

**Globale Zukunft:
Kreislaufwirtschaftskonzepte im kommunalen Abwasser- und Fäkalienmanagement**

Alternative Sanitärkonzepte in Ballungsräumen

Dipl.-Ing. Ulf Volker Rakelmann
Hamburger Stadtentwässerung, Banksstrasse 4 – 6, D – 20097 Hamburg

Zusammenfassung

Die bisher an die vorherrschenden Abwasserbeseitigungssysteme gestellten Anforderungen können aus europäischer Sichtweise, ungeachtet der noch bestehenden erheblichen Umsetzungsdefizite, überaus erfolgreich erfüllt werden. Insofern stellt sich grundsätzlich die Frage nach der Notwendigkeit von alternativen Sanitärkonzepten in europäischen Ballungsräumen. Prinzipiell kann es nur um den innovativen Wandel der in Ballungsräumen vorhandenen Entwässerungssysteme gehen - ein unbeschriebenes Blatt Papier für alternative Konzepte gibt es nicht mehr.

In drei Themenbereichen werden maßgebliche Kriterien identifiziert, die innovative Weiterentwicklungen des Abwasserbeseitigungssystems angeraten lassen, mit dem Ziel, dass der Entsorgungsvorgang letztendlich auch zukunftsfähig bleibt.

Bei den Weiterentwicklungsmöglichkeiten, bzw. der Umgestaltung der vorherrschenden Systeme, gibt es eine in diesem Beitrag begründete Präferenz für den Einstieg in die Urinauskopplung. Die damit verbundenen Aussichten sind derart vielversprechend, dass auch bei einer schrittweisen Umsetzung der Gelbwassertrennung sich ihnen weder der Visionär noch der Realist entziehen kann. Es lohnt sich, dieses Thema pragmatisch anzugehen, der richtige Zeitpunkt ist gekommen.

Angedachte Projektskizzen in Hamburg sollen die schon vielerorts konkreten Vorhaben/Pilotprojekte mit Blick auf den Wandel des End-Of-Pipe-Systems ergänzen.

- 1 Einleitung**
- 2 Fakten, vorherrschende Abwasserbeseitigungssysteme**
- 3 Was sind alternative Sanitärkonzepte?**
- 4 Warum Alternativen?**
- 5 Zukunftsfähigkeit - eine natürliche Antwort**
- 6 Maßgebliche Indikatoren für einen Wandel**
- 7 Einstieg in Umgestaltungen des Systems**
- 8 Kein Wandel ohne deutlichen Vorteil**
- 9 Niederschlagswasser ersetzt Trinkwasser als Transportmittel**
- 10 Wandel in Hamburg**

1 Einleitung

Vor 160 Jahren hat in Hamburg die systematische Siedlungsentwässerung nach heutigen Maßstäben ihren Anfang genommen; sie gilt als eine der ältesten auf dem europäischen

Kontinent. Die gewonnene Erfahrung im Umgang mit Abwasser stellt für die Hamburger Stadtentwässerung ein wertvolles Vermächtnis dar und ist gemäß dem Unternehmensverständnis zugleich eine Verpflichtung in die Zukunft zu schauen. - Ein Balanceakt zwischen Bewahren und Innovation.

Als Ziele der europäischen Abwasserentsorgung von heute gelten primär: den Produzenten das Abwasser abzunehmen, dabei die Gesundheit der Bevölkerung zu gewährleisten, Abwasser weitgehend zu entkeimen, Niederschlagswasser in Ballungsräumen schadlos abzuleiten, die Eutrophierung der Gewässer zu unterbinden, die Trinkwasserressourcen zu schützen, die Badegewässerqualität anzustreben, Flora und Fauna zu schützen sowie die Attraktivität der Umwelt für Naherholung und Tourismus zu erhalten.

Die europäischen Gremien gehen in ihren Vorgaben davon aus, dass diese Ziele in Ballungsräumen mit einem linearen Entsorgungsvorgang erreicht werden. Bestenfalls soll gereinigtes Abwasser, sollen Endprodukte außerhalb der Systemgrenzen wiederverwendet werden, wobei die Belastungen der Umwelt auf ein Minimum zu begrenzen sind.

In rund 550 europäischen Städten mit über 150.000 Einwohnern klafft der erreichte Stand der Abwasserentsorgung noch weit auseinander. Während in einer „name and shame“ Liste davon über 100 Städte mit einer noch nicht zufriedenstellenden Abwasserreinigung und davon über 35 mit keiner Reinigung bekannt gemacht werden, haben andere Städte die Ziele bereits erreicht und kümmern sich um zukunftsfähige Weiterentwicklungen des Abwasserbeseitigungssystems. - Ausdruck der Zielerreichung in Hamburg sind z.B. der erste Elbe-Badetag und der Hamburger Triathlon Worldcup, bei dem innerstädtische Alstergewässer durchschwommen werden – beide Veranstaltungen im Juli bzw. September 2002.

2 Fakten, vorherrschende Abwasserbeseitigungssysteme

Die Weltbevölkerung beläuft sich derzeit auf rund 6 Mrd. Menschen und wird voraussichtlich auf mehr als 9 Mrd. im Jahr 2050 wachsen. Weltweit leben heute rund 50 % der Menschen in Städten, in der BRD bereits über 80 %. Es wird erwartet, dass der Bevölkerungszuwachs zu über 80 % in den Städten stattfinden wird, absehbar also mehr als 60 % der Weltbevölkerung in Städten leben wird. Bei aller gebotenen Vorsicht, die Zukunft der Stadt wird entscheidend sein für die Zukunft der Gesellschaft. Den Städtern bleibt gar nichts anderes übrig, das als eine Chance zu begreifen.

Insbesondere sind Städte aufgefordert, Maßnahmen zur Verringerung der kommunalen Verschmutzung von Wasser, Luft und Boden zu ergreifen. Etablierte Entsorgungssysteme müssen weiterentwickelt und veränderten Umweltbedingungen angepasst werden. Weltweit sollte in Ballungsräumen an Energieeinsparungen und Fortschritten bei der Entwicklung umweltschonender Technologien gearbeitet werden, um ihre Zukunftsfähigkeit zu erhalten. In vielen Fällen ist eine noch höhere städtische Verdichtung für eine umweltschonendere Entwicklung unverzichtbar. Eine der Stärken der Stadt ist die Verdichtung. Hier liegt der Schlüssel für Energieeinsparung und Wertstoffrückführung. Wenn immer mehr Menschen in verdichteten, versiegelten Ballungsräumen leben, nimmt der Ver- und Entsorgungsdruck zu. Ein Versorgungsübermaß führt dazu, dass nicht verwertete Stoffe wieder aus dem Ballungsraum heraus transportiert werden müssen. Auch gesammeltes Niederschlagswasser sollte deshalb einer Nutzung zugeführt werden, bevor es nur als Abwasser ohne Wert möglichst schnell wieder aus der Stadt beseitigt wird.

Die Städte in Europa und in Nordamerika sind heute zu rund 95 % an das Abwasserbeseitigungssystem Schwemmkanalisation & Zentralkläranlage angeschlossen. Städtische Kläranlagen entfernen heute einen Großteil der Feststoffe, Kohlenstoffverbindungen und Nährstoffe im Abwasser. Ein weiterer wichtiger Anlagenbestandteil ist die Reststoffentsorgung. Die Existenz der End-Of-Pipe-Technik ist eine mächtige weltumspannende Tatsache geworden. In der fachlichen Terminologie sind z.B. die Wortteile „Ab“ und „Wasser“ nicht mehr weg zu

denken. In der heutigen Informationsgesellschaft würde es bei einem derartigen Versuch zu Konflikten kommen, zu Verständigungsschwierigkeiten. Alle Standards und gesetzlichen Normen haben die Begrifflichkeiten der Abwasserwelt übernommen. Die vorherrschende Technik ist im Bewusstsein der Nutzer zu einem Synonym für ein gelöstes Entsorgungsproblem geworden. Das Hinterfragen, das Suchen nach Alternativen, muss deshalb aus dem Kreis der Problemlöser erfolgen, wenn sich heute bereits absehbare Schwierigkeiten hinsichtlich des Entsorgungsvorganges identifizieren lassen.

3 Was sind alternative Sanitärkonzepte?

Gemeint ist das vom vorherrschenden Beseitigungssystem begründet abweichende Entsorgungskonzept, d.h. die Alternative zur linearen End-Of-Pipe-Technik. Eine Alternative hierzu wäre ein totaler Systemwechsel, die Dezentralisierung und Schließung von Kreisläufen am Ort des Wertstoffanfalls und wenn überhaupt, dann z.B. ein Transport mit Vakuumtechnik, statt mit Trinkwasser.

Im Rahmen dieses Beitrags werden alternative Sanitärkonzepte in Ballungsräumen thematisch weiter gefasst. Auch der planvolle Einstieg in die Umgestaltung oder Weiterentwicklung der End-Of-Pipe-Technik wird als Alternative angesehen, weil eine totale Abwendung von den vorherrschenden Abwasserbeseitigungssystemen, der Systemwechsel, weder ökologisch, ökonomisch noch sozialverträglich in überschaubaren Zeiträumen realisierbar wäre und sich gezeigt hat, dass heute noch nicht alle schließbaren Kreisläufe auch geschlossen werden sollten (BSE).

Unter Umgestaltung der öffentlichen Abwasserbeseitigung wird i.W. die Entmischung und Auskopplung von Teilstoffströmen verstanden, die in diesem Fall insbesondere zur Schließung von Nährstoffkreisläufen führen können und sollen. Gemeint ist die

- Ausschleusung und getrennte Behandlung von Urin (Problemstoffeliminierung geht vor Nährstoffrückgewinnung)
- sinnvolle Auskopplung oder das Zufügen von Indirekteinleiterfrachten an neuen Schnittstellen des vorhandenen Systems (Co-Vergärung von Biomasse)
- Bildung von nährstoffreichen Teilströmen in der heutigen Behandlungsstufe

Darüber hinaus wird das derzeitig vorhandene System weiterentwickelt durch

- die Verminderung der Entlastungsproblematik in mischkanalisierten Einzugsgebieten
- die Verminderung und oder den Ersatz von Trinkwasser beim Transportvorgang
- eine differenzierte Umgangsweise mit Niederschlagswasser (z.B. Netzspülung)

4 Warum Alternativen?

Die heute vorherrschende Siedlungswasserwirtschaft hat ohne jeden Zweifel die bisherigen Problemstellungen weitgehend gelöst. Die Siedlungshygiene und –entwässerung in den industrialisierten Ländern basiert auf einem nahezu perfekt ausgereiften technischen Abwasserbeseitigungssystem. Es bietet den Nutzern großen Komfort und entfernt nicht nur die menschlichen Ausscheidungen wunschgemäß schnell. Es klärt dieses Abwasser heute derart erfolgreich, dass am Ende keine Gewässereutrophierung mehr droht. Investitionen in dieses System sind über Generationen erfolgt, vorausschauendes Planen ist mit der Gestaltung der Infrastruktur der kommunalen Daseinsvorsorge untrennbar verbunden. Infrastruktursysteme wie die Abwasserentsorgung sind auf lange Zeit angelegt. Erfolge stellen sich nicht unmittelbar mit den Umsetzungen von Maßnahmen ein. So weicht z.B. der Ist-Zustand der erreichten Gesundheitsvorsorge oder des Umweltschutzes einerseits vom Bewusstseinsstand der Öffentlichkeit ab, andererseits ist mit in der Planung befindlichen Maßnahmen weitere Daseinsvorsorge schon festgeschrieben. Nicht zuletzt ist die

Abwasserentsorgung mit heute durchschnittlich etwa 117 Euro pro Person und Jahr in der BRD bezahlbar geblieben.

Unterstellt man einmal über alle Ländergrenzen hinweg

- ein Funktionieren des vorherrschenden End-Of-Pipe-Systems hinsichtlich heutiger Aufgabenstellungen,
- auch wenn die Aufwände, diesen Standard überall erreichen zu wollen, nicht nur nicht finanzierbar,
- sondern auch die grundsätzlichen Voraussetzungen bei weltweit 1,4 Milliarden Menschen ohne Zugang zu sauberem Trinkwasser nicht gegeben sind,

so ist die Zukunftsfähigkeit des bestehenden Systems in Europa keinesfalls sicher. Kann das System wie bisher an neue Anforderungen angepasst werden, können zukünftige Herausforderungen bewältigt werden? Spätestens hier stellt sich Frage nach den Alternativen.

5 Zukunftsfähigkeit - eine natürliche Antwort

Auf die Zukunftsfähigkeit weit komplexerer Unternehmungen als die Abwasserentsorgung gibt es eine natürliche Antwort. Die Bildung von Symbiosen gilt als Fortschrittsprinzip der Evolution. Die Symbiose als Maxime ist der Schlüssel für die ökologisch, ökonomisch und sozial ausgewogene Bewältigung zukünftiger Bedürfnisse und Notwendigkeiten – auch für die Aufgabe der Stadtentsorgung.

Das Wesen der Symbiose ist das nutzbringende Zusammenwirken von mehreren Trägern unterschiedlicher Fähigkeiten durch eine enge Vergesellschaftung im biologischen Sinn. Nach diesem Prinzip arbeiten in der lebendigen Natur alle perfekt funktionierenden Wertschöpfungsgesellschaften, die keinen Abfall oder Abwasser hinterlassen. Alle organischen Materialien haben einen Wert, der in lückenlosen Fressketten, Verwertungskaskaden genutzt wird. Es wäre schlecht um die Zukunftsfähigkeit der jeweiligen Unternehmung bestellt, würden funktionierende Symbiosen durch veränderte Verhältnisse unwirksam und ein Systemwandel, ggf. mit neuen Partnern, wäre nicht bereits rechtzeitig eingeleitet worden.

Die bisherigen gesetzlichen Anforderungen an die Abwasserbeseitigung in Europa sind mit dem vorherrschenden System erfüllbar, was nicht verwunderlich ist, denn der Stand der Technik hinsichtlich der Verminderung von Gewässerbelastungen wird letztendlich durch dieses System vorgegeben/beschrieben. Aber nicht der fortgeschriebene Stand der Technik schafft Wandel, sondern veränderte örtliche wie globale Umweltbedingungen, zu denen auch der Mensch seinen Teil beiträgt. Erkenntnisgewinn ergibt sich aus der Wahrnehmung, mit welchem Stand der Technik die Natur dem stattfindenden Wandel begegnet.

Auf sich allmählich ändernde Umweltbedingungen reagiert die lebendige Natur mit vielfältiger Anpassung. Es ist somit „ganz natürlich“, dass es ohne Anlass, ohne einen Vorteil durch Veränderung, auch keinen Systemwandel hinsichtlich der Stadtentsorgung geben wird. Zukunftsfähigkeit bedarf eines Selektionsdruckes. Einschlägiger Wandel entsteht weniger durch veränderte Bedürfnisse sondern vielmehr durch absolute Notwendigkeiten, akute Bedrohungen. Gibt es also Indikatoren, die anzeigen, dass sich die Entsorgungsbedingungen ändern, sich Innovationsdruck aufbaut und Wandel notwendig wird?

Innovative Optimierungen des bestehenden Abwasserentsorgungssystems sind etwas anderes als innovativer Wandel. Optimierungen sind absolut notwendig und führen zu investiven Aufwandsreduzierungen, Energieeinsparungen und verringertem Betriebsaufwand. Dazu zählt z.B., wenn die Abwasserbehandlung zukünftig durch

Weiterentwicklung erheblich effizienter werden könnte. - Unter innovativem Wandel werden systemverändernde Eingriffe verstanden, wie die Natur sie bei entsprechendem Druck vornimmt: z.B. neue Fresspartner für eine Symbiose suchen, die eine lückenlose Verwertungskette für getrennt gehaltene Teilstoffströme bilden können.

6 Maßgebliche Indikatoren für einen Wandel

Gesundheitsvorsorge, Umweltschutz und Ökonomie sind maßgebliche Indikatoren für einen notwendigen Wandel des Abwasserbeseitigungssystems.

Gesundheitsvorsorge:

- Immer mehr Mikroschadstoffe, Problemstoffe, tauchen im Abwasser auf. Der Eintrag in die Umwelt von persistenten und/oder bioakkumulierenden Fremdstoffen ist grundsätzlich zu vermeiden, das gilt insbesondere für kanzerogene, mutagene oder reproduktionstoxische Stoffe.
- Die Antibiotikaresistenzen bei Bakterien nehmen zu. Ob die Kläranlage Mitverursacher oder das Abwasserentsorgungssystem „nur“ untauglich ist, antibiotikaresistente Bakterien zu eliminieren, ist nicht geklärt.
- Systembedingt braucht die End-Of-Pipe-Technik zur Abwasserbehandlung in hohem Maß abwasserfremde Betriebsmittel, wie Fällmittel und Flockungshilfsmittel, die Problemstoffe enthalten können und eine zusätzliche Gewässerbelastung darstellen.

Umweltschutz:

- Das stete Bemühen, die Ablaufqualität der Kläranlagen zu verbessern hat zu einem immer größeren Mitteleinsatz, insbesondere einen höheren Energieverbrauch zur Folge. Das Augenmerk ist insofern auf die durch die Abwasserbeseitigung hervorgerufenen Gesamtemissionen zu richten. Unmittelbare und mittelbare, gasförmige und feste Emissionen sind in Bewertungen wegen lokaler und globaler Notwendigkeiten einzubeziehen. Gewässerschutz ist nicht mehr und nicht weniger als anteiliger Umweltschutz. Der fortgeschrittene Ausbau des Abwasserbeseitigungssystems mit einer End-of-Pipe-Technik hat dazu geführt, dass weitere, zwar technisch noch realisierbare Umweltentlastungen, mittlerweile von einhergehenden Umweltbelastungen z.B. in andere Umweltmedien von der selben Maßnahme aufgezehrt werden können. Insgesamt hat sich der mögliche Umweltschutz auf einem systemimmanenten Niveau eingependelt. Der Break-Even-Point ist vielfach erreicht, Ent- und Belastungen stehen im Gleichgewicht. Das gilt für das System insgesamt, wie auch einzeln für das Ableitungs- und das Behandlungsverfahren. Weitere Verminderungen von Belastungen, insbesondere von bereits niedrigen Konzentrationswerten oder gar von vereinzelt Frachteintragungsspitzen des Kläranlagenablaufs, würden kontraproduktiven Umweltschutz bewirken.
- Systembedingt braucht die End-Of-Pipe-Technik zur Abwasserbehandlung in hohem Maß abwasserfremde Betriebsmittel, wie Fällmittel und Flockungshilfsmittel, die unabhängig von ihrer Schädlichkeit die Umweltbelastung aufstocken.
- Der Mischkanalnetzanteil mit den systembedingten Notauslässen ist das i-Tüpfelchen für den langfristigen Misserfolg der End-Of-Pipe-Philosophie gegenüber möglichen Weiterentwicklungen dieses Systems. Es besteht die Möglichkeit, dass mit den Mischwasserüberläufen Problemstoffe unbehandelt in die Umwelt gelangen. Darüber hinaus führen rückläufige Frischwasserverbräuche vermehrt zu Ablagerungen in der Schwemmkanalisation. Mehr Schmutzfracht könnte bei Starkregenereignissen durch Mischwasserüberläufe in die Gewässer gelangen können. Die teuer erkaufte Dichtheit des Netzes gegenüber Fremdwasser unterstützt diesen Umstand.
- Zum Teil weit gereistes, zu höchster Qualität aufwendig aufbereitetes Trinkwasser ausschließlich zu Transportzwecken für Schmutzfrachten zu verwenden, ist aus Umweltschutzgründen grundsätzlich abzulehnen und kontraproduktiver Umweltschutz.

Wenig Beachtung findet derzeit, dass 60 % der europäischen Städte einen sinkenden Grundwasserspiegel registrieren.

Ökonomie:

Es gibt mehr Faktoren, welche in Zukunft die vorherrschenden Abwasserentsorgungssysteme - also die End-Of-Pipe-Technik - verteuern, als die Aussicht kostengünstiger zu werden.

- Die Instandsetzung des öffentlichen Netzes und der privaten Grundstücksleitungen (Systembestandteil der End-Of-Pipe-Technik) sind kaum noch finanzierbar. Bei anhaltenden Verminderungen der gebührenrelevanten Frischwasserverbräuche verschlimmert sich das Problem.
- Die Liste von Mikroschadstoffen im Abwasser wird immer länger. Problemstoffe in sehr geringen Konzentrationen und/oder hoher Verdünnung aus dem Abwasser zu entfernen, ist wirtschaftlich nicht realisierbar. Selbst die Restfrachten der bisher erfolgreich reduzierten Schmutzstoffe weiter zu vermindern, ist mit exponentiell wachsenden Kosten verbunden.
- Ein anhaltend rückläufiger Wasserverbrauch, unterstützt durch die Dichtheit des Netzes, verteuert den Unterhaltungsaufwand der End-Of-Pipe-Technik.
- Das System ist nicht exportfähig, weil der gewachsene strikte Zuschnitt auf den verlangten Nutzerkomfort und einzuhaltende Standards es einerseits teuer machen und andererseits das System nur bedingt an andere örtliche Randbedingungen angepasst werden kann; ein Wandel könnte es flexibler und damit exportfähig machen.
- Wasser, Boden und Luft sind von den Aktivitäten der Abwasserentsorgung betroffen und wirken zurück; falsch ist der Versuch einer unökonomischen und damit nicht naturgemäßen Optimierung nur eines Bereichs.
- Nachhaltigkeit zwingt zu Wandel und Innovation. Die Verabredung von globalen Einsparungen bei CO₂-Emissionen und die Internalisation der externen Kosten im Verbund mit Klimaveränderungen, Erderwärmung bis hin zum Artenschwund, führen zu der Frage wie lange sich die Nutzer der End-Of-Pipe-Technik sich diese noch leisten können.

Es ist der sicherste Weg, einen nachhaltigen Wandel zu verpassen, wenn in industriegesellschaftliche Problemlösungen investiert wird und Ressourcen über die Abschreibungszeiten festbetoniert werden, statt angemessene Lösungen für die bereits begonnene Phase des postindustriellen Zeitalters, der Informationsgesellschaft zu finden – postulieren Stadtökologen.

7 Einstieg in Umgestaltungen des Systems

Werden die Stoffströme der heutigen Abwasserbeseitigung in einem Ballungsraum betrachtet, so wird das Entsorgungsergebnis einerseits anhand der Minderung der Umweltbelastungen über die Zeit sichtbar und an dem hierfür notwendigen Aufwand einschließlich der Energie, andererseits an den noch verbleibenden Restbelastungen, die der Entsorgungsvorgang weiterhin hervorruft. Wird dieses Ergebnis mit den Indikatoren für einen notwendig gehaltenen Wandel des Abwasserbeseitigungssystems verknüpft, so ergeben sich klare Präferenzen für die Umgestaltung der End-Of-Pipe-Technik wie für die Ausschleusung von Teilstoffströmen. Priorität hat dabei die Urin- oder Gelbwassertrennung vom System. Urin ist prinzipiell keimfrei, enthält hohe Nährstoffgehalte von Stickstoff, Kalium und Phosphor aber auch den überwiegenden Anteil von Problemstoffen in den menschlichen Ausscheidungen. Es geht um eine Urinmenge von etwa 1-1,5 Liter pro Person und Tag, die in Hamburg heute etwa in zweihundertfacher Verdünnung die Kläranlage erreicht.

Der Einstieg in den Wandel braucht Zeit. Für die langjährige Zeitspanne bis zur endgültigen Trennung des Gelbwassers vom System und dem bis dahin erwarteten allmählich zunehmenden separierten Gelbwasseranfall werden derzeit Übergangslösungen entwickelt oder vorhandene Verfahrensstufen auf eine zeitlich begrenzte Nutzungstauglichkeit

untersucht. In Hamburg gibt es aufgrund von z. T. langen Fließwegen keine typischen Tagesfrachtganglinien, wohl aber Wochenschwankungen. Diesen Schwankungen des Nährstoff/Kohlenstoffverhältnisses im Abwasser wird mit Speicher- und Ausspeicherung von ammonium- und kohlenstoffreichem Prozesswasser aus einer Teilstrombehandlungsstufe entgegengewirkt.

In diese bereits funktionstüchtige Behandlungsstufe würde in der Übergangszeit, bis zum Vorliegen einer größeren getrennten Urinmenge, sukzessiv anfallendes Gelbwasser eingespeist werden können. Jegliche aus dem System ausgekoppelte Gelbwassermenge würde die heutige Abwasserbehandlung bereits sinnvoll entlasten.

8 Kein Wandel ohne deutlichen Vorteil

Warum soll Urin aus dem Abwasserbeseitigungssystem ausgekoppelt werden? Die Entfernung von Stickstoff aus dem Abwasser wird heute mit einem erheblichen Aufwand betrieben. Die Verfahrensstufen der Nitrifikation und Denitrifikation sind ein großer Kostenfaktor bei der Abwasserbehandlung. Fällt wie in Hamburg bei der Klärschlammmentwässerung/Trocknung ammoniumreiches Zentratwasser an, so bietet sich für diesen Teilstrom zukünftig die Deammonifikation als effizienteres Verfahren zur Stickstoffentfernung an, einhergehend mit geringeren CO₂-Emissionen als bisher. Mehr als 20 % der Stickstoffzulaufkraft im Rohabwasser sind in diesem Prozesswasser enthalten. Die Stickstoffeliminierung im End-Of-Pipe-System könnte auf diese Weise deutlich optimiert werden. Ein echter Wandel des End-Of-Pipe-Systems – die Urinauskopplung - würde darüber hinaus noch weitreichendere Folgen mit erheblichen Vorteilen haben.

- Nahezu die gesamte restliche Stickstoffzulaufkraft zur Kläranlage von mehr als 70 % resultiert aus dem sehr ammoniumreichen Gelbwasser der 2,0 Mio. Einwohner Hamburgs und seiner Randgemeinden. Würde das Gelbwasser komplett ausgeschleust, so könnte, mit der noch verbleibenden Deammonifikation von 20 % der Zulaufkraft, auf die heutige Stickstoffelimination verzichtet werden.
- Uneingeschränkt richtig bleibt die thermische Verwertung der Reststoffe aus Abwasseranlagen in Hamburg mit ihrer hohen Eigenproduktionsquote für Strom hinsichtlich der für die Kläranlagen insgesamt eingesetzten Energie von heute 63 %. Bei Wegfall der energieintensiven Stickstoffentfernung wäre es, unter Zuhilfenahme zusätzlicher Biomasse in der Reststoffentsorgungskette, möglich, die Kläranlage mit einem Energieüberschuss, zumindest aber energieautark zu fahren, was unter dem Aspekt der Nutzung regenerativer Quellen eine zusätzliche ökologische Bedeutung bekommt. Die Nährstoffelimination schlägt heute mit einem Verbrauch von etwa 25 kWh pro Person und Jahr zu Buche, was etwa 50 % der heute aufzuwendenden Abwasserbehandlungsenergie sind.
- Mit der Ausschleusung des im Gelbwasser enthaltenen Phosphors würde die Phosphorfällung im Abwasserstrom nicht mehr notwendig, was neben der Kostenersparnis zugleich die zusätzlichen Umweltbelastungen durch den Fällmitteleinsatz entfallen ließe.
- Der Einstieg in die Urinseparierung würde den Ausbau des alten Systems überflüssig machen. Gelänge es den Einstieg mit den Zyklen der Altanlagenerneuerung zu synchronisieren, so könnte auch sie entfallen. Darüber hinaus würde die aktuell laufende Diskussion zur adäquaten Umsetzung der Richtlinie des Rates über die Behandlung von kommunalem Abwasser 91/271/EWG relativiert werden. Infrage stehende, kurzfristige Fehlinvestitionen in den Ausbau der End-Of-Pipe-Technik – nämlich in die herkömmliche zur Disposition stehende Stickstoffelimination in der Zentralkläranlage – könnten vernünftiger Weise noch

rechtzeitig abgewendet werden. Dem Vorwurf, die End-Of-Pipe-Technik sei im eigenen (Abwasser) Netz gefangen, würde somit nicht neue Nahrung gegeben.

- Die Restkonzentrationen von Stickstoff und Phosphor würden weit unter die heutigen Ablaufwerte der Kläranlage fallen. Derart effektive Verminderungs-Quantensprünge im Verbund mit ganzheitlichem Umweltschutz, sind quasi nur im Hukepack mit dem Systemwandel erreichbar.
- Die aus Gesundheitsvorsorgegründen für notwendig erachtete Elimination von endokrin wirksamen Substanzen und Medikamentenrückständen im Abwasser würde einer Lösung des Problems einen Meilenstein näher gebracht, da etwa 70-80 % dieser Stoffe im Urin enthalten sind. Die Problemlösung wird insofern lösbarer sein, als getrennter Urin dann nicht mehr in über 200-facher Verdünnung im Abwasser vorliegt. Für geringere Volumina lassen sich speziellere und effizientere Verfahren anwenden bzw. entwickeln.
- Insgesamt würde sich die Abwasserbehandlung auf die Kohlenstoffelimination reduzieren, was wiederum den Flächenbedarf der Abwasserbehandlung vermindert und summa summarum den Betrieb der Kläranlage einfacher machen würde.
- Getrennt anfallender Urin bietet sich wegen der hohen Nährstoffkonzentrationen zur Rückgewinnung von Düngern an, zumal die Vorkommen von Rohphosphat und Kalium auf der Erde zur Minereraldüngerherstellung als endlich angesehen werden. Die abgebauten Rohstoffe weisen eine immer schlechter werdende Qualität auf, z.B. erhöht sich der Cadmiumgehalt bei den abgebauten Phosphatvorkommen. Dieses Verhältnis ist im Urin dagegen um ein Vielfaches niedriger. Stickstoffdünger ist zwar nicht endlich, aber der technische Herstellungsprozess aufwendig.
Mit den rückgewonnenen Nährstoffen aus dem Urin Nährstoffkreisläufe schließen zu können wird in schon naher Zukunft für sehr aussichtsreich gehalten. In Schweden wird z.B. die Urindirektdüngung nach halbjähriger Lagerzeit untersucht, andere Erforschungen befassen sich mit der Ausfällung von Magnesium-Ammonium-Phosphat aus dem gesammelten Urin, einem wertvollen Volldünger.
Trotzdem steht vor dem wünschenswerten Düngemiteleinsatz von Urin primär noch die Lösung der Problemstofffrage.
- Die Zielsetzung, die Nährstoffkreisläufe über die direkte Klärschlammausbringung in die Landwirtschaft zu schließen, wird im Fall von Klärschlamm aus Ballungsräumen für falsch und nach heutigem Kenntnisstand nicht mehr für zeitgemäß gehalten. Immer mehr neue Schadstoffe mit unerwünschten umweltrelevanten Eigenschaften tauchen im Abwasser auf. Finden sich diese Stoffe im Klärschlamm wieder, so ist das ein Indiz für einen Reinigungserfolg. Der verbrannte Klärschlamm stellt somit insgesamt eine Schadstoffsenke dar. Derzeit ist der Entsorgungsweg über die Monoklärschlammverbrennung der immer mehr anerkannt ökologisch richtige Weg, was allerdings belegt, dass unsere Zivilisation noch nicht aus der Schadstoff-Falle herausgefunden hat.
Mit den aus Gelbwasser gewonnenen Nährstoffen zukünftig Kreisläufe zu schließen, würde die Diskussion um die Frage der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung entschärfen. Mit dem recyceln der im Gelbwasser enthaltenen Nährstoffe wird man den Mineraldüngerbedarf spürbar verringern können – nicht mehr aber auch nicht weniger.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Gelbwasserseparierung in Ballungsräumen ein wesentlicher und bedeutsamer erster Schritt in den Einstieg des Wandels der End-Of-Pipe-Technik wäre, zugleich der naheliegendste. Die Sanitärtechnik liefert bereits heute trennende Toiletten, bei denen der Urin nahezu ohne zusätzliches Spülwasser anfällt. Ebenso gibt es wasserfrei arbeitende Urinale. Aus der Wissenschaft verlautet, dass 70 % aller technischen Innovationen durch die Raffinesse der Werkstoffe bestimmt sind. Beide Sanitärtechniken wenden spezielle Oberflächenbehandlungen an, die

Rückstandsanhaftungen von Kochsalz und Harnstoff nahezu vermeiden. Die Harnsteinbildung wird durch die spülwasserfreie Trennung von Urin vermieden. Die mit Innovationen gewonnenen Pflege-, Reinigungs- und Unterhaltungsvorteile kommen der Separierung von Gelbwasser zum richtigen Zeitpunkt entgegen.

Gegen die Erwartung geht eine Gelbwassertrennung nicht selbstverständlich einher mit der Verwendung von weniger Spülwasser. Die Wassersparfunktion innovativer Sanitärtechnik ist eine Option. Ebenso bestehen zwischen der Substitution von Trinkwasser durch Brauchwasser und dem Trennvorgang keinerlei technische Abhängigkeiten. Diesbezüglich kann die Gelbwasserseparierung aber über das verwendete Spülwasser und deren Menge erheblichen Einfluss auf die Funktion des End-Of-Pipe-Systems nehmen. Bei extremer Ausnutzung von Wassersparmöglichkeiten könnten im Toilettenbereich etwa 25 Liter Spülwasser pro Person und Tag weniger verbraucht werden.

9 Niederschlagswasser ersetzt Trinkwasser als Transportmittel

Ein zweiter vielschichtiger Themenkomplex hinsichtlich eines Systemwandels stellt der Umgang mit Niederschlagswasser in Ballungsräumen dar.

Niederschlagswasser ist elementarer Bestandteil der Überlegungen zum Systemwandel, wenn Teileinzugsgebiete des betrachteten Abwasserbeseitigungssystems eine Mischkanalisation aufweisen und damit bei Starkregenereignissen systembedingt Gewässerbelastungen vorkommen können. Vielerorts begegnet man diesen Gewässerbelastungen neben dem Ausbau des Stauvolumens, mit Modifikationen des Mischsystems, so auch in Hamburg. Letztere verändern das End-Of-Pipe-System.

Die Vor- und Nachteile beider Entwässerungssysteme liegen nicht immer offenkundig vor. Zum einen geht es um die temporäre Aufnahme von einem zusätzlichen Abwasserteilstrom in das End-Of-Pipe-System und die reguläre Behandlung dieses Teilstroms in der Käranlage, aber in geringem Maß auch um Notventile, über die unbehandeltes Mischwasser in die Gewässer gelangen, wenn einmal die Kanalkapazität nicht mehr ausreicht. In trennkanalisierten Einzugsgebieten wird Niederschlagswasser ortsnah direkt in die Gewässer abgeleitet. Das Für und Wider ist nicht einfach zu bewerten, wenn man berücksichtigt, dass Luftdepositionen von Schadstoffen in Ballungsräumen über die Oberflächenabschwemmungen zu erheblichen Belastungen des Oberflächenwassers führen können. Im Stadtzentrum einer Schweizer Stadt war beispielsweise die Luftdeposition von Schwermetallen höher, als dies bei der Klärschlammasubstratung erreicht worden wäre, obwohl keine Grenzwerte für die Luftdeposition erreicht wurden.

Nicht zuletzt könnte Niederschlagswasser im bestehenden End-Of-Pipe-System Trinkwasser als Transportmittel für die Abwasserfracht substituieren - im Sanitärbereich und zur bedarfsgemäßen Netzspülung. Was bleibt ist der Interessenkonflikt zwischen einerseits unsinniger Verdünnung der Abwasserfracht und der für den Stofftransportvorgang notwendigen Wassermenge andererseits.

10 Wandel in Hamburg

Die vorangegangenen Überlegungen des für notwendig gehaltenen Wandels der vorherrschenden Abwasserbeseitigungssysteme müssen in konkreten Projekten verankert werden, was weltweit und vielerorts in Europa bereits facettenreich passiert, so auch in der BRD.

Viele Fragen auf dem Weg zur Gelbwasserseparierung sind noch zu lösen, bis sie in der Zusammenschau ein neues Bild der zukünftigen Siedlungsentwässerung ergeben. Darüber hinaus gibt es ganz spezielle örtliche Themenstellungen auf dem Weg zum Ziel. Hamburg

kann mit eigenen Beiträgen helfen, das vorhandene Wissen zu ergänzen. Abgeschlossene, laufende und zukünftige Projekte wandeln das gewachsene Entsorgungssystem. Es anpassungsfähig zu erhalten ist der individuelle Schlüssel für die Zukunftsfähigkeit.

Hamburg bleibt konkret:

Um die Gewässerbelastung im mischkanalisierten Einzugsgebiet bei Starkregenereignissen zu vermindern, wird die Stauraumkapazität weiterhin systematisch erweitert. Allein sechs Mischwasserrückhaltebecken mit einem Fassungsvermögen von 70.900 m³ sind im Hamburger Kernbereich gebaut worden. Dieser System-Ausbau hat die Gewässerbelastungen durch Mischwasser bisher erheblich reduziert, wandelt aber nicht das Abwasserbeseitigungsverfahren. Das Optimum ist erreicht, wenn Aufwand und Nutzen sich nunmehr die Waage halten.

Ein Nebenschauplatz für den Wandel des Abwasserbeseitigungssystems ist die Modifizierung der Entwässerung von Einzugsgebieten mit Mischkanalisation. Immer mehr Niederschlagswasser wird nicht mehr in das Mischkanalnetz eingeleitet, sondern vor Ort versickert oder per Regenkanal „über Umwege“ in Stadtgewässer geleitet. Das Niederschlagswasser dient dabei Architekten und Freiraumplanern als stadtgestaltendes Element. Es muss bei derartigen Vorhaben stets unter mehreren Umweltschutzaspekten abgewogen werden.

Hamburg ist konkret:

Die Hamburger Stadtentwässerung verlegt seit mehreren Jahren Kommunikationsleitungen in Abwasserkanälen. Gerade in Ballungsräumen ist diese alternative Nutzung des Kanalnetzes ein bedeutender Schritt hinsichtlich einer wünschenswerten Mehrfachnutzung des heutigen Abwasserbeseitigungssystems, insbesondere mit Blick auf die Finanzierbarkeit eines zukünftigen Wandels. Der Multimedienkanal ist heute Realität. Wirtschaftlichen Symbiosen, welche Weiterentwicklungen der Entsorgung ermöglichen, sind keine Grenzen gesetzt.

Die Verlegung von z.B. Lichtwellenleitern in Abwasserkanälen ist eine nachhaltige Investition in die zukünftige Informationsgesellschaft, die leitungsggebundene Kommunikationsmöglichkeiten benötigt.

Bisher kaum Beachtung fand der Umweltschutzaspekt dieser Unternehmung. Das Aufgraben einer Stadt zwecks Leitungsverlegung als Alternative zur Verlegung von Kommunikationsleitungen im vorhandenen Kanalnetz würde mit Sicherheit nicht dem Umweltschutz dienen. Zur Veranschaulichung der Größenordnung, das Kanalnetz in Hamburg ist 5.400 km lang.

Hamburg wird konkret:

Die Auseinandersetzung mit dem Thema der Gelbwasserauskopplung hat in Hamburg begonnen. Überlegungen zur Urinseparierung werden in nachstehenden Zusammenhängen verfolgt:

- Mit der HafenCity wird in Hamburg derzeit Europas größtes Städtebauprojekt mit insgesamt 20.000 Arbeitsplätzen und 12.000 Einwohnern realisiert. Durch die weltweite Beachtung dieses Projektes, bietet sich ein Multiplikator für städtischen Wandel herkömmlicher Entsorgungssysteme mit enormer Reichweite an. Besonderheiten/Vorteile eines Gelbwassertrennvorhabens in einem Teil der HafenCity ergeben sich durch die Nähe zu Wissenschaft und Forschung (TUHH / NIT mit internationaler Präsenz und Kompetenz) und die Nähe zum Großklärwerk Köhlbrandhöft-Dradenau mit einem Anschluss von über 2 Mio. EWG. Durch die unmittelbare Nähe des Städtebauprojekts zu Hafengewässern stellt sich einerseits die Niederschlagswasserentsorgung als problemlos dar, andererseits bietet sich eine Brauchwassernutzung zur Substitution von Trinkwasser als Transportmittel für Abwasserfrachten an. Weiter ist ein wunschgemäßer Zuschnitt der Projektgröße möglich, da es sich um einen Neubau der Ver- und Entsorgungsinfrastruktur handelt, der Alternativen nicht ausschließt

und z.B. sich als Novum der Zuschnitt des Projektes ausschließlich auf Bürogebäude anbietet, was kaum Grauwasseranfall erwarten lässt.

Ebenfalls kann eine negative Beeinträchtigung der derzeitigen Abwasserentsorgung ausgeschlossen werden. Getrennt anfallender Urin könnte ohne Verzug vom Klärwerk angenommen werden und würde dortigen Verfahrensoptimierungen hinsichtlich der Stickstoffeliminierung nicht entgegenstehen. Im Gegenteil, jede noch so kleine Menge von ausgekoppeltem Gelbwasser, die nicht mehr verdünnt abgeleitet, sondern direkt in die Behandlung eingebracht wird, würde die Kläranlage schon heute entlasten.

- Das Vorhaben der Hamburger Bewerbung für Olympia 2012, für das Olympiadorf, die Olympiasportstätten und Olympiatouristen bietet sich wegen der weltweiten Beachtung dieses Projektes ebenfalls als Multiplikator für städtischen Wandel herkömmlicher Entsorgungssysteme an. Da geplant ist, die HafenCity in das Olympiaprojekt einzubinden, gibt es Überschneidungen zu obigen Überlegungen.
- Unabhängig von Olympia gilt für Massen-Sportveranstaltungen, dass viele Menschen sich für eine begrenzte Zeit in einem überschaubaren Bereich aufhalten. Statt in diesem Zusammenhang an einen Abwassernetzausbau oder an eine Erweiterung zu denken, wäre die Gelbwasserseparierung, ein Auffangen in Sammelbehältern und ein gezieltes Abfahren von Urin zu überdenken. Für die männlichen Teilnehmer an Sportveranstaltungen würden sich wasserlose Urinale anbieten.
- Bei allmählicher Einbeziehung von Stadtteilen oder Einzugsgebieten mit herkömmlicher Abwasserentsorgung wird Speicherraum zur Erfassung von Gelbwasser notwendig, eine Trocknung/Pulverisierung von Gelbwasser am Anfallort ist derzeit aus Aufwandsgründen noch nicht mehr als ein verfolgter Gedanke. Speicherraum kann in WC's selbst, einzeln in Wohnungen sowie in Häusern oder Wohnkomplexen gemeinschaftlich geschaffen werden. Eine gesteuerte Entleerung ist eine lösbare Aufgabe.
Eine andere Überlegung verfolgt die Gelbwasserbewirtschaftung der in Hamburg vorhandenen Mischwasserrückhaltebecken. Die geschaffene Stauraumkapazität in MRB's vermindert einerseits erfolgreich Gewässerbelastungen bei Starkregenereignissen, andererseits steht das Rückhaltevolumen etwa vier Fünftel des Jahres ungenutzt zur Verfügung, wenn es nicht speicherrelevant regnet. Der Speicherraum ist im innerstädtischen Bereich auf sechs MRB's verteilt und kann temporär weit mehr als das kontinuierlich auch bei Trockenwetter anfallende Gelbwasser der im Einzugsgebiet lebenden Einwohner aufnehmen.

Ich danke meinen Kollegen/innen bei der Hamburger Stadtentwässerung, die mir in Gesprächen wertvolle Informationen und Anregungen zu diesem Beitrag gegeben haben.

Hamburger Stadtentwässerung
Strategische Unternehmensplanung
Ulf.Rakelmann@hhse.de
www.hhse.de