

MÖGLICHKEITEN ZUR KOSTENOPTIMIERTEN REINIGUNG PFT-KONTAMINierter GRUNDWÄSSER – TECHNISCHE AUFBEREITUNGSVERFAHREN UND BETRIEBSKOSTENRELEVANTE RANDBEDINGUNGEN

Martin Cornelsen

Einführung

Der weltweite Nachweis perfluorierter Tenside (PFT) in Mensch und Umwelt hat Sensibilität für diese nicht natürlich vorkommende Chemikaliengruppe erzeugt. In Deutschland wird nach einem spektakulären Kontaminationsfall im Sauerland seit dem Jahr 2006 an der Entwicklung geeigneter und bezahlbarer Wasserreinigungsverfahren gearbeitet. Als das bislang einzig brauchbare Verfahren gilt die Adsorption an Aktivkohle. Wegen geringer bis minimaler Beladungswerte entstehen in Abhängigkeit der Zusammensetzung der PFT-Konzentrationen sowie der zu erreichenden Aufbereitungszielwerte häufig extrem hohe Betriebskosten. Bei zunehmend niederkettigen PFT-Verbindungen stößt die Adsorption an Aktivkohle sogar an ihre Grenzen. In einem FuE-Vorhaben wurde daher ein kostengünstiges Adsorbens für eine einfache Anlagentechnik entwickelt, welches eine höhere Effizienz sowie niedrigere Betriebskosten ermöglicht.

Veranlassung

Das Auftreten von perfluorierten organischen Verbindungen in der Umwelt wurde schon in den 1970er Jahren erstmals beobachtet. Perfluorierte Tenside (PFT) werden heute weltweit in Gewässern, in den Weltmeeren, in Tiefseeproben und in der Atmosphäre, aber auch im menschlichen Blutserum nachgewiesen. In Deutschland sind PFT im Jahr 2006 nach der Kontamination landwirtschaftlicher Flächen im Hochsauerland und der daraus resultierenden Trinkwasserbedrohung zunehmend in den Blickpunkt der Öffentlichkeit, der Politik, der Wissenschaft und in den Fokus der Fachfirmen gelangt. Die Cornelsen Umwelttechnologie GmbH hat in Brilon-Scharfenberg Ende 2006 eine Wasserreinigungsanlage installiert, die damals mangels belastbarer Erkenntnisse allein über die Stoffcharakteristik der gefundenen PFT konzipiert wurde. Diese Wasseraufbereitungsanlage, bestehend aus Flockung/Fällung, Filtration, Bioreaktor und mehrstufiger Aktivkohleanlage, wird dort seit 2007 vom Hochsauerlandkreis betrieben. Dabei dienen die der Aktivkohle vorgeschalteten Stufen, zu denen auch eine Opferaktivkohlestufe für adsorbierbares DOC gehört, der notwendigen Entfernung von DOC-Gehalten und verschiedenen organischen Begleitstoffen.

Die Substanzklasse der perfluorierten Chemikalien (PFC) umfasst eine umfangreiche Gruppe chemisch sehr ähnlicher Verbindungen, die über mehrere Jahrzehnte in großen Mengen hergestellt wurden. Bei den PFT handelt es sich um fluorierte organische Verbindungen, an deren Kohlenstoffgerüst die Wasserstoffatome vollständig durch Fluoratome ersetzt sind, weshalb sie als eine der persistentesten organischen Verbindungen gelten. Perfluorooctansäure (PFOA) wird vor allem als Emulgator bei der Herstellung von Fluorpolymeren wie z.B. PTFE (Teflon) verwendet. PFOS-Derivate (Perfluorooctansulfonsäuren) hingegen wurden vorwiegend in Verbraucherprodukten vor allem zur Oberflächenveredelung eingesetzt, insbesondere als wasser-, öl- und schmutz- abweisende Beschichtungen für Papier, Lebensmittelverpackungen, Küchengeschirr, Textilien und Teppichböden. Weiterhin finden sich Anwendungsgebiete für die PFC auch in der Galvanotechnik sowie in der Brandbekämpfung, wo sie in den sog. AFFF-Feuerlöschmitteln enthalten sind und nach derzeitiger Expertenmeinung auch in absehbarer Zukunft nicht substituierbar sein werden.

Ende 2006 wurden auf europäischer Ebene auf der Grundlage einer Risikobewertung erste Maßnahmen zur Beschränkung des Einsatzes bestimmter PFT-Verbindungen getroffen. Mit der Richtlinie 2006/122/EG vom 12. Dezember 2006 machte die EU auf die Gefahren durch die Verwendung von PFOS und PFOA sowie deren Verbindungen aufmerksam und schränkte die Verwendung von PFOS ein. Seit Juni 2008 dürfen PFOS nur noch mit wenigen Ausnahmen und nur unter bestimmten Bedingungen in den Handel gebracht oder verwendet werden; der weltgrößte Hersteller von PFOS hat die Produktion Ende 2002 eingestellt. Einige PFOS-Anwendungen sind von diesen rechtlichen Regelungen ausgenommen, da es hierfür noch keine Ersatzstoffe gibt. Ein mengenmäßig bedeutender Bereich war der erwähnte Einsatz von PFOS in Feuerlöschschäumen (AFFF-Schaummittel) bei Flüssigkeitsbränden. Es kann also bei der gegenwärtigen Gesetzeslage nicht davon ausgegangen werden, dass ein Eintrag von PFOS in die Umwelt zukünftig vollkommen ausgeschlossen ist. Neben dem Eintragungspotenzial an PFOS und PFOA werden perspektivisch zudem vermehrt die kürzerkettigen PFT-Verbindungen auftreten, deren Aufbereitung in der wässrigen Phase noch eine weit höhere Herausforderung darstellt als dieses durch die längerkettigen PFOS und PFOA bereits gegeben ist.

Die Perfluorcarbonsäure (PFOA) und die Perfluorsulfonsäure (PFOS) galten anfänglich als die maßgeblichen Verbindungen. Über deren Verbreitung sowie deren toxikologische Relevanz konnten bislang die meisten Daten erhoben werden. Diese Verbindungen lassen sich weltweit im menschlichen Blut wiederfinden. Über Tierversuche wurden die Chemikalien mittlerweile als „fortpflanzungsgefährdend“ und als „das Wachstum von Tumoren fördernd“ eingestuft. Ob eine Übertragbarkeit dieser Erkenntnisse auf den Menschen möglich ist, wurde bislang nicht abschließend geklärt. Eine stark genotoxische Wirkung, d.h. eine das Erbgut unmittelbar angreifende Wirkung, wird als unwahrscheinlich bewertet. Das toxische Potenzial der PFT ist nach derzeitiger Expertenmeinung in Abhängigkeit zu der Verweilzeit der Stoffe im menschlichen Körper zu sehen. Je länger die PFT im Organismus verweilen, desto höher ist deren toxikologische Relevanz. Die im menschlichen Organismus angereicherte Menge an PFOA und PFOS halbiert sich nur alle 4 bis 6 Jahre. Kürzerkettige PFT hingegen werden schneller ausgeschieden und gelten somit als weniger toxisch. Die kurzkettenigen PFT, wie auch das PFBS, gelten bislang als weniger schädlich für den Menschen als die langkettigen PFOA und PFOS, jedoch sind abschließende Bewertungen dazu abzuwarten.



Abb. 1: Ad Hoc - Anlage für PFT-Schadensfall in Brilon-Scharfenberg (2006)

Orientierungswerte und Leitwerte

Die Trinkwasserverordnung enthält weder für die Stoffgruppe der PFT noch für PFOA, PFOS oder Einzelstoffe dieser Stoffgruppe spezifische Grenzwerte.

Die Empfehlung des Umweltbundesamtes (UBA) aus März 2003 „Bewertung der Anwesenheit teil- oder nicht bewerteter Stoffe im Trinkwasser aus gesundheitlicher Sicht“ nennt einen „lebenslang duldbaren Vorsorgewert (Gesundheitlicher Orientierungswert GOW)“ in Höhe von 0,1 µg/l für schwach bis nicht genotoxische Stoffe oder Stoffgruppen. Dieser allgemeine Vorsorgewert gilt im Prinzip für lebenslange Expositionen auch bezüglich PFOA, PFOS und weiteren PFT.

Die Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit beim Umweltbundesamt (TWK) definiert jedoch einen „für alle Bevölkerungsgruppen ab Geburt lebenslang gesundheitlich duldbaren Leitwert, welcher sich konkret auf die PFT-Leitsubstanzen PFOA und PFOS bzw. die Summe dieser beiden Stoffe bezieht, in Höhe von 0,3 µg/l.

Gleichzeitig empfiehlt die TWK im Sinne eines generationenübergreifenden, d.h. vorsorgenden Schutzes vor den stark kumulierenden Stoffen PFOA und PFOS allen Behörden, die für die Qualität der mit PFT belasteten Gewässer und des Trinkwassers zuständig sind, künftige regulatorische Entscheidungen zum Schutz des Rohwassers mindestens daran auszurichten, dass der genannte Vorsorgewert (Zielvorgabe) in Höhe von maximal 0,1 µg/l (Summe PFC) im Trinkwasser mit Hilfe naturnaher Aufbereitungsverfahren eingehalten werden kann.

Chemische Eigenschaften von PFT und die Konsequenzen für die Entfernung der PFT aus der Umwelt

PFT sind rein anthropogenen Ursprungs und bestehen aus Kohlenstoffketten verschiedener Längen, bei denen die Wasserstoffatome vollständig (perfluoriert) oder teilweise (polyfluoriert) durch Fluoratome ersetzt sind. Die Herstellung erfolgt überwiegend durch den Prozess der sog. elektrochemischen Fluorierung (ECF).

Die Bindung zwischen Kohlenstoff und Fluor gilt als äußerst stabil, so dass diese sich nur unter hohem Energieaufwand wieder auflösen lässt. Dieses ist der Grund für die hohe Persistenz dieser Verbindungen in der Umwelt. Viele PFT-Verbindungen sind durch natürliche biologische Prozesse, natürliche UV-Strahlung und Temperaturen in der natürlichen Umgebung gar nicht oder nur kaum abzubauen.

Genau die Eigenschaften von PFT, die bei ihrer Anwendung in industriellen Prozessen geschätzt werden, sowie deren hohe thermische und chemische Stabilität, wirken bei einer Entfernung dieser Stoffe in technischen Prozessen - d.h. Aufbereitungsverfahren - äußerst negativ. Die stabile Kohlenstoff-Fluor-Bindung führt dazu, dass manche PFT-Verbindungen nur durch Hochtemperaturverbrennungen zerstört werden können.

Als weitere besondere Eigenschaft der PFT ist zu nennen, dass die Kohlenstoffkette der Verbindung hydrophobe, die Kopfgruppe jedoch hydrophile Eigenschaften aufweist. Aus diesem sog. amphiphilen Charakter resultiert die Verwendung als Tensid. Im Gegensatz zu den üblichen Tensiden hat die perfluorierte Kohlenstoffkette zudem einen lipophilen Charakter. Sie weist also neben Wasser auch Öl, Fette und andere unpolare Verbindungen ab. Letztendlich führen diese stoffspezifischen Eigenschaften dazu, dass PFT-Verbindungen zum Teil schlecht bzw. nur unter extremem Kostenaufwand mit Aktivkohle zu behandeln sind.

Technologien zur Reinigung PFT-kontaminierter Wässer und bisher angewandte Praxis

Seit Januar 2007 wird zur Sanierung der ca. 10 Hektar großen kontaminierten Ackerfläche in Brilon-Scharfenberg eine Wasseraufbereitungsanlage betrieben. Zum Zeitpunkt der Projektierung dieser Anlage Ende des Jahres 2006 existierten weder substanzielle theoretische Kenntnisse, noch lagen empirische Erfahrungen über die Aufbereitung vergleichbarer PFT-belasteter Wässer vor. Allein über eine Beurteilung der Stoffcharakteristik der vorgefundenen PFT-Verbindungen wurde durch die Cornelsen Umwelttechnologie GmbH, Essen, eine Verfahrensauswahl mit anschließender Dimensionierung der zunächst installierten Notfallanlage sowie der späteren stationären Wasserreinigungsanlage vorgenommen. Aufgrund der seinerzeit von der Ackerfläche ausgehenden massiven Schadstoffaustrags, welcher einen signifikanten Konzentrationsanstieg in Möhne und Ruhr nach sich zog, musste nicht nur eine zuverlässige, sondern auch eine zeitnah zu errichtende Anlagentechnologie gewählt werden.

Neben den hohen Ausgangskonzentrationen von anfänglich bis zu annähernd 1.000.000 ng/l (entspricht 1 mg/l) als Summe aus PFOA + PFOS zeigte das Wasser, welches durch eine entlang der Ackerfläche verlegte Ringdrainage der Reinigungsanlage zugeführt wurde, anfänglich sehr hohe DOC-Gehalte in der Größenordnung von zeitweise mehr als 25 mg/l. Darüber hinaus mussten bei der Verfahrensauswahl ebenfalls verschiedene anorganische Begleitstoffe Berücksichtigung finden.

Anhand der bekannten Stoffeigenschaften von PFT konnten einige Aufbereitungsverfahren, wie z.B. standardmäßig angewandte biologische Verfahren und Fällungsstufen, von vornherein ausgeschlossen werden. Aufgrund des Zeitdruckes und der vollkommen unsicheren Informationslage, ob PFT überhaupt mit „höherwertigen Verfahrenstechnologien“, wie z.B. Membranbelebungsreaktoren (MBR), Membranverfahren, Naßoxidationsverfahren, Photooxidationsverfahren, usw. abgereinigt werden könnte, wurden diese Technologien für die unmittelbar zu erstellende Anlage ebenfalls nicht weiter in die Betrachtung einbezogen.

Für die Hauptkontaminanten PFOA und PFOS ließ sich jedoch anhand von spezifischen Stoffdaten eine „gewisse Adsorbierfähigkeit“ ableiten. Verfahrenstechnische Randbedingungen, wie mögliche Filtergeschwindigkeiten, notwendige Aufenthaltszeiten, Standzeiten der Adsorber, usw. konnten jedoch auf theoretischem Wege nicht berechnet werden, sondern waren nur sehr grob prognostizierbar. Das Verfahren der Aktivkohleadsorption rückte somit als bekanntes „ad hoc-Verfahren“ in den Fokus der näheren Betrachtung. Die Anwendung von Aktivkohle ist in der Altlastensanierung aus zahlreichen Fällen, in denen Sofortmaßnahmen eingeleitet werden mussten u./od. aus Sicherheits- u. Sanierungsmaßnahmen, bereits hinreichend bekannt. Eine schnelle Realisierbarkeit der notwendigen Apparatechnik sowie zumindest die „gute Hoffnung“, dass die anstehenden PFT-Verbindungen an Aktivkohle einigermaßen zufriedenstellend gebunden werden können, ließen dieses Standardverfahren zumindest im Rahmen der Anordnung als Notfallanlage sinnvoll erscheinen.

Diese in allem sehr zufriedenstellenden Reinigungsergebnisse sollen jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Vielstufigkeit sowie die überaus redundante Dimensionierung der Anlagentechnik Investitionskosten nach sich zog, die bei „normalen Grundwasserreinigungsmaßnahmen“ kaum zu akzeptieren wären. Dazu kommt die Tatsache, dass die Betriebskosten, allem voran die Kosten für Aktivkohle (berechnet in Euro pro g eliminiertem Schadstoff), für die Reinigung von PFT-kontaminierten Wässern sich in einer Größenordnung bewegen, die weit über dem uns bekannten Maß bei z.B. CKW-Sanierungen liegen. An dieser Stelle kann nicht auf die überaus komplexe Thematik der Adsorptionslehre in Bezug auf die verschiedenen PFT-Einzelstoffe eingegangen werden. Nur um eine Indikation für die Unterschiede bei den in CKW-Sanierungsvorhaben erzielbaren Beladungswerten an Aktivkohle und den Beladungen für PFT zu geben, seien folgende unverbindliche Näherungen erwähnt. Bei Aktivkohleanlagen für CKW sind - natürlich immer in Abhängigkeit von den je-

weiligen projektspezifischen Randbedingungen - aus der Praxis durchaus Beladungswerte in Bereichen von $> 1 \%$, jedoch auch bis zu 5% oder mehr bekannt. Adsorptionskritische Einzelstoffe wie Cis und VC müssten jedoch auch hierbei noch gesondert betrachtet werden. In den bisherigen PFT-Praxisfällen der Cornelsen Umwelttechnologie GmbH hat sich jedoch erwartungsgemäß bestätigt, dass die sehr schwierig an Aktivkohle zu bindenden PFT solche Beladungswerte niemals erreichen können. Es ist davon auszugehen, dass selbst bei optimalen Anlagenausstattungen für die Vorbehandlung des Wassers, Beladungen der Aktivkohle von $0,1 \%$ nicht zu erreichen sind. In dem vorne beschriebenen Anwendungsfall in Brilon-Scharfenberg, der über eine umfangreiche und darüber hinaus äußerst redundant dimensionierte Anlagentechnik verfügt, wurden bzw. werden dynamische Beladungen lediglich in Größenordnungen von nur $0,04 \%$ möglich.



Abb. 2: Blick in die stationäre Aufbereitungsanlage in Brilon-Scharfenberg (Juli 2007)

Verfahrensalternativen für die Reinigung PFT-kontaminierter Wässer

Obwohl im Trinkwasserbereich die Anwendung von Aktivkohle zur Entfernung von Spurenstoffen, so auch von PFT, zukünftig sicherlich zunehmende Bedeutung erlangen wird, kann für die Aufbereitung komplexerer Wässer, die auch höhere Konzentrationen an PFT beinhalten, Aktivkohle sicherlich nicht als kostengünstiges Aufbereitungsverfahren angesehen werden. Die Reinigung von PFT-haltigen Gewerbe- und Industrieabwässern, die Nachbehandlung der Abläufe kommunaler Kläranlagen, sowie auch die Aufbereitung von Grundwässern mit Mischbelastungen, die u.a. eine PFT-Verunreinigung beinhalten, stellen Aufgabenstellungen dar, die durch einfache Aktivkohleanwendungen nicht kostenoptimal behandelt werden können.

In der jüngeren Vergangenheit sind daher verschiedene Studien an unterschiedlichen Hochschulen und Forschungseinrichtungen durchgeführt worden, die unterschiedliche Verfahrensansätze für die Behandlung von PFT-Verunreinigungen in Wässern untersucht haben. Ohne hier einen Anspruch auf die vollständige Darlegung der unterschiedlichen wissenschaftlichen Erhebungen zu vermitteln, sei im Folgenden eine kurze Zusammenstellung verschiedener publizierter Meinungen dargestellt.

Spezielle Membranverfahren konnten in verschiedenen Studien ihre Tauglichkeit zur Entfernung von PFT aus Wasser unter Beweis stellen. Da diese Technologien in der Altlastensanierung aufgrund ihrer Komplexität und der daraus resultierenden Kosten bislang überhaupt keine Anwendung finden, ist auch zukünftig nicht von einem Einsatz dieser Verfahren auszugehen. Zudem muss bei den Membranverfahren beachtet werden, dass die behandelten Schadstoffe mit dieser verfahrenstechnischen Methode nicht zerstört oder dauerhaft gebunden, sondern lediglich in einem Teilstrom des behandelten Wassers aufkonzentriert werden. Dieser Teilstrom – auch als Konzentrat bezeichnet – kann daher nicht in die Abwasserkanalisation eingeleitet werden, sondern müsste in Pufferbecken gesammelt und aufwendig nachbehandelt oder aber off-site entsorgt werden. Vor dem Hintergrund des damit verbundenen anlagentechnischen Aufwandes und der daraus entstehenden Kosten ist zukünftig kaum von einem Einsatz von Membrantechniken für die Reinigung von PFT-belasteten Grundwässern auszugehen.

Leistungsfähigere Biologische Verfahren, wie z.B. das Membranbelebungsverfahren (MBR) zeigen ebenfalls keine Wirkung. Allenfalls ist bei diesen Verfahren eine Anlagerung der PFT an die Belebtschlammflocke zu beobachten, was jedoch nicht als zielführender Reinigungsprozess gewertet werden kann.

Oxidationsverfahren, wie z.B. der Einsatz der starken Oxidationsmittel Ozon u./od. Fentons sowie Kombinationsverfahren mit UV-Technologien und dem Einsatz starker Oxidationsmittel konnten in verschiedenen Studien ihre Eignung für die Entfernung von PFT-Belastungen ebenfalls nicht darstellen. Lediglich Fentons- und Photo-Fentons-Prozesse zeigten gewisse Eliminationsraten. Es ist daher davon auszugehen, dass sich diese Technologieansätze aufgrund der zum Teil für eine Anwendung komplexen Anlagentechnik und aufgrund der wenig aussichtsreichen Wirkungsgrade, für eine PFT-Behandlung in der Grundwassersanierung ebenfalls nicht empfehlen.

Der Vollständigkeit halber muss erwähnt werden, dass die bislang und aktuell laufenden einzelnen PFT-Grundwasserreinigungsvorhaben unter Anwendung von Aktivkohle stattfinden. Anhand von Praxiserfahrungen und wissenschaftlicher Studien setzt sich jedoch zunehmend die Erkenntnis durch, dass der Einsatz von Aktivkohle für die Aufbereitung von PFT-Schäden kein optimales Verfahren darstellt, sondern bei komplexeren Schadstoffsituationen zum Teil die Aufbereitungsaufgabe nicht oder nicht kostenoptimal lösen kann.

Veröffentlichte Dokumente zu der Adsorbierbarkeit von PFT reduzieren sich - soweit diese dem Verfasser dieses Papiers vorliegen – häufig auf die Beurteilungsparameter PFOS und PFOA. Wie bereits ausgeführt, lassen sich diese beiden Stoffe bei Beachtung notwendiger verfahrenstechnischer Randbedingungen durchaus an Aktivkohle binden. Über die daraus resultierenden Betriebskosten wurde in diesem Papier ebenfalls bereits diskutiert. Vollständig unerwähnt bleibt jedoch häufig die Tatsache, dass in der Palette der PFT zahlreiche Einzelstoffe vorhanden sind, die als „kaum noch an Aktivkohle adsorbierbar“ bezeichnet werden müssen. Dieses gilt insbesondere für die kurzkettigen und stark hydrophilen Stoffe, wie z.B. PFBS (Perfluorbutansulfonsäure), PFPA (Perfluorpentansäure) und PFBA (Perfluorbutansäure). Aktuell wird behördlicherseits häufig ein Behandlungs-Zielwert für die Aufbereitung PFT-kontaminierter Wässer in der Größenordnung von $\leq 0,3 \mu\text{g/l}$ für die Summe der PFT (der 10-er Katalog des LANUV NRW gilt zunehmend als zugrundeliegende Parameterliste) diskutiert. Bei komplexen Schadstoffsituationen und anspruchsvollen Aufbereitungszielen für die PFT-Grundwasserreinigungsanlagen ist bei einer ausschließlichen Anwendung von Aktivkohle von signifikant hohen Kosten auszugehen. Neben der Kostenfrage bliebe je nach Schadstoffinventar projektbezogen zu prüfen, ob die Aufbereitungsaufgabe überhaupt mit Aktivkohle gelöst werden könnte, was in dem einen oder anderen Fall durchaus als fraglich bezeichnet werden muss.

Identifizierung geeigneter Adsorbentmaterialien

Anders als bei der Adsorption leicht adsorbierbarer Stoffe kommt bei der adsorptiven Bindung schwer adsorbierbarer Stoffe wie PFT der Wassermatrix eine wesentliche höhere Bedeutung zu. So können geogene und anthropogene Querbelastungen einen hohen Einfluss auf die Adsorbierbarkeit und somit auf die erreichbare Beladung der „Schweradsorbierbaren“ an dem Adsorbens nehmen.

Weiterhin ist die Prognose der Standzeiten sowie der daraus resultierenden Betriebskosten weniger routiniert - bis gar nicht - möglich, wie dieses bei den häufig an Aktivkohle adsorbierten Standardschadstoffgruppen, wie BTEX, KW, CKW, PAK, usw. möglich ist.



Abb. 3: Blick in eine Pilotanlage der Cornelsen Umwelttechnologie GmbH mit standardisierten Säulenteststrecken zur vergleichenden Beurteilung verschiedener Adsorbentmaterialien

Ferner wurde in bisherigen Anwendungen von Aktivkohlen sowie auch in wissenschaftlichen Studien die eindeutige Erkenntnis gewonnen, dass allzu häufig Kohlen, die als „hochwertig“ und als „für die Adsorption von PFT“ geeignet angeboten werden, längst nicht die für den jeweiligen PFT-Anwendungsfall (kosten-) optimalsten Adsorbentien waren. Anders als bei den vorne bereits erwähnten Standardschadstoffgruppen konnte sich in wissenschaftlichen Erhebungen keine Aktivkohle als diejenige durchsetzen, die bei jedem Anwendungsfall immer die beste Kostenwirksamkeit gewährleistet hätte.

Es zeigte sich häufig die Situation, dass mit einer Kombination unterschiedlicher Adsorbentmaterialien (z.B. durch eine Reihenschaltung von Filtern, die unterschiedliche Filtermaterialien enthalten) bei der Adsorption von PFT aus komplex belasteten Wässern die besten Ergebnisse erzielt werden können.

Um die geeigneten Adsorbentmaterialien identifizieren zu können, sind daher für PFT-Sanierungen vorlaufende Pilotierungen als unabdingbar zu bezeichnen.

Die Cornelsen Umwelttechnologie GmbH hat dafür standardisierte Säulenteststrecken konzipiert und gebaut. Diese werden zur vergleichenden Beurteilung unterschiedlicher

Adsorbentmaterialien im Parallelbetrieb mit repräsentativem Standortwasser angewendet. Nach einer Durchführung solcher Vorversuche kann ein für die anstehende Wasserbelastung sowie die vorhandene Wassermatrix optimales Adsorbens bzw. die optimale Kombination unterschiedlicher Adsorbentien bestimmt und zugleich eine Verbrauchs- und Betriebskostenprognose für die Aufbereitung des PFT-haltigen Wassers erstellt werden.

Ausblick

Vor dem Hintergrund der bislang erworbenen Praxiserfahrungen in der Anwendung von Aktivkohle zur Reinigung PFT-belasteter Wässer und dem damit erlangten Wissen um die Möglichkeiten und Grenzen bei dem Einsatz von Aktivkohle, hat die Cornelsen Umwelttechnologie GmbH in einem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie geförderten Projekt unter der Kurzbezeichnung „PerfluorAd“ ein kostenoptimiertes (Adsorptions-) Verfahren zu Reinigung von PFT-kontaminierten Wässern entwickelt. Das Ziel dieses F+E-Vorhabens ist die Entwicklung und die Applikation von neuen Adsorptionsmaterialien, die eine „anlagentechnisch einfache Abtrennung von PFT“ möglich machen wird. Diese Adsorptionsmaterialien werden in Behältern eingesetzt, die identisch mit standardmäßig angewendeten Aktivkohlebehältern sind. Eine höherwertige Anlagentechnik wird bei diesem Verfahren nicht erforderlich sein. Damit sind wichtige Zielvorgaben definiert, die eine Anwendung dieses Materials in der Grundwassersanierung möglich machen wird.

Dieses Entwicklungsprojekt führte die Cornelsen Umwelttechnologie GmbH im Rahmen eines sog. ZIM-Kooperationsprojektes mit dem Fraunhofer Institut UMSICHT, Oberhausen von Beginn des Jahres 2010 durch bis Ende 2011 durch. Seit Ende des Jahres 2011 laufen bereits erste halbtechnische Anwendungen mit den neuen Sorptionsmaterialien unter realen Bedingungen. Im laufenden Jahr wird die Produktentwicklung abgeschlossen und das neue Adsorbentmaterial „PerfluorAd“ großtechnisch einsetzbar sein.

Literatur

- [1] Stellungnahme der Trinkwasserkommission (TWK) des Bundesministers für Gesundheit (BMG) beim Umweltbundesamt vom 21.06.2006: Vorläufige Bewertung von Perfluorierten Tensiden (PFT) im Trinkwasser am Beispiel ihrer Leitsubstanzen Perfluorooctansäure (PFOA) und Perfluorsulfonsäure (PFOS)
- [2] Stellungnahme der Trinkwasserkommission (TWK) des Bundesministers für Gesundheit (BMG) beim Umweltbundesamt vom 07.08.2007: Aktuelle gesundheitliche und gewässerhygienische Bewertung perfluorierter Verbindungen (PFC)
- [3] Per- und Polyfluorierte Chemikalien, Umweltbundesamt, Juli 2009
- [4] Dieter; H. H., Umweltbundesamt, Grenzwerte, Leitwerte, Orientierungswerte, Maßnahmenwerte – Definitionen und Festlegungen mit Beispielen aus dem UBA, Oktober 2009
- [5] Zwischenbericht über die Sanierung einer PFT-belasteten Fläche in Scharfenberg, Hochsauerlandkreis, LANUV NRW, Mai 2009
- [6] Dr. Sabine Bergmann, LANUV NRW, Gesamtüberblick über PFC-Untersuchungen in NRW, Juni 2009
- [7] Lud, D., Thelen, H. P., Dieter, H. H., Bewertung von Wasserbelastungen durch „kurzkettige“ Perfluortenside anhand neuer Bewertungskriterien, altlasten spektrum 1/2010
- [8] Marzinkowski, J., Hildenbrand, J., Türlis, D., Albers, M., Constapel, M., Gäb, S., Wienand, N., Gergische Universität Wuppertal, Bericht zum F+E-Vorhaben Galvarec zum Einsatz von PFT in Galvaniken
- [9] Schröder, H. Fr., Gebhardt, W., Hayashi, D., Chittka, U., Pinnekamp, J., RWTH Aachen, Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Die Elimination perfluorierter Tenside (PFT) bei der Abwasserreinigung unter Einsatz weitergehender physikalisch-chemischer Verfahren

Anschrift des Autors

Dipl.-Ing. Martin Cornelsen
Cornelsen Umwelttechnologie GmbH
Graf-Beust-Allee 33
45141 Essen
Tel.: 0201 / 52037-10
Fax: 0201 / 52037-19
E-Mail: cornelsen@cornelsen-umwelt.de