

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl FKZ 37 11 63 419
UBA-FB-00

Wirksamkeit von Risikomanagementmaßnahmen zur Emissionsminderung

von

Antonia Reihlen; Olaf Wirth; Dirk Jepsen; Christian Tebert

Ökopol GmbH
Nernstweg 32-34
22765 Hamburg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

November 2015

Zusammenfassung

In der REACH-Stoffsicherheitsbeurteilung ermitteln die Registranten, ob zur sicheren Verwendung eines Stoffes Risikomanagementmaßnahmen (RMM) notwendig sind und wenn ja, welche Wirksamkeit sie haben müssen. Die Registranten sollten zudem RMM identifizieren und kommunizieren, die die notwendige Wirksamkeit für den Stoff erreichen können.

Da viele, sich gegenseitig beeinflussende Faktoren die Funktionsfähigkeit einer RMM beeinflussen können, sind weder Daten zu RMM-Wirksamkeiten für bestimmte Stoffe veröffentlicht, noch quantitative oder qualitative Informationen über konkrete Zusammenhänge zwischen den Einflussfaktoren und der RMM-Wirksamkeit. Die Einflussfaktoren sind im Wesentlichen die chemisch-physikalischen Stoffeigenschaften, die Zusammensetzung und physikalischen Eigenschaften der den Stoff enthaltenden Emissionen sowie die Ausgestaltung, Bemessung und Betriebsweise einer RMM-Anlage.

Diese Informationen wären für verschiedene REACH-Akteure hilfreich, z.B. könnten Registranten sie zur Empfehlung geeigneter RMM nutzen und nachgeschalteten Anwender zur Prüfung der Verwendungsbedingungen vor Ort. Allerdings wird bislang kein entsprechender Informationsbedarf geäußert. Dies kann unter anderem daran liegen, dass die Kommunikation in der Wertschöpfungskette noch nicht vollständig funktioniert, noch keine behördlichen Kontrollen stattfinden oder die verwendeten Standardinstrumente, z.B. die spezifischen Umweltemissionskategorien (spERCs), bislang kaum hinterfragt werden.

Der im Projekt entwickelte Leitfaden unterstützt die Identifizierung einer für einen Stoff und eine Verwendung geeigneten RMM. Zudem strukturiert er die Ermittlung der Wirksamkeit einer RMM für einen Stoff unter der Annahme, dass es keine (störenden) Wechselwirkungen mit anderen Stoffen oder die RMM beeinflussenden Parametern gibt.

Es wird empfohlen, die rechtlichen Anforderungen an die Ableitung, Wirksamkeitsermittlung, Dokumentation und Kommunikation von RMM für alle Akteure der Wertschöpfungskette zu klären. Verschiedene Forschungs- und Entwicklungsprojekte wären hilfreich, um die Möglichkeiten der RMM-Wirksamkeitsermittlung besser zu verstehen. Die Rolle von RMM-Empfehlungen sollte verstärkt diskutiert und notwendige Instrumente zur Unterstützung der Akteure entwickelt werden. Die Marktakteure werden aufgefordert, Informationen zu RMM – Wirksamkeiten zu sammeln, zu überprüfen und für REACH nutzbar zu machen.

Summary

As part of the REACH chemical safety assessment, registrants calculate if risk management measures (RMMs) are necessary to ensure safe use of a substance and if so, with which efficacy the emission from the process should be mitigated. If RMMs are necessary, the registrant is to identify a respective measure that could achieve the required efficacy.

Since many factors influence the (substance-specific) efficacy of RMMs, publications with concrete performance information and on the specific influence of different (interacting) factors on RMM installations are missing. These factors are in particular the physical-chemical properties of the substance, the emission it is contained in and the design, size and operation of the RMM.

This information would be important for the various REACH actors: registrants could use it to recommend suitable RMMs and downstream users could apply it to assess the conditions at their site. However, no respective information need could be identified from the REACH market actors. This is attributed, among others, to the fact that supply chain communication is not completely in place, enforcement is not yet started and standard tools for chemical safety assessment, such as the specific environmental release categories (spERCs) are not critically reviewed in this regard. As the exposure scenario implementation is not yet controlled and authorities active in installation-related legislation mainly police compliance with emission limit values, also these actors did not voice an information need on (substance-specific) RMM efficacies.

The guide developed in the project support the identification of RMMs suitable for a substance and a specific use. In addition, it structures the derivation of the RMM efficacy for the substance assuming that no (disturbing) interactions with other substances occur and no other parameters influence the RMM's functioning.

It is recommended to clarify the legal basis and expectations on the identification and efficacy derivation of RMM as well as the respective documentation and communication towards all actors in the supply chain. Various research and development projects could support a better understanding of the possibilities to derive RMM efficacies. The role of RMM information should be discussed and necessary support instruments be developed. The market actors are asked to collect, assess and make available information on RMM efficacies under REACH.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	8
1 Einleitung.....	11
2 Konzeptionelle Grundlagen	13
2.1 Pflichten der REACH-Akteure in Hinblick auf die sicheren Verwendungsbedingungen von Stoffen.....	13
2.2 Konzept zur Struktur und Beschreibung von RMM	14
2.2.1 Definition von RMM.....	14
2.2.2 Stufen einer RMM.....	14
2.2.3 Abgrenzung der betrieblichen RMM	17
2.2.3.1 Abfall	17
2.2.3.2 Abwasser	17
3 Informationsbedarf zu Wirksamkeiten von RMM.....	17
3.1 Informationsbedarf der Behörden	17
3.2 Informationsbedarf der Wirtschaftsakteure	18
3.2.1 Registranten.....	18
3.2.2 Informationsbedarf der Formulierer und der Endanwender.....	20
3.3 Herausforderung bei der Ableitung von RMM Wirksamkeiten	21
3.3.1 Auswahl und (stoffspezifische) Wirksamkeiten von RMM.....	21
3.3.2 Faktoren, die die Wirksamkeit von RMM beeinflussen.....	21
3.4 Informationsverfügbarkeit über RMM-Wirksamkeiten.....	22
3.4.1 Veröffentlichte Informationen.....	22
3.4.1.1 BVT-Merkblätter	22
3.4.1.2 Wissenschaftlich-technische Quellen	22
3.4.1.3 Spezifische Umweltemissionskategorien (spERCs)	23
3.4.1.4 CEFIC Leitfaden für spERCs	27
3.4.1.5 OECD Emissionsszenariodokumente	28
3.4.1.6 Fazit zu veröffentlichten Informationsquellen	29
3.4.2 Informationsverfügbarkeit über RMM bei den Akteuren	31
3.4.2.1 RMM-Anlagenhersteller	31
3.4.2.2 Betreiber von RMM-Anlagen	31
3.4.2.3 Überwachungs- und Genehmigungsbehörden	31
3.4.2.4 Fazit zu Informationen der Akteure	32
3.5 Schnittstelle REACH und Industrieemissionsrichtlinie.....	32

4	Arbeitsprozess und konkrete Produkte des Projektes	34
4.1	Erstellung des Leitfadens zur Ermittlung der Wirksamkeit von RMM	34
4.2	Erstellung von Fallbeispielen.....	34
4.3	Erhebung des Informationsbedarfs zu RMM-Wirksamkeiten	34
4.4	Analyse vorhandener Informationsquellen über RMM und ihre (stoffspezifischen) Wirksamkeiten	36
4.5	RMM-Leitfaden.....	36
4.6	Fallbeispiele zur Illustration des Vorgehens im Leitfaden	37
5	Schlussfolgerungen und Forschungsbedarf	39
5.1	Verantwortung für RMM in der Wertschöpfungskette.....	39
5.2	Bedarf an Informationen zur stoffspezifischen Wirksamkeit von RMM.....	41
5.2.1	Registranten.....	41
5.2.2	Formulierer.....	42
5.2.3	Endanwender von Chemikalien	42
5.2.4	Behörden in der Umsetzung des Anlagenrechts.....	43
5.3	Ableitbarkeit einer Mindestwirksamkeit von RMM.....	43
5.4	Kommunikation in der Wertschöpfungskette	44
5.5	Schnittstelle REACH und BVT-Merkblätter	44
6	Empfehlungen.....	46
6.1	Empfehlungen an die ECHA	46
6.2	Empfehlungen an das Umweltministerium und das Umweltbundesamt	47
6.3	Empfehlungen an die Verbände.....	48
6.4	Empfehlungen an die Unternehmen.....	49
7	Quellenverzeichnis	51
	Anhänge.....	52

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Stufen einer RMM – Ziele und Charakterisierung der Emissionen.....	15
Abbildung 2:	Ermittlung der Gesamteffizienz einer RMM (Beispiel Luftpfad)	16

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Informationen über obligatorische RMM in spERCs	23
Tabelle 2:	Standard RMM-Wirksamkeiten in der Cefic RMM library (Stand Dezember 2009; Quelle: CEFIC 2012)	28
Tabelle 3:	Übersicht über die Interviews	36
Tabelle 4:	Übersicht über die Charakteristika der Beispiele	37

Abkürzungsverzeichnis

AbwVO	Abwasserverordnung
ACEA	Europäischer Verband der Automobilhersteller (engl.: European Automobile Manufacturers' Association)
AISE	Europäischer Verband der Hersteller von Seifen, Detergentien und Wartungsprodukten (engl.: Association for Soaps, Detergents and Maintenance Products)
AOX	Halogenierte organische Verbindungen
AP	Arbeitspaket
ARA	Abwasserreinigungsanlage
ATIEL	Europäischer Verband der Schmierstoffhersteller (engl.: Technical Association of the European Lubricants Industry)
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BVT	Beste verfügbare Technik (engl.: Best Available Technologies, BAT)
CPB	Chemisch-physikalische Behandlung
CE	Europäischer Verband der Hersteller von Kosmetika (engl.: Cosmetics Europe)
CEFIC	Europäischer Verband der chemischen Industrie (engl.: European Chemical Industry Council)
CEPE	Europäischer Verband der Hersteller von Farben, Druckfarben und Künstlerfarben (engl.: European Council of the Paint, Printing Ink and Artists' Colours Industry)
CMR	Karzinogene, mutagene und reproduktionstoxische Stoffe
CSA	Stoffsicherheitsbeurteilung (engl.: Chemical Safety Assessment)
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
CSR	Stoffsicherheitsbericht (engl.: Chemical Safety Report)
DU	Nachgeschalteter Anwender (engl.: downstream user)
DU-CSR	Stoffsicherheitsbericht des nachgeschalteten Anwenders (engl.: downstream user chemical safety report)
ECHA	Europäische Chemikalienagentur (engl.: European Chemicals Agency)
ECMA	Europäischer Verband der Hersteller von Katalysatoren (engl.: European Catalyst Manufacturers Association)
ECPA	Europäischer Verband der Pflanzenschutzmittelhersteller (engl.: European Crop Protection Association)
EFCC	Europäischer Verband der Hersteller von Bauchemikalien (engl.: European Federation for Construction Chemicals)
ENES	Europäisches Netzwerk zu Expositionsszenarien (engl.: European Network on Exposure Scenarios)
Engl.	Englisch
ERC	Umweltemissionskategorie (engl.: environmental release category)
ES	Expositionsszenario
ESD	Emissionsszenariodokument (engl.: Emission Scenario Document)
eSDB	Erweitertes Sicherheitsdatenblatt

ESIG / ES-VOC	Europäische Industriegruppe Lösemittel / Europäische Plattform der Lösemittelindustrie (engl.: European Solvents Industry Group / European Solvents Industry Platform)
ETRMA	Europäischer Verband der Hersteller von Reifen und Gummiprodukten (engl.: European Tyre & Rubber Manufacturers Association)
EUROME-TAUX	Europäischer Metallverband (engl.: European Association of Metals)
EU-TGD	Europäische technische Leitlinie zur Risikobewertung von Stoffen (engl.: European Technical Guidance Document on the Risk Assessment of Chemical Substances)
IED	Industrieemissionsrichtlinie (engl. Industrial Emissions Directive)
IR/CSA	Leitfaden zu Informationsanforderungen und Stoffsicherheitsbeurteilungen (engl.: guidance on information requirements and chemical safety assessment)
OECD	Organisation für wirtschaftliche und technische Zusammenarbeit
PBT/vPvB	Persistente, bioakkumulierbare und toxische Stoffe / sehr persistente, sehr bioakkumulierbare Stoffe
PC	Physikalisch-chemisch
PEC	Vorhergesagte Umweltkonzentration (engl.: predicted environmental concentration)
PNEC	Vorhergesagte Nicht-Effekt Konzentration (engl.: predicted no effect concentration)
REACH	Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien (engl.: Regulation on the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)
RF	Emissionsfaktor (engl.: release factor)
RMM	Risikomanagementmaßnahmen
S+S	Schmierstoffe und Schmieröle
SDB	Sicherheitsdatenblatt
spERC	Spezifische Umweltfreisetzungskategorie (engl.: specific environmental release category)
SUMI	Informationen über die sichere Verwendung von Gemischen (engl.: safe use information on mixtures)
TA Luft	Technische Anleitung Luft
t/a	Tonnen pro Jahr
UBA	Umweltbundesamt
VCI	Verband der chemischen Industrie in Deutschland

1 Einleitung

Die Chemikalienverordnung REACH¹ soll unter anderem das Schutzniveau der Umwelt vor gefährlichen Stoffen erhöhen. Einer der Mechanismen, die dieses Ziel unterstützen sollen, ist die Stoffsicherheitsbeurteilung von Stoffen (CSA), die in Mengen oberhalb von 10 t/a registriert werden. Die im Rahmen der Stoffsicherheitsbeurteilung identifizierten sicheren Verwendungsbedingungen sind in der Wertschöpfungskette zu kommunizieren und von den nachgeschalteten Anwendern (DU) umzusetzen. Dies schließt Angaben zur Art und Wirksamkeit von Risikomanagementmaßnahmen (RMM) ein.

In der bisherigen Umsetzung von REACH, einschließlich der ECHA-Leitfäden und entsprechender Informationen der nationalen Behörden, wurde der Frage, wie ein Registrant umweltbezogene RMM für die von ihm bewerteten Verwendungen ermittelt und prüfen kann, welche Wirksamkeit diese für den registrierten Stoff haben, nicht tiefer gehend betrachtet. Einzig der europäische Chemieverband CEFIC hat vor ca. 10 Jahre eine sogenannte „Bibliothek der Risikomanagementmaßnahmen“ (RMM-library) in Form einer Excel-Datei erstellt, in der teilweise Wirksamkeiten und Informationen zur Eignung von Maßnahmen für Stoffgruppen bzw. Stoffe mit bestimmten Eigenschaften enthalten sind.

Übergeordnetes Ziel dieses Vorhabens war es zu untersuchen, ob und wie die Eignung und die Wirksamkeit von RMM für einen Stoff in einer bestimmten Verwendung von den Registranten ermittelt werden können und wie eine zielgruppengerechte Kommunikation dieser Information in der Wertschöpfungskette aussehen könnte. Des Weiteren sollte geprüft werden, ob und welcher Informationsbedarf der Behörden bzgl. der RMM-Wirksamkeit besteht.

Zu Beginn wurden die folgenden, untergeordneten Fragen gestellt, die mit dem Vorhaben beantwortet werden sollten:

- ▶ Wie können umweltbezogene RMM sinnvoll strukturiert werden, um ihre Wirksamkeit bei unterschiedlichen Prozesskonstellationen und Stoffeigenschaften transparent und nachvollziehbar abzuleiten, zu kommunizieren und zu dokumentieren?
- ▶ Gibt es übergreifende Kriterien zur Identifizierung von Faktoren, die die Wirksamkeit einer RMM stören (z.B. Störstoffe, bestimmte Betriebszustände etc.)?
- ▶ Können auf der Ebene von Branchen Informationen über übliche RMM und deren stoffspezifischer Wirksamkeit zusammengestellt und verfügbar gemacht werden?
- ▶ Können allgemeine Empfehlungen an die Vollzugs- und Überwachungsbehörden abgeleitet werden, wie diese die Wirksamkeit von RMM für bestimmte Stoffe überprüfen können?

Im Verlauf der Arbeiten zeigte sich, dass die ursprünglich geplanten Detailschritte aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit über die Wirksamkeit von RMM unter bestimmten Prozesskonstellationen bzw. abhängig von verschiedenen Stoffeigenschaften und in Abhängigkeit möglicher „störender Faktoren“ nicht vollständig umsetzbar waren. Daher wurde der Branchenbezug zwar zur Erarbeitung von Fallbeispielen beibehalten, im weiteren Projektverlauf der Fokus jedoch auf die allgemeine Informationserhebung und -Strukturierung sowie die Kommunikation in der Wertschöpfungskette verschoben. Am Ende des Projektes stehen grundlegende Antworten auf die zu Beginn des Vorhabens stehenden Fragen zur Verfügung, die in einigen Fällen weiteren Forschungs- und Entwicklungsbedarf ableiten lassen.

In diesem Abschlussbericht werden zunächst konzeptionelle Grundlagen zur Struktur und zum Verständnis von RMM dargestellt (Kapitel 2). Danach wird der Informationsbedarf der Akteure zu Informationen über RMM-Wirksamkeiten beschrieben (Kapitel 3) sowie der Arbeitsprozess und die konkreten Produkte vorge-

¹ VERORDNUNG (EG) Nr. 1907/2006 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH)

stellt (Kapitel 4). Des Weiteren werden Schlussfolgerungen und ein Forschungsbedarf abgeleitet (Kapitel 5) und Empfehlungen an die Akteure formuliert (Kapitel 6).

2 Konzeptionelle Grundlagen

2.1 Pflichten der REACH-Akteure in Hinblick auf die sicheren Verwendungsbedingungen von Stoffen

Werden Stoffe in größeren Mengen als 10 t/a von einem Hersteller oder Importeur registriert, muss ein Stoff-sicherheitsbericht (CSR) mit der Registrierung vorgelegt werden. Werden hierbei gemäß der Einstufungs- und Kennzeichnungsverordnung (EC) 1272/2008² schädliche Wirkungen auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt ermittelt bzw. festgestellt, dass der Stoff persistent, bioakkumulierbar und toxisch oder sehr persistent und sehr bioakkumulierbar ist, ist zusätzlich eine Expositionsbeurteilung sowie eine Risikobeschreibung erforderlich.

Für die Expositionsbeurteilung sind Expositionsszenarien (ES) zu entwickeln, in denen die Verwendungsbedingungen und die RMM für den Stoff beschrieben sind. Die Emissionsmengen aus Prozessen und Produkten sind für diese Bedingungen zu ermitteln und das Umweltverhalten des Stoffes zu modellieren, um die vorhergesagte Umweltkonzentration (PEC) zu erhalten. Registranten können zur Ermittlung der PEC auch Messwerte verwenden.

In der Risikobeschreibung eines Stoffes für die Umwelt werden die PECs mit den in der Ermittlung der schädlichen Wirkungen abgeleiteten Nicht-Effekt-Konzentrationen (PNEC) verglichen. Ist der Quotient aus PEC/PNEC kleiner als 1, gelten die Risiken als ausreichend beherrscht. Liegt der Wert oberhalb von 1, sind die Risiken nicht angemessen beherrscht und der CSR ist zu iterieren, z. B. durch eine Verfeinerung der Annahmen zu den Verwendungsbedingungen und RMM. Der Registrant kann auch von der Verwendung des Stoffes abraten oder ggf. den Wert der PNEC mittels weiterer Tests verändern.

Die im CSR ermittelten Bedingungen einer sicheren Verwendung entlang des gesamten Lebenszyklus sind vom Registranten mittels eines erweiterten Sicherheitsdatenblattes (eSDB) an die Kunden zu kommunizieren. Es ergeben sich somit für die REACH-Akteure die folgenden Aufgaben:

Aufgaben des Registranten:

- ▶ Sammlung von Daten zu Stoffeigenschaften und Verwendungen (eigene und die der DU),
- ▶ Bewertung der Gefährlichkeit des registrierten Stoffs,
- ▶ ab 10 t/a Herstellungs-/Importvolumen bezogen auf einen Registranten muss ein Stoff-sicherheitsbericht (CSR) erstellt werden; dieser bezieht sich auf alle Verwendungen in der Lieferkette,
- ▶ für gefährliche Stoffe enthält der CSR eine Beschreibung der sicheren Verwendungsbedingungen, ggf. inklusive RMM,
- ▶ Informationen aus der Stoff-sicherheitsbeurteilung müssen mit dem eSDB in der Lieferkette kommuniziert werden.

Die Registranten sind verpflichtet, zumindest beispielhaft konkrete RMM zu identifizieren und zu kommunizieren, die die im CSR ermittelte, notwendige Wirksamkeit (um die sichere Verwendung zu gewährleisten) für den registrierten Stoff erreichen können.

² REGULATION (EC) No 1272/2008 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006

Aufgaben der nachgeschalteten Anwender:

- ▶ Prüfung, ob die eigene Verwendung im eSDB beschrieben und ein ES vorhanden ist.
 1. Wenn nein
 - => Bitte um Bewertung der Verwendung durch den Registranten oder
 - => Wechsel zu einem Lieferanten, der die Verwendung in seinem CSR abdeckt oder
 - => Erstellung eines eigenen Stoffsicherheitsberichts durch den nachgeschalteten Anwender (DU-CSR).
 2. Wenn ja
 - => Abgleich der in SDB und ES vorgegebenen Informationen mit den eigenen Anwendungsbedingungen vor Ort (wenn Bedingungen gleich => Fortsetzung der Verwendung; wenn Bedingungen ungleich => 1).

Formulierer haben die Aufgabe, die Informationen zur sicheren Verwendung, die sie für ihre Einsatzstoffe erhalten, mit dem Sicherheitsdatenblatt (wenn erforderlich) an die Anwender der Gemische weiterzugeben. Bei diesem Schritt werden ggf. die von den Lieferanten erhaltenen Informationen zur sicheren Verwendung konsolidiert. Dies kann die Überprüfung der Wirksamkeiten verschiedener RMM für die Inhaltsstoffe im Gemisch notwendig machen.

Im Rahmen einer Konsolidierung von Informationen ist zudem zu prüfen, ob die Vorgaben zur sicheren Verwendung, die den Kunden weitergegeben werden, mit denen übereinstimmen, die die Lieferanten für die Einzelstoffe übermittelt haben. Ist dies nicht der Fall, so ist ggf. ein Stoffsicherheitsbericht für nachgeschaltete Anwender (DU-CSR) zu erstellen.

2.2 Konzept zur Struktur und Beschreibung von RMM

Die Abgrenzung zwischen RMM und Verwendungsbedingungen sowie die dreistufige Struktur von RMM sind im RMM-Leitfaden detailliert beschrieben. Da diese dreistufige Struktur Grundlage für das Verständnis des Vorgehens ist, werden im Folgenden einige zentrale Aspekte zusammengefasst.

2.2.1 Definition von RMM

RMM werden im ECHA-Leitfaden zu Informationsanforderungen und Stoffsicherheitsbeurteilungen (IR/CSA-Leitfaden)³ mittels der „Absicht“ von den Verwendungsbedingungen unterschieden: RMM werden nur zum Zweck der Expositionsminderung verwendet. Im Gegensatz hierzu ist die Beeinflussung der Exposition durch die Verwendungsbedingungen lediglich ein Nebeneffekt. Diese gedankliche Unterscheidung wird dem Vorhaben zugrunde gelegt.

Dies ist so konkretisiert, dass prozessintegrierte Maßnahmen, die „ohne den Prozess“ nicht existieren würden (z.B. Kaskadenspülungen), nicht als RMM angesehen werden. Maßnahmen wie ein Abluftwäscher können prinzipiell vom Prozess isoliert werden und gelten damit als RMM.

2.2.2 Stufen einer RMM

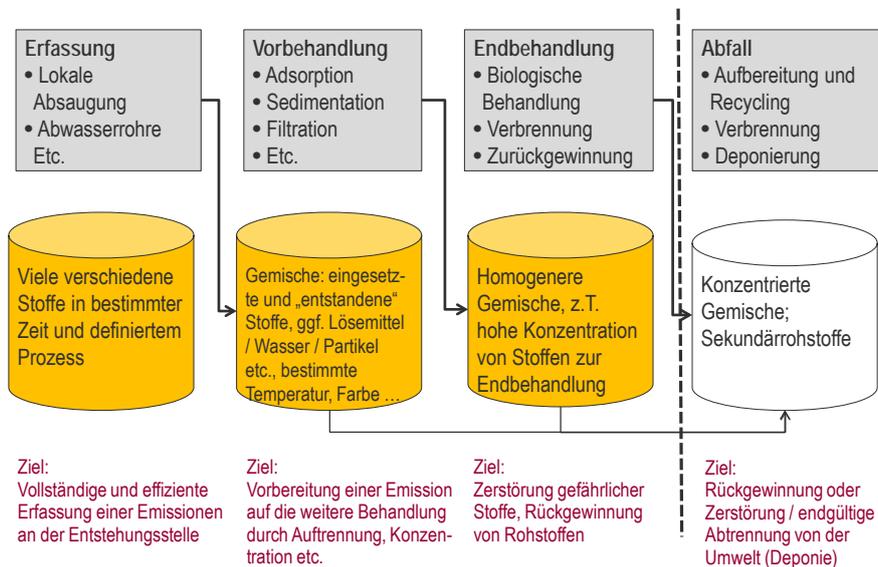
Für die Ermittlung und Kommunikation werden RMM in drei Stufen untergliedert:

1. *Emissionserfassung* am Emissionsort, z. B. lokale Absaugung oder Erfassungsstelle für Abwasser,
2. *Vorbehandlung*, z. B. durch Aufkonzentrieren mit chemisch-physikalischen Verfahren,
3. *Endbehandlung*, z. B. durch Zerstörung oder Deponierung (Abtrennung von der Umwelt).

³ Guidance on information requirements and chemical safety assessment - Part D: Exposure Scenario Building, Version 1.2; Helsinki, October 2012; “While impact on exposure is only resulting as a side effect from changing the operational conditions, risk management measures are intended to prevent, reduce or limit exposure.”

Die folgende Grafik zeigt die drei RMM-Stufen (oben) mit ihrer jeweiligen Zielsetzung (unten) und der Emissionsart (Mitte). Die Abfallbehandlung wird in der Regel betriebsextern ausgeführt und ist daher von den betrieblichen RMM grafisch abgesetzt.

Abbildung 1: Stufen einer RMM – Ziele und Charakterisierung der Emissionen



Nicht jede RMM beinhaltet alle drei Stufen. Ein Abluftstrom kann z.B. auch ohne Vorbehandlung in eine Nachverbrennungsanlage geleitet werden. Die Anlagen und Technologien der RMM-Stufen werden in der Praxis unterschiedlich miteinander kombiniert, je nach Branche, Prozess, eingesetzten Stoffen und sonstigen Gegebenheiten im Unternehmen. Allerdings unterscheiden sich die Stufen in Hinblick auf ihre konkrete Prozess- und Branchenabhängigkeit:

- ▶ Die erste RMM-Stufe ist sehr branchen- und prozessspezifisch, da die Art der Anlagen (z.B. offener / geschlossener Prozess, Geometrie der Emissionsstelle) und des Anlagenbetriebs (z.B. kontinuierlich / diskontinuierlich) für die Auslegung der Emissionserfassung und ihre Effizienz entscheidend sind.
- ▶ Auch die zweite RMM-Stufe der Vorbehandlung ist teilweise branchen- und prozessspezifisch. Allerdings spielen hier eher die Art und Anzahl der eingesetzten Stoffe und Gemische und die damit verknüpfte physikalisch-chemische Beschaffenheit der Emission eine zentrale Rolle.⁴
- ▶ Die dritte Stufe der RMM, die Endbehandlung, ist am wenigsten branchen- und prozessspezifisch. Hier kommen vielfach „Standard“-Anlagenkonzepte zu Anwendung (wie Nachverbrennungsanlagen oder chemisch-biologische Kläranlagen). Die ggf. vorgeschaltete Vorbehandlung (Stufe 2) hat oft das Ziel die Emissionen in einen für solche Standardkomponenten „verträglichen“ Zustand zu überführen.

Die Wirksamkeit einer RMM setzt sich aus den Wirksamkeiten der einzelnen RMM-Stufen zusammen und jede RMM-Stufe hat jeweils eine eigenständige Wirksamkeit. Wird ein Stoff in der Endbehandlung z.B. zu

⁴ Daneben sind natürlich auch hier die Prozessbedingungen und die jeweiligen Fahrweisen für die konkreten technischen Anlagenauslegungen von hoher Bedeutung (z.B. hat dabei die Frage nach kontinuierlich gleichartigen oder chargenweise unterschiedlichen Emissionszusammensetzungen hohe Relevanz).

100% zerstört, jedoch nur zu 50% in der ersten Stufe erfasst, so liegt die Wirksamkeit der gesamten RMM bei insgesamt nur 50%.

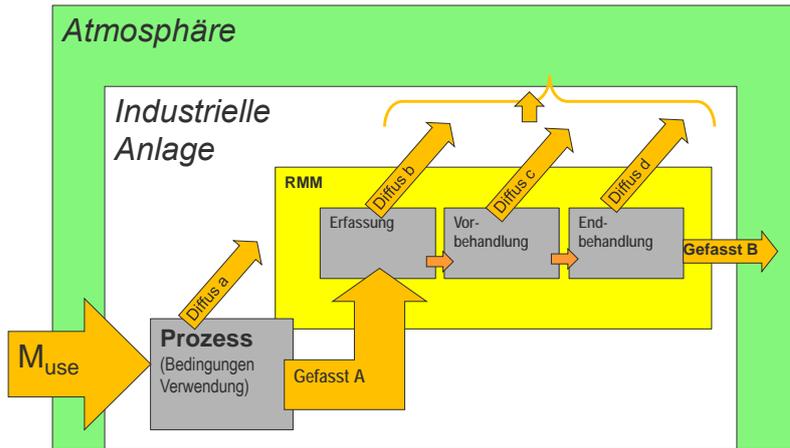
Die folgende Grafik zeigt diese Rechnung und die zugehörigen Einflussgrößen im schematischen Überblick:

Abbildung 2: Ermittlung der Gesamteffizienz einer RMM (Beispiel Luftpfad)

Primäre Emission aus dem Prozess (Luft)
 $F_{\text{primär}} = A + a$

Freisetzung in die Umwelt (Luft)
 $F_{\text{Luft}} = a + b + c + d + B$

RMM Effizienz bzgl. der Luft
 $RMM_{\text{Eff}} = 1 - (F_{\text{Luft}} / F_{\text{primär}})$



Muse = Eingesetzte Stoffmenge; $F_{\text{primär}}$ = insgesamt aus dem Prozess freigesetzte Stoffmenge
 F_{Luft} = in die Umgebungsluft freigesetzte Menge; RMM_{Eff} = Gesamtwirksamkeit der Maßnahme

Parameter, die die Wirksamkeit der Anlagen auf den verschiedenen RMM-Stufen bestimmen, sind die Stoffeigenschaften, die Zusammensetzung und Beschaffenheit der Emission sowie die konkreten Prozessbedingungen (OCs).

Das Funktionsprinzip einer RMM beruht auf der Nutzung bestimmter Stoffeigenschaften für eine Abtrennung oder Zerstörung eines Stoffes. Insofern eignen sich die Maßnahmen jeweils für die Stoffe, die dem Funktionsprinzip zugrunde liegenden Eigenschaften haben (Stoff- oder Stoffgruppenspezifität). So sind z.B. die Mobilitätseigenschaften für den Erfassungsgrad entscheidend oder die Molekülgrößen eine Filtration. Für die Endbehandlung ist die physikalische, chemische oder biologische Stabilität relevant.

Die Effizienz und teilweise auch die Eignung von RMM hängen aber zudem von der Beschaffenheit und Zusammensetzung der Gesamtemission ab. Ist Abwasser z.B. stark gefärbt, können ggf. UV-basierte Reinigungsverfahren nicht verwendet werden, und hat die Abluft eine hohe Luftfeuchtigkeit, werden ggf. bestimmte Filtermedien verstopft. Das Vorhandensein bestimmter Stoffe kann ebenfalls die Wirksamkeit beeinflussen, z.B. können Lösemittel Filtermedien vergiften oder Fällungen verhindern und komplexbildende Stoffe können andere Stoffe so binden, dass sie wegen der erhöhten Stabilität durch eine eigentlich geeignete Maßnahme nicht zerstört werden.

Die Prozessbedingungen, wie z.B. eine kontinuierliche oder diskontinuierliche Prozessführung, die Geschlossenheit der Anlagen oder die Reinigungshäufigkeiten, sind Parameter, die die Wirksamkeit von RMMs wesentlich beeinflussen. Dies betrifft insbesondere die Emissionserfassung (RMM-Stufe 1), aber auch die folgenden Schritte.

2.2.3 Abgrenzung der betrieblichen RMM

2.2.3.1 Abfall

Betrieblichen RMM können feste oder flüssige Rückstände erzeugen, z.B. Filterstäube oder Schlämme, die häufig extern als Abfälle entsorgt werden. Aufgrund der derzeit beschriebenen Bewertungsmethodik unter REACH wird die Effizienz der externen Abfallentsorgungsprozesse nicht in die Ermittlung der Gesamtwirksamkeit einer betrieblichen RMM integriert.⁵ Im Leitfaden wird daher beschrieben, dass in der Wirksamkeitsermittlung einer RMM wie folgt vorgegangen werden sollte: Bei einer externen Entsorgung eines RMM-Rückstands als Abfall wird davon ausgegangen, dass dieser Anteil der Stoffeinsatzmenge zu 100% gemindert, also entweder vollständig zerstört oder von der Umwelt abgetrennt wird. Dies gilt unabhängig von der Wirksamkeit des Abfallbehandlungsverfahrens.⁶

2.2.3.2 Abwasser

Die Abwasserbehandlung in einer kommunalen Kläranlage darf zwar in der Expositionsabschätzung der Registranten berücksichtigt werden, sie ist aber kein Bestandteil der betrieblichen RMM und wird somit in der Wirksamkeitsermittlung nicht berücksichtigt. Im Leitfaden wird daher festgelegt, dass die Mengen des Stoffes, die mit dem betrieblichen Abwasser (in eine kommunale Kläranlage) freigesetzt werden, den nicht geminderten Emissionen zugerechnet werden. Der Anteil der Stoffeinsatzmenge, der in das kommunale Abwasser eingeleitet wird, gilt in Bezug auf die RMM-Wirksamkeit also als zu 100% freigesetzt.

3 Informationsbedarf zu Wirksamkeiten von RMM

3.1 Informationsbedarf der Behörden

Bei Projektbeginn wurde angenommen, dass die das Anlagenrecht umsetzenden und überwachenden Behörden zur Erteilung von Genehmigungen zum Betrieb von Anlagen und deren Kontrolle Informationen zur stoffspezifischen Wirksamkeit von RMM haben bzw. benötigen. Dieser Bedarf wurde insbesondere für Plausibilitätsprüfungen von Genehmigungsunterlagen und Emissionsmessungen und zur Ableitung von Emissionsgrenzwerten gesehen. Zudem war eine Arbeitshypothese, dass die Überwachung der Umsetzung von Expositionsszenarien einen Bedarf an Informationen zur RMM-Wirksamkeit auslösen würde.

In den Interviews mit den Vertreterinnen und Vertretern der Genehmigungs- und Überwachungsbehörden zeigte sich jedoch, dass zur Genehmigung und Überwachung von Anlagen derzeit keine Informationen zur stoffspezifischen Wirksamkeit von RMM benötigt werden und dass der Vollzug der Umsetzung von Expositionsszenarien zumindest nicht seitens dieser Behörden stattfindet.

Ein Bedarf an Informationen zu RMM-Wirksamkeiten besteht unter anderem deswegen nicht, weil die Behörden sich bei der Anlagengenehmigung und –Überwachung an der Industrieemissionsrichtlinie (IED) und den Merkblättern zur Besten Verfügbaren Technik (BVT-Merkblättern) bzw. den nationalen Umsetzungen der IED orientieren, insbesondere der Technischen Anleitung Luft (TA Luft) sowie der Abwasserverordnung (AbwVO). Diese Regelwerke fokussieren auf die Einhaltung von Emissionsgrenzwerten für bestimmte Einzelstoffe bzw. Stoffgruppen und machen keine Vorgaben dazu, wie diese Grenzwerte erreicht werden bzw. welche Wirksamkeiten die eingesetzten RMM-Anlagen haben müssen.

⁵ Dies liegt daran, dass die externe Abfallbehandlung eine andere Emissionsquelle ist, als der Betrieb. Zudem fehlen Methoden zur Bewertung der Abfallphase. Dies führt auch dazu, dass Unternehmen, die ihre Abfälle betrieblich endbehandeln gegenüber denen benachteiligt sind, die dies extern vornehmen lassen, da erstere durch die Mitbetrachtung der Endbehandlung im Betrieb höhere lokale Emissionen haben. Zudem werden externe Entsorgungsprozesse überschätzt, da deren Effizienz teilweise unterhalb von 100% liegt.

⁶ In der Stoffsicherheitsbeurteilung müssen die entstehenden Abfallmengen allerdings angegeben werden. Außerdem sind Hinweise zum sicheren Umgang mit den Abfällen aus den RMM in der Lieferkette zu kommunizieren.

Nach Aussagen der Vertreterinnen und Vertreter der Behörden müssen höhere Anforderungen an den Betrieb einer Anlage (niedrigere Grenzwerte) als gesetzlich bzw. in den BVT-Merkblättern vorgesehen, begründet und die technische Umsetzbarkeit und Verhältnismäßigkeit belegt werden. Für diesen Aspekt der Arbeit könnten Informationen zur (stoffspezifischen) Wirksamkeit von RMM hilfreich sein.

In einem Bericht des Europäischen Netzwerks zur Umsetzung und Überwachung der Umweltgesetzgebung (Impel 2013) sowie ein im November 2014 veröffentlichter Bericht des Ministeriums für ein lebenswertes Österreich (Ministerium für ein lebenswertes Österreich 2014) untersuchen die Möglichkeiten der Nutzung von Informationen und der Erzeugung von Synergien zwischen Chemikalien- und Anlagenrecht. Als nützlich für das Anlagenrecht werden die folgenden Informationen aus REACH identifiziert: Relevanz von Stoffen für eine Branche, PNECs, Modelle zur Ermittlung von Umweltemissionen (ERCs und spERCs), Sicherheitsdatenblätter sowie Expositionsszenarien. Ein konkreter Bedarf an Informationen zur Wirksamkeit von RMM wird nicht formuliert. Zusätzliche äußerten die Behördenvertreterinnen und –Vertreter einen Bedarf an Informationen über die Abbaubarkeit der Bestandteile eines Gemisches (normalerweise wird die Abbaubarkeit des Gemisches angegeben) und über beabsichtigte Verwendungen von Stoffen und Gemischen.

Bislang hat eine (systematische) Überprüfung der Umsetzung von Expositionsszenarien noch nicht begonnen. Dies kann daran liegen, dass für diese Aufgabe von den Ländern noch keine Zuständigkeiten festgelegt wurden, dass der Vollzug seitens der Behörden noch nicht begonnen wurde oder daran, dass bei den (End-)Anwendern von Chemikalien keine Expositionsszenarien oder erweiterte Sicherheitsdatenblätter mit konkreter RMM-Information vorliegen.

Auch die Umsetzung der Vorgaben für die Verwendung zulassungspflichtiger Stoffe, die sich aus den Zulassungen ergeben, wird in Zukunft zu überwachen sein. Da die DU eines zulassungspflichtigen Stoffes die ECHA über ihre Verwendung eines zugelassenen Stoffes informieren und diese Information an die Mitgliedsstaaten übermittelt wird, ist hier eine zielgerichtete Überprüfung der Umsetzung von Expositionsszenarien möglich. Zudem ist es aufgrund der besonders besorgniserregenden Eigenschaften der Stoffe sehr wahrscheinlich, dass die Nutzung von RMM verpflichtend ist und ggf. Mindestwirksamkeiten spezifiziert sind.⁷

In beiden Fällen (zulassungspflichtige Stoffe und Stoffe, für die Informationen zu sicheren Verwendung kommuniziert werden [im ES oder SDB]) ist vorgesehen, dass die Überwachungsbehörden prüfen, ob die Bedingungen der sicheren Verwendung umgesetzt sind. Hierfür werden sie die entsprechenden Informationen aus der Lieferkette mit den Bedingungen vor Ort vergleichen und die nachgeschalteten Anwender auffordern im Detail nachzuweisen, dass die Expositionsszenarien, einschließlich der RMM, umgesetzt sind. Dies kann zum Beispiel bedeuten, dass ein nachgeschalteter Anwender zeigen muss, dass eine vor Ort vorhandene RMM die kommunizierte Wirksamkeit erreicht.

Die Behörden überprüfen in dem Fall die Informationen und ggf. Daten, die der nachgeschaltete Anwender anführt, um diesen Nachweis zu führen. Somit besteht für die Behörde kein direkter Informationsbedarf über die RMM-Wirksamkeit. Ein eigenständiger Informationsbedarf der Überwachungsbehörden könnte dann entstehen, wenn der Anwender seinen Nachweis auf Annahmen basiert und diese zu überprüfen sind.

3.2 Informationsbedarf der Wirtschaftsakteure

3.2.1 Registranten

Basierend auf den REACH-Anforderungen wurde zu Beginn des Projektes der folgende Informationsbedarf der Registranten antizipiert:

- ▶ „allgemeines Wissen“ über den Aufbau von RMM und die jeweils branchenüblichen Verfahren und

⁷ Eine Sichtung zufällig ausgewählter Teile von Zulassungsanträgen zeigte allerdings, dass hier nur teilweise RMM vorgesehen sind. Diese Durchsicht der Anträge ist allerdings nicht vollständig und teilweise bestand für die Stoffe keine Umweltbesorgnis.

- ▶ Informationen über die stoffspezifischen Wirksamkeiten der RMM-Stufen gemäß der im Leitfaden vorgeschlagenen Tabellen.

Nach Aussagen von befragten Registranten und Beratungsinstitutionen, die CSRs erstellen sowie Rückmeldung aus dem Verband der chemischen Industrie werden in der Praxis derzeit von den Registranten keine RMM-Informationen benötigt.

Die Gründe für den „fehlenden Bedarf“ an Informationen über stoffspezifische RMM-Wirksamkeiten sind:

- ▶ Nach Aussagen von Registranten und Beratern können bei Nutzung vorhandener Standardinstrumente (ECETOC TRA, spERCs) für die meisten Stoffe sichere Verwendungen ohne zusätzliche RMM nachgewiesen werden.
- ▶ Ebenfalls nach Aussagen der Registranten und Berater würden, in Fällen, in denen die Standardinstrumente zum Nachweis der sicheren Verwendung nicht ausreichen, entweder die den Emissionsfaktoren zugrunde liegenden Annahmen überprüft und verändert und/oder die maximale Verwendungsmenge verringert.
- ▶ Informationen zur sicheren Verwendung werden bislang kaum bis zu den Endanwendern kommuniziert und es fehlen Rückmeldungen zu den Anwendungsmengen bzw. zur Angemessenheit der kommunizierten Vorgaben zur sicheren Verwendung. Daher fehlen Anreize, sich mit der Fragestellung zu beschäftigen.
- ▶ Einige Stoffhersteller schlagen die gleichen RMM für die Anwenderbranchen vor, die sie selbst verwenden. Auch hierzu wurden bislang keine Rückmeldungen erhalten, die eine Prüfung dieser Informationen ausgelöst haben.

Eine kurze Durchsicht einiger Zulassungsanträge zeigt, dass selbst für SVHC tatsächlich in einigen Fällen die Nutzung von spERCs / ERCs ausreichend ist, insbesondere wenn die Besorgnis durch eine Gesundheitsgefährlichkeit von Stoffen ausgelöst wird. In anderen Fällen wird eine Verwendung im geschlossenen System beschrieben, wo keine Emissionen erwartet werden. Weitere Zulassungsanträge benennen RMM und die Wirksamkeit, die im CSR angenommen wurde, leiten diese jedoch für den Stoff nicht ab oder zitieren keine Informationsquellen. Aus den Anträgen ist nicht ersichtlich, wie mit RMM-Wirksamkeiten umzugehen ist / umgegangen wird, wenn ein Stoff keine Wirkschwelle hat (PBT/vPvB).

Bezüglich des „fehlenden“ Informationsbedarfs der Registranten ist Folgendes anzumerken:

- ▶ Die Angaben zur Wirksamkeit von obligatorischen RMM, die in den Emissionsfaktoren von spERCs berücksichtigt sind, wurden bislang in den Projekten zur Analyse der Plausibilität und Verlässlichkeit von spERCs nicht untersucht. Es ist daher unklar, ob die Emissionsfaktoren der spERCs, die obligatorische RMM beinhalten, angemessen sind.
- ▶ Die Angaben zu optionalen RMM in den spERCs wurden bislang ebenfalls keiner Prüfung unterzogen. Daher ist unklar, ob sie realistisch und plausibel sind. Vielfach sind die RMM-Wirksamkeiten aus dem BVT-Merkblatt über die Abfall- und Abwasserbehandlungstechniken der chemischen Industrie (CWW) zitiert. Eine Übertragung der Effizienzen von einer Branche / Emission auf eine andere wird von Experten jedoch als nicht zulässig angesehen.
- ▶ Die Wirksamkeit von RMM ist nach Kenntnisstand der Auftragnehmer bislang weder in den Dossierbewertungen noch in den Stoffevaluationen geprüft worden. Somit fehlt bisher auch der „regulatorische Druck“, die Qualität dieser Informationen zu überprüfen.
- ▶ Selbst wenn Informationen über RMM und deren Wirksamkeiten bei den Endanwendern ankämen, ist unklar, ob diese eine Rückmeldung geben würden wenn die Anwendungsmengen zu niedrig angesetzt sind, da sie über den Mechanismus des Scaling die Wirksamkeit vorhandener RMM berücksichtigen und dadurch die Mengen erhöhen könnten, ohne zu kommunizieren oder nicht REACH-konform zu agieren.

- ▶ Für die Ableitung von RMM für die Luft, bzw. die Iteration einer CSA, fehlen bislang die Auslöser, da in den meisten Fällen kein PNEC für die Luft definiert ist und daher kein Risikoquotient gebildet werden kann. Daher fehlt hier auch die Notwendigkeit / der Anreiz, RMM abzuleiten und zu empfehlen.

3.2.2 Informationsbedarf der Formulierer und der Endanwender

Aufgrund der REACH-Aufgabe, Informationen über die sichere Verwendung in der Wertschöpfungskette zu kommunizieren wurde ein Informationsbedarf der Formulierer über RMM angenommen. Dieser wurde abgeleitet aus der Notwendigkeit, ggf. unterschiedliche RMM-Vorgaben für die Einsatzstoffe eines Gemisches zu konsolidieren bzw. Vorgaben der Lieferanten an die Anwendungssituationen der Gemische anzupassen.⁸

Für die Endanwender wurde ein Informationsbedarf über stoffspezifische RMM-Wirksamkeiten für die Überprüfung, ob die Vorgaben der Lieferanten umgesetzt sind, antizipiert. Dies wurde auch vor dem Hintergrund angenommen, dass Messungen von Stoffkonzentrationen im Abwasser oder Abgas selten vorliegen.

Da die Zielsetzung des Interviewprozesses die Erhebung des Informationsbedarfes der Behörden war, sowie zu lernen, wie die Hersteller von RMM-Anlagen diese auswählen und bemessen, wurden keine Formulierer und nur ein Endanwender kontaktiert und befragt. Allerdings berichteten die Vertreterinnen und Vertreter der Behörden und die Hersteller der RMM-Anlagen übereinstimmend, dass für die nachgeschalteten Anwender (wie auch die Stoffhersteller) primär die Einhaltung der Grenzwerte und die dafür notwendigen Investitions- und Betriebskosten von Interesse seien. Die Wirksamkeit einer RMM könne zwar teilweise aus Messdaten zur Planung von RMM abgeleitet werden, aber eine entsprechende Optimierung und Beschäftigung mit alternativen RMM (mit höheren Wirksamkeiten) sei in der Regel nicht gewünscht. Diese Aussagen würden einem Bedarf an Informationen über RMM widersprechen.

⁸ Diese Arbeitsschritte können ggf. eine Verpflichtung zur Erstellung eines Stoffsicherheitsberichtes durch den nachgeschalteten Anwender auslösen.

3.3 Herausforderung bei der Ableitung von RMM Wirksamkeiten

Im Folgenden werden die Herausforderungen bzgl. der Ableitung von RMM-Wirksamkeiten für bestimmte Stoffe in ihren Verwendungen beschrieben. Die Aussagen leiten aus den Erfahrungen und Meinungen, die die RMM-Hersteller und Behörden sowie der Endanwender in den Interviews geäußert haben, aus der generellen Kenntnis des Auftragnehmers über RMM sowie Hinweisen aus der Literatur ab.

3.3.1 Auswahl und (stoffspezifische) Wirksamkeiten von RMM

Bestimmte (Kombinationen von) RMM werden in den jeweiligen Anwenderbranchen häufiger verwendet als andere. Dieser Stand der Technik bzgl. der RMM wird, wenn die Branchen oder deren Prozesse von der IED abgedeckt sind, in den BVT-Merkblättern beschrieben und ist den Akteuren innerhalb der Branchen gut bekannt.

Die Auswahl eines geeigneten Funktionsprinzips einer RMM ist nach Expertenmeinungen mittels Daten zu den Stoffeigenschaften grundsätzlich möglich. Unter einem Funktionsprinzip wird die Funktionsweise einer RMM verstanden; also der Mechanismus, der dazu führt, dass ein Stoff aus einer Emission abgetrennt und/oder zerstört wird. Beispiele sind „Filtration“ oder „biologische Reinigung“.

Die Interviewpartner waren in Bezug auf die Vorhersage der Wirksamkeit einer RMM für einen bestimmten Stoff, der in einem definierten Prozess eingesetzt wird allerdings anderer Meinung: Hier sei eine Abschätzung, z.B. basierend auf Daten aus ähnlichen Prozessen kaum möglich, sondern müsse anhand von Messungen der konkreten Emission ermittelt werden, da die Wirksamkeit einer RMM von sehr vielen unterschiedlichen und sich teilweise gegenseitig beeinflussenden Parametern abhängt.

3.3.2 Faktoren, die die Wirksamkeit von RMM beeinflussen

Das RMM-Funktionsprinzip und die jeweils relevanten Stoffeigenschaften sind die Grundlage für die Auswahl einer RMM. Entsprechend hängt auch die prinzipiell erreichbare Wirksamkeit einer RMM von der Kombination dieser beiden Faktoren ab. Zum Beispiel bestimmt die Zerfallstemperatur von Stoffen die Wirksamkeit einer thermischen Oxidation oder die Partikelgrößenverteilung die Möglichkeit, Stoffe aus der Abluft zu filtrieren. Weitere zentrale Parameter, die die theoretische Wirksamkeit, sowie die vor Ort real erzielte Wirksamkeit einer RMM beeinflussen sind unter anderem:

- ▶ Wahl der konkreten „Untertechnologien“, z.B. Hilfsmittel für die Fällung und Flockung, Wahl von Filtermaterialien, Geometrie von Absetzbecken, Kapazität von Anlagen,
- ▶ Bedingungen beim Betrieb der RMM, z.B. Temperatur, Aufenthaltsdauer der Stoffe in der RMM, kontinuierliche oder diskontinuierliche Fahrweise,
- ▶ Zusammensetzung und Beschaffenheit der Emissionen, z.B. Wasser-, Öl-, Lösemittel- und Feststoffgehalt, Gehalt an färbenden Stoffen, Tensiden oder Komplexbildnern, Konzentration der zu entfernenden Stoffe,
- ▶ Kombination von Technologien und RMM-Stufen; z.B. kann die Wirksamkeit der meisten Verfahren verbessert werden, indem störende Stoffe entfernt, der pH-Wert eingestellt oder Stoffe in ein anderes Medium überführt werden (z.B. aus dem Abgas ins Abwasser, aus dem Abwasser in ein Adsorbens etc.).

Die Variabilität und Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten dieser Parameter bilden einen komplexen Hintergrund, der die Ermittlung einer RMM-Wirksamkeit für Einzelstoffe, ebenso wie die Ermittlung von „Störfaktoren“ für die Funktionsfähigkeit für die meisten Anlagentypen, nach Aussagen der Befragten RMM-Hersteller und Behörden sowie des Endanwenders unmöglich machen. Dies sei lediglich für konkrete Anlagen und anhand von Messungen möglich.

Es ist zu erwarten, dass sich die Schwankungsbreiten von RMM – Wirksamkeiten der unterschiedlichen RMM-Funktionsprinzipien unterscheiden. So ist die Wirksamkeit einer chemischen Fällung stärker von der Zusammensetzung und dem pH-Wert des Abwassers abhängig, als eine biologische Reinigung. Außerdem

ist davon auszugehen, dass der Einfluss der Emissionszusammensetzung und Beschaffenheit im Abwasser größer ist, als in der Abluft.

Im Rahmen des Projektes konnten nicht für alle RMM – Funktionsprinzipien Informationen über Schwankungsbreiten von Wirksamkeiten erhoben werden. Die Tendenz der befragten Akteure ist in dieser Hinsicht jedoch sehr eindeutig. Dies hat Konsequenzen auf die Interpretation der REACH – Pflichten für die Registranten und die nachgeschalteten Anwender, die in den Schlussfolgerungen weiter ausgeführt werden (s. Kapitel 5.1).

3.4 Informationsverfügbarkeit über RMM-Wirksamkeiten

Aufgrund der Schwierigkeiten die Wirksamkeit von RMM für einen Stoff auf einer allgemeinen Ebene und für ein bestimmtes RMM-Funktionsprinzip vorherzusagen oder zu beschreiben, gibt es hierüber kaum veröffentlichte Informationsquellen. Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse der Recherche publizierter Informationen über RMM-Wirksamkeiten vorgestellt (Kapitel 3.4.1). Danach wird dargestellt, welche Informationen die Akteure in der Wertschöpfungskette haben und ggf. bereitstellen würden (Kapitel 0).

3.4.1 Veröffentlichte Informationen

3.4.1.1 BVT-Merkblätter

Informationen zu RMM-Wirksamkeiten sind systematisch im BVT-Merkblatt zur Behandlung und zum Management von Abwasser und Abluft in der chemischen Industrie (CWW) enthalten. Dieses BVT-Merkblatt wird momentan überarbeitet und es ist nur als Entwurf veröffentlicht. In einigen wenigen BVT-Merkblättern aus Anwenderbranchen sind ebenfalls für einen kleinen Teil der vorgestellten Maßnahmen Wirksamkeiten für bestimmte Stoffe oder Stoffgruppen angegeben.

3.4.1.2 Wissenschaftlich-technische Quellen

Im Rahmen der Beispielbearbeitung und über die CEFIC RMM-library wurden in wissenschaftlich-technischen Publikationen bzw. Projektberichten vereinzelt weitere hilfreiche Quellen identifiziert⁹. Diese sind „Einzelpublikationen“ und können daher nicht strukturiert angegeben werden. Eine Suche nach solchen Quellen ist sehr aufwendig und wahrscheinlich in Ermangelung von Studien / Daten in den meisten konkreten Fällen erfolglos.

⁹ Daten zur Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen für die Entfernung von PFOS aus dem Abwasser, s. Fallstudie zur Verchromung von Kunststoffteilen und Daten zur Wirksamkeit von Abluftabsaugungen im Arbeitsschutz, die aber prinzipiell für die Stufe der Ablufterfassung auch auf die Umweltbezogenen RMM übertragen werden können

3.4.1.3 Spezifische Umweltemissionskategorien (spERCs)

Die spezifischen Umweltemissionskategorien (spERCs) sind ein Instrument, das den Registranten bei der Erstellung des CSR unterstützen kann. SpERCs können zweierlei Informationen über RMM enthalten:

- ▶ *Obligatorische RMM*: Die Wirksamkeit der obligatorischen RMM ist in der Berechnung der Emissionsfaktoren integriert und die RMM ist als verpflichtend zu kommunizieren.
- ▶ *Optionale RMM*: Diese Maßnahmen werden von den spERC Erstellern als Möglichkeit vorgeschlagen, eine mittels spERC durchgeführte CSA zu iterieren, wenn im ersten Schritt keine sichere Verwendung nachgewiesen werden kann.

Die Wirksamkeit der RMM sowie die Quelle bzw. Ableitung der Wirksamkeit für den Stoff sollte nach Möglichkeit in der Dokumentation eines spERC angegeben werden¹⁰. Da Registranten und Beratungsinstitutionen aussagten, dass die spERCs für den Nachweis der sicheren Verwendung in der Regel ausreichend sind, werden die spERC-Datenblätter mit der Dokumentation der Rechenwerte und ihrer Begründungen, hinsichtlich der darin enthaltenen RMM-Informationen im Folgenden analysiert.

Aufgrund der in Kapitel 3.3 beschriebenen Schwierigkeiten der Ermittlung einer RMM-Wirksamkeit erscheint es für die Kommunikation und Umsetzung der sicheren Verwendungsbedingungen erforderlich, dass die den Emissionsfaktoren zugrunde liegenden RMM-Wirksamkeiten kenntlich gemacht werden. Zudem kann die abgeleitete Wirksamkeit lediglich ein Anhaltspunkt für eine mögliche Wirksamkeit unter „guten Bedingungen“ sein und muss von den nachgeschalteten Anwendern geprüft werden. Im Fall, dass die Emissionsfaktoren von spERCs aus Messdaten abgeleitet werden, die obligatorische RMM integrieren, wäre zu prüfen, ob das zugrunde liegende Datenkollektiv repräsentativ ist und somit auf andere Unternehmen extrapoliert werden kann, auch in Bezug auf die integrierten Wirksamkeiten der Risikomanagementmaßnahmen.

Obligatorische RMM in den spERCs

Die Angabe und Ableitung obligatorischer RMM und ihrer Wirksamkeiten unterscheiden sich in den spERC-Datenblättern und sind in Zusammenhang mit der Ableitung der Emissionsfaktoren zu sehen. Die in den spERC-Datenblättern aufgeführten obligatorischen RMM sind in der folgenden Tabelle dargestellt. In der ersten Spalte wird der Name des Verbandes genannt, der den spERC entwickelt hat, in der 2. Spalte stehen die abgedeckten Verwendungen. Die dritte Spalte beschreibt die Art der in den spERCs enthaltenen obligatorischen RMM sowie welche Wirksamkeitsinformationen gegeben werden. In der letzten Spalte wird die Art der Begründung für die RMM-Wirksamkeit genannt.

Tabelle 1 Informationen über obligatorische RMM in spERCs

Verband	SpERCs Info	RMM-Infos	Quelle / Ableitung
ACEA	Industrielle Anwendung flüssiger Lacke in Sprayanwendungen	Abluft: Feststoffe - Nasswäscher; Fällung und Filtration des Wäscherwassers; VOC: keine Maßnahmen aber typische Minderung 5-25 % (lösemittelbasierte Lacke) bzw. 10-50% (wasserbasierte Lacke) ohne spezifische Technologien	Transfereffizienz Wäscher: betriebliche Daten. Keine Angabe für Fällung und Filtration.

¹⁰ Die Emissionsfaktoren einiger spERCs basieren auf betrieblichen Daten zu Verbrauchsmengen von Stoffen und Konzentrations- und Durchflussmessungen *nach* den betrieblichen Risikomanagementmaßnahmen. In diesen Fällen gibt es keine Einzelinformationen über die (stoffspezifische) Wirksamkeit der RMM und diese kann daher nicht angegeben werden. Auch bei prozessintegrierten Maßnahmen ist eine klare Trennung zwischen Anwendungsbedingung und RMM und somit auch der „primären Freisetzung“ und der Wirksamkeit der RMM nicht möglich.

Verband	SpERCs Info	RMM-Infos	Quelle / Ableitung
ACEA	Beschichtung Elektrodeposition, Abwasser aus Reinigung und Entnahme Ultrafiltrate / Anolyte	Abwasser: Ultrafiltration (prozessintegriert)– keine regulären Emissionen; Feststoffe: chemisch-physikalische Behandlung	Transfereffizienz ins Abwasser: betriebliche Daten. Keine Angabe für CPB
ACEA	Sandstrahlen von beschichteten Teilen	Abwasser - Feststoffe: chemisch – physikalische Behandlung: 90%	Expertenbewertung
AISE	Formulierung körnige und wasserbasierte Reinigungsmittel	Keine obligatorischen RMM	
AISE	Verwendung von Metallsalzen zur Beschichtung	Abwasser: pH-Einstellung und Fällung: 95%	Keine Quelle
ATIEL	Formulierung von Schmierstoffen und Schmierölen (S+S)	Abwasser: Wasser/Öl-Separatoren oder ähnliche Systeme	Keine Angabe der Wirksamkeit
ATIEL	Industrielle Verwendung von S+S: offene Systeme (niedriger / hoher Energieeintrag), in Fahrzeugen & Maschinen, in Metallbearbeitungsflüssigkeiten (Handhabung & Verdünnung)	Abwasser: Wasser/Öl-Separatoren oder ähnliche Systeme	Keine Angabe der Wirksamkeit
CEPE	Formulierung (wasserbasiert, lösemittelbasiert und Pulverbeschichtungen)	Abluft - VOC (außer Pulverbeschichtungen): Maßnahmen zur Vermeidung diffuser Emissionen, nur bzgl. Arbeitsschutz; Feststoffe: Maßnahmen zur Vermeidung von Staubbildung; Zyklone und Sackfilter: 99% Abwasser – keine RMM	Maximale Verluste VOC (Prozess inkl. RMM < 5% = gesetzlich vorgeschrieben) Zyklone und Filter: „typische Wirksamkeit“, keine Quelle
CEPE	Professionelle Spritzanwendung	Abluft: keine RMM Abwasser: Wäscher oder Filtration: 95%	Keine Quelle
CEPE	Industrielle Spritzanwendung	Abluft: thermische Oxidation: 99%, Nasswäscher oder Filter: 95%, Zyklon und/oder Filter: 95% Abwasser: keine RMM	Keine Quelle
CE	Formulierung	Keine RMM	
ECMA	Herstellung metallischer Katalysatoren	Abluft: verschiedene Filter oder Wäscher; alle > 99% Abwasser: Fällung, Sedimentation, Filtration, Destillation oder Ionenaustausch; alle > 99%	Befragung von Unternehmen; NFM-BVT
ECPA	Verwendung von Pflanzenschutzmitteln	Keine RMM	
EFCC	Formulierung von Bauchemikalien	Keine RMM	
EFCC	Industrielle Verwendung von Bauchemikalien	Keine RMM	

Verband	SpERCs Info	RMM-Infos	Quelle / Ableitung
ESIG ESVOC	Herstellung, Umfüllen, Verpacken von Lösemitteln, Herstellung explosiver Stoffe	Abwasser: Öl/Wasser – Separatoren, Skimmer oder Flotation können erforderlich sein	Keine Wirksamkeit; Hinweis, dass RF auf der Annahme basiert, dass keine freien Lösemittel im Wasser sind
ESIG ESVOC	Industrielle Verwendung als Zwischenprodukt / als Lösemittel in/als: Beschichtungen, Metallbearbeitungsflüssigkeiten, Funktionsflüssigkeiten, Gummierstellung /-Verarbeitung, Binde- oder Treibmittel, Wasseraufbereitung / Reinigung	Abwasser: Öl/Wasser – Separatoren, Skimmer oder Flotation können erforderlich sein	Keine Wirksamkeit; Hinweis, dass RF auf der Annahme basiert, dass keine freien Lösemittel im Wasser sind
ESIG ESVOC	Verwendung in: Agrochemikalien, Treibstoff, Enteisungsmittel, Straßenbau, Laborchemikalie, Wasseraufbereitung (wide dispersive), Bergbau, Polymerverarbeitung	Keine obligatorischen RMM	
ETRMA	Gummierstellung und -Verarbeitung	Abluft: Abluftabsaugung, Filtration; Nasswäscher Abwasser: geschlossene Becken, Öl/Wasser-Separatoren, biologische Reinigung	CEFIC RMM-library, keine Wirksamkeiten angegeben
Euro metaux	Herstellung und Formulierung von Metallverbindungen, Verschiedene industrielle Verwendungen, Recycling	Abluft: (Nass)Elektrofilter, Zykclone, Gewebe oder Sackfilter, Keramische oder Metallgewebefilter, Nasswäscher (verschiedene Wirksamkeiten) Abwasser: Fällung, Sedimentation, Filtration, Elektrolyse, Umkehrosmose, Ionenaustausch (verschiedene Wirksamkeiten)	BVT-Nichteisenmetallindustrie Wirksamkeiten aus Befragung von Unternehmen teilweise (deutlich) niedriger als BVT-Angaben
FEICA	Formulierung von Klebstoffen	Abluft: Adsorption, Verbrennung: 80%	Keine Quelle
IFRA	Formulierung von Duftstoffen	Keine RMM	

Die Tabelle zeigt verschiedene Fälle im Umgang mit RMM-Informationen:

- ▶ *Keine RMM-Vorgaben:* spERCs, die keine obligatorischen RMM enthalten, werden im Folgenden nicht diskutiert.
- ▶ *Angabe einer RMM-Wirksamkeit:* Bei spERCs, die lediglich eine „notwendige RMM-Wirksamkeit“ enthalten, fehlt die Empfehlung einer Maßnahme, die für die im spERC abgedeckten Stoffe geeignet ist und die die notwendige Wirksamkeit grundsätzlich erreichen kann. Insofern wäre ein unter Nutzung des spERC erstellter CSR nicht REACH-konform und müsste um eine entsprechende Maßnahme ergänzt werden.
- ▶ *Nennung einer RMM ohne Wirksamkeit – Emissionsfaktoren aus Literatur oder Expertenbewertungen:* Bei spERCs, die lediglich eine konkrete RMM als obligatorisch vorschreiben, ist die Angabe der Wirksamkeit erforderlich, um zu gewährleisten, dass die nachgeschalteten Anwender die Bedingungen der sicheren Verwendung, einschließlich der RMM, überprüfen und umsetzen können.

- ▶ *Nennung einer RMM ohne Wirksamkeit – Emissionsfaktoren aus Unternehmensdaten:* Bei spERCs, die lediglich eine RMM als obligatorische RMM vorschreiben und die die Emissionsfaktoren aus Unternehmensdaten ableiten, wie beim Verband der europäischen Gummiindustrie (ETRM) und dem europäischen Metallverband (Eurometaux) sowie dem europäischen Verband der Hersteller von Katalysatoren (ECMA) sind die RMM-Wirksamkeiten in die Emissionsfaktoren integriert.¹¹ Dies ermöglicht keine separate Kommunikation und Überprüfung der RMM-Wirksamkeiten durch die nachgeschalteten Anwender.¹² Ob die zugrunde liegenden Daten alle Anwendungsfälle / Anlagen abdecken, konnte im Projekt nicht überprüft werden.
- ▶ *Nennung einer RMM mit Wirksamkeit:* SpERCs, die eine obligatorische RMM und ihre Wirksamkeit aufführen, geben entweder keine Quelle an oder zitieren ein BVT-Merkblatt. Im ersten Fall fehlt ein Nachweis bzw. die Begründung, dass eine RMM prinzipiell die erforderliche Wirksamkeit (für die vom spERC abgedeckten Stoffe) erreichen kann und im zweiten Fall ist zu prüfen, ob die Übertragung der Informationen aus den BVT-Merkblättern tatsächlich möglich ist.¹³

In allen spERCs, die obligatorische RMM enthalten, sind diese auf der Ebene des Funktionsprinzips (Wäscher, Skimmer, biologische Abwasserbehandlung etc.) benannt und nicht weiter konkretisiert. Es ist bei allen spERCs plausibel, dass die genannten Verfahren für die Anwenderbranchen üblich sind. Keine der RMM ist in Bezug auf die Stoffe oder Stoffgruppen / Stoffeigenschaften, für die sie geeignet sind in den spERC Datenblättern eingeschränkt.

Vor dem Hintergrund der objektiven Schwierigkeiten der Ableitung einer RMM-Wirksamkeit ist zunächst zu klären, welche Anforderungen an einen CSA und die Wertschöpfungskettenkommunikation zu stellen sind, bevor dieser Sachverhalt bezüglich der REACH-Konformität von CSA abschließend bewertet werden kann.

Optionale RMM in den spERCs

Informationen zu optionalen RMM sollen die Registranten bei der Iteration ihres CSA unterstützen. Da im CSA verwendete optionale RMM zu obligatorischen werden, wenn sie für die Iteration tatsächlich genutzt werden, sollte mindestens das Funktionsprinzip und die theoretisch erreichbare Wirksamkeit in Bezug auf bestimmte Stoffgruppen / Stoffe mit bestimmten Eigenschaften sowie die Informationsquelle(n) / die Ableitung der Informationen angegeben werden. Durch eine Integration von RMM-Informationen zur Iteration von CSAs würde die Empfehlung branchenüblicher RMM gefördert und auch die Iteration der CSAs standardisiert. Beide Aspekte sind Zielsetzung der spERC – Entwicklung insgesamt. Aber derzeit ist dies Thema noch nicht in Bearbeitung.

In verschiedenen spERCs für industrielle Verwendungen sind optionale RMM einschließlich möglicher Wirksamkeiten angegeben, die jedoch nicht auf bestimmte Stoffe oder Stoffgruppen bezogen sind. Allerdings ist eine Eingrenzung der Stoffe oft im Geltungsbereich des spERCs verankert (z.B. nur VOC oder Feststoffe, Metalle etc.). Die Informationsquellen für die RMM-Informationen sind Befragungen (ATIEL, Eurometaux), das CWW BVT-Merkblatt und das BVT-Merkblatt der Nichteisenmetallindustrie (NFM) sowie die CEFIC RMM-library, die wiederum auf diese Dokumente Bezug nimmt. CEPE begründet die Wirksamkeit mit gesetzlichen Anforderungen an die Emissionen der Anwender, die von diesen einzuhalten sind.

¹¹ Die Emissionsfaktoren werden aus Werten zur Verwendungsmenge eines Stoffes, der Emissionskonzentration nach den RMM und den jeweiligen Volumenströmen berechnet. Somit gibt es keine getrennten Werte für die primäre Emission und die RMM-Wirksamkeit, sondern lediglich einen integrierenden Emissionsfaktor.

¹² In den spERCs von EUROMETAUX und ECMA sind zusätzlich Wirksamkeiten der Maßnahmen aus dem BVT-Merkblatt der Nichteisenmetallindustrie aufgeführt.

¹³ Hier könnte z.B. analysiert werden, ob die Zusammensetzung oder Beschaffenheit einer Emission möglicherweise die RMM-Wirksamkeit herabsetzt, oder ob z.B. die Erfassung der Emissionen im Prozess der Endanwender so effizient erfolgen kann, wie im BVT-Merkblatt, aus dem die Information entnommen wird.

3.4.1.4 CEFIC Leitfaden für spERCs

Anhang 4 des CEFIC – Leitfadens zur Entwicklung von spERCs (CEFIC 2012) enthält eine Tabelle mit allgemeinen Informationen zur Wirksamkeit von Umwelt-RMM aus der RMM-library. Die Tabelle ist im Folgenden zitiert.

Tabelle 2: Standard RMM-Wirksamkeiten in der Cefic RMM library
(Stand Dezember 2009; Quelle: CEFIC 2012)

RMM Air Type	RMM efficiency	RMM Water Type	RMM efficiency
Wet scrubber - for dusts	0.5	Sedimentation of solids	0.3
Wet scrubber - for gas removal	0.7	Air flotation	0.8
Waste gas membrane separation	0.9	Filtration	0.5
Separator	0.1	Oil-Water Separation	0.9
Dust collection - air cyclones	0.7	Chemical treatment - Wet Air Oxidation	0.5
Waste gas treatment - thermal oxidation	0.98	Adsorption	0.1
Waste gas treatment - catalytic oxidation	0.9	Ion Exchange	0.8
Waste gas treatment – adsorption	0.8	Thermal Treatment - Distillation / Rectification	0.9
Biological treatment - degradable substances	0.7	Biological treatment Anaerobic	0.75
Waste gas treatment – condensation	0.1	Biological treatment – Aerobic	0.76
		Central Biological Waste Water Treatment	0.97
		Biological treatment - Sludge treatment e.g. thermal sludge reduction	0.6

Die Information in dieser Tabelle ist weder branchenspezifisch, noch wird deutlich, auf welche Stoffe sich die Wirksamkeiten beziehen. Es ist außerdem unklar, ob der Erfassungsgrad von Emissionen bei den Angaben berücksichtigt ist. Insofern können die Informationen als erste Anhaltspunkte für eine RMM-Wirksamkeit genutzt werden. Sie sind jedoch für eine realitätsnahe und plausible Ableitung angemessener RMM und deren Wirksamkeiten für einen bestimmten Stoff und in einer bestimmten Verwendung nur bedingt hilfreich.

3.4.1.5 OECD Emissionsszenariodokumente

Die Emissionsszenariodokumente (ESDs) der OECD zu den Anwendungsbereichen „Farben und Lacke“, „Schmierstoffe“ und „Gummiindustrie“ sind in einigen spERCs verwendet worden, um Emissionsfaktoren in Wasser, Luft und Boden abzuleiten. Außerdem empfiehlt die ECHA in ihrem Leitfaden zur Stoffsicherheitsbeurteilung die Nutzung der Emissionsfaktoren aus den ESDs zur Verfeinerung der Expositionsabschätzung.

Die ESD werden nach einem festgelegten Verfahren erstellt: Ein OECD-Mitgliedsstaat erklärt sich bereit, ein ESD zu entwickeln. Hierfür werden unter anderem Daten zu Emissionen aus den jeweiligen Prozessen von der Industrie gesammelt und ausgewertet. In der OECD-Arbeitsgruppe für Expositionsbewertung (task force for exposure assessment) werden die Entwürfe für ein ESD diskutiert und die Arbeitsgruppenmitglieder können ihre Kommentare dazu abgeben. Der verantwortliche Mitgliedsstaat überarbeitet seinen Entwurf unter Berücksichtigung der Kommentare und das ESD wird danach veröffentlicht.

Die vorliegenden ESDs beinhalten in vielen Fällen keine gesonderte Betrachtung der RMM und teilweise ist nicht eindeutig ob und welche RMM bei der Ableitung von Emissionsfaktoren berücksichtigt wurden. Dagegen sind die in einer Branche oder einem Prozess verwendeten Einsatzstoffe sehr gut beschrieben und charakterisiert.

In den meisten ESDs gibt es keine Dokumentation, wie die Emissionsfaktoren abgeleitet wurden. Eine Ausnahme ist beispielsweise das ESD für Plastikadditive, in dem die Emissionsfaktoren in die Luft anhand physikalisch-chemischer Überlegungen ermittelt wurden, was im Anhang II des ESDs beschrieben ist.

Der Leitfaden der OECD zur Erstellung von OECD ESDs wurde im Jahr 2000 veröffentlicht und enthält den folgenden Absatz zum Thema RMM:

*“Information on emission control methods for the industry
25. This section should cover whether methods are available, information on the extent to which they are employed in the industry area, and information on whether the scale of the operation affects the likelihood of their being used. Ideally such methods are accounted for in the form of additional factors which can be applied to the basic release estimate where appropriate.”*

Diese Empfehlung spiegelt das Prinzip einer getrennten Angabe von primären Emissionen und RMM-Wirksamkeiten unter REACH wieder. Es scheint allerdings in vielen ESDs nur in Ansätzen umgesetzt zu sein.¹⁴

Der OECD Leitfaden zur Erstellung von ESDs beschreibt zudem, dass Daten gesammelt und aufbereitet werden sollen, und gibt Anhaltspunkte, wie die Qualität unterschiedlicher Daten zu bewerten ist. Es wird auch gefordert, dass die Ableitung von Werten (Emissionsfaktoren) möglichst umfassend belegt und kenntlich gemacht werden soll, ob die jeweiligen Werte auf Statistiken, Messwerten, Expertenbewertungen oder anderen Informationen beruhen. Diese Empfehlungen scheinen ebenfalls in vielen ESDs nur teilweise umgesetzt zu sein, da eine Dokumentation der Datenbasis in der Regel nicht zu finden ist.

Die OECD ESDs haben für die Stoffbewertung auf internationaler Ebene einen hohen Stellenwert und werden in den spERCs sowie von den Registranten zum Teil als Informationsquelle zur Iteration von Stoffsicherheitsbeurteilungen genutzt. Bei vielen ESDs ist nicht eindeutig ob und welche RMM mit welcher Wirksamkeit in den Emissionsfaktoren berücksichtigt sind. Zudem ist die Datengrundlage auf der die Emissionsfaktoren (mit oder ohne RMM) abgeleitet wurden in der Regel nicht dokumentiert. Sowohl die Unklarheit bzgl. der Berücksichtigung von RMM in den Emissionsfaktoren als auch die mangelnde Dokumentation der Begründung für die Höhe der Emissionsfaktoren stehen nicht im Einklang mit den Anforderungen an die Transparenz und Qualität eines Stoffsicherheitsberichtes. Somit sollte sowohl das Thema der Dokumentation von Emissionsfaktoren als auch der Ableitung von Wirksamkeiten von RMM im Rahmen der OECD-Arbeitsgruppe für Expositionsbewertung in die Diskussion gebracht werden.

3.4.1.6 Fazit zu veröffentlichten Informationsquellen

In veröffentlichten Quellen, insbesondere den BVT-Merkblättern, sind ausreichend Informationen enthalten, um für einen Stoff geeignete RMM-Funktionsprinzipien auszuwählen. Ob dies auch für Stoffe, die nicht der „Standardproblematik“ einer Branche oder eines Prozesses entsprechen, bzw. die nicht auf dem Hauptemissionspfad freigesetzt werden¹⁵ gültig ist, kann basierend auf den Arbeiten dieses Projektes nicht beurteilt werden. Beispiele könnten sein: flüchtige Stoffe in Prozessen, in denen lediglich Feststoff- oder Abwasseremissionen betrachtet und behandelt werden oder nicht biologisch abbaubare Stoffe in Abwässern, die ansonsten lediglich biologisch abbaubare Stoffe enthalten.

Der Informationsgehalt über obligatorische und optionale RMM in den spERCs ist zwischen den Branchen und auch innerhalb der Branchen unterschiedlich. Die Bandbreite reicht von spERCs völlig ohne RMM-

¹⁴ Da keine Analyse aller ESDs im Rahmen des Projektes durchgeführt werden konnte, werden hier nur Tendenzen beschrieben. Hier wäre eine vertiefende Untersuchung der ESDs vonnöten, um eine fundierte Aussage zu treffen.

¹⁵ Da das Stoffrecht ggf. eine Ableitung von RMM für Stoffe erforderlich macht, die über das Anlagenrecht nicht primär adressiert werden, kann es sein, dass entsprechende Maßnahmen nicht „typisch“ und daher nicht ausreichend beschrieben sind. Dies konnte im Projekt jedoch nicht überprüft werden.

Angaben bis zu spERCs, in denen RMM einschließlich einer Angabe ihrer Wirksamkeit angegeben und sowohl anhand von Unternehmensdaten als auch durch Literaturquellen abgeleitet und dokumentiert werden.

Aufgrund der objektiven Schwierigkeiten der Ableitung einer „allgemeinen Mindestwirksamkeit“ einer RMM und des Interpretationsspielraumes über die rechtlichen Anforderungen an die Identifizierung und Prüfung einer möglichen RMM-Wirksamkeit, ist eine abschließende Bewertung, ob die Angaben und Begründungen zu obligatorischen und optionalen RMMs in den spERCs, bzw. die Emissionsfaktoren, die diese Informationen integrieren ausreichen, um die Erstellung REACH-konformer CSRs zu unterstützen, derzeit nicht möglich. Es wäre allerdings möglich zu überprüfen, ob die angegebenen RMM und die Werte für ihre Wirksamkeit in den Branchen und Verwendungen „typisch“ oder „möglich“ sind. Eine Überprüfung könnte durch unterschiedliche Akteure geschehen:

- ▶ durch die ECHA im Rahmen von Dossierbewertungen,
- ▶ durch die Mitgliedsstaaten im Rahmen von Stoffevaluationen oder der Kontrolle der Umsetzung von Expositionsszenarien in den Anwenderbranchen,
- ▶ durch die spERCs erstellenden Verbände im Rahmen der Überarbeitung ihrer Datenblätter oder Erstellung von Hintergrunddokumenten und basierend auf Messkampagnen o.ä. zur Verifizierung der Annahmen,
- ▶ durch die Registranten, die spERCs verwenden und überprüfen, ob Emissionsfaktoren oder RMM-Informationen für ihren Stoff zutreffend sind,
- ▶ von den Endanwendern im Rahmen der Überprüfung, ob die Verwendung vom ES abgedeckt ist.

In den OECD ESDs sind viele branchen- und stoffspezifische Informationen zusammengetragen. Allerdings fehlt eine transparente Darstellung, ob RMM in der Ableitung von Emissionsfaktoren berücksichtigt sind und wenn ja, mit welcher Wirksamkeit. Das Potenzial der ESDs für die Risikobewertung sowie als möglicher Input für die Entwicklung von BVT-Merkblättern könnte durch entsprechende Informationen erhöht werden.

Weitere Informationsquellen über (stoffspezifische) RMM-Wirksamkeiten existieren nur vereinzelt, z.B. in wissenschaftlich-technischen Publikationen.

3.4.2 Informationsverfügbarkeit über RMM bei den Akteuren

3.4.2.1 RMM-Anlagenhersteller

RMM-Anlagenhersteller sind vielfach auf bestimmte Branchen spezialisiert und ihnen sind die spezifischen Problematiken in Abluft und Abwasser sowie die entsprechenden „Standardlösungen“ bekannt. Informationen aus Wirksamkeitsmessungen (Vorversuche im Labormaßstab oder Pilotanlagen, Einmessen der Anlagen vor Ort) sind teilweise Eigentum der Unternehmen, welche die RMM-Hersteller beauftragen. Die Daten können aber auch dem RMM-Hersteller selbst gehören und in internen Datenbanken aufbereitet sein.

Nach Aussagen der RMM-Anlagenhersteller ist eine Übertragbarkeit von Wirksamkeitsinformationen von einer Anlage auf eine andere kaum möglich und auch eine Übertragung von Informationen von einem Stoff auf einen anderen wird kritisch gesehen. Andererseits wurde in den Interviews im Rahmen des Projektes auch gesagt, dass prinzipiell jede Wirksamkeit durch einen „intelligenten Betrieb“ einer Anlage bzw. die Kombination von Anlagen möglich ist.

Informationen über RMM-Wirksamkeiten sind zentrales Know-how der RMM-Anlagenhersteller und werden daher nicht veröffentlicht. Allerdings werden sie mit den Kunden ausgetauscht. Würde eine Anfrage zur Wirksamkeit einer RMM-Anlage für einen spezifischen Stoff von einem RMM-Anlagenbetreiber an den Hersteller der Anlage gestellt, könnte dieser die Wirksamkeit für diesen Stoff in dieser Anlage und spezifisch für das jeweilige Abwasser oder die Abluft abschätzen.¹⁶ Ob eine Übertragung der Wirksamkeit auf einen anderen, ähnlichen Stoff möglich ist oder ob für einen anderen Stoff Messungen durchgeführt werden müssten, konnte im Rahmen des Projektes nicht geklärt werden.

3.4.2.2 Betreiber von RMM-Anlagen

Die Betreiber von RMM-Anlagen (Stoffhersteller sowie DU) ermitteln Daten über Stoffkonzentrationen im Rohabgas und im Abwasser der Prozesse lediglich für die Bemessung und Planung von Anlagen und in Bezug auf die Parameter, die für die Genehmigung relevant sind. Nach aktuellem Kenntnisstand werden diese Daten nicht zur Berechnung von RMM-Effizienzen verwendet.¹⁷ Informationen über die Zusammensetzung einer Emission (Abgas / Abwasser) sind bei den nachgeschalteten Anwendern oft unvollständig, unter anderem, da häufig die Einsatzstoffe (in Gemischen) nicht bekannt sind.

Somit kann auch von den Anlagenbetreibern nur für bestimmte Stoffe bzw. Stoffgruppen oder Summenparameter eine Wirksamkeitsermittlung basierend auf Messdaten und/oder Informationen über die verwendeten Stoffe durchgeführt werden. Eine Übertragung von Wirksamkeitsinformationen einer RMM auf andere, ähnliche Stoffe bzw. ein Bezug von Daten über Summenparameter auf Einzelstoffe ist nach Aussagen der Interviewpartner nur schwer, bzw. nur für bestimmte Verfahren möglich.

3.4.2.3 Überwachungs- und Genehmigungsbehörden

Die Daten der Genehmigungsbehörden aus der Eigenkontrolle der Unternehmen und der behördlichen Überwachung beziehen sich auf die Konzentrationen der Stoffe bzw. Summenparameter im Reinabgas und im Reinabwasser. Konzentrationen im Rohabgas oder im Rohabwasser liegen teilweise in den Genehmigungsanträgen vor, werden aber nicht standardmäßig erhoben. Anlagen, die nicht der IED unterliegen, werden ebenfalls bezüglich der Einhaltung von Vorgaben der Abwasserverordnung (in Deutschland) behördlich überprüft, allerdings in deutliche geringerem Umfang und seltener.

¹⁶ In diesem Fall liegen dem RMM-Hersteller die Rahmenparameter über die konkrete Anlage und das konkrete Abwasser vor. Gesicherte Aussagen zur Wirksamkeit bedürfen nach Aussagen der Anlagenhersteller dennoch der Messung.

¹⁷ Dies liegt unter anderem daran, dass das Datum „Wirksamkeit der RMM für den Stoff“ für die Unternehmen keine rechtliche Relevanz hat bzw. diese Information für die Unternehmensprozesse, einschließlich der Stoffsicherheitsbeurteilung durch die Registranten, bisher nicht erforderlich ist bzw. eingefordert wird.

Die Informationen der Behörden aus Messungen und Kontrollen sind nicht aufbereitet (es existiert keine Datenbank oder Ähnliches und somit nicht direkt verfügbar. Für eine Auswertung von Emissionsdaten müssten entsprechende Informationen jeweils einzeln erfragt werden. Da allerdings lediglich Emissionswerte im Reingas bzw. Abwasser nach der RMM vorliegen und Daten zu den Konzentrationen im Rohgas oder Rohabwasser fehlen, können die Daten nicht für die Ermittlung von Wirksamkeiten genutzt werden.

3.4.2.4 Fazit zu Informationen der Akteure

Die Hersteller und die Betreiber von RMM-Anlagen haben zumindest teilweise Daten über die in der Realität erreichbare Wirksamkeit von RMM-Anlagen für bestimmte Stoffe / Stoffgruppen aus konkreten Prozessen und in konkreten Emissionen. Diese „typischen“ Wirksamkeiten könnten unter REACH genutzt werden. Diese Informationen liegen jedoch als Einzelinformationen bei den Akteuren vor und sind so nicht auswert- und strukturierbar. Allerdings könnten Registranten Informationen zu geeigneten RMM und deren „typischen“ oder in der Realität möglichen Wirksamkeiten aus der Wertschöpfungskette erhalten. Das Wissen der RMM-Anlagenhersteller könnte über Anfragen an die RMM-Betreiber verfügbar gemacht werden.

Insgesamt erscheint jedoch ein Schritt zur Bündelung und Auswertung dieser Informationen auf Ebene der Branchen notwendig, um die Berücksichtigung von RMM in der Stoffsicherheitsbeurteilung und Umsetzung der sicheren Verwendungsbedingungen effizient möglich zu machen.

3.5 Schnittstelle REACH und Industrieemissionsrichtlinie

In den BVT-Merkblättern werden für die durch die IED abgedeckten Branchen und Prozesse die jeweiligen Verfahren, einschließlich der Maßnahmen zur Ressourceneffizienz, Emissionsminderung und Abfallbehandlung beschrieben und die jeweils besten verfügbaren Techniken ermittelt. Für jede Technik werden Informationen von den Interessensgruppen (Mitgliedsstaaten, Industrie- und Umweltverbände) erhoben und strukturiert aufbereitet. Für die Emissionen in Luft und Wasser werden spezifische „mit BVT verbundene Emissionswerte“ als Obergrenzen oder Emissionsbandbreiten definiert. Die BVT-Merkblätter sollen mindestens die Einzelschadstoffe und Summenparameter (z.B. AOX) berücksichtigen, die in Anhang II der IED genannt sind, sowie „sonstige Schadstoffe, die von der betreffenden Anlage unter Berücksichtigung der Art der Schadstoffe und der Gefahr einer Verlagerung der Verschmutzung von einem Medium auf ein anderes in relevanter Menge emittiert werden können“ (Artikel 14). Eine Referenz zur REACH – Kandidatenliste ist in der IED nicht enthalten.

Eine stärkere Vernetzung von REACH und den BVT-Merkblättern, und damit auch mit der Anlagengenehmigung und Überwachung, wäre aus verschiedenen Gründen wünschenswert:

- ▶ Informationen aus REACH und dem Anlagenrecht könnten über den BVT-Prozess strukturiert ausgetauscht, bewertet und verfügbar gemacht werden und somit der Umsetzungsprozess beider Regulierungen gefördert werden,
- ▶ Die REACH-Akteure könnten mehr / konkretere Informationen zu Emissionen aus Prozessen und zu der Wirksamkeit von RMM aus den BVT-Merkblättern erhalten, die sie zur Stoffsicherheitsbeurteilung nutzen könnten,
- ▶ Emissionsmodelle aus REACH (z.B. spERCs) sowie Expositionsmodelle (z.B. Modellierung des Umweltverhaltens von Stoffen mit EUSES) können die Ableitung von Grenzwerten in der Anlagengenehmigung unterstützen,
- ▶ Behörden und Industrie würden durch Informationen aus REACH und die Integration von spezifischen Stoffen in die BVT-Erarbeitung (mindestens) für die Stoffe der Kandidatenliste sensibilisiert.

Möglichkeiten, REACH und das Anlagenrecht über die Arbeit an den BVT-Merkblättern stärker miteinander zu verknüpfen, könnten sein:

- ▶ Berücksichtigung der Stoffe der Kandidatenliste und weitere gefährliche Stoffe in der Erarbeitung von BVT-Merkblättern; dies müsste ggf. über einen generischen Ansatz (nach Stoffgruppen und

Gründen für die besondere Besorgnis) geschehen, da die Kandidatenliste deutlich häufiger aktualisiert wird, als die BVT-Merkblätter. Dies bezöge sich unter anderem auf:

1. Identifizierung, welche der SVHC auf der Kandidatenliste in der Branche genutzt werden,
 2. Abfrage von Anwendungs- und Emissionsmengen von Stoffen, z.B. mittels der Standardfragebögen, die das EIPPC-Bureau bei BVT-Revisionen erstellt,
 3. Ableitung von BVT-Werten im Hinblick auf die Ressourceneffizienz beim Einsatz wesentlicher Schadstoffe (Emission pro Produkt oder Einsatzmenge),
 4. Ableitung von mit BVT verbundenen Emissionswerten und Aufnahme von (dynamischen Verweisen auf) PNEC – Werte für die relevanten Stoffe zur Unterstützung der Emissionsgrenzwerte in der Genehmigung.
- *Erarbeitung von (generischen) Werten für die Wirksamkeiten von RMM für Stoffe mit bestimmten Eigenschaften (z.B. Lipophilie) oder für Stoffgruppen (Metallorganika etc.) als Prozentwert (Emission des Verfahrens bezogen auf Rohemission).*

Im Rahmen der Überarbeitung der BVT-Merkblätter für die chemische Industrie wurde seitens der EU-Kommission eine Strategie vorgeschlagen, die jedoch den Aspekt der Verknüpfung von REACH und IED nur rudimentär betrachtet.

Weitere hilfreiche Instrumente zur Unterstützung einer besseren Vernetzung von Chemikalien- und Anlagenrecht könnten sein:

- Leitfaden für Behörden, wie PNECs und spERCs sowie ggf. die Modellierungsinstrumente aus dem Chemikalienrecht (EUSES) in der Ableitung von Grenzwerten in der Genehmigungspraxis genutzt werden könnten;
- Leitfaden für REACH-Akteure, wie BVT-Merkblätter gelesen und genutzt werden können;
- Allgemeine Informationskampagne über Chemikalien und deren Verwendung bei den Überwachungsbehörden

4 Arbeitsprozess und konkrete Produkte des Projektes

Der Arbeitsprozess lässt sich in verschiedene Arbeitspakete unterteilen:

1. Erstellung des Leitfadens zur Ermittlung der Wirksamkeit von RMM,
2. Erstellung von 3 Fallbeispielen zur Illustration des im Leitfaden beschriebenen Vorgehens,
3. Informationserhebung zum Bedarf unterschiedlicher Akteure an Informationen zu stoffspezifischen Wirksamkeiten von RMM,
4. Analyse vorhandener Informationsquellen über RMM und ihre (stoffspezifischen) Wirksamkeiten,
5. Ableitung von Schlussfolgerungen, Forschungsbedarf und Empfehlungen.

4.1 Erstellung des Leitfadens zur Ermittlung der Wirksamkeit von RMM

Der „Leitfaden zur Ermittlung der Wirksamkeit von Risikomanagementmaßnahmen“ (im Folgenden RMM-Leitfaden) wurde basierend auf den Überlegungen zur Strukturierung von RMM sowie Annahmen über die zur Wirksamkeitsermittlung zentralen Parameter erstellt.

Der Leitfaden nennt die Stoffflussanalyse als Instrument zur Wirksamkeitsermittlung. Die primäre Zielgruppe sind die Registranten¹⁸.

Der Leitfaden ist dem Bericht als Anhang beigefügt und wird im Kapitel 4.5 beschrieben.

4.2 Erstellung von Fallbeispielen

Das Vorgehen zur Wirksamkeitsermittlung von RMM wurde mit drei Fallbeispielen getestet. Hierzu wurden die Prozesse „Textilfärbung“, „Verchromung von Kunststoffteilen“ und „Automobilserienlackierung“ einschließlich der verwendeten RMM generisch beschrieben.

Anhand des Leitfadens wurden Informationen zu den 3 RMM-Stufen recherchiert, zusammengestellt und dokumentiert. In jedem Beispiel wurden unterschiedliche Fragestellungen vertieft. Die Fallbeispiele wurden durch Informationen aus Interviews mit Herstellern von RMM-Anlagen und Behörden (siehe Kapitel 4.3) und der Recherche zu vorhandenen Informationsquellen (siehe Kapitel 4.4) ergänzt.

Die Fallbeispiele sind diesem Bericht als Anhang beigefügt und werden in Kapitel 4.6 beschrieben.

4.3 Erhebung des Informationsbedarfs zu RMM-Wirksamkeiten

Bedarf an und die Verfügbarkeit von Informationen zur RMM-Wirksamkeit bei den Genehmigungs- und Überwachungsbehörden wurde im Rahmen eines Interviewprozesses ermittelt. Zudem wurden Hersteller von RMM-Anlagen zur Ermittlung von RMM-Wirksamkeiten befragt.

Während die meisten der angesprochenen Behördenvertreterinnen und –Vertreter zu einem Gespräch bereit waren, haben viele der kontaktierten Hersteller von RMM-Anlagen entweder aus Zeitmangel oder aus Mangel an Interesse an der Teilnahme am Projekt abgesagt. Zudem wurde Beratungsinstitutionen und zwei Universitäten kontaktiert.

¹⁸ Wenn das Vorgehen für Formulierer und DU von dem für Registranten abweicht, werden entsprechende Hinweise in gesonderten Textboxen gegeben.

Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Gesprächsanfragen und die tatsächlich durchgeführten Interviews.

Tabelle 3: Übersicht über die Interviews

Interviewpartner	Interviewanfragen	Geführte Interviews
Genehmigungs- und/oder Überwachungsbehörden	9	7
Übergeordnete, behördliche Institutionen	4	2
RMM-Hersteller Abluft	10	2
RMM-Hersteller Abwasser	15	6
RMM-Hersteller Abluft und Abwasser	5	0
Wissenschaftliche / Beratungsinstitutionen	4	4
Endanwender von Chemikalien	1	1
Weitere Akteure	7	5
Gesamt	55	27

Jedes Interview ist in einem kurzen, auf die Inhalte des Projektes beschränkten Interviewmemo dokumentiert. Die Memos wurden den Gesprächspartnerinnen und –Partnern zur Kommentierung geschickt. Teilweise wurden Kommentare übermittelt, die in den Memos aufgenommen sind.

Die Ergebnisse der Interviews sind in den RMM-Leitfaden, die Schlussfolgerungen sowie die Beschreibung des Forschungs- und Entwicklungsbedarfes eingeflossen und sind in den Kapiteln 3 bis 3.5. thematisch zusammengefasst.

4.4 Analyse vorhandener Informationsquellen über RMM und ihre (stoffspezifischen) Wirksamkeiten

Informationsquellen über die Wirksamkeiten von RMM(-Stufen) wurden im gesamten Projektverlauf recherchiert und geprüft. Zudem wurde zusätzlich eine Internetrecherche mit verschiedenen Stichworten durchgeführt, um ggf. bisher nicht entdeckte, hilfreiche Informationsquellen zu identifizieren. Des Weiteren wurden verschiedene BVT-Merkblätter geprüft sowie die in der CEFIC RMM-library aufgeführten Referenzen analysiert. Außerdem wurden die Interviewpartner nach weiteren Informationsquellen befragt. Die Ergebnisse der Analyse von Informationsquellen sind unter anderem in die Überarbeitung des Kapitels 6 des Leitfadens eingeflossen und sind im Kapitel 3.4.1 zusammengefasst.

4.5 RMM-Leitfaden

Der RMM-Leitfaden richtet sich primär an Registranten unter REACH. Er enthält zudem Hinweise für Formulierer und Endanwender, wenn das Vorgehen für diese weiteren Zielgruppen von dem Vorgehen der Registranten abweicht. Der Leitfaden ist in 8 Kapitel aufgliedert:

1. Ziel des Leitfadens,
2. Aufbau des Leitfadens,
3. Möglichkeiten und Grenzen dieses Leitfadens,
4. Abgrenzung betrieblicher und externer RMM,
5. Verständnis von Risikomanagementmaßnahmen,
6. Identifizierung und Auswahl geeigneter RMM,
7. Ableitung der Wirksamkeit einer RMM,
8. Illustration des Leitfadens in den Beispielen.

Die ersten Kapitel enthalten Grundlagen zum RMM-Konzept und dem allgemeinen Vorgehen. Kapitel 6 soll die Auswahl eines geeigneten RMM-Funktionsprinzips anhand von Stoffeigenschaften oder für Stoffgruppen (z.B. Metalle) unterstützen. Zudem wird Hilfestellung für die Prüfung gegeben, ob eine RMM in einer Branche üblich ist. Beide Handreichungen beruhen auf Informationen aus BVT-Merkblättern, die in Tabellenform im Anhang des Leitfadens bereitgestellt werden. In Kapitel 6 werden auch Informationsquellen für die Wirksamkeitsermittlung vorgestellt, einschließlich der Kommunikation in der Wertschöpfungskette.

Im Kapitel 7 des Leitfadens werden für die drei RMM-Stufen Erfassung, Vorbehandlung und Endbehandlung Hinweise zur Wirksamkeitsermittlung und ein Vorschlag für eine Dokumentation in Tabellenform gegeben. Zentrales Instrument der Wirksamkeitsermittlung ist eine Stoffflussanalyse durch die verschiedenen RMM-Stufen, die eine schlüssige Bilanzierung der freigesetzten Stoffmengen erlaubt. Wird diese Analyse in einem Tabellenkalkulationsprogramm durchgeführt kann simuliert werden wie sich die Gesamtwirksamkeit der RMM durch Veränderungen am Aufbau oder der Wirksamkeit einzelner RMM-Stufen verändert. Kapitel 7 enthält zudem einen Vorschlag für die Kommunikation von RMM-Informationen mit dem Sicherheitsdatenblatt.

Im Kapitel 8 sind die drei Fallbeispiele charakterisiert, die das Vorgehen des Leitfadens illustrieren und jeweils unterschiedliche Aspekte der RMM-Wirksamkeitsermittlung vertieft aufzeigen.

4.6 Fallbeispiele zur Illustration des Vorgehens im Leitfaden

Es wurden Fallbeispiele für die folgenden 3 Verwendungen erstellt:

- ▶ Färben von Textilien,
- ▶ Einsatz von PFOS in der Verchromung von Kunststoffteilen und
- ▶ Automobilserienlackierung - Spritzlackieren.

In allen drei Fallbeispielen wurden fiktive Anlagen und RMM als Grundlage für die Bearbeitung beschrieben.

Für die in den jeweiligen Prozessen emittierten Anteile der eingesetzten Stoffmenge (primäre Emission) wurden Annahmen aus Firmenkontakten oder Dokumenten, wie BVT-Merkblättern oder spERCs abgeleitet. Zur Ermittlung der theoretisch erreichbaren Wirksamkeit der drei RMM-Stufen und der Gesamt-RMM sowie der Dokumentation und Kommunikation von Informationen wurde wie im Leitfaden beschrieben vorgegangen. Daher sind alle Beispiele einheitlich strukturiert. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Charakteristika der Fallbeispiele.

Tabelle 4: Übersicht über die Charakteristika der Beispiele

Verwendung Aspekte	Färben von Textilien	Verchromen von Kunststoffteilen	Spritzlackieren
Betrachteter Stoff	Kein konkreter Stoff, Betrachtung generisch für Textilfärbemittel	PFOS	Flüchtige Stoffe und Feststoffe in Lacken
Geschlossenheit des Prozesses	Teilweise offen, teilweise geschlossen	Offen	Weitgehend geschlossen
Besondere Verwendungsbedingungen	Temperatur > 100°C	---	Temperatur > 60°C
Prozessschritte	2 unterschiedliche Prozesse und Reinigung	Viele hintereinander geschaltete Bäder --> werden zusammengefasst	Ein Prozess + Reinigung
Emissionspfade	Wasserbasierter Prozess, Abwasser wichtigster	Wasserbasierter Prozess, Abwasser wichtigster	Wasserfreier Prozess, Luft wichtigster Emission

Verwendung Aspekte	Färben von Textilien	Verchromen von Kunststoffteilen	Spritzlackieren
	Pfad	Pfad	onspfad
Transfer von Emissionen von Luft in Wasser	Nein	Ja	Ja
RMM-Technologie Erfassung	Absaugung geschlossener Anlage	Randabsaugung und „Haube“	Absaugung geschlossener Anlage
RMM-Technologie zur Vorbehandlung	Fällung/Flockung	Abluftwäscher, Verdampfer, Fällung/Flockung, A-Kohle Filtration	Abluftwäscher, Fällung, Trockenabscheidung der Abluft
RMM-Technologie zur Endbehandlung	Nachverbrennung Abfallbehandlung	Abfallbehandlung	Nachverbrennung Abfallbehandlung

5 Schlussfolgerungen und Forschungsbedarf

5.1 Verantwortung für RMM in der Wertschöpfungskette

Die von allen Akteuren geäußerte starke Abhängigkeit des Wirkungsgrades einer RMM von den konkreten Bedingungen vor Ort wirft die Frage auf, ob und wie die REACH-Anforderungen zur Identifizierung und Umsetzung von RMM konkret umgesetzt werden können. Sollten sich die Aussagen bezüglich der Schwierigkeiten zur Ermittlung konkreter RMM-Wirksamkeiten sowie der systematischen Identifizierung von förderlichen Bedingungen und Störfaktoren bzw. Erarbeitung von Modellen für die RMM-Wirksamkeit erhärten, so sollten die REACH-Anforderungen zur Identifizierung, Kommunikation und Umsetzung von RMM in Hinblick auf die technischen und realen Möglichkeiten der Akteure interpretiert werden.

Eine Möglichkeit, wie die Verantwortungsteilung in der Wertschöpfungskette aussehen könnte, wird im Folgenden skizziert.

Registranten

Die Registranten erfüllen ihre Aufgabe zur Identifizierung und Kommunikation von RMM in dem sie:

- ▶ die für die sichere Verwendung *notwendige RMM-Wirksamkeit* im CSR *ermitteln und im Sicherheitsdatenblatt / ES aufführen*,
- ▶ die Informationen über die PC- Eigenschaften ihrer Stoffe nutzen, um für den Stoff *geeignete RMM-Funktionsprinzipien auszuwählen*,
- ▶ für den isoliert vorliegenden Stoff und basierend auf der Annahme, dass die RMM „normal“ funktioniert *ermitteln, ob die als geeignet identifizierte(n) RMM unter optimalen Bedingungen mindestens die notwendige Wirksamkeit erreichen kann*,
- ▶ für den Fall, dass die identifizierte, geeignete Maßnahme die notwendige Wirksamkeit noch nicht einmal „theoretisch“ erreichen kann, Prüfung, ob von der Verwendung abgeraten werden muss (use advised against).

Formulierer

Die Formulierer haben weder die konkrete Information über RMM vor Ort, noch besteht unter REACH eine Anforderung, die Umsetzung der Bedingungen zur sicheren Verwendung beim Endanwender zu prüfen. Sie sollten daher

- ▶ Überprüfen, ob die eigenen RMM die kommunizierte notwendige Wirksamkeit in der Realität erreicht (s. Endanwender für Details),
- ▶ die kommunizierten notwendigen RMM-Wirksamkeiten für die jeweiligen Einzelstoffe mit ihren Sicherheitsdatenblättern an die Kunden weitergeben,
- ▶ die Empfehlungen über geeignete Maßnahmen an die Kunden weitergeben.

Es erscheint aufgrund fehlender rechtlicher Pflichten, der in der Regel fehlenden Informationen über die Situation beim Endanwender sowie der Tatsache, dass die Konsolidierung von Sicherheitsdatenblättern bereits sehr aufwendig ist, nicht hilfreich, dass der Formulierer die Informationen des Registranten bezüglich der RMM anpasst oder verändert.

Die Weitergabe stoffspezifischer RMM-Wirksamkeiten ist notwendig, damit der Endanwender eine entsprechende Überprüfung auch tatsächlich auf Ebene der Einzelstoffe durchführen kann.

Endanwender

Die Endanwender (und Formulierer) von Stoffen (in Gemischen) haben die Pflicht zu prüfen, ob die Anwendungsbedingungen (einschließlich der RMM) mit den kommunizierten Informationen übereinstimmen. In Bezug auf die RMM bedeutet dies, dass sie konkret überprüfen, ob die kommunizierte notwendige stoffspezifische RMM-Wirksamkeit von den RMM-Anlagen vor Ort auch tatsächlich erreicht wird. Diese Überprüfung kann Messungen in Abgas und/oder Abwasser notwendig machen oder z.B. mithilfe der RMM-Anlagenhersteller ermittelt werden.

Es ist in jedem Fall zu prüfen, ob im Fall der Anwendung einer von den Empfehlungen abweichenden RMM-Technologie ein DU-CSR erforderlich macht. Das Gleiche wäre zu prüfen, wenn der Endanwender die Emissionsfaktoren im erhaltenen ES verändert, indem er die Wirksamkeit einer vorhandenen RMM berücksichtigt.

Konsequenzen

Das oben beschriebene Modell beinhaltet andere Interpretationen bzgl. der Verantwortung in der Wertschöpfungskette, als bislang diskutiert:

- ▶ In der Entwicklung von spERCs und deren Umsetzung in CHESAR wird teilweise diskutiert, RMM-Wirksamkeiten nicht explizit zu beschreiben, insbesondere dann, wenn eine RMM „prozessintegriert“ ist und die Abgrenzung zwischen Emission aus einem Prozess und RMM schwierig ist; somit wäre die zentrale Information zur Prüfung von RMM vor Ort mindestens aus den CSRs, die auf spERCs basieren, nicht verfügbar;
- ▶ Die Methode des VCI zur Identifizierung von Leitsubstanzen sowie der Ansatz der Kommunikation von sicheren Verwendungsbedingungen für Gemische (SUMI) haben zum Ziel, konsolidierte Informationen zu erzeugen. Dies würde dazu führen, dass die notwendigen RMM-Wirksamkeiten, selbst wenn sie vom Registranten ermittelt und kommuniziert werden, beim Formulierer „verloren“ gingen;
- ▶ Anders als bislang kommuniziert, hätten die Endanwender nicht nur die Verpflichtung zu prüfen, ob die von ihnen verwendete RMM den Vorgaben des Lieferanten entspricht, sondern sie müssten eine Prüfung (ggf. durch Messungen) vornehmen, ob die RMM die notwendige Wirksamkeit erreicht.

Die Fragen der Verantwortungsteilung bezüglich der Identifizierung, Kommunikation und Umsetzung / Prüfung von RMM bedarf einerseits einer weiteren technischen Diskussion, in der die tatsächlichen Schwankungsbereiche von RMM, die Übertragbarkeit von Wirksamkeitsinformationen und/oder die Modellierbarkeit einer Wirksamkeit von RMM weitergehend geprüft werden. Andererseits ist politisch zu entscheiden, ob und wie die Verantwortung für die Identifizierung geeigneter und ausreichend wirksamer RMM in der Wertschöpfungskette verteilt werden sollte und kann und wie eine entsprechende Interpretation der REACH-Vorgaben aussieht. Diese Diskussion sollte auch die bereits vorhandenen Aktivitäten zur Entwicklung von spERCs und Kommunikation von Informationen für Gemische berücksichtigen.

Die folgenden weiteren Schlussfolgerungen und Ableitungen von Forschungsbedarf basieren auf der Annahme, dass die Registranten die Pflicht haben zu überprüfen, ob unter für eine RMM „günstigen“ Bedingungen vor Ort eine bestimmte stoffspezifische Wirksamkeit erreichbar ist.

5.2 Bedarf an Informationen zur stoffspezifischen Wirksamkeit von RMM

Derzeit konnte im Projekt kein Bedarf an Informationen zu stoffspezifischen RMM-Wirksamkeiten festgestellt werden. Dies liegt einerseits daran, dass keine entsprechenden Impulse aus der Wertschöpfungskette kommen weil

- ▶ die Registranten ihre CSA überwiegend so gestalten, dass keine RMM erforderlich sind (geringe Einsatzmengen) oder spERCs nutzen, die bereits Standardinformationen über RMM beinhalten (die nicht hinterfragt werden) und
- ▶ die Informationen zur sicheren Verwendung, einschließlich den RMM-Vorgaben,
 1. bislang vielfach gar nicht bei den Endanwendern ankommen (fehlende (Detail-)kommunikation der Formulierer) und entsprechend kein Feedback zu unangemessenen Vorgaben ausgelöst werden oder
 2. von den Endanwendern nicht umgesetzt werden.

Andererseits sind bisher auch keine Impulse seitens der Behörden gesetzt worden, die Informationen über RMM und ihrer Wirksamkeit verstärkt zu überprüfen und berücksichtigen. So liegt nach aktuellem Kenntnisstand der Fokus bei Dossierevaluationen auf den Informationen zur Gefährlichkeit und, wenn überhaupt CSRs geprüft werden, auf Daten zu Verwendungen allgemein und dem Arbeitsschutz. Auch die Umsetzung der Expositionsszenarien / Informationen zur sicheren Verwendung in den Sicherheitsdatenblättern bei den Chemikalienanwendern wird durch die nationalen Überwachungsbehörden nicht überprüft.

Daher kann momentan lediglich ein theoretischer Informationsbedarf der Akteure aus den REACH-Anforderungen beschrieben werden. Zudem wird angenommen, dass das o.g. Modell der Verantwortungsteilung anwendbar ist und der Registrant zumindest überprüfen muss, ob eine RMM unter „günstigen Bedingungen“ die im CSR ermittelte notwendige Wirksamkeit für den konkreten Stoff erreichen kann.

5.2.1 Registranten

Der Informationsbedarf der Registranten ergibt sich aus der Anforderung, der Identifizierung und Kommunikation der sicheren Verwendungsbedingungen, einschließlich RMM für seinen Stoff.

Der RMM-Leitfaden kann für Registranten hilfreich sein, wenn ein CSA mit Nutzung der Standardinstrumente (ERCs und spERCs) nicht zum Nachweis der sicheren Verwendung führt und durch Vorgabe von RMM iteriert werden soll. Dies kommt nach Aussagen der befragten Akteure derzeit zwar selten vor, allerdings ist die Ermittlung (stoffspezifischer) Wirksamkeiten obligatorischer RMM in den meisten spERCs nicht nachvollziehbar und die Plausibilität der Emissionsfaktoren (die die RMM-Wirksamkeit integrieren) daher kritisch zu hinterfragen. Zudem fehlen bislang die Rückmeldungen der Endanwender zu den Vorgaben der sicheren Verwendungsbedingungen¹⁹. Deshalb besteht der folgende Forschungsbedarf.

¹⁹ Zwei Gründe für die fehlenden Rückmeldungen sind denkbar: 1) die Endanwender bekommen noch keine Informationen zur sicheren Verwendung mit den SDBs und es gibt keine Notwendigkeit zur Kommunikation und 2) die Endanwender wenden ein Scaling an und erhöhen die Anwendungsmengen, da sie die ggf. vorhandenen RMM als emissionsmindernd berücksichtigen können.

Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Auf der Grundlage einer Klärung der Anforderungen an die Registranten sollte der Informationsbedarf zu stoffspezifischen RMM-Wirksamkeiten tiefer gehend analysiert werden. Die Analyse könnte aus den folgenden Elementen bestehen:

- ▶ Diskussion mit Registranten über die aktuelle Praxis und den Bedarf an Informationen für die Stoffregistrierung, entweder in Form von Interviews oder als Workshop / Treffen,
- ▶ Diskussion mit der ECHA über die Anforderungen an die Ableitung und Dokumentation von RMM-Wirksamkeiten in den Registrierungsdossiers.

5.2.2 Formulierer

Der Informationsbedarf der Formulierer bezüglich (stoffspezifischer) Informationen über RMM-Wirksamkeiten konnte im Projekt nicht erhoben werden. Theoretisch ergibt sich ein Informationsbedarf aus der Notwendigkeit zu überprüfen, ob die eigenen Verwendungsbedingungen (inkl. RMM) vom erhaltenen ES abgedeckt sind und aus der Pflicht, Informationen zur sicheren Verwendung an die Endanwender weiterzugeben. Für die Weitergabe von Informationen sind ggf. unterschiedlich lautende RMM-Vorgaben der Lieferanten verschiedener Einsatzstoffe eines Gemisches weiterzugeben²⁰.

Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Der Bedarf an Informationen über die (stoffspezifischen) Wirksamkeiten von RMM sollte tiefer gehend analysiert werden, zum Beispiel durch:

- ▶ Eine Sammlung und Analyse von Sicherheitsdatenblättern für Gemische (und deren Inhaltsstoffe), um zu überprüfen, welche Informationen derzeit in der Wertschöpfungskette beim Endanwender ankommen,
- ▶ Diskussionen mit Formulierern über die aktuelle Praxis der Erstellung von (erweiterten) Sicherheitsdatenblättern, entweder in Form von Interviews oder als Treffen mehrerer Unternehmen sowie die Präferenzen wie Informationen der Lieferanten in der Wertschöpfungskette weiter gegeben werden können.

5.2.3 Endanwender von Chemikalien

Sobald den Endanwendern (und Formulierern) Informationen zur sicheren Verwendung sowie notwendige RMM-Wirksamkeiten kommuniziert werden, entsteht ein Bedarf, die Wirksamkeit der eigenen RMM zu ermitteln, um überprüfen zu können, ob die eigene Verwendung abgedeckt ist, bzw. um die Vorgaben scalen zu können. Des Weiteren wird ein Informationsbedarf antizipiert, wenn Endanwender ihre vorhandenen RMM-Anlagen aufrüsten oder neue Anlagen errichten und ihre Investitionsentscheidung vorbereiten möchten.

²⁰ Ob und wie ein Schritt der Konsolidierung von Informationen zur sicheren Verwendung für Gemische bisher stattfindet, ist im Projekt nicht analysiert worden. Aussagen der Akteure in anderen Kontexten legen es nahe, dass dieser Schritt bislang nur in wenigen Fällen passiert. Wenn die Stoffhersteller tatsächlich entweder spERCs verwenden oder keine RMM kommunizieren, ist zunächst nicht mit Schwierigkeiten (und einem Informationsbedarf für die Wirksamkeit von RMM) zu rechnen.

Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Erste Schritte zur Konkretisierung des Informationsbedarfes könnten sein:

- ▶ Identifizierung von Endanwendern, die Sicherheitsdatenblätter mit konkreten RMM-Vorgaben erhalten, z.B. durch Kontakte mit Formulierern,
- ▶ Diskussion mit Endanwendern, wie die Umsetzung der RMM-Vorgaben in der Praxis überprüft wird.

5.2.4 Behörden in der Umsetzung des Anlagenrechts

Ein Forschungs- und Entwicklungsbedarf bzgl. der Bereitstellung von RMM-Informationen für die Behörden im Anlagenrecht wird derzeit nicht gesehen. Dies liegt unter anderem daran, dass die Anlagengenehmigung und Überprüfung sich stark an den gesetzlichen Vorgaben und den BVT-Merkblättern orientiert, die bislang Fragestellungen von Stoffrisiken nur unzureichend integrieren.

Ein Informationsbedarf über RMM-Wirksamkeiten entsteht ggf. dann, wenn strengere Grenzwerte für eine Anlage begründet und die technische und ökonomische Machbarkeit der Einhaltung derselben belegt werden müssen.

Wenn in der Entwicklung von BVT-Merkblättern ein höheres Bewusstsein für die Emissionen von Gefahrstoffen geschaffen wird, würde automatisch ein Informationsbedarf zu RMM und ihren Wirksamkeiten entstehen. Dies ist im Kapitel 3.5 analysiert und wird in den entsprechenden Schlussfolgerungen bzgl. des Forschungs- und Entwicklungsbedarfes (s. Kapitel 5.5) beschrieben.

5.3 Ableitbarkeit einer Mindestwirksamkeit von RMM

Die Befragungen der Akteure und die Literaturrecherchen zeigen, dass eine stoffspezifische, minimale Wirksamkeit einer RMM nur unter der Annahme (ohne Messungen) ermittelt werden kann, dass der Stoff isoliert vorliegt und die RMM optimal funktioniert (keine Störfaktoren für die RMM-Anlage). Dies liegt daran, dass der Einfluss störender Stoffe und anderer (störender) Parameter, wie die Temperatur, die Betriebsweise der Anlage etc. auf die RMM-Wirksamkeit für die meisten RMM-Funktionsprinzipien nicht vorhergesagt oder modelliert werden kann.

Das CWW-BVT Merkblatt enthält für verschiedene RMM-Techniken Basisdaten, anhand derer die prinzipielle Eignung einer RMM für einen Stoff (mit bestimmten Eigenschaften) sowie für einen Prozess bzw. die Art und Zusammensetzung der Emission geprüft werden kann. Allerdings ist eine Übertragung der Wirksamkeiten auf andere Branchen oder Prozesse nicht ohne Weiteres möglich.

Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Es ergeben sich folgende Forschungs- und Entwicklungsfragen:

- ▶ Ist es grundsätzlich möglich auf der Ebene von RMM-Funktionsprinzipien stoffspezifische „typische“ Wirksamkeiten abzuleiten und welche zentralen, die Funktion der RMM beeinflussenden Parameter müssten dafür definiert werden?
- ▶ Ist es möglich und wenn ja, mittels welcher Algorithmen RMM-Wirksamkeiten von einem Stoff auf einen anderen Stoff zu übertragen?
- ▶ Ist es möglich für (bestimmte) RMM-Funktionsprinzipien in bestimmten Branchen oder Prozessen sowie für bestimmte Stoffgruppen bzw. Stoffeigenschaften Modelle zu erarbeiten, anhand derer die Wirksamkeiten der Emissionsminderung abgeschätzt werden können, wie z.B. bei SimpleTreat?

Diese Forschungsfragen erfordern eine Zusammenarbeit von RMM-Herstellern, Anlagenbetreibern und Laboratorien und wären branchenspezifisch oder nach RMM-Technik zu gestalten. Mögliche Informationsquellen für diese Arbeiten wären:

- ▶ Messwerte von Roh- und Reinabgas und Abwasser,

- ▶ Einschätzungen von RMM-Herstellern,
- ▶ Plausibilitätsüberlegungen anhand von Stoffeigenschaften, RMM-Funktionsprinzipien und Informationen über die Zusammensetzung von Abgasen oder Abwässern,
- ▶ Modelle über das Verhalten von Stoffen in den RMM(-Stufen).

5.4 Kommunikation in der Wertschöpfungskette

Da die stoffspezifische Wirksamkeit von RMM in der Regel nur für den isolierten Stoff und unter „optimalen Bedingungen“ abgeleitet werden kann, wird vorgeschlagen, die notwendige Wirksamkeit vorzugeben und „geeignete“ RMM zu empfehlen. Der Endanwender hat die Verantwortung zu überprüfen, ob die RMM diese Wirksamkeit erreicht. Der DU kann sich also nicht darauf verlassen, dass das Vorhandensein einer RMM, die vom Registranten empfohlen wird, die sichere Verwendung garantiert.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass ein Bedarf an Informationen über für eine Branche / eine Verwendung geeignete, stoffspezifische RMM für die Registranten besteht. Wie auch in Bezug auf die Bedingungen der Anwendung von Stoffen und Gemischen, ist der effizienteste Ansatz, diese Informationen zentral aufzubereiten und verfügbar zu machen. Hier sind die Verbände der nachgeschalteten Anwender als Ersteller von spERCs die offensichtlichsten Akteure.

Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Zur Verifizierung von Emissionsfaktoren in spERCs, die die Wirksamkeit obligatorischer RMM beinhalten und/oder zur Ermittlung von RMM-Wirksamkeiten könnten Messkampagnen für typische Prozesse / Verwendungen durchgeführt werden.

Der notwendige und hilfreiche Inhalt der Kommunikation von RMM-Informationen in der Wertschöpfungskette, bzw. das vorgeschlagene Modell der Kommunikation (s. Kapitel 5.1) sollten anhand konkreter, realer Beispiele analysiert und diskutiert werden. Die folgenden Aspekte könnten Gegenstand weiterer Arbeiten sein:

- ▶ Analyse und Diskussion der Inhalte von eSDB für Stoffe und Gemische, die von Endanwendern eingesetzt werden mit Endanwendern und den Formulierern der Gemische,
- ▶ Erarbeitung von Beste-Praxis Beispielen für die Kommunikation von RMM-Informationen in eSDB für Endanwender,
- ▶ Analyse und Unterstützung der Kommunikation von Endanwendern über RMM und deren Wirksamkeit mit den Herstellern ihrer RMM-Anlagen sowie den Lieferanten.

5.5 Schnittstelle REACH und BVT-Merkblätter

Die RMM-Informationen in den BVT-Merkblättern können zur Auswahl möglicherweise geeigneter RMM für einen konkreten Stoff genutzt werden. Die vorhandenen Informationen könnten in detaillierterer Form im Rahmen der spERCs – Entwicklung aufbereitet und zur Verfügung gestellt werden, z.B. in den spERC Hintergrunddokumenten²¹.

Die Ermittlung stoffspezifischer RMM-Wirksamkeiten im Rahmen der Entwicklung von BVT-Merkblättern kann ein Schritt sein, der Anlagenrecht und Chemikalienrecht aneinander annähert, da einerseits für die REACH-Akteure mehr Informationen verfügbar gemacht würden und andererseits die Behördenvertreterinnen und –Vertreter im Anlagenrecht für die Fragestellung der Chemikalienrisiken sensibilisiert würden.

²¹ Ein Ergebnis des Projektes der ECHA zur Überprüfung der Verlässlichkeit von spERCs ist die Trennung von Informationen zur Modellierung und Kommunikation und Hintergrunddaten und Begründungen für die Werte. Letztere sollen in Hintergrunddokumenten für die spERCs verfügbar gemacht werden. Darüber ist bislang noch nicht entschieden.

Die Berücksichtigung von bestimmten, gefährlichen Chemikalien ist unter der IED vorgesehen. Dies ist aber systematisch im Prozess der BVT-Merkblätterstellung nicht berücksichtigt. Daher fehlen (teilweise) in den BVT-Merkblättern sowohl Informationen zu gefährlichen Einsatzstoffen als auch zu spezifischen RMM und deren Wirksamkeiten.

Forschungs- und Entwicklungsbedarf

Die Vernetzung von Chemikalien- und Anlagenrecht auf Ebene des BVT-Prozesses könnte durch einen grundlegenden strategischen Ansatz, wie gefährliche Stoffe systematisch bei BVT-Merkblatt-Revisionen berücksichtigt werden sollten, bewerkstelligt werden. Ein entsprechendes Projekt für eine solche Strategieentwicklung sollte folgende Punkte beinhalten:

- ▶ Zusammenbringen der unterschiedlichen Akteure im BVT-Prozess sowie aus der REACH – Umsetzung, einschließlich der ECHA, und Diskussion der Möglichkeiten einer sinnvollen und effizienten Vernetzung (z.B. Diskussion der folgenden Fragen: Welche (Art von) Stoffen sollen berücksichtigt werden, wie kann eine entsprechende Datenerhebung konzipiert werden, wie sollen RMM-Wirksamkeiten ermittelt werden, (wie) werden Grenzwerte abgeleitet, wie kann die Datenbank der ECHA genutzt werden, sind die spERCs und die Expositionsmodelle aus dem Chemikalienrecht nutzbar?),
- ▶ Berücksichtigung, dass der BVT-Prozess aufgrund der nun verbindlicheren Wirkung der mit BVT verbundenen Emissionswerte in der Anlagengenehmigung²² bereits sehr komplex verläuft und daher zusätzliche Arbeiten möglichst keine Verzögerungen im Prozess verursachen sollten,
- ▶ Aufzeigen von Wegen, wie und an welchen Stellen im BVT-Merkblatt der Umgang mit umwelt- und gesundheitsgefährdenden Stoffen strukturell integriert werden kann und hierfür entsprechende, an den bestehenden Prozess angepasste Instrumente erarbeiten (z.B. Fragen für die Fragebögen, Formate für die Darstellung im BVT-Merkblatt, Formeln etc.),
- ▶ Erarbeitung von Vorschlägen, wie die Dynamik der Kandidatenliste mit den in längeren Zeiträumen stattfindenden Revisionen der BVT-Merkblätter aufgefangen werden kann und von entsprechenden Umsetzungsmodellen, z.B. anhand generischer oder an den Stoffeigenschaften, die Anlass für die besondere Besorgnis geben.

Diese Arbeiten sollten mit anderen, bereits laufenden Aktivitäten koordiniert werden, z.B. den Arbeiten auf Ebene der OECD, den Untersuchungen der Umweltbehörden aus Finnland und den Niederlanden sowie ggf. Aktivitäten des Europäischen Umweltbüros und der schwedischen Umweltagentur.

²² In der Revision der IED wurde festgelegt, dass die Emissionswerte in den BVT-Merkblättern anstatt des zuvor lediglich orientierenden Charakters in der Zukunft für die Anlagengenehmigung verpflichtende Höchstkonzentrationen vorgeben. Da die BVT-Merkblätter somit rechtssetzenden Charakter haben, ist sowohl der Prozess der Datenerhebung als auch der Datenbewertung und der BVT-Ableitung komplexer und schwieriger geworden.

6 Empfehlungen

Die Arbeit an diesem Projekt hat zu verschiedenen Schlussfolgerungen über die generelle Umsetzbarkeit und die Schwierigkeiten und den Stand der Umsetzung der Anforderung unter REACH geführt, sowie über Identifizierung von RMM-Wirksamkeiten im Rahmen der Registrierung und einer entsprechenden Kommunikation in der Wertschöpfungskette. Zudem wurde an einigen Stellen ein Forschungs- und Entwicklungsbedarf festgestellt. Die Schlussfolgerungen lassen sich zu Themenblöcken zusammenfassen:

- 1) Motivation der REACH – Akteure über RMM und ihrer Wirksamkeit zu kommunizieren,
- 2) Erststellung von Informationen zu RMM und ihrer theoretisch möglichen Wirksamkeiten
- 3) Prüfung der Qualität von Informationen zu RMM und ihrer Wirksamkeit im Rahmen von Registrierungen,
- 4) Stärkere Vernetzung von REACH und IED, um die Umsetzung beider Regelungsbereiche im Sinne der Umwelt voranzutreiben und Synergien zu schaffen.

Daraus leiten sich die folgenden Empfehlungen an die Akteure ab.

6.1 Empfehlungen an die ECHA

Bislang ist nach Kenntnis des Auftragnehmers das Thema der Ableitung von (stoffspezifischen) RMM-Wirksamkeiten nicht im Fokus der Arbeiten der ECHA gewesen. Beispielsweise enthalten die Leitfäden zur Unterstützung der Stoffsicherheitsbeurteilung kaum Hilfestellungen und im Projekt zur Untersuchung der Verlässlichkeit von SpERCs wurde der Aspekt der RMM und die Qualität der Dokumentation ihrer Ableitung nur marginal betrachtet. Die folgenden Empfehlungen an die ECHA leiten sich aus den Ergebnissen dieses Projektes ab:

- ▶ Die *gesetzlichen Anforderungen* an die Registranten bezüglich der Angabe von Informationen zu RMM in der Stoffsicherheitsbeurteilung *sollten konkretisiert und erläutert werden*, zum Beispiel im IR/CSA-Leitfaden. Dies betrifft insbesondere die Klarstellung,
 1. welche Bindungswirkung die Vorgaben der Registranten in der Wertschöpfungskette haben (sind RMM-Vorgaben Empfehlungen oder verpflichtend umzusetzen?)
 2. ob und unter welchen Bedingungen der Registrant prüfen kann/muss, ob die von ihm vorgegebenen RMM in der konkreten Verwendung und für den konkreten Stoff die Wirksamkeit erreicht, die im CSA ermittelt wurde,
 3. ob und wie bzw. auf welcher Detaillierungsebene (z.B. Funktionsprinzip) eine RMM im CSR benannt und in der Wertschöpfungskette kommuniziert werden muss und
 4. welche Anforderungen an die Dokumentation der Ableitung der Wirksamkeit einer RMM, bzw. der Prüfung gestellt werden.
- ▶ Das *CSR – Format sollte* entsprechend der Klarstellung *angepasst werden*, z.B. mittels einer Überschrift, unter der die Registranten die Begründung für die Eignung einer RMM sowie die Prüfung der Wirksamkeit dokumentieren können.
- ▶ Auch das Instrument zur Stoffsicherheitsbeurteilung *CHESAR sollte angepasst werden*: Hier könnte bei Ermittlung der Notwendigkeit einer Risikominderung durch eine Maßnahme ein entsprechender Anwenderdialog geöffnet werden, der die Angaben zur RMM, einschließlich der Ableitung der Wirksamkeit, wenn erforderlich, abfragt.
- ▶ In der Begleitung der Industrieverbände *bei der Entwicklung von SpERCs sollte die ECHA die Empfehlung und Ableitung von RMM – Wirksamkeiten thematisieren*. Je nach Interpretation der REACH-Anforderungen an den Registranten bzw. die Akteure in der Wertschöpfungskette sollte diskutiert werden:
 1. dass zur Unterstützung der REACH-Umsetzung eine Zusammenstellung von Informationen über geeignete RMM und ihrer möglichen Wirksamkeit auf Branchenebene hilfreich wäre,

2. ob und wenn ja, wie in den spERCs Informationen über stoffspezifische Eignungen von RMM integriert werden können und welche Dokumentationsanforderungen an die Ableitung einer RMM und der angenommenen Wirksamkeit gestellt werden²³,
 3. wie sichergestellt werden kann, ob/dass die Wirksamkeiten obligatorischer RMM in der Wertschöpfungskette kommuniziert werden,
 4. dass die Informationen zu optionalen RMM zur Iteration einer Bewertung den gleichen Qualitätsansprüchen genügen sollten, wie die der obligatorischen RMM, da diese im Falle einer Iteration ebenfalls verpflichtend werden.
- ▶ Im Zuge der Überprüfung von Stoffsicherheitsbeurteilungen *im Rahmen der Dossierbewertung* sollte die ECHA auch *die Ableitung von RMM überprüfen*. Dies schließt Fälle ein, in denen Registranten spERCs genutzt haben, um die Emissionen zu schätzen.
 - ▶ Die ECHA könnte zudem erwägen, *in den Leitfäden Hilfestellungen zur Kommunikation und Verteilung der Pflichten in der Wertschöpfungskette* in Bezug auf die Empfehlungen von RMM und die Umsetzung der Vorgaben zu erarbeiten. Diese Hilfen könnten sich zum Beispiel an den Vorschlägen im Leitfaden orientieren und / oder die Erläuterung der Pflichten der nachgeschalteten Anwender zur Überprüfung der Wirksamkeit ihrer eigenen RMM betreffen.

6.2 Empfehlungen an das Umweltministerium und das Umweltbundesamt

Die Mitgliedsstaaten haben unter REACH die Aufgaben, die Umsetzung von REACH zu kontrollieren, sich am politischen Prozess der Weiterentwicklung und Auslegung von REACH einzubringen und sich an den Prozessen des EU-weiten Risikomanagements (Zulassung, Beschränkung etc.) zu beteiligen. Das Umweltministerium (BMUB) und das Umweltbundesamt (UBA) sind primär für die umweltseitigen Aspekte dieser Aufgaben zuständig. Die Kontrolle der Umsetzung rechtlicher Vorgaben ist in Deutschland Aufgabe der Bundesländer. Daher können BMUB und UBA hier lediglich koordinierend wirken, bzw. Diskussionen anstoßen und ggf. Hilfestellungen geben.

Die folgenden Empfehlungen an das BMUB und das UBA leiten sich aus den Ergebnissen dieses Projektes ab:

- ▶ Das BMUB sollte einen *Diskussionsprozess* darüber in Gang setzen, *wie die Überwachung der Umsetzung von Expositionsszenarien*, insbesondere in Unternehmen, die zulassungsbedürftige Stoffe verwenden, *organisiert werden könnte*. Hierbei sollte
 1. ein Bewusstsein für die REACH-Anforderungen und die neuen Aufgaben geschaffen werden,
 2. versucht werden, Synergien mit dem Vollzug des Anlagenrechts zu schaffen,
 3. Unterstützungsbedarf der zukünftig zuständigen Behörden erhoben werden und
 4. den Bundesländern die Notwendigkeit ausreichend Ressourcen für die neuen Aufgaben, einschließlich eines Kompetenzaufbaus zu schaffen, verdeutlicht werden.
- ▶ Das BMUB könnte die *Ableitung von RMM – Wirksamkeiten* im Rahmen der Stoffsicherheitsbeurteilung *im Aufsichtsrat der ECHA thematisieren* und ggf. weiter Arbeiten in anderen Mitgliedsstaaten oder der ECHA anstoßen.
- ▶ BMUB und UBA sollten *eruiieren, wie die Schnittstelle zwischen Chemikalienrecht und Anlagenrecht (insbesondere in Bezug auf die RMM) besser ausgestaltet werden kann*. Dies betrifft sowohl die konkrete Zusammenarbeit der Überwachungsbehörden als auch die Arbeiten auf EU-Ebene.

²³ Im Projekt zur Verlässlichkeit der spERCs wurde als „Beste Praxis“ vorgeschlagen, dass die spERC Datenblätter durch Hintergrunddokumente erläutert werden. So sollen die Datenblätter nur die Kerninformation zur Emissionsabschätzung und Kommunikation in der Wertschöpfungskette enthalten und die Hintergrunddokumente zusammenhängende und vollständige Begründungen und Erläuterungen der Annahmen und Ableitungen von Werten der spERCs enthalten. Hier könnten auch Informationen zu RMM aufgenommen werden.

Hierzu könnten verschiedene Projekte (einzeln oder integriert in größere Maßnahmen) gestartet werden, zum Beispiel:

1. Kompetenzaufbau in Überwachungsbehörden: Trainingsmaßnahmen zur Überprüfung der Umsetzung von Expositionsszenarien, insbesondere in Anlagen, die Zulassungsbedürftige Stoffe verwenden; Trainingsmaßnahmen zur Berücksichtigung von SVHC in Anlageneinigungen für Überwachungsbehörden,
 2. Integration chemikalienrelevanter Aspekte in den EU-Prozess der Entwicklung von BVT-Merkblättern; Untersuchung wie Stoffe / Stoffgruppen in der Formulierung von BVT berücksichtigt werden können und ob/wie ggf. stoffbezogene Wirksamkeiten von RMM im Rahmen des BVT-Prozesses erhoben, dokumentiert und in den Merkblättern bereitgestellt werden,
 3. Best Practice für RMM-Informationen in spERCs: Pilotprojekt in einer Branche, ggf. in Zusammenhang mit der Entwicklung oder Überarbeitung eines BVT-Merkblattes zur Datenerhebung über RMM in den Branchen, einschließlich einer Katalogisierung von RMM,
 4. Untersuchung zu Möglichkeiten, Modelle zur Abschätzung des Verhaltens und der Emissionen von Stoffen aus Maßnahmen zum Risikomanagement sowie zu Möglichkeiten, Wirksamkeiten basierend auf Daten zu physikalisch-chemischen Stoffeigenschaften von einem Stoff / einer Stoffgruppe auf andere zu übertragen. Diese Studien könnten die Ableitung von Wirksamkeiten unterstützen und den Mangel an Messdaten ausgleichen, wenn eine Modellierung prinzipiell möglich ist.
 5. Entwicklung von Tools zur Unterstützung der Auswahl und Wirksamkeitsermittlung von RMM, zum Beispiel
 - Prüfung der (rechtlichen) Möglichkeiten zum Aufbau einer Datenbank über RMM-Wirksamkeiten anhand von Messdaten in Zusammenarbeit mit Überwachungsbehörden und Unternehmen (in Branchen / Prozessen, die nicht (ausreichend) durch BVT-Merkblätter abgedeckt sind. Hieraus könnten zumindest „typische“ Wirksamkeiten ermittelt werden.
 - Programmierung eines einfachen Instruments zur Erstellung einer Stoffflussanalyse durch eine Risikomanagementmaßnahme in Anlehnung an den Leitfaden und die Beispiele; ggf. mit hinterlegten Informationen über RMM in Branchen oder mit Hinweisen auf Anwendungsgrenzen einer RMM (z.B. basierend auf dem BVT-Merkblatt zu Abfall- und Abwasserbehandlungstechnologien in der chemischen Industrie.
- Das Umweltbundesamt könnte zudem *eruiieren, ob und wie der Prozess der Entwicklung und/oder Überarbeitung von OECD Emissionsszenariodokumenten verbessert werden kann*. Dies betrifft sowohl die Qualität der Dokumentation der Ableitung von Emissionsfaktoren als auch der Möglichkeit, RMM getrennt zu beschreiben und ihre möglichen Wirksamkeiten in Bezug auf Einzelstoffe oder Stoffgruppen zu konkretisieren. Hier könnte eine diesbezügliche Analyse der existierenden ESDs vorgenommen (status quo der RMM – Beschreibung), Vorschläge für die (bessere) Integration dieser Informationen in Form von Änderungsvorschlägen für den OECD-Leitfaden zur Erstellung von ESDs erarbeitet sowie geprüft werden, ob die Beschreibungen der Einsatzstoffe und Emissionsfaktoren für die Nutzung unter REACH (spERCs / Registrierungsdossiers) hilfreich sind. Auch eine Verknüpfung mit dem BVT-Prozess wäre möglich.

6.3 Empfehlungen an die Verbände

Die Industrieverbände unterstützen die Unternehmen in der konkreten Umsetzung der REACH-Anforderungen. Hierbei erarbeiten sie teilweise im Zusammenspiel mit den Behörden Unterstützungsinstrumente, eigene Leitfäden und Empfehlungen.

Es liegt im Interesse aller Akteure, dass die Unterstützungsinstrumente für Registranten und DU die Standardisierung und Harmonisierung der Stoffsicherheitsbeurteilungen und der Kommunikation der Informationen zur sicheren Verwendung beitragen. Hierbei darf es weder zu Risikounterschätzungen kommen, noch zu Verkürzungen oder Auslassungen wichtiger Informationen in der Kommunikation kommen. Die folgenden Empfehlungen an die Verbände leiten sich aus den Ergebnissen dieses Projektes ab:

- ▶ Die Verbände der chemischen Industrie und der nachgeschalteten Anwender sollten *kommunizieren, dass die im CSR ermittelte notwendige Wirksamkeit* einer RMM mit dem ES oder SDB entlang der Wertschöpfungskette *weitergegeben* werden sollte. Den nachgeschalteten Anwendern obliegt die Verantwortung zu überprüfen, dass die RMM vor Ort die notwendige Wirksamkeit tatsächlich erreicht.
- ▶ Die Chemieverbände sollten den Registranten ebenfalls *kommunizieren, dass die Informationen in den spERCs über die obligatorischen RMM, einschließlich ihrer Wirksamkeit, ggf. den Qualitätsanforderungen der ECHA nicht entsprechen*. Bei Nutzung von spERCs für die Registrierung sollte in jedem Falle für den konkreten Stoff geprüft werden, ob die angegebenen Wirksamkeiten realistisch erreichbar sind, oder nicht.
- ▶ Die Verbände der nachgeschalteten Anwender könnten die *Methodik des Leitfadens nutzen, um die typischen oder möglichen Wirksamkeiten der in ihren Branchen vornehmlich genutzten RMM für verschiedene Stoffgruppen zu ermitteln* und zu veröffentlichen. So könnten die Registranten wirksam unterstützt werden und die nachgeschalteten Anwender erhielten realistischere RMM-Vorgaben.
- ▶ Die Verbände der nachgeschalteten Anwender sollten ihre *Mitgliedsfirmen ermutigen, Informationen über die (Wirksamkeit von) RMM zu erheben*, z.B. im Kontakt mit den Herstellern der RMM-Anlagen oder durch Messungen in Abgas und Abwasser. Diese Informationen sollten zur Überprüfung der RMM-Vorgaben der Lieferanten genutzt und ggf. die Wertschöpfungskette hinauf kommuniziert werden. Sie könnte auch zur Erstellung einer Datenbank mit Messdaten für RMM beigetragen werden (s.o.). In allen Fällen sollten die Bedingungen, unter denen eine RMM betrieben wird, erhoben und die physikalisch-chemische Beschaffenheit der Emissionen charakterisiert werden.

6.4 Empfehlungen an die Unternehmen

Registranten

- ▶ Stoffhersteller und -Importeure sollten die *Informationen zu obligatorischen und optionalen RMM in den spERCs prüfen*, wenn sie diese für den CSA nutzen. Sie sollten insbesondere analysieren, ob die angegebenen Wirksamkeiten (wenn vorhanden) auf ihren Stoff in der bewerteten Verwendung realistisch sind oder nicht.
- ▶ Die Registranten können den *Leitfaden nutzen*, um RMM für ihre Verwendungen abzuleiten.
- ▶ Um die Qualität der CSRs sowie der Kommunikation in der Wertschöpfungskette zu verbessern, sollten die Registranten ein *Feedback ihrer Kunden zu den RMM-Informationen einholen*, dieses ggf. diskutieren und in die Erarbeitung von RMM-Empfehlungen integrieren.

Formulierer

- ▶ Die Formulierer sollten den *RMM-Leitfaden nutzen, um die kommunizierten Wirksamkeiten von RMM für die eigenen Anlagen zu überprüfen*. Sie sollten den Lieferanten Feedback geben, wenn es zu Inkonsistenzen oder abweichenden Ergebnissen (insbesondere niedrigere Wirksamkeiten, als kommunizierte notwendige Wirksamkeiten) kommt.
- ▶ Damit die Endanwender die RMM überprüfen können, sollten die Formulierer die notwendige Wirksamkeit stoffspezifisch an ihre Kunden weitergeben. Zudem sollte angegeben werden, *auf welche Stoffe sich (bestimmte) RMM-Vorgaben beziehen*.
- ▶ Wenn Formulierer anderslautende RMM-Empfehlungen an ihre Kunden kommunizieren als die, welche sie von ihren Lieferanten erhalten haben, sollten sie *prüfen, ob ein DU-CSR notwendig ist*.

Endanwender

- ▶ Endanwender sollten die von den Lieferanten erhaltenen *Vorgaben zum Risikomanagement mit der betrieblichen Situation vergleichen*. Insbesondere sollten kommunizierte RMM-Wirksamkeiten daraufhin überprüft werden, ob sie für den/die Stoffe als solche bzw. in den verwendeten Gemischen erreicht werden. Hier ist ggf. eine Kommunikation mit den Formulierern notwendig,
- ▶ Die *Informationen* über Einsatzstoffe, Emissionen und Stoffkonzentrationen in den Abgasen und Abwässern *aus Genehmigungsunterlagen* sowie Analysen aus der Auslegung und Einmessung von RMM-Anlagen können und *sollten für die Überprüfung der RMM-Wirksamkeit genutzt werden*.
- ▶ RMM-Anlagen bedürfen einer regelmäßigen Überprüfung und Wartung, teilweise sind sie aufgrund neuer gesetzlicher Vorgaben neu zu errichten. Der bislang scheinbar vorherrschende Trend der Optimierung des Verhältnisses von RMM-Wirksamkeit und (kurzfristiger) Kosten sollte überdacht und durch *langfristige Überlegungen bzgl. wirksamerer RMM-Technologien* (und langfristiger Kosten) überdacht werden. Die Überprüfung einer RMM-Wirksamkeit oder eine Diskussion mit dem RMM-Hersteller können Anlass hierfür sein.

7 Quellenverzeichnis

CEFIC (2012). Cefic Guidance: Specific Environmental Release Categories (SPERCs) Chemical Safety Assessments, Supply Chain Communication and Downstream User Compliance

ECHA (2012): Guidance on information requirements and chemical safety assessment - Part D: Exposure Scenario Building, Version 1.2; Helsinki.

ECHA (2014): ASSESSMENT OF RELIABILITY OF SPERCS; final report Helsinki

IMPEL (2013): Linking the Directive on Industrial Emissions (IED) and the REACH Regulation. European Union Network for the Implementation and Enforcement of Environmental Law. Final report 09/2013. <http://impel.eu/projects/linking-the-directive-on-industrial-emissions-ied-and-reach-regulation/>.

Ministerium für ein Lebenswertes Österreich (2014). DIE NUTZUNG CHEMIKALIENRECHTLICHER DATEN IN DER WAS-
SERWIRTSCHAFTLICHEN PLANUNG

Informationen des RUH-Projektes und Hilfsmittel aus dem Projekt des Umweltbundesamtes zu Umsetzungshilfen für REACH (RUH) <http://www.reach-info.de/ruh.htm>

OECD (2000): OECD SERIES ON EMISSION SCENARIO DOCUMENTS Number 1: Guidance Document on Emission Scenario Documents ENV/JM/MONO(2000)12.

REGULATION (EC) No 1272/2008 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006

RICHTLINIE 2010/75/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 24. November 2010 über Industrie-
emissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung)

Vorträge vom "Workshop on the use of REACH/CLP information at industrial sites"; http://echa.europa.eu/view-article/-/journal_content/title/workshop-on-the-use-of-reach-clp-information-at-industrial-sites

Anhänge

- ▶ Anhang I: RMM-Leitfaden
- ▶ Anhang II: Fallbeispiel Färben von Textilien
- ▶ Anhang III: Verchromung von Kunststoffteilen
- ▶ Anhang IV: Spritzlackierung

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl FKZ 37 11 63 419
UBA-FB-00

Wirksamkeit von Risikomanagementmaßnahmen zur Emissionsminderung

Anhang I Leitfaden zur Auswahl und Ermittlung der Wirksamkeit von RMM

von

Antonia Reihlen, Olaf Wirth, Dirk Jepsen

Ökopol GmbH
Nernstweg 32-34
22765 Hamburg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

November 2015

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	56
Tabellenverzeichnis	57
Abkürzungsverzeichnis	58
1 Ziel des Leitfadens.....	60
2 Aufbau des Leitfadens	61
3 Möglichkeiten und Grenzen dieses Leitfadens	62
4 Abgrenzung betrieblicher und externer RMM.....	63
5 Verständnis von Risikomanagementmaßnahmen	64
5.1 ECHA-Definition von RMM.....	64
5.2 Aufbau von RMM.....	64
5.3 Bezugsgrößen von und Einflussfaktoren auf RMM	64
5.4 Transfer von Emissionen	66
6 Identifizierung und Auswahl geeigneter RMM	68
6.1 Vorgehen.....	68
6.2 Auswahl möglicher Verfahren anhand der Stoffeigenschaften	69
6.3 Auswahl von Verfahren basierend auf Anwendungsinformationen	70
6.3.1 Spezifische Umweltemissionskategorien.....	70
6.3.2 BVT-Merkblätter.....	71
6.4 Weiter Informationsquellen zu RMM.....	71
6.4.1 CEFIC RMM-Bibliothek.....	71
6.4.2 VDI-Richtlinien.....	71
6.4.3 DWA-Regelwerk.....	71
6.4.4 Anhänge der Abwasserverordnung	71
6.4.5 Verordnungen zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)	72
6.4.6 Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft	72
6.4.7 Sonstige Publikationen.....	72
6.4.8 Modelle	72
6.5 Kommunikation über RMM – Wirksamkeiten	72
6.5.1 Endanwender, die RMM-Anlagen betreiben.....	72
6.5.2 Hersteller von RMM-Anlagen	73
6.6 Wenn keine Informationen verfügbar sind	73
7 Ableitung der Wirksamkeit einer RMM.....	75
7.1 Schritt 1: Abgrenzung der Verwendung	77
7.2 Schritt 2: Effizienz der Erfassung	79

7.2.1	Abwasser.....	79
7.2.2	Abluft	80
7.2.3	Berechnung der Wirksamkeit(en) des Erfassungssystems	82
7.3	Schritt 3: Effizienz der Vorbehandlung	82
7.3.1	Abluft	83
7.3.2	Abwasser.....	84
7.3.3	Berechnung der Wirksamkeit(en) der Vorbehandlung	84
7.4	Schritt 4: Effizienz der (betrieblichen) Endbehandlung	85
7.5	Schritt 5: Gesamteffizienz der RMM.....	87
7.6	Schritt 6: Weitergabe von Informationen über anzuwendende RMM.....	89
7.7	Schritt 7: Dokumentation.....	90
8	Illustration des Leitfadens in den Beispielen.....	92
8.1	Was zeigt welches Beispiel?.....	92
8.2	Allgemeine Schlussfolgerungen aus den Beispielen	93
9	Quellenverzeichnis	94
10	Anhang I: Beschreibung der RMM Verfahrensprinzipien im CWW- Merkblatt	95
10.1	Systeme zur Abwassererfassung.....	95
10.2	Systeme zur Ablufterfassung	96
10.3	Systeme zur Abwasservorbehandlung	97
10.4	Systeme zur Abluftvorbehandlung	100
10.5	Systeme zur Abwasserendbehandlung.....	101
10.6	Systeme zur Abluftendbehandlung.....	102
11	Anhang II: Übersicht über optionale RMM in den spERCs	103
12	Anhang III: Übersicht über Erwähnungen von RMM in BVT-Merkblättern der nachgeschalteten Anwender	106

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Ableitung der Gesamteffizienz einer RMM für die Luft	65
Abbildung 2:	Einflussfaktoren auf die Wirksamkeit der einzelnen RMM-Stufen	65
Abbildung 3:	Transfer von Emissionen aus der Abluft ins Abwasser	67
Abbildung 4:	Flussdiagramm zur Ermittlung geeigneter RMM.....	69
Abbildung 5:	Entscheidungsbaum – mögliche, für den Stoff geeignete Verfahren.....	70
Abbildung 6:	5 Schritte zur Beschreibung von RMM und der Ermittlung ihrer Effizienz.....	77
Abbildung 7:	Prozessschema Textilfärben inkl. Begründung für die Mitbetrachtung von Teil- und Nebenprozessen	78
Abbildung 8:	Ermittlung von Teilströmen bei der Abwassererfassung.....	80
Abbildung 9:	Ermittlung der Wirksamkeit der Ablufterfassung	81
Abbildung 10:	Beispiel für die Relevanzbetrachtung der Emissionsvorbehandlung.....	83
Abbildung 11:	Beispielhafte Berechnung der Gesamteffizienz einer RMM.....	88

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Informationen über relevante Anwendungsbedingungen	78
Tabelle 2:	Beschreibung wasserseitiger Emissionserfassungssysteme.....	80
Tabelle 3:	Beschreibung luftseitiger Emissionserfassungssysteme	81
Tabelle 4:	Beschreibung luftseitiger Vorbehandlungssysteme	83
Tabelle 5:	Beschreibung wasserseitiger Vorbehandlungssysteme	84
Tabelle 6:	Beschreibung von Endbehandlungsanlagen	85
Tabelle 7:	Charakteristika der Fallbeispiele	92
Tabelle 8:	Eignung und Informationen zur Wirksamkeit: Abwassererfassungsverfahren	95
Tabelle 9:	Eignung und Informationen zur Wirksamkeit: Ablufterfassungsverfahren.....	96
Tabelle 10:	Eignung und Informationen zur Wirksamkeit: Abwasservorbehandlungsverfahren.....	97
Tabelle 11:	Eignung und Informationen zur Wirksamkeit: Abluftvorbehandlungsverfahren	100
Tabelle 12:	Eignung und Informationen zur Wirksamkeit: Abwasserendbehandlungsverfahren	101
Tabelle 13:	Eignung und Informationen zur Wirksamkeit: Abluftendbehandlungsverfahren.....	102
Tabelle 14:	Informationen zu optionalen RMM in spERCs	103
Tabelle 15:	Abkürzungen für die Branchen und die dazugehörigen BVT- Merkblätter	106
Tabelle 16:	Verwendung von Abwasservorbehandlungsverfahren in den Branchen	106
Tabelle 17:	Verwendung von Abluftvorbehandlungsverfahren in den Branchen	107
Tabelle 18:	Verwendung von Abwasserendbehandlungsverfahren in den Branchen.....	107
Tabelle 19:	Verwendung von Abluftendbehandlungsverfahren in den Branchen.....	107

Abkürzungsverzeichnis

ACEA	Europäischer Verband der Automobilhersteller (engl.: European Automobile Manufacturers' Association)
AISE	Europäischer Verband der Hersteller von Seifen, Detergentien und Wartungsprodukten (engl.: Association for Soaps, Detergents and Maintenance Products)
ARA	Abwasserreinigungsanlage
ATIEL	Europäischer Verband der Schmierstoffhersteller (engl.: Technical Association of the European Lubricants Industry)
BAT	Beste verfügbare Techniken (engl.: Best Available Technologies)
CE	Europäischer Verband der Hersteller von Kosmetika (engl.: Cosmetics Europe)
CEFIC	Europäischer Verband der Chemischen Industrie
CEPE	Europäischer Verband der Hersteller von Farben, Druckfarben und Künstlerfarben (engl.: European Council of the Paint, Printing Ink and Artists' Colours Industry)
CSA	Stoffsicherheitsbewertung (engl.: chemical safety assessment)
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
CSR	Stoffsicherheitsbericht (engl.: chemical safety report)
CWW	Abwasser- und Abgasbehandlungs- und Managementsysteme in der chemischen Industrie (engl.: Common Wastewater and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector)
DU CSR	Stoffsicherheitsbericht des nachgeschalteten Anwenders (engl.: downstream user chemical safety report)
ECHA	Europäische Chemikalienagentur
ECMA	Europäischer Verband der Hersteller von Katalysatoren (engl.: European Catalyst Manufacturers Association)
ECPA	Europäischer Verband der Pflanzenschutzmittelhersteller (engl.: European Crop Protection Association)
EFCC	Europäischer Verband der Hersteller von Bauchemikalien (engl.: European Federation for Construction Chemicals)
ES	Expositionsszenario
ESIG / ESVOC	Europäische Industriegruppe Lösemittel / Europäische Plattform der Lösemittelindustrie (engl.: European Solvents Industry Group / European Solvents Industry Platform)
ETRMA	Europäischer Verband der Hersteller von Reifen und Gummiprodukten (engl.: European Tyre & Rubber Manufacturers Association)
EUROMETAUX	Europäischer Metallverband (engl.: European Association of Metals)
FDM	Nahrungsmittel-, Getränke- und Milchindustrie (engl.: Food, Drink and Milk industries)
FMP	Bearbeitung von Eisenmetallen (engl.: Ferrous metals processing)
FEICA	Europäischer Verband der Hersteller von Klebstoffen und Dichtmassen (engl.: Association of European Adhesives and Sealants Manufacturers)
HEAF	Hocheffizienzluftfilter (engl.: high efficiency air filter)
HEPA	Hocheffizienzpartikelfilter (engl.: high efficiency particle filter)
IFRA	Internationaler Duftstoffverband (engl.: International Fragrance Association)

KW	Kohlenwasserstoffe
OC	Verwendungsbedingung (engl.: Operational Condition)
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PP	Pulper, Papier und Karton (engl.: Pulp, paper and board)
REACH	Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien (engl.: Regulation on the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)
RMM	Risikomanagementmaßnahmen
SF	Gießerei- und Schlossereiindustrie (engl.: Smitheries and Foundries Industry)
spERC	Spezifische Umweltemissionskategorie (engl. specific environmental release category)
STM	Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoffen (engl: Surface Treatment of Metals and Plastics)
STS	Oberflächenbehandlung unter Verwendung organischer Lösemittel (engl.: Surface Treatment using Organic Solvents)
TAN	Gerben von Fellen und Tierhäuten (engl.: Tanning of Hides and Skins)
TXT	Textilindustrie (engl: Textiles Industry)
VOC	Leicht flüchtige organische Verbindung (engl.: volatile organic compound)

1 Ziel des Leitfadens

Der vorliegende Leitfaden soll Registranten dabei unterstützen für den von ihm registrierten Stoff geeignete Risikomanagementmaßnahmen (RMM) auszuwählen und zu überprüfen, ob diese die in der Stoffsicherheitsbeurteilung (CSA) als notwendig ermittelte Wirksamkeit auch erreichen können. Zudem können Registranten bei spERC basierten CSAs den Leitfaden nutzen um zu prüfen, ob die in den spERCs genannten RMM für den registrierten Stoff geeignet und ausreichend wirksam sind. So können Registranten REACH-konforme RMM – Empfehlungen ableiten, sie anhand der Formate im Leitfaden dokumentieren und vermeiden, zu strikte oder nicht ausreichend wirksame RMM zu ermitteln und/oder an ihre Kunden zu kommunizieren.

Formulierer und Endanwender erhalten in zunehmender Anzahl Expositionsszenarien (ES), einschließlich Vorgaben zum Risikomanagement für ihre Einsatzstoffe und Gemische. Sie können den Leitfaden nutzen, um zu überprüfen ob die vor Ort vorhandenen RMM die jeweiligen Wirksamkeiten für die eingesetzten Stoffe erreichen. Nachgeschaltete Anwender (DU) können den Leitfaden auch im Zuge einer Stoffsicherheitsbeurteilung des nachgeschalteten Anwenders (DU CSR) nutzen, um die Wirksamkeit vorhandener oder zu implementierender RMM abzuschätzen.

Alle Akteure können von dem strukturierten und transparenten Vorgehen im Leitfaden profitieren, indem sie die Wirksamkeit bestehender oder ggf. zu installierender RMM überprüfen und unnötige Investitionen vermeiden bzw. zielgerichteter und informationsbasierter hierüber entscheiden können. Auch für die Planung von RMM kann der Leitfaden wichtige Impulse geben, wie die Anlagen ausgelegt werden sollten (z.B. welche Emissionsquellen an eine Emissionserfassung angeschlossen sein sollten), um allen Emissionen gefährlicher Stoffe gerecht zu werden.

Im Unterschied zum Anlagenrecht, in dem hauptsächlich Emissionskonzentrationen reguliert werden (Emissionsgrenzwerte), sind unter REACH Gesamtfrachten eines Stoffes, die in die Umwelt freigesetzt werden relevant. Im Anlagenrecht wird vielfach die Einhaltung von Summenparametern (z.B. AOX, CSB oder Gesamt-C) gefordert, während REACH einen Einzelstoffansatz verfolgt. Diese unterschiedlichen Perspektiven haben leider zur Folge, dass derzeit Informationen und Umsetzungsanforderungen aus den beiden Rechtsbereichen nicht kompatibel sind. Dies äußert sich insbesondere im Fehlen von Informationen über stoffspezifische Wirksamkeiten von RMM. Daher wird in diesem Leitfaden auch dazu ermuntert, Expertenwissen zu nutzen, das (noch nicht) dokumentiert ist.

2 Aufbau des Leitfadens

Im Kapitel 3 werden die Möglichkeiten und Grenzen des Informationsumfanges und des Anwendungsbereiches des vorliegenden Leitfadens beschrieben.

Im Kapitel 4 wird auf den Umgang von REACH mit der Behandlung von Abfällen aus Risikomanagementmaßnahmen eingegangen.

Kapitel 5 erläutert das konzeptionelle Grundverständnis von Risikomanagementmaßnahmen (RMM), das dieser Anleitung zugrunde liegt. Dieses Kapitel ist für das Verständnis des Vorgehens und der beispielhaften Ableitung der Wirksamkeit von Maßnahmen wichtig.

Hinweise zur Eignung bzw. Auswahl von RMM für einen bestimmten Stoff in einem Prozess sind in Kapitel 6 beschrieben. Zudem werden einige Informationsquellen über RMM-Wirksamkeiten vorgestellt.

Im Kapitel 7 wird Schritt für Schritt erklärt, wie die Wirksamkeit der als geeignet angesehenen RMM unter der Annahme abgeleitet werden kann, dass für die Funktion der RMM optimale Bedingungen vorliegen und der Stoff isoliert vorliegt. Eine dafür notwendige Datenerhebung wird mittels verschiedener Tabellen strukturiert. Im Kapitel 7.6 wird beschrieben, welche Informationen in der Wertschöpfungskette kommuniziert werden könnten und Kapitel 7.7 gibt Hinweise, welche Informationen im Stoffsicherheitsbericht enthalten sein sollten.

Im Kapitel 8 werden drei Beispiele beschrieben, die zur Illustration des Vorgehens im Leitfaden erstellt wurden. Die Charakterisierung der Beispiele soll einen Überblick darüber zu geben, welche Aspekte der Ableitung von RMM-Wirksamkeiten in den Beispielen erörtert werden. So kann bei Bedarf das Fallbeispiel ausgewählt werden, das der eigenen Situation am nächsten kommt.

3 Möglichkeiten und Grenzen dieses Leitfadens

Die Wirksamkeit der meisten RMM hängt von sehr vielen, unterschiedlichen und sich gegenseitig beeinflussenden Faktoren ab. Daher ist es nach derzeitigem Wissensstand nicht möglich, die Wirksamkeit einer RMM unter realen Bedingungen vorherzusagen bzw. zu modellieren. Es ist allerdings möglich, die Wirksamkeit einer RMM unter optimalen Bedingungen und unter der Annahme zu bestimmen, dass der Stoffe isoliert vorliegt, also keine weiteren, ggf. störenden Stoffe im Abwasser oder Abgas vorliegen.

Die meisten Experten sind sich einig, dass eine Übertragung von RMM-Wirksamkeiten, die aus Messwerten errechnet werden von einer Branche/Verwendung auf eine andere nicht ohne weiteres zulässig ist. Die Übertragung einer RMM-Wirksamkeit von einem Stoff auf einen anderen erscheint hingegen prinzipiell möglich. Allerdings müssten hierfür die Bedingungen und zu berücksichtigenden Parameter ermittelt und entsprechende Modelle entwickelt werden.

Aufgrund dieser Schwierigkeiten kann der Leitfaden lediglich die Ermittlung einer „theoretisch möglichen“ RMM-Wirksamkeit für den isolierten Stoff und unter „optimalen Bedingungen“ unterstützen. Eine Wirksamkeitsermittlung unter der Annahme „optimaler Bedingungen“ ist unter REACH sinnvoll und erforderlich, damit der Registrant (und die Behörden) prüfen können, ob eine RMM für einen Stoff in der jeweiligen Verwendung geeignet ist. Erreicht eine RMM unter optimalen Bedingungen nicht die im CSA ermittelte notwendige Wirksamkeit, so ist sie für den betrachteten Stoff in der betrachteten Verwendung nicht geeignet.

Der Leitfaden beschreibt ein Vorgehen und Möglichkeiten, Informationen über die Wirksamkeit von RMM zu erhalten oder zu generieren; konkrete Werte für die Effizienz einzelner Techniken sind dagegen nicht Gegenstand dieses Leitfadens. Zur Illustration des Vorgehens wird auf die im Rahmen des Projektes erstellten Fallbeispiele aus der Textilindustrie, der Galvanikbranche sowie aus dem Bereich der Lackanwendung verwiesen (s. Kapitel 8).

Die Ableitung von Wirksamkeiten von RMM unter REACH ist im Zusammenspiel mit der Kommunikation dieser Information in der Wertschöpfungskette zu sehen. Der Registrant sollte sowohl die erforderliche Wirksamkeit als auch Maßnahmen kommunizieren, die diese Wirksamkeiten erreichen. Somit sind die nachgeschalteten Anwender auch dafür verantwortlich, zu überprüfen, ob die Maßnahmen unter den konkreten Bedingungen vor Ort diese Wirksamkeit erreichen kann.

Der Leitfaden bezieht sich lediglich auf technische Maßnahmen zur Minderung von Emissionen aus industriellen Prozessen²⁴ in die Umwelt. Maßnahmen zum Arbeitnehmer- und Verbraucherschutz, sowie Maßnahmen, die Emissionen aus Erzeugnissen in die Umwelt betreffen werden nicht abgedeckt.

Da in industriellen Prozessen direkte Emissionen in den Boden in der Regel durch den Ort der Verwendung (innerhalb von Anlagen) oder entsprechende Auffangmaßnahmen vermieden werden, beschränkt sich der Leitfaden auf die Emissionspfade Wasser und Luft.

²⁴ Professionelle Verwendungen können ggf. analog behandelt werden, allerdings werden hier normalerweise kaum technische Maßnahmen eingesetzt. Professionelle Verwendungen in „quasi industriellen settings“ können z.B. in der Baubranche vorliegen.

4 Abgrenzung betrieblicher und externer RMM

Die verschiedenen Stufen betrieblicher RMM, einschließlich betrieblicher Abwasserreinigungsanlagen erzeugen vielfach feste oder flüssige Rückstände, z.B. Filterstäube oder Schlämme, die entweder innerbetrieblich einer (weiteren) Endbehandlung zugeführt oder extern als Abfälle entsorgt werden.

Aufgrund der derzeit beschriebenen Bewertungsmethodik unter REACH, wird die Effizienz der externen Abfallentsorgungsprozesse nicht in die Ermittlung der Gesamteffizienz einer betrieblichen RMM integriert.²⁵ Stattdessen darf der Registrant in der Stoffsicherheitsbeurteilung die in der betriebsexternen Entsorgung entstehenden Emissionen vernachlässigen, bzw. davon ausgehen, dass der jeweilige Stoff in diesem Abfall zu 100% von der Umweltfreisetzung zurückgehalten wird. Dies gilt auch für die Entsorgung von Schlämmen in der Deponierung oder Verbrennung.

Registranten müssen in ihren Risikobetrachtungen allerdings die entstehenden Abfallmengen bilanzieren und im Stoffsicherheitsbericht angeben. Außerdem sind Hinweise zum sicheren Umgang mit den Abfällen aus den RMM in der Lieferkette zu kommunizieren.

Formulierer und Registranten sollten sich im Rahmen der Produktverantwortung sowie, um Angaben zur sicheren Entsorgung im Sicherheitsdatenblatt machen zu können, mindestens qualitativ mit der Frage möglicher Emissionsrisiken aus der (externen) Abfallbehandlung auseinandersetzen.

Anders als bei der externen Entsorgung von Abfällen wird unter REACH die kommunale Kläranlage (Abwasserreinigungsanlage; ARA) in der Stoffsicherheitsbeurteilung durch den Registranten in die Expositionsabschätzung integriert, das heißt die Höhe der Emission in das Umweltkompartiment „Wasser“ wird nach der kommunalen ARA ermittelt. Allerdings ist die ARA von den betrieblichen RMM klar getrennt und kann in seiner Funktionsweise und Wirksamkeit nicht verändert werden (Modellberechnung).

Im Stoffsicherheitsbericht sowie in den Expositionsszenarien (ES), die in der Wertschöpfungskette kommuniziert werden, sind die Angaben zur Wirksamkeit von RMM zur Abwasserbehandlung daher immer auf die betriebliche Situation bezogen.

Für die Bilanzierung der betrieblichen Risikomanagementmaßnahme bedeutet das konkret, dass Anteile des betrachteten Stoffes, die:

- ▶ als Abfall oder als Schlamm aus einer Anlage „emittiert“ werden, nicht freigesetzt angesehen werden können.
Emissionen in den Abfall gelten also zu 100% gemindert = 0 % Emission

aus einer Anlage mit dem Abwasser in eine kommunale Kläranlage oder direkt in einen Vorfluter freigesetzt werden, zu 100% als „emittiert“ anzusehen sind und dem ursprünglichen Emissionspfad²⁶ zugerechnet werden sollten.

Emissionen in das kommunale Abwasser gelten also zu 100% als freigesetzt.

²⁵ Dies liegt daran, dass die externe Abfallbehandlung eine andere Emissionsquelle ist, als der Betrieb. Zudem fehlen Methoden zur Bewertung der Abfallphase. Dies führt leider dazu, dass Unternehmen, die ihre Abfälle betrieblich endbehandeln gegenüber denen benachteiligt sind, die dies extern vornehmen lassen, da erstere durch die Mitbetrachtung der Endbehandlung im Betrieb höhere lokale Emissionen haben. Zudem werden externe Entsorgungsprozesse überschätzt, da deren Effizienz teilweise unterhalb von 100% liegt.

²⁶ Eine primäre Luftemission, die durch eine RMM, z.B. einen Abluftwäscher, in das Abwasser überführt und in die Kläranlage eingeleitet wird, sollte als luftseitig nicht gemindert bilanziert werden. Siehe auch die illustrierenden Fallbeispiele „Verchromung von Kunststoffteilen“ und „Automobilserienlackierung“.

5 Verständnis von Risikomanagementmaßnahmen

5.1 ECHA-Definition von RMM

RMM werden in diesem Leitfaden verstanden als „Maßnahmen, die der Kontrolle von Emissionen eines Stoffes und/oder der Exposition ihm gegenüber dienen, um so die Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt zu beherrschen.“²⁷

RMM unterscheiden sich von den Verwendungsbedingungen genau dadurch, dass sie nur zum Zweck der Expositionsminderung verwendet werden. Im Gegensatz hierzu sind Veränderungen der Expositionshöhen durch verschiedenen Verwendungsbedingungen lediglich ein Nebeneffekt.²⁸

5.2 Aufbau von RMM

RMM lassen sich in drei unterschiedliche Stufen untergliedern:

- ▶ *Emissionserfassung* am Emissionsort, z. B. lokale Absaugungseinrichtungen oder eine Auffangstelle für Reinigungswässer,
- ▶ *Vorbehandlung* der Emissionen, z. B. durch Auftrennen oder Aufkonzentrieren mittels chemisch-physikalischer Verfahren (Filtern, Flockung, Skimmen, Adsorbieren),
- ▶ *Endbehandlung* der in den Emissionen enthaltenen Stoffe, z. B. durch Zerstörung (gilt nur für organische Stoffe) oder Abtrennung (mit anschließender Entsorgung als Abfall).

Nicht jede RMM muss alle drei Stufen beinhalten.

Anlagen und Technologien werden in der Praxis je nach Branche, Prozess, eingesetzten Stoffen und sonstigen Gegebenheiten unterschiedlich miteinander kombiniert. Vielfach schließt sich an das (inner-) betriebliche Risikomanagement ein Schritt der (externen) Abfallbehandlung an (vergl. Abbildung 2 ganz rechts und Kapitel 4).

5.3 Bezugsgrößen von und Einflussfaktoren auf RMM

Wie eingangs beschrieben, ist die hängt die Wirksamkeit einer RMM von unterschiedlichen, sich teilweise gegenseitigen Faktoren ab. Daher kann ohne konkrete Messungen die Abschätzung einer RMM-Wirksamkeit lediglich einen „best case“ darstellen, also den Betrieb einer RMM unter optimalen Bedingungen für den betrachteten Stoffe. Unter der Prämisse einen „best case“ zu ermitteln ist es auch zulässig, Informationen von einem Stoff auf einen andern zu übertragen bzw. ähnliche Wirksamkeiten einer RMM für unterschiedliche Stoffe mit ähnlichen Eigenschaften anzunehmen.

Jede RMM-Stufe hat jeweils eine eigenständige Wirksamkeit. Die Wirksamkeit einer Gesamt-RMM setzt sich aus den Wirksamkeiten der jeweils vorhandenen RMM-Stufen zusammen. Die folgende Grafik zeigt die Wirksamkeitsberechnung am Beispiel von luftseitigen Emissionen im schematischen Überblick.

Die Gesamtemission in die Atmosphäre setzt sich zusammen aus den diffusen Emissionen aus dem Prozess und den Emissionen, die aus der Anlage zur Emissionserfassung, aus den Prozessen einer Vorbehandlung sowie der Endbehandlung der Emissionen entstehen können.

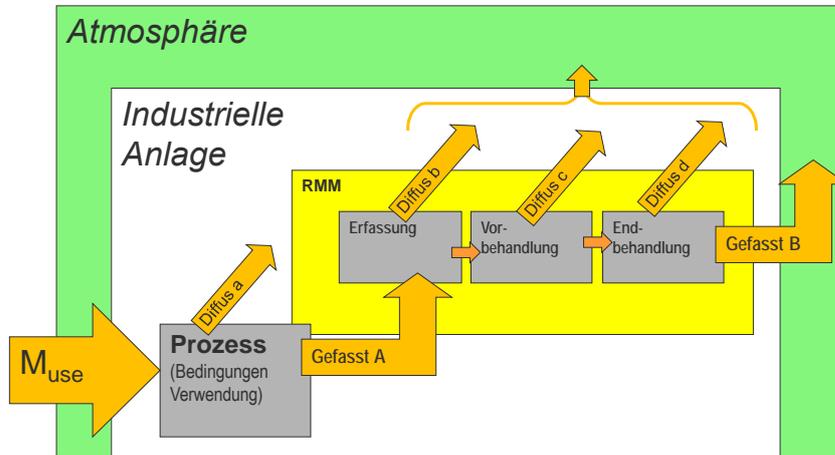
In diesem Leitfaden werden lediglich die RMM für die Umwelt behandelt. Die schematische Darstellung in der Abbildung 1 zeigt jedoch deutlich, dass die Ablufferfassung am Arbeitsplatz mit dem Erfassungssystem für die Umwelt übereinstimmen kann. Hier besteht also eine enge Verbindung zwischen den Maßnahmen zum Arbeitsschutz und zum Umweltschutz. Daten und Informationsquellen zu diesen Maßnahmen sind für beide Bereiche nutzbar.

²⁷ Diese Definition war im Glossar der ECHA veröffentlicht. Dieses Glossar existiert mittlerweile nicht mehr.

²⁸ Guidance on information requirements and chemical safety assessment - Part D: Exposure Scenario Building, Version 1.1; Helsinki, May 2008

Abbildung 3: Ableitung der Gesamteffizienz einer RMM für die Luft

Primäre Emission aus dem Prozess (Luft) $F_{\text{primär}} = A + a$	Freisetzung in die Umwelt (Luft) $F_{\text{Luft}} = a+b+c+d + B$	RMM Effizienz bzgl. der Luft $RMM_{\text{Eff}} = 1 - (F_{\text{Luft}} / F_{\text{primär}})$
---	--	---



M_{use} = Eingesetzte Stoffmenge; $F_{\text{primär}}$ = insgesamt aus dem Prozess freigesetzte Stoffmenge
 F_{Luft} = in die Umgebungsluft freigesetzte Menge; RMM_{Eff} = Gesamtwirksamkeit der Maßnahme

Die folgenden Parameter beeinflussen die Wirksamkeit der RMM-Stufen:

- ▶ Eigenschaften der aus dem Prozess freigesetzten Stoffe bzgl. der:
 - a) Mobilität (z.B. Wasserlöslichkeit, Flüchtigkeit) und
 - b) Stabilität (z.B. Zerfallstemperatur, biologische Abbaubarkeit),
- ▶ Beschaffenheit der Emission (Aggregatzustand, Färbung, Zusammensetzung etc.),
- ▶ Bedingungen für den Prozess und die RMM (z.B. kontinuierliche Fahrweise oder Chargenbetrieb), einschließlich Reinigungs- und Wartungsarbeiten.

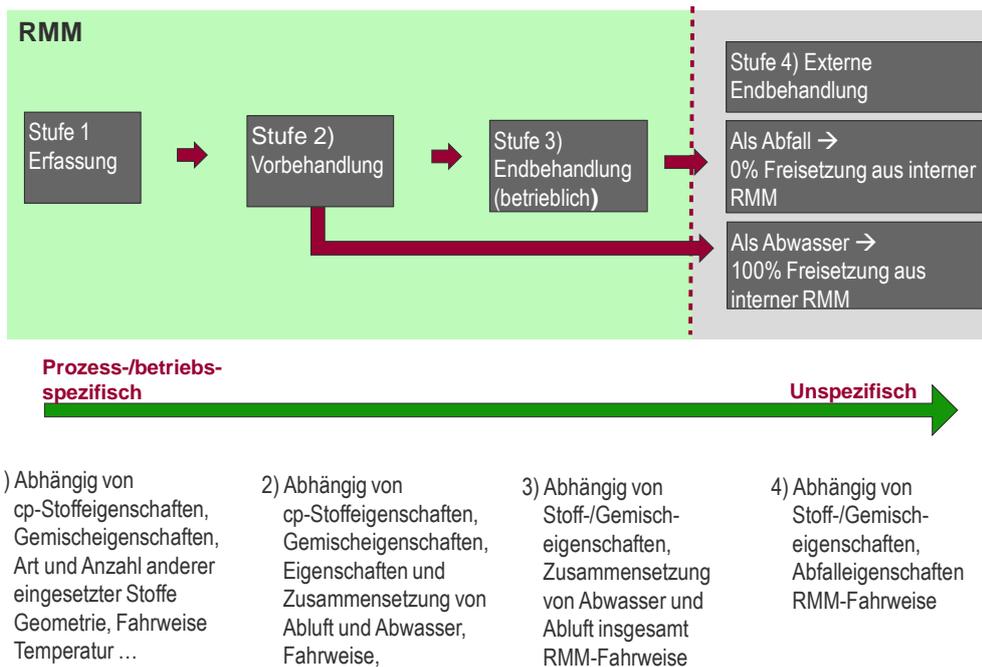
Die Stoffspezifität von RMM liegt meist bereits in ihren Funktionsprinzipien begründet. So ist z.B. die Mobilität der Stoffe insbesondere für den Erfassungsgrad (Stufe 1) entscheidend und die Ladung oder Molekülgrößen und andere chemisch-physikalische Eigenschaften für die Vorbehandlung (Stufe 2, z. B. Filtration, Flockung, Schwerkraftscheidung). Für die Endbehandlung (Stufe 3) spielen insbesondere die Zusammensetzungen der Stoffe (organisch, metallisch, mineralisch etc.) sowie ihre Stabilität (z.B. biologische Abbaubarkeit, Zerfallstemperatur) eine wichtige Rolle.

Für viele Maßnahmen können ähnliche Effizienzen für Gruppen von Stoffen (z.B. mit einem ähnlichen Dampfdruck oder einer vergleichbaren Molekülgröße) angenommen werden.

Die Effizienz von RMM hängt auch von der Art und Beschaffenheit der Gesamtemission ab. Ist Abwasser z. B. stark gefärbt, können ggf. UV-basierte Reinigungsverfahren nicht verwendet werden, und hat die Abluft eine hohe Feuchte, werden ggf. bestimmte Filtermedien verstopft.

Abbildung 2 zeigt welche Faktoren für die jeweiligen RMM-Stufen eine besonders relevant sind.

Abbildung 4: Einflussfaktoren auf die Wirksamkeit der einzelnen RMM-Stufen



Auch die stoffliche Zusammensetzung einer Emission, also eines Abwassers oder der Abluft kann die Wirksamkeit einer RMM beeinflussen, z. B. können bestimmte Lösemittel Filtermedien vergiften, Tenside können Fällungen verhindern oder erschweren oder komplexbildende Stoffe können andere Stoffe so binden, dass sie wegen der erhöhten Stabilität durch eine eigentlich geeignete Maßnahme nicht zerstört werden.

Die Prozessbedingungen, wie z. B. eine kontinuierliche oder diskontinuierliche Prozessführung, die Geschlossenheit der Anlagen oder die Reinigungs- und Wartungshäufigkeiten, sind Parameter, die die Wirksamkeit von RMM ebenfalls wesentlich beeinflussen. Dies betrifft insbesondere die Emissionserfassung (RMM-Stufe 1).

In der Abbildung 2 ist zudem nochmals die Berücksichtigung der externen Endbehandlung für die Wirksamkeitsermittlung der betrieblichen RMM verdeutlicht. Werden Stoffe mit dem Abwasser in eine Kläranlage emittiert, so gelten diese für die Wirksamkeitsermittlung als zu 100% freigesetzt²⁹. Werden Stoffe als Abfall externe entsorgt, so gilt dieser Anteil der Gesamtemission als zu 100% gemindert.

5.4 Transfer von Emissionen

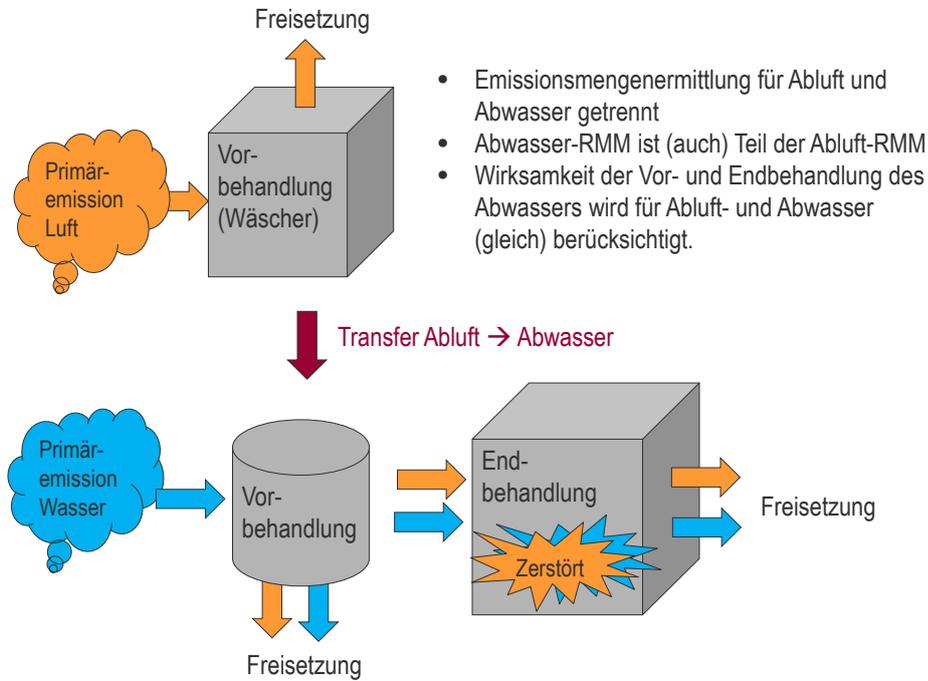
Emissionen können durch eine RMM von einem Emissionspfad in einen anderen transferiert werden. Dies ist zum Beispiel bei Abluftwäschern der Fall, die einen Teil der Emissionen in die Abluft in den Abwasserpfad überführen. Der betrachtete Stoff wird dann mit dem Abwasser ggf. weiter behandelt.

In diesem Leitfaden werden die Emissionen und Wirksamkeiten von RMM-Stufen jeweils dem ursprünglichen Emissionspfad zugerechnet. Im Fall des Wäschers würde daher die ins Abwasser transferierte und ggf. mit dem Abwasser behandelte Stoffmenge dem Luftpfad, bzw. der Luft-RMM zugerechnet. Das heißt, der entsprechende Volumenstrom wird separat berechnet und bei der Wirksamkeitsermittlung werden die Emissionen aus dem Abwasser, die ursprünglich in die Luft emittiert wurden, der Abluft zugerechnet. Die RMM für das Abwasser ist, da auch Emissionen aus der Abluft behandelt werden sowohl Bestandteil der Abwas-

²⁹ In der Stoffsicherheitsbeurteilung wird die Wirksamkeit einer kommunalen Kläranlage zur Berechnung der Umweltkonzentration berücksichtigt. Diese wird aber separat und nicht als Bestandteil der betrieblichen RMM berechnet.

ser-RMM als auch der Abluft-RMM. Dies ist in der Kommunikation zu berücksichtigen. Die durch die RMM verursachte Transferrate sollte den Kunden kommuniziert werden, damit dies im Falle eines Scaling oder der Prüfung von RMM-Wirksamkeiten berücksichtigt werden kann.

Abbildung 5: Transfer von Emissionen aus der Abluft ins Abwasser



6 Identifizierung und Auswahl geeigneter RMM

Die im Stoffsicherheitsbericht (CSR) dokumentierte und den Kunden mit dem Sicherheitsdatenblatt empfohlene RMM sollte:

9. in der Branche üblich, bzw. Stand der Technik sein und
10. die im CSA ermittelte Wirksamkeit für den jeweiligen Stoff erreichen können.

Aufgrund der Schwierigkeiten, die Wirksamkeit einer RMM für einen bestimmten Stoff vorherzusagen, wird in diesem Leitfaden empfohlen, zunächst ein für den Stoff geeignetes *RMM-Verfahrensprinzip* auszuwählen und dann zu prüfen, ob die theoretisch mögliche Wirksamkeit für die sichere Verwendung ausreichend ist (Vergleich mit notwendiger Wirksamkeit aus CSA). Ist dies der Fall, kann die RMM und die Ableitung der Wirksamkeit dokumentiert werden (CSR, DU CSR) und die Informationen in der Wertschöpfungskette kommuniziert werden.

Das RMM-Verfahrensprinzip sollten immer zusammen mit der notwendigen Wirksamkeit kommuniziert werden, damit die DUs vor Ort prüfen können, ob sie von dem CSR des Herstellers abgedeckt sind, bzw. ob die kommunizierte Wirksamkeit vor Ort erreicht wird.

Unter einem RMM-Verfahrensprinzip wird das Funktionsprinzip einer RMM verstanden, also z.B. biologische Reinigung, Filtration, Fällung. Es wird nicht empfohlen, Verfahrensprinzipien weiter zu konkretisieren, z.B. „Belebtschlammverfahren“, „Tuchfilter“ da die Anwender dadurch zu stark eingeschränkt würden, bzw. ggf. unnötige Kommunikation ausgelöst wird. Es ist vielmehr davon auszugehen, dass die Anwender die Angemessenheit und Wirksamkeit konkreter Techniken eines RMM-Verfahrensprinzips am besten zu bewerten können, da sie alle Parameter vor Ort kennen oder ermitteln können, einschließlich gesetzlicher Anforderungen aus dem Anlagenrecht.

6.1 Vorgehen

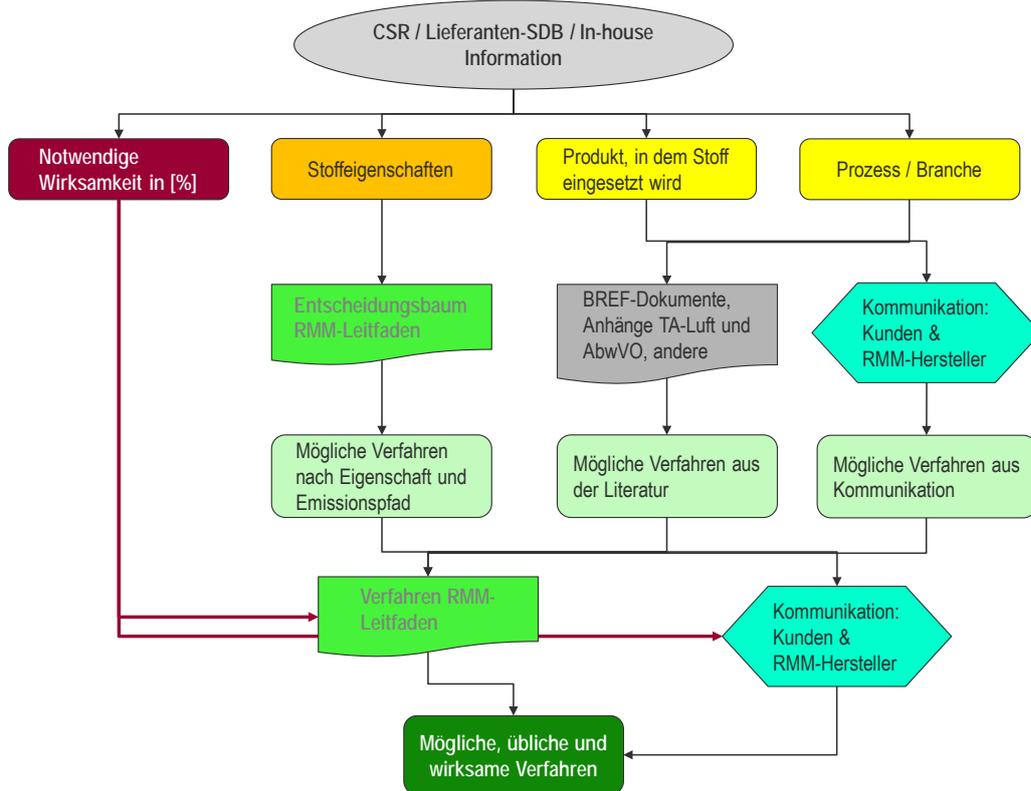
Zur Ermittlung möglicher, üblicher und wirksamer RMM für die Endanwender können unterschiedliche Ansätze und Informationsquellen gewählt werden.

Anhand der physikalisch-chemischen Eigenschaften des Stoffes, lassen sich in erster Näherung mögliche Verfahrensprinzipien für eine Vor- und ggf. Endbehandlung ableiten. Einen möglichen Ablauf stellt das Flussdiagramm in Abbildung 4 dar.

Für einige Branchen und/oder Prozesse gibt es BVT-Merkblätter der Europäischen Union, VDI-Richtlinien, DWA-Merkblätter und Anhänge zur Abwasserverordnung sowie ggf. andere Informationsquellen, in denen Informationen zu möglichen Behandlungstechniken vorhanden sind. Hier können weitere Informationen zu möglichen und üblichen Techniken zusammengetragen werden. Eine kurze Übersicht über einige zentrale Dokumente wird in Kapitel 6.4 gegeben. Eine weitere, wichtige Informationsquelle sind die eigenen Kunden und die Hersteller von RMM-Anlagen. Die Kunden können mindestens über ihre eigenen Anlagen Auskunft geben und ggf. einschätzen, ob die bei ihnen vorhandene RMM branchentypisch ist. Einige Hinweise zu Möglichkeiten der Kommunikation mit Kunden und Herstellern sind in Kapitel 6.5 enthalten.

Die folgende Abbildung zeigt diese ersten Schritte zur Ermittlung geeigneter RMM.

Abbildung 6: Flussdiagramm zur Ermittlung geeigneter RMM

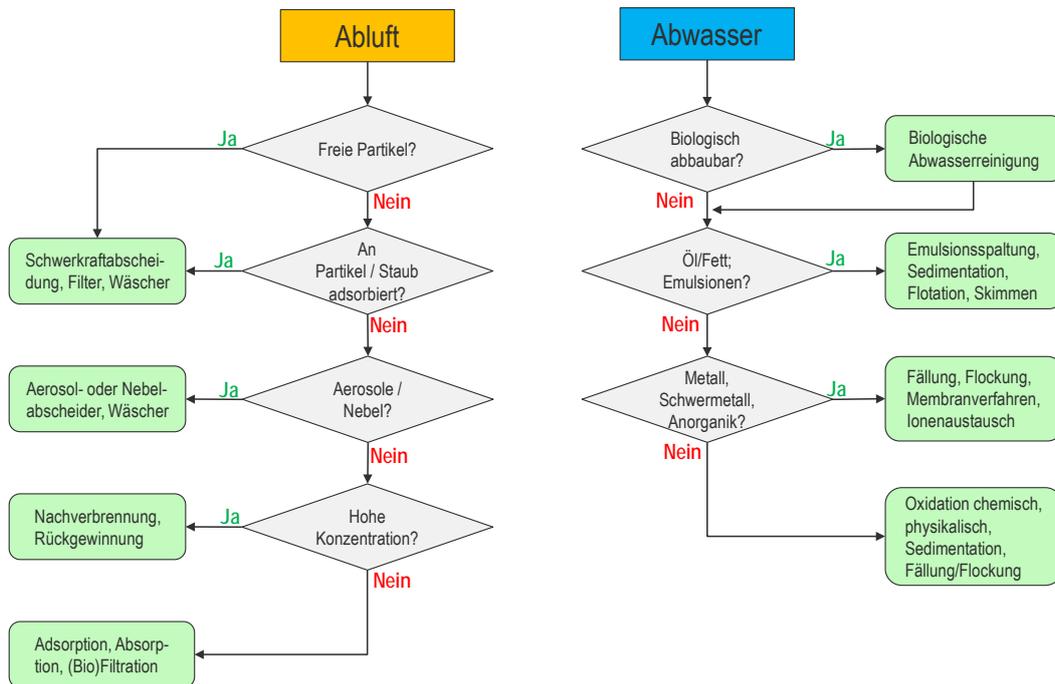


Basierend auf der Informationssammlung möglicher RMM-Verfahrensprinzipien ist zu prüfen, ob diese Verfahren für den konkreten Stoff (im Gemisch) wirksam sind oder nicht. Hierfür kann der Leitfaden (Kapitel 7) hilfreich sein. Möglicherweise liegen auch Informationen zur Wirksamkeit eines Verfahrens für einen Stoff beim Kunden vor oder können von einem RMM-Hersteller direkt oder indirekt erfragt werden.

6.2 Auswahl möglicher Verfahren anhand der Stoffeigenschaften

Eine Möglichkeit, die für einen Stoff prinzipiell wirksamen RMM-Verfahrensprinzipien zu ermitteln oder zu überprüfen, ist die Nutzung des in der Abbildung 5 dargestellten Entscheidungsbaums. Dieser Entscheidungsbaum ist relativ grob und soll lediglich eine erste Einordnung in Verfahrensprinzipien ermöglichen. Die unterschiedlichen Verfahrensprinzipien sind im BVT-Merkblatt für das Management und die Behandlung von Abwasser und Abgas (CWW) in der chemischen Industrie beschrieben, einschließlich ihrer Anwendungsgrenzen und Hinweisen, welche Arten von Stoffen durch die Verfahren gut behandelt werden können. Es ist allerdings unbedingt zu berücksichtigen, dass Abgas und Abwasser aus der chemischen Industrie anders zusammengesetzt und beschaffen ist, als in den Anwendungen der Chemikalien und daher eine direkte Übertragung der Verfahren NICHT möglich ist. Dennoch können die Hinweise auf die Verfahrensprinzipien hilfreich sein.

Abbildung 7: Entscheidungsbaum – mögliche, für den Stoff geeignete Verfahren



Im Anhang I (Kapitel 10) sind zentrale Informationen zu den RMM-Verfahrensprinzipien aus dem CWW-BVT unterteilt nach Vor- und Endbehandlungssystemen, jeweils für Abwasser und für Abgas zusammengestellt. Auch die Erfassungssysteme sind aufgeführt. Für jedes RMM-Verfahrensprinzip ist aufgeführt, für welche Stoffe es sich eignet, welche Grenzen der Anwendbarkeit bekannt sind und ob es im CWW-BVT Merkblatt Informationen zur Wirksamkeit der RMM in der chemischen Industrie für spezifische Stoffe gibt.

6.3 Auswahl von Verfahren basierend auf Anwendungsinformationen

Ein anderer Zugang zur Auswahl möglicher Verfahren sind die Informationen darüber, in welcher Branche bzw. in welchen Prozessen der Stoff / das Gemisch eingesetzt wird. Für die Anwenderbranchen gibt es unterschiedliche Informationsquellen, um die möglichen bzw. üblichen RMM-Verfahren zu ermitteln.

6.3.1 Spezifische Umweltemissionskategorien

Spezifische Umweltemissionskategorien (engl.: specific environmental release categories: spERCs) sind Beschreibungen von Verwendungen, die für die Emissionsabschätzung im Rahmen der Stoffsicherheitsbeurteilung genutzt werden können. Teilweise enthalten diese spERCs auch Informationen zu Risikomanagementmaßnahmen. Sind diese Maßnahmen im spERC-Datenblatt als „obligatorisch“ aufgeführt, heißt das, dass ihre Wirksamkeit bereits bei der Ermittlung der Emissionsfaktoren im spERC berücksichtigt worden ist. Diese RMM sind in jedem Fall im Stoffsicherheitsbericht (CSR) zu dokumentieren und in der Wertschöpfungskette zu kommunizieren.

Für den Fall, dass weitere RMM notwendig sind, um eine sichere Verwendung zu gewährleisten, kann geprüft werden, ob in den spERCs im Abschnitt „optional RMM“ Hinweise auf branchentypische Maßnahmen gegeben werden.

Im Anhang II des Leitfadens (Kapitel 11) ist aufgelistet, in welchen der bis dato veröffentlichten spERCs Informationen zu optionalen RMM enthalten sind und wie eine ggf. enthaltene Wirksamkeitsangabe abgeleitet wurde.

6.3.2 BVT-Merkblätter

Für verschiedene Anwenderbranchen bzw. Anwendungsprozesse gibt es Dokumente der Europäischen Kommission zu besten verfügbaren Techniken („BVT-Merkblätter“), in denen unter anderem beschrieben ist, welche Verfahren zur Abgas – und Abwasserreinigung üblicherweise vorhanden sind und welche davon als beste verfügbare Technik anzusehen sind.

RMM sind in eigenständigen Kapiteln („Techniken, die bei der BVT-Definition zu berücksichtigen sind“ – „Techniques to consider in the determination of BAT) benannt und teilweise auch beschrieben. In einigen BVT-Merkblättern sind Hinweise zu gemessenen oder berechneten Wirksamkeiten der RMM für Einzelstoffe enthalten. Diese Informationen sind allerdings selten und oft nur für sehr wenige Stoffe (z.B. Schwermetalle in der Abluft) angegeben.

Eine grobe Auswertung der BVT-Merkblätter, die sich auf Endanwenderbranchen und –Prozesse beziehen, bezüglich der dort erwähnten RMM-Verfahrensprinzipien für das Abgas und die Abluft ist im Anhang III (Kapitel 12) enthalten. Diese Auflistung kann genutzt werden, um zu prüfen, ob eine RMM in einer bestimmten Branche üblich ist, oder nicht.

6.4 Weiter Informationsquellen zu RMM

Aufgrund der Schwierigkeiten RMM-Wirksamkeiten für Stoffe abzuleiten, liegen hierzu kaum Daten bzw. Informationsquellen vor.

6.4.1 CEFIC RMM-Bibliothek

Der europäische Chemieverband CEFIC hat eine sogenannte Risikomanagementmaßnahmenbibliothek (RMM-library)³⁰ erstellt, in der auch in einigen Fällen Angaben zur Wirksamkeit gemacht werden; diese stammen allerdings überwiegend aus dem BVT-Merkblättern (besonders CWW-BVT) und sind relativ breit gefächert.

6.4.2 VDI-Richtlinien

Die Richtlinien des Verein Deutscher Ingenieure e.V. (VDI)³¹ beschreiben den Stand der Technik, unter anderem von industriellen Verfahren und Prozessen. Diese Richtlinien enthalten auch Informationen zu Umweltemissionen und deren Minderung. Teilweise werden für bestimmte Stoffgruppen erreichbare Endkonzentrationen und in sehr seltenen Fällen auch Wirksamkeiten in % angegeben. Die VDI-Richtlinien müssen käuflich erworben werden.

Es ist zu beachten, dass viele Informationen aus den VDI-Richtlinien in die BVT-Merkblätter eingeflossen sind bzw. einfließen.

6.4.3 DWA-Regelwerk

Das Regelwerk der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) besteht aus Arbeitsblättern und Merkblättern, in denen Verfahren nach dem Stand der Technik beschrieben werden. Auch die Dokumente aus dem DWA-Regelwerk sind nicht gratis verfügbar.

6.4.4 Anhänge der Abwasserverordnung

Die Abwasserverordnung (AbwVO) und ihre branchenspezifischen Anhänge beschreiben den in Deutschland vorgeschriebenen Stand der Technik für die Behandlung von Abwasser. Darüber hinaus gehende Anforderungen können von Genehmigungsbehörden vorgeschrieben werden, wenn dies zum Gewässerschutz notwendig ist.

³⁰ <http://www.cefic.org/Documents/IndustrySupport/REACH-Implementation/Guidance-and-Tools/Risk%20Management%20Measures%20%28RMM%29.xls>

³¹ <https://www.vdi.de/technik/richtlinien/>

Die Anhänge der AbwVO enthalten branchenspezifische Grenzwerte. Teilweise werden auch die Techniken beschrieben, die zu deren Erreichung möglich sind. Angaben zur Wirksamkeit der Techniken sind nicht enthalten.

6.4.5 Verordnungen zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)

Die Verordnungen zum Bundes-Immissionsschutzgesetz schreiben für mehrere Branchen Grenzwerte für Luftemissionen und definieren damit den für Deutschland verbindlichen Stand der Technik.

6.4.6 Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft

Die Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft („TA Luft“) ist eine Verwaltungsvorschrift, die sowohl allgemeine als auch branchenspezifische Grenzwerte für Luftemissionen benennt. Die TA Luft beschreibt den in Deutschland vorgeschriebenen Stand der Technik. Bei Anlagengenehmigungen können Behörden in begründeten Einzelfällen von den Vorgaben abweichen.

6.4.7 Sonstige Publikationen

In wenigen Fällen gibt es spezifische Untersuchungen z.B. der Eliminationsraten von Abwasserreinigungsanlagen, die in Fachzeitschriften oder Forschungsberichten publiziert worden sind. Diese Veröffentlichungen betreffen in der Regel neue Verfahren oder konkrete Stoffe, durch die im Abwasser oder in der Abluft Probleme beobachtet wurden. Eine entsprechende Recherche im Internet ist allerdings aufwändig und die Wahrscheinlichkeit, Informationen zu finden ist eher als gering einzuschätzen.

Für die Erfassung von Emissionen am Arbeitsplatz mittels unterschiedlicher Absauganlagen haben Fransman et.al eine Literaturschau gemacht und Wirksamkeiten in Bezug auf eine Expositionsminderung des Arbeitnehmers abgeleitet. Allerdings sind diese Daten nicht auf Stoffe oder Stoffgruppen bezogen. Beschreibungen von Maßnahmen, jedoch ohne Angaben von Wirksamkeiten finden sich z.B. in den Schutzleitfäden³² der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin und den Schriften der Berufsgenossenschaften³³.

6.4.8 Modelle

Für die Modellierung der Wirksamkeit der Abwasserendbehandlung mittels einer biologischen Kläranlage kann das in der Chemikalienregulierung verwendete Modell Simple Treat verwendet werden. Vielfach sind biologische Kläranlagen in Industriebetrieben an die Abwässer adaptiert und erzielen höhere Abbauraten für einen Stoff, als mittels Simple Treat modelliert wird. Weitere Modelle für andere Endbehandlungsmethoden von Abwasser und Abluft existieren derzeit nicht.³⁴

6.5 Kommunikation über RMM – Wirksamkeiten

Grundsätzlich ist es wünschenswert, dass ähnlich wie für die spERCs Informationen zu RMM und ihren möglichen Wirksamkeiten für bestimmte Stoffe / Stoffgruppen durch die Industrieverbände gesammelt und bereitgestellt werden. In Ermangelung solcher gesammelten Informationen, ist ein Weg entsprechende Hinweise zu bekommen die Kommunikation mit den Anwendern.

6.5.1 Endanwender, die RMM-Anlagen betreiben

Die (End)Anwender eines Stoffes verfügen ggf. über RMM-Anlagen und können über sie Auskunft geben. Für die Planung von Anlage werden in der Regel Rohgas bzw. Rohabwassermessungen durchgeführt. Nach dem Bau werden die die Reingas- bzw. Reinwasserwerte nach der Anlage bestimmt. In der Regel liegen Informationen für die Parameter vor, die im Genehmigungsbescheid reguliert werden. Dies sind teilweise

³² http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/EMKG/Schutzleitfaeden.html;jsessionid=9EA99305566F78B64F9D702D2296FA57.1_cid353

³³ Siehe zum Beispiel „Arbeitsplatzlüftung Entscheidungshilfen für die betriebliche Praxis“ <http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgi5121.pdf>

³⁴ Aufgrund der komplexen Abhängigkeiten der Wirksamkeit von RMM von unterschiedlichen Parametern ist derzeit unklar, ob weitere Modelle für andere Verfahrensprinzipien entwickelt werden können.

Summenparameter, deren Einzelstoffe vielfach nicht näher analysiert werden. Ob und für welche Parameter diese Messdaten tatsächlich vorliegen, könnte durch eine direkte Kommunikation in der Wertschöpfungskette ermittelt werden.

Soweit Messdaten für konkrete Einzelstoffe vorliegen, können diese in einem begrenzten Rahmen auf andere Stoffe übertragen werden, wenn ein „ähnliches Verhalten“ in der jeweiligen RMM-Stufe unterstellt werden kann und unter der Annahme, dass die RMM ähnlich gut funktioniert³⁵. Ein „ähnliches Verhalten“ kann bei Stoffen mit ähnlichen relevanten Eigenschaften unterstellt werden, insbesondere bzgl. der Mobilität (z.B. Flüchtigkeit, Wasserlöslichkeit) und/oder der Zusammensetzung.

Beispiel: Thermische Oxidation von Stoffen

Stoff	Wirksamkeit	Begründung	Zusammensetzung	Zerfallstemperatur
Summenparameter: organische Stoffe	98%	Messwerte aus Anlagenplanung und Bau	organisch	?
Stoff A	98%	Analogieschluss	organisch	300°C
Stoff B	20%	Expertenbewertung, worst case	Halogenorganisch	1000°C
Stoff C	--	Nicht anwendbar, da nicht organisch	Metalloxid	

Ggf. sollten mehrere Kunden befragt werden, um eine Einschätzung bezüglich der Repräsentativität der Informationen zu bekommen.

6.5.2 Hersteller von RMM-Anlagen

Die Hersteller von RMM-Anlagen verfügen über langjährige Erfahrungen bezüglich der Effektivität von Verfahren und können häufig eine grundsätzliche Einschätzung abgeben, ob ein bestimmtes RMM-Verfahrensprinzip für einen Stoff im Abwasser oder in der Abluft geeignet ist. Handelt es sich um Standardverfahren in einer Branche, können teilweise auch quantitative Angaben zur Effektivität des Verfahrens gemacht werden.³⁶

Entsprechende Informationen können entweder im direkten Kontakt oder durch einen Kunden, der eine Anlage betreibt, angefragt werden. Da die Informationen über die Wirksamkeit von RMM für bestimmte Stoffe sensible Geschäftsinformationen sein können, kann nicht grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass die RMM-Anlagenhersteller diese Daten ihrer bereits installierten Anlagen verfügbar machen.

6.6 Wenn keine Informationen verfügbar sind

Für den Fall, dass keine Informationen über die Wirksamkeit einer oder mehrere RMM-Stufen für einen bestimmten Stoff vorhanden sind, können Plausibilitätsbetrachtungen, logische Ableitungen oder Analogieschlüsse für andere Stoffe und/oder Verfahren etc. weitere Möglichkeiten sein, diese Informationen zu generieren. Diese Methode birgt viele Unsicherheiten, weshalb Annahmen und Rahmenbedingungen dokumentiert und Abschätzungen konservativ vorgenommen werden sollten.

Die Wirksamkeit eines Abwassererfassungssystems kann für nicht flüchtige Stoffe zum Beispiel relativ einfach abgeschätzt werden, da in den meisten Fällen die Abwasserquellen industrieller Prozesse direkt an ein Erfassungssystem angeschlossen sind und somit normalerweise keine Verluste auftreten. Ähnliches gilt für die Ablufterfassungen, die direkt an geschlossene Anlagen angeschlossen sind. Hier mindern normalerweise

³⁵ Wird die Extrapolation für dieselbe Anlage und lediglich einen anderen Stoff durchgeführt, sind diese Bedingungen konstant. Dennoch kann sich, je nach Verfahren, die Wirksamkeit selbst für einen ähnlichen Stoff signifikant unterscheiden.

³⁶ Allerdings betonen die Fachleute, dass die tatsächliche Reinigungsleistung einer RMM immer von den konkreten Bedingungen vor Ort abhängt und daher die Angabe von allgemeingültigen Mindestwirksamkeiten schwierig ist.

lediglich die Emissionen aus Reinigung und Wartung die Wirksamkeit. Außerdem können beim „An- und Abfahren“ der Anlage zunächst (Teile der) Anfangsemissionen nicht gefasst werden, die bei einer Wirksamkeitsberechnung ebenfalls zu berücksichtigen sind.³⁷ Die Bewertung von Ablufterfassungssystemen an halb-offenen und offenen Prozessen ist komplexer und erfordert mindestens auch die Betrachtung der Stoffeigenschaften, der Emissionscharakteristik, der Nähe zur Quelle etc.

Wirksamkeiten von Vorbehandlungsschritten können meist nicht allein anhand logischer Überlegungen abgeleitet werden, da hier die Wechselwirkungen der Stoffe mit anderen Stoffen in der Emission sowie die konkrete Technologie eine große Rolle für die Wirksamkeit spielen. Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass fast jeder Wirkungsgrad erreichbar ist, indem verschiedene Maßnahmen hintereinander geschaltet werden. Daher ist in erster Näherung die Auswahl einer (oder mehrerer) Verfahren zusammen mit der Angabe der notwendigen Wirksamkeit und der Verpflichtung des Endanwenders, die geforderte Wirksamkeit sicher zu stellen ein mögliches, arbeitsteiliges Vorgehen.

Bei einigen Endbehandlungsformen können mittels Plausibilitätsüberlegungen für bestimmte Stoffgruppen wiederum Annäherungen an die Wirksamkeiten gefunden werden; so kann z.B. bei Hochtemperatur-Verbrennungsprozessen in Hinblick auf organische Stoffe mit niedrigen Zerfallstemperaturen in erster Näherung eine Wirksamkeit von > 99% angenommen werden.

Die Plausibilitätsüberlegungen, die zu Annahmen von Effizienzwerten führen, sollten in jedem Fall transparent dokumentiert werden, um sie beim Vorliegen anderer, besser abgesicherter Erkenntnisse überprüfen und ggf. korrigieren zu können.

³⁷ Aus diesen Ausführungen wird deutlich, dass abluftseitig die realen technischen Erfassungsgrade selbst bei zunächst als geschlossen angesehene Anlagen jeweils unter 100% liegen.

7 Ableitung der Wirksamkeit einer RMM

REACH Artikel 14 (6) erfordert, dass Registranten „geeignete Maßnahmen zur angemessenen Beherrschung der bei einer Stoffsicherheitsbeurteilung festgestellten Risiken“ anwenden und sie ggf. den Kunden mit den Sicherheitsdatenblättern weiter kommunizieren. Die Risikomanagementmaßnahmen sind Bestandteil der im Stoffsicherheitsbericht erstellten Expositionsszenarien (Anhang I, Abschnitt 0.7).

In Kapitel 6 wurde beschrieben, wie grundsätzlich geeignete RMM-Verfahren für einen spezifischen Stoff in einer bestimmten Verwendung ausgewählt werden können. Die Wirksamkeit, die diese Maßnahme mindestens haben muss, wird in der Stoffsicherheitsbeurteilung ermittelt.

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie überprüft werden kann, ob die ausgewählte RMM die im CSA ermittelte Wirksamkeit prinzipiell erreichen kann. Da die konkrete Wirksamkeit einer RMM von vielen unterschiedlichen sich teilweise gegenseitig beeinflussenden Parametern abhängt, kann diese Prüfung allerdings lediglich die Eignung der ausgewählten RMM in Bezug auf die Verwendung bestätigen (wenn die Wirksamkeit als erreichbar ermittelt wird) oder widerlegen (wenn die Prüfung ergibt, dass die notwendige Wirksamkeit durch die Maßnahme nicht erreicht werden kann).

Wenn im CSR eine spezifische Umweltemissionskategorie (spERC)³⁸ genutzt wird, kann dieses Kapitel auch dazu dienen, die in den spERC – Datenblättern dokumentierten Annahmen zur Wirksamkeit für den konkreten Stoff zu überprüfen.

Hinweise für Formulierer

Wenn für unterschiedliche RMM-Vorgaben zu den Rohstoffen der Gemische vorliegen, kann der Leitfaden dazu genutzt werden zu prüfen, ob die eigenen RMM jeweils die notwendigen Wirksamkeiten erzielen.

Die Informationen für die Kunden sollten unverändert weiter gegeben werden, da die Endanwender für jeden Einzelstoff prüfen müssen, ob die RMM vor Ort für die Stoffe, für die Wirksamkeitsvorgaben vorliegen, ausreichend sind. Werden diese Informationen aggregiert / konsolidiert, so ist eine solche Überprüfung durch den nachgeschalteten Anwender nicht möglich. Eine Konsolidierung sollte nur dann erfolgen, wenn sichergestellt werden kann, dass die RMM in der Praxis für alle Stoffe die notwendige Wirksamkeit erreicht/erreichen.³⁹ In diesem Fall sollte auch geprüft werden, ob ein DU CSR notwendig ist (Prüfung z.B. anhand der einschlägigen Leitfäden der ECHA)⁴⁰.

³⁸ Engl. specific environmental release categories. SpERCs sind Emissionsmodelle, die von den Verbänden der nachgeschalteten Anwender zur Verwendung in der Registrierung bereitgestellt werden. Einige spERCs beinhalten obligatorische RMM mit oder ohne Angabe einer Wirksamkeit, die an die Anwender zu kommunizieren sind. Manche spERCs schlagen (zusätzliche) RMM vor, die in einer Iteration verwendet werden können. Auch hier sind nicht immer Wirksamkeiten angegeben. Viele spERCs enthalten keine Informationen zu RMM.

³⁹ Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass ein Formulierer nach REACH grundsätzlich die Informationen des Lieferanten weiterzugeben hat. Im Rahmen des Scaling können nachgeschaltete Anwender bestimmte Vorgaben der kommunizierten Verwendungsbedingungen anpassen. Verlässt ein Formulierer bei der Ermittlung und Weitergabe von Informationen zur sicheren Verwendungen den Rahmen des Scaling, so ist eine Stoffsicherheitsbeurteilung durch den nachgeschalteten Anwender (DU-CSR) notwendig, die eine eigenständige Ableitung des Risikoquotienten erfordert und eine eigenständige Ableitung der RMM-Wirksamkeit ermöglicht.

⁴⁰ Leitfaden für nachgeschaltete Anwender; verfügbar unter http://www.echa.europa.eu/documents/10162/13634/du_en.pdf; Kapitel 4.2.4 und ECHA Practical guide 13; verfügbar unter http://echa.europa.eu/documents/10162/13655/du_practical_guide_13_en.pdf.

Hinweise für Anwender von Stoffen und Gemischen

Wenn die Lieferanten Informationen zur sicheren Verwendung, einschließlich RMMs und einer notwendigen Wirksamkeit, mit dem Sicherheitsdatenblatt kommunizieren, ist zu überprüfen, ob diese vor Ort umgesetzt werden und ob die notwendige Wirksamkeit erreicht wird. Das Vorgehen im Leitfaden kann diese Prüfung unterstützen.

Die Ableitung der Gesamteffizienz einer RMM wird in 5 Schritte unterteilt. Im 6. Schritt wird die Information an die Kunden weitergegeben und im 7. Schritt wird das Vorgehen dokumentiert.

Schritt 1: Abgrenzung der Verwendung (Kapitel 7.1)

Erstellung einer zunächst von RMM unabhängigen Beschreibung des Prozesses und der möglichen Emissionsquellen. So wird ein Grundgerüst für die RMM-Betrachtung erarbeitet.

Ergebnis: Übersicht über alle möglichen Emissionsquellen im Prozess.

Schritt 2: Effizienz der Erfassung (Kapitel 7.2)

Für alle identifizierten Emissionsquellen wird beschrieben ob und wie sie an ein Erfassungssystem angeschlossen sind. So wird ermittelt welcher Anteil der primären Emissionen aus dem Prozess „diffus“ freigesetzt und welcher Anteil gefasst wird und damit einer weiteren Behandlung zugeführt werden kann.

Ergebnis: qualitative Beschreibung des Erfassungssystems und %-uale Angabe der Wirksamkeit für den betrachteten Stoff.

Schritt 3: Effizienz der Vorbehandlung (Kapitel 7.3)

Die Art und Funktionsweise der Vorbehandlung(en) werden beschrieben, wenn sie vorhanden ist. Faktoren, die die Wirksamkeit der Vorbehandlung beeinflussen werden identifiziert.

Ergebnis: Beschreibung des Vorbehandlungsschrittes und %-uale Angabe der Wirksamkeit für den betrachteten Stoff.

Schritt 4: Effizienz der Endbehandlung (Kapitel 7.4)

In diesem Schritt wird ermittelt, welche (ggf. vorhandenen Teilströme) der Emissionen aus der Vorbehandlung bzw. direkt aus dem Erfassungssystem in welche Art Endbehandlung überführt werden.

Ergebnis: Beschreibung der Endbehandlung(en) und ihrer Wirksamkeit(en) für den Stoff.

Schritt 5: Gesamteffizienz der RMM (Kapitel 7.5)

Im letzten Schritt werden die Wirksamkeiten aller vorhandener RMM-Stufen miteinander kombiniert und eine Gesamteffizienz bezogen auf die primäre Emission aus dem Prozess abgeleitet. Dies erfolgt mittels einer Stoffflussanalyse. Das Ergebnis ist die %-uale Wirksamkeit der Gesamt-RMM

Schritt 6: Übersetzung der RMM-Information für die Kunden (Kapitel 7.6)

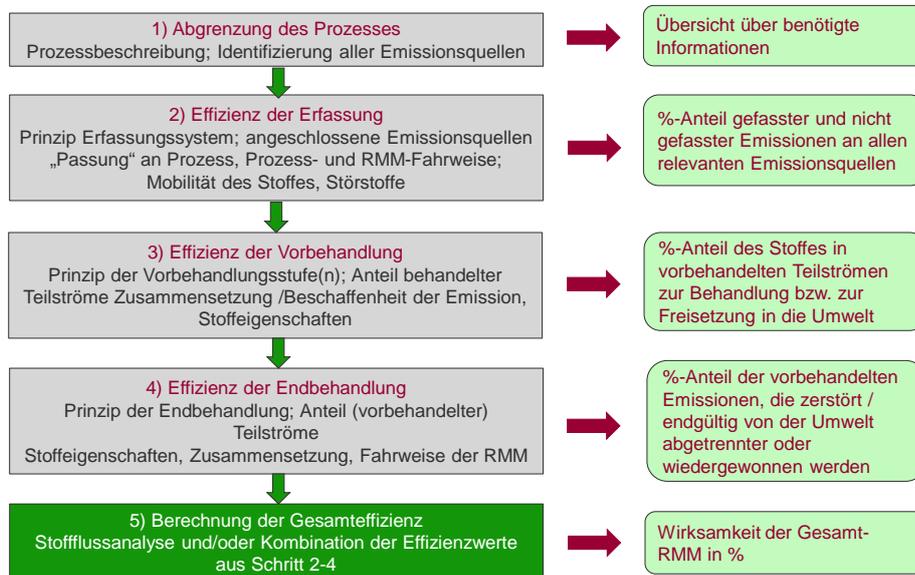
Die Informationen über die Auslegung der RMM müssen an die Kunden weitergegeben werden. Hierbei ist für Registranten das Expositionsszenarium als Format vorgegeben. Formulierer können auch andere Formen der Informationsübermittlung mit dem Sicherheitsdatenblatt wählen.

Schritt 7: Dokumentation der Ableitung der RMM-Wirksamkeit (Kapitel 7.7)

Die Ableitung der RMM-Wirksamkeit sollte dokumentiert werden. Registranten sollten diese Dokumentation mit dem CSR bei der ECHA einreichen. Formulierer können die Dokumentation als Teil des DU CSRs erstellen, falls ein solcher erforderlich ist, oder für etwaige Überprüfungen der Sicherheitsdatenblätter archivieren. Beide Akteure sollten die Informationen auch dazu nutzen, um Rückfragen der Kunden schnell und konkret beantworten zu können.

Die ersten fünf Schritte zur Ableitung einer RMM und ihrer Wirksamkeit sind in Abbildung 6 dargestellt.

Abbildung 8: 5 Schritte zur Beschreibung von RMM und der Ermittlung ihrer Effizienz



7.1 Schritt 1: Abgrenzung der Verwendung

Die Verwendung wird bereits in der Registrierung bzw. dem CSR beschrieben. Für die Ableitung einer RMM kann es jedoch hilfreich sein, die Prozessschritte der Verwendung weiter zu konkretisieren, als das z.B. in den spERCs der Fall ist, insbesondere, um die wichtigsten Emissionsquellen zu charakterisieren und die „Wege der Emissionen“ durch die RMM-Stufen gedanklich zu verfolgen zu können.

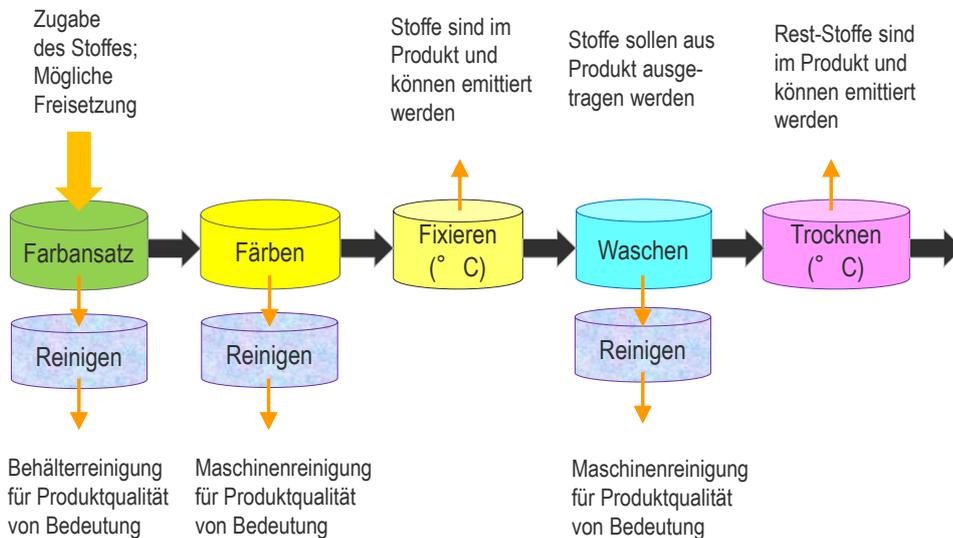
Hierzu können die im Folgenden vorgeschlagenen Aspekte beschrieben, oder aus einer vorhandenen Beschreibung, z.B. einem spERC, entnommen werden. Es kann auch hilfreich sein, ein Prozessschema zu erstellen, um eine bessere Übersicht darüber zu bekommen, welche Emissionen zu behandeln sind und wo sie entstehen. Ggf. können für diesen Schritt zentrale Kunden eingebunden oder Informationen aus BVT-Dokumenten (s. Kapitel 6.3.2) recherchiert werden.

Hinweise für nachgeschaltete Anwender

Für die Prüfung, ob die eigene Verwendung vom Lieferanten abgedeckt ist, sollte die mit dem Sicherheitsdatenblatt erhaltene Beschreibung der Verwendung mit der betrieblichen Praxis übereinstimmen. Sollten keine Messdaten über die Gesamtwirksamkeit der RMM (Messung in Rohgas/-wasser und Abluft / Abwasser nach der RMM) vorhanden sein kann der im Leitfaden beschriebene Prozess zur Ermittlung der Wirksamkeit der eigenen RMM hilfreich sein.

Die Verwendung, für die eine RMM ermitteln werden soll, sollte mit allen Prozessschritten, die für den Einsatz des betrachteten Stoffes relevant sind, beschrieben werden. Abbildung 7 zeigt beispielhaft ein Prozessschema für einen Färbeprozess in der Textilindustrie.

Abbildung 9: Prozessschema Textilfärben inkl. Begründung für die Mitbetrachtung von Teil- und Nebenprozessen



Ein Prozessschritt ist z.B. „relevant“, wenn der Stoff als solcher oder in einem Gemisch darin eingesetzt wird („Zugabe“ zur Verwendung) oder der Stoff aus dem Prozessschritt in Luft, Wasser oder Boden freigesetzt wird. Bei der Entscheidung, ob Nebenprozesse einer Verwendung zugeordnet und damit berücksichtigt werden oder nicht, kann das „einwandfreie Funktionieren des Gesamtprozesses“ bzw. die Erreichung eines qualitativ hochwertigen Endproduktes ein gutes Kriterium sein. Ist dies nicht der Fall, können Neben-, Wartungs- oder Reinigungsprozesse auch separat bewertet oder ggf. auch vernachlässigt werden⁴¹.

Zur Orientierung, an welchen Emissionsquellen hohe und an welchen nur (sehr) geringe Mengen des eingesetzten Stoffes emittiert werden, sind Stoffflussanalysen bzw. Materialbilanzen hilfreich. Diese können auch die Identifizierung von Emissionsquellen an denen eine Erfassung für eine hohe RMM-Effizienz sinnvoll ist (s. Kapitel 7.5), unterstützen.

Zur strukturierten Informationszusammenstellung kann Tabelle 1 genutzt werden. In der ersten Spalte der Tabelle steht eine Frage in Bezug auf den Prozess, in der zweiten Spalte wird begründet, warum diese Information zur Ermittlung der RMM-Effizienz wichtig ist. Wird die Tabelle zur Dokumentation genutzt, sollten die Erläuterungen gelöscht und dort die jeweiligen Antworten in Hinblick auf den Stoff oder die Stoffe im Gemisch eingetragen werden.

Tabelle 5: Informationen über relevante Anwendungsbedingungen

Frage	Begründung, warum Frage für die Ermittlung der RMM-Effizienz wichtig ist
Allgemeine Beschreibung der Prozessschritte (z.B. Übersichtsschema)	Strukturierung Die Beschreibung aller Prozessschritte bildet das „Gerüst“ zur systematischen Ermittlung möglicher Emissionsquellen

⁴¹ Wenn aus diesen Prozessen Emissionen auftreten können, sollten sie in jedem Fall bewertet werden. Ob die separate Bewertung anhand eines dann eigenständigen Expositionsszenariums oder eine integrierte Bewertung zusammen mit dem Hauptprozess effizienter ist, sollte fallweise entschieden werden. In jedem Fall sollten sämtliche Emissionen aus einer Verwendung in die Risikobetrachtung einfließen.

Frage	Begründung, warum Frage für die Ermittlung der RMM-Effizienz wichtig ist
Welche maximalen Verarbeitungstemperaturen/-drücke können auftreten?	Luftemissionen Hinweis, ob Luftemissionen (besonders) relevant sind. Je höher die Prozesstemperaturen und -Drücke, desto höher die Wahrscheinlichkeit für und der Anteil an Emissionen in die Luft.
In welchen Prozessschritten können Luftemissionen auftreten?	Auslegung der Ablufterfassung Identifizierung von Orten / Anlagenteilen, an / aus denen bei den Prozessbedingungen flüchtige Stoffe „verdunsten“. Beschreibung welche Anteile der Abluft gefasst werden.
Sind die Anlagen, in denen Luftemissionen auftreten, weitgehend geschlossen?	Wirkungsgrad der Erfassungssysteme der Grad der Geschlossenheit der Anlage bestimmt den Wirkungsgrad der Abluftabsaugung bezogen auf die (durch Erwärmung) emittierten Stoffe.
Welche Beschaffenheit haben die Luftemissionen?	Kompatibilität der Emissionen mit Behandlungssystemen Prüfung, ob die Zusammensetzung oder Art der Emission (z B. Dämpfe) die grundsätzliche Eignung oder Effizienz einer RMM (-Stufe) beeinflusst
In welchen Prozessschritten können Abwässer entstehen, in denen die eingesetzten Chemikalien enthalten sind?	Auslegung der Abwasserfassung Systematische Prüfung in welchen Prozessschritten, einschließlich Nebenprozessen, Abwasser entsteht, das eingesetzte Stoffe enthalten könnte.
Welche Beschaffenheit haben die Abwasseremissionen?	Kompatibilität der Emissionen mit Behandlungssystemen Prüfung, ob die Zusammensetzung oder Art der Emission (z B. Gehalt an Trübstoffen) die grundsätzliche Eignung oder Effizienz einer RMM (-Stufe) beeinflusst
Wird der Prozesse kontinuierlich oder diskontinuierlich betrieben?	Auslegung der Behandlungsschritte Prüfung, ob die Kontinuität der Produktion Auswirkungen auf die RMM-Effizienz hat und wenn ja, welche

7.2 Schritt 2: Effizienz der Erfassung

Anhand der Prozessbeschreibung (ggf. Schema aus Schritt 1) ist zu prüfen, ob und wie Emissionen in die Abluft und das Abwasser an den einzelnen Quellen gefasst werden (sollten)⁴². Die Wirksamkeit der Erfassung an den einzelnen Emissionsquellen bzw. die einzelnen Teilströme der freigesetzten Stoffe, die jeweils gleichen Behandlungsschritten zugeführt werden sind zu ermitteln.

7.2.1 Abwasser

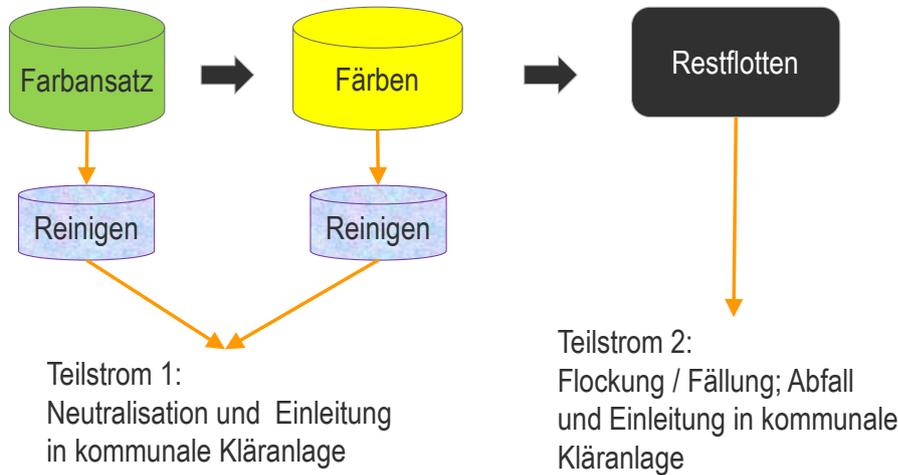
Grundsätzlich kann in den meisten Fällen davon ausgegangen werden, dass Prozessabwässer zu 100% erfasst werden. Nicht erfasste Anteile sind in der Regel lediglich durch Unfälle, Leckagen o.ä. verursacht, die unter REACH nicht als „normale Anwendungsbedingungen“ angesehen und entsprechend nicht berücksichtigt werden.

Bei Abwässern ist es üblich, dass nur bestimmte Teile einer Abwasserbehandlung unterzogen werden, während andere direkt in die Kläranlage eingeleitet werden. Für die Wirksamkeitsermittlung ist es wichtig, die Teilströme mit jeweils gleicher weiteren Behandlung zu ermitteln und zu dokumentieren. Abbildung 8 zeigt dies schematisch für das Abwasser aus den ersten Stufen des Textilfärbens.

⁴² Dieser Leitfaden ist analog auf Emissionen in den Boden anzuwenden, sollten diese in relevantem Maße vorliegen.

Abbildung 10: Ermittlung von Teilströmen bei der Abwassererfassung

Teilströme zu gleichen weiteren Behandlungsschritten
Können addiert werden, Teilströme, die unterschiedlich
weiter behandelt werden, werden getrennt ermittelt.



Für eine strukturierte Informationserhebung und –Zusammenstellung für die Abwassererfassung kann Tabelle 2 genutzt werden. In der ersten Spalte werden die zentralen Aspekte aufgeführt und in der zweiten Spalte wird die Bedeutung für die Wirksamkeitsermittlung erläutert. Die Spalte „Beschreibung“ führt auf, ob die Informationen qualitativ oder quantitativ sein sollten.

Tabelle 6: Beschreibung wasserseitiger Emissionserfassungssysteme

Frage	Bedeutung des Aspektes zur Wirksamkeitsermittlung	Beschreibung
Vollständigkeit der Erfassung; Teilströme mit unterschiedlicher weitere Behandlung	Qualitative Begründung für die Erfassungseffizienz. Teilströme sind Basis für die weitere Betrachtung (Eingangsmengen für Vor- und Endbehandlungsschritte)	Qualitativ
Prozesse kontinuierlich oder diskontinuierlich?	Explizite Betrachtung von Reinigungs- und Wartungsaktivitäten von Prozess oder der RMM bzgl. des Einflusses auf die Effizienz; ggf. Erzeugung von Teilströmen (s.o.)	Qualitativ; Reinigung & Wartung
Angabe möglicher, nicht gefasster Emissionsmengen	Begründung, warum sehr hoher Erfassungsgrad angemessen ist.	Qualitativ
Anteil des Abwassers welches emittiert, gefasst und einer Endbehandlung zugeführt wird	Angabe, welche Abwasserteilströme entstehen und welchen Anteil des Stoffes sie enthalten; Eingangsgröße für weitere Betrachtung	Quantitative Aufteilung in Teilströme
Welche Parameter / Stoffe können die Erfassung stören?	Identifizierung der Angemessenheit des Erfassungssystems bzw. von Unverträglichkeiten	Qualitativ

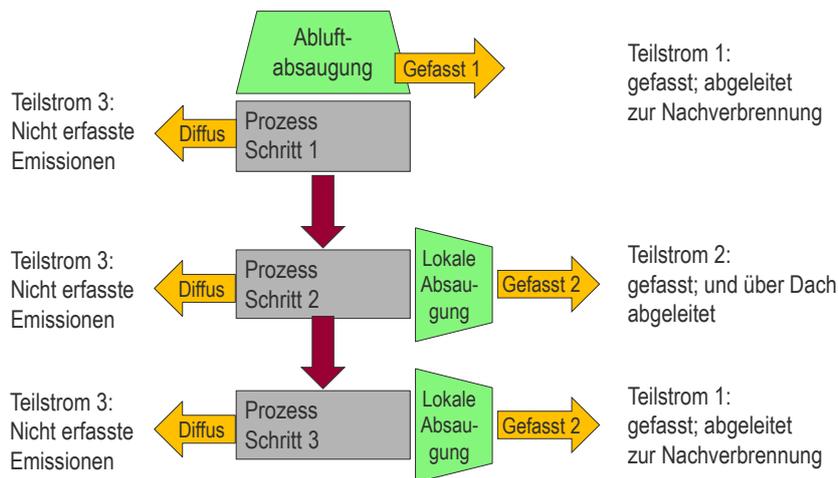
7.2.2 Abluft

In den meisten Fällen gibt es eine Abluftabsaugungsanlage, die verschiedene Anschlussstellen am Prozess hat und die Abluft gesammelt einer gemeinsamen (Vor- oder End-)Behandlung zuführt. Emissionen, die

nicht erfasst werden, werden als „diffus“ bezeichnet. Emissionen, die zwar abgesaugt, aber nicht behandelt werden (Ableitung „über Dach“) gelten auch als gefasst. Die folgende Abbildung zeigt diese Fälle schematisch.

Abbildung 11: Ermittlung der Wirksamkeit der Ablufterfassung

Gefasste Emissionen mit unterschiedlicher (oder ohne) weitere Behandlung sind separat zu ermitteln.



Orientierungswerte für die Effizienz verschiedener Typen von Ablufterfassungssystemen sind in Kapitel 0, Tabelle 9 aufgeführt. Weitere Möglichkeiten, die Wirksamkeit von Ablufterfassungsanlagen zu ermitteln sind Messungen im Abluftstrom (Stoffkonzentration und Volumenstrom im Verhältnis zur Einsatzmenge) oder die „Abschätzung“ durch Experten. Zur Ermittlung der Wirksamkeit von Ablufterfassungssystemen können auch Informationen aus dem Arbeitsschutz, z.B. der Gefährdungsbeurteilung am Arbeitsplatz genutzt werden. Zudem können die Kunden nach diesen Informationen gefragt werden und über die Kunden ggf. die Hersteller der Abluftabsaugungsanlagen.

Für eine strukturierte Informationserhebung und –Zusammenstellung, kann Tabelle 3 genutzt werden.

Tabelle 7: Beschreibung luftseitiger Emissionserfassungssysteme

Parameter	Bedeutung des Aspekts zur Wirksamkeitsermittlung	Beschreibung
Anschlussstellen an die Abluftabsaugung	Anschlussgrad an Emissionsquellen; logische Ableitung der Gesamterfassung	Qualitativ
Anschluss an Prozess: Geschlossenheit, Nähe zur Quelle, Art der Absaugung	Plausibilitätsprüfung; je dichter der Anschluss & je höher der Luftstrom, desto größer der Anteil der gefassten Emissionen	Qualitativ
Kontinuität des Betriebs	Diskontinuierliche Fahrweise resultiert oft in niedrigerer Wirksamkeit	Qualitativ
Anteil der diffusen Emissionen (nicht abgesaugt)	In der Regel transparente Abschätzung basierend auf Prozess- und Stoffkenntnis	Quantitativ; diffuse Emissionen
Anteil der gefassten Emission	Wirksamkeit als Anteil der Primäremission, der erfasst wird (%)	Quantitativ
Welche Parameter / Stoffe können Erfassung stören?	Identifizierung der Angemessenheit des Erfassungssystems bzw. von Unverträglichkeiten	Qualitativ

7.2.3 Berechnung der Wirksamkeit(en) des Erfassungssystems

Die Ermittlung und Kommunikation der Gesamtwirksamkeit des Erfassungssystems ist in der Regel nur für die Abluft sinnvoll, da für das Abwasser zumeist eine Annahme ca. 100% angemessen ist (wobei hier die Aufteilung (des Stoffes) in Teilströme, die unterschiedlich behandelt werden zu beachten ist). Die Gesamtwirksamkeit berechnet sich aus dem Quotienten der Summe der gefassten Emissionen und der Summe der Primäremission aus den Prozessschritten.

Formel 1: Berechnung der Gesamtwirksamkeit der Erfassung bei mehreren Emissionsquellen

Primäremission in die Luft = $F_{\text{Luft,primär}} [\text{kg}] = F_{Q1} + F_{Q2} + F_{Q3}$

Erfassungsgrad an einer Emissionsquellen $\text{Erf}_{Q,i} [\%] = \text{separat ermittelt (z.B. Tabelle 3)}$

Gefasste Emissionen = $F_{\text{Luft,gefasst}} [\text{kg}] = F_{Q1} [\text{kg}] * \text{Erf}_{Q1} [\%] + F_{Q2} [\text{kg}] * \text{Erf}_{Q2} [\%] + F_{Q3} [\text{kg}] * \text{Erf}_{Q3} [\%]$

Gesamtwirksamkeit = $\text{RMM}_{\text{Eff}} = E_{\text{Luft,gefasst}} / F_{\text{Luft,primär}}$

Beispiel:

Quelle	Primäremission (kg)	Erfassungsgrad (%)	Gefasst (kg)	Diffus (kg)
1	15	75	11,25	3,75
2	23	20	4,6	18,4
3	7	90	6,3	0,7

Gesamtwirksamkeit

$\text{RMM}_{\text{Eff}} = E_{\text{Luft,gefasst}} / F_{\text{Luft,primär}} = (11,25+4,6+6,3) / (15+23+7) = 22,15 / 45 = \mathbf{67,15\%}$

Die Wirksamkeit der Erfassung an den einzelnen Emissionsquellen ist, z.B. anhand der Orientierungswerte aus Kapiteln 10.1 und 0, zu ermitteln.

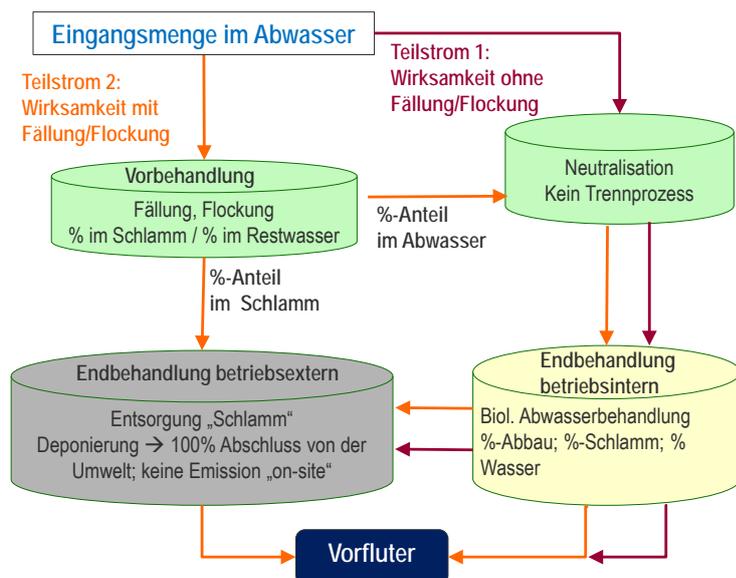
7.3 Schritt 3: Effizienz der Vorbehandlung

Unter einer Vorbehandlung werden alle Trenn-, Konzentrations- oder anderen Behandlungsprozesse verstanden, die dazu dienen eine Emission so zu verändern, dass sie in optimierter Form einer Endbehandlung zugeführt werden kann. Eine Zerstörung von Stoffen findet nicht beabsichtigt statt. RMM-Stufen zur Vorbehandlung können die Emission für weitere Behandlungsschritte vorbereiten und damit die Wirksamkeit der folgenden Schritte steigern (z.B. Neutralisation, Filtration). Sie können zudem einer Abtrennung oder Konzentration von Schadstoffen und Chemikalien in einem Medium zum Ziel haben (z.B. Fällung, Elektrofilter, Fettabscheidung). Die Effizienz der Vorbehandlung ist ein Maß für die Wirksamkeit, mit der Stoffe in die Phase / das Medium überführt werden, die entweder betrieblich endbehandelt, oder als Abfall entsorgt wird.

In diesem Schritt ist zu prüfen ob und für welche der gefassten (Teil-) Emissionsströme eine Vorbehandlung durchgeführt wird / werden sollte. Hierbei ist auch zu prüfen, ob die in der Vorbehandlung erzeugten (Teil-) Emissionsströme in Endbehandlungen geleitet werden, die für den betrachteten Stoff unterschiedlich effizient sind. Wenn die Endbehandlung jeweils ähnlich effizient ist, so ist eine separate Betrachtung der Vorbehandlung nicht unbedingt notwendig, da sie nur einen geringen Einfluss auf die Wirksamkeit der Gesamtwirksamkeit hätte.

Abbildung 10 illustriert eine Betrachtung von zwei Vorbehandlungsprozessen. Da die Neutralisation zu keiner Trennung von Stoffströmen führt, ist hier keine Ermittlung der Wirksamkeit notwendig. Die Wirksamkeit der kommunalen Kläranlage (biologische Abwasserbehandlung) wird für die RMM-Wirksamkeit nicht berücksichtigt, da Maßnahme nicht betriebsintern ist. Für die Ableitung der Umweltexposition im Stoffsicherheitsbericht wird die Kläranlage jedoch berücksichtigt.

Abbildung 12: Beispiel für die Relevanzbetrachtung der Emissionsvorbehandlung



Die Informationen zur Wirksamkeitsbeschreibung der Vorbehandlung für die Abluft können in Tabelle 4 dokumentiert werden. In der ersten Spalte wird eine Frage zur Vorbehandlungsstufe gestellt, in der zweiten Spalte wird erläutert, warum sie für die Wirksamkeitsermittlung relevant ist. In der letzten Spalte wird angegeben, ob die Information eher qualitativ ist, oder ob Quantifizierungen erwartet werden. Für Dokumentationszwecke ist der Inhalt der zweiten Spalte zu löschen, damit hier die konkreten Antworten eingetragen werden können. Die letzte Spalte kann für Kommentare genutzt werden.

7.3.1 Abluft

Zur Ermittlung möglicher Wirksamkeiten von Vorbehandlungssystemen, können Kunden oder Hersteller von RMM-Anlagen kontaktiert werden (z.B. Messwerte, Abluftgrenzwerte, Experteneinschätzungen). Informationen aus dem BVT-Merkblatt der chemischen Industrie mit Informationen zur Wirksamkeit der Maßnahmen in der chemischen Industrie sind in Kapitel 10.4 in der letzten Spalte der Tabelle 11 zusammengestellt. Diese Werte sind nicht direkt auf die Anwenderbranchen übertragbar, können aber als Orientierungswerte dienen. Zudem geben die Anwendungsgrenzen in Tabelle 11 Hilfestellung zur Eignung und störende Faktoren.

Tabelle 8: Beschreibung luftseitiger Vorbehandlungssysteme

Frage	Bedeutung des Aspektes zur Wirksamkeitsermittlung	Beschreibung
Informationen zur Funktionsweise	Unterstützt die logische Ableitung von Effizienzen bzw. kann der Plausibilitätsprüfung dienen	Qualitativ
Für welche Art von Stoffen wird die Maßnahme hauptsächlich verwendet?	Hilfestellung für qualitative Überlegungen zur Wirksamkeit	Qualitativ
Welcher Anteil des emittierten Stoffs wird in andere Phasen (Abwasser o. Abfall) überführt?	Überführung in Wasser: Prüfung der Berücksichtigung des Emissionsstroms im Abwasser Überführung in Abfall: Prüfung der Entsorgungswege (betriebliche und/oder außerbetrieblich)	Quantitativ
Werden Stoffe durch die Vorbehandlung zerstört (gewollt oder ungewollt)?	Ggf. „beiläufig“ stattfindende Endbehandlung kann der Wirksamkeit der Endbehandlung zugschlagen werden	Qualitativ; wenn ja: quantitativ

Frage	Bedeutung des Aspektes zur Wirksamkeitsermittlung	Beschreibung
Welche Stoffe / Parameter können die Vorbehandlung stören?	Ermittlung von Stoffen / Faktoren, die die Wirksamkeit reduzieren	Qualitativ

7.3.2 Abwasser

Zur strukturierten Informationserhebung zur Ermittlung der Wirksamkeit der Vorbehandlung für das Abwasser kann Tabelle 5 genutzt werden. In Tabelle 10 finden sich Anhaltspunkte zur RMM-Wirksamkeit aus der chemischen Industrie und Parameter die die Wirksamkeit beeinflussen.

Tabelle 9: Beschreibung wasserseitiger Vorbehandlungssysteme

Frage	Bedeutung des Aspektes zur Wirksamkeitsermittlung	Beschreibung
Wie funktioniert das Trennverfahren?	Unterstützt die logische Ableitung von Effizienzen bzw. kann der Plausibilitätsprüfung dienen	Qualitativ
Für welche Art von Stoffen wird die Maßnahme hauptsächlich verwendet?	Hilfestellung für qualitative Überlegungen zur Wirksamkeit	Qualitativ
Welcher Anteil des Stoffs wird aus dem Wasser in andere Pfade (Abluft o. Abfall) überführt?	Überführung in Luft: Prüfung ob Emission gefasst und endbehandelt wird Überführung in Abfall: Prüfung der Entsorgungswege (betriebliche und/oder außerbetrieblich)	Quantitativ
Werden Stoffe durch die Vorbehandlung zerstört (gewollt oder ungewollt)?	Ggf. „beiläufig“ stattfindende Endbehandlung kann der Wirksamkeit der Endbehandlung zugschlagen werden	Qualitativ; wenn ja: quantitativ
Welche Stoffe / Faktoren können die Vorbehandlung stören und wie?	Ermittlung von Stoffen / Faktoren, die die Wirksamkeit reduzieren	Qualitativ

7.3.3 Berechnung der Wirksamkeit(en) der Vorbehandlung

Die separate Ermittlung einer „Gesamteffizienz der Vorbehandlung“ ist weder notwendig noch sinnvoll, da die Vorbehandlung als Schritt zwischen Erfassung und Endbehandlung nicht als „Gesamtstufe“ dokumentiert oder kommuniziert wird. Vielmehr ist es von Bedeutung, die spezifischen Wirksamkeiten der Verteilung der Stoffe auf die jeweiligen Teilströme und damit in die weiteren Behandlungsschritte zu beschreiben.

Werden die durch die Vorbehandlung erzeugten (Teil-)Emissionsströme⁴³ in Endbehandlungen überführt, die für den Stoff gleich wirksam sind, braucht die „Verteilungseffizienz“ nicht ermittelt werden. Werden die verschiedenen (Teil-)Emissionsströme Endbehandlungen mit einer unterschiedlichen Wirksamkeit für den Stoff zugeführt, so ist dies bei der Ermittlung der Gesamteffizienz der RMM zu berücksichtigen.

Betrachtungen zur Wirksamkeit der Vorbehandlung

Die Vorbehandlung eines Abwassers kann zu einer Verteilung des Stoffes in Schlamm, Abwasser und Luft führen. Die Faktoren können z.B. anhand der Verteilungskoeffizienten LogKow und LogKoc abgeschätzt werden.

Beispiel

⁴³ Faktisch handelt es sich bei Vorbehandlungsschritten im Sinne des verwendeten Konzeptes jeweils um Trenn-/Aufteilungsprozesse.

Betrachtungen zur Wirksamkeit der Vorbehandlung

Teilströme Überlegungen zur RMM-Stufe	Teilstrom 1 (Flockung)	Teilstrom 2 (Filtration)
Menge aus Erfassung (kg)	88	12
Verteilung in Wasser (%)	12	5
Verteilung in Schlamm (%)	85	92
Verteilung in die Luft	3	3
Menge Wasser	10,56 --> externe Kläranlage	0,6 --> Direkteinleitung
Menge Schlamm	74,8 --> externe Entsorgung	11,04 --> interne Verwertung
Menge Luft	2,64 --> freigesetzt	0,36 --> freigesetzt

Die Teilströme 1 und 2 werden getrennt betrachtet, da die Technologien unterschiedlich sind und die weitere Endbehandlung mit unterschiedlicher Wirksamkeit geschieht

Wird ein Stoff in der Vorbehandlung zurückgewonnen und als Einsatzstoff neu eingesetzt, so gelten diese Mengen als „nicht freigesetzt“, bzw. gemindert, da ein neuer Lebenszyklus beginnt.

7.4 Schritt 4: Effizienz der (betrieblichen) Endbehandlung

Die Endbehandlung dient der tatsächlichen Emissionsminderung entweder durch eine Zerstörung (thermisch, biologisch etc.) oder einer endgültigen Abtrennung der Stoffe von der Umwelt (Deponierung, Fixierung z. B. in Wasserbausteinen etc.). Die Effizienz der Endbehandlung gibt an, welcher Anteil der Stoffmenge, durch die Endbehandlung nicht in die Umwelt freigesetzt wird.

Die Wirksamkeit der 3. RMM-Stufe kann anhand der folgenden Tabelle beschrieben werden. Wie in den Tabellen zuvor enthält die erste Spalte Fragen, die zweite Erläuterungen und die dritte ein Hinweis darauf, ob die Antworten qualitativ oder quantitativ sein sollten. Die Tabelle sollte für jede Endbehandlungsanlage separat ausgefüllt werden.

Informationen zur Wirksamkeit der Endbehandlungstechniken kann zum Beispiel in der Wertschöpfungskette erfragt werden. Eine Mindestwirksamkeit eines biologischen Abbaus im Abwasser könnte auch mit dem Modell SimpleTreat ermittelt werden, wobei industrielle biologische Kläranlagen durch die Adaptierung des Schlammes in der Regel höherer Effizienzen erreichen können. Anhaltspunkte zu den Wirksamkeiten der Techniken aus der chemischen Industrie werden in Tabelle 12 und Tabelle 13 gegeben. Auch hier sei darauf hingewiesen, dass diese Werte nicht direkt auf die Anwenderbranchen übertragen werden können, sondern lediglich Anhaltspunkte bieten.

Tabelle 10: Beschreibung von Endbehandlungsanlagen

Parameter	Bedeutung des Aspektes zur Wirksamkeitsermittlung	Beschreibung
Nach welchem Funktionsprinzip wird die Freisetzung verhindert?	Unterstützt die logische Ableitung von Effizienzen bzw. kann der Plausibilitätsprüfung dienen	Qualitativ
Welcher Anteil der Emission wird zerstört?	Es ist plausibel in erster Näherung anzunehmen dass der jeweilige Stoff mit einer ähnlichen Wirksamkeit zerstört wird wie andere Stoffe der gleichen Stoffgruppe (dies betrifft z.B. die Zerstörung organischer Stoffe in einer Hochtemperaturverbrennung)	Quantitativ
Welcher Anteil der Emission wird zerstört oder endgültig aus der Umwelt abgetrennt (z.B. Deponie)?	Ein Endbehandlungssystem kann unvollständig sein bzw. für unterschiedliche Stoffe verschiedene Wege ermöglichen.	Quantitativ

Parameter	Bedeutung des Aspektes zur Wirksamkeitsermittlung	Beschreibung
Welcher Anteil der Emission wird in die Umwelt freigesetzt?	Auch aus der Endbehandlung kann es Restemissionen geben. Die Höhe ergibt sich aus der Differenz der zerstörten und abgetrennten Anteile zu 100%.	Quantitativ
Welche Bedingungen / Stoffe begünstigen oder stören die Funktionsweise?	Berücksichtigung von Parametern, die den Wirkungsgrad der Endbehandlung beeinflussen	Qualitativ

Die Ermittlung einer „Gesamteffizienz der Endbehandlung“ zur Aggregation unterschiedlicher Maßnahmen der 3. RMM-Stufe ist nicht hilfreich, da die Wirksamkeiten separat dokumentiert und kommuniziert werden sollten, damit die Ableitung nachvollziehbar und die Vorgaben von den nachgeschalteten Anwender umsetzbar sind. Die Endbehandlung kann (extern oder betrieblich) zu einer vollständigen Zerstörung des Stoffes führen, oder in einer, in der Regel extern durchgeführten, endgültigen Abtrennung von der Umwelt bestehen (Deponierung).

Wird ein Stoff in der Endbehandlung zurückgewonnen und als Einsatzstoff neu eingesetzt, so gelten diese Mengen als „nicht freigesetzt“, bzw. gemindert, da ein neuer Lebenszyklus beginnt.

Betrachtungen zur Wirksamkeit der Endbehandlung

Die Endbehandlung eines Abluftstroms durch eine katalytische Nachverbrennung führt zu einer Restemission in die Abluft (nicht zerstörter Anteil).

Beispiel

17,3 kg eines organischen Stoffes werden aus der Ablufterfassung in eine Nachverbrennung eingeleitet. Die Wirksamkeit der Nachverbrennung beträgt 99,85% für den Stoff. Es werden 0,15% in die Luft emittiert (Restemission), Abfall entsteht nicht.

17,27 kg des Stoffes werden als gemindert angesehen und 0,03 kg als in die Luft freigesetzt.

7.5 Schritt 5: Gesamteffizienz der RMM

Die Gesamtwirksamkeit einer RMM kann anhand einer Stoffflussanalyse für die Emissionen transparent ermittelt und dokumentiert werden. Hierbei werden für jede RMM-Stufe die Eingangsmengen des Stoffes ermittelt (primäre Emission oder Mengen aus der vorherigen RMM-Stufe) sowie eine nach Emissionspfad und weiterem Behandlungsschritt aufgeteilte „Ausgangsmenge“.

Prinzip der Stoffflussanalyse durch die Stufen einer RMM

RMM Stufe	Eingangsmenge ermittelt aus	RMM	Aufteilung in	Nächster Schritt
Erfassung	Primäre Emission an den Emissionsquellen	Keine/(Teil-) Erfassung	Diffuse Emissionen	Emission in die Umwelt
		Erfassung	Von der RMM gefasste Emissionen	Eingangsmenge (von Teilströmen) für die Vorbehandlung
Vorbehandlung	Gefasste Menge, ggf. Teilströme	Keine Vorbehandlung	Keine Auftrennung	Eingangsmenge für Endbehandlung
		Vorbehandlung	Abwasser, Abluft, Schlamm, Abfall	Teilströme als Eingangsmengen für Endbehandlung Teilströme zur Emission in die Umwelt
Endbehandlung	Mengen (in Teilströmen) aus der Vorbehandlung	Intern: Zerstörung	Zerstört, ggf. Abfall / Abwasser und Abluft	Nicht zerstörter Anteil: Eingangsmengen weitere Endbehandlung oder Emission
		Extern: Abfall	Nicht relevant, da keine quantitative Betrachtung	Betrachtung als 100% gemindert
		Extern: Kläranlage	Keine weitere Aufteilung	Betrachtung als 100% freigesetzt

Es empfiehlt sich die Stoffflussanalyse in einem Tabellenkalkulationsprogramm zu erstellen und so zu gestalten, dass die Werte für die Erfassungsgrade sowie die Wirksamkeiten der einzelnen RMM-Stufen veränderbar sind. So können die Annahmen später leicht geändert und die Vorgaben zum Risikomanagement ggf. optimiert werden.

Die Wirksamkeit der Gesamt-RMM ermittelt sich aus der primär emittierten Stoffmenge in den Emissionspfad Luft oder Wasser und der Stoffmenge, die jeweils betriebsintern zerstört oder betriebsextern als Abfall entsorgt wird.

Formel 2: Ermittlung der Gesamtwirksamkeit einer RMM

Die Wirksamkeit der Gesamt-RMM entspricht dem Quotienten aus der geminderten Emissionsmenge und der primären Freisetzung aus dem Prozess.

$$RMM_{\text{Eff,gesamt}} = F_{\text{gemindert,gesamt}} / F_{\text{primär,gesamt}}$$

Die Emissionsmengen, die als gemindert gelten, berechnen sich aus den Wirksamkeiten der jeweiligen RMM-Stufen und werden für die Teilströme zunächst separat berechnet und dann addiert.

Alle Emissionen, die durch betriebliche RMM zerstört oder als Abfall extern entsorgt werden gelten als gemindert. Diffuse Emissionen, Restemissionen und Freisetzungen von Stoffen in die Kläranlage gelten nicht als gemindert.

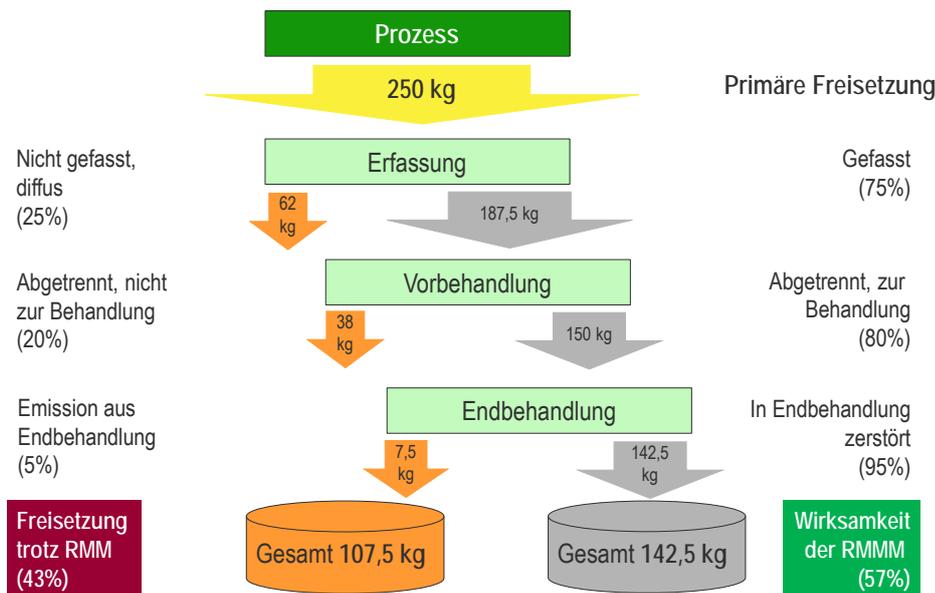
$$F_{\text{gemindert,gesamt}} = \sum F_{\text{gemindert,Q1}} + F_{\text{gemindert,Q2}} + F_{\text{gemindert,Q3}}$$

Die geminderte Emissionsmenge pro Teilstrom / Quelle ergibt sich aus den Wirksamkeiten der RMM-Stufen (Eff) und der primären Emissionsmenge ($F_{\text{primär,Qx}}$) an der jeweiligen Quelle

$$F_{\text{gemindert,Qx}} = F_{\text{primär,Qx}} * \text{Erf}_{\text{Qx}} * \text{Eff}_{\text{Vorbehandlung}} * \text{Eff}_{\text{Endbehandlung}}$$

In Abbildung 11 ist ein einfacher Stofffluss schematisch dargestellt. Die diffusen Emissionen (orange Pfeile, links) und die gefassten, nicht behandelten Emissionen können addiert werden, da sie beide als „nicht gemindert“ gelten. Die geminderte Menge ergibt sich durch die Kombination der (Wirksamkeiten) der aufeinanderfolgenden RMM-Stufen.

Abbildung 13: Beispielhafte Berechnung der Gesamteffizienz einer RMM



Wird der Emissionsstrom aufgeteilt und in unterschiedlichen Verfahren behandelt, so ist eine einfache Berechnung der Wirksamkeit nicht möglich, sondern die verschiedenen Wege müssen separat bilanziert werden. Die gefasste / nicht gefasste Stoffmenge kann aus unterschiedlichen Quellen stammen, die unterschiedlich effizient an ein Erfassungssystem angeschlossen sind. Die erfassten Stoffströme können in unterschiedliche (oder keine) Vorbehandlungsschritte transferiert werden und diese wiederum mit Maßnahmen unterschiedlicher Effizienz endbehandelt werden. Diese Auftrennungen der Stoffströme innerhalb der Gesamt-RMM können die Berechnung sehr komplex machen. Hier kann eine Wirksamkeitsermittlung für die einzelnen Teilströme und eine abschließende Gesamtbetrachtung durch Addition aller freigesetzten bzw. geminderten Menge (Stoffflussanalyse) eine hilfreich Unterstützung und Vereinfachung sein.

Liegt die ermittelte RMM-Wirksamkeit unterhalb der im CSR ausgerechneten notwendigen Wirksamkeit für den Nachweis der sicheren Verwendung, kann anhand der Stoffflussanalyse geprüft werden, welche Elemente der Gesamt-RMM angepasst oder verändert werden können, um die Wirksamkeit zu erhöhen. So kann „ausprobiert werden“ wie sich die Gesamtwirksamkeit verändert, wenn z.B. der Anteil diffuser Emissionen verringert (wenn Emissionsquellen zusätzlich oder effizienter gefasst werden) oder zusätzliche Teilströme in die Endbehandlung geleitet werden könnten, oder ob eine Zusätzliche Maßnahme notwendig ist.

Liegt die ermittelte RMM-Wirksamkeit oberhalb der im CSR ausgerechneten notwendigen Wirksamkeit können sie anhand der Stoffflussanalyse prüfen, welche Parameter in der RMM weniger strikt angewendet werden könnten und Ihre Dokumentation und Kommunikation entsprechend ändern.

Hinweise für nachgeschaltete Anwender

Ist der Weg durch eine RMM in Form einer Stoffflussanalyse beschrieben, kann dies in der Regel für andere Stoffe genutzt werden, in dem die jeweiligen Faktoren für die Wirksamkeit der einzelnen Stufen entsprechend verändert werden. So kann ein grobes Modell zur Prüfung, ob die RMM-Vorgaben der Lieferanten umgesetzt sind, entwickelt werden. Die Informationen über die Wirksamkeiten können entweder auf konkreten Messdaten basieren, oder z.B. Informationen von den RMM-Herstellern.

Sollte die kommunizierte RMM-Wirksamkeit mit der angegebenen RMM(-Kombination) nicht erreichbar sein, sollte das dem Lieferanten mitgeteilt werden.

Alle drei Fallbeispiele (siehe auch Kapitel 8) enthalten Darstellungen von Stoffflussanalysen zur Ermittlung der Gesamtwirksamkeit der RMM.

7.6 Schritt 6: Weitergabe von Informationen über anzuwendende RMM

Mit den Schritten 1-5 werden die Wirksamkeiten der einzelnen RMM-Stufen und die Gesamtwirksamkeit der anzuwendenden RMM ermittelt. Die Information darüber, welche Risikomanagementmaßnahme(n) eine in der Stoffsicherheitsbeurteilung ermittelte Wirksamkeit erreichen können, ist mit dem Expositionsszenarium an die Kunden weiter zu geben.

Die Maßnahme(n) bzw. die jeweiligen Stufen sollten so beschrieben werden, dass die Kunden prüfen können, ob Sie die Vorgaben erfüllen bzw. die Maßnahme wie vorgesehen umsetzen. In jedem Fall ist die Mindestwirksamkeit der RMM (insgesamt sowie ggf. für einzelne Stufen) zu kommunizieren, damit der nachgeschaltete Anwender prüfen kann, ob die RMM unter den Bedingungen vor Ort für eine sichere Verwendung ausreichend ist.

Findet ein Transfer von Stoffen aus einem Emissionspfad in einen anderen statt (z.B. aus der Abluft in das Abwasser durch einen Abluftwäscher) sollte dies kommuniziert werden, damit die nachgeschalteten Anwender dies bei einem Scaling berücksichtigen können.

Die RMM und ihre Mindesteffizienz werden im relevanten Expositionsszenarium zur Beherrschung der Umweltexposition unter der Überschrift: „Technische und organisatorische Bedingungen und Maßnahmen“⁴⁴ aufgeführt. Die folgende Strukturierung der Informationen kann hilfreich für eine übersichtliche Darstellung sein.

Hinweise: Weitergabe der RMM-Information an die Kunden im Expositionsszenarium

⁴⁴ Engl.: Technical and organisational conditions and measures

Für jeden Emissionspfad werden getrennt aufgelistet:

- ▶ *Emissionserfassung*: Art des Erfassungssystems, ggf. technische Details z.B. Luftvolumenstrom / Zeit, Benennung aller wesentlichen Anschlussstellen, Getrennthaltung von Teilströmen
- ▶ *Emissionsvorbehandlung*: Anteil und Art der Emissionsströme, die vorbehandelt werden, Art der Vorbehandlungsmaßnahme
- ▶ *Endbehandlung*: Anteil der (vorbehandelten) Emissionsströme, die endbehandelt werden, Art der Endbehandlung
- ▶ *Einfluss auf die Wirksamkeit*: Hinweise, was für die jeweiligen RMM-Stufen zu beachten ist, um ein einwandfreies Funktionieren zu gewährleisten
- ▶ *Notwendige Wirksamkeit*: Wirksamkeit der Gesamt-RMM und ggf. Wirksamkeit einzelner, zentraler RMM-Stufen, z.B. Erfassungsgrad der Abluft
- ▶ *Transfer von Emissionen*: Hinweise, ob und zu welchem Anteil der Stoff durch die RMM aus einem Emissionspfad in einen anderen verlagert wird.

Informationen zu Abfallentsorgung werden im Abschnitt „Bedingungen und Maßnahmen zur Abfallbehandlung“⁴⁵ des Sicherheitsdatenblattes aufgelistet. Sowohl die Anteile der Abfälle als auch Empfehlungen zur Art der Behandlung sind anzugeben. Diese können aus qualitativen oder quantitativen Betrachtungen der Entsorgungsmöglichkeiten für Abfälle abgeleitet werden. Für quantitative Abschätzungen sei auch auf die ECHA-Leitlinien zur Expositionsbetrachtung aus der Abfallphase⁴⁶ verwiesen.

Hinweise für Formulierer

Informationen zur sicheren Verwendung können in Form von Expositionsszenarien oder im Sicherheitsdatenblatt weitergegeben werden. Im Sicherheitsdatenblatt sind die Informationen zu den Umweltrisikomanagementmaßnahmen im Kapitel 8.2.2. (Begrenzung und Überwachung der Umweltexposition) und zur Entsorgung im Kapitel 13 (Entsorgung) einzufügen.

7.7 Schritt 7: Dokumentation

Derzeit gibt es keine expliziten Vorgaben, wie Registranten die Ableitung der Bedingungen für die sichere Verwendung, zu denen auch die Risikomanagementmaßnahmen zählen, im Stoffsicherheitsbericht zu dokumentieren haben. Anhaltspunkte liefern lediglich die von ECHA veröffentlichten Beispiele, die jedoch in der Regel keine Informationen enthalten, wie die RMM abgeleitet wurden.

Es ist empfehlenswert, alle quantifizierten Werte im CSR so zu begründen, dass sie für die Evaluatoren der ECHA verständlich und nachvollziehbar sind. Dies gilt auch für die Angabe von beispielhaften RMM, die die im CSR ermittelte notwendige Effizienz haben.

Registranten sollten ihre Überlegungen auch dokumentieren, um:

- ▶ Rückfragen der Kunden schnell und konkret beantworten zu können,
- ▶ Bei Änderungen der Bewertung im CSR, z.B. aufgrund neuer Erkenntnisse zur Gefährlichkeit eines Stoffes, prüfen zu können, ob die beispielhaften RMM noch passend sind,
- ▶ Bei eventuellen Überprüfungen der Sicherheitsdatenblätter auskunftsfähig zu sein.

⁴⁵ Engl: Conditions and measures related to treatment of waste

⁴⁶ http://echa.europa.eu/documents/10162/13632/r18_v2_final_en.pdf; da die Bewertung der externen Abfallbehandlung nicht in die Betrachtung der betrieblichen RMM und ihrer Wirksamkeit einbezogen ist, wird hier nicht weiter auf die Ableitung der Effizienz externer Endbehandlungsmaßnahmen eingegangen.

Die Dokumentation der Ableitung der Wirksamkeit der RMM kann anhand der in diesem Kapitel enthaltenen Tabellen durchgeführt werden. Informationsquellen und/oder logische Überlegungen / Modellierungen sowie Annahmen für die Quantifizierungen können hier strukturiert aufgenommen werden.

Die Beispielberechnung der Gesamtwirksamkeit sollte zumindest intern abgelegt werden, um sie für weitere Fälle oder Aktualisierungen sowie Kundenanfragen nutzen zu können.

Hinweise für Formulierer

Formulierer sind unter REACH nicht verpflichtet, RMM für eine sichere Verwendung abzuleiten sondern müssen lediglich die Information ihrer Lieferanten bei der Erstellung der Sicherheitsdatenblatt für ihre Kunden berücksichtigen. Eine Ausnahme besteht für den Fall, dass ein DU CSR durchgeführt wird (s.o.).

Im Fall eines DU CSR und der Erarbeitung der Schritte 1 bis 5 zur Ableitung und/oder Überprüfung der RMM-Empfehlungen sollten diese dokumentiert werden, um:

- ▶ Rückfragen der Anwender / Kunden schnell und konkret beantworten zu können,
- ▶ Bei Änderungen der Informationen vom Lieferanten zur Wirksamkeit oder Art der RMM einfach zu prüfen, ob die eigenen Informationen zum Risikomanagement geändert werden müssen und dies ggf. zu tun und
- ▶ Bei eventuellen Überprüfungen der Sicherheitsdatenblätter durch behördliche Stellen auskunftsfähig zu sein.

Für die Dokumentation können die Prüfergebnisse mittels der Tabelle 1 bis Tabelle 6 festgehalten werden. Eine graphische Übersicht und Auszüge aus den verwendeten Informationsquellen sollten der Dokumentation beigelegt sein.

8 Illustration des Leitfadens in den Beispielen

Die Anwendung dieses Leitfadens wird durch drei Beispiele illustriert, in denen eine Wirksamkeitsberechnung exemplarisch durchgeführt wurde. Die 7 Schritte des Leitfadens wurden anhand einer generischen Prozessbeschreibung bearbeitet und Informationen zur Wirksamkeit ermittelt und beschrieben. Die Beispiele enthalten Graphiken und Tabellen zur Dokumentation des Vorgehens, sowie die detaillierten Stoffflussanalysen in Tabellenform.

8.1 Was zeigt welches Beispiel?

Die Beispiele betreffen:

- ▶ Das Färben von Textilien,
- ▶ Die Verwendung von PFOS in der Verchromung von Plastikteilen und
- ▶ Die Anwendung von Lacken in der Automobilserienlackierung.

In der folgenden Tabelle sind die Beispiele dahingehend charakterisiert, welche spezifischen Aspekte der Wirksamkeitsermittlung sie illustrieren, bzw. welche spezifischen Prozessbedingungen bearbeitet wurden. Die Charakterisierung solle es Ihnen ermöglichen, gezielt das Fallbeispiel auszuwählen, das Ihrer konkreten Situation oder Fragestellung am nächsten kommt.

Tabelle 11: Charakteristika der Fallbeispiele

Verwendung Aspekte	Färben von Textilien	Verchromen von Kunststoffteilen	Automobilserienlackierung
Betrachteter Stoff	Kein konkreter Stoff, Betrachtung generisch für Textilfärbemittel	PFOS	Flüchtige Stoffe und Feststoffe in Lacken
Geschlossenheit des Prozesses	Teilweise offen, teilweise geschlossen	Offen	Weitgehend geschlossen
Besondere Verwendungsbedingungen	Temperatur > 100°C	---	Temperatur > 60°C
Prozessschritte	2 unterschiedliche Prozesse und Reinigung	Viele hintereinander geschaltete Bäder --> werden zusammengefasst	Ein Prozess + Reinigung
Emissionspfade	Wasserbasierter Prozess, Abwasser wichtigster Pfad	Wasserbasierter Prozess, Abwasser wichtigster Pfad	Wasserfreier Prozess, Luft wichtigster Emissionspfad
Transfer von Emissionen von Luft in Wasser	Nein	Ja	Ja
RMM-Technologie Erfassung	Absaugung geschlossener Anlage	Randabsaugung und „Haube“	Absaugung geschlossener Anlage
RMM –Technologie zur Vorbehandlung	Fällung/Flockung	Abluftwäscher, Verdampfer, Fällung/Flockung, A-Kohle Filtration	Abluftwäscher, Fällung, Trockenabscheidung der Abluft
RMM-Technologie zur Endbehandlung	Nachverbrennung	--	Nachverbrennung

8.2 Allgemeine Schlussfolgerungen aus den Beispielen

Aus den Beispielen wird deutlich, dass der Leitfaden grundsätzlich dazu geeignet ist, die Ermittlung der Wirksamkeit von Risikomanagementmaßnahmen zu unterstützen. Es wurde allerdings auch deutlich, dass nur in seltenen Fällen Informationen zur Wirksamkeit einzelner RMM-Stufen oder einer Maßnahme als Ganzes vorliegen, so dass die Verwendung der Methode des „transparenten und begründeten Schätzens“ vielfach die einzige Möglichkeit ist, Quantifizierungen vorzunehmen.

Aus den Beispielen kann auch geschlussfolgert werden, dass die Ableitung der RMM-Wirksamkeit verhältnismäßig aufwändig ist, insbesondere in den Fällen, wo Teilstrombehandlungen vorliegen und entsprechend getrennte Betrachtungen für die Materialflussanalyse durchgeführt werden müssten. Allerdings wäre eine einmal erstellte Materialflussanalyse in einem Tabellenkalkulationsprogramm ein Instrument, das für andere Fälle genutzt werden könnte.

9 Quellenverzeichnis

[CWW] - European Commission (2014): Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment / Management Systems in the Chemical Sector

ECHA (2008): Guidance on information requirements and chemical safety assessment - Part D: Exposure Scenario Building, Version 1.1. Helsinki.

ECHA (2012): How downstream users can handle exposure scenarios Practical Guide 13, Helsinki.

ECHA (2014): Guidance for downstream users, Version 2.1. Helsinki.

[FDM] - European Commission (2006): Reference Document on Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries

[FMP] - European Commission (2001): Reference Document on Best Available Techniques in the Ferrous Metals Processing Industry

Fransman et.al.: Development and Evaluation of an Exposure Control Efficacy Library (ECEL). Ann. Occup. Hyg., Vol. 52, No. 7, pp. 567–575, 2008

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (2007): Arbeitsplatzlüftung Entscheidungshilfen für die betriebliche Praxis

[PP] - European Commission (2001): Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board

[SF] – European Commission (2005): Reference Document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industry

[STM] – European Commission (2006): Reference Document on Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics

[STS] – European Commission (2007): Reference Document on Best Available Techniques on Surface Treatment using Organic Solvents

[TAN] – European Commission (2013): Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Tanning of Hides and Skins

[TXT] – European Commission (2003): Reference Document on Best Available Techniques for the Textiles Industry

10 Anhang I: Beschreibung der RMM Verfahrensprinzipien im CWW- Merkblatt

Je RMM-Stufe und Emissionspfad werden die wichtigsten Techniken benannt (Spalte „Verfahren“) und angegeben, für welche Stoffeigenschaften sie jeweils anwendbar sind (Spalte „Eignung Stoffeigenschaft“) sowie dargestellt, welche Grenzen für die Anwendung bestehen (Spalte „Anwendungsgrenzen“). In der vorletzten Spalte werden Informationen zur Wirksamkeit gegeben und in der letzten Spalte werden die jeweiligen Informationsquellen aufgeführt.

Im CWW-BVT sind teilweise die mit den Maßnahmen erreichbaren Wirksamkeiten angegeben, die sich jedoch auf die chemische Industrie beziehen; sie sind hier nicht zitiert, da von den Wirksamkeiten der Verfahren in der chemischen Industrie nicht auf andere Branchen geschlossen werden kann. Allerdings sind in der letzten Spalte der Tabelle die Tabellennummern im BVT angegeben, in denen die erreichbaren Wirksamkeiten, teilweise für spezifische Stoffe, aufgeführt sind. Das CWW BREF ist als Entwurf von 2014 zitiert.

Die folgenden Tabellen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und können lediglich eine erste Orientierung geben, welche Verfahren ausgewählt werden können. Eine Verfeinerung der Informationen zu den RMMs, falls notwendig, kann und sollte branchenspezifisch erfolgen und aus anderen Informationsquellen ergänzt werden (s. Kapitel 6.3 bis 6.5).

10.1 Systeme zur Abwassererfassung

Tabelle 12: Eignung und Informationen zur Wirksamkeit: Abwassererfassungsverfahren

Verfahren	Eignung für [Stoffeigenschaft]	Anwendungsgrenzen	Informationen zur Wirksamkeit	Informationsquellen
Abläufe, Rohre, ggf. Sammelbecken	Unspezifisch Alle im Abwasser enthaltenen Stoffe	Unspezifisch Alle industriellen Abwässer	Oft 100% für nicht leicht flüchtige Stoffe Direkter Anschluss an die Anlagen(teile), in denen Abwasser entsteht. Geringere Wirksamkeit durch Tropfverluste o.ä. möglich sowie bei Außenanwendungen	Expertenwissen; logische Ableitung bzw. Kenntnis der Anlagen
Ausgleich von Frachten / Flussraten	Abwässer mitschwankenden Mengen und Verschmutzungsgraden		Unterstützt die Wirksamkeit folgender Verfahren, keine eigenständige Technologie	CWW-BVT s. 167

10.2 Systeme zur Ablufferfassung

Verfahren zur Ablufferfassung sind dann notwendig und sinnvoll, wenn die eingesetzten Stoffe bei den Anwendungstemperaturen flüchtig sind oder sie durch das Anwendungsverfahren z.B. in Form von Nebeln oder Stäuben in die Luft freigesetzt werden.

Tabelle 13: Eignung und Informationen zur Wirksamkeit: Ablufferfassungsverfahren

Verfahren	Eignung für [Stoffeigenschaft]	Eignung für [Situation]	Allgemeines zur Wirksamkeit	Informationsquellen
Anlagenabsaugung	Flüchtige Stoffe, Stäube, Aerosole	Geschlossene Anlage, aus der die eine Abluft vollständige abgesaugt werden kann; oft hohe Konzentrationen des Stoffes in der Abluft	Aufgrund der Geschlossenheit der Anlage und direkt angeschlossener Abluftabsaugung, hohe Wirksamkeit. Freisetzungen möglich durch Probenahmen, Reinigung und Wartung sowie Prozessunterbrechungen / Wechsel. Dadurch entstehende Minderung der Wirksamkeit abhängig von Stoffeigenschaften	Daten aus Arbeitsschutz: > 85% (Fransman et.al) ⁴⁷
Lokale Absaugung	Flüchtige Stoffe, Stäube, Aerosole	(Halb-)offene Prozesse mit klar definierter Emissionsquelle in die Luft	Abhängig von Art des Prozesses, Nähe zur Emissionsquelle und Auswahl der Haube, Absaugvolumenstrom etc.	Daten aus Arbeitsschutz: 79-85% (Fransman et.al)
Hallenabsaugung	Flüchtige Stoffe, Stäube, Aerosole	Offene Prozesse, aus denen geringe ⁴⁸ Emissionen entstehen	In der Regel niedrige Erfassungsgrade und zu meist keine Nachbehandlung	Daten aus Arbeitsschutz: 40-45% (Fransman et.al)
Spezialbelüftung	Absauganlagen für spezifische Anlagen, z.B. Randabsaugung	Prozess- und anlagenspezifisch	Hohe Wirksamkeiten, da i.d.R. spezifisches Design	Daten aus Arbeitsschutz: 80-90% (Fransman)
(Hand-)Maschinenabsaugung	Wird i.d.R. nur für Stäube eingesetzt	Verwendung von (Hand-)maschinen mit starker Staubentwicklung	Relativ hoher Erfassungsgrad, da direkt an der Quelle und mit Gerät verbunden.	

⁴⁷ In diesem Artikel wurden in der Literatur veröffentlichte Daten zur Wirksamkeit von Abluftabsaugungsanlagen in Bezug auf den Arbeitnehmer analysiert. In der Veröffentlichung werden die abgesaugten Stoffe nicht spezifiziert. Daher ist unklar, auf welche Stoffe oder Stoffeigenschaften sich die jeweils angegebenen Werte beziehen.

⁴⁸ Würden große Mengen freigesetzt werden, müssten aus Gründen des Arbeitsschutzes andere Maßnahmen umgesetzt werden.

10.3 Systeme zur Abwasservorbehandlung

Tabelle 14: Eignung und Informationen zur Wirksamkeit: Abwasservorbehandlungsverfahren

Funktionsprinzip	Geeignet für [Stoffeigenschaft]	Anwendungsgrenzen	CWW BVT Seite
Neutralisation; Zugabe von Chemikalien zur pH-Werteinstellung	Saure und alkalische Abwässer	Nicht geeignet bei hoher Pufferkapazität des Abwassers	176ff
Koagulation und Flockung; Überführung von Schadstoffen in größere, abtrennbare Einheiten	Suspendierte Feststoffe; feste und flüssige, ungelöste Verbindungen; Fasern; Öle und Fette	Wirksamkeit und Wahl der Hilfsmittel beeinflusst durch Ladung, Größe, Dichte und Gestalt von Partikeln; Komplexbildner können Flockung stören	179ff
Abtrennen durch Schwerkraft: Sedimentation Schlammabzug; Flotation und Skimmen	Feststoffe; emulgierte Metalle, Polymere und Monomere; Schwermetalle und andere gelöste Stoffe (nach Fällung)	Partikel müssen absetzbar sein (ggf. mithilfe von Chemikalien); nicht geeignet für flüchtige Stoffe (lange Aufenthaltszeiten), pH-Wert Kontrolle notwendig; nicht geeignet für Emulsionen. „Nicht-Zielstoffe“ einer Maßnahme können durch Adsorption an Feststoffe, Fällungsprodukte mit entfernt werden	181ff; Tab. 3.8 und 3.9
Abtrennen durch Flotation; Aufschwimmen durch Anlagerung von Gasblasen oder Dichteunterschiede	Schwer absetzbare feste und flüssige, ungelöste Verbindungen, Fasern, Öle und Fette;	Ggf. Zugabe von chemischen Hilfsmitteln zur Flockung Schäumende Stoffe dürfen nicht im Abwasser enthalten sein; keine großen Mengen an Ölen abtrennbar; Tenside können stören	186ff; Tab. 3.14
Rückhaltung von Feststoffen aufgrund der Partikelgröße in Filtern	Feststoffe; vielfach nachgeschaltet nach Fällung/Flotation; Schwermetallhydroxide, freie Öle	Kolloide oder Emulsionen können nur nach chemischer Vorbehandlung entfernt werden. Feindisperse oder schleimige Stoffe können die Filterleistung herabsetzen	191ff; Tab. 3.20
Abtrennung durch Membranen; Mikrofiltration und Ultrafiltration	Suspendierte oder kolloidale Stoffe; Moleküle je nach Größe und Porengröße der Membranen; Metallpartikel, Öl/Wasser Emulsionen, Schwermetalle (nach Komplexierung / Fällung)	Verträglichkeit der Membranen bzgl. der Abwasserbestandteile (Säuren, Basen etc.); Tenside können störend wirken	197ff; Tab. 3.26
Trennung von Öl/Wasser Gemischen	Öle, Fette, nicht wasserlösliche Flüssigkeiten	Tenside können stören	201ff; Tab. 3.31
Hydrozyklon; Abscheidung mittels Schwerkraft	Öle, feine Partikel, Kristalle		205f

Funktionsprinzip	Geeignet für [Stoffeigenschaft]	Anwendungsgrenzen	CWW BVT Seite
Elektrokoagulation	Absetzbare, suspendierte und gelöste Stoffe; kolloidale Partikel; Öle und Fette; organische Verbindungen; Schwermetalloxide; anorganische Salze; Emulsionen	Nicht geeignet für gelöste organische Verbindungen	206ff; Tab. 3.8 und 3.9
Kristallisation	Anorganische Stoffe, nicht biologisch abbaubare Stoffe	Komplexbildner und Tenside können Fällung stören; pH-Wert muss kontrolliert werden	214ff; Tab. 3.41
Nanofiltration, Umkehrosiose; Abtrennung durch Membranen (Wiederverwendung des Permeats möglich)	Größere organische Moleküle und multivalente Ionen (NF) Gelöste Stoffe, einschließlich einzelner Ionen (UO)	Hohe Chemikalien- und Temperaturempfindlichkeit, pH-Kontrolle; Tenside können störend wirken NF: für Moleküle > 200 UO: hohe Konzentrationen können nicht behandelt werden, Fouling hinderlich, z.B. ausgelöst durch unlösliche Salze oder Polymere	239ff; Tab. 370
Elektrodialyse	Ionen		245f
Elektrolyse	Metallionen; hohe Konzentrationen einzelner Metallionen	Wiederverwendung der Metalle möglich	247f
Adsorption; Aufkonzentrieren von gelösten Stoffen an feste Medien	Gelöste, organische Stoffe, bes. Farbstoffe, halogenierte KW, schwer abbaubare Stoffe	Wirksamkeit abhängig von Stoffeigenschaften (z.B. Polarität) und Adsorbens; verringert Adsorptionskapazität, u.a. durch Gemische organischer Verbindungen, hohe Konzentration an großen Molekülen	249ff; Tab. 3.77, 3.80f
Ionenaustausch Austausch unerwünschter Ionen durch erwünschte oder tolerable Ionen	Ionen, insbesondere Schwermetallionen; ionisierbare anorganische Verbindungen und lösliche, ionische oder ionisierbare organische Verbindungen, z.B. Sulphonsäuren, Alkylsulphate oder organische Quecksilberverbindungen	Korrosionsempfindlich Störung durch anorganische oder organische Verbindungen, die an das Harz adsorbieren können (Eisenfällungsprodukte, Aromaten)	256ff; Tab. 3.83
Extraktion Überführung löslicher Stoffe in ein Lösemittel	Organische Stoffe und Metallkomplexe, z.B. Phenole, Metalle zur Wiedergewinnung, Phosphorsäureester, Chloraromaten	Abwasser sollte keine Feststoffe und/oder Emulsionen enthalten; oft als Vorreinigung vor biologischer Reinigung oder Adsorption	259ff; Tab. 3.87
Destillation Überführung löslicher Stoffe in die Dampfphase, anschließende Kondensation	Selten, oft prozessintegriert zur Lösemittelrückgewinnung oder Emulsionsbehandlung	Hohe Konzentrationen, um wirtschaftlich zu sein	264ff; Tab. 3.91

Funktionsprinzip	Geeignet für [Stoffeigenschaft]	Anwendungsgrenzen	CWW BVT Seite
Eindampfen; Trennung nach Flüchtigkeit und anschließende Entsorgung des Rückstandes	Nicht wasserdampf-flüchtige Stoffe	Kein Wirksamkeitsminderung, aber Fouling und Korrosion	266ff
Strippen Überführen von Stoffen aus dem Wasser in die Gasphase	Flüchtige organische und anorganische Stoffe	Hoher Gehalt an suspendierten Feststoffen stört Verfahren	271ff; Tab. 3.98

10.4 Systeme zur Abluftvorbehandlung

Eine Übersicht über die Verfahren zur Abluftbehandlung und Zuordnungen zu Stoffgruppen findet sich im Entwurf des CWW-BVT-Merkblattes in Tabelle 3.149.

Tabelle 15: Eignung und Informationen zur Wirksamkeit: Abluftvorbehandlungsverfahren

Funktionsprinzip	Geeignet für [Stoffeigenschaft]	Anwendungsgrenzen	CWW-BVT Seite
Membranseparation; mit anschließender Rückgewinnung oder Zerstörung	VOC, eher höhere Konzentrationen	Keine Stäube / Partikel; VOC Konzentration bis 90% möglich	339ff
Kondensation; Entfernen von VOC aus Abgasströmen durch Temperatur	VOC	Je nach Verfahren, z.B. Abwesenheit von Wasser oder Partikeln im Abgas	344ff; Tab. 3.156
Adsorption; Trennung durch Anlagerung an Feststoffe mit anschließender Rückgewinnung oder Zerstörung	VOC und anorganische Stoffe	Je nach Adsorbens: Wassergehalt im Abgas, VOC-Konzentration	355ff; Tab. 3.166
Nasswäscher /chemische Absorption; Überführung aus Gas in Lösemittel (oft Wasser) mit anschließender Behandlung	(Wasserlösliche) gasförmige Stoffe, VOC, Stäube	Abhängig von Verfahren; hoher Anteil an Feststoffen stört	365ff; Tab. 3.172; 442ff; Tab. 3.239
Schwerkraftabscheidung	Stäube, Feststoffe, in Aerosolen enthaltene Stoffe	Partikel bis PM10; oft Vorstufe zu weiteren Abscheideverfahren	424ff; Tab. 3.223
Zyklone	PM10 und größer	Partikelgröße und Konzentration entscheiden über die Wirksamkeit	427ff; Tab. 3.228
Elektrostatische Abscheider („E-Filter“)	Partikel < PM10, partikuläre Schadstoffe, inkl. Metalle und Schwermetalle	Nicht geeignet für Quecksilber Wirksamkeit abhängig von Partikelgröße	433ff, Tab. 3.233
Gewebefilter	Stäube bis PM2,5 und partikuläre Schadstoffe, bes. Schwermetalle	Nicht geeignet für Quecksilber Möglichst keine klebrigen Stäube	451ff; Tab. 3.243
Keramische und Metallfilter	Stäube bei hohen Temperaturen	Staubkonzentration begrenzt, keine klebrigen Stäube	458ff; Tab. 3.249
Katalytische Filtration	Stäube und gefährliche Stoffe im Abgas, Hauptsächlich Dioxine und Furane, PAK, PCB und chlorierte VOC und chlorierte Phenole	Störend: As, K, Ca und S Wassergehalt im muss im Abgas 5-35% betragen	463ff; Tab. 3.254
Zweistufiger Staubfilter	Stäube		466ff

Funktionsprinzip	Geeignet für [Stoffeigenschaft]	Anwendungsgrenzen	CWW-BVT Seite
Hocheffizienz Partikelfilter (HEPA) Filter	Submikrone Partikel (PM _{0,12} – PM _{0,3}) und partikuläre Schadstoffe, z.B. Metalle	Nicht für Quecksilber geeignet, keine Feuchtigkeit, geringe Staubkonzentrationen	470ff; Tab. 3.263
Hocheffizienz-Luftfilter (HEAF)	Aerosole, z.B. Öle, Weichmacher und kondensierbare VOC		474ff; Tab. 3.268
Nebelfilter	Tröpfchen und Aerosole, Feststoffe, die in diesen vorliegen	Stäube und ölige Nebel verkleben den Filter	476ff; Tab. 3.273

10.5 Systeme zur Abwasserendbehandlung

Tabelle 16: Eignung und Informationen zur Wirksamkeit: Abwasserendbehandlungsverfahren

Funktionsprinzip	Geeignet für [Stoffeigenschaft]	Anwendungsgrenzen	CWW-BVT Seite
Oxidation; chemische Umwandlung durch Oxidation, ggf. physikalisch unterstützt	Anorganische Stoffe, nicht biologisch abbaubare Stoffe, z.B. Öle und Fette, Phenole, PAK, Farbstoffe, Cyanide, Schwermetallkomplexe	Verschiedene Verfahren mit unterschiedlichen Grenzen; u.a. Bildung von unerwünschten Stoffen möglich, z.B. Dioxine u.a. Organohalogenverbindungen; Zugabe von chemischen Oxidationsmitteln, ggf. auch in Kombination mit Ozonierung, UV-Behandlung, etc.	219ff; Tab. 3.46, 3.47, 3.51, 3.52, 3.59, 3.60
Reduktion; chemische Umwandlung durch Reduktion	Hauptsächlich anorganische Stoffe	Nur wenige anorganische Stoffe behandelbar, pH – Kontrolle; Zugabe von Reduktionsmitteln (oft S-haltig), ggf. weiteren Behandlungsschritten vorgeschaltet	235ff
Hydrolyse; Zerstörung durch Reaktion mit Wasser	Vorwiegend schwer biologisch abbaubare organisch Stoffe, z.B. organische Halogenverbindungen, Cyanide, Sulfide, Organophosphate, Carbamate, Ester	Ungeeignet für Stoffe mit geringen Wasserlöslichkeiten und schwer hydrolysierbaren Stoffen; pH-Kontrolle; oft einer biologischen Reinigung oder anderen Verfahren vorgeschaltet	237ff
Abwasserverbrennung	Schwer abbaubare organische Verbindungen; Abwässer, die mit anderen Methoden (nicht ökonomisch) behandelbar sind, z.B. weil schwankende Zusammensetzung, organische und anorganische Schadstoffe	Halogene und Schwefel erfordern Abgasbehandlung; Feststoffe und Salze können Eindüsen erschweren	276ff; Tab. 3.103
Biologische Abwasserreinigung	Abbaubare und lösliche organische Stoffe	Toxische Stoffe stören den Abbau, hohe Salzkonzentrationen; Anaerob nur Vorbehandlung (z.B. bei konstanter Zusammensetzung und hohem BSB zur Vorbehandlung); Aerob zur Endbehandlung, unterschiedliche Verfahren	279ff; diverse Tabellen

10.6 Systeme zur Abluftendbehandlung

Tabelle 17: Eignung und Informationen zur Wirksamkeit: Abluftendbehandlungsverfahren

Funktionsprinzip	Geeignet für [Stoffeigenschaft]	Anwendungsgrenzen	CWW BVT Seite
Biofilter; biologischer Abbau nach Überführung von Abgas in Wasser	Wasserlösliche, leicht abbaubare Stoffe	Nicht gut anwendbar bei schwankenden Zusammensetzungen oder hohen Konzentrationen Störend: Stoffe, die biologische Prozesse stören, u.a. durch Versauerung, Verseifung des Mediums oder durch hohe Toxizität; hoher Salzgehalt	379ff; Tab. 3.178
Biowäscher und – Tropfkörper; Abgaswäsche mit integriertem biologischem Abbau	Wasserlösliche, leicht abbaubare Stoffe, z.B. Alkohole, Aldehyde und Ketone, Carbonsäuren, Phenole	Wäscher: Nicht geeignet, für Aromaten, halogenierte KW und Ether. Tropfkörper: Nicht geeignet für aliphatische KW und bestimmte chlorierte Lösemittel. Schadstoffkonzentrationen sollten eher niedrig sein. Störend: Stoffe, die biologische Prozesse stören, u.a. durch Versauerung, Verseifung des Mediums oder durch hohe Toxizität; hoher Salzgehalt	385ff; Tab. 3.183, 3.190
Oxidation; thermisch, katalytisch	Flüchtige Verbindungen aus den unterschiedlichsten Quellen	Halogenierte Verbindungen benötigen ggf. bes. Prozesskontrolle Korrosionsschutz zu beachten	400ff; Tab. 3.201, 3.202, 3.203, 3.209
Ionisation	Flüchtige Verbindungen	Niedriger Staubgehalt und Feuchtigkeit	417ff; Tab. 3.214
Photo-/UV-Oxidation	Flüchtige Verbindungen	Keine Nebel; definierte Grenzen für Feuchtigkeit, Staub und VOC-Gehalt	421ff; Tab. 3.219

11 Anhang II: Übersicht über optionale RMM in den spERCs

Die folgende Übersicht zeigt auf, in welchen spERC-Datenblättern Informationen zu optionalen RMM enthalten (Stand: September 2015). In der Spalte „Informationen zu optionalen RMM“ ist zusammengetragen, ob eine Technik / ein RMM-Verfahrensprinzip beschrieben ist und ob / welche Wirksamkeit hierfür angenommen wird. SpERCs für weit verbreitete (Verbraucher- und professionelle) Anwendungen sind nicht aufgeführt, da hier generell keine RMMs enthalten sind.

Tabelle 18: Informationen zu optionalen RMM in spERCs

Verband	spezifische Umweltemissionskategorien (spERCs) Verwendungen	Informationen zu optionalen RMMs	Quelle / Ableitung
ACEA	Beschichtung mittels Spritzlackieren oder Elektroabscheidung	Abwasser: industrielle biologische Reinigung > 75%	Keine Angabe
AISE	Formulierung körnige Reinigungsmittel	Abwasser: Flockung, Koagulation 30%	Keine Angabe
AISE	Formulierung wasserbasierter Reinigungsmittel	Abwasser: pH-Einstellung und Flockung oder Koagulation 30% Ultra- oder Membranfiltration 50% Biologische Behandlung >75% für lösliche, abbaubare Stoffe	Keine Angabe
AISE	Verwendung von Metallsalzen zur Beschichtung	Abwasser: pH-Einstellung und Sedimentation 95%	Keine Angabe
ATIEL	Formulierung von Schmierstoffen und Schmierölen (S+S) / Additiven; Industrielle Verwendung von S+S offenen Systemen (mit hohem Energieeintrag); Industrielle Verwendung von S+S in Fahrzeugen und Maschinen; Metallbearbeitungsflüssigkeiten (Handhabung und Verdünnung)	Abluft: Nasswäscher (70%) und thermische Oxidation (98%) Abwasser: Öl-Wasser-Separatoren (90-95%)	CEFIC RMM; Umfrage bei ATIEL
CEPE ⁴⁹	Formulierung (wasserbasiert, lösemittelbasiert und Pulverbeschichtungen)	Abluft: VOC: nur prozessintegrierte Maßnahmen; Feststoffe: prozessintegrierte Maßnahmen; Zyklone und Sackfilter 99%	„typische Wirksamkeit“, keine Angabe
CEPE ⁴⁹	Professionelle Spritzanwendung	Abluft: Wäscher Abwasser: Filtration 95%	Keine Angabe
CEPE ⁴⁹	Industrielle Spritzanwendung	Abluft: Thermische Oxidation 99%; Nasswäscher oder Filter 95%; Zyklon und/oder Filter 95% Abwasser: keine optionalen	Keine Angabe

⁴⁹ Die Factsheets sind nach einem alten Format erstellt. Hieraus ist nicht eindeutig ersichtlich, ob die aufgeführten RMM obligatorisch sind.

Verband	spezifische Umweltemissionskategorien (spERCs) Verwendungen	Informationen zu optionalen RMMs	Quelle / Ableitung
		RMM	
CE	Formulierung („feste“ Kosmetik, wasserlösliche Kosmetik)	Abwasser: Öl-Wasser-Separatoren, Flockung, Fällung und Sedimentation, keine Wirksamkeit	Keine Angabe
CE	Formulierung; Reinigung mit Lösemitteln	Keine optionalen RMM	Keine Angabe
ECMA	Herstellung metallischer Katalysatoren	Keine optionalen RMM	
ECPA	Verwendung von Pflanzenschutzmitteln	Keine optionalen RMM	
EFCC	Formulierung von Bauchemikalien	Keine optionalen RMM	
EFCC	Industrielle Verwendung von Bauchemikalien	Abluft: keine Technik; Minderungsanforderung von 80%	
ESIG ESVOC	Herstellung und Umfüllen von Lösemitteln	Abluft: Abgasrückgewinnung, Adsorption 90% Abwasser: adaptierte biologische Abwasserreinigung 80% (oder Simple treat)	CEFIC, CWW BVT
ESIG ESVOC	Verwendung von Lösemitteln als Zwischenprodukt	Abgas: Nasswäscher 70%; Abgasrückgewinnung, Adsorption 90% Abwasser: Adaptierte biologische Abwasserreinigung 80% (oder Simple treat)	CEFIC, CWW BVT
ESIG ESVOC	Formulierung lösemittelhaltiger Produkte, explosiver Stoffe / Gemische Ind. Verwendung als Beschichtung, Reinigungsmittel, Metallbearbeitungsflüssigkeiten, Funktionsflüssigkeit, in der Gummiherstellung, Polymerverarbeitung	Abgas: Nasswäscher 70%; Abgasfilter (Partikel) 80-99%; Thermische Oxidation, Dampf-rückgewinnung 98%; Adsorption 80% Abluft: Destillation, adaptierte biologische Reinigung 80% (oder Simple treat)	CEFIC, CWW BVT
ESIG ESVOC	Industrielle Verwendung in Schmiermitteln	Abgas: Partikelfilter 80-99% Abwasser: Adaptierte biologische Reinigung (oder Simple treat)	CEFIC, CWW BVT
ESIG ESVOC	Industrielle Verwendung als Binde- und Schalmittel	Abluft: Thermische Oxidation 98% Abwasser: Adaptierte biologische Reinigung 80% (oder Simple treat)	CEFIC, CWW BVT
ESIG ESVOC	Industrielle Verwendung als Wasserbehandlungschemikalien, Prozesshilfsmittel Bergbau	Abgas: Nasswäscher 70%; Thermische Oxidation 98% Destillation; adaptierte biologische Reinigung 80% (oder Simp-	CEFIC, CWW BVT

Verband	spezifische Umweltemissionskategorien (spERCs) Verwendungen	Informationen zu optionalen RMMs	Quelle / Ableitung
		le treat)	
ESIG	Treibmittel, Treibstoff	Abluft: Thermische Oxidation 98% Abwasser: Destillation, adaptierte biologische Reinigung 80% (oder Simple treat)	CEFIC, CWW BVT
ETRMA	Gummiherstellung und – Verarbeitung	Abluft: Abluftabsaugung, Filtration; Nasswäscher (keine Wirksamkeit) Abwasser: geschlossene Becken, Öl/Wasser-Separatoren, biologische Reinigung (keine Wirksamkeit)	CEFIC
Euro-metaux	Herstellung und Formulierung von Metallverbindungen, Verschiedene industrielle Verwendungen, Recycling	Kombination aus RMM; jeweils erreichbare Emissionskonzentrationen und/oder Wirksamkeiten in Prozent Abluft: (Nass)Elektrofilter, Zykclone, Gewebe oder Gewebefilter, keramische oder Metallgewebefilter, Nasswäscher. Abwasser: Fällung, Sedimentation, Filtration, Elektrolyse, Umkehrosmose, Ionenaustausch	BVT der Nichteisenmetallindustrie; Befragung von Unternehmen
FEICA	Formulierung von Klebstoffen	Abluft: Behandlung mit 80% Wirksamkeit, kein Technologiebeispiel	Keine Angabe
IFRA	Formulierung von Duftstoffen	Abwasser: physikalisch-chemische Behandlung, Öl-Wasser-Separatoren	30-70% berichtet

12 Anhang III: Übersicht über Erwähnungen von RMM in BVT-Merkblättern der nachgeschalteten Anwender

In der ersten Spalte der Tabellen werden die Funktionsprinzipien angegeben, analog zur in Kapitel 6.2 dargestellten Übersicht aus dem EU-BVT-Merkblatt für das Management und die Behandlung von Abwasser und Abluft aus der chemischen Industrie. In den folgenden Spalten sind Kreuze bei den Branchen gemacht, für die das jeweilige Funktionsprinzip im BVT-Merkblatt genannt wird. In der Tabelle 15 sind die Abkürzungen für die Branchen erläutert.

Tabelle 19: Abkürzungen für die Branchen und die dazugehörigen BVT-Merkblätter

Abkürzung	BVT (Jahr)	Deutsche Bezeichnung	Englische Bezeichnung
CWW	2014	Abwasser- und Abgasbehandlungs- und Managementsysteme in der chemischen Industrie	Common Waste water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector
FDM	2006	Nahrungsmittel-, Getränke- und Milchindustrie	Food, Drink and Milk industries
FMP	2001	Bearbeitung von Eisenmetallen	Ferrous metals processing
PP	2001	Pulper, Papier und Karton	Pulp, paper and board
SF	2005	Gießereien	Smitheries and Foundries Industry
STM	2006	Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoffen	Surface Treatment of Metals and Plastics
STS	2007	Oberflächenbehandlung unter Verwendung organischer Lösemittel	Surface Treatment using Organic Solvents
TAN	2013	Gerben von Fellen und Tierhäuten	Tanning of Hides and Skins
TXT	2003	Textilindustrie	Textiles Industry

Tabelle 20: Verwendung von Abwasservorbehandlungsverfahren in den Branchen

Funktionsprinzip	CWW	FDM	FMP	PP	SF	STM	STS	TAN	TXT
Sedimentation	X	X	X	X	X		X	X	X
Flotation	X	X	X	X	X		X	X	X
Filtration (grob)	X	X	X	X	X	X	X		X
Membranfiltration; Mikro, Ultra	X	X	X	X	X	X	X		X
Öl/Wasser Separatoren	X	X	X						
Fällung; Kristallisation	X	X		X		X	X	X	X
Membranfiltration; Nano, Umkehrosiose	X	X				X	X	X	X
Adsorption an feste Medien	X					X			X
Ionenaustausch	X					X			
Extraktion	X								
Destillation	X						X		
Eindampfen	X					X			
Strippen	x								

Tabelle 21: Verwendung von Abluftvorbehandlungsverfahren in den Branchen

Funktionsprinzip	CWW	FDM	FMP	PP	SF	STM	TAN	STS	TXT
Membranseparation	X							X	
Kondensation	X							X	X
Adsorption	X	X					X	X	X
Nasswäscher /chemische Absorption	X	X	X		X	X	X		X
Schwerkraftabscheidung	X	X							
Zyklone	X	X			X				X
Elektrostatische Abscheider	X	X	X						X
Gewebefilter	X	X			X				X
Katalytische Filtration	X								
Staubfilter	X								
Hocheffizienzpartikelfilter (HEPA)	X								
Hocheffizienzluftfilter (HEAF)	X								
Nebel-/Tröpfchenabscheider	X		X		X	X			

Tabelle 22: Verwendung von Abwasserendbehandlungsverfahren in den Branchen

Funktionsprinzip	CWW	FDM	FMP	PP	SF	STM	STS	TAN	TXT
Oxidation	X	X			X	X		X	X
Reduktion	X					X			
Hydrolyse	X					X			
Abwasserverbrennung	X								
Biologische Abwasserreinigung	X	X		X	X		X	X	X

Tabelle 23: Verwendung von Abluftendbehandlungsverfahren in den Branchen

Funktionsprinzip	CWW	FDM	FMP	PP	SF	STM	STS	TAN	TXT
Biofilter	X				X		X	X	
Biowäscher und -Tropfkörper	X	X							
Oxidation; thermisch, katalytisch	X	X	X		X		X	X	X

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl FKZ 37 11 63 419
UBA-FB-00

Wirksamkeit von Risikomanagementmaßnahmen zur Emissionsminderung

Anhang II Fallbeispiel: Spritzlackieren

von

Antonia Reihlen,

Ökopol GmbH
Nernstweg 32-34
22765 Hamburg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

November 2015

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	111
Tabellenverzeichnis.....	112
Abkürzungsverzeichnis	113
1 Einleitung.....	114
2 Schritt 1: Abgrenzung der Verwendung.....	115
2.1 Prozessschritte beim Spritzlackieren	115
2.2 Verwendungsbedingungen beim Spritzlackieren	116
3 Wirksamkeitsermittlung des Nasswäschers.....	117
3.1 Schritt 2: Effizienz des Erfassungssystems.....	117
3.1.1 Abluft	117
3.1.2 Abwasser.....	118
3.1.3 Erläuterungen zur Abschätzung der Wirksamkeit.....	118
3.2 Schritt 3: Effizienz der Vorbehandlung	119
3.2.1 Abluft	119
3.2.2 Abwasser (aus Abluft).....	119
3.2.3 Chemisch-physikalische Behandlung	120
3.2.4 Ermittlung der Wirksamkeit.....	121
3.3 Schritt 4: Effizienz der Endbehandlung.....	121
3.3.1 Abluft	121
3.3.2 Abwasser (aus Abluft).....	121
3.4 Schritt 5: Effizienz der Gesamt-RMM (Nasswäscher)	122
4 Schritt 6: Kommunikation an die Endanwender.....	127
4.1 Flüchtige Verbindungen	127
4.2 Feststoffe im Lack	127
5 Schritt 7: Dokumentation der RMM im CSR	128
5.1 Flüchtige Verbindungen	128
5.2 Feststoffe.....	128
6 Wirksamkeitsermittlung der Trockenabscheidung.....	129
6.1 Schritt 2: Effizienz des Erfassungssystems.....	129
6.2 Schritt 3: Effizienz der Vorbehandlung	129
6.3 Schritt 4: Effizienz der Endbehandlung.....	130
6.4 Schritt 5: Effizienz der Gesamt-RMM (Trockenabscheidung).....	130
7 Schritt 6: Kommunikation an die Endanwender.....	133
7.1 Flüchtige Verbindungen	133

7.2	Feststoffe.....	133
8	Schritt 7: Dokumentation der Ableitung der RMM-Wirksamkeit.....	134
8.1	Flüchtige Verbindungen	134
8.2	Abluftreinigung Feststoffe.....	134
9	Schlussfolgerungen aus dem Beispiel.....	135
10	Quellenverzeichnis	136

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Abgrenzung des Prozesses.....	115
Abbildung 2:	Erfassungssystem für Abluft und Abwasser.....	118
Abbildung 3:	Gesamt-RMM beim Lackieren (Nasswäscher).....	122
Abbildung 4:	Wirksamkeit der Gesamt-RMM (VOC)	125
Abbildung 5:	Wirksamkeit der RMM für Feststoffe	125
Abbildung 6:	Gesamt-RMM beim Lackieren (Trockenabscheidung)	129
Abbildung 7:	Wirksamkeit der RMM für VOC.....	132
Abbildung 8:	Wirksamkeit der RMM für Feststoffe	132

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Informationen über die relevanten Anwendungsbedingungen	115
Tabelle 2:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Abluftabsaugung	117
Tabelle 3:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Abwasserfassung	118
Tabelle 4:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit des Wäschers.....	119
Tabelle 5:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der CPB.....	120
Tabelle 6:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der TNV	121
Tabelle 7:	Stoffflüsse VOC und Feststoff durch die RMM.....	122
Tabelle 8:	Zusammenfassung der Minderungs- und Freisetzungsmengen	124
Tabelle 9:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit des Trockenfilters.....	129
Tabelle 10:	Berechnung der Wirksamkeit der RMM für VOC und Feststoff	130
Tabelle 11:	Gesamtemissionen und Wirkungsgrade.....	131

Abkürzungsverzeichnis

ACEA	Europäischer Verband der Automobilhersteller (engl.: European Automobile Manufacturers' Association)
BREF	Beste verfügbare Technik Referenz Dokument (engl.: Best Available Technologies Reference Document)
CP	Chemisch - physikalisch
CPB	Chemisch-physikalische Behandlungsanlage
CSR	Chemical Safety Report
ES	Expositionsszenario
IED	Industrieemissionsrichtlinie (engl.: industrial emissions directive)
RCR	Risikocharakterisierungsrate
RMM	Risikomanagementmaßnahme
spERC	Spezifische Umweltemissionskategorie (engl.: specific environmental release category)
STP	Kläranlage (engl.: Sewage treatment plant)
TNV	Thermische Nachverbrennung
VOC	Leicht flüchtige organische Verbindung (engl.: volatile organic compound)

8 Einleitung

In diesem Fallbeispiel wird die Anwendung des Leitfadens zur Ermittlung der Wirksamkeit von Risikomanagementmaßnahmen (RMM) für die Verwendung „Automobilserienlackierung im Spritzverfahren“ durchgespielt. Das Beispiel dient dazu, das im Leitfaden vorgeschlagene Vorgehen zu illustrieren sowie mögliche Schwierigkeiten bei der Anwendung zu beschreiben und ggf. weiteren Forschungs- und Entwicklungsbedarf zu ermitteln.

Die Verwendungsbedingungen beim Spritzlackieren sind die Grundlage für die Art und Auslegung möglicher RMM. Sie sind deshalb im Rahmen des Beispiels beschrieben. Die Ableitung von Emissionsfaktoren zur Ermittlung der Emissionshöhe aus der Anwendung ist jedoch nicht Gegenstand des Projektes. Daher sind auch keine Emissionsfaktoren aus den Anwendungsbedingungen abgeleitet, sondern Annahmen dafür getroffen.

Konkret soll das Fallbeispiel illustrieren:

- ▶ Wie ein Prozess abgegrenzt und Risikomanagementmaßnahmen daraus abgeleitet werden können (Kapitel 2),
- ▶ Wie Risikomanagementmaßnahmen strukturiert und ihre Wirksamkeit abgeleitet werden kann (Kapitel 3). Dies wird dargestellt für die die RMM-Stufen:

11. Erfassung (Kapitel 3.1),
12. Vorbehandlung (Kapitel 3.2),
13. Endbehandlung (Kapitel 3.3) sowie
14. für die Gesamtwirksamkeit der Maßnahme (Kapitel 3.4).

- ▶ Welche Informationen an die Kunden kommuniziert werden sollten (Kapitel 0) und
- ▶ Welche Informationen im Stoffsicherheitsbericht dokumentiert werden sollten (Kapitel 0).

Im letzten Kapitel dieses Dokuments werden Schlussfolgerungen aus dem Fallbeispiel gezogen.

Für die Spritzlackierung von Autos hat der europäische Automobilverband ACEA eine spezifische Umweltemissionskategorie (spERC)⁵⁰ erstellt. Dieser beinhaltet als Risikomanagementmaßnahme für die Abluft einen Wäscher. Der spERC wird in diesem Fallbeispiel als Informationsquelle genutzt.

Es ist zu berücksichtigen, dass anhand des Leitfadens lediglich gezeigt werden kann, dass eine bestimmte RMM das Potenzial hat eine bestimmte Wirksamkeit für einen Stoff in der Verwendung zu erreichen, die die Wirksamkeit von sehr vielen Faktoren abhängt. Die folgenden Betrachtungen beziehen sich dementsprechend auf eine optimale Situation in Bezug auf die erreichbare Wirksamkeit der Maßnahme.

⁵⁰ Ein spERC ist eine Beschreibung einer Verwendung einschließlich quantifizierter Parameter zur Abschätzung der Emissionen von Stoffen aus einem Prozess, der auf den Umweltemissionskategorien der ECHA – Leitlinien beruht.

9 Schritt 1: Abgrenzung der Verwendung

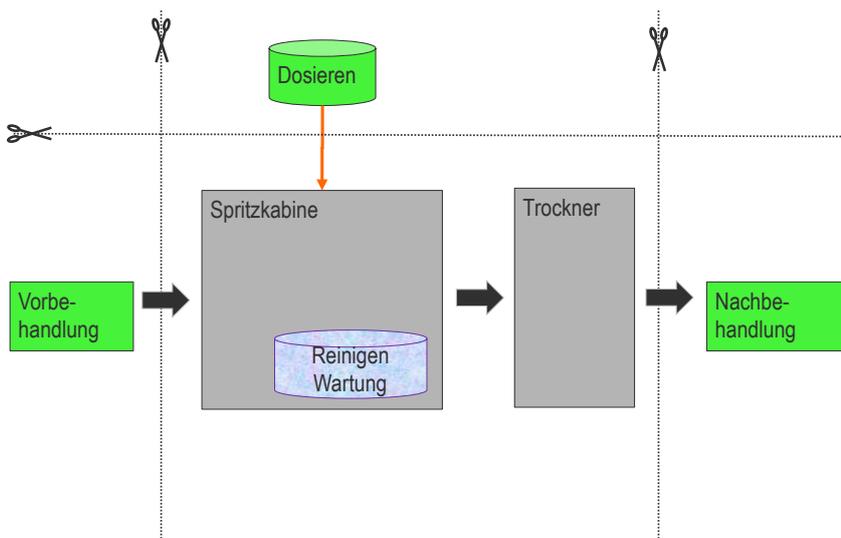
9.1 Prozessschritte beim Spritzlackieren

Vor der Lackierung wird die Karosserieoberfläche in mehreren Schritten vorbehandelt, z.B. Reinigung und Phosphatierung. Diese Prozesse werden nicht betrachtet, da sie nicht mit der Spritzlackierung verbunden sind. Bei den folgenden Prozessschritten wird der Lack verwendet, bzw. können Stoffe aus dem Lack emittieren:

- ▶ Dosierung: Der Lack wird im geschlossenen System zugegeben; diese wird nur zu periodischen Qualitätskontrollen geöffnet. Feststoffe emittieren nicht und die Emissionen der leicht flüchtige Verbindungen (VOC) sind im Vergleich zur Gesamteinsatzmenge zu vernachlässigen
- ▶ Spritzapplikation: Der Lack und seine Inhaltsstoffe werden beabsichtigt freigesetzt
- ▶ Reinigung: bei den, in der Automobilserienlackierung häufigen Farbwechseln werden jeweils die Stichtleitungen und Glocken gereinigt. Hierbei wird Lack in und mit der Spüllösung freigesetzt
- ▶ Trocknung: Der Lack auf der Karosserie wird getrocknet, dabei verdunsten die im Lack verbleibenden flüchtigen Verbindungen

Abbildung 1 zeigt, wie der Prozess der Spritzlackierung für die Ermittlung der RMM-Wirksamkeit in diesem Beispiel abgegrenzt wird.

Abbildung 14: Abgrenzung des Prozesses



In Tabelle 1 sind die Anwendungsbedingungen beschrieben, die für mögliche Emissionen von Stoffen aus dem Spritzlack relevant sind.

Tabelle 24: Informationen über die relevanten Anwendungsbedingungen

Parameter	Beschreibung
Allgemeine Beschreibung der Prozessschritte	Siehe Abbildung 1
Maximale Verarbeitungstemperaturen und -drücke	Dosierung und Spritzen bei Raumtemperatur, Trockner maximal 190°C
Wo können Luftemissionen auftreten?	Alle Prozessschritte

Parameter	Beschreibung
Sind Anlagen mit Luftemissionen weitgehend geschlossen?	Ja
Beschaffenheit der Luftemissionen	Trockner: Lösemittel Spritzen: Lacknebel mit allen Lackinhaltsstoffen, VOC – Gehalt durch verdampfen reduziert
Entstehung chemikalienhaltiger Abwässer	Prozess ist wasserfrei bis auf die Reinigung. Abwasser entsteht, wenn als Vorbehandlung der Luftemission ein Wäscher / Nasselektrofilter eingesetzt wird.
Beschaffenheit der Abwasseremissionen?	Reinigungsabwässer: Lack und Reinigungsmittel (abhängig von Lack) Aus Wäscher / Nasselektrofilter: Wässriger Lackschlamm
Prozesse kontinuierlich?	Ja

9.2 Verwendungsbedingungen beim Spritzlackieren

Da die Effizienz des Gesamterfassungssystems nur in Abhängigkeit von den Emissionsquellen und der dort emittierten Menge beschrieben werden kann, werden für den Anteil der primären Emissionen aus dem Prozess Annahmen getroffen. Hierbei sind Pigmente, Bindemittel, Füller sowie Additive, die im Lack verbleiben unter „Feststoffe“ gefasst und Lösemittel sowie Additive, die nicht in der Lackschicht enthalten sein sollen, unter flüchtige organische Verbindungen (VOC). Es wird von einem Lack mit 15% VOC und einem Festkörperanteil von 35% ausgegangen.

Annahmen zur Ermittlung der Emissionsmengen, die bei den verschiedenen Prozessschritten entstehen können und von den Erfassungssystemen aufgenommen werden könnten.

- ▶ Ca. 3,5% der Lackeinsatzmenge werden beim Spülen nach Farbwechseln verbraucht.
- ▶ Spritzapplikation: 96,5% der Lackmenge werden in der Spritzkabine verwendet. Der Auftragswirkungsgrad für die Festkörper beträgt 65%.
- ▶ Im Overspray sind 35% der verspritzten Festkörper und 30% der VOC enthalten; 70% der VOC werden von der Abluft in der Spritzkabine erfasst und über Dach abgeleitet.
- ▶ Die Festkörper verbleiben in der Lackschicht, wenn das Auto zum Trockner gebracht bzw. im Trockner ist, während die VOC zu 100% aus dem Werkstück freigesetzt werden (kein Restlösemittel im Lack auf dem Auto).

In der Automobilserienlackierung kommen hauptsächlich die folgenden drei RMM-Technologien zur Behandlung der Luftemissionen zum Einsatz: Nasswäscher, Elektrofilter mit Nassabscheider und Trockenabscheidung.

Die Prinzipien und das Emissionsmuster aus Nasswäscher und E-Filter sind ähnlich. Daher werden diese beiden Technologien im Kapitel 3 gemeinsam am Beispiel des Nasswäschers beschrieben. Die Trockenabscheidung funktioniert anders und erzeugt kein Abwasser. Sie wird daher im Kapitel 6 beschrieben.

10 Wirksamkeitsermittlung des Nasswäschers

Im Folgenden wird eine wahrscheinliche, Mindestwirksamkeit⁵¹ des Nasswäschers ermittelt. Da Nass-Elektrofilter eine strukturell ähnliche Behandlungsmaßnahme darstellen, kann die Ableitung auf diese übertragen werden. Ggf. ist der Abscheidegrad in der ersten Vorbehandlungsstufe für den Nass-Elektrofilter anzupassen.

10.1 Schritt 2: Effizienz des Erfassungssystems

10.1.1 Abluft

Da beim Mischen und Dosieren keine oder nur sehr geringe Emissionen von Stoffen aus dem Lack auftreten, wird dieser Prozessschritt im Folgenden nicht betrachtet (s. Kapitel 2.1). Die Spritzkabine und der Trockner sind weitestgehend geschlossen und werden komplett abgesaugt. Der Weg zwischen Spritzkabine und Trockner ist ebenfalls an eine Abluftabsaugung angeschlossen.

In Tabelle 2 werden die zentralen Parameter für die Abschätzung der Wirksamkeit der Abluftabsaugung aufgeführt und erläutert. Die Erläuterungen unter „Beschreibung“ illustrieren, wie ein Formulierer diese Angaben machen würde. Wenn keine Quellen für eine quantitative Beschreibung der Wirksamkeit existieren, werden Abschätzungen gemacht (Expertenbewertung).

Tabelle 25: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Abluftabsaugung

Parameter	Wert	Beschreibung
Funktionsweise		Abluft wird aus der Spritzkabine und dem Trockner abgesaugt. Durch den entstehenden Unterdruck werden diffuse Emissionen minimiert.
Anschlussstellen an Absaugung	100%	Spritzkabine ist geschlossen; alle Emissionen werden gefasst. (Quelle: Expertenbewertung)
VOC	50%	Anschlussgrad des Trockners 50%. Für VOC sind diffuse Emissionen aus Schleusen, Spritzkabine und Trockner berücksichtigt. (Quelle: ACEA spERC; Expertenbewertung)
Feststoffe nicht relevant		
Anschluss an den Prozess		Spritzkabine und Trockner: Abluft direkt installiert; Reinigungsschritte in Spritzkabine sind abgedeckt; Transportstrecken über Hallenabluft abgesaugt.
Anteil diffuser Emissionen	25%	Reinigungsprozesse in der Spritzkabine (Quelle: Expertenbewertung)
Nur VOC	50%	Emission zwischen Spritzkabine und Trockner und aus Trockner (Quelle: ACEA spERC; Expertenbewertung)
	0%	Keine diffusen Emissionen aus der Spritzkabine
Anteil gefasster Emissionen	75%	Reinigungsprozesse
	50%	Trocknerabluft
	100%	Spritzkabine (Quelle: s.o.)
Gesamteffizienz	83%	Ermittelt durch Stoffflussanalyse, s. Erläuterungen in 3.1.3
Diskontinuierliche Fahrweise		Nein, Prozess ist kontinuierlich und Abluftefassung wird nur für Wartungsarbeiten abgestellt.
Störfaktoren?		Keine bekannt

⁵¹ Da die Wirksamkeit einer RMM von vielen unterschiedlichen Faktoren abhängt, ist es nicht möglich eine definitive Wirksamkeit zu bestimmen. Stattdessen wird ein Wert abgeleitet, von dem angenommen wird, dass die Technologie diesen erreichen kann.

10.1.2 Abwasser

Die Prozesse Spritzlackieren und Trocknen sind grundsätzlich wasserfrei. Geringfügige Mengen an Abwasser (Wasseranteil hängt von der Art des Lackes ab) entstehen lediglich bei und durch die Reinigung der Spritzanlage. In Tabelle 3 werden die zentralen Informationen zur Abschätzung der Wirksamkeit des Erfassungssystems für das Abwasser aufgeführt.

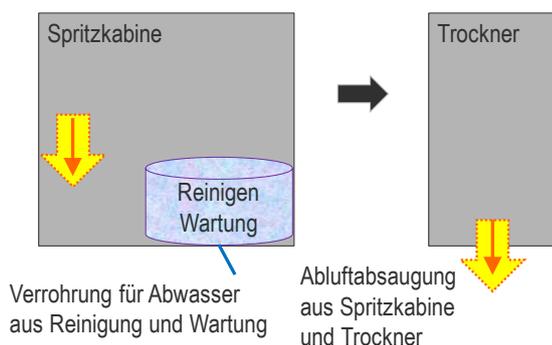
Tabelle 26: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Abwasserfassung

Parameter	Wert	Beschreibung
Vollständigkeit der Erfassung; Erzeugung von Teilströmen		Abwasser aus Reinigung vollständig erfasst. Die Sticheleitungen und Glocken werden durchspült und die Spüllösung separat aufgefangen und als Ganzes entsorgt (keine Teilströme)
Ist der Prozess kontinuierlich?		Reinigungsprozesse sind diskontinuierlich. Kein Einfluss auf die Erfassungseffizienz
Anteil nicht erfasstes Abwasser	0%	Gesamtes Abwasser wird erfasst (Quelle: Expertenbewertung)
Anteil des Abwassers, das erfasst und der Behandlung zugeführt wird	100% 75%	Feststoff VOC Gesamtes Abwasser aus Reinigung wird entsorgt; 25% der VOC emittieren beim Spülen in die Spritzkabine (→ Ablufferfassung). (Quelle: Expertenbewertung)
Störfaktoren	0%	Nichts bekannt

Das Abwasser aus der Reinigung wird entweder als Abfall entsorgt oder aufbereitet; d.h. das Lösemittel wird zurückgewonnen und der Lackschlamm wird thermisch verwertet (hier nicht betrachtet).

In Abbildung 2 wird das Erfassungssystem für Abluft und Abwasser schematisch dargestellt. Da die Stoffe aus der Abluft in der Spritzkabine erfasst (gelbe Pfeile) und abgeschieden werden, erscheint die Trennung in die Freisetzung aus dem Prozess und die Erfassung in die Risikomanagementmaßnahme etwas „künstlich“, ist jedoch sinnvoll, um die Wirksamkeit vollständig und transparent zu ermitteln. Beim Trockner ist die Ablufferfassung keine integrierte, sondern eine separate RMM-Stufe.

Abbildung 15: Erfassungssystem für Abluft und Abwasser



10.1.3 Erläuterungen zur Abschätzung der Wirksamkeit

Die Wirksamkeit der Ablufferfassung bzgl. der flüchtigen Verbindung wird gemeinsam für die gesamte Strecke von der Spritzkabine bis zum Trockner betrachtet, obwohl diese von unterschiedlichen Systemen gefasst werden, da in beiden Fällen keine Behandlung erfolgt. Da Feststoffe nicht in die Abluft emittieren wird auch

keine Wirksamkeit des Erfassungssystems für die Luft abgeleitet.⁵² Die Berechnung der Gesamtwirksamkeit der Ablufferfassung wird in der folgenden Textbox illustriert.

Die Erfassung des Abwassers aus der Reinigung und Wartung ist vollständig. Für die flüchtigen Verbindungen wird von einer Verdunstung von 25% der Emissionen ausgegangen⁵³. Für die verbleibenden 75% VOC wird angenommen, dass diese mit dem Reinigungsabwasser extern entsorgt werden.

Berechnung der Wirksamkeit der Erfassung (Abluft / VOC)				
Quelle	Primäremission (kg)	Weitere Emission (kg)	Erfassungsgrad (%)	Diffus (kg)
VOC in verspritztem Lack	72,4		100%	0
Reinigung	2,6		25	1,95
Trockner		21,7 (VOC in Lackoberfläche)	50	10,86

Gesamtwirksamkeit
 $RMM_{\text{Eff}} = 100 - (E_{\text{Luft,diffus}} / F_{\text{Luft,primär}}) = 1 - (1,95 + 10,86) / (72,4 + 2,6) = 12,81 / 75 = 0,829 = 83\%$

10.2 Schritt 3: Effizienz der Vorbehandlung

10.2.1 Abluft

Die Abluft aus dem Trockner wird nicht vorbehandelt.

10.2.2 Abwasser (aus Abluft)

Aus der Abluft in der Spritzkabine werden die Feststoffe, die nicht auf der Karosserieoberfläche verbleiben in das Washwasser überführt. Die beim Spritzen freigesetzten VOC verteilen sich zu unterschiedlichen Anteilen auf das Werkstück (Restmenge im Lack), die Abluft sowie das Washwasser.

Aus dem Washwasser wird kontinuierlich Schlamm abgezogen, der hauptsächlich aus Wasser und den Feststoffen des Lackes besteht, sowie einem geringen Anteil der flüchtigen Verbindungen. Der Schlamm wird einer chemisch-physikalischen Behandlung (CPB) unterzogen. In der CPB entstehen Abwasser aus der Schlammeindickung, das in die kommunale Kläranlage eingeleitet wird, und eingedickter Schlamm, der als Abfall entsorgt wird.

Das Washwasser des Wäschers wird mindestens 2 Mal pro Jahr komplett ausgetauscht und, nach Vorbehandlung in der CPB in das kommunale Abwasser eingeleitet. Hierbei werden die im Washwasser enthaltenen Feststoffe und flüchtigen Verbindungen in die kommunale Kläranlage freigesetzt.

Tabelle 4 enthält die Beschreibungen und Quantifizierungen zentraler Parameter der Wirksamkeit des Abluftwäschers, der als Maßnahme zur Vorbehandlung angesehen wird, da der Emissionsstrom „Abluft“ entfrachtet wird, die Stoffe darin jedoch nicht zerstört oder endgültig von der Umwelt abgetrennt werden.

Tabelle 27: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit des Wäschers⁵⁴

Parameter	Wert	Beschreibung
-----------	------	--------------

⁵² Emissionen von Feststoffen mit dem Overspray werden in der Vorbehandlungsstufe „Wäscher“ erfasst und nicht als Luftemission im engeren Sinne gewertet.

⁵³ Expertenbewertung: Aus Informationen der Automobilindustrie kann abgeleitet werden, dass ca. 50% der Lackmenge aus den Leitungen und 50% aus den Glocken herausgespült werden. Das Reinigungsmittel wird durch spezifische Vorrichtungen direkt aufgefangen und separat entsorgt. Da lediglich ein Teil des Lackes bei der Reinigung versprüht wird, wird für den Lackanteil, der bei der Reinigung ausgespült wird, von einer geringeren Luftemission ausgegangen, als beim Spritzen.

⁵⁴ Die Werte zur Wirksamkeit sind teilweise dem spERC von ACEA zur Spritzlackierung mit lösemittelbasierten Lacken entnommen. Da beim spERC die RMM-Stufen nicht getrennt betrachtet werden, sind hierbei einige Annahmen getroffen worden.

Parameter	Wert	Beschreibung
Funktionsweise		Die Stoffe in der Abluft werden in das Wäscherwasser, das im Umlauf geführt wird überführt. Der überwiegende Teil der Feststoffe und ein kleiner Teil der flüchtigen Stoffe setzen sich in einem Sammelbecken als Schlamm ab und werden kontinuierlich abgezogen (→ CPB). Die im Wasser gelösten Feststoffe und VOC werden periodisch (2 X pro Jahr) nach Vorbehandlung in der CPB in das kommunale Abwasser entsorgt.
Für welche Art von Stoffen wird die Maßnahme verwendet?		Das Verfahren wird primär zur Entfernung wasserlöslicher Stoffe sowie von Feststoffen aus der Abluft eingesetzt
Welcher Prozentsatz des Stoffes im Lacknebel wird in das Waschwasser überführt?	9,5% 98%	VOC Feststoffe (Quelle: ACEA spERC; DFIU Merkblatt; Expertenbewertung) Für die VOC, welche mit dem Overspray in den Wäscher gelangen wird abgeschätzt, dass ca. 9,5% im Waschwasser gelöst werden (und 90,5% werden in die Abluft der Spritzkabine emittiert). Die VOC verteilen sich im Wäscher zu 7,5% in das Wasser und 2% sind im Schlamm gebunden. Die Feststoffe, die nicht auf dem Werkstück verbleiben werden überwiegend mit dem Overspray in das Waschwasser ausgetragen. Ca. 1% emittiert in die Abluft ⁵⁵ . Die Menge im Waschwasser verteilt sich zu 1% ins Wasser und zu 98% in den Schlamm. ⁵⁶
Werden Stoffe im Waschwasser zerstört	0%	In der Vorbehandlung durch den Wäscher erfolgt keine Zerstörung, da alle Stoffe hydrostabil sind. Dieser Wert ist worst case und beruht auf logischer Ableitung. (Quelle: Expertenbewertung)
Störfaktoren		Keine bekannt.

10.2.3 Chemisch-physikalische Behandlung

Die Wirksamkeitsbetrachtungen der CPB beziehen sich, obwohl es sich um Abwasser handelt, auf die Emissionsminderungsrate für die Abluft⁵⁷ da hier die primären Emissionen entstehen und die Maßnahme als RMM-Vorbehandlung und nicht als Bestandteil des Prozesses angesehen wird.

Die chemisch-physikalische Behandlung (CPB) besteht aus einer Koagulierung, Abtrennung und schrittweisen Entwässerung des Lackschlammes. Der daraus entstehende eingedickte Schlamm wird als Abfall entsorgt, das Abwasser wird in die kommunale Kläranlage eingeleitet. Die folgende Tabelle fasst die relevanten Informationen zur Wirksamkeit der CPB zusammen.

Tabelle 28: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der CPB

Parameter	Wert	Beschreibung
Informationen zur		Feststoffe werden unter Zugabe von Hilfsmitteln „verklumpt“

⁵⁵ Siehe DFIU: BAT zu Lackanwendung; s. 55 Abschnitt 2.4.2.1

⁵⁶ Sollten Feststoffe in der Spritzkabine verbleiben würden diese entweder mit der Reinigung ausgetragen werden (→ 100% Abfall = gemindert) oder in der Kabine aushärten und ebenfalls nicht in die Umwelt emittiert. Ein Transfer in das Waschwasser führt zu geringeren Wirksamkeiten bei der Emissionsminderung, weswegen die Annahme von 100% Aufnahme in den Wäscher einen worst – case abbildet.

⁵⁷ In der Stoffsicherheitsbeurteilung wird die Risikocharakterisierungsrate für das Abwasser aus der Emission der chemisch-physikalischen Behandlung als Eingangsmenge für die kommunale Kläranlage verwendet.

Parameter	Wert	Beschreibung
Funktionsweise		und vom Wasser getrennt (Flotieren, Sedimentieren etc.). VOC können teilweise an den Feststoffen gebunden bleiben; der größte Anteil verdunstet jedoch in der CPB
Verwendung für		Entfernung von Feststoffen, Schwermetallen, Sulfaten und Phosphaten sowie Öle und Fetten.
Prozentsätze zur Auftrennung	0/10/90% 10/90/0%	Aufteilung VOC in Wasser / Schlamm / Luft Aufteilung Feststoffe in Wasser / Schlamm / Luft (Quelle: Expertenbewertung)
Werden Stoffe in der CPB zerstört?	Nein	Eine Zerstörung ist unwahrscheinlich
Störfaktoren		Koagulation kann durch Anwesenheit von Komplexbildnern gestört werden

10.2.4 Ermittlung der Wirksamkeit

Die Wirksamkeit der Vorbehandlungsmaßnahmen wurde in Ermangelung konkreter Daten abgeschätzt. Die Trennleistung der CPB ist für die Ermittlung der Wirksamkeit wichtig, da die Endbehandlung des Abwassers und die Endbehandlung des Schlammes eine unterschiedliche Effizienz haben. Eine Ermittlung der Gesamtwirksamkeit der Vorbehandlung ist nicht sinnvoll und erfolgt daher nicht.

10.3 Schritt 4: Effizienz der Endbehandlung

10.3.1 Abluft

Die Abluft aus dem Trockner wird vollständig in die betriebliche thermische Nachverbrennung (TNV) überführt. Informationen zur Ermittlung der Wirksamkeit der TNV werden in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 29: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der TNV

Parameter	Wert	Beschreibung
Funktionsprinzip?		Zerstörung organischer Verbindungen durch Hitze
Welcher Anteil der Emission wird zerstört?	99%	Abschätzung basierend auf Art der Stoffe (VOC) und Funktionsprinzip; Feststoffe werden nicht mit der Abluft eingetragen (Quelle: Expertenbewertung)
Anteil der abgeschieden und ggf. weiter behandelt oder von der Umwelt endgültig abgetrennt wird (z.B. Deponie)?	0%	Rückstandslose Endbehandlung für VOC. (Quelle: Expertenbewertung)
Freigesetzter Anteil	1%	Restemission; s.o.
Störfaktoren		Keine bekannt

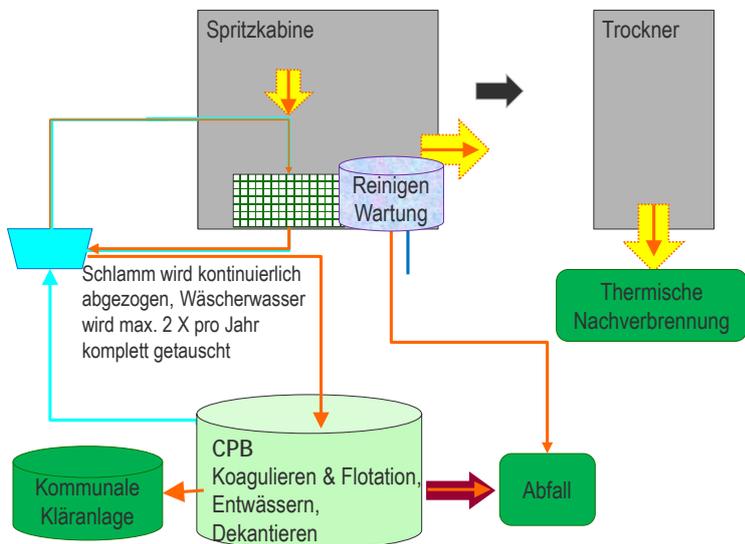
10.3.2 Abwasser (aus Abluft)

Das Abwasser (aus Wäscherwasser und Schlamm aus dem Wäscher) wird aus der CPB in die kommunale Kläranlage emittiert. Die dort stattfindende Endbehandlung wird nicht betrachtet. Der Anteil der Stoffe, der in die Kläranlage eingeleitet wird, entspricht dem mit dem Abwasser freigesetzten Anteil der Primäremission in die Abluft.

10.4 Schritt 5: Effizienz der Gesamt-RMM (Nasswäscher)

Die Effizienz der Gesamt-RMM ermittelt sich aus den Wirksamkeiten der verschiedenen RMM-Stufen unter Berücksichtigung der verschiedenen Teilemissionsströme. Die RMM sind in der Abbildung 3 zusammenfassend dargestellt.

Abbildung 16: Gesamt-RMM beim Lackieren (Nasswäscher)



Da das Abwasser erst durch die RMM entsteht, wird die gesamte betriebliche Emissionsbehandlung dem Luftpfad zugerechnet (RMM für die Abluftbehandlung).

Die RMM-Effizienz ist unabhängig von der Einsatzmenge. Für die Ermittlung der Gesamtwirksamkeit anhand einer Beispielrechnung wird daher eine fiktive Einsatzmenge von 5 kg Lack mit einem VOC-Anteil von 15% und einem Feststoffanteil von 35% angenommen. Die Menge des beispielhaft betrachteten VOC beträgt 0,75kg hierin und die des Feststoffes beträgt 1,75 kg.

Eine Stoffflussanalyse durch die RMM wird in Tabelle 7 gegeben. Hierbei sind die einzelnen RMM – Stufen farblich voneinander abgegrenzt. In der ersten Zeile zu jeder RMM – Stufe bzw. Maßnahme wird die jeweilige Eingangsmenge angegeben, die sich ergibt:

- ▶ für die Erfassung aus der Primäremission
- ▶ für die Vorbehandlung aus der Wirksamkeit der Erfassung und der Primäremission, also der „Ausgangsmenge“ aus dem Erfassungssystem und
- ▶ für die Endbehandlung aus den Stoffmengen, die durch die Vorbehandlung in die jeweiligen weiteren Behandlungsschritte aufgetrennt werden

In den folgenden Zeilen (jeweils dunkler gefärbt) werden die Mengen der VOC bzw. Feststoffe, die freigesetzt oder weiter behandelt werden aufgelistet und in den letzten Zeilen einer RMM stehen die Faktoren, die zur Berechnung der Mengen verwendet wurden.

Tabelle 30: Stoffflüsse VOC und Feststoff durch die RMM

Prozessschritt	VOC	Feststoff	Einheit	Erläuterung / Informationsquelle
1 Eingangsmenge Prozess	75	1,75	kg	Wasserbasiert, 15% VOC Gehalt und 35% FK

	Prozessschritt	VOC	Feststoff	Einheit	Erläuterung / Informationsquelle
2	Reinigung				Kapitel 2.2, Tabelle 2 und Tabelle 3
3	Input Reinigung (Primäremission)	2,63	0,061	kg	Teil der Gesamtprimäremission, der im Zuge der Reinigung freigesetzt wird
4	Emission Reinigung --> Luft	0,66	0,00	kg	Diffus Emission in die Abluft
5	Emission --> Abfall	1,97	0,061	kg	Lösemittelaufbereitung und thermische Verwertung oder Abfall (gemindert)
6	Lackverluste beim Farbwechsel	3,50	3,50	%	Wert aus Information über Verbrauchswerte aus 2010
7	Emissionsfaktor	25	100	%	50% aus Stichleitung direkt aufgefangen und 50% aus Glocke. Für VOC 50% Verdunstung des Anteils aus der Glocke
8	Spritzkabine				Kapitel 2.2, Tabelle 2 und Tabelle 3
9	Verspritzte Menge (Eingangsmenge)	72,4	1,69	kg	Gesamteinsatzmenge (fiktiv) minus Anteil in Reinigung freigesetzter Anteil
10	Menge auf Werkstück	21,7	1,10	kg	Wirkungsgrad mal Lackeinsatz
11	Menge als Lacknebel (Primäremission)	50,7	0,59	kg	Menge, die in der Kabine beim Spritzen freigesetzt wird. Teil der Primäremission
12	Auftragswirkungsgrad	30,0	65,0	%	Annahme: 70% der VOC in verspritzten Lack in Abluft, restlicher Anteil verbleibt zunächst in der Lackschicht
13	TNV				Kapitel 3.3.1 und Tabelle 6
14	Eingangsmenge Trockner	21,7	1,098	kg	Menge, die auf dem Werkstück vorhanden ist; Feststoffe verbleiben (siehe Zeile 10)
15	Diffuse Luftemission (Schleusen etc.) aus Trockner	10,86	0	kg	Emission auf dem Weg zum und im Trockner; Feststoffe emittieren nicht in die Luft
16	Eingangsmenge TNV	10,9	1,098	kg	Menge, die von der Trocknerabluft aufgenommen wird
17	Restemission TNV	0,1	0	kg	Menge, die nach der TNV freigesetzt wird
18	Emission gemindert TNV	10,7	0	kg	In TNV zerstörte Menge (gemindert)
19	Diffuse Emission Trockner (Faktor)	50,0	0	%	ACEA spERC: Erfassungsgrad Trocknerabluft 5-50%
20	Zerstörung TNV (Faktor)	99	0	%	Geschätzter Wert für VOC
21	Wäscher				Kapitel 3.2.2 und Tabelle 4
22	Eingangsmenge Wäscher (Lacknebel)	50,7	0,59	kg	Primäremission in Spritzkabine, ohne Reinigung (s. Zeile 11)
23	Luftemission aus Lacknebel	45,8	0,0059	kg	Gefasste, freigesetzte Emission
24	Emission in Lackschlamm	1,0	0,58	kg	Menge, die im Wäscher in den Schlamm überführt wird; wird in CPB eingeleitet
25	Emission in Wäscherwasser	3,8	0,0059	kg	Menge, die im Wäscherwasser verbleibt, Einleitung in CPB, dann Kläranlage

	Prozessschritt	VOC	Feststoff	Einheit	Erläuterung / Informationsquelle
26	Freisetzungsfaktor Luft	90,5	1	%	BVT Lackanwendungen
27	Trennungsgrad Lack-schlamm	2	98	%	ACEA spERC Fact Sheet 99%; 1% für Luftemission abgezogen aus BVT Lack
28	Trennungsgrad Wasser	7,5	1	%	ACEA spERC Fact Sheet
29	CPB (Lackschlamm)				Kapitel 3.2.3 und Tabelle 5
30	Eingangsmenge CPB	1,0	0,58	kg	Menge, die mit Lackschlamm in CPB behandelt wird (eindicken) (siehe Zeile 24)
31	Menge in Abwasser (an ARA)	0	0,058	kg	Menge, die aus dem CPB Abwasser in die Kläranlage freigesetzt wird
32	Menge in Schlamm (an Abfall)	0,101	0,52	kg	Menge, die als Schlamm entsorgt wird (gemindert)
33	Menge in Abluft (dif-fus)	0,912	0	kg	Menge, die in die Abluft freigesetzt würde
34	% in Abwasser	0	10	%	ACEA spERC: angenommene Effizienz der CPB; VOC überwiegend in Luft
35	% im Schlamm	10	90	%	ACEA spERC: angenommene Effizienz der CPB; VOC überwiegend in Luft
36	% in der Abluft	90	0	%	ACEA spERC: angenommene Effizienz der CPB; VOC überwiegend in Luft
37	CPB (Wäscherabwas-ser)				Kapitel 3.2.3 und Tabelle 5
38	Eingangsmenge CPB	3,8	0,0	kg	Menge, die im Wäscherwasser enthalten ist (siehe Zeile 25)
39	Menge in Abwasser (an ARA)	0	0,00059	kg	Menge, die aus dem CPB Abwasser in die Kläranlage freigesetzt wird
40	Menge in Schlamm (an Abfall)	0,380	0,0053	kg	Menge, die als Schlamm entsorgt wird (gemindert)
41	Menge in Abluft (dif-fus)	3,420	0	kg	Menge, die in die Abluft freigesetzt wird
42	% in Abwasser	0	10	%	s. Zeile 34
43	% im Schlamm	10	90	%	s. Zeile 35
44	% in der Abluft	90	0	%	s. Zeile 36

Die Informationen aus der Stoffflussanalyse werden in Tabelle 8 zusammengefasst und die insgesamt freigesetzten Emissionsmengen und die geminderten Menge werden addiert.

Tabelle 31: Zusammenfassung der Minderungs- und Freisetzungsmengen

Emission...	Menge VOC (g)	Menge Feststoff (g)	Menge VOC (%)	Menge Feststoff (%)
Primäremission (Reinigung & Spritzen)	75,00	0,65	100,0	100,0
Freisetzung mit der Abluft	61,8	0,001	82,4	0,9
Freisetzung mit dem Abwasser	0,0	0,059	0,0	9,0
Minderung durch Zerstörung	10,7	0	14,3	0

Minderung durch Entsorgung (Schlamm/Abfall)	2,5	0,588	3,3	90,1
Freisetzung gesamt	61,80	0,064	82,4	9,9
Minderung gesamt	13,20	0,59	17,6	90,1

Die Stoffflüsse sind in den beiden folgenden Abbildungen graphisch dargestellt.

Abbildung 17: Wirksamkeit der Gesamt-RMM (VOC)

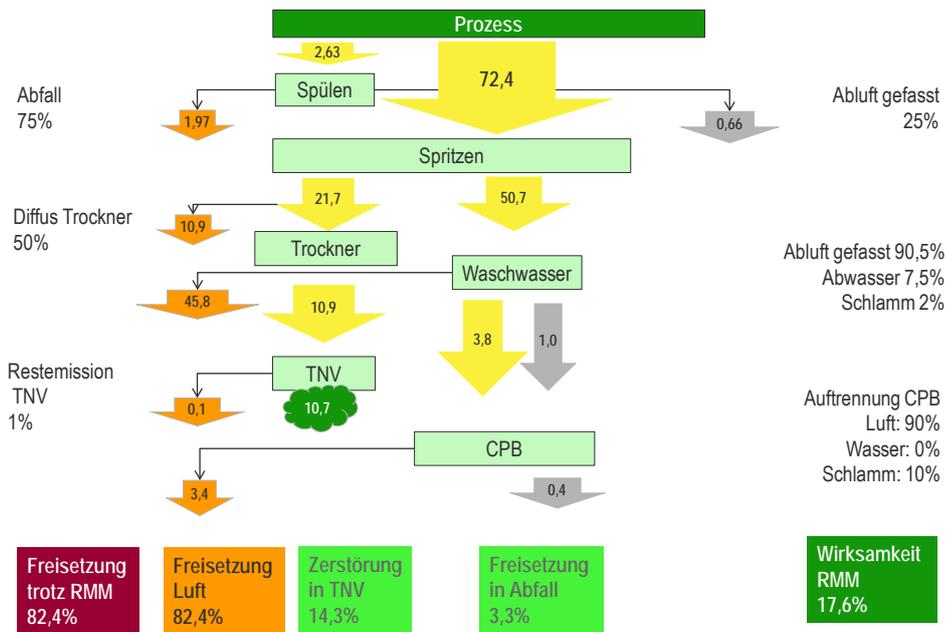
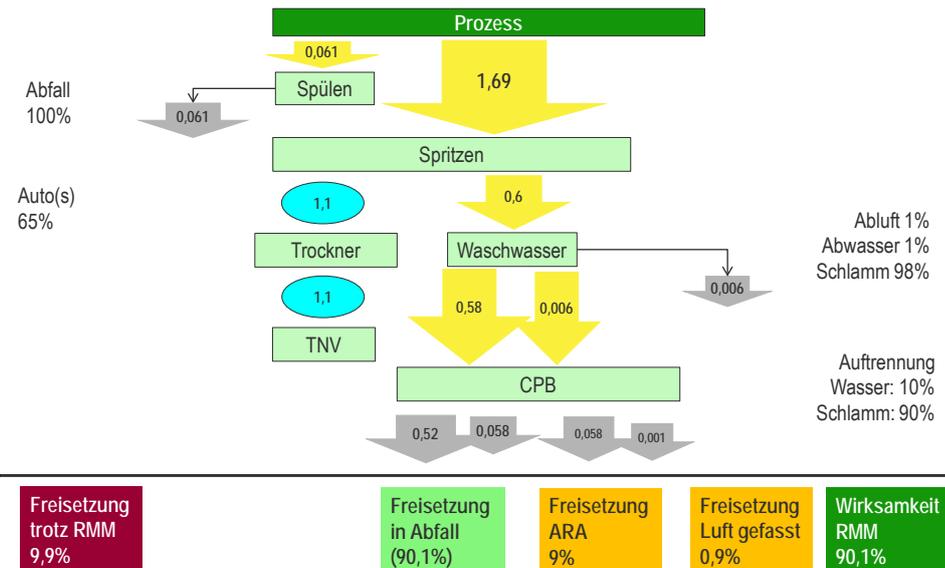


Abbildung 18: Wirksamkeit der RMM für Feststoffe



11 Schritt 6: Kommunikation an die Endanwender

Der Anwender des Spritzlackes soll mit dem Sicherheitsdatenblatt Information erhalten, die zur Umsetzung der sicheren Verwendung des Stoffes notwendig sind. Das heißt, der Registrant (und der Formulierer) müssen für den betrachteten Stoff

- a) die für die sichere Verwendung mindestens notwendige Wirksamkeit kommunizieren, die durch den Endanwender zu überprüfen und einzuhalten ist und sollten
- b) Hinweise darauf geben, welche RMM zur Erreichung der notwendigen Wirksamkeit als geeignet angesehen werden.

Im Folgenden wird dargestellt, wie die Kommunikation für flüchtige Verbindungen und für Feststoffe im Lack aussehen könnte. Diese Informationen könnten im Sicherheitsdatenblatt integriert werden oder in Form eines Expositionsszenarios (für das Gemisch) übermittelt werden.

11.1 Flüchtige Verbindungen

Zur Einhaltung der sicheren Verwendung ist keine Emissionsminderung für VOC notwendig.

Zur Einhaltung von VOC-Emissionsgrenzwerten nach IED bzw. zur Umsetzung „guter Praxis“ sollte mindestens die Trocknerabluft thermisch nachbehandelt werden und Reinigungsabwässer entweder extern als Abfall entsorgt oder emissionsfrei wieder aufbereitet werden.

11.2 Feststoffe im Lack

Zur sicheren Verwendung der Feststoffe im Lack ist eine Emissionsminderung mit 90%-iger Effizienz notwendig.

Diese Emissionsminderung kann unter anderem erreicht werden durch:

- ▶ Nasswäscher der Abluft aus der Spritzkabine mit chemisch-physikalischer Behandlung (Fällung / Sedimentation / Flotation der Feststoffe) des
 1. kontinuierlich anfallenden Wäscherwassers und Entsorgung des Schlammes als Abfall
 2. Wäscherwassers bei Komplettaustausch

Die Entsorgung von Reinigungsabwässern als Abfall führt ebenfalls zu einer Emissionsminderung.

12 Schritt 7: Dokumentation der RMM im CSR

Im CSR sollte dokumentiert sein, wie die theoretisch mögliche Wirksamkeit der empfohlenen RMM abgeleitet wurde. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Ableitung, es sei denn es liegen konkrete Messwerte aus realen Abwässern vor, in der Regel einen theoretisch möglichen Wert darstellen, der in der Praxis wahrscheinlich nicht erreicht werden kann.

Für die Dokumentation der RMM-Ableitung und der Wirksamkeitsermittlung sind im CSR – Format keine spezifische Vorgabe enthalten.

12.1 Flüchtige Verbindungen

Zur sicheren Verwendung der im Lack enthaltenen VOC ist keine Emissionsminderung notwendig.

Die folgenden Maßnahmen werden zur „guten Praxis“ bzw. zur Einhaltung der Grenzwerte der IED aufgrund der physikalisch-chemischen Eigenschaften der im Lack erwarteten VOC (flüchtig, gut wasserlöslich) als prinzipiell geeignet empfohlen:

- ▶ Erfassung der Trocknerabluft mittels einer direkt angeschlossenen Absauganlage
Wirksamkeit: 50% (Expertenbewertung)
- ▶ Thermische Nachverbrennung (mindestens) der Trocknerabluft
Wirksamkeit: > 99% (BVT-Merkblatt CWW; Expertenbewertung basierend auf Zerfallstemperatur der in Lacken verwendeten VOC)
- ▶ Erfassung von VOC im Abluftwäscher und Entsorgung mit dem Schlamm aus der CPB
Wirksamkeit: 30% (Expertenbewertung, ACEA spERC)

In Tabelle 2 bis Tabelle 6 sind weitere Informationen zu diesen Schritten enthalten. In Tabelle 7 und Tabelle 8 wird die Gesamtwirksamkeit der RMM ermittelt.⁵⁸

12.2 Feststoffe

Zur sicheren Verwendung der Feststoffe im Lack ist eine Emissionsminderung um 90% als notwendig ermittelt worden.

Aufgrund der Stoffeigenschaften (Feststoffe), wird die folgende Kombination von Maßnahmen als geeignet angesehen und wahrscheinlich zur Erreichung dieser Wirksamkeit ausreichend:

- ▶ Nasswäscher zur Erfassung der Abluft in der Spritzkabine und zum Abscheiden der Feststoffe
Wirksamkeit: 99% des Feststoffanteils aus dem Overspray (DFIU: BAT der Lackanwendung; S. 55);
- ▶ CPB zur Vorbehandlung des Wäscherwassers (kontinuierlich und bei Komplettaustausch des Wassers)
Wirksamkeit: Aufkonzentration der Feststoffe im Schlamm zu 90% (Expertenbewertung)
- ▶ Entsorgung des Schlamms aus der CPB als Abfall
Wirksamkeit: 100% (Externe Entsorgung)

In Tabelle 2 bis Tabelle 6 sind weitere Informationen zu diesen Schritten enthalten. In Tabelle 7 und Tabelle 8 wird die Gesamtwirksamkeit der RMM ermittelt.⁵⁸

⁵⁸ Diese Tabellen sollten dem CSR als Anhang beigefügt werden.

13 Wirksamkeitsermittlung der Trockenabscheidung

Der erste Schritt der Abgrenzung der Verwendung erfolgt analog Kapitel 2.

13.1 Schritt 2: Effizienz des Erfassungssystems

Die Informationen zur Effizienz des Erfassungssystems sind identisch mit denen für den Nasswäscher (s. Kapitel 3.1) und werden hier nicht erneut aufgeführt.

13.2 Schritt 3: Effizienz der Vorbehandlung

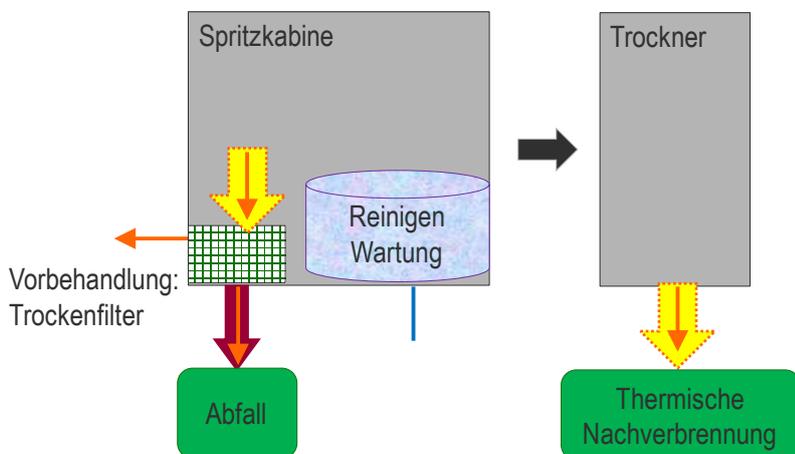
Der Overspray wird mit der Abluft durch den Trockenfilter geführt und abgeschieden. In der Reinluft sind Restgehalte an Partikeln sowie ein Großteil der VOC enthalten. Es wird angenommen, dass VOC teilweise im Overspray gebunden sind und mit dem Filterkuchen entsorgt werden. Die Wirksamkeit des Filters wird in Ermangelung von Daten abgeschätzt. Die Daten sind in Tabelle 9 aufgeführt.

Tabelle 32: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit des Trockenfilters

Parameter	Wert	Beschreibung
Informationen zur Funktionsweise		Der Trockenfilter fängt den Overspray auf und wird regelmäßig rückgespült. Die Feststoffe dabei als gefährlicher Abfall entsorgt; VOC sind teilweise an die Feststoffe gebunden.
Für welche Art von Stoffen wird die Maßnahme verwendet?		Partikel
Welcher Prozentsatz des Stoffes in der Emission wird in den Filterkuchen überführt	15% 98,5%	VOC (gebunden an Feststoffe) Feststoffe (Quelle: Expertenbewertung)
Werden Stoffe im Filter zerstört	0%	Es erfolgt keine Zerstörung (Quelle: Expertenbewertung)
Welche Stoffe / Parameter können die Vorbehandlung stören?		Keine bekannt

Eine schematische Übersicht über den Aufbau der Risikomanagementmaßnahme „Trockenabscheidung“ ist in Abbildung 6 dargestellt.

Abbildung 19: Gesamt-RMM beim Lackieren (Trockenabscheidung)



13.3 Schritt 4: Effizienz der Endbehandlung

Die Informationen zur Wirksamkeit der Thermischen Nachverbrennung sind identisch mit denen für das Beispiel des Nasswäscher (s. Kapitel 3.3.1) und werden hier nicht wiederholt.

13.4 Schritt 5: Effizienz der Gesamt-RMM (Trockenabscheidung)

Die Effizienz der Gesamt-RMM ermittelt sich aus den Wirksamkeiten der verschiedenen RMM-Stufen. Da lediglich Emissionen in die Luft sowie Abfälle entstehen, wird der Abwasserpfad nicht betrachtet. Für die Ermittlung der Wirksamkeit wird eine fiktive Einsatzmenge von 5 kg Lack mit einem VOC-Anteil von 15% und einem Feststoffanteil von 35% angenommen. Die konkrete Einsatzmenge beträgt 75g für einen VOC-Stoff und 1,75 kg für einen Feststoff. Die Wirksamkeitsberechnung ist in Tabelle 10 als Materialflussanalyse durch die RMM dargestellt.

Tabelle 33: Berechnung der Wirksamkeit der RMM für VOC und Feststoff

		VOC	Feststoff	Einheit	
1	Eingangsmenge Prozess	75	1,75	kg	Wasserbasiert, 15% VOC-Gehalt und 35% FK
2	Reinigung				Kapitel 2.2, Tabelle 2 und Tabelle 3
3	Input Reinigung (Primäremission)	2,63	0,061	kg	Teil der Gesamtprimäremission
4	Emission Reinigung --> Luft	0,66	0	kg	Diffus in die Abluft
5	Emission --> Abfall	1,97	0,06125	kg	Lösemittelaufbereitung und thermische Verwertung oder Abfall
6	Lackverluste beim Farbwechsel	3,50	3,50	%	Wert aus Information über Verbrauchswerte aus 2010
7	Emissionsfaktor	25	100	%	50% aus Stichleitung direkt aufgefangen und 50% aus Glocken. 50% der VOC 50% aus Glocken verdunstet
8	Spritzkabine				Kapitel 2.2, Tabelle 2 und Tabelle 3
9	Verspritzte Menge (Eingangsmenge)	72,4	1,689	kg	Einsatzmenge (Zeile 1) minus Verluste durch Reinigung (Zeile 3)
10	Menge auf Werkstück	21,7	1,098	kg	Wirkungsgrad mal Lackeinsatz;
11	Menge als Lacknebel (Primäremission)	50,7	0,591	kg	Menge, die beim Spritzen in die Kabine freigesetzt wird.
12	Auftragswirkungsgrad	30,0	65,0	%	Annahme: aus verspritztem Lack bleiben ca. 70% VOC in der Abluft, Rest verbleibt zunächst in der Lackschicht
13	TNV				Kapitel 3.3.1 und Tabelle 6
14	Input Trockner	21,7	1,098	kg	Menge auf dem Werkstück; Feststoffe verbleiben (Zeile 10)
15	Diffuse Luftemission (Schleusen etc.) aus Trockner	10,86	0	kg	Emission auf dem Weg zum und im Trockner; Feststoffe emittieren nicht in die Luft
16	Eingangsmenge TNV	10,9	1,098	kg	Menge, die von der Trocknerabluft aufgenommen wird
17	Restemission TNV	0,1	0	kg	Menge, die nach der TNV freigesetzt

		VOC	Feststoff	Einheit	
18	Emission gemindert TNV	10,7	0	kg	wird In TNV zerstörte Menge (gemindert)
19	Diffuse Emission Trockner (Faktor)	50,0	0	%	ACEA spERC: Erfassungsgrad Trocknerabluft 5-50%
20	Zerstörung TNV (Faktor)	99	0	%	Geschätzter Wert
21	Trockenfilter				Kapitel 6.2 und Tabelle 9
22	Eingangsmenge Filter	50,7	0,59	kg	Menge, die in Lackierkabine freigesetzt wird (Zeile 11)
23	Gefasste Emission nach Filter	43,06	0,01	kg	Luftemission nach Filter
24	Menge im Filterabfall	7,60	0,58	kg	Menge, die im Filter verbleibt und entsorgt wird
25	Freisetzungsfaktor Luft	85	1,5	%	VOC geschätzt, Feststoff nach VDI RL
26	Freisetzungsfaktor Abfall	15	98,5	%	VOC geschätzt, Feststoff nach VDI RL

Die Gesamtfreisetzungs- und Emissionsmengen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Tabelle 34: Gesamtemissionen und Wirkungsgrade

Gesamteinsatzmenge	VOC (g)	Feststoff (g)	VOC (%)	Feststoff (%)
Primäremission (Reinigung und Spritzen)	75,00	0,65	100	100
Freisetzung mit der Abluft	54,7	0	72,9	1,4
Minderung durch Zerstörung	10,7	0	14,3	0
Minderung durch Entsorgung (Schlamm/Abfall)	9,6	0,64	12,8	98,6
Freisetzung gesamt	54,68	0,01	72,9	1,4
Minderung gesamt	20,32	0,64	27,1	98,6

Die Stoffflüsse sind in der Abbildung 7 und der Abbildung 8 dargestellt.

Abbildung 20: Wirksamkeit der RMM für VOC

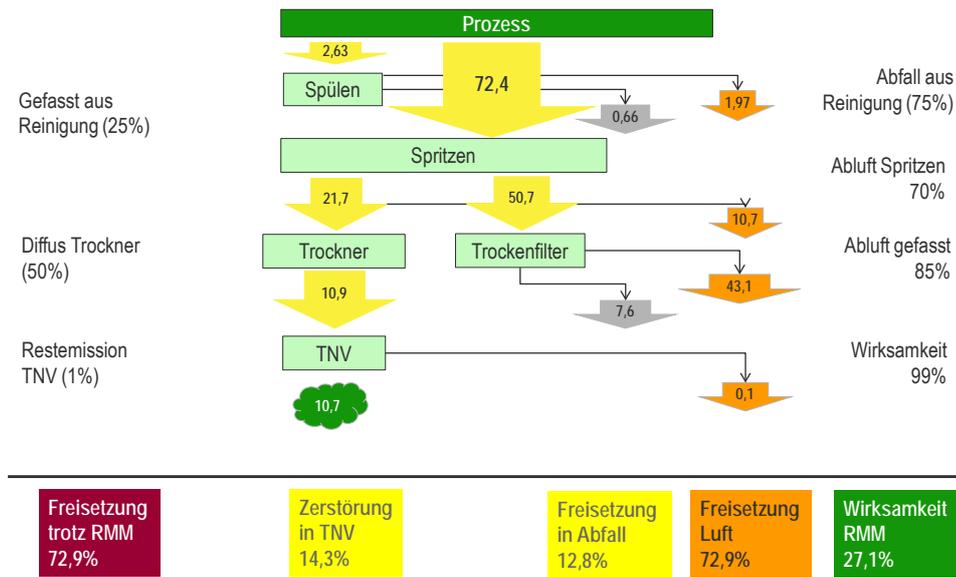
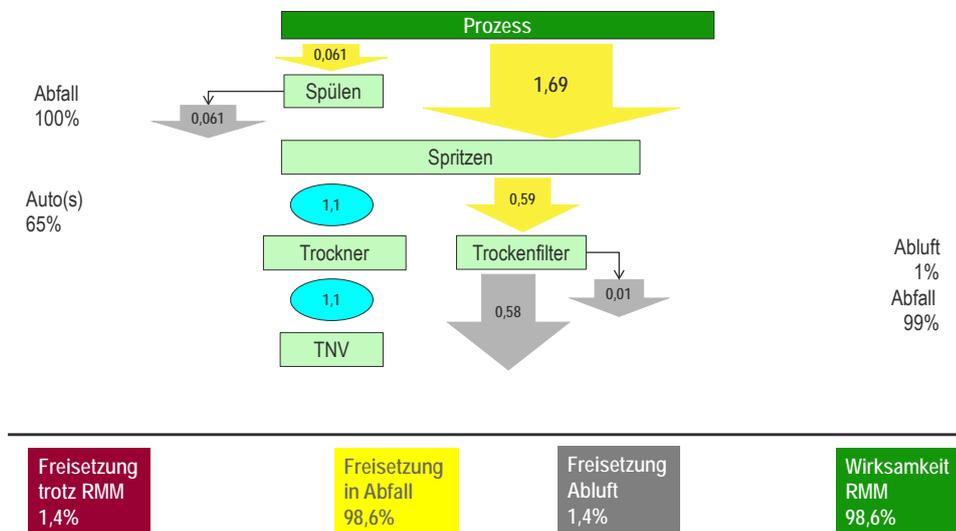


Abbildung 21: Wirksamkeit der RMM für Feststoffe



14 Schritt 6: Kommunikation an die Endanwender

Der Anwender des Spritzlackes soll mit dem Sicherheitsdatenblatt Information erhalten, die zur Umsetzung der sicheren Verwendung des Stoffes notwendig sind. Das heißt, der Registrant (und der Formulierer) müssten für den betrachteten Stoff

- a) die für die sichere Verwendung mindestens notwendige Wirksamkeit kommunizieren, die durch den Endanwender zu überprüfen und einzuhalten ist und sollten
- b) Hinweise darauf geben, welche RMM zur Erreichung der notwendigen Wirksamkeit als geeignet angesehen werden.

Im Folgenden wird dargestellt, wie die Kommunikation für flüchtige Verbindungen und für Feststoffe im Lack aussehen könnte. Diese Informationen könnten im Sicherheitsdatenblatt integriert werden oder in Form eines Expositionsszenarios (für das Gemisch) übermittelt werden.

14.1 Flüchtige Verbindungen

Zur Einhaltung der sicheren Verwendung ist keine Emissionsminderung für VOC notwendig.

Zur Einhaltung von VOC-Emissionsgrenzwerten nach IED bzw. zur Umsetzung „guter Praxis“ sollte mindestens die Trocknerabluft thermisch nachbehandelt werden und Reinigungsabwässer entweder extern als Abfall entsorgt oder emissionsfrei wieder aufbereitet werden.

14.2 Feststoffe

Zur sicheren Verwendung der Feststoffe im Lack ist eine Emissionsminderung mit 90%-iger Effizienz notwendig.

Diese Emissionsminderung kann unter anderem durch den Einsatz eines Trockenfilters erreicht werden, wenn der Filterkuchen als Abfall entsorgt wird. Die Entsorgung von Reinigungsabwässern als Abfall führt ebenfalls zu einer Emissionsminderung.

15 Schritt 7: Dokumentation der Ableitung der RMM-Wirksamkeit

Im CSR sollte dokumentiert sein, wie die theoretisch mögliche Wirksamkeit der empfohlenen RMM abgeleitet wurde. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Ableitung, es sei denn es liegen konkrete Messwerte aus realen Abwässern vor, in der Regel einen theoretisch möglichen Wert darstellen, der in der Praxis wahrscheinlich nicht erreicht werden kann.

Für die Dokumentation der RMM-Ableitung und der Wirksamkeitsermittlung sind im CSR – Format keine spezifische Vorgabe enthalten.

15.1 Flüchtige Verbindungen

Zur sicheren Verwendung der im Lack enthaltenen VOC ist keine Emissionsminderung notwendig.

Die folgenden Maßnahmen werden zur „guten Praxis“ bzw. zur Einhaltung der Grenzwerte der IED aufgrund der physikalisch-chemischen Eigenschaften der im Lack erwarteten VOC (flüchtig, gut wasserlöslich) als prinzipiell geeignet empfohlen:

- ▶ Erfassung der Trocknerabluft mittels einer direkt angeschlossenen Absauganlage
Wirksamkeit: 50% (Expertenbewertung)
- ▶ Thermische Nachverbrennung (mindestens) der Trocknerabluft
Wirksamkeit: > 99% (BVT-Merkblatt CWW; Expertenbewertung basierend auf Zerfallstemperatur der in Lacken verwendeten VOC)
- ▶ Trockenabscheidung des Lacknebels in der Spritzkabine, Entsorgung adsorbierter VOC
Wirksamkeit: 15% (Expertenbewertung)

In Tabelle 2, Tabelle 6 und Tabelle 9 sind weitere Informationen zu diesen Schritten enthalten. In Tabelle 10 und Tabelle 11 wird die Gesamtwirksamkeit der RMM ermittelt.⁵⁹

15.2 Abluftreinigung Feststoffe

Zur sicheren Verwendung der Feststoffe im Lack ist eine Emissionsminderung um 90% als notwendig ermittelt worden. Aufgrund der Stoffeigenschaften (Feststoffe), wird die folgende Kombination von Maßnahmen als geeignet angesehen und wahrscheinlich zur Erreichung dieser Wirksamkeit ausreichend:

- ▶ Trockenabscheidung des Lacknebels in der Spritzkabine und Entsorgung des Filterkuchens als Abfall
Wirksamkeit: 98,5% des Feststoffanteils aus dem Overspray (Expertenbewertung,).

In Tabelle 9 sind weitere Informationen zu diesem Schritt enthalten. In Tabelle 10 und Tabelle 11 wird die Gesamtwirksamkeit der RMM ermittelt.⁵⁹

⁵⁹ Diese Tabellen sollten dem CSR als Anhang beigefügt werden.

16 Schlussfolgerungen aus dem Beispiel

Für die Ableitung der Wirksamkeit der RMM sind die konkreten Emissionsfaktoren aus den einzelnen Prozessschritten notwendig, insbesondere, um die Wirksamkeit des Erfassungssystems abzuleiten. In diesem Beispiel konnte eine Emissionsquelle (Dosierung des Lackes) wegen des sehr geringfügigen Beitrags zur Gesamtemission vernachlässigt werden.

Bei RMM, wie dem Nasswäscher oder dem Trockenabscheider, die in der Spritzkabine integriert sind, wirkt die Unterscheidung in Prozess und Risikomanagementmaßnahme teilweise kompliziert und künstlich, ist aber für eine transparente Ableitung der RMM – Wirksamkeit hilfreich.

In diesem Beispiel werden Emissionen in die Luft durch die RMM (Wäscher / Nass-Elektrofilter) auf einen anderen Emissionspfad, nämlich das Wasser, überführt. Durch den Wäscher / Nass-Elektrofilter entsteht also ein neuer Emissionspfad Abwasser, der in der Stoffsicherheitsbeurteilung für die Ermittlung möglicher Risiken für die Umwelt berücksichtigt werden muss. Da die Maßnahme aber zur Minderung der Primäremission in die Luft eingesetzt wird, wird sie als luftseitige RMM betrachtet.

Das schrittweise Vorgehen im Leitfaden und die Tabellen für jede RMM-Stufe unterstützen die Identifizierung notwendiger Informationen zur Ableitung der RMM-Wirksamkeit und –Auslegung. Insbesondere die Vergegenwärtigung des RMM-Funktionsprinzips unterstützt eine erste logische Ableitung von Effizienzwerten und/oder Plausibilitätsprüfungen von Werten aus anderen Quellen.

Informationen zu Stoffen oder Parametern, die die Wirksamkeit der RMM störenden liegen nur teilweise vor. Allerdings sind Kenntnisse von Störfaktoren eher auf die Funktionstüchtigkeit einer RMM-Anlage ausgerichtet und nicht die Effizienzminderung bezüglich eines (oder mehrerer) Stoffe.

Da die RMM-Wirksamkeit normalerweise mengenunabhängig ist aber auf einen bestimmten Stoff bezogen sein sollte, können diese anhand der Stoffeigenschaften und fiktiver Anwendungsmengen abgeschätzt werden. Hierbei sollten die Emissionspfade Luft und Wasser (und Boden, wenn relevant) getrennt gehalten werden, um die Wirksamkeiten den jeweiligen Pfaden und Anlagen zuordnen zu können.

Es sollte berücksichtigt werden, dass sämtliche Annahmen, logischen Ableitungen und Literaturquellen, z.B. die BVT-Merkblätter lediglich Anhaltspunkte für eine mögliche Wirksamkeit geben können, da diese von vielen unterschiedlichen Faktoren abhängt.

Die Wirksamkeitsberechnung beruht auf logischen Ableitungen bzw. worst case Abschätzungen sowie auf Daten aus dem spERC von ACEA und sowie aus der Literatur. Diese Informationen sind spezifisch für die Stoffgruppen VOC / Feststoffen aber nicht für einzelne Substanzen.

17 Quellenverzeichnis

ACEA: SPERC on Industrial use of liquid spray coatings in installations with wet scrubber for collection of overspray

Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung (2002): „Bericht über Beste Verfügbare Techniken (BVT) im Bereich der Lack- und Klebstoffverarbeitung in Deutschland -Teilband I: Lackverarbeitung. Karlsruhe.

OECD: OECD SERIES ON EMISSION SCENARIO DOCUMENTS Number 22, EMISSION SCENARIO DOCUMENTS ON COATING INDUSTRY (Paints, Laquers and Varnishes). July 2009

VDI: VDI 3455 Emissionsminderung - Anlagen zur Serienlackierung von Automobilkarosserien; 1. Weißdruckvorlage vom 24.10.2012

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl 37 11 63 419
UBA-FB-00

Wirksamkeit von Risikomanagementmaßnahmen zur Emissionsminderung

Anhang III Fallbeispiel: Färben von Textilien

von

Antonia Reihlen, Claudia Schafmeister, Christian Tebert, Dirk Jepsen

Ökopol GmbH
Nernstweg 32-34
22765 Hamburg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

November 2015

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	139
Tabellenverzeichnis.....	140
Abkürzungsverzeichnis	141
1 Einleitung.....	142
2 Schritt 1: Abgrenzung der Verwendung	143
2.1 Prozessschritte beim Färben	143
2.2 Verwendungsbedingungen beim Färben.....	144
3 Strukturierung der RMM und Wirksamkeitsermittlung	146
3.1 Schritt 2: Effizienz des Erfassungssystems.....	146
3.1.1 Abluft	146
3.1.2 Abwasser.....	147
3.1.3 Berechnung der Wirksamkeit.....	147
3.2 Schritt 3: Effizienz der Vorbehandlung	147
3.2.1 Abluft	148
3.2.2 Abwasser.....	149
3.2.3 Ermittlung der Wirksamkeit.....	150
3.3 Schritt 4: Effizienz der Endbehandlung.....	150
3.3.1 Abluft	151
3.3.2 Abwasser.....	151
3.4 Schritt 5: Effizienz der Gesamt RMM.....	151
3.4.1 Abluft	152
3.4.2 Abwasser.....	154
4 Schritt 6: Kommunikation an die Endanwender.....	155
4.1 Abluft.....	156
4.2 Abwasser.....	156
5 Schritt 5: Dokumentation der RMM im CSR	157
5.1 Abluft.....	157
5.2 Abwasser.....	157
6 Schlussfolgerungen aus dem Beispiel.....	158
7 Anhang: Exkurs: externe Endbehandlung	159

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Prozessschritte und Abgrenzung der Verwendung	143
Abbildung 2:	Determinanten für die Freisetzung von Stoffen.....	145
Abbildung 3:	Erfassungssystem für Abluft und Abwasser.....	147
Abbildung 4:	Übersicht über die Gesamt-RMM beim Färben von Textilien	148
Abbildung 5:	Wirksamkeit der RMM für die Abluft.....	154
Abbildung 6:	Wirksamkeit der RMM für das Abwasser	155

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Informationen über die relevanten Anwendungsbedingungen	143
Tabelle 2:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Abluftabsaugung	146
Tabelle 3:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Abwasserfassung	147
Tabelle 4:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Abluftvorbehandlung im Wäscher	148
Tabelle 5:	Abschätzung der Wirksamkeit der Abluftvorbehandlung im E-Filter	149
Tabelle 6:	Abschätzung der Wirksamkeit der Filtration / Neutralisation	149
Tabelle 7:	Abschätzung der Wirksamkeit der Fällung / Dekantation	150
Tabelle 8:	Stoffflussanalyse bzgl. der RMM für die Abluft	152
Tabelle 9:	Berechnung der Gesamtwirksamkeit der RMM für die Abluft	153
Tabelle 10:	Stoffflussanalyse bzgl. der RMM für das Abwasser	154
Tabelle 11:	Berechnung der Gesamtwirksamkeit der RMM für das Abwasser	155
Tabelle 12:	Abschätzung der Wirksamkeit der Abfallverbrennungsanlage (betriebsextern)	159
Tabelle 13:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Endbehandlung von Schlämmen, Schlacken und Aschen	159
Tabelle 14:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der biologischen Kläranlage (betriebsextern)	160

Abkürzungsverzeichnis

CEFIC	Europäischer Verband der chemischen Industrie
CO	Kohlenmonoxid
CO₂	Kohlendioxid
CPB	Chemisch-physikalische Behandlungsanlage
CSR	Stoffsicherheitsbericht (engl.: chemical safety report)
ERC	Umweltemissionskategorie (engl.: environmental release category)
ES	Expositionsszenario
Hg	Quecksilber
LogK_{ow}	Logarithmus des Verteilungskoeffizienten zwischen Oktanol und Wasser
PEC	Vorhergesagte Umweltkonzentration (engl.: predicted environmental concentration)
PNEC	Vorhergesehene Nicht-Effektkonzentration (engl.: predicted no-effect concentration)
RMM	Risikomanagementmaßnahme
TOC	Gesamtkohlenstoff (engl.: total organic carbon)

18 Einleitung

In diesem Fallbeispiel wird die Anwendung des Leitfadens zur Ermittlung der Wirksamkeit von Risikomanagementmaßnahmen (RMM) für die Verwendung „Färben von Textilien“ durchgespielt. Das Beispiel dient dazu, das im Leitfaden vorgeschlagene Vorgehen zu illustrieren sowie mögliche Schwierigkeiten bei der Anwendung zu beschreiben und ggf. weiteren Forschungs- und Entwicklungsbedarf zu ermitteln.

Die Verwendungsbedingungen beim Färben sind die Grundlage für die Art und Auslegung möglicher RMM. Sie sind deshalb im Rahmen des Beispiels beschrieben. Die Ableitung von Emissionsfaktoren zur Ermittlung der Emissionshöhe aus der Anwendung ist jedoch nicht Gegenstand des Projektes. Daher sind auch keine Emissionsfaktoren aus den Anwendungsbedingungen abgeleitet.

Ziele des Fallbeispiels sind die Illustration und Verdeutlichung davon:

- ▶ Wie ein Prozess abgegrenzt und RMM daraus abgeleitet werden können (Kapitel2)
- ▶ Wie RMM strukturiert und ihre Wirksamkeit logisch abgeleitet, bzw. welche Informationen dafür genutzt werden können, jeweils für die RMM-Stufen:

15. Erfassung (Kapitel 3.1).

16. Vorbehandlung (Kapitel 3.2) und

17. Endbehandlung (Kapitel 3.3),

- ▶ Welche Informationen an die Kunden kommuniziert werden sollten (Kapitel 4) und
- ▶ Wie das Vorgehen dokumentiert werden kann (Kapitel5)

Das Fallbeispiel als Ganzes kann auch als Beispiel für eine betriebsinterne Dokumentation des Vorgehens angesehen werden.⁶⁰

Es ist anzumerken, dass in der deutschen und europäischen Textilindustrie in den letzten Jahren vielfältige Aktivitäten unternommen wurden, um Stoffe mit gefährlichen Eigenschaften aus den Textilhilfsmitteln zu eliminieren, zum Beispiel die Einteilung von Hilfsmitteln in Abwasserrelevanzstufen gekoppelt mit der Empfehlung zur Substitution sehr abwasserrelevanter Textilhilfsmittel und die Entwicklung eines „Baustein-konzepts“ bezüglich der Luftemissionen von Stoffen, das zur Einhaltung von Grenzwerten und deren Überwachung ebenfalls einen starken Substitutionsanreiz gegeben hat. Die Verwendung von RMM ist nach Aussagen verschiedener Akteure der Textilindustrie oft nicht (mehr) notwendig, da in den meisten Verwendungen kaum noch gefährliche Stoffe in Textilhilfsmitteln eingesetzt werden. Das Beispiel ist daher ggf. für Verwendung des Textilfärbens in Deutschland und Europa nicht (mehr) repräsentativ.

Es ist zudem zu berücksichtigen, dass anhand des Leitfadens lediglich gezeigt werden kann, dass eine bestimmte RMM das Potenzial hat eine bestimmte Wirksamkeit für einen Stoff in der Verwendung zu erreichen, die die Wirksamkeit von sehr vielen Faktoren abhängt. Die folgenden Betrachtungen beziehen sich dementsprechend auf eine optimale Situation in Bezug auf die erreichbare Wirksamkeit der Maßnahme.

⁶⁰ Es könnten verschiedene Erläuterungen und Graphiken aus der Dokumentation entfernt werden, da sie hier lediglich der Illustration dienen. Insgesamt wären die Informationen in den Tabellen ausreichend, um die Ableitung der RMM-Wirksamkeit nachzuvollziehen.

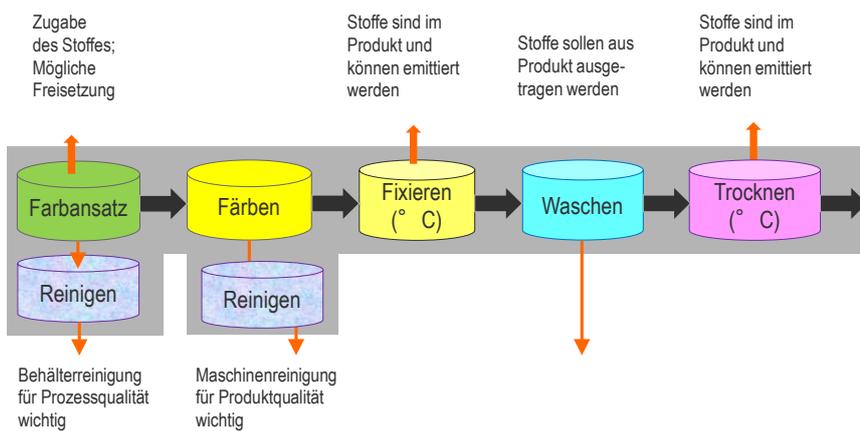
19 Schritt 1: Abgrenzung der Verwendung

19.1 Prozessschritte beim Färben

Die Risikomanagementmaßnahme und ihre Wirksamkeit werden für die Verwendung von Färbemitteln in einem Färbeverfahren ermittelt, bei dem das Färbemittel kontinuierlich in einem Foulard durch Walzen in das Textil eingepresst wird. Der Färbung ist ein Heißlufttrockner nachgeschaltet. Anschließend folgen der Waschprozess und die Trocknung des Textils im Spannrahmen. Der Prozessablauf einschließlich der Reinigungsschritte ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

Die schwarzen Pfeile in der Grafik zeigen den Weg des zu färbenden Textils. Die orangenen Pfeile deuten die prinzipiell mögliche Emissionspfade der einzelnen Prozessschritte an (nach oben: Luft, nach unten oder waagrecht: Wasser). In welchem Ausmaß tatsächliche Emissionen stattfinden, wird im nächsten Schritt (Kapitel 2.2) diskutiert.

Abbildung 22: Prozessschritte und Abgrenzung der Verwendung



In Tabelle 1 sind die Informationen zusammengestellt, die einen Einfluss auf die Emissionshöhe und Emissionsquellen aus dem Färbeprozess, einschließlich der Nebenprozesse, haben.

Tabelle 35: Informationen über die relevanten Anwendungsbedingungen

Frage	Informationen zum Prozess
Prozessbeschreibung	Siehe Abbildung 1
Welche maximalen Verarbeitungstemperaturen/-drücke können auftreten?	Im Thermosol-Verfahren zur Färbung im Foulard werden Temperaturen von 200-210°C erreicht. Dadurch können Emissionen von Textilhilfsmitteln, Farbstoffen und Farbstoffabbauprodukten in die Luft auftreten.
In welchen Prozessschritten können Luftemissionen auftreten?	Luftemissionen treten beim Fixieren und Trocknen im Spannrahmen auf. Nach dem Spannrahmen sind keine Emissionen zu erwarten, da das Textil auf unter 100°C abgekühlt ist.
Sind die Anlagen, in denen Luftemissionen auftreten, weitgehend geschlossen?	Die Anlagen zur thermischen Fixierung und zur Trocknung sind weitgehend geschlossen. An den Öffnungen treten keine Emissionen auf, da dort aufgrund der Absaugung ein Unterdruck herrscht.

Frage	Informationen zum Prozess
Welche Beschaffenheit haben die Luftemissionen?	Die Emissionen bestehen aus leicht flüchtigen organischen Verbindungen, die überwiegend polar und somit gut wasserlöslich sind. Die Emissionen enthalten Wasserdampf, so dass austretende Stoffe in Aerosolen enthalten sind.
Prozessschritte, die Abwässer mit Chemikalien erzeugen	Abwasser aus dem Ansetzen der Färberezeptur, Reinigen der Ansatzgefäße, Reinigen der Quetschwerke. Abwasser aus Wäsche und Abluftwäscher. (Restflotten bei Wechsel des Färbemittels werden als Abfall entsorgt.)
Beschaffenheit des Abwassers	Abwasser leicht gefärbt, wässrig
Prozesse kontinuierlich oder diskontinuierlich?	Die Schritte des Hauptprozesses, sowie der Abgaswäscher werden kontinuierlich betrieben. Abwässer aus der Reinigung der Ansatzgefäße und der Abluftreinigungsanlage sowie den Quetschwerken fallen diskontinuierlich an, so dass eine Sammlung in Becken und dadurch eine Vermischung der Abwässer erfolgt.

In die Betrachtung des Prozesses werden die Schritte „Farbansatz“, „Färben“, „Waschen“ und „Trocknen“ sowie die damit direkt verbundenen Reinigungsaktivitäten berücksichtigt. Gründe für die Einbeziehung der Teilprozesse sind:

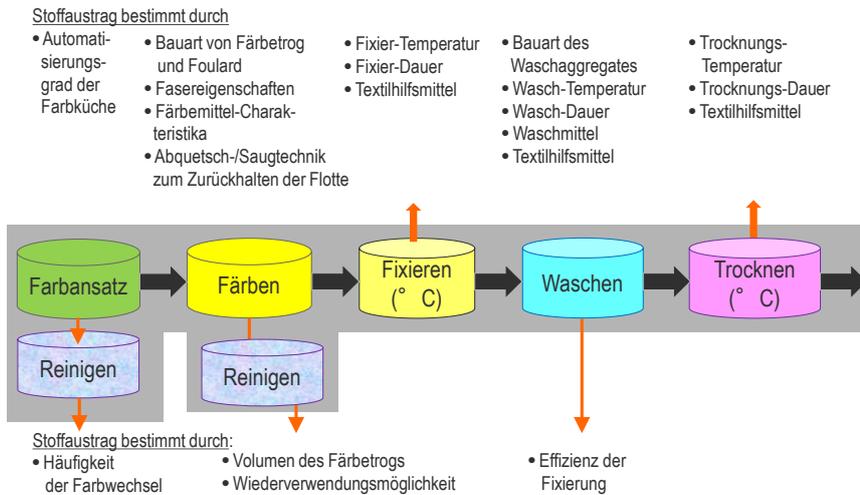
- ▶ Der Ansatz der Färbemittel geschieht gezielt für den Färbeprozess. Er erfolgt in Gefäßen, die danach regelmäßig gereinigt werden müssen. Restbestandteile des Färbemittels können dabei in das Abwasser überführt werden.
- ▶ Das Färben ist zwar mit der Fixierung abgeschlossen, aber nicht fixierte Farbstoffreste und ggf. Textilhilfsmittel verbleiben auf dem Textil. Sie werden regelmäßig beim nachfolgenden Waschen in das Abwasser und beim Trocknen in die Abluft ausgetragen. Die (Mit-) Betrachtung dieser Prozessschritte ist für die Analyse der Stofffreisetzungen aus dem Färbeprozess damit unerlässlich.
- ▶ Das Trocknen ist notwendig, um den Färbeprozess abzuschließen. Ein erneuter Chemikalieneinsatz erfolgt nicht. Möglicherweise emissionsrelevante Chemikalieneinträge in die Trocknung werden durch den Färbeschritt determiniert, eine eigenständige Betrachtung dieses Teilprozesses ist daher nicht sinnvoll
- ▶ Das Waschen der Textilien dient explizit dem Entfernen nicht fixierter Stoffe. Daher gibt es eine direkte Verbindung zwischen dem Färbeprozess und den Stoffausträgen beim Waschen. Eine eigenständige Betrachtung ist daher nicht sinnvoll.
- ▶ Die Reinigung des Foulards nach dem Färben ist notwendig, um die Prozessqualität zu erhalten. Auch aus diesem Teilschritt resultieren mögliche Freisetzungen der eingesetzten Färbechemikalien, die durch den Stoffeinsatz in den Färbeschritt determiniert werden. Der Reinigungsschritt ist in Hinsicht auf die Färbechemikalien mit zu betrachten.

19.2 Verwendungsbedingungen beim Färben

In Abbildung 2 werden den jeweiligen Prozessschritten die Parameter zugeordnet, die den Austrag von Stoffen auf den verschiedenen möglichen Emissionspfaden beeinflussen. Hierunter fallen sowohl die Auslegung der Anlagen für die Prozesse als auch die Eigenschaften der eingesetzten Stoffe.

Der Färbeprozess stellt kein geschlossenes System dar; es ist also theoretisch möglich, dass Stoffe über den Luftpfad emittieren. Da aber kaum leicht flüchtige Stoffe in flüssigen Färbemitteln eingesetzt werden, wird die Emission über den Luftpfad nur für die Schritte als relevant angesehen und mittels eines orangenen Pfeils angedeutet, in denen mit erhöhten Temperaturen gearbeitet wird (Fixierung und Trocknen im Spannrahmen).

Abbildung 23: Determinanten für die Freisetzung von Stoffen



Die Gefäße für den Farbausatz werden bei einem Farbwechsel mit Wasser gereinigt. Dies führt zu einem Austrag der verwendeten Chemikalien mit dem Abwasser.

Die überflüssige Färbeflotte aus dem Foulard und aus dem Textilsubstrat wird durch Quetschen oder Saugen abgetrennt und in das Färbegrad zurückgeführt. Neben dem Austrag von Stoffen, die im Textil verblieben sind, erfolgt ein Stoffaustrag aus dem Foulard bei Prozesswechseln. Mögliche Emissionen sind somit:

- ▶ Restflotten bei Wechseln der Färbeflotte,
- ▶ Reste des Färbemittels aus der Reinigung des Foulards.

Die thermische Fixierung des Färbemittels auf der Textilfaser bewirkt in dem Beispielprozess Emissionen aus den Färbemitteln, da Temperaturen von ca. 200°-210°C zur Anwendung kommen.

Im Waschprozess (mehrstufiges Spülen, in der Regel als Kaskadenspülung) werden die nicht fixierten Restanhaftungen des Färbemittels sowie weitere Chemikalien, die nicht zum Verbleib auf dem Textil bestimmt sind, ins Waschwasser freigesetzt.

Beim anschließenden Trocknen des Textils im Spannrahmen können aufgrund der Temperaturen von ca. 150°C Stoffe in die Abluft emittiert werden.

20 Strukturierung der RMM und Wirksamkeitsermittlung

20.1 Schritt 2: Effizienz des Erfassungssystems

20.1.1 Abluft

Primäre Luftemissionen aus dem Färbeprozess können bei einer entsprechenden Flüchtigkeit der betrachteten Stoffe aus den (Teil) Prozessschritten „Fixierung“ und „Trocknung“ auftreten (s.o.). Sowohl die thermische Fixierung, als auch die Trocknung im Spannrahmen erfolgen im relativ geschlossenen System. Die Abluftefassung ist direkt an die Anlage angeschlossen. Ein Teil der Stoffe in den Färbemitteln sowie Farbstoffabbauprodukte kondensieren in den Abluftrohren und fallen bei der Dampfstrahl-Reinigung der Rohre (bei Wartungsarbeiten)⁶¹ als flüssiger Abfall an. Dieser Anteil der Stoffe wird auf 0,5% der gefassten Emissionen geschätzt und wird nicht weiter vorbehandelt.

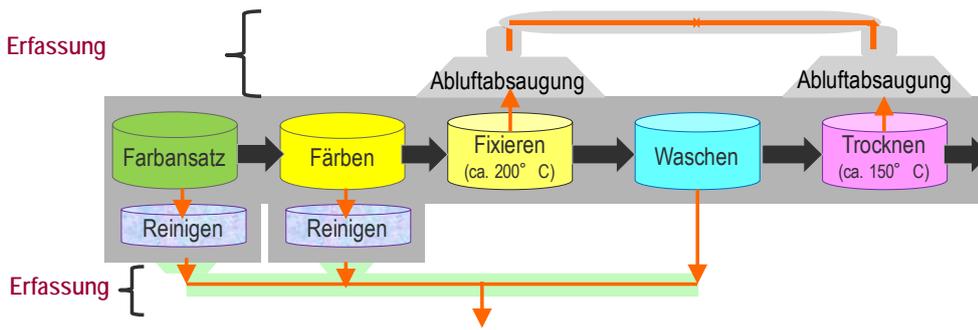
Tabelle 36: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Abluftabsaugung

Parameter	Wert	Kommentar
Funktionsweise der RMM		Die Absauganlage ist mit Rohren direkt an den Spannrahmen angeschlossen. Die Absaugung erfolgt mit definiertem Volumenstrom. Die Abluftströme werden im System zusammengeführt.
Anschluss der RMM an den Prozess (Nähe zur Quelle, Dichtigkeit et.), Geschlossenheit (der Anlage) des Prozesses	99%	Alle relevanten Emissionsquellen sind an das Abluftsystem angeschlossen; sehr geringfügige Emissionen aus den „nicht-thermischen“ Prozessen können nicht ganz ausgeschlossen werden (worst case). 0,5% der gefassten Emissionen werden als Abfall entsorgt. (Quelle: Expertenbewertung)
Anteil der Abluft der entweicht, weil Quellen nicht angeschlossen sind	1%	Alle potenziellen Emissionsquellen (Prozesse deutlich oberhalb der Raumtemperatur) sind mit einer Abluftefassung ausgestattet. (Quelle: Expertenbewertung)
Verringerte Erfassung durch diskontinuierlichen Betrieb	0%	Trockner/Spannrahmen wird kontinuierlich betrieben (Quelle: Expertenbewertung)
Welche Parameter / Stoffe können die Erfassung stören?	0%	Keine bekannt, Absaugung ist unspezifisch (Quelle: Expertenbewertung)

Das Erfassungssystem ist in der folgenden Abbildung schematisch dargestellt.

⁶¹ Derartige Reinigungs-/Wartungsarbeiten werden im Rahmen der üblichen Anlageninstandhaltung meist im Jahresturnus bzw. bei Bedarf durchgeführt. Da die Emissionen als flüssiger Abfall entsorgt werden, müssen sie in der Betrachtung unter REACH nicht berücksichtigt werden.

Abbildung 24: Erfassungssystem für Abluft und Abwasser



20.1.2 Abwasser

Das Erfassungssystem für Emissionen in das Wasser besteht aus Anschlussstutzen und Rohren, die das Abwasser aus den verschiedenen Prozessschritten erfassen, sammeln und weiterleiten. An das Erfassungssystem sind alle Emissionsquellen angeschlossen: Waschbecken zum Ausspülen von Gefäßen beim Ansetzen der Farbstoffe, Färbefoulevard, Spülbecken des Waschprozesses. Außerdem werden die Abwässer des Abluftwäschers (s. Vorbehandlung der Luftemissionen; dargestellt in Abbildung 4) erfasst.

Tabelle 37: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Abwasserfassung

Parameter	Wert	Kommentar
Funktionsweise		Verrohrung
Anteil der Emissionen, die entweichen weil eine / mehrere Emissionsquellen nicht erfasst werden	0%	Gesamtes Abwasser wird erfasst. (Quelle: Expertenbewertung)
Anteil des Abwassers, das erfasst und der Behandlung zugeführt wird	100%	Gesamtes Abwasser wird behandelt (Quelle: Expertenbewertung)
Welche Parameter / Stoffe können die Erfassung stören?	0%	Leckagen von Behältern und Unfälle durch umstürzende Gefäße werden vom Erfassungssystem aufgenommen; Ausnahmen der Erfassung sind (seltene) Rohrleitungsbrüche (Quelle: Expertenbewertung)
Gesamteffizienz der Erfassung	100%	

20.1.3 Berechnung der Wirksamkeit

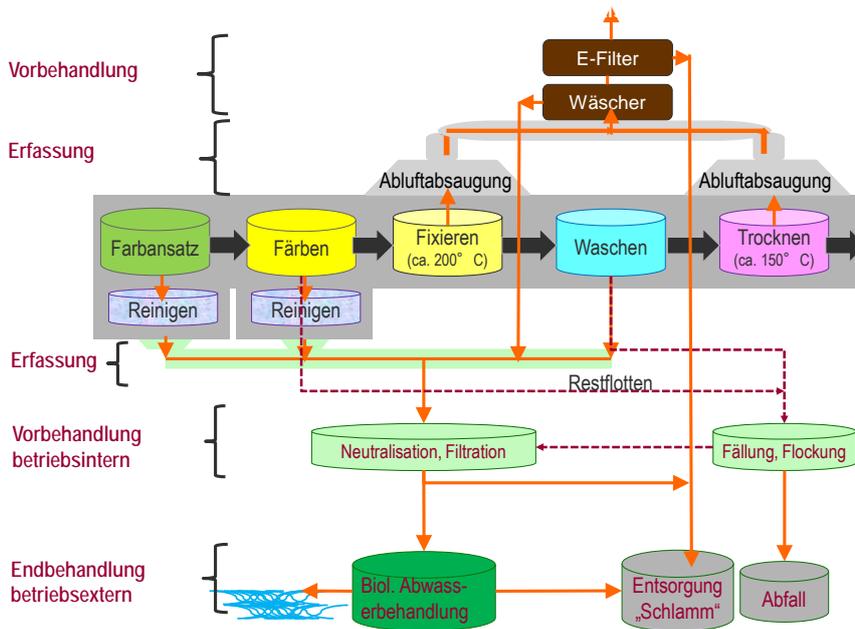
Die Wirksamkeit der Abluftefassung und der Abwasserfassung wurde direkt logisch abgeleitet. Sie ist relativ hoch, da die Anlagen als geschlossen gelten können und die Erfassungssysteme die Emissionen (fast) ohne Verluste aufnehmen.

20.2 Schritt 3: Effizienz der Vorbehandlung

Die Maßnahmen zur Vor- und Endbehandlung der gefassten Emissionen sind in der folgenden Abbildung dargestellt und werden in Kapitel 3.2.1 und 3.2.2 erläutert.

In der Übersicht ist erkennbar, dass die Endbehandlungswege aus den in der Vorbehandlung erzeugten Teilströmen unterschiedlich sind. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, die Wirksamkeiten der Vor- und Endbehandlungsmaßnahmen getrennt zu ermitteln. Es wird auch deutlich, dass die Emissionsströme sich zwischen den Emissionspfaden durch die RMM-Stufen verteilen können (Emissionen aus der Luft gelangen über den Wäscher in das Abwasser; Emissionen aus Luft und Wasser gelangen nach der Vor- und Endbehandlung in den Abfall).

Abbildung 25: Übersicht über die Gesamt-RMM beim Färben von Textilien



20.2.1 Abluft

Alle gefassten Abluftströme werden der Vorbehandlung zugeführt. Die in der Abluft enthaltenen Stoffe werden mittels eines Wäschers und eines Elektrofilters⁶² aus dem Luftstrom abgetrennt. Im Wäscher erfolgt ein Übergang der Stoffe aus der Abluft in das Abwasser. Im Elektrofilter erfolgt ein Übergang der verbleibenden Stoffe in der Abluft in eine Abfallfraktion. Die Effizienz der beiden hintereinandergeschalteten Maßnahmen muss separat ermittelt werden, da die Wirksamkeiten der vorgesehenen Endbehandlung (Abfall extern und Abwasserbehandlung betriebsintern und betriebsextern) sich unterscheiden. Die nicht im Abluftwäscher und Elektrofilter abgetrennten Stoffe gelangen über den Abluftkamin in die Umgebungsluft.

Tabelle 4 und Tabelle 5 führen die Parameter auf, die zur Abschätzung der Wirksamkeit der Abluftvorbehandlung (Wäscher und Elektrofilter) relevant sind und enthalten Quellen und Begründungen für die jeweiligen Werte.

Tabelle 38: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Abluftvorbehandlung im Wäscher

Parameter	Wert	Kommentar
Funktionsweise		Die Stoffe in der Abluft durchlaufen einen Wäscher; darin werden die Stoffe ins Abwasser überführt.
Für welche Stoffe wird die Maßnahme i.d.R. verwendet?		Das Verfahren wird primär zur Entfernung wasserlöslicher Stoffe aus der Abluft eingesetzt
Welcher Prozentsatz des Stoffes wird in das Wasser des Wäschers überführt?	75%	Alle Stoffe in der Abluft sind gut wasserlöslich, da sie in wässriger Lösung eingesetzt werden. Die CEFIC RMM-Bibliothek nennt einen Wert von > 99% für die Wirksamkeit zur Abscheidung von Gasemissionen, ohne dies für bestimmte Stoffgruppen bzw. Stoffeigenschaften einzuschränken. Die worst case Abschätzung berücksichtigt eine kurze Kontaktzeit

⁶² Alternativ könnte auch eine Vorbehandlung mittels Wärmetauscher eingesetzt sein. Diese funktioniert über eine Kondensation der im Abgas enthaltenen Stoffe. Sie werden regelmäßig mit Wasserdampf gereinigt und die abgetrennten Öl-Wassergemische durchlaufen eine Phasentrennung: Die Ölfraction wird als Abfall entsorgt, die Wasserfraktion wird der Abwasserbehandlung zugeführt.

Parameter	Wert	Kommentar
Zerstörung durch Vorbehandlung	0%	von Abluft und Wäscherwasser (ggf. keine vollständige Lösung der Stoffe) (Quelle: Expertenbewertung, CEFIC RMM-Bibliothek) Im Wäscher werden keine Stoffe zerstört (worst case). (Quelle: Expertenbewertung)
Störfaktoren		Keine bekannt.

Tabelle 39: Abschätzung der Wirksamkeit der Abluftvorbehandlung im E-Filter

Parameter	Wert	Kommentar
Funktionsweise		Die Stoffe in der Abluft werden im E-Filter aufgrund der elektrostatischen Wechselwirkungen abgeschieden und dadurch in eine ölige Abfallfraktion überführt.
Für welche Stoffe wird die Maßnahme i.d.R. verwendet?		Stäube; außerdem auch Einsatz zur Entfernung von Aerosolen aus der Abluft.
Welcher Prozentsatz des Stoffes wird abgeschieden?	15 %	Es liegen keine Informationen zur Effizienz vor (Quelle: Expertenbewertung)
Zerstörung durch Vorbehandlung	0%	Eine Zerstörung erfolgt nicht (worst case). (Quelle: Expertenbewertung)
Störfaktoren		Aerosole können die Vorbehandlung stören. Hohe Konzentrationen öligere Stoffe können bei fehlender Reinigung die Wirksamkeit des Elektrofilters mindern.

20.2.2 Abwasser

Stark mit dunklen Farbstoffen verunreinigte Abwässer aus der Wäsche werden mittels einer Fällung, Flockung und Dekantation vorbehandelt. Auch die Restflotten gelangen in diesen Schritt der Vorbehandlung. Die Abwasserteilströme aus der Reinigung der Ansatzgefäße und des Foulards, aus den Waschprozessen und aus dem Abluftwäscher gelangen hingegen in ein Sammelbecken oder einen Sammeltank. Von dort aus werden sie filtriert und neutralisiert, bevor sie in eine externe Kläranlage abgeleitet werden. Die folgende Tabelle beschreibt die für die Wirksamkeitsermittlung der Abwasservorbehandlung relevanten Parameter für den Schritt „Filtration / Neutralisation“.

Tabelle 40: Abschätzung der Wirksamkeit der Filtration / Neutralisation

Parameter	Wert	Kommentar
Funktionsweise		Filtration durch Siebe, nicht gefilterte Stoffe gelangen ins Abwasser. (Filterkuchen → Abfall; Abwasser → Abwasserbehandlung). Durch Zugabe von Säuren oder Basen wird der pH-Wert neutralisiert
Für welche Stoffe wird die Maßnahme i.d.R. verwendet?		Primär zur Entfernung von groben Verschmutzungen aus dem Abwasser (Substratreste).
Welcher Prozentsatz des Stoffes wird abgetrennt?	5%	An Textilpartikeln adsorbierte Stoffe werden mit Substratresten abgetrennt. Da die Filter kontinuierlich durchflossen werden, ist dies allerdings eher zu vernachlässigen. (Quelle: Expertenbewertung)
Zerstörung von Stoffen	< 5% 0%	Leicht abbaubare Stoffe: Abbau möglich Nicht abbaubare: kein Abbau (Quelle: Expertenbewertung)

Parameter	Wert	Kommentar
Störfaktoren		Hoher Feststoffanteil und bestimmte Textilhilfsmittel können Filter verstopfen (→ häufige Reinigungen; in Folge ggf. erhöhte Effizienz, da mehr Stoffe am Substratrest entfernt würden).

Die relevanten Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit des Schrittes „Fällung / Dekantation“ werden in der Tabelle 7 zusammengestellt.

Tabelle 41: Abschätzung der Wirksamkeit der Fällung / Dekantation

Parameter	Wert	Kommentar
Funktionsweise		Im Abwasser vorhandene Stoffe werden durch Fällmittel unlöslich gemacht und Sinken ab. (Fällungsschlamm → Abfall; Wasser → kommunale Kläranlage).
Für welche Stoffe wird Maßnahme i.d.R. verwendet?		Das Verfahren wird zur Entfernung von Stoffen aus dem Abwasser eingesetzt.
Welcher Prozentsatz des Stoffes wird abgetrennt?	65%	Abscheidegrade hängen von Fällungseffizienz ab. (Quelle: Expertenbewertung)
Zerstörung von Stoffen	0%	Abbau von organischer Stoffe unwahrscheinlich. (Quelle: Expertenbewertung)
Störfaktoren		Es sind keine störenden Stoffe / Parameter bekannt.

20.2.3 Ermittlung der Wirksamkeit

Die Wirksamkeit der Vorbehandlungsmaßnahmen wurde in Ermangelung von Daten lediglich abgeschätzt. Die Wirksamkeiten können nicht addiert werden, da die Endbehandlung der Teilströme eine unterschiedliche Effizienz hat.

20.3 Schritt 4: Effizienz der Endbehandlung

Die Endbehandlung der Emissionen findet betriebsextern statt. Sie besteht aus einer Entsorgung von Abfall, Schlamm und Abwasser. Die betrieblichen Emissionen für die externe Endbehandlung stammen aus den jeweiligen Vorbehandlungsschritten:

- ▶ Schlämme aus der Fällung der Restflotten und Reinigungsabwässer aus dem Waschprozess → externe Abfallbehandlung
- ▶ Filtersumpf aus dem Elektrofilter → externe Schlammbehandlung
- ▶ Abwasser aus der Reinigung der Farbansätze, dem Foulard, dem Waschprozess sowie dem Wäscher → Neutralisation und Filtration

Da aus der betriebsinternen Fällung / Flockung Abwässer in die Vorbehandlungsstufe Neutralisation / Filtration geleitet und diese in die kommunale Kläranlage eingeleitet werden, müssen die Emissionsmengen in diesem Teilstrom separat betrachtet werden.

Die Endbehandlung der Abfälle und Schlämme wird bei der Betrachtung der RMM-Wirksamkeit mit 100% angesetzt, da sie nicht betriebsintern stattfindet.⁶³ Die Wirksamkeit der kommunalen Kläranlage richtet sich nach der Abbaubarkeit der Stoffe.

⁶³ Siehe auch Erläuterungen im Leitfaden zur Abgrenzung der betrieblichen und betriebsexternen RMM.

20.3.1 Abluft

Eine Endbehandlung findet nicht in der Abluftreinigungsanlage statt sondern in der (externen) Abwasserbehandlung bzw. der (externen) Abfallbehandlung, da die ausgeschleusten Stoffe, die im Abluftwäscher anfallen, ins Abwasser überführt werden, und die im E-Filter ausgeschleusten Stoffe als Abfall entsorgt werden. Daher ist keine Betrachtung der Endbehandlung notwendig.

Eine mögliche Herangehensweise an die Betrachtung der externen Behandlung von Abwasser und Abfall wird für dieses Fallbeispiel exemplarisch im Anhang erläutert.

20.3.2 Abwasser

Die in der Teilstrombehandlung durch Fällung / Flockung und Dekantation abgetrennten Stoffe werden als Abfall einer betriebsexternen Endbehandlung zugeführt. Das Abwasser aus diesem Schritt wird in die Neutralisation / Filtration geleitet. Herausgefilterte Stoffe werden als Abfälle entsorgt (Deponie oder Verbrennung); es wird von einem geringfügigen Abbau leicht abbaubarer Stoffe im Filter ausgegangen, da hier eine gewisse Verweildauer im Wasser vorliegt (s. Tabelle 6; dies wird als „Nebeneffekt“ der Vorbehandlung berücksichtigt). Saure und basische Stoffe werden durch Neutralisation in der Abwasserbehandlungsanlage endbehandelt.

In der betriebsexternen Abwasserbehandlung (biologische Abwasserreinigung, ggf. Entfärbung) werden abbaubare organische Stoffe endbehandelt, in dem sie zu CO₂ umgewandelt werden. Der verbleibende Klärschlamm wird als Abfall einer Endbehandlung zugeführt. Anorganische und schwer abbaubare Stoffe können in der biologischen Abwasserbehandlung in den verbleibenden Schlamm überführt werden, der als Abfall zur Endbehandlung gelangt. Dies wird im Anhang exemplarisch für eine Betrachtung der externen Abwasserbehandlung illustriert. Eine Wirksamkeitsermittlung für die betriebliche RMM erübrigt sich, da keine Endbehandlung vorliegt.

20.4 Schritt 5: Effizienz der Gesamt RMM

Die Effizienz der Gesamt-RMM ermittelt sich aus den Wirksamkeiten der verschiedenen RMM-Stufen unter Berücksichtigung der verschiedenen Teilemissionsströme. Die Bilanzierung der Wirksamkeit der RMM für das Abwasser erfolgt OHNE den Teilstrom aus dem Wäscher, da dieser ursprünglich aus dem Luftpfad stammt. Bei der Ermittlung der Wirksamkeit für die Abluft, wird die Wirksamkeit der Abwasserbehandlung für den Teilstrom aus dem Wäscher berücksichtigt. Die Neutralisation / Filtration ist Teil beider RMM wird aber für die Pfade getrennt betrachtet.

Die RMM-Effizienz ist unabhängig von der Einsatzmenge. Für die Ermittlung wird daher eine fiktive Einsatzmenge von 100 kg eines Stoffes angenommen. Der betrachtete Stoff ist leicht biologisch abbaubar, gut wasserlöslich und nicht flüchtig. Eine Stoffflussanalyse durch die RMM wird in den folgenden beiden Abschnitten bzw. der Tabelle 8 und Tabelle 10 gegeben. Hierbei sind die einzelnen RMM – Stufen farblich voneinander abgegrenzt.

In der ersten Zeile zu jeder RMM – Stufe bzw. Maßnahme wird die jeweilige Eingangsmenge angegeben, die sich ergibt:

- ▶ für die Erfassung aus der Primäremission
- ▶ für die Vorbehandlung aus der Wirksamkeit der Erfassung und der Primäremission, also der „Ausgangsmenge“ aus dem Erfassungssystem und
- ▶ für die Endbehandlung aus den Stoffmengen, die durch die Vorbehandlung in die jeweiligen weiteren Behandlungsschritte aufgetrennt werden.

In den jeweils dunkler gefärbten Zeilen werden die jeweils freigesetzten oder weiter behandelten Mengen aufgelistet und in den jeweils letzten Zeilen einer RMM stehen die Faktoren, die zur Berechnung der Mengen verwendet wurden.

20.4.1 Abluft

In der folgenden Tabelle ist die Stoffflussanalyse für einen Stoff in der Abluft dargestellt. Die Übersicht über die Schritte der RMM findet sich in Abbildung 3.

Tabelle 42: Stoffflussanalyse bzgl. der RMM für die Abluft

		Wert	Einheit	Erläuterung
1.	Gesamteinsatzmenge	100	kg	
2.	Emissionsfaktor in die Luft	1,5	%	Emissionsfaktor geschätzt
3.	Gesamtemission in die Luft	1,5	kg	Primäre Emission
4.	Ablufterfassung			Siehe Kapitel 3.1.1 und Tabelle 2
5.	Gefasste Emission	1,485	kg	Emission, die von Abluft erfasst wird
6.	Diffuse Emissionen	0,015	kg	Emission, die nicht von Abluft erfasst wird (nicht gemindert)
7.	Wirksamkeit Erfassung gesamt	99,00	%	Geschätzter Wert; geschlossene Anlage, direkter Anschluss der Absaugung
8.	Abfall aus Ablufterfassung			Siehe Kapitel 3.2 und Tabelle 2
9.	Eingangsmenge Verrohrung	1,485	kg	Emissionsmenge, die in Abluft aufgenommen wird (Zeile 5)
10.	Abfall aus der Rohrreinigung (0,5% der gefassten)	7,43	g	Kondensierte Menge, die bei Reinigung als Abfall entsorgt wird (gemindert)
11.	Abscheidung bei Reinigung	0,50	%	Worst case Abschätzung
12.	Vorbehandlung (Wäscher)			Siehe Kapitel 3.2 und Tabelle 4
13.	Eingangsmenge Wäscher	1,48	kg	Menge aus Abluft, ohne als Abfall entsorgte Emission (Zeile 9 -Zeile 10)
14.	Menge aus Abluft in Wäscherwasser	1,11	kg	Menge, die vom Wäscherwasser aufgenommen wird
15.	Verbleibende Menge in der Abluft	369,39	g	Menge, die aus dem Wäscher freigesetzt wird (nicht gemindert)
16.	Effizienz Wasser (Luft --> Wasser)	75	%	Worst case Abschätzung
17.	Vorbehandlung (E-Filter)			Siehe Kapitel 3.2.1 und Tabelle 5
18.	Eingangsmenge E-Filter	369,39	g	Menge, die aus dem Wäscher in den E-Filter überführt wird (Zeile 16)

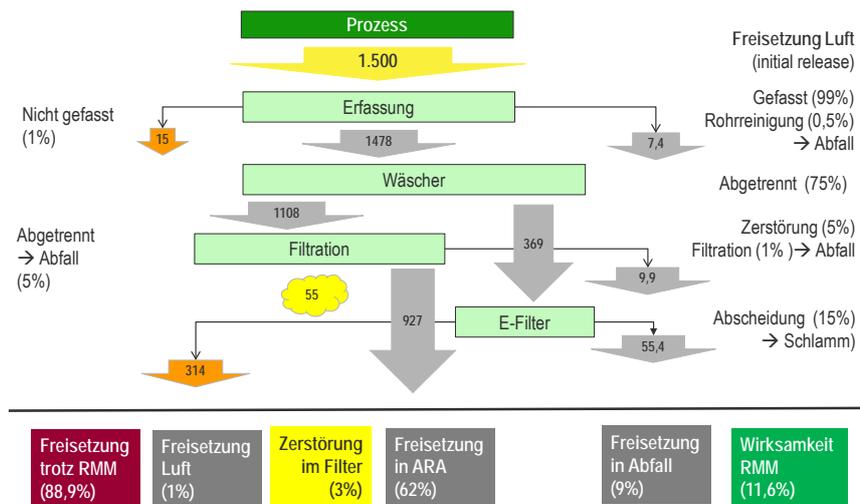
		Wert	Einheit	Erläuterung
19.	Menge im E-Filter --> Abfall (Schlamm)	55,41	g	Menge, die als Abfall abgeschieden wird (gemindert)
20.	Menge in Abluft aus E-Filter	313,98	g	Menge, die nicht vom E-Filter zurückgehalten wird (nicht gemindert)
21.	Effizienz E-Filter (Abluft --> Abfall)	15	%	Worst case Abschätzung
22.	Vorbehandlung Filtration			Siehe Kapitel 3.2.2 und Tabelle 6
23.	Input Abwasserfilter	1,11	kg	Emissionsmenge im Abwasser des Wäschers (Zeile 14)
24.	Zerstörte Menge im Filter	55,41	g	Zerstörung im Filter aufgrund biologischer Abbauprozesse (gemindert)
25.	Abfall aus Abwasserfilter	55,41	g	Entsorgte Menge (gemindert)
26.	Abwasser nach Filtration	997,36	g	Ins Abwasser freigesetzte Menge
27.	Zerstörungsgrad im Filter	5	%	Geschätzt für abbaubare, gering wg. Kurzer Dauer
28.	Effizienz Filter (Abwasser --> Abfall)	5	%	Geschätzt, Absorption an Feststoffen im Filter

Die Gesamtwirksamkeiten berechnen sich, wie in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 43: Berechnung der Gesamtwirksamkeit der RMM für die Abluft

Emission	Menge [g]	Menge [%]
Gesamtmenge primäre Emission	1.500,00	100
Emission, die als Abfall entsorgt wird	173,65	11,6
Emission, die in die Luft freigesetzt wird	328,98	21,9
Emission, die mit dem Abwasser freigesetzt wird	997,36	66,5
Wirksamkeit der RMM		11,6
Transferrate Luft --> Wasser	66,5	

Abbildung 26: Wirksamkeit der RMM für die Abluft



Aus der Abluft findet ein Transfer der enthaltenen Stoffe in den Wasserpfad statt, der ca. 10% der Gesamtemission ins Wasser ausmacht. Diese Menge ist bei einem PEC / PNEC –Vergleich im CSA zu berücksichtigen. Sollte aufgrund dessen ein Risiko entstehen, kann durch die Einleitung des Wäscherwassers in die Fällung eine höhere Emissionsminderung erreicht werden.

20.4.2 Abwasser

Tabelle 10 zeigt die Berechnungen zum Stofffluss in der RMM für das Abwasser.

Tabelle 44: Stoffflussanalyse bzgl. der RMM für das Abwasser

		Wert	Einheit	Erläuterung
1.	Gesamteinsatzmenge	100	kg	
2.	Menge, auf dem Textil	70	kg	
3.	Auftragswirkungsgrad	70	%	Worst case Abschätzung zum Auftragswirkungsgrad von Färbemitteln
4.	Primäre Wasseremission	28,50	kg	Differenz aus Einsatzmenge, Luftemission und Verbleib auf Textil
5.	Emissionserfassung			Siehe Kapitel 3.1.2 und Tabelle 3
6.	Gefasste Emission	28,50	kg	Von der emittierten Menge (Zeile 4) wird alles vom Abwassersystem erfasst
7.	Wirksamkeit Erfassung aus Prozessschritten	100	%	Geschätzt; Leckagen etc. zu vernachlässigen
8.	Vorbehandlung (Fällung)			Siehe Kapitel 3.2.2 und Tabelle 7
9.	Eingangsmenge Teilstrom, der in die Fällung geht	25,65	kg	Erfasste Menge (Zeile 6) * Anteil zur Fällung (Zeile 12)
10.	Schlamm aus der Fällung	16,7	kg	Externe Entsorgung (gemindert)
11.	Abwasser aus der Fällung	9,0	kg	Wird weiter in Filtration vorbehandelt
12.	Anteil aus Waschen und aus Restflotten	90	%	Geschätzter Wert

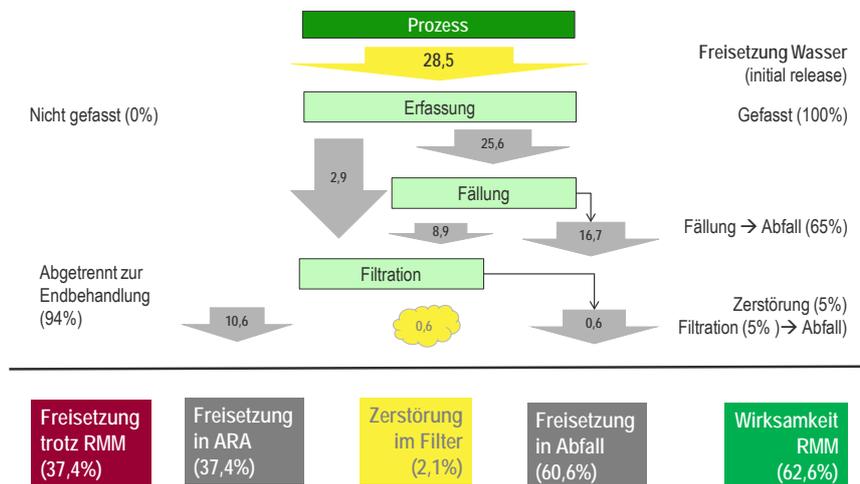
		Wert	Einheit	Erläuterung
13.	Effizienz der Fällung (Transfer Wasser --> Schlamm)	65	%	65% ist Anteil, der in den Schlamm überführt wird. Geschätzter Wert
14.	Vorbehandlung (Filtration)			Siehe Kapitel 3.2.2 und Tabelle 6
15.	Eingangsmenge Filtration	11,8	kg	Aus Reinigung und aus Fällung (Zeile 6 – Zeile 9) + Zeile 12
16.	Abfall aus Filtration	0,6	kg	Externe Entsorgung (gemindert)
17.	Zerstörung in Filtration	0,6	kg	Zerstört (gemindert)
18.	Abwasser aus Filtration	10,6	kg	In n kommunale Kläranlage eingeleitet
19.	Effizienz Filtration (Transfer Wasser --> Abfall)	5,00	%	Geschätzt
20.	Zerstörungsgrad Filter	5,00	%	Geschätzt

Die Gesamtwirksamkeiten berechnen sich, wie in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 45: Berechnung der Gesamtwirksamkeit der RMM für das Abwasser

Emission	Menge [kg]	Anteil [%]
Primäre Emission ins Wasser	28,50	100
Emission in den Abfall	17,26	60,6
Zerstörung	0,59	2,1
Freisetzung ins Abwasser	10,64	37,4
Gesamtwirksamkeit		62,64

Abbildung 27: Wirksamkeit der RMM für das Abwasser



21 Schritt 6: Kommunikation an die Endanwender

Der Anwender des Textilfärbemittels soll mit dem Sicherheitsdatenblatt Information erhalten, die zur Umsetzung der sicheren Verwendung des Stoffes notwendig sind. Das heißt, der Registrant (und der Formulierer) müssten für den betrachteten Stoff

- c) die für die sichere Verwendung mindestens notwendige Wirksamkeit kommunizieren, die durch den Endanwender zu überprüfen und einzuhalten ist und sollten
- d) Hinweise darauf geben, welche RMM zur Erreichung der notwendigen Wirksamkeit als geeignet angesehen werden.

Im Folgenden wird dargestellt, wie die Kommunikation für Stoffe in Textilhilfsmitteln, die die Stoffeigenschaften des Beispielstoffes erfüllen, aussehen könnte. Diese Informationen könnten im Sicherheitsdatenblatt integriert werden oder in Form eines Expositionsszenarios (für das Gemisch) übermittelt werden.

21.1 Abluft

Zur sicheren Verwendung ist eine Emissionsminderung von 10% der Primäremission aus dem Prozess notwendig. Diese Emissionsminderung kann unter anderem erreicht werden durch:

- ▶ Absaugung des (geschlossenen) Spannr Rahmens zur Fixierung und Trocknung
- ▶ Reinigung der Abluft mittels Wäscher und Elektrofilter
- ▶ Neutralisation und Filtration des Abwassers aus dem Wäscher vor der Einleitung ins kommunale Abwasser.
- ▶ Entsorgung von Abfällen aus dem Elektrofilter als gefährlicher Abfall.

21.2 Abwasser

Zur sicheren Verwendung ist eine Emissionsminderung von insgesamt 65% der Primäremission aus dem Prozess notwendig. Diese Emissionsminderung kann unter anderem erreicht werden durch:

- ▶ Vorbehandlung der betrieblichen Abwässer, einschließlich dem Reinigungsabwasser, durch Filtration und Neutralisation vor Einleitung in die kommunale Kläranlage
- ▶ Fällung aus dem Waschwasser und den Restflotten vor der Filtration
- ▶ Der Fällschlamm ist als Abfall zu entsorgen (Verbrennung).

22 Schritt 5: Dokumentation der RMM im CSR

Im CSR sollte dokumentiert sein, wie die theoretisch mögliche Wirksamkeit der empfohlenen RMM abgeleitet wurde. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Ableitung, es sei denn es liegen konkrete Messwerte aus realen Abwässern vor, in der Regel einen theoretisch möglichen Wert darstellen, der in der Praxis wahrscheinlich nicht erreicht werden kann.

Für die Dokumentation der RMM-Ableitung und der Wirksamkeitsermittlung sind im CSR – Format keine spezifische Vorgabe enthalten.

22.1 Abluft

Für die sichere Verwendung wurde eine notwendige Wirksamkeit der Risikomanagementmaßnahmen von 10% ermittelt. Die folgende Kombination aus Maßnahmen sind aufgrund der chemisch-physikalischen Eigenschaften des Stoffes als geeignet identifiziert worden und die Wirksamkeitsermittlung hat gezeigt, dass sie die notwendigen Werte erreichen kann. Hierbei wurden die folgenden Werte für die Berechnung verwendet

- ▶ Absaugung des (geschlossenen) Spannrahmens zur Fixierung und Trocknung
Wirksamkeit: 99% (Expertenbewertung)
- ▶ Reinigung der Abluft mittels Wäscher und Elektrofilter
Wirksamkeit: 75% (Expertenbewertung)
- ▶ Neutralisation und Filtration des Abwassers aus dem Wäscher vor der Einleitung ins kommunale Abwasser.
Wirksamkeit: 5% (Biologischer Abbau im Filter bzw. Adsorption; Expertenbewertung)
- ▶ Entsorgung von Abfällen aus den Filtern als Abfall.
Wirksamkeit: 100 % (Externe Abfallbehandlung)

22.2 Abwasser

Für die sichere Verwendung wurde eine notwendige Wirksamkeit der Risikomanagementmaßnahmen von 55% ermittelt. Die folgende Kombination aus Maßnahmen sind aufgrund der chemisch-physikalischen Eigenschaften des Stoffes als geeignet identifiziert worden und die Wirksamkeitsermittlung hat gezeigt, dass sie die notwendigen Werte erreichen kann (theoretisch ca. 62%). Hierbei wurden die folgenden Werte für die Berechnung verwendet

- ▶ Abwassererfassung
Wirksamkeit: 100% (Expertenbewertung)
- ▶ Vorbehandlung der betrieblichen Abwässer, einschließlich dem Reinigungsabwasser, durch Filtration und Neutralisation vor Einleitung in die kommunale Kläranlage
Wirksamkeit: 5% (Biologischer Abbau im Filter bzw. Adsorption; Expertenbewertung)
- ▶ Fällung aus dem Waschwasser und den Restflotten vor der Filtration
Wirksamkeit: 65% (Vorgabe – definiert)
- ▶ Der Fällschlamm ist als Abfall zu entsorgen (Verbrennung).
Wirksamkeit: 100% (Externe Entsorgung)

23 Schlussfolgerungen aus dem Beispiel

Es ist grundsätzlich möglich, die Stufen einer Risikomanagementmaßnahme (Erfassung, Vorbehandlung und Endbehandlung) basierend auf einer allgemeinen Beschreibung der Anwendungsbedingungen und insbesondere der Emissionsquellen aus den verschiedenen Prozessschritten zu beschreiben.

Das schrittweise Vorgehen im Leitfaden und die Tabellen für jede RMM-Stufe unterstützen die Identifizierung notwendiger Informationen zur Ableitung einer unter guten Bedingungen erreichbaren RMM-Wirksamkeit. Insbesondere die Vergegenwärtigung des RMM-Funktionsprinzips unterstützt eine erste logische Ableitung von Effizienzwerten und/oder Plausibilitätsprüfungen von Werten aus anderen Quellen.

Die Anwendungsbedingungen sollten jeweils so konkret beschrieben sein, dass die unterschiedlichen Emissionsstellen für die eingesetzten Chemikalien eindeutig identifiziert werden können. Im Beispiel wird deutlich, dass solche Emissionsstellen in verschiedene Teilschritten des Anwendungsprozesses auftreten. Für die Abluft sind daher verschiedene Erfassungsstellen zu berücksichtigen, die aber in einen Teilstrom zusammengeführt werden. Für das Abwasser sind zwei Teilströme getrennt zu betrachten (mit und ohne Fällung).

Informationen über Stoffe oder Parameter, die die Wirksamkeit störenden liegen teilweise vor. Allerdings sind Kenntnisse von Störfaktoren eher auf die Funktionstüchtigkeit einer RMM-Anlage ausgerichtet und nicht die Effizienzminderung bezüglich eines (oder mehrerer) Stoffe.

Im Fallbeispiel liegt keine RMM-Stufe zur betrieblichen Endbehandlung von Emissionen vor. Daher bezieht sich die mögliche RMM-Effizienz darauf, wie wirksam die Emissionen für eine externe Endbehandlung gefasst und getrennt werden. Im Beispiel entscheidet der Grad der Auftrennung von Emissionen drüber, ob für die Endbehandlung eine 100% -ige Effizienz (Abfall) oder z.B. eine 83% -ige Effizienz für leicht abbaubare Stoffe in der kommunalen Kläranlage angenommen werden kann.

Da die Wirksamkeitsermittlung bezüglich der Einsatzmengen generisch ist, sich aber auf einen bestimmten Stoff bezieht, kann anhand der Kenntnis des Stoffes und seiner Eigenschaften eine erreichbare Wirksamkeit ermittelt werden. Die Wirksamkeitsberechnung in diesem Beispiel unterscheidet zwischen Luft- und Wasserpfad; hierbei werden die aus der Luft in den Abwasserstrom emittierten Stoffe konsequent der Effizienz der RMM für die Abluft zugerechnet (Getrennthaltung der Emissionsströme).

Im Fallbeispiel wurde auch die Effizienz der externen Endbehandlung exemplarisch ermittelt (siehe Anhang). Hierfür wurde für die Abwasserbehandlung ein Wert für die Abbaurate und die Emission in den Schlamm angenommen (leicht abbaubar) und die Wirksamkeit der Abfall- bzw. Schlammbehandlung (für organische Stoffe) mit 100% angenommen.

Bezüglich der Informationsverfügbarkeit kann festgestellt werden, dass verwertbare Daten über die Wirksamkeit von RMM in schriftlichen Quellen fehlen. Sowohl abluft- als auch abwasserseitig wird in der Regel mit Konzentrationswerten und nicht mit Frachten gerechnet und ist ein Bezug emittierter Mengen zu den eingesetzten Mengen zumeist nicht vorhanden. Messwerte vor und nach RMM bzw. Werte, die sich auf einzelne RMM-Stufen beziehen fehlen.

24 Anhang: Exkurs: externe Endbehandlung

Die im Fallbeispiel entstehenden Abfälle und Schlämme werden wahrscheinlich in der betriebsexternen Endbehandlung teilweise chemisch-physikalisch vorbehandelt oder direkt einer Abfallverbrennung zugeführt.⁶⁴ In der Abfallverbrennungsanlage erfolgt für organische Bestandteile eine Endbehandlung, durch die sie zu CO₂ verbrannt werden. Anorganische Stoffe und Metalle fallen teilweise als Asche an, teilweise werden sie im Abluftfilter der Verbrennungsanlage zurückgehalten. Aschen und Stäube von Verbrennungsanlagen werden in Deponien endbehandelt. Entsprechend ist mit Emission in die Umwelt zu rechnen. Im Fallbeispiel werden organische Stoffe betrachtet.

Tabelle 46: Abschätzung der Wirksamkeit der Abfallverbrennungsanlage (betriebsextern)

Parameter	Wert	Kommentar
Funktionsprinzip		Schlämme werden in Verbrennungsanlagen thermisch behandelt, d.h. organische Stoffe werden oxidiert, anorganische Stoffe verbleiben in Asche und Filterstaub, Metalle verbleiben entsprechend ihrer Flüchtigkeit in Asche, Filterstaub oder Aktivkohle. Alternativ werden Schlämme in Zementwerken mitverbrannt, d.h. organische Stoffe werden oxidiert, anorganische Stoffe und ein Teil der Metalle in der Zementklinkermatrix eingebunden, flüchtige Metalle entweichen in die Luft.
Hauptanwendungsbereich		Schlämme mit hohem organischen Anteil
Prozentsatz der zerstört wird	98% 0%	Organische Stoffe (98% ist geschätzter Wert, worst case). (Gesamtkohlenstoffemission (TOC-Emission) aus Abfallverbrennungsanlagen um 1 mg/m ³ ; bei Zementanlagen um 50 mg/m ³ .) Anorganische Stoffe und Metalle werden bei Endbehandlung in Abfallverbrennungsanlagen deponiert (siehe unten "Deponierung"), bei Endbehandlung in Zementwerken bis auf flüchtige Metalle in die Klinkermatrix eingebunden. Flüchtige Metalle gelangen in die Luft. (Hg-Emission bei Abfallverbrennung in der Regel 0,003 mg/m ³ , bei Zementwerken um 0,02 mg/m ³)
Prozentsatz in der Abluft	2 % 5%	Organische Stoffe (geschätzt, worst case) Anorganische Stoffe (geschätzt, worst case; größter Anteil in Asche und Schlacke)
Störfaktoren		Halogenorganika können zur Bildung von Dioxinen fördern, Kupfer kann diesen Prozess katalysieren. Hoher Wassergehalt kann zu unvollständiger Verbrennung und Erhöhung der organischen Emissionen (CO, TOC) führen.

Tabelle 47: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Endbehandlung von Schlämmen, Schlacken und Aschen

Parameter	Wert	Kommentar
Funktionsprinzip		Kontrollierte Deponierung in gesicherten Deponien
Hauptanwendungsbereich		Gefährliche und nicht-gefährliche mineralische Abfälle

⁶⁴ Klärschlämme aus der biologischen Abwasserbehandlung werden vielerorts direkt von der Landwirtschaft genutzt oder in Zementwerken mitverbrannt, so dass anorganische Bestandteile und nicht-flüchtige Metalle in der Zementmatrix eingebunden werden. Flüchtige Metalle werden überwiegend in die Luft emittiert.

Parameter	Wert	Kommentar
Prozentsatz der nicht emittiert wird	100%	Es wird davon ausgegangen, dass aus einer nach dem Stand der Technik errichteten Deponie keine Stoffe entweichen.

Tabelle 48: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der biologischen Kläranlage (betriebsextern)

Parameter	Wert	Kommentar
Funktionsprinzip		Betriebliche Abwässer werden nach der Vorbehandlung der kommunalen Kläranlage zugeführt. Dort werden Stoffe entweder abgebaut oder im Schlamm angereichert und entsorgt. Ein Teil der Stoffe werden mit dem Abwasser der Kläranlage in die Umwelt emittiert. Ein weiterer Teil kann in die Luft emittiert werden.
Hauptanwendungsbereich		Nicht stark toxische Abwässer; hauptsächlich organische, abbaubare Stoffe
Prozentsatz des Stoffes der zerstört wird		Abhängig von der Abbaubarkeit des Stoffes (kann modelliert werden)
Prozentsatz der abge-schieden wird		Abhängig von der Abbaubarkeit und Löslichkeit / LogKow (kann modelliert werden)
Freigesetzter Anteil		Abhängig von Abbaubarkeit, Flüchtigkeit und Löslichkeit (kann modelliert werden)
Störfaktoren		Begünstigung durch Abwässer, die Nährstoffe für Bakterien enthalten, Störungen durch zu hohe Konzentrationen toxischer Stoffe. Störend wirkt auch, wenn „neue“ Abwässer in adaptierte Anlagen emittiert werden.

Umweltforschungsplan des
Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl 37 11 63 419
UBA-FB-00

Wirksamkeit von Risikomanagementmaßnahmen zur Emissionsminderung

Anhang IV Fallbeispiel: Verchromen von Kunststoffteilen

von

Olaf Wirth, Christian Tebert, Dirk Jepsen, Antonia Reihlen

Ökopol GmbH
Nernstweg 32-34
22765 Hamburg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	163
Tabellenverzeichnis.....	164
Abkürzungsverzeichnis	165
1 Einleitung.....	166
2 Schritt 1: Abgrenzung der Verwendung.....	167
3 Strukturierung der RMM und Wirksamkeitsermittlung	170
3.1 Schritt 2: Effizienz des Erfassungssystems.....	170
3.1.1 Abluft	170
3.1.2 Abwasser.....	171
3.1.3 Berechnung der Wirksamkeit.....	172
3.2 Schritt 3: Effizienz der Vorbehandlung	172
3.2.1 Abluft	172
3.2.2 Abwasser.....	173
3.3 Schritt 4: Effizienz der Endbehandlung.....	175
3.4 Schritt 5: Effizienz der Gesamt-RMM.....	176
3.4.1 Abluft	176
3.4.2 Abwasser.....	179
4 Schritt 6: Kommunikation an den Endanwender	182
4.1 Abluft.....	182
4.2 Abwasser.....	182
5 Schritt 7: Dokumentation der RMM im CSR	183
5.1 Beschreibung Abluft.....	183
5.2 Beschreibung Abwasser.....	183
6 Schlussfolgerungen aus dem Beispiel.....	185
7 Anhang I: weitere Erläuterungen zum Prozess.....	186
8 Anhang II: Exkurs: externe Endbehandlung.....	188
9 Quellenverzeichnis	190

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Prozessschritte zur Verchromung von Kunststoffteilen	167
Abbildung 2:	Unterscheidung in Badtypen je nach Ablufterfassung.....	168
Abbildung 3:	Erfassungssystem für Abluft und Abwasser.....	171
Abbildung 4:	Übersicht über die RMM beim Verchromen von Kunststoffteilen	172
Abbildung 5:	Wirksamkeit der RMM für die Abluft.....	178
Abbildung 6:	Wirksamkeit der RMM für das Abwasser	181

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Informationen über die relevanten Anwendungsbedingungen	168
Tabelle 2:	Wirksamkeit der Abluftabsaugung	170
Tabelle 3:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Abwasserfassung	171
Tabelle 4:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Abluftvorbehandlung im Wäscher	172
Tabelle 5:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit des Verdampfers	173
Tabelle 6:	Berechnung der Wirksamkeit des Verdampfers	173
Tabelle 7:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Fällung	174
Tabelle 8:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit des Aktivkohlefilters	174
Tabelle 9:	Mengenströme von PFOS in der RMM für die Abluft	176
Tabelle 10:	Freisetzungs- und Minderungsmengen von PFOS in der RMM für die Luft	178
Tabelle 11:	Mengenströme von PFOS in der RMM für das Abwasser	179
Tabelle 12:	Freisetzungs- und Minderungsmengen von PFOS in der RMM für das Abwasser	180
Tabelle 13:	Schritte zur dekorativen Verchromung und Einsatz von PFOS	186
Tabelle 14:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Abfallverbrennungsanlage	188
Tabelle 15:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Deponierung	189
Tabelle 16:	Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der biologischen Kläranlage	189

Abkürzungsverzeichnis

BAT	Beste verfügbare Technik (engl.: best available techniques)
BREF	Referenzdokument für beste verfügbare Techniken (engl.: best available techniques reference document)
CEFIC	Europäischer Verband der chemischen Industrie
CPB	Chemisch-physikalische Behandlungsanlage
CSR	Stoffsicherheitsbericht (engl.: chemical safety report)
ERC	Umweltemissionskategorie (engl.: environmental release category)
ES	Expositionsszenario
EUSES	EU-System zur Stoffevaluation (engl.: European Union System for the Evaluation of Substances)
IED	Industrieemissionsrichtlinie (engl.: Industrial Emissions Directive)
NA	Nachgeschalteter Anwender
PFT	Perfluorierte Tenside
PFOS	Perfluorooctansulfonat
PFBS	Perfluorbutansulfonsäure
RMM	Risikomanagementmaßnahme

25 Einleitung

In diesem Fallbeispiel wird die Anwendung des Leitfadens zur Ermittlung der Wirksamkeit von Risikomanagementmaßnahmen (RMM) für die Verwendung „Verchromen von Kunststoffteilen“ durchgespielt. Das Beispiel dient dazu, das im Leitfaden vorgeschlagene Vorgehen zu illustrieren sowie mögliche Schwierigkeiten bei der Anwendung zu beschreiben und ggf. weiteren Forschungs- und Entwicklungsbedarf zu ermitteln.

Die Verwendungsbedingungen bei der Verchromung sind die Grundlage für die Art und Auslegung möglicher RMM. Die Beschreibung dieser Bedingungen und die Ableitung dazugehöriger Emissionsfaktoren zur Ermittlung der emittierten Stoffmengen aus der Verchromung sind zwar nicht Gegenstand des Projektes, für die Ermittlung der RMM-Effizienz jedoch wichtig. Daher werden sowohl die Verwendungsbedingungen näher beschrieben als auch die Emissionsfaktoren basierend auf den Anwendungsbedingungen abgeschätzt.

Das Fallbeispiel bezieht sich konkret auf die Wirksamkeit der Risikomanagementmaßnahmen für Perfluorooctansulfonat (PFOS).

Ziele des Fallbeispiels sind die Illustration und Verdeutlichung davon,

- ▶ wie ein Prozess abgegrenzt und Risikomanagementmaßnahmen daraus abgeleitet werden können (Kapitel 2) und
- ▶ wie Risikomanagementmaßnahmen strukturiert werden und ihre Wirksamkeit logisch abgeleitet werden kann, bzw. welche Informationen dafür genutzt werden können.

Hierbei werden die einzelnen RMM-Stufen betrachtet:

18. Erfassung (Kapitel 3.1),
19. Vorbehandlung (Kapitel 3.2),
20. Endbehandlung (Kapitel 3.3),
21. Sowie die Gesamteffizienz der Maßnahme (Kapitel 3.4).

Außerdem wird gezeigt,

- ▶ welche Informationen an die Kunden kommuniziert werden sollten (Kapitel 4) und
- ▶ wie die Ableitung der RMM-Wirksamkeit im Stoffsicherheitsbericht (CSR) dokumentiert werden kann (Kapitel 0).

Im letzten Kapitel werden Schlussfolgerungen aus dem Fallbeispiel gezogen.

Im Beispiel wird die Galvanisierung von Kunststoffwerkstücken nach dem Prinzip der Gestell- oder auch Stückgalvanisierung betrachtet⁶⁵. Dabei werden die Werkstücke in einer Haltevorrichtung in einer hintereinander geschalteten Reihe von Prozessbädern von einem Bad in das Nächste getaucht.

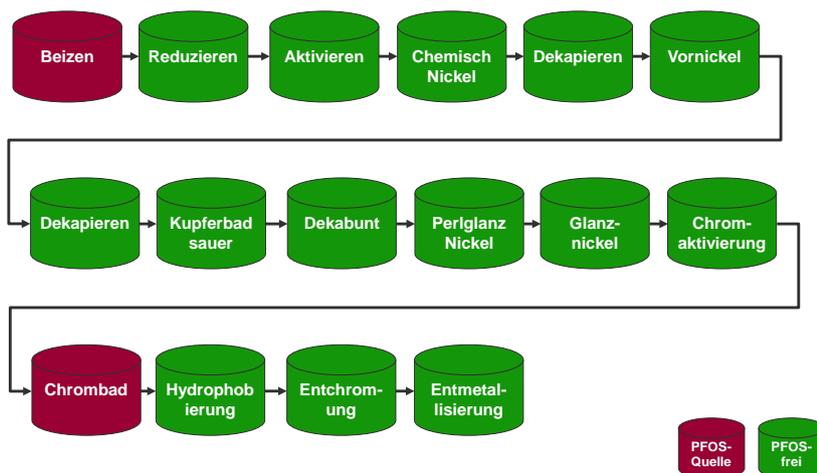
Es ist zudem zu berücksichtigen, dass anhand des Leitfadens lediglich gezeigt werden kann, dass eine bestimmte RMM das Potenzial hat eine bestimmte Wirksamkeit für einen Stoff in der Verwendung zu erreichen, die die Wirksamkeit von sehr vielen Faktoren abhängt. Die folgenden Betrachtungen beziehen sich dementsprechend auf eine optimale Situation in Bezug auf die erreichbare Wirksamkeit der Maßnahme.

⁶⁵ Dies ist in Abgrenzung zur Trommel- oder Glockengalvanisierung zu sehen, bei denen eine große Anzahl von Objekten, z.B. Schrauben in einem Gefäß, einer Trommel oder einer Glocke in die Bäder eingebracht und durch Rotation bewegt werden.

26 Schritt 1: Abgrenzung der Verwendung

Die Wirksamkeit der Risikomanagementmaßnahme wird in Bezug auf die Verwendung von PFOS als Netzmittel in galvanischen Bädern abgeleitet. Hierbei wird die relativ komplexe und vielfältige Abfolge verschiedener Schritte der Verchromung in unterschiedlichen Bädern so reduziert, dass lediglich die emissionsbestimmenden Aspekte beschrieben werden. Eine Übersicht über alle Prozessschritte gibt Abbildung 1⁶⁶. Die rot markierten Schritte beinhalten den Einsatz von PFOS.

Abbildung 28: Prozessschritte zur Verchromung von Kunststoffteilen



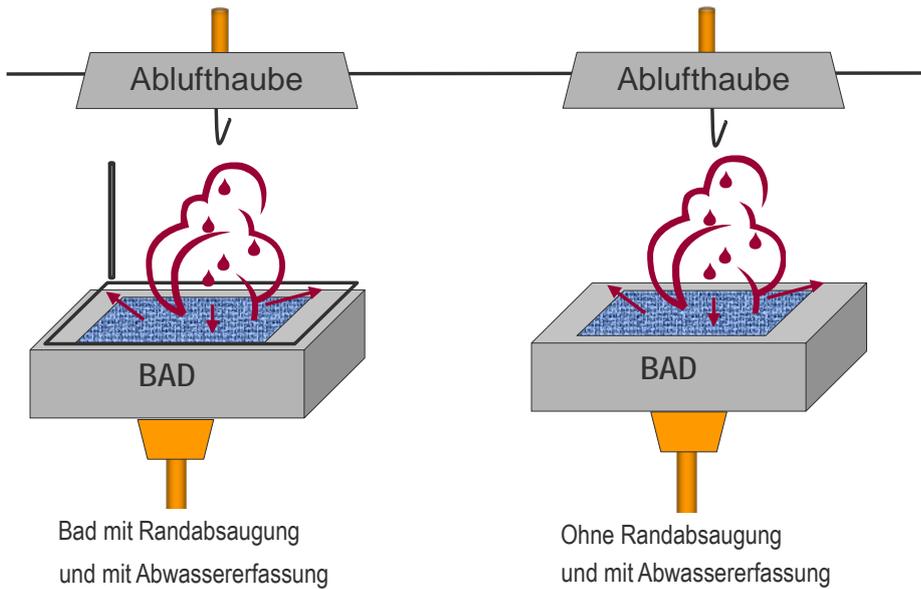
Eine Galvanikanlage besteht aus einem komplexen Wassersystem, bei dem das Wasser über verschiedene Stufen im Kreislauf geführt wird, um die Frischwasserzufuhr möglichst weit zu reduzieren. Da aber alle Bäder letztlich an das gleiche Erfassungssystem für das Abwasser angeschlossen sind und auch die Abluft gesammelt erfasst wird, wird die lange Prozessabfolge für die Ableitung der Wirksamkeit der RMM im Folgenden vereinfacht. Anhang I zeigt die Details zur gesamten Prozessabfolge.

Der Prozess wird so betrachtet, als gäbe es lediglich ein Bad mit und eines ohne Abluftabsaugung (entsprechend der beiden Erfassungstypen, siehe Abbildung 2). Da lediglich die Verwendungsmenge von PFOS und die Emissionen in die Abluft und das Abwasser relevant sind, können die Prozessbäder, wenngleich sie sehr unterschiedliche Funktionen haben können, als eine „black box“ betrachtet werden. Diese Vereinfachung wird auch in der Emissionsabschätzung vorgenommen und entspricht somit dem normalen Vorgehen in der Stoff-sicherheitsbeurteilung.

Die folgende Abbildung zeigt die beiden Typen von galvanischen Bädern, die sich durch die Art der Abluftfassung unterscheiden.

⁶⁶ Andere Badkombinationen sind je nach Anlage möglich. Hier wird jedoch eine „typische Anlage“ beschrieben wie sie auch in verschiedenen Berichten zu galvanischen Verfahren beschrieben ist.

Abbildung 29: Unterscheidung in Badtypen je nach Ablufterfassung



Die folgende Tabelle fasst die wichtigsten Anwendungsbedingungen im Verchromungsprozess der Kunststoffteile zusammen.

Tabelle 49: Informationen über die relevanten Anwendungsbedingungen

Frage	Informationen zum Prozess
Allgemeine Prozessbeschreibung	Siehe Abbildung 1 Die Bedingungen in den Bädern unterscheiden sich durch die Bewegtheit, die Temperatur und die chemische Zusammensetzung. Die Bäder sind über im Kreislauf geführte Wässer und Spülwässer miteinander verbunden. Dies führt zu komplizierten Stoffflüssen, ist jedoch für der Höhe der primären Emissionen nicht erheblich.
Verarbeitungstemperaturen und -drücke	Maximal 70°C in einigen Bädern; Normaldruck
Prozessschritten mit möglichen Emissionen in die Abluft	Prinzipiell kann PFOS aus allen Bädern, in denen es eingesetzt wird oder als Verunreinigung enthalten ist, in die Luft emittieren. Die Wahrscheinlichkeit einer Emission wird durch Aerosolbildung erhöht, was z.B. bei aktiv bewegten Bädern der Fall sein kann (Beizen, Vornickel, Dekapieren und Glanzchrom).
Geschlossenheit von Anlagen, in denen Luftemissionen auftreten können	Alle Bäder sind offen. Eine Verringerung der Austauschoberfläche zwischen Badmedium und Umgebungsluft kann mittels mechanischer Barrieren verringert werden, wird hier aber nicht betrachtet ⁶⁷
Beschaffenheit der Luftemissionen	PFOS emittiert lediglich als Aerosol, Tröpfchen oder Nebel.

⁶⁷ Eine völlige Abdeckung der Bäder ist aus Gründen der Gestellfahrweise und der hohen Wechselgeschwindigkeit der Werkstücke nicht vorgesehen. Gleichwohl gibt es dazu im BREF Vorschläge, wie eine Abdeckung realisiert werden kann, z.B. durch aufklappbare Deckel. Zudem kann durch Kunststoffkugeln oder Schaum eine Abdeckung erreicht werden, die keine Barriere für das Eintauchen von Werkstücken darstellt.

Frage	Informationen zum Prozess
In welchen Prozessschritten können Abwässer entstehen, in denen PFOS enthalten ist?	Abwasser, das PFOS enthält entsteht durch das Spülen der Werkstücke und andererseits durch den Betrieb von Abluftwäschern. Die Bäder selbst werden sehr selten komplett ausgetauscht (dann als Abfall entsorgt). Die Spülwässer werden im Kreislauf geführt und Teilströme davon werden in Vorratsbehältern zusammengeführt und weiter behandelt. Die Teilströme aus der Beize und dem Glanzchrom werden separat geführt. In allen Teilströmen ist das PFOS enthalten.
Beschaffenheit der Abwasseremissionen	Wässrig. Die Wasserlöslichkeit von PFOS beträgt je nach Informationsquelle ⁶⁸ zwischen 520 und 680 mg/l
Prozesse kontinuierlich oder diskontinuierlich?	Chargenweise und kontinuierlich, Entsorgung der Badinhalte diskontinuierlich.

Weitere Erläuterungen

Die PFOS-Menge, die aus den verschiedenen Prozessschritten in die Luft freigesetzt werden kann, ist abhängig von⁶⁹:

- ▶ Prozesstemperaturen,
- ▶ Dem Dampfdruck und Löslichkeitsverhalten
- ▶ Badbewegung
- ▶ der (offenen) Badoberfläche
- ▶ und dem Netzmittelgehalt.

Die Menge der insgesamt aus dem Prozess in das Wasser emittierten PFOS ist im Wesentlichen abhängig davon, wieviel mit dem Werkstück verschleppt wird. PFOS verbleibt entweder im Spülwasser oder im galvanischen Bad selbst, dass bei Verbrauch bzw. hoher Kontamination als Ganzes ausgetauscht wird (Abfall).

Für PFOS ist ermittelt worden, dass es aus wässriger Lösung nicht in die Luft emittiert (verdunstet)⁷⁰. Daher ist davon auszugehen, dass Emissionen in die Abluft lediglich durch Aerosolbildung bei bewegten Bädern stattfinden.

⁶⁸ Die hier genannten Werte sind dem Stoffdatenblatt PFOS des LAWA Arbeitskreises „Stoffe“ entnommen.

⁶⁹ Eine mögliche Zerstörung von PFOS in stromgeführten Bädern wird in diesem Beispiel nicht betrachtet.

⁷⁰ OECD: HAZARD ASSESSMENT OF PERFLUOROOCANE SULFONATE (PFOS) AND ITS SALTS; ENV/JM/RD(2002)17/FINAL: „PFOS is not expected to volatilize, based on an assigned air/water partition coefficient of $< 2 \times 10^{-6}$ Pa.m³/mol. This assignment was made by Prof. Donald Mackay based on experimental data generated by 3M. In that study, the Hc was too small to measure experimentally using pure water. The interpretation by Mackay states “[PFOS] is thus essentially non-volatile from aqueous solution. This is probably because of its ionic nature. The simple expedient is to assign it a K_{aw} of zero, i.e. is a type 2 involatile chemical in our nomenclature.”

27 Strukturierung der RMM und Wirksamkeitsermittlung

Die RMM sind über die verschiedenen Prozessschritte verteilt. Da eine detaillierte Betrachtung der einzelnen Prozessschritte sehr aufwändig ist, wird in der folgenden Betrachtung lediglich ermittelt, welche Emissionen in Summe in welche Medien entstehen.

PFOS hat eine relativ hohe Wasserlöslichkeit und eine geringe Volatilität aus dem Wasser⁷⁰. Die galvanischen Bäder werden bei Raumtemperatur, bzw. Temperaturen von maximal 70°C betrieben. Durch Badbewegungen können Aerosole entstehen, die PFOS enthalten. Daher wird für PFOS insgesamt (aus allen Bädern) eine Freisetzungsrate von 5% für den Luftpfad angenommen.⁷¹

Es wird angenommen, dass durch den Austausch von Bädern ca. 0,0002% des PFOS direkt als Abfall entsorgt wird. Dieser Wert wurde ermittelt aus der Anzahl der Arbeitstage einer Anlage (300) und der Häufigkeit des Austausches der Bäder (1 Mal in 5 Jahren).

Der verbleibende Anteil an PFOS (ca. 95% der Einsatzmenge) wird als primäre Emission ins Wasser gewertet, da keine weiteren Emissionspfade wahrscheinlich sind und PFOS nicht auf dem Werkstück verbleibt.

27.1 Schritt 2: Effizienz des Erfassungssystems

27.1.1 Abluft

Alle Bäder sind mit einer Ablufthaube versehen.

Bäder, aus denen vermehrt Luftemission auftreten können (Temperaturen höher als Raumtemperatur, Badbewegung, die zu Aerosolbildung führen kann), haben eine Randabsaugung. Durch die Bewegung der Werkstoffe über dem Bad kann die Effizienz durch Luftverwirbelung herabgesetzt werden.

Aus nicht-bewegten Bädern und Bädern, die bei erhöhten Temperaturen betrieben werden, sind ebenfalls in sehr geringem Ausmaß Emissionen möglich. Dies gilt auch für den Schritt des Badansatzes bei Neubefüllung, der hier nicht betrachtet wurde⁷².

Im Spülwasserkreislauf der Bäder können Verdunster zur Aufbereitung der Prozesswässer integriert, sein. Diese Anlagen führen nicht zu Abwässern und aufgrund der niedrigen Temperaturen (Funktionsprinzip Kondensation) wird nicht mit PFOS – Emissionen in die Luft gerechnet. Diese Anlagen werden in Hinsicht auf primäre Emissionen und/oder die Wirksamkeit von RMM nicht berücksichtigt.

Tabelle 50: Wirksamkeit der Abluftabsaugung

Parameter	Wert	Kommentar
Funktionsweise		Abluftabsaugung umfließt Badränder und sorgt für einen Luftstrom von der Badmitte zum Rand, mit dem ein Großteil der Emissionen erfasst wird. Am Wagen für das Werkstück befindet sich eine abgeseugte Haube zur Erfassung der Aerosole
Anschluss der RMM an den Prozess	95% ⁷³	Nur die Bäder mit erhöhter Temperatur und Badbewegung sind abgeseugt, Emissionen aus anderen Bädern werden nicht erfasst. Die Randabsaugung erfasst nicht alle Emissionen aus dem Bad (offener Prozess).

⁷¹ Dieser Wert ist eine worst case Abschätzung, da auch in Verteilungsmodellen in Kläranlagen, wo deutlich höhere Wasserbewegungen und teilweise ebenfalls hohe Temperaturen (Faulturm) vorherrschen, lediglich Freisetzungsraten in die Luft angenommen werden, die um 100-faches geringer sind.

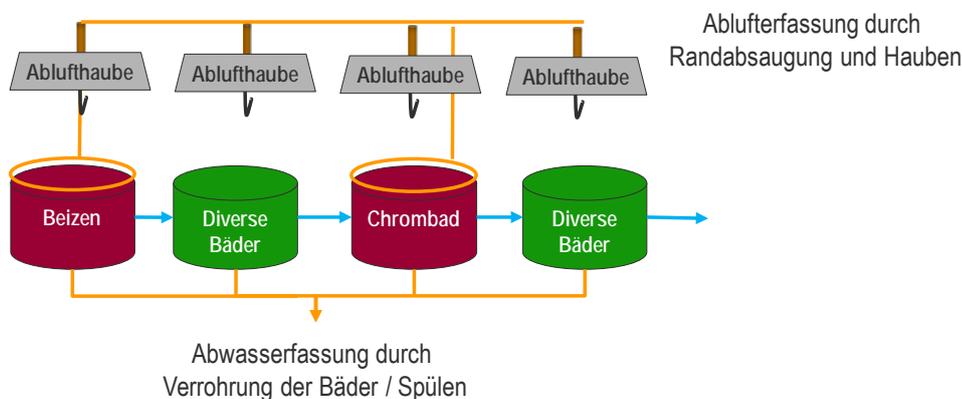
⁷² Um das Beispiel nicht zu komplex zu gestalten, ist der Prozess des Befüllens neuer Bäder sowie der Entsorgung verbrauchter Bäder hier nicht berücksichtigt. Er könnte im Rahmen einer Stoffsicherheitsbeurteilung auch separat betrachtet werden, da hierfür z.B. ein eigener ERC existiert bzw. ein eigenes „contributing scenario“ erstellt werden könnte.

⁷³ In der CEFIC RMM-library wird eine Bandbreite von 80 bis 96% angegeben.

Parameter	Wert	Kommentar
		(Quelle: Expertenbewertung, CEFIC RMM-library)
Anteil, der aus nicht angeschlossenen Quellen entweicht	5%	Reziprokwert des Anschlussgrades; Begründung s.o. Quellen sind: a) Nicht erfasste Abluft aus abgesaugten Bädern b) Offene Bäder (unbewegt, Raumtemperatur) c) Sonstige mögliche Quellen für Aerosole und Tröpfchen
Verringerte Erfassung durch diskontinuierliche Fahrweise	0%	Prozess ist kontinuierlich, kein Einfluss auf Wirksamkeit erwartet, wenn Prozess unterbrochen wird. (Quelle: Expertenbewertung)
Störfaktoren	0%	Bewegung der Werkstücke im Luftstrom. Ist in Anschluss an RMM bereits berücksichtigt.

Das Erfassungssystem ist in der folgenden Abbildung schematisch dargestellt.

Abbildung 30: Erfassungssystem für Abluft und Abwasser



27.1.2 Abwasser

Die Wasserführung beinhaltet sowohl die Aufbereitung und Rückführung von Prozesslösungen in die galvanischen Bäder als auch Spülwasserkaskaden zur Reinigung der Werkstücke. Abwasser entsteht aus dem Abluftwäscher sowie aus verunreinigten Spülwässern. Entsprechend besteht das Erfassungssystem aus Rohren und Auffangbehältern für die Prozessabwässer.

Tabelle 51: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Abwasserfassung

Parameter	Wert	Erläuterung
Funktionsweise		Anschluss aller Abläufe aus Bädern / Spülen an Abfluss und Verrohrung zu Sammelbehältern
Emission aus nicht angeschlossenen Quellen	0,05%	Gesamtes Abwasser wird erfasst; als worst case wird 0,05% der Eingangsmenge Tropfverluste bei Reinigung des Anlagenbodens ohne Behandlung in das Abwasser freigesetzt würden oder es andere Emissionsquellen geben könnte. (Quelle: Expertenbewertung)
Erfasster Anteil zur Behandlung	99,95%	S.o. 0,05% diffuse Verluste aus kleineren möglichen Quellen
Störfaktoren	0%	Leckagen oder umstürzende Gefäße werden vom aufgenommen; Ausnahmen der Erfassung sind (seltene) Rohrleitungsbrüche

27.1.3 Berechnung der Wirksamkeit

Die geschätzte Wirksamkeit der Abluftefassung liegt im Bereich der Wirksamkeiten, die in der CEFIC RMM-library beschrieben werden.

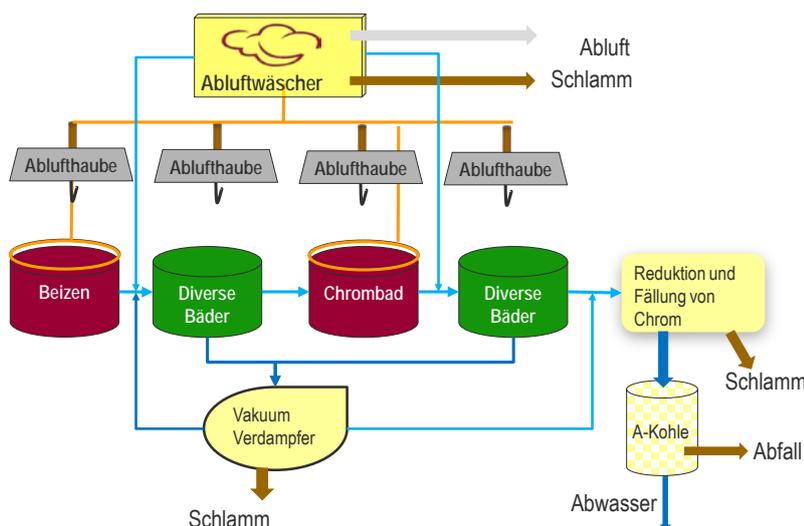
Die galvanischen Bäder haben eine Randabsaugung, wenn höhere Temperaturen verwendet bzw. die Bäder bewegt werden. Zudem wird durch die Haube über dem Werkstoff ebenfalls für eine Absaugung von Aerosolen und Nebeln gesorgt. Daher wird die Wirksamkeit der Abluftefassung mit 95% geschätzt. Eine Ermittlung der Gesamtwirksamkeit der RMM erübrigt sich, da keine Einzelprozesse betrachtet werden.

Die Wirksamkeit der Abwassererfassung wurde logisch abgeleitet. Es wird davon ausgegangen, dass kein System vollständig dicht sein kann und Verluste von PFOS möglich sind, die z.B. durch Tropfen der Werkstücke oder Undichtigkeiten von Behältern, Rohren etc. entstehen können. Die angenommene Verlustrate ist mit 0,05% relativ gering.

27.2 Schritt 3: Effizienz der Vorbehandlung

Die Maßnahmen zur Vor- und Endbehandlung der gefassten Emissionen sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

Abbildung 31: Übersicht über die RMM beim Verchromen von Kunststoffteilen



27.2.1 Abluft

Die gefassten Luftemissionen werden mittels eines Wäschers abgeschieden. Im Wäscher entstehen Resteemissionen in die Abluft, Schlämme, die kontinuierlich aus dem Wäscherwasser abgezogen und extern entsorgt werden sowie „Abwasser“, das dem Prozess wieder zugeführt wird. Stoffe im Wäscherwasser werden nicht als Emission gewertet, da sie im Prozesskreislauf verbleiben.

Das Wäscherwasser wird nach Rückführung in den allgemeinen Wasserkreislauf der galvanischen Anlage aufgefangen und einer chemisch-physikalischen Behandlung unterzogen (CPB, s.u.). Der Anteil des Abwassers in der CPB, der aus dem Wäscher stammt, wird separat gehalten und der Wirksamkeit für die Minderung der Luftemissionen zugerechnet.

Tabelle 52: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Abluftvorbehandlung im Wäscher

Parameter	Wert	Erläuterung
-----------	------	-------------

Parameter	Wert	Erläuterung
Funktionsweise		PFOS durchläuft einen Wäscher; darin wird es überwiegend ins Abwasser überführt.
Für welche Stoffe wird Maßnahme i.d.R. verwendet?		Primär zur Entfernung wasserlöslicher Stoffe aus der Abluft. Im konkreten Fall wird im Wasser gelöstes PFOS (Aerosole, Nebel) aus dem Abluftstrom gewaschen.
Anteil Stoffes der abgeschieden wird?	99%	Abscheidegrad für (PFOS in) Aerosole und Nebel wird als sehr hoch eingeschätzt. (Quelle: Expertenbewertung) Annahme zur Verteilung von PFOS im Wäscher: Schlamm 27,9%, Wasser 72% und Luft 0,1% (Quelle: siehe s. Abschnitt 3.2.2)
Zerstörung von Stoffen	0%	In der Vorbehandlung durch den Wäscher erfolgt keine Zerstörung, da PFOS es sehr stabil ist. (Quelle: Expertenbewertung)
Störfaktoren	0%	Keine bekannt.

27.2.2 Abwasser

Wie in Abbildung 4 dargestellt können für das Abwasser zwei Teilströme unterschieden werden: In diesem Beispiel wird 1/3 des Spülwassers in einem Verdampfer behandelt (unten links), aus dem das Destillat mit dem restlichen Abwasserstrom in einer chemisch-physikalischen Behandlung (CPB) weiter behandelt wird. Die anderen 2/3 der Spülwässer werden direkt in die CPB geleitet. Die CPB besteht aus einer Reduzierung und Fällung von Metallionen (Chrom VI, Nickel etc.) sowie einer Aktivkohlefiltration.

Tabelle 5 enthält Information zur Wirksamkeit des Verdampfers (Teilstrombehandlung von 1/3 der Spülabwässer) und Tabelle 6 zeigt, aufgrund welcher Messdaten und anhand welches Rechenweges die Wirksamkeit von 99% für den Verdampfer (s. Tabelle 5) ermittelt wurde.

Tabelle 53: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit des Verdampfers

Parameter	Wert	Erläuterung
Funktionsweise		Abwasser wird in einem Verdampfer eingengt. Stoffe mit niedrigerem Dampfdruck verbleiben im Rückstand.
Für welche Stoffe wird Maßnahme verwendet?		Abtrennung anorganischer (Metalle) und organische Bestandteile (z.B. PFOS).
Prozent des im Verdampfer abgetrennten PFOS	99 %	Wert ist gerundet, s. Tabelle 6 1% des PFOS wird im Destillat in den Prozess zurückgeführt
Zerstörung von PFOs	0%	Da PFOS sehr persistent ist, findet keine Zerstörung statt
Störfaktoren	0%	Nicht bekannt

Messungen aus dem Beispielbetrieb enthalten die folgenden Informationen: Täglich werden 1500 l Spülwasser im Verdampfer behandelt. Insgesamt werden ca. 1475 l Wasser zurückgewonnen, in der PFOS in Konzentrationen von 32 µg/l enthalten sind. Die Konzentration von PFOS im Rückstand beträgt 240.000 µg/l. Die Wirksamkeit des Verdampfers wird wie in Tabelle 6 dargestellt ermittelt.

Tabelle 54: Berechnung der Wirksamkeit des Verdampfers

Parameter	Wert	Einheit	Quelle
Eingangskonzentration	3900	µg/l	Konzentrationsmessung
Wassermenge / Tag	1500	l/d	Messung Wasserzähler

Parameter	Wert	Einheit	Quelle
Eingangsmenge	5,85	g	Berechnet
Konzentration im Destillat	32	µg/l	Konzentrationsmessung
Volumen Destillat	1475,82	l	Messung Wasserzähler
Menge im Destillat	0,047	g	Berechnet
Konzentration im Rückstand	240000	µg/l	Konzentrationsmessung
Menge Rückstand	24,18	l	Berechnet
Menge im Rückstand	5,80	g	Berechnet
Effizienz (Abtrennung in Rückstand)	99,20	%	Berechnet

Tabelle 7 führt die Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Fällung auf, die, gemeinsam mit der vorherigen Reduktion den ersten Behandlungsschritt der CPB darstellt

Tabelle 55: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Fällung

Parameter	Wert	Erläuterung
Funktionsweise		Durch Zugabe von Hilfsmitteln werden Metalle aus dem Abwasser gefällt und als Abfall entsorgt. Diese RMM zielt nicht auf die Emissionsminderung von PFOS ab; PFOS verteilt sich aber auf Schlamm und Wasser.
Für welche Stoffe wird die Maßnahme verwendet?		Entfernung von Metallionen aus dem Abwasser
Prozentsatz des Stoffes der abgetrennt wird	27,9 %	Verteilung in Schlamm Es liegen keine Messwerte vor. Wert ist eine Abschätzung basierend auf Stoffinformationen und weiterer Literatur. (Quelle: s. Abschnitt unterhalb der Tabelle)
Zerstörung von Stoffen	0% ⁷⁴	Mit einem Abbau von PFOS ist nicht zu rechnen.
Störfaktoren		Nicht relevant, da RMM für PFOS nicht vorgesehen ist.

Es liegen keine Messdaten über die Verteilung von PFOS zwischen der Wasserphase und dem Fällschlamm vor.

Daten über die Verteilung von PFOS in Kläranlagen sind in zwei Veröffentlichungen vorhanden: Brook et.al (2004) ermitteln eine Verteilung mit EUSES – Schlamm 27,9%; Wasser 72% und Ullrich (2008) ermittelt mit dem Modell Simple Treat – Schlamm 40,9% und Wasser 58,5% (Rest Abbau)

Die Daten von Brook et.al sind konservativer, da die PFOS – Mengen im Schlamm extern entsorgt werden und somit als zu 100% gemindert gelten. Zudem wird in der Arbeit von Ullrich beschrieben, dass ein Abgleich mit Messdaten aus einer Kläranlage geringere Konzentrationen von PFOS im Schlamm zeigt, als mit SimpleTreat vorhergesagt wird. Daher werden die Werte für die Verteilung von PFOS zwischen Schlamm und Wasser aus Book et.al für die Wirksamkeit verwendet.

Das Abwasser aus der Fällung wird innerbetrieblich mittels eines Aktivkohlefilters weiter behandelt. Die Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit werden in Tabelle 8 aufgeführt.

Tabelle 56: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit des Aktivkohlefilters

Parameter	Wert	Erläuterung
-----------	------	-------------

⁷⁴ Dieser Wert ist eine worst case Abschätzung, da ein Abbau einer vollständigen Emissionsminderung gleich käme

Parameter	Wert	Erläuterung
Funktionsweise		Aktivkohle bindet PFOS im Abwasser (Adsorption). Nach Sättigung der Bindungsstellen wird das Filtermaterial ausgetauscht, und als gefährlicher Abfall entsorgt.
Für welche Stoffe wird die Maßnahme verwendet?		Primär für organische Stoffe
Prozentsatz des Stoffes der abgetrennt wird	90%	Effizienz hängt von der Beladung der Aktivkohle ab ⁷⁵ . PFOS kann bei entsprechender Optimierung bis zu 99,9% adsorbiert werden. (Quelle: siehe Ableitung unter der Tabelle)
Zerstörung von Stoffen	0%	Kein Abbau und keine Reaktionen
Störfaktoren		Überladung des Filters, Präsenz von Metallionen (daher entsprechend Vorbehandlung notwendig); saure pH-Werte verschlechtern die Bindung organischer Stoffe

In einer Untersuchung⁷⁶ zur Wirksamkeit unterschiedlicher RMM wurde Galvanikabwasser über zwei Aktivkohlefilter gereinigt. Vor und nach den Filtern wurde die Konzentration von PFOS gemessen. Dabei wurden auch verschiedene Aktivkohlematerialien miteinander verglichen. Es zeigte sich, dass die effektivsten Kohlen sehr hohe Wirkungsgrade für PFOS von mehr als 99% hatten. Entscheidend für die Aufrechterhaltung der hohen Wirkungsgrade der Filter waren unter anderem die Kontaktdauer des Abwassers mit dem Aktivkohlefilter und der rechtzeitige Austausch der Filter vor einer vollständigen Beladung⁷⁷.

In einer weiteren Veröffentlichung wurden Wirksamkeiten von Aktivkohle von 85% - 95% für PFT aus Trinkwassergewinnungsanlagen zitiert.

Für die Bewertung der RMM wird aufgrund der Unsicherheiten und der relativ kleinen empirischen Datenbasis ein Wirkungsgrad von 90% angenommen (worst case).

27.3 Schritt 4: Effizienz der Endbehandlung

Die Endbehandlung der Emissionen findet betriebsextern statt, daher wird bei der Berechnung der Wirksamkeit der betrieblichen RMM eine „Emissionsminderung“ von 100% angenommen:

- ▶ Schlamm aus dem Wäscher → externe Schlammbehandlung
- ▶ Rückstand aus dem Verdampfer → externe Abfallbehandlung
- ▶ Schlamm aus der Fällung von Chrom → externe Schlammbehandlung
- ▶ Aktivkohlefilter → externe Abfallbehandlung
- ▶ (Flüssig-) Abfall aus dem Komplettaustausch von Bädern → externe Abfallbehandlung
- ▶ Abwasser aus dem Aktivkohlefilter → kommunale Kläranlage

Grundsätzlich besteht das Problem bei der Betrachtung der Abfallphase darin, dass die Abfälle in jede Behandlung im Rahmen der gesetzlichen Abfallvorgaben einfließen dürfen. Das kann zur Folge haben, dass bestimmte Schadstoffe in den Behandlungsmaßnahmen wieder freigesetzt werden, was im Widerspruch zu

⁷⁵ Bei entsprechender Abstimmung der Filterwechsel können sehr effiziente Abtrennungsgrade erreicht werden. Die Wechselintervalle wiederum hängen stark von der Konzentration der Stoffe im Wasser ab und der Gesamtmenge des Wassers, was in einem Zeitintervall den Filter durchströmt. Zudem erreichen unterschiedliche Aktivkohlen unterschiedliche Effizienzen für verschiedene organische Stoffe.

⁷⁶ Minimierung des PFT Eintrags in die Galvanikabwässer; Abschlussbericht, 2008

⁷⁷ Die Hintereinanderschaltung der zwei Filter hatte den Zweck einer Vorreinigung mit dem ersten Filter und einer Nachreinigung mit einem zweiten, in dem das Abwasser dann schon deutlich weniger PFOS enthalten hat. Somit war der zweite Filter auch später voll beladen, entsprechend früher wurde Filter eins ausgetauscht. Beim Austausch wurde dann der frisch erneuerte Filter zum Nachfilter.

einer Minderungseffizienz von 100% steht. Insbesondere im Fall der Galvanikabfälle sollte der PFOS – Gehalt zumindest an die Entsorgungsfirmen kommuniziert werden.

Der Rückstand aus dem Verdampfer kann einer Metallrückgewinnung unterzogen werden; diese Art der Entsorgung ist wirtschaftlich besonders interessant, da keine Entsorgungskosten anfallen. In diesem Prozess wird Wasser und das darin enthaltene PFOS freigesetzt und ggf. nicht angemessen berücksichtigt und so der kommunalen Kläranlage zugeführt. Dies ist problematisch, da der Verdampferrückstand einen sehr hohen PFOS – Anteil hat.

Ein anderes Beispiel für Probleme die in der Abfallphase auftreten können ist die Entsorgung von Filterkuchen aus den Filterpressen nach der Chromfällung. Nach Trocknung und Immobilisierung könnte der Schlamm im Straßenbau und anderen Bauprojekten eingesetzt werden, wenn nicht bekannt ist, dass PFOS enthalten ist. Dies ist insbesondere problematisch, da nach POP-Verordnung eine Zerstörung von PFOS-haltigen Abfällen vorgeschrieben ist, wenn diese mehr als 50mg/kg enthalten.

Informationen zur Bewertung der externen Entsorgung von Galvanikabfällen werden im Anhang II zusammengestellt.

27.4 Schritt 5: Effizienz der Gesamt-RMM

Die Effizienz der Gesamt-RMM ermittelt sich aus den Wirksamkeiten der verschiedenen RMM-Stufen unter Berücksichtigung der verschiedenen Teilemissionsströme. Die Bilanzierung der Wirksamkeit der RMM für das Abwasser erfolgt OHNE den Teilstrom aus dem Wäscher, da dieser ursprünglich aus dem Luftpfad stammt. Bei der Ermittlung der Wirksamkeit für die Abluft, wird die Wirksamkeit der Abwasserbehandlung für den Teilstrom aus dem Wäscher berücksichtigt. Die Fällung und Filtration ist also Teil beider RMMs wird aber für die Pfade getrennt betrachtet.

Die RMM-Effizienz ist unabhängig von der Einsatzmenge. Für die Ermittlung wird daher eine fiktive Einsatzmenge von 100 g PFOS angenommen.

Eine Stoffflussanalyse durch die RMM wird in den folgenden beiden Abschnitten bzw. der Die Ergebnisse aus der Massenflussanalyse sind zur Ermittlung der Gesamtwirksamkeit in Tabelle 10 zusammengetragen.

Tabelle 10 und Tabelle 12 gegeben. Hierbei sind die einzelnen RMM – Stufen farblich voneinander abgegrenzt. In der ersten Zeile zu jeder RMM – Stufe bzw. Maßnahme wird die jeweilige Eingangsmenge angegeben, die sich ergibt:

- ▶ für die Erfassung aus der Primäremission
- ▶ für die Vorbehandlung aus der Wirksamkeit der Erfassung und der Primäremission, also der „Ausgangsmenge“ aus dem Erfassungssystem und
- ▶ für die Endbehandlung aus den Stoffmengen, die durch die Vorbehandlung in die jeweiligen weiteren Behandlungsschritte aufgetrennt werden.

In den jeweils dunkler gefärbten Zeilen werden die jeweils freigesetzten oder weiter behandelten Mengen aufgelistet und in den jeweils letzten Zeilen einer RMM stehen die Faktoren, die zur Berechnung der Mengen verwendet wurden.

27.4.1 Abluft

In der folgenden Tabelle sind die Mengenströme von PFOS in der RMM für die Abluftbehandlung dargestellt. Eine graphische Übersicht über die Gesamt-RMM findet sich in Abbildung 4.

Tabelle 57: Mengenströme von PFOS in der RMM für die Abluft

	RMM-Schritt	Wert	[]	Erläuterung
1.	Einsatzmenge im Pro-	100	g	Gesetzt

	RMM-Schritt	Wert	[]	Erläuterung
	zess			
2.	Verteilung in Luft (Aerosol / Verdampfen)	5	%	Freisetzung aus der Luft (Emissionsfaktor für primäre Emissionen aus dem Prozess)
3.	Emission in Luft (Aerosol / Verdampfen)	5,0	g	Primäre Freisetzung in die Luft
4.	Ablufferfassung			Siehe Kapitel 3.1 und Tabelle 2
5.	Emission in die Luft	0,25	g	Diffus freigesetzt
6.	Effizienz Ablufferfassung	95,0	%	Keine geschlossene Anlage, Wert geschätzt, liegt im Bereich von CEFIC RMM
7.	Abluftvorbehandlung (Wäscher)			Siehe Kapitel 3.2.1 und Tabelle 4
8.	Eingangsmenge Abluftwäscher	4,75	g	Primäre Luftemission minus diffuse Freisetzung (Zeile 4 und Zeile 6)
9.	Abscheidung im Waschwasser	4,7	g	Eingangsmenge für Waschwasser
10.	Emission in die Luft	0,048	g	Gefasst und freigesetzt
11.	Abscheidung im Waschwasser	99,0	%	Hohe Abscheidung, da Aerosole, geschätzt
12.	Emission in die Luft	1,0	%	Anteil, der nicht im Waschwasser abgeschieden wird; geschätzt
13.	Abluftvorbehandlung (Verteilung Wäscher)			Siehe Kapitel 3.2.1 und Tabelle 4
14.	Eingangsmenge Waschwasser	4,7	g	Zeile 10
15.	Austrag als Schlamm in externe Entsorgung	1,3	g	Luftemission gemindert, da externe Schlammentsorgung (=100%);
16.	Austrag mit Abwasser	3,4	g	Anteil im Wasser; worst case --> geht in CPB; in Realität oft Kreislaufführung (--> geringere Emissionen)
17.	Emission in die Luft	0,0047	g	Gefasst und freigesetzt
18.	Transfer in Schlamm	27,9	%	Wert aus Verteilung in ARA modelliert nach EUSES
19.	Verbleib im Wasser	72,0	%	Wert aus Verteilung in ARA modelliert nach EUSES
20.	Emission in die Luft	0,1	%	Wert aus Verteilung in ARA modelliert nach EUSES
21.	Abluftvorbehandlung (CPB)			Siehe Kapitel 3.2.2 und Tabelle 7
22.	Input Chromreduktion aus Wäscherabwasser	3,4	g	s.o. Verbleib im Wasser
23.	Menge Fällschlamm → externe Entsorgung	0,9	g	Luftemission gemindert, da externe Schlammentsorgung (=100%);
24.	Menge im Abwasser	2,4	g	Anteil, der im Wasser verbleibt, wird weiter behandelt über Aktivkohle
25.	Menge in der Luft	0,0034	g	Gefasst und freigesetzt
26.	Anteil im Schlamm	27,9	%	Wert aus Verteilung in ARA modelliert nach EUSES
27.	Anteil im Abwasser	72,0	%	Wert aus Verteilung in ARA modelliert nach EUSES

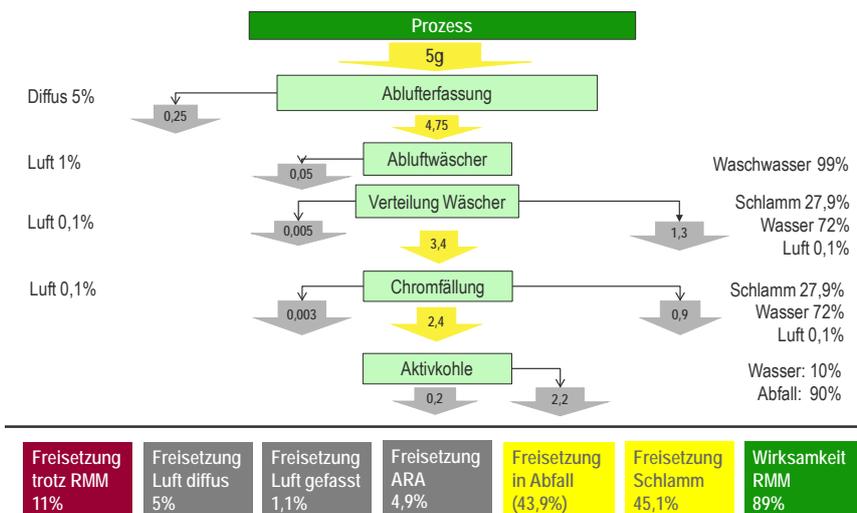
	RMM-Schritt	Wert	[]	Erläuterung
28.	Anteil in der Luft	0,1	%	Wert aus Verteilung in ARA modelliert nach EUSES
29.	Abluftvorbehandlung (CPB)			Siehe Kapitel 3.2.2 und Tabelle 8
30.	Eingangsmenge Aktivkohle (Abluft)	2,4	g	s.o. Anteil der im Wasser verbleibt, wird weiter behandelt über Aktivkohle
31.	Menge in A-Kohle; → Abfallentsorgung	2,2	g	Luftemission gemindert, da externe Abfallentsorgung (=100%)
32.	Restmenge im Abwasser	0,2438	g	Gefasst und freigesetzt - Transfer aus der Luft ins Wasser, wird als über die Luft freigesetzt gewertet
33.	Effizienz A-Kohle	90	%	s. Tabelle 8 und Erläuterungen
34.	Restgehalt Abwasser	10	%	s. Tabelle 8 und Erläuterungen

Die Ergebnisse aus der Massenflussanalyse sind zur Ermittlung der Gesamtwirksamkeit in Tabelle 10 zusammengetragen.

Tabelle 58: Freisetzungs- und Minderungsmengen von PFOS in der RMM für die Luft

Freisetzung / geminderte Emissionen	g	% der Primären Emission
Freisetzung Schlamm	2,257	45,1
Freisetzung in Abfall	2,194	43,9
Freisetzung Abwasser (Transfer Luft--> Wasser)	0,244	4,9
Luft diffus	0,250	5,0
Luft gefasst	0,056	1,1
Freisetzung Luft gesamt	0,306	6,1
Gemindert gesamt (Schlamm und Abfall)	4,451	89,0
Freisetzung gesamt (Luft und Abwasser)	0,549	11,0

Abbildung 32: Wirksamkeit der RMM für die Abluft



27.4.2 Abwasser

In der folgenden Tabelle sind die Mengenströme von PFOS in der RMM für die Abwasserbehandlung dargestellt.

Tabelle 59: Mengenströme von PFOS in der RMM für das Abwasser

	RMM-Schritt	Wert	[..]	Erläuterung
1.	Einsatzmenge	100	g	Gesetzt
2.	Menge, die in den Prozessbädern verbleibt	95,0	g	Primäre Freisetzung in das Wasser
3.	Abfall			Siehe Kapitel 2 und Tabelle 1
4.	Emission in den Abfall (Austausch Bäder)	0,00022	g	Abfall aus dem Austausch der Bäder
5.	Verbleib im Prozesswasser	95,00	g	Anteil der primären Freisetzung, der nicht mit Bädern entsorgt wird (Zeile 2)
6.	Anteil in den Abfall (Austausch Bäder)	0,0002	%	Annahme: Badaustausch alle 5 Jahre; Anteil an jährlicher Einsatzmenge
7.	Verteilung in Prozesswasser	95	%	Menge, die nicht in die Luft emittiert
8.	Abwassererfassung			Siehe Kapitel 3.1.2 und Tabelle 3
9.	Emission ins Wasser (diffus)	0,047	g	Diffuse Emission ins Wasser, da z.B. mit Reinigungsabwasser in ARA emittiert
10.	Gesamtmenge im Spülwasser	94,95	g	Menge in denen Prozesswässern minus diffuse Emissionen
11.	Effizienz Abwassererfassung	99,95	%	Annahme: Verluste lediglich durch tropfende Werkstücke oder Undichtigkeiten
12.	Vorbereitung (Verdampfer)			Siehe Kapitel 3.2.2 und Tabelle 5
13.	Eingangsmenge in Verdampfer	31,65	g	(Zeile 10 * Zeile 16)
14.	Rückführung im Destillat	0,2	g	Anteil, der in die Anlage zurückgeführt wird; wird als Eingangsmenge in die CPB gerechnet (Zeile 10 * Zeile 17)
15.	Anteil im Rückstand --> Schlamm; externe Entsorgung	31,4	g	Gemindert; externe Entsorgung (--> 100%); (Zeile 10 * Zeile 18)
16.	Eingangsmenge in den Verdampfer	33,33	%	1/3 der Spülwässer wird als Teilstrom im Verdampfer behandelt.
17.	Rückführung im Destillat	0,77	%	Siehe Tabelle 6 und Erläuterungen
18.	Restgehalt im Rückstand	99,23	%	Siehe Tabelle 6 und Erläuterungen
19.	Vorbereitung (Fällung)			Siehe Kapitel 3.2 und Tabelle 7
20.	Eingangsmenge Chromreduktion (Abwasser)	63,5	g	2/3 der Spülwässer plus Wasser aus Verdampfer (Zeile 10 * 66,66 + Zeile 17)
21.	Menge im Fällschlamm --> externe Entsorgung	17,7	g	Gemindert, externe Entsorgung (100%) (Zeile 20 * Zeile 24)
22.	Menge in der Luft	0,0635	g	Gefasst und in Luft emittiert = Freisetzung aus Abwasser (Zeile 20 * Zeile 25)
23.	Menge im Abwasser --> A-Kohle	45,8	g	Menge im Abwasser; geht in A-Kohle (Zeile 20 * Zeile 26)

	RMM-Schritt	Wert	[..]	Erläuterung
24.	Anteil im Schlamm	27,9	%	Verteilung in ARA modelliert nach EUSES
25.	Anteil in der Luft	0,1	%	Verteilung in ARA modelliert nach EUSES
26.	Anteil im Wasser	72	%	Verteilung in ARA modelliert nach EUSES
27.	Vorbehandlung (Aktivkohle)			Siehe Kapitel 3.2 und Tabelle 8
28.	Eingangsmenge Aktivkohle (Abwasser)	45,8	g	(Zeile 23) Menge im Abwasser aus Fällung
29.	Menge in der A-Kohle	41,2	g	gemindert; externer Abfall (--> 100%)
30.	Restmenge im Abwasser	4,58	g	Freisetzung in das Abwasser
31.	Effizienz A-Kohle	90	%	S. Tabelle 8 und Erläuterungen
32.	Restgehalt im Abwasser	10	%	S. Tabelle 8 und Erläuterungen

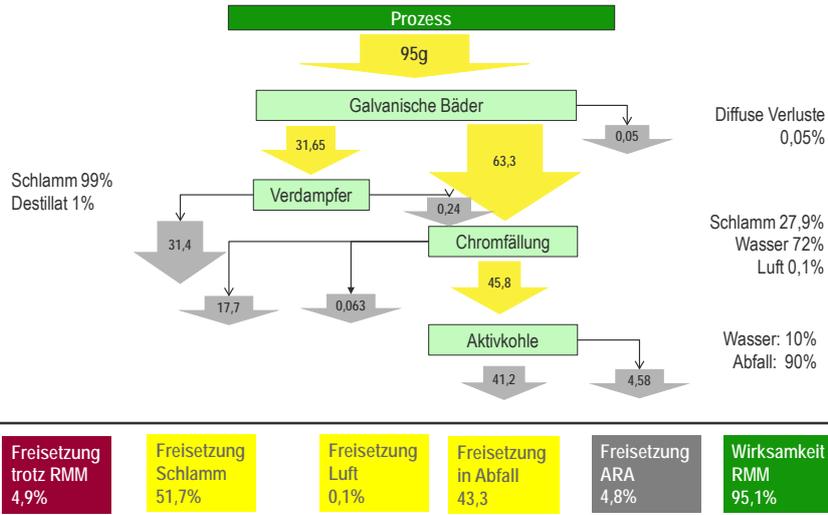
In Tabelle 12 werden die oben abgeleiteten Mengen zusammengefasst, um die Gesamtwirksamkeit der RMM zu ermitteln (Gemindert gesamt)

Tabelle 60: Freisetzungs- und Minderungsmengen von PFOS in der RMM für das Abwasser

Emissionen	Mengen in g	Anteil in %
Freisetzung Abfall	41,179	43,3
Freisetzung Schlamm	49,134	51,7
Rückführung im Destillat (Eingang in CPB)	0,243	0,3
Abwasser diffuse Verluste	0,047	0,0
Freisetzung Abwasser	4,575	4,8
Freisetzung in die Luft (nicht gemindert; Transfer)	0,064	0,1
Gemindert gesamt	90,3	95,1
Freisetzung gesamt	4,7	4,9

Abbildung 6 zeigt die Massenflussanalyse graphisch.

Abbildung 33: Wirksamkeit der RMM für das Abwasser



28 Schritt 6: Kommunikation an den Endanwender

Der Anwender des PFOS soll mit dem Sicherheitsdatenblatt Information erhalten, die zur Umsetzung der sicheren Verwendung des Stoffes notwendig sind. Das heißt, der Registrant (und der Formulierer) müssten für den betrachteten Stoff

- e) die für die sichere Verwendung mindestens notwendige Wirksamkeit kommunizieren, die durch den Endanwender zu überprüfen und einzuhalten ist und sollten
- f) Hinweise darauf geben, welche RMM zur Erreichung der notwendigen Wirksamkeit als geeignet angesehen werden.

Im Folgenden wird dargestellt, wie die Kommunikation für die Abluft und das Abwasser aussehen könnte. Diese Informationen könnten im Sicherheitsdatenblatt integriert werden oder in Form eines Expositionsszenarios (für das Gemisch) übermittelt werden.

28.1 Abluft

Zur Einhaltung der sicheren Verwendung ist eine möglichst hohe Emissionsminderung notwendig.

Die Kombination der folgenden Maßnahmen ist dazu geeignet, eine hohe Wirksamkeit zu erreichen:

Ausstattung von Bädern mit erhöhter Aerosolbildung, z.B. bei erhöhten Prozesstemperaturen oder bei bewegten Bädern mit einer Ablufterfassung auszustatten (Randabsaugung). Installation von Ablufthauben über den Werkstücken. Behandlung der erfassten Abluft mit einem Wäscher; der Schlamm aus dem Wäscher wird als Abfall entsorgt.

Fällung und Aktivkohlefiltration der Spülwässer zur Chromreduktion. Werden die Schlämme zur Chromwiedergewinnung verwendet ist unbedingt der hohe PFOS – Gehalt an die Abfallbehandlungsanlage zu kommunizieren. Entsorgung beladener Aktivkohlefilter als gefährlicher Abfall.

Anhand dieser Methoden kann eine Emissionsminderung für die Luftemissionen von 89% erreicht werden. Es ist zu beachten, dass durch den Wäscher ca. 5% der Luftemissionen aus dem Prozess in das Abwasser transferiert werden (bezogen auf Menge im Abwasser nach der Aktivkohlefiltration).

28.2 Abwasser

Zur Einhaltung der sicheren Verwendung ist eine möglichst hohe Emissionsminderung notwendig.

Die Kombination der folgenden Maßnahmen ist dazu geeignet, die notwendige Wirksamkeit zur Emissionsminderung von PFOs zu erreichen:

Minimierung diffuser Verluste z.B. durch Tropfen der Werkstücke auf den Anlagenboden durch technische Maßnahmen. Entsorgung der Badinhalte als gefährlicher Abfall bei Austausch.

Behandlung von mindestens 1/3 der Spülwässer mit einem Verdampfer vor einer chemisch-physikalischen Behandlung⁷⁸. Die chemisch-physikalische Behandlung besteht mindestens aus einer Metallfällung und einer Aktivkohlefiltration.

Es ist unbedingt darauf zu achten, dass Aktivkohlefilter vor der maximalen Beladung ausgetauscht werden. Bei einer Entsorgung der Fällschlämme mit dem Ziel einer Metallrückgewinnung ist der hohe PFOS – Gehalt unbedingt zu kommunizieren. Die beladenen Aktivkohlefilter sind als gefährlicher Abfall zu entsorgen.

⁷⁸ Ohne diese Teilstromvorbehandlung wäre die Gesamteffizienz der Maßnahme um ca. 2,5 Prozent niedriger. Eine größere Teilstrombehandlung ist wünschenswert, muss aber den jeweils vor Ort vorhandenen Bedingungen angepasst werden.

29 Schritt 7: Dokumentation der RMM im CSR

Im CSR sollte dokumentiert sein, wie die theoretisch mögliche Wirksamkeit der empfohlenen RMM abgeleitet wurde. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Ableitung, es sei denn es liegen konkrete Messwerte aus realen Abwässern vor, in der Regel einen theoretisch möglichen Wert darstellen, der in der Praxis wahrscheinlich nicht erreicht werden kann.

Für die Dokumentation der RMM-Ableitung und der Wirksamkeitsermittlung sind im CSR – Format keine spezifische Vorgabe enthalten.

29.1 Beschreibung Abluft

Die RMM für die Abluft besteht aus einer Randabsaugung der bewegten bzw. erhitzten galvanischen Bäder sowie einer Ablufthaube über dem Werkstück, die die Aerosole nach dem Tauchen der Werkstücke aufnimmt. Die Abluft wird mittels Abluftwäscher behandelt, wobei die Schlämme im Wäscher regelmäßig abgezogen und als Abfall entsorgt werden. Das Waschwasser wird dem Prozess wieder zugeführt.

PFOS emittiert aus den galvanischen Bädern und wird mit einer (geschätzten) Effizienz von 95% erfasst. Der Schätzwert basiert auf der Annahme einer Freisetzung von Aerosolen.

Da die Luftemissionen im Wesentlichen aus Aerosolen bestehen, wird mit einer sehr hohen Abscheidung in das Wasser des Wäschers gerechnet (99%), was zu Emissionen in die Luft von 1% führt. Die PFOS-Menge, die aus der Abluft in das Abwasser transferiert wird, wird als nicht geminderte Emission angesehen und bei der Wirksamkeitsermittlung entsprechend berücksichtigt.

Weitere Luftemissionen aus dem Wäscher und der CPB; hier wird jeweils ein Emissionsfaktor in die Luft von 0,1% angenommen. Dieser Faktor ist aus der Verteilung von PFOS in der Kläranlagen abgeleitet, der für PFOS mittels EUSES modelliert wurde.

Basierend auf Literaturwerten wird für die Aktivkohle eine Effizienz von 90% angenommen.

Im CSR sollte die Analyse der Mengenflüsse beigelegt werden (s. Tabelle 9)⁷⁹

29.2 Beschreibung Abwasser

PFOS wird als Netzmittel in chromhaltigen Bädern eingesetzt. Es wird von einer primären Freisetzung (Transfer der Eingangsmenge in die Prozessbäder) von 95% ausgegangen (Rest = Luftemissionen). Hiervon wird ein sehr geringer Teil als Abfall entsorgt, wenn die Bäder das Ende ihrer Standzeit erreicht haben. In der Ableitung der Wirksamkeit wird von einem Badaustausch alle 5 Jahre ausgegangen. Das Abwasser aus allen Bädern und Spülen wird gefasst. Tropfverluste sind auf ein Minimum reduziert.

Das Abwasser aus den Spülen wird zu mindestens 1/3 in einem Verdampfer aufkonzentriert. Die Rückstände werden als Abfall entsorgt. Die Behandlung größerer Abwasserteilströme im Verdampfer führt zu höheren RMM-Effizienzen, ist aber vielfach technisch aufwändig und nur schwer realisierbar. Das Abwasser aus dem Verdampfer wird in die betriebliche CPB eingeleitet.

In der CPB wird ein großer Teil des PFOS im Fällschlamm gebunden und entsorgt. Wird eine Entsorgung mit Chromrückgewinnung angestrebt, so ist der hohe Gehalt an PFOS im Rückstand dringend zu kommunizieren. Das Abwasser aus der Fällung wird mittels eines Aktivkohlefilters behandelt. Der beladene Aktivkohlefilter wird als gefährlicher Abfall entsorgt.

Die Freisetzung von PFOS aus dem Abwasser in die Luft wird als nicht geminderte Abwasseremission in die Wirksamkeitsberechnung einbezogen.

⁷⁹ Diese, sowie die Detailtabellen sollten dem CSR beigelegt werden.

Die Analyse der Mengenflüsse und die Ableitung der Gesamtwirksamkeit der Maßnahmen findet sich in s. Tabelle 11.⁷⁹

30 Schlussfolgerungen aus dem Beispiel

Zur Ableitung der Wirksamkeit des Erfassungssystems müssen die Emissionsquellen und die Emissionsmengen an den jeweiligen Emissionsquellen bekannt sein. Am Beispiel der Galvanik wird deutlich, dass es Fälle geben kann, bei denen eine Vielzahl möglicher Emissionsquellen (viele nacheinander geschaltete Bäder) existiert. Sind diese, wie bei den galvanischen Bädern der Fall, strukturell ähnlich und entweder an die gleichen oder kein Erfassungssystem angeschlossen, so ist es sinnvoll die Quellen in der Betrachtung zusammenzufassen. Der Erfassungsgrad der Emissionen wurde für alle an ein Erfassungssystem angeschlossen Emissionsquellen, sowie für die diffusen Emissionen aus allen übrigen Quellen jeweils in Summe abgeschätzt.

Die Stoffströme in galvanischen Prozessen sind, insbesondere aufgrund der Kreislaufführung von Wässern und Stoffen aus den verschiedenen Reinigungsschritten, sehr komplex. Eine Berücksichtigung der Kreislaufführung würde bedeuten, dass der Stoffeinsatz im Prozess sowie die Emissionsmengen aus dem Prozess nahezu endlos iteriert werden müssten.⁸⁰ Dies macht die Ermittlung der RMM-Wirksamkeit komplex und ist in diesem Fall, wo PFOS aus den kreislaufführenden Prozessschritten kaum emittiert wird, nicht unbedingt notwendig. Im Fallbeispiel wird für die Abschätzung der Wirksamkeit des Verdampfers (Emissionsvorbehandlung), der PFOS-haltiges Wasser (Destillat) in die Prozessbäder zurückführt, angenommen, dass die Emission ins Abwasser stattfindet, also freigesetzt wird (worst case). In anderen Fällen, wo größere Stoffmengen im Kreislauf geführt werden, ist ggf. eine andere Vorgehensweise sinnvoller.

Das schrittweise Vorgehen im Leitfaden und die Tabellen für jede RMM-Stufe unterstützen die Identifizierung notwendiger Informationen zur Ableitung der RMM-Wirksamkeit und –Auslegung. Insbesondere die Vergegenwärtigung des RMM-Funktionsprinzips unterstützt eine erste logische Ableitung von Effizienzwerten und/oder Plausibilitätsprüfungen von Werten aus anderen Quellen.

Im Wäscher wird PFOS vom primären Emissionspfad „Luft“ in den Emissionspfad „Wasser“ überführt. Aus dem Abwasser wird PFOS in die Luft freigesetzt. Insbesondere die Verschiebung von Luftemissionen in den Wasserpfad sollte mit den RMM-Informationen kommuniziert werden, falls ein nachgeschalteter Anwender durch Scaling die Maßnahmen verändert umsetzt. Zudem ist hier zu prüfen, ob bei Veränderung der Maßnahmenempfehlungen der Lieferanten ein DU-CSR erforderlich ist, also die Grenzen des Scaling überschritten werden.

Der mehrschrittige Aufbau der RMM sowie das Vorhandensein einer Teilstrombehandlung machen die Ableitung der RMM-Wirksamkeit relativ aufwändig. Eine schrittweise Betrachtung, wie in den Rechnungen (s. Tabelle 9 und Tabelle 11) ermöglicht es, die Stoffflussanalyse zu dokumentieren und anhand einer beispielhaften Einsatzmenge, die Gesamteffizienz der RMM-Wirksamkeit zu ermitteln. Ist eine solche Aufstellung vorhanden, kann ein Registrant zum Beispiel durch Verändern der zu behandelnden Teilstrommenge oder Veränderung der Wirkungsgrade einzelner RMM-Stufen prüfen, ob und wie er ggf. die Vorgaben zur RMM im Sicherheitsdatenblatt oder Expositionsszenario gestalten muss oder kann (wenn weniger effiziente Maßnahmen ausreichen).

⁸⁰ Ein erneuter Einsatz eines Stoffes nach einer Kreislaufführung führt zu einem erhöhten Stoffinput; diese können wiederum emittiert sowie erneut im Kreislauf geführt werden. In der Praxis endet dieser Kreislauf nur dann, wenn ein Bad vollständig ausgetauscht wird.

31 Anhang I: weitere Erläuterungen zum Prozess

Die folgende Tabelle listet die üblicherweise beim Verchromen von Kunststoffteilen durchgeführten Prozessschritte auf, die in diesem Fallbeispiel zusammengefasst wurden.

Tabelle 61: Schritte zur dekorativen Verchromung und Einsatz von PFOS

Prozessschritt	Prozessbeschreibung	Aufgabe/Funktion im Prozess
Beize	Partielle Zersetzung der Kunststoffoberfläche	Erhöhung der Rauheit zur Verbesserung der Haftung von Metall an Kunststoff Einsatz von PFOS zur gleichmäßigen Benetzung der Werkstücke
Reduktion	Reduzieren von Cr ^{VI} Resten	Beseitigung „giftiger“ Rückstände
Aktivierung	Einlagerung von Palladium in herausgebeizte Kavitäten (Katalysator für weiteren Prozess)	Startinseln“ für die metallische Beschichtung, Leitfähigkeit aber noch zu gering für direkten Auftrag
Chemisch Nickel	Chemische Anlagerung von Nickel (Anwesenheit von Reduktionsmittel, Stabilisatoren) an den Palladiumstartern	Bildung einer geschlossenen, ausreichend leitfähigen Nickelschicht
Vornickel	Elektrochemische Abscheidung von zusätzlichem Nickel	Aufbau einer dickeren Nickelschicht
Dekapieren	Dekapieren durch anorganische Säuren (Salz-, Salpeter-, Flusssäure oder Mischungen der drei)	Entfernung einer durch Luftsauerstoff spontan entstandenen Nickeloxidschicht (inert)
Glanz kupfer	Elektrochemische Aufbringung von Kupfer, Glanz durch organische Zusätze	Glanzgebung Glättung der Oberfläche Pufferung des unterschiedlichen Dehnverhaltens Kunststoff / Metall
Dekabunt	Oxidative Zerstörung organischer Zusätze des Glanzkupferschritts	Beseitigung von Störstoffen
Glanz nickel	Abscheidung einer laminaren Nickelschicht	Verstärkung des Glanzes der späteren Produktoberfläche; Korrosionsschutz
Chromaktivierung	Wasserstoffaktivierung der Oberfläche	Vorbereitung für Verchromung: Entfernung von Organik aus Glanznickelprozess
Glanzchrom	Abscheidung einer Chromschicht	Erwünschte Eigenschaften: Chromglanz, Härtebeständigkeit, Kratzbeständigkeit, chemische Beständigkeit Einsatz von PFOS zur gleichmäßigen Benetzung der Werkstücke
Entgiften	Chemische Entgiftung, Reduktion von Chrom VI+ zu Chrom III	Beseitigung „giftiger“ Badrückstände
Trocknen	Umlufttrocknung	Entfernung ungewünschter Rückstände (Wasserflecken)
Verschiedene Spülschritte	Typen: Spritzspülen, Puls-Blas Spülen, Kavitationsspülen Tauchspülen, Kreislaufspülen, Standspülen, Kaskadenspülen Spülwässer werden in Sammelbehältern aufgefangen. Sie werden teilweise	Entfernung von Restanhaftungen der jeweiligen Bäder von den Werkstücken

Prozessschritt	Prozessbeschreibung	Aufgabe/Funktion im Prozess
	vereinigt, teilweise getrennt erfasst. Die Art der Wasserführung ist dabei sehr individuell von Anlage zu Anlage verschieden und unabhängig von der Fahrweise der Anlage.	

32 Anhang II: Exkurs: externe Endbehandlung

Die im Fallbeispiel entstehenden Abfälle und Schlämme werden in der Regel in der betriebsexternen Endbehandlung teilweise chemisch-physikalisch vorbehandelt oder direkt einer Abfallverbrennung zugeführt.⁸¹

In der Abfallverbrennungsanlage erfolgt für organische Bestandteile eine Endbehandlung. Anorganische Stoffe und Metalle fallen teilweise als Asche an, teilweise werden sie im Abluftfilter der Verbrennungsanlage zurückgehalten. Aschen und Stäube von Verbrennungsanlagen werden in Deponien endbehandelt. Entsprechend ist mit Emission in die Umwelt zu rechnen. Im Fallbeispiel werden organische Stoffe betrachtet. Dies ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 62: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Abfallverbrennungsanlage

Parameter	Wert	Kommentar
Nach welchem Funktionsprinzip wird die Freisetzung verhindert?		Schlämme und Rückstände werden in Verbrennungsanlagen thermisch behandelt. Dabei werden organische Stoffe, wie PFOS oxidiert bzw. zerstört. Dies kann auch in Zementwerken als sog. Mitverbrennung passieren.
Welcher Anteil der Emission wird zerstört?	99,5%	Organische Stoffe, wie z.B. PFOS (geschätzter Wert ⁸²)
Abgeschiedener Anteil, der weiter behandelt wird.	0 %	Geschätzt; organische Stoffe werden eher zerstört oder mit der Abluft emittiert, als in der Schlacke oder Asche abgeschieden.
Welcher Anteil der Emission wird in die Umwelt freigesetzt?	2%	Geschätzt, ergibt sich aus Zerstörungsgrad und fehlender Abscheidung
Welche Bedingungen / Stoffe begünstigen oder stören die Funktionsweise?		Halogenorganika können zur Bildung von Dioxinen fördern, Kupfer kann diesen Prozess katalysieren. Hoher Wassergehalt kann zu unvollständiger Verbrennung und Erhöhung der organischen Emissionen (CO, TOC) führen.

⁸¹ Klärschlämme aus der biologischen Abwasserbehandlung werden vielerorts direkt von der Landwirtschaft genutzt oder in Zementwerken mitverbrannt, so dass anorganische Bestandteile und nicht-flüchtige Metalle in der Zementmatrix eingebunden werden. Flüchtige Metalle werden überwiegend in die Luft emittiert.

⁸² Landesamt für Natur, Umwelt- und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: Verbreitung von PFT in der Umwelt; hier wird beschrieben „In allen vier Abgasproben konnten PFOA und PFOS bei einer Nachweisgrenze von jeweils 15 ng/m³ nicht nachgewiesen werden. Auch die Analyse der Verbrennungs-Endprodukte Elektrofilterasche, Sprühprodukt und REA-Gips ergab, dass in keiner Probe PFOA und PFOS nachgewiesen werden konnte (Nachweisgrenze 10 µg/kg TS). In den während der Belastungsversuche genommenen Proben der ausgeschleusten Wäscherwässer konnte bei einer Nachweisgrenze von 25 ng/l ebenfalls kein PFOA und PFOS nachgewiesen werden. Dies lässt den Schluss zu, dass PFOA und PFOS in der Feuerung weitestgehend zerstört werden.“

Informationen zur Bewertung der externen Abfallentsorgung in Deponien werden in Tabelle 15 zusammengestellt.

Tabelle 63: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der Deponierung

Parameter	Wert	Kommentar
Nach welchem Funktionsprinzip wird die Freisetzung verhindert?		Kontrollierte Deponierung in gesicherten Deponien
Welcher Anteil der Emission wird zerstört?	100%	Es wird davon ausgegangen, dass aus einer nach dem Stand der Technik errichteten Deponie keine Stoffe entweichen. ⁸³
Abgeschiedener Anteil, der weiter behandelt wird.	0%	Keine Auftrennung von Fraktionen
Welcher Anteil der Emission wird in die Umwelt freigesetzt?	0	Keine Emissionen aus Deponie nach Stand der Technik
Welche Bedingungen / Stoffe begünstigen oder stören die Funktionsweise?		Nicht bekannt.

Tabelle 16 stellt Parameter für die Abschätzung der Wirksamkeit der biologischen Kläranlage (Endbehandlung von Abwasser) zusammen.

Tabelle 64: Parameter zur Abschätzung der Wirksamkeit der biologischen Kläranlage

Parameter	Wert	Kommentar
Nach welchem Funktionsprinzip wird die Freisetzung verhindert?		Biologischer Abbau unter aeroben und anaeroben Bedingungen, Elimination mit dem Schlamm.
Welcher Anteil der Emission wird zerstört?	0%	PFOS gilt als kaum abbaubar (worst case)
Abgeschiedener Anteil, der weiter behandelt wird.	27,9%	Anteil im Klärschlamm Literaturwert modelliert mit EUSES
Welcher Anteil der Emission wird in die Umwelt freigesetzt?	72% 0,1%	Emission mit Kläranlagenabwasser Emission in die Luft Literaturwerte modelliert mit EUSES
Welche Bedingungen / Stoffe begünstigen oder stören die Funktionsweise?		Da PFOS kaum abgebaut wird ist dies nicht relevant. Begünstigend wäre lediglich ein angepasster Aktivschlamm, in dem Bakterien die PFOS abbauen können angereichert sind.

Über die Prozesse zur Behandlung Chromhaltiger Schlämme, aus denen Chrom zurückgewonnen wird, liegen keine Informationen vor.

⁸³ Es gibt allerdings Hinweise, dass PFOS in das Deponiesickerwasser gelangt.

33 Quellenverzeichnis

Kerstin Ullrich: Perfluorierte Tenside (PFT) in Gewässern und Abwasserbehandlungsanlagen des Landes Sachsen. Diplomarbeit, Magdeburg 2008

D Brooke, A Footitt, T A Nwaogu: ENVIRONMENTAL RISK EVALUATION REPORT: PERFLUOROOCTANESULPHONATE (PFOS). 2004

LAWA Expertenkreis "Stoffe": „Stoffdatenblatt: PFOS CAS 1763-23-1“, Stand 15.03.2010

Dr. Andreas Fath/Hansgrohe AG/Technologie: Minimierung des PFT Eintrags in die Galvanikabwässer; Abschlussbericht, 2008

Umweltbundesamt: Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung - Merkblatt zu den besten verfügbaren Techniken für die Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoffen; September 2005

OECD: HAZARD ASSESSMENT OF PERFLUOROOCTANE SULFONATE (PFOS) AND ITS SALTS; ENV/JM/RD(2002)17/FINAL

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen: Verbreitung von PFT in der Umwelt; Ursachen – Untersuchungsstrategie – Ergebnisse – Maßnahmen. LANUV-Fachbericht 34, Recklinghausen, 2011