

PFC in der Altlastenerfassung

Pilotstudie

Berücksichtigung von Perfluorierten Chemikalien in der Altlastenerfassung -

Pilotstudie im Landkreis Sigmaringen

Aufgestellt: Tübingen, 14.11.2014

F. Walter | Projektleitung

Hannah Scheckenbach | Projektmitarbeit

Auftraggeber:

Landratsamt Sigmaringen
Fachbereich Umwelt und Arbeitsschutz
Leopoldstr. 4
72488 Sigmaringen

Projektmanagement:

Berghof Analytik und Umweltengineering GmbH & Co KG
Lilli-Zapf-Str. 32
72072 Tübingen

Verteiler:

Landratsamt Sigmaringen
RP Tübingen, Referat 52
Fa. Berghof

Berghof Analytik + Umweltengineering GmbH
Lilli-Zapf-Str. 32
72072 Tübingen
Deutschland
T +49.7071.9328-0
F +49.7071.9328-28
E-Mail: umweltengineering@berghof.com
www.berghof.com

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung und Fragestellung	7
2.	Die Stoffgruppe PFC	8
3.	Historie und Rechtliche Vorgaben	14
4.	Allgemeine Anmerkungen	17
4.1.	Vorgehensweise in der Literaturrecherche.....	17
4.2.	Branchenspezifische Kriterien für die Erfassung	18

Teil I: Branchenbezogene Literaturrecherche

5.	Galvanische Betriebe	19
5.1.	Allgemeine Anmerkungen	19
5.2.	Ergebnisse Galvanik	20
5.2.1.	Zeitraum des PFC-Einsatzes	20
5.2.2.	Einsatzbereiche	21
5.2.3.	Stoffgruppen / Handelsnamen und Einsatzmengen	22
5.2.4.	Eintragswege in die Umweltmedien	24
5.2.5.	Untersuchungen Galvanischer Betriebe auf PFC/PFT	25
6.	Textilindustrie	26
6.1.	Allgemeine Anmerkungen	26
6.2.	Ergebnisse Textilindustrie	26
6.2.1.	Einsatzbereiche und -zeitraum.....	26
6.2.2.	Stoffgruppen / Handelsnamen und Einsatzmengen	29
6.2.3.	Eintragswege in die Umweltmedien	30
6.2.4.	Untersuchungen von Betrieben der Textilbranche auf PFC.....	30
7.	Halbleiterfertigung	30
7.1.	Allgemeine Anmerkungen	30
7.2.	Ergebnisse Halbleiterfertigung	31
7.2.1.	Einsatzbereich und Zeitraum des PFT-Einsatzes.....	31
7.2.2.	Stoffgruppen / Handelsnamen und Einsatzmengen	32
7.2.3.	Eintragswege in die Umweltmedien und Untersuchungen	32
8.	Fotoindustrie	33
8.1.	Allgemeine Anmerkungen	33
8.2.	Ergebnisse Fotoindustrie	33
9.	Papier- und Verpackungsindustrie	34
9.1.	Allgemeines zur Branche	34
9.2.	Ergebnisse Papier- und Verpackungsindustrie.....	35
10.	Lack- und Farbenherstellung	36
10.1.	Allgemeines zur Branche	36
10.2.	Ergebnisse Lack- und Farbenherstellung.....	37

10.2.1. Einsatzbereiche und -zeitraum.....	37
10.2.2. Einsatzmengen und -substanzen.....	38
11. Hydraulikflüssigkeiten.....	40
11.1. Allgemeines.....	40
11.2. Ergebnisse Hydraulikflüssigkeiten.....	41
11.2.1. Einsatzbereiche und -zeitraum.....	41
11.2.2. Substanzen und Einsatzmengen.....	41
11.2.3. Eintragswege.....	42
12. Deponien.....	42
12.1. Allgemeines zu Deponien.....	42
12.2. Rechercheergebnis Deponien.....	42
13. Herstellung von Reinigungs- und Kosmetikartikeln.....	45
14. Chem. Industrie.....	45
15. Zusammenfassung und Bedeutung für die Altlastenerfassung.....	46
15.1. Galvanik.....	46
15.2. Textilindustrie.....	48
15.3. Halbleiterindustrie.....	49
15.4. Fotoindustrie.....	50
15.5. Papier- und Verpackungsindustrie.....	51
15.6. Lack- und Farbenherstellung.....	53
15.7. Hydraulikflüssigkeiten.....	54
15.8. Deponien.....	55

Teil II: Studie Feuerlöschschäume

16. Feuerlöschschäume.....	57
16.1. Allgemeines Vorgehen und Quellen.....	57
16.2. Grundlagen des Feuerwehrwesens.....	58
16.3. LANUV-Arbeitshilfe.....	62
16.4. Recherchen im Landkreis Sigmaringen.....	64
16.4.1. Grundlegendes zur Feuerwehr im Lkr. Sigmaringen.....	64
16.4.2. Aktenauswertung.....	65
16.4.3. Befragungsergebnisse.....	69
16.4.4. Fragebogen und Auswertung.....	72
16.5. Literatur zum Thema Feuerlöschschaum.....	73
16.6. Zusammenfassung, Interpretation und Bedeutung für die Altlastenerfassung.....	76
17. Empfehlung / weiterer Handlungsbedarf.....	82
18. Verzeichnisse.....	83
18.1. Abbildungsverzeichnis.....	83
18.2. Tabellenverzeichnis.....	83
18.3. Literaturverzeichnis.....	84

Anlagenverzeichnis

Nr.	Beschreibung
1	Feuerwehrstatistik Landkreis Sigmaringen 2012
2	Beispiele von Einsatzberichten (aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht enthalten)
3	Auszug Verzeichnis der Akten der Gebäudebrandversicherung, Kreisarchiv SIG (aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht enthalten)
4	Brandfälle mit Schaummittelverwendung aus Einsatzberichten (aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht enthalten)
5	Fragebogen zur Befragungsaktion bei den Feuerwehren

Abkürzungsverzeichnis

ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol-Mischpolymere
AFFF/A3F	Aqueous Film Forming Foam bzw. wasserfilmbildendes Schaummittel
APFO	Ammoniumsalz der Perfluorooctansäure, Ammoniumperfluoroktanat
ARC	Antirefleksions Beschichtung, anti-reflective coating
BAK	Bodenschutz- und Altlastenkataster
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BBodSchG	Bundesbodenschutzgesetz
BiPRO	Brancheninstitut Prozessoptimierung
CAFSM	Class-A-Foam-Schaummittel
CAS Nr.	Chemical Abstracts Service; internationaler Bezeichnungsstandard für chemische Stoffe
CEFIC	Verband der Europäischen chemischen Industrie
CEPE	Verband der europäischen Farben und Lackindustrie
DK	Deponieklasse
DWR	Durable Water Repellency, dauerhaft wasserabweisende Ausrüstung
ECF	Elektrochemische Fluorierung nach Simons
EPA	Amerikanische Umweltbehörde, US Environmental Protection Agency
EuPIA	Unterverband der CEPE, der Druckfarbenhersteller vertritt
FC	Fluorcarbonharze
FC-98	Perfluor-Ethylcyclohexyl-Sulfonat
FFFF	Filmbildende Fluorproteinschaummittel
FOSA	Perfluorooctansulfonamid
FOSE	Perfluorsulfonamidethanol
FPS	Fluorproteinschaummittel
FTOH	Fluortelomeralkohole
GKSS	Helmholtz-Zentrum Geesthacht
HFD	Klasse schwerentflammbarer wasserfreier synthetischer Flüssigkeiten, die als Hydraulikflüssigkeit genutzt wird
ISWA	International Solid Waste Association
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LBodSchAG	Landes- Bodenschutz- und Altlastengesetz
LHKW	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe
LW	gesundheitlich duldbarer Trinkwasserleitwert
MBS	Mehrbereichsschaummittel
MUNLV	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
N-EtFOSE	N-ethylperfluorooctylsulfonamidethanol

PAG	photo-acid generator
PAP	Perfluoralkylphosphate
pbt	persistent, bioakkumulierbar und toxisch
PFAB	Polyfluoralkylbetaine
PFAS	per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen, Perfluorcarboxylate
PFC	per- und polyfluorierte Chemikalien perfluorinated compounds
PFCA	per- und polyfluorierte Carbonsäuren
PFO	Anion der Perfluorooctansäure PFOA
PFOA	Perfluorooctansäure, perfluorooctanoic acid
PFOS	Perfluorooctansulfonsäure
PFOSA	Perfluorooctylsulfonsäure
PFOSF	Perfluorsulfonfluorid
PFPE	Perfluorpolyether
PFSA	per- und polyfluorierte Sulfonsäuren
PFT	Perfluorierte Tenside
POP	Langlebige organische Schadstoffe, persistent organic pollutant
ppm	parts per million
PS	Proteinschaummittel
PTFE	Polytetrafluorethylen
PTFE/HFEP	teflonartige Beschichtung, Polytetrafluorethylen/heat shrinkable ethylene propylene
PVDF	Polyvinylidenfluorid
REACH	Registration Evaluation and Authorisation of Chemicals
TEGEWA	Fachverband der deutschen chemischen Industrie
UBA	Umweltbundesamt
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
VdL	Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie
VMWS	vorsorglicher Maßnahmewert für Säuglinge und sensible Gruppen
VW	allgemeiner Vorsorgewert
VZ	Verschäumungszahl
ZVO	Zentralverband für Oberflächentechnik

1. Einleitung und Fragestellung

Der massive Einsatz von Löschschaum zur Bekämpfung eines Großbrandes im Landkreis Sigmaringen 2007 verursachte erhebliche Verunreinigungen des Bodens und des Grundwassers durch Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) und erforderte Untersuchungsmaßnahmen und Bewertungen¹ entsprechend der Altlastenkonzeption des Landes Baden-Württemberg. Dieses Schadensereignis - das nur in seiner Dimension einmalig war- und weitere Schadensereignisse in anderen Bundesländern waren Anlass für die aktuelle Diskussion über die Einbindung der Stoffgruppe der PFC in das Altlastenregime des Landes. Mit der Durchführung der Arbeiten des vorliegenden Projektes liegen nun erste Erfahrungen über eine künftige Erfassung und Erstbewertung von Flächen vor, auf denen mit PFC umgegangen wurde. Als Ergebnis werden Vorschläge zum methodischen Vorgehen und zur Ab- und Eingrenzung der Definition der Anhaltspunkte nach § 3 Abs. 1 BBodSchV abgeleitet bzw. bestehende Wissenslücken für zukünftige Maßnahmen beschrieben.

Das Pilotprojekt beschränkt sich auf den Landkreis Sigmaringen und berücksichtigt/unterscheidet zwei Verursachungswege bzw. PFC-Eintrags- und Gefährdungsquellen:

- Einsatz von PFC in Gewerbe und Industrie
- Einsatz von PFC-haltigen Löschschäumen

Die Schadstoffgruppe der PFC fand in der Erfassung und Nacherfassung altlastenverdächtiger Flächen in Baden-Württemberg bislang keine Berücksichtigung. Gleichwohl sind Branchen, bei denen aktuell der Einsatz PFC-haltiger Substanzen bekannt ist, als altlastenrelevant eingestuft und in der Regel hinsichtlich des klassischen Schadstoffspektrums überprüft. Im Rahmen des vorliegenden Pilotprojektes wurde mittels einer ausführlichen Literaturstudie versucht, eine für die Ergänzung der Erfassungsergebnisse bzw. des Bodenschutz- und Altlastenkatasters belastbare Datenbasis zu erstellen. Bedingt durch den beträchtlichen Umfang dieser Arbeiten fand eine Auswahl der zu betrachtenden Branchen nach den für den Landkreis Sigmaringen relevantesten Gewerbearten statt.

Die ursprüngliche Konzeption zur flächendeckenden Erfassung von Standorten, deren Altlastenverdacht auf die Verwendung von Löschschäumen zurückzuführen ist, basiert auf dem Beitrag „Informationsquellen zur Ermittlung von PFT Belastungen durch den Einsatz von Löschschäumen“, der im Heft 6/2012 der Fachzeitschrift „altlasten spektrum“² veröffentlicht wurde. Während der Arbeiten zur Pilotstudie fanden die im Artikel skizzierte Vorgehensweise Eintrag in die Arbeitshilfe für flächendeckende Erhebungen über Altstandorte und Altablagerungen³ veröffentlicht des Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV, NRW) im Oktober 2013.

Der vorliegende Bericht zur Pilotstudie markiert einen Zwischenstand erster grundlegender Rechercheergebnisse. Er stellt damit eine solide Grundlage für die im Landkreis Sigmaringen folgende Einzelfallbearbeitung von Flächen mit Umgang von PFC-haltigen Einsatzstoffen dar. Ebenso bietet er eine solide Grundlage für eine Diskussion über die landesweite Verwert- und Übertragbarkeit der Ergebnisse.

1 (Fa. Berghof, 2012)

2 (Mark, Harald; Schroers, Stefan; Hädicke, Andrea, 2012)

3 (LANUV NRW, 2013)

An dieser Stelle möchten wir uns bei sämtlichen, am Pilotprojekt Beteiligten wie Hr. Kleiner und Hr. Badouin vom Landratsamt Sigmaringen, Hr. Stahl vom Regierungspräsidium Tübingen sowie Fr. Hillmert, Fr. Dr. Blankenhorn, Hr. Dr. Dreher, Hr. Dr. Kohler sowie Fr. Witt-Hock von der LUBW in Karlsruhe für die Unterstützung, die Anregungen und Korrekturen herzlich bedanken.

Die Durchführung der Recherchen sowie die Aufarbeitung der Ergebnisse erfolgte nach bestem Wissen und Gewissen.

2. Die Stoffgruppe PFC

Per- und polyfluorierte Chemikalien sind aufgrund ihres problematischen Umweltverhaltens und nach Bekanntwerden unterschiedlicher Schadensfälle in den letzten Jahren vermehrt untersucht worden. Bedingt durch ihren pbt-Charakter (**p**ersistent, **b**ioakkumulierbar und **t**oxisch) befinden sich inzwischen 6 Einzelsubstanzen (PFOA und APFO sowie 4 weitere, langkettige Perfluorcarbonsäuren) in der Kandidatenliste der Europäischen Chemikalienverordnung REACH. Von Seiten des UBA's werden für diese 6 Substanzen auf europäischer Ebene Beschränkungsmaßnahmen, was Verwendung und Herstellung angeht, angestrebt. PFOS wurde nach Angabe des Bayerischen Landesamts für Umwelt bereits im Jahr 2005 in die POP- oder Stockholm-Konvention (zu beschränkende POPs) aufgenommen, kam endgültig dann im Jahr 2010 in Annex B der POP-Konvention. Auf europäischer Ebene erfolgte 2004 mit der POP-Verordnung die Umsetzung der Stockholm-Konvention. Ein erstes Anwendungsverbot für PFOS erfolgte mit der EU-Richtlinie 2006/122/EG im Jahr 2008. 2009 wurde dieses Anwendungsverbot in Anhang XVII der REACH-Verordnung übernommen. Im Rahmen der Anpassung der europäischen POP-Verordnung an die Stockholm-Konvention im Jahr 2010 erfolgte auch hier der Erlass entsprechender Einschränkungsmaßnahmen für PFOS.

Für einige Branchen wie beispielsweise Teilbereichen der Galvanikindustrie oder der Halbleiterherstellung bestehen noch befristete Ausnahmegenehmigungen hinsichtlich des Einsatzes von PFOS.

Die Bezeichnung der gesamten Stoffgruppe wird sehr unterschiedlich gehandhabt. Im deutschen Sprachgebrauch hat sich die Bezeichnung ‚PFT‘ für perfluorierte Tenside gebildet. Damit sind meistens Perfluoroctansulfonsäure (PFOS) und Perfluoroctansäure (PFOA) gemeint. Häufig werden allerdings auch polyfluorierte oder kürzerkettige fluorierte Tenside dazu gezählt. Auch Fluortelomeralkohole (FTOH) werden je nach Definition zu der Gruppe der PFT gezählt.

Im englischen Sprachgebrauch erscheint es öfter die Begrifflichkeit „PFOS related Substances“. Diese Terminologie geht zurück auf die Aufnahme von PFOS und insgesamt 96 weiteren, damit verbundenen fluorierten Substanzen in Annex A der „Stockholm Convention“. Unter „PFOS-related Substances“ fallen alle Verbindungen, die Derivate von PFOS sind oder durch deren Abbau PFOS entstehen kann⁴. In der vorliegenden Untersuchung wird die englische Begrifflichkeit als „PFOS-verwandte Substanzen“ bezeichnet.

Eindeutiger und der internationalen Nomenklatur entsprechend findet mehr und mehr der Begriff PFC (per- und polyfluorierte Chemikalien beziehungsweise perfluorinated compounds) als Überbegriff fluororganischer Verbindungen Verwendung. Die Abkürzungen

- PFAS (per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen),
- PFCA (per- und polyfluorierte Carbonsäuren) sowie

4 (United Nations Environment Programme, 2006)

— PFSA (per- und polyfluorierte Sulfonsäuren)

kennzeichnen Untergruppen⁵ der PFC.

Generell bauen sich PFC über Kohlenwasserstoffketten unterschiedlicher Länge, deren Wasserstoffatome teilweise (polyfluoriert) oder komplett (perfluoriert) durch Fluor substituiert wurden, auf. Desweiteren weisen sie unterschiedliche funktionelle Gruppen auf.

Die klassischen Vertreter der ‚PFT‘ besitzen einen unpolaren Teil mit typischerweise 4-10 Kohlenstoffatomen und eine polare Kopfgruppe, meist bestehend aus einer Carbonsäure- oder Sulfonsäuregruppe. Sie sind damit amphiphil, was zu ihrer Namensbezeichnung als Tensid geführt hat. Nach der Länge der Kette unterscheidet man in kurzkettige PFT, wie beispielsweise Perfluorbutansulfonsäure mit 4 C-Atomen als Kohlenstoffkette und länger-kettige PFT wie etwa PFOS mit 8 C-Atomen. Grenzflächenaktive Eigenschaften der PFT können sowohl über die Länge der Kohlenstoffkette als auch durch den Einsatz verschiedener Kopfgruppen variiert werden, wodurch sich eine Vielzahl unterschiedlicher Stoffe und Eigenschaften ergibt⁶.

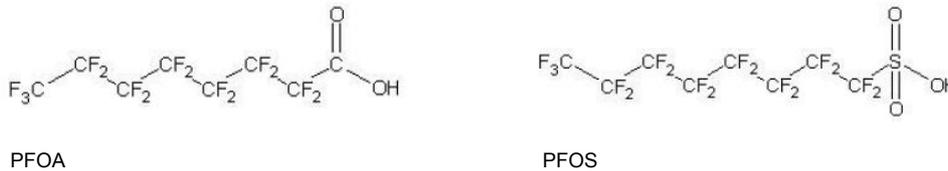


Abbildung 1: Klassische Vertreter der perfluorierten Tenside (Abbildungen aus Veröffentlichung LfU Bayern⁷)

HERSTELLUNG

Man unterscheidet zwei wesentliche Verfahren der Herstellung von PFC. Das ältere Verfahren, die Elektrochemische Fluorierung nach Simons, ist zwar kostengünstiger, wird heute aber kaum mehr angewendet, da die Ausbeute gering ist und eine Reihe von Nebenprodukten mit kürzeren Ketten sowie verzweigten Alkylketten entsteht. Heute wird überwiegend die Telomerisation genutzt, da sie hinsichtlich ihrer Produkte als „sortenreiner“ einzustufen ist^{7,8}.

Elektrochemische Fluorierung (ECF) nach Simons: Die H-Atome in ausgewählten Grundkörpern werden unter Anlegung einer Spannung und in Zusammenwirken mit Flusssäure durch Fluor-Atome substituiert. Zwischenverbindung und Nebenprodukt dieses Prozesses ist beispielsweise Perfluorooctylsulfonfluorid (PFOSF), das zu perfluorierten Tensiden derivatisiert wird, durch Hydrolyse kann Perfluorooctansulfonsäure (PFOSA) und durch anschließende Neutralisation Perfluorooctansulfonat (PFOS) entstehen. Je nach Ausgangsstoff kann auch PFOA als Verunreinigung vorkommen⁹. Die Gesamtausbeute des zu synthetisierenden Produkts wird nach Albers⁶ auf 30 bis 45 % geschätzt.

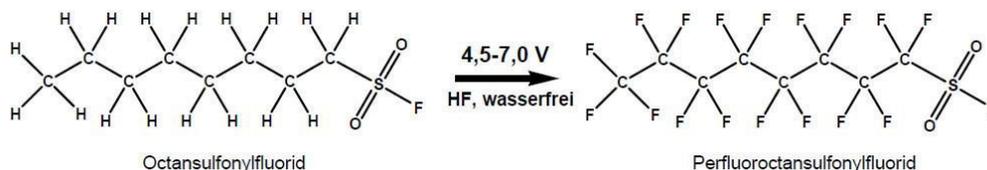


Abbildung 2: Elektrofluorierung von Octansulfonylfluorid (Abbildung aus Dissertation Albers⁶)

⁵ (LANUV NRW, 2011)

⁶ (Albers, 2011)

⁷ (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2012)

⁸ (Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, 2006)

⁹ (Buck et al. , 2011)

Im weiteren Syntheseverlauf erfolgt ausgehend von PFOF als Intermediat die Ableitung zweier zentraler Zwischenprodukte (PFOSA, FOSE). FOSE wird weiter zum jeweiligen Alkylfluorooctylsulfonamidethanol (FOSE) umgesetzt. Die Zwischenprodukte selbst werden nur in geringerem Umfang industriell eingesetzt. PFOF wird im Wesentlichen durch Neutralisation in die entsprechenden Salze überführt (PFOS). Aus FOSE und FOSE entsteht durch unterschiedliche Derivatisierungen eine Reihe weiterer Substanzen. Diese finden in einem breiten Anwendungsspektrum weitere Verwendung⁸.

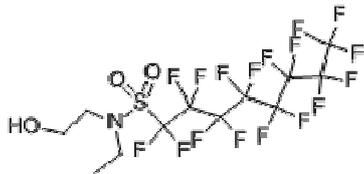


Abbildung 3: N-Ethyl-N-(2-hydroxyethyl)perfluorooctylsulfonamide = N-ethylperfluorooctanesulfonamidoethanol (N-EtFOSE)

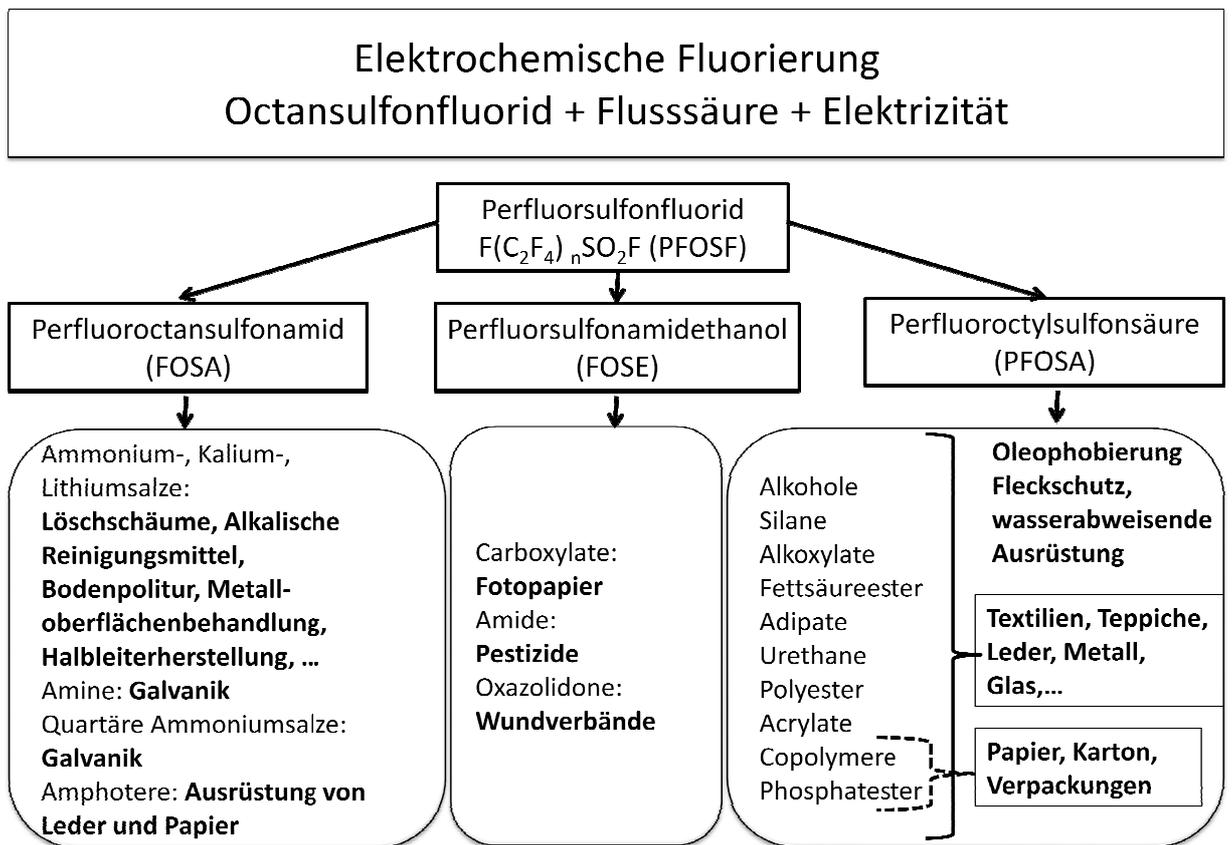


Abbildung 4: Herstellschema Elektrochem. Fluorierung und Einsatzbereiche (Abbildung nach Bay. LGL⁸)

Telomerisation: Hierbei wird schrittweise die Zielsubstanz durch Reaktion von Tetrafluorethylen mit Pentafluoridethan aufgebaut. Jede neue Reaktion mit Perfluorethen erhöht das Grundgerüst um zwei weitere C-Atome. Das so erhaltene Perfluoralkyliodid kann dann als Ausgangssubstanz in weiteren Syntheseprozessen verwendet werden.

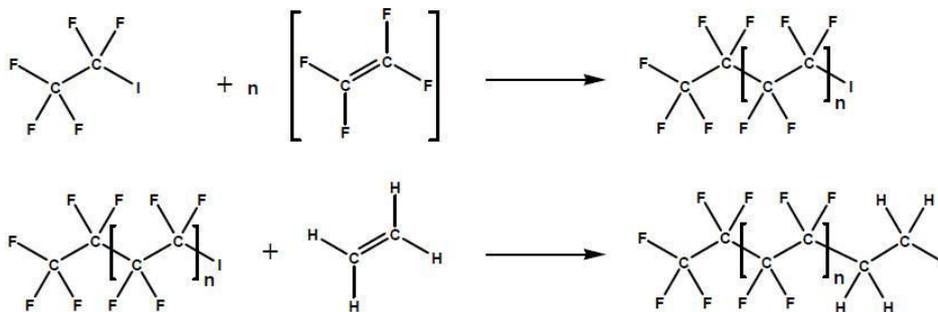


Abbildung 5: Kettenwachstum bei der Fluortelomerisierung (Abbildungen aus Dissertation Albers⁶)

Beendet wird der Prozess der weiteren Telomerisierung durch Umsetzung des Iodids mit Ethen. Das entstandene Telomeriodid dient wiederum als Ausgangssubstanz für zahlreiche weitere Syntheseschritte sogenannter Fluortelomerverbindungen. Darunter fallen die Telomeralkohole (FTOH), die mittels Hydroxylierung des Iodids hergestellt werden sowie die Telomerolefine, die mittels Acetylierung synthetisiert werden. Bei der Umsetzung mit Kaliumthiocyanat entstehen Fluortelomersulfonate.

Durch weitere Derivatisierung von Verbindungen dieser 3 Gruppen können daraus wiederum eine Vielzahl von Stoffen abgeleitet werden, die entsprechend ihrer funktionalen Eigenschaften Verwendung in den jeweiligen Einsatzbranchen finden^{7, 9}. Die Telomersynthese bietet größere Variationsmöglichkeiten, was die spätere Derivatisierung angeht. Es entsteht zwar kein PFOS, als Verunreinigung ist allerdings PFOA nachweisbar.

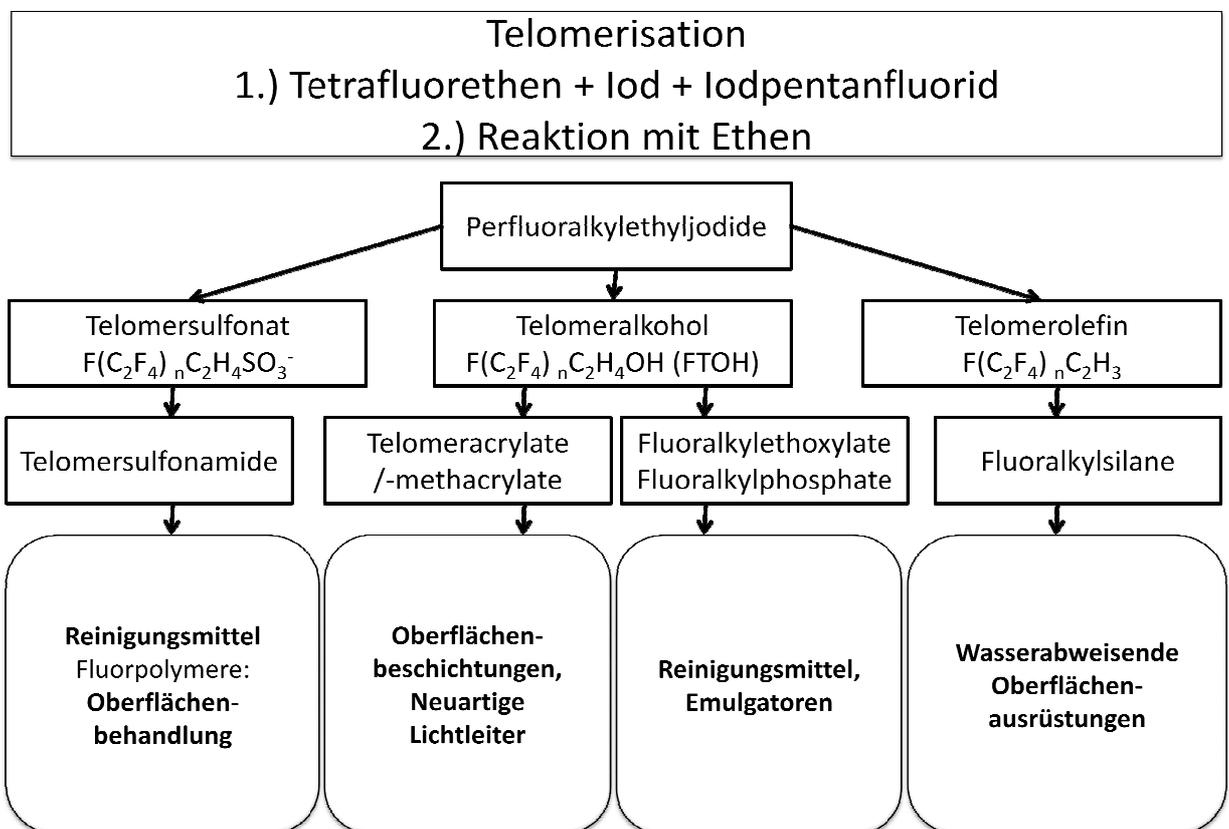


Abbildung 6: Herstellschema Telomerisation und Einsatzbereiche (Abbildung nach Bay. LGL⁸)

GalvanikPFOS, H₄PFOS**Textilindustrie**

Fluoracrylate/Telomeracrylate (= Fluorcarbonharze)

Halbleiterindustrie

PFOS

Fotoindustrie

PFOS

Papier- und Verpackungsherstellung

Fluorcarbonharze, fluorierte Polymere, Phosphatester von N-EtFOSE, PAP's, polyfluorierte Phosphonsäuren (FTOH, PFOS, PFOA als sekundäre, relevante Verunreinigungen)

Lack- und FarbenherstellungPFOS und PFOS-verwandte Substanzen, Perfluorbutansulfonat, fluorierte Polyether, Fluorpolymere - PVDF (Polyvinylidenfluorid -Polymer aus C₂H₂F₂)**Hydraulikflüssigkeiten**

PFOS, Perfluor-Ethylcyclohexyl-Sulfonat (FC-98)

ABBAUVERHALTEN UND ANALYSEMETHODEN

Entsprechend der ursprünglichen Synthese (ECF oder Telomerverfahren) gestaltet sich auch der Abbau der fluorierten Substanzen und Polymere bzw. der in ihnen enthaltenen Verunreinigungen. Aufgrund der zentralen Bedeutung der Intermediate PFOSA, FOSA und FOSE in der Elektrofluorierung besteht für den Abbau der synthetisierten, höhermolekularen Verbindungen der begründete Verdacht, dass als Endprodukt PFOS entsteht⁵². Die oben aufgeführten Verbindungen gelten als sogenannte PFOS-Precursor⁷. In diesem Zusammenhang sind ebenfalls die bereits oben erwähnten PFOS-verwandten Substanzen zu verstehen. Heft 34 des LANUV's zeigt z.B. die Umsetzung von N-EtFOSE zu PFOS mit den entsprechenden Zwischenschritten⁵.

Durch die zunehmende Substituierung perfluorierter durch polyfluorierter Verbindungen, die aus der Telomersynthese stammen, verlagerte sich das Spektrum der durch Abbau entstehenden Reststoffe. Die in der Literatur erwähnten und bekanntesten Abbauwege betreffen die Fluortelomeralkohole (FTOH). So verläuft beispielsweise der Abbau polyfluorierter Oberflächenbeschichtungen oder von Alkylphosphaten aus der Papierherstellung über FTOH und weiteren Zwischenschritten zu PFOA. Aus Perfluorcarboxybetainen, die vermehrt als Ersatzstoff in PFOS-freien Feuerlöschschäumen verwendet werden, entstehen 6:2 Fluortelomersulfonate, die weiter zur stabilen Perfluorhexansäure (PFHxA) degradieren.

Ein wesentliches Problem der polyfluorierten Verbindungen und ihrer Auswirkungen auf die Umweltmedien besteht darin, dass durch die Vielzahl der Verbindungen bisher wenig über ihr Abbauverhalten bekannt ist. Für die meisten Verbindungen liegen keine analytischen Standards vor, um diese gesichert identifizieren zu können.

Genormte Analyseverfahren für den Nachweis per- und polyfluorierter Chemikalien in Wasser, Schlamm, Kompost und Boden sind in den Normen DIN 38407-42, E-Din38414-14 festgehalten. Die Bestimmung der Stoffe erfolgt mittels HPLC-MS/MS. Für die folgenden Substanzen der Tabelle 1 nach DIN-Norm, nach Arbeiten des LfU Bayern⁷ sowie nach einer aktueller Analyse des Jahres 2014¹⁰ beim Institut Dr. Nowak liegen Standards vor.

10 (Institut Dr. Nowak im Auftrag Fa. Berghof, 2014)

PFC-Analysenspektrum			
Stoff [nach DIN]	Kurzbez.	Stoff [erweitert n. LfU, Dr. Nowak]	Kurzbez.
Perfluorbutansäure	PFBA	Perfluorundekansäure	PFUnA
Perfluorpentansäure	PFPeA	Perfluordodekansäure	PFDoA
Perfluorhexansäure	PFHxA	Perfluorokantsulfonsäureamid	PFOSA
Perfluorheptansäure	PFHpA	1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure	4:2 FTS
Perfluoroctansäure	PFOA	1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure	6:2 FTS
Perfluornonansäure	PFNA	1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure	8:2 FTS
Perfluordekansäure	PFDA	4,8-Dioxa-perfluornonansäure	DONA
Perfluorbutansulfonsäure	PFBS		
Perfluorhexansulfonsäure	PFHxS	Perfluordekansulfonsäure	PFDeS
Perfluoroctansulfonsäure	PFOS		

Tabelle 1: Analysenspektrum nach DIN 38407-42, LfU Bayern (2012) und Labor Dr. Nowak (2014)

PERSISTENZ UND MOBILITÄT:

Fluororganische Verbindungen sind in der Umwelt sehr stabil. Die Halbwertszeit von PFOS in Wasser wird vom LANUV, NRW bei einem abiotischen Abbau durch Hydrolyse bei 25°C in der Umwelt mit 41 Jahren angegeben, die Photostabilität beträgt mehr als 3,7 Jahre¹¹, der biotische Abbau scheint vernachlässigbar zu sein⁵.

Aufgrund der niedrigen pKs-Werte der polaren Säuregruppen von PFOS und PFOA liegen die Moleküle bei neutralem pH ionisch vor und sind trotz des hydrophoben Molekülteils in der wässrigen Phase mobil. Bedingt durch ihren amphiphilen Charakter binden PFT in Organismen eher an Proteine und reichern sich in proteinreichen Geweben wie der Leber an. Die Halbwertszeit im Menschen wird mit 5,4 Jahren für PFOS und 3,8 Jahren für PFOA angegeben⁷.

PFOS sorbiert zu einem Anteil von etwa 30% an Klärschlamm, bei PFOA ist die Sorption niedriger. Beide Stoffe werden in Kläranlagen nicht abgebaut und verbleiben dann vorwiegend im Oberflächenwasser. Die Verflüchtigung der Stoffe ist gering. Dass PFOS und PFOA dennoch ubiquitär nachweisbar sind, wird bisher zum einen auf den Transport in Meeresströmungen und zum anderen auf den atmosphärischen Transport von flüchtigen Vorläufersubstanzen wie beispielsweise Fluortelomeralkoholen zurückgeführt⁵.

Auffällig ist die hohe Mobilität der PFT im Boden. Selbst bei unauffälligen Feststoffproben können im zugehörigen Eluat hohe Konzentrationen an PFT auftreten¹². Ein Beispiel dafür findet sich in Kapitel 5.2.5. Aufgrund der hohen Wasserlöslichkeit von PFT erscheint der Wirkungspfad Boden-Grundwasser relevanter zu sein als der Direktspfad Boden-Mensch¹².

11 (LAWA Expertenkreis Stoffe, 2010)

12 (Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, 2013)

3. Historie und Rechtliche Vorgaben

Die nachhaltige, industrielle Entwicklung der Fluorchemie setzte zu Beginn der 30'er Jahre des letzten Jahrhunderts ein. Im Mittelpunkt standen dabei sämtliche kurzkettigen fluorierten Kohlenwasserstoffe (FKW)⁸.

Der Firma 3M, gegründet im Jahr 1902 in den USA, Minnesota, gelang es ab den 50'er Jahren, die in ihrer Elektrochemischen Fluorierung produzierten fluorierten Verbindungen als Einsatzstoffe in vielen eigenen Produkten oder als Ausgangssubstanzen für andere Hersteller auf den unterschiedlichsten Märkten zu etablieren. Ihre Eigenschaften wasser-, fett- und schmutzabweisend zu sein prädestinierten sie für eine Vielzahl an Nutzungen in ganz unterschiedlichen Bereichen¹³.

Aufgrund von gesundheitlichen Problemen der in der Produktion von 3M beschäftigten Mitarbeiter beschloss die Firma im Jahr 2000 den Rückzug aus der bisherigen Produktion von PFOS und verwandten Substanzen¹⁴. Mit dem endgültigen Rückzug von 3M aus der Perfluoroktyl-Produktionslinie im Jahr 2002 überwiegt weltweit das Telomerisationsverfahren in der Anwendung. Die italienische Fa. Minteni war laut eines Fachvortrags beim UBA¹¹² im Jahr 2009 noch größter Produzent nach altem ECF-Verfahren.

Das dänische Umweltministerium identifizierte in einem Bericht aus dem Jahr 2008 folgende Firmen als wichtigste Produzenten von polyfluorierten Substanzen⁶⁰:

- DuPont
- 3M
- Clariant
- Bayer
- Ciba Speciality Chemicals
- Daikin
- Arkema
- AGC Chemicals/Asahi Glass
- Solvay Solexis

Als wesentliche Hersteller werden nach Ohrem¹³ für Deutschland die Firmen Clariant, Dyneon und ABCR benannt.

Chemikalienrecht

Seit Dez. 2006 gilt die EU-Richtlinie 2006/122/EG, die ein EU-weites Anwendungsverbot für PFOS inklusive der Salze und Derivate vorschreibt. Sie gibt für PFOS eine Obergrenze von 0,005 Gew-% im Anteil eines Stoffes oder Stoffgemisches vor. Für bestimmte Produktions- und Anwendungsprozesse werden Ausnahmegenehmigungen erteilt (z.B. Hydraulikflüssigkeiten in Flugzeugindustrie, Galvanische Industrie, Übergangsfristen bei Feuerlöschschäumen). Mit Änderung der Chemikalienverbotsverordnung vom 27.06.2008 wurde die EU-Richtlinie in nationales Recht umgesetzt.

Mit der EU-Verordnung 757/2010 vom 24.08.2010 datiert die offizielle Veränderung der POP-Verordnung (Persistent Organic Pollutants), die die Verwendung von PFOS-haltigen Substanzen auf 0,001 Gew-% im Anteil von Produkten noch weiter begrenzt.

Gewässer

Bisher liegen keine gesetzlichen Richt- bzw. Grenzwerte für Fluororganika im Grundwasser im Bund sowie in Baden-Württemberg vor. Spezifische Grenzwerte für die Stoffgruppe der PFC

13 (Ohrem, 2013)

14 (3M, 2000)

sowie deren Einzelstoffe sind ferner auch nicht in der Trinkwasserverordnung¹⁵ enthalten. Für die Bewertung von PFC-Befunden im Trinkwasser sowie in Gewässern und Rohwasserressourcen kann die Stellungnahme der Trinkwasserkommission beim Umweltbundesamt¹⁶ herangezogen werden. Hier wird ein gesundheitlich duldbarer Trinkwasserleitwert (LW) von $\leq 0,3$ $\mu\text{g/l}$ für die Summe aus PFOA und PFOS definiert. Bis zu dieser Höhe gelten PFOA- und PFOS-Konzentrationen im Trinkwasser für die lebenslange Aufnahme für alle Bevölkerungsgruppen als gesundheitlich unbedenklich. Bei einer Überschreitung des Leitwertes sind Gegenmaßnahmen einzuleiten und eine Ursachenermittlung angezeigt.

Des Weiteren ist in der Stellungnahme ein allgemeiner Vorsorgewert von $\leq 0,1$ $\mu\text{g/l}$ für die Summe aus PFOA und PFOS und weiterer PFC angegeben. Der allgemeine Vorsorgewert (VW) wird als langfristiges Mindestqualitätsziel unter dem Aspekt des vorsorgeorientierten und generationenübergreifenden Trinkwasserschutzes verfolgt. Langfristige Überschreitungen stellen aus gesundheitlicher Sicht keinen Anlass zur Besorgnis dar, solange die angegebenen gesundheitlichen Orientierungswerte bzw. Trinkwasserleitwerte eingehalten werden.

Ferner besteht nach Angaben der Trinkwasserkommission ein vorsorglicher Maßnahmewert für Säuglinge und sensible Gruppen (VMWS) von $0,5$ $\mu\text{g/l}$ für die Summe aus PFOA und PFOS bzw. 1 $\mu\text{g/l}$ für die Summe aller PFT, bei dessen Überschreitung das Wasser aus Vorsorgegründen nicht von stillenden Müttern sowie für die Zubereitung von Säuglingsnahrung verwendet werden soll. Für Erwachsene wird ein Maßnahmewert von 5 $\mu\text{g/l}$ Summe aller PFC angegeben, bei dessen Überschreitung (auch bei kurzfristiger Überschreitung) das Wasser nicht mehr als Trinkwasser und für die Herstellung von Lebensmitteln verwendet werden soll.

Boden / Klärschlamm

Für die Bewertung von Bodenproben auf PFC kann als Orientierungswert der „Grenz- bzw. Vorsorgewert“ für die Ausbringung von Klärschlämmen von 100 $\mu\text{g/kg}$ Summe PFOA und PFOS in der Trockenmasse herangezogen werden, bei dessen Überschreitung nach Vorgabe des Umweltministeriums von Baden-Württemberg vom Mai 2008¹⁷ eine bodenbezogene Verwertung ausgeschlossen ist.

Entsorgung

Nach der Handlungshilfe für Entscheidungen über die Ablagerbarkeit von Abfällen mit organischen Schadstoffen des Umweltministeriums von Baden-Württemberg (Stand Mai 2012) gilt als Orientierungswert für die Ablagerung auf Deponien der Deponieklasse DK II ein Wert von 20 mg/kg Trockenmasse für die Einzelsubstanz PFOS. Für Ablagerungen auf Deponien der Deponieklasse DK III gilt ein Wert von 50 mg/kg Trockenmasse für die Einzelsubstanz PFOS.

Erfassung im Bodenschutz- und Altlastenkataster

§ 9 Abs. 1 des Landes- Bodenschutz- und Altlastengesetzes (LBodSchAG) ermächtigt die Bodenschutz- und Altlastenbehörden zur Erfassung von Verdachtsflächen, schädlichen Bodenveränderungen, *altlastenverdächtigen Flächen*, Altlasten und sonstigen zur Erfüllung ihrer Aufgaben notwendigen Flächen. Die Dokumentation erfolgt im Bodenschutz- und Altlastenkataster (BAK).

Die Begriffsbestimmung für *altlastenverdächtige Flächen* findet sich in § 2 Abs. 6 des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG). Altlastenverdächtige Flächen sind dort als Altablagerungen und *Altstandorte*, bei denen der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder sonstige Gefahren für den Einzelnen oder die Allgemeinheit besteht, definiert.

Altstandorte sind entsprechend § 2 Abs. 5 Nr. 2 BBodSchG neben stillgelegten Anlagen auch sonstige Flächen, auf denen mit umweltgefährdeten Stoffen umgegangen worden ist. Eine Fläche, auf der Lössschaum eingesetzt wurde und der Verdacht einer Untergrundverunreini-

15 (Trinkwasserverordnung, 2011)

16 (Trinkwasserkommission, 2006)

17 (Umweltministerium Baden-Württemberg, 2008)

gung besteht, entspricht dieser Definition und ist als altlastenverdächtiger Altstandort im Bodenschutz- und Altlastenkataster zu erfassen.

Teil I: Branchenbezogene Literaturrecherche

4. Allgemeine Anmerkungen

4.1. Vorgehensweise in der Literaturrecherche

Die Recherche erfolgte im Internet über die Suchplattformen Google und Scholar Google. Scholar Google ist ein Angebot von Google zur Recherche von Fachliteratur, Zitaten und Patenten.

Zusätzlich wurde auf der Plattform 'Web of Science' recherchiert. Das 'Web of Science' ist ein kostenpflichtiges Angebot von Thompson Reuters, speziell zur Recherche von Fachaufsätzen. Die englischsprachige Plattform ermöglicht die gezielte Suche nach internationalen, wissenschaftlichen Veröffentlichungen aus einer Vielzahl von Journalen und Fachzeitschriften. Die Recherche erfolgte sowohl auf Deutsch als auch auf Englisch.

Ergänzend erfolgte im Bereich Galvanik und Textil auch eine Recherche nach Printmedien in den Universitätsbibliotheken Tübingen und Stuttgart, um auch die Aussagen von Lehrbüchern der jeweiligen Fachbereiche abbilden zu können.

Zudem wurden zur PFC-Problematik in der Galvanik, der Textilindustrie und der Herstellung von Farben und Lacken Experten gesucht und befragt. Hierzu fanden telefonische Befragungen bzw. die Kontaktaufnahme per Email mit Vertretern öffentlicher Stellen wie Regierungspräsidien, Stadtverwaltungen, Landratsämtern, der Industrie und deren Verbänden statt. Für den Bereich Textilindustrie wurden zusätzlich 2 Dozenten von unterschiedlichen Hochschulen mit Fachbereich Textiltechnik befragt.

Ausgangspunkt der Recherche stellte das Sichten der in der Firma Berghof bereits gesammelten Literatúrauszüge und Veröffentlichungen dar. Neben dem Sammeln allgemeiner Informationen über z.B. die Eigenschaften der Stoffgruppe, der Toxizität von per- und polyfluorierten Substanzen sowie des Umweltverhaltens fand eine Strukturierung der vorliegenden Informationen sowie eine Durchsicht weiterführender Quellen statt.

Die zahlenmäßig größten Trefferquoten erbrachten Suchkriterien nach PFC in galvanischen Prozessen, so dass sich im ersten Schritt der Studie die Recherchen auf den Einsatz von PFC-haltigen Substanzen in galvanischen Betrieben bezogen. Die Internetrecherche erbrachte in diesem Bereich eine Vielzahl von Veröffentlichungen, unter anderem auch Literatur über mögliche Ersatzstoffe für PFC, Informationen über konkrete Mengen und Einsatzbereiche und den Einsatzzeitraum sowie Hinweise auf bereits bekannte Altlastenfälle. Die in der Bibliotheksrecherche gefundenen Fachbücher lieferten weitere Anhaltspunkte für den Einsatzzeitraum. Zur Verifizierung der gefundenen Angaben aus der Literatur waren die Gespräche mit Experten sehr hilfreich, speziell auch die persönlichen Einschätzungen bezüglich Einsatzzeiträumen und relevanten Einsatzgebieten.

Bedingt durch das große öffentliche Interesse an der PFC-Problematik in der Textilindustrie, welches sich beispielsweise durch die Sorgen von Verbraucherschutz- und Umweltverbänden bezüglich Schadstoffen in den Endprodukten widerspiegelt, folgten im zweiten Schritt der Studie Recherchen über die Verwendung PFC-haltiger Substanzen in der Textilindustrie. Die Veröffentlichungen selbst wiesen Hinweise und Bezüge zu einer Vielzahl fluorierter Verbindungen auf, deren verwendete Bezeichnung eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse erschwerte.

Hinzu kam, dass angefragte Vertreter der Textilbranche zur Thematik eher eine verschwiegene Grundhaltung einnahmen. Die in der Universitätsbibliothek Stuttgart entlehnten Bücher über Textilchemie und Textilindustrie erbrachten keine direkten Hinweise auf den Umgang mit Fluorchemikalien in der Textilherstellung. Sehr nützliche Hinweise kamen dafür von den befragten Hochschuldozenten sowie von einem Vertreter eines Textilverbandes.

In gleicher Weise wurde für die Branchen Halbleiterindustrie, Fotoindustrie, Papier- und Verpackungsherstellung, Lack- und Farbenherstellung, Hydraulikflüssigkeiten verfahren. Für diese Branchen „dünnten“ die in den jeweiligen Medien und Veröffentlichungen vorliegenden Informationen deutlich aus.

Im branchenspezifischen Teil der Arbeiten erfolgte auch die Aufnahme von Recherchen über Deponien. Deponien müssen neben dem Abwasserstrom als „Sink“ bzw. „Endstation“ für die aus der Produktion oder dem privaten Verbrauch stammenden PFC-haltigen Substanzen angesehen werden. Die Arbeiten konzentrierten sich hier insbesondere auf die Recherche und die Auswertung von bereits vorliegenden Untersuchungsergebnissen.

Die Betrachtungen dieser Studie sind nicht abschließend, es muss von einer Vielzahl weiterer Branchen ausgegangen werden, in denen PFC genutzt werden. So gibt es beispielsweise Hinweise auf einen Einsatz von PFC in Pestiziden, zur Behandlung von Glas, in Medizin- und Kosmetikprodukten oder auch in Minen- und Ölquellentensiden. Im Rahmen dieser Studie wurden hauptsächlich Branchen für die Recherche ausgewählt, die für den Landkreis Sigmaringen von Bedeutung sind.

4.2. Branchenspezifische Kriterien für die Erfassung

Um Anhaltspunkte nach § 3 Abs. 1 BBodSchV im Rahmen einer Bewertung oder Gefährdungsabschätzung definieren zu können, bedarf es abgesicherter Kriterien, anhand deren sich eine Einzelfallprüfung zu orientieren hat. In Baden-Württemberg besteht zu diesem Zweck schon seit Beginn der Durchführung flächendeckender, historischer Erfassungen der ‚Branchenkatalog zur historischen Erhebung von Altstandorten‘¹⁸. In der vorliegenden Pilotstudie wurde sich an die dort beschriebenen Kriterien sowie den Aufbau der Datenblätter angelehnt.

Insbesondere hatte die Recherche zum Ziel, Antworten auf folgende Fragen zu finden:

- Wie ist der Zeitraum des Einsatzes zu definieren?
 - von wann bis wann wurde welche Anlage verwendet?
 - von wann bis wann waren Mittel PFC-haltig?
- Welche Stoffe oder Stoffgruppen fanden im jeweiligen Einsatzbereich Verwendung?
- Gibt es Hinweise auf Handelsnamen eingesetzter Produkte und deren Anteile an PFOS, PFOA, etc.?
- Welche Teil- und Unterbranchen sind betroffen?
- In welchen Anlagen- bzw. Anlagenteilen wurden PFC-haltige Substanzen verwendet?
- Wodurch lassen sich potentielle Einträge von PFC in die Umweltmedien erklären?
 - Kleckerverluste bei Unfällen, bei Lagerung
 - Leckagen bei Lagerung, Transport
 - Einträge durch Abwässer ->defekte Kanalisation
 - anlagebedingte Verluste-Undichtigkeiten, Luftpfad

¹⁸ (LfU Baden-Württemberg, 1993)

- Liegt eine Altlastenrelevanz vor und ergeben sich Veränderungen in der Einstufung der Altlastenrelevanz (0,1,2) vorhandener Branchen auf Grundlage der Rechercheergebnisse?
 - Gruppe uneingeschränkt 2
 - Gruppe eingeschränkt 1
 - Gruppe nicht relevant 0
- Tauchen neue relevante Branchen auf, die bisher im Branchenkatalog nicht berücksichtigt sind?
- Liegen bereits Beispiele exemplarischer Untersuchungen auf PFC von Standorten/Branchen vor und wie sehen diese aus?
- Sind die Ergebnisse repräsentativ einzustufen und auf baden-württembergische Verhältnisse übertragbar?

5. Galvanische Betriebe

5.1. Allgemeine Anmerkungen

Die ersten Arbeiten der galvanischen Oberflächenveredelung fanden in Deutschland um 1800 statt. Etwa ab 1880 wurden großtechnische Galvanisierungsverfahren eingesetzt. Aufgrund des Einsatzes verschiedenster umweltgefährdender Stoffe wie z.B. Schwermetalle, Cyanide, Kohlenwasserstoffe sind nach diversen Branchenkatalogen wie dem von Baden-Württemberg¹⁹ oder laut Merkblättern zur Altlastenbehandlung des Sächsischen Landesamts für Geologie²⁰ bei Altstandorten von Galvanikbetrieben Kontaminationen des Schutzgutes Boden zu erwarten.

Die Galvanik gehört zur Branche der Oberflächentechnik und macht laut einer Branchenanalyse der Sonderforschungsgruppe Institutionsanalyse des REACH-Projekts in Zusammenarbeit mit Ökopol und dem Zentralverband Oberflächentechnik (ZVO) 26% des jährlichen Branchenumsatzes aus²¹. Für das Jahr 2004 wies das Statistische Bundesamt für insgesamt 800 erfasste Betriebe (> 20 Mitarbeiter) mit insgesamt 44000 Mitarbeiter einen Gesamtumsatz von 4,5 Mrd. Euro aus²². Die Oberflächentechnik wird für Deutschland als dynamisch wachsende Schlüsseltechnologie eingestuft.

Genaue Zahlen zu galvanischen Betrieben in Deutschland sind nur abschätzbar, da diese Betriebe meist weniger als 20 Mitarbeiter aufweisen und damit in keiner Statistik auftauchen. Das UBA schätzt auf seiner Internetseite²³ die Anzahl galvanotechnischer Betriebe in Deutschland auf ca. 2000 mit insgesamt über 100.000 Beschäftigten. Der Jahresumsatz dieser Betriebe liegt bei ca. 5 bis 6 Mrd. Euro.

In der bereits angesprochenen Branchenanalyse wird die Galvanotechnik als eine kleine und traditionell mittelständisch geprägte Branche beschrieben²¹. Nach Angaben der AG-BREF Oberflächentechnik, im Entwurf des deutschen Beitrags zu den besten verfügbaren Techniken im Bereich der Oberflächentechnik, beschäftigen Galvanikbetriebe durchschnittlich 10-80 Mitarbeiter²⁴.

19 (LUBW, 1993)

20 (Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 2000)

21 (Sofia, Ökopol, ZVO, unbekannt)

22 (ZVO - Herbert Baunach, Vorsitzender, 2007)

23 (UBA, Dessau, 2013)

24 (AG BREF Oberflächentechnik, 2002)

In der Galvanotechnik werden Oberflächen chemisch oder elektrochemisch bearbeitet. Ziel ist es, die Oberflächen gegen Korrosion und Verschleiß zu schützen. Zudem kann durch die galvanotechnische Behandlung ein dekoratives Aussehen erzielt werden.

Als Bearbeitungsmaterialien finden Metalle und Kunststoffe Verwendung. Neben einer Verbesserung der Härte und Abriebfestigkeit nennt das ‚Merkblatt zu den besten verfügbaren Techniken für die Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoffen‘ des Umweltbundesamtes als weitere Gründe einer Oberflächenbehandlung Veränderungen des Dekors, die Erzeugung von Reflexionseigenschaften sowie das Erzielen einer besseren Haftung für später folgende Lackierungen oder Beschichtungen²⁵.

Die einzelnen Anlagen unterscheiden sich je nach Arbeitsgebiet stark. Die eingesetzten Bäder können der AG-BREF zu Folge im Volumen zwischen wenigen Litern bis zu Einheiten mit 500 m³ großen Becken schwanken.

Grundsätzlich werden drei Basisverfahren unterschieden. Dabei handelt es sich um schichtabtragende, schichtauftragende sowie schichtumwandelnde Verfahren. Alle Verfahren gleichen sich im Ablauf. Einer Vorbehandlung, wie beispielsweise einer Entfettung, folgt mindestens eine Hauptbehandlungsstufe wie etwa das Galvanisieren. Abschließend folgt eine Trocknung²⁴.

5.2. Ergebnisse Galvanik

5.2.1. Zeitraum des PFC-Einsatzes

In verschiedenen Prozessen der Galvanotechnik werden perfluorierte Verbindungen (PFT) eingesetzt. Laut Umweltbundesamt wurde PFOS seit den 1950er Jahren in unterschiedlichen Bereichen der Oberflächenveredelung verwendet²⁶. Im Handbuch der Galvanotechnik, Band 2, von Dettner und Elze aus dem Jahr 1966 werden verschiedene Patente auf fluorierte Kohlenstoffverbindungen genannt, die als Netzmittel eingesetzt und die Entstehung von Chromsäurenebeln verhindern sollen²⁷. Als Quelle nennen sie unter anderem einen Beitrag in einer amerikanischen Fachzeitschrift, der sich bereits 1954 mit der Kontrolle von Chromsäurenebeln durch das Mittel Zeromist, einem azetylierten, durch Fluor substituierten Kohlenwasserstoff auseinandersetzt. Leider war der Originaltext der zitierten Studie im Rahmen dieser Recherche nicht erhältlich. Das Jahr 1954 wird auch von einer amerikanischen Studie aus dem Jahr 2004, die sich mit dem Einsatz von Netzmitteln in der Hartverchromung beschäftigt, genannt²⁸.

Andererseits findet sich in ‚Galvanotechnik- Galvanische Metallveredelung und Galvanoplastik‘, einem Lehrbuch aus dem Jahr 1957 noch keine Erwähnung eines Einsatzes von PFT²⁹. Als Netzmittel in Glanzbädern werden hier organische Stoffe, besonders organische Sulfonate für Nickelglanzbäder (Nekal BX und Igepon) genannt. Zur Verhinderung des aufsteigenden, gesundheitsschädlichen Nebels der Chrombäder werden zum einen Absaugvorrichtungen, zum anderen Abdeckmittel erwähnt. Die Auflistung enthält zu diesem Zeitpunkt keine perfluorierten Verbindungen, vielmehr werden Kohlenwasserstoffe, Paraffinöl, Rohpetroleum, Fischtran und Sesamöl genannt.

Weitere Literaturhinweise aus dem Zeitraum der 50´er und 60´er Jahre des letzten Jahrhunderts waren im Rahmen der vorliegenden Recherche nicht auffindbar. Die Erwähnung fluorierter Netzmittel im Handbuch Galvanotechnik aus dem Jahr 1966²⁷ deutet darauf hin, dass ab

25 (Umweltbundesamt, 2005)

26 (UBA, Zangl, Blepp, Marquardt, Moch, 2012)

27 (Dettner, 1966)

28 (US NAVFAC, 2004)

29 (Krause, 1957)

Mitte der 60'er Jahre PFT-haltige Netzmittel in der Galvanotechnik Deutschlands Einzug hielten, während dies in der 2. Hälfte der 50'er Jahre²⁹ noch kein Lehrbuchthema darstellte. Die Befragung fachkundiger Personen bestätigte die obige Annahme. Nach deren Angaben vollzog sich der Einsatz PFT-haltiger Netzmittel in der deutschen Galvanikindustrie auf breiter Front erst mit Beginn der 70'er Jahre, möglicherweise auch erst ab den 80'er Jahren^{30,31}.

5.2.2. Einsatzbereiche

Die meisten Hinweise auf einen Einsatz PFC-haltiger Substanzen in der Galvanik bestanden für die Hart- und Glanzverchromung sowie die Kunststoffgalvanisierung. Diese werden am häufigsten genannt und scheinen am besten untersucht zu sein.

In der Verchromung mit Cr(VI)-Elektrolyten wird PFT als Entschäumungs- und Netzmittel eingesetzt, vor allem zur Verhinderung von Aerosolbildungen und zur Reduktion der Oberflächenspannung^{6,25,32}. Der Einsatz entsprechender PFT-haltiger Mittel stellt nicht nur eine optimale und gleichbleibende Qualität sicher, sondern dient durch die Verhinderung des Aufsteigens giftiger Chromatdämpfe auch als Arbeitsschutz³³. Die Zugabe von PFT erfolgt sowohl im Chrombad als auch in der Chrombeize.

In der Kunststoffgalvanik wird PFOS in der ABS-Beize und dem Chromelektrolyt eingesetzt^{34,35,32}. Auch für den umgekehrten Prozess, also das Galvanisieren von Polymeren wie beispielsweise PTFE auf Stahl, wird PFT genutzt. Es wird gebraucht, um eine positive Ladung von Fluorpolymerpartikeln zu induzieren und den Prozess erst somit zu ermöglichen³³.

Weitere Einsatzgebiete sind Zinkverchromungen, speziell die alkalisch zyanidfreien Zinkverfahren und Zinklegierungsabscheidungen²⁵. Grund des Einsatzes ist hier die Vermeidung von Tröpfchenbildung. Auch in stark sauren Vergoldungsverfahren²⁵ sowie in der Galvanisierung mit Edelmetallen wie Palladium und Rhodium erfolgt ein Einsatz von PFT. Zudem werden PFT in einigen Anodisierungsverfahren, die zur Herstellung von korrosionsschützenden Konversionsschichten für Aluminiumwerkstoffe eingesetzt werden, genutzt²⁵.

Wie bei der Verchromung wird PFT auch bei der Verkupferung zur Nebelunterdrückung, Schaumregulierung und Stabilisierung des Bades sowie zur Verbesserung von Glanz und Adhäsion eingesetzt³³.

Die Reduktion der Oberflächenspannung ist der Grund, aus dem PFT bei der Vernickelung als nicht-schaumender Zusatzstoff Verwendung findet. Hierdurch werden Löcher, Risse und Abplatzungen vermieden³³.

Ein weiterer in der Literatur genannter Einsatzort ist die Verzinnung, da PFT hier eine einheitliche Schichtdicke sicherstellen³³. Auch in der Messinggalvanik werden PFT als Netzmittel eingesetzt³².

Mit etwa 50 % des Gesamtverbrauchs an PFOS in Prozessen der Oberflächentechnik in Deutschland wird im Bericht des UBA zur Umsetzung des Stockholmer Übereinkommens zu POPs die Hartverchromung genannt²⁶. Auch Publikationen des Nationalen Instituts für Gesundheitswesen und Umwelt der Niederlande³⁶, des Nordischen Rates (eine Kooperation von Dänemark, Island, Norwegen, Schweden, Finnland, Åland, Färöer und Grönland)³⁷ sowie eine Dänische Studie³⁸ nennen Hart- und Glanzverchromung sowie die Kunststoffgalvanik als relevanteste Einsatzbereiche von PFT in der Galvanik. Das englische Umweltministerium geht

30 (Hubert Nobis, 2013)

31 (Wolfram Willand, 2013)

32 (Hansgrohe AG, 2008)

33 (Department of Environment England and Wales, 2004)

34 (Breidenbach, 2009)

35 (Blasberg Werra Chemie GmbH, Schwarz, Schiffer, 2010)

36 (National Institute for Public Health and the Environment, Netherlands, 2009)

37 (Nordic Council of Ministers, 2013)

38 (Danish Ministry of the Environment, 2011)

davon aus, dass die Verchromung innerhalb der Galvanikindustrie den größten Verbrauch an PFOS besitzt. Den Schätzungen der Studie nach wurden in der EU im Jahr 2004 10 Tonnen PFOS in der Verchromung und nur 20 bis 30 kg in sonstigen galvanischen Verfahren verwendet.

Diese Schätzungen finden durch Angaben der in der vorliegenden Studie befragten Personen³¹ Unterstützung. Einer der Interviewpartner schätzt den Anteil des PFT-Einsatzes in der Hart- und Glanzverchromung auf bis zu 90%.

Desweiteren weisen PFT-Untersuchungen im Zuge bekannter PFT-Altlastenfälle aus Wuppertal³⁹ und Düsseldorf⁴⁰ sowie eine Berghof-eigene Untersuchung auf eine enge Vergesellschaftung zwischen Chromgalvanik und PFT-Einsatz hin.

5.2.3. Stoffgruppen / Handelsnamen und Einsatzmengen

Für die Galvanik ist hauptsächlich der Stoff PFOS von Bedeutung, da die aggressiven Milieubedingungen der Prozesslösungen nicht oder nur teilweise fluoridierte Verbindungen sehr schnell zerstören würden³⁵.

Konkrete Hinweise auf PFT-haltige Netzmittel und deren Handelsnamen, die in der Galvanik heute Verwendung finden, gehen aus dem Abschlussbericht der Hansgrohe AG in dem vom Umweltministerium BW geförderten Projekt „Minimierung des PFT Eintrags in die Galvanikabwässer“³² hervor. Folgende Mittel werden erwähnt:

- Bayowet FT 248 Liquid
- Ankor Wetting Agent SRK des Herstellers Ethone
- Fumetrol 140 von Coventya
- Silken Wet 302 von Atotech.

Auch die bereits angesprochene Studie des Nordischen Rates nennt PFC-haltige Substanzen, die in der Galvanotechnik verwendet werden³⁷:

- Tetraethylammoniumperfluorooctansulfonat (CAS-Nummer: 56773-42-3)
- F-53 Chromic Fog Inhibitor (Hangzhou Dayangchem co. Ltd., China) (Potassium 1,1,2,2-tetrafluoro-2-(perfluorohexyloxy)ethane sulfonate)
- F-53b Chromic Fog Inhibitor (Hangzhou Dayangchem co. Ltd., China) (Potassium 2-(6-chloro-1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6-dodecafluorohexyloxy)-1,1,2,2-tetrafluoroethane sulfonate)
- 3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-Tridecafluorooctansulfonsäure (CAS-Nummer: 27619-97-2), Fumetrol®21 von Atotech Scandinavian AB, Schweden und MiniMist Liquid von MacDermid, USA

Diese Auflistung der heutigen Produkte ist nicht abschließend. Von einer weitaus größeren Anzahl PFC-haltiger Netzmittel muss für die Vergangenheit ausgegangen werden.

Die folgende Tabelle gibt Aufschluss über die Einsatzmengen von PFOS in galvanischen Betrieben in Deutschland. Solange nicht anders angegeben, entstammen die Daten dem Bericht des UBA über die Nationale Umsetzung des Stockholmer Übereinkommens zu POPs in Deutschland²⁶; wo möglich, sind die dort verwendeten Quellen angegeben. Die Angaben beziehen sich auf die tatsächlich eingesetzte Menge PFOS, nicht auf die Menge des eingesetzten Netzmittels.

39 (Stadt Wuppertal, 2011)

40 (Gottfried Schellartz, 2013)

Jährlich eingesetzte PFOS-Mengen in der deutschen Galvanik			
Jahr	Menge [kg]	Quelle	Bemerkung
unbekannt	1883	Angaben der Europäischen Kommission ³⁸	Bezogen auf alle Galvaniken in Deutschland
2008	3450	UBA Bericht zur Umsetzung des Stockholmer Übereinkommens zu POPs -ZVO ²⁶	Bezogen auf alle Galvaniken in Deutschland
2008	11890	UBA Bericht zur Umsetzung des Stockholmer Übereinkommens zu POPs ²⁶	Hochrechnung vom UBA auf Basis von Angaben der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)*
2009	1250	UBA Bericht zur Umsetzung des Stockholmer Übereinkommens zu POPs -ZVO ²⁶	Eingesetzt in den ZVO-Galvaniken (etwa 36% aller Galvanikbetriebe)
-	3399	UBA Bericht zur Umsetzung des Stockholmer Übereinkommens zu POPs ²⁶	Gemittelte Einsatzmenge ohne Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) 2009
2010	1300	UBA Bericht zur Umsetzung des Stockholmer Übereinkommens zu POPs -ZVO ²⁶	Eingesetzt in den ZVO-Galvaniken (etwa 36% aller Galvanikbetriebe)
2010	3030	UBA Bericht zur Umsetzung des Stockholmer Übereinkommens zu POPs -Lanxess (einziger Deutscher Hersteller von PFOS) ²⁶	Bezogen auf alle Galvaniken in Deutschland
2010	3629	UBA Bericht zur Umsetzung des Stockholmer Übereinkommens zu POPs ²⁶	Hochrechnung der Angaben der ZVO

Tabelle 2: Schätzungen jährlich eingesetzter PFOS-Mengen in der galvanischen Industrie

Bemerkung: * rein rechnerischer Wert auf Grundlage des von der BAuA angegebenen Medians von 5,88 kg PFOS pro Jahr und Betrieb.

Bei den Angaben der eingesetzten Mengen fallen große Schwankungen auf. Dies könnte darin begründet sein, dass in manchen Erhebungen nur Kunststoff- und Chromgalvaniken betrachtet, in anderen aber alle Arten von Galvanikbetrieben berücksichtigt wurden. Aus den Quellen geht dies nicht eindeutig hervor. Für das Jahr 2010 geht das UBA von einem Einsatz von 3400 kg PFOS in der Galvanik in Deutschland aus. Bezogen auf den einzelnen Betrieb schwankten die recherchierten, durchschnittlichen jährlichen PFOS-Einsatzmengen zwischen 1,77 kg/a bis zu 41 kg/a und Betrieb (Bezugsjahre 2008 – 2010). Vier der fünf Quellen gehen hier von Größenordnungen zwischen 30 bis 41 kg/a und Betrieb aus^{26,32,34}.

Über historische Einsatzmengen konnten keine Angaben gefunden werden. Nach persönlicher Einschätzung eines Experten³¹ wurde in der Anfangszeit weniger PFOS eingesetzt: Viele Hartverchromungsverfahren sollen dabei bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt auch ohne den Einsatz von PFT ausgekommen sein.

Angaben zur Lagerung der PFOS-haltigen Substanzen gehen nur aus einer Quelle hervor. In der britischen Studie des Department of Environment³³ wird über Lagerungszeiten von 1-2 Jahren berichtet. Die Haltbarkeitszeit scheint nicht durch die Substanzen selbst sondern durch die Lagerfähigkeit der Plastikbehälter bestimmt zu sein³³.

5.2.4. Eintragswege in die Umweltmedien

Der UBA Bericht zur Umsetzung des Stockholmer Übereinkommens zu POPs nennt als Emissionswege für PFOS²⁶ in die Umwelt den Luft- sowie den Abwasserpfad. Hinsichtlich der Emission in die Luft werden im Bericht Emissionsmengen von ca. 79 mg pro Betrieb und Jahr erwähnt. Eine wesentlich größere Bedeutung besitzt allerdings der Abwasserpfad. Zu unterscheiden sind dabei zwei Arten von Abwasserteilströmen, die in Betrieben anfallen. Es handelt sich dabei einerseits um eine direkte Einleitung ohne Vorklärung. Schätzungen gehen davon aus, dass ca. 10 % des betrieblichen Abwassers bedingt durch Wartungs- und Reinigungsarbeiten an Becken über Ablaufrinnen oder Notüberläufe bzw. bei Unfällen auf diesen Weg direkt zu den kommunalen Kläranlagen gelangen. Der mit 90 % weitaus größere Teil des Abwasserstroms wird andererseits in betriebsinternen Abwasserreinigungsanlagen behandelt und mit Konzentration von ca. 0,06 ppm den kommunalen Kläranlagen zugeführt.

Dies stellt den nach UBA-Bericht von 2012 aktuellen Stand dar. Es ist davon auszugehen, wie auch Befragungen von Personen im Zuge der vorliegenden Recherche nahelegen, dass vor Beginn der öffentlichen Debatte um die Umweltauswirkungen von PFT die Abwässer von Galvanikunternehmen hinsichtlich dieser Stoffgruppe weitgehend ungereinigt in die Kanalisation gelangten.

Der bereits zitierte Abschlussbericht der Hansgrohe AG stellt die Ergebnisse von Abwasseruntersuchungen auf die oben genannten PFT-haltigen Netzmittel dar³². In zwei unterschiedlichen Kunststoffgalvanik-Werken sowie einer Messinggalvanik der Firma erfolgte eine Überwachung des PFOS Einsatzes sowie eine Messung des PFOS-Gehalts im Abwasser. In einer der beiden Kunststoffgalvaniken (Werk 1), die Cr(VI)-Elektrolyte zur Verchromung nutzt, wurden 34,8 kg PFOS sowie 3,48 kg PFOA im Chrombad und 16,56 kg PFOS sowie 0,114 kg PFOA in der Chrombeize eingesetzt. Angaben über die Einsatzmengen im zweiten untersuchten Kunststoffgalvanikbetrieb (Werk 2) liegen nicht vor. Messungen im Abwasserstrom der zwei Werke ergaben im Mittel PFOS-Konzentrationen von bis zu 920 µg/l PFOS in Werk 1 und 355 µg/L PFOS in Werk 2. Durch die Installation einer Filteranlage zur Teilstromtrennung der Cr(VI)-haltigen Abwässer der Kunststoffgalvanik konnte der PFT Gehalt des Abwassers von 5,5 kg pro Jahr auf 0,7 kg PFT pro Jahr reduziert werden. In der untersuchten Messinggalvanik wurde zum Zeitpunkt der Untersuchung bereits kein PFOS mehr verwendet, da die Produktion auf eine PFOS-freie Alternative umgestellt wurde. Dennoch konnten im Abwasser noch bis zu 12,73 µg/L PFOS nachgewiesen werden.

Ein weiteres Beispiel einer Untersuchung verdeutlicht noch besser, dass selbst nach kompletter Umstellung auf fluorfreie Netzmittel eine weitere Beeinflussung des Abwassers durch PFT besteht. Ein Betrieb, der per Handgalvanik verchromt, hat unter Beteiligung eines vom Bundesforschungsministeriums geförderten Projekts (Materialeffizienz durch Teilstrombehandlung chromhaltiger Spülwässer, ‚Galvarec‘) nach Analysen und Funden von hohen PFT Konzentrationen im Abwasser seine Produktion auf fluorfreie Netzmittel umgestellt. Die vormals vorhandene PFT-Konzentration von bis zu 31 µg/l reduzierte sich nach knapp einem Jahr Umstellung auf einen Gehalt von unter 7 µg/l im Ablauf der Abwasservorbehandlungsanlage⁴¹.

In einem Fachgespräch des MUNLV und UBA zu Abwasserbelastungen durch PFT in Galvaniken zeigt der Vertreter des ZVO offensichtliche und versteckte Wege auf, wie PFOS das Abwasser in einem Betrieb verunreinigen kann³⁴. Unter die offensichtlichen Verunreinigungsquellen fallen:

- das Spülen mit direktem Überlauf in Sammelbehälter
- die Wartung, das Reinigen und Ablassen von Spülen

Als versteckte Eintragspfade werden erwähnt:

41(DGO- Galvano Röhrig, 2009)

- Abtropfen vom Gestell, Absaugschächte und Wäschervorlagen
- Notüberläufe von Spülen
- Abspritzen der mit Chromat kontaminierten Anlagenteile
- Kleckern beim Dosieren“
- Probeentnahme für interne Analysen/prakt. Erprobung

Da eine Verschleppung in die folgenden galvanischen Becken nicht verhindert werden kann und die benötigte PFOS-Menge in den Prozessbädern durch Nachdosierungen aufrecht erhalten werden muss, enthalten nicht nur die eigentlichen Einsatzbecken sondern auch die nachfolgenden Becken PFOS²⁶. Neben dem Ort der Lagerung PFOS-haltiger Substanzen sind also die Behandlungsbäder selbst und die nachgeschalteten Bäder sowie die Abwasserbehandlungsbecken Quellen von PFOS-Verunreinigungen. In diesem Zusammenhang müssen gemäß berghof-internen Erfahrungen sowie den Angaben befragter Experten⁴⁰ auch undichte Abwasserkanäle als mögliche Eintragspfade von PFT in den Boden berücksichtigt werden.

5.2.5. Untersuchungen Galvanischer Betriebe auf PFC/PFT

Ehemalige Galvanik in Wuppertal/Unterkohlfurth^{30, 39}

Das Gelände war ab den 60er Jahren Standort eines galvanischen Betriebs. Im Betrieb fanden Verchromungs- und Vernickelungsarbeiten statt. Der Betrieb war mittelständisch mit 20-30 Mitarbeitern. Ein Einsatz von PFT erfolgte vermutlich ab den 70er Jahren, die eingesetzten Mengen sind unbekannt. Nach der Aufgabe des Betriebs im Jahr 2008 wurden Bodenbelastungen mit Chrom, Nickel und Zink sowie Grundwasserbelastungen mit Chrom(VI), LHKW und PFT festgestellt. Die PFT-Belastungen fanden sich sowohl unter dem Betriebsstandort (ehem. Behandlungsbäder) als auch unter der alten Abwasserbehandlungsanlage (einfaches Absetzbecken mit Überlauf auf den darunterliegenden Hang). PFT wurde stets gemeinsam mit Chrom(VI) und Nickel gefunden.

Die Belastung im Feststoff war nur marginal, im Grund- und Sickerwasser wurden Konzentrationen zwischen 1 bis 3 µg/l gemessen, im Abstrombereich der Abwasserbehandlungsanlage wurden Konzentrationen bis 25 µg/l gemessen.

Berghof-eigene Untersuchung

Nach dem Brand einer Galvanik Ende der 80er Jahre wurden Verunreinigungen mit CKW und Schwermetallen im Boden und Grundwasser gefunden. Die sich anschließende Sanierung wurde langjährig betrieben. Bedingt durch die zunehmende Bedeutung der PFT erfolgte in der letzten Stichtagsbeprobung im Rahmen des Grundwassermonitoring eine analytische Bestimmung des PFT-Gehalts. An etwa 2/3 der im Sanierungshauptbereich beprobten Messstellen wurden Überschreitungen des Trinkwasserleitwerts für PFT gefunden. Die PFT-Summenwerte lagen zwischen 0,05 bis 7,18 µg/l. Aus Gründen der Verhältnismäßigkeit ist die Sanierung mittlerweile eingestellt worden.

Altlastenfälle in Düsseldorf⁴⁰

Neben 2 großen PFT-Verunreinigungen, die auf AFFF-Löschschäume zurückzuführen sind (Brand einer Lagerhalle, verschiedene Eintragspfade auf einem Flughafengelände, z.B. Feuerübungsbecken, Feuerwache, Notlandung und Schaumteppich, Funktionsüberprüfung der Feuerlöschanlagen in einem Tanklager) gibt es im Stadtgebiet Düsseldorf zwei PFT-Schadensfälle unter ehemaligen Galvaniken. An beiden Standorten fanden Chromgalvanisierarbeiten statt. Bei beiden Standorten liegen Einträge von PFT und Chrom(VI) in den Boden und ins Grundwasser vor.

6. Textilindustrie

6.1. Allgemeine Anmerkungen

Neben Nordrhein-Westfalen und Bayern ist Baden-Württemberg mit 309 Betrieben im Jahr 1995 und 155 Betrieben im Jahr 2007 einer der Schwerpunkte der deutschen Textilindustrie. Bedingt durch die globalen Wettbewerbsbedingungen sanken allerdings sowohl die Betriebs- und Beschäftigtenzahlen als auch die Umsätze in den letzten 20 Jahren beträchtlich. Mit der Unterbranche Technische Textilien gibt es einen Bereich der Textilindustrie, der in Deutschland im Aufschwung begriffen ist. Das Textilgewerbe ist überwiegend von kleinen und mittleren Betrieben geprägt⁴².

6.2. Ergebnisse Textilindustrie

6.2.1. Einsatzbereiche und -zeitraum

Bestimmte perfluorierte Chemikalien werden nach Aussage der Nachhaltigkeitsarbeitsgruppe der Outdoor Industry Association, die über 4000 Hersteller, Produzenten und Verkäufer vertritt, in der Textilindustrie zur Ausrüstung von Textilien mit wasser-, öl- und schmutzabweisenden Eigenschaften genutzt⁴³. Diese sogenannten ‚Durable Water Repellency‘ (DWR)-Behandlungen umfassen beispielsweise die Ausrüstung von Stoffbahnen mit wasserabweisenden Membranen (z.B. GoreTex – auf dem Fluorpolymer PTFE basierend) oder auch die Behandlung fertiger Textilien mit Imprägniermitteln. Laut UBA werden zum Beispiel Outdoor-, Sport- und Arbeitsschutztextilien mit fluorierten Chemikalien ausgerüstet. Auch bei Möbelstoffen und Teppichen werden DWR-Behandlungen eingesetzt. Zudem können Reinigungs- und Imprägniermittel für den Hausgebrauch Fluorverbindungen enthalten⁴⁴.

Ob tatsächlich Perfluorierte Tenside in der Textilindustrie aktiv eingesetzt wurden, ist nach wie vor umstritten. Eine Beantwortung dieser Frage bleibt schwierig, da in den verschiedenen Veröffentlichungen und Untersuchungen von unterschiedlichen Begriffsbestimmungen ausgegangen wird sowie unterschiedliche Stoffe innerhalb der Gruppe der fluorierten Kohlenwasserstoffe gemeint sind. Eine Ableitung allgemeingültiger Aussagen wird dadurch schwierig. Die frühesten Hinweise auf einen Einsatz von PFC gehen aus einer Studie des Jahres 2006 hervor. Schwedische Wissenschaftler versuchten Quellen von Perfluorcarboxylaten (PFCA) mit Fokus auf Perfluoroktanat zu identifizieren und den Transport der Stoffe in den Umweltmedien nachzuvollziehen. Sie zitieren eine Veröffentlichung von W. Holzappel in der deutschen Fachzeitschrift ‚Fette, Seifen, Anstrichmittel‘ aus dem Jahr 1966. Dort werden frühe Anwendungsbereiche von PFCA genannt. Neben den Einsatzgebieten Galvanik, Feuerlöschschäume, Farben- und Lackherstellung sind auch Mittel aufgeführt, um Textilien, Papier und Leder wasserabweisende Eigenschaften zu verleihen⁴⁵. Leider konnte die Originalquelle nicht eingesehen werden. Noch früher finden Fluorchemikalien in Veröffentlichungen in den USA Erwähnung⁴⁶.

42 (IGM, IMU, 2009)

43 (Outdoor Industry Association, 2012)

44 (UBA, 2009)

45 (K. Prevedouros, 2006)

46 (Grajeck EJ, 1962)

Weitere Sekundärhinweise auf die Verwendung von perfluorierten Verbindungen in der Textilindustrie wurden in einer Übersicht der LUBW über die Bedeutung von PFT für Mensch und Umwelt aus dem Jahr 2012 genannt⁴⁷. Auch im 12. Karlsruher Altlastenseminar wurde das Thema PFT behandelt. Die Textilbranche wird hier als Einsatzbereich von PFC aufgeführt⁴⁸. Veröffentlichungen aus Hessen und Nordrhein-Westfalen gehen ebenso von einem Einsatz PFC haltiger Substanzen in der Textilindustrie aus^{49,50}.

Andere Quellen bestreiten den Einsatz von PFC, speziell PFOS und PFOA in der Textilindustrie. Der Verband TEGEWA, ein industrienaher Zusammenschluss von Herstellern chemischer Hilfsmittel für die Textil-, Papier- und Lederindustrie verneint in einem Vortrag im Fachgespräch mit dem MUNLV und UBA, 2009 sowie in Stellungnahmen gegenüber dem UBA einen aktuellen sowie historischen Einsatz von PFOS^{51,26}. Laut TEGEWA kommen und kamen für die Ausrüstung von Textilien nur Fluorcarbonharze und Fluorpolymere zum Einsatz. Wie bereits unter 2. erwähnt, weisen die nach ECF-Verfahren hergestellten Fluorcarbonharze Verunreinigungen mit FOSE auf, das sich wiederum zu PFOS abbauen kann⁵². Bei Fluorcarbonharzen auf Basis der Telomersynthese stellt PFOA eine begleitende Verunreinigung dar⁵¹. Das englische Umweltministerium fokussiert in seiner Risikoabschätzung und Analyse über die Vor- und Nachteile von PFOS hauptsächlich auf die Verwendung von FOSE bzw. darauf basierende Verbindungen wie etwa die Acrylat-, Adipat- und Urethanpolymere als Grundstoff für die Herstellung von Membranen und Beschichtungen³³.

Laut eines Vortrags der Firma Modern Testing Services (MTS) Germany über den Einsatz fluorierter Stoffe in der Textilindustrie im Jahr 2011 wurde PFOS früher als Emulgator bei der Telomersynthese eingesetzt und kam als Syntheseverunreinigung im Endprodukt in Größenordnungen zwischen 1 – 5 % vor⁵³. APFO, ein Derivat von PFOA, wurde als Dispergator mit 1 – 5 % bei der Synthese teflonartiger Beschichtungen genutzt. Heute wird es weitestgehend vor Auslieferung extrahiert. PFOA selbst wurde in der Mehrzahl der modifizierten Fluorpolymere für Textilien nicht direkt eingesetzt. Es kann aber in Konzentrationen zwischen 1 – 100 ppm als Verunreinigung bei der Telomersynthese entstehen. Diese hier aufgeführten Angaben basieren auf ins Internet gestellte Folien des im Jahr 2011 gehaltenen Vortrags. Nach Erkenntnis des Vortragenden fand ein direkter Einsatz der Substanzen PFOA/PFOS in der Textilproduktion nicht statt.

Unterstützung findet diese These auch durch das Bundesinstitut für Risikobewertung. Nach einer Veröffentlichung des Jahres 2012 wird in der Textilindustrie nicht PFOA/PFOS selbst eingesetzt. Vielmehr finden fluorierte Polymere Verwendung, die allerdings nach alten (ECF) oder jetzigen Herstellungsverfahren (Telomerisierung) mit PFOS/PFOA verunreinigt sein können⁵⁴.

Es wird deutlich, dass zum aktuellen Stand der Recherche über den Einsatz fluorierter Stoffe in der Textilindustrie noch Unklarheiten sowohl was die eingesetzten Stoffe als auch den Zeitraum des Einsatzes angeht, bestehen. Sicher ist, dass PFC als Verunreinigungen in den eingesetzten Substanzen sowie den Endprodukten enthalten sind, beziehungsweise durch Abbauprozesse entstehen können.

Hinsichtlich der Verwendung von Fluorpolymeren in textilen Arbeitsprozessen wurde bereits weiter oben die Ausrüstung genannt. Die Befragung von Experten, die sich bedingt durch die

47 (LUBW, Wildner, 2012)

48 (12. Karlsruher Altlastenseminar, 2011)

49 (Landesbetrieb Hessisches Landeslabor, 2013)

50 (LANUV NRW, unbekannt)

51 (TEGEWA, Schröder, 2009)

52 (Norwegian pollution control authority, 2008)

53 (MTS Germany, 2011)

54 (Bundesinstitut für Risikobewertung, 2012)

Arbeit in der Textilforschung⁵⁵, in Textilverbänden⁵⁶ oder Behörden⁵⁷ bereits langjährig mit dem Einsatz von Chemikalien in der Textilindustrie auseinander gesetzt haben, ergab einstimmig, dass Fluorcarbonharze und Fluorpolymere als Fleckschutz und Oleophobierung eingesetzt werden. Dies wird auch durch die im Rahmen der Recherche gefundenen Veröffentlichungen wie z.B. durch eine Masterarbeit über die „Untersuchung von Alternativen zur Fluorcarbonausrüstung“ von M. Schöttmer⁵⁸, der Stellungnahme der Firma W.L Gore & Associates GmbH⁵⁹ oder der Veröffentlichung der dänischen Umweltbehörden über die „Überwachung und Bewertung fluorierter Substanzen in imprägnierten Konsumgütern und Imprägniermitteln“⁶⁰ gestützt. Dass der gleiche Effekt des Fleckschutzes und der Oleophobierung auch ohne den Einsatz fluorierter Substanzen erreicht werden kann, verdeutlichen die Ausführungen der Masterarbeit bzw. der Stellungnahme der Firma Sympatex⁶¹.

Zum Zweck der Veredelung bzw. Ausrüstung der Textilgewebe werden die Fluorcarbonpolymere als dünner Film auf die Faseroberfläche aufgebracht. Dies erfolgt entweder gelöst in organischen Lösungsmitteln oder als wässrige Dispersion. Meist werden zusätzlich fluorfreie Effektverstärker beigemischt. Die Applikation erfolgt üblicherweise im Foulard. Danach wird die Emulsion abgepresst und das Textil thermisch behandelt. Erst hier entstehen vernetzte Polyurethane, die einen stabilen Film auf der Oberfläche bilden und die für die Orientierung der Perfluoralkylketten auf der Oberfläche sorgen³³.

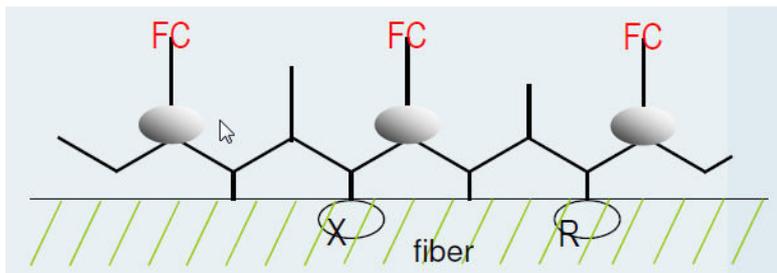


Abbildung 7: Mit fluorierten Polymeren ausgerüstetes Textil (Abbildungen aus Vortrag Schröder, Verband TEGEWA, 2009⁵¹); ‚FC‘ kennzeichnen die Perfluoralkylketten.

Auch ein Auftrag fluorierter Verbindungen durch Sprays und Lösungen auf bereits fertige Textilien im Rahmen der Herstellung sowie der Nachimprägnierung nach Waschen oder Reinigung ist möglich⁶⁰.

Die bereits angesprochene Studie des englischen Umweltministeriums aus dem Jahr 2004 nennt weitere Einsatzgebiete für „PFOS-verwandte Substanzen“³³. Die Autoren zählen zu den PFOS-verwandten Substanzen auch Fluorcarbonharze und Fluorpolymere. Eine eindeutige Identifizierung von Stoffen bzw. Stoffgruppen ist aus der Studie nicht ersichtlich. Als Einsatzbereiche erwähnt die Studie neben der Imprägnierbehandlung den Einsatz von Netzmitteln bei Färbebädern, Schaumverhinderung in Textilbehandlungsbädern, die Verwendung von Penetriermittel um grobe Fasern zu bearbeiten und zu bleichen, die Verwendung als Emulsionshilfen und als Schmiermittel zur Behandlung von Fasern. Weitere Quellen, die diese Einsatzbereiche nennen oder bestätigen, konnten im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht gefunden werden. Auch keine der befragten Personen bestätigte die vorgenannten Einsatzgebiete^{55,56,57}. Alle befragten Experten waren sich sicher, noch nie von einem PFC-Einsatz in

55(Walter Marx, 2013)

56 (Michael Pöhlig, 2013)

57(Seidel, 2013)

58 (Schöttmer, 2012)

59 (W. L. Gore and Associates, 2012)

60 (Danish Ministry of the Environment, 2008)

61 (Sympatex Technologies GmbH, 2012)

diesen Bereichen gehört zu haben. Zudem konnten sie für alle diese Einsatzgebiete nicht fluorierte Stoffe und Stoffgruppen nennen, die deutlich bessere Ergebnisse liefern⁵⁵. Es besteht daher die Vermutung, dass hier eventuell regionale Unterschiede in den angewendeten Techniken bestehen.

6.2.2. Stoffgruppen / Handelsnamen und Einsatzmengen

In einer Vielzahl von industriellen Imprägniermitteln sowie Imprägniermitteln für Privathaushalte sind polyfluorierte Substanzen enthalten wie z.B. in Scotchgard, Baygard, Gore-Tex, Zonyl und Stainmaster⁶⁰ sowie weiteren Mitteln (siehe Appendix D, S. 209ff Per- und polyfluorinated substances in the Nordic Countries³⁷).

In welchem Umfang in diesen oder weiteren Imprägniermitteln die Einzelsubstanzen PFOS oder PFOA enthalten sind, konnte im Rahmen dieser Recherche nicht herausgefunden werden.

EU-weit gab es im Jahr 2002 insgesamt 39 Hersteller von schmutzabweisenden sowie 37 Hersteller wasserabweisender Produkte, die eventuell PFOS verwandte Substanzen enthalten. Laut der Studie des englischen Umweltministeriums kommt es vor, dass Betriebe chemische Hilfsmittel kaufen und nicht wissen, was genau sie enthalten³³. Häufig würden diese Informationen auch vom Hersteller als betriebssensitive Daten angesehen und nicht veröffentlicht. Der Textilhilfsmittelkatalog (aktuelle Ausgabe 2012) enthält 285 aktuell auf dem Markt erhältliche Phobiermittel, wovon 202 fluorhaltige Substanzen⁵⁸ enthalten und somit als atlasrelevant einzustufen sind.

Aussagen über die genauen Einsatzmengen von perfluorierten Substanzen in der Textilindustrie sind ebenfalls sehr schwer abzuleiten. Die Ursache hierfür ist einerseits in den unterschiedlich verwendeten Bezeichnungen sowie andererseits in den unterschiedlichen betrachteten Stoffgruppen zu suchen. Über den Einsatz von PFOS und PFOA selbst konnten keine Zahlen recherchiert werden.

Im vereinigten Königreich Großbritannien und Nordirland werden pro Jahr etwa 195 Tonnen „PFOS-verwandte Substanzen“ in der Textil-, Leder- und Teppichindustrie genutzt. Hierzu werden in diesem Bericht allerdings auch die hochmolekularen Fluorpolymere gezählt, in denen PFOS nur ein Molekülbestandteil ist³³. Zu welchem Anteil PFOS in dieser Menge vorhanden ist, bleibt unbekannt.

Das Bundesinstitut für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit schätzt in seiner Risikobewertung von Perfluortensiden aus dem Jahr 2005 den Verbrauch von FOSE-Polymeren in der Faserveredelung in der EU pro Jahr auf 240 Tonnen⁶². Auch der Bericht der UNIDO schätzt den Verbrauch von PFOS-verwandten Substanzen in der europäischen Textilindustrie im Rahmen einer Veröffentlichung über Produktion und Nutzung von PFOS auf 240 Tonnen pro Jahr⁶³ (Stand 2000).

In Dänemark werden laut dem Nordischen Rat zwischen 14 und 38 Tonnen fluorierte Substanzen pro Jahr zur Imprägnierung von Schuhen, Teppichen, Textilien, Möbeln und anderen Produkten genutzt³⁷.

Der Verband TEGEWA schätzt den Einsatz von Fluorcarbonharz-Formulierungen in Deutschland auf 1000 Tonnen pro Jahr⁵¹. Laut einem Vortrag des Bundesinstituts für Risikobewertung im Jahr 2006 sind Verunreinigungen von PFOA in der Formulierung von fluortelomerbasierten Polymeren zwischen 1 - 40 mg/l enthalten⁶⁴.

62 (Bundesinstitut für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2005)

63 (UNIDO, 2009)

64 (Bundesinstitut für Risikobewertung, 2006)

In einer Studie von Greenpeace wurden 14 Outdoorjacken auf ihren Gehalt an Chemikalien untersucht. In 5 Jacken wurde PFOA in Konzentrationen über 1 µg/m² gefunden, die Summe aller Perfluorcarbonsäuren betrug bis zu 11 µg/m²⁶⁵.

Auch eine Studie der schwedischen Umweltorganisation Swedish Society for Nature Conservation, SSNC befasste sich mit dem Gehalt ungebundener perfluorierter Substanzen in Outdoorjacken. In 6 Jacken wurden zwischen 25 und 1000 µg/m² Fluortelomeralkohole (FTOH), zwischen <5 und 400 µg/m² PFCA-verwandte und zwischen <5-100 µg/m² PFOS-verwandte Substanzen gefunden⁶⁶.

6.2.3. Eintragswege in die Umweltmedien

Da verschiedene Studien PFOA und PFOS in Textilien nachweisen konnten, ist davon auszugehen, dass neben den Chemischen Betrieben, die entsprechende Hilfsmittel herstellen, die Produktionsstandorte der Textilindustrie (Betriebe mit Ausrüstungen) sowie auch Deponien, auf denen verunreinigte Textilien entsorgt wurden, als mögliche Quellen für lokale Einträge von PFC in die Umweltmedien anzusehen sind. Verunreinigungen sind v.a. im Zusammenhang mit der Abwasserentsorgung zu sehen, da Restmengen der Imprägnierflotten in der Regel aus dem Foulard in die Abwasserleitung abgeführt werden⁵⁷.

6.2.4. Untersuchungen von Betrieben der Textilbranche auf PFC

In Nordrhein-Westfalen fanden zwischen 2006 und 2009 Untersuchungen von 62 industriell geprägten Direkteinleitern sowie knapp 200 Indirekteinleitern aus potenziell PFOA- und PFOS-verdächtigen Wirtschaftszweigen statt. Darunter befanden sich 2 Textilhersteller/-veredler und 2 Wäschereien. Die Maximalwerte der Summengehalte an PFOA+PFOS in den Messungen des Abwassers betrugen 1,7 µg/l für die textilherstellenden Betriebe und 1,3 µg/l für die beiden Wäschereien. Diese Werte liegen über dem in Nordrhein-Westfalen für Abwassereinleitungen geltenden Orientierungswert von 0,3 µg/l (Σ PFOS+PFOA), sind aber im Vergleich mit allen anderen Abwassermessungen (zum Beispiel von Galvanikbetrieben, CP-Anlagen, Photographischen Prozessen) unauffällig⁵.

Auf Beispiele für PFC-Untersuchungen textilerzeugender und -verarbeitender Betriebe wurde bei den Recherchen nicht gestoßen.

7. Halbleiterfertigung

7.1. Allgemeine Anmerkungen

Gemäß den Angaben von Statista, einem Statistik-Portal im Internet⁶⁷ produzieren „Unternehmen der Halbleiterindustrie mikroelektronische Bauelemente und Baugruppen. Halbleitertechnologien finden ihre Anwendung unter anderem in folgenden Bereichen der Mikroelektronik:

65 (Greenpeace e.V., 2012)

66 (Swedish Society for Nature Conservation, 2006)

67 (Statista, 2013)

- Integrated Circuits (Integrierte Schaltkreise)
- Leuchtdioden
- Speicherplatten
- Sensoren und Aktuatoren (Wandler)

Als Wirtschaftsbranche wird die Halbleiterindustrie zur Elektroindustrie gezählt. Der weltweite Umsatz stieg zwischen den Jahren 1988 und 2011 von etwa 45 Milliarden auf nahezu 300 Milliarden US-Dollar. Zentrales Segment der Halbleiterindustrie sind Speichermedien, beispielsweise interne und externe Festplatten. Mit Abstand die größten Unternehmen der Halbleiterindustrie sind Intel und Samsung Electronics“.

Die Herstellung von Halbleitern läuft über 500 Prozessschritte, davon nennen Anthony Footitt, 2004³³ vier fundamentale Schritte: Implantieren, Beschichten, Ätzen und Fotolithographie (Implant, Deposition, Etch, Photolithography).

Nach Wikipedia⁶⁸ „ist die Fotolithografie eine der zentralen Methoden der Halbleiter- und Mikrosystemtechnik zur Herstellung von integrierten Schaltungen und weiteren Produkten. Dabei wird mittels Belichtung das Bild einer Fotomaske einem lichtempfindlichen Fotolack übertragen. Anschließend werden die belichteten Stellen des Fotolacks aufgelöst (alternativ ist auch die Auflösung der unbelichteten Stellen möglich, wenn der Fotolack unter Licht aushärtet). So entsteht eine lithografische Maske, die die weitere Bearbeitung durch chemische und physikalische Prozesse ermöglicht, etwa das Einbringen von Material in die offenen Fenster oder das Ätzen von Vertiefungen unter den offenen Fenstern“.

7.2. Ergebnisse Halbleiterfertigung

7.2.1. Einsatzbereich und Zeitraum des PFT-Einsatzes

Nach Wikipedia besteht „das Grundprinzip der Fotolithografie in der Strukturierung einer dünnen ganzflächig abgeschiedenen Opferschicht aus Fotolack durch eine lokale Änderung der chemischen Eigenschaften des Fotolacks und dessen Entfernen in den veränderten (Negativlack) bzw. unveränderten (Positivlack) Bereichen. Im ersten Teilschritt wird dazu der flüssige Fotolack auf einen Wafer aufgebracht.

In einem zweiten Schritt erfolgt nach Wikipedia die Trocknung bei ca. 110°C. In einem dritten Schritt vollzieht sich die eigentliche Übertragung der gewünschten Strukturen auf den Wafer durch optische Belichtung. Es stehen hier zahlreiche Belichtungstechniken (Auswahl Wellenlänge, Polarisation des Lichts, Position Maske, etc.) zur Verfügung. Mit der Belichtung erfolgt durch fotochemische Reaktion eine Veränderung der Eigenschaften des Fotolacks. Je nach Art des Lacks wird dieser löslich oder unlöslich gegenüber der im dritten Teilschritt eingesetzten Entwicklerlösung. Hier wird durch nasschemisch durch Sprühen, Tauchen oder Auftropfen entsprechende Bereiche auf dem Wafer gelöst und entfernt. Anschließend wird der Wafer mit deionisiertem Wasser gespült und trocken geschleudert. Danach erfolgt nochmals ein Temperschritt.⁶⁸

Für den oben beschriebenen Prozess stellt PFOS eine essentielle fotolithografische Chemikalie in der Halbleiterindustrie dar. Durch die einzigartigen optischen Eigenschaften und das hohe säurebildende Potenzial spielt es eine wichtige Rolle⁶⁹.

In der Fotolithographie wird PFOS als photo-acid generator (PAG) genutzt. Vor allem im Zuge der Miniaturisierung und der damit verbundenen Verringerung der in der Fotolithografie genutzten Wellenlängen von 463 nm (1980) auf inzwischen 193 nm (seit ungefähr den 2000er Jahren⁶⁸ eingeführt) und 157 nm wurde auf PFOS als PAG umgestellt³³. Die Umstellung auf

68 (Wikipedia, 2013)

69 (Tang et al., 2006)

PFOS-haltige PAG's vollzog sich im Zeitraum der Verwendung des 248 nm Prozesses³³, welcher ungefähr auf Mitte der 90'er Jahre zu datieren ist⁷⁰. Des Weiteren wird es zum Entspiegeln mit bis zu 3% in ‚antireflective coatings‘(ARC) eingesetzt. PFOS wird auch als Tensid in Entwicklerlösungen genutzt⁶⁹.

7.2.2. Stoffgruppen / Handelsnamen und Einsatzmengen

In der gesamten Halbleiterindustrie Europas werden pro Jahr ungefähr 500 kg PFOS^{33,6} eingesetzt. Die Menge verteilt sich auf folgende Produktionsmittel:

- Fotolacke (photoresists): 46 kg/Jahr
- Randwallentfernung (edge bead removers): 86 kg/Jahr
- Entspiegelung (top and bottom antireflective coatings): 144 kg/Jahre
- Entwicklerlösungen (developer surfactants): 195 kg/Jahr

Die maximale Lagerungszeit von Fotolacken und Entspiegelungsmitteln beträgt 6 Monate, Die Entwicklerlösungen können nur einen Monat gelagert werden. Die kurze Lagerungszeit liegt vor allem an anderen, in den Mitteln enthaltenen Chemikalien.

7.2.3. Eintragswege in die Umweltmedien und Untersuchungen

Die Produktion von Halbleitern findet in sogenannten Reinräumen statt⁷⁰. Ein Eintrag von per- und polyfluorierten Substanzen in die Umweltmedien erscheint aus diesem Sachverhalt nur über das Abwasser in das Oberflächenwasser bzw. über schadhafte Kanäle in Boden und Grundwasser möglich zu sein.

Tang et. al.⁶⁹ beschäftigten sich mit der Entfernung von PFOS aus Halbleiterabwässern mittels Umkehrosrose-membranen. Im ungeklärten Abwasser einer untersuchten Halbleiterfabrik wurden bis zu 1650 mg/l PFOS gemessen.

In Abwässern von Halbleiterindustriebetrieben in Taiwan wies eine Untersuchung⁷¹ ebenso PFOS sowie weitere perfluorierte Verbindungen nach. Der PFOS-Gehalt betrug maximal 0,13 mg/l in den untersuchten Abwasserproben auf. Die maximale PFOS-Konzentration von Wasserproben aus Flüssen, in die das Abwasser eingeleitet wurde, lag bei 36,7 ng/l.

Probleme mit erhöhten PFT-Gehalten im Abwasser aus der Halbleiterproduktion zeigten sich auch im hiesigen Umfeld. Aufgrund der Verwendung eines PFT-haltigen Fotolacks ergaben sich erhöhte PFT-Gehalte im zu reinigenden Abwasser der Kläranlage Reutlingen⁷². Das Problem wurde durch die Verwendung eines PFT-freien Fotolacks gelöst.

Im Rahmen der vorliegenden Recherche wurden keine Fälle von PFT-Untersuchungen auf mögliche Altlasten bei Halbleiterproduzenten bekannt.

70 (Halbleiter.org)

71 (Lin et al., 2009)

72 (Leonhardt, 2013)

8. Fotoindustrie

8.1. Allgemeine Anmerkungen

Die folgenden Aussagen betreffen den Teilbereich der Fotoindustrie, der sich mit der Herstellung von fotografischen bzw. bildgebenden Medien wie Filmen, Papieren oder Druckformen beschäftigt.

Für die Fotoindustrie besteht laut EU-Direktive 2006/122/EC neben der Galvanik, der Halbleiterindustrie und der Herstellung und Verwendung von Hydraulikflüssigkeiten für die Luftfahrt eine Ausnahmeregelung, was das Verbot der Nutzung von PFOS betrifft.

8.2. Ergebnisse Fotoindustrie

In einem Fachbericht über die Verbreitung von PFOS in der Umwelt wird die Nutzung von PFOS in der Fotoindustrie hauptsächlich auf den Trend zu höheren Lichtempfindlichkeiten und die hierdurch erhöhten Anforderungen an die Einsatzsubstanzen zurückgeführt. Besonders die Herstellung von Röntgenfilmen wird als Einsatzbereich von PFOS genannt. Durch die Suche nach Alternativen und den vermehrten Verzicht auf die Entwicklung von Bildern durch den Einzug digitaler Medien sind die Einsatzmengen seit Jahren rückläufig. Allerdings wird auf eine mögliche Freisetzung von PFC durch das Recycling von Bild- und Filmmaterial hingewiesen⁵.

Nach Angaben des Umweltministeriums von England und Wales aus dem Jahr 2004³³ wurden perfluorierte Substanzen im Bereich der Herstellung von Filmen, Fotopapier und Druckvorlagen notwendig, um den Forderungen nach lichtsensitiveren Filmen, schnelleren Filmgeschwindigkeiten und sensitiveren Röntgenprodukten gerecht zu werden. Dabei finden sie Verwendung in der Herstellung von Beschichtungen, deren Einsatzbereiche wie folgt angegeben werden:

- Netzmittel
- Mittel zur Kontrolle der Elektrostatik
- Mittel zur Kontrolle der Reibung
- Schmutzabweisende Mittel
- Regulierung des Haftungsvermögens (adhesion control)

Diese Anwendungsbereiche werden auch von der Orientierungshilfe zur Bestandsaufnahme von PFOS des Umweltprogramms der Vereinten Nationen bestätigt⁷³.

Der Report des Umweltministeriums von England und Wales³³ beruft sich auf Aussagen eines Unterausschusses (EPCI) des CEFIC, dem Verband der Europäischen chemischen Industrie. Laut EPCI sind PFOS-basierte Chemikalien notwendig, um die Oberflächenspannung der bildgebenden Materialien (Filme, Papiere und Platten) zu kontrollieren, um Produktionsabfälle gering zu halten, um Prozess- und Arbeitssicherheit zu gewährleisten und um sicherzustellen, dass beim Transport von Kameras, Druckern und Projektoren keine ungewollten photographischen Effekte durch Reibung (statische Aufladung) entstehen.

73 (United Nations Environment Programme, 2012)

Insbesondere werden PFOS-haltige Mittel als Beschichtungen auf fotoaktiven Medien geschätzt, weil sie durch dünnste Beschichtungsstärke eine hohe Bildqualität garantieren. Generell gilt, dass dünnere Beschichtungen ein klareres und deutlicheres Bild erzeugen.

In der Veröffentlichung des Umweltministeriums von England und Wales wird der Einzug der digitalen Fotografie ab ca. Mitte der 90'er Jahre in Verbindung mit einem Anstieg des Einsatzes von PFOS in der Fotoindustrie gesehen. Digitale Produkte verlangen höhere Qualitätsstandards, da sie in einem Trockenprozess entwickelt werden. Dieser besitzt höhere Ansprüche an die Kontrolle der Oberflächenladung.

Diese Tatsache führte wohl zu einem historischen Höchststand des Verbrauchs PFOS-haltiger Beschichtungsmittel im Jahr 2000. Vor Mitte der 90er Jahre belief sich die eingesetzte Menge auf lediglich ein Drittel bis zur Hälfte des Stands des Jahres 2000. Seit der Jahrtausendwende fand bedingt durch den Ausstieg des Hauptproduzenten 3M sowie neuer PFC-freier Alternativprodukte eine deutliche Reduktion der Verwendung PFOS-verwandter Substanzen in der Fotoindustrie statt. Für das Jahr 2003 schätzt das EPCI, dass von einer Reduktion auf ca. 20 % des Niveaus des Jahres 2000 auszugehen ist³³.

In der EU werden pro Jahr etwa 1000 kg PFOS-verwandte Substanzen in der Fotoindustrie genutzt³³. Das englische Umweltministerium nennt in seiner Risikoabschätzung und Analyse der Vor- und Nachteile von PFOS folgende Anwendungsbereiche und Mengen (Stand 2004):

- Photographische Papierprodukte: < 50kg/Jahr
- Druckplatten:< 100 kg/Jahr
- Filmprodukte: > 850 kg/Jahr

Als eingesetzte Mittel werden folgende Substanzen erwähnt:

- CAS Nr: 1652-63-7, Mischung verschiedener fluorierter Substanzen, in der Herstellung photographische Filme, Papier und Druckformen genutzt.
- CAS Nr: 56773-42-3; Nutzung bei der Filmherstellung
- 4 weitere Substanzen mit unbekannter/nicht veröffentlichter CASNr³³.

Der Report³³ vermutet, dass der europäische Markt für Beschichtungsmittel in der Fotoindustrie sich auf 3 Produzenten konzentrierte, zu denen vor Einstellung der Produktion auch 3M gehörte.

Unter guten Bedingungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit) können die Produkte Jahre bis Jahrzehnte gelagert werden³³.

9. Papier- und Verpackungsindustrie

9.1. Allgemeines zur Branche

Laut vdp⁷⁴, dem Verband Deutscher Papierfabriken ist die Papierindustrie in Deutschland die Nr. 1 in Europa. Im weltweiten Vergleich liegt sie an vierter Stelle hinter China, den USA und Japan. Mit einem Umsatz von über 15 Milliarden Euro und einer Jahresproduktion von knapp 23 Millionen Tonnen werden insgesamt rund 3.000 verschiedene Papiersorten hergestellt.

Nach Angaben des vdp beschäftigt die Papierindustrie in Deutschland an rund 180 Produktionsstandorten über 43.000 Mitarbeiter⁶⁷.

74 (VDP, 2013)

9.2. Ergebnisse Papier- und Verpackungsindustrie

In der Papierindustrie werden laut dem Nordic Council of Ministers³⁷ seit den frühen 1960er Jahren fluorierte Substanzen genutzt. Der Einsatz erfolgt beispielsweise für Lebensmittelverpackungen, Backpapiere, Einweggeschirr aber auch für weitere, industrielle Verpackungsmaterialien, Selbstdurchschreibepapiere, Abdeckpapiere um diese fett-, schmutz- oder wasserabweisend zu gestalten³³.

Der Bericht des Umweltministeriums von England und Wales aus dem Jahr 2004 nennt im wesentlichen 2 verschiedene chemische Klassen, die in Schutzbeschichtungen für Verpackungen enthalten sind. Es handelt sich zum einen um Ester von Mono-, Di- und Tri-Phosphaten mit N-EtFOSE, die wohl ab den 60'er Jahren Verwendung fanden und zum anderen um Fluortelomer Thiol-basierte Phosphate und Polymere, die erstere später ablösten³⁷. Aktuell werden Polyfluorierte Phosphonsäuren als Netzmittel genutzt. Da sowohl Papierfasern als auch phosphatbasierte fluorierte Substanzen anionisch sind, werden kationische Moleküle als Verbindung benötigt³⁷.

Laut einem UBA Fachgespräch von 2009⁷⁵ basieren die eingesetzten fluorierten Verbindungen überwiegend auf Fluorcarbonharzen (FC) und Perfluorpolyethern (PFPE), in geringen Mengen auch Perfluoralkylphosphaten (PAP).

Keine der gesichteten Quellen belegt einen direkten Einsatz von PFOS oder PFOA in der Herstellung von Beschichtungsmaterialien für die Papierindustrie. Allerdings können FTOH, PFOS und PFOA als Verunreinigung sowie als Zersetzungs- und Umwandlungsprodukte in Papieren und Kartons enthalten sein⁶⁴.

Den Quellen nach³⁷ werden die Fluorchemikalien der Nasspresse beigegeben, in der die Zellulosefasern mit den Zusatzstoffen vermischt werden. Eine alternative Methode sieht die Imprägnierung der Papierbahnen mit einer Oberflächenbehandlung vor. Hierbei werden Fluorpolymere genutzt. Eine neuere Entwicklung ist die Nutzung von Perfluorpolyether-basierten Phosphaten und Polymeren³⁷.

Das Umweltministerium von England und Wales beschreibt, dass fluorierte Chemikalien überwiegend bei den Papiererzeugern direkt eingesetzt wurden und kaum in der weiterverarbeitenden Industrie. Zum Zeitpunkt der damaligen Veröffentlichung des Berichts im Jahr 2004 bestand kaum mehr Interesse von Seiten der englischen Papierindustrie, PFC-haltige Mittel zu verwenden. Allgemein war zu beobachten, dass mit dem endgültigen Rückzug der Fa. 3M aus der PFT-Produktion im Jahr 2002 zwangsweise die Umstellung auf andere Beschichtungsmittel vollzogen wurde. Der Bericht schätzt die Anzahl der für einen PFC-Einsatz in Frage kommenden Firmen für den Bereich Großbritanniens auf höchstens 5, wobei die englische Papierindustrie eher als klein zu bezeichnen ist. In den skandinavischen Ländern spielt dagegen traditionell die Papierindustrie eine wesentlich größere Rolle³³.

Laut einem UNIDO Bericht wurden in der EU im Jahr 2000 ungefähr 160 Tonnen PFOS-verwandte Substanzen zur Behandlung von Papierprodukten genutzt⁶³.

Im Rahmen einer Studie zur Reduzierung organischer Spurenstoffe in Abwässern der Papierindustrie aus dem Jahr 2013 wurden verschiedene organische Schadstoffe in Abwässern aus der Papierfabrik untersucht. Für die Gruppe der PFC lagen die Messwerte zumeist unterhalb

75 (UBA, Almut Reichert, 2009)

der analytischen Nachweisgrenze (für PFOS in sämtlichen der 7 untersuchten Proben), für PFOA sowie PFHxA bestanden teilweise geringfügig nachweisbare Konzentrationen⁷⁶. Im UBA-Fachgespräch von 2009 wird Bezug auf Untersuchungen von Abwässern nordrhein-westfälischer Papierfabriken genommen. Die Untersuchungen wiesen Messergebnisse von bis zu 650 ng/l (Σ PFOS und PFOA) auf, obwohl kein Einsatz perfluorierter Substanzen stattfand. Grund für die Gehalte im Abwasserstrom war das Recycling des Altpapiers.

In diesem Zusammenhang besitzt auch die frühere und heutige Entsorgung bzw. Verwertung von Papierschlämmen eine Bedeutung. Papierschlämme fallen jährlich in Deutschland in beträchtlichen Mengen an. So können Schlämme aus der Altpapieraufbereitung PFC-haltige Substanzen aufweisen, die von Papierbeschichtungen sowie von gelösten Farb- und Tintenrückständen stammen. Ein in Baden-Baden entdeckter PFC-Schadensfall steht nach derzeitigen Kenntnisstand mutmaßlich in Verbindung mit der Ausbringung von Komposten aus PFC-haltigen Papierschlämmen. Recherchen zur Klärung der Verunreinigungspotenziale für den Bereich Altpapierverarbeitung/Papierschlämme werden als notwendig erachtet.

10. Lack- und Farbenherstellung

10.1. Allgemeines zur Branche

Gemäß den Angaben der Homepage des Verbands der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie (VdL)⁷⁷ als freiwillige Selbstorganisation von Unternehmen der Lack- und Farbenherstellung gibt es in Deutschland etwa 250 Lack- und Druckfarbenfabriken mit rund 25.000 Beschäftigten (darunter auch namhafte Hersteller fluorierte Substanzen). Die Produktion von Lack- und Druckfarben belief sich im Jahr 2012 den Angaben des Verbands zufolge auf 2,7 Millionen Tonnen oder 7,2 Mrd. €. Die Produktion von Lacken und Farben wird mit knapp 2,1 Mio to. und 4,75 Mrd. € angegeben.

Im VdL sind gegenwärtig knapp 83 % der 250 Hersteller organisiert bzw. assoziiert. Der Repräsentationsgrad liegt für Industrielacke und Druckfarben bei 90% und bei Bautenlacken sowie Dispersionsfarben jeweils bei rund 75% des Marktvolumens. Die Struktur der Mitgliedsfirmen ist heterogen: Neben wenigen meist konzerngebundenen großen, multinationalen Unternehmen steht eine Vielzahl mittelständischer Lackfabriken, viele davon im Familienbesitz. Anfang des Jahres 2009 fusionierten der Verband der deutschen Lackindustrie e.V. und der Verband der Druckfarbenindustrie zum Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie e.V. (VdL).

76 (PTS, 2013)

77 (VdL, 2014)

Auf europäischer Ebene vertritt die CEPE die Interessen der Farben- und Lackhersteller. In ihr sind 85 % der Hersteller repräsentiert. Insgesamt erwirtschaftet der gesamte Industriezweig in Europa einen Umsatz von 17 Mrd. € mit 120.000 Mitarbeitern. Der Verband EuPIA als Unterverband der CEPE vertritt die Druckfarbenhersteller. In ihm sind insgesamt 80 Mitgliedsunternehmen zusammengeschlossen, die 12.000 Mitarbeiter in ganz Europa beschäftigen und zusammen etwa 95 Prozent des europäischen Druckfarbenmarktes abdecken.

Der VdL gibt den Inlandsverbrauch an Farben und Lacken in Deutschland für 2012 mit 1,5 Mio to. an. Abbildung 8 verdeutlicht, dass ca. $\frac{2}{3}$ des Inlandsverbrauchs (ca. 1 Mio to) auf den Bereich der Bautenanstrichstoffe und $\frac{1}{3}$ auf die Industrielacke entfällt.

Angaben über eine aktuelle bzw. frühere Verwendung von PFC-haltigen Substanzen werden auf den Seiten des VdL bzw. der CEPE nicht gemacht. Die CEPE veröffentlichte erstmals im Jahr 2013 im Rahmen ihres LCI-Projekts eine Liste der in ihren Industriebetrieben verwendeten Rohprodukte. Unter der Kategorie „Grundstoffe“ werden auch Fluorpolymere aufgeführt. Eine Spezifikation der Fluorpolymere ist nicht weiter erwähnt.

Inlandsverbrauch von Lacken und Farben nach Marktsegmenten 2012

Menge in 1.000 Tonnen		
Dispersions-/ Innenwandfarben	467	Bauten- anstrichstoffe
Fassadenfarben	133	
Kunstharzgebundene Putze	111	
Lacke und Lasuren	90	
Grundierungen / Überzugsmittel	58	
Spachtel, s. Bautenanstrichstoffe	91	Industrielacke
Allgemeine Industrielacke	235	
Autoserienlacke	110	
Holzlacke	61	
Korrosionsschutz	49	
Autoreparaturlacke	25	
Schiffsfarben	16	
Sonstige	54	
Gesamt	1.500	

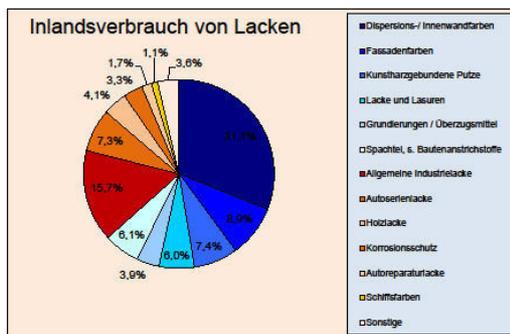


Abbildung 8: Inlandsverbrauch von Farben und Lacken in Deutschland, 2012 (Quelle: Homepage VdL⁷⁷)

10.2. Ergebnisse Lack- und Farbenherstellung

10.2.1. Einsatzbereiche und -zeitraum

Farben und Lacke werden bereits in einer von der Forschungsarbeit von Prevedouros⁴⁵ zu Quellen und Transport von Perfluorcarboxylaten zitierten Quelle aus dem Jahr 1966 (W. Holzappel in Fachzeitschrift Fette, Seifen, Anstrichmittel) als mögliche Einsatzbereiche von PFCA's und deren Derivaten genannt.

In Dänemark wurde der Einsatz von PFOS-verwandten Substanzen in der Lack- und Farbenindustrie laut einem Bericht des Dänischen Umweltministeriums zwischen 2002 und 2005 eingestellt. Über den Beginn des Einsatzes finden sich hier keine Hinweise⁷⁸.

Laut einem Bericht über die Nutzung, Vorkommen und Toxizität von per- und polyfluorierten Verbindungen in Dänemark, Finnland, Island, Norwegen, Schweden, den Färöer Inseln, Grönland und Åland (Nordic Council of Ministers) gibt es keine Hinweise auf einen Einsatz von

⁷⁸ (Danish Ministry of the Environment, 2005)

PFOS-verwandten Substanzen für die finnische Farben- und Lackindustrie. Zur Verwendung von perfluorierten Verbindungen in früheren Jahren werden keine Angaben gemacht³³.

Der Bericht des Dänischen Umweltministeriums⁷⁸ identifiziert für die Farben- und Lackindustrie die im Folgenden aufgelisteten Einsatzbereiche von PFOS und verwandten Substanzen. Bestätigung finden diese Angaben auch im Bericht des Umweltministeriums von England und Wales aus dem Jahr 2004³³. Dem Bericht des Nordic Council of Ministers³⁷ entsprechend ergibt sich ein Einsatz fluorierter Tenside gleichermaßen sowohl in wasser- als auch in lösemittelbasierenden Farb- und Lacksystemen. Demnach werden PFOS und verwandte Substanzen gebraucht

- als Zusatz, um die Benetzung von Oberflächen durch Farben und Lacke sowie ihre Ausbreitung durch das Herabsetzen der Oberflächenspannung zu verbessern
- um Glanz und antistatische Eigenschaften zu erhalten
- als Hilfen für den Pigmentaufschluss
- als Hilfsmittel zur Vermeidung von Pigmentfleckenbildung
- als Zusatz in Tinte und Färbemittel, beispielsweise um Schaum zu erzeugen
- um die Oberflächenspannung der Tinte herabzusetzen und somit zu einer besseren Oberflächenbenetzung zu gelangen. Laut dem Bericht des englischen Umweltministeriums³³ werden Fluortenside hier genutzt, um das Fließverhalten der Tinte zu verbessern, die Haltbarkeit der Zylinder zu verlängern und gleichmäßigeres Auftragen ohne Flockungen zu erreichen. Die Autoren haben aber keine Hinweise darauf gefunden, welche Substanzen eingesetzt werden und ob perfluorierte Tenside hier tatsächlich eine Rolle spielen

Der Bericht des Umweltministeriums von England und Wales³³ erwähnt auf Basis eigener Befragungen u.a. beim Britischen Verband der Lack- und Farbenhersteller, dass in der Lack- und Farbenindustrie die Verwendung von Fluortensiden verglichen mit anderen Tensiden teurer ist. Sie werden also nur für spezielle Anwendungen, für die es keine günstigeren Alternativen gibt, genutzt. Darunter fallen beispielsweise bestimmte Farben und Lacke, deren Oberflächenspannung sehr stark herabgesetzt werden soll.

10.2.2. Einsatzmengen und -substanzen

Im dänischen Produktregister machte der Einsatz von PFOS-verwandten Substanzen in Farben und Lacken im Jahr 2002 zwischen 11-12,5 % der im Register verzeichneten jährlich verkauften Gesamtmenge dieser Substanzen aus⁷⁸. Zusätzliche 6,7-12,6 % (entspricht einer Menge zwischen 576 bis 2032 kg) würden zudem in Druckfarben, Tonern und Zusätzen für Druckertinte genutzt. Allerdings erwähnt die von dem dänischen Bericht zitierte Quelle⁷⁹ auch, dass PFOS-verwandte Substanzen in der Farben- und Lackindustrie durch andere Stoffe ersetzt wurden. Während es 2002 wohl noch einen recht hohen Verbrauch an PFOS-verwandten Substanzen in der dänischen Farben- und Lackindustrie gab, scheint er zum Zeitpunkt der Veröffentlichung des Berichts im Jahr 2005 komplett gestoppt worden zu sein.

Als Ersatz dienen dem dänischen Bericht zu Folge neben verschiedenen fluorierten Stoffen wie z.B. Perfluorbutansulfonat, einer kürzerkettigen, perfluorierten Verbindung oder fluorierter Polyether, auch nicht fluorierter Verbindungen wie z.B. propylierte Aromate. Auch auf Silikonen und aliphatischen Alkoholen basierende Stoffe können PFOS-verwandte Verbindungen in der Farben- und Lackindustrie ersetzen.

79 (Havelund, 2002)

Die eingesetzten Konzentrationen fluorierter Tenside in Farben und Lacken belaufen sich nach Angaben des Nordic Council of Ministers auf zwischen 100 - 500 ppm ausgegangen³⁷. In der Orientierungshilfe zur Bestandsaufnahme von PFOS des Umweltprogramms der Vereinten Nationen werden Einsatzkonzentrationen von bis zu 0,01 Gewichtsprozent in Farben, Lacken, Tinte und Färbemitteln genannt⁷³. In dieser Veröffentlichung wird auch auf Informationen der OECD Bezug genommen, wonach in Tonern und Druckertinte weltweit etwa eine Tonne N-ethyl-N-[3-(trimethoxysilyl)propyl] Perfluorooctansulfonamide (CAS No. 61660-12-6) eingesetzt wurden. Diese Anwendung und Einsatzmenge scheint aber heute zum Großteil nicht mehr aktuell zu sein.

Herzke et al.⁸⁰ untersuchten in einer Studie aus dem Jahr 2012 den Gehalt an Per- und Polyfluoralkylverbindungen in norwegischen Konsumprodukten. U.a. waren Farben für Nassräume Gegenstand der Untersuchung. Die benötigten Eigenschaften dieser Farben in Form ausgeprägter, wasserabweisender Fähigkeiten sowie einer guten Atmungsaktivität prädestinieren sie für den Einsatz perfluorierter Substanzen.

Teilweise konnten PFC nachgewiesen werden. Die in den Produkten gefundenen Konzentrationen lagen aber unterhalb des für Konsumprodukte zulässigen Grenzwerts von 0,005 Gewichtsprozent. In Fällen des positiven analytischen Befunds konnte nicht geklärt werden, ob es sich um Einsatzstoffe oder um Verunreinigungen anderer Einsatzmittel handelte.

In einer für den Bericht des Umweltministeriums England und Wales³³ veranlassten Umfrage gab ein in England und einem weiteren europäischen Land Farben und Lacke produzierender Hersteller an, für das Jahr 2002 insgesamt 500 kg PFOS-haltige Zusätze eingekauft (von 3M) und verwendet zu haben. Unter der Annahme einer Zumischung von 0,1-1 % dieser Zusätze leitet die Studie für den Bereich der EU ab, dass (vermutlich nur bezogen auf den einen Produzenten) im Jahr 2002 zwischen 50-500 to PFOS-haltiger Farben- und Lacke in Verkehr gebracht wurden. Derselbe Produzent hat ab 2003 keine PFOS-haltigen Zusatzstoffe mehr gekauft und verarbeitet. Die Gründe für den Verzicht lagen einerseits in einem Wechsel der Herstellungstechnologie und andererseits in einer Abwanderung des Marktes für diese Farben in den asiatischen und amerikanischen Raum. Die Lagerungszeit wird vom selben Fabrikanten mit einem halben bis 2 Jahren angegeben, begrenzt wird sie eher durch die Eigenschaften der Farbe und ihre Veränderungen (Änderung der Viskosität, Setzungsprozesse) als durch die Eigenschaften der einzelnen Bestandteile.

Washburn et al.⁸¹ veröffentlichten in einer für die USA geltenden Studie aus dem Jahr 2005 Gehalte an PFO, dem Anion der Perfluorooctansäure PFOA, in Konsumprodukten. Sie errechneten u.a. aus der bekannten PFO-Konzentration von 50-150 mg PFO/l eines in der Fluortelomersynthese produzierten Einsatzstoffes einen für das Endprodukt, einer verkaufsfertigen Latexfarbe, entsprechenden PFO-Gehalt zwischen 0,02-0,08 mg/l.

Die Beantwortung einer Emailanfrage bei der Forschungsanstalt für Pigmente und Lacke e.V. in Stuttgart erfolgte von Seiten der Technischen Informationsstelle des Bundesverbands Farbe Gestaltung Bautenschutz. In einer kurzen Stellungnahme wird darauf hingewiesen, dass bereits seit Jahrzehnten die Verwendung fluorierter Verbindungen insbesondere bei der Herstellung von Coil-Coating-Blechen (Beschichtung von Stahlblechen) sowie der Antigriff-Beschichtung bestehen. Überlicherweise werden hierfür PVDF, Polyvinylidenfluorid (Polymer aus C₂H₂F₂) verwendet. Die Herstellung von Coil-Coating-Blechen steht meist in enger räumlicher Verbindung zur Stahlblechproduktion. Dabei werden heute maschinell entsprechende Beschichtungen auf großflächige Stahlblechbahnen aufgetragen.

80 (Herzke et al., 2012)

81 (Washburn et al., 2005)

Desweiteren finden verschiedenste perfluorierte Tenside als Additive in Farben und Lacken Verwendung. Über Art, Menge und betroffene Beschichtungsstoffe konnten keine Angaben gemacht werden. Es ist allerdings nicht von einem breiten Einsatz auszugehen.⁸²

In Ergänzung hierzu muss noch angemerkt werden, dass in dem im Vorfeld der Emailanfrage geführten Telefonat die befragte Person⁸³ erwähnte, dass sich die Verwendung von PFC in Lacken für die Automobilindustrie, wie vor Jahren einst von einem japanischen Hersteller versucht, nicht durchgesetzt hätte. Der hohen Farbechtheit und Lackhaltbarkeit stünden gravierende Nachteile bei der Durchführung von Ausbesserungsarbeiten entgegen.

11. Hydraulikflüssigkeiten

11.1. Allgemeines

Nach Anhang B des Stockholmer Übereinkommens ist der Einsatz von PFOS in Hydraulikflüssigkeiten der Luftfahrt noch heute zulässig. Für diesen Bereich besteht eine Ausnahmege-
nehmigung.

Die vorliegenden Rechercheergebnisse beziehen sich auf den zivilen Bereich der Luftfahrtindustrie. Der militärische Bereich ist nicht berücksichtigt, da keine belastbaren Erkenntnisse vorliegen, dennoch ist nach derzeitigem Wissensstand auch hier von einem Einsatz von PFOS auszugehen

Allgemein lassen sich Hydraulikflüssigkeiten nach ihrer Verwendung unterscheiden. Einerseits werden Hydraulikflüssigkeiten auf Mineralölbasis verwendet, die in Bezug auf ihre Marktpräsenz den weitaus größten Part ausmachen. Andererseits handelt es sich um schwer entflammbare Flüssigkeiten, die überall dort, wo durch große Hitzeentwicklung ein erhöhtes Brandrisiko besteht, zum Einsatz kommen (z.B. in der Stahl- und Gießerei- oder der Flugzeugindustrie). Im vorliegenden Fall sind die schwer entflammbaren Flüssigkeiten betroffen. Für die Flugzeug- und Luftfahrtindustrie werden schwerentflammbare Flüssigkeiten der Klasse HFD z.B. als Steuerflüssigkeiten für Flugzeugtriebwerke ausgewiesen⁸⁴. Hydraulikanlagen versorgen in Verkehrsflugzeugen die Flugsteuerung, die Fahrwerke, die Bremsanlage, die Bugradlenkung, die Schubumkehrung der Triebwerke, die Türen und die Notstromversorgung. Es liegen mehrere voneinander unabhängige Kreisläufe vor. Die Drücke im Hydrauliksystem sind sehr hoch (bis 200 bar).

Verwendung finden hier Phosphorsäure-Ester, chlorierte Kohlenwasserstoffe oder Carbonsäure-Ester.

82 (Bundesverband Farbe Gestaltung Bautenschutz, 2014)

83 (Dr. Hilt, 2014)

84 (Oelcheck, 2011)

11.2. Ergebnisse Hydraulikflüssigkeiten

11.2.1. Einsatzbereiche und -zeitraum

Laut eines Berichts des UBA zur nationalen Umsetzung des Stockholmer Übereinkommens zu persistenten organischen Schadstoffen²⁶ wird PFOS in Hydraulikflüssigkeiten in Flugzeugen eingesetzt, um die Korrosion mechanischer Teile herabzusetzen und so Schäden vorzubeugen. Die Flüssigkeiten vermitteln den Bericht zu Folge die Kraftübertragung in den Bremssystemen. Da ein Verlust der Flüssigkeit zu einem Verlust an Bremswirkung führen würde, sind diese Bremssysteme für eine maximale Dichtigkeit ausgelegt. Die Ausfallquote solcher Systeme ist zudem besonders gering, da hier Sicherheitsbestimmungen der Luftfahrtindustrie eingehalten werden müssen.

11.2.2. Substanzen und Einsatzmengen

Eine wissenschaftliche Studie aus dem Jahr 2011 wies Perfluor-Ethylcyclohexyl-Sulfonat, das in der Umwelt zu PFAS wie etwa PFOA und PFOS abgebaut werden kann, in den Great Lakes nach⁸⁵. Die Substanz wurde laut den Autoren von 3M produziert und unter dem Namen FC-98 vermarktet. In der Canadian Domestic Substance List sowie der Datenbank der amerikanischen Umweltbehörde EPA (USEPA Toxic Substances Control Act Inventory Update Rule database, TSCA-IUR) ist die Substanz von 1986 bis 2006 aufgeführt.

In einer Anfrage an die amerikanische Umweltbehörde EPA aus dem Jahr 2002 fordert die Fa. Boeing eine Ausnahmeregelung für FC-98, da es als Erosionsschutzmittel in bestimmten Hydraulikflüssigkeiten (schwerentflammbaren Phosphat-Ester-Hydraulikflüssigkeiten) benötigt würde⁸⁵.

Laut einer Studie, die vor allem die Entsorgungswege von POP's untersucht⁸⁶, werden für Hydraulikflüssigkeiten Perfluor-Ethylcyclohexyl-Sulfonat eingesetzt. Der Gehalt an PFOS in Hydraulikflüssigkeiten liegt laut dieser Studie bei 0,05 - 0,1 %. Allerdings bleibt unklar, ob es sich hierbei um aktuell verwendete oder früher genutzte Hydraulikflüssigkeiten handelt⁸⁵.

Für den zivilen Bereich werden laut der bereits erwähnten Studie des UBA²⁶ zu über 95% die Produkte zweier Hersteller eingesetzt. Es handelt sich hierbei um

- HYJET IV-A Plus des Herstellers ExxonMobil
- SKYDROL[®] 500B4 des Herstellers Solutia Europe SA

Laut UBA wird PFOS in den Sicherheitsdatenblättern nicht aufgeführt, was allerdings nicht bedeutet, dass PFOS in den Produkten nicht vorkommt (Kennzeichnungspflicht in Sicherheitsdatenblättern besteht erst bei Konzentrationen über 0,1%). Auf eine Anfrage des UBA erklärten sowohl ExxonMobil als auch die Firma Solutia, dass PFOS in keiner ihrer Hydraulikflüssigkeiten im Flugzeugbereich eingesetzt wird. Zudem scheint es fluorfreie Alternativen zu geben. Dieser Sachverhalt spricht nach UBA dafür, dass PFT im Allgemeinen sowie PFOS im Speziellen nur als Verunreinigung in Hydraulikflüssigkeiten auftritt, woraus geschlossen werden kann, dass es sich also um kein Einsatzmittel handelt²⁶.

In der Studie des UBA wird für das Jahr 2010 und ganz Deutschland geschätzt, dass sich die in Hydraulikflüssigkeiten der Flugzeugindustrie befindliche PFOS-Menge zwischen 33 und 67 kg bewegte. Diese Zahlen ergeben sich aus Schätzungen der Einsatzkonzentration (0,05-0,1%) sowie Angaben von Airbus und Lufthansa-Technik über die Gesamtmenge der beim

85 (De Silva et al. , 2011)

86 (BIPRO, 2011)

Neubau und der Wartung eingesetzten Hydraulikflüssigkeiten. Von diesen Mengen gelangen etwa 22 bis 34 kg PFOS in die Entsorgung²⁶. Gemäß BiPRO wird für das Jahr 2004 eine EU-weite Einsatzmenge von 730 kg, global betrachtet von 2200 kg an PFOS in Hydraulikflüssigkeiten angegeben⁸⁶. Allerdings wird von den Autoren auch zu bedenken gegeben, dass Einsatzkonzentrationen von PFOS in Hydraulikflüssigkeiten unter 0,1% laut 1907/2006/EG nicht in den Sicherheitsdatenblätter der Produkte angegeben werden müssen. Daher besteht die Möglichkeit, dass die tatsächlichen Einsatzmengen höher liegen.

Die Autoren der Studie schätzen, dass etwa 2 % der Hydraulikflüssigkeiten während der Nutzungsdauer in die Umwelt gelangen. Auf Grundlage von Anfragen bei den Luftfahrtunternehmen Air Berlin und Lufthansa sowie zwei Öl-Recycling Firmen geht die Studie davon aus, dass die restlichen 98% in Sondermüllverbrennungsanlagen entsorgt werden⁸⁶.

11.2.3. Eintragswege

Da der Neubau sowie die Wartung von Flugzeugen in speziellen Werkshallen erfolgt, die gegen einen Eintrag von austretenden Flüssigkeiten in den Boden gesichert sind, ist keine Verunreinigung des Schutzguts Boden durch PFC in Hydraulikflüssigkeiten zu erwarten²⁶. Ein Eintrag in das Wasser durch die Reinigung des Bodens oder das Waschen von Putzlappen zieht die Studie des UBA zwar in Betracht, allerdings können zu dieser Hypothese keine Zahlen genannt werden.

12. Deponien

12.1. Allgemeines zu Deponien

Mit dem Inkrafttreten der Abfallgesetzgebung im Jahr 1972 verlagerte sich die Zuständigkeit für die Abfallentsorgung von der kommunalen Ebene auf die Landkreise. Mit einer Übergangsfrist bis ca. 1975 erfolgte die Schließung der kommunalen Abfalldeponien. Einige der „Alt-Deponien“ wurden als sogenannte Übergangsdeponien zur Ablagerung von Müll in Regie der Landkreise noch bis in die 80´er Jahre weitergeführt. Sehr oft fand danach eine weitere Nutzung als Inertstoffdeponie statt.

Mit dem Bau und Betrieb neuer Deponiestandorte in den 80´er und 90´er Jahren erfolgte die konsequente Umsetzung von Sicherheitsstandards wie geeigneten Abdeckungen oder der Fassung und Behandlung anfallender Sickerwässer zur Vermeidung von Schadstoffeinträgen in die Umweltmedien.

12.2. Rechercheergebnis Deponien

Das Landesumweltamt NRW nennt Abfallgruppen, die hauptsächlich auf Deponien der Klasse II (Siedlungsabfalldeponien, Gewerbeabfalldeponien) und III (Sonderabfalldeponien) abgelagert werden, die mit PFC belastet sein können:

Abfallarten mit möglichen Verunreinigungen durch perfluorierte Substanzen	
Lfd.Nr	Abfallart
1	Abfälle aus der Herstellung und Verarbeitung von Zellstoff, Papier, Karton und Pappe
2	Abfälle aus der Leder- und Pelzindustrie
3	Abfälle aus der Textilindustrie
4	Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen
5	Abfälle aus der physikalisch-chemischen Behandlung von Abfällen (einschließlich Dechromatisierung, Cyanidentfernung, Neutralisation)
6	Schlämme aus der Behandlung von kommunalem Abwasser

Tabelle 3: Abfallarten mit PFT-Verunreinigungen (Tabelle leicht verändert aus (LANUV NRW, 2011) übernommen

In einem vom Waste Management & Research im Namen der ISWA (International Solid Waste Association) veröffentlichten Artikel⁸⁷ fordern die Autoren dringend die Durchführung von Untersuchungen von Deponien und deren Umfeld, auf denen Abfälle von Betrieben abgelagert wurden, die perfluorierte Verbindungen hergestellt oder in Herstellungsprozessen verwendet haben. Sie führen beispielsweise die Herstellung von Teflon, fluorierten Polymeren sowie die Imprägnierung von Teppichen, Textilien und Papier auf.

In einer von der GKSS veröffentlichten Diplomarbeit aus dem Jahr 2009⁸⁸ wird über die Untersuchung von Sickerwässern von 22 Deponien der Klassen DK I und DK II in Norddeutschland auf per- und polyfluorierte Verbindungen berichtet. Im behandelten Sickerwasser fand man Konzentrationen zwischen wenigen ng/l bis 8060 ng/l per- und polyfluorierter Verbindungen, in unbehandelten Sickerwässern zwischen 30,5 ng/l bis 13000 ng/l. Die auf dieser Datenbasis errechneten Frachten ergaben Jahresmengen zwischen 0,3 bis 350 g/Jahr poly- und perfluorierter Verbindungen. In dieser Studie werden diese Frachten denen aus Kläranlagen gegenübergestellt und daraus der Schluss abgeleitet, dass die Deponien im Vergleich zu Kläranlagen eine untergeordnete Rolle bezüglich der Frachten an perfluorierten Verbindungen spielen.

Auch für Baden-Württemberg liegen Untersuchungen von Deponiesickerwässern auf PFC vor⁸⁹, die im Rahmen eines Fachvortrags im Jan. 2012 vorgestellt wurden. Die Daten wurden stichprobenartig von insgesamt 81 Deponien im Land erhoben. Es wurden hierbei 11 Deponien der Klasse DK I, 69 Deponien der Klasse DK II und 1 Deponie der Klasse DK III untersucht.

87 (Weber et al., 2011)

88 (Busch, 2009)

89 (LUBW, 2012)

Untersuchungen Deponiesickerwässer in Baden-Württemberg, Gehalte in [µg/l]								
Stat. Kennwert	11 Deponien DK I		69 Deponien DK II					
	Σ PFT	(PFOS+PFOA)	roh		rein		abgeleitet	
Max	5,01	(5,01)	27,2	(6,22)	16,7	(2,60)	18,17	(2,81)
Mittel	1,24	(0,26)	5,07	(0,98)	2,60	(0,43)	2,73	(0,61)
Median	0,93	(0,26)	2,59	(0,63)	1,80	(0,04)	1,05	(0,36)

Tabelle 4: Untersuchungen von Deponiesickerwässern in Baden-Württemberg⁸⁹ (Tabelle leicht verändert übernommen)

Bemerkung: Σ PFT – betrifft 13 verschiedene Einzelsubstanzen

Die Referenten kommen in ihrem Vortrag vom Jan. 2012 zum Schluss, dass die PFT-Belastung von Deponien im Sickerwasser erkennbar ist und PFT-haltige Abfälle eine langfristige Quelle für Sickerwasserbelastungen darstellen.

Eine aktuelle Veröffentlichung von Untersuchungsergebnissen zum Verbleib von PFT-Verbindungen in abgelagertem Bodenmaterial und im Sickerwasser der Deponie Burghof im Landkreis Ludwigsburg stammt vom Okt. 2013. In der im Auftrag der Abfallverwertungsgesellschaft des Landkreises Ludwigsburg unter finanzieller Unterstützung durch das Umweltministerium Baden-Württemberg durchgeführten Untersuchung⁹⁰ wurde über einen Zeitraum von 4 Jahren die Entwicklung der PFT-Konzentrationen im Deponiesickerwasser sowie in zwei eigens installierten Lysimeteranlagen nach Deponierung von mit PFT-verunreinigtem Bodenmaterial (aus einem Brandereignis) beobachtet. Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Ablagerung von ca. 11.000 to PFT-verunreinigtem Boden die ursprünglichen PFT-Summenkonzentrationen von ca. 7 µg/l im Sickerwasser deutlich anstiegen (2010 ca. 24 µg/l; 2011 ca. 29 µg/l; 2011 bis 2013 ca. 16 µg/l). Mittels einer Nanofiltration sowie einer für das Konzentrat aus der Nanofiltration nachgeschalteten Aktivkohlereinigung gelang es im Durchschnitt ca. 80 % der anfallenden PFT-Verbindungen zurückzuhalten.

Hinsichtlich der Auswaschungsgeschwindigkeit bzw. der Abnahme der PFT-Feststoffgehalte im Ausgangssubstrat gibt die Untersuchung eine Halbwertszeit von 4 Jahren für den PFT-Summengehalt an. Für die Einzelsubstanz PFOS deuten die Ergebnisse allerdings auf eine geringere Mobilisierungsrate. Insgesamt kommt die Untersuchung zum Ergebnis, dass „abgelagerte PFT-haltige Abfälle eine langfristige PFT Quelle darstellen, die eine konsequente Sickerwassererfassung und -behandlung erfordern“⁹⁰.

Im Zuge einer Studie in der Schweiz wurden Sickerwässer von insgesamt 4 Inertstoffdeponien auf PFC untersucht. Zwei der gefassten Sickerwässer waren durch Fremdwasserzufluss beeinflusst. Die PFT-Summengehalte (Σ PFBS, PFHxS, PFOS, PFPA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA) bewegten sich zwischen 0,02-0,39 µg/l. Die Studie kommt zum Ergebnis, dass Inertstoffdeponien ebenfalls Punktquellen für PFC darstellen. Die gemessenen Konzentrationen und Frachten sind allerdings als niedrig einzustufen. Als Haupteintragsquelle vermuten die Autoren durch Brandfälle und damit verbundene Löscheinsätze verunreinigtes Material sowie Aushub- und Abbruchmaterial von ehemaligen Galvanikbetrieben⁹¹.

Auch eine amerikanische Studie aus dem Jahr 2010 kommt nach der Untersuchung des Sickerwassers von 6 Deponien zum Schluss, dass nicht abgedichtete Deponien (unlined landfills) potenzielle Gefährdungsquellen für das lokale Grund- und Trinkwasser sein können.

90 (Dr. Ing. Jedele und Partner GmbH, 2013)

91 (Bau- und Umweltschutzdirektion Kanton Basel-Landschaft, 2013)

Dort wurden Maximalwerte einzelner Perfluoralkylcarboxylate von bis zu 2800 ng/l gemessen⁹².

In einem in der Zeitschrift Environmental Science & Technology veröffentlichten Artikel⁹³ schätzen die Autoren die jährliche Fracht von Per- und Polyfluoralkyl-Substanzen einer untersuchten Deponie in Kanada auf 8,5-25 kg.

Eine weitere Quelle für Einträge von PFC-haltigen Substanzen in Deponien bestehen in Löschmitteleinsätzen der Feuerwehr bei Deponiebränden. Für diese Art von Bränden eignet sich insbesondere der Einsatz von Löschschaummittel als Netzmittel. Auswertungen von Einsatzberichten im Rahmen der Pilotstudie bestätigen den Sachverhalt.

Für Deponien der Papier- und Zellstoffindustrie, die diese insbesondere in früheren Jahren besaßen, sind Einträge von PFC-haltigen Substanzen in Boden und Grundwasser nicht auszuschließen (siehe auch 9.2). Eine analytische Überprüfung der Sickerwässer dieser Deponien ist zu empfehlen.

13. Herstellung von Reinigungs- und Kosmetikartikeln

Keine Bedeutung im Landkreis Sigmaringen

14. Chem. Industrie

Keine Bedeutung im Landkreis Sigmaringen

92 (Huset et al., 2010)

93 (Benskin et al., 2012)

15. Zusammenfassung und Bedeutung für die Altlastenerfassung

15.1. Galvanik

Gemäß den Ergebnissen der Literaturrecherche ist ein beginnender Einsatz PFC-haltiger Substanzen in der galvanischen Industrie Deutschlands ab den 60'er Jahre zu datieren, nachdem in den USA die Mittel bereits seit den 50'er Jahren Verwendung fanden. In den USA saß mit 3M der erste und größte Hersteller perfluorierter Chemikalien. Auf breiter Front fanden die Mittel in Deutschland erst ab Beginn der 70'er Jahre in den hiesigen galvanischen Betrieben Verwendung.

Als wesentliche Teilbereiche der Oberflächenbehandlung mit Einsatz perfluorierter Mittel stellen sich folgende Verfahren heraus:

- Hartverchromung
- Glanzverchromung
- Kunststoffgalvanisierung mit Chrom

Die enge Verbindung zwischen Chromgalvanisierung und PFC-Einsatz erklärt sich einerseits aus qualitativen Gründen zur Erzielung einer optimalen und gleichbleibenden dünnen Chrombeschichtung und zum anderen aus arbeitsschutztechnischen Gründen zur Verhinderung von Aerosolbildungen beim Bearbeitungsprozess. PFOS findet v.a. aufgrund seiner hohen Stabilität unter den teils sehr aggressiven Einsatzmilieus galvanischer Einsatzmittel (Cr(VI), starke Laugen bzw. Säuren) Verwendung.

Verschiedene Literaturstellen räumen allein dem Hartverchromungsverfahren einen Anteil von ca. 50 % des Gesamtverbrauchs an PFOS in der Oberflächentechnik in Deutschland ein. Gemäß den Angaben befragter Personen wäre der Anteil für das hiesige Umfeld sogar noch höher einzuschätzen.

Die Literatur nennt weitere Verfahren der Oberflächentechnik unter potenziellen Einsatz PFC-basierender Mittel. Der Umfang des Einsatzes ist vermutlich als gering einzustufen (EU-weit 20 bis 30 kg / a):

- alkalisch, zyanidfreie Zinkverchromung
- Vergoldungsverfahren
- Galvanisieren mit Edelmetallen wie Palladium u. Rhodium
- Anodisierungsverfahren zur Herstellung von Korrosionsschutz für Al-Werkstoffe
- Verkupferung
- Vernickelung
- Verzinnung
- Messinggalvanik

Die jährlichen, in deutschen galvanischen Betrieben eingesetzten PFOS-Mengen belaufen sich auf ca. 3400 kg. Die durchschnittlichen jährlichen Einsatzmengen pro Betrieb sind auf 30 bis 40 kg PFOS zu schätzen.

Die in Veröffentlichungen genannten, heute gängigen Netz- und Entschäumungsmittel sind u.a.:

- Bayowet FT 248 Liquid
- Ankor Wetting Agent SRK des Herstellers Ethone
- Fumetrol 140 von Coventya
- Silken Wet 302 von Atotech.

Als wichtigste Anlagenbereiche für eine Verwendung PFC-haltiger Mittel innerhalb der Galvanik sind die galvanischen Becken selbst sowie die Abwasserbehandlungsbecken zu erwähnen. Verunreinigungen mit PFC, wie auch Untersuchungen verdeutlichen, sind nicht nur auf diese Stellen begrenzt. Bedingt durch Arbeitsschritte wie Spülen, Wartungs- und Reinigungsarbeiten, Abtropfverluste sowie Abspritz- und Kleckerverluste können Verschleppungen von PFC auch in andere Becken bzw. innerhalb des gesamten Betriebs vorkommen. In diesem Zusammenhang müssen auch Schäden im Kanalsystem erwähnt werden.

EINSCHÄTZUNG DES GUTACHTERS

Die Ergebnisse der Literaturrecherche lassen einen Schwerpunkt des Einsatzes PFC-haltiger Substanzen für die Bereiche der Hart-, Glanz- und Kunststoffverchromung (1. Priorität – d.h. höhere Wahrscheinlichkeit für einen PFC-Einsatz) erwarten. Für zukünftige Erfassungen altlastverdächtiger Flächen wird empfohlen, für diese galvanischen Verfahren nach den in der vorliegenden Pilotstudie recherchierten Kriterien eine Gefährdungsabschätzung vorzunehmen.

Für bereits im Boden- und Altlastenkataster erfasste Verdachtsflächen ehemaliger galvanischer Betriebe sollten die vorliegenden Erkenntnisse durch historische Nachrecherchen und/oder Erweiterungen des Untersuchungsumfangs Berücksichtigung finden. Neben der umweltschutzrechtlichen Prüfung von Anhaltspunkten müssen hierbei auch abfallrechtliche Gesichtspunkte für eine potenzielle, zukünftige Entsorgung betrachtet werden.

Für die in der unten folgenden Kurzdarstellung aufgeführten Verfahren der 2. Priorität (geringer einzuschätzende Wahrscheinlichkeit für einen Umgang mit PFC) wird vorgeschlagen, über weitere Recherchen nochmals zu prüfen, ob ein Einsatz PFC-haltiger Substanzen im nennenswerten Umfang stattgefunden hat (eingeschränkt oder nicht altlastenrelevant).

ZUSAMMENFASSENDE KURZDARSTELLUNG / STECKBRIEF

Zeitraum

Untere Abschneidegrenze ca. 1960

Obere Abschneidegrenze bis aktuell (Ausnahmegenehmigung für PFOS vorhanden)

PFC - Stoffe / Stoffgruppen

PFOS, H₄PFOS

Verfahren

1. Priorität Hartverchromung, Glanzverchromung, Kunststoffgalvanisierung

2. Priorität Zinkverchromung, Verkupferung, Vernicklung, Verzinnung, Vergoldung, Galvanisieren Edelmetalle, Anodisierverfahren

Kontaminationsträchtige Faktoren

Galvanische Arbeiten selbst

Reinigungsarbeiten – abspülen, abspritzen von Werkgegenständen

Dosier- od. Kleckerverluste der Mittel selbst

Schadhaftes Kanalsystem

Relevante Anlagen und Anlagenteile

Galvanische Becken

Reinigungsbecken

Abwasserbehandlungsanlage, -becken

Kanalsystem

abschließende Bewertung

uneingeschränkt altlastenrelevant – Verfahren der 1. Priorität

Verfahren 2. Priorität – noch über Recherchen genauer zu klären

Entsorgungsrelevanz ist zu beachten

15.2. Textilindustrie

Eine Beurteilung des Sachverhalts, ob PFC direkt in der textilen Erzeugung eingesetzt wurden oder nicht, gestaltet sich schwierig. Die gesichteten und ausgewerteten Quellen weisen keine einheitliche Verwendung der Nomenklatur eingesetzter Substanzen auf. Als Folge liegen teilweise widersprüchliche Angaben über den Einsatz PFC-haltiger Mittel vor. Unbestritten ist die Verwendung von Fluorcarbonharzen sowie von Fluorpolymeren, die in ihrer Begrifflichkeit allerdings nicht weiter differenziert werden. In diesen Stoffgruppen können, was ebenfalls von keiner Seite bestritten wird, PFOS / PFOA (bzw. weitere PFC) als Verunreinigungen bzw. Begleitstoffe oder Abbauprodukte enthalten sein.

Der zeitliche Beginn des Einsatzes von Fluorpolymeren sowie fluorierten Polymeren in der Textilindustrie ist für Europa bzw. Deutschland auf Mitte der 60'er Jahre zu datieren.

Fluorcarbonharze und fluorierte Polymere finden in der Textilverarbeitung insbesondere im Zuge der Ausrüstung bei der Beschichtung mit Membranen bis hin zur Imprägnierung von textilen Fasern unter den Bezeichnungen Oleophobierung bzw. Fleckschutz Verwendung. Neben der Herstellung von Bekleidungsgeweben ist auch die Herstellung von Industriegeweben oder Teppichfasern von diesem Bearbeitungsschritt betroffen.

Die Ausrüstung der Textilien mit einem dünnen Film von fluorierten Polymeren auf der Faseroberfläche erfolgt meist als Nassausrüstung, gelöst mit organischen Lösungsmitteln oder auch in wässriger Lösung im Foulard. Desweiteren findet aber auch ein nachträglicher Auftrag des Imprägnierschutzes mittels Sprays statt.

Nicht nur textilherstellende Betriebe selbst sondern auch Reinigungen und Wäschereien greifen im Rahmen der Nachimprägnierung von Textilien auf entsprechende Imprägniermittel zurück.

Neben der Ausrüstung von Textilien (Textilherstellung, Herstellung techn. Textilien, Herstellung Teppiche) ist als weiterer Einsatzbereich von PFC die Membranherstellung (z.B. GoreTex) zu nennen. Mögliche Risiken für die Umweltmedien der aus Fluorpolymeren aufgebauten Membranen ergeben sich hier durch die prozessbedingte Verunreinigungen der Fluorpolymere durch PFOA, PFOS, FTOH oder anderen fluorierten Verbindungen.

Über die jährlich in Deutschland bzw. Europa eingesetzten Mengen liegen nur vage Schätzungen vor. Gemäß einer Schätzung eines Interessenverbands der deutschen Textilindustrie beträgt der jährliche Bedarf an Fluorcarbonharz-Formulierungen ca. 1000 to. Die UNIDO schätzte den Bedarf an „PFOS-verwandten“ Substanzen in der europäischen Textilindustrie im Jahr 2000 auf 240 to.

EINSCHÄTZUNG DES GUTACHTERS

Mit der Textilindustrie besteht einer der größten Absatz- und Einsatzmärkte für fluorierte Substanzen. Die als altlastenrelevant einzustufenden Substanzen treten allerdings nur als Verunreinigungen der Ausgangsformulierungen oder als deren Zerfallsprodukt auf, was die Abschätzung des Gefährdungspotenzials erschwert.

Für die Branche Textilverarbeitung lassen die Ergebnisse der vorliegenden Studie für Textilbetriebe mit Nassausrüstung zum Auftrag von Imprägnier- und Fleckenschutz eine Altlastenrelevanz erwarten.

Ebenso ist eine Altlastenrelevanz für membranherstellende Betriebe zu erwarten. Dabei dürfte es sich deutschlandweit nur um wenige Hersteller handeln.

Mögliche Verunreinigungen werden bedingt durch mögliche Leckagen v.a. im Bereich des Abwassersystems zu erwarten sein.

Für bereits im Boden- und Altlastenkataster erfasste Flächen textilverarbeitender Betriebe mit Nassausrüstungen sollte geklärt werden, ob im Betrieb zur damaligen Zeit auch Imprägnier- und/oder Olephobierarbeiten vorgenommen wurden (Hist. Nachrecherchen). Bei Flächen mit bereits festgestelltem Untersuchungsbedarf sollte der Umfang der Untersuchung entsprechend erweitert werden.

Neben der umweltschutzrechtlichen Prüfung von Anhaltspunkten müssen hierbei auch abfallrechtliche Gesichtspunkte für eine potenzielle, zukünftige Entsorgung berücksichtigt werden.

ZUSAMMENFASSENDE KURZDARSTELLUNG / STECKBRIEF

Zeitraum

Untere Abschneidegrenzeca. 1960

Obere Abschneidegrenze bis aktuell (Ausnahmegenehmigung für PFOS vorhanden)

PFC - Stoffe / Stoffgruppen

Fluorcarbonharze, Fluorpolymere, PFOS, PFOA, FTOH, Telomeracrylate

Verfahren

Herstellung atmungsaktiver Membranen aus PTFE

Nassausrüstung mit Imprägnier-/Olephobiermittel

Kontaminationsträchtige Faktoren

Reinigungsarbeiten – abspülen, abspritzen der Ausrüstungsmaschinen

Dosier- od. Kleckerverluste der Mittel selbst

Leckagen im Kanalsystem

Relevante Anlagen und Anlagenteile

Aufstellungsort d. Ausrüstungsmaschinen

Abwasserbehandlungsanlage, -becken

Kanalsystem

abschließende Bewertung

eingeschränkt altlastenrelevant – abhängig von Betriebsmaßstab, Betriebszeit

Entsorgungsrelevanz ist zu beachten

15.3. Halbleiterindustrie

Der Einsatz PFT-haltiger Substanzen in der Halbleiterindustrie bezieht sich auf den lithografischen Prozess. Durch eine Belichtung des Fotolacks, der im ersten Bearbeitungsschritt auf den Waver aufgetragen wird, ändert sich dessen chemische Struktur. Mittels einer Entwicklerlösung werden anschließend die entsprechenden Bereiche nasschemisch gelöst und entfernt. Die Bedeutung PFT-haltiger Substanzen wuchs insbesondere mit der einhergehenden Miniatürisierung in der Waverherstellung und aufgrund ihrer optischen Eigenschaften. Anfang der 80'er Jahre wurde noch mit Wellenlängen von 463 nm gearbeitet. Heute finden Wellenlängen von 193 bzw. 157 nm Verwendung. Man kann davon ausgehen, dass mit der Einführung der 248 nm Stufe Mitte der 90'er Jahre aus Qualitätsgründen Perfluorierte Tenside zum Einsatz kamen.

Die Einsatzmengen beliefen sich im Jahr 2004 auf ca. 500 kg PFOS in der gesamten europäischen Halbleiterindustrie. Die Applikation der Mittel findet unter Reinraumbedingungen statt.

EINSCHÄTZUNG DES GUTACHTERS

Die Ergebnisse legen nahe, dass sich eine besondere Gefährdung für die Umweltmedien Boden und Grundwasser aus dem oben Beschriebenen nicht ergibt. Die Einsatzmengen sind als gering zu kennzeichnen. Der Einsatz der Mittel findet unter Reinraumbedingungen statt. Die

einzigsten, potenziellen Eintragungsmöglichkeiten sind über unsachgemäßen Umgang mit Abwässern und Leckagen im Abwassersystem zu erklären. Die Anzahl der in Betracht kommenden Betriebe in Baden-Württemberg muss als sehr gering angesehen werden.

In einem ersten Schritt bleibt zu prüfen, ob im BAK der Unteren Verwaltungsbehörde bereits Flächen vorliegen, die den genannten Kriterien entsprechen. Falls dies zutrifft, sollte eine Einzelfallprüfung vorgenommen werden.

ZUSAMMENFASSENDE KURZDARSTELLUNG / STECKBRIEF

Zeitraum

Untere Abschneidegrenze 1995

Obere Abschneidegrenze bis aktuell

PFC - Stoffe / Stoffgruppen

PFOS

Branchen

Halbleiterherstellung

Kontaminationsträchtige Faktoren

Tropfverluste / Handhabungsverluste

Schadhafte Kanäle

Relevante Anlagen und Anlagenteile

Werkshallen

Abwasserbehandlung

abschließende Bewertung

eingeschränkt altlastenrelevant

15.4. Fotoindustrie

Die Bedeutung perfluorierter Substanzen in der Fotoindustrie beruht auf der Entwicklung immer lichtsensitiverer, fotoaktiver Medien wie Filmen, Fotopapier oder Druckvorlagen. Eine besondere Bedeutung weist hier die Herstellung von Röntgenfilmen auf. Die Beschichtung dieser Medien mit PFOS-haltigen Mitteln sorgt für schmutzabweisende Eigenschaften, um eine bessere mechanische Beanspruchbarkeit sowie die Kontrolle bzw. Verringerung statischer Aufladung bei Einhaltung hoher qualitativer Standards an Schärfe und Deutlichkeit zu gewährleisten.

Das Maximum des Einsatzes PFT-haltiger Mittel in der Fotoindustrie ist auf einen Zeitraum zwischen 1995 und 2000 zu datieren. Zuvor fand auch bereits ein Einsatz statt. Wie weit dieser zurückreicht, war aus keiner der eingesehenen Quellen ersichtlich. Ab dem Jahr 2000 hat sich die eingesetzte PFOS-Menge deutlich verringert (2003 nur noch etwa 20 % des Niveaus des Jahres 2000).

Der EU-weite Bedarf an PFOS-haltigen Substanzen betrug im Jahr 2004 einer englischen Studie nach 1000 kg.

EINSCHÄTZUNG DES GUTACHTERS

Die Ergebnisse lassen, ähnlich wie für die Halbleiterindustrie, keine besondere, breite „flächenhafte“ Gefährdung für die Umweltmedien Boden und Grundwasser erwarten. Die Anzahl der in Betracht kommenden Betriebe muss als gering angesehen werden.

Die Einsatzmengen für ganz Europa sind als gering zu kennzeichnen. Potenzielle Eintragsmöglichkeiten sind über unsachgemäßen Umgang mit Abwässern oder Leckagen im Abwassersystem zu erklären.

In einem ersten Schritt bleibt zu prüfen, ob im BAK der Unteren Verwaltungsbehörde bereits Flächen vorliegen, die den genannten Kriterien entsprechen. Falls dies zutrifft, sollte eine Einzelfallprüfung vorgenommen werden.

ZUSAMMENFASSENDE KURZDARSTELLUNG / STECKBRIEF

Zeitraum

Untere Abschneidegrenze unklar, Schwerpunkt ab 1995

Obere Abschneidegrenze bis aktuell, Schwerpunkt bis 2000

PFC - Stoffe / Stoffgruppen

PFOS

Branchen

Printmedienherstellung

Entwicklungslabors

Betriebe zur Aufarbeitung von Entwicklerlösungen

Kontaminationsträchtige Faktoren

Tropfverluste / Handhabungsverluste

Schadhafte Kanäle

Relevante Anlagen und Anlagenteile

Abwasserbehandlung, Abwassersystem

abschließende Bewertung

eingeschränkt altlastenrelevant

15.5. Papier- und Verpackungsindustrie

In der Papierindustrie werden seit den 60'er Jahren fluorierte Polymere eingesetzt. Den wenigen Quellen nach handelt es sich dabei im Grunde genommen um fluorierte Substanzen, die über funktionelle Gruppen an eine phosphathaltige-Verbindung anknüpfen. Ein direkter Einsatz perfluorierter Tenside wie PFOS od. PFOA ist durch die gesichteten Quellen nicht belegt. Allerdings können FTOH, PFOS und PFOA als Verunreinigung sowie als Zersetzungs- und Umwandlungsprodukte in Papieren und Kartons enthalten sein.

Der Einsatz erfolgt beispielsweise für Lebensmittelverpackungen aber auch für weitere, industrielle Verpackungsmaterialien, um diese fett-, schmutz- oder wasserabweisend zu gestalten.

Die Fluorchemikalien werden in der Regel der Nasspresse beigegeben, wo die Zellulosefasern mit den Zusatzstoffen vermischt werden. Eine alternative Methode sieht die Imprägnierung der Papierbahnen mit einer Oberflächenbehandlung vor. Damit ist davon auszugehen, dass fluorierte Chemikalien überwiegend bei den Papiererzeugern direkt und kaum bzw. gar nicht in der weiterverarbeitenden Industrie eingesetzt wurden.

In der gesamten EU lag der Verbrauch fluoriierter Substanzen für die Papierherstellung im Jahr 2000 bei 160 to. Die Länder mit den größten Anteilen am europäischen Papier- und Verpackungsmarkt sind neben Deutschland die skandinavischen Länder.

Neben der eigentlichen Produktion stellen insbesondere die Verwertungs- (Kompost/Bodenverbesserung) und Entsorgungswege (Deponien) für Papierschlämme ein Risiko für einen möglichen PFC-Eintrag in die Schutzgüter dar.

EINSCHÄTZUNG DES GUTACHTERS

Die Ergebnisse legen nahe, dass sich eine mögliche Gefährdung für die Umweltmedien nur auf die zellstoffverarbeitenden Betriebe (Papier- und Pappeherstellung) beschränken. In den nachgelagerten Betrieben der Papier- und Pappeverarbeitung findet nach den Ergebnissen der Recherche kein Einsatz fluorierter Substanzen statt.

Ein potenzielles Risiko für Baden-Württemberg konzentriert sich, was den Produktionsprozess betrifft, auf wenige Lokalitäten, auf denen in früheren Jahren bzw. sich noch heute papier- und pappeherstellende Betriebe befinden. Desweiteren sind zusätzlich die (Alt-)Deponien der Betriebe von Bedeutung.

Der Eintrag PFC-haltiger Substanzen in die Umweltmedien Boden und Grundwasser ist durch undichte Becken der Nasspresse bzw. durch Leckagen im Abwassersystem zu erklären. Ebenso sind für Deponien oder flächenhaften Aufbringungen ähnliche Einträge zu vermuten.

In einem ersten Schritt bleibt zu prüfen, ob im BAK der Unteren Verwaltungsbehörde bereits Flächen vorliegen, die den genannten Kriterien entsprechen. Falls dies zutrifft, sollte eine Einzelfallprüfung vorgenommen werden.

Die Altpapierherstellung und –verarbeitung bzw. die Entsorgung von Schlämmen aus der Altpapierverarbeitung war nicht Gegenstand der vorliegenden Recherche. Ein Schadensfall im Raum Baden-Baden, der sehr wahrscheinlich auf die Entsorgung von Papierschlämmen zurückzuführen ist, legt die Bedeutung zusätzlicher Recherchen auch für diesen Branchenzweig nahe.

ZUSAMMENFASSENDE KURZDARSTELLUNG / STECKBRIEF

Zeitraum

Untere Abschneidegrenze ca. 1960

Obere Abschneidegrenze bis aktuell

PFC - Stoffe / Stoffgruppen

fluorierte Polymere, Phosphatester von N-EtFOSE, polyfluorierte Phosphonsäuren, Flurcarbonharze, Perfluorpolyether (PEPE), PAP's, (FTOH, PFOS, PFOA als sekundäre, relevante Verunreinigungen)

Branchen

Papierherstellung

Pappeherstellung

Kontaminationsträchtige Faktoren

Tropfverluste / Handhabungsverluste

Schadhafte Becken

Schadhafte Kanäle

Relevante Anlagen und Anlagenteile

Abwasserbehandlung, Abwassersystem

Nasspresse

abschließende Bewertung

eingeschränkt altlastenrelevant

wichtig bei Erfassung / Überarbeitung: Klären der Vornahme von Beschichtungen am Standort

15.6. Lack- und Farbenherstellung

Ein Großteil der recherchierten Quellen stammte aus skandinavischen Veröffentlichungen. Hinweise auf deutsche Untersuchungen, die den Einsatz fluorierter Verbindungen in der Lack- und Farbenherstellung beleuchten, wurden nicht gefunden. Ebenso sind auf den offiziellen Verbandsseiten der Lack- und Farbenhersteller in Deutschland bzw. Europa keine Informationen über den Sachverhalt eingestellt.

Früheste Hinweise auf die Verwendung fluorierter Tenside liegen von 1966 vor, so dass ähnlich wie bei anderen Branchen auch für die Farben- und Lackindustrie Deutschlands der Beginn des relevanten Einsatzzeitraums mit Anfang der 60'er Jahre zu datieren ist.

Insbesondere Veröffentlichungen des Dänischen Umweltministeriums sowie des Umweltministeriums von England und Wales bestätigen, dass bis maximal 2005 PFOS-verwandte Substanzen in der Farben- und Lackindustrie der jeweiligen Länder verwendet wurden. Für Dänemark liegt für das Jahr 2002 eine Schätzung vor, nachdem die Menge der in Druckfarben eingesetzten PFOS-verwandten Substanzen sich im Minimum bei 576 kg und im Maximum bei 2032 kg befindet. Für den Bereich Lacke und Farben ist von einer ähnlichen Größenordnung auszugehen.

Von besonderem Interesse ist noch die Erwähnung in der englischen Veröffentlichung aus dem Jahr 2004, dass die Verwendung von Fluortensiden schon immer teurer war und sich nur für die Produkte lohnte, deren Oberflächenspannung besonders stark herabgesetzt werden musste.

Die nach 2005 in Nutzung befindlichen Ersatzstoffe umfassen neben nicht-fluorierten auch weiterhin fluorierte Verbindungen wie z.B. Perfluorbutansulfonat oder fluorierte Polyether.

Die in den einzelnen Veröffentlichungen angegebenen Mengenanteile PFOS-verwandter Substanzen in Lacken und Farben variieren zwischen < 0,005 bis ca. 0,05 Gew. %.

Als Gründe für den Einsatz PFOS-verwandter Substanzen in Lacken und Farben sind erwähnt:

- Bessere Benetzung von Oberflächen der Werkstoffe und bessere Ausbreitung durch das Herabsetzen der Oberflächenspannung
- Erhalt von Glanz und antistatischen Eigenschaften
- Hilfen für den Pigmentaufschluss Vermeidung von Pigmentfleckenbildung
- Zusatz in Tinte und Färbemittel zur Erzeugung von Schaum

Bei der Herstellung von Coil-Coating-Blechen erfolgt eine Verwendung von Fluorpolymeren (PVDF) im Zuge der Beschichtung der Bleche.

EINSCHÄTZUNG DES GUTACHTERS

Auf Basis der vorliegenden Informationen ist die Ableitung von Aussagen über die Altlastenrelevanz in den jeweiligen Einsatzbereichen schwierig durchzuführen. Es liegen weder genaue Mengenangaben eingesetzter fluorierter Substanzen noch ausreichende Hinweise auf die Farb- und Lackpalette, in denen diese Substanzen zum Einsatz kamen, vor.

Am ehesten lässt sich eine potenzielle Altlastenrelevanz für die Betriebe der Lack-, Farben- und Druckfarbenherstellung ableiten. Die zentral zu klärende Frage besteht darin, ob früher eine Produktion von Farben / Lacken mit PFC-Additiven stattfand. Weitere Erkenntnisse über einen anlagenspezifischen Einsatz der Mittel bestehen nicht.

Diese genannten Branchen unterliegen auch aufgrund weiterer, eingesetzter Chemikalien einer uneingeschränkten Altlastenrelevanz. Für einen erheblichen Teil der bisher erfassten ehemaligen Betriebsstandorte wurde ein weiterer technischer Untersuchungsbedarf festgestellt.

Es wird vorgeschlagen, für ausgewählte Flächen mit aktuellen Bewertungen „OU“, „DU“ oder „SU“ den analytischen Untersuchungsumfang auf PFC zu erweitern, um über technische Untersuchungen weitere Erfahrungen zu sammeln.

Eine Aussage für Lackierereien und Lackieranlagen kann auf Basis der vorliegenden Erkenntnisse nicht getroffen werden.

Bei der Herstellung von Coil-Coating-Blechen ist ein möglicher Eintrag von PFC in den Untergrund aufgrund der Verwendung von Fluorpolymeren auszuschließen.

ZUSAMMENFASSENDE KURZDARSTELLUNG / STECKBRIEF

Zeitraum

Untere Abschneidegrenze ca. 1960

Obere Abschneidegrenze bis aktuell

PFC - Stoffe / Stoffgruppen

PFOS und PFOS-verwandte Substanzen, Perfluorbutansulfonat, fluorierte Polyether, Fluoropolymere - PVDF (Polyvinylidenfluorid -Polymer aus C₂H₂F₂)

Branchen

Lack-, Farbenherstellung – Farben/Lacke mit wasser-, schmutz-, ölabweisenden Eigenschaften

Druckfarbenherstellung

(Lackierereien und Industriebetriebe mit Lackieranlagen)

Kontaminationsträchtige Faktoren

bisher unbekannt, da keine anlagenspezifische Hinweise vorliegen

Relevante Anlagen und Anlagenteile

anlagenspezifische Hinweise bisher unbekannt

abschließende Bewertung

weiterer Klärungsbedarf in Form von technischen Untersuchungen / Recherchen

15.7. Hydraulikflüssigkeiten

Zum Einsatz perfluorierter Substanzen in Hydraulikflüssigkeiten der Luftfahrt konnten nur wenige aussagekräftige Quellen gefunden werden. Der Einsatzzeitraum für perfluorierte Chemikalien in Hydraulikflüssigkeiten der Luftfahrtindustrie (Aussage gilt für zivile Luftfahrt) kann auf Grundlage der Rechercheergebnisse nicht eindeutig eingegrenzt werden. Eine eingesetzte Stoffgruppe, wurde ab 1986 in Datenbanken der US-EPA aufgeführt, frühere Erwähnungen wurden in der Literatur nicht gefunden. Da nach Anhang B des Stockholmer Übereinkommens der Einsatz von PFOS in Hydraulikflüssigkeiten der Luftfahrt noch heute zulässig ist, ist anzunehmen, dass bis heute ein Einsatz von PFOS in diesem Bereich erfolgt.

Der Einsatz der Hydraulikflüssigkeiten erfolgt sowohl bei der Produktion von Flugzeugen als auch bei der Wartung der Maschinen auf Flughäfen. Verkehrsflugzeuge weisen aus Sicherheitsgründen mehrere, voneinander unabhängige Hydraulikkreisläufe auf, was auf größere Mengen an Hydraulikflüssigkeiten rückschließen lässt.

Die von den Quellen geschätzten Gehalte an PFOS liegen zwischen 0,05 - 0,1 %, was zu einem geschätzten Einsatz von 33-67 kg PFOS in Deutschlands Luftfahrtindustrie im Jahr 2010 führt.

Neben PFOS konnten in der Literaturstudie auch Hinweise auf Perfluor-Ethylcyclohexyl-Sulfonat (FC-98) als perfluorierter Zusatzstoff in Hydraulikflüssigkeiten gefunden werden.

EINSCHÄTZUNG DES GUTACHTERS

Die Ergebnisse legen nahe, dass Stoffbelastungen der Umweltmedien Boden und Grundwasser aus einem Umgang mit Hydraulikflüssigkeiten in der Luftfahrt und Luftfahrtindustrie sich nicht ergeben. Die Einsatzmengen an PFOS sind als gering zu bezeichnen. Der Einsatz der Mittel findet auf versiegelten und überdachten Flächen statt, so dass bei möglichen Kleckerverlusten als einzigen potenziellen Eintragsweg eine Verunreinigung des Untergrunds sehr unwahrscheinlich erscheint.

ZUSAMMENFASSENDE KURZDARSTELLUNG / STECKBRIEF

Zeitraum

Untere Abschneidegrenze bisher nicht klar definierbar
Obere Abschneidegrenze bis aktuell

Stoffe / Stoffgruppen

PFOS, Perfluor-Ethylcyclohexyl-Sulfonat (FC-98)

Branchen

Flugzeugbau
Flugzeugwartung (Flughäfen)

Kontaminationsträchtige Faktoren

Verluste beim Austausch der Flüssigkeiten
Reinigungsarbeiten

Relevante Anlagen und Anlagenteile

Werkshallen

abschließende Bewertung

keine Gefährdung

15.8. Deponien

Deponien sind als Endstation vieler, seit den 60'er Jahren in Einsatzmitteln und Produkten vorkommender fluorierter Verbindungen zu sehen. Dies trifft, wie obige Branchen verdeutlichen, v.a. auf

- Abfälle der galvanischen Industrie,
- Produkte der Textilindustrie,
- Papieren und Verpackungen aus der Zellstoffindustrie,
- Klärschlämme aus industriellen und kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen
- aber auch auf Ablagerungen von mit Löschschäumen verunreinigtes Erdmaterial
- und abgelagerten Baurestmassen ehem. gewerblicher Betriebe mit Einsatz von PFC
- sowie abgelagerter Baurestmassen mit PFC-haltigen Anstrichen und Beschichtungen
- Deponien mit in der Vergangenheit öfters auftretenden Bränden zu

Untersuchungen in Baden-Württemberg verdeutlichen einen Austrag perfluorierter Substanzen aus dem Deponiekörper durch das Sickerwasser. PFC-haltige Abfälle stellen eine langfristige Quelle für Verunreinigungen des Sickerwassers dar. Eine Gefährdung ist den Ergebnissen der Recherche nach v.a. dort zu erkennen, wo eine hohe Dichte an Betrieben mit Verarbeitung perfluorierter Substanzen besteht und eine komplette Fassung anfallender Depo- niesickerwässern nicht vorliegt.

EINSCHÄTZUNG DES GUTACHTERS

Altdeponien, die noch unter kommunaler Verwaltung bis max. Mitte der 70'er Jahre geführt wurden, sind nach Einschätzung des Gutachters als weniger problematisch bezüglich des Eintrags von PFC in Boden und Grundwasser zu bewerten. Unterstellt wird dabei, dass die Ver-

wendung PFC-haltiger Substanzen und Produkte in Gewerbe und bei privaten Konsumenten in den 60'er Jahren erst langsam einsetzte. Es wird aber angeregt, bei in technischer Untersuchung befindlichen Altdeponien mit konkreten Hinweisen auf Ablagerungen galvanischer Abfälle den Untersuchungsumfang auf ausgewählte PFC zu erweitern.

Für Übergangsdeponien, die damals von Seiten des Landkreises noch weitergeführt wurden, wird das größere Risiko eines Eintrags von PFC in die Umweltmedien Boden und Wasser erkannt. Dieses Risiko erklärt sich durch die (oft auch längere) Laufzeit dieser Deponien im relevanter werdenden Zeitraum und durch die meist noch nicht, nicht ausreichend oder nur teilweise bestehenden technischen Sicherungsmaßnahmen (z.B. Sohlabdichtungen, Sickerwasserfassungen). Brände auf den Deponien können zu einem zusätzlichen Eintrag fluorierter Verbindungen geführt haben. Für diese Deponien wird empfohlen, eine Gefährdungsabschätzung unter Berücksichtigung der Schadstoffgruppe PFC vorzunehmen.

Für frühere Inertstoffdeponien bzw. spätere Bauschuttdeponien gilt das Risiko eines PFC-Eintrags in die Umweltmedien Boden und Wasser über Untersuchungen noch weiter abzuklären. Mögliche Anhaltspunkte auf einen erheblichen Eintrag von PFC in die Umweltmedien Boden und Wasser erklären sich über abgelagerten Erdaushub aus Brandereignissen, aus der Ablagerung von Baurestmassen aus Brandereignissen, aus gewerblichen Betrieben, insbesondere der Galvanik sowie generell von Baurestmassen mit PFC-haltigen Anstrichen oder Beschichtungen.

ZUSAMMENFASSENDE KURZDARSTELLUNG / STECKBRIEF

Zeitraum

- Untere Abschneidegrenze ab ca. 1960, verstärkt ab 70'er Jahre (gilt für alle Deponiearten)
- Obere Abschneidegrenze bis ca. 1985 (Einstellung der Nutzung Übergangsdeponien)
- Obere Abschneidegrenze bis ca. 1990 (Inertstoffdeponie)
- Obere Abschneidegrenze bis aktuell (Bauschuttdeponien, Deponien DK 0)

Stoffe / Stoffgruppen

- PFOS und PFOS-verwandte Substanzen, PFT, Fluortelomere, Fluorcarbonharze, fluorierete Polymere, Fluorpolymere, etc.

Branchen

- Deponien

Kontaminationsträchtige Faktoren

- Ablagerungen von Abfällen der galvanischen Industrie
- Ablagerungen von Papierschlämmen
- Löschmitteleinsatz bei Bränden
- Bauschuttrestmassen mit anhaftenden PFC-haltigen Farben / Beschichtungen
- Ablagerungen von PFC-haltigen Produkten aller Art

Relevante Anlagen und Anlagenteile

- Altdeponien – bei konkreten Hinweisen auf Ablagerungen galvanischer Betriebe
- Übergangsdeponien
- Inertstoffdeponien
- Bauschuttdeponien, Deponie DK I

abschließende Bewertung

- weiterer Klärungsbedarf in Form von technischen Untersuchungen – Altdeponien/Inertstoff-, Bauschuttdeponien, Deponien DK 0
- uneingeschränkt altlastenrelevant - Übergangsdeponien

Teil II: Studie Feuerlöschschäume

16. Feuerlöschschäume

16.1. Allgemeines Vorgehen und Quellen

Dem Konzept zur Pilotstudie vom 10.03.2013 lag hinsichtlich der Durchführung von Recherchen über Einsatzorte von Löschschäumen ein Artikel aus der Zeitschrift „altlasten spektrum“, Heft 6/2012² zu Grunde. Der Artikel stellte bereits konkrete Schritte zur Durchführung von Recherchearbeiten dar, so dass erneute, grundlegende Literaturrecherchen nicht beabsichtigt waren. Der Schwerpunkt der vorliegenden Pilotstudie bestand in Bezug auf den Einsatz PFT-haltiger Feuerlöschschäume in der Verifizierung der Vorgaben am konkreten Beispiel sowie der Übertragung auf baden-württembergische Verhältnisse. Während der Arbeiten zur vorliegenden Pilotstudie fand die im altlasten spektrum skizzierte Vorgehensweise Eintrag in die für Nordrhein-Westfalen geltende Arbeitshilfe für flächendeckende Erhebungen über Altstandorte und Altablagerungen³ (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen).

VORGEHEN

In einem **ersten Schritt** wurden Informationen recherchiert, die sowohl das Feuerwehrwesen im Allgemeinen als auch die entsprechenden speziellen strukturellen Verhältnisse der Feuerwehren im Landkreis Sigmaringen beleuchteten. Die folgende Auflistung verdeutlicht die Kategorien der wesentlichen Informationsquellen:

- Homepages von Verwaltungen, Behörden, Feuerwehren, Institutionen der Feuerwehren wie z.B. Verbänden oder der Feuerweherschule
- Auswertung gedruckter Literatur
- Auswertung von im Internet eingestellten Veröffentlichungen/ Vorträgen
- Durchführung von Befragungen von Kenntnisträgern (Feuerwehren, Behörden, Umweltbehörden).

In einem **zweiten Schritt** erfolgte die Suche nach Informationsquellen, aus denen Hinweise auf den konkreten Einsatz von Feuerlöschschäumen hervorgehen. Die Suche nach Informationsquellen berücksichtigte dabei folgende Quellen:

- Feuerwehrjournale des Kreisfeuerwehrverbands Sigmaringen
- Einsatzberichte der Freiwilligen Feuerwehren Bad Saulgau, Meßkirch und Gammertingen.
- Akten des Kreisarchivs Sigmaringen (Bestand XVII Gebäudebrandversicherungen Schadensfälle; Kommunalakten)
- Befragungen Angehöriger der Feuerwehren zur konkreten Praxis
- Brandstatistiken des Landkreises

Der **dritte Schritt** der Bearbeitung beinhaltete die Erstellung eines Fragebogens in Abstimmung mit dem Kreisbrandmeister zur Versendung an sämtliche, im Landkreis ansässige Feuerwehren. Die Erstellung des Fragebogens erfolgte auf Grundlage der ersten Ergebnisse aus Befragungen, aus der Aktenauswertung, der Recherche von Literatur sowie den Kriterien der Arbeitshilfe des Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen.

In einem **vierten Schritt** erfolgte eine weitere Auswertung von Literatur insbesondere zur Klärung feuerwehrspezifischer Fragen des Schaumeinsatzes sowie eine gezielte Befragung von Kenntnisträgern aus Behörden, Verwaltungen, Verbänden, Firmen auf überregionaler Ebene.

16.2. Grundlagen des Feuerwehrwesens

Im Folgenden sind wesentliche, grundlegende Rahmenbedingungen aufgeführt, die insbesondere unter der Fragestellung der vorliegenden Untersuchung Einblick in die Handlungsweise der Feuerwehren vermitteln. Bei den aufgeführten Texten handelt es sich überwiegend um Zitate entsprechender und gekennzeichneter Websites.

GESETZLICHE REGELUNGEN

„Die in Deutschland die Feuerwehr betreffende Gesetzgebung (*Feuerwehrgesetz*) liegt in den Händen der Länder. Meist sind die Gemeinden für die Aufstellung und Unterhaltung einer Feuerwehr zuständig. Den Kreisen ist oft die Unterhaltung einer Leitstelle übertragen. Darüber hinaus sind auch Vorschriften zu Ausbildungseinrichtungen (Landesfeuerweherschule), zur Aufsicht und zur Führung der Feuerwehren enthalten. Es wird außerdem geregelt, wann eine Freiwillige Feuerwehr oder eine Berufsfeuerwehr aufzustellen ist. Ferner gibt es Regelungen zum Rechtsverhältnis der Feuerwehrleute. Normalerweise dürfen die Gemeinden Details in Satzungen regeln. Bestimmte Ausgestaltungen der Gesetze können auch von übergeordneten Dienststellen durch Verwaltungsvorschriften oder Rechtsverordnungen geregelt werden. Das *Brandschutzgesetz* bildet zusammen mit weiteren Vorschriften (wie z.B. baurechtliche Vorschriften durch Bauordnungen) die Brandschutzvorschriften, die beim Bau und der Unterhaltung von Gebäuden oder der Durchführung von Veranstaltungen einzuhalten sind. Auch die in einigen Ländern geltende Rauchmeldepflicht ist im Baurecht zu finden“ (Zitiert aus Wikipedia⁹⁴).

Die Löschwasserrückhalterichtlinie⁹⁵ verfolgt insbesondere das Ziel des Schutzes von Gewässern vor verschmutztem Löschwasser, das bei Bränden von Lagern mit wassergefährdenden Stoffen anfällt. Sie regelt die Anforderungen an Anlagen in Abhängigkeit der Art und Menge der lagernden Substanzen. Die Richtlinie trat in Baden-Württemberg erstmals im Jahr 1993 in Kraft.

STRUKTUR DER FEUERWEHR

Verantwortliche Personen für die Feuerwehr in Baden-Württemberg sind auf Ebene

der Kommune	der Feuerwehrkommandant sowie die Abteilungskommandanten
des Kreises	der Kreisbrandmeister
des Regierungsbezirks	der Bezirksbrandmeister
des Landes	der Landesbranddirektor

„Nach dem Feuerwehrgesetz⁹⁶ von Baden-Württemberg wird der ehrenamtlich tätige Feuerwehrkommandant aus der Mitte der Einsatzabteilungen durch die Angehörigen der Einsatzabteilungen der Freiwilligen Feuerwehr auf die Dauer von fünf Jahren in geheimer Wahl gewählt und nach Zustimmung des Gemeinderats zur Wahl durch den Bürgermeister bestellt. Der Feuerwehrkommandant ist für die Leistungsfähigkeit der Feuerwehr verantwortlich, worunter auch die Überprüfung der feuerwehrtechnischen Ausstattung fällt.“

94 (Wikipedia, Feuerwehrgesetz, 2013)

95 (LöRüRL Baden-Württemberg, 1993)

96 (Landtag von Baden-Württemberg, 2010)

„Der Kreisbrandmeister⁹⁷ ist feuerwehrtechnischer Beamter nach dem Feuerwehrgesetz. Vor seiner Ernennung sind alle Feuerwehrrangführer und Werkfeuerwehrrangführer des Landkreises zu hören. Seit der Änderung des Feuerwehrgesetzes im März 2010 ist der Kreisbrandmeister ein hauptamtlicher feuerwehrtechnischer Beamter. Der Kreisbrandmeister erledigt alle Aufgaben, die sich beim Landratsamt in Zusammenhang mit der Feuerwehr ergeben und führt die Aufsicht über alle Gemeindefeuerwehren des Kreises. Der Kreisbrandmeister kann bei Einsätzen und Übungen jederzeit die Einsatzleitung übernehmen.“ Dem Kreisbrandmeister übergeordnet ist der Bezirksbrandmeister, dem wiederum der Landesbranddirektor (feuerwehrtechnische Beamte).

BRANDGRÖßEN

„Brände lassen sich nach ihrer Größe in vier Kategorien einteilen. Diese Einordnung hilft entsprechende Gegenmaßnahmen zu ergreifen⁹⁸.

Entstehungsbrand - Jeder Brand, sofern es sich um keine Brandstiftung handelt, beginnt mit einem Entstehungsbrand. Hierbei handelt es sich nicht selten um einen Schmelzbrand, ausgelöst durch Defekte in elektrischen Geräten, vergessene Herdplatten, unbeaufsichtigte Kerzen oder ähnliches. Entstehungsbrände können meist ohne besonderes Löschgerät mit einem Eimer Wasser gelöscht werden, sie reichen jedoch aus, um genügend Rauch zu produzieren, dass Personen dadurch ernsthaft gefährdet werden.

Kleinbrand - Kleinbrände sind die häufigsten Brände, zu denen jedoch nicht immer die Feuerwehr ausrücken muss. Zum Löschen eignet sich insbesondere ein Feuerlöscher oder eine Kübelspritze. Die Feuerwehr unterscheidet dabei zwischen:

Kleinbrand a - Einsatz von einem Kleinlöschgerät.

Kleinbrand b - Einsatz von nicht mehr als einem C-Rohr.

Beispiele für Brände kleinerer Ausdehnung sind kleinere Pkw-Brände, Rasenbrände oder brennende Mülltonnen.

Mittelbrand - Die meisten Brände, zu denen die Feuerwehr ausrückt, sind Mittelbrände und können in der Regel von einem oder seltener zwei Löschzügen der Feuerwehr wirksam bekämpft werden. Gemäß offizieller Definition werden nicht mehr als 3 C-Rohre und keine Sonderrohre eingesetzt.

Beispiele für Brände mittlerer Ausdehnung sind Wohnungsbrände, größere KFZ-Brände, Gebäudebrände, Schienenfahrzeugbrände, kleinere Waldbrände (ohne Wipfelfeuer).

Großbrand / Großschadenslage - Großbrände stellen die Ausnahme dar. Zu ihrer Bekämpfung werden meist mehrere Verbände der Feuerwehr über einen größeren Zeitraum benötigt. Diese müssen dann oft auch von Katastrophenschutzeinheiten unterstützt werden. Der Löscherfolg am brennenden Objekt bleibt dabei oft äußerst gering. Meist müssen sich die Hilfskräfte darauf beschränken, die Ausbreitung des Feuers zu begrenzen und Nachbargebäude zu schützen. Hierfür werden oft Monitore, B-Rohre, Wenderohre, Hydroschilde und andere große Wasserabgabe-Armaturen eingesetzt. Gemäß Definition werden mehr als 3 C-Rohre und/oder Sonderrohre wie B-Rohre, Monitore oder Schaumrohre eingesetzt. Beispiele für Brände großer Ausdehnung sind Tankzugbrände, Tanklagerbrände, Brände von Großobjekten, Industriebetrieben und landwirtschaftlichen Anwesen, aber besonders auch größere Waldbrände und Brände auf Müllkippen. In der Geschichte gab es allerdings auch Brände, die sich zu regelrechten „Feuerstürmen“ entwickelten, bei denen ganze Städte bzw. große Teile dieser niederbrannten.“

97 (Wikipedia, Kreisbrandmeister, 2013)

98 (Feuerwehr Seck, 2008)

BRANDKLASSEN

Zur erfolgreichen Brandbekämpfung muss ein Brand richtig erkannt und eingeteilt werden, um eine richtige Wahl der Löschmittel zu treffen. Diese Einteilung wird allgemein in den Brandklassen vollzogen.

Brände und Brandklassen				
Brand-klasse	Brandstoff	Erscheinungs-bild	Beispiele	Löschschaum geeignet
A	Feste, nicht schmelzende Stoffe	Glut und Flammen	Holz, Papier, Textilien, Kohle	ja
B	Flüssigkeiten, schmelzende feste Stoffe	Flammen	Lösungsmittel, Öle, Wachse, schmelzende Kunststoffe	ja
C	Gase	Flammen	Propan, Butan, Acetylen, Erdgas, Methan, H ₂	Nein
D	Metalle	Glut u. Flammen	Natrium, Magnesium, Aluminium	Nein
F	Speisefette- und öle	Flammen	Speisefett, Speiseöl	Nein

Tabelle 5: Einteilung von Bränden in die Brandklassen A bis F (nach Feuerwehr Uerkental, Schweiz⁹⁹)

Die folgende Abbildung stellt den jeweiligen Brandklassen noch geeignete Löschmittel gegenüber.

Löschmittel	Brandklasse				
	A	B	C	D	F
	Feststoffe	Flüssigkeiten	Gase	Metalle	Speisefett
Wasser	+	×	⊗	×	×
Schaum	+	+	⊗	×	×
BC-Pulver	⊗	+	+	⊗	⊗
ABC-Pulver	+	+	+	⊗	⊗
Metallbrandpulver	⊗	⊗	⊗	+	⊗
Kohlenstoffdioxid CO ₂	⊗	+	⊗	×	⊗
Fettbrandlöschmittel	+	⊗	⊗	×	+

+ geeignet
 ⊗ ungeeignet
 × Einsatz birgt besondere Gefahren

Abbildung 9: Brandklassen und empfohlenes Löschmittel (nach Feuerwehr Offenbach-Bieber¹⁰⁰)

LÖSCHSCHÄUME

Löschschaum hat abhängig von der Art unterschiedliche Löschwirkungen. Bei jeder Schaumart wird dabei zwischen den Haupt- und den Nebenlöschwirkungen unterschieden (nach Wikipedia¹⁰¹).

99 (Feuerwehr Uerkental, Schweiz)

100 (Feuerwehr Offenbach Bieber)

101 (Wikipedia, 2013)

- als *Trenneffekt* bezeichnet man die Tatsache, dass eine geschlossene Schaumdecke den Brand von der umgebenden Atmosphäre abtrennt und so den für die Verbrennung notwendigen Sauerstoff entfernt.
- während des Schaumeinsatzes wird auch Schaum zerstört. Dabei entstehen winzige Wassertropfen, die Wärme aufnehmen und verdampfen. Dieser *Kühleffekt* entzieht dem Brand Energie (Wärme).
- als Schaumteppich auf brennbare Flüssigkeiten aufgebracht wird verhindert, dass die Flüssigkeit ausgast. Der *Deckeffekt* verhindert damit das Entstehen explosiver Dampf/Luft- bzw. Gas/Luft-Gemische.
- vor allem Leichtschaum wird dazu eingesetzt Räume zu fluten. Mit diesem *Verdrängungseffekt* können sowohl brennbare Gase als auch Sauerstoff aus Räumen heraus gedrückt werden.
- als Gas/Wasser-Gemisch leitet Schaum nur in sehr geringem Maße Wärme. Dies nutzt man im *Dämmeffekt*, bei dem der Schaum eine Ausbreitung des Brandes durch Wärmestrahlung unterbindet.

Bei der Feuerwehr werden die Löschsäume primär nach ihrer **Verschäumungszahl** (VZ) in drei Kategorien eingeteilt: Schwerschaum, Mittelschaum und Leichtschaum. Als Verschäumungszahl versteht man das Verhältnis (den Quotienten) zwischen dem Volumen des fertigen Schaums und dem Volumen des ursprünglichen Wasser-Schaummittel-Gemisches. Die Verschäumungszahl hängt vom verwendeten Schaumstrahlrohr ab und kann nicht verändert werden. Ein Wasser-Schaummittel-Gemisch kann auch unverschäumt eingesetzt werden, um eine bessere Benetzung bei Feststoffbränden zu erreichen. Das Schaummittel wird zu diesem Zweck niedriger dosiert wie bei der Verwendung als Schaum, man spricht dann von Netzwasser.

Schaumarten		
Schaumart	Verschäumungs-zahl	Löschwirkung
Schwerschaum	4 – 20	Kühl- und Trenneffekt
Mittelschaum	20 – 200	Kühl-, Trenn- und Verdrängungseffekt
Leichtschaum	> 200	Verdrängungseffekt

Tabelle 6: Schaumarten mit Verschäumungszahl und Löschwirkung

Schwerschaum ist ein relativ nasser Schaum, mit dem man gute Wurfweiten erzielen kann. Er wird bei Bränden von Feststoffen oder Flüssigkeiten (Brandklassen A und B) eingesetzt. Neben der Kühlwirkung und dem Trenneffekt zeichnet er sich durch seine Hafteigenschaften aus (klebt an senkrechten Flächen). Beispiel für dessen Einsatz sind Brände von Flugzeugen oder Flüssigkeiten wie beispielsweise Benzin, Ölen, Fetten und Benzol. Schwerschaum wird auch teilweise vorbeugend als Schaumteppich auf Flughäfen eingesetzt, um Brände durch Funkenflug zu verhindern.

Durch die höhere Verschäumungszahl ist der **Mittelschaum** deutlich leichter als Schwerschaum und kann (sofern der Schaum nicht abfließen kann) bis zu 5 Meter hoch aufgeschichtet werden. Seine Haftfähigkeit an Oberflächen ist gering, wodurch er zum Fluten von Objekten eingesetzt werden kann. Beispiele für den Einsatz von Mittelschaum sind auslaufende, brennbare Flüssigkeiten bei LKW-Unfällen.

Der **Leichtschaum** kann nicht geworfen werden, da er so leicht ist, dass er bereits vom Wind weg geweht wird. Der Haupteinsatzort ist daher in geschlossenen Räumen.

Das **Netzwasser** stellt eine Besonderheit dar, denn es besteht zwar aus Wasser und Schaummittel, wird jedoch unverschäumt über Mehrzweck- oder Hohlstrahlrohre abgegeben.

Durch die Schaummittelzugabe wird die Oberflächenspannung des Wassers herabgesetzt, was es dem Gemisch ermöglicht, besser und tiefer in (brennende) Objekte - wie z.B. Papier- oder Textilballen - einzudringen.

Für die Erzeugung von Leicht-, Mittel- und Schwertschaum ist lediglich die Armatur entscheidend. Mit manchen Mitteln sind gewisse Schaumarten nicht herstellbar.

SCHAUMMITTEL

Die Angaben stammen ebenfalls aus Wikipedia¹⁰¹

- Bei den öffentlichen Feuerwehren finden vor allem sogenannte Mehrbereichsschaummittel (MBS) Verwendung, mit denen sich Schwer-, Mittel- und Leichtschaum erzeugen lässt, d.h. das Mittel ist für alle Verschäumungsbereiche geeignet.
- Wasserfilmbildende Schaummittel AFFF bilden zusätzlich zwischen Schaum und brennender Flüssigkeit einen dampfdichten, wässrigen Flüssigkeitsfilm.
- In den USA sind die Class-A-Foam-Schaummittel (CAFSM) bereits weit verbreitet, in Deutschland jedoch erst im Kommen. CAFSM wurden als Netz- und Schaummittel für die Brandklasse A, insbesondere für Vegetationsbrände, entwickelt. Ein großer Vorteil ist, dass sie je nach Einsatzzweck nur mit 0,1 % bis 1,0 % dem Löschwasser zugesetzt werden müssen.
- An Bedeutung verloren haben die Proteinschaummittel. Mit Proteinschaummitteln lässt sich nur Schwertschaum erzeugen, der jedoch über eine unübertroffene Haftfähigkeit verfügt. Hergestellt wird das Protein-Schaummittel aus tierischen Produkten wie Hornspänen, Hornmehl, Haaren oder Federn.
- Fluorproteinschaummittel (FPS) und Filmbildende Fluorproteinschaummittel (FFFP) kommen eher bei Werkfeuerwehren insbesondere der Petrochemie zum Einsatz.

16.3. LANUV-Arbeitshilfe

Die 2. überarbeitete Arbeitshilfe für flächendeckende Erhebungen über Altstandorte und Altablagerungen³ weist unter Punkt 5.4.1 „Auswertung von Schrift- und Aktengut“ auf eine mögliche Auswertung von Akten der Feuerwehr (5.4.1.5 Sonstiges Schriftgut) hin. Dabei wird erwähnt, dass „PFT-haltige Löschsäume erhebliche Verunreinigungen des Bodens und des Grundwassers verursachen können, so dass die Erfassung dieser Eintragsorte im Rahmen einer flächendeckenden Erhebung von besonderer Bedeutung sein kann“. Anhang 2 der Arbeitshilfe stellt die vom LANUV ermittelten Rechercheergebnisse über Quellen zur Ermittlung von PFT-Belastungen durch den Einsatz von Löschsäumen vor, die im Nachfolgenden kurz zusammengefasst sind.

Anhang 2 nennt für eine gezielte Lokalisierung und Charakterisierung potenziell mit PFT belasteter Standorte die Klärung folgender Basisdaten:

- Ort des Einsatzes von Löschsäumen (Brände, Löschübungsplätze etc.)
- Zeitpunkt des Einsatzes von Löschsäumen
- Menge der eingesetzten Löschsäume

Die Zielsetzung der Untersuchung aus Anhang 2 bestand in der Festlegung von Rahmenbedingungen, unter denen eine Recherche nach möglichen, durch Löschsäumeinsatz mit PFT belasteter Flächen empfehlenswert ist.

In Bezug auf die Einsatzorte wird das Hauptaugenmerk auf

- die Brandbekämpfung,
- die Übungsplätze,
- die Feuerwachen,
- die Herstellungsbetriebe von Löschschäumen sowie
- auf Betriebe mit Bevorratung von Löschschaummitteln

gerichtet. Was den Betrachtungszeitraum für die Durchführung von Recherchen anbelangt, wird der Beginn auf 1975 festgesetzt und verläuft bis zur Gegenwart (unter dem Verweis, dass auch die neue Generation von Löschschäumen nicht gänzlich frei von PFT ist). In Bezug auf die Art der Löschschäume wird die rein qualitative Aussage getroffen, dass A3F-Schaummittel als besonders umweltrelevant einzustufen sind, da der PFT-Gehalt hier am höchsten ist.

Für die oben gelisteten unterschiedlichen Einsatzorte folgen Angaben zu **weiteren Rahmenbedingungen** (oder auch eingrenzenden Einflussfaktoren) sowie zu möglichen Erfassungsquellen und deren Güte.

BRANDBEKÄMPFUNG

Die Ergebnisse der Recherchen in Nordrhein-Westfalen zeigten, dass eine Quantifizierung verbrauchter Löschmittel auf direktem (eingesetzten Mengen bei Brandereignissen) als auch auf indirektem (Nachbestellung durch Feuerwehr) Wege auf Grundlage vorhandener Dokumentationsunterlagen nicht möglich ist.

Als Einflussfaktoren zur Trennung relevanter von nicht relevanten Brandereignissen werden hier die Brandklassen und Brandgrößen erwähnt.

In Bezug auf die Brandklasse sollten sich Recherchen überwiegend auf die Klasse A (Brände fester Stoffe hauptsächlich organischer Natur) und die Klasse B (Brände von Flüssigkeiten und flüssig werdenden Stoffen) konzentrieren. Sie umfassen damit die wesentlichen Einsatzbereiche von Löschschäumen bei Bränden wie z.B. von Produktions-, Umschlag- und Lagerstätten mit großen Volumina an brennbaren flüssigen Stoffen, Lager mit besonderem Gefahrenpotenzial (Hochregallagerung von Kunststoffprodukten; Recycling-Anlagen), Flugzeugen, Bahnkesselwagen und Straßentankfahrzeugen. Eine ausschließliche Betrachtung nur dieser Brandklassen wird aus Erfahrungswerten allerdings nicht empfohlen.

In Bezug auf die Brandgröße besteht die Empfehlung, den Schwerpunkt der Recherche auf Großbrände zu legen. Die Befragung von Fachleuten hat ergeben, dass mit Ausnahme der Kategorie „Kleinbrand a“ (Einsatz von Schäumen auszuschließen) keine Korrelation zwischen Brandgröße und Einsatz von Löschschaummittel vorliegt. Die Empfehlung zur Konzentration auf Großbrände wird zum einen mit den zu erwartenden höheren Löschmittelmengen sowie mit dem hohen Rechercheaufwand bei Berücksichtigung jedes Mittelbrandes (Verhältnismäßigkeit) begründet.

Desweiteren werden weitere Einflussfaktoren genannt, die für eine systematische Recherche nicht eindeutig belastbar sind. Darunter fällt:

- Art der Feuerwehr (Freiwillige Feuerwehr, Berufsfeuerwehr, Werksfeuerwehr) – tendenzielle Zunahme der Verwendung PFT-haltiger Löschschaummittel
- Hohe Kosten von Löschschaummittel führte zu einem sparsamen Umgang.
- Hoher Reinigungsaufwand der Ausrüstung bewog eine Zurückhaltung in der Verwendung von Schaummitteln.

Als Quellen zur Erfassung der oben aufgeführten, wesentlichen Einflussfaktoren werden die Jahresberichte sowie v.a. die Einsatzberichte der Feuerwehr genannt. Die Einsatzberichte werden als ergiebige Quelle gewertet, deren Auswertung grundsätzlich zu empfehlen ist. Desweiteren bilden Zeitungsarchive eine gute Informationsquelle für Großbrände, deren Aus-

wertung allerdings als unverhältnismäßig aufwändig eingestuft wird. Internetrecherchen werden nicht den gesamten Betrachtungszeitraum ab Mitte der 70'er Jahre abdecken.

ÜBUNGSPLÄTZE

Die Autoren empfehlen eine vollständige Erfassung ehemaliger und aktueller Löschübungsplätze, da i.d.R. keine Sicherheitsvorkehrungen zum Boden- und Grundwasserschutz vorhanden waren bzw. sind. In diesem Zusammenhang wird insbesondere auf Löschübungsplätze auf Flughäfen hingewiesen, da Löschsäume hier zum einen in größeren Mengen und zum anderen auch über längere Zeiträume (ab 1970) eingesetzt wurden.

Hinweise auf Übungsplätze können den Akten der Feuerwehr bzw. den Jahresberichten der Feuerwehr entnommen werden. Allgemein ist davon auszugehen, dass Übungsplätze auf dem Gelände der Feuerwache selbst oder in der Nähe bestehen.

FEUERWACHE

Für die Standorte der Feuerwachen selbst werden Risiken eines PFT-Eintrags in den Untergrund aufgrund von

- Handhabungs- und Umfüllverlusten,
- Reinigungsarbeiten sowie
- potenziell schadhafte Kanäle gesehen.

Gemäß Anhang 2 wird eine Erfassung der Feuerwachen (Erhebungsklasse II) für den Zeitraum von 1975 bis zur Gegenwart empfohlen.

Hinweise auf den Standort von ehemaligen und aktuellen Feuerwachen sind aus Befragungen kommunaler Mitarbeiter sowie aus Angaben der Dt. Grundkarte zu entnehmen.

HERSTELLUNGSBETRIEBE VON LÖSCHSCHAUMEN

Es gelten für die Erfassung solcher Betriebe die allgemeinen Vorgaben zur Feststellung des Kontaminationspotenzials für Altstandorte der Chemischen Industrie. Hinweise auf diese Betriebe sind den gewerblichen Meldungen zu entnehmen.

BETRIEBE MIT SCHAUMMITTELBEVORRATUNG

Anhang 2 empfiehlt die Betrachtung von Betrieben mit Bevorratung von Löschschaummitteln, insbesondere von A3F-Schaummitteln. Genannt werden in diesem Zusammenhang insbesondere Betriebe der Chemischen Industrie. Ab einer gewissen Größenordnung besitzen relevante Betriebe ähnlich wie auch größere Flugplätze eine eigene Werksfeuerwehr. Von weiterer Bedeutung sind Betriebe mit stationären Schaumlöschanlagen.

Hinweisquellen auf Betriebe mit Werksfeuerwehr sind die zuständigen Dezernate der Bezirksregierungen (NRW). Informationen über stationär installierte Schaumlöschanlagen gehen aus den Bauakten der Kommunen hervor.

16.4. Recherchen im Landkreis Sigmaringen

16.4.1. Grundlegendes zur Feuerwehr im Lkr. Sigmaringen

Nach dem Feuerwehrgesetz gehören die Aufgaben der Feuerwehr primär in den Verantwortungsbereich der Kommunen. Nach Auskunft des Kreisbrandmeisters¹⁰³ bestehen im Landkreis somit insgesamt 25 kommunale Feuerwehren. Die kommunalen Feuerwehren weisen neben der Stützpunktfeuerwehr zwischen 1 bis 10 Abteilungen auf, die sich in den jeweils zugeordneten Teilorten befinden.

Neben den kommunalen Feuerwehren existieren noch 5 Werksfeuerwehren (WF Zollern, WF Alno, WF Gerberit, WF Bundeswehr Stetten, WF Mariaberg). Die Personalstärke aller Feuerwehrleute im Landkreis beträgt nach Angaben der Jahresstatistik 2012 des Landkreises (siehe Anlage 1) 2860 Personen. Die größte Feuerwehr im Landkreis stellt die Freiwillige Feuerwehr Bad Saulgau mit einer Personalstärke von ca. 267 Feuerwehrleuten.

Seit Dezember 2011 betreibt der Landkreis Sigmaringen zusammen mit dem Landkreis Ravensburg eine Leitstelle Oberschwaben mit Sitz in Ravensburg. Benachrichtigungen über Brandereignisse und die Weiterleitung von Informationen laufen über diese Leitstelle. Bei größeren Bränden erfolgt automatisch eine Benachrichtigung der Kreisbrandmeister durch die Leitstelle.

16.4.2. Aktenauswertung

Vorrang in der Suche nach verlässlichen Quellen zur Erfassung von konkreten Einsatzorten von Löschschäumen hatte für die Kategorie „Brandbekämpfung“ die Auswertung von **Einsatzberichten** der Feuerwehren. Wie stichprobenhafte telefonische Befragungen ergaben, liegen diese sowohl bei den Feuerwehren selbst als auch in den kommunalen Verwaltungen vor. In den Verwaltungen werden diese meist nur für die Mindestaufbewahrungszeit von 10 Jahren verwahrt, bis sie nach Ablauf dieser Zeit dann vernichtet werden. Vereinzelt lagen in den Verwaltungen auch ältere, bis in die 90'er Jahre zurückreichende Bestände vor. Die Einsatzberichte werden in den Verwaltungen als Nachweis der erstatteten Kosten für Aufwandsentschädigungen der Feuerwehrleute sowie für verbrauchtes Material aufbewahrt.

Die stichprobenartige Auswertung von Einsatzberichten vollzog sich bei den Freiwilligen Feuerwehren Bad Saulgau, Meßkirch und Gammertingen. Es handelte sich um einige der im Landkreis vorhandenen größeren Stützpunktfeuerwehren. Bad Saulgau weist zudem noch eine zusätzliche Ausrüstung zum Löschmitteleinsatz sowie eine gesonderte Bevorratung von Löschschaummitteln auf.

Die bei der FF Bad Saulgau und der FF Meßkirch vorliegenden Bestände reichten bis in die 70'er Jahre zurück (vereinzelt bestanden Lücken von 1 bis 2 Jahren). Bei der Gammertinger Feuerwehr stammten die ältesten Einsatzberichte aus dem Jahr 1999 und befanden sich im digitalen System.

Wie telefonische Befragungen ergaben, lagen in den Stützpunktfeuerwehren Pfullendorf und Sigmaringen nur die Einsatzberichte der letzten 10 Jahre vor. Generell zeigte sich aber durch die Studie, dass bei den Feuerwehren selbst für den relevanten Betrachtungszeitraum (1975 bis heute) der vollständigere Bestand an Einsatzberichten besteht.

Die größeren Feuerwehren im Landkreis besitzen für die letzten 5 bis 15 Jahre eine digitale Datenführung der Einsatzberichte. Eine Selektion nach Schaumeinsatz und der Ausdruck der entsprechenden Berichte war problemlos möglich und erleichterte die Auswertung somit erheblich.

Das Layout der Einsatzberichte variierte mehrmals im betrachteten Erfassungszeitraum. Die inhaltliche Erfassung der Daten blieb dabei relativ konstant. Anlage 2 zeigt einige Beispiele von Einsatzberichten. Die folgende Auflistung verdeutlicht die erfassten Informationen:

- Datum und Uhrzeit der Alarmierung und Gesamteinsatzzeit
- Örtlichkeit
- Art des Brandereignisses (Fahrzeugbrand, Scheuerbrand, etc.),
- teils die Brandgröße (Großbrand, Kleinbrand)
- eingesetzte Brandbekämpfungsausrüstung
- Angaben über Schaummitteleinsatz (ja/nein), teils mit verwendeten Mengen (in Litern od. Kanistern)
- eingesetzte Fahrzeuge und beteiligte Feuerwehrleute

Der Zeitbedarf für die Sichtung der analogen und digitalen Einsatzberichte inklusive der Eingabe bzw. Überführung der Daten in eine Art „Adresspoolliste für Feuerwehreinsätze“ sowie des nötigen Klärungs- und Organisationsaufwands wird für Kommunen in der Größenordnung von ca. 15000 bis 25000 Einwohner auf 1,5 bis 2 Tage geschätzt.

Seit dem Jahr 1996 wird einmal pro Jahr vom Kreisfeuerwehrverband ein **Journal** mit Informationen über wichtige Veranstaltungen und besondere Brandereignisse herausgegeben. Hier konnten insbesondere Hinweise auf Großbrände im Landkreis seit 1995 recherchiert werden. Teilweise gingen aus den Beschreibungen der Brandereignisse auch wertvolle Informationen über den Einsatz von Schaumlöschmitteln hervor.

Feuerwehrstatisiken werden jährlich beginnend auf Gemeindeebene bis auf Bundesebene vorgenommen. Den jeweiligen Statistiken sind zwar Hinweise über die Anzahl und die Art von Einsätzen, auf Kreisebene auch über die Brandgrößen (siehe Anlage 1) zu entnehmen, für die vorliegende Fragestellung des konkreten Einsatzes von Löschschaummitteln ist aus den Statistiken allerdings kein direkter Informationsgehalt ableitbar.

Im **Kreisarchiv Sigmaringen** bestehen nach Informationen des Kreisarchivars 2 mögliche Informationsquellen für Feuerwehrangelegenheiten. Zum einen bestehen Verzeichnisse über Aktenbestände kommunaler Archive, die durch das Kreisarchiv erschlossen wurden. Hier finden sich Angaben über kommunale Feuerwehrangelegenheiten. Diese Bestände sind nach Angaben des Kreisarchivs¹⁰² hinsichtlich Brandfällen und hier speziell Löschschaumeinsätzen allerdings nicht ergiebig. Auf eine weitere Auswertung der erschlossenen Bestände wurde daher verzichtet.

Zum anderen liegen Akten der ehem. Brandversicherungsanstalten vor, die im Lkr. Sigmaringen bisher nur für den Hohenzoller'schen Bestand (Württembergische Gebäudebrandversicherungsanstalt – Außenstelle Hohenzollern) erschlossen sind. Die Akten des badischen sowie des württembergischen Teils der Gebäudebrandversicherung sind bisher noch nicht bearbeitet und somit nicht verfügbar.

Im erschlossenen Bestand sind u.a. die von der Gebäudebrandversicherung selbst erstellten Verzeichnisse aufgeführt. In diesen sind sämtliche Brandfälle im Zuständigkeitsbereich zwischen den Jahren 1939 bis 1989 gelistet. Die vom Kreisarchiv erschlossenen Einzelakten beginnen mit dem Jahr 1922 (Auszug des Verzeichnisses in Anlage 3) und enden mit der letzten Akte im Jahr 1985. Die hier archivierten Akten betreffen u.a. Akten-, Schriftverkehr, Gutachten zur Brandursache, Vernehmungsprotokolle, Versicherungsverhältnisse, Schadensschätzungen und Auflistungen des Inventars.

Exemplarisch wurden aus den Brandereignissen ab Anfang der 70'er Jahre Akten von 4 Brandfällen bei Firmen bzw. bei der Bundeswehr (Kaserne Sigmaringen) gesichtet. Der Umfang der Akte entsprach der Größe des Brandereignisses. 2 Brandereignisse müssen als Kleinbrände eingeordnet werden (Zimmerbrand in einer Kaserne; selbst gelöschter Kleinbrand bei einer Firma). In den Akten befanden sich nur einzelne Formblätter und Anschreiben.

Bei den beiden anderen Brandfällen handelte es sich um Großbrände. Aus ihnen gingen Informationen über die bereits oben aufgeführten Sachverhalte hervor. In beiden Fällen ließ sich das Brandgeschehen und der Schaden rekonstruieren. Über einen Einsatz von Löschschaummitteln finden sich keine Angaben in den gesichteten Unterlagen.

Vermeintlich veröffentlichen die größeren Feuerwehren auf ihren **Homepages** Auflistungen der jeweiligen Einsätze. Teils erfolgt auch eine Beschreibung des Ereignisses oder ist mit einem Link zu einem Zeitungsartikel in der regionalen Presse verbunden. Eine systematische Erfassung von Einsätzen mit Schaummitteln ist aus den Angaben nicht möglich.

102 (Vielstich, 2014)

INHALTLICHE AUSWERTUNG EINSATZBERICHTE

Zum Zweck der inhaltlichen Auswertung der Einsatzberichte wurden sämtliche Brandfälle mit Schaummitteleinsatz in einer Excel-Datei erfasst. Anlage 4 zeigt eine Übersicht der in der vorliegenden Studie aus der Aktenauswertung erfassten Fälle. Die in der Übersicht vorhandenen Lücken ergeben sich aus lückenhaften Angaben in den Einsatzberichten. Die Brandgrößen sind nicht durchgängig erfasst worden, wurden aber vom Bearbeiter aus den beschreibenden Angaben abgeleitet (blauer Text). Angaben über die Brandklasse liegen generell nicht vor. Die Datenbasis bezieht sich auf die ausgewerteten Einsatzberichte der 3 Feuerwehren im Landkreis Sigmaringen. Die folgende Tabelle gruppiert nach den Brandgrößen.:

Brandfälle mit Löschmitteleinsatz [N]					
	Son- stiges	Kleinbrände A/B	Mittelbrand	Großbran- d	Gesamt
gesamt	4	38	11	18	71
vor 2000	1	8	1	4	14
nach 2000	3	30	10	14	57

Tabelle 7: Verteilung von Brandfällen mit Löschmitteleinsatz nach Brandgrößenklassen

Die Daten verdeutlichen, dass sich ein Schaumeinsatz nicht an der Brandgröße orientiert. Die absolute Anzahl von Schaumeinsätzen bei Klein- und Mittelbränden ist deutlich höher als bei Großbränden. Mit anderen Worten, Schaumlöschmittel werden den absoluten Zahlen gemäß öfter bei Mittel- und Kleinbränden eingesetzt. Die Ursache hierfür stellen schwerpunktmäßig die Fahrzeugbrände dar.

Tendenziell ist, wie die erfassten Daten aus Anlage 4 und Tabelle 7 zeigen, davon auszugehen, dass in den Jahren vor 2000 bis zurück in die 70'er Jahre ein Schaummitteleinsatz wesentlich seltener in Erwägung gezogen wurde wie nach 2000. Die derzeitigen Zahlen belegen für die Zeitspanne zwischen 1975 bis 2000 einen Anteil von ca. 20 % an sämtlichen erfassten und mit Löschschaummitteln bekämpften Bränden, für die Zeitspanne ab 2000 bis heute dagegen von ca. 80 % sämtlicher Brandfälle. Es handelt sich hier nur um ungefähre Schätzwahlen, da die Daten für Gammertingen rückwirkend nur bis 1999 vorlagen. Vermutlich würden die Prozentanteile korrekter in der Größenordnung von 25 % und 75 % liegen.

Für die Einsätze der Freiwilligen Feuerwehren Bad Saulgau, Meßkirch und Gammertingen lassen sich für die Jahre zwischen 2008 und 2012 (Angaben stammen hier aus den edvgestützten Erfassungsprogrammen und der Kreisstatistik) die Brandfälle mit Löschschaumeinsatz der Gesamtheit aller Brandfälle gegenüberstellen. Demnach ergibt sich folgende Verteilung:

Anzahl Brandfälle mit Löschmitteleinsatz und Gesamt											
Kommune	Brand	2008		2009		2010		2011		2012	
		alle	LS								
Bad Saulgau	groß	2	-	3	-	3	1	3	-	3	-
	mittel	5	-	4	-	2	-	1	-	6	-
	klein	18	1	14	-	27	-	23	5	15	-
Gammertingen	groß	1	-	-	-	-	-	3	-	5	1
	mittel	0	-	4	-	3	-	4	-	-	-
	klein	8	-	11	-	5	1	5	-	7	1
Meßkirch	groß	-	-	-	1?	-	-	2	-	1	-
	mittel	14	-	10	-	12	-	6	-	7	-
	klein	-	-	-	-	-	-	7	1	14	-

Tabelle 8: Anzahl sämtlicher Brandfälle und mit Löschschaumverwendung (LS) zw. 2008 und 2012 gruppiert nach Brandgröße

Der Aufstellung von Tabelle 8 ist zu entnehmen, dass in den 3 Kommunen in den Jahren zwischen 2008 bis 2012 lediglich bei jeweils einem Großbrand in Bad Saulgau und in Meßkirch (möglicher Fehler in Datengrundlagen vorhanden) Schaummittel zum Einsatz kamen.

Bei den meisten Großbränden findet kein Einsatz von Schaumlöschmitteln statt. Dieser Trend, den die Daten der Jahre 2008 bis 2012 vermitteln, zeigte sich insbesondere auch im Zuge der Auswertung der Einsatzberichte in Papierform. Diese Aussage ist rein qualitativer Natur und basiert auf der direkten Auswertung vor Ort (eine Erhebung von Gesamtzahlen fand rückwirkend nicht statt). Nur in sehr wenigen Fällen war für Großbrandereignisse ein Schaummitteleinsatz protokolliert, wobei die Anzahl der Großbrände zu Zeiten der Papierformerfassung eher höher einzuschätzen ist als in späteren Jahren.

Eingesetzte Löschmittelmengen				
	Sonstiges	Kleinbrände A/B	Mittelbrand	Großbrand
Anzahl	3 (4)	38	11	18
Spanne Löschmittelmenge [l]	20 - 100	5 – ca. 140	5 - 180	10 – 120000 10 – 1800*
Mittelwert	53,3	29,4	51,5	8868 320*
Median	40	20	25	180 160*

Tabelle 9: Verteilung eingesetzter Löschmittelmengen nach Brandgrößenklassen

Bemerkung: * ohne Brandfall Herbertingen

Bezüglich der eingesetzten Menge findet sich die große Anzahl der Fälle im Größenbereich bis zu 350 l wieder. Lediglich bei 3 Bränden wird dieser Größenbereich überschritten. Es handelt sich um einen Brand eines galvanischen Betriebs in Sigmaringendorf (Einsatzmenge 600 l), dem Brand des Hallenbaddaches in Mengen (1800 l) sowie in seiner Dimension für den Landkreis Sigmaringen als bisher einmalig zu bezeichnenden Brand des Shredderwerks in Herbertingen (120.000 l).

Wie zu erwarten ist, lässt sich die eindeutige Tendenz erkennen, dass mit größeren Bränden auch eine höhere Menge an Schaummittel Verwendung findet. Der Median liegt, wenn der Brandfall des Shredderwerks von 2007 nicht berücksichtigt wird, bei 160 l Schaumlöschmittel pro Großbrand. Ein signifikanter Unterschied zwischen der bei Kleinbränden eingesetzten Schaummittelmenge gegenüber der bei Mittelbränden eingesetzten Schaummittelmenge ist

nach Einschätzung des Gutachters auf Grundlage der vorliegenden Datenbasis nicht zu erkennen.

Unter die Rubrik „Sonstiges“ fallen insgesamt 3 Einsätze mit technischer Hilfeleistung, bei denen es auch zu einem Einsatz von Schaumlöschmitteln kam.

Legt man eine willkürlich gewählte Grenze von 60 l oder 3 Kanister Schaummitteleinsatzmenge zu Grunde, so wurden bei insgesamt 20 Einsätzen oder 33 % aller Schaummitteleinsätze (nur die, für die Angaben vorlagen, wurden berücksichtigt) 60 oder mehr Liter an Löschmitteln verwendet. 12 dieser Einsätze waren Großbrände (60 %).

16.4.3. Befragungsergebnisse

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Befragungen thematisch zusammengestellt worden. Die Befragten rekrutierten sich überwiegend aus dem Kreis der Feuerwehrangehörigen oder der mit Feuerwehrangelegenheiten beauftragten Personen. Diese stammten überwiegend aus dem Landkreis Sigmaringen selbst. Teilweise wurden aber auch Vertreter und Kennnisträger anderer Behörden interviewt.

Die übergeordnete Zielsetzung der Befragung bestand darin, Hinweise und Informationen über die feuerwehrtechnische Praxis des Löschschaumeinsatzes im Allgemeinen und speziell für den Landkreis Sigmaringen über den Zeitraum der letzten 4 Jahrzehnte zu erhalten.

THEMA BRANDEREIGNISSE

Die von Vertretern der Feuerwehren im Landkreis^{103,104} gemachten Äußerungen waren relativ einheitlich. Demnach war im Bewusstsein der Feuerwehr im Landkreis schon immer ein vorsichtiger Umgang mit Schaummitteln verankert gewesen. Gründe hierfür bestanden darin, dass:

- Schaummittel schon immer teuer waren,
- die Reinigung der Ausrüstung mit einem hohen Zeitaufwand verbunden war und
- später arbeitsschutzrechtliche und umweltrechtliche Bedenken bekannt wurden.

Diese Angaben beziehen sich sowohl auf die Verwendung als Schaum als auch auf die Verwendung als Netzmittel.

Der Einsatz von Schaummitteln im Landkreis konzentrierte sich daher auf die Brände, bei denen es nach Risikoabschätzung und Betrachtung der Umstände keine vergleichbare Alternative der Brandbekämpfung gab. Dies waren:

- Brände größerer Fahrzeuge
- PKW-Brände außerorts - limitierte Menge von mitgeführten Löschwasser (innerorts meist mit Wasser)
- Brände gewerblicher Betriebe
- Brände von Feststoffen mit großer Oberfläche (u.a. Strohballen, Textilien) – hier Verwendung als Netzmittel, damit das Löschwasser gut in das Brandgut eindringen kann.

Nach Angaben der Feuerwehrangehörigen finden im Landkreis Sigmaringen fast ausschließlich Mehrbereichsschaummittel (MBS) Verwendung. Diese Praxis betrifft neben den Freiwilligen Feuerwehren auch 3 der 5 im Landkreis vorhandenen Werksfeuerwehren. Die WF Zollern verwendet überwiegend Pulvermittel. Die Werksfeuerwehr der Bundeswehr in Stetten besitzt schon immer A3F-Löschschaummittel. Die Vorgaben für die Beschaffung werden zentral von der Bundeswehr aufgestellt. Die Vorgaben leiten sich aufgrund des bestehenden Flugbetriebs mit Hubschraubern sowie Fahrzeugbränden (Panzer, LKW) ab.

103 (Hack, 2013)

104 (Dumbeck, 2013)

A3F-Mittel waren unter den Schaummitteln schon immer die teuersten (ca. 50 % teurer). Unter Kosten-Nutzen-Analyse bietet sich für den ländlichen Raum wie den Landkreis Sigmaringen mit entsprechenden geringeren Brandlasten die Verwendung von Mehrbereichsschaummittel an. Der Einsatz von A3F-Mitteln beschränkt sich den Angaben des Kenntnisträgers nach überwiegend auf große Feuerwehren mit ausreichend Finanzmitteln (z.B. Flughäfen, Großstädte) im städtischen Umfeld.

Zur gezielten Brandbekämpfung einzelner Betriebe mit erhöhtem Brandrisiko erfolgt eine separate Lagerung von Löschschaummitteln (siehe unten). Die Bevorratung kann wie im Beispiel von Bad Saulgau von den Feuerwehren übernommen werden. Im Feuerwehrgebäude Bad Saulgau werden 1000 l an A3F-Schaummittel für einen brandgefährdenden Betrieb im Stadtgebiet vorgehalten. Eine Nutzung der Mittel fand bisher noch nicht statt. Die Festlegung der Brandrisiken obliegt der kommunalen Feuerwehr bzw. der Baurechtsverwaltung.

Zum Thema MBS interessierte in diesem Zusammenhang, ob diese als „fluorfrei“ anzusehen sind und dies auch schon immer waren. Aus recherchierten Literaturstellen gehen keine eindeutigen, belastbaren Erkenntnisse hervor (siehe 16.5). Zur Klärung erfolgten weitere Befragungen. Nach Auskunft des UBA¹⁰⁵ liegen weder Informationen auf Fluor als Inhaltsstoff in MBS noch auf eine Fluorfreiheit von MBS vor. Aufgrund der Komplexität des Gesamtzusammenhangs (geheime Rezepturen der Hersteller, Handhabung mit unterschiedlichen Begrifflichkeiten in der Vergangenheit, fehlende analytische Standards, begleitende Verunreinigung bei Herstellung von Ersatzsubstanzen, Degradationsverhalten) war man beim UBA eher vorsichtig in der Beurteilung einer Fluorfreiheit von MBS.

Auch bei weiteren, angefragten Behörden wie dem Bayerischen Landesamt für Umwelt¹⁰⁶ sowie beim LANUV Nordrhein-Westfalen¹⁰⁷ lagen keine abgesicherten Erkenntnisse vor. Man geht tendenziell von einer Fluorfreiheit aus.

Nach Auskunft der Fa. Sthamer¹⁰⁸ als größtem deutschen Hersteller von Schaumlöschmitteln sind MBS schon immer fluorfrei produziert worden. MBS wurden für kommunale Feuerwehren und einen Schwerpunkt von Bränden der Brandklasse A konzipiert, für die eine Zumischung von PFC sowohl aus Gründen der Brandbekämpfung (keine verbesserte Wirkung durch filmbildende Schäume) sowie aus Gründen des Wettbewerbs (PFC waren und sind teuer) nicht notwendig war.

Der Brandfall aus dem Jahr 2007 im Shredderwerk in Herbertingen stellt einen Sonderfall dar. Mit der Entscheidung eines Schaumeinsatzes muss gewährleistet sein, dass der Einsatz des Löschschaumes nicht abreißen darf. Die im Landkreis Sigmaringen und den benachbarten Landkreisen bevorratete Schaummittelmengen reichte bei weitem nicht aus, um den Brandherd im Shredderwerk zu löschen. Es erfolgte die Belieferung von Schaummitteln auf Landesebene (u.a. Flughafen Stuttgart, Werksfeuerwehr Ludwigshafen).

In großer Übereinstimmung gaben die Vertreter der Feuerwehren im Landkreis unabhängig voneinander an, tendenziell in früheren Jahren, d.h. vor dem Jahr 2000 wesentlich weniger Einsätze mit Schaummitteln durchgeführt zu haben wie später nach dem Jahr 2000. Erst mit der Verbreitung der neueren Ausbringtechnik wurde es möglich, die Zudosierung sehr viel feiner und exakter zu steuern (heute von 0,01 % bis 3 %; früher 2 bis 5 %). Mit der neuen Applikationstechnik war eine wesentliche Verbesserung des Kosten-Nutzen-Effekts verbunden.

105 (Biegel-Engler, 2014)

106 (Gierig, 2014)

107 (Stefan Schroers, 2014)

108 (Prall D. M., 2014)

THEMA FEUERWACHEN - LAGERUNG UND REINIGUNG

Als größte Feuerwehr bevorratet die Freiwillige Feuerwehr Bad Saulgau größere Mengen an Schaummitteln (Aufteilung in 1000 l Großgebilde + weitere kleinere Gebilde mit 20 l, 40 l, 60 l) im Landkreis¹⁰⁴. In der Regel besitzen die Feuerwehren Schaummittelvorräte in der üblichen Größenordnung, die sich als Normbeladung auf den jeweiligen Einsatzfahrzeugen befinden (i.d.R. 6 Kanister á 20 l + einige Kanister, die im Feuerwehrhaus gelagert werden). Die Feuerwehr in Bad Saulgau besitzt zusätzlich eine leistungsfähigere Ausrüstung, um Schaummittel effektiver und mit höherer Schlagkraft einsetzen zu können (Mischvorrichtung bis 1000 l Schaumerzeugung / min). Bei Bedarf wird die FF Bad Saulgau per Überlandhilfe in den Nachbargemeinden angefordert, so dass damit eine Absicherung bestimmter Brandrisiken gegeben ist.

Um- und Abfüllarbeiten kommen nur am Einsatzort selbst vor. Die Plastikgebilde werden in der entsprechenden Größe (bis zu 1000 l) fertig bezogen und bei Einsatz an Ort und Stelle transportiert. Manche Feuerwachen besitzen auch Spezialfahrzeuge mit großem Löschmitteltank, die allerdings im eher „ländlich“ geprägten Umfeld wie den Landkreis Sigmaringen (mit Ausnahme der WF BW Stetten) nicht vorhanden sind.

Von weiterer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang, dass viele Abteilungen im ländlichen Raum erst im Verlauf der 90'er Jahre mit entsprechenden Fahrzeugen ausgestattet wurden (teilweise waren zuvor nur Anhänger vorhanden). Die Schaumausrüstung gehört bei den Feuerwehren zur Sonderausrüstung, die in der Normbeladung nicht enthalten ist. Die Ausstattung des Fahrzeuges mit Sonderausrüstungen orientiert sich dabei am Platzbedarf sowie der restlichen Platzkapazität auf dem Fahrzeug. Als Sonderausstattung konkurriert die Schaumausrüstung mit anderen Sonderausstattungen wie z.B. dem Atemschutz, der für das eigene Fahrzeug von vielen Abteilungen im Raum Sigmaringen bevorzugt wurde. Insofern befindet sich noch heute auf den Fahrzeugen der Abteilungen keine Schaumausrüstung.

Was die Frage der Reinigung von Schläuchen und Gerätschaft nach Schaummitteleinsatz angeht, wurde mitgeteilt, dass grundsätzlich die Erstreinigung am Einsatzort vorgenommen wird. Die weiteren Reinigungsarbeiten finden im Feuerwehrhaus statt. Die größeren Feuerwehren besitzen eine Schlauchreinigungsanlage, deren Ablauf über die öffentliche Kanalisation entwässert.

THEMA ÜBUNGEN

Seit 30 Jahren (soweit zurückverfolgbar) werden nach Angabe des Kreisbrandmeisters Übungen mit Schaum sehr eingeschränkt durchgeführt. Sie finden überwiegend im Rahmen der Grundausbildung statt. Wenn Übungen angesetzt werden, dann nur auf versiegelter Fläche, i.d.R. auf dem Gelände der Feuerwachen selbst. Zu Übungszwecken werden Testschaummittel eingesetzt, wobei auch eine Verwendung von Restbeständen stattfindet.

Ein ehemaliger, langjähriger Kommandant einer Feuerwehr¹⁰⁹ eines anderen Landkreises (Landkreis Göppingen) bestätigte ebenfalls, dass Übungen mit Schaum eher selten praktiziert werden. Er ging von 1 bis max. 2 Übungen pro Jahr in seinem früheren Zuständigkeitsbereich aus (mittlere Feuerwehrgröße mit ca. 100 Personen). Die Örtlichkeiten der Übungen variierten dabei des Öfteren. Meistens fanden sie in der Kläranlage auf versiegelter Fläche statt.

THEMA SCHAUMMITTELBEVORRATUNG BEI BETRIEBEN

Im Landkreis findet eine Bevorratung von Schaummitteln bei bestimmten Firmen mit entsprechenden Brandrisiken statt. Dies wird in neuerer Zeit bereits in der Baugenehmigung aus Gründen des Brandschutzes vorgeschrieben. Bei älteren Betrieben erfolgte keine Veranlassung zur Lagerung von Löschmitteln. Die in der Baugenehmigung erteilten Vorgaben

109 (Borgia, 2013)

konkretisieren die Menge, jedoch nicht die Art der zu lagernden Schaummittel¹⁰³. Die Wahl des Mittels liegt bei der Firma selbst. Für einzelne Betriebe im Landkreis liegen die Vorgaben bei einer Lagermenge zwischen 1000 bis 5000 l. Folgende Firmen sind betroffen:

- Reifen Gögel, Gammertingen – 5 m³
- REMO, Göggingen vormals Ostrach – 1 m³
- Shredder-Werk, Herbertingen – 5 m³
- Reifen Stropfel in Bad Saulgau – 5 m³
- Fa. Bix, Lackiererei in Meßkirch – 1-2 m³

Es kommt auch vor, dass Feuerwehren die Lagerung von Schaummitteln für einzelne Betriebe übernehmen (siehe oben, z.B. FF Bad Saulgau). Erwerber des Mittels ist die Firma ALBA .

Die Haltbarkeit von Schaummitteln beträgt zwischen 10 bis 15 Jahren. Die Feuerwehr weist die betroffenen Firmen rechtzeitig auf einen Austausch hin, so dass diese vor Ablauf der Haltbarkeit noch anderweitig verwendet werden können.

16.4.4. Fragebogen und Auswertung

Auf Basis der bis dato vorliegenden Informationen erfolgte gemäß 16.1 im dritten Schritt die Erstellung eines Fragebogens. Mit dem Fragebogen sollte überprüft werden, ob

- sich die bisher recherchierten Ergebnisse auch auf die restlichen Feuerwehren des Landkreises übertragen ließen und ob
- diese Form der Informationsermittlung ein geeignetes Instrument darstellt, um im Rahmen einer flächendeckenden Erfassung fallbezogene Daten schneller und gezielter zu ermitteln.

Anlage 5 enthält ein Fragebogenformular, das vom Gutachter zusammen mit dem Kreisbrandmeister sowie dem Auftraggeber erstellt und abgestimmt wurde. Der Versand erfolgte als Email über den Kreisbrandmeister an sämtliche Feuerwehrkommandanten im Landkreis.

Der Fragebogen sollte insbesondere Antworten auf folgende Sachverhalte geben:

- Namen jetziger und ehemaliger Zuständiger mit Kontaktdaten
- Genaue Örtlichkeiten der Stützpunktfeuerwehr und der Abteilungen (auch der früheren)
- Vorliegende Datenquellen (Akten, digital) mit Angabe der Zeiträume zur Erfassung von Brandereignissen
- Häufigkeit des Löschschaumeinsatzes und Abschätzung der verwendeten Löschmittelmengen
- Schaumklasse und Handelsname der verwendeten Löschmittel
- Besondere Brandereignisse mit Löschschaumeinsatz, die im Bewusstsein der Feuerwehr verankert sind
- Vorhaltung von Löschmitteln bei Firmen im Zuständigkeitsbereich
- Anzahl und Örtlichkeiten von Löschschaumübungen

Der Rücklauf der Antworten gestaltete sich sehr schleppend. Trotz Erinnerung der Feuerwehrkommandanten durch den Kreisbrandmeister und Verlängerung der Abgabefrist um weitere 4 Wochen belief sich der gesamte Rücklauf an Fragebögen auf insgesamt 4 Antworten oder ca. 14 % (darunter auch eine Feuerwehr, deren Einsatzberichte ausgewertet wurde).

Bei den 3 restlichen Antworten handelte es sich um 2 kommunale Freiwillige Feuerwehren und eine Werksfeuerwehr. Die jährliche Anzahl der Löschschaumeinsätze wurde bei allen mit ≤ 2 angegeben. Die Einsatzmenge an Löschschaumen bewegt sich in der Größenklasse zwischen 20 bis 120 l. Die erwähnten, herausragenden Brandeinsätze wiesen entsprechende Einsatzmengen auf (zw. 20 – 120 l). Von allen Feuerwehren wurde angegeben, nur MBS verwendet zu haben. Übungen fanden zumeist auf dem Gelände der Kläranlage auf festem Grund statt. Die Abteilungen in den ländlicheren Gebieten weisen in der Regel keine Schaumausrüstung auf.

Zusammenfassend lässt sich vermerken, dass die in den Fragebogen gesteckten Erwartungen sich für den Landkreis Sigmaringen nicht erfüllten. Die wenigen Antworten bestätigen die aus den Befragungen ermittelten Informationen.

16.5. Literatur zum Thema Feuerlöschschaum

Der Artikel der Landesfeuerweherschule aus dem Jahr 2010¹¹⁰ zielt auf die richtige Auswahl und einen umweltverträglichen Einsatz von Schaumlöschmitteln ab. Es wird erwähnt, dass die Fa. 3M das erste A3F-Schaumlöschmittel unter dem Handelsnamen „Light Water“ in den 60'er Jahren auf dem amerikanischen Markt platzierte. Die deutsche Web-Site von 3M gibt das Jahr 1969 an. Die Entwicklung basierte auf Anforderungen der US Navy zur Entwicklung eines geeigneten Löschmittels bei Flugzeughaverien auf Flugzeugträgern¹¹¹. Die bis 2002 auf dem Markt befindlichen A3F-Schaumlöschmittel enthielten PFOS-Konzentrationen zwischen 1 bis 6 %. Untersuchungen von Schaumlöschmitteln in den Jahren 2009 und 2010 im Auftrag der Erdöl-Raffinerie Emsland¹¹² weisen einen PFOS-Gehalt für das zwischen 1995 bis 2001 produzierte Light Water Schaumlöschmittel von 0,5 % oder 5.000.000 µg/l auf (Gesamtgehalt an PFT ist mit ca. 0,62 % angegeben).

Im Artikel wird kurz auf die **Entstehungsgeschichte** der einzelnen Schaummittel sowie auf die Rahmenbedingungen ihres Einsatzes eingegangen. Gleiches ist mit größerer Ausführlichkeit im Lehrbuch „Brandbekämpfung mit Wasser und Schaum“ bei de Vries¹¹¹ nachzulesen. Die Entwicklung von Proteinschaummitteln (PS) als erste Schaummittel geht auf die 20'er und 30'er Jahre zurück. Eine Verwendung bei den Feuerwehren findet heute so gut wie nicht mehr statt, da die Mittel nur eine sehr begrenzte Haltbarkeit aufweisen und der Umgang mit dem Mittel als unangenehm gilt.

In den 50'er Jahren kamen die ersten Mehrbereichsschaummittel (MBS) auf Basis von Sulfoncarbontensiden zum Einsatz. Sie sind heute bei den kommunalen Feuerwehren, wie auch die Stellungnahme des LANUV¹¹³ aus dem Jahr 2009 verdeutlicht, am weitesten verbreitet. Danach halten die kommunalen Feuerwehren außerhalb der Ballungsräume fluorfreie Mehrbereichsschaummittel vor. MBS sind nicht alkoholbeständig¹¹⁰.

Nach einem erst kürzlich erschienenen Artikel in Brandschutz Deutsche Feuerwehr-Zeitung¹¹⁴ wurden MBS zu Beginn ihrer Entwicklung ausschließlich durch ihr Schäumungsvermögen beurteilt. Zum Einsatz kamen dadurch in der Anfangszeit Tenside, die schlecht abbaubar waren und ein hohes toxisches Potenzial auch für aquatische Lebensformen aufwiesen. Die Tensidverordnung von 1977, die für Waschmittel galt, hatte auch eine Anpassung der Art und Menge des Tensidgehalts von MBS in Form einer besseren biologischen Verträglichkeit zur Folge.

Anfang bis Mitte der 70'er Jahre erfolgte die Entwicklung von Fluorproteinschaummitteln (FPS), die eine Weiterentwicklung der Proteinschaummittel darstellten. Aufgrund ihrer Eigenschaften liegt das eigentliche Einsatzgebiet in der Petrochemie. Mit ihnen kann nach dem „base-injection-Verfahren“ (Wasser-Schaum-Gemisch wird über Produktförderleitung direkt in Tank eingespeist) gelöscht werden¹¹¹.

110 (Landesfeuerweherschule Baden-Württemberg, 2010)

111 (de Vries, 2008)

112 (Wekenborg, 2010)

113 (LANUV NRW, 2009)

114 (Prall, 2014)

Im selben Zeitraum wie die FPS erschienen die wasserfilmbildenden Schäume (A3F). Als besondere Eigenschaft weisen diese Schäume die Fähigkeit auf, zwischen Schaum und brennender Oberfläche einen dampfdichten, wässrigen Flüssigkeitsfilm auszubilden. Leonhardt¹¹⁵ verweist in seinem Fachartikel in der Zeitschrift des vfdb's auf die Funktionsmechanismen der in Löschsäumen enthaltenen Tenside. Dabei besitzen herkömmliche Kohlenwasserstofftenside (nicht fluoriert) einen lipophilen Teil, der meist von Alkylketten gebildet wird. Dieser Teil ist zugleich hydrophob. Der hydrophile Teil des Gesamtmoleküls wird durch unterschiedliche funktionelle Gruppen gebildet. In Verbindung mit Wasser ordnen sich die Moleküle so an, dass der hydrophile Teil in das Wasser eintaucht. Der freie, hydrophobe Teil kann sich mit Fetten und Ölen verbinden. Das Tensid wirkt als Emulgator (Lösungsvermittler). Für Löschsäume ist die Emulgatorwirkung aber kontraproduktiv, da brennbare, unpolare Flüssigkeiten sich in die Schaumphase einlagern würden. Fluortenside sind den Kohlenwasserstofftensiden im Aufbau gleich. Der Unterschied besteht nur darin, dass durch die Fluorierung der C-Atome der hydrophobe Teil des Moleküls zugleich lipophob ist. Werden nun Fluortenside zusammen mit Kohlenwasserstofftensiden unter Zusatz von Wasser auf eine unpolare, brennbare Flüssigkeit gegeben, so ordnen sich die jeweiligen Tenside so an, dass ein hauchdünner Wasserfilm auf der Oberfläche des unpolaren Mediums entsteht. Das Kohlenwasserstofftensid taucht mit dem hydrophoben Teil in die unpolare Flüssigkeit, während der hydrophobe und lipophobe Teil des Fluortensids in der Luft verbleibt. Dazwischen befindet sich der Wasserfilm.

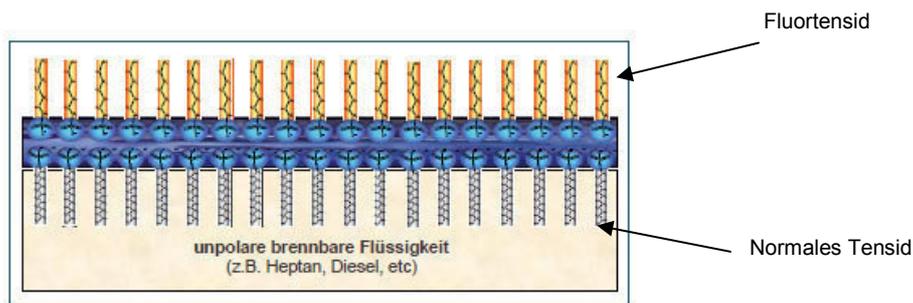


Abbildung 10: Ausbildung des Wasserfilms auf unpolaren Flüssigkeiten (Grafik aus vfdb Zeitschrift nach Leonhardt¹¹⁵)

In den 80'er und 90'er Jahren erfolgten Weiterentwicklungen der A3F-Schaummittel in Richtung Alkoholbeständigkeit, so dass auch Flüssigkeitsbrände mit Alkoholverbindungen besser bekämpfbar wurden.

Die Class-A-Foam-Schaummittel (CASFM) sind eine neuere Entwicklung ausgehend von den USA. Sie basieren auf hochkonzentrierten Mehrbereichsschaummitteln auf Basis abbaubarer, synthetischer Tenside.

Der Artikel der Landesfeuerweherschule¹¹⁰ vergleicht im Folgenden Mehrbereichssäume mit A3F-Säumen und kommt zum Schluss, dass aufgrund der besonderen Eigenschaften wie

- einer schnellen Ausbreitung des Schaums auf Flüssigkeitsoberflächen,
- der Verhinderung des Austritts von Dämpfen und der Wiederentzündung,
- der sogenannten „Selbsteilung“, d.h. des erneuten Lückenschließens des Schaumteppichs sowie
- der Eliminierung des Brandstoffes aus dem eigentlichen Löschmittel bei Anwendung

A3F-Schaummittel insbesondere für Flüssigkeitsbrände (Brandklasse B) unverzichtbar sind. Ein Einsatzgebiet wird insbesondere in der Petro- und chemischen Industrie, der Schifffahrt sowie auf Flughäfen erkannt. De Vries¹¹¹ erwähnt in seinem Lehrbuch, das zusätzlich der Einsatz von Kleinladungsträgern (KLT) aus Kunststoff ab den 80'er Jahren in der Industrie sowie

115 (Leonhardt T., 2009)

die dann später einsetzende Mülltrennung im Dualen System neue Formen des Brandrisikos darstellten, denen nur mit dem Einsatz von Schaummitteln wirksam begegnet werden konnte. Da sich Kunststoffe im brennenden Zustand wie Flüssigkeiten verhalten, weisen auch hier A3F-Schaummittel die höchste Effektivität der Bekämpfung auf. Ansonsten werden für Brände von Stoffen der Brandklasse A beim Vergleich der Eigenschaften keine Vorteile von A3F-Mitteln gegenüber MBS gesehen.

In Bezug auf die Verteilung von Schaummittel wurde oben bereits erwähnt, dass Feuerwehren außerhalb der Ballungsräume vorwiegend Mehrbereichsschaummittel einsetzen. Das bayerische Innenministerium¹¹⁶ ließ auf Basis einer Kurzumfrage im Jahr 2007 verlauten, dass umgekehrt der Anteil von A3F-Schaummitteln an den gesamten Schaummitteln bei den Freiwilligen Feuerwehren in Bayern bei 20 %, bei den Berufsfeuerwehren bei 32 % und bei den Werksfeuerwehren bei 68 % liegt.

Die regionale Verteilung der Löschschaummittelarten auf die Feuerwehren wird im erheblichen Maße von den spezifischen Brandrisiken einer Region bestimmt¹¹³. Bei bestehenden erhöhten Risiken, sprich bei potenziellen Bränden der Klasse B erfolgt eine Vorhaltung bzw. Bestückung von Fahrzeugen mit A3F-Löschmitteln. Bei „normalen“ oder durchschnittlichen Risiken wird für die Auswahl des Mittels der Preis maßgeblich sein. PFC waren seit jeher teuer, so dass auch A3F-Schaummittel immer schon teurer waren wie MBS^{113,114,105,111}. Für die Auswahl der Löschmittel ist aber die jeweilige Feuerwehr zuständig. Möglicherweise sind dann weitere, einzelfallspezifische Gründe für die Auswahl des Löschmittels maßgeblich.

De Vries¹¹¹ erwähnt in Bezug auf die allgemeine Verwendungspraxis von Löschschaummitteln bei Bränden der Klasse A eine seit Einführung der Mittel in den 60'er Jahren deutliche Zurückhaltung bei deren Verwendung durch die Feuerwehren. Die Anwendung beschränkt sich dabei in der Praxis auf die Verwendung von Mittel- oder Leichtschäum zur Flutung von Keller- oder Schiffladeräumen. Die Nutzung als Netzwasser würde meist auch erst verspätet vorgenommen.

Die bereits oben erwähnte Zusammenstellung von Löschmitteluntersuchungen auf deren PFT-Gehalte im Auftrag der Erdöl-Raffinerie Emsland¹¹² weist für 3 untersuchte synthetische Löschmittel mit Kaufdatum 2010 (MBS oder CASFM) keine (beziehungsweise Spuren – Differenz zwischen den untersuchenden Laboren!) nachweisbaren PFT-Konzentrationen auf. Untersuchungen synthetischer Löschmittel mit früherem Kaufdatum liegen nicht vor. Die Untersuchung weist lediglich die Ergebnisse zweier älterer Proteinschaummittel (Fa. Total) von 1997 bzw. vor 1990 auf. Obwohl als fluorfrei¹¹⁷ (nach der seit 2001 geltenden EN 1568) eingestuft, liegen hier Konzentrationen von 0,00012 % bzw. 0,00015 % an PFOS bzw. 0,00019 % bzw. 0,00021 % an Gesamt-PFT vor.

Verschiedene Fachvorträge und Veröffentlichungen^{7,117,5,12} der letzten beiden Jahre weisen daraufhin, dass mit dem faktischen EU-weiten Verbot von PFOS im Jahr 2006 eine Substituierung dieser Substanz durch andere (Per-) und Polyfluorierte Verbindungen in A3F-Löschsäumen stattfand. Hierunter fallen neben den kürzerkettigen Fluortensiden in erster Linie die aus der Fluortelomersynthese stammenden Fluortelomersulfate (z.B. 8:2 FTS, 6:2 FTS), Polyfluoralkylbetaine (PFAB - Capstone A und Capstone B der Fa. DuPont) oder auch weitere polyfluorierte Tenside (z.B. DX 3001 A und DX 3001 B der Fa. Dynax). Allen diesen neuen Verbindungen ist, wie Untersuchungen der Substanzen und ihrer Abbauverhalten belegen, entweder eine Verunreinigung der Ausgangssubstanzen mit

116 (Bayr. Staatsministerium des Innern, 2007)

117 (UBA, Schulte, 2011)

PFOA, PFOS und anderen kurzkettigen PFT oder die Entstehung der Zersetzungsprodukte PFOA, PFHxA oder anderer kurzkettigen PFT aus den Ausgangssubstanzen gemein.

Zahlreiche Untersuchungen auf oder im Umfeld von Flughäfen sowie Großbrandereignissen belegen die mit Löschschaumeinsätzen verbundene Gefährdung der Umweltmedien Boden und Wasser. In einem Fachvortrag des Bayerischen LfU vom Dezember 2013 wurden über Untersuchungsergebnisse nach einem LKW-Brand berichtet, bei dem insgesamt 50 m³ Löschschaum zum Einsatz kam. 20 m³ konnten damals sichergestellt werden, 30 m³ versickerten im Boden. Trotz Einleitung sofortiger Sicherungsmaßnahmen wie Absaugen des Löschwassers, Beseitigung des auffälligen Bodens und Abdeckung der Brandfläche waren deutlich erhöhte PFC-Gehalte im Drainagewasser messbar. Desweiteren waren PFC im Grundwasser nachweisbar. In den Bodenproben wurde 6:2 FTS, PFHxA sowie PFPeA gemessen.

16.6. Zusammenfassung, Interpretation und Bedeutung für die Altlastenerfassung

Im vorliegenden Pilotprojekt fanden Recherchen nach Einsatzorten von Löschschäumen in ausgewählten Kommunen des Landkreises Sigmaringen statt. Maßgeblich basierte die Durchführung der Arbeiten auf Anhang 2 der Arbeitshilfe für flächendeckende Erhebungen des LANUV über die „Recherche über Quellen zur Ermittlung von PFT-Belastungen durch den Einsatz von Löschschäumen“³. Es sollte überprüft werden, ob die in Anhang 2 veröffentlichten Kriterien zur Erfassung auch auf Landkreise in Baden-Württemberg anzuwenden sind.

INFORMATIONSQLLEN UND BEDEUTUNG

Die ergiebigste und zugleich auch zeitaufwändigste Recherchequelle zur Erstellung einer Art „Adresspool von Einsatzorten mit Löschschaumeinsätzen“ bestand in der Auswertung von Einsatzberichten bei den Feuerwehren selbst. Tendenziell werden die Feuerwehreinsatzberichte bei den Feuerwehren länger verwahrt wie in der kommunalen Verwaltung (hier meistens bei Hauptamt oder Kämmerei). Aus den Einsatzberichten gehen bereits mit der frühesten Form der Berichte die wesentlichen Informationen über Einsatzort und -datum, das Brandereignis, den Einsatz von Schaumlöschmitteln (größtenteils mit Menge), eine genauere Beschreibung des Brandhergangs sowie die vor Ort anwesenden Feuerwehrleute hervor. Falls eine digitale Datenführung der Einsatzberichte erfolgt, erleichtert die Durchführung einer Selektion nach Schaummitteleinsatz und der Ausdruck bzw. Export der Daten den Aufwand erheblich.

Teilweise tauchten Diskrepanzen auf (z.B. nicht vermerkter Einsatz von Leichtschaum, der in einer anderen Quelle erwähnt wird). Die Durchsicht von Einsatzberichten bei einzelnen Abteilungen muss nicht in Betracht gezogen werden, da sich auch die Berichte aus den Abteilungen gesammelt bei der Stützpunktwache befinden. Der Zeitbedarf für die Auswertung speziell der analogen Einsatzberichte muss als beträchtlich eingestuft werden.

Weitere hilfreiche Informationen stammten aus dem seit 1996 jährlich erscheinenden Feuerwehrjournal des Kreisfeuerwehrverbands, in dem die wesentlichen und größten Brandereignisse des jeweiligen Jahres für den Zuständigkeitsbereich der einzelnen Feuerwehren aufgeführt sind. Konkrete Hinweise auf sowie zusätzliche Informationen über einzelne, meist größere Brandereignisse sind hier zu entnehmen. Allerdings muss berücksichtigt werden, dass es sich nur um eine redaktionelle Auswahl besonderer Ereignisse handelt, die den Anspruch als Datenquelle für eine flächenhafte Erfassung nicht erfüllen.

Aus den Angaben der jährlichen Statistiken lassen sich keine Aussagen über den Einsatz von Löschschaummitteln ableiten. Sie enthalten Hinweise auf stattgefunden Brandereignisse (Klein-, Mittel-, Großbrände). Ein Bezug zu einem Einsatz von Schaummitteln besteht nicht.

Die Akten des Kreisarchivs Sigmaringen eignen sich nicht als Basis für eine effiziente, flächenhafte Erfassung von Löschschaumeinsätzen der Feuerwehr. Die hier vorhandenen alten Aktenbestände der Württembergischen und teils Badischen Gebäudebrandversicherung stellen eine gute Datenbasis zur Rekonstruktion einzelner Brandereignisse dar. Falls bereits bekannt ist, dass bei einem speziellen Brandfall größere Mengen an Löschschaummitteln Verwendung fanden, vermittelt diese Datenquelle weitere Detailinformationen über das Brandereignis. Im Rahmen der Aufarbeitung einzelner Brandereignisse mit Löschmittelverwendung sollte eine Auswertung dieses Datenbestands erfolgen.

Sehr hilfreich, informativ und kooperativ gestalteten sich die Gespräche bzw. Befragungen der zuständigen Verantwortlichen wie den jeweiligen Feuerwehrkommandanten und dem Kreisbrandmeister. Nach Einschätzung des Gutachters sollte und muss im Vorfeld von Recherchen Kontakt mit den zuständigen Personen hergestellt werden. Insbesondere das Gespräch mit dem Kreisbrandmeister ist zu suchen, um so wesentliche Informationen über die spezifischen Verhältnisse im Landkreis in Erfahrung zu bringen.

Im Rahmen der Pilotstudie wurde überprüft, ob sich der Einsatz eines Fragebogens als alternative Informationsquelle anbietet. Der Fragebogen sollte Antworten auf die unter 16.4.4 aufgeführten, wesentlichen Sachverhalte geben.

Der geringe Rücklauf der Antworten legt den Schluss nahe, dass ein Fragebogen kein passendes Instrument zur flächenhaften Erhebung der wichtigsten Informationen bei den Feuerwehren darstellt. Vermutlich wäre hier die Kombination mit der Durchführung von Befragungen effektiver, bei der der Fragebogen als eine Art „Protokoll“ zu verstehen ist.

Eine Internetrecherche mit Durchsicht der Homepages von Feuerwehren bzw. lokaler Zeitungen ist als ergänzende Informationsermittlung einzustufen. Eine systematische Erfassung von Einsätzen mit Löschschaummittelverwendung ist hiermit nicht möglich.

ZEITRAUM

Die vom LANUV veröffentlichte untere Abschneidegrenze für den Beginn des Einsatzes PFT-haltiger Löschsäume mit dem Jahr 1975 bestätigte sich in der vorliegenden Pilotstudie. Die „neue“ Generation der AFFF-Löschsäume kam erstmals durch die Fa. 3M unter den Handelsnamen „Light Water“ Ende der 60´er Jahre auf den amerikanischen Markt. Es ist davon auszugehen, dass das Mittel dann auch ab Mitte der 70´er Jahre verstärkt den europäischen Markt eroberte. PFOS kann für die Gruppe der PFC im Zeitraum bis 2002 als Leitsubstanz dieser ersten A3F-Säume bezeichnet werden.

Der Rückzug der Fa. 3M aus der Produktion fluorierter Substanzen mittels Elektrochemischer Fluorierung sowie das faktische Verbot der Verwendung im Jahr 2006 brachte eine Substituierung durch andere, mittels Fluortelomerisation synthetisierter, polyfluorierter Telomerverbindungen (FTS, PFAB od. weitere polyfluorierte Tenside) mit sich. Über das Abbau- und Umbauverhalten der Substituenten liegen noch wenige Informationen vor. Vorhandene toxikologische Untersuchungen belegen allerdings die Degradation zu persistenten, perfluorierten Verbindungen wie PFOA und PFHxA. Eine obere Abschneidegrenze scheint unter diesem Sachverhalt noch nicht gefunden zu sein.

STRUKTUR DES LANDKREISES / BESTEHENDE BRANDRISIKEN

Der Landkreis Sigmaringen muss als ländlich geprägt charakterisiert werden. Der Schwerpunkt der gewerblichen Produktion befindet sich im östlichen Bereich in den Kommunen Men-

gen, Herbertingen und Bad Saulgau. Im westlichen Teil des Landkreises weisen noch die Kommunen Meßkirch und Pfullendorf einen größeren Gewerbebestand auf.

Im Landkreis Sigmaringen gibt es insgesamt 30 Feuerwehren. Darunter befinden sich 25 Freiwillige Feuerwehren und 5 Werksfeuerwehren (WF Zollern, WF Alno, WF Gerberit, WF Bundeswehr Stetten, WF Marienberg). Die Gesamtstärke sämtlicher Feuerwehren im Landkreis beträgt 2860 Personen. Die größte Feuerwehr im Landkreis stellt die Freiwillige Feuerwehr Bad Saulgau mit ca. 267 Feuerwehrleuten.

Gemäß LANUV Arbeitshilfe³ konzentrieren sich Recherchen auf die Brandklasse A (hier: Brände fester Stoffe, hauptsächlich organischer Natur) sowie die Klasse B (Brände von Flüssigkeiten und flüssig werdenden Stoffen), da insbesondere für diese beiden Klassen der Einsatz von Löschmitteln angeraten ist.

Gemäß ausgewerteter Literatur zeichnet sich in der feuerwehrtäglichen Praxis die Verwendung von Schaummitteln für die Klasse A gar nicht oder eher als Netzmittel (Zumischungsrate von Löschschaummittel < 1 %) ab. Die Verwendung findet hier insbesondere bei in Brand geratenen (organischen) Stoffen mit großer Oberfläche wie Textilien oder Stroh statt und dient dazu, das Eindringverhalten des Wassers in das Brandgut zu fördern. Desweiteren beschreibt die Landesfeuerwehrschule Baden-Württemberg, dass es bei Bränden der Brandklasse A keinerlei Vorteile in der Verwendung von A3F-Löschmitteln gegenüber MBS gibt.

Fluorhaltige Löschmittel (A3F, FP) sind nach Aussage vieler Fachvorträge und Veröffentlichungen bisher nach wie vor unverzichtbar in der Bekämpfung von Bränden der Klasse B. Ihre hervorragenden Brandbekämpfungseigenschaften beruhen auf der Ausprägung eines dünnen Wasserfilms zwischen unpolare Flüssigkeit und Umgebungsluft. Im Vergleich zu den MBS gibt es bei den A3F-Löschmitteln auch alkoholbeständige Varianten, die insbesondere zur Absicherung der Brandrisiken durch die zunehmende Lagerung von Bioethanol dient. Damit sind auch die besonderen Einsatzbereiche für die Verwendung von A3F-Löschmittel charakterisiert, die u.a. die folgenden gewerblichen Nutzungen betreffen:

- Petrochemie, große Tanklager, Raffinerien
- Chem. Fabriken mit entsprechenden Lagern
- Kunststoffverarbeitende Betriebe
- Gewerbebetriebe mit entsprechenden Lagersystemen aus Kunststoffen (KLT)
- Reifenherstellung und -großhandel
- Flughäfen, Bundeswehrübungsgebiete mit Flugverkehr
- Betriebe der Mülltrennung (Gelber Sack) oder Schrottverwertung (Shreddereinrichtungen)
- Bahn- und LKW-Umschlagstationen
- etc.

Die Vornahme einer Analyse der gewerblichen Struktur eines Landkreises ist nach Einschätzungen des Verfassers wichtig, da hier ein direkter Zusammenhang mit den spezifischen Brandrisiken eines Landkreises zu finden ist. Damit sind indirekt Aussagen über Wahrscheinlichkeiten eines Einsatzes PFC-haltiger Feuerlöschmittel in der Vergangenheit ableitbar. Für die rückwirkende Betrachtung kann hier das Boden- und Altlastenkataster des Landkreises dienlich sein, um Hinweise auf frühere Gewerbebetriebe, sprich früher bestandene Brandrisiken abzuleiten.

Anzahl und Verteilung von Werksfeuerwehren im Landkreis, die i.d.R. Großfirmen der oben aufgeführten Kategorien betreffen, vermitteln direkte Hinweise auf bestehende erhöhte Brandrisiken. Die Anzahl und Verteilung der Berufsfeuerwehren fällt ebenfalls hierunter, wobei die Häufigkeit der Bestückung der Berufsfeuerwehren mit PFC-haltigen Löschschäumen nicht so stark ausgeprägt ist wie bei Werksfeuerwehren. Meistens sind Berufsfeuerwehren im städtischen Umfeld als finanzstärker einzustufen, so dass die Wahl dort öfters auf das „leistungsfähigere“ Löschmittel fällt.

Sämtliche Überlegungen unter der Überschrift „Struktur des Landkreises / Bestehende Brandrisiken“ sind zielführend, wenn sich die bisher abzeichnende „Fluorfreiheit“ von Mehrbereichschaummittel bestätigt. Veröffentlichungen, Angaben befragter, fachkundiger Personen sowie die wenigen vorliegenden Analysen deuten darauf hin, dass MBS als bereits in den 50'er Jahren entwickeltes, synthetisches Schaummittel frei von per- und polyfluorierten Verbindungen war und ist. Nach Auffassung der Verfasser besteht hier ein weiterer, vordringlicher Klärungsbedarf.

MBS sind als die Schaumlöschmittel der Freiwilligen Feuerwehren anzusehen. Der Grund ihrer überwiegenden Verwendung bei den Freiwilligen Feuerwehren besteht darin, dass unter Kosten/Nutzen-Analyse (billiger wie A3F/geringere Brandrisiken) damit das beste Mittel zur Verfügung steht.

Die vorgenommenen Überlegungen sind unter der Rubrik „Analyse des Potenzials für den Einsatz von PFT-haltigen Löschschäumen“ zu sehen. Aussagen können nur als Tendenz oder Wahrscheinlichkeit eines möglichen Einsatzes PFC-haltiger Löschschäume interpretiert werden. Scharfe Abgrenzungen sind nicht möglich. Gründe dafür sind u.a. in der

- Überlandhilfe,
- Verfallsdatum der bei Firmen vorgehaltenen Löschmittel (Verbrauch durch Feuerwehr) sowie in der
- Wahlfreiheit des Löschmittels jeder einzelnen Feuerwehr zu sehen.

Bei Großbränden mit angeforderter Überlandhilfe können PFC-haltige Löschmittel anderer Feuerwehren zum Einsatz kommen. Aufgrund der freien Wahl des Löschmittels, können bei jeder Feuerwehr noch weitere Gründe für die Auswahl von Löschmitteln eine Rolle spielen.

SYSTEMATISCHE ERFASSUNG

In gewerblich / industriell geprägten Land- bzw. Stadtkreisen, Kreisen mit unklarer Gemengelage oder in ausgewählten Kommunen mit entsprechenden „Brandrisikopotenzialen“ ist nach Auffassung des Verfassers eine flächendeckende Auswertungen der Einsatzberichte geboten.

Anhang 2 der LANUV Arbeitshilfe³ beschreibt als maßgebliche **Einsatzorte für Löschschaummittel** die *Brandereignisse* selber.

Als weitere Beurteilungskriterien werden die **Brandgrößen** genannt. Im Zentrum einer Erfassung stehen dabei die Großbrände. Der Grund dafür liegt ausschließlich in der eingesetzten Menge von Löschschaummitteln.

Die Ergebnisse der Auswertung von Einsatzberichten der Freiwilligen Feuerwehren Bad Saulgau, Meßkirch und Gammertingen weisen keinerlei Signifikanzen zwischen der Brandgröße und dem Einsatz von Löschschaummitteln auf. Zahlenmäßig kommt es häufiger sogar bei Kleinbränden zur Verwendung von Löschschaummitteln (Fahrzeugbrände). Die statistische Auswertung der Löschschaummengen ergab, dass der Median der eingesetzten Menge bei Großbränden mit 160 l deutlich höher lag wie bei Klein- und Mittelbränden (20 bzw. 25 l). Diese Zahlen gelten für insgesamt 3 ausgewählte Kommunen im ländlich geprägten Landkreis Sigmaringen.

Die Spanne der Einsatzmenge belief sich aber für Klein- und Mittelbrände auf bis zu 140 l bzw. 180 l, was in der Größenordnung des errechneten Medians für Großbrände liegt. Eine gesicherte Selektion von Brandereignissen mit Risiken auf einen möglichen PFC-Eintrag ist auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse für das Kriterium Brandgröße = Großbrände nicht gegeben.

In diesem Zusammenhang besteht ein weiterer, genereller Klärungsbedarf darüber, welche Menge eingesetzten Löschschaummittels als akzeptabel und welche Menge als nicht mehr akzeptabel betrachtet werden kann. Eine direkte Abhängigkeit zu weiteren Faktoren wie der Oberflächenversiegelung des einzelnen Brandfalls liegt vor.

Neben den Brandereignissen sind die *Feuerwehrstandorte* selbst als potenziell verdächtig zu betrachten. Dieser Sachverhalt gewinnt auf Grundlage der bisher bestehenden Informationen insbesondere für den Standort der Stützpunktwache der Freiwilligen Feuerwehr Bad Saulgau Bedeutung. Hier werden zum einen A3F-Mittel für einen privaten Gewerbebetrieb bevorratet und zum anderen wurden in der Vergangenheit im Hofbereich auf gepflasterter Fläche Löschschaumübungen vorgenommen. Desweiteren besteht eine Schlauchreinigungsanlage im Gebäude, die an die öffentliche Kanalisation angeschlossen ist.

Nach den Ergebnissen der Befragungen ergeben sich für die Standorte der Abteilungen keine Hinweise auf mögliche Einträge von PFC-haltigen Verbindungen. Viele Abteilungen sind erst im Verlauf der 90'er Jahre mit entsprechenden Fahrzeugen ausgerüstet worden, die befähigt sind, Sonderausstattungen aufzunehmen. Die Abteilungen besitzen bis heute meistens keine Schaumrüstung, da in der Regel auf den Fahrzeugen der Abteilungen einer Atemschutz-ausrüstung als sogenannte Sonderausstattung der Vorzug gegeben wird

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich eine Recherche auf die Standorte der Stützpunktwachen konzentrieren sollte. Mögliche Verunreinigungen begründen sich über Tropf- und Handhabungsverluste von Löschschaummitteln sowie über mögliche Einträge von Waschwässern in den Untergrund.

Weitere Einsatzorte für Schaummittel sind in den *Übungsplätzen* der Feuerwehren zu sehen. Den Angaben der befragten Personen nach fanden Übungen selten, teils auf alternierenden Örtlichkeiten, häufiger aber auf dem Gelände der Kläranlage statt. Teilweise wurden Übungen auch auf dem Gelände der Stützpunktwache auf ± versiegelter Fläche (Pflasterbelag) vorgenommen.

Eine abschließende Beurteilung ist hier aufgrund der vorliegenden Datenbasis noch nicht möglich. Die Aussagen sind als Tendenzen aus den Befragungen sowie aus den wenigen Rücklaufexemplaren des Fragebogens zu werten.

Herstellungsbetriebe für Löschsäume liegen im Landkreis Sigmaringen nicht vor. In diesem Zusammenhang muss noch erwähnt werden, dass Recherchen in Landkreisen mit Herstellungsbetrieben von Löschsäumen oder Feuerwehrlöschern sich neben den eigentlichen produktionstechnischen Anlagen auch auf mögliche Test- und Übungsplätze auf dem Firmengelände konzentrieren sollten.

Betriebe mit Bevorratung von Löschschaummittel werden als weitere Einsatzorte für Löschschaummittel genannt. Mögliche Verunreinigungen begründen sich auch hier über Tropf- und Handhabungsverluste von Löschschaummitteln. Es besteht nach Meinung des Verfassers ähnlich wie für die Lagerung von Löschschaummitteln in den Stützpunktfeuerwehren weiterer Klärungsbedarf über eine Betondurchlässigkeit für fluorierte Substanzen.

BEDEUTUNG FÜR DIE ALTLASTENERFASSUNG

Die dargestellten Ergebnisse und ihre Interpretation gelten auf Grundlage der bisher erfassten Informationen. Die bisherigen Ergebnisse deuten darauf hin, dass mit der Verwendung von MBS keine Gefährdung der Umweltmedien vorliegen.

Es wird daher aus Gründen der Verhältnismäßigkeit vorgeschlagen, einer systematischen Erfassung eine Art „strukturelle Risikoanalyse für den Einsatz PFC-haltiger Löschsäume“ im Landkreis vorzuschalten. Die Durchführung einer Fragebogenaktion hat sich dafür als mögliches Mittel im Landkreis Sigmaringen nicht bewährt. Stattdessen wird vorgeschlagen, auf Grundlage des Fragebogens direkte Befragungen der entsprechenden Kenntnisträger aus Feuerwehr und Verwaltung durchzuführen und zu protokollieren.

Mit den Ergebnissen aus dieser Analyse müsste in einer gemeinsamen Abstimmung zusammen mit den Verantwortlichen der Unteren Verwaltungsbehörde darüber entschieden werden,

ob überhaupt oder in welchen Teilbereichen eine systematische Erfassung als nächst folgender Bearbeitungsschritt sinnvoll wäre.

Für die systematische Erfassung von Einsatzorten für Löschschäume sind die Vorgaben des LANUV als eine geeignete Grundlage zu betrachten. Für Standorte der Abteilungsfeuerwehren besteht zumindest für den ländlichen Raum keine Notwendigkeit einer Erfassung. Weitere Fragen über die zu erfassenden Brandgrößen sowie Einsatzorte (siehe folgend) sind noch zu klären.

Klärungsbedarf besteht zusammenfassend für die folgenden Fragestellungen:

- Sind MBS schon immer PFC-frei gewesen?
- Ab welcher eingesetzten Schaummittelmenge liegt eine potenzielle Gefährdung vor?
- Bildet Beton eine ausreichende Barriere gegen einen Eintrag von PFC in den Untergrund?

ZUSAMMENFASSENDER KURZDARSTELLUNG / STECKBRIEF

Zeitraum

- Untere Abschneidegrenze ca. 1975
- Obere Abschneidegrenze bis heute (noch offen)

Stoffe / Stoffgruppen

- PFOS, PFOA, PFHxA, allg. PFCA, PFSA, Fluortelomere wie FTS (6:2 FTS) FT-Betaine,

„Branchen

- Großbrände mit Löschmitteleinsatz
- Klein- und Mittelbrände mit Löschmitteleinsatz?
- Standorte der Stützpunktfeuerwehren
- Übungsstandorte bei mehrmaliger Verwendung

Kontaminationsträchtige Faktoren

- Direkter Eintrag über Löschschäume
- Handhabungsverluste?
- Reinigung von Schläuchen und Geräten

Relevante Anlagen und Anlagenteile

- Brandereignisse
- Vorrattanks von Löschschaummitteln bei Feuerwehr und privaten Betrieben
- Festinstallierte Feuerlöschanlagen bei Firmen
- Leckagen im Kanalsystem

abschließende Bewertung

- Erfassung in Abhängigkeit einer Risikoanalyse des Einsatzes PFC-haltiger Löschschäume

17. Empfehlung / weiterer Handlungsbedarf

Mit den Ergebnissen der vorliegenden Pilotstudie über die Verwendung und den Einsatz PFC-haltiger Substanzen in verschiedenen gewerblichen Branchen sowie über den Umgang und den Einsatz von PFC-haltigen Feuerlöschschäumen im Landkreis Sigmaringen besteht eine Grundlage für eine Diskussion über die landesweite Verwert- und Übertragbarkeit der Ergebnisse.

Insbesondere stellt die Untergruppe der bereits ubiquitär festzustellenden Perfluorierten Tenside weiterhin ein Gefährdungspotenzial für die Umweltmedien dar. Von Seiten der Verfasser wird zum Zweck der Verminderung bzw. Vermeidung zukünftiger weiterer Einträge von PFC aus punktuellen Immissionsquellen wie Altlasten oder schädlichen Bodenveränderungen empfohlen, die branchenspezifische Verwendung von PFC im bestehenden Boden- und Altlastenkataster sowie bei zukünftigen Erfassungen altlastverdächtiger Flächen zu berücksichtigen. Gleichzeitig wird die Notwendigkeit erkannt, Standorte mit Umgang und Verwendung PFC-haltiger Löschschäume systematisch und flächenhaft in das Boden- und Altlastenkataster aufzunehmen.

In der vorliegenden Pilotstudie werden zur zukünftigen Vorgehensweise bei der Gefährdungsabschätzung von Flächen mit Umgang von PFC-haltigen Substanzen (Branchen und Einsatzflächen von Löschschaummitteln) konkrete Vorgaben formuliert. Ebenso erfolgt die Beschreibung des weiteren Klärungsbedarfs, um vorliegende Ergebnisse zu verifizieren bzw. Annahmen zu überprüfen. Der folgenden Auflistung sind die noch offenen Fragestellungen zu entnehmen:

- Bereich Galvanik: Für die unter Priorität 2 erwähnten Teilbranchen wie alkalisch, zyanidfreie Verzinkung, Vergoldung, etc. bestehen Hinweise auf einen sehr geringen Umfang der PFT-Verwendung. Die Durchführung weiterer Recherchen bietet sich an, um die genannten Verfahren möglicherweise gesichert ausschließen zu können.
- Farben und Lacke: Für die Herstellungsbetriebe von Farben und Lacken sowie Druckfarben besteht weiterhin der Bedarf nach Detailinformationen über Hersteller, Art und Umfang des Einsatzes von Farben und Lacken. Für die verarbeitenden Betriebe wie Lackierereien und Lackieranlagenbetreibern stellt sich die Frage, ob für diese Anlagen Risiken eines Eintrags von PFC in den Untergrund bestehen.
- Gefahreinschätzung: Zur Gefährdungsabschätzung von Einträgen durch Umfüll- oder Handhabungsverlusten fehlen genaue Erkenntnisse darüber, ob per- oder polyfluorierte Substanzen Betonböden durchwandern können. Bisher wurde von der Annahme ausgegangen, dass sie dieses nicht tun.
- Untersuchungen von Altfällen: Es wird vorgeschlagen, bei laufenden technischen Untersuchungsmaßnahmen den Umfang der Untersuchung und Analytik auf die PFC-Problematik zu erweitern. Dies trifft auf Deponien (Alt-, Übergangs, Inertstoff-/Baustoffdeponien), Farben- und Lackfabriken, Galvanische Betriebe, Textilbetriebe mit Imprägniereinrichtungen, Halbleiterherstellung und die Papier- und Pappeherstellung zu.
- Zusätzliche Untersuchungen: In Bezug auf die Frage der Einschätzung, ab welcher eingesetzten Schaummittelmenge ein erheblicher Schadstoffeintrag zu befürchten ist, ist eine Durchführung von exemplarischen Untersuchungen von Brandereignissen zu empfehlen.
- Mehrbereichsschaummittel: Von Seiten der Verfasser wird die Klärung der Frage, ob MBS schon immer frei von PFC waren, eine besondere Bedeutung beigemessen. Die Klärung könnte über Analysen oder weiteren Recherchen nach Ergebnissen von Löschschaumanalysen bzw. Löschwasseranalysen von MBS erfolgen.

18. Verzeichnisse

18.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Klassische Vertreter der perfluorierten Tenside (Abbildungen aus Veröffentlichung LfU Bayern)	9
Abbildung 2: Elektrofluorierung von Octansulfonylfluorid (Abbildung aus Dissertation Albers ⁶).....	9
Abbildung 3: N-Ethyl-N-(2-hydroxyethyl)perfluorooctylsulphonamide = N-ethylperfluorooctanesulphonamidoethanol (N-EtFOSE)	10
Abbildung 4: Herstellungsschema Elektrochem. Fluorierung und Einsatzbereiche (Abbildung nach Bay. LGL ⁸).....	10
Abbildung 5: Kettenwachstum bei der Fluortelomerisierung (Abbildungen aus Dissertation Albers ⁶)....	11
Abbildung 6: Herstellungsschema Telomerisation und Einsatzbereiche (Abbildung nach Bay. LGL ⁸).....	11
Abbildung 7: Mit fluorierten Polymeren ausgerüstetes Textil (Abbildungen aus Vortrag Schröder, Verband TEGEWA, 2009); ‚FC‘ kennzeichnen die Perfluoralkylketten.	28
Abbildung 8: Inlandsverbrauch von Farben und Lacken in Deutschland, 2012 (Quelle: Homepage VdL ⁷⁷).....	37
Abbildung 9: Brandklassen und empfohlenes Löschmittel (nach Feuerwehr Offenbach-Bieber).....	60
Abbildung 10: Ausbildung des Wasserfilms auf unpolaren Flüssigkeiten (Grafik aus vfdb Zeitschrift nach Leonhardt ¹¹⁵).....	74

18.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Analysenspektrum nach DIN 38407-42, LfU Bayern (2012) und Labor Dr. Nowak (2014)....	13
Tabelle 2: Schätzungen jährlich eingesetzter PFOS-Mengen in der galvanischen Industrie.....	23
Tabelle 3: Abfallarten mit PFT-Verunreinigungen (Tabelle leicht verändert aus (LANUV NRW, 2011) übernommen).....	43
Tabelle 4: Untersuchungen von Deponiesickerwässern in Baden-Württemberg ⁸⁹ (Tabelle leicht verändert übernommen)	44
Tabelle 5: Einteilung von Bränden in die Brandklassen A bis F (nach Feuerwehr Uerkental, Schweiz) 60	
Tabelle 6: Schaumarten mit Verschäumungszahl und Löschwirkung.....	61
Tabelle 7: Verteilung von Brandfällen mit Löschmitteleinsatz nach Brandgrößenklassen.....	67
Tabelle 8: Anzahl sämtlicher Brandfälle und mit Löschschaumverwendung (LS) zw. 2008 und 2012 gruppiert nach Brandgröße.....	68
Tabelle 9: Verteilung eingesetzter Löschmittelmengen nach Brandgrößenklassen	68

18.3. Literaturverzeichnis

numerisch

- [1] Fa. Berghof, „Technische Untersuchung eines PFT-Schadensfalls,“ Fa. Berghof Analytik und Umweltengineering GmbH & Co.KG, Tübingen, 2012.
- [2] H. Mark, S. Schroers und A. Hädicke, „Informationsquellen zur Ermittlung von PFT-Belastungen durch den Einsatz von Löschsäumen,“ *altlasten spektrum*, pp. 262-267, 06 2012.
- [3] LANUV NRW, „Arbeitshilfe für flächendeckende Erhebungen über Altstandorte - 2. überarbeitete Auflage (MALBO 15),“ Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen, 2013.
- [4] United Nations Environment Programme, „Risk profile on perfluorooctane sulfonate,“ Genf, 2006.
- [5] LANUV NRW, „Verbreitung von PFT in der Umwelt; Ursachen-Untersuchungsstrategie-Ergebnisse-Maßnahmen; LANUV Fachbericht 34,“ 2011.
- [6] M. Albers, „Analytik und Elimination von perfluorierten Tensiden aus Prozesswässern der Galvanik,“ *Dissertation-Bergische Universität Wuppertal, Wuppertal*, 2011.
- [7] Bayerisches Landesamt für Umwelt, „Medienübergreifende Umweltanalytik persistenter Perfluortenside und Bestimmung (semi)flüchtiger Vorläuferverbindungen,“ 2012.
- [8] Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit, „Umweltmedizinische Bedeutung perfluorierter Kohlenwasserstoffe (PFC),“ Erlangen, 2006.
- [9] Buck et al. , *Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances in the Environment: Terminology, Classification, and Origins*, 2011.
- [10] Institut Dr. Nowak im Auftrag Fa. Berghof, „Untersuchung eines Löschschaummittels,“ 2014.
- [11] LAWA Expertenkreis Stoffe, „Stoffdatenblatt PFOS,“ 15 03 2010.
- [12] Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, „Umweltrelevanz von PFT aus Sicht des Boden-, Oberflächengewässer- und Grundwasserschutzes,“ *Bodenschutz - Alex-Informationsblatt* 29, 07 2013.
- [13] J. Ohrem, „Charakterisierung des biologischen Abbaus von Azofarbstoffen am Beispiel von DRIMARO sowie des sonochemischen Abbaus von ausgewählten perfluorierten Tensiden,“ *Universität Köln*, 2013.
- [14] 3M, *Phase-out Plan for POSF-Based Products*, 2000.
- [15] Trinkwasserverordnung, „Erste Verordnung zur Änderung der TVO“. 03 Mai 2011.
- [16] Trinkwasserkommission, „Bewertung von PFOA im Trinkwasser des Hochsauerlandkreises - Vorläufige Bewertung von PFT im Trinkwasser am Beispiel ihrer Leitsubstanzen PFOS und PFOA“. 13 Juli 2006.
- [17] Umweltministerium Baden-Württemberg, Schreiben vom 21.05.2007 zu Warnwert für die Zulassung der bodenbezogenen Verwertung für die Summe PFOS, PFOA sowie sieben weiteren PFT-Verbindungen, verlängert Stuttgart 29.04.2008
- [18] LfU Baden-Württemberg, „Branchenkatalog zur historischen Erhebung von Altstandorten, 2. erweiterte Auflage,“ Karlsruhe, 1993.
- [19] LUBW, „Branchenkatalog zur historischen Erhebung von Altstandorten,“ LUBW, Karlsruhe, 1993.
- [20] Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, „Branchenbezogene Merkblätter zur Altlastenbehandlung; 6: Galvanikbetriebe,“ Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 2000.
- [21] Sofia, Ökopool, ZVO, „Branchenanalyse der deutschen Galvano- und Oberflächentechnik,“ unbekannt.

- [22] ZVO - Herbert Baunach, Vorsitzender, Galvano- und Obeflächentechnik - Garanten des technischen Fortschritts, 2007
- [23] UBA, Galvanische Oberflächenbeschichtung, <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/industrieverarbeitung-von-metallen/galvanische-oberflaechenbeschichtung>, Dessau
- [24] AG BREF Oberflächentechnik, „Entwurf des deutschen Beitrags zu den besten verfügbaren Techniken bei der Behandlung metallischer und nichtmetallischer Oberflächen mit chemischen und elektrochemischen Verfahren“, AG BREF, Berlin, 2002.
- [25] Umweltbundesamt, „Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung- Merkblatt zu den besten verfügbaren Techniken für die Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoffen“, Umweltbundesamt, Dessau, 2005.
- [26] UBA, Zangl, Blepp, Marquardt, Moch, „Nationale Umsetzung des Stockholmer Übereinkommens zu persistenten organischen Schadstoffen (POPs)- PBDE und PFOS in Erzeugnissen und im Recyclingkreislauf“, UBA, 2012.
- [27] E. Dettner, Handbuch der Galvanotechnik, Band II, München: Carl Hanser Verlag, 1966.
- [28] US NAVFAC, Final report for the use of wetting agents/fume suppressants for minimizing the atmospheric emissions from hard chromium electroplating baths, 2004.
- [29] Krause, „Galvanotechnik: galvanische Metallveredelung und Galvanoplastik“, 1957.
- [30] S. W. Hubert Nobis, Interviewee, Befragung. [Interview]. 2013.
- [31] R. F. Wolfram Willand, Interviewee, Befragung. [Interview]. 2013.
- [32] Hansgrohe AG, „Minimierung des PFT Eintrags in die Galvanikabwässer“, Hansgrohe AG, 2008.
- [33] Department of Environment England and Wales, „Risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks for perfluorooctane sulphonate(PFOS)“, Department of Environment, Food and Rural Affairs & Environment agency for England and Wales, UK, 2004.
- [34] H. Breidenbach, Abwasserbelastungen durch PFC-Stoffe in Galvaniken, Berlin, 2009.
- [35] Blasberg Werra Chemie GmbH, Schwarz, Schiffer, „Perfluorierte Tenside in der Oberflächenveredelung- Vermeidung von Emissionen oder Substitution?“, Galvanotechnik, Bde. %1 von %2Heft 01/2010, Sonderdruck, 2010.
- [36] National Institute for Public Health and the Environment, Netherlands, Estimation of emissions and exposures to PFOS used in industry- a PFOS use inventory in metal plating and fire fighting, 2009.
- [37] Nordic Council of Ministers, Per- and polyfluorinated substances in the Nordic countries, 2013.
- [38] Danish Ministry of the Environment, substitution of PFOS for use in non-decorative hard chrome plating, 2011.
- [39] A. U. B. Stadt Wuppertal, Sanierungsvorhaben ehemalige Galvanik in Wuppertal Cronenberg/Unterkohlfurt, 2011.
- [40] S. D. Gottfried Schellartz, Interviewee, Befragung. [Interview]. 2013.
- [41] DGO- Galvano Röhrig, substitution von PFOS bei der Glanzverchromung, 2009.
- [42] IGM, IMU, „Textilgewerbe- Branchenanalyse 2009,“ 2009.
- [43] Outdoor Industry Association, Backgrounder: Use of DWR treatments in outdoor products, 2012.
- [44] UBA, Per- und Polyfluorierte Chemikalien- Einträge vermeiden- Umwelt schützen, 2009.
- [45] I. T. C. R. C. B. S. H. K. K. Prevedouros, „Sources, Fate and Transport of Perfluorocarboxylates“, Environmental Science & Technology, Vol. 40, pp. 32-44, 2006.
- [46] P. W. Grajeck EJ, Textile Research Journal , pp. 320 - 331, April 1962.
- [47] LUBW, Wildner, „PFT- Bedeutung für Mensch und Umwelt“, 2012.
- [48] 12. Karlsruher Altlastenseminar, BauPortal 10/2011, 2011.

- [49] Landesbetrieb Hessisches Landeslabor, *Poly- und perfluorierte Chemikalien – Eigenschaften, Verwendung, Verhalten in der Umwelt und Nachweis in verschiedenen Matrices*, 2013.
- [50] LANUV NRW, *Erkundung und Sanierung von PFT-Boden und Grundwasser-Kontaminationen, unbekannt*.
- [51] TEGEWA, Schröder, *Abwassererträge von per/polyfluorierten Chemikalien (PFC) in der Textilindustrie (PowerPoint-Vortrag)*, Berlin, 2009.
- [52] Norwegian pollution control authority, *„Screening of Polyfluorinated organic Compounds at four fire training facilities in Norway,“* 2008.
- [53] MTS Germany, *„Einsatz fluorierter Stoffe in der Textilindustrie,“* 2011.
- [54] Bundesinstitut für Risikobewertung, *„Einführung in die Problematik der Bekleidungstextilien,“* 2012.
- [55] H. R. Walter Marx, Interviewee, Befragung. [Interview]. 2013.
- [56] I. Michael Pöhlig, Interviewee, Befragung. [Interview]. 2013.
- [57] R. T. Seidel, Interviewee, Befragung. [Interview]. 2013.
- [58] H. Mark, S. Schroers und A. Hädicke, *„Informationsquellen zur Ermittlung von PFT-Belastungen durch den Einsatz von Löschschäumen,“ altlasten spektrum, pp. 262-267, 06 2012.*
- [59] W. L. Gore and Associates, *Fact Sheet on PFCs*, 2012.
- [60] Danish Ministry of the Environment, *„survey and environmental/health assessment of fluorinated substances in impregnated consumer products and impregnating agents,“* 2008.
- [61] Sympatex Technologies GmbH, *Factsheet Fluorcarbone (PFC)*, 2012.
- [62] Bundesinstitut für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, *„Risikobewertung von Perfluortensiden als Beitrag zur aktuellen Diskussion zum REACH-Dossier der EU-Kommission,“* 2005.
- [63] UNIDO, *Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) production and use: past and current evidence*, 2009.
- [64] Bundesinstitut für Risikobewertung, *Fluortelomer-behandelte Bekleidungstextilien*, 2006.
- [65] Greenpeace e.V., *„Chemie für jedes Wetter,“* 2012.
- [66] Swedish Society for Nature Conservation, *Fluorinated pollutants in all-weather clothing*, 2006.
- [67] G. Statista, *„Statista - das Statistik Portal,“* 10 2013. [Online]. Available: <http://de.statista.com/statistik/faktenbuch/296/a/branche-industriemarkt/elektronikindustrie/halbleiterindustrie/>. [Zugriff am 10 2013].
- [68] Wikipedia, *„Fotolithografie,“* 10 2013. [Online]. Available: http://www.google.de/imgres?client=firefox-a&hs=Qbu&sa=X&rls=org.mozilla:de:official&channel=np&biw=1308&bih=1053&tbm=isch&tbnid=w_QEmeCVCDcuzM:&imgrefurl=http://de.wikipedia.org/wiki/Fotolithografie_%28Halbleitertechnik%29&docid=42Fn98eTbs0syM&imgurl=htt. [Zugriff am 10 2013].
- [69] Tang et al., *„use of reverse osmosis to remove perfluorooctane sulfonate(PFOS) from semiconductor wastewater,“* *Environ. Sci. Technol.*, 2006.
- [70] Halbleiter.org, *„Halbleitertechnologie von A-Z,“* [Online]. Available: <http://www.halbleiter.org/nasschemie/scheibenreinigung/>. [Zugriff am 8 10 2013].
- [71] Lin et al., *The impact of semiconductor, electronics and optoelectronic industries on downstream perfluorinated chemical contamination in taiwanese rivers*, 2009.
- [72] L. R. Leonhardt, Interviewee, Befragung. [Interview]. 09 2013.
- [73] United Nations Environment Programme, *Guidance for the inventory of perfluorooctane sulfonic acid and related chemicals listed under the Stockholm convention on POPs*, 2012.
- [74] VDP, *„Verband Deutscher Papierfabriken,“* 10 2013. [Online]. Available: <http://www.vdp-online.de/de/>. [Zugriff am 17 10 2013].
- [75] UBA, Almut Reichert, *„Perfluorierte Organische Verbindungen in der Papierindustrie,“* 2009.

- [76] PTS, *Untersuchungen zur Reduzierung organischer Spurenstoffe in Abwässern der Papierindustrie mit Hilfe weitergehender Reinigungstechnologien*, 2013.
- [77] VdL, „Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie,“ 01 2014. [Online]. Available: <http://www.lackindustrie.de/Seiten/Startseite.aspx>. [Zugriff am 16 01 2014].
- [78] Danish Ministry of the Environment, „More environmentally friendly alternatives to PFOS-compound and PFOA,“ 2005.
- [79] S. Havelund, „Kortlægning af perfluorooktanylsulfonat og lignende stoffer iforbrugerprodukter – fase 2,“ Miljøstyrelsen, 2002.
- [80] Herzke et al., „Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in consumer products in Norway – A pilot study,“ *Chemosphere* 88 , p. 980–987, 2012.
- [82] Washburn et al., „Exposure Assessment and Risk Characterization for Perfluorooctanoate in Selected Consumer Articles,“ *Environmental Science & Technology* 39, pp. 3904-3910, 2005.
- [83] Bundesverband Farbe Gestaltung Bautenschutz, „Einsatz von PFT bei Lackherstellern,“ 31 01 2014.
- [84] F. f. P. u. L. e. Dr. Hilt, Interviewee, Befragung. [Interview]. 01 2014.
- [85] Oelcheck, „Die Analyse schwerentflammbarer HFC-Hydraulikflüssigkeiten,“ 2011. [Online]. Available: <http://www.oelcheck.de/wissen-von-a-z/komplexe-begriffe/schwerentflammbare-hydraulikfluids-oelchecker-fruehjahr-2011.html>. [Zugriff am 07 02 2014].
- [86] BiPRO, „Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs,“ 2011.
- [87] Weber et al., *POPs and landfills- a review of past experiences and future challenges*, 2011.
- [88] Busch, *Analysis of poly- and perfluorinated compounds in landfill effluent using HPLC-MS/MS*, 2009.
- [89] LUBW, *Vollzugsrelevante Entwicklungen aus dem Bereich des Deponiebetriebs*, Vortrag, 2012.
- [90] Dr. Ing. Jedele und Partner GmbH, „Untersuchungen zum Verbleib von PFT-Verbindungen in abgelagerten Bodenmaterial und im Sickerwasser der Deponie Burghof im Landkreis Ludwigsburg,“ LUBW, Karlsruhe, 2013.
- [91] Bau- und Umweltschutzdirektion Kanton Basel-Landschaft, *Untersuchung der Sickerwässer von Inertstoffdeponien und von Bachsedimenten der jeweiligen Vorfluter auf Schadstoffe*, 2013.
- [92] Huset et al., *Quantitative determination of fluorochemicals in municipal landfill leachates*, 2010.
- [93] Benskin et al., *Per- and polyfluoroalkyl substances in landfill leachate- patterns, time trends, and sources*, 2012.
- [94] Wikipedia, „Feuerwehrgesetz,“ 04 2013. [Online]. Available: http://de.wikipedia.org/wiki/Feuerwehrgesetz_%28Deutschland%29. [Zugriff am 10 2013].
- [95] LöRüRL Baden-Württemberg, *Löschwasserrückhalterichtlinie*, Baden-Württemberg, 1993.
- [96] Landtag von Baden-Württemberg, *Feuerwehrgesetz*, Stuttgart: Land Baden-Württemberg, 2010.
- [97] Wikipedia, „Kreisbrandmeister,“ 01 11 2013. [Online]. Available: <http://de.wikipedia.org/wiki/Kreisbrandmeister>. [Zugriff am 11 2013].
- [98] Feuerwehr Seck, „Klassifizierungen und Brandklassen,“ 2008. [Online]. Available: <http://www.feuerwehr-seck.de/htdocs/?q=node/11>. [Zugriff am 10 2013].
- [99] Feuerwehr Uerkental, *Löschmittel - Brandklassen (Abbildung)*; <http://www.fw-uerkental.ch/Ausbildung/L%C3%B6schmittel/Brandklassen/tabid/69/Default.aspx>
- [100] Feuerwehr Offenbach-Bieber, 2014, *Brandklassen*
- [101] Wikipedia, „Löschschäume,“ 11 2013. [Online]. Available: <http://de.wikipedia.org/wiki/L%C3%B6schschaum>. [Zugriff am 11 2013].
- [102] Vielstich, Interviewee, Befragung. [Interview]. 04 02 2014.
- [103] L. S. Hack, Interviewee, Kreisbrandmeister. [Interview]. 10 2013.
- [104] F. B. S. Dumbeck, Interviewee, Feuerwehrkommandant. [Interview]. 10 2013.

- [105] U. Biegel-Engler, Interviewee, Befragung. [Interview]. 07 02 2014.
- [106] D. L. B. Gierig, Interviewee, Befragung. [Interview]. 10 03 2014.
- [107] L. N. Stefan Schroers, Interviewee, Befragung. [Interview]. 2014.
- [108] D. M. F. S. Prall, Interviewee, Befragung. [Interview]. 11 02 2014.
- [109] Borgia, Interviewee, Ehem. Feuerwehrkommandant Süßen. [Interview]. 14 04 2013.
- [110] Landesfeuerwehrschule Baden-Württemberg, „Fluorhaltige Schaumlöschmittel - Richtige Auswahl und umweltverträglicher Einsatz,“ Landesfeuerwehrschule, Bruchsal, 2010.
- [111] D. I. H. de Vries, *Brandbekämpfung mit Wasser und Schaum*, Landsberg: ecomed, 2008.
- [112] H. Wekenborg, „Perfluortenside in Schaummittel,“ Berlin, 2010.
- [113] LANUV NRW, „Stellungnahme zur Anfrage des Ministerium für Umwelt und Naturschutz zu Perfluorierten Tensiden in Feuerlöschschäumen,“ Recklinghausen, 2009.
- [114] D. M. Prall, „Die Umweltverträglichkeit von Schaumlöschmitteln,“ Brandschutz Deutsche Feuerwehr-Zeitung, pp. S. 114 - 117, 2014.
- [115] T. Leonhardt, „Fluortenside und -polymere in Schaumlöschmittel - Chemie und Funktion,“ vfdb Zeitschrift für Forschung und Technik im Brandschutz, 2009.
- [116] Bayr. Staatsministerium des Innern, „Stellungnahme zur schriftlichen Anfrage "Fluorierte Tenside in Löschsäumen",“ München, 2007.
- [117] UBA, Schulte, „Risikominderungsstrategien und regulatorische,“ München, 2011.

alphabetisch

- Blasberg Werra Chemie GmbH, Schwarz, Schiffer. (2010). *Perfluorierte Tenside in der Oberflächenveredelung- Vermeidung von Emissionen oder Substitution?* Galvanotechnik , Heft 01/2010, Sonderdruck.
12. *Karlsruher Altlastenseminar*. (2011). BauPortal 10/2011 .
- 3M. (2000). *Phase-out Plan for POSF-Based Products*.
- AG BREF *Oberflächentechnik*. (2002). Entwurf des deutschen Beitrags zu den besten verfügbaren Techniken bei der Behandlung metallischer und nichtmetallischer Oberflächen mit chemischen und elektrochemischen Verfahren. Berlin: AG BREF.
- Albers, M. (2011). *Analytik und Elimination von perfluorierten Tensiden aus Prozesswässern der Galvanik*. Wuppertal: *Dissertation-Bergische Universität Wuppertal*.
- Bau- und Umweltschutzdirektion Kanton Basel-Landschaft. (2013). *Untersuchung der Sickerwässer von Inertstoffdeponien und von Bachsedimenten der jeweiligen Vorfluter auf Schadstoffe*.
- Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit. (2006). *Umweltmedizinische Bedeutung perfluoriertes Kohlenwasserstoffe (PFC)*. Erlangen.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt. (2012). *Medienübergreifende Umweltanalytik persistenter Perfluortenside und Bestimmung (semi)flüchtiger Vorläuferverbindungen*.
- Bayr. Staatsministerium des Innern. (2007). *Stellungnahme zur schriftlichen Anfrage "Fluorierte Tenside in Löschsäumen"*. München: Bayr. Landtag.
- Benskin et al. (2012). *Per- and polyfluoroalkyl substances in landfill leachate- patterns, time trends, and sources*.
- Biegel-Engler, U. (07. 02 2014). *Befragung*. (Walter, Interviewer)
- BiPRO. (2011). *Study on waste related issues of newly listed POPs and candidate POPs*.
- Borgia. (14. 04 2013). *Ehem. Feuerwehrkommandant Süßen*. (Walter, Interviewer)
- Breidenbach, H. (19. 06 2009). *Abwasserbelastungen durch PFC-Stoffe in Galvaniken*. Fachgespräch des MUNLV und UBA zu PFC in Berlin . Berlin.
- Buck et al. . (2011). *Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances in the Environment: Terminology, Classification, and Origins*.
- Bundesinstitut für Risikobewertung. (2012). *Einführung in die Problematik der Bekleidungstextilien*.

- Bundesinstitut für Risikobewertung. (2006). *Fluortelomer-behandelte Bekleidungstextilien*.
- Bundesinstitut für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. (2005). Risikobewertung von Perfluortensiden als Beitrag zur aktuellen Diskussion zum REACH-Dossier der EU-Kommission.
- Bundesverband Farbe Gestaltung Bautenschutz. (31. 01 2014). *Einsatz von PFT bei Lackherstellern*.
- Busch. (2009). *Analysis of poly- and perfluorinated compounds in landfill effluent using HPLC-MS/MS*.
- Danish Ministry of the Environment. (2005). More environmentally friendly alternatives to PFOS-compound and PFOA.
- Danish Ministry of the Environment. (2011). *substitution of PFOS for use in non-decorative hard chrome plating*.
- Danish Ministry of the Environment. (2008). *survey and environmental/health assessment of fluorinated substances in impregnated consumer products and impregnating agents*.
- de Vries, D. I. (2008). *Brandbekämpfung mit Wasser und Schaum*. Landsberg: ecomed.
- Department of Environment England and Wales. (2004). *Risk reduction strategy and analysis of advantages and drawbacks for perfluorooctane sulphonate(PFOS)*. UK: Department of Environment, Food and Rural Affairs & Environment agency for England and Wales.
- Dettner, E. (1966). *Handbuch der Galvanotechnik, Band II*. München: Carl Hanser Verlag.
- DGO- Galvano Röhrig. (2009). *substitution von PFOS bei der Glanzverchromung*.
- Dr. Hilt, F. f. (01 2014). *Befragung*. (F. Walter, Interviewer)
- Dr. Ing. Jedele und Partner GmbH. (2013). *Untersuchungen zum Verbleib von PFT-Verbindungen in abgelagerten Bodenmaterial und im Sickerwasser der Deponie Burghof im Landkreis Ludwigsburg*. Karlsruhe: LUBW.
- Dumbeck, F. B. (10 2013). *Feuerwehrkommandant*. (Walter, Interviewer)
- Fa. Berghof. (2012). *Technische Untersuchung eines PFT-Schadensfalls*. Tübingen: Fa. Berghof Analytik und Umweltengineering GmbH & Co.KG.
- Feuerwehr Offenbach Bieber. (kein Datum). *Brandklassen*. Von <http://www.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.feuerwehr-offenbach-bieber.de%2Fwp-content%2Fuploads%2F2011%2F12%2Fbrandklassen.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.feuerwehr-offenbach-bieber.de%2Fbuergerinformationen%2Ffeuerloescher%2Fbrandklassen%2F&h=341> abgerufen
- Feuerwehr Seck. (2008). *Klassifizierungen und Brandklassen*. Abgerufen am 10 2013 von <http://www.feuerwehr-seck.de/htdocs/?q=node/11>
- Feuerwehr Uerkental, Schweiz. (kein Datum). *Löschmittel - Brandklassen*. Abgerufen am 08 2014 von <http://www.fw-uerkental.ch/Ausbildung/L%C3%B6schmittel/Brandklassen/tabid/69/Default.aspx>
- Gierig, D. L. (10. 03 2014). *Befragung*. (Walter, Interviewer)
- Gottfried Schellartz, S. D. (2013). *Befragung*. (H. Scheckenbach, Interviewer)
- Grajeck EJ, P. W. (April 1962). *Textile Research Journal*, S. 320 - 331.
- Greenpeace e.V. (2012). *Chemie für jedes Wetter*.
- Hack, L. S. (10 2013). *Kreisbrandmeister*. (Walter, Interviewer)
- Halbleiter.org. (kein Datum). *Halbleitertechnologie von A-Z*. Abgerufen am 8. 10 2013 von <http://www.halbleiter.org/nasschemie/scheibenreinigung/>
- Hansgrohe AG. (2008). *Minimierung des PFT Eintrags in die Galvanikabwässer*. Hansgrohe AG.
- Havelund, S. (2002). *Kortlægning af perfluorooktanylsulfonat og lignende stoffer iforbrugerprodukter – fase 2*, . Miljøstyrelsen: COWI Rådgivende Ingeniører A/S, MiljøprojektNr. 691.
- Herzke et al. (2012). *Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in consumer products in Norway – A pilot study*. Chemosphere 88, S. 980–987.
- Hubert Nobis, S. W. (2013). *Befragung*. (H. Scheckenbach, Interviewer)
- Huset et al. (2010). *Quantitative determination of fluorochemicals in municipal landfill leachates*.
- IGM, IMU. (2009). *Textilgewerbe- Branchenanalyse 2009*.
- Institut Dr. Nowak im Auftrag Fa. Berghof. (2014). *Untersuchung eines Löschschaummittels*.

- K. Prevedouros, I. T. (2006). *Sources, Fate and Transport of Perfluorocarboxylates*. Environmental Science & Technology, Vol. 40, S. 32-44.
- Krause. (1957). Galvanotechnik: galvanische Metallveredelung und Galvanoplastik.
- Kreisfeuerwehrverband Sigmaringen. (10 2013). <http://www.kfv-sigmaringen.de/ueber-uns/gebiete>. Abgerufen am 10 2013
- Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz. (07 2013). Umweltrelevanz von PFT aus Sicht des Boden-, Oberflächengewässer- und Grundwasserschutzes. Bodenschutz - Alex-Informationsblatt 29.
- Landesbetrieb Hessisches Landeslabor. (2013). Poly- und perfluorierte Chemikalien – Eigenschaften, Verwendung, Verhalten in der Umwelt und Nachweis in verschiedenen Matrices.
- Landesfeuerwehrschule Baden-Württemberg. (2010). Fluorhaltige Schaumlöschmittel - Richtige Auswahl und umweltverträglicher Einsatz. Bruchsal: Landesfeuerwehrschule.
- Landtag von Baden-Württemberg. (2010). Feuerwegesetz. Stuttgart: Land Baden-Württemberg.
- LANUV NRW. (2013). Arbeitshilfe für flächendeckende Erhebungen über Altstandorte - 2. überarbeitete Auflage (MALBO 15). Recklinghausen: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen.
- LANUV NRW. (unbekannt). Erkundung und Sanierung von PFT-Boden und Grundwasser-Kontaminationen.
- LANUV NRW. (2009). Stellungnahme zur Anfrage des Ministerium für Umwelt und Naturschutz zu Perfluorierten Tensiden in Feuerlöschschäumen. Recklinghausen.
- LANUV NRW. (2011). Verbreitung von PFT in der Umwelt; Ursachen-Untersuchungsstrategie-Ergebnisse-Maßnahmen; LANUV Fachbericht 34.
- LAWA Expertenkreis Stoffe. (15. 03 2010). Stoffdatenblatt PFOS.
- Leonhardt, L. R. (09 2013). Befragung. (F. Walter, Interviewer)
- Leonhardt, T. (2009). Fluortenside und -polymere in Schaumlöschmittel - Chemie und Funktion. vfd Zeitschrift für Forschung und Technik im Brandschutz.
- LfU Baden-Württemberg. (1993). Branchenkatlog zur historischen Erhebung von Altstandorten, 2. erweiterte Auflage. Karlsruhe.
- Lin et al. (2009). *The impact of semiconductor, electronics and optoelectronic industries on downstream perfluorinated chemical contamination in taiwanese rivers*.
- LöRüRL Baden-Württemberg. (1993). Löschwasserrückhalterichtlinie. Richtlinie zur Bemessung von Löschwasser-Rückhaltenanlagen beim Lagern wassergefährdender Stoffe (Löschwasser-Rückhalte-Richtlinie - LöRüRL) . Baden-Württemberg.
- LUBW. (1993). Branchenkatlog zur historischen Erhebung von Altstandorten. Karlsruhe: LUBW.
- LUBW. (2012). Vollzugsrelevante Entwicklungen aus dem Bereich des Deponiebetriebs, Vortrag.
- LUBW, Wildner. (2012). PFT- Bedeutung für Mensch und Umwelt.
- Mark, H., Schroers, S., & Hädicke, A. (06 2012). Informationsquellen zur Ermittlung von PFT-Belastungen durch den Einsatz von Löschsäumen. altlasten spektrum, S. 262-267.
- Mark, Harald; Schroers, Stefan; Hädicke, Andrea. (06 2012). Informationsquellen zur Ermittlung von PFT-Belastungen durch den Einsatz von Löschsäumen. altlasten spektrum, S. 262-267.
- Michael Pöhlig, I. (2013). Befragung. (H. Scheckenbach, Interviewer)
- MTS Germany. (2011). Einsatz fluoriierter Stoffe in der Textilindustrie.
- National Institute for Public Health and the Environment, Netherlands. (2009). Estimation of emissions and exposures to PFOS used in industry- a PFOS use inventory in metal plating and fire fighting.
- Nordic Council of Ministers. (2013). Per- and polyfluorinated substances in the Nordic countries.
- Norwegian pollution control authority. (2008). Screening of Polyfluorinated organic Compounds at four fire training facilities in Norway.
- Oelcheck. (2011). Die Analyse schwerentflammbarer HFC-Hydraulikflüssigkeiten. Abgerufen am 07. 02 2014 von <http://www.oelcheck.de/wissen-von-a-z/komplexe-begriffe/schwerentflammbare-hydraulikfluids-oelchecker-fruehjahr-2011.html>

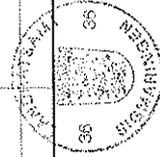
- Ohrem, J. (2013). Charakterisierung des biologischen Abbaus von Azofarbstoffen am Beispiel von DRIMARO sowie des sonochemischen Abbaus von ausgewählten perfluorierten Tensiden. *Universität Köln*.
- Outdoor Industry Association. (2012). *Backgrounder: Use of DWR treatments in outdoor products*.
- Prall, D. M. (11. 02 2014). *Befragung*. (Walter, Interviewer)
- Prall, D. M. (2014). *Die Umweltverträglichkeit von Schaumlöschmitteln*. Brandschutz Deutsche Feuerwehr-Zeitung , S. 114 - 117.
- PTS. (2013). *Untersuchungen zur Reduzierung organischer Spurenstoffe in Abwässern der Papierindustrie mit Hilfe weitergehender Reinigungstechnologien*.
- Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie. (2000). Branchenbezogene Merkblätter zur Altlastenbehandlung; 6: Galvanikbetriebe. *Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie*.
- Seidel, R. T. (2013). *Befragung*. (H. Scheckenbach, Interviewer)
- Sofia, Ökopol, ZVO. (unbekannt). Branchenanalyse der deutschen Galvano- und Oberflächentechnik.
- Stadt Wuppertal, A. U. (2011). *Sanierungsvorhaben ehemalige Galvanik in Wuppertal Cronenberg/Unterkohlfurt*.
- Statista, G. (10 2013). Statista - das Statistik Portal. *Abgerufen am 10 2013 von <http://de.statista.com/statistik/faktenbuch/296/a/branche-industrie-markt/elektronikindustrie/halbleiterindustrie/>*
- Stefan Schroers, L. N. (2014). *Befragung*. (Walter, Interviewer)
- Swedish Society for Nature Conservation. (2006). *Fluorinated pollutants in all-weather clothing*.
- Sympatex Technologies GmbH. (2012). *Factsheet Fluorcarbone (PFC)*.
- Tang et al. (2006). *use of reverse osmosis to remove perfluorooctane sulfonate(PFOS) from semiconductor wastewater*. *Environ Sci. Technol.*
- TEGEWA, Schröder. (2009). *Abwassererträge von per/polyfluorierten Chemikalien (PFC) in der Textilindustrie (PowerPoint-Vortrag)*. Berlin.
- Trinkwasserkommission. (2006).
- Trinkwasserverordnung. (2011). *Erste Verordnung zur Änderung der TVO vom 03.05.2011*.
- UBA. (2009). *Per- und Polyfluorierte Chemikalien- Einträge vermeiden- Umwelt schützen*.
- UBA, Almut Reichert. (2009). *Perfluorierte Organische Verbindungen in der Papierindustrie., (S. 9)*.
- UBA, Dessau. (29. 01 2013). *Galvanische Oberflächenbeschichtung*. *Abgerufen am 12. 08 2014 von <http://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/industriearbeiten/herstellung-verarbeitung-von-metallen/galvanische-oberflaechenbeschichtung>*
- UBA, Schulte. (2011). *Risikominderungsstrategien und regulatorische Optionen am Beispiel PFC-haltige Feuerlöschmittel*. München.
- UBA, Zangl, Blepp, Marquardt, Moch. (2012). *Nationale Umsetzung des Stockholmer Übereinkommens zu persistenten organischen Schadstoffen (POPs)- PBDE und PFOS in Erzeugnissen und im Recyclingkreislauf*. UBA.
- Umweltbundesamt. (2005). *Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung- Merkblatt zu den besten verfügbaren Techniken für die Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoffen*. Dessau: *Umweltbundesamt*.
- Umweltministerium Baden-Württemberg. (2008). *Warnwert für die Zulassung der bodenbezogenen Verwertung für die Summe PFOS, PFOA sowie sieben weiteren PFT-Verbindungen*. Stuttgart: *Umweltministerium*.
- UNIDO. (2009). *Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) production and use: past and current evidence*.
- United Nations Environment Programme. (2012). *Guidance for the inventory of perfluorooctane sulfonic acid and related chemicals listed under the Stockholm convention on POPs*.
- United Nations Environment Programme. (2006). *Risk profile on perfluorooctane sulfonate*. Genf.
- US NAVFAC. (2004). *Final report for the use of wetting agents/fume suppressants for minimizing the atmospheric emissions from hard chromium electroplating baths*.

- VdL. (01 2014). Verband der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie. Abgerufen am 16. 01 2014 von <http://www.lackindustrie.de/Seiten/Startseite.aspx>
- VDP. (10 2013). Verband Deutscher Papierfabriken. Abgerufen am 17. 10 2013 von <http://www.vdp-online.de/de/>
- Vielstich. (04. 02 2014). Befragung. (Walter, Interviewer)
- W. L. Gore and Associates. (2012). Fact Sheet on PFCs.
- Walter Marx, H. R. (2013). Befragung. (H. Scheckenbach, Interviewer)
- Washburn et al. (2005). Exposure Assessment and Risk Characterization for Perfluorooctanoate in Selected Consumer Articles. Environmental Science & Technology 39 , S. 3904-3910.
- Weber et al. (2011). POPs and landfills- a review of past experiences and future challenges.
- Wekenborg, H. (2010). Perfluortenside in Schaummittel. Berlin: Erdölraffinerie Emsland Werkfeuerwehr.
- Wikipedia. (04 2013). Feuerwehrgesetz. Abgerufen am 10 2013 von http://de.wikipedia.org/wiki/Feuerwehrgesetz_%28Deutschland%29
- Wikipedia. (10 2013). Fotolithografie. Abgerufen am 10 2013 von http://www.google.de/imgres?client=firefox-a&hs=Qbu&sa=X&rls=org.mozilla:de:official&channel=np&biw=1308&bih=1053&tbn=isch&tbnid=w_QE meCVCDcuzM:&imgrefurl=http://de.wikipedia.org/wiki/Fotolithografie_%28Halbleitertechnik%29&docid=42Fn98eTbs0syM&imgurl=htt
- Wikipedia. (01. 11 2013). Kreisbrandmeister. Abgerufen am 11 2013 von <http://de.wikipedia.org/wiki/Kreisbrandmeister>
- Wikipedia. (11 2013). Löschsäume. Abgerufen am 11 2013 von <http://de.wikipedia.org/wiki/L%C3%B6schschaum>
- Wolfram Willand, R. F. (2013). Befragung. (H. Scheckenbach, Interviewer)
- ZVO - Herbert Baunach, Vorsitzender. (2007). Galvano- und Obeflächenentechnik - Garanten des technischen Fortschritts.

Anlage 1

Feuerwehrstatistik Landkreis Sigmaringen 2012

	BF	FF	WF		BF	FF	WF
Löschfahrzeuge				Sonstige Fahrzeuge (Straße/Wasser)			
TSF		25	1	KdoW (ELW 1 alt)		10	4
TSF-W		13		ELW 1 (ELW 2 alt)		1	
StLF 10/6				ELW 2 (ELW 3 alt)		1	
LF 8		11	1	SW 1000		1	
LF 8/6, (H)LF 10/6		22	1	SW 2000		3	
LF 16		7		Fwk			
LF 16-TS		2		WLF			
LF 16/12, (H)LF 20/16		19	1	AB			
LF 24			2	GW-T (auch als SW), GW-L		4	1
TLF 8/18				MTW		26	
TLF 16/24-Tr				Feuerlöschboot			
TLF 16/25		7	1	MZB			
TLF 24/50, TLF 20/40-SL				RTB 2		1	
TLF 20/40			2	Sonstige Fahrzeuge		1	
Sonstige Löschfahrzeuge		1	1				
				Feuerwehrranhänger			
Hubrettungsfahrzeuge				FwA-TS		34	
DL 16-4				Sonstige FwA		35	
DL 12-9							
DLAK 12-9		1		Sanitätsfahrzeuge			
DL 18-12				KTW			
DLAK 18-12		1		RTW			
DL 23-12				NAW			
DLAK 23-12		6		NEF			
GM/TM				GRTW			
Sonstige				GKTW			
				Sonstige Sanitätsfahrzeuge			
Rüst- und Gerätewagen							
RW 1		1		Funkanlagen			
RW (RW 2 und RW 3)		5	1	Ortsfeste Funkanlagen		35	4
GW-G1				Fahrzeug-Funkanlagen 4 m		185	11
GW-G2		1		Fahrzeug-Funkanlagen 2 m		23	6
GW-A				Handfunkgeräte 4 m		6	1
GW-AS		1		Handfunkgeräte 2 m		697	50
GW-OI				Meldeempfänger		1976	111
GW-Str							
VRW/GW		4					
Sonstige RW							
Sonstige GW		2					



Anlage 2

**Beispiele von Einsatzberichten
(aus Datenschutzrechtlichen Gründen nicht enthalten)**

Anlage 3

**Auszug Verzeichnis der Akten der Gebäude-
brandversicherung, Kreisarchiv SIG
(aus Datenschutzrechtlichen Gründen nicht enthalten)**

Anlage 4

**Brandfälle mit Schaummittelverwendung
aus Einsatzberichten
(aus Datenschutzrechtlichen Gründen nicht enthalten)**

Anlage 5

Fragebogen zur Befragungsaktion bei den Feuerwehren

Fragenkatalog zum Thema Verwendung von Feuerlöschschäumen

Bemerkung: Die Seiten 1 bis 2 sind von der Stützpunkfeuerwehr auszufüllen und beziehen sich auf das gesamte Zuständigkeitsgebiet. Den thematischen Schwerpunkt der Fragen bildet der Einsatz von Löschschäumen bei Brandereignissen. Die Seite 3 enthält Fragen über Lagerung und Übungen mit Löschschäumen, die von jeder einzelnen Abteilung zu beantworten sind.

Angaben Stützpunkfeuerwehr

<input type="text"/>	<input type="text"/>
Einrichtung (z.B. Freiwillige Feuerwehr)	Kommune
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Strasse (Hauptsitz)	Haus-Nr.
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Telefon	Email
Anzahl Abteilungen (außerhalb der Hauptwache) <input type="text"/>	Gesamtstärke (Personen) <input type="text"/>

Angaben zur Person des Ausfüllenden:

Name	<input type="text"/>	Position	<input type="text"/>
Vorname	<input type="text"/>	bei Feuerwehr seit	<input type="text"/>

I. Allgemein

I.1 Name, Kontaktdaten ehem. Feuerwehrkommandanten oder anderer Kenntnisträger (zwecks möglicher Befragung)

Name1	<input type="text"/>
Name 2	<input type="text"/>

II. Akten und Unterlagen der Feuerwehr

II.1 Wo werden die Einsatzberichte der Feuerwehr für welche Zeiträume aufbewahrt?

	Örtlichkeit	Zeitraum (von/bis)
a)	<input type="text"/>	<input type="text"/>
b)	<input type="text"/>	<input type="text"/>

II.2 Erfolgt neuerdings eine digitale Datenführung? Wenn ja, seit wann? Ist ein Export möglich?

digital:	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
wenn ja: seit wann ca.	<input type="text"/>	Exportformat: <input type="text"/>

II.3 Jahresabschlussberichte der Feuerwehr - wo liegen diese vor?

II.4 Werden Unterlagen der Feuerwehr wie Einsatzberichte an die Gemeindeverwaltung übergeben?

komplett <input type="checkbox"/>	teilweise <input type="checkbox"/>	gar nicht <input type="checkbox"/>
-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

Fragenkatalog zum Thema Verwendung von Feuerlöschschäumen

II.5 Werden bei der Feuerwehr Belege für die Beschaffung von Löschschaummitteln verwahrt?

nein ja wenn ja, ab ca. Jahr:

III. Verwendung Löschschäume

III.1 Wie oft kommen seit ca. 1975 durchschnittlich Löschschaumeinsätze pro Jahr vor?

Einsätze/Jahr: ≤ 2 3 - 5 ≥ 5

III.2a Wie verteilt sich die Summe der durchschnittlichen Löschschaumeinsätze nach III.1 auf folgende Kategorien eingesetzter Löschschaummengen in Litern?

Anzahl Einsätze/Jahr: < 20 l 20 - 120 l > 120 l

2b Welche Brandereignisse der Vergangenheit sind für das Zuständigkeitsgebiet in diesem Zusammenhang von besonderer Erwähnung bzw. weisen eine deutlich höhere Einsatzmenge an Löschschaummittel auf? (ggbfs. separate Auflistung beifügen!)

Brandereignis	Jahr	Menge l
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Bemerkung:

III.3 Angaben über Handelsnamen (z.B. Light Water, Moussol, Towalex) , Zuordnung zu Schaumklassen und Beschaffung heutiger sowie früherer (falls bekannt) Löschschaummittel!

Handelsname	Schaumklasse	Zeitraum von/bis
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Bemerkung: Schaumklassen MBS (Mehrbereichsschäume), FPS (Fluorproteinschäume), A3F (Filmbildende Schäume), 3FP (filmbildende Proteinschäume), CASFM (Class-A-Foam-Schäume)

III.4 Welche Firmen und Betriebe im Zuständigkeitsbereich halten Löschschaummittel für den Brandfall vor?

Firma	Schaummittel	Menge l
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Fragenkatalog zum Thema Verwendung von Feuerlöschschäumen

Angaben Abteilung

Bemerkung: Entsprechend der Anzahl der Abteilungen bitte vervielfältigen und ausfüllen!

<input type="text"/>	<input type="text"/>
Abteilung	Kommune
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Strasse	Haus-Nr.

Angaben zur Person des Ausfüllenden(falls anders als S. 1):

Name	<input type="text"/>	Position	<input type="text"/>
Vorname	<input type="text"/>	bei Feuerwehr seit	<input type="text"/>

IV. Stand- und Übungsorte

IV.1 Gab es seit ca. 1975 eine Verlagerung auf einen neuen Standort? Wo war das alte Feuerwehrgebäude?

nein ja

Adresse altes Geb.:

IV.2 Wie oft kommen seit den 70'er Jahren Übungen mit Löschschäumen im Jahr vor? Wo werden sie durchgeführt (feste oder variable Plätze)? Gibt es möglicherweise einen zentralen Platz für alle Abteilungen?

Übungen/Jahr: ≤1x 2x mehrmals
 Übungsplätze: variabel fest zentral

wenn fest/zentral, wo?

Bemerkung:

IV.3 Wo erfolgt die Reinigung der Gerätschaften nach Einsatz bzw. Übung mit Löschschäumen?

Bemerkung:

IV.4 Wo erfolgt die Lagerung der Löschschaummittel? In welchen Gebindegrößen? Müssen Be- und Umfüllarbeiten am Ort der Lagerung vorgenommen werden?

<u>Ort der Lagerung</u>	<u>Gebindegröße [l]</u>	<u>Umfüllarbeiten</u>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>