

Rückgewinnung von Filtersanden

durch Trennung von Aktivkohle-Sand-Gemischen aus der Langsamsandfiltration



Sandwäsche Westhofen im Betrieb

Mit der Errichtung einer Sandwäsche in der Wassergewinnung Westhofen ist eine verfahrenstechnisch wirkungsvolle **Trennung von Aktivkohle-Sand-Gemischen** ermöglicht worden. Die Durchführung routinemäßiger Qualitätskontrollen des gewaschenen Sandes sichert die Wiederverwendung des Materials in der Langsamsandfiltration. Aufgrund der guten Erfahrungen mit der neuen, in Teilen innovativen Technik wurden im **Rahmen eines Sanierungsprogramms** die bei WWW bestehenden Sandwäschen älterer Bauart auf die neue Technik umgerüstet.

von: Ulrich Schulte-Ebbert & Thomas Bock (beide: Wasserwerke Westfalen GmbH)

Mit der Feststellung signifikanter Konzentrationen einzelner Industriechemikalien aus der Stoffgruppe der PFT (perfluorierte Tenside) in der Ruhr wurde im Jahr 2006 der Betrieb von Langsamsandfilteranlagen vor neue Herausforderungen gestellt. Die PFT-Verbindungen waren aus belasteten Düngestoffen über die landwirtschaftliche Ausbringung mit dem Niederschlags- und Grundwasser in die Ruhr gelangt.

Schnell zeigte sich, dass eine Dosierung von Pulveraktivkohle in den Rohwasserzufluss zur nachgeschalteten künstlichen Grundwas-

seranreicherung ein probates Mittel zur deutlichen Verminderung der PFT-Konzentrationen darstellt. Die Wasserwerke Westfalen GmbH (WWW) reagierte durch den Einsatz mobiler Dosiereinrichtungen, die seit den 1990er-Jahren zur Abwehr unkontrollierter Schadstoffwirkungen durch eventuelle Verunreinigungen in der Ruhr vorgehalten wurden, unmittelbar auf die neue und überraschende Problematik. Im Rahmen der politischen Diskussion sah sich die Landesregierung NRW veranlasst, behördliche Verfügungen zu erlassen, in denen eine dauerhafte Dosierung von Pulveraktivkohle in den

Rohwasserstrom gefordert wird. Für den Betrieb der Anreicherungsanlagen der WWW bedeutete dies, dass aufgrund der dauerhaften Dosierung die aus den Filterbeckenreinigungen anfallenden Schmutzsandmengen vor deren Wiederverwendung einer weiteren Aufbereitung bedürfen.

Betriebliche Ausgangssituation

Aufgrund anlagenspezifischer Gegebenheiten erfolgt die Dosierung von Pulveraktivkohle in den Wassergewinnungsanlagen der WWW vorwiegend in den Ablauf der den Versickerungsbecken vorgeschalteten Sedimentationsbecken bzw. der Vorfilteranlagen (Abb. 1). Das Rohwasser gelangt von dort über ein Leitungssystem zu den Langsandsandfilterbecken. Hier führt die dosierte Pulveraktivkohle schon nach kurzer Zeit zu einer deutlich sichtbaren Schwarzfärbung der Filtersandschicht. Untersuchungen dieser Sandschichten haben ergeben, dass eine Verfrachtung der Pulveraktivkohle in die unteren Sandschichten nicht erfolgt (Abb. 2).

Steht ein Filterbecken zur Reinigung an, erfolgt durch Einsatz einer Abhebemaschine das Abschälen der oberen Filtersandschicht in der Regel in einer Stärke von 3 bis 5 cm. Der verschmutzte Filtersand enthält anorganische und organische Schwebstoffe aus der Ruhr, Algen und die dosierte Pulveraktivkohle. Ein geordneter Entsorgungs- bzw. Verwertungsweg stand für dieses Material schon wegen des hohen Anteils an Pulveraktivkohle nicht zur Verfügung. Überdies sollte wegen der nicht aus-

zuschließenden Gefahr einer Rücklösung der in der Kohlematrix gebundenen PFT der kohlehaltige Rückstand der Kreislaufwirtschaft nachhaltig entzogen werden. Deswegen kam für die WWW nur eine thermische Verwertung in Betracht.

Grundvoraussetzung für diesen Entsorgungsweg ist die verfahrenstechnische Trennung der auf dem Langsandsandfilter zurückgehaltenen Stoffe nebst der Pulveraktivkohle vom Filtersand. Um die Kosten einer thermischen Entsorgung möglichst gering zu halten, ist eine scharfe Trennung des ursprünglichen Filtersandes von den anorganischen und organischen Feinanteilen erforderlich. Um das Ziel der späteren Wiederverwertung des gereinigten Filtersandes in der Langsandsandfiltration zu ermöglichen, müssen möglichst alle am Sand haftenden Stoffe bei der Sandwäsche entfernt werden, sodass im späteren Filterbetrieb eine Remobilisierung von Schadstoffen ausgeschlossen werden kann.

Bei Vorversuchen in den beiden bei WWW bereits vorhandenen Sandwäschen in den Wasserwerken Echthausen und Halingen zeigte sich, dass die Pulveraktivkohle aufgrund des geringeren spezifischen Gewichtes von $0,8 \text{ t/m}^3$ im Waschprozess schnell aufschwimmt und über die einzelnen Verfahrensschritte „verschleppt“ wird. Somit musste eine technische Anpassung erfolgen. Zudem war klar, dass die jährlich allein aus dem Bereich der Schwerter Wasserwerke und im Wasserwerk Witten anfallenden Schmutzsandmengen von ca. 7.000 t/a in den vorhandenen Sandwäschen aus Kapa-

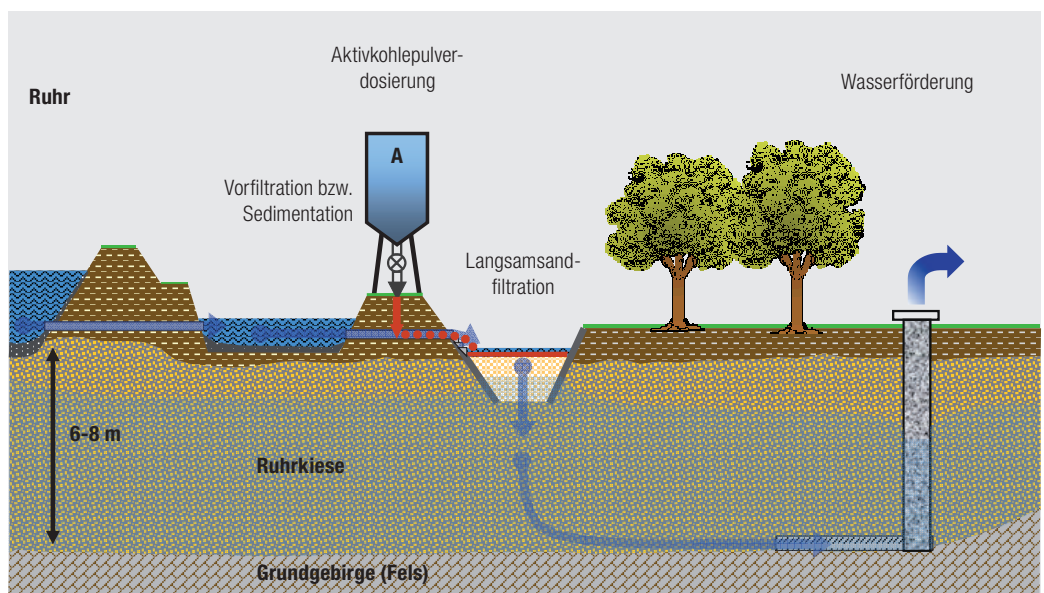


Abb. 1: Schema der künstlichen Grundwasseranreicherung und Dosierung von Aktivkohlepulver



Quelle: Wasserwerke Westfalen

Abb. 2: Aufgebrochene Schicht aus Aktivkohlepulver, anderen abgelagerten Schwebstoffen und Algen auf einem Langsandsandfilter (Schichtmächtigkeit 1-3 cm)

zitätsgründen nicht gereinigt werden können. Ferner war aufgrund der geografischen Entfernung der Wassergewinnungen zueinander ein Transport zu den vorhandenen Anlagenstandorten nicht zielführend.

Verfahrenstechnische Konzeption

Aus den gewonnenen Erkenntnissen entwickelte sich die Entscheidung zur Konzeption einer neuen, zusätzlichen verfahrenstechnisch verbesserten Sandwäsche, wobei folgende Grundanforderungen berücksichtigt werden sollten:

- mobile Bauart zum Betrieb an unterschiedlichen Standorten
- CE-Zertifizierung der Gesamtanlage
- Durchsatzleistung von 20 bis 25 t/h
- vollautomatisierte Anlagensteuerung
- Kreislaufführung des Waschwassers

Nach umfangreicher Planung wurde eine Anlagenkonfektionierung, bestehend aus folgenden Hauptkomponenten, favorisiert (Abb. 3).

Schmutzsandaufgabe über Hochbunker

Die Beschickung der Anlage mit Schmutzsand erfolgt über einen Radlader in einen Hochbunker. Der Materialabzug aus dieser Bevorratung erfolgt über ein frequenzgeregeltes Dosierband mit Abwurf auf ein weiteres Transportförderband zum Grobsieb.

Gestuftes Grobsieb mit Hochdruckbebrausung als Vorreinigungsstufe

Ein Grobsieb dient der Aussortierung von Überkorngößen, wobei die Maschenweite des Siebelages im Bereich der Materialaufgabe 3 mm beträgt und im unteren Teil 8 mm. Durch Installation einer mehrreihigen Hochdruckbebrausung erfolgt bereits an dieser Stelle ein entscheidender Reinigungsprozess, in dem Schmutz- und Pulveraktivkohleanhaftungen am Sandkorn gelöst werden. Der Ablauf der Grobsiebanlage führt das nunmehr pumpfähige Wasser-Sand-Gemisch einer Behälterpumpe zu, die das Fördermedium einem Sandfang zuleitet.

Sandfang mit Hydrozyklon und aufgesetztem Entwässerungssieb sowie nachgeschaltete Siebbebrausung

Die eigentliche Reinigung und somit Abtrennung der eingebrachten Pulveraktivkohle sowie weiterer Schmutzanhaftungen vom Filtersand erfolgt in einem aus der Bodenwäsche bekannten Sandfang in Trogausbildung. Im Gegenstromverfahren wird das Wasser-Sand-Gemisch über Leitbleche einem Becherwerk zugeführt. Der gewaschene Sand wird hierdurch auf ein Entwässerungssieb gehoben. Durch Abzug des Waschwassers wird der Sand erdfeucht auf eine Förderbandanlage zum sogenannten Reinsandplatz befördert. Eine am Entwässerungssieb

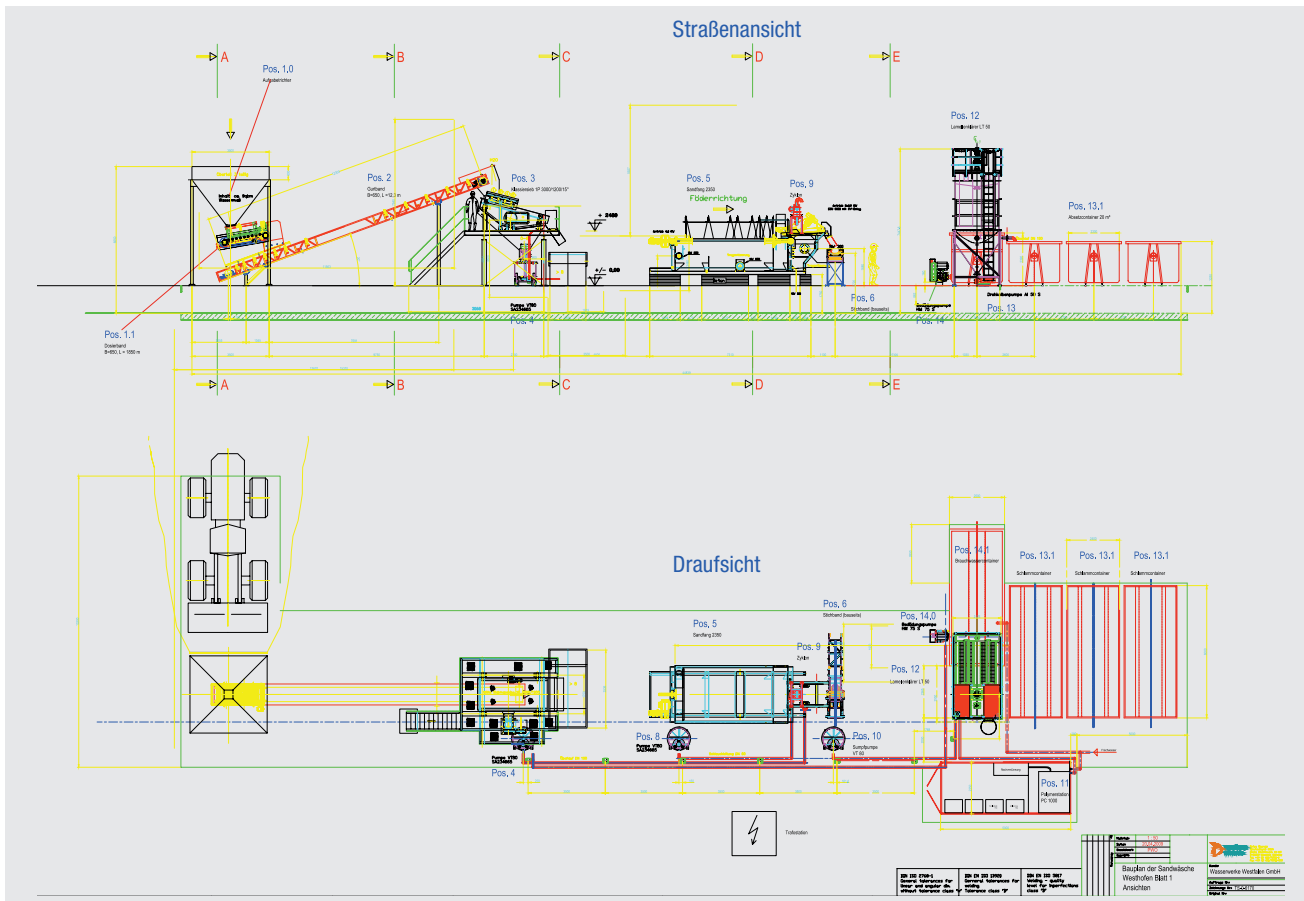
angebrachte Frischwasserbebrausung entfernt dabei Schwimmschlammrückstände aus dem anhaftenden Waschwasser. Das aus dem Entwässerungssieb resultierende Waschwasser wird erneut in den Sandfang abgeleitet und so wieder dem Waschprozess zugeführt. Die Ableitung von anfallendem Schwimmschlamm aus der Wascheinheit erfolgt in eine Behälterpumpe. Diese befördert das Medium in einen Hydrozyklon, wobei die Rückführung des Unterlaufs erneut dem Waschprozess, der Oberlauf über eine weitere Behälterpumpe dem Lamellenklärer zugeführt wird.

Waschwasserbehandlung über Lamellenklärer

Die Eindickung des pulveraktivkohlehaltigen Schlammes erfolgt in einem Lamellenklärer. Zur Unterstützung der Schlammkonditionierung wird dem Schlammwasser ein Flockungshilfsmittel (Polymer) zudosiert. Die hierzu erforderliche Anlagentechnik ist in einem entsprechend ausgestatteten Seecontainer untergebracht, der gleichzeitig auch die komplette Automatisierungstechnik der Sandwäsche beherbergt. Gesteuert wird der Eindickungsprozess über eine Dichtemessung des Schlammes. Bei Erreichen einer Schlammichte von 1.120 g/l erfolgt der Schlammabzug in einen Stapelraum aus vier Großcontainern mit einem Gesamtvolumen von ca. 120 m³. Dieses Volumen ist ausreichend für eine Betriebszeit von ca. vier Wochen.

Das gereinigte Wasser wird über den Klarwasseraustrag des Lamellenklärers in einen Brauchwassercontainer abgeleitet, um anschließend durch eine Hochdruckpumpe in den Waschprozess rückgespeist zu werden. Über eine kontinuierliche Messung der Trübung des Klarwasserablaufes wird die Flockungsmitteldosierung gesteuert und Trübungswerte zwischen 0,3 und 0,4 NTU eingehalten.

Zum Ausgleich von Wasserverlusten wird Grundwasser über eine Unterwassermotorpumpe bedarfsweise



Quelle: Wasserwerke Westfalen

aus einem nahegelegenen Grundwasserbrunnen in den Waschwasserkreislauf eingespeist.

Schlammwässerung mit Kammerfilterpresse

Der Schlamm aus dem Stapelraum wird nach Zugabe eines Flockungshilfsmittels (Polymer) mit einer mobilen Kammerfilterpresse bis auf Wassergehalte von ca. 50 Prozent entwässert. Die relativ geringen Mengen an Klarwasser aus der Kammerfilterpresse werden über einen vorgeschalteten Sandfilter und zwei kaskadierte Korn-Aktivkohle-Filter gereinigt und dann in die Ruhr geleitet.

Aufgrund der vollautomatisierten Prozessabläufe kann die Bedienung, Überwachung und Beladung der gesamten Anlage durch nur einen Mitarbeiter erfolgen.

Bautechnische Realisierung

Als Betriebsstandort wurde auf der Basis optimierter Transportwege die Wassergewinnungsanlage in Schwerte-Westhofen gewählt. Bauseits war es notwendig, eine befestigte Fläche von ca. 3.500 m² für den Anlagenplatz (860 m²) und den Platz zur Lagerung/Verladung des gewa-

schen Sandes sowie des Schmutzsandes anzulegen. Ferner mussten die Frischwasserzuspewung und die notwendige elektrische Gesamtleistung von 58 kW bereitgestellt werden. Die Anlage wurde in mobiler Bauweise ausgeführt. Die Anlagenmodule wurden dazu in ihrer Größe so dimensioniert, dass unter Einsatz von Tiefladern eine Umsetzung zu anderen Anlagenstandorten möglich ist. Für den Transport des Wasser-Schmutzsand-Gemisches sowie den Betrieb der Kreislaufwasserführung sind Schlauchleitungen zu den einzelnen Anlagenkomponenten verlegt worden. Die Elektroinstallation wurde aufgrund sicherheitstechnischer Aspekte unterflur in Leerrohren mit entsprechenden Revisionsmöglichkeiten verlegt. Die Inbetriebnahme der Anlage erfolgte nach ca. viermonatiger Gesamtbauzeit.

Qualitative Ergebnisse

Die Wiederverwendung des gewaschenen Sandes in der Langsandsfiltration stellt hohe Anforderungen an den Reinheitsgrad des Sandes. Die thermische Verwertung des entwässerten Schlammes stellt wegen der hohen Kosten pro Gewichtseinheit zudem hohe Anfor-

Abb. 3: Ansichten und Elemente der Sandwäsche Westhofen

Tabelle 1: Zusammenfassende Bewertung der Restgehalte und der Eluierbarkeit von Schadstoffen im gewaschenen Sand

Parameter	Zielwerte	Ableitung des Zielwertes	Bemerkung
Schlamm			
silikatischer Anteil > 63 µm im Schlamm	< 2 Masse-% in TS	erfahrungsgemäß erreichbar bei optimalem Betrieb der Sandwäsche	je geringer der Sandanteil im Schlamm, desto geringer die Entsorgungskosten
gewaschener Sand (Gehalte)			
TOC-Gehalt des gewaschenen Sandes	< 0,2 Masse-% in TS	Gehalte in unbenutzten Filtersanden liegen i. d. R. zwischen 1 und 2 % ⁵⁾	TOC als indirektes Maß für den Restgehalt an A-Kohle-Pulver
PFT-Einzelstoff-Gehalte im gewaschen Sand ¹⁾	je < 10 µg/kg TS	analytische Bestimmungsgrenze	
gewaschener Sand (Eluate nach DIN 19528)			
AOX	< 10 µg/l	analytische Bestimmungsgrenze	TrinkwV 2001 sieht keinen Grenzwert vor
Leitfähigkeit	< 2.100 µS/cm	Grenzwert TrinkwV 2001	GW TrinkwV 2001- normale Lf Trinkwasser 2.500 µS/cm - 400 µS/cm = 2.100 µS/cm
pH-Wert	> 6,5 - < 9,5	Grenzwert TrinkwV 2001	
Trübung	< 10 NTU	in Anlehnung an TrinkwV 2001	Messung in Probe mit Flüssig: Fest-Verhältnis von 2:1
DOC	< 2 mg/l	in Anlehnung an TrinkwV 2001	1. Spülstoß sollte nicht größer sein
Phosphor (filtriert)	< 1 mg/l	an der Unterkante eines eingefahrenen LSF sind Werte bis 0,3 mg/l typisch ⁴⁾	Im weiteren Verlauf des Betriebes ist deutliche Abnahme zu erwarten.
PFOS + PFOA	< 0,1 µg/l	gesundheitlicher Vorsorgewert ²⁾	Bei DOC und Phosphor ist auch mit deutlichem mikrobiellem Abbau und sorptiver Festlegung während der weiteren Untergrundpassage zu rechnen.
PFBA + PFBS	< 0,1 µg/l	gesundheitlicher Vorsorgewert ²⁾	
PFPA + PFPS ³⁾ + PFHxA + PFHxS	< 0,1 µg/l	gesundheitlicher Vorsorgewert ²⁾	
PFHpA+ PFHpS ³⁾	< 0,1 µg/l	gesundheitlicher Vorsorgewert ²⁾	
Arsen	< 10 µg/l	Grenzwert TrinkwV 2001	
Blei	< 25 µg/l	Grenzwert TrinkwV 2001	
Cadmium	< 5 µg/l	Grenzwert TrinkwV 2001	
Chrom	< 50 µg/l	Grenzwert TrinkwV 2001	
Kupfer	< 2000 µg/l	Grenzwert TrinkwV 2001	
Nickel	< 20 µg/l	Grenzwert TrinkwV 2001	
Quecksilber	< 1 µg/l	Grenzwert TrinkwV 2001	
Selen	< 10 µg/l	Grenzwert TrinkwV 2001	

Quelle: [1]

¹⁾ PFBA, PFBS, PFPA, PFHxA, PFHxS, PFOA, PFOS, PFOSA, PFNA, PFDA, PFDS, PFDoA

²⁾ Quelle: Umweltbundesamt (2009): Grenzwerte, Leitwerte, Orientierungswerte, Maßnahmenwerte - Definitionen und Festlegungen mit Beispielen aus dem UBA

³⁾ diese Parameter wurden analytisch nicht bestimmt

⁴⁾ auf der Basis von am IfW ermittelten Daten aus DFG-Schwerpunkt Schadstoffe im Grundwasser

⁵⁾ Erfahrungswerte aus Untersuchungen von unbenutzten Filtersanden am IfW

TS = Trockensubstanz LSF = Langsandsfilter

derungen an die Abtrennung des Sandes vom Schlamm. Darüber hinaus ist sicherzustellen, dass durch die Kreislaufführung des Waschwassers keine für die Reinigung des Sandes ungünstigen Konzentrationserhöhungen im Waschwasser auftreten.

Das Institut für Wasserforschung (IfW) wurde beauftragt, den Betrieb der Sandwäsche hinsichtlich dieser

Aspekte zu untersuchen und für die zukünftige Qualitätssicherung ein geeignetes Routineuntersuchungsprogramm aus den Ergebnissen abzuleiten [1]. Die Festlegung der zu betrachtenden Parameter und der jeweiligen Zielwerte für die Reinigung erfolgte auf Basis:

- der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung,

- der gesundheitlichen Vorsorgewerte für Trinkwasser des Umweltbundesamtes sowie
- betriebstechnischer Erfahrungen (Tab. 1).

Zur Beurteilung der Trennung von Sand und Schlamm durch den Waschvorgang wurden die Schlämme aus dem Lamellenklärer auf ihre Kornzusammensetzung untersucht. Mit ei-

Tabelle 2: Parameter und festgelegte Zielwerte für die Reinigung von benutztem Filtersand

Parameter/Parametergruppe	Zielwerte der Reinigung	Zielwert eingehalten	Verminderung mit Betriebsdauer	vermuteter Einfluss des Waschwassers
Gehalte in Trockenmasse				
TOC	< 0,2 Gew.-%	ja	-	-
PFT	< 10 µg/l	ja	-	-
Eluate nach DIN 19528 (bei Wasser-Feststoff-Verhältnis von 2:1)				
Trübung	< 10 NTU	ja	ja	ja
Leitfähigkeit	< 2.100 µS/cm	ja	ja	ja
pH-Wert	> 6,5 - < 9,5	ja	-	-
DOC	< 2 mg/l	ja	ja	ja
AOX	< 10 µg/l	ja	-	-
Arsen, Selen	je < 10 µg/l	ja	ja	ja
andere Schwermetalle	< BG	ja	-	-
Phosphor	1 mg/l	ja	ja	ja
PFOS + PFOA	< 0,1 µg/l	ja	ja	ja
PFBA + PFBS	< 0,1 µg/l	ja	ja	ja
PFPA + PFPS1) + PFHxA + PFHxS	< 0,1 µg/l	ja	ja	ja
PFHpA + PFHpS ¹⁾	< 0,1 µg/l	ja	ja	ja

Quelle: [1]

„BG = analytische Bestimmungsgrenze
¹⁾diese Parameter wurden analytisch nicht bestimmt“

nem Sandanteil (= silikatische Masse > 63 µm) von 0,65 bis 1,7 Masse-% fand in allen untersuchten Waschvorgängen erwartungsgemäß eine sehr gute Trennung von Sand und Schlamm statt.

Zur Beurteilung möglicher Restgehalte an Schadstoffen im gewaschenen Sand wurden Proben auf ihre Gehalte an perfluorierten Tensiden (PFT) und TOC untersucht. Auch hier wurden die hohen Reinigungsziele erreicht.

Bezüglich der Beurteilung des Elutionsverhaltens des gewaschenen Sandes wurden Schwermetalle, perfluorierte Tenside (10 Substanzen), einige relevante organische Summenparameter, physikalische Parameter und Phosphor in den Eluaten nach DIN 19528 untersucht. Die Ergebnisse sind in **Tabelle 2** zusammengefasst. Alle gesetzten Zielwerte der Reinigung wurden eingehalten.

Das im Kreislauf geführte Waschwasser wurde über einen Zeitraum von drei Wochen untersucht. Trockenrückstand, DOC, Leitfähigkeit und pH-Wert schwanken im Untersuchungszeitraum

nur unwesentlich und zeigen keinen Entwicklungstrend. Dies spricht für einen konstanten und stabilen Betrieb der Sandwäsche und der Schlammab-scheidung im Untersuchungszeitraum.

Zusammenfassung

Unter dem Aspekt der Kreislaufwirtschaft schon die Aufbereitung von Filtersanden und deren Wiederverwendung die natürliche Ressource Sand und ergibt eine bessere Transportbilanz. Die Menge der nicht wieder einsetzbaren oder verwertbaren Rückstände konnten deutlich von insgesamt ca. 15.000 t/a auf ca. 1.300 t/a vermindert werden. Dies führt zu erheblich geringeren Entsorgungskosten. Die Kreislaufführung des Waschwassers und die damit fehlende Abwassereinleitung leisten unter Umweltaspekten einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung von Prozessabläufen bei den Wasserwerken Westfalen. Die geringen Mengen an Klarwasser aus der Schlamm-twäsche (Kammerfilterpresse) werden über Aktivkohlefilter gereinigt und dann erst als nahezu rückstandsfreies Abwasser abgeleitet. ■

Literatur

[1] U. Schulte-Ebbert, C. Skark: Qualitative Überprüfung der Sandwäsche Westhofen und Ableitung einer Routinequalitätsprüfung 02/2011. Bericht des Instituts für Wasserforschung GmbH, Schwerte, 2011.

Die Autoren

Dipl.-Geogr. Ulrich Schulte-Ebbert ist Leiter des Fachgebiets Wasserwirtschaft/Wasserrecht bei der Wasserwerke Westfalen GmbH.

Dipl.-Ing. Thomas Bock ist Leiter des Fachgebiets Wassergewinnung/Tiefbau bei der Wasserwerke Westfalen GmbH.

Kontakt:

Ulrich Schulte-Ebbert
 Thomas Bock
 Wasserwerke Westfalen GmbH
 Zum Kellerbach 52
 58239 Schwerte
 Tel.: 02304 9575-305, -306
 E-Mail: ulrich.schulte-ebbert@wasserwerke-westfalen.de,
 thomas.bock@wasserwerke-westfalen.de
 Internet: www.wasserwerke-westfalen.de