

Literaturverzeichnis

- [1] Statista: **Abwassermenge in Deutschland nach Abwasserart in den Jahren 2007 und 2013** <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/152749/umfrage/abwassermenge-in-deutschland-im-jahr-2007/>. Eingesehen am 02.01.2018.
- [2] Bundesamt für Umwelt BAFU: Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser. (2012).
- [3] Metzger, S., Rößler, A., Türk, J., Antakyali, D., Schulz, J., Wunderlin, P. und Meier, A.: Status quo der Erweiterung von Kläranlagen um eine Stufe zur gezielten Spurenstoffelimination. WWT Modernisierungsreport. (2015/16) S. 14-19.
- [4] Petrie, B., Barden, R. und Kasprzyk-Hordern, B.: A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: Current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring. *Water Res.* 72 (2015) S. 3-27.
- [5] Schwarzenbach, R. P., Escher, B. I., Fenner, K., Hofstetter, T. B., Johnson, C. A., von Gunten, U. und Wehrli, B.: The Challenge of Micropollutants in Aquatic Systems. *Science* 313 (2006) Nr. 5790, S. 1072-1077.
- [6] DWA-Position: Anthropogene Spurenstoffe im Gewässer, Stand Dezember 2010.
- [7] Magnusson, B., Örnemark, U. (eds.): *Eurachem Guide: The Fitness for Purpose of Analytical Methods – A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics*, (2nd ed. 2014). Available from <http://www.eurachem.org>
- [8] Umweltbundesamt: Organische Mikroverunreinigungen in Gewässern – Vierte Reinigungsstufe für weniger Einträge. 2015.
- [9] Luo, Y., Guo, W., Ngo, H. H., Nghiem, L.D., Hai, F. I., Zhang, J., Liang, S. und Wang, X. C.: A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. *Sci. Total Environ.* 473-474 (2014) S. 619-641.
- [10] Förtsch, G. und Meinholz, H.: *Handbuch Betrieblicher Gewässerschutz*. Springer Spektrum, Wiesbaden 2014.
- [11] Kompetenzzentrum Spurenstoffe-BW: Verfahren zur Spurenstoffentfernung aus kommunalem Abwasser. <https://www.koms-bw.de/technologien/spurenstoffentfernung/>. Eingesehen am 02.01.2018
- [12] Khan, M. A., Hameed, B. H., Lawler, J., Kumar, M. und Jeon, B. H.: Developments in activated functionalized carbons and their applications in water decontamination: A review, *Desalin. Water Treat.* 54 (2014) Nr. 2, S. 422–449.
- [13] Canales-Flores, R.A. und Prieto-García, F.: Activation Methods of Carbonaceous Materials Obtained from Agricultural Waste. *Chem. Biodiversity.* 13 (2016) Nr. 3, S. 261–268.
- [14] Bhatnagar, A., Hogland, W., Marques, M. und Sillanpää, M.: An overview of the modification methods of activated carbon for its water treatment applications. *Chem. Eng. J.* 219 (2013), S. 499-511.

- [15] *Yin, C., Aroua, M., Daud, W.*: Review of modifications of activated carbon for enhancing contaminant uptakes from aqueous solutions, *Sep. Purif. Technol.* 52 (2007) Nr. 3, S. 403–415.
- [16] *Nor, N. M., Lau, L. C., Lee, K. T. und Mohamed, A. R.*: Synthesis of activated carbon from lignocellulosic biomass and its applications in air pollution control—a review. *J. Environ. Chem. Eng.* 1 (2013), S. 658-666.
- [17] *Quinlivan, P. A., Li, L. und Knappe, D. R. U.*: Effects of activated carbon characteristics on the simultaneous adsorption of aqueous organic micropollutants and natural organic matter, *Water Res.* 39 (2005) Nr. 8, S. 1663–1673.
- [18] Kompetenzzentrum Spurenstoffe-BW: Adsorptive Verfahren. https://www.koms-bw.de/technologien/adsorptive_verfahren/. Eingesehen am 04.01.2018
- [19] Umweltbundesamt: Mikroverunreinigungen und Abwasserabgaben, 2015.
- [20] *Fritsch, P., Knaus, W. Merkl, G, Preininger, E, Rautenberg, J. Weiß, M. und Wricke, B.*: Mutschmann/Stimmelmayer - Taschenbuch der Wasserversorgung. Vieweg & Teubner Verlag, Wiesbaden 2011.
- [21] *Du, Z., Deng, S., Bei, Y., Huang, Q., Wang, B., Huang, J., Yu, G.*: Adsorption behavior and mechanism of perfluorinated compounds on various adsorbents--a review, *J. Hazard. Mater.* 274 (2014) S. 443–454.
- [22] *Schuhen, K., Rudloff, M., Hiller, C. und Duchscherer, M.*: Per- und polyfluorierte Chemikalien – Eintragspfade, Akkumulationsfaktoren, Abbauege und Ansätze zur Entfernung dieser Verbindungen aus Prozessen und dem Ökosystem. *gwf Wasser|Abwasser.* 1 (2017) S. 55-67.
- [23] *Laurids Lange, R. und Teichgräber, B.*: Spurenstoffelimination aus Abwasser mittels Pulveraktivkohleadsorption - Dossier- und Abscheidetechniken. *gwf Wasser|Abwasser.* 11 (2017) S. 49-58.
- [24] DWA: Kläranlagenkarte zur Spurenstoffelimination <https://dwa-bw.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=2faf13000bc949328c8549db468660dd>. Eingesehen am 11.01.2018.
- [25] Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg: Kommunale Abwasser - Lagebericht 2015.
- [26] *Benstöm, F., Nahrstedt, A., Böhler, M., Knopp, G., Montag, D., Siegrist, H. und Pinnekamp, J.*: Leistungsfähigkeit granulierter Aktivkohle zur Spurenstoffentfernung aus Abläufen kommunaler Kläranlagen – Ein Überblick über halb- und großtechnische Untersuchungen – Teil 2: Methoden, Ergebnisse und Ausblick. *Korrespondenz Abwasser, Abfall.* 63 (2016) Nr. 63, S. 276-289.

- [27] Zietzschmann, F., Altmann, J., Ruhl, A. S., Dünnbier, U., Dommisch, I., Sperlich, A., Meinel, F. und Jekel, M.: Estimating organic micro-pollutant removal potential of activated carbon using UV absorption and carbon characteristics. *Water Res.* 56 (2014) S. 48-55.
- [28] Fu, F. und Wang, Q.: Removal of heavy metal ions from wastewaters: a review, *J. Environ. Manage.* 92 (2011) Nr. 3, S. 407–418.
- [29] Rivera-Utrilla, J., Sánchez-Polo, M., Ferro-García, M.Á., Prados-Joya, G., Ocampo-Pérez, R.: Pharmaceuticals as emerging contaminants and their removal from water. A review, *Chemosphere* 93 (2013) Nr. 7, S. 1268–1287.
- [30] Wang, J. und Wang, S.: Removal of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) from wastewater: A review. *J. Environ. Manage.* 182 (2016), S. 620-640.
- [31] Ehl, J.: Membranfiltration gegen Mikroplastik und Keime, <https://www.springerprofessional.de/klaeranlagen/abwasser/membranfiltration-gegen-mikroplastik-und-keime/12064418>. Eingesehen am 11.01.2018.
- [32] Herbort, A. F. und Schuhen, K.: A concept for the removal of microplastics from the marine environment with innovative host-guest relationships. 12 (2017) Nr. 12, S. 11061-11065.
- [33] Pathania, D., Sharma, S., Singh, P.: Removal of methylene blue by adsorption onto activated carbon developed from *Ficus carica* bast. *Arab. J. Chem.* 10 (2017) S. 1445–1451.
- [34] Gao, Y., Yue, Q., Gao B.: Insights into properties of activated carbons prepared from different raw precursors by pyrophosphoric acid activation. *J. Environ. Sci.* 41 (2016) S. 235–243.
- [35] Wang, H., Lashaki, M.J., Fayaz, M., Hashisho, Z., Philips, J.H., Anderson, J.E., Nichols, M.: Adsorption and Desorption of Mixtures of Organic Vapors on Beaded Activated Carbon, *Environ. Sci. Technol.* 46 (2012) S. 8341-8350.
- [36] Altmann, J., Ruhl, A. S., Zietzschmann, F., Jekel, M.: Direct comparison of ozonation and adsorption onto powdered activated carbon for micropollutant removal in advanced wastewater treatment. *Water Res.* 55 (2014) S. 185-193
- [37] Amy, G. L., Tan, L., Davis, M.K.: The effects of ozonation and activated carbon adsorption on trihalomethane speciation. *Water Res.* 25 (1991) Nr. 2, S. 191-202.
- [38] Uyak, V., Yavuz, S., Toroz, I., Ozaydin, S., Genceli, E.A.: Disinfection by-products precursors removal by enhanced coagulation and PAC adsorption. *Desalination* 216 (2012) Nr. 1-3, S. 334-344.
- [39] Chaudhary, D.S., Vigneswaran, S., Jegatheesan, V., Ngo, H. H., Moon, H., Shim, W. G., Kim, S. H.: Granular activated carbon (GAC) adsorption in tertiary wastewater treatment: experiments and models, *Water Sci. Technol.* 47 (2003) Nr. 1, S. 113-120.

- [40] Świetlik, J., Raczyk-Stanisławiak, U., Biłozor, S., Ilecki, W., Nawrocki, J.: Adsorption of natural organic matter oxidized with ClO₂ on granular activated carbon. *Water Res.* 36 (2002) S. 2328-2336.
- [41] Yu, J., Lv, L., Lan, P., Zhang, S., Pan, B., Zhang, W.: Effect of effluent organic matter on the adsorption of perfluorinated compounds onto activated carbon. *J. Hazard. Mat.* 225-226 (2012) S. 99–106.
- [42] Nam, S.-W., Choi, D.-J., Kim, S.-K., Her, N. und Zoh, K.-D.: Adsorption characteristics of selected hydrophilic and hydrophobic micropollutants in water using activated carbon. *J. Hazard. Mater.* 270 (2014), S. 144-152.
- [43] Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT): Mikroschadstoffe mit nachhaltigen Adsorptionsmaterialien aus dem Abwasser entfernen. <https://www.analytik-news.de/Presse/2017/148.html>. Eingesehen am 22.08.2017.
- [44] Bolle, F.-W. und Pinnekamp, J., Abschlussbericht Energiebedarf von Verfahren zur Elimination von organischen Spurenstoffen - Phase I, S. 1-193.
- [45] Andrady, A.L.: Microplastics in the marine environment, *Mar. Pollut. Bull.* 62 (2011) Nr. 8, S. 1596–1605.
- [46] Umweltbundesamt: Grafik: Wie lange braucht der Müll im Meer um abgebaut zu werden?
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/419/dokumente/wie_lange_braucht_der_muell_um_abgebaut_zu_werden.pdf. Eingesehen am 06.12.2016.
- [47] Rummler, M. und Harmjanßen, K.: Abschlussbericht Möglichkeiten der Elimination prioritärer Stoffe in der Kläranlage Stadtlohn (2014), S. 1-92.
https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/forschung/wasser/klaeranlage_abwasser/Machbarkeitsstudie%20Stadtlohn_Abschlussbericht.pdf, geprüft am 09.01.2018
- [48] Mintenig, S. M., Int-Veen, I., Löder, M. G., Primpke, S. und Gerdt, G.: Identification of microplastic in effluents of waste water treatment plants using focal plane array-based micro-Fourier-transform infrared imaging. *Water Res.* 108 (2017) Nr. 365-372.
- [49] Wang, Z., DeWitt, J. C., Higgins, C. P. und Cousins, I. T.: A Never-Ending Story of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs)? *Environ. Sci. Technol.* 51 (2017), Nr. 5, S. 2508-2518.
- [50] Arakaki, A., Ishii, Y., Tokuhisa, T., Murata, S., Sato, K., Sono, T., Tatsu, H. und Matsunaga, T.: Microbial biodegradation of a novel fluorotelomer alcohol, 1H,1H,2H,2H,8H,8H-perfluorododecanol, yields short fluorinated acids. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 88 (2010), Nr. 5, S. 1193-1203.
- [51] Frömel, T., Knepper, T. P. und Voogt, P. D.: Biodegradation of Fluorinated Alkyl Substances. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology.* 208 (2010), S. 161-177.

- [52] *Wilhelm, M., Kraft, M., Rauchfuss, K. und Hölzer, J.*: Assessment and Management of the First German Case of a Contamination with Perfluorinated Compounds (PFC) in the Region Sauerland, North Rhine-Westphalia. *J. Toxicol. Environ. Health.* 71 (2008), Nr. 11-12, S.725-733.
- [53] *Ochoa-Herrera, V. und Sierra-Alvarez, R.*: Removal of perfluorinated surfactants by sorption onto granular activated carbon, zeolite and sludge. *Chemosphere.* 72 (2008), Nr. 52, S. 1588-1593. 10.1016/j.chemosphere.2008.04.029
- [54] *Schäfer, A.*: Perfluorinated surfactants contaminate German waters. *Environ. Sci. Technol.* 40 (2006) Nr. 23, S. 7108-7109
- [55] *Eschauzier, C., Beerendonk, E., Scholte-Veenendaal, P., Voogt, P. de*: Impact of treatment processes on the removal of perfluoroalkyl acids from the drinking water production chain, *Environ. Sci. Technol.* 46 (2012) Nr. 3, S. 1708–1715.
- [56] *Takagi, S., Adachi, F., Miyano, K., Koizumi, Y., Tanaka, H., Mimura, M., Watanabe, I., Tanabe, S., Kannan, K.*: Perfluorooctanesulfonate and perfluorooctanoate in raw and treated tap water from Osaka, Japan, *Chemosphere.* 72 (2008) Nr. 10, S. 1409–1412.
- [57] *Takagi, S., Adachi, F., Miyano, K., Koizumi, Y., Tanaka, H., Watanabe, I., Tanabe, S., Kannan, K.*: Fate of perfluorooctanesulfonate and perfluorooctanoate in drinking water treatment processes, *Water Res.* 45 (2011) Nr. 13, S. 3925–3932.
- [58] *Rahman, M. F., Peldszus, S., Anderson, W. B.*: Behaviour and fate of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in drinking water treatment: a review, *Water Res.* 50 (2014) S. 318–340.
- [59] *McCleaf, P., Englund, S., Östlund, A., Lindegren, K., Wiberg, K., Ahrens, L.*: Removal efficiency of multiple poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs) in drinking water using granular activated carbon (GAC) and anion exchange (AE) column tests, *Water Res.* 120 (2017) S. 77–87.
- [60] *Qian, J., Shen, M., Wang, P., Wang, C., Li, K., Liu, J., Lu, B., Tian, X.*: Perfluorooctane sulfonate adsorption on powder activated carbon: Effect of phosphate (P) competition, pH, and temperature, *Chemosphere.* 182 (2017) S. 215–222.
- [61] *Mortimer, C. E. und Müller, U.*: *Chemie: Das Basiswissen der Chemie* (10. Auflage). Thieme Verlag, 2010.
- [62] *Greaves, A. K. und Letcher, R. J.*: A Review of Organophosphate Esters in the Environment from Biological Effects to Distribution and Fate. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 98 (2017), Nr. 1, S. 2-7.
- [63] *Loos, R., Carvalho, R., António, D. C., Comero, S., Locoro, G., Tavazzi, S., Paracchini, B., Ghiani, M. Lettieri, T., Blaha, L. Jarosova, B. Voorspoels, S. Servaes, K. Haglund, P. Fick, J., Lindberg, R. H., Schwesig, D. und Gawlik, B. M.*: EU-wide monitoring survey on

emerging polar organic contaminants in wastewater treatment plant effluents. *Water Res.* 47 (2013) Nr. 1, S. 5475-6487.

[64] *Joo, S. H. und Tansel, B.*: Novel technologies for reverse osmosis concentrate treatment: a review. *J. Environ. Manage.* 150 (2015) S. 322-335.

[65] *Krzeminski, P., Schwermer, C. Wennberg, A. Langford, K. und Vogelsang, C.*: Occurrence of UV filters, fragrances and organophosphate flame retardants in municipal WWTP effluents and their removal during membrane post-treatment. *J. Hazard. Mater.* 323 (2017) S. 166-176.

[66] *Meyer, J. und Bester, K.*: Organophosphate flame retardants and plasticisers in wastewater treatment plants. *J. Environ. Monit.* 6 (2004) S. 599-605.

[67] *Jaworska, J., Van Genderen-Takken, H. Hanstveit, A., van de Plassche, E. und Feijtel, T.*: Environmental risk assessment of phosphonates, used in domestic laundry and cleaning agents in The Netherlands. *Chemosphere* 47 (2002) Nr. 6, S. 655-665.

[68] IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans (2015): Some organophosphate insecticides and herbicides. 112. Aufl. Lyon.

[69] European Commission (2017): Summary report of the Appeal Committee. Phytopharmaceuticals - Plant Protection Products -Legislation. Hg. v. European Commission, zuletzt geprüft am 29.11.2017.

[70] *Wicke, D., Matzinger, A., Sonnenberg, H., Caradot, N., Schubert, R.-L. und Rouault, P.*: Spurenstoffe im Regenwasserabfluss Berlins. *Korrespondenz Abwasser, Abfall* 64 (2017) Nr. 5, S. 394–404.

[71] *Metzger, S., Rößler, A. und Kapp, H.*: Erweiterung des Klärwerks Mannheim um eine Adsorptionsstufe zur Verbesserung der Abwasserreinigung – Spurenstoffbericht. Biberach 2012.

[72] *Knepper, T. P., Sacher, F., Lange, F. T., Brauch, H. J., Karrenbrock, F., Roerden, O. und Lindner, K.*: Detection of polar organic substances relevant for drinking water. *Waste Manage.* 19 (1999) Nr. 2, S. 77-99.

[73] *Jayson, G. G., Lawless, T. A. und Fairhurst, D.*: The adsorption of organic and inorganic phosphates onto a new activated carbon adsorbent. *J. Colloid Interface Sci.* 86 (1982) Nr. 2, S. 397-410.

[74] *Bimmler, P. und Schuhen, K.*: Antiscalante in der Abwassersanierung. *Wasserwirtschaft Wassertechnik.* 9 (2016), S. 37–40.

[75] Eigene Datenerhebungen Universität Koblenz-Landau.

[76] *Krahnstöver, T. und Wintgens, T.*: Optimierung der Betriebsparameter zur Flockung von Pulveraktivkohle in der weitergehenden Abwasserreinigung. *Aachener Tagung Abwassertechnologie Begleitbuch* (2017) S. 201-206.

[77] *Schuhen, K.*: Funktionalisierte, strukturierte Materialien für sauberes Wasser, *Nachrichten aus der Chemie* 62 (2014) Nr. 7, S. 759–762.

[78] *Schuhen, K.*: Hybridkieselsäurematerial, insbesondere zur Fixierung anthropogener Verunreinigungen aus einem aquatischen Umfeld Nr. WO2016166219 (A1), 2016.

[79] *Herbort, A.F.* und *Schuhen, K.*: Zwei Betrachtungswinkel: Kunststoffe – die Alltagshelfer oder Mikroplastik – das Umweltproblem?, *Mitteilungen der Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie*, 04 (2017).

[80] *Herbort, A.F.*, *Sturm, M.T.*, *Fiedler, S.*, *Abkai, G.* und *Schuhen, K.*: Alkoxy-silyl induced Agglomeration: A new Approach for the sustainable Removal of inert organic chemical Stressors from Wastewater. *J. Polym. Environ.* (2017). submitted