ab dem Jahr 1950 ist ein deutlicher Anstieg des Wasserverbrauchs der Haushalte und der Industrie zu verzeichnen.



Graphik 1: Wasserverbrauch, Haushalte und Industrie (weltweit). Eigener Entwurf nach Wallacher 1999.

In Graphik 2 ist die anteilige Entnahme des Wassers der Haushalte und der Industrie zwischen 1800 und 2000 dargestellt.



Graphik 2: Anteile an Gesamtentnahme des Wassers, Haushalte und Industrie (weltweit). Eigener Entwurf nach Wallacher 1999.

In absoluten Zahlen beträgt die Summe der Entnahme durch Haushalte und Industrie im Jahr 2000 39,3 %. Das bedeutet, daß der größte Anteil der Entnahme, nämlich 60,7 %, auf die Landwirtschaft entfällt, die hier in den Graphiken nicht aufgeführt ist.

Die anteilige Entnahme an Wasser in der Industrie steigt zwischen den Jahren 1800 und 2000 kontinuierlich an. Im Jahr 1800 betrug der Anteil noch 1,3 %, im Jahr 2000 28,6%.

Weiterhin ist das Bevölkerungswachstum neben der Landwirtschaft, der industriellen und der privaten Nutzung eine weitere Ursache der Wasserknappheit. Auf allen Kontinenten, außer Europa, wird die Bevölkerungszahl vom Jahr 2000 aus auf das Jahr 2050 ansteigen. Die größten Zunahmen werden Afrika und Asien verzeichnen (von Baratta et al. 2003). In Asien befinden sich derzeit die meisten Megastädte, die, Prognosen zufolge, weiterhin anwachsen werden. Von 2001 auf das Jahr 2015 wird z.B. Jakarta von 11 auf 17 Mio. Einwohner, Dhaka von 13 auf 23 Mio. Einwohner, Delhi von 13 auf 21 Mio. Einwohner und Kalkutta von 13 auf 17 Mio. Einwohner anwachsen. Dieses Anwachsen der Städte beruht auf der Landflucht, die die Menschen aufgrund der Suche nach Arbeit in den Städten und schlechten Lebensbedingungen auf dem Land unternehmen. Heutzutage ist es immer noch so, daß der Zugang zu sauberem Trinkwasser eher in den Städten gegeben ist als auf dem Land. Weltweit haben 61 % der Menschen Zugang zu sauberem Trinkwasser. Davon hatten im Jahr 1990 auf dem Land 50 % der Menschen und in der Stadt 82 % der Menschen Zugang zu sauberem Trinkwasser. 1994 betrug das Verhältnis Land zu Stadt 70 % zu 82 % (Hoffmann 1997). Zwar ist damit sauberes Trinkwasser für mehr Menschen erreichbar gewesen, doch, von Baratta et al. (2003) zufolge, waren im Jahr 2000 noch 1,1 Mrd. Menschen unzureichend mit sauberem Trinkwasser versorgt.

An den folgenden Fallbeispielen Kalkutta und Istanbul sollen die Wasserknappheit bzw. der Umgang mit Wasser und die daraus folgenden Konsequenzen verdeutlicht werden.

2 Fallbeispiel Kalkutta

2.1 Hydrogeologie Kalkuttas

Kalkutta, am Hooghly River gelegen, einem Unterarm des Ganges, ist der Hauptort der indischen Verwaltungseinheit West Bengalen. In West Bengalen leben derzeit etwa 80 Mio. Menschen, in Kalkutta etwa 11 Mio. (von Baratta et al. 2003). Mit 904 Einwohnern je km² weist West Bengalen die höchste Bevölkerungsdichte einer Verwaltungseinheit Indiens auf.



Abbildung 1: Indien, Kalkutta (aus: Zahn 2004)

Im Gebiet der unteren Gangesebene befinden sich Überlappungen verschiedener alluvialer Ablagerungen, da sich Flußläufe in der Vergangenheit mehrmals verschoben haben. Ablagerungen wurden durch nachfolgende Erosionen, die u.a. durch neue Flußläufe hervorgerufen werden können, in Teilen abgetragen. Daher liegt eine uneinheitliche, kleinräumige Verteilung verschiedener Sedimente vor. Im Großraum Kalkuttas werden zwei Aquifere durch eine Tonschicht voneinander abgegrenzt. Der flachgründige Aquifer, der etwa 20 bis 40 m unterhalb der Oberfläche liegt, wird zur Speisung von Flachbrunnen und Handpumpen verwendet. Leistungsstarke Tiefbrunnen hingegen werden durch den tiefgründigen Aquifer gespeist, der 46 bis 187 m unterhalb der Oberfläche liegt.

Oberflächennahe Aquifere werden in der näheren Umgebung Kalkuttas durch Niederschläge angereichert, „...die tieferen Aquifere erhalten fast ausschließlich

Grundwasser aus einer Anreicherungszone im Übergangsbereich vom Himalaya zum südbengalischen Becken und einer weiteren Anreicherungszone etwa 200 km nördlich von Calcutta, wo sich oberflächennah jeweils 150 m mächtige, sandig-kiesige und damit sehr permeable Auflagen befinden“ (Karthe 2002).

Der Hooghly River mit seiner Nord-Süd-Ausrichtung bildet die wichtigste Grundlage der Wasserversorgung Kalkuttas. Aufgrund eines Abkommens mit Bangladesch werden während trockenerer Monate nur gewisse, festgelegte Mengen des Ganges-Wassers in den Hooghly River geleitet. Die dadurch entstehende geringere Wasserführung im Ganges ruft eine erhöhte relative Belastung des Flußwassers hervor. Die am Flußlauf ansässigen Industrien, die Abwässer einleiten, verstärken diesen Effekt. Während des Monsuns kommt es zu erhöhten Durchflußmengen, mit Einwaschungen von Abfällen und Fäkalien (Karthe 2002).

2.2 Infrastruktur Kalkuttas

Die Gesamtfläche des Calcutta Metropolitan District (CMD) beträgt 640 km². Die Bevölkerungsdichte liegt bei 16 500 EW/ km².

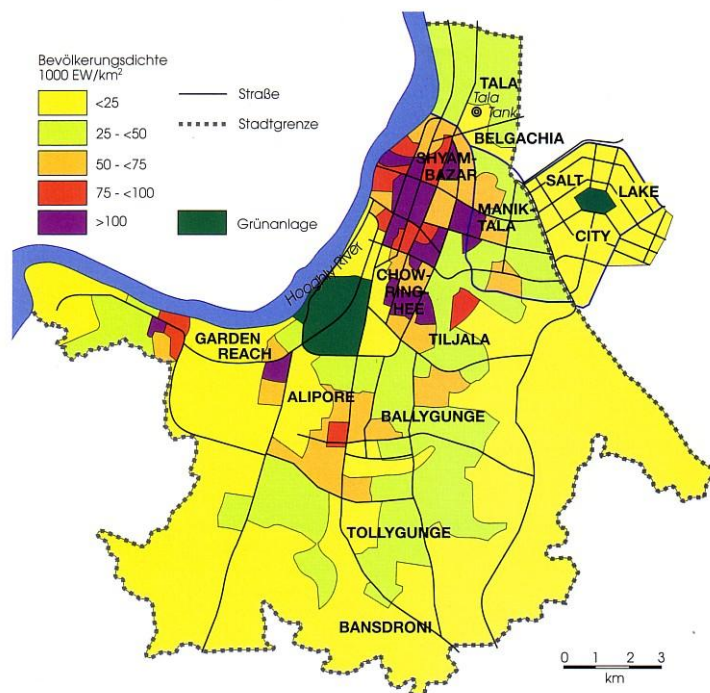


Abbildung 2: Bevölkerungsdichte in Kalkutta (aus: Karthe 2002)

Nachdem Indien und damit Bengalen in den indischen Bundesstaat West Bengalen und Bangladesch geteilt wurde, erlebte Kalkutta riesige Einwanderungswellen. Die vorhandene Infrastruktur war für das Wachstum der Stadt nicht ausreichend, woraufhin im Jahr 1959 die WHO empfahl, daß sich eine separate Behörde um die

Wasserversorgung und um die Abwasserentsorgung kümmern sollte. Heutzutage erfolgt die Regelung der Trinkwasserversorgung innerhalb der einzelnen Gebietskörperschaften.

2.2.1 Wasserversorgung

Im Jahr 1870 war für die Trinkwasserversorgung von den Briten ein Wasserwerk errichtet und ein Leitungsnetz angelegt worden, das dem damaligen Bedarf der Stadt entsprach. Wasser wurde dem Hooghly River entnommen und aus Hydranten ungefiltert für die Feuerbekämpfung sowie zur Straßenreinigung eingesetzt. Das anhaltende Wachsen der Stadt hatte das Entstehen von Slums (Bustees) zur Folge. Diese entstanden überwiegend in der Nähe von Hydranten, aus denen schließlich das Wasser zum Trinken und Waschen gebraucht wurde.

Theoretisch ist, nach Stang (1993), die Wasserversorgung in Kalkutta ausreichend. „Tatsächlich gehen aber bis zu 30 % des Wassers durch Leckstellen im völlig veralteten Leitungsnetz und in den Reservoirs oder durch defekte öffentliche Wasserzapfstellen – z.B. in den Bustees – verloren. Die Verfügbarkeit von Wasser ist in den Teilen der Stadt sehr unterschiedlich und es mußten zusätzliche Pumpstationen gebaut werden, damit das Wasser die Verbraucher erreicht“ (Stang 1993). Die stündlich begrenzte Wasserversorgung verursacht in den Leitungen einen Unterdruck, der besonders während der Monsunzeit Schmutzwasser einsickern läßt und das Trinkwasser mit gesundheitsgefährdenden Stoffen kontaminiert. Aufgrund mehrerer Choleraepidemien ging man 1963 dazu über, das Wasser zu chlorieren. Ein gewisser Anteil der gesundheitsgefährdenden Stoffe kann dadurch eliminiert werden, aber dennoch ist sehr hohen Konzentrationen einiger chemischer Stoffe durch Chlorieren entgegenzuwirken. „Die Chlorierung des ungefilterten Wassers ab 1963 führte zwar zu einer Reduzierung der Cholera-Fälle, zum Trinken ungeeignetes Wasser blieb aber an vielen Stellen weiterhin verfügbar“ (Kathe 2002).

Die folgende Abbildung zeigt die bakteriologische Wasserqualität des Wassers aus der Leitung und des Wassers, das die Handpumpen speisen.

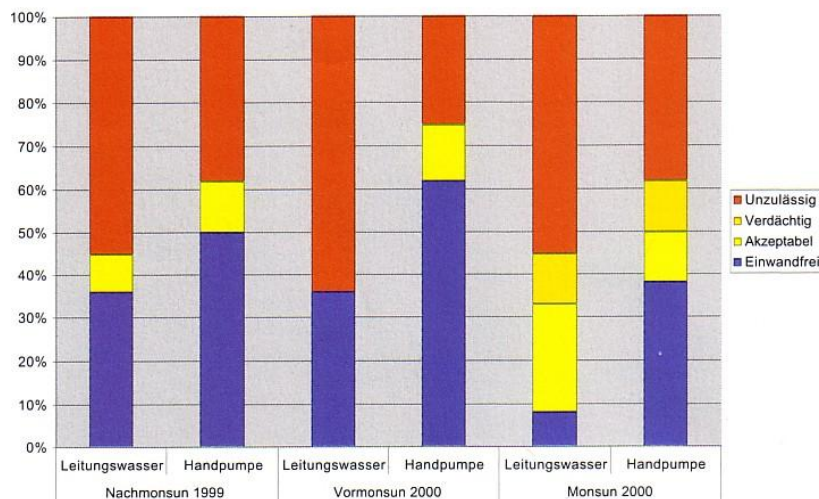


Abbildung 3: Bakteriologische Wasserqualität in Kalkutta nach Saison und Versorgungsweg (aus: Karthe 2002)

Im Rahmen einer Fallstudie sollte die chemische und bakteriologische Qualität des Trinkwassers beurteilt werden. Unterschiedliche Stadtteile, Versorgungssysteme und Konsumentengruppen wurden erfaßt und analysiert. Die Graphik zeigt, daß während des Monsuns der Anteil des als einwandfrei eingestuftes Trinkwassers abnimmt, da in undichte Leitungen verschmutztes Wasser einsickern konnte. Hingegen ist vor und nach dem Monsun die Trinkwasserqualität deutlich besser.

Nicht nur die saisonalen Schwankungen wirken sich auf die Qualität des Wassers aus, sondern auch die Art, auf die das Wasser gewonnen wird. Starke bakteriologische Belastungen zeigen 30 % der von Handpumpen entnommenen Proben. „Als besonders problematisch erweist sich das in Tiefbrunnen gewonnene Wasser, wobei die Mehrzahl der Brunnen in privater Hand waren und keinerlei Kontrolle unterlagen. Als Ursache der bakteriologischen Kontamination ist hierbei weniger eine Belastung des Rohwassers als die mangelnde Wartung und Reinigung der Installationen zu erwarten; Befragungen zufolge wurden einige der Zwischenspeicher über Jahre hinweg nicht gereinigt“ (Karthe 2002).

Darüber hinaus spielt der Glaube, das heilige Wasser des Ganges könne nicht vergiftet sein, eine wesentliche Rolle, wie mit dem Wasser aus dem Ganges und seiner Unterläufe umgegangen wird.

2.2.2 Abwasserentsorgung

Die ursprüngliche Kanalisation wurde ebenfalls von den Briten angelegt und sollte für 600 000 Einwohner ausreichen. Im südlichen Stadtgebiet und in den dichtbesiedelten Basaren wurde der größte Teil der Kanalisation gebaut; das Abfließen des Niederschlag- und Abwassers erfolgte in der übrigen Stadt in offenen Kanälen. Auch heute noch entwässert Kalkutta, aufgrund der topographischen Lage, den größten Anteil der Abwässer in die Vorfluter im Osten.

Das Hauptproblem Kalkuttas ist nicht die Wasserversorgung, sondern eher die Abwasserentsorgung. Ursachen hierfür sind das unkontrollierte und stetige Wachsen der Stadt, die geminderte Kapazität der Kanalisation durch Verschlammung, Verstopfung der Gullies durch Abfälle, regelmäßige Überschwemmungen während des Monsuns, blockierte offene Kanäle durch Schutt (ehemalige Verkehrswege) und die unzureichende Bereitstellung öffentlicher Finanzmittel.

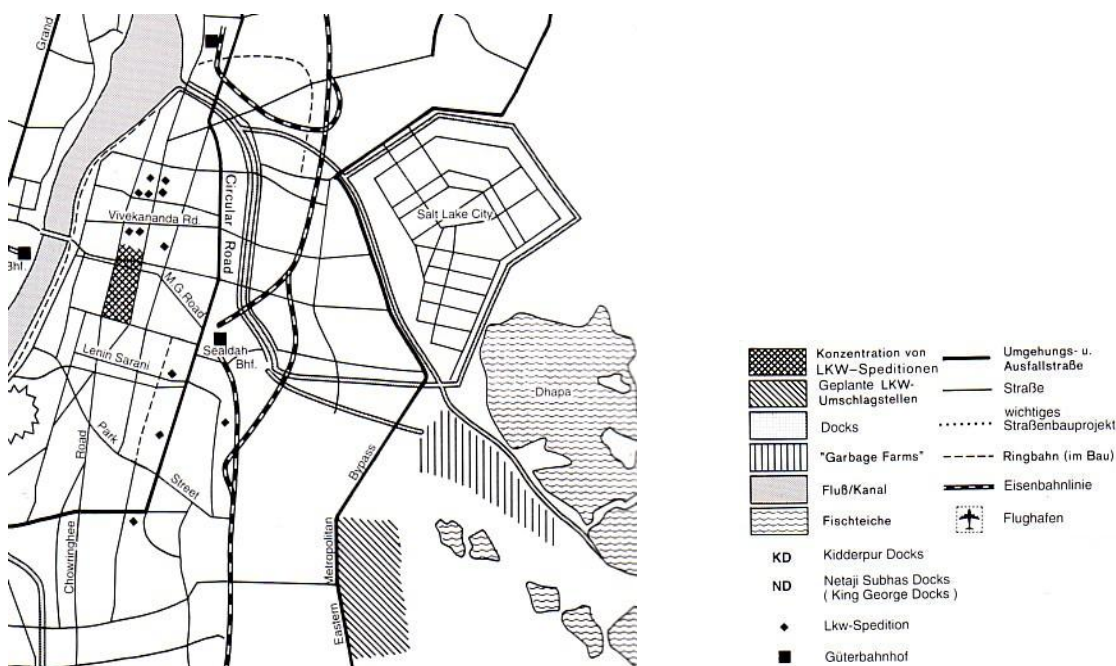


Abbildung 4: Fischteiche „Wet Lands“, Kalkuttas natürliche Kläranlage (aus: Stang 1993)

Abbildung 3 zeigt die südlich von Salt Lake City gelegenen kilometerlangen Weiher, die mit Abwässern gefüllt sind. In ihnen wird Fischzucht betrieben, die Süßwasserfische liefern, welche frei von Verseuchung sein sollen (Stang 1993). Um welche Art der Verseuchung es sich dabei handelt, nennt der Autor nicht.

3. Fallbeispiel Istanbul

3.1 Zur Geschichte der Wasserversorgung Istanbul

Zwischen Konstantinopel (Istanbul) und Istrancilar in der europäischen Region Thrakien bestand bereits 330 n. Ch. die damals längste römische Fernwasserleitung mit einer Länge von 242 km. Die Länge der Fernwasserleitung läßt darauf schließen, daß nicht nur Konstantinopel, sondern auch das Umland mit Wasser versorgt werden sollte. Das Wasser wurde in Konstantinopel in 60 unterirdischen Zisternen gespeichert.

Nach der Türkischen Eroberung im Jahr 1453 kam es zu weitreichenden Erneuerungen der Leitungen und ebenfalls zu Neubauten von Fernwasserleitungen.

Bis ins 18. Jh. hinein bestand in Istanbul ein sehr hoher Wasserverbrauch. Paläste, Moscheen, öffentliche Brunnen und Badehäuser mußten mit Wasser über die Fernleitungen versorgt werden, da natürliche Quellen aufgrund des hügeligen Reliefs kaum vorhanden waren. Während des Verfalls des Osmanischen Reiches wurden die Versorgungssysteme stark vernachlässigt und verfielen zunehmend. Die Folge waren Cholera-, Thyphus- und Dysenterie-Epidemien, die bis ins frühe 20. Jh. auftraten. Erst in der Zeit der „Europäisierung“ Istanbul kam es zu einer Modernisierung der Wasserversorgung (Standl 2003). Aber bis in die heutige Zeit hinein hat Istanbul mit einer ausreichenden Wasserver- und Abwasserentsorgung zu kämpfen.

3.1.1 Die ersten Speicherseen

Als die Einwohnerzahl Istanbul Ende des 19. Jhs. bereits über 1 Mio. betrug, wurde die französische Wassergesellschaft von Konstantinopel gegründet, die den Auftrag erhielt, ein zentrales Wasserwerk am Terkos-See zu bauen und zu betreiben, um die europäische Seite der Stadt mit Wasser zu versorgen. Im Jahr 1885 ging das Wasserwerk in Betrieb.

Die Versorgung des asiatischen Stadtteils konnte im Jahr 1893 mit dem Bau des Wasserwerkes Elmalı gesichert werden. Die beiden Speicherseen waren derzeit die einzigen Wasserlieferanten für Istanbul.

Für die Stadt Istanbul gab es ab 1923 weniger Aufbaugelder, weil Ankara die Hauptstadtfunktion übernahm, was für die Wasserver- und Abwasserentsorgung erhebliche Nachteile hatte (Standl 2003).

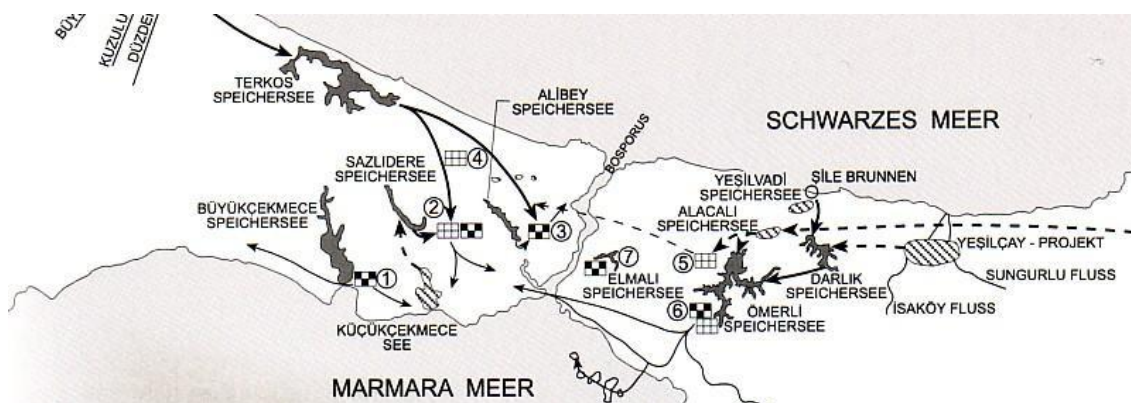


Abbildung 5: Istanbuls Wasserversorgungsnetz (aus: Standl 2003)

Die obenstehende Abbildung zeigt das aktuelle Wasserversorgungsnetz Istanbuls. Im Nord- Osten ist der Terkos Speichersee und östlich des Bosphorus an Punkt 7 der Elmalı Speichersee zu sehen, die im 19. Jh. Istanbuls Wasserlieferanten waren.

3.2 Wasserversorgung

3.2.1 Wasserversorgung ab 1950

Die Landflucht der arbeitssuchenden Binnenmigranten ließ Istanbul zwischen 1950 und 2000 von etwa 1 Mio. auf ca. 12 Mio. Einwohner anwachsen. Auf besetzten Arealen außerhalb der Stadtgrenze entstanden sog. Gecekondü, illegale Siedlungen. Das hügelige Relief Istanbuls erschwerte den Bewohnern der Stadt, sich mit Wasser zu versorgen. Mit Hilfe von Ziehbrunnen, bestehend aus einer langen waagerechten gelagerten Stange, an der an einer Seite ein Eimer oder Ledersack versehen ist und an der anderen Seite ein Gegengewicht, wurde Wasser aus den Brunnen gefördert (Hoffmann 1997).



Abbildung 6: Ziehbrunnen (aus: Hoffmann 1997)

Auch die Nähe Istanbuls zum Meer wirkte sich negativ auf die Wassersituation aus. Eindringendes Salzwasser minderte die Qualität des Grundwassers. Wie gravierend die Probleme der Trinkwasserversorgung in den 1950er Jahren waren, veranschaulicht die

Tatsache, daß die türkische Staatsregierung 1960 die UN bat, einen Kredit zur Trinkwasserversorgung zu gewähren. Im Jahr 1972 wurden der Alibey- und der Ömerli-Stausee auf der europäischen bzw. auf der asiatischen Seite in Betrieb genommen. In Abbildung 4 ist der Alibey-Stausee westlich des Bosphorus an Punkt 3 und der Ömerli-Stausee östlich des Bosphorus an Punkt 6 verzeichnet.

Das ungeordnete und schnelle Wachstum der Stadt in nördlicher Richtung am Bosphorus entlang gefährdete die dort liegenden Wasserschutzgebiete, die u.a. als Wassereinzugsbecken für den Elmalı- und den Ömerli-See dienten, und verursachte ausgeprägte Umweltverschmutzungen. Selbst für die Industrie galt Istanbul zwischenzeitlich als ein ungeeigneter Standort, weil Brauchwasser nicht in ausreichender Menge vorhanden war.

Aus den ökologischen und sozialen Folgen entwickelte sich seit den 1980er Jahren eine starke Nachfrage nach in Plastik- und Glasflaschen abgefülltem Trinkwasser. Dieses Trinkwasser wird aus Quellen in Anatolien gewonnen, das aufgrund der langen Transportstrecke aus Anatolien einen für die durchschnittlich verdienende Bevölkerung hohen Preis hat.

Letztendlich konnte man seit den 1980er Jahren von übernutzten Ressourcen sprechen, weil die Lieferkapazitäten älterer Stauseen erschöpft waren (Standl 2003).

3.2.2 Krisenjahre 1989/1990

Nicht nur die übernutzten Ressourcen, sondern auch die 1989 einsetzende Trockenperiode führten in Istanbul zu Versorgungsengpässen. 18 Monate lang dauerte die Trockenperiode an, wobei etwa 30 % des im langjährigen Mittel zu erwartenden Niederschlages ausblieben, das in Istanbul zwischen 700-800 mm liegt. Darüber hinaus folgten zwei sehr heiße Sommer, die in den Speicherseen niedrige Wasserstände verursachten. Daraufhin beschloß die Istanbuler Wasser- und Abwasserverwaltung ISKI folgende Maßnahmen:

In den Haushalten wurde das Trinkwasser rationiert, indem man nur stundenweise Wasser den Leitungen entnehmen konnte. Zusätzlich kam es zum Einsatz von Tankwagen, die die Stadtteile nördlich des Goldenen Horns mit Trinkwasser versorgten, weil diese Siedlungen zum Teil an das öffentliche Netz nicht angeschlossen waren. Diese Tankschiffe versorgten Istanbul mit Trinkwasser, das vom Südufer des Marmarameeres gewonnen wurde. Als dritte Maßnahme entschloß man, das sog. „Wolkenmelken“ vorzunehmen. Dazu wurden mit Hilfe von Flugzeugen Chemikalien

in der Atmosphäre versprüht, die Wolkenbildungen auslösten; die Wolken regneten anschließend aus. „Für dieses in der Türkei bis dahin einmalige Projekt wurden bis Ende März 1992 bei 62 Einsätzen mehr als 1 Mio. US\$ ausgegeben“ (Standl 2003).

3.2.3 Wasserversorgung ab 1994 und zukünftige Projekte

Nach zahlreichen Versuchen, die Wasserversorgung in Istanbul zu gewährleisten, ist man dazu übergegangen, mehrere neue Trinkwasserreserven zu erschließen. Zu den geplanten Erschließungen von Trinkwasserreserven gehören u.a. die, die in Tabelle 1 aufgeführt sind:

Tabelle 1: Geplante Erschließungen von Wasserressourcen für Istanbul (aus: Standl 2003)

Zu erschließende Wasserressourcen	Jahr der geplanten Inbetriebnahme	Jährliche Produktivität (Mio. m³ /Jahr)
Küçükçekmece-Speichersee	2005	30
Büyük Melen-Projekt, Stufe I	2006	36
Büyük Melen-Projekt, Stufe II	2012	220
Büyük Melen-Projekt, Stufe III	2020	97
Yesilçay-Damm (+ Speichersee)	2030	190

Der nachhaltigen Trinkwasserversorgung stehen weiterhin das Wachstum der Stadt, Finanzierungsprobleme und Unstimmigkeiten in der Politik (seit Mitte des 20. Jhs.) entgegen. „Die genervten Bürger Istanbuls nahmen dann im Wahljahr 1994 die Gelegenheit wahr, den im Rathaus Regierenden einen Denkmittel zu erteilen, indem sie – nicht zuletzt aufgrund der zurückliegenden Wasserknappheit – die bisherige sozialdemokratische Stadtregierung zu Gunsten der islamisch-fundamentalistischen *Refah-Partesi* (Wohlfahrtspartei) abwählten“ (Standl 2003).

Man geht davon aus, daß Istanbul am Ende der Planungsphase etwa 18 Mio. Einwohner zählt und befürchtet, daß die vorhandenen Ressourcen auch dann vollkommen erschlossen sein werden. Geplant ist dann ein Ausweichen auf Reservoirs, die östlich außerhalb der Stadt gelegen sind.

Umstritten und bereits mehrfach verschoben sind die Planungskonzepte des Büyük Melen-Projektes: „Das dreistufige Vorhaben (sukzessiver Aufstau des Büyük Melen-

Flusses), die Pipelines zum Zwischenspeicher (Alacalı-See), der ebenfalls dreistufige Bau des Cumhuriyet-Wasserwerkes und die unter den Bosphorus auf die europäische Seite zu verlegende Trinkwasserleitung (inkl. der dazu notwendigen zahlreichen Pumpstationen) werden nach heutigen Schätzungen mindestens 2,5 Mrd. US\$ verschlingen“ (Standl 2003).

Die folgende Abbildung zeigt die Lage der geplanten Speicherseen und Projekte.

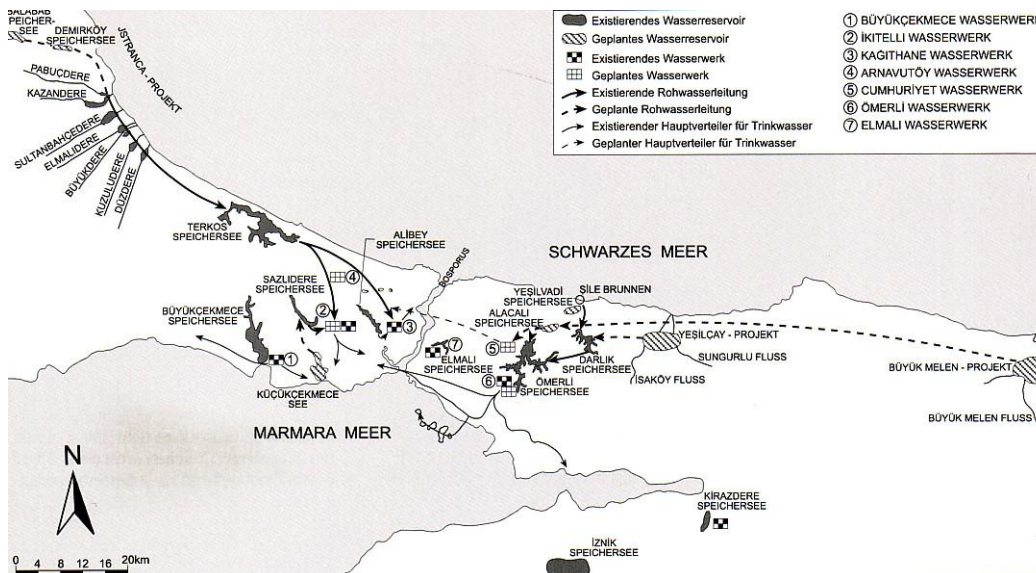


Abbildung 7: Aktuelles und projektiertes Wasserversorgungsnetz für Istanbul: südlich gelegen von Punkt 1: Küçükçemece-Speichersee, ganz rechts in der Abbildung: Büyük Melen-Projekt, westlich des Büyük Melen-Projektes: Yesilçay-Projekt (aus: Standl 2003)

Aus der Abbildung ist deutlich erkennbar, daß die geplanten Wasserwerke, Rohwasserleitungen und Hauptverteiler für Trinkwasser immer weiter, mit zunehmender Jahreszahl des Projektes, von der Stadt Istanbul entfernt liegen. Kleinere geplante Wasserreservoirs allerdings, liegen östlich Istanbuls am Schwarzen Meer.

3.3 Abwasserentsorgung

3.3.1 Abwasserentsorgung des Osmanischen Reiches

Die natürlichen Gegebenheiten Istanbuls vereinfachten die Abwasserentsorgung. Zum einen liegen in der Stadt erhebliche Höhenunterschiede vor. Der Uferstrand des Marmarameeres und des Bosphorus liegen nur wenige Meter über dem Meeresspiegel, hingegen steigen die Geländehöhen im Stadtgebiet bis über 150 m und auf der asiatischen Seite sogar bis auf 250 m an. Dadurch konnte das Abwasser die Hänge und steilen Straßen leicht hinunterfließen und in den Bosphorus und das Marmarameer gelangen, die als Vorfluter galten. Die Abwässer, die in den Bosphorus flossen, wurden

mit der starken Strömung schnell in das Marmarameer getragen, wo es an der Oberfläche unter dem Einfluß von Licht und Luft biologisch abgebaut worden ist. Die Abwasserentsorgung erfolgte aber auch mit Hilfe von Abwasserkanälen, die sog. „Schwarzen Kanäle“. Diese waren Einzelanlagen, die nicht unbedingt miteinander verbunden waren und überwiegend in bevorzugten Wohnquartieren (an den Hängen des Marmarameeres und des Goldenen Horns) angelegt wurden. Sie bestanden aus einer unbefestigten Sohle, einer Abdeckung aus Steinplatten und senkrechten Seitenwänden, die aus rauen Bruchstücken bestanden und somit den Abfluß beeinträchtigten und Ablagerungen sich bilden konnten (Dinçal 2004). Erst zu einem späteren Zeitpunkt legte man Abwasserkanäle an, die eine elliptische Form besaßen und das Abwasser dadurch besser abfließen konnte.

Neben den nur streckenweise angelegten Abwasserkanälen in Istanbul entsorgte man Fäkalien in Senkgruben, die lediglich als Vertiefungen mit Abdeckungen zu verstehen sind. Diese wurden etwa alle 5 bis 6 Jahre entleert und fanden als Dünger Verwendung oder wurden in die Vorfluter gekippt (Dinçal 2004).

3.3.2 Abwasserentsorgung Mitte des 20. Jhs.

Aufgrund der Kanalisationsprobleme, die in Istanbul bis ins 20. Jh. hinein präsent waren, beauftragte man von 1925 bis 1939 den Berliner Ingenieur Eduard Wild, ein Kanalisationsprojekt zu entwickeln. Eine Mischwasserkanalisation sollte das Niederschlagswasser zusammen mit dem Schmutzwasser der Fäkalien in die Vorfluter leiten, nachdem diese eine Rechenanlage und ein Vorklärbecken passiert hatten. Kostengründe und Platzersparnis waren dafür ausschlaggebend. Allerdings wurde von 14 geplanten mechanischen Rechenanlagen nur eine Anlage in Betrieb genommen. Nachteilig zu bewerten war die unzureichende Aufnahme des Schmutzwassers bei starken Regenfällen. In diesem Fall war die Mischwasserkanalisation überlastet und die Abwässer gelangten über Überläufe ungereinigt in die Vorfluter.

Mitte der 1950er Jahre wurde die Rechenanlage außer Betrieb genommen, weil diese schlecht gewartet worden war (Dinçal 2004).

Istanbul stand seit dem und wegen wachsender Bevölkerungszahlen vor unvorhergesehenen Problemen der Abwasserentsorgung. Die Entsorgung der Abwässer und Fäkalien in den Gecekondu-Siedlungen erfolgte noch bis 1966 über Senkgruben und bzw. oder mit Schlammabfuhrwagen, die die Abwässer in die Vorfluter, vorhandene Kanäle oder in Senkgruben entleerten.

Im Jahr 1959 waren lediglich 20 % des Stadtgebietes mit einer nutzbaren Kanalisation (300km Länge), 7 % durch alte Kanäle (Bau vor 1900) und 5 % durch Kanäle nach Planungen Wilds versorgt.

3.3.3 Abwasserentsorgung heute

Mitte der 1960er Jahre fehlten jegliche Konzepte der Abwasserentsorgung. Nur vereinzelt wurden Kanalisationen gebaut

Für die Abwasserinfrastruktur sind zukünftig hohe Investitionen aufzubringen. Laut eines Masterplanes sind vor allem die noch in geringer Anzahl vorhandenen zwei- und dreistufigen Kläranlagen zu fördern und auszubauen. Man geht davon aus, bis zum Jahr 2010 2,35 Mrd. und bis zum Jahr 2030 4,25 Mrd. US\$ aufbringen zu müssen.

Nicht nur die wachsende Bevölkerungszahl, sondern auch der steigende Wasserverbrauch der Einwohner Istanbuls (zur Zeit 100 Liter; 2030 190 Liter täglich) zwingt die Wasser- und Abwasserverwaltung, zu handeln (Standl 2003).

4. Fazit

In beiden zuvor vorgestellten Fallbeispielen Kalkutta und Istanbul sind das steigende Bevölkerungswachstum, die damit verbundenen Umweltprobleme und die mangelhafte Wartung der Kanäle und Leitungen ausschlaggebend.

In Kalkutta trägt die Religion einen großen Anteil daran, wie mit dem Wasser aus dem Ganges und seiner Unterläufe umgegangen wird: In ihnen baden sich die Menschen, fangen Fische und waschen die Wäsche. Epidemien und Krankheiten sind die Folge. Aber auch die geographische Lage Kalkuttas wirkt sich erschwerend auf die Wassersituation aus. Regelmäßige Überschwemmungen während der Monsune verunreinigen die Flußläufe und verschmutztes Wasser dringt in undichte Leitungen ein. In der Literatur über Istanbul ist seit Beginn des Baus der ersten Fernwasserleitungen in den ersten Jahrhunderten n. Ch. bis in die heutige Zeit hinein von massiven Problemen der Abwasserentsorgung zu lesen. Darüber hinaus steht seit Mitte des 20. Jh. die Politik in Istanbul unter enormen Druck, Wahlversprechen, gerade die Trinkwasserversorgung zu verbessern bzw. dauerhaft aufrechtzuerhalten, einzuhalten.

Der 1994 neu gewählte Oberbürgermeister *Recep Tayyip Erdoğan* versprach „...eine dauerhafte Lösung der Wasserversorgungsproblematik...“ (Standl 2003).

Literatur

- Baratta, v. M., 2003: Der Fischer Weltalmanach. Fischer Taschenbuch Verlag. Frankfurt a. M.
- Dinçkal, N., 2004: Istanbul und das Wasser. R. Oldenbourg Verlag. München.
- Hoffmann, T., 1997: Wasser in Asien- Elementare Konflikte. secolo Verlag. Osnabrück.
- Karthe, D.: Trinkwasserversorgung in Megastädten: das Beispiel Calcutta, Indien. In: Geographische Rundschau 54 (2002) Heft 7/8. Westermann Verlag. Braunschweig.
- Standl, H.: Trinkwasser für die Megacity Istanbul. In: Geographische Rundschau 55 (2003) Heft 4. Westermann Verlag. Braunschweig.
- Stang, F.: Calcutta. Eine Metropole in der Krise. In: Problemräume der Welt Bd. 15 (1993). Aulis Verlag. Köln.
- Wallacher, J.: Lebensgrundlage Wasser. Dauerhaft-umweltgerechte Wassernutzung als globale Herausforderung. In: Globale Solidarität - Schritte zu einer neuen Weltkultur Bd. 4(1999). Kohlhammer. Stuttgart.
- Zahn, U. 2004: Diercke. Die Welt in Karten. Westermann Verlag. Braunschweig.