

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 131 (2005)
Heft: 23: Abwasser

Artikel: Mikroverunreinigungen
Autor: Siegrist, Hansruedi / Blazevic, Lada
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-108586>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>





Text Hansruedi Siegrist, Fotos Lada Blazevic

Mikroverunreinigungen

In unseren Gewässern werden immer mehr Arzneimittel und hormonaktive Stoffe nachgewiesen, die mehrheitlich über menschliche Ausscheidungen ins Abwasser gelangt sind. In den bestehenden Kläranlagen wird nur ein Teil dieser Stoffe eliminiert, sodass sie in bedeutenden Mengen in die Vorfluter gelangen. Neue verfahrenstechnische Massnahmen können die verbleibenden kritischen Stoffe kurzfristig eliminieren, langfristig sind nachhaltige Massnahmen an der Quelle der Verunreinigungen erfolgversprechend.

1-4

Stillgelegte Kläranlage der Stadt Zürich an der Glatt in Opfikon.
Bilder 1 und 4: Nachklärbecken mit Zackenüberlauf.
Bilder 2 und 3: Belüftungsbecken System von Roll

Heute sind in der EU etwa 100 000 verschiedene Chemikalien gemeldet, von denen rund 30 000 in einer Menge von mehr als einer Tonne pro Jahr auf dem Markt vertrieben werden.¹ Es ist unvermeidlich, dass bei der Herstellung und der Entsorgung sowie beim Gebrauch dieser Stoffe auch Anteile in die Umwelt gelangen.

Durch die sich ständig verbessernde chemische Analytik findet man in den Gewässern, im Abwasser und im Klärschlamm vermehrt chemische Verbindungen in sehr niedrigen Konzentrationsbereichen (Mikro- und Nanogramm pro Liter), die als Mikroverunreinigungen bezeichnet werden. Dazu gehören so bekannte Vertreter wie das Pestizid Atrazin, der Kunststoffzusatz Bisphenol A und das Benzinantiklopfmittel Methyl-Tertiär-Butyl-Methyläther. Erst seit einigen Jahren ist bekannt, dass sich darunter auch Substanzen befinden, die beispielsweise in Körperpflege- und Arzneimitteln eingesetzt werden. In der EU werden gegenwärtig etwa 3300 verschiedene Stoffe als Arzneimittel verwendet. Mengenmässig bedeutsam sind unter anderen Wirkstoffe, die als Analgetika, Antibiotika, Antidiabetika,



Betablocker, Kontrazeptiva, Lipidsenker, Psychopharmaka oder Zytostatika eingesetzt werden.

Arzneimittelrückstände im Wasser

Arzneimittel gelangen in der Regel über die natürlichen Ausscheidungen in das Abwassersystem. Ein nicht zu vernachlässigender Anteil der im Abwasser enthaltenen Arzneimittel wird auch durch unsachgemässe Entsorgung über die Toilette eingetragen. Eine deutsche Studie² untersuchte das Vorkommen von 55 Arzneimittelwirkstoffen und 9 Metaboliten (Stoffwechselprodukten) im Ablauf von 49 Kläranlagen sowie in den jeweiligen Vorflutern. Dabei konnten in den Kläranlagenabläufen 36 Wirkstoffe und 5 Metaboliten in Konzentrationen bis zu mehreren µg/l nachgewiesen werden. In den Vorflutern wurden noch Spitzenkonzentrationen von über 1 µg/l (z. B. Betablocker und Antiepileptika) gemessen.

Darüber hinaus machen in den letzten Jahren neuartige Umwelteffekte wie die Verweiblichung von Fischen von sich reden. Sie werden zum Teil auf den chronischen Eintrag hormonaktiver (endokriner) Substanzen zurückgeführt. Dazu gehören neben den körpereigenen Hormonen, die mit dem Urin ausgeschieden werden, auch diejenigen Arzneimittel, die aufgrund ihrer hormonellen Wirkung eingesetzt werden wie beispielsweise die Kontrazeptiva und Antidiabetika. Einigen anderen Arzneimittelwirkstoffen, wie β-Sitosterol zur Senkung des Cholesterinspiegels und dem in Asthmamitteln enthaltenen Clenbuterol, wird zusätzlich zu ihrer nichthormonellen Hauptwirkung eine hormonelle Nebenwirkung zugeschrieben. Für die meisten Arzneimittel sind jedoch keine endokrinen Wirkungen bekannt, was aber auch daran liegen mag, dass sie bisher nicht auf etwaige hormonelle Wirkungen getestet wurden. Es ist daher nicht ausgeschlossen, dass die Gruppe der Arzneimittelwirkstoffe mit ungewollten hormonellen Nebenwirkungen viel grösser ist als angenommen. Leider weiss man bis anhin nur wenig darüber, wie sich Arzneimittelrückstände beim Durchlaufen des Abwassers in der Kläranlage verhalten und durch welche Prozesse sie aus dem Abwasser eliminiert werden. Solche Daten wären jedoch einerseits für eine umfassendere Umweltrisikoausschätzung unerlässlich, andererseits liefern sie die Grundlage für die Erarbeitung von Massnahmen zur Verbesserung der biologischen und der chemischen Abbauleistung in Kläranlagen.

Eliminationsprozesse in kommunalen Kläranlagen

Ob Spurenstoffe in einer Kläranlage eliminiert werden, hängt wesentlich vom Ausbaustand der biologischen Reinigungsstufe ab. In den letzten 40 Jahren hat sich die biologische Abwasserreinigung schrittweise an die sich verschärfenden Abwassereinleitbedingungen angepasst, wie die Entwicklung des meistens eingesetzten Belebtschlammverfahrens in Grafik 1 zeigt. Die wichtigsten Eliminationsprozesse sind:

- Die Sorption an suspendierte Feststoffe im Abwasser, die sich im Vor- bzw. Nachklärbecken als Primär- und Sekundärklärschlamm absetzen
- Der Abbau von Substanzen durch Bakterien im Belebtschlamm, der als biologische Mineralisation bzw. Transformation bezeichnet wird

- Das Ausgasen mit der Belüftungsluft, wobei dieser Prozess für die betrachteten Spurenstoffe vernachlässigbar ist, da es sich meist um grössere Moleküle mit geringer Flüchtigkeit handelt.

Elimination durch Sorption

Bei der Sorption von organischen Spurenstoffen unterscheidet man

- die Absorption durch Wechselwirkungen der chemischen Verbindungen mit der Zellmembran der Mikroorganismen und den Fettfraktionen des Schlammes
- die Adsorption aufgrund der elektrostatischen Wechselwirkungen von positiv geladenen Gruppen der Chemikalien mit den negativ geladenen Oberflächen der Mikroorganismen.

Die in der Kläranlage sorbierte Menge einer Substanz kann durch ein vereinfachtes lineares Modell beschrieben werden. Sie hängt von der Konzentration suspendierter Stoffe, an die sich die Substanz anheften kann, von dem Anteil der Substanz, der in gelöster Form vorliegt, und von der Sorptionskonstanten ab.

Eine Substanz, die relativ gut an suspendierte Feststoffe sorbiert, ist das Antibiotikum Norfloxacin^{3,4} (Grafik 2). Die Sorption beruht grösstenteils auf elektrostatischen Wechselwirkungen zwischen der positiv geladenen Aminogruppe von Norfloxacin und den negativ geladenen Oberflächen der Mikroorganismen. In einer Studie, die in der Kläranlage Zürich Werdhölzli durchgeführt wurde, konnte die Eawag nachweisen, dass bis zu 80% des Norfloxacin an den Sekundärschlamm sorbieren.⁴ Der Grund dafür ist, dass im Nachklärbecken die Mikroorganismen den überwiegenden Anteil der suspendierten Partikel stellen. Im Vorklärbecken dagegen sorbieren nur etwa 20% des Norfloxacin an den Primärschlamm, weil dieser trotz gleicher Feststoffkonzentration wesentlich weniger Mikroorganismen, dafür aber eine grosse Fettfraktion enthält. Bei anderen Substanzen, beispielsweise dem entzündungshemmenden Diclofenac (Wirkstoff von Voltaren) und Stoffen, die wie das Ethinylestradiol zur Gruppe der Östrogene gehören, ist der Anteil, der sorbiert wird, wesentlich kleiner (Grafik 2). Bei diesen Stoffen überwiegen die hydrophoben Wechselwirkungen. Der Klärschlamm ist ein wichtiger Indikator, um die anthropogene Belastung des Abwassers durch Problemstoffe zu dokumentieren. Deshalb ist es wichtig, die Qualitätskontrolle auch nach dem landwirtschaftlichen Klärschlammverbot beizubehalten.

Biologischer Abbau

Da die diskutierten Spurenstoffe meist nur in Konzentrationen von 10^{-5} – 10^{-9} g / l im Abwasser vorkommen, ist ein biologischer Abbau nur möglich, wenn den Bakterien ein primäres Substrat zur Verfügung steht. Beim biologischen Abbau der Spurenstoffe unterscheidet man

- das Mischsubstratwachstum, bei dem die Bakterien den Spurenstoff als Kohlenstoff- und Energiequelle verwenden und dabei vollständig mineralisieren
- den Kometabolismus, bei dem die Bakterien den Spurenstoff nur teilweise abbauen bzw. umwandeln und nicht als Kohlenstoffquelle nutzen.

Die Transformation bzw. der Abbau einer Substanz kann unter aeroben und/oder anaeroben Bedingungen ge-

schehen. Er ergibt sich durch die zufällige Affinität eines Spurenstoffs mit den bakteriellen Enzymen im Belebtschlamm. Dabei wird mit steigendem Schlammalter auch die Chance eines Abbaus grösser (Grafik 3). Der Grund dafür ist, dass die bakterielle Lebensgemeinschaft vielfältiger wird, weil auch langsamer wachsende Bakterien in den Belebtschlamm einwachsen können. Dies zeigt sich beispielsweise bei Diclofenac und dem Kontrazeptivum 17 β -Ethinylestradiol. Ein signifikanter Abbau der beiden Substanzen ist erst zu verzeichnen, wenn der Belebtschlamm im aeroben Teil der Anlage etwa 8 Tage alt ist. Bei steigendem Schlammalter konkurrenzieren die Bakterien um komplexere, schlechter abbaubare Verbindungen. In Gegenwart von leicht abbaubarem Substrat oder bei starken temporären Substratbelastungen kann der Abbau der Spurenstoffe jedoch trotz hohem Schlammalter beeinträchtigt werden.

Massnahmen an der Quelle

Viele Arzneimittelwirkstoffe oder ihre ausgeschiedenen Abbauprodukte stellen allerdings polare Substanzen dar, die kaum oder gar nicht biologisch abbaubar sind und ebenso wenig an Partikel sorbieren. Beim Durchlaufen der Kläranlage werden sie nur unbedeutend eliminiert und gelangen mit dem Kläranlagenabfluss in die Gewässer. Dieses Problem kann nur mit Massnahmen an der Quelle nachhaltig gelöst werden.

Umweltlabel für Arzneimittel

Ein Medikament wird kaum verboten, weil es in der Umwelt biologisch nicht abbaubar ist. In Schweden wird jedoch unter Mithilfe der chemischen Industrie ein Umweltlabel eingeführt, das dem Arzt und dem Patienten ermöglicht, beim Vorhandensein ähnlich wirkender Medikamente das umweltfreundlichste für eine Behandlung auszuwählen.⁵

Verbesserung der Umweltbeurteilung

Bis anhin basierte die ökotoxikologische Beurteilung einer chemischen Verbindung meist auf der Bestimmung der akuten oder chronischen Toxizität in Umweltsystemen. Substanzen jedoch, die aufgrund ihrer hormonellen Wirkung eingesetzt werden, sowie Substanzen, die im Verdacht stehen, zusätzlich zu ihrer Hauptwirkung eine hormonelle Nebenwirkung auszuüben, müssen eine besondere Beachtung finden.⁶ Es sollte berücksichtigt werden, dass hormonaktive Substanzen bereits bei geringsten Konzentrationen wirksam sein können. Weiter sollten bei der Abschätzung der Konzentrationen im Gewässer das Verhalten der Stoffe in der Kläranlage sowie der saisonal schwankende Verbrauch der Arzneistoffe mit einkalkuliert werden, was nicht immer einfach ist.

Vorbehandlung von Spitalabwässern

Spitalabwässer sind meist stark mit Medikamenten kontaminiert. Zudem scheint gerade in Spitalabwässern das Risiko der Resistenzbildung bei Bakterien gegeben, weil sich darin auch beträchtliche Antibiotikamengen finden.⁷ Für diese These spricht, dass in Spitalabwässern deutlich mehr antibiotikaresistente Bakterien vor-

kommen als in häuslichen Abwässern. Eine Vorbehandlung von Spitalabwässern, beispielsweise mit Membranverfahren zur Abtrennung der Keime und Ozonierung des Ablaufs zur Oxidation der gelösten, persistenten Arzneimittel, ist daher zu erwägen.

Urinseparierung

Da Arzneimittel und Hormone zum grössten Teil über den Urin ausgeschieden werden, würde eine Separierung und separate Behandlung des Urins die Medikamentenbelastung des Abwassers stark reduzieren.

Versickerung von Meteorwasser

Eine getrennte Ableitung und Versickerung des Meteorwassers reduziert sowohl die Schwermetallbelastung als auch die Fracht an organischen Schadstoffen im Abwasser und Klärschlamm.

Weitergehende Massnahmen

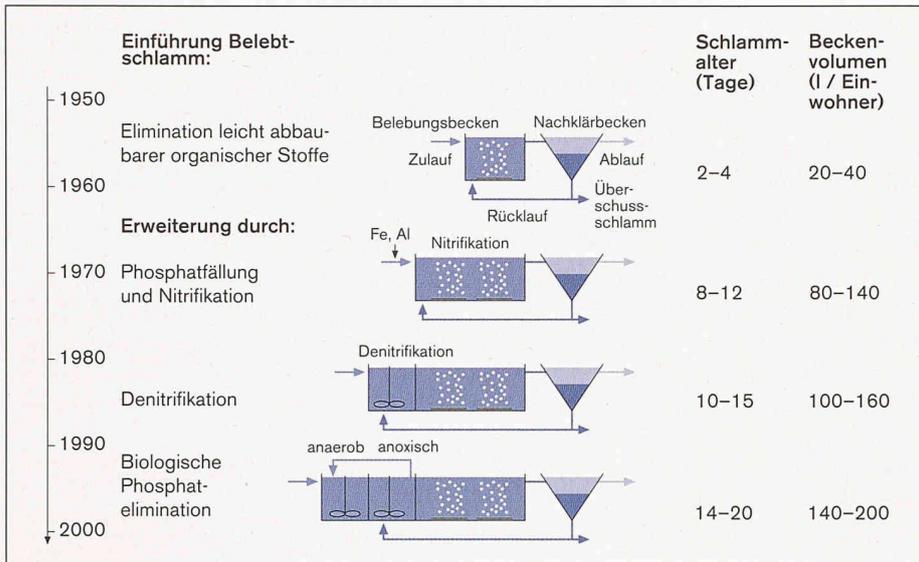
Da die Einführung der beschriebenen Massnahmen an der Quelle sehr zeitaufwändig ist und sicherlich einige Dekaden benötigt, ist es kurzfristig sinnvoll, weitergehende chemische oder physikalische Verfahren zur Abwasserbehandlung zu entwickeln. Diese technischen Massnahmen dürfen die Massnahmen an der Quelle jedoch nicht ersetzen.

Schlammalter erhöhen

Organische Spurenstoffe werden deutlich besser abgebaut, wenn das Schlammalter des Belebtschlammes etwa acht Tage oder mehr beträgt (Grafik 3). Doch noch längst nicht alle Kläranlagen in der Schweiz und der EU erfüllen diese Anforderungen. Ein Ausbau der mittleren und grösseren Kläranlagen auf ein totales Schlammalter von 10–15 Tagen – Nitrifikation kombiniert mit Denitrifikation, siehe Grafik 1 – ist daher sinnvoll. Dies hätte den weiteren Vorteil, dass Stickstoff effizient eliminiert würde, sodass gleichzeitig die Forderung der EU nach einer 70- bis 80-prozentiger Stickstoffelimination für Kläranlagen im Einzugsgebiet von sensitiven Gewässern wie dem Rhein erfüllt werden könnte. Würden die Anlagen ausserdem noch mit einer vorgeschalteten anaeroben Zone zur biologischen Phosphorelimination erweitert (siehe Grafik 1), ergäbe sich die Möglichkeit einer separaten Teilrückgewinnung des Phosphats durch Rücklösung von Polyphosphat aus dem Überschussschlamm, kombiniert mit chemischer Fällung. Dies ist eine Technologie, die heute noch wenig gross-technisch erprobt ist, in Holland jedoch zusammen mit der Phosphat-industrie gefördert wird. Dies würde das Recycling von Phosphor teilweise wieder ermöglichen, welches durch das Verbot der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung unterbrochen wurde.⁸

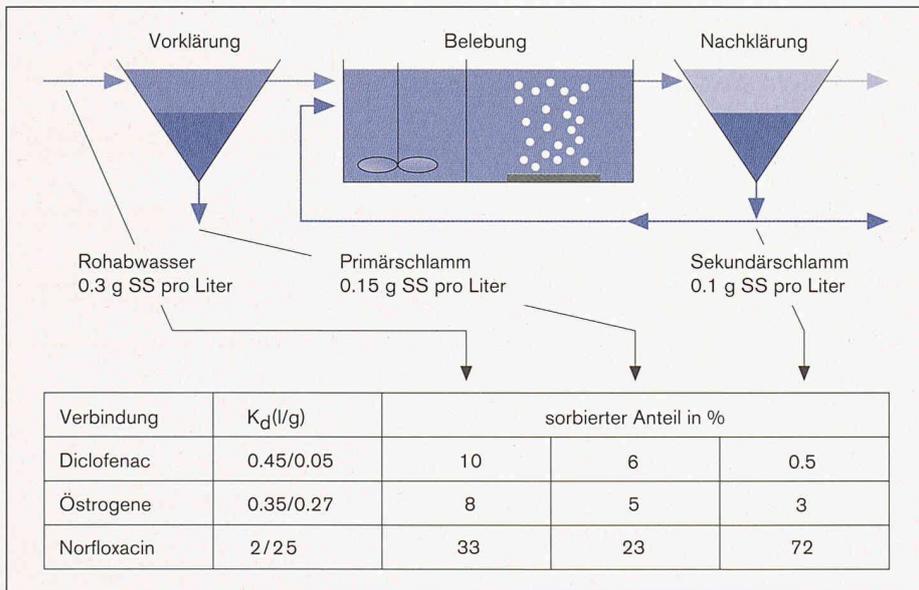
Ozonierung des biologisch geklärten Ablaufs

Bei ökotoxikologischen Bedenken (ungenügende Verdünnung der Abwässer im Vorfluter, starke Vorbelastung und Empfindlichkeit des Gewässers und direkte Infiltration des Abwassers in den Untergrund) ist eine Ozonierung des biologisch gereinigten Abwassers vor dem Kläranlagenablauf zu erwägen. Nach Behandlung



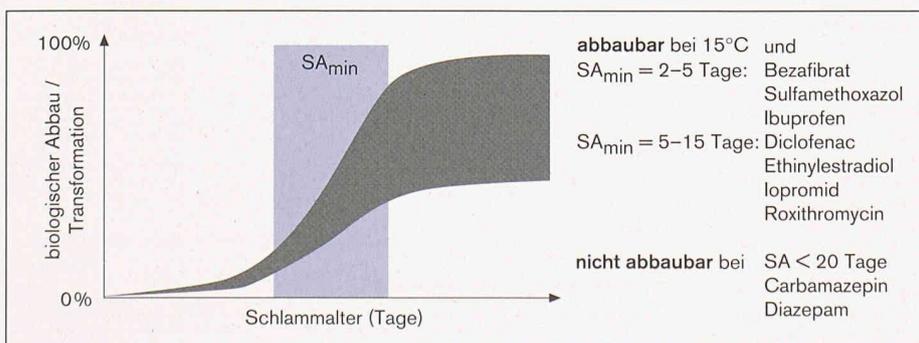
Grafik 1

Geschichtliche Entwicklung des Belebtschlammverfahrens – siehe auch Kasten (Bilder: Eawag)



Grafik 2

Sorptionskonstante und sorbierter Anteil ausgewählter Verbindungen an die suspendierten Stoffe (SS) im Zulauf sowie im Primär- und Sekundärschlamm.^{3,4} In der Spalte K_d gilt der erste Wert für Primärschlamm, der zweite Wert für Sekundärschlamm



Grafik 3

Der biologische Abbau bzw. die Transformation von Spurenstoffen (grauer Bereich) ist abhängig vom Schlammalter (SA) des Belebtschlammes³

Zu den Grafiken 1-3 auf dieser Seite

Im Laufe der Zeit ist es gelungen, mehrere Prozesse in das Belebtschlammverfahren zu integrieren (Grafik 1): Anfänglich wurden Kläranlagen nur für den Abbau von organischen Stoffen ausgelegt. Um die Phosphatbelastung der Seen zu reduzieren, wird das Phosphat seit Ende der 1960er-Jahre mittels chemischer Fällung entfernt. Der mehrheitlich aus dem Urin stammende Stickstoff führte Ende der 1970er-Jahre im Einzugsgebiet von Flüssen zur Einführung der Nitrifikation, bei der das für Fische toxische Ammoniak in das weniger bedenkliche Nitrat umgewandelt wird. Durch Nitrat ist jedoch die Gefahr einer Stickstoffüberdüngung der Meeresküstengewässer gegeben. Daher wird die Nitrifikation seit Mitte der 1980er-Jahre meist mit einer partiellen Denitrifikation ergänzt, bei der Nitrat in molekularen Stickstoff umgewandelt wird. In den 1990er-Jahren wurde die biologische Phosphatelimination durch Vorschalten einer anaeroben Zone eingeführt. Dadurch reichern sich im Schlamm Polyphosphat speichernde Bakterien an.

Zu den Fotos 1-4 auf den Seiten 6-8

(ar) Am 14. September 2001 wurde die Gesamtanlage «Sanierung der Abwasserverhältnisse in Zürich Nord» nach fast 7-jähriger Bauzeit eingeweiht (das Projekt ist in SI+A 33/34, 1997, SI+A 36, 1999, und tec21 35, 2001, ausführlich beschrieben). Mit diesem bis anhin grössten Einzelbauwerk der Stadt Zürich wird das Abwasser aus dem boomenden Norden der Stadt durch einen rund fünf Kilometer langen Stollen in das erweiterte Klärwerk Werdhölzli im Limmattal übergeleitet. Vorher wurde das Abwasser aus Zürich Nord getrennt vom Abwasser der restlichen Stadtgebiete in der Anfang der 1960er-Jahre erbauten und in den 1970er-Jahren für 240 000 Einwohnergleichwerte erweiterten Kläranlage an der Glatt in Opfikon-Glattbrugg gereinigt. Nach erfolgreichem halbjährigem Probebetrieb wurde der Überleitungsstollen Ende 2002 definitiv in Betrieb genommen und der biologische Teil der Kläranlage an der Glatt stillgelegt. Seitdem sind die entleerten Becken und Kanäle der Wiederbesiedlung durch Algen und Amphibien überlassen, da noch keine Konzepte für die zukünftige Verwendung des Areals vorliegen. Die Bilder halten die eigentümliche Stimmung dieser speziellen Industriebranche am Stadtrand fest.

mit 5–10 g Ozon pro m³ Abwasser sind Arzneimittel in der Regel nicht mehr nachweisbar.⁹ Lediglich die aus Spitalabwässern stammenden iodierten Röntgenkontrastmittel können nicht vollständig oxidiert werden. Die Wirksamkeit des Ozons ist abhängig von der Hintergrundbelastung des Abwassers mit gelösten organischen Kohlenstoffverbindungen und den chemischen Eigenschaften der verbliebenen Substanzen.¹⁰ Bei den in der Schweiz vorkommenden tiefen Hintergrundbelastungen genügt meist eine Ozonkonzentration von 5 g/m³. Dabei ist mit einem Preis von einigen Rappen pro m³ Abwasser zu rechnen, der Energieaufwand liegt jedoch bei etwa 0.1 kWh/m³, was im Vergleich zum gesamten Energieverbrauch einer Anlage bedeutend ist. Daher ist die Anwendung des Verfahrens auf kritische Fälle begrenzt. Vor einer grosstechnischen Anwendung ist in jedem Fall das Schicksal der bei der Ozonierung entstehenden Metaboliten zu untersuchen. Noch weitergehende Verfahren wie Nanofiltration und Aktivkohleadsorption sind zu teuer und nur interessant, wenn das Abwasser zur Grundwasseranreicherung oder direkt als Trinkwasser wiederverwendet wird.

Kurzfristig werden sicherlich bei umweltkritischen Bedingungen Massnahmen in der Kläranlage schneller zu einem Erfolg führen. Längerfristig sind jedoch die nachhaltigen Massnahmen an der Quelle zu bevorzugen.

Hansruedi Siegrist, Prof. Dr., dipl. Umwelting. ETH, Abteilungsleiter Ingenieurwissenschaften EAWAG Dübendorf, Überlandstrasse 133, 8600 Dübendorf, hansruedi.siegrist@eawag.ch

Gekürzte Fassung des Artikels «Mikroverunreinigungen – Abwasserentsorgung vor neuen Anforderungen», in EAWAG news 57, 2003.

Literatur

- Giger W.: Umgang mit Risikofaktoren. EAWAG news 53, 2002, S. 3–5.
- Ternes T.: Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers. Water Research 32, 1998, S. 3245–3260.
- EU-Projekt Poseidon: Periodic Reports 2002 / 2003. www.eu-POSEIDON.com.
- Golet E., Xifra I., Siegrist H., Alder A., Diger W.: Environmental exposure assessment of fluoroquinolone antibacterial agents from sewage to soil. Environmental Science & Technology 37, 2003, S. 3243–3249.
- Wennmalm A.: A proposed environmental classification system for medicinal products. Envirpharma conference, Lyon, France, 2003.
- Knacker T.: Preliminary Environmental risk assessment for pharmaceuticals and personal care products (PPCPs). Envirpharma conference, Lyon, France, 2003.
- Giger W., Alder A., Golet E., Kohler H., McArdell C., Molnar E., Pham Thi N., Siegrist H.: Antibiotikaspuren auf dem Weg von Spital- und Gemeindeabwasser in die Fliessgewässer: Umweltanalytische Untersuchungen über Einträge und Verhalten. Tutzing Symposium, Deutschland, 2003.
- Roeleveld P., Loeffen P., Temmink H., Klapwijk B.: Dutch analysis for P-recovery from municipal wastewater. Proceedings of the international conference: Biosolids 2003 – Wastewater as a resource, Trondheim, Norway, 2003, S. 263–270.
- Ternes T., Stüber J., Herrmann N., McDowell D., Ried A., Kampmann M., Teiser B.: Ozonation: a tool for removal of pharmaceuticals, contrast media and musk fragrances from wastewater? Water Research 37, 2003, S. 1976–1982.
- Huber M., Canonica S., Park G., von Gunten U.: Oxidation of pharmaceuticals during ozonation and advanced oxidation processes. Environmental Science & Technology 37, 2002, S. 1016–1024.

AUSSCHREIBUNGEN

stadt lenzburg

Dreifachturnhalle Angelrain, Lenzburg Ausschreibung für Gesamtplanerleistungen, Studienauftrag im selektiven Verfahren

1. Auftraggeberin / Veransterlerin

Einwohnergemeinde der Stadt Lenzburg vertreten durch das Stadtbauamt Lenzburg, Kronenplatz 24, 5600 Lenzburg.

2. Beschaffungsobjekt

Neubau Dreifachturnhalle Angelrain in Lenzburg.

3. Vergabeverfahren

Offen ausgeschriebener, zweistufiger Studienauftrag. Die Ausschreibung wird gemäss Art. 12 Abs. 1 lit. B der Interkantonalen Vereinbarung über das öffentliche Beschaffungswesen (IvöB) und dem Submissionsdekret (SubmD) des Kantons Aargau sowie dem GATT/WTO-Übereinkommen durchgeführt. Die Verfahrenssprache ist Deutsch.

1. Stufe als erfahrungsorientierte Selektion von sechs Teams. Davon können zwei junge Teams ausgewählt werden, wobei die Architekten (Gesamtleiter) max. 35-jährig sein dürfen (Jahrgang 1970 und jünger). Das Beurteilungsgremium behält sich vor, bei gleich geeigneten Planerteams die Auswahl aufgrund eines Losentscheids zu fällen.

In der 2. Stufe erfolgt der Studienauftrag an die selektionierten Planerteams. Der Studienauftrag wird anonym durchgeführt.

4. Aufgabe

Gesamtplanerleistung für den Neubau einer Dreifachturnhalle nach den Normalien für den Schulsportbau mit den dazugehörigen Garderobe-, Neben- und Geräteräumen sowie zwei Aussensportplätzen.

5. Teilnahmeberechtigt

Teilnahmeberechtigt sind Planerteams mit Sitz in der Schweiz oder einem Vertragsstaat des GATT/WTO-Übereinkommens über das öffentliche Beschaffungswesen, soweit dieser Staat Gegenrecht gewährt. Die teilnehmenden Planerteams haben sich als Gesamtplaner folgendermassen zusammenzusetzen: Architekt (als Gesamtleiter), Landschaftsarchitekt, Bauingenieur, Elektroingenieur, HLKK-Ingenieur und Sanitäringenieur. Die Bewerber müssen in der 1. Stufe das vollständige Gesamtplanerteam angeben. Doppel- und Mehrfachbewerbungen von einzelnen Teammitgliedern sind mit Ausnahme des Architekten zugelassen.

6. Eignungskriterien

Die Selektion der Planerteams für den Studienauftrag erfolgt aufgrund der Selbstdeklaration und der Referenzen bezüglich des Nachweises der fachlichen und organisatorischen Eignung für die gestellten Aufgaben.

Die Beurteilung erfolgt durch das Beurteilungsgremium gemäss den nachfolgend aufgeführten Beurteilungskriterien und Gewichtungen:

Architekt (Gesamtkoordinator)	Gewichtung	60%
– Firmenqualifikation, Erfahrung über Planung und Ausführung von Objekten mit vergleichbarer Komplexität und Aufgabenstellung, städtebauliche und architektonische Qualität der Referenzobjekte, personelle Zusammensetzung bzw. vorhandene Kapazität.		

Landschaftsarchitekt	Gewichtung	20%
– Firmenqualifikation, Erfahrung über Planung und Ausführung von Objekten mit vergleichbarer Komplexität und Aufgabenstellung, Qualität der Referenzobjekte, personelle Zusammensetzung bzw. vorhandene Kapazität.		

Bauingenieur	Gewichtung	10%
– Firmenqualifikation, Erfahrung über Planung und Ausführung von Objekten mit vergleichbarer Komplexität und Aufgabenstellung, Qualität der Referenzobjekte, personelle Zusammensetzung bzw. vorhandene Kapazität.		

HLKK-Ingenieur	Gewichtung	10%
– Firmenqualifikation, Erfahrung über Planung und Ausführung von Objekten mit vergleichbarer Komplexität und Aufgabenstellung, Qualität der Referenzobjekte, personelle Zusammensetzung bzw. vorhandene Kapazität.		

Der Elektroingenieur und der Sanitäringenieur sind ebenfalls Teil des Planerteams und müssen die erforderlichen Unterlagen auch einreichen.

7. Beurteilung

Das Beurteilungsgremium für die 1. und 2. Stufe setzt sich zusammen aus:

Vorsitz:	Hans Huber, Stadtrat, Bauvorsteher
Vertreter der Veranstalterin:	Tim Schärer, Schulleiter
	René Jeanrichard, Schulpflege
	Richard Buchmüller, Leiter Stadtbauamt
Fachpersonen:	Peter Frei, Dipl. Arch. ETH/SIA/BSA
	Hans Rohr, Arch. SIA/BSA
	Christoph Burger, Landschaftsarchitekt Ing. grad./BSLA

8. Entschädigung

Für die Präqualifikation der 1. Stufe werden keine Entschädigungen entrichtet. Für die 2. Stufe wird allen beauftragten Teilnehmerteams, die termingerecht eine vollständige und eine den gestellten Anforderungen entsprechende Studie abliefern, eine feste Entschädigung von je CHF 12'000.– (inkl. Mehrwertsteuer) ausgerichtet. Die Studien gehen ins Eigentum der Veranstalterin über.

9. Weiterbearbeitung

Die Veranstalterin beabsichtigt, vorbehaltlich der Projekt- und Kreditgenehmigung durch den Souverän, das vom Beurteilungsgremium empfohlene Team mit der Weiterbearbeitung der Baudienstleistung zu beauftragen. Die Veranstalterin behält sich vor, die örtliche Bauleitung an einen Dritten zu vergeben.

10. Teilnahmeanforderungen

Die teilnehmenden Gesamtplanerteams haben folgende Unterlagen und Dokumente einzureichen:

- | | |
|------------------------------|---|
| 1. Stufe (Präqualifikation): | Angaben zu Firmen und Referenzen |
| 2. Stufe (Studienauftrag): | Gemäss Angaben in den Ausschreibungsunterlagen für die 2. Stufe |

11. Terminübersicht

Termine zum Ausschreibungsverfahren	
– Publikation der Ausschreibung	am 25. Mai 2005
– Wettbewerbsunterlagen 1. Stufe im Internet bereit	ab 10. Juni 2005
– Einreichen der Wettbewerbsunterlagen 1. Stufe	bis 22. Juli 2005
– Bekanntgabe der Selektion und Abgabe der Wettbewerbsunterlagen 2. Stufe	am 12. August 2005
– Einreichen von Teilnehmerfragen	bis 9. September 2005
– Beantwortung der Fragen	bis 19. September 2005
– Einreichen der Wettbewerbsunterlagen 2. Stufe	bis 18. November 2005
– Beurteilung	am 1. Dezember 2005
– Entscheid durch Veranstalterin	bis 16. Dezember 2005
Voraussichtliche Termine für Planung und Realisierung	
– Projektierungs-/ Planungsbeginn	ab Mitte Dezember 2005
– Baubeginn	Ende Juli 2006
– Inbetriebnahme	Ende Juli 2007

12. Bezug der Bewerbungsunterlagen

Die Wettbewerbsunterlagen für die 1. Stufe sind ab 10. Juni 2005 im Internet abrufbereit unter: www.lenzburg.ch/deutsch/projekte

13. Einreichung der Bewerbung / Eingabeadresse

Die Bewerbungsunterlagen für die 1. Stufe sind bis spätestens 22. Juli, 16.00 Uhr, in Papierform bei Stadt Lenzburg, Stadtbauamt, Kronenplatz 24, 5600 Lenzburg einzureichen. Das Eingabekuvert ist mit der Aufschrift «Studienauftrag Dreifachturnhalle Angelrain, Lenzburg» und dem Absender zu versehen.

14. Rechtsmittelbelehrung

Gegen diese Ausschreibung kann innert 10 Tagen von der Publikation im Amtsblatt des Kantons Aargau an gerechnet, beim Verwaltungsgericht des Kantons Aargau, Obere Vorstadt 40, 5000 Aarau, schriftlich Beschwerde eingereicht werden. Die Beschwerde ist im Doppel einzureichen; sie muss einen Antrag und dessen Begründung enthalten. Die angerufenen Beweismittel sind genau zu bezeichnen und, soweit möglich, beizulegen.

Das letzte Wärmeleck in der Gebäudehülle

Der Wärmeschutz im Hochbau wurde in den letzten zwanzig Jahren gewaltig verbessert – sowohl dank technischer Innovation als auch mittels strengerer Vorschriften. Bis heute weisen die meisten Gebäude aber ein grosses Wärmeleck auf: die Abwasserleitung. In einem herkömmlichen Neubau werden 10–15 % der eingesetzten Primärenergie für Heizung und Warmwasser über das Abwasser wieder ausser Haus geführt – in einem Niedrigenergiehaus sind dies bis zu 25 %. Hochgerechnet über die ganze Schweiz ergibt dies eine Energiemenge, die ausreichen würde, um mehrere hunderttausend Gebäude zu beheizen.

Gemessen an den grossen Anstrengungen in den Bereichen Wärmedämmung, Verglasung, Wärmebrücken und Luftwechsel zur Reduktion der Wärmeverluste mutet es seltsam an, wie wenig Aufmerksamkeit dem «Wärmeleck Abwasserleitung» zuteil wird. Dabei ist sonnenklar: Wenn wir den Wärmeschutz am Gebäude konsequent zu Ende führen wollen, müssen wir dieses Energieloch stopfen.

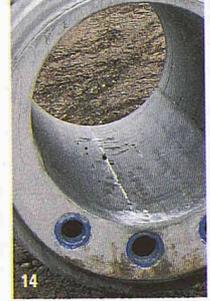
Notwendig ist eine Doppelstrategie, die beim Energiebedarf und bei den Energieverlusten des Warmwassersystems ansetzt: Mit effizienten Geräten und Armaturen kann der Energiebedarf für die Wassererwärmung um bis zu 10 % gesenkt werden. Als Konsequenz sinken auch die Wärmeverluste über die Abwasserleitung. Ein weitaus grösseres Potenzial liegt aber bei der Energierückgewinnung (WRG) aus dem Abwasser.

Anstrengungen zur Abwasserwärmenutzung werden in der Schweiz seit Jahren unternommen – ein Durchbruch wurde indes nie erreicht. Der Hauptgrund liegt darin, dass weder Anreize noch Vorschriften bestehen, wie dies beispielsweise für die Energierückgewinnung bei der Wohnungslüftung (Minergie-Standard) oder bei Klimaanlage (Energiegesetz) gilt. Der Markt bietet wohl Systeme für Wärmerückgewinnung aus Abwasser in Gebäuden an. Solche Anlagen lohnen sich aber nur für Spezialfälle mit kontinuierlichem Abwasseranfall (etwa bei Hallenbädern).

Technisch und ökonomisch gesehen ist die Energierückgewinnung aus Abwasser erst interessant bei grossen Abwassermengen, wie sie beispielsweise in Abwassersammelnkanälen oder im Auslauf von Kläranlagen auftreten. Dies bedeutet, dass das Problem «Wärmeleck Abwasserleitung» über den Perimeter der Gebäudehülle hinaus in einem grösseren Kontext angegangen werden muss. Die Verantwortung für die Energierückgewinnung aus Abwasser wird dadurch zur kollektiven Angelegenheit – vergleichbar mit der Aufgabe der Abwasserreinigung oder der Grüngutverwertung.

Was heisst das konkret? Soll der Staat etwa Abwasser-WRG-Anlagen bauen und dafür womöglich Gebühren erheben? Das ist nicht nötig. Es finden sich private Investoren, die bereit sind, Abwasserenergieanlagen zu finanzieren und zu betreiben, weil solche Anlagen schon heute an der Schwelle der Wirtschaftlichkeit stehen und die ökonomischen Perspektiven für erneuerbare Energien gut sind. Was es von Seiten des Gemeinwesens braucht, ist ein konsequentes Engagement und ein systematisches Vorgehen in der Sache. Die Handlungsmöglichkeiten der Kantone und Gemeinden zur Förderung der Energierückgewinnung aus Abwasser sind dabei breit, wie der Artikel auf Seite 14 zeigt.

Felix Schmid, Energieingenieur NDS-FH, Energie Schweiz für Infrastrukturanlagen, schmid@infrastrukturanlagen.ch



4 Intelligente Wassernutzung

| Johannes Heeb, Philippe Wyss, Matthias Zimmermann | Fünf Massnahmen werden vorgestellt, dank denen Wasser, Energie und letztlich auch Kosten gespart werden können.

6 Mikroverunreinigungen

| Hansruedi Siegrist | Hormonaktive Stoffe im Abwasser gefährden die Qualität der Gewässer. Abhilfe sollen neue Reinigungsverfahren und Massnahmen an der Quelle schaffen.

14 Heizen mit Abwasser

| Beat Kobel | In der Nutzung der Abwasserwärme liegt die Schweiz europaweit an der Spitze. Was kann diese Technologie, und wo ist sie einsetzbar?

18 Wettbewerbe

| Neue Ausschreibungen und Preise | Schnellgutareal Wylerfeld, Bern | Kalksandstein-Architekturpreis 2005 | Umfahrung Laufen / Zwingen |

22 Magazin

| Publikation: Heizen und Kühlen mit Abwasser | Badener Stadtwald ausgezeichnet | Durch Ultraschall mehr Biogas | Fraunhofer Energieverbund | Architektur: EU-Richtlinie zu Berufsqualifikationen | «Homo urbanis» im Aufschwung | Basler Hafengebiet St. Johann an Novartis |

26 Aus dem SIA

| Direktion: FH-Absolventen im SIA, Fachvereine und Titel | Publikation: « Fassaden Atlas » | Das Nationalstrassennetz – eine wertvolle Investition | Qualitätskontrolle von Zement |

30 Produkte

| Bayer Sheet Europe: Vorhang auf! | Wogg: In der Höhe flexibel | Messerli: Elite CAD | Lining Tech: Rostwasser | Bauwerk: Guter Allrounder |

38 Veranstaltungen