

Zukunft der Wasserwirtschaft – Wasserwirtschaft der Zukunft

Der Wassersektor auf dem Weg zur Kreislaufwirtschaft

J. Boere, W. van Vierssen, H. Koppers, Nieuwegein, Niederlande

1 Einleitung

Wirtschaftlich betrachtet, hat der Wassersektor selbst einen bescheidenen Umfang; die Auswirkung auf andere Sektoren und damit auf die Gesamtwirtschaft ist hingegen besonders groß. Wasser ist damit ein wichtiges, gesellschaftlich entscheidendes Thema. Diese Stellung hat es sich im Verlauf der Geschichte allmählich erworben. Das Thema "Wasser" wird inzwischen im Allgemeinen mit einer gesunden Umwelt und mit gesunden und deshalb produktiven Menschen gleichgesetzt. Verbraucher und Bürger sind sich jedoch gleichzeitig dieses Verhältnisses nicht mehr so bewusst, wenngleich dieses historisch betrachtet offenkundig ist. Es erfordert jedoch eine neue, zeitgemäße Gestaltung. Eine Gestaltung, mit der eine Verbindung zwischen Volksgesundheit, sauberer Umwelt und nachhaltiger Wirtschaft hergestellt wird.

Es war der Engländer John Snow, Epidemiologe *avant la lettre*, der 1854 während der Londoner Choleraepidemie den Zusammenhang zwischen verseuchtem Wasser aus einer Quelle in der Broad Street und der Anzahl von Cholerafällen erkannte. Etwas Ähnliches gilt für eine viel spätere Epidemie in Deutschland (1892), bei der während eines heißen Sommers infolge der extrem geringen Abfluss des Elbwassers im Fluss hohe Wassertemperaturen entstanden. Diese Umstände wirkten sich durch die unhygienischen Bedingungen insbesondere auf den Ort Altona, nahe bei Hamburg, verheerend aus; eine zerstörende Choleraepidemie war die Folge. Dank des Eingreifens des deutschen Arztes, des Entdeckers des Choleraerregers und späteren Nobelpreisträgers Robert Koch, wissen wir dadurch auch viel über das Ursache-Wirkung-Verhältnis zwischen einer schlechten Wasserqualität und der Volksgesundheit.

Seither ist viel geschehen. In großen Teilen der westlichen Welt haben wir inzwischen eine sehr zuverlässige und sichere Trinkwasserversorgung. Sie ist qualitativ so hochwertig, dass bei dem Durchschnittsbürger psychologisch eine Art Entkopplung zwischen dem Begriff Volksgesundheit und einer professionellen, sicheren und verlässlichen Versorgung von Trinkwasser stattgefunden hat. Natürlich ist Vertrauen in das, was im Wesentlichen ein wassertechnologisches System ist, jedoch nicht selbstverständlich. Das Vertrauen, welches wir voraussetzen, betrifft ein sehr hochwertiges wassertechnologisches System, basierend auf umfangreichem Wissen, umfangreicher Erfahrung und einem hohen Grad von Organisationsvermögen. Gegenüber diesem späten neunzehnten Jahrhundert hat sich dann auch viel verändert.

Zunächst einmal wissen wir erheblich mehr über die mikrobiologischen Risiken, die in unserer Gesellschaft bestehen und noch auftreten werden. Auch der Wassersektor wird es mit den Erkenntnissen und den entsprechenden praktischen Implikationen zu tun bekommen. So wissen wir inzwischen viel mehr über die Bedrohungen, die zum Beispiel von einer zunehmenden Antibiotikaresistenz ausgehen (O'Neill 2015). Auch der Wassersektor wird mit deren möglichen Folgen konfrontiert. Diese könnten sich, wenn wir keine Präventivmaßnahmen ergreifen, nach den Maßstäben unserer Zeit noch einmal ebenso dramatisch auswirken wie diejenigen, mit denen sich Snow und Koch zu ihrer Zeit konfrontiert sahen. Dabei sehen wir uns auch noch einmal der völlig einmaligen Situation gegenüber, dass die verfügbare Wassermenge an vielen Orten der Erde für alle zu erfüllenden Funktionen nicht mehr ausreicht. Der Grund dafür ist, dass Gesellschaften an vielen Orten immer wasserintensiver geworden sind. Dies ist einerseits die Folge unseres unmittelbaren Wasserverbrauchs, zum Beispiel durch sehr wasserintensiven Ackerbau (Rijsberman, 2004). Andererseits hat unser mittelbarer Wasserverbrauch enorm zugenommen. Bei letzterem Punkt müssen wir an die weltweite Verschiebung zum Beispiel von pflanzlichen Tierfuttermitteln denken, die anderswo auf Kosten eines hohen Wasserverbrauchs produziert wurden (Hoekstra & Hung, 2002, 2005). Natürlich müssen wir diese angemessenerweise zu unserem direkten Wasserverbrauch hinzurechnen. All dies hat dazu geführt, dass Wasser, wenngleich es auf der Erde reichlich vorkommt, in der Praxis ein knappes Gut geworden ist. Sandra Postel (1992) war eine der Ersten, die eine breite Öffentlichkeit darauf aufmerksam machte. In modernen Städten kommen gegenwärtig viele dieser Erscheinungen zusammen, wenn der Grund auch darin liegt, dass inzwischen mehr als 50% der Menschheit in Städten wohnt und dieser Prozentsatz beständig weiter wächst. Und es betrifft vor allem auch den wohlhabendsten Teil der Menschheit, der u.a. durch seine Ernährung mit viel tierischen Eiweißen immer mehr von der Gesamtmenge des direkt und indirekt verfügbaren, virtuellen Wassers für sich in Anspruch nimmt. Dies bedeutet, dass Städte inzwischen Knotenpunkte in der globalen, realen und virtuellen Wasserversorgung geworden sind. Carolyn Steele (2013) hat eine Reihe dieser Aspekte schön beschrieben in ihrem Buch 'Hungry City: How Food Shapes Our Lives.' Es handelt von der Stadt als einem hungrigen Tier, welches enorme Rohstoffmengen verschlingt. Aber auch davon, wo Chancen bestehen, diese Ströme so effizient wie möglich zu nutzen und zu recyceln. Und es ist auch gerade der Wassersektor, der aufgrund seiner Erfahrung in der städtischen Umgebung eine Vorreiterrolle in der Wasserwirtschaft spielen kann. Dabei geht der Trend dahin, dass wir versuchen, die verschiedensten Wasser- und wasserbezogenen Funktionen, zum Beispiel an der Schnittstelle zwischen Wasser und Energie, konzeptionell und operativ zusammenzubringen. Der Wassersektor trägt dabei wegen seiner offenkundigen Erfahrung mit der Rohstoffwirtschaft, mit Verteilung und Recycling, eine wichtige Verantwortung.

Deshalb beschäftigen wir uns nachstehend mit dem Heute und dem Morgen der städtischen Wasserkette: der Versorgung mit Trinkwasser und der Entsorgung und Klärung von überschüssigem Wasser (Abwasser und Regenwasser). Das

Schwergewicht liegt auf dem Wasserverbrauch durch Haushalte; industrieller Wasserverbrauch kommt nur nebenbei zur Sprache.

2 Die städtische Wasserkette: heutige Situation

Das 19. Jahrhundert zeichnete sich durch eine Vielzahl von Erfindungen und neuen Konzepten aus. Die städtische Wasserkette, wie wir sie heute kennen, wurde seit Beginn des 20. Jahrhunderts eingeführt (Abb. 1). Wichtige Triebfedern waren die Gesundheit von Mensch und Umwelt (Beherrschung der Risiken durch Infektionen und chemische Substanzen) und eine kontrollierte Ableitung von überschüssigem Regenwasser. Die städtische Wasserkette versorgt Haushalte über ein umfangreiches und feinmaschiges Netz von unterirdischen Leitungen, ausgehend von einer zentralen Trinkwasserversorgung und zentralen Abwasserbehandlung. Gewerbliche Abnehmer (Industrie, Gartenbau und andere) sind daran angeschlossen oder besitzen eigene Anlagen. In westlichen Ländern wie Deutschland und den Niederlanden bürgt die städtische Wasserkette für hohe Qualität und Versorgungssicherheit, und zwar zu durchaus akzeptablen Kosten. Eine internationale Benchmark-Studie verdeutlicht dies (Abb. 2). Im Gegensatz beispielsweise zum Energiesektor ist die Governance im Wassersektor stark zersplittert und je nach Region sehr unterschiedlich. So gibt es in Deutschland mehr als 6.000 Trinkwasserlieferanten, während in den Niederlanden nur 10 Wasserversorger aktiv sind.



Abb. 1: Die städtische Wasserkette im Bild

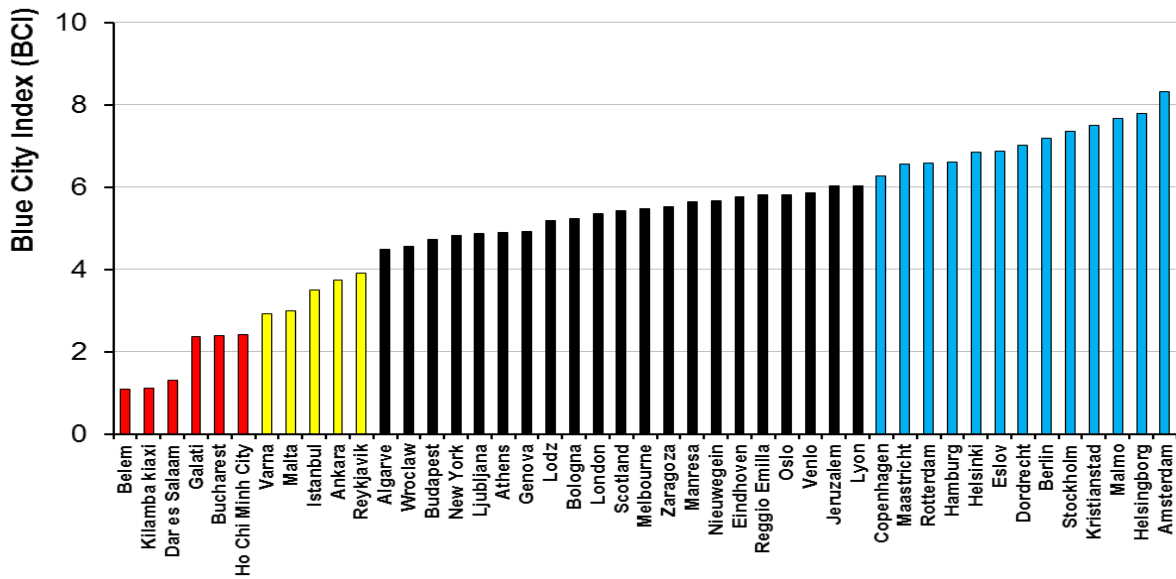


Abb. 2: Städte-Ranking laut CityBlueprint, einer internationalen Benchmark mit Ausrichtung auf die städtische Wasserkette ([www.eip-water.eu/City Blueprints](http://www.eip-water.eu/City%20Blueprints))

Tabelle 1: Kennzahlen der städtischen Wasserkette in Deutschland und den Niederlanden (gerundete Werte)

	Niederlande	Deutschland
Bevölkerung (x 10 ⁶)	17	82
Wasserverbrauch (Mm ³ /J):		
Haushalte	750	4700
Industrie (Prozess)	500	6800
Industrie (Kühlen)	3200	21000
Anzahl Trinkwasserstationen	200	>6000
Anzahl Abwasserkläranlagen	340	9900
Leitungsnetz Trinkwasser (km)	120.000	500.000
Kanalisation (km)	135.000	540.000
Anzahl der an die Kanalisation und die Abwasserkläranlagen angeschlossenen Haushalte (%)	>99	96
Anteil Regenwasserabkopplung von Kanalsysteme (%)	30	15

Wie unterschiedlich die Governance je Region sein kann, zeigt sich u.a. im Tarifaufbau für Haushalte. In den Niederlanden werden die Kosten zumeist je Untersegment weiterbelastet (Trinkwasser – Kanalisation – Abwasserklärung), in Deutschland wird meistens ein Gesamttarif weiterberechnet. Insbesondere die Kosten, die für den Kanalanschluss von Haushalten berechnet werden, können je nach Stadt sehr unterschiedlich sein. Tabelle 2 vermittelt einen Eindruck von den Kosten, auch im Verhältnis zu anderen (halb)öffentlichen Dienstleistungen.

Tabelle 2: Durchschnittliche Belastungen je Einwohner für (halb)öffentliche Dienstleistungen (gerundete Werte)

Kosten (€/P, J)	Niederlande	Deutsch
Trinkwasser – Kanalisation – Abwasser	250	200
Einsammlung und Entsorgung von Hausmüll	100	100
Energie (Strom, Gas)	700	800
TV / Internet / (Mobil)Telefon	700	720

Zwischenbetrachtung:

- Wasser hat ein ultrahohes Versorgungsniveau, bei ultraniedrigen Kosten.
- Die städtische Wasserkette ist ein gesellschaftlicher Blickfang.
- Die Governance der städtischen Wasserkette ist ein Flickenteppich, auch deshalb sind die Gesamtkosten und -erträge undurchsichtig.

3 Die städtische Wasserkette: gibt es andere Möglichkeiten?

Trends zum Thema Wasser

Neben einer starken Tendenz zu lokalen Bürgerinitiativen stellt das Streben nach einer *Kreislaufwirtschaft* eine wichtige Entwicklung dar. Im Mittelpunkt steht das 'Circular by Design', anders ausgedrückt, auch die Wirtschaft, die auf dem 'Gebrauch' von Materialien statt 'Verbrauch' basiert. Um diese Zukunft nachhaltig zu gestalten, ist die *Kreislaufwirtschaft* in der Tat unsere einzige realistische Option. Der Gedanke der *Kreislaufwirtschaft* baut auf den Grundsätzen von Nachhaltigkeit, Cradle to Cradle, Biomimics, Industrieökologie, regenerativem Entwerfen u.a. auf. Die

Kreislaufwirtschaft steht für viel mehr als reine Stoffkreisläufe und sparsamen Umgang mit Rohstoffen; neue Wirtschaftsmodelle und soziale Innovation sind Teil des Gedankens. In dieses Denkschema passt beispielsweise eine Verschiebung in Richtung niedrigere Kosten für Arbeit und einer stärkeren Besteuerung auf Materialien, Rohstoffe und Emissionen. Auf internationaler Ebene ist die Ellen MacArthur Foundation ein aktiver Thinktank auf dem Gebiet der *Kreislaufwirtschaft* (www.ellenmacarthurfoundation.org). In den letzten Jahren setzt die EU über ihre Fonds für Forschung und Innovation stark auf die *Kreislaufwirtschaft*.

Die genannten Triebfedern führen zu einer Vielzahl von Initiativen – von lokal bis international –, die auf eine Verbesserung der städtischen Wasserkette abzielen. Manchmal geht es dabei um kleine Abwandlungen, manchmal geht es um eine radikale Überarbeitung des Konzepts. Die Frage drängt sich auf, ob dabei alle entscheidenden Rahmenbedingungen ausreichend berücksichtigt wurden.

Wichtig: Leitgrundsätze

Bei der Einrichtung der städtischen Wasserkette gilt zu allen Zeiten eine Reihe von Leitgrundsätzen.

Nicht verhandelbar:

- Gesundheit für Mensch und Umwelt: entscheidend, wenn es um die Beherrschung von Risiken infolge von Infektionen und chemischen Stoffen geht.
- Betriebssicherheit: Wir möchten uns gerne weiterhin auf die ständige Verfügbarkeit von gutem Trinkwasser, die Abwasserentsorgung und die Vermeidung von Überschwemmungen verlassen können. Dazu gehört auch eine ausreichende Überwachung und Qualitätskontrolle.
- Benutzerfreundlichkeit: In der heutigen Situation sind wir an ein hohes Versorgungsniveau, verbunden mit großem Benutzerkomfort, gewöhnt.
- Die Rolle von Profis: Wasser gehört in die Hände von Profis; dies ist eine unmittelbare Folge der obigen Punkte und es ist enorm wichtig, dass wir uns dies u.a. bei den unterschiedlichsten kleinen Initiativen bewusst machen.

Wo bessere Möglichkeiten bestehen:

- Nachhaltigkeit; sparsamer Umgang mit Hilfsstoffen und Energie, Rückgewinnung und Wiederverwendung von Komponenten und Wiederverwendung von Wasser, selbst wenn Wasser knapp ist.
- Raumbedarf; Suche nach Möglichkeiten, den 'Fußabdruck' dort zu reduzieren, wo der Raum knapp ist.
- Integration mit anderen Einrichtungen; in einer Gesellschaft, die in Sektoren aufgeteilt ist, lauert definitionsgemäß die Gefahr, dass innerhalb eines Sektors Lösungen entwickelt werden, die für das Ganze suboptimal sind. Zu denken ist dabei an das Management unserer unterirdischen Infrastruktur von Leitungen und Kabeln.

- Gesellschaftliche Gesamtkosten; dieser Punkt hängt mit dem vorigen zusammen. Allgemein gilt, dass viele indirekte Kosten – z.B. Ökosteuer – nicht oder nur sehr begrenzt in dem Preis zum Ausdruck kommen, der für Produkte und Dienstleistungen bezahlt wird.

Zwischenbetrachtung:

- Verbessern, ohne die Vergangenheit zu vergessen (d.h. die Verdienste der heutigen städtischen Wasserkette).
- Trinkwasserversorgung und Hygiene sind eine Aktivität für Profis.

4 Neue Entwicklungen – eine Blütenlese

Im gesamten Bereich, den die städtische Wasserkette abdeckt, gibt es Neuerungen. Dies wird nachstehend beispielhaft veranschaulicht, von den zarten Anfängen der Entwicklung bis zur Anwendung in der Praxis. Die Beispiele stammen hauptsächlich aus dem niederländischen Wassersektor und veranschaulichen zugleich Entwicklungen in den benachbarten Ländern. Neben der städtischen Wasserkette selbst entwickelt sich die Forschung stürmisch in angrenzenden Gebieten wie Genomics, Analyse von (Spuren)Verbindungen und Sozialstudien (u.a. Engagement von Bürgern).

Sammeln von Regenwasser

Das separate Sammeln von Regenwasser und die anschließende Nutzanwendung für weniger kritische Zwecke (Gärten, Toilettenspülung u.dgl.; Tabelle 3) kann zu erheblicher Trinkwassereinsparung führen. In Flandern (Belgien) ist ein solcher Regenwassersammelbehälter für Neubauwohnungen schon seit einigen Jahren sogar verbindlich. Thema der laufenden Untersuchung ist das Sammeln von Regenwasser im Untergrund; in Trockenzeiten kann das Wasser wieder hochgepumpt und für den gewünschten Zweck eingesetzt werden (Abb. 3). In städtischen Gebieten bleibt allerdings eine zentrale Trinkwasserversorgung vorläufig noch notwendig. Die Nutzung von Regenwasser hat noch einen anderen Vorteil, nämlich in der städtischen Wasserwirtschaft: Das Kanalsystem wird wasserbautechnisch weniger belastet.

Tabelle 3: Haushalt-Trinkwasserverbrauch; www.vewin.nl, www.bdew.de und www.destatis.de/DE/

	Haushalt-Trinkwasserverbrauch (L/P, T)	
	Niederlande	Deutschland
Duschen/Baden/Waschen	58	43
Toilettenspülung	34	37
Waschen von Kleidung	16	18
Spülen/Abwaschen	6	8
Trinken/Nahrung	2	4
Verschiedenes	3	12
<i>SUMME</i>	<i>119</i>	<i>122</i>

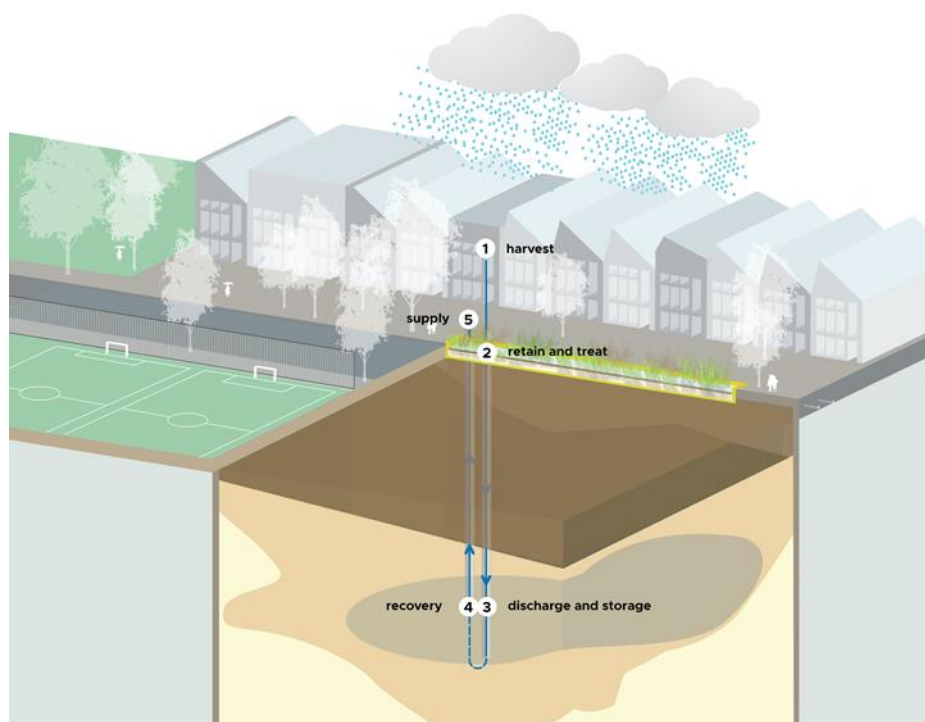


Abb. 3: Prinzip des 'Urban Waterbuffer'

Upcycling von Reststoffen aus der Trinkwasseraufbereitung

Bei der Trinkwasseraufbereitung werden in den Niederlanden ca. 200 kt Reststoffe freigesetzt, die hauptsächlich aus Eisenschlamm (Koagulations-/Flockungsprozess bzw. Enteisenung von Grundwasser) und Kalkgranulat (zentrale Enthärtung) bestehen. Diese Reststoffströme kommen über AquaMinerals – eine Gemeinnützliches Unternehmen Rechtskörperschaft der niederländischen Wasserversorger – fast vollständig in Nutzanwendungen zum Einsatz, u.a. bei der Herstellung von Glas, Papier, Teppichen und der Reinigung von Biogas. Dies bringt auch große Kostenvorteile: Abb. 4 zeigt, wie Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit Hand in Hand gehen können. Bezüglich eines internationalen Erfahrungsaustauschs, siehe www.alliedwaters.com.

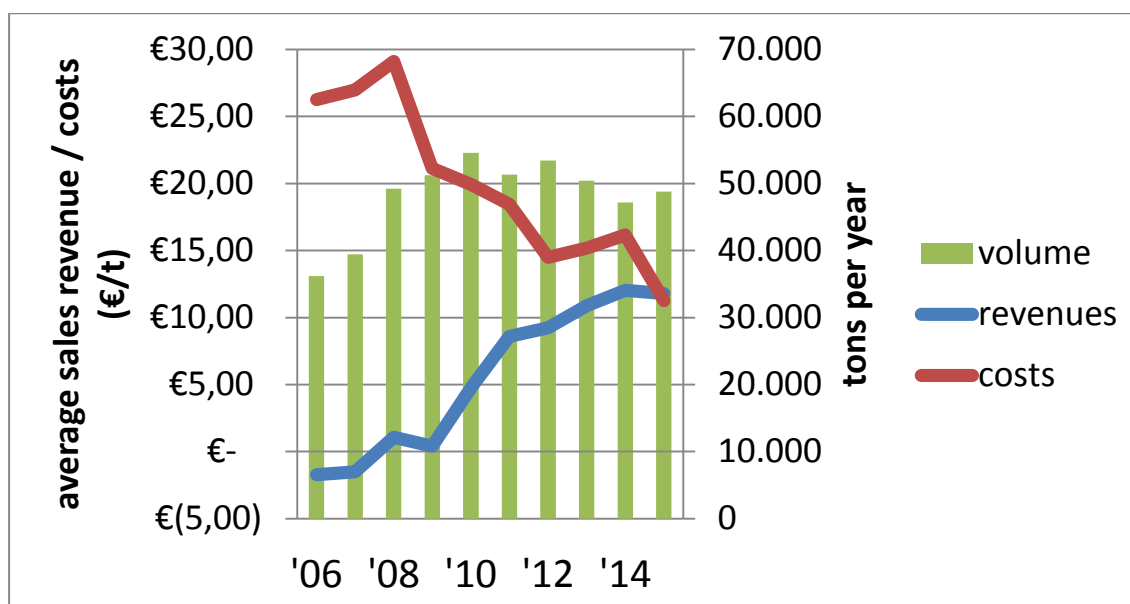


Abb. 4: Kosten und Erträge der Nutzenanwendung von Eisenschlamm aus dem Trinkwassersektor (AquaMinerals)

Multi-Source-Konzept

Quelle und Aufbereitungsprozess von Trinkwasser sind untrennbar miteinander verbunden. Anders ausgedrückt: Ein Wasserwerk arbeitet immer mit ein und derselben, ständig verfügbaren Wasserquelle. Bei dem Multi-Source-Konzept besteht die Absicht darin, durch Anwendung der Vollstrom-Umkehrosmose (RO), gefolgt von einer Remineralisierung, gerade flexibel zu sein. Dem liegt der Gedanke zugrunde, dass dabei lokal verfügbare Quellen eingesetzt werden können, um eine gute Trinkwasserqualität auf nachhaltige Weise zu produzieren und einen Transport von Wasser über große Distanzen zu vermeiden. Eine erste Full-Scale-Anlage wird 2017 in Betrieb genommen (Abb. 5).



Abb. 5: Impression der im Bau befindlichen Multi-Source-Trinkwasserproduktion (Kamerik, NL; 300 m³/Stunde)

Inspektionsroboter Verteilungsleitungen

Unsere Trinkwassernetze bilden ein feinmaschiges System von Leitungen, deren Lebensdauer von 0 bis nicht weniger als >100 Jahre reicht. Zur Unterstützung eines optimalen Asset Management befindet sich ein Inspektionsroboter in der Entwicklung. Mit einem solchen Roboter sind wir bald in der Lage, den Innenzustand von Leitungen zu bestimmen und damit Entscheidungen in Bezug auf den Austausch von Leitungen zu untermauern, die langfristige Investitionsplanung zu verbessern, Leckagen zu identifizieren und, wenn gewünscht, die genaue Lage von Leitungen festzustellen. Die Entwicklung zu einem voll funktionsfähigen System wird gemäß den Erwartungen noch einige Jahre dauern.

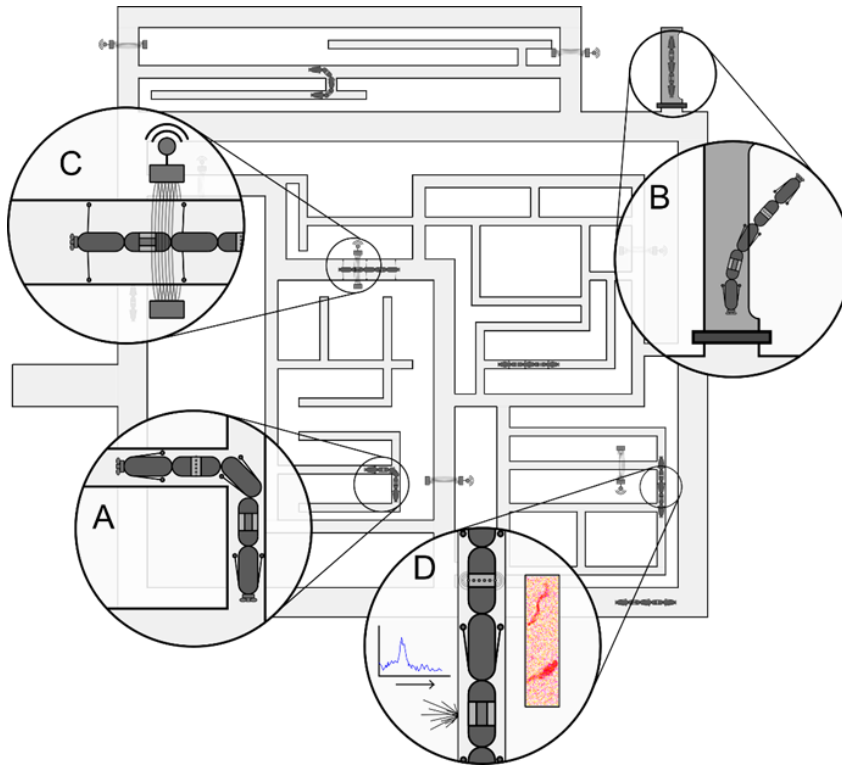


Abb. 6: Blick auf ein System mit frei beweglichem Inspektionsroboter (A), Zugangspunkt für Wartungszwecke (B), Einrichtungen für Energie- und Datenübertragung (C) und Sensoren (D)

Duschwasser

Duschen und Baden zusammen sind für den größten Anteil des Wasserverbrauchs in Haushalten verantwortlich. Inzwischen sind Systeme für eine praktisch vollständige Wiederverwendung von Duschwasser auf dem Markt. Es ist noch die Frage, ob dies realistisch ist, auch im Hinblick auf die großen Wiederverkeimung in solchen Systemen (darunter Legionellen). Was in jedem Fall möglich ist, ist die Rückgewinnung von Wärme aus Duschwasser. In einem Haushalt kann dies jährlich netto 6000 MJ Energie einsparen.

Resource Recovery Abwasser

Die Rückgewinnung von wertvollen Bestandteilen aus Abwasser findet große Aufmerksamkeit; siehe u.a. www.iwa-network.org/groups/resource-recovery-from-water-cluster. Das Schwergewicht auf Phosphat führte zu mehreren Full-Scale-Anwendungen bei der Gewinnung von Struvit, welches anschließend als Phosphatdünger eingesetzt wird. Das *Power to Protein*-Konzept (www.powertoprotein.eu; Abb.7) konzentriert sich auf die Biosynthese von Eiweiß auch aus Ammonium, welches aus dem Digestat der Schlammfäulung stammt. Statt

Ammonium abzubauen, setzen wir hier Ammoniumstickstoff als Quelle für lithotrophe Eiweißsynthese ein.

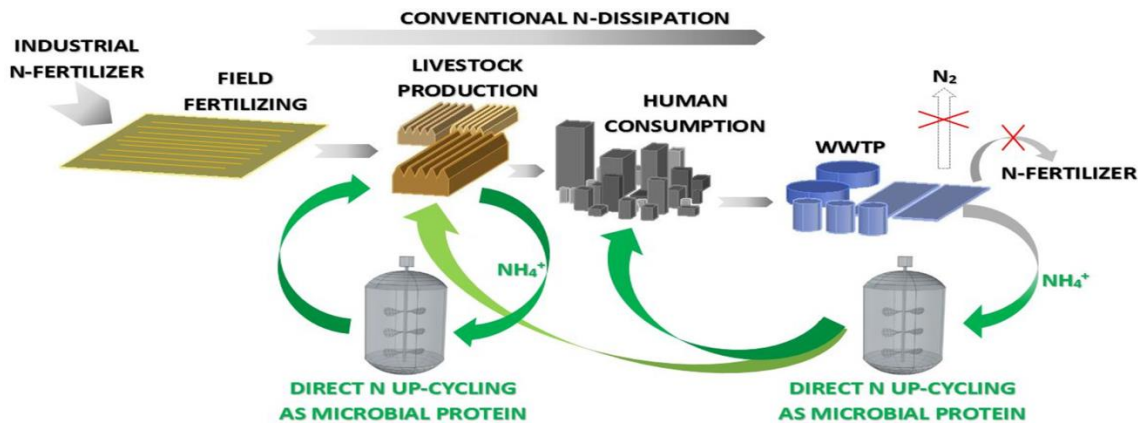


Abb. 7: das Power to Protein-Konzept

Zwischenbetrachtung:

- Die städtische Wasserkette ist Objekt und Inspirationsquelle verschiedenster Neuerungen.
- Um neue Entwicklungen voranzubringen, ist internationales Teilen von Wissen von entscheidender Bedeutung.
- Ein Gesamtansatz führt schneller zu lebensfähigen Optionen.

5 Die städtische Wasserkette der Zukunft

Jedenfalls wenn wir im Kontext der *Kreislaufwirtschaft* denken, taucht eine Vielzahl von Fragen auf. Wie gelangen wir, insgesamt betrachtet, zu den besten Optionen; wie stellen wir uns mit unseren Verdienstmustern auf eine *Kreislaufwirtschaft* ein; wie reagieren wir auf Initiativen rund um lokale Kreislaufbildung; wie kommen wir zu einer passenden Verteilung von gesellschaftlichen Kosten und Erträgen; wie können wir die Governance adäquat organisieren? Große Fragen, deren Beantwortung Zeit und viel eingehende Untersuchung erfordern wird.

Inzwischen arbeiten wir weiter an der städtischen Wasserkette. Anpassungen in einer bestehenden Situation sind immer schwierig zu realisieren; gleichzeitig können wir uns fragen, welche 'No-Regret'-Maßnahmen ohne Weiteres getroffen werden können, wenn wir die Wahl hätten, z.B. in einer Grüne-Wiese-Situation. Tabelle 4 zeigt einen Ansatz, der primär für technologisch ausgerichtete Maßnahmen gilt. Im Mittelpunkt stehen – selbstverständlich – die in Abschnitt 3 genannten Ausgangspunkte.

Tabelle 4: Ein Ansatz zu Verbesserungen in der städtischen Wasserkette

Domäne	Was	Wie
Trinkwasserversorgung	Einsatz von so viel lokalen Quellen wie möglich	Wassersektor
	Entwurf des verzweigten Verteilungsnetzes (anstelle eines vermaschten)	Wassersektor
	Überwachung im Verteilungsnetz mithilfe von Sensoren	Wassersektor
Begrenzung des (Trink)Wasserverbrauchs	Sammeln von Regenwasser für weniger kritische Anwendungen	Haushalte
	Einsatz von Spartoiletten	Haushalte
	Wassersparende Produktionsprozesse	Industrie
Abwasser in eine möglichst konzentrierte Form bringen und reinigen	Getrennte Ableitung von Regenwasser	Wassersektor
	Vorkonzentrieren von Bestandteilen aus der Abwasserklärung (AB-Prozess; Forward Osmose; Zellulose-Abfang)	Wassersektor
	Beseitigung von 'compounds of emerging concern': Optimierung biologischer Prozesse und eventuelle Nachklärung	Wassersektor
Effizienter Umgang mit Rohstoffen und Energie	Wärmerückgewinnung aus Duschwasser	Haushalte
	Reststoffverwertung aus der Trinkwasseraufbereitung (z.B. Eisenschlamm, Kalk)	Wassersektor
	Rückgewinnung und Verwertung u.a. von Struvit in der Abwasserklärung	Wassersektor
	Realisierung der energieerzeugenden Abwasserklärung	Wassersektor

Zwischenbetrachtung:

- Anknüpfend an den Gedanken der Kreislaufwirtschaft, gibt es diverse technologische Möglichkeiten, um auf eine nachhaltigere Wasserkette hinzuwirken.
- Auf einer höheren Abstraktionsebene ist noch eine Anzahl großer gesellschaftlicher Fragen ungeklärt.

6 Rückschau

Wie hochwertig die städtische Wasserkette in Ländern wie Deutschland und den Niederlanden auch funktioniert – wir sehen uns mit einer Reihe großer Herausforderungen konfrontiert. Dies verlangt vom Wassersektor einen zukunftsorientierten offenen Blick und die Bereitschaft zu breit angelegter Zusammenarbeit. Abschließend folgende Kernpunkte:

- Das Streben nach einer Kreislaufwirtschaft bietet einen Kontext, in dem der Wassersektor eine wichtige Rolle übernehmen kann.
- Bei der Einführung von Neuerungen in die städtische Wasserkette bleibt es wichtig, die Rahmenbedingungen rund um Gesundheit, Betriebssicherheit, Benutzerfreundlichkeit und Kosten in den Mittelpunkt zu stellen.
- Damit zusammenhängend: Die städtische Wasserkette gehört in die Hände von Profis.

Literatur

O'Neill, J.: Securing new drugs for future generations: the pipeline of antibiotics. The review on antimicrobial resistance . Chaired by Jim O'Neill. May 2015. 41 pp.

Steel, C.: 2013. Hungry City: How Food Shapes Our Lives . Chatto & Windus. pp.400.

Postel, S.: 1992. Last Oasis. Facing water Scarcity. World watch Institute. 240 pp.

Rijsberman, F.: 2004. "New directions for a diverse planet". Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 Sep-1 Oct 2004, Brisbane, Australia. Web site: http://www.cropscience.org.au/icsc2004/plenary/1/1994_rijsbermanf.htm.

Hoekstra, A.Y.; Hung, P.Q.: 2002. Virtual water trade. A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. VALUE OF WATER RESEARCH REPORT SERIES NO. 11. 65 pp.

Hoekstra, A.Y.; Hung, P.Q.: 2005. Globalisation of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. Global Environmental Change 15(1): 45-56.

Anschrift der Verfasser:

KWR Watercycle Research Institute
Groningenhaven 7

3433 PE Nieuwegein, Niederlande

E-Mail: jos.boere@kwrwater.nl; wim.van.vierssen@kwrwater.nl;
hay.koppers@kwrwater.nl