

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ZIEL DER VORLIEGENDEN ARBEIT .....</b>	<b>3</b>
2.1	Phosphorelimination in einem Flockungsfilter .....	3
2.2	Parallele Elimination von Phosphor und organischen Mikroschadstoffen in einem GAK-Filterbett .....	3
2.3	Fragestellungen und Ziel der vorliegenden Arbeit.....	4
<b>3</b>	<b>PHOSPHOR IM BLICKPUNKT DES GEWÄSSERSCHUTZES .....</b>	<b>5</b>
3.1	Phosphor und seine Verbindungen in Gewässern .....	5
3.2	Eutrophierung .....	8
3.3	Anforderungen zur Reduzierung der Phosphoreinträge in Fließgewässer auf Basis der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) .....	10
3.4	Phosphorbelastung und Feststoffcharakteristik im Ablauf konventioneller Kläranlagen.....	14
<b>4</b>	<b>ELIMINATION VON PHOSPHOR IN EINEM RAUMFILTER MITTELS FLOCKUNGSFILTRATION .....</b>	<b>17</b>
4.1	Allgemeines .....	17
4.2	Fällung und Flockung .....	18
4.3	Filtrationsprozess im abwärtsdurchströmten Raumfilter mit Überstauregelung .....	23
4.4	Filtermaterialien .....	26
4.5	Partikelrückhalt, Druckverlust und Filterlaufzeit.....	28
4.6	Spülung und Stratifikation .....	31
<b>5</b>	<b>ORGANISCHE MIKROSCHADSTOFFE IN FLIEßGEWÄSSERN UND ABWÄSSERN.....</b>	<b>34</b>
5.1	Definition und Belastungsquellen .....	34
5.2	Maßnahmen zur Reduzierung des Eintrags von organischen Mikroschadstoffen in Fließgewässer – Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und Stakeholderprozess .....	35

<b>6</b>	<b>ELIMINATION VON ORGANISCHEN MIKROSCHADSTOFFEN IN EINEM RAUMFILTER MITTELS GRANULIERTER AKTIVKOHLE .....</b>	<b>38</b>
6.1	Abgrenzung des Verfahrens .....	38
6.2	Adsorption von organischen Verbindungen an Aktivkohle.....	40
6.3	Elimination von organischen Mikroschadstoffen in GAK-Filtern.....	52
6.4	Bewertung der Eliminationsleistung .....	55
<b>7</b>	<b>GAK-FILTER ZUR PARALLELEN ELIMINATION VON PHOSPHOR UND ORGANISCHEN MIKROSCHADSTOFFEN .....</b>	<b>58</b>
7.1	Erfahrungen zum Feststoff- und Phosphorrückhalt in GAK-Filtern .....	58
7.2	Erfahrungen zur Elimination von organischen Mikroschadstoffen in feststoffbelasteten GAK-Filtern.....	61
<b>8</b>	<b>MATERIAL UND METHODEN.....</b>	<b>65</b>
8.1	Durchgeführte Untersuchungen .....	65
8.2	Versuchsanlage .....	67
8.3	Filtersäule.....	68
8.4	Betrieb der Anlage.....	70
8.5	Automatisierung und Datenaufzeichnung.....	71
8.6	Probenahme und Analytik .....	72
<b>9</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>78</b>
9.1	Phosphor- und Feststoffelimination mittels Flockungsfiltration .....	78
9.1.1	Phosphorfraktionen im Zulauf zur Versuchsanlage .....	78
9.1.2	Phosphorelimination im Anthrazit/Sand-Filter - Auswertung von Zyklus-Mischproben .....	80
9.1.3	Phosphorelimination in drei GAK-Filtern - Auswertung von Zyklus-Mischproben .....	87
9.1.4	Darstellung des Filtrationsprozesses anhand von 2-h-Ganglinien und Druckverlustprofilen .....	88
9.1.5	Bilanzierung der Feststoffentnahme .....	97
9.1.6	Einfluss von Art und Höhe der Feststoffbelastung auf den Filterbetrieb	100
9.1.6.1	Einfluss der Fällmitteldosierung auf den Druckverlust .....	100
9.1.6.2	Einfluss der Korngröße auf den Druckverlust .....	104
9.1.6.3	Einfluss der Feststoffbelastung auf die Filterlaufzeit .....	107

<b>9.2 Zusammenfassung der Ergebnisse der Phosphor- und Feststoffelimination .....</b>	<b>112</b>
<b>9.3 Elimination von organischen Mikroschadstoffen .....</b>	<b>115</b>
9.3.1 Konzentration der organischen Mikroschadstoffe im Zulauf zur Versuchsanlage.....	115
9.3.2 Elimination organischer Mikroschadstoffe im Filter GAK 4x8 mesh/Sand (2,36 – 4,75 mm) in Versuchsphase III.....	117
9.3.2.1 Elimination des DOC – Verlauf von $c/c_0$ und Profile .....	117
9.3.2.2 Elimination organischer Mikroschadstoffe – Durchbruchskurven und Profile .....	119
9.3.3 Elimination organischer Mikroschadstoffe im Filterbett GAK 8x14 mesh (1,40 bis 2,36 mm) in Versuchsphase IV.....	124
9.3.3.1 Elimination des DOC – Durchbruchskurve und Profile .....	124
9.3.3.2 Elimination organischer Mikroschadstoffe - Durchbruchskurven .....	126
9.3.3.3 Elimination organischer Mikroschadstoffe – Konzentrationsprofile im feststoffbelasteten Filterbett .....	130
9.3.3.4 Elimination organischer Mikroschadstoffe – Verknüpfung von Adsorptionsisothermen mit Konzentrationsprofilen .....	133
<b>9.4 Zusammenfassung der Ergebnisse der Elimination von DOC und organischen Mikroschadstoffen .....</b>	<b>140</b>
<b>10 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....</b>	<b>145</b>
10.1 Phosphorelimination in einem Flockungsfilter .....	145
10.2 Parallele Elimination von Phosphor und organischen Mikroschadstoffen in einem GAK-Filterbett .....	146
10.3 Ausblick .....	148
<b>11 LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>150</b>
<b>12 ANHANG .....</b>	<b>169</b>