

# **Abschlussbericht**

## **zum Verbundprojekt**

**Entwicklung einer adsorptiven Stufe zur Elimination  
organischer Spurenstoffe auf kommunalen Kläranlagen**

### **Teilprojekt 2A: Weiterverwertung teilbeladener Trinkwasserreinigungskohlen zur Abwasserbehandlung**

Sachbearbeiter:

Dr.-Ing. Marcel Riegel

Dr.-Ing. Brigitte Haist-Gulde

Projektförderung durch:



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Förderkennzeichen: 02 WA 1022

Januar 2011

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) <b>Schlussbericht</b>
3. Titel  <u>Verbundprojekt:</u> Entwicklung einer adsorptiven Stufe zur Elimination organischer Spurenstoffe auf kommunalen Kläranlagen  <u>Teilprojekt 2A:</u> Weiterverwertung teilbeladener Trinkwasserreinigungskohlen zur Abwasserbehandlung	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)]  Dr.-Ing. Marcel Riegel Dr.-Ing. Brigitte Haist-Gulde	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.07.2010
	6. Veröffentlichungsdatum
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)  DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW) Karlsruher Straße 84 76139 Karlsruhe	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen *) 02 WA 1022
	11. Seitenzahl 133
12. Fördernde Institution (Name, Adresse)  Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 39
	14. Tabellen 29
	15. Abbildungen 94
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung Kornaktivkohle wird in zahlreichen Wasserwerken zur Spurenstoffentfernung eingesetzt. Nach Erschöpfung der Aktivkohle wird diese thermisch reaktiviert oder aber in zunehmendem Maße entsorgt. Bei der Anwendung von Pulveraktivkohle (PAC) auf kommunalen Kläranlagen zur Entfernung organischer Spurenstoffe wird bislang ausschließlich handelsübliche PAC eingesetzt. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde geprüft, ob und unter welchen Randbedingungen erschöpfte Kornaktivkohlen aus Wasserwerken nach Aufmahlen als PAC auf kommunalen Kläranlagen eingesetzt werden können. Der Einfluss des Wassergehalts der Kornaktivkohle beim Mahlvorgang auf die resultierende Mahlfeinheit der PAC und den dabei resultierenden adsorptionskinetischen Eigenschaften wurde untersucht. Es wurde festgestellt, dass für den Mahlvorgang ein Wassergehalt bis 40 Gew.-% ausreicht, um eine für den Adsorptionsvorgang ausreichende Mahlfeinheit zu erreichen. Dies lässt sich durch Lufttrocknung erreichen, sodass hierfür keine zusätzliche Energie aufzuwenden ist. Die Untersuchungen zur adsorptiven Entfernung von organischen Spurenstoffen durch aufgemahlene Wasserwerkskohlen ergaben, dass prinzipiell sämtliche Wasserwerkskohlen als Pulveraktivkohle zur Spurenstoffentfernung auf kommunalen Kläranlagen eingesetzt werden können. Dies gilt für Aktivkohlen unterschiedlicher Rohstoffbasis als auch verschiedener Einsatzorte und somit unterschiedlicher spezifischer Beaufschlagung. In einer halbtechnischen Versuchsanlage zeigten teilbeladenen Wasserwerkskohlen erwartungsgemäß geringere Entfernungsraten als in gleichen Mengen eingesetzte unbeladene PAC. Um vergleichbare Eliminationsleistungen zu erreichen, ist die Zugabe an Wasserwerkskohlen geringfügig zu erhöhen. Eine Energie- und Kostenbetrachtung ergab, dass die adsorptive Verwertung von erschöpften Wasserwerkskohlen zur Abwasserbehandlung einer thermischen Reaktivierung vorzuziehen ist. Zudem ist im Gesamtprozess – Wasserwerk und Kläranlage – hierdurch ein deutlich geringerer Aktivkohlebedarf erforderlich und es resultieren zudem geringere Gesamtkosten. Somit stellt der vorgeschlagene Prozess ein Verfahren zur Verwertung von Abfällen und Schonung von Ressourcen im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes dar.	
19. Schlagwörter Weitergehende Abwasserreinigung, Pulveraktivkohle, Verwertung Wasserwerkskohle	
20. Verlag	21. Preis

## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Final report
3. title  <u>Joint research project:</u> Development of an adsorptive treatment for elimination of organic micropollutants in municipal sewage works  <u>Sub-project 2A:</u> Further utilisation of partially charged water works activated carbon for wastewater treatment	
4. author(s) (family name, first name(s))  Dr.-Ing. Marcel Riegel Dr.-Ing. Brigitte Haist-Gulde	5. end of project July 2010
	6. publication date
	7. form of publication
8. performing organization(s) (name, address)  DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW) Karlsruher Straße 84 76139 Karlsruhe Germany	9. originator's report no.
	10. reference no. 02 WA 1022
	11. no. of pages 133
12. sponsoring agency (name, address)  Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references 39
	14. no. of tables 29
	15. no. of figures 94
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	
18. abstract Water works apply granular activated carbon (GAC) for the removal of micropollutants. After exhaustion the GAC is reactivated or in most cases the GAC must be disposed. Currently some wastewater treatment plants expand the treatment process by an adsorptive process with powdered activated carbon (PAC). The research incentive was the evaluation if and under which conditions exhausted GAC from waterworks can be used as PAC in wastewater treatment plants for the removal of trace organic compounds. According to the adsorption theory the adsorption capacity increases with increasing initial concentration. Thus GAC from water works should have remaining adsorption capacity for waste water compounds. Fundamental studies showed that for grinding the GAC the moisture should be less than 40 %. Then an impact of PAC particle size on the adsorption kinetics can be excluded. Such moisture can be achieved by air drying, therefore an energy and cost intensive process is not required. Adsorption experiments showed that each exhausted GAC, grinded to PAC, is applicable for a further waste water treatment. 37 GAC of 22 water works are evaluated by laboratory studies according to their elimination rates for trace organic compounds, e.g. pharmaceuticals out of sewage water. Independent of the GAC raw material, the type of raw water in the water work and the operation times of the GAC adsorbers a use of the GAC as PAC for wastewater treatment is possible. The laboratory results were proved true by pilot plant investigations under practical conditions on a sewage plant. As expected the elimination rates using the water works GAC after grinding are less compared to the application of commercial PAC. Comparable elimination rates are achieved by increasing the amount of partially charged water works activated carbon. By balancing energy and costs a further application of exhausted GAC from waterworks should be preferred to a thermal reactivation of the GAC. Considering the overall process of water and sewage treatment the further activated carbon utilisation induce both, a reduction in activated carbon demand and costs.	
19. keywords Advanced wastewater treatment, powdered activated carbon, further utilisation, waterworks activated carbon	
20. publisher	21. price

## Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	1
2.	Theoretischer Hintergrund.....	3
3.	Aufgabenstellung.....	5
4.	Experimentelle Grundlagen.....	7
4.1.	Auswahl der Aktivkohlen.....	7
4.1.1	Kornaktivkohlen aus Wasserwerken.....	7
4.1.2	Pulveraktivkohlen.....	9
4.2.	Trocknung der Kornaktivkohlen.....	9
4.3.	Mahlvorgang.....	10
4.4.	Eigenschaften der Pulveraktivkohlen – Laboruntersuchungen.....	11
4.4.1	Partikelgrößenverteilung.....	11
4.4.2	Adsorptionseigenschaften.....	12
4.4.2.1	Adsorptionseigenschaften gegenüber Modellsubstanzen.....	12
4.4.2.2	Adsorptionseigenschaften gegenüber Spurenstoffen.....	13
4.5.	Experimentelle Untersuchungen in halbtechnischem Maßstab.....	15
4.6.	Analytische Messmethoden.....	17
4.6.1	Iodierte Röntgenkontrastmittel.....	17
4.6.2	Arzneimittelrückstände.....	17
4.6.3	Benzotriazole.....	18
4.6.4	Metformin.....	19
4.6.5	Antibiotika.....	19
4.6.6	Chemisch-physikalische Parameter.....	20

5.	V Versuchsergebnisse .....	21
5.1.	Konditionierung von Wasserwerkskohlen .....	21
5.1.1	Trocknung von Kornaktivkohlen .....	21
5.1.2	Zusammenhang zwischen Wassergehalt beim Mahlvorgang und resultierender Mahlfeinheit .....	22
5.1.3	Zusammenhang zwischen Wassergehalt beim Mahlvorgang und adsorptionskinetischen Eigenschaften .....	29
5.2.	Ermittlung der Adsorptionseigenschaften erschöpfter Wasserwerkskohlen für Abwasserinhaltsstoffe – Laborversuche .....	36
5.2.1	Grundlegende Untersuchungen .....	36
5.2.1.1	Voruntersuchungen.....	36
5.2.1.2	Variation der Pulverkohlezugabemenge .....	38
5.2.1.3	Variation der Kontaktzeit.....	44
5.2.1.4	Einfluss der Anfangskonzentration.....	50
5.2.1.5	Vergleich von Frischkohle und erschöpfter Wasserwerkskohle .....	51
5.2.1.6	Vergleich handelsüblicher Pulveraktivkohlen.....	53
5.2.2	Testung von Aktivkohlen aus unterschiedlichen Wasserwerken .....	55
5.2.2.1	Wasserwerkskohlen auf unterschiedlicher Rohstoffbasis zur Entfernung von Abwasserinhaltsstoffen.....	57
5.2.2.2	Wasserwerkskohlen aus Wasserwerken unterschiedlicher Rohwässer zur Entfernung von Abwasserinhaltsstoffen .....	66
5.2.2.3	Einfluss der spezifischen Beaufschlagung im Wasserwerk auf die Entfernungsraten von Abwasserinhaltsstoffen .....	70
5.2.2.4	Einfluss der Abwassermatrix.....	72