

TEXTE 1/2000

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND
REAKTORSICHERHEIT

- Wasserwirtschaft -

Forschungsbericht 297 27 526
UBA-FB 000012

Umweltverträgliche Desinfektionsmittel im Krankenhausabwasser

von

Dipl. Geogr./Hydrol. Stefan Gartiser

Dipl. Biol. Gabi Stiene

Hydrotox GmbH, Freiburg

unter Mitarbeit von

Dr. Andreas Hartmann *

Dr. Jürgen Zipperle **

* Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH-Zürich

** Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg,
Karlsruhe

Umweltverträgliche Desinfektionsmittel im Krankenhausabwasser

Gartiser, S¹⁾, Stiene, G.¹⁾, Hartmann, A.²⁾, Zipperle, J.³⁾

¹⁾ Hydrotox GmbH, Bötzingenstr. 29, D-79111 Freiburg

²⁾ Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH-Zürich

³⁾ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe

Zusammenfassung:

Um den Beitrag von Desinfektionsmitteln an gen- und ökotoxischen Wirkungen in Krankenhausabwässern zu ermitteln, wurden die Wirkstoffeinträge an 8 Kliniken bilanziert und hieraus die Abwasserkonzentrationen abgeschätzt.

Zugleich wurden an drei Kliniken insgesamt 17 Tages- und Nachtmischproben sowie 42 Zweistundenmischproben von verschiedenen Abwasseranfallstellen (Gesamtabwasser, Küchenbetrieb, Wäscherei, Pathologie, Labor) entnommen und je nach Fragestellung im Leuchtbakterien-, Daphnien-, Zahn-Wellens-, umu- und/oder Ames-Test untersucht. Im geringeren Umfang wurden auch chemisch-analytische Parameter (AOX, CSB, Ammonium, Gesamtphosphat) bestimmt.

Parallel hierzu wurden umfangreiche Literatur- und Datenbankrecherchen zur Ökotoxizität, Gentoxizität und biologischen Abbaubarkeit der relevanten Wirkstoffe durchgeführt, deren Ergebnisse in einem separaten Anhang dokumentiert sind. Vorhandene Datenlücken zu den rd. 60 Wirkstoffen konnten in einigen Fällen durch direkte Testung der eingesetzten Produkte und Wirkstoffe in den biologischen Tests geschlossen werden.

Das Projekt wurde durch Umfragen und Recherchen hinsichtlich der Auswahlkriterien für Desinfektionsmittel, der Vermeidungspotentiale und der Auswirkungen auf die biologische Klärstufe abgerundet. Insgesamt ergab sich ein mittlerer Gesamtverbrauch an Flächen-, Instrumenten- und Hautdesinfektionsmitteln von 27 g/(Bett*d), wobei der Hauptteil auf alkoholische Hautdesinfektionsmittel zurückzuführen war, die zum überwiegenden Teil verdunsten und somit nicht abwasserrelevant sind. Ohne Berücksichtigung der Alkohole ergab sich ein Wirkstoffverbrauch von 4,4 g/(Bett*d), dem entspricht eine Wirkstoffkonzentration im Abwasser von rd. 9 mg/l. Haut- und Händedesinfektionsmittel erreichten maximal 10-15% des Gesamtverbrauchs.

Bei der Gesamtbetrachtung dürfen die Beiträge der Küchen und der Wäscherei nicht vernachlässigt werden, die bis zu 99% der Gesamtfracht an Chlor- bzw. Sauerstoffabspaltern und bis zu 27% der Gesamtfracht an QAV ausmachen.

Die AOX-Konzentrationen in den untersuchten Krankenhausabwasserproben (bis zu 3,3 mg/l) konnten nur zu einem geringen Anteil (<10%) mit dem Eintrag von Chlorabspaltern oder halogenorganischen Desinfektionsmitteln erklärt werden und sind auf den Einsatz iodorganischer Röntgenkontrastmittel zurückzuführen. In 71% der untersuchten

Gesamtabwasserproben wurden gentoxische Effekte im umu-Test bestimmt, die zum größten Teil mit dem Eintrag der Antibiotikagruppe der Gyrasehemmer erklärt werden konnten. Die bilanzierten Abwasserkonzentrationen der Gyrasehemmer lagen deutlich über den Effektschwellen im umu-Test. Der Beitrag der Desinfektionsmittel an gentoxischen Wirkungen im Abwasser wurde anhand der bilanzierten Abwasserkonzentrationen und der Schwellenwerte im umu- und Ames-Test unter der Annahme additiver Wirkung abgeschätzt. Die Schwellenwerte für gentoxische bzw. mutagene Wirkungen wurden in den berücksichtigten Kliniken im Mittel nicht überschritten. Desinfektionsnebenprodukte wie die Trihalomethane können nach bisheriger Kenntnis die im Abwasser bestimmten Gentoxizitäten ebenso nicht erklären. Bei Stoßbelastungen könnten jedoch positive Effekte im Ames-Test durch Ethacridinlactat und Glutardialdehyd sowie im umu-Test durch Aldehyde, Hexahydrotriazin und Wasserstoffperoxid auftreten. Die mengenmäßig bedeutendsten Wirkstoffe sind jedoch gut biologisch abbaubar.

Bei insgesamt 11 Wirkstoffen erreichten die maximalen bilanzierten Abwasserkonzentrationen den Bereich der 50%-Effektwerte in den Ökotoxizitätstests, wobei als Haupteintragspfade für QAV und Alkylaminderivate die Instrumentendesinfektion und für Säuren, Chlor- und Sauerstoffabspalter die Wäscherei identifiziert werden konnte. In einem Krankenhaus war hingegen die Küche wichtigster Abnehmer für QAV. Die in mehreren Studien beobachtete hohe Daphnien- und Leuchtbakterientoxizität insbesondere von Gesamtabwasserproben aus Krankenhäusern kann demnach mit dem Eintrag von Desinfektionsmitteln erklärt werden.

Bisherige Erfahrungen zeigen jedoch, daß Krankenhausabwasser trotz der beobachteten Ökotoxizität gut biologisch behandelbar ist. Vorhandene ökotoxische und gentoxische Effekte der in vorliegender Studie untersuchten Krankenhausabwasserproben wurden nach der Behandlung im Zahn-Wellens-Test vollständig eliminiert.

Bei kleineren Kläranlagen kann unter ungünstigen Bedingungen (Stoßbelastung) eine Beeinträchtigung der Klärleistung durch den Eintrag von Desinfektionsmitteln aus Krankenhäusern dennoch nicht ausgeschlossen werden.

Die wichtigsten Kriterien bei der Auswahl von Desinfektionsmitteln in der Praxis sind die Aufnahme in eine der Desinfektionsmittellisten, die Wirksamkeit und der Arbeitsschutz. Die Umweltverträglichkeit wird nur nachrangig berücksichtigt. Eine Umfrage in verschiedenen Kliniken ergab jedoch, daß unter den Entscheidungsträgern weder hinsichtlich der Wirksamkeit der Desinfektionsmittel in einem konkreten Anwendungsfall noch in der Bewertung der Umweltverträglichkeit Einigkeit herrscht. Nur so kann die sehr große Heterogenität bei der Wirkstoffauswahl erklärt werden.

Unabhängig von ihrem Verhalten in Kläranlagen, können Desinfektionsmittel bei Niederschlagsereignissen über die Mischkanalisation und die Regenwasserentlastung der Kläranlagen direkt in Oberflächengewässer gelangen. Zudem können sich schwer abbaubare Verbindungen im Klärschlamm anreichern. Daher wird empfohlen, die Bewertungskriterien für Desinfektionsmittel zu objektivieren, indem die Inhaltsstoffe besser deklariert, die Datenlücken geschlossen und einheitliche Bewertungskriterien für die Abwasser- und Umweltrelevanz aufgestellt werden. Die Umweltverträglichkeit sollte als zusätzliches Auswahlkriterium künftig stärker berücksichtigt werden.

Schlagwörter:

Desinfektionsmittel, Krankenhausabwasser, Biotestverfahren, Gentoxizität, Ökotoxizität, Abbaubarkeit, umuC-Test, Gyrasehemmer

Environmental sound disinfectants in hospital wastewater

Gartiser, S.¹⁾, Stiene, G.¹⁾, Hartmann, A.²⁾, Zipperle, J.³⁾

¹⁾ Hydrotox GmbH, Bötzingenstr. 29, D-79111 Freiburg

²⁾ Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie der ETH-Zürich

³⁾ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe

Summary:

The contribution of disinfectants on geno- and ecotoxic effects in hospital wastewater has been evaluated, by compiling the consumption of active ingredients at 8 hospitals and by estimating the corresponding wastewater concentrations.

In addition 17 day and night mixed samples as well as 42 two-hour mixed samples of various hospital areas (total wastewater, large kitchens, laundries, pathology, laboratories) were taken and analysed in *Vibrio fischeri* and *Daphnia magna* ecotoxicity tests, the Zahn-Wellens-COD-elimination test and the Ames and/or umuC genotoxicity tests according the relevant question

In conjunction, extensive literature and data bank researches about the ecotoxicity, genotoxicity and biodegradation of the relevant active ingredients were performed. Results are documented in a separate annex. Data gaps for the around 60 active substances were closed by directly testing the relevant products and active substances in biological tests.

The project was completed by questionnaires and research about the selection criteria for disinfectants, reduction potentials and effects on the biological treatment of wastewater.

In summary the average total consumption of active ingredients applied for surface, instrument and skin/hand disinfection was 27 g/(bed*day), wherein alcohols, which evaporate for the most part and therefore do not reach the sewer, represent the bulk. Without considering alcohols the input of active substances was 4.4 g/(bed*day), corresponding to a wastewater concentration of around 9 mg/l. Therein the proportion of skin and hand disinfectants reached 10-15% of total consumption.

In a general consideration the input of large kitchens and laundries must not ignored, as they contribute up to 99% of total loads of chlorine or peroxides, and up to 28% of total load of quaternary ammonium compounds.

From the AOX-concentration of the hospital wastewater samples (up to 33 mg/l) only a small part (<10%) could be explained with the input of chlorine releasing or halogen-organic disinfectants. The main source of AOX in hospital wastewater is iodine-containing x-ray contrast media.

While no effects were measured in the Ames-test for total wastewater samples, in toto 71 % of the wastewater samples proved to be genotoxic in the umuC-assay. Most of the umuC-effects in total wastewater samples could be explained with the consumption of Fluoroquinolone antibiotics. The compiled wastewater concentration of Fluoroquinolones was significant higher than the effect levels in the umuC-assay. The contribution of disinfectants to genotoxicity in hospital wastewater was estimated comparing the wastewater concentrations calculated with their respective effect levels in the umuC-assay and the Ames-test. The average concentration in the hospitals in consideration did not exceed the effect levels. Disinfection by products such as halomethanes can, to our knowledge, also not explain the

genotoxicity observed in hospital wastewater. However, if massive inputs occur in a short time, positive results might be found due to ethacridinelactate and glutaraldehyde effects in the Ames-test as well as due to the input of aldehydes, hexahydrotriazine and hydrogenperoxide in the umuC-test. The active ingredients most important in terms of quantity are biodegradable however.

Considering ecotoxicity, the maximum wastewater concentrations of 11 active ingredients compiled in 8 hospitals exceeded the 50% effect level in different ecotoxicity tests. Main sources for ecotoxicity were quaternary compounds and alkylaminoderivates used for instrument disinfection and bases, acids, chlorine-releasing and peroxide compounds used in the laundries. The high incidence of *Daphnia magna* and *Vibrio fischeri* toxicity observed in several studies especially in total wastewater samples therefore can be explained from the input of disinfectants

Experience so far shows, that hospital wastewater in spite of the ecotoxicity observed, is well treatable in biological sewage plants. The ecotoxic and genotoxic effects observed in the Zahn-Wellens-Test were completely eliminated after a treatment process. Considering unfavourable conditions (smaller treatment plants, high loads in a short time), a disturbance of the purification process due to disinfectants can not be excluded.

The criteria most important for the selection of disinfectants for practical applications are the admission in disinfectant lists, the effectiveness and the protection of users. The environmental behaviour is only considered at a lower rank. A questionnaire in several hospitals gave the result, that no agreement among the decision-makers, neither considering the effectiveness nor the environmental behaviour of disinfectants, is obtained for special applications. That explains the wide heterogeneity within the selection of active ingredients.

Independent of the behaviour in wastewater treatment plants, considering rainfall events, disinfectants may directly reach surface water through mixing sewers and the rainwater relief of treatment plants. Additionally, hardly biodegradable substances might accumulate in sewage sludge. For these reasons it is recommended, to objectify the evaluation criteria of disinfectants, improving the declaration of ingredients, closing data gaps and drawing up uniform criteria to assess the wastewater and environmental relevant characteristics. In the future, the environmental behaviour should be more taken into account as an additional criterion for the selection of disinfectants than heretofore.

Subject words:

disinfectants, hospital wastewater, biotest assay, genotoxicity, ecotoxicity, degradation, umuC assay, Fluoroquinolones

