

DIE PROBLEMATIK DER ABWASSERREINIGUNG HINSICHTLICH DER PHARMAZEUTISCHEN SUBSTANZEN

THE PROBLEM OF WASTEWATER CLEANING WITH REGARD TO PHARMACEUTICAL SUBSTANCES

CSÖSZ László

(ORCID: 0000-0003-1662-5139)

csosz.laszlo@uni-nke.hu

Abstrakt

Im Interesse einer nachhaltigen Wasserwirtschaft wird immer mehr auf die Qualität der Oberflächengewässer geachtet. Eine große Herausforderung bedeutet die Wasserqualität zu erhalten, diese entsprechend zu schützen und die verunreinigten Gewässer zu reinigen. Herkömmliche Abwasserbehandlungsverfahren sind nicht geeignet, jegliche Verunreinigungen zu entfernen, die in einer Reinigungsanlage im Abwasser gefunden werden können. Pharmazeutische Substanzen sind zunehmend auch im gereinigten Abwasser aufzufinden, die dann von dort in Oberflächenwasser gelangen. Die Arzneimittel beeinträchtigen die aquatische Umwelt und durch die Nahrungskette das gesamte ökologische Gleichgewicht der Wasserorganismen. Die in unserem Land angewandten Technologien zur Abwasserbehandlung haben dadurch auch negative Auswirkungen auf die Umwelt. Der Artikel befasst sich damit, EU-weite und nationale Interventionen zur Beseitigung dieser Auswirkungen zu präsentieren.

Schlüsselwörter: Wasserverschmutzung, Abwasserbehandlung, Medikamenten- und Hormonreste im Abwasser

Abstract

For sustainable water management always more and more attention is paid to the quality of living waters worldwide. The retention of the quality of water base, the appropriate protection thereof and the cleaning of contaminated waters are a great challenge. The traditional waste water cleaning procedures are not suitable for the removal of every contamination arriving at the purification plant. Medicine agents appear in waste water, in cleaned waste water in always bigger extent and so these return to surface waters as well. The medicine derivatives getting into living waters disadvantageously affect ecological balance in aquatic living organizations through food-chain. The waste water treatment technologies applied in our country do/can have negative effect onto the environment. The article aims to introduce the representation of EU and domestic interventions for the elimination of these effects.

Keywords: Water pollution, Wastewater treatment, Drugs and Hormone residues in Wastewater

A kézirat benyújtásának dátuma (Date of the submission): 2018.06.11.
A kézirat elfogadásának dátuma (Date of the acceptance): 2018.06.25.

EINFÜHRUNG

Wir können jegliches verschmutzte Wasser als Abwasser betrachten. Als Hauptquelle für die Abwasserentstehung gilt heutzutage die industrielle Tätigkeit der Bevölkerung und der Wasserkonsum der Bevölkerung selbst. Dabei handelt es sich um Abwasser der industriellen Tätigkeiten, sowie bei letzteren die sogenannten sozialen Abwässer, die in Wohnungen und Einrichtungen erzeugt werden, welche mit verschiedensten Materialien kontaminiert sind. Zum industriellen Abwasser gehört auch die Menge vom Abwasser, die hauptsächlich für die Verarbeitung von Produkten verwendet wird.

Interessanterweise wird die dünne Gülle, die während der Haltung von Schweinen und Rindern entsteht und in relativ großer Menge auch noch Streu beinhaltet nicht als Abwasser betrachtet. Dahingegen wird das durch Menschen mit Lebensmittelresten, Urin und Fäkalien verschmutzte Wasser durch die Kanalisation in die Kläranlagen geleitet, und das zieht ein potenzielles Risiko einer Infektion oder einer möglichen Krankheit mit sich. Das Abwasser der Haushalte ist ein komplexes System, in dem sowohl die Mikroorganismen als auch alle Nährstoffe, die für das Wachstum deren benötigt werden, zur Verfügung stehen. [1] Dazu kommt die nasse, lauwarne Umgebung, die sehr wohl für die Vermehrung der Mikroorganismen geradezu ideal ist.

Im Gegensatz dazu fehlen diese Mikroorganismen aus den industriellen Abwässern oft, oder sind die nur in kleiner Menge vorhanden, wozu noch solche physikalischen Eigenschaften kommen können, die für das Wachstum dieser Organismen ungeeignet sind.

Über 90 % der Oberflächengewässer von Ungarn kommen aus dem Ausland. Demnach ist die Qualität und Quantität dieser stark von der Wasserhaltung der Oberlaufländer beeinflusst. Dazu kommen natürlich jegliche heimischen Schmutzquellen. Ein starkes Belastungspotenzial bedeutet für die Oberflächengewässer die bereits gereinigten kommunalen Abwässer. (Und dies ist auch nicht viel besser im Falle der unterirdischen Wasserbasen.) Die Trinkwasserversorgung beruht bis zu 90 % auf die unterirdischen Wasserbasen. [2] Die Qualität von diesen wird vor allem von landwirtschaftlichen, sowie in solchen Gebieten, wo die Kanalisation nicht gewährleistet ist durch die traditionelle Abwasserversickerungsmethode auch von kommunalen Schmutzquellen gefährdet.

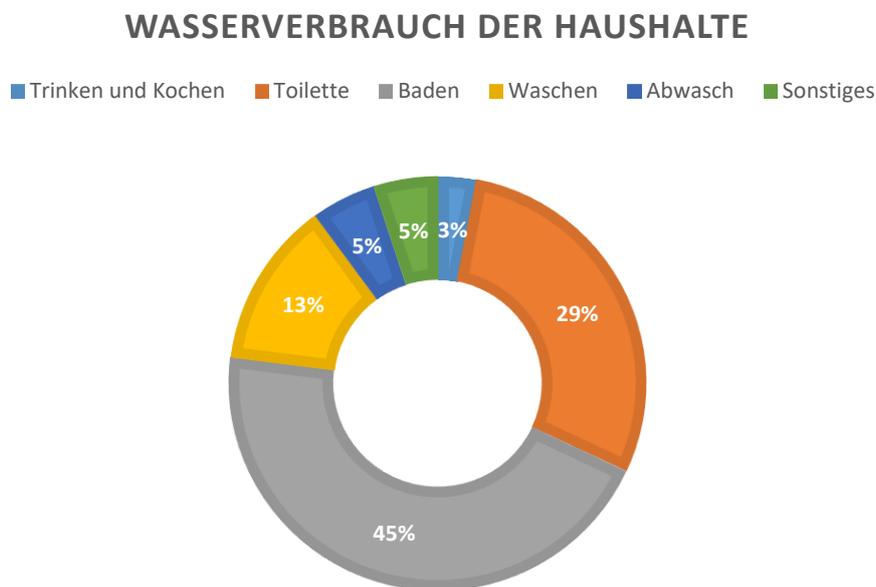
Die Abwasserbehandlung ist eines der wichtigsten Elemente des Gewässerschutzes. [3] Der Hauptzweck der Abwasserbehandlung besteht darin, die Verunreinigungen, die auf die Nutzung zurückzuführen sind, aus dem verschmutzten Wassers so zu entfernen, dass die das gereinigte Wasser später aufnehmende Wasserbasis nicht durch die Einleitung von Abwasser geschädigt wird und ihre Selbstreinigungsfähigkeit aufrechterhalten bleibt. Das behandelte Wasser darf in den Gewässern nach der Einführung weder einen Sauerstoffmangel noch Eutrophierung, sowie Phosphor- oder Stickstoffüberladung verursachen. Im Falle der in diesem Artikel auch diskutierten kommunalen Abwasserbehandlung ist die Dissimilation und Entsorgung organischer Schadstoffe das konkrete Ziel.

Nicht nur in Ungarn, sondern in allen Ländern der Europäischen Union können sowohl in Fließgewässern, aber auch in Boden- und Grundwasserproben Reste von Medikamenten entweder flächendeckend oder ganzjährig nachgewiesen werden. Bislang heißt es, es gebe keine Gefahr für die Gesundheit, aber für eine nachhaltige Wasserwirtschaft müsste man den Medikamenteneintrag so gering wie möglich halten.

ABWASSERBEHANDLUNG

Nur 3% des Wassers, das aus der Wasserbasis gewonnen und nach Reinigung und Vorbereitung verwendet wurde, wird schließlich zum Trinken und Kochen verwendet. Die übrigen 29% verbraucht man zum Spülen der Toilette, 45% zum Baden, 13% zum Waschen, 5% zum

Abwaschen, und die restlichen 5% für andere Zwecke, wie das auch das Diagramm Nr.1. zeigt. Demnach kann man sich gut vorstellen, in welcher Weise und mit welchen Stoffen das Abwasser verschmutzt ist.



1. Bild: Wasserverbrauchverteilung in den Haushalten
(Quelle: Eigene Zusammenstellung aufgrund Angaben von [4])

Der Grad der Reinigung, der für das häusliche Abwasser erforderlich ist, wird hauptsächlich durch die Bedingungen des Abnehmers, die Menge des zu reinigenden Abwassers und die wirtschaftlichen Aspekte bestimmt.

Die Hauptaufgabe der Abwasserbehandlung besteht darin, das ankommende Abwasser soweit zu reinigen, dass es den Zustand der Wasserbasis, in die es zurückgeführt wird nicht gefährdet oder ihre Qualität nicht verschlechtert. Demnach ist Abwasserreinigung auch eine Art von umweltschützender Tätigkeit. Das angemessene Reinigungsniveau wird jeweils für jegliche Komponente durch die gesetzlichen Vorschriften, beziehungsweise durch die Anforderung des Empfängers bestimmt.

Die Reinigungsprozesse können in drei Hauptgruppen unterteilt werden, diese sind: die mechanische Reinigung, biologische Reinigung und chemische Reinigung. Am ankommenden Abwasser wird zunächst die mechanische Reinigungsstufe durchgeführt. Ziel ist die Menge an Flockungsmitteln deutlich zu reduzieren. Die Materialien mit höherer Dichte schlagen sich nieder, die kleineren schweben. Die Einrichtungen dafür sind Gitter, Sandfänger und Dekantierbecken.

Die zweite, und eigentlich wichtigste Reinigungsstufe ist die biologische Reinigung. Diese hat jede Menge verschiedener Methoden, das Grundprinzip dieser ist jedoch, dass die Verunreinigungen mit organischen Materialien in Kontakt gebracht werden, die in der entsprechenden Umgebung schon abbaubar sind, und diese organischen Materialien können oxidieren (wobei sich Energie freisetzt). Der andere Teil der organischen Materialien wird für die zelluläre Synthese von Bakterien verwendet. Das abbaubare organische Material dient daher zur Ernährung der Mikroorganismen. Wenn das organische Material nicht mehr vorhanden ist, oxidieren die Bakterien ihr eigenes Zellmaterial, sodass am Ende alles oxidiert wird. Meistens werden für diesen Zweck verschiedene Lüftungsbecken verwendet, wo das Wasser aus dem

Dekantierbecken fließt. Die für die Tätigkeit der Bakterien nötige Luftmenge wird durch Luftdüsen sichergestellt. Von dem Lüftungsbecken gelangt das Abwasser in den Nachdekantierer, wo ein Teil der Mikroorganismen abgefischt und wieder zur Lüftungsbecken gebracht wird, der andere Teil setzt sich im Becken nieder und verendet. Der so entstandene Überschussschlamm kommt in die Klärschlammbehandlungsanlagen. Das bereits auch biologisch gereinigte Abwasser läuft durch einen Nachdekantierer. Heutzutage hat die Reinigung noch einen vierten Reinigungsschritt, bei dem der Phosphor aus dem Abwasser entfernt wird. Bei diesem Verfahren wird Phosphor durch Zugabe von Eisen und Salz ausgeschieden. Nach der Desinfektion des gereinigten Abwassers wird dieses in das Lebendwasser eingeleitet. Der Schlamm, der bei der Abwasserbehandlung entsteht, muss vor weiterer Verwertung behandelt werden. Dafür gibt es mehrere Möglichkeiten. Am häufigsten wird der Wassergehalt des Schlammes reduziert, oder der Schlamm wird vergärt und das entstandene Biogas kann direkt genutzt werden.

ANTIBIOTIKA UND HORMONRESTE IM ABWASSER

Heutzutage sind die Verwendung und der Gebrauch von verschiedenen Drogen üblich geworden, massenweise erscheinen und werden neue Verhütungsmittel, entzündungshemmende Mittel und Antibiotika verkauft. Diese Medikamente werden vom menschlichen Körper nicht vollständig verarbeitet und aufgenommen, sondern kehren durch die Ausscheidungsmechanismen des Körpers in ihrer ursprünglichen Form oder leicht verändert in die Natur zurück. Diese nicht abgebauten pharmazeutischen Materialien, Drogen, Hormone und ihre Metaboliten gelangen in das Abwasser, und einige sogar nach den Reinigungsverfahren in das Grundwasser.

Die verschiedenen Abwassersorten kommen in Kläranlagen, in denen einige dieser Schadstoffe entfernt werden können, aber in geringeren Konzentrationen bleiben sie im gereinigten Abwasser erhalten und gelangen so nach dem Reinigungsverfahren in das Lebendwasser zurück. Diese Schadstoffe können jedoch nicht nur durch die menschlichen Ausscheidungsprozesse in die natürlichen Gewässer gelangen, es ist auch wichtig zu erwähnen, dass verschiedene, bei Tieren verwendete, also aus der Tierhaltung stammende Arzneimittel die Gewässer belasten können. Auch die unzureichende Abfallbehandlung kann auch dazu führen, dass diese Schadstoffe in den Wasserbasen aufzufinden sind, beispielsweise wenn die abgelaufenen Abfallarzneimittel zurückgelassen werden. In natürlichen Gewässern vorhandene Stoffe: [5]

- Medikamente:
 - Antacide,
 - Angiotenzine,
 - Antibiotiken,
 - Antidiabetiken,
 - Antiepileptiken,
 - Antihistamide,
 - Betablockierer,
 - Antiseptische Mittel,
 - Entzündungs- und schmerzhemmende Mittel,
 - ionisierte Kontrastmittel,
 - Lipidregelungsmittel,
 - Potenzmittel,
 - Psyche-Medikamente,
 - Herzmittel.
- Hormone:
 - Antibabypillen.
- Legal und illegal verwendete Drogen:
 - Nikotin,
 - Kokain,
 - Kodein,
 - Ketamine.
- Pflanzenschutzmittel:

- verschiedene in der Tierhaltung verwendete Arzneimittel.

Sowohl im Rohwasser, als auch im schon behandelten Abwasser sind von den obgenannten am häufigsten die auch am häufigsten verwendeten Substanzen – aufgrund des hohen Konsums –, wie Antibiotika und entzündungshemmende Medikamente sowie Analgetika aufzufinden. (Hier ist es wichtig zu erwähnen, dass das Abwasser von Krankenhäusern ohne spezielle Reinigung in die kommunale Kläranlage gelangt. In diesen Abwässern ist die Konzentration von Pharmazeutika und Kontrastmitteln sehr hoch.)

Die Regulierung der Trinkwasserqualität und deren Kontrolle in Ungarn unterliegt der Regierungsverordnung 201/2001 (X.25.). Die Verordnung regelt jegliche geltenden Grenzwerte für einzelne biologische, mikrobiologische und chemische Eigenschaften. Unter den in der Anlage der Verordnung aufgelisteten Schadstoffen gibt es Grenzwerte für verschiedene Stoffe, die das Trinkwasser verunreinigen können, aber für solche, wie Drogen und Hormone, keine. [6]

Diese Problematik hat aber nicht nur Ungarn, europaweit konnten bislang Antibiotika, Schmerz- und/oder Diabetesmittel, sogar Röntgenkontrastmittel in den Oberflächen- und Grundwasser, aber auch im Trinkwasser als Rückstände nachgewiesen werden. Bei verschiedenen Untersuchungen auf unserem Kontinent wurden – laut z.B. des Umweltbundesamtes in Deutschland – im Trinkwasser über 20 Elemente gefunden. Wenn man im Grundwasser nach Arzneimittelspuren sucht, stößt man auf mehr als 50 verschiedene Mittelreste, und in den Oberflächengewässern liegt die Zahl dieser gefundenen Wirkstoffe im dreistelligen Bereich. [7] Fachleute gehen davon aus, dass diese Zahl sogar deutlich darüber hinaus liegen könnte, da auf dem Markt über 2000 verschiedene Wirkstoffe zu finden sind, und gefundenen wird nur, wonach auch gesucht wird.

Neben verschiedenen Fachleuten im Bereich der Wassersicherheit und –hygiene warnen in letzter Zeit sogar die Wasserwerke vor der zunehmenden Belastung der Gewässer, die nicht nur durch Gülle und Pestizide, sondern auch durch Arzneimittel entstehen können.

Die Verantwortung darf nicht alleine der Wasserwirtschaft überlassen werden, der ansteigende Arzneimittelverbrauch, und die dadurch entstehende Belastung im Abwasser wird die Reinigungsverfahren komplizierter und teurer machen. Manche Untersuchungen und Szenarien gehen davon aus, dass bis zur Jahrhundertwende dürfte der Verbrauch an Arzneimitteln nur im Bereich der Humanmedizin um etwa 70 % steigen dürfte¹. [8] Problematisch ist neben der konsumierten Menge auch die stets wachsende Zahl der Wirkstoffe.

Die bisher bekannten Reinigungsverfahren können nicht jegliche Arzneimittel-Rückstände herausfiltern. Es gibt solche Zusatzstoffe, wie z.B. Acetylsäure, die relativ gut abbaubar sind, andere, wie Diclofenac oder Hormonreste aus den Antibaby-Pillen gelten eher als Problemfälle.

Wie groß die Gefahr ist, darüber ist man noch nicht ganz klar. Untersuchungen werden kontinuierlich geführt, aber man ist noch nicht im Klaren über die tatsächlichen Risiken. Viele der Wirkstoffe können sich nicht auf natürliche Weise auflösen, andererseits können sie sich verändern und mit anderen Stoffen in Reaktion treten. Hormone können in großer Menge verschiedene toxische (mielotoxisch, immunotoxisch, usw.) Wirkung haben. [9] Dazu kommt die Tatsache, dass die Rückstände der verschiedenen Antibiotika das Resistenzproblem der Menschen verschärfen können, wodurch die Gefahr besteht, dass diese nicht mehr wirken. Zusätzlich kommt dazu die Forschung der Langzeit- oder chronische Wirkung der Komponente. Um diese Zusammenhänge zu erforschen, arbeitet die EU schon an einer Strategie.

¹ Die Prognose beruht unter anderem an der Tatsache, dass man in der EU in einer zunehmend veräldernden Gesellschaft lebt, und durch den wachsenden Anteil der über 60-Jährigen, die eindeutig mehr Arzneimittel konsumieren, wird auch die Belastung deutlich größer.

Bisherige Untersuchungsergebnisse geben eine Entwarnung für Menschen, es bestehe demnach keine direkte Gefahr. Die abnehmende Zahl der Spermien der Männer wird oft auf die im Wasser befindlichen weiblichen Antibabyhormonen zurückgeführt, dies konnte bislang aber kausal nicht auf Medikamentenrückstände zurückgeleitet werden. [8] [10]

Anfällig sind Tiere in Gewässern. Frösche und Fische sind nachweisbar betroffen. Der Östrogeninhalt im Wasser verändert Fortpflanzungsorgane der Tiere, sie verweiblichen sich, und das hat natürlich Einfluss auf die Population, im Weiteren kann dies zur Veränderung der Wasserbiotope führen. [10]

LÖSUNGSMÖGLICHKEITEN

Die Vorbeugung: Für die größte Belastung durch pharmazeutische Mittel in die Umwelt sind wir Menschen selbst verantwortlich. Die durch uns in Überzahl konsumierten Arzneimittel scheiden sich über den Urin aus oder die Reste werden von den Menschen einfach falsch in der Toilette entsorgt und gelangen so in die Gewässer. [7] Auf Unionsebene sind schon etliche Projekte gestartet worden, um Arzneimittelrückstände in den Gewässern zu vermindern. Dazu gehört einerseits die Einstellung der Menschen zu verändern, andererseits durch das Konzept, das „Green Pharmacy“ heißt, soll der eigentliche Verursacher, also die Pharmaindustrie auch mit in die Verantwortung hineinbezogen werden, damit man schon während der Entwicklung die einzelnen Medikamente besser auf die Folgen für die Natur achtet. Einerseits sollen leichter abbaubare Medikamente entwickelt werden, andererseits soll man prophylaktisch die einzelnen Mittel während der Entwicklung auf die Umweltrisiken prüfen. [11]

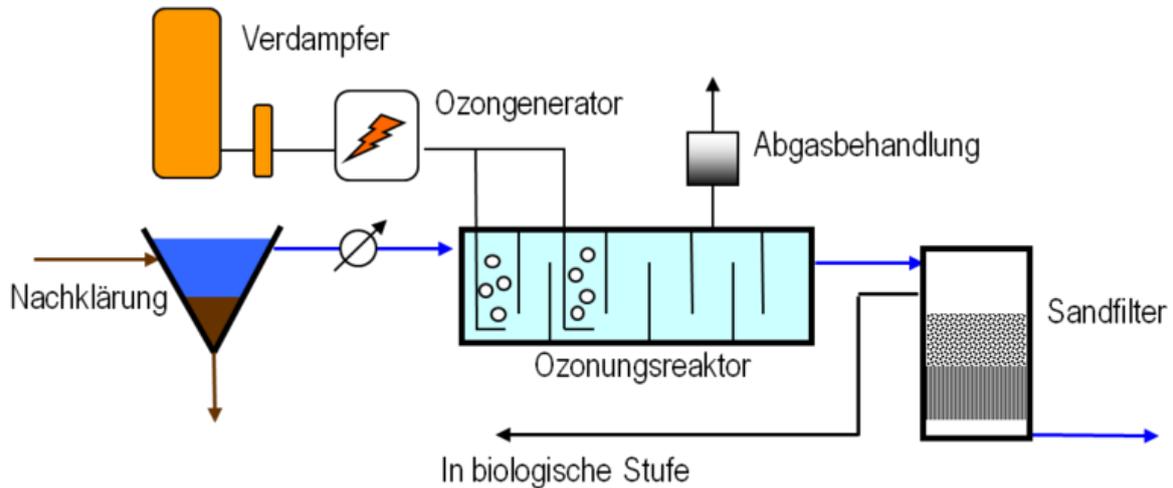
Forschung: Die Europäische Union hat mittlerweile mit den Verordnungen der Wasser-Rahmenrichtlinie die Wirkstoffe der Antibabypillen und Diclophenac unter Beobachtung gestellt. Das Vorbeugeverhalten ist allgemein gesehen das Leitprinzip des Umweltrechts in der EU. Demnach sollen sich Pharmazeutiker nicht nur auf die einzelnen Elemente konzentrieren und deren Wirkstoffe, bzw. ihre Wirkung auf die Natur untersuchen, sondern auch jegliche Wechsel- und Coctailwirkung. [12]

Um herauszufinden, welche Maßnahmen am besten wirken und für längere in Betracht kommen können, gibt es eine Vielzahl von internationalen Projekten, wie zum Beispiel auf EU-Ebene das sogenannte Pharma-Clusters Projekt. Das hat die Aufgabe, adäquate Antworten zum Schutz der Gewässer zu entwickeln, wobei der Austausch von Forschungsdaten und Forschungsplänen in sich überschneidenden Interessengebieten gewährleistet ist und jegliche Forschungsergebnisse offengelegt werden. Die Forschung beschäftigt sich unter anderen:

- mit der Bewertung der Risiken für die Umwelt und die menschliche Gesundheit von Antibiotika und Krebsmedikamenten in der Umwelt;
- mit den Auswirkungen der Zytostatika auf die Umwelt und mit der Identifizierung von Biomarkern zur Verbesserung der Umweltbelastung;
- mit den Schadstoffen in Lebensmitteln und Tierfuttermitteln. und mit einer Belichtungskontrolle deren;
- mit der Entwicklung von enzymatischen Dekontaminationstechnologie zur Entfernung von persistenten Kontaminanten in Abwässern aus den pharmazeutischen Produktionsstätten, Haushalten, Krankenhäusern und Tierhaltungsbetrieben;
- mit der Vorstellung vielversprechender Technologien zur Behandlung von Schadstoffen in Wasser und Abwasser. [13]

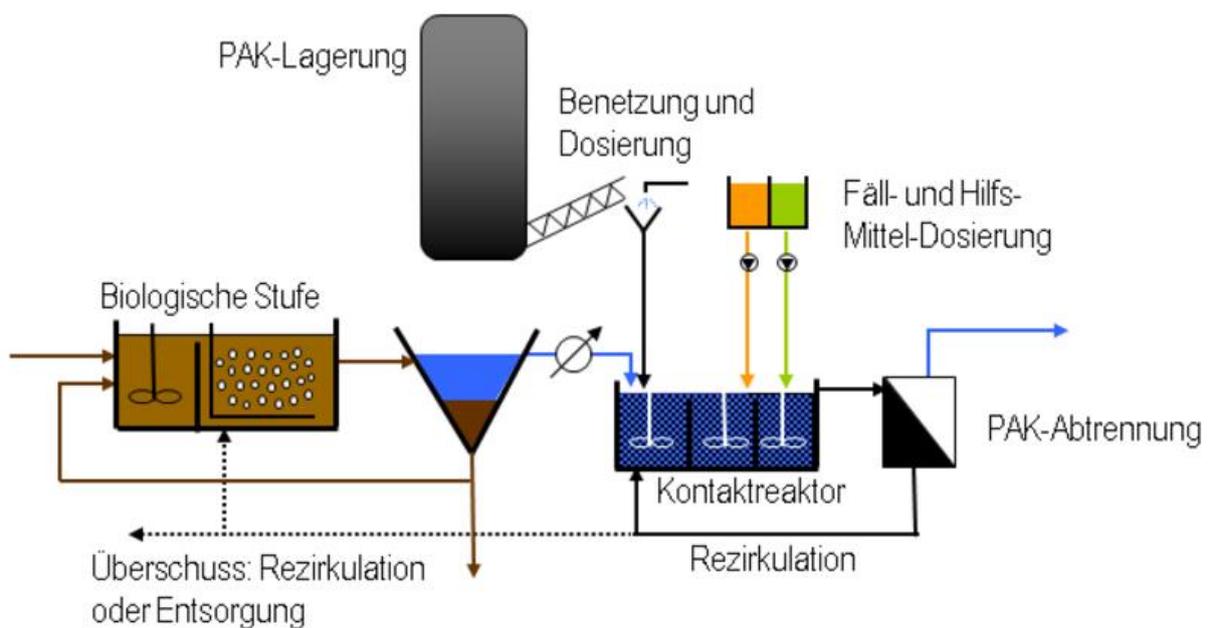
Reinigung: In den großen Kläranlagen wird das mehrstufige Reinigungsverfahren bereits mit verschiedenen extra Etappen ergänzt, die intensivere Behandlung des Abwassers ermöglichen. Solche neue Reinigungsstufe ist z.B. die Behandlung mit Ozon. (So ein Verfahren wird auf Bild Nr.2.dargestellt.) Die Oxidation mithilfe von Reinigungssubstanz Ozon wird im

Praxis oft verwendet, aber dabei gibt es auch Probleme: nur relativ wenige Stoffe reagieren mit dem Ozon. Außerdem vernichtet Ozon meistens die Medikamentenwirkstoffe nicht, nur verändert werden sie, wobei solche Umwandlungsprodukte entstehen (können), die für die Natur auch Probleme bereiten (obwohl so ein schädlicher Effekt in dieser Beziehung bislang nicht nachgewiesen werden konnte.) [10]



2. Bild: Fließschema einer Ozonungsanlage, Quelle: [14]

Oder das gut bewertete Hausmittel, die Aktivkohle hilft auch bei der Abwasserreinigung. Solche Rückstände, wie die von Röntgenkontrastmitteln lassen sich immer einfacher und besser herausfiltern. Dazu kann man die Kohle sowohl in Pulverform, als auch in granulierter Form verwendet werden. Das Bild Nr.3 zeigt eine Anlage mit Pulveraktivkohle (PAK).



3. Bild: Fließschema eines Verfahrens mit Pulveraktivkohle [14]

Dieser Schritt scheint zu funktionieren, im Nachhinein ist der Aufwand während der Trennung von Granulat und Wasser relativ leicht, die Kohle kann verbrannt werden. Untersucht muss das Verfahren trotzdem, da nach dieser Filterung es zu Umwandlungsprodukten führen kann, die für die Umwelt und Natur wiederum schädlich sein können. [10] Trotzdem ist dieses

Verfahren eine gute Methode, da es von der Kostenseite her vertretbar ist, und die Einrüstung lässt sich in bestehende Systeme leicht integrieren.

KONKLUSION

Bis die Wissenschaftler und die verschiedenen Klärtechnologien das Niveau erreichen, wobei wir sagen können, die Medikamenten und Hormonreste sind restlos aus dem Abwasser zu entfernen, und diese sind nicht mehr in unseren Gewässern, geschweige denn im Trinkwasser zu finden, gibt es eine relativ einfache Methode: vorzubeugen (wie in so vielen anderen Fällen und Risiken auch). Im Sinne des Vorsorgeprinzips braucht man zum Beispiel bei nicht jeder Art von grippaler Erkrankung unbedingt eine Antibiotikabehandlung.

Zur Entlastung der Natur kann man auch Restmedikamente gefahrloser entsorgen, indem man die übriggebliebenen Pillen und Medikamenten in den Apotheken abgibt. So werden Medikamentenreste verbrannt und weniger von denen gelangen in die Gewässer.

Sollten die verschiedenen Technologien einen relativ hohen Reinigungsgrad des Abwassers erreichen, ist Vorbeugung für die Zukunft weiterhin ein Leitsatz, wodurch nicht nur die Eliminierung von gefährlichen Müll, der zum Beispiel nach dem Reinigungsverfahren entstehen kann, sondern auch die nachhaltige Reinheit unserem Gewässer sichergestellt ist.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] KÁRPÁTI Á.; VERMES L.: *Vízgazdálkodás – szennyvíztisztítás*; Pannon Egyetem, Veszprém, 2008. ISBN: 978-615-5044-35-9
- [2] Vidékfejlesztési Minisztérium: *Tájékoztató Magyarország településeinek szennyvízelvezetési és-tisztítási helyzetéről, a településszennyvíz kezelésléről szóló 91/271/EGK irányelv Nemzeti Megvalósítási Programjáról*; Budapest, 2010.
- [3] PREGUN CS.; JUHÁSZ CS.: *Vízminőségvédelem*; Debreceni Egyetem, ISBN: 978-615-5138-34-8
- [4] NEUBAUER É.: *Víz lábnyom Magyarországon*; Szent István Egyetem, Gödöllő, 2010.
- [5] FARKAS M.: *Gyógyszerek és hormonok jelenléte az ivóvízben -az eltávolítás lehetőségei és a vízkezelés hatásai*; Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest, 2012.
- [6] 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről, Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0100201.kor>, (abgerufen: 11. Mai 2018)
- [7] So gefährlich sind Medikamentenreste, Online: <https://www.wiwo.de/technologie/green/trinkwasser-so-gefaehrlich-sind-medikamentenreste/13546028.html> (abgerufen: 11. Mai 2018)
- [8] Stadtwerke warnen von Medikamenten im Wasser, Online: <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/medikamente-stadtwerke-warnen-vor-medikamenten-im-wasser-1.3649266> (abgerufen: 11. Mai 2018)
- [9] HEGEDÜS H.: *Magyarország felszín alatti vizeinek fenntartható minőségvédelme a jogi szabályozás és a lehetséges javító tevékenységek tükrében*; PhD értekezés, NKE KMDI, 2017 Budapest, pp.83-84.
- [10] Was gegen Medikamentenreste helfen soll, Online: <https://www.welt.de/gesundheit/article131546646/Was-gegen-Medikamentenreste-im-Wasser-helfen-soll.html> (abgerufen: 11. Mai 2018)

- [11] Systemische Risiken in Versorgungssystemen – Strategien zum Umgang mit Arzneimittelwirkstoffen im Trinkwasser, Institut für sozial-ökologische Forschung – ISOE (Hrsg.), Schlussbericht, Förderkennzeichen: 07VPS16, Frankfurt am Main, 2008
- [12] The EU Water Framework Directive - integrated river basin management for Europe, Dir 2000/60/EC, Online: http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html (abgerufen: 12. Mai 2018)
- [13] The PHARMAS Projekt, Online: <http://www.pharmas-eu.net/>, (abgerufen: 12. Mai 2018)
- [14] Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen, Online: <https://www.micropoll.ch/de/verfahren/ozon/>, (abgerufen: 13. Mai 2018)

A SZENNYVÍZKEZELÉS PROBLEMATIKÁJA A GYÓGYSZERMARADVÁNYOK TEKINTETÉBEN

Absztrakt

A fenntartható vízgazdálkodás érdekében világszerte egyre nagyobb figyelmet fordítanak az élővizek minőségére. Nagy kihívást jelent a vízbázisok minőségének a megőrzése, azok megfelelő védelme, illetve az elszennyezett vizek tisztítása. A hagyományos szennyvíztisztítási eljárások nem alkalmasak minden, a tisztítótelepre kerülő szennyező anyag eltávolítására. A gyógyszerhatóanyagok egyre nagyobb tömegben jelennek meg a szennyvízben, a tisztított szennyvízben és kerülnek vissza ezáltal a felszíni vizekbe is. Az élővizekbe kerülő gyógyszerkészítmények a vízben élő szervezeteken, a táplálékláncon keresztül az ökológiai egyensúlyt is kedvezőtlenül befolyásolják. A hazánkban is alkalmazott szennyvíztisztítási technológiák ezáltal negatív hatással vannak/lehetnek a környezetre. A cikk az ezen hatások kiküszöbölésére tett EU-s és hazai szintű beavatkozások bemutatását célozza meg.

Kulcsszavak: *vízszennyezők, szennyvízkezelés, szennyvíz gyógyszer és hormon tartalma*