Neue Strategien zur erfolgreichen Reinigung von PFC-belasteten Behältern, Ausrüstungen und Wässern:

Saubere Lösungen

Von Martin Cornelsen

Per- und polyfluorierte Chemikalien – für die auch die Akronyme PFC (Deutschland) und PFAS (internationaler Sprachraum und wissenschaftliche Literatur) Verwendung finden – haben seit der ersten in Deutschland bekannt gewordenen Boden- und Gewässerverunreinigung im Jahr 2006 zunehmende Bedeutung erlangt.

Das Problem

Perfluorierte Chemikalien oder perfluorierte Tenside (PFT) gehören zur Stoffgruppe der Fluorkohlenwasserstoffe und haben einen ausschließlich anthropogenen Ursprung. PFT sind organische oberflächenaktive Verbindungen, bei denen die Wasserstoffatome der Alkylgruppe vollständig durch Fluoratome ersetzt worden sind. Perfluorierte Chemikalien (polyFT) oder perfluorierte Tenside (PFT) gehören zur Stoffgruppe der Fluorkohlenwasserstoffe und haben einen ausschließlich anthropogenen Ursprung. PFT sind organische oberflächenaktive Verbindungen, bei denen die Wasserstoffatome der Alkylgruppe vollständig durch Fluoratome ersetzt worden sind. Mittlerweile ist die Persistenz von PFC, deren allgegenwärtige Verbreitung und deren toxikologische Relevanz hinreichend bekannt. Die PFC stellen Wissenschaft und Praxis vor große Herausforderungen, wie in den Bereichen der Spurenstoffanalytik, der humantoxikologischen Einordnung vieler Einzelsubstanzen und auch der Beurteilung des Stofftransportes im Grundwasser. Insbesondere für die Entfernung der PFC aus wässrigen Medien sowie für die Reinigung von Systemen, die mit PFC in Kontakt gekommen sind, standen lange Zeit keine praxistauglichen Lösungen zur Verfügung.

Im Folgenden soll ein neuer Verfahrensansatz zur Reinigung PFC-belasteter Wässer und Systeme auf der Basis des von der Cornelsen Umwelttechnologie GmbH und dem Fraunhofer-Institut UMSICHT entwickelten PerfluorAd-Verfahrens vorgestellt und die damit nun bestehenden Lösungsmöglichkeiten für praktische Anwendungen erläutert werden.

Die Ursachen

Erstmalig wurde eine PFC-Belastung von Boden, Grundwasser und Oberflächengewässern im Jahr 2006 erkannt, als Untersuchungen eine Verunreinigung in den Oberflächengewässern von Ruhr und Möhne erkennen ließen. Sie rührte von einem mit PFC verunreinigten Material her, welches auf Ackerflächen zur Bodenverbesserung aufgebracht worden war. Mittlerweile sind weitere Schadensfälle bekannt geworden, die auf einer Ausbringung von PFC-belastetem Material auf Ackerflächen ausgehen. Ein weiteres Bespiel für eine solche Umweltverunreinigung befindet sich im Raum Rastatt/Baden-Baden, wo sich auf einer Fläche von annähernd 500 ha PFC-Belastungen im Boden und Grundwasser finden.

Die Ablagerung von PFC-belasteten Bodenmaterialien stellt jedoch nicht die alleinige Ursache für Umweltverunreinigungen dar, sondern es wurden auch aufgrund verschiedener anderer Ursachen weitreichende Umweltschädigungen beobachtet.

Nachhaltige Verunreinigungen von Böden sowie von Grund- und Oberflächengewässern resultieren auch aus der jahrzehntelangen Anwendung von PFC-haltigen Feuerlöschmitteln, den sog. Aqueous Film Forming Foams-(AFFF-Schäumen). Diese wasserfilmbildenden Schaummittel wurden nicht ausschließlich bei Löschmaßnahmen, sondern auch zu Übungszwecken eingesetzt. Somit muss davon ausgegangen werden, dass insbesondere dort, wo über lange Zeiträume Löschübungen durchgeführt wurden, Bestandteile dieser Löschmittel über den Bodenpfad auch in das Grundwasser eingetragen wurden. Es ist ferner davon auszugehen, dass auch Brandereignisse, bei denen AFFF-Schaummittel Anwendung gefunden haben, ebenfalls die Ursache für den Eintrag von PFC in den Boden, das Grundwasser bzw. in Oberflächengewässer sein können.

Die EU hat mit einer Anwendungsbeschränkung für die PFC-Einzelsubstanz Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) die Verwendung seit dem 27.06.2008 auf 0,005 % limitiert. Die polyfluorierten Ersatzstoffe haben zwar zunehmende Verwendung gefunden, aber ihre Stoffstruktur ist nicht immer bekannt. Sie können daher oft analytisch nicht erfasst werden. Vielfach werden solche Stoffe, die sich zu absolut persistenten perfluorierten Tensiden (PFT) abbauen, auch als Vorläufer-Substanzen bezeichnet. Die PFT können weder durch physikalische oder chemische noch durch biologische Prozesse abgebaut werden, sie verbleiben daher dauerhaft unverändert in der Umwelt.

Aufgrund ihrer besonderen Stoffeigenschaften wurden und werden in einigen Branchen auch aktuell PFC in Produktionsprozessen sowie auch als Bestandteile von Produkten eingesetzt. Exemplarisch seien hier Anwendungen in der Galvanik (Verchromungen), der Papierherstellung sowie der Textilherstellung und -imprägnierung genannt. Aus diesen Anwendungen, insbesondere infolge von Havarien und unsachgemäßer Handhabung, können sich Einträge in Boden und Grundwasser und, verursacht durch langjährige Emission über den Abwasserpfad, auch in die Oberflächengewässer ergeben haben.

Somit stellt sich der Eintrag der PFC in die Umwelt weitaus vielschichtiger dar, als es von anderen Spurenstoffen bekannt ist, die maßgeblich über die Kanalisation und die Kläranlagen in die Oberflächengewässer gelangen. Als Eintragspfade für PFC

sind somit nicht nur eine Verbreitung über die Strecke Kanalisation/Kläranalage/Oberflächengewässer (bei Emission über gewerbliche bzw. industrielle Abwässer), sondern auch über den Pfad Boden/Grundwasser (infolge von Feuerlöschmittelanwendungen, Havarien, unsachgemäßer Anwendung, Verbringung oder Ablagerung PFC-haltiger Substanzen) bekannt. Sofern die PFC in einen Grundwasserleiter eingetragen wurden, muss von einer hohen Mobilität – zumindest einzelner Verbindungen – der PFC-Stoffgruppe ausgegangen werden, die eine schnelle Ausbreitung im Grundwasserleiter zur Folge haben kann und u. U. zu einer Ausbildung langer Schadstofffahnen führt. Da aufgrund der hohen Persistenz einzelner Stoffe unter natürlichen Milieubedingungen kein Abbau stattfindet, muss angenommen werden, dass bei einer Ausbreitung im Grundwasser weitestgehend nur eine Verdünnung stattfindet, jedoch kein Abbau erfolgt, der zu einer signifikanten Senkung des einmal eingetragenen Stoffpotenzials führen würde.

Lösungsansätze

Nachfolgend sollen die in der Praxis denkbaren Pfade der Entsorgung bzw. des Eintrags in die Umwelt von PFC-belastetem Löschwasser skizziert und gleichzeitig Vermeidungs- bzw. Optimierungsstrategien diskutiert werden.

1. Es stehen keine Rückhaltemöglichkeiten und/oder Auffangräume zur Verfügung
Sofern sich das Brandereignis auf nicht versiegelten Flächen und/oder Geländen ereignet, die nicht über Rückhaltemöglichkeiten bzw. Auffangräume für das Löschwasser verfügen, muss von einem Versickern des Löschwassers in den Untergrund und ggf. auch bis in das Grundwasser ausgegangen werden (siehe Abb. 1).

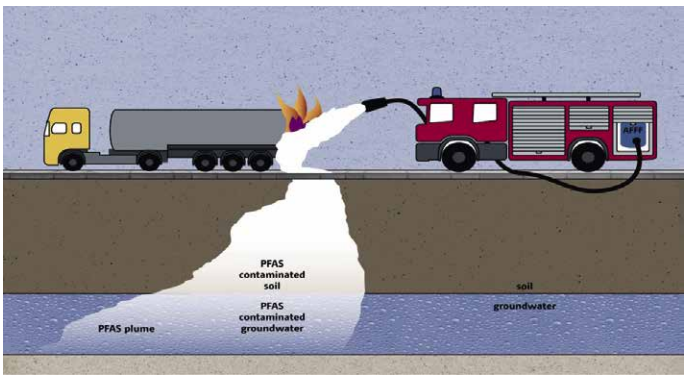

Abb. 1: Skizzenhafte Darstellung des Eintritts von Löschwasser in den Untergrund, sofern keine Rückhaltemöglichkeiten vorhanden sind.

Notwendige Folgen nach einem Versickern können ein Auskoffern des verunreinigten Bodenmaterials mit anschließender Entsorgung (z.B. Deponierung oder Verbrennung) – wie in Abb. 2 dargestellt – oder auch eine sich daran anschließende langjährige Sanierung des Grundwassers über eine sog. Pump- and Treat-Maßnahme (siehe Abb. 3) sein.

Es sei darauf hingewiesen, dass in Deutschland für PFC-belastete Feststoffe nur wenig Deponieraum zur Verfügung steht, d. h. die Annahme solcher Böden u. U. mit erheblichen Schwierigkeiten und vor allem mit hohen Kosten verbunden sein kann.
Eine langjährige Sanierung des mit PFC-belasteten Grundwassers würde eine noch erheblich größere Kostenbelastung nach sich ziehen, als es die Entsorgung einer begrenzten Menge PFC-verunreinigten Bodens bedingen würde.

2. Ablauf/Ableitung des Löschwassers in den Kanal
Sofern sich das Brandereignis auf einem befestigten Gelände ereignet und das Löschwasser über das Regenwasserkanalsystem direkt dem natürlichen Vorfluter zufließen sollte, bestehen keine Eingriffsmöglichkeiten, und die Umweltwirkung erfolgt unmittelbar.

Sofern jedoch ein Eintritt in ein Schmutzwasserkanalsystem erfolgen würde, wäre u. U. ein Auffangen des PFC-belasteten Löschwassers in Beckensystemen der Abwasserbehandlungsanlage denkbar. Dafür müssten die erforderlichen Räume zur Verfügung stehen, die „Schadstoff-Welle" zielgerichtet erfasst und in die Pufferbecken umgelenkt werden. Sollte dieses nicht möglich sein – was in der Praxis der weitaus häufigere Fall sein dürfte – dann muss davon ausgegangen werden, dass die PFT-Substanzen zu maßgeblichen Anteilen durch die Kläranlagen laufen, ohne dass dort eine zielgerichtete Behandlung dieser biologisch nicht abbaubaren Stoffe erfolgen würde.

3. Eine Rückhaltung des Löschwassers am Ort des Brandereignisses ist möglich
Unternehmen, die der Löschwasserrückhalte-Richtlinie (LöRüRL) unterliegen, verfügen über Auffangräume, in denen das Löschwasser temporär zwischengepuffert werden kann.

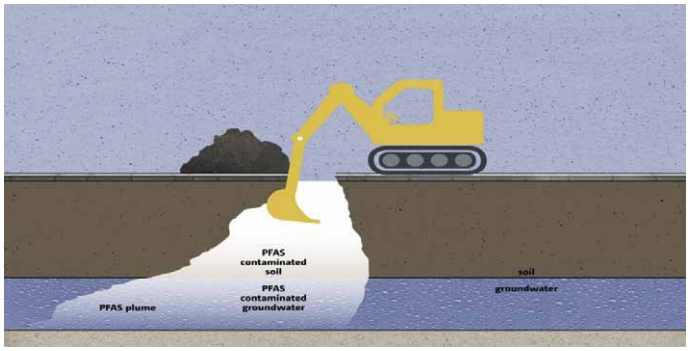

Abb. 2: Skizzenhafte Darstellung eines Bodenaushubs nach erfolgtem Versickern von Löschwasser in den Untergrund.

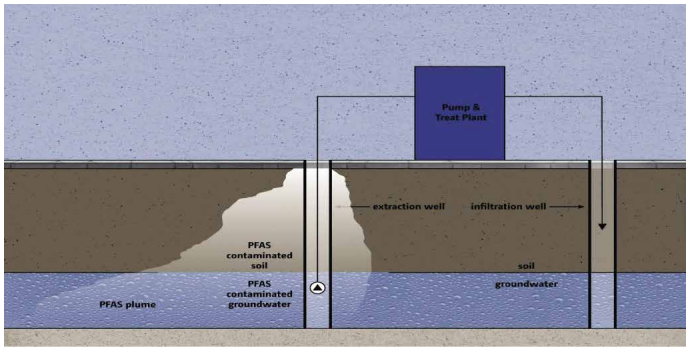

Abb. 3: Skizzenhafte Darstellung einer Grundwassersanierung mittels Pump- and Treat-Maßnahme nach erfolgtem Versickern von Löschwasser in den Untergrund.

Im Falle einer Zwischenpufferung vor Ort können verschiedenen Möglichkeiten des sich daran anschließenden Umgangs mit PFC-belastetem Löschwasser gewählt werden.

3.1. Verbringung des Löschwassers in Silofahrzeugen zu Off-Site-Wasserbehandlungsanlagen

Bei den sog. CP-Anlagen (Chemisch-physikalische Wasserbehandlungsanlagen) handelt es sich meist um Anlagen, die Prozesswässer aus Gewerbe und Industrie annehmen. Vielfach wird über einen Neutralisationsschritt eine Vorbehandlung durchgeführt, um die derart beeinflussten Wässer einer späteren Behandlung in der öffentlichen Abwasseranlage zuzuführen. Über eine zielgerichtet ausgestattete Verfahrensstufe zur Behandlung von PFC verfügen solche Anlagen i.d.R. nicht. Unter solchen Randbedingungen darf nicht von einer wahrnehmbaren Reduzierung der PFC-Belastung ausgegangen werden.

3.2. Verbringung des Löschwassers in Silofahrzeugen zu Verbrennungsanlagen

Zu unterscheiden ist zwischen „normalen“ Anlagen nach der 17. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchV), also Hausmüllverbrennungsanlagen, und Sondermüll- bzw. Hochtemperatur-Verbrennungsanlagen. In den Verbrennungsanlagen, die gemäß § 6 (1) der 17. BImSchV ausgeführt sind, ist für die Verbrennungsgase eine Mindesttemperatur von 850°C und eine Verweilzeit von mindestens zwei Sekunden einzuhalten. Für Verbrennungsanlagen für gefährliche Abfälle (sog. Sondermüll- bzw. Hochtemperatur-Verbrennungsanlagen), die gemäß § 6 (2) der 17. BImSchV ausgestattet sind, gilt eine Mindesttemperatur von 1.100°C.

Wissenschaftliche Studien belegen zweifelsfrei, dass eine vollständige und rückstandsfreie Zerstörung sämtlicher PFC-Verbindungen – ohne die Gefahr einer Bildung neuer fluororganischer Abbau- und/oder Transferprodukte einzugehen – erst ab einem Temperaturniveau von mindestens 1.100 °C sichergestellt ist. Das Umweltbundesamt geht sogar von einer erforderlichen Temperatur von 1.300 °C aus.

TESIMAX-Altinger GmbH
www.tesimax.de

Abb. 4: Beispiel einer großvolumigen Aktivkohleanlage für die Behandlung von PFC-verunreinigtem Wasser.

Wenn also aufgefangenes Löschwasser verbrannt werden soll, ist darauf zu achten, dass eine Verbringung ausschließlich in dafür geeigneten Hochtemperaturverbrennungsanlagen mit ≥1.100 °C erfolgt – mit entsprechenden Kosten.

3.3. Vor-Ort-Behandlung des Löschwassers mit Aktivkohle

Theoretisch denkbar und auch bereits in einigen Praxisfällen realisiert ist für die Behandlung von PFC-belastetem Löschwasser der Einsatz von großvolumigen Aktivkohlefiltern (siehe Abb. 4).

Auf die mit einer Anwendung von Aktivkohle verbundenen Grenzen und Risiken wird später noch ausführlicher eingegangen. Bereits jetzt sei erwähnt, dass in Abhängigkeit der jeweiligen vorliegenden PFC-Belastung und der sog. organischen sowie anorganischen Hintergrundbelastung des Löschwassers ein Erreichen des Aufbereitungsziels u.U. entweder gar nicht möglich wird oder die aus der Aufbereitung resultierenden Kosten erhebliche Dimensionen annehmen können.

3.4. Vor-Ort-Behandlung mit dem Perfluor-Ad-Verfahren

Um eine Vor-Ort-Behandlung von PFC-belasteten Löschwässern und auch eine Anwendung von Aktivkohle für solche und andere Einsätze risikofrei zu ermöglichen, wurde das PerfluorAd-Verfahren entwickelt, welches als Voraufbereitungsstufe den Gehalt an PFC signifikant senkt, sodass nachgeschaltete Verfahrensstufen deutlich entlastet und die Kosten gesenkt werden.

Für das PerfluorAd-Verfahren hat die Cornelsen Umwelttechnologie GmbH im März 2018 den Innovationspreis des Netzwerks ZENIT e.V. 2017/2018 erhalten und bekam durch das Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitales und Energie NRW eine Förderung für die Erstellung einer „Mobilen Löschwasser-Behandlungsanlage“ (MLB) nach dem PerfluorAd-Verfahren zugesprochen. Diese Anlage befindet sich aktuell in der Fertigung und wird dem Markt ab April 2019 für Einsätze zur „Vor-Ort-Behandlung von PFC-belasteten Löschwässern“ zur Verfügung stehen.

Mit der MLB kann das beim Brandvorgang entstehende Löschwasser unmittelbar vor Ort behandelt werden, da die Anlage aufgrund der Anordnung in transportablen Containersystemen kurzfristig mobilisiert und zum Brandort verbracht werden kann. Eine längerfristige Zwischenpufferung und/oder ein Transport zu einer externen Entsorgungsanlage würden daher nicht mehr erforderlich werden. Die MLB ist derart konzipiert, dass auf jedwede Belastung des Löschwassers – unabhängig vom Brandgut und von der PFC-Belastung – reagiert werden kann.

Bis zum Jahr 2015 galt die Adsorption von PFC an Aktivkohle und/oder Ionenaustauschern für die Reinigung von PFC-belasteten Wässern als das am häufigsten pilotierte und großtechnisch angewendete, um nicht zu sagen, als das Einzige bis dahin für Praxisanwendungen überhaupt verfügbare Verfahren.

Die Grenzen der Adsorption für diese Stoffgruppe sind jedoch hinreichend bekannt. Insbesondere die polaren kurzkettigen Einzelsubstanzen, wie die Perfluorbutansulfonsäure (PFBS), die Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS) sowie die kurzkettigen Perfluorcarboxylate Perfluorbutansäure (PFBA) und Perfluorpentansäure (PFPeA) müssen als kaum adsorbierbar an derzeit bekannten marktgängigen Adsorbentien eingestuft werden. Über die Stoffcharakteristik der PFC-Einzelsubstanzen sowie die Konzentration der PFC-Einzelsubstanzen und deren Konzentrationsverhältnisse untereinander hinaus kann die Wassermatrix einen signifikanten Einfluss auf die Effizienz des Adsorptionsprozesses ausüben. Vor allem sei hier auf Konkurrenzeffekte hingewiesen, die durch eine adsorbierbare organische Hintergrundbelastung des Wassers sowie durch ein Vorhandensein lang- und kurzkettiger PFC auftreten, und die vielfach zu niedrigen Beladungswerten sowie zu einem frühzeitigen Durchbrechen schwerer adsorbierbarer – zumeist kurzkettiger – Fluorverbindungen führen. Dieses gilt besonders für sehr mit organischen Begleitsubstanzen belastete Feuerlöschwässer, die aufgrund des aus organischen Komponenten bestehenden Löschmittels sowie auch aufgrund von Brandrückständen vielfach eine signifikante Hintergrundbelastung aufweisen. Der alleinige Einsatz von Adsorptionsverfahren (i.d.R. Aktivkohle) hat aufgrund dieser physikalischen Gesetzmäßigkeiten bei Praxisanwendungen daher bereits vielfach seine Grenzen gefunden bzw. zu erheblichen Kosten geführt, da der Verbrauch an Aktivkohle extrem hoch ausgefallen ist.

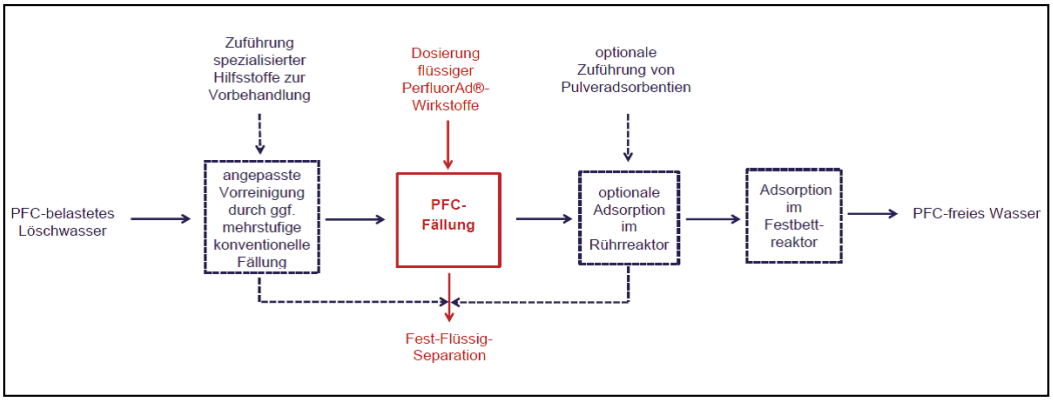

Abb. 5: PerfluorAd-Prinzipschema für die Behandlung PFC-belasteter Löschwässer

Neues Verfahren

Wie bereits erläutert, zeigt die Anwendung von Adsorptionsverfahren für die Behandlung von mit PFC verunreinigten Wässern nicht immer zufriedenstellende Reinigungsergebnisse bzw. führt zu hohen Betriebskosten.

Aufgrund dieser Erkenntnis wurde das auf PFC spezialisierte PerfluorAd-Verfahren entwickelt. Dieses Verfahren ist kein Adsorptionsverfahren, sondern basiert auf dem Prinzip der Bildung ionischer Anlagerungskomplexe, indem dem PFC-verunreinigten Wasser ein flüssiger Wirkstoff (PerfluorAd®) zugegeben wird. Angestrebt wird dadurch eine Ausfällung der zuvor gelösten PFC-Verbindungen, indem Mikroflocken aus dem Flüssigwirkstoff PerfluorAd und PFC gebildet werden. Die Zugabe des als PerfluorAd® bezeichneten Flüssigwirkstoffes erfolgt in den fließenden Wasserstrom, d. h. er wird in einen Behälter bzw. innerhalb eines Rohres zugeführt. Nach Einbringung des Wirkstoffes erfolgt in Abhängigkeit des Schadstoffinventars und der Wassermatrix in einem Rührbehälter innerhalb von 10 bis max. 30 min. ein Ausflocken der PFC. Diese werden mit konventionellen Methoden der Fest-Flüssig-Trennung, wie Sedimentation und/oder Filtration aus der Wasserphase abgetrennt, entwässert und einer ordnungsgemäßen Entsorgung zugeführt. Sofern erforderlich, wird dem derart behandelten Wasser simultan Pulveraktivkohle zugesetzt oder es wird in einem anschließenden Festbettadsorber nachbehandelt.

Mit dem PerfluorAd-Fällungsverfahren gehen einige Vorteile einher, die bei einer Entfernung schwer adsorbierbarer PFC-Verbindungen bedeutsam sind:

- Aufgrund der Tatsache, dass die flüssigen PerfluorAd-Wirkstoffe auf eine spezifische Wechselwirkung mit PFC ausgerichtet sind, ist eine negative Beeinflussung durch andere organische Wasserinhaltsstoffe kaum gegeben. Eine signifikante Negativbeeinflussung des PFC-Reinigungsprozesses, wie diese bei höheren Konzentrationen an gelöstem organischem Kohlenstoff (DOC) bei einer klassischen Adsorption stattfindet, tritt bei den spezialisierten PerfluorAd-Wirkstoffen daher nicht auf. Mit dem DOC als Summenparameter der Wasseranalytik kann der Gehalt an organischer Substanz in einer wässrigen Matrix beschrieben werden.
- In dem PFC-Fällungsprozess können auch andere organische sowie auch anorganische Begleitparameter mit behandelt werden. So können z.B. fällbare DOC-Strukturen – wie beispielsweise auch Brandrückstände – und Eisen oder Trübstoffe simultan mit angesprochen werden, ohne dass dafür separate Verfahrensstufen angeordnet werden müssten.
- Der PerfluorAd-Prozess bzw. der Fällungsvorgang in dem Rührreaktor stellt kein „statisches System“ dar, dieser Prozess kann – im Unterschied zu einer Adsorption im Festbett – zu jedem Zeitpunkt aktiv beeinflusst werden. In Abhängigkeit der zum jeweiligen Zeitpunkt anstehenden Durchflussmenge, der PFC-Konzentration und der Konzentration sonstiger Begleitstoffe können der PerfluorAd-Wirkstoff variiert und auch dessen Dosiermenge auf die jeweiligen Randbedingungen hin angepasst werden. Es handelt sich daher um einen flexiblen Prozess, der auf wechselnde Wasserbedingungen – wie sie auch bei einer Behandlung PFC-belasteter Löschwässer oder sonstigen komplex belasteten Abwässern auftreten können – durch die Modifikation von Einflussgrößen zu jedem Zeitpunkt angepasst werden kann.
- Die für die PerfluorAd-Technologie erforderliche Apparatetechnik kann als einfach und zugleich als sehr praxistauglich bezeichnet werden. Sie bietet zudem die Möglichkeit, weitere Wirkstoffe einsetzen zu können, um z. B. den pH-Wert zu modifizieren oder dem Prozess Flockungsmittel, Flockungshilfsmittel, Entschäumer oder auch Pulveradsorbentien zuzuführen.
- Der Flüssigwirkstoff PerfluorAd® ist als bioabbaubar eingestuft und folgt somit dem Prinzip der Nachhaltigkeit.
- Selbst bei hohen PFC-Belastungen und/oder extremem organischen Hintergrundbelastungen des zu behandelnden Wassers ist die erforderliche Wirkstoffeinsatzmenge im Vergleich zu der Einsatzmenge von Adsorptionsmaterialien äußerst gering. Aus dieser Tatsache resultieren nicht nur minimierte Betriebskosten für den Wasserbehandlungsprozess, sondern ebenfalls auch optimierte Kosten für die Reststoffentsorgung, da die entstehende Reststoffmenge gemäß der eingesetzten PerfluorAd-Wirkstoffmenge gering ausfällt. Der durch die geringe PerfluorAd-Wirkstoffmenge entstehende Reststoffanteil wird anschließend entwässert und einer Hochtemperaturverbrennung zugeführt.

In Abhängigkeit der zu behandelnden Wassermengen und projektspezifischer Randbedingungen können bei dem Einsatz der PerfluorAd-Technologie im Vergleich zu einer ordnungsgemäßen Entsorgung des Löschwassers in einer Hochtemperaturverbrennung Kostenersparnisse von bis zu 75% ermöglicht werden.

Beispiele aus der Praxis

- *Sanierung des PFC-verunreinigten Grundwassers unter dem Feuerlöschübungsplatz der Flughafenfeuerwehr Nürnberg*
  Durch den jahrelangen Einsatz fluorhaltiger Feuerlöschmittel wurde das Grundwasser unterhalb des Feuerlöschübungsplatzes auf dem Flughafen Nürnberg durch PFC verunreinigt. Es wurde eine mobile Grundwassersanierungsanlage nach dem PerfluorAd-Prinzip zur Verfügung und saniert dadurch das Grundwasser.
  Die anfängliche PFC-Konzentration im Grundwasser betrug mehr als 600 µg/l für die Summe der PFC. Allein mit der PerfluorAd-Behandlung wird die PFC-Belastung auf 41 µg/l (d. h. um 93,5%) gesenkt. Hinter der abschließenden Aktivkohlestufe (GAC für granulated activated carbon) ist eine PFC-Verunreinigung nicht mehr messbar.

- *Reinigung von PFC-belasteten Einsatzfahrzeugen und Feuerlöschausrüstungen*
  Im Zuge der Umstellung von Ffluorhaltigen auf fluorfreie Löschmittel gilt es die zuvor mit fluorhaltigen Löschmitteln in Kontakt stehende Ausrüstung gewissenhaft zu reinigen. Mit dem Einsatz der PerfluorAd-Technologie kann ein solcher Reinigungsprozess bestmöglich unterstützt werden. In der Regel empfiehlt sich ein 3-stufiges Vorgehen:
  Phase 1: vollständiges Entleeren des Einsatzfahrzeuges bzw. der stationären Löschanlage von fluorhaltigem Schaummittel.
  Wichtig ist, dass auch sämtliche „Depots“, d. h. Vertiefungen, Armaturen, Rohrenden, Pumpen etc. vollständig entleert werden.

Abb. 6: Grundwassersanierungsanlage der Cornelsen Umwelttechnologie GmbH auf dem Flughafen Nürnberg

Phase 2: Durchführen eines Spülprozesses durch die Anwendung eines mit dem PerfluorAd-Wirkstoff angereicherten Spülwassers (siehe Abb. 8).
Auch für diesen Arbeitsschritt gilt es sämtliche Komponenten zu erfassen, d. h. den Spülprozess unter Einbeziehung sämtlicher Rohrstränge, Pumpen, Auslässe etc. zu vollziehen. Da die verbliebene Menge an Löschmittel in den für eine Reinigung des Fahrzeuges „kritischen Bereichen" weitaus höher sein dürfte als die auf den glatten Behälterwandungen des Schaummitteltanks, ist der PerfluorAd-Spülprozess umso wichtiger auch in diesen kritischen Bereichen.

Phase 3: Behandlung des Spülwassers mit separatem PerfluorAd-Prozess nach Abschluss der Fahrzeugreinigung (siehe Abb. 9).
Nachdem die Reinigung des Systems (Einsatzfahrzeug, stationäre Löschanlage o. ä.) beendet wurde, kann das dabei angefallene Spülwasser direkt vor Ort gereinigt werden. Dafür wird nochmals der PerfluorAd-Wirkstoff eingesetzt, um eine Fällung der zu erwartenden hohen PFC-Belastung durchzuführen. Die entstehenden Flockenstrukturen sedimentieren aus und werden nach Eindickung ordnungsgemäß einer Hochtemperaturverbrennung zugeführt.

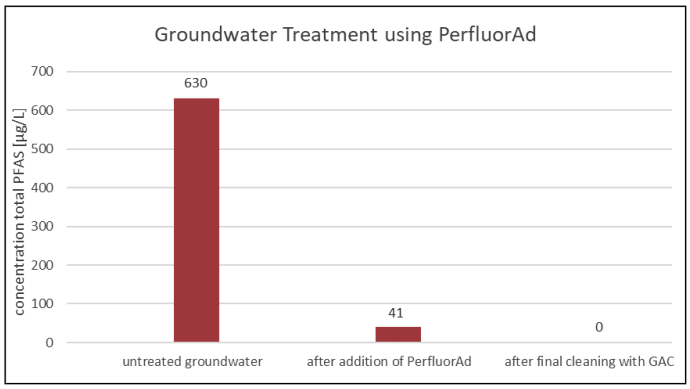

Abb. 7: Beispiel der Wirksamkeit der PerfluorAd-Vorbehandlung

Ausblick

Mit dem PerfluorAd-Verfahren wird dem Markt ein neues, auf PFC spezialisiertes Wasserreinigungsverfahren zur Verfügung gestellt, das entweder in seiner alleinigen Anwendung oder als Vorreinigungsstufe – z. B. vor einer konventionellen Festbettadsorption – eingesetzt werden kann.

Das PerfluorAd-Verfahren basiert auf dem Prinzip der Fällung und nutzt dafür flüssige Wirkstoffe, die in Abhängigkeit von der anstehenden PFC-Belastung sowie der Wassermatrix ausgewählt und in den Wasserstrom dosiert werden. Der Fällungsprozess wird in einem klassischen Rührbehälter vollzogen. Die entstehenden Fällungsprodukte werden über Sedimentations- oder Filtrationstechniken abgetrennt.

Das Verfahren zeigt im Unterschied zur Festbettadsorption vor allem bei komplex belasteten Wässern deutliche Vorteile durch einen geringen Wirkstoffeinsatz und einem daraus entstehenden niedrigen Anfall PFC-verunreinigter Reststoffe. Daraus wiederum folgen bei dem Einsatz des PerfluorAd-Verfahrens deutliche optimierte Kosten.

In dem PerfluorAd-Prozess können sowohl organische als auch anorganische Hintergrundbelastungen des Wassers simultan mit angesprochen werden. Somit zeigt das Verfahren bei komplexen Verunreinigungen eine deutlich geringere Empfindlichkeit als bei der Anwendung konventioneller Adsorbentien bekannt ist.

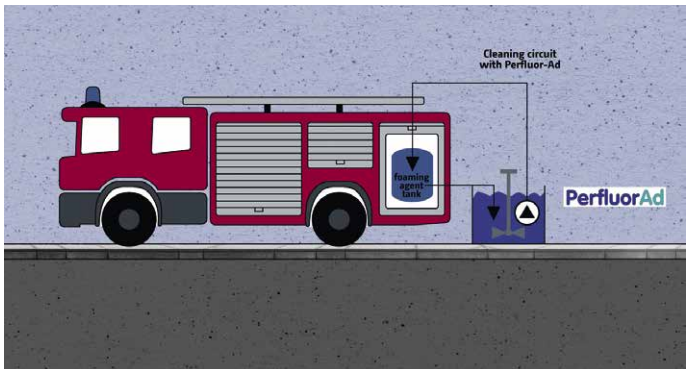

Abb. 8: Phase 2 des Reinigungsprozesses bei der Umstellung von Fluorhaltigen auf Fluor-freie Löschmittel: Spülkreislauf mit PerfluorAd

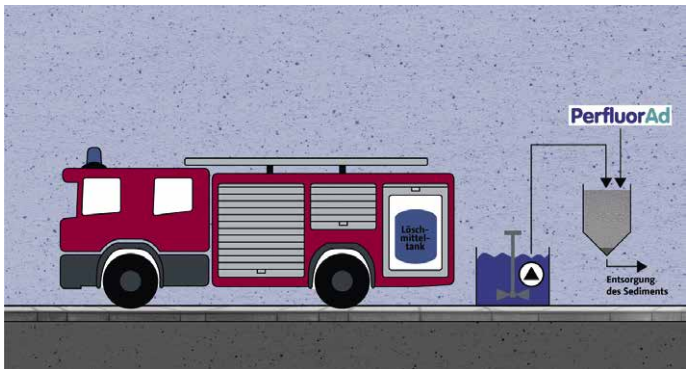

Abb. 9: Phase 3 des Reinigungsprozesses bei der Umstellung von Fluorhaltigen auf Fluor-freie Löschmittel: Behandlung des Spülwassers mit PerfluorAd

Abb. 10: Mobile PerfluorAd-Anlage zur Unterstützung bei der Reinigung von Einsatzfahrzeugen (der kleine blaue Behälter am rechten Bildrand stellt den für den Reinigungsprozess erforderlichen Aktivkohlefilter dar, der durch die PerfluorAd-Reinigung sehr klein dimensioniert werden kann).

Abb. 11: Spülung eines Schaumwerfers mit PerfluorAd-angereichertem Spülwasser.

Neben der Anwendung des PerfluorAd-Verfahrens zur Reinigung von PFC-belasteten (Feuerlösch-)Wässern wird der PerfluorAd-Wirkstoff ferner bei der Reinigung von Komponenten und Systemen eingesetzt, die mit PFC in Kontakt waren und einer bestmöglichen Reinigung unterworfen werden sollen, wie bei der Umstellung von fluorhaltigen Feuerlöschmitteln auf fluorfreie Feuerlöschmittel. ■

VERSCHAFFEN SIE SICH DEN GRÖSSTEN TAKTISCHEN VORTEIL

NFPA 1801-KONFORME WÄRMEBILDKAMERA FLIR K65

Die NFPA 1801-konforme FLIR K65 hilft Ihnen, besser zu sehen als je zuvor. Mit der richtungsweisenden FSX-Technologie zeigt die K65 in Echtzeit ein beispiellos hohes Niveau an feinen Details in den Wärmebildern. Dadurch finden Sie einfacher Ihren Weg, identifizieren mögliche Ziele schneller, können Brände strategischer angehen, Opfer schneller lokalisieren und bleiben selbst dabei sicher - auch in stark verrauchten Umgebungen. Dank ihrer Videoaufnahmefunktion eignet sie sich ideal für Einsatzauswertungen und Schulungen.

2 JAHRE AKKU-GARANTIE* | 5 JAHRE PRODUKT-GARANTIE* | 10 JAHRE DETEKTOR-GARANTIE*

NFPA 1801 KONFORM

© COPYRIGHT 2018 FLIR SYSTEMS, INC. ALLE ANDEREN MARKEN- UND PRODUKTNAMEN SIND WARENZEICHEN DER JEWEILIGEN EIGNER. DIE DARGESTELLTEN BILDERN REPRÄSENTIEREN MÖGLICHERWEISE NICHT DIE TATSÄCHLICHE AUFLÖSUNG DER ABGEBILDETEN KAMERA. DIE BILDER DIENEN NUR VERANSCHAULICHUNGSZWECKEN.

Erfahren Sie mehr: www.flir.de/K65

FLIR® | The World's Sixth Sense™