

# Endstation für Medikamentenreste und multiresistente Erreger: Dezentrale Behandlung von Krankenhausabwasser?

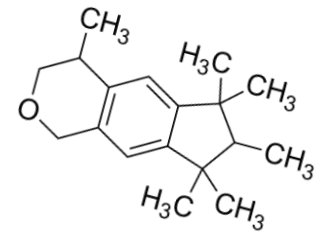
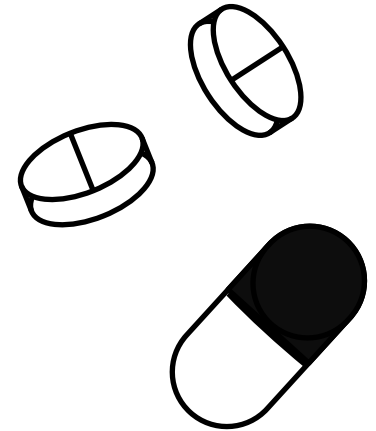
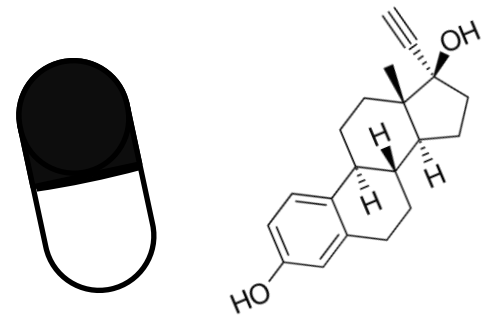
## 32. Hamburger Kolloquium zur Abwasserwirtschaft

Marten Klatt, Falk Beyer, Jörn Einfeldt

Department Umwelttechnik

Department Verfahrenstechnik

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg



# Antibiotikaresistente Bakterien: die unsichtbare Pandemie

ARTICLES | VOLUME 399, ISSUE 10325, P629-655, FEBRUARY 12, 2022

## Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis

Antimicrobial Resistance Collaborators <sup>†</sup> • [Show footnotes](#)


Open Access • Published: January 19, 2022 • DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)

ANTIBIOTIKA-RESISTENTE ERREGER

## Millionen Todesfälle infolge von Antibiotika-Resistenzen

Wenn Bakterien Resistenzen gegen Antibiotika entwickeln, können Infektionen tödlich enden. Eine globale Studie zeigt das Ausmaß des Problems.

20.01.2022

> [Lancet](#). 2022 Feb 12;399(10325):606-607. doi: 10.1016/S0140-6736(22)00087-3   
Epub 2022 Jan 19.

## The overlooked pandemic of antimicrobial resistance

Ramanan Laxminarayan <sup>1</sup>

### Todesfälle (weltweit):

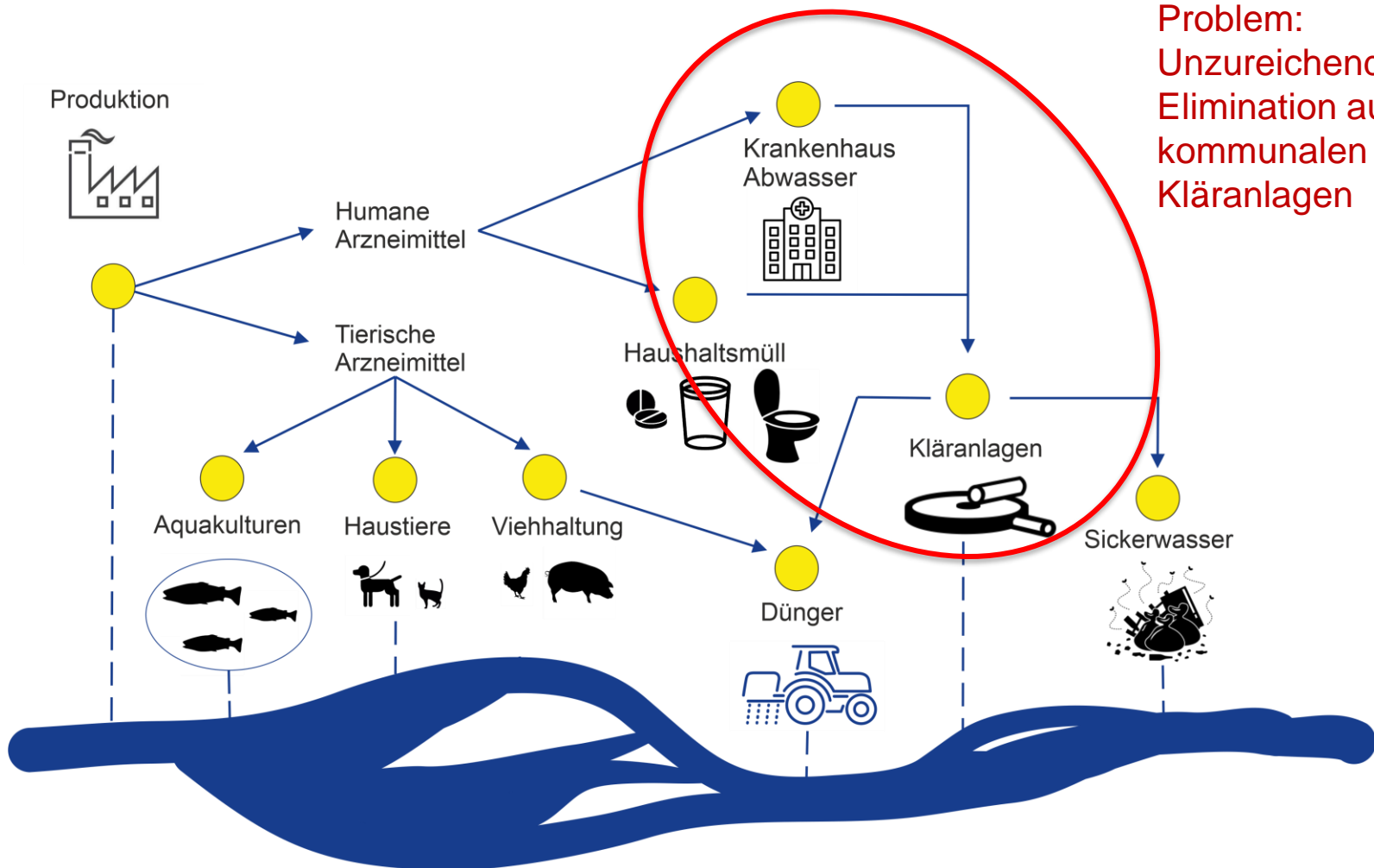
- Resistente Bakterien: > 1.270.000 (2019)
- Malaria: 627.000 (2020)
- HIV/Aids: 680.000 (2020)

- Resistente pathogene Keime stellen ein zunehmendes gesellschaftliches Problem dar
- Die in Krankenhäuser auftretenden resistenten Erreger und deren Resistenzgene können über das Abwasser in die Umwelt gelangen

Murray et al. (2022), Forschung & Lehre (2022), Laxminarayan (2022)

1

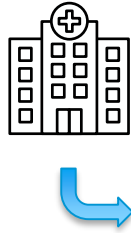
# Verbreitungswege von Antibiotika



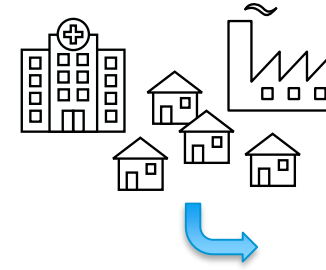
Modifizierte Darstellung nach Sui et al. (2015)

# Pharmazeutika im Krankenhausabwasser

Vergleich von Mikroschadstoffen im Krankenhausabwasser und kommunalem Abwasser zeigt signifikant höhere Konzentrationen:



Krankenhausabwasser



Kommunales Abwasser

Wirkstoffgruppe	Durchschnittliche Konzentration [ $\mu\text{g/l}$ ]
Schmerzmittel	100
Antibiotika	11
Zytostatika	24
Betablocker	5,9
Hormone	0,16
Röntgenkontrastmittel	1008

Wirkstoffgruppe	Durchschnittliche Konzentration [ $\mu\text{g/l}$ ]
Schmerzmittel	11,9
Antibiotika	1,17
Zytostatika	2,97
Betablocker	3,21
Hormone	0,1
Röntgenkontrastmittel	6,99

Krankenhausabwasser weist erhöhte Ökotoxizität auf und krankenhausspezifische Antibiotika fördern Ausbreitung von Resistenzen im Siednetz und in der Umwelt

Verlicchi et al. (2010)

# Krankenhausabwasser: Zentrale und dezentrale Behandlung

Behandlungsoptionen von Krankenhausabwasser:

- **Zentral:** zusammen mit kommunalem Abwasser in der Kläranlage
- **Dezentral:** Vor Ort am Krankenhaus

## **Zentrale** Behandlung:

- + Geringere spezifische Kosten durch Skaleneffekte
- Umwelteintrag durch Mischwasserentlastungen in Mischsystemen

## **Dezentrale** Behandlung:

- + Geringere frachtbezogene Kosten
- + Reduktion der Gewässerbelastung bei Mischwasserentlastungen
- + Je nach Aufreinigung Wiederverwendung möglich
- Ggf. kritische Flächeninanspruchnahme
- Zusammenführung / Begrenzung von Abwasserteilströmen
- Zusätzliches Reststoffmanagement

→ Entscheidung über dezentrale / zentrale Behandlung stark standortabhängig!

# Eliminationsleistung unterschiedlicher Verfahren

	Mikroschadstoffe	Mikroorganismen	Mikroplastik
Ozon (O <sub>3</sub> )	+	0	-
UV-Behandlung	-	0	-
Pulveraktivkohle (PAK)	+	-	-
Granulierte Aktivkohle (GAK)	+	-	0
Ultrafiltration (UF)	-	+	+
Nanofiltration (NF), Umkehrosiose (RO)	+	+	+

Nach Pinnekamp (2019)<sup>[6]</sup>, hinzugefügt: Nanofiltration / Umkehrosiose

+ Guter Rückhalt

0 Mäßiger Rückhalt

- Schlechter Rückhalt

→ Rückhalt von Mikroschadstoffen und Mikroorganismen: Prozesskombination

# Großtechnische Krankenhausabwasserbehandlung

	Waldbröl-Projekt	PILLS	Pharmafilter
Zeitraum	2007 – 2009	2008 – 2012	2010 – heute
Standort	Waldbröl (DE)	Baden (CH), Zwolle (NL), Gelsenkirchen (DE), Esch-sur-Alzette (LU)	Delft (NL)
Untersuchte Verfahren	MBR + O <sub>3</sub> , GAK, NF, RO	MBR + O <sub>3</sub> , AOP, GAK, PAK, RO	MBR + O <sub>3</sub> + GAK + UV
Entfernung von Pharmazeutika	> 90 % (ohne RKM)	> 80 % (ohne RKM)	> 97 %
Entfernung von Resistenzgenen	-	-	> 0,5 bis > 4,4 Log-Stufen

Pinnekamp et al. (2009), Nafo et al. (2012), Paulus et al. (2019)

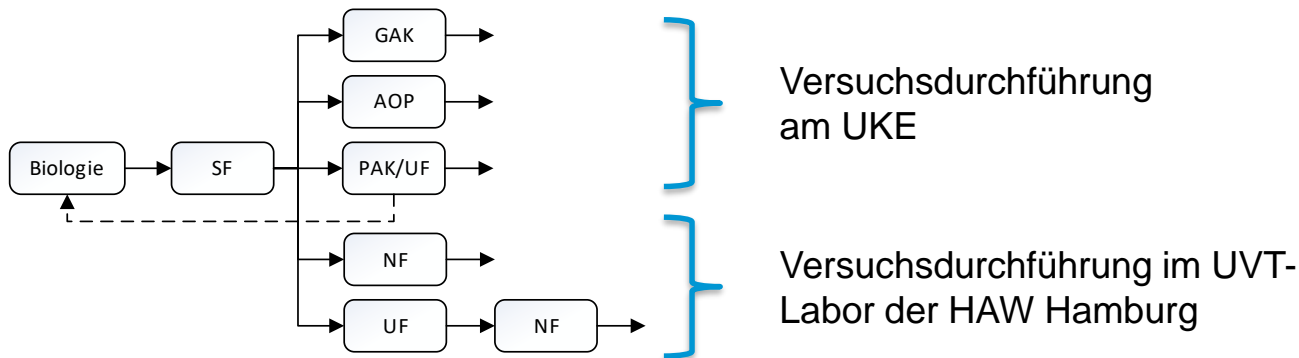
6

# Versuchsanlage *Mikroschadstoffe*

Versuchsanlage *Mikroschadstoffe*: Kooperationsprojekt zwischen HAMBURG WASSER, dem Universitätsklinikum Eppendorf (UKE) und der HAW Hamburg

- Finanziert von HAMBURG WASSER
- Inbetriebnahme ab September 2022
- Ziel: Ermittlung von Erfahrungswerten zur Behandlung von Mikroschadstoffen und Resistenzgenen durch unterschiedliche Verfahren

Das Teilprojekt EMKA (Elimination von Mikroschadstoffen aus Krankenhausabwasser) der HAW Hamburg umfasst die wissenschaftliche Begleitung zu Versuchen zur Spurenstoffentfernung

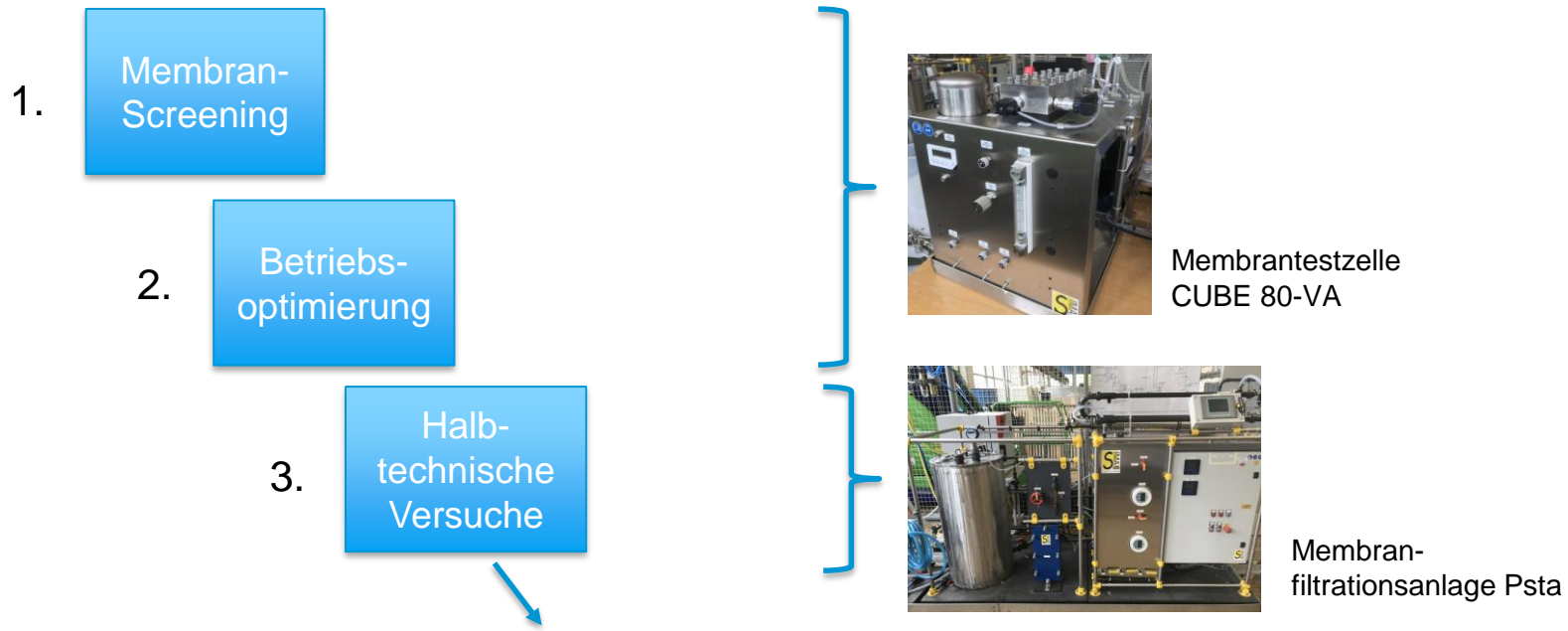




# Teilprojekt EMKA: Elimination von Mikroschadstoffen aus Krankenhausabwasser

Forschungsziel der Promotion: Untersuchung der Entfernung von Arzneimittelrückständen im Krankenhausabwasser mittels membran- und aktivkohlebasierten Verfahren und ihre Wirtschaftlichkeit

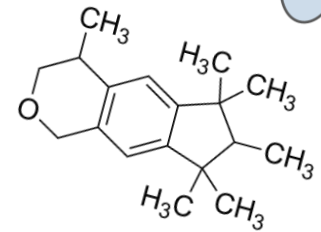
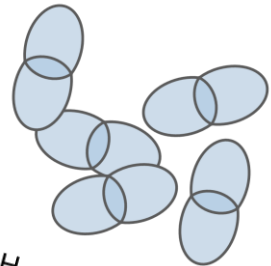
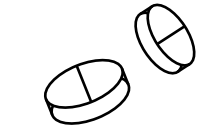
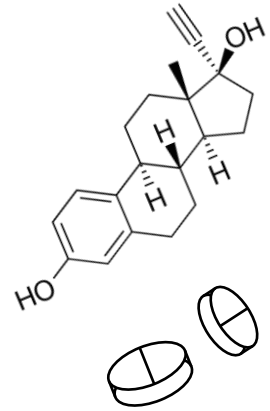
Untersuchungen der Nanofiltration und Retentatbehandlung:



Behandlung des Retentats mittels GAK-Kleinfilteranlagen

# Zusammenfassung

- (Multi-)resistente Erreger stellen ein gesundheitliches Problem dar
- Eine hohe Elimination von Pharmazeutika, resistenten Keimen und deren Resistenzgenen erfordert Verfahrenskombinationen
- In Hamburg wird eine halbtechnische Anlage zur Entfernung von Mikroschadstoffen und Resistenzgenen in Betrieb genommen
  - Erste Untersuchung der Eliminationsleistung einzelner Verfahren und von Verfahrenskombinationen
  - Fokus der Promotion liegt auf der Eignung membran- und aktivkohlebasierter Verfahren und deren Wirtschaftlichkeit



## Danksagung

Herzlichen Dank an alle Projektbeteiligten von **HAMBURG WASSER**, dem **UKE** und den **Laboren der Verfahrens- und Umwelttechnik** der **HAW Hamburg** sowie der Forschungsgruppe **PharmCycle**!

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

# LITERATUR

Forschung & Lehre (2022): Millionen Todesfälle infolge von Antibiotika-Resistenzen [Online], Forschung & Lehre. <https://www.forschung-und-lehre.de/forschung/millionen-todesfaelle-infolge-von-antibiotika-resistenzen-4360> (aufgerufen am 12. August 2022).

Laxminarayan, R. (2022): The overlooked pandemic of antimicrobial resistance. *The Lancet*, 399(10325), 606–607. DOI: 10.1016/S0140-6736(22)00087-3.

Murray, C. J. L., Ikuta, K. S., Sharara, F., Swetschinski, L., Robles Aguilar, G., Gray, A., Han, C., Bisignano, C., Rao, P., Wool, E., Johnson, S. C., Browne, A. J., Chipeta, M. G., Fell, F., Hackett, S., Haines-Woodhouse, G., Kashef Hamadani, B. H., Kumaran, E. A. P., McManigal, B., Agarwal, R., Akech, S., Albertson, S., Amuasi, J., Andrews, J., Aravkin, A., Ashley, E., Bailey, F., Baker, S., Basnyat, B., Bekker, A., Bender, R., Bethou, A., Bielicki, J., Boonkasidecha, S., Bukosia, J., Carneiro, C., Castañeda-Orjuela, C., Chansamouth, V., Chaurasia, S., Chiurchiù, S., Chowdhury, F., Cook, A. J., Cooper, B., Cressey, T. R., Criollo-Mora, E., Cunningham, M., Darboe, S., Day, N. P. J., Luca, M. de, Dokova, K., Dramowski, A., Dunachie, S. J., Eckmanns, T., Eibach, D., Emami, A., Feasey, N., Fisher-Pearson, N., Forrest, K., Garrett, D., Gastmeier, P., Giref, A. Z., Greer, R. C., Gupta, V., Haller, S., Haselbeck, A., Hay, S. I., Holm, M., Hopkins, S., Iregbu, K. C., Jacobs, J., Jarovsky, D., Javanmardi, F., Khorana, M., Kissoon, N., Kobeissi, E., Kostyanev, T., Krapp, F., Krumkamp, R., Kumar, A., Kyu, H. H., Lim, C., Limmathurotsakul, D., Loftus, M. J., Lunn, M., Ma, J., Mturi, N., Munera-Huertas, T., Musicha, P., Mussi-Pinhata, M. M., Nakamura, T., Nanavati, R., Nangia, S., Newton, P., Ngoun, C., Novotney, A., Nwakanma, D., Obiero, C. W., Olivas-Martinez, A., Olliaro, P., Ooko, E., Ortiz-Brizuela, E., Peleg, A. Y., Perrone, C., Plakkal, N., Ponce-de-Leon, A., Raad, M., Ramdin, T., Riddell, A., Roberts, T., Robotham, J. V., Roca, A., Rudd, K. E., Russell, N., Schnall, J., Scott, J. A. G., Shivamallappa, M., Sifuentes-Osorio, J., Steenkeste, N., Stewardson, A. J., Stoeva, T., Tasak, N., Thaiprakong, A., Thwaites, G., Turner, C., Turner, P., van Doorn, H. R., Velaphi, S., Vongpradith, A., Vu, H., Walsh, T., Waner, S., Wangrangsimakul, T., Wozniak, T., Zheng, P., Sartorius, B., Lopez, A. D., Stergachis, A., Moore, C., Dolecek, C., Naghavi, M. (2022): Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *The Lancet*, 399(10325), 629–655. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)02724-0.

Nafo, I., Evenblij, H., Cornelissen, A., McArdell, C., Pahl, O., Dagot, C., Lyko, S., Igos, E., Klepizewski, K., Venditti, S., Kovalova, L., Helwig, K., Barraud, O., Casellas, M., Maftah, C., Ploy, M.-C., Stalder, T. (2012): Pharmaceutical Input and Elimination from local sources: Final report of the European cooperation project PILLS.

Paulus, G. K., Hornstra, L. M., Alygizakis, N., Slobodnik, J., Thomaidis, N., Medema, G. (2019): The impact of on-site hospital wastewater treatment on the downstream communal wastewater system in terms of antibiotics and antibiotic resistance genes. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 222(4), 635–644. DOI: 10.1016/j.ijheh.2019.01.004.

Pinnekamp, J. (2019): Abwasserbehandlung der Zukunft, 13. Aachener Tagung Wassertechnologie, Aachen.

Pinnekamp, J., Beier, S., Cramer, C., Schröder, H. F., Mauer, C., Selke, D. (2009): Eliminierung von Spurenstoffen aus Krankenhausabwässern mit Membrantechnik und weitergehenden Behandlungsverfahren – Pilotprojekt Kreiskrankenhaus Waldbröl: Abschlussbericht im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein- Westfalen, Förderkennzeichen IV – 9 – 042 1B4 0020, RWTH Aachen University.

Sui, Q., Cao, X., Lu, S., Zhao, W., Qiu, Z., Yu, G. (2015): Occurrence, sources and fate of pharmaceuticals and personal care products in the groundwater: A review. *Emerging Contaminants*, 1(1), 14–24. DOI: 10.1016/j.emcon.2015.07.001.

Verlicchi, P., Galletti, A., Petrovic, M., Barceló, D. (2010): Hospital effluents as a source of emerging pollutants: An overview of micropollutants and sustainable treatment options. *Journal of Hydrology*, 389(3-4), 416–428. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2010.06.005.