

## Abstract

---

Desorption of organic micropollutants (OMP) from activated carbon (AC) can result as a reversal of adsorption processes, which are widely used for advanced water treatment. OMP desorption is generally undesired during the treatment process, potentially leading to increased effluent concentrations. The present study aims to investigate the desorption of OMP from AC and to determine factors affecting this process in real waters.

In laboratory batch experiments, a decrease of OMP concentrations in the influent of an AC system was simulated, potentially inducing desorption. Firstly, the AC was loaded during an adsorption phase, and subsequently exposed to a solution with decreased OMP concentration during a desorption phase. The tests were conducted with AC of different properties and evaluated in terms of the extent of desorption.

Under pure water conditions in both, the adsorption and desorption phase, all evaluated OMP showed highly/completely reversible adsorption for all tested AC, which reflects their general desorption potential. By stepwise substituting pure water with drinking water, further tests elucidated the impact of dissolved organic matter (DOM) on the desorption process, differing for different AC. For a microporous AC, an increased irreversibility of OMP adsorption was observed, attributed to a blocking of AC pores by irreversibly adsorbed DOM. For a macroporous AC, the DOM adsorption resulted in an increased OMP desorption, induced by an additional displacement of adsorbed OMP by DOM during the desorption phase.

To further examine these particular DOM effects, the tests were conducted with different DOM size fractions, prepared by different pre-treatments of drinking water. The resulting low and high molecular weight DOM solutions, respectively, caused very similar effects for the particular AC. Thus, the increasing as well as the decreasing impact of DOM on OMP desorption, depending on the applied AC, could not be referred to DOM fractions of a certain size. These results indicated that desorption effects might be similar among different waters.

To verify these findings, additional drinking and waste water samples of different origin, which varied in their qualitative and quantitative DOM composition, were used as background solutions in further tests. They indeed induced very similar effects in case of each tested individual AC. By increasing the number of AC in these tests, the influence of AC properties was evaluated in more detail. A clear correlation between the AC pore structure, expressed by the average pore size, and the OMP desorption extent was found.

This study shows that OMP desorption in treatment systems needs to be considered in case of variable inflow concentrations. Due to different effects of DOM, depending on the applied AC, it can be of different extent and is strongly affected by the AC pore structure, with reduced OMP desorption for microporous AC.

## Zusammenfassung

---

Die Desorption organischer Spurenstoffe von Aktivkohle (AK) kann durch eine Umkehr der Bedingungen in Adsorptionsprozessen hervorgerufen werden, welche zur weitergehenden Wasseraufbereitung eingesetzt werden. Da hierdurch erhöhte Ablaufkonzentrationen auftreten können, ist eine Desorption von Spurenstoffen während des laufenden Betriebes unerwünscht. Die vorliegende Arbeit hat das Ziel, die Desorption organischer Spurenstoffe von AK zu untersuchen und Einflussgrößen zu ermitteln, die in realen Wässern auf diesen Prozess einwirken.

In Batch-Versuchen wurde eine Abnahme der Spurenstoff-Konzentration im Zulauf einer AK-Anlage simuliert, wodurch eine Desorption potentiell hervorgerufen werden kann. Dabei wurde die AK zunächst während einer Adsorptionsphase beladen und anschließend, während einer Desorptionsphase, mit einer Lösung mit geringerer Spurenstoff-Konzentration in Kontakt gebracht. Diese Versuche wurden dabei parallel mit verschiedenen Aktivkohlen mit unterschiedlichen Eigenschaften durchgeführt und in Bezug auf das Ausmaß der Spurenstoff-Desorption ausgewertet.

Unter Reinstwasserbedingungen in der Adsorptions- und der Desorptionsphase zeigten alle untersuchten Spurenstoffe eine hohe bis vollständige Reversibilität der Adsorption für alle untersuchten AK. Dieses verdeutlicht das generelle Desorptionspotential von Spurenstoffen. Durch einen schrittweisen Austausch von Reinstwasser durch Trinkwasser wurde in weiteren Versuchen der Einfluss von gelösten organischen Hintergrundsubstanzen auf die Desorption untersucht. Bei einer mikroporösen AK führte die Adsorption dieser Hintergrundsubstanzen zu einer erhöhten Irreversibilität der Spurenstoff-Adsorption, was auf eine Verblockung der AK-Poren durch irreversibel adsorbierte Bestandteile der Hintergrundorganik zurückgeführt werden konnte. Bei einer makroporösen AK konnte eine verstärkte Spurenstoff-Desorption durch die Adsorption von Hintergrundsubstanzen beobachtet werden, hervorgerufen durch eine Verdrängung der adsorbierten Spurenstoffe während der Desorptionsphase.

Für eine tiefergehende Analyse dieser Auswirkungen organischer Hintergrundsubstanzen wurden weitere Versuche mit verschiedenen Größenfraktionen der Hintergrundorganik durchgeführt, welche zuvor durch unterschiedliche Vorbehandlungen von Trinkwasser hergestellt wurden. Die dabei gewonnenen Lösungen mit höher- bzw. niedermolekularen Hintergrundsubstanzen zeigten sehr ähnliche Effekte auf die Spurenstoff-Desorption von den verschiedenen Aktivkohlen. Die verstärkenden bzw. vermindernenden Effekte auf die Desorption, abhängig von der eingesetzten AK, konnten damit nicht bestimmten Größenfraktionen der Hintergrundorganik zugeordnet werden. Dieses deutete an, dass die Spurenstoff-Desorption in verschiedenen Wässern ähnlich sein könnte.

Um dies zu überprüfen, wurden zusätzliche Trink- und Abwasserproben verschiedener Herkunft als Lösungen in weiteren Versuchen eingesetzt, welche sich in der quantitativen und qualitativen Zusammensetzung ihrer Hintergrundorganik unterschieden. Hierbei konnten tatsächlich sehr ähnliche Effekte der verschiedenen Wasserproben für die jeweiligen AK beobachtet werden. Darüber hinaus wurde durch eine erhöhte Anzahl an getesteten AK der Einfluss von AK-Eigenschaften auf die Desorption genauer untersucht. Hierbei konnte ein deutlicher Zusammenhang zwischen der AK-Porenstruktur, ausgedrückt durch die durchschnittliche AK-Porengröße, und dem Ausmaß der Spurenstoff-Desorption gefunden werden.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass mögliche Desorptionseffekte von Spurenstoffen bei schwankenden Zulaufkonzentrationen beachtet werden sollten. Das Ausmaß der Desorption kann durch den Einfluss der organischen Hintergrundorganik unterschiedlich sein und hängt in besonderem Maße von der Porenstruktur der verwendeten AK ab, wobei mikroporöse AK eine verringerte Desorption zeigen.