

Wasserwirtschaftliche Grundlagenbeurteilung

europäischer Metropolen und Regionen – Ergebnisse für Hamburg

Zur Beurteilung der **Nachhaltigkeit und Zukunftsfähigkeit** städtischer Wasserunternehmen in Europa wurden im Rahmen des von der EU geförderten Projektes TRUST (Transitions to the Urban Water Services of Tomorrow) für elf Städte und Regionen Daten erhoben [1] und hieraus der Blue-City-Index ermittelt. Die Freie und Hansestadt Hamburg schnitt hierbei mit einem sehr guten Ergebnis ab. Dieser Artikel beschreibt die Grundlageneinschätzung hinsichtlich der **wasserwirtschaftlichen Nachhaltigkeit** am Beispiel von Hamburg.

¹ Bei der Industrierwassernutzung handelt es sich größtenteils um Kühlwassernutzung. Entnommenes Kühlwasser wird nach Gebrauch rezykliert.

Urbane Gebiete sind heute starken Veränderungsprozessen im Wassersektor unterworfen, die nach neuen Antworten und Lösungen verlangen. Demografischer Wandel, Wasserknappheit, Wasserverschmutzung und Klimawandel sind nur einige dieser Herausforderungen. Vor diesem Hintergrund fördert die Europäische Union das Projekt TRUST (Transitions to the Urban Water Services of Tomorrow). Die Hauptaufgabe von TRUST ist die Entwicklung von Hilfsmitteln, Technologien, Management-Methoden und Richtlinien, die

die urbane Wasserwirtschaft (Urban Water Cycle Services, kurz UWCS) in die Lage versetzt, sicher auf die Veränderungsprozesse der Zukunft zu reagieren.

Hamburg ist nicht nur die zweitgrößte Stadt des Landes, sie liegt als Hafenstadt an den Ufern von Elbe und Alster und ist zugleich ein großes Industrie- und Gewerbezentrum. Der Hamburger Hafen ist nach Rotterdam der zweitgrößte in Europa und ist von besonderer Bedeutung für die deutsche Wirtschaft. Der im Rahmen von TRUST ermittelte Blue City Index für die Freie und Hansestadt Hamburg zeigte ein sehr gutes Ergebnis. Dies stimmt mit verschiedenen Studien z. B. von Siemens [2] überein. 2011 wurde Hamburg der Titel „European Green Capital“ von der EU-Kommission auf Grund der besonderen Anstrengungen und Ziele der Stadt hinsichtlich Nachhaltigkeit, Klima- und Umweltschutz verliehen. Um die Nachhaltigkeit von Urban Water Cycle Services zu verbessern, ist es wichtig, dass Städte und Regionen bereit sind, voneinander zu lernen und ihre jeweiligen Stärken im Sinne von Best Practice miteinander auszutauschen. So können sie die nötigen Veränderungsprozesse rechtzeitig beginnen und anderen Partnern bei der Lösungssuche helfen.

Tabelle 1: Kurze Zusammenfassung der Methodik zur Grundlagenbeurteilung der Nachhaltigkeit des UWCS der Stadt Hamburg

Ziele	Grundlagenbeurteilung der Nachhaltigkeit des UWCS in Städten
Indikatoren	24 Indikatoren auf 8 Großkategorien aufgeteilt: 1. Wasserversorgungssicherheit 2. Wasserqualität 3. Trinkwasser 4. Abwasser 5. Infrastruktur 6. Klimastabilität 7. Biodiversität und Attraktivität 8. Verwaltung
Daten	Öffentliche Daten oder Daten bereitgestellt von (Ab-) Wassereinrichtungen und Städten basierend auf den Umfragen für den Leistungsvergleich
Wertungen	0 (Besorgnis) bis 10 (Keine Besorgnis)
BCI	Arithmetisches Mittel von 24 Indikatoren, welche von 0 bis 10 bewertet werden
Beteiligte	Wasserver- und Abwasserentsorgungsunternehmen, Wasserbehörden, Stadtverwaltung, NGOs
Ablauf	Interaktiver Prozess mit allen Beteiligten

Quelle:

Das Projekt TRUST

Die Güter und Dienstleistungen, die die höchsten Umweltauswirkungen während ihres Lebenszyklusses verursachen, wurden als Wohnen, Mobilität und Nahrungsmittelproduktion identifiziert. Die Agrarwirtschaft ist beispielsweise für mehr als 70 Prozent des globalen Wassergebrauchs verantwortlich. Auch in der urbanen Wasserwirtschaft ist ein

Umdenken zu mehr Nachhaltigkeit erforderlich. TRUST hat es sich zum Ziel gemacht, Wissen weiterzugeben, um die Nachhaltigkeit und Kohlenstoff-Effizienz der Wasserwirtschaft zu unterstützen, ohne die Leistungsqualität zu gefährden. Basierend auf aktuellen Forschungsergebnissen werden technische Innovationen, Simulationsmodelle und entscheidungsunterstützende Managementsysteme zusammen mit neuen Herangehensweisen eingesetzt. Hierfür arbeitet TRUST mit zehn Vorreitern aus städtischen Einrichtungen und Regionen zusammen, die ein breites Spektrum der Lebensbedingungen in Europa widerspiegeln und es sich zur Aufgabe gemacht haben, neuartigen Ansätzen und Wegen nachzugehen. Bevor jedoch Pläne für Eingriffe und Veränderungen in den Städten entwickelt werden können, ist eine Grundlageneinschätzung der momentanen Situation in den städtischen Einrichtungen notwendig.

Methoden und Verfahren

Die Beurteilung der Nachhaltigkeit der Wasserwirtschaft in der Stadt Hamburg wurde entsprechend der Methodik von van Leeuwen [1] durchgeführt. Die Grundlageneinschätzung Hamburgs wurde durch Umfragen erstellt und durch Informationen über Wassergüte, öffentliche Beteiligungen und regionale oder nationale Einschätzungen der lokalen Umweltqualität (Oberflächenwasser, Grundwasser und Biodiversität) ergänzt. Auf der Basis dieser Informationen werden kurze Berichte für die an TRUST beteiligten Regionen und Städte erstellt. Auch der City Blueprint, der mittels 24 Indikatoren die Nachhaltigkeit der Wasserwirtschaft ermittelt, fließt mit ein. Die erreichte Gesamtpunktzahl hinsichtlich der wasserwirtschaftlichen Nachhaltigkeit wird als BCI (Blue-City-Index) bezeichnet. Die Bewertungskriterien sind in **Tabelle 1** kurz zusammengefasst. Hierbei werden die Definitionen und Begrifflichkeiten der International Water Association (IWA) [6, 7] verwendet.

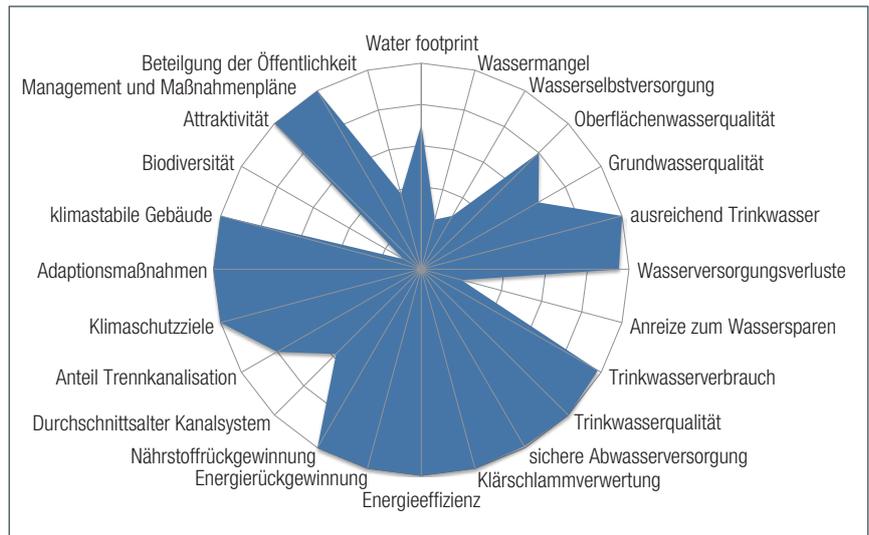


Abb. 1: City-Blueprint von Hamburg

Resultate der Grundlagenbeurteilung

Die Grundlagenbeurteilung basiert auf der kompletten TRUST-Umfrage zusammen mit einigen Informationen aus den **Tabellen 2 und 3** und **Abbildung 1**. **Tabelle 2** liefert Basisinformationen, während **Tabelle 3** die Kerndaten über das Trinkwasser- und Abwassersystem in Hamburg zusammenfasst. Basierend auf der FAO-Aquastat-database betragen die gesamten erneuerbaren Wasservorkommen (Total Renewable Water Resources, kurz TRWR) für Deutschland 154 km³ pro Jahr. Das entspricht einem TRWR pro Kopf von 1.871 m³ im Jahr. Den größten Wassergebrauch haben die Industrie¹ (27 km³) und öffentliche Zwecke (5 km³). Der gesamte Wassergebrauch pro Kopf und Jahr beträgt 391 m³. Dies ist eine beträchtliche Menge und führt zu einem Gesamtfrischwassergebrauch in Deutschland von 21 Prozent des TRWR (**Tab. 2**).

Umweltqualität

Die Umweltqualität (Oberflächenwasserqualität, Grundwasserqualität) ist ausreichend, aber basierend auf den Informationen der europäischen Umweltbehörde ist die Biodiversität aquatischer Ökosysteme in Hamburg sehr niedrig [8]. Die meisten Gewässer haben keinen guten ökologischen Zu-

stand und ein geringes ökologisches Potenzial. Die Biodiversität erreicht lediglich eine Wertung von 1 (**Abb. 1**). Trotzdem wurde die Attraktivität der Stadt Hamburg als sehr hoch eingestuft (**Abb. 1**) [10].

Trinkwasser

Das Trinkwasser wird zu 100 Prozent aus Grundwasser gewonnen und deckt den Bedarf zu 100 Prozent. Der Wassergebrauch (56 m³ pro Person und Jahr) ist einer der niedrigsten un-

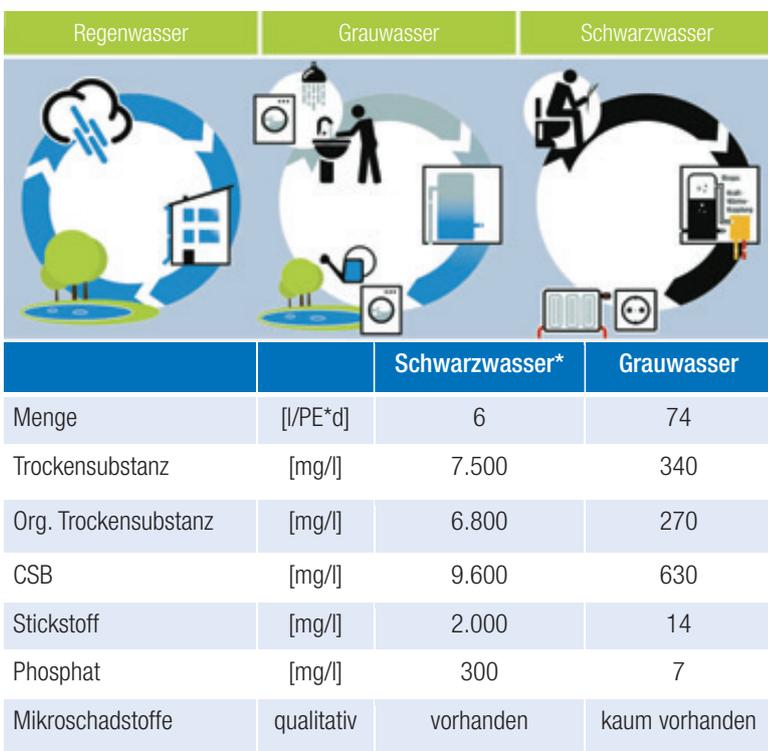
Stockmann 1/8

Tabelle 2: Basisdaten für Wasserdienstleistungen in Hamburg

Einwohner	2,05 Mio.
Bewohner pro Haushalt	2,0
Versorgungsgebiet (Trinkwasser) km ²	1.200
Einzugsbereich (Abwasser) km ²	1.400
Jährliche Durchschnittsniederschlagsmenge (mm)	773
Tägliche Durchschnittstemperatur (°C)	9
Einwohnerdichte (Bewohner/km ²)*	230
TRWR pro Kopf (m ³ /Jahr)*	1.871
Totaler Frischwasserverbrauch in Prozent vom TRWR*	21

*Nationale Daten entsprechend des FAO Aquastat

Quelle:



* beim Einsatz von Vakuumtechnologie

Quelle:

Abb. 2: Der HAMBURGER WATER Cycle® (HWC) ist ein innovatives Abwasserkonzept, das auf der Trennung von Abwasserströmen und der anschließenden Energierückgewinnung aus dem Abwasser beruht.

ter den Städten von TRUST. Dies resultiert aus einem langen Kampf zur Sicherung der Wasserressourcen in Hamburg. Wassersparen hat in Hamburg keine hohe Priorität mehr, da hier in den letzten Dekaden beachtliche Fortschritte erzielt wurden. Die relativ geringe Wertung (Punktzahl = 2) des Indikators 8 (Wassereffizienz, beschreibt die Aktivität zur Verringerung des Wassergebrauchs) lässt sich dadurch erklären. Die Qualität des angebotenen Wassers ist exzellent (Tab. 3 und Abb. 1). Das Durchschnittsalter des Verteilungssystems ist 43 Jahre und weist eine durchschnittliche Häufigkeit an Defekten auf. Die Wasserverluste in dem System sind sehr gering (4,4 Prozent).

Abwasser

Das Abwassersystem in Hamburg beinhaltet Sammlung, Transport und Behandlung. 99 Prozent der Bewohner sind an eine dem Stand der Technik entsprechende Abwassersammlung und -Behandlung angeschlossen. Das Ableitungssystem besteht aus Mischwasser-, Schmutzwasser- und Regenwasserkanälen. Der Anteil der Trennkanalisation beträgt 76 Prozent (Punktzahl 7,6; Abb. 1). Trotz der Tatsache, dass das Abwassernetz mit 46 Jahren relativ alt ist, ist die Fehler-/Verstopfungshäufigkeit pro 100 km relativ gering. Die Energiekosten des Abwassersystems sind ebenfalls relativ niedrig (Tab. 3). Abwasser wird effektiv behandelt und Energie zurückgewonnen. Der gesamte Klärschlamm wird thermisch verwertet. Das führt zu einer 10er-Wertung (Abb. 1).

Verwaltung

Die Stadt Hamburg zeigt ein großes Engagement bei der Umsetzung nachhaltiger Lösungen. Dies wird durch hohe Wertungen für nachhaltiges Management im Umgang mit Wasser, für Energieeffizienz bei Gebäuden [9] sowie für die Art und Weise, wie die überregionale Zusammenarbeit organisiert wird, verdeutlicht. Hamburg hat ökologische Handlungsoptionen und Antworten für die großstädtischen Herausforderungen gefunden und gibt seine Erfahrungen und Methoden als European Green Capital 2011 weiter. Hamburg hat sich ehrgeizige Klimaschutzziele gesetzt, wie die Reduzierung der CO₂-Emissionen um 40 Prozent bis 2020 und um 80 Prozent bis 2050.

Highlights von Hamburg im Wassersektor

Ein wichtiges Ergebnis der Grundlagenbeurteilung der TRUST-Städte und -Regionen ist, dass Städte voneinander lernen können. Durch den aktiven Austausch von „Best Practises“ und „Highlights“ können Städte erheblich die Nachhaltigkeit in der Wasserwirtschaft anderer Städte verbessern.

RegenInfraStrukturAnpassung (RISA)

Das RISA-Projekt entwickelt spezielle Lösungen für den Umgang mit Regenwasserabflüssen, um die Überflutung von Kellern, Straßen und Flächen sowie die Gewässerverschmutzung durch den Überlauf von Mischwassersie-len und Oberflächenabflüssen zu vermeiden.

Die Ziele des RISA-Projektes sind:

- Überflutungs- und Hochwasserschutz,
- Gewässerschutz und
- naturnaher Wasserhaushalt.

Das Projekt fokussiert sich auf die Bestimmung von technologischen Anforderungen und die Ausarbeitung von Rahmenbedingungen, die ein vorrausschauendes und nachhaltiges Regenwassermanagement ermöglichen. Die Hauptaufgabe ist die aktuelle Entwässerungssituation, den Gewässer- sowie den Hochwasserschutz zu erhalten bzw. zu verbessern. Außerdem will das Projekt moderne Wassermanagementmethoden in die städtischen und regionalen Planungsprozesse integrieren und eine entsprechende Verbesserungen institutionalisieren. Die Projektergebnisse werden in einem „Strukturplan für Regenwasser“ festgehalten. Dies soll eine verbindliche Leitlinie für Verwaltung, Planer und Eigentümer zum Umgang mit Regenwasser in Hamburg werden. Ebenfalls arbeitet RISA bei Klimaschutzkonzepten und Klimawechsel-Anpassungsstrategien des Senats von Hamburg mit. Es zeigt sich, dass der zukunftssichere Umgang mit Regenwasser nur als kommunale bzw. regionale Gemeinschaftsaufgabe lösbar ist. Das Projekt wurde von der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU) in Kooperation mit Hamburg Wasser, dem kommunalen Wasserver- und Abwasserentsorger, gegründet.

Einheit durch Vielfalt – Jenfelder Au

„Einheit durch Vielfalt“ ist das Motto, das die sozialen und ökologischen Maßstäbe des Wohnquartiers „Jenfelder Au“, im Osten Hamburgs liegend, wiedergeben soll. Die Jenfelder Au wird das erste Wohngebiet in Hamburg sein, in dem der HAMBURG WATER Cycle® in ein Neubaugebiet eingebunden wird. Das Wohnungsbauprojekt, das auch ein effizientes Konzept zur Energieversorgung beinhaltet, kommt der Vision eines sich komplett mit Energie selbstversorgenden Wohngebiets sehr nah. Zusätzlich ermöglicht der kompakte Bebauungsplan den erschwinglichen Kauf von Stadthäusern mit Gärten in Jenfeld. Die Individualität für die etwa 2.000 zukünftigen Bewohner bleibt trotzdem erhalten. Der Plan beinhaltet unterschiedliche Haus- und Wohnungstypen mit individuellen Gestaltungsmöglichkeiten, die zu einem harmonischen Quartier zusammengefügt werden und das Motto des Wohngebietes „Einheit durch Vielfalt“ unterstreichen.

Tabelle 3: Eckdaten für Trinkwasser und Abwasser für die Stadt Hamburg

Trinkwasser		Abwasser	
Netzeinspeisemenge (Mio. m ³ pro Jahr)	118	Anzahl der angeschlossenen Grundstücke	700.000
angeschlossene Bevölkerung (%)	100	erfasstes Abwasser (m ³ /Einwohner und Jahr)	75
abgerechneter Verbrauch (Mio. m ³ pro Jahr)	108	Länge von Mischwasserkanälen (km)	1.216
Verbrauch (m ³ pro Person und Jahr)	52,6	Länge von Regenwasserkanälen (km)	1.710
Hausanschlüsse x 1.000	660	Länge von Schmutzwasserkanälen (km)	2.224
Wasserverluste (m ³ pro Hausanschluss und Jahr)	7,2	behandelte Abwassermenge (Mio. m ³)	150
Wasserverluste (%)	4,4	gesamter Klärschlammfall (t. TS pro Jahr)	46.900
Qualität des gelieferten Wassers	99,97	deponierte Klärschlammmenge (t. TS pro Jahr)	0
durchschnittliche Wassergebühren (€/m ³)	1,77 ohne MwSt.	thermisch behandelte Klärschlammmenge (t. TS pro Jahr)	46.900
Netzlänge (km)	5.412	anders entsorgte Klärschlammmenge (t. TS pro Jahr)	0
durchschnittliches Netzalter (a)	43	Energiekosten (Mio. €)	7,7
Anzahl an Netzdefekten	525	Durchschnittsalter des Abwassersystem (a)	46
Netzdefekte pro 100 km	9,7	Kanalverstopfungen	144
Kapitalumsatzverhältnis	0,44	Kanalverstopfungen pro 100 km	2,8

Quelle: ...

Der HAMBURGER WATER Cycle® in der Jenfelder Au

Der HAMBURGER WATER Cycle® (HWC) wird in der Jenfelder Au in etwa 630 Wohneinheiten implementiert. Dies ermöglicht die Entwicklung eines Wohngebietes mit klimaneutralem Wohnen und nachhaltiger Entwässerung. Dieses Projekt ist einzigartig in seiner Größe und wird als wichtiger Impulsgeber für zukünftige Innovationen urbaner Entwicklungen und Planungen gewertet. Aus diesem Grund ist die Jenfelder Au ein Pilotprojekt der „Nationalen Stadtentwicklungspolitik“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).

Der HWC kann in seiner Umsetzung variieren. Das wesentliche Kennzeichen ist die Trennung von Abwasserströmen und die anschließende Energierückgewinnung aus dem Abwasser. In dem

Wohngebiet Jenfelder Au wurde eine Besonderheit hinzugefügt: Regenwasser, das eine kreative Gestaltung der Freiflächen durch Stadt- und Landschaftsplaner ermöglicht. In der Jenfelder Au wird durch moderne Regenwassermanagement-Konzepte das Regenwasser vom Kanalnetz entkoppelt. Hierdurch kann das fließende Regenwasser über die natürliche Landschaftsoberfläche in lokale Gewässer geführt werden. Mittels offener Kanäle wird das Regenwasser über Bäche und Wasserfälle in Rückhaltebecken geleitet, die als Teiche und Seen attraktiv gestaltet sind. Das Erscheinungsbild des Wohngebietes wird so verbessert und der Überflutungsschutz ist durch das zusätzliche Speicherpotenzial der Rückhaltebecken auch für starke Niederschläge gesichert.

Der HWC bietet eine neue Herangehensweise beim Abwassermanagement, die nicht mehr viel mit dem konventionellen Prinzip der Abwassersysteme zu tun hat. Es beinhaltet die Stoffstromtrennung der verschiedenen Abwässer. Das Schwarzwasser aus der Nutzung der Toilette wird von dem Grauwasser (Küchen-, Badezimmer- und Waschmaschinenwasser) getrennt. Die Verwertung der einzelnen Abwasserströme ist an die jeweiligen Eigenschaften vom Schwarzwasser, Grauwasser und Regenwasser angepasst. So werden effiziente und ökologische Ergebnisse erzielt. Die hohe Konzentration organischer Substanz im Schwarzwasser ermöglicht eine optimale Produktion von Biogas durch Fermentation. Durch die Zugabe weiterer urbaner Biomasse in das Schwarzwasser kann Energie in Form von Wärme und Elektrizität erzeugt werden. Gleichzeitig wird Energie nicht wie bisher für die energieintensive Abwasserreinigung verbraucht (Abb. 2). Nach der anaeroben Behandlung können die Gärreste als Dünger oder Bodenverbesserer weiterverwertet werden. Wenn Grauwasser nicht mit Schwarzwasser vermischt ist, kann es mit einem minimalen Energiebedarf gereinigt und dann als Prozesswasser genutzt oder in die Umwelt zurückgeführt werden.

Energieeffizienz von HAMBURG WASSER

2011 wurde Hamburgs zentrale Abwasserbehandlungsanlage „Köhlbrandhöft-Dradenau“ (2,7 Millionen Einwohnergleichwerte) kohlenstoffneutral. Viele Projekte waren notwendig, um dieses ambitionierte Ziel zu erreichen. Unter anderem: Abwärme vom Klärschlammverbrennungsprozess wird genutzt, um ein nahe gelegenes Containerterminal mit Wärme zu versorgen. Zwei Windturbinen (2,5 MW je 140 m hoch, 100 m Rotordurchmesser) auf der Kläranlage Dradenau pro-

duzieren 14.000 MWh/Jahr elektrische Energie. Überschüssiges Faulgas wird gereinigt, in Biomethan umgewandelt und in das örtliche Gasnetz eingespeist. Mehr als 120 Betriebsfahrzeuge werden mit Gas betrieben, das neue Motto von HAMBURG WASSER lautet „Ihr Abwasser ist unser Antrieb“.

Diskussion

In der Beurteilung von Städten und Regionen des EU-Projektes TRUST schnitt die Stadt Hamburg exzellent ab [1] und hatte einen BCI von 7,7. Im Bereich Wasser des deutschen Green-City-Index [2] liegt Hamburg über dem Durchschnitt. Der Gesamtwassergebrauch (52,6 m³ pro Person und Jahr) liegt im unteren Bereich der TRUST-Städte. Dies ist das Resultat eines langen Engagements in Hamburg zum Wassersparen. Dies erklärt auch die relativ geringe Wertung (Punktzahl = 2) für Hamburg bei dem Indikator 8 (Wassereffizienz). Für Hamburg ist Wassereffizienz (= Wassersparen) nicht mehr von höchster Bedeutung, da die Wassereffizienz in den letzten Jahrzehnten erheblich verbessert wurde. Biodiversität ist jedoch ein Bereich, in dem weitere Verbesserungen notwendig sind. Der Stadt Hamburg wurde aufgrund ihrer ambitionierten Ziele zu Nachhaltigkeit, Klima und Umweltschutz der Titel „European Green Capital 2011“ von der EU-Kommission verliehen. HAMBURG WASSER ist hier maßgeblich mitverantwortlich für die Erreichung dieser Ziele.

Vorteile und Grenzen dieser Grundlagenbeurteilung wurden bereits zuvor diskutiert [9, 10, 1]. Das wichtigste Ergebnis der Beurteilung von Hamburg und vorheriger Studien ist, dass die Vielfalt innerhalb einer nachhaltigen urbanen Wasserwirtschaft exzellente Möglichkeiten für kurz- und langfristige Verbesserungen bietet, vorausgesetzt, die Städte tauschen ihre besten Methoden und Erfahrungen aus [2, 1]. Städte können durch Austausch voneinander lernen und für einen nachhaltigen Wasserhaushalt sorgen. Auf diese Art werden Städte Teil einer Lösung. Ebenfalls zeigt es, dass selbst Städte, die wie die Stadt Hamburg gute Werte aufweisen, ihre wasserwirtschaftliche Lage verbessern können. Natürlich hängt dies noch von einer Vielzahl weiterer Faktoren ab, wie etwa der Sozioökonomie und politischen Randbedingungen, aber hauptsächlich liegt die Verantwortung hier bei den Städten selbst.

Danksagung

Der größte Teil der Arbeit wurde innerhalb des EU-Forschungsprojektes TRUST (Transition of the Urban Water Services of Tomorrow) durchge-

führt. Wir danken David Schwesig (IWW Water Research Center) für seine hilfreichen Kommentare zum Manuskript sowie Thomas Giese und Kim Augustin (HAMBURG WASSER) für ihre Beiträge zur Grundlagenbeurteilung der Stadt Hamburg. Der Europäischen Kommission wird für die Förderung von TRUST im Rahmen des 7. Framework Programme unter der Bewilligungsnummer 265122 gedankt.

Weiterführende Weblinks:

www.trust-i.net/index.php
www.fao.org/nr/water/aquasta/main/index.stm
www.risa-hamburg.de/index.php/english.html
www.hamburgwatercycle.de/index.php/the-jenfelder-au-quarter.html
www.hamburgwatercycle.de/index.php/the-hwc-in-the-jenfelder-au.html ■

Quellen:

- [1] van Leeuwen, C.J. 2013. City Blueprints: baseline assessment of sustainable water management in 11 cities of the future. Water Research (submitted).
- [2] German green city index. 2012. Assessing the environmental impact of Europe's major cities. A research project conducted by the Economist Intelligence Unit, Siemens, München, Germany.
- [3] UNEP (United Nations Environment Programme), 2012. Fifth Global Environment Outlook: Environment for the future we want. Geneva, Switzerland.
- [4] Engel, K., Jokiel, D., Kraljevic, A., Geiger, M., Smith, K., 2011. Big cities. big water. big challenges. Water in an urbanizing world. World Wildlife Fund. Koberich, Germany.
- [5] SIWI (Stockholm International Water Institute), 2012. Statistics. <http://www.siwi.org/sa/node.asp?node=159>, accessed December, 2012.
- [6] Matos, R., Cardoso, A., Ashley, R., Duarte, P., Molinari, A., Schulz, A., 2003. Performance indicators for waste water services. IWA Publishing, London, UK.
- [7] Alegre, H., Baptista, J.M., Cabrera Jr., E., Cubillo, F., Duarte, P., Hirner, W., Merkel, W., Parena, R., 2006. Performance indicators for water supply services, second edition. IWA Publishing, London, UK.
- [8] EEA (European Environment Agency), 2010. The European Environment. State and Outlook 2010. Copenhagen, Denmark.
- [9] European green city index, 2009. Assessing the environmental impact of Europe's major cities. A research project conducted by the Economist Intelligence Unit, Siemens, München, Germany.
- [10] van Leeuwen, C. J., Frijns, J., van Wezel, A., van De Ven, F. H. M., 2012. City blueprints: 24 indicators to assess the sustainability of the urban water cycle. Water Resources. Management 26, 2177-2197.

- [11] van Leeuwen, C.J., Chandy, P.C. 2013. The city blueprint: experiences with the implementation of 24 indicators to assess the sustainability of the urban water cycle. Water Science and Technology (in press).
- Brown, R.R., Keath, N., Wong, T.H.F. 2009. Urban water management in cities: historical, current and future regimes. Water Science and Technology 59, 847-855.

Die Autoren

Dipl.-Ing. Niels-Peter Bertram ist...

Prof. Dr. Cornelis Johannes (Kees) van Leuwen ist ...

Kontakt:

Niels-Peter Bertram
 Regenwassermanagement Hamburg Wasser
 Billhorner Deich 2
 20539 Hamburg
 Tel.: 040 7888-82611
 E-Mail: niels-peter.bertram@hamburgwasser.de
hamburgwasser.de
 Internet: www.hamburgwasser.de

Anzeige 1/2