

**BADEN-  
WÜRTTEMBERG**

**Reihe  
Abfall**

**Heft 73  
Band B**

# **Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg**

## **Handbuch zum richtigen Umgang mit dem Europäischen Abfallverzeichnis 2001/118/EG**



**Vorschläge zur Zuordnung von Abfällen zu  
Abfallschlüsseln, zur Abfallentsorgung sowie  
Beschreibung der Entstehungsprozesse und  
Stoffflüsse für ausgewählte Branchen**

**Band B: Gruppe 11 01 bis 19 13**



## Impressum

**Herausgeber:** Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg  
Kernerplatz 9, 70182 Stuttgart

**Ersteller:** ABAG-itm GmbH,  
Stauferstr. 15, 70736 Fellbach, [www.abag-itm.de](http://www.abag-itm.de)

**Bildnachweis Einband:** Sonderabfalldeponie Billigheim

**Stuttgart/Fellbach, Februar 2003**

## Inhaltsverzeichnis

### Band A

<b>I Rechtsgrundlagen</b>	<b>3</b>
<b>I.1 Entstehung des Europäischen Abfallverzeichnisses</b>	<b>3</b>
<b>I.2 Anwendung des Europäischen Abfallverzeichnisses</b>	<b>4</b>
<b>I.3 Strukturierung des Europäischen Abfallverzeichnisses</b>	<b>5</b>
<b>I.4 Zuordnungsregeln</b>	<b>8</b>
<b>I.5 Besondere Hinweise auf die ca. 190 sogenannten Spiegeleinträge</b>	<b>11</b>
<b>II Bearbeitete EAV-Abschnitte</b>	<b>12</b>
○ <b>03 03</b> Abfälle aus der Herstellung und Verarbeitung von Zellstoff, Papier, Karton und Pappe	
○ <b>04 01</b> Abfälle aus der Leder- und Pelzindustrie	
○ <b>04 02</b> Abfälle aus der Textilindustrie.	
○ <b>06 01</b> Abfälle aus HZVA von Säuren	
○ <b>06 02</b> Abfälle aus der HZVA von Basen	
○ <b>08 01</b> Abfälle aus HZVA und Entfernung von Farben und Lacken	
○ <b>08 02</b> Abfälle aus der HZVA anderer Beschichtungen (einschließlich keramischer Werkstoffe)	
○ <b>08 03</b> Abfälle aus HZVA von Druckfarben	
○ <b>08 04</b> Abfälle aus der HZVA von Klebstoffen und Dichtmassen (einschließlich wasserabweisender Materialien)	
○ <b>09 01</b> Abfälle aus der fotografischen Industrie	
○ <b>10 01</b> Abfälle aus Kraftwerken und anderen Verbrennungsanlagen (außer 19)	
○ <b>10 02</b> Abfälle aus der Eisen- und Stahlindustrie	
○ <b>10 03</b> Abfälle aus der thermischen Aluminium-Metallurgie	
○ <b>10 04</b> Abfälle aus der thermischen Bleimetallurgie	
○ <b>10 05</b> Abfälle aus der thermischen Zinkmetallurgie	
○ <b>10 06</b> Abfälle aus der thermischen Kupfermetallurgie	
○ <b>10 07</b> Abfälle aus der thermischen Silber-, Gold- und Platinmetallurgie	
○ <b>10 08</b> Abfälle aus sonstiger thermischer NE-Metallurgie	
○ <b>10 09</b> Abfälle vom Gießen von Eisen und Stahl	
○ <b>10 10</b> Abfälle vom Gießen von Nichteisenmetallen	
○ <b>10 11</b> Abfälle aus der Herstellung von Glas und Glaserzeugnissen	
○ <b>10 12</b> Abfälle aus der Herstellung von Keramikerzeugnissen und keramischen Baustoffen wie Ziegeln, Fliesen, Steinzeug	
○ <b>10 13</b> Abfälle aus der Herstellung von Zement, Branntkalk, Gips und Erzeugnissen aus diesen	

## Band B

- **11 01** Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, Ätzen, Phosphatieren, alkalisches Entfetten und Anodisierung)
- **11 02** Abfälle aus Prozessen der NE-Hydrometallurgie
- **11 03** Schlämme und Feststoffe aus Härteprozessen
- **11 05** Abfälle aus Prozessen der thermischen Verzinkung
- **12 01** Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen
- **12 03** Abfälle aus der Wasser- und Dampffentfettung (außer 11)
- **13 05** Inhalte von Öl-/Wasserabscheidern
- **16 02** Abfälle aus elektrischen und elektronischen Geräten
- **16 06** Batterien und Akkumulatoren
- **16 08** Gebrauchte Katalysatoren
- **16 11** Gebrauchte Auskleidungen und feuerfeste Materialien
- **19 01** Abfälle aus der Verbrennung oder Pyrolyse von Abfällen
- **19 02** Abfälle aus der physikalisch-chemischen Behandlung von Abfällen (einschließlich Dechromatisierung, Cyanidentfernung, Neutralisation)
- **19 03** Stabilisierte und verfestigte Abfälle
- **19 04** Verglaste Abfälle und Abfälle aus der Verglasung
- **19 05** Abfälle aus der aeroben Behandlung von festen Abfällen
- **19 06** Abfälle aus der anaeroben Behandlung von Abfällen
- **19 07** Deponiesickerwasser
- **19 08** Abfälle aus Abwasserbehandlungsanlagen a. n. g.
- **19 09** Abfälle aus der Zubereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch oder industriellem Brauchwasser
- **19 10** Abfälle aus dem Shreddern von metallhaltigen Abfällen
- **19 11** Abfälle aus der Altölaufbereitung
- **19 12** Abfälle aus der mechanischen Behandlung von Abfällen (z.B. Sortieren, Zerkleinern, Verdichten, Pelletieren) a. n. g.
- **19 13** Abfälle aus der Sanierung von Böden und Grundwasser

## Band C

### III Entsorgungsmöglichkeiten

#### III.1 Einleitung und Nutzungshinweise

#### III.2 Erläuterungen/verwendete Abkürzungen

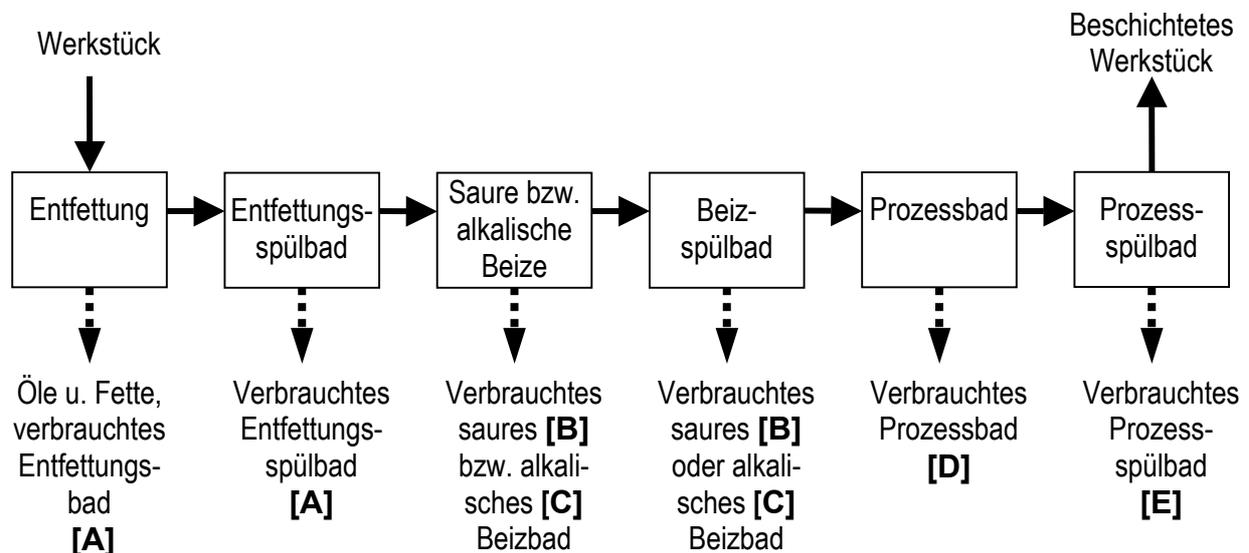
#### III.3 Matrix: 839 Abfallarten und ihre Entsorgungsmöglichkeiten

## 11 01 Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, Ätzen, Phosphatieren, alkalisches Entfetten und Anodisieren)

<b>1</b>	<b>Prozesse</b> .....	<b>1</b>
1.1	Galvanisieren.....	2
1.2	Chromatieren/Passivieren.....	2
1.3	Phosphatieren.....	2
1.4	Anodisieren.....	2
<b>2</b>	<b>Abfälle</b> .....	<b>2</b>
2.1	Abfälle aus der Prozesslinie.....	2
2.2	Abfälle aus der betriebsinternen Abwasserbehandlung.....	5
<b>3</b>	<b>Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss</b> .....	<b>9</b>

### 1 Prozesse

Die Oberflächenbehandlung hat den Zweck, Werkstücke vor Korrosion zu schützen oder mit dekorativen Überzügen zu versehen. Hierzu werden die Werkstücke nacheinander in verschiedenen Prozesslösungen getaucht (**Abb. 1**).



**Abb. 1:** Beispielhafte Darstellung einer Galvanisierungslinie und der möglichen Abfallarten

Um eine optimale Qualität der nachfolgenden Beschichtung zu erreichen, wird die Oberfläche des Werkstückes zunächst vorbehandelt, d. h. von Fetten, Ölen, Oxiden und Salzen befreit. Dies geschieht mittels Entfettungs- und Beizlösungen. Soll das Werkstück lackiert werden, wird dessen Oberfläche durch Chromatierung oder Phosphatierung aufgeraut, um die Haftung der Lackschicht zu verbessern.

Beim Ausheben der Ware aus dem Prozessbad bleibt ein dünner Flüssigkeitsfilm an der Werkstückoberfläche haften und wird ausgeschleppt. Dieser Flüssigkeitsfilm wird durch zwischengeschaltete Spülvorgänge entfernt

### **1.1 Galvanisieren**

Unter Galvanisieren versteht man die elektrochemische Abscheidung von dünnen Metallschichten auf der Werkstückoberfläche. Das die Schicht bildende Metall liegt dabei als positiv geladenes Ion im Elektrolyten vor. Durch Anlegen einer äußeren Gleichstromquelle wird das Werkstück als Kathode geschaltet, so dass sich die Metallionen auf dessen Oberfläche entladen und abscheiden. Bei rein „chemisch“ arbeitenden Elektrolyten werden die für die Abscheidung erforderlichen Elektronen nicht von einer äußeren Stromquelle, sondern von einem im Elektrolyten enthaltenen Reduktionsmittel geliefert.

### **1.2 Chromatieren/Passivieren**

Zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit und Lackhaftung werden zink- und aluminiumhaltige Werkstücke mittels wässriger Lösungen von komplexen Zirkonfluoriden sowie organischen Polymeren und Kupfersalzen passiviert, bei der Verwendung von Chrom-VI-haltigen Lösungen chromatiert.

### **1.3 Phosphatieren**

Zur erhöhten Korrosionsbeständigkeit und Lackhaftung werden eisenhaltige Werkstücke eisen- oder zinkphosphatiert. Die Eisenphosphatierung besteht im Wesentlichen aus Phosphorsäure, die Zinkphosphatierung enthält zudem Zink- und Nickel- bzw. Kupferionen, sowie Nitrit und Chlorat als Beschleuniger und Wasserstoffperoxid als Oxidationsmittel.

### **1.4 Anodisieren**

Beim Anodisieren (Eloxieren) wird auf einer Aluminiumoberfläche eine oxidische Schutzschicht aufgebracht und damit deren Korrosionsschutz erhöht. Auch dieses Verfahren erfolgt unter Anlegen von Strom, wobei jedoch hier das Werkstück anodisch geschaltet ist. Nach dem Anodisieren erfolgt eine Nachbehandlung (Färben, Versiegeln).

## **2 Abfälle**

### **2.1 Abfälle aus der Prozesslinie**

#### **Verbrauchte Entfettungsbäder [A]**

Verbrauchte saure Entfettungsbäder enthalten verdünnte Salz- und Phosphorsäure, Emulgatoren, Korrosionsschutzinhibitoren sowie freie und emulgierte Öle und Fette. Erschöpfte alkalische Entfettungsbäder enthalten Natriumhydroxid, Carbonate, Phosphate, Silikate, und Tenside sowie freie und emulgierte Öle und Fette. Saure und alkalische Entfettungsbäder werden in der Regel als gefährlich und damit als besonders überwachungsbedürftig eingestuft.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 11 01 13\* Abfälle aus der Entfettung, die gefährliche Stoffe enthalten (Regelfall)  
11 01 14 Abfälle aus der Entfettung mit Ausnahme derjenigen, die unter  
11 01 13\* fallen (Ausnahmefall)

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Verbrennung abgetrennter Ölphasen.

Ansonsten chemisch-physikalische Behandlung (CPB) des Entfettungsbades durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation.

***Verbrauchte Entfettungsspülbäder [A]***

Die Spülbäder nach der Entfettung sind stark verdünnte Entfettungsbäder, so dass eine Entsorgung oder Behandlung zusammen mit dem verbrauchten Entfettungsbad sinnvoll ist.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 11 01 13\* Abfälle aus der Entfettung, die gefährliche Stoffe enthalten (Regelfall)  
11 01 14 Abfälle aus der Entfettung mit Ausnahme derjenigen, die unter  
11 01 13\* fallen (Ausnahmefall)

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. zusammen mit den Entfettungsbädern chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation.

***Verbrauchte saure Beizbäder [B]***

Verbrauchte saure Beizlösungen enthalten im wesentlichen freie Restsäuren (Salz-, Schwefel-, Salpeter-, Phosphor-, Fluss-, Chrom- und Mischsäuren) und deren Salze aus den Legierungsbestandteilen der gebeizten Metalloberflächen (Eisen, Chrom, Nickel, Zink, Kupfer), sowie ggf. Beizinhibitoren.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 11 01 05\* saure Beizlösungen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Verbrauchte Schwefelsäurebeizen werden i. d. R. extern über ein Drehrohrverfahren wieder zu Frischsäure aufgearbeitet.

Ansonsten chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation, ggf. Entgiftung sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation. Metallhaltige Schlämme aus der CPB können ggf. metallurgisch aufgearbeitet werden.

***Verbrauchte alkalische Beizbäder [C]***

Beim Beizen von Aluminium werden Laugen (Natronlauge) verwendet. Verbrauchte alkalische Beizlösungen enthalten im wesentlichen Natronlauge, Legierungsbestandteile der gebeizten Aluminiumlegierungen.

---

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

11 01 07\* alkalische Beizlösungen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation. Aluminiumhaltige Schlämme aus der CPB können ggf. metallurgisch aufgearbeitet werden.

**Verbrauchte Beizspülbäder [B] [C]**

Die Spülbäder nach dem Beizen sind stark verdünnte Beizbäder, so dass eine Entsorgung oder Behandlung zusammen mit dem verbrauchten Beizbad sinnvoll ist.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

11 01 05\* saure Beizlösungen

11 01 07\* alkalische Beizlösungen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. zusammen mit den verbrauchten Beizbädern chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation, ggf. Entgiftung sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation.

**Verbrauchte Prozessbäder [D]**

Moderne galvanische Metallisierungselektrolyte besitzen bei Anwendung definierter Badpflegemaßnahmen eine sehr lange Standzeit. Dennoch reichern sich durch den ständigen Ausgleich des verdunstenden Wassers und verbrauchter Chemikalien, durch das Einschleppen badfremder Stoffe über die Werkstücke sowie durch die Auflösung des Grundmaterials Verunreinigungen an. Lassen sich diese durch Badpflegemaßnahmen nicht mehr entfernen, so muss der Elektrolyt ausgetauscht und entsorgt werden.

Metallabtragende Prozesslösungen (z. B. Beizen, Dekapierungs- und Aktivierungs-lösungen), Chromatierungen und außenstromlos abscheidende Elektrolyte ändern sich während ihrer Verwendung in der Zusammensetzung und müssen bei Erreichen einer bestimmten Störstoffkonzentration ersetzt werden. Sie besitzen deshalb im Vergleich zu galvanischen Elektrolyten eine relativ kurze Standzeit.

Die Prozesslösungen bestehen meist aus einer Mischung unterschiedlicher anorganischer Komponenten: Säuren bzw. Laugen, sowie metallischen und nichtmetallischen Salzen. Zum Teil enthalten die Elektrolyte organische Zusätze in geringer Menge. Einige galvanische Elektrolyte arbeiten darüber hinaus auch mit Cyanidzusätzen.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

11 01 05\* saure Beizlösungen

11 01 07\* alkalische Beizlösungen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation, ggf. Entgiftung, sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation. Metallhaltige Schlämme aus der CPB können ggf. metallurgisch aufgearbeitet werden.

## Spülwasser [E]

Spülwässer entstehen beim Abspülen der an der Ware anhaftenden Prozesslösung. In Abhängigkeit von den prozesstechnischen Randbedingungen (z. B. erforderlicher Verdünnungsgrad) und der eingesetzten Spültechnik liegen die ausgeschleppten Prozessbadbestandteile in unterschiedlicher Verdünnung (0,01-10%) in den Spülwässern vor.

### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

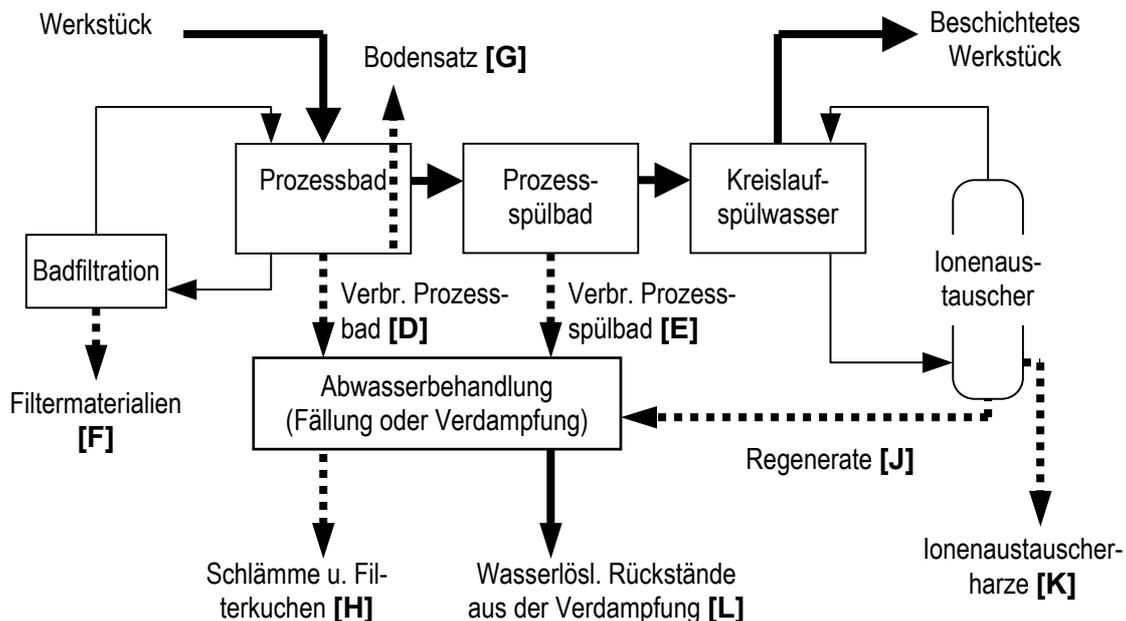
- 11 01 11\* wässrige Spülflüssigkeiten, die gefährliche Stoffe enthalten  
 11 01 12 wässrige Spülflüssigkeiten mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 01 11\* fallen

### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. zusammen mit den verbrauchten Prozesslösungen chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation, ggf. Entgiftung und Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation.

## 2.2 Abfälle aus der betriebsinternen Abwasserbehandlung

Werden die flüssigen Abfälle einer betriebsinternen Abwasserbehandlung (**Abb. 2**) zugeführt, so werden dort die gelösten metallischen Abwasserinhaltsstoffe durch



**Abb. 2:** Entstehung von Abfällen bei der Behandlung von Abwasser aus der chemischen und elektrochemischen Metallbearbeitung und -beschichtung

Fällungsprozesse in eine wasserunlösliche Form überführt. Die dabei entstehenden Schlämme oder stichfesten Filterkuchen stellen bei Galvanikbetrieben die mengenmäßig größte Abfallart dar. Alternativ kann bei geringeren Abwassermengen die Verdampfertechnologie zur Anwendung kommen.

### ***Rückstände aus der Badfiltration [F]***

Die meisten Prozessbäder werden filtriert um ungelöste Verunreinigungen zu entfernen. Dabei werden sowohl Einwegfilter (z. B. Filterkerzen) als auch wiederverwendbare Filtermaterialien (z. B. Filterschläuche, Filtertücher) eingesetzt. Als Abfall fällt verunreinigtes Filtermaterial sowie Filterhilfsmittel (z. B. Kieselgur) an. Ölfilter fallen in galvanischen Prozessen nicht an.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

15 02 02\*      Aufsaug- und Filtermaterialien (einschließlich Ölfilter a. n. g.), Wischtücher und Schutzkleidung, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

Deponierung fester Filtermaterialien (z. B. Einweg-Filterkerzen) sowie Filterhilfsmittel (z. B. Kieselgur) als besonders überwachungsbedürftiger Abfall. Vorab Entfernung anhaftender Elektrolytreste (z. B. durch Spülprozess).

### ***Bodensatz aus Prozessbädern [G]***

Beim Betrieb einiger weniger Elektrolyte (z. B. bei bestimmten Entmetallisierungselektrolyten) sowie bei der Zinkphosphatierung bildet sich im Lauf der Zeit im Prozessbad ein schwerlöslicher Bodensatz, der regelmäßig entfernt werden muss.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

06 03 11\*      feste Salze und Lösungen, die Cyanid enthalten

06 03 13\*      feste Salze und Lösungen, die Schwermetalle enthalten

06 03 14      feste Salze und Lösungen mit Ausnahme derjenigen, die unter 06 03 11\* und 06 03 13\* fallen

11 01 08\*      Phosphatierschlämme

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

I. d. R. zusammen mit den verbrauchten Prozesslösungen: Chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation und ggf. Entgiftung sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation.

Ansonsten Deponierung (ggf. nach Eindampfung oder Trocknung), bei hoher Wasserlöslichkeit des Salzkonzentrats i. d. R. in UTD.

11 01 08\*: Bei stichfestem Schlamm Deponierung auf SAD.

### ***Filterkuchen aus der betriebseigenen Abwasserbehandlungsanlage [H]***

Bei der Abwasserbehandlung wird als Fällungsmittel für die Schwermetalle meist Natriumhydroxid und Calciumhydroxid eingesetzt. Die dabei entstehenden schwerlöslichen Niederschläge sedimentieren zu einem Dünnschlamm mit ca. 3-5% Feststoffgehalt.

Die Zusammensetzung des Schlammes ist abhängig von der Zusammensetzung der behandelten Prozess- bzw. Spüllösungen, sowie den zugegebenen Behandlungschemikalien. Er besteht in der Regel aus einer Mischung verschiedener Metallhy-

droxide und schwerlöslicher Calciumverbindungen (Hydroxide, Sulfate, Phosphate, Silikate, Fluoride). Vereinzelt werden die Metalle auch als Metallsulfide gefällt.

In der Regel beinhaltet eine betriebseigene Abwasserbehandlungsanlage auch die anschließende Entwässerung des Dünnschlammes, meist mittels Kammerfilterpresse. Der dabei entstehende Filterkuchen ist von stichfester Konsistenz und hat einen Feststoffgehalt von 30-40%. In Einzelfällen erfolgt eine weitere thermische Trocknung auf einen Feststoffgehalt von ca. 70% (siehe auch Kap. 19 02, Abschn. 2.1). Die Zusammensetzung des Feststoffs entspricht derjenigen im Dünnschlamm.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 11 01 09\*    Schlämme und Filterkuchen, die gefährliche Stoffe enthalten
- 11 01 10    Schlämme und Filterkuchen mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 01 09\* fallen

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Metallhaltige Schlämme können ggf. metallurgisch aufgearbeitet werden.

Deponierung; wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind, zusammen mit Siedlungsabfällen.

#### ***Regenerate aus Ionenaustauschern [J]***

Spülwässer aus Fließspülen besitzen in der Regel einen sehr hohen Verdünnungsgrad (bis zu 0,01% der Prozessbadkonzentration). Zur Wassereinsparung werden diese Spülwässer meist über eine Ionenaustauscheranlage im Kreislauf gefahren. Die Inhaltsstoffe des Spülwassers werden dabei im Ionenaustauscher gebunden, das gereinigte Wasser wird der Spüle wieder zugeführt.

Bei der Regenerierung der Ionenaustauscherharze fallen Regenerate an, welche die gelösten Spülwasserbestandteile in konzentrierter Form enthalten. Die Inhaltsstoffe der Regenerate und deren Konzentration ist mit denen verbrauchter Prozesslösungen vergleichbar.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 11 01 15\*    Eluate und Schlämme aus Membransystemen oder Ionenaustauschersystemen, die gefährliche Stoffe enthalten

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. zusammen mit den verbrauchten Prozesslösungen chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation, ggf. Entgiftung sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation.

Metallhaltige Regenerate können ggf. metallurgisch aufgearbeitet werden (i. d. R. nach der o. g. chemisch-physikalischen Behandlung).

#### ***Gesättigte und verbrauchte Ionenaustauscherharze [K ]***

Werden gesättigte (beladene) Ionenaustauscherharze nicht betriebsintern regeneriert, kann die Regeneration i. d. R. betriebsextern (z. B. über den Anlagenhersteller) erfolgen.

Nach einigen Regenerationscyclen werden Ionenaustauscherharze unbrauchbar und müssen komplett erneuert werden. (Im übrigen siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.2.)

---

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

11 01 16\* gesättigte oder verbrauchte Ionenaustauscherharze

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Externe Regenerierung beladener Harze.

Verbrennung als besonders überwachungsbedürftiger Abfall.

Nicht regenerierbare Ionenaustauscherharze können ggf. metallurgisch (z. B. Edelmetalle) aufgearbeitet werden.

***Salze aus dem betriebseigenen Eindampfen von Prozesslösungen [L]***

Fallen in einem Unternehmen nur geringe Abwassermengen an, kann es sinnvoll sein, diese anstelle der o.g. Abwasserbehandlung einer betriebsinternen Eindampfanlage zuzuführen. Dabei kristallisieren die in den Lösungen enthaltenen Salze zum großen Teil aus.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

06 03 11\* feste Salze und Lösungen, die Cyanid enthalten

06 03 13\* feste Salze und Lösungen, die Schwermetalle enthalten

06 03 14 feste Salze und Lösungen mit Ausnahme derjenigen, die unter 06 03 11\* und 06 03 13\* fallen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Deponierung aufgrund der Wasserlöslichkeit des eingedampften Salzkonzentrats i. d. R. in UTD.

***Phosphatierschlämme [M]***

Bei der Zinkphosphatierung gehen Eisen aus dem Werkstoff sowie die Metalle aus dem Phosphatiermittel in Lösung und fallen als schwerlöslicher Phosphatschlamm an.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

11 01 08\* Phosphatierschlämme

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Bei hohen Wassergehalten: I. d. R. zusammen mit den verbrauchten Spülbädern über chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation.

Als stichfester Schlamm: Deponierung als besonders überwachungsbedürftiger Abfall

### 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss

Auszug aus dem EAV		Stofffluss	Entsorgung
<b>11 01</b>	<b>Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen</b>		
11 01 05*	saure Beizlösungen	B, D	Recycling, CPB
11 01 06*	Säuren a. n. g.	In der Regel nicht erforderlich	
11 01 07*	alkalische Beizlösungen	C, D	Recycling, CPB
11 01 08*	Phosphatierschlämme	G, M	CPB, SAD
11 01 09*	Schlämme und Filterkuchen, die gefährliche Stoffe enthalten	H	Recycling, SAD
11 01 10	Schlämme und Filterkuchen mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 01 09* fallen	H	Mit Siedlungs- abfällen
11 01 11*	wässrige Spülflüssigkeiten, die gefährliche Stoffe enthalten	E	CPB
11 01 12	wässrige Spülflüssigkeiten mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 01 11* fallen	E	CPB
11 01 13*	Abfälle aus der Entfettung, die gefährliche Stoffe enthalten	A	CPB, Verbrennung
11 01 14	Abfälle aus der Entfettung mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 01 13* fallen	A	CPB
11 01 15*	Eluate und Schlämme aus Membransystemen und Ionenaustauschsystemen, die gefährliche Stoffe enthalten	J	Recycling, CPB
11 01 16*	gesättigte oder verbrauchte Ionenaustauscherharze	K	Recycling, Verbrennung
11 01 98*	andere Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten	In der Regel nicht erforderlich	
11 01 99	Abfälle a. n. g.	In der Regel nicht erforderlich	

<b>Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen, die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind</b>			
06 03 11*	feste Salze und Lösungen, die Cyanid enthalten	G	CPB
		G, L	UTD
06 03 13*	feste Salze und Lösungen, die Schwermetalle enthalten	G	CPB
		G, L	UTD
06 03 14	feste Salze und Lösungen mit Ausnahme derjenigen, die unter 06 03 11* und 06 03 13* fallen	G	CPB
		G, L	Mit Siedlungsabfällen
15 02 02*	Aufsaug- und Filtermaterialien (einschließlich Ölfilter a. n. g.), Wischtücher und Schutzkleidung, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind	F	SAD

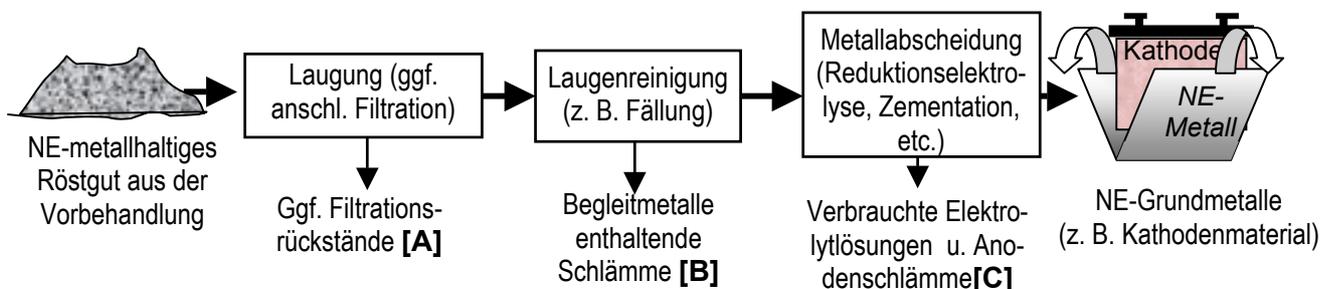
## 11 02 Abfälle aus Prozessen der Nichteisen-Hydrometallurgie

<b>1</b>	<b>Prozesse</b> .....	<b>1</b>
1.1	Allgemeines.....	1
1.2	Zinkerzeugung.....	2
1.3	Kupfererzeugung.....	3
1.4	Weitere NE-Metall-Prozesse.....	3
<b>2</b>	<b>Abfälle</b> .....	<b>4</b>
2.1	Schlämme aus der Zinkerzeugung [A], [B].....	4
2.2	Schlämme aus der Kupfererzeugung [A], [B].....	4
2.3	Abfälle aus der elektrolytischen Kupfer-Raffination [E], [F].....	4
2.4	Abfälle aus sonstigen NE-Metallprozessen [A], [B].....	5
2.5	Verbrauchte Elektrolytlösungen und Anodenschlämme [C].....	5
2.6	Abfälle aus Ionenaustauschprozessen zur Metellanreicherung [D].....	6
2.7	Lackschlämme aus der Zinn-Rückgewinnung [G].....	7
<b>3</b>	<b>Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss</b> .....	<b>8</b>

### 1 Prozesse

#### 1.1 Allgemeines

Hydrometallurgische Verfahren zur primär- und sekundärmetallurgischen Gewinnung von NE-Metallen sowie zur Raffination unreiner Rohmetalle werden vorwiegend zur Kupfer-, Zink-, Nickel-, Zinn- und Edelmetallerzeugung eingesetzt. Andere NE-Metalle wie Wolfram, Tantal, Niob, etc. werden in dem vorliegenden Papier aufgrund ihrer geringeren Produktionsmenge und entsprechend geringen Abfallrelevanz innerhalb Europas nicht explizit aufgeführt. Der dargestellte Verfahrensablauf sowie die dabei anfallenden Abfallarten sind jedoch auch hierfür prinzipiell übertragbar.



**Abb. 1:** Vereinfachtes Schema einer hydrometallurgischen NE-Metallerzeugung

Generell unterteilen sich die Prozesse der hydrometallurgischen NE-Metallherstellung in die lt. **Abb. 1** dargestellten Teilprozesse:

1. Vorbehandlung sowohl physikalisch (z. B. Zerkleinerung des Rohmaterials) als auch chemisch (z. B. oxidierende, sulfatisierende oder chlorierende Röstung, siehe Kap. 10 04 - 10 08, Abschn. 1.2 ).
2. In Lösung bringen (Laugung, Aufschluss) vorwiegend in schwefelsauren oder ammoniakalischen Lösungen, ggf. unter oxidierende Bedingungen zur Oxidation sulfidischer Erzanteile (z. B. unter Verwendung von Eisen(III)-sulfat). Anschließende Fest-Flüssig-Trennung (z. B. Filtration) zur Abtrennung überwiegend mineralischer Rückstände.
3. Reinigen der Lösung (Laugenreinigung) z. B. durch Fällung von Begleitmetallen und anschließender Fest-Flüssig-Trennung (i. d. R. Filtration). Ggf. selektives Anreichern des NE-Grundmetalls z. B. durch Ionenaustausch- oder Solventextraktionsverfahren.
4. Metallabscheidung i. d. R. durch Zementations- oder elektrolytische Prozesse, Fällungsreaktionen oder Auskristallisieren. Elektrolytlösungen liegen sauer (i. d. R. schwefelsauer) oder seltener alkalisch (z. B. Natronlauge bei der Zinnrückgewinnung) vor. Bei elektrolytischen Abscheidungsprozessen fallen die i. d. R. edleren Begleitmetallverbindungen in Anodenschlämmen gebunden an.

Die Nachbehandlung der so gewonnenen unreinen Grundmetalle erfolgt über hydrometallurgische Raffinationsverfahren (bzw. Raffinationselektrolyse, siehe unter 1.3) oder Verarbeiten der ausgefällten NE-Metallverbindungen durch thermische Reduktion (z. B. Feuerraffination).

Auch in der Sekundärmetallurgie erfolgt die Aufarbeitung von NE-metallhaltigen Abfällen (Monoschlämme, Lösungen und Salze) mit ausreichenden Restgehalten (z. B. etwa 2% bei Kupfer, 60% bei Zink) und die Weiterverarbeitung mineralischer NE-Metallverbindungen über hydrometallurgische Prozesse. Zudem entscheidet hierbei i. d. R. die Komplexität dieser Materialien über die wirtschaftliche Möglichkeit einer Wiederverwertung. Mineralische Vorstoffe werden z. B. über einen Druckaufschluss (Drucklaugung), Schlämme und Salze durch Zugabe von Schwefelsäure gelöst. Die erhaltene Rohlauge wird durch Oxidations- oder Fällprozesse mit anschließenden Filtrationen von Begleitmetallen gereinigt, die i. d. R. als Nebenprodukte in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführt werden.

## 1.2 Zinkerzeugung

Ausgehend von oxidischen Vorprodukten erfolgt die hydrometallurgische Zinkgewinnung prinzipiell über die in Abschn. 1.1 dargestellten Verfahrensstufen (siehe **Abb. 1**).

Zink wird elektrolytisch aus wässrigen Zinksalzlösungen, i. d. R. schwefelsaure Zinksulfat-Lösungen, gewonnen. Die technische Zinkelektrolyse geht wie die thermischen Verfahren (siehe Kap. 10 05) von oxidischen Vorstoffen aus. Der gebräuchlichste Rohstoff, die Zinkblende (ZnS) muss daher vorab durch oxidische Röstung über Sinterverfahren (siehe Kap. 10 04 - 10 08, Abschn. 1.2) in ein Oxid übergeführt werden.

Das in der Zinkblende enthaltene Eisen ist ein wesentliches Störelement in der Zinkelektrolyse. Es wird aufgrund der hohen Säurekonzentration fast vollständig gelöst und muss daher vor der Elektrolyse über Fällungsprozesse (Jarosit-, Goethit-, Hämatit-Verfahren) aus der Zinksalzlösung als Hydroxid entfernt werden, wodurch **Schlämme aus der Zinkerzeugung [B]** anfallen.

### 1.3 Kupfererzeugung

Kupfer wird auf hydrometallurgischem Wege elektrolytisch in Form reiner Kathoden oder über Zementations-Prozesse als unreines pulverförmiges „Zementkupfer“ gewonnen. Zur Laugung werden in Abhängigkeit vom Ausgangsmaterial (z. B. sulfidische oder oxidische Erze) i. d. R. verdünnte Schwefelsäure aber auch Eisen (III)-sulfat-Lösung oder ammoniakalische Lösungen verwendet. Nach Reinigung der Lösungen von Feststoffen bzw. ausgefallten Verunreinigungen über verschiedene Systeme der Fest-Flüssig-Trennung, wodurch **Schlämme aus der Kupfererzeugung [A] [B]** anfallen, wird vor dem Metallabscheidungsprozess ggf. eine Metallanreicherung in diesen Lösungen über Ionenaustausch- oder Solventextraktionsverfahren durchgeführt, wobei ggf. **Abfälle aus Ionenaustauschprozessen [D]** anfallen.

Hochreines Kupfer (99,99%) wird im Rahmen der Anodenherstellung durch die Raffinations-Elektrolyse gewonnen. Während der Elektrolyse geht das Kupfer an der Anode in Lösung, wandert zur Kathode und scheidet sich dort als Elektrolytkupfer ab. Edlere Begleitelemente (Edelmetalle, Selen und Tellur) reichern sich dabei im **Anodenschlamm [E]** an. Lösliche Verunreinigungen (z. B. Nickel und Arsen) reichern sich während des Prozesses in der schwefelsauren Elektrolytlösung an, so dass ein Teilstrom als sog. **End-Elektrolyt [F]** laufend abgezogen und aufgearbeitet wird.

### 1.4 Weitere NE-Metall-Prozesse

Zur hydrometallurgischen Nickelerzeugung werden i. d. R. nur zwei Systeme industriell angewendet: die Ammoniak-Laugung bei Atmosphärendruck und die Drucklaugung mit Schwefelsäure.

Bei der Zinn-Erzeugung spielen hydrometallurgische Verfahren im Rahmen der Primär-Metallurgie (Erzaufbereitung und Raffination) aufgrund des geringen wirtschaftlichen Wertes zu den vergleichsweise hohen Elektrolysekosten nur eine untergeordnete Rolle. Da der größte Anteil des Zinns zu Weißblech verarbeitet wird, kommt in der Sekundärmetallurgie dem Entzinnen von Weißblechabfällen besondere Bedeutung zu. Im Wesentlichen werden dafür alkalisch-elektrolytische Verfahren eingesetzt. Um Lackschichten von den Weißblechen zu entfernen, werden ggf. Lösemittel zugesetzt. Hierbei fallen **Lackschlämme [G]** an.

Bei den hydrometallurgischen Prozessen zur Edelmetallgewinnung handelt es sich um Säureaufschlüsse und Raffinationselektrolysen, wobei unterschiedliche Rückstandssäuren (z. B. Salz-, Salpeter-, Schwefelsäure, sowie Königswasser aus der Goldgewinnung) anfallen. Zudem werden zur Silberrückgewinnung Zementations-Verfahren eingesetzt. Der gebräuchlichste Weg zur Herstellung von Feinsilber ist die Raffinationselektrolyse, wobei ein hoher, fast 100%iger Reinheitsgrad erzielt wird. Für die Silberrückgewinnung aus fotochemischen Prozess- und Wässerungsbädern siehe Kap. 09 01, Abschn. 1.7. Das hieraus zurückgewonnene Silber wird, wie auch Altsilber und Edelmetallschrotte, im Folgeschritt i. d. R. pyrometallurgisch aufgearbeitet.

## 2 Abfälle

### 2.1 Schlämme aus der Zinkerzeugung [A], [B]

Schlämme fallen in der Zinkhydrometallurgie i. d. R. aus der Fest-Flüssig-Trennung bei Laugungs- und Laugenreinigungsprozessen an. Neben mineralischen Stoffen sind Begleitelemente (überwiegend Blei, Cadmium, sowie Eisen) i. d. R. als Schwefelverbindungen enthalten.

Laugungsrückstände aus dem Jarosit-Verfahren liegen als Ammoniumverbindung vor und enthalten neben Eisen und Zink noch beträchtliche Schwefelmengen. Laugungsrückstände aus dem Goethit-Verfahren sind aufgrund ihrer Adsorptionsfähigkeit fluor- und chlorhaltig.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

11 02 02\* Schlämme aus der Zink-Hydrometallurgie (einschließlich Jarosit, Goethit)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Die bei der Laugung des Röstgutes und der anschließenden Laugenreinigung anfallenden Rückstände werden i. d. R. entsprechend ihres Begleitmetallgehaltes metallurgisch aufgearbeitet.

Ansonsten Deponierung auf SAD (insbesondere die chemisch stabilen Eisenhydroxidrückstände aus dem Jarosit- und Goethit-Verfahren).

### 2.2 Schlämme aus der Kupfererzeugung [A], [B]

Schlämme fallen in der Kupferhydrometallurgie i. d. R. aus der Fest-Flüssig-Trennung bei Laugungs- und Laugenreinigungsprozessen an. Neben mineralischen Stoffen sind Begleitelemente (z. B. Nickel, Kobalt, Zink) enthalten, die je nach dem Laugungsverfahren i. d. R. als Schwefel- bzw. Ammoniumverbindungen vorliegen.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

11 02 05\* Abfälle aus Prozessen der Kupfer-Hydrometallurgie, die gefährliche Stoffe enthalten

11 02 06 Abfälle aus Prozessen der Kupfer-Hydrometallurgie mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 02 05 fallen

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Die bei der Laugung des Röstgutes und der anschließenden Laugenreinigung anfallenden Rückstände werden i. d. R. entsprechend ihres Begleitmetallgehaltes metallurgisch aufgearbeitet.

Ansonsten Deponierung auf SAD; wenn keine gefährliche Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

### 2.3 Abfälle aus der elektrolytischen Kupfer-Raffination [E], [F]

**Anodenschlamm [E]** weist je nach dem Ausgangsmaterial unterschiedliche Zusammensetzungen auf. Neben dem Grundmetall Kupfer sind darin Edelmetalle (vorwiegend Silber) und zahlreiche Verbindungen, die aus dem Elektrolyten ausfallen (z. B. Selenide und Telluride), enthalten.

Abgezogene Elektrolytlösungen fallen als sog. **End-Elektrolyt [F]** an und sind i. d. R. schwefelsaure Kupfersulfat-Lösungen, die im Wesentlichen Nickel und Arsen enthalten.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 11 02 03 Abfälle aus der Herstellung von Anoden für wässrige elektrolytische Prozesse
- 11 02 05\* Abfälle aus Prozessen der Kupfer-Hydrometallurgie, die gefährliche Stoffe enthalten

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

**Anodenschlamm** aus der Kupfer-Raffination dient i. d. R. als Ausgangsmaterial für die Gewinnung von Selen.

Ansonsten Deponierung auf SAD; wenn keine gefährliche Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

**Verbrauchte Elektrolytlösungen** werden i. d. R. über weitere elektrolytische Prozesse oder Eindampfprozesse aufgearbeitet. Abgeschiedene Begleitelemente werden i. d. R. als Ausgangsmaterialien in die NE-Metallerzeugung zurückgeführt.

Ansonsten erfolgt die Entsorgung i. d. R. über chemisch-physikalische Behandlungsanlagen (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation sowie Abtrennung der Wasserphase, die in die Kanalisation eingeleitet werden kann.

## **2.4 Abfälle aus sonstigen NE-Metallprozessen [A], [B]**

Abfälle aus Laugungs- und Laugenreinigungsprozessen der Nickelerzeugung enthalten als Begleitmetalle überwiegend Kobalt, Chrom und Eisen. Die anfallenden Schlämme liegen je nach Laugungsverfahren als ammonium- oder schwefelhaltige Verbindungen vor.

Abfälle aus der Zinnrückgewinnung enthalten i. d. R. hohe Anteile an den Legierungsmetallen Blei, Antimon und Kupfer, die i. d. R. als Schwefelverbindungen (z. B. als Bleisulfat) vorliegen.

Abfälle aus der Edelmetallerzeugung (z. B. Gold und Silber) können je nach Laugungsprozess cyanid- oder quecksilberhaltig sein. Desweiteren sind Begleitelemente wie Kupfer, Blei, etc. enthalten.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 11 02 07\* andere Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Die bei der Laugung des Röstgutes und der anschließenden Laugenreinigung anfallenden Rückstände werden i. d. R. entsprechend ihres Begleitmetallgehaltes metallurgisch aufgearbeitet.

Ansonsten Deponierung auf SAD, ggf. UTD.

## **2.5 Verbrauchte Elektrolytlösungen und Anodenschlämme [C]**

Verbrauchte Elektrolytlösungen liegen i. d. R. schwefelsauer, aber auch salz- oder salpetersauer vor. Sie enthalten Zusätze wie z. B. Kolloide, die durch Anlagerung eine glatte Oberfläche des abgeschiedenen Metalls gewährleisten, sowie Schaum-

bildner (z. B. Kresolsäure), um ein Verdunsten der Schwefelsäure zu unterbinden. Bei der Zinkelektrolyse wirkt Strontiumcarbonat erniedrigend auf den Bleigehalt des Kathodenzinks.

Anodenschlämme enthalten als Verunreinigungen überwiegend Metallverbindungen edlerer Begleitelemente.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 11 01 05\* saure Beizlösungen
- 11 02 03 Abfälle aus der Herstellung von Anoden für wässrige elektrolytische Prozesse
- 11 02 07\* andere Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

11 01 05\*: Verbrauchte Elektrolytlösungen werden i. d. R. in Laugungsprozesse zurückgeführt oder über weitere elektrolytische Prozesse, Eindampfprozesse, etc. aufgearbeitet. Abgeschiedene Begleitmetalle werden i. d. R. in die NE-Metallerzeugung zurückgeführt.

Ansonsten chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation sowie Abtrennung der Wasserphase, die in die Kanalisation eingeleitet werden kann.

11 02 03 und 11 02 07\*: Anodenschlämme werden i. d. R. metallurgischen Rückgewinnungsprozessen zugeführt.

Ansonsten Deponierung auf SAD; wenn keine gefährliche Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

## **2.6 Abfälle aus Ionenaustauschprozessen zur Metellanreicherung [D]**

Bei der Regenerierung der Ionenaustauscherharze fallen Regenerate an, welche die gelösten Begleitmetalle in konzentrierter Form enthalten. Nach einigen Regenerationscyclen werden Ionenaustauscherharze unbrauchbar und müssen komplett erneuert werden (siehe Kap. 19 08, Abschn. 2.2.)

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 11 01 15\* Eluate und Schlämme aus Membransystemen und Ionenaustauschsystemen, die gefährliche Stoffe enthalten
- 11 01 16\* gesättigte oder verbrauchte Ionenaustauscherharze

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

11 01 15\*: Metallhaltige Regenerate werden i. d. R. metallurgisch aufgearbeitet.

Ansonsten chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation, ggf. Entgiftung sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation.

11 01 16\*: Externe Regenerierung beladener Harze.

Nicht regenerierbare Ionenaustauscherharze werden i. d. R. metallurgisch aufgearbeitet.

Ansonsten Verbrennung als besonders überwachungsbedürftiger Abfall.

## **2.7 Lackschlämme aus der Zinn-Rückgewinnung [G]**

Bei den Lackschlämmen aus der Zinnrückgewinnung handelt es sich überwiegend um Lackschichtreste, lackschlammhaltige Laugen (i. d. R. Natronlauge) oder lösemittelhaltige Lackschlämme. Entsprechend der verwendeten Entlackungsmittel sowie der entfernten Lacke sind diese Abfälle als gefährlich einzustufen (z. B. durch Chromate und Schwermetalle aus der Lackpigmentierung).

### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 08 01 17\* Abfälle aus der Farb- und Lackentfernung, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten
- 11 01 07\* alkalische Beizlösungen

### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung oder Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

- 08 01 17\*: Bei überwiegend organischen Bestandteilen thermische Behandlung in Abfallverbrennungsanlagen.  
Ansonsten Deponierung auf SAD.
- 11 01 07\*: Bei wässrig-alkalischen Prozessen chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation sowie Abtrennung der Wasserphase.

### 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss

Auszug aus dem EAV	Stofffluss	Entsorgung
<b>11 02 Abfälle aus Prozessen der Nicht-eisen-Hydrometallurgie</b>		
11 02 02* Schlämme aus der Zink-Hydrometallurgie (einschließlich Jarosit, Goethit)	A, B	1) Stoffliche Nutzung, 2) SAD
11 02 03 Abfälle aus der Herstellung von Anoden für wässrige elektrolytische Prozesse	C, E, F	1) Stoffliche Nutzung, 2) mit Siedlungsabfall
11 02 05* Abfälle aus Prozessen der Kupfer-Hydrometallurgie, die gefährliche Stoffe enthalten	A, B, E, F	1) Stoffliche Nutzung, 2) SAD
11 02 06 Abfälle aus Prozessen der Kupfer-Hydrometallurgie mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 02 05 fallen	A, B	1) Stoffliche Nutzung, 2) mit Siedlungsabfall
11 02 07* andere Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten	A, B, C	1) Stoffliche Nutzung, 2) SAD, UTD
11 02 99 Abfälle a. n. g.	In der Regel nicht erforderlich	

<b>Abfälle aus Prozessen der Nicht-eisen-Hydrometallurgie, die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind</b>		
08 01 17* Abfälle aus der Farb- und Lackentfernung, die organische Lösemittel oder andere gefährliche Stoffe enthalten	G	1) SAV, 2) SAD
11 01 05* saure Beizlösungen	C	1) stoffliche Nutzung, 2) CPB
11 01 07* alkalische Beizlösungen	G	CPB
11 01 15* Eluate und Schlämme aus Membransystemen und Ionenaustauschsystemen, die gefährliche Stoffe enthalten	D	1) stoffliche Nutzung, 2) CPB
11 01 16* gesättigte oder verbrauchte Ionenaustauscherharze	D	1) Regenerierung, 2) stoffliche Nutzung, 3) SAV

## 11 03 Schlämme und Feststoffe aus Härteprozessen

<b>1</b>	<b>Prozess .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Abfälle .....</b>	<b>3</b>
2.1	<i>Abfälle aus der Vorbehandlung [A].....</i>	3
2.2	<i>Cyanidhaltige Härtereialsalze [B].....</i>	3
2.3	<i>Cyanidfreie Härtereialsalze [C].....</i>	4
2.4	<i>Abfälle aus der Wartung von Härteöfen [D].....</i>	4
2.5	<i>Verbrauchte Abschreck- und Anlassöle [E] .....</i>	4
2.6	<i>Verbrauchte Abschreck-Salzschmelzen [F], [G] .....</i>	5
2.7	<i>Verbrauchte wässrige Abschreckmedien [H].....</i>	5
2.8	<i>Abfälle aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung [J] .....</i>	5
2.9	<i>Abfälle aus Anlassprozessen [K] .....</i>	6
2.10	<i>Abfälle aus der Abluftbehandlung [L].....</i>	6
<b>3</b>	<b>Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss .....</b>	<b>8</b>

### 1 Prozess

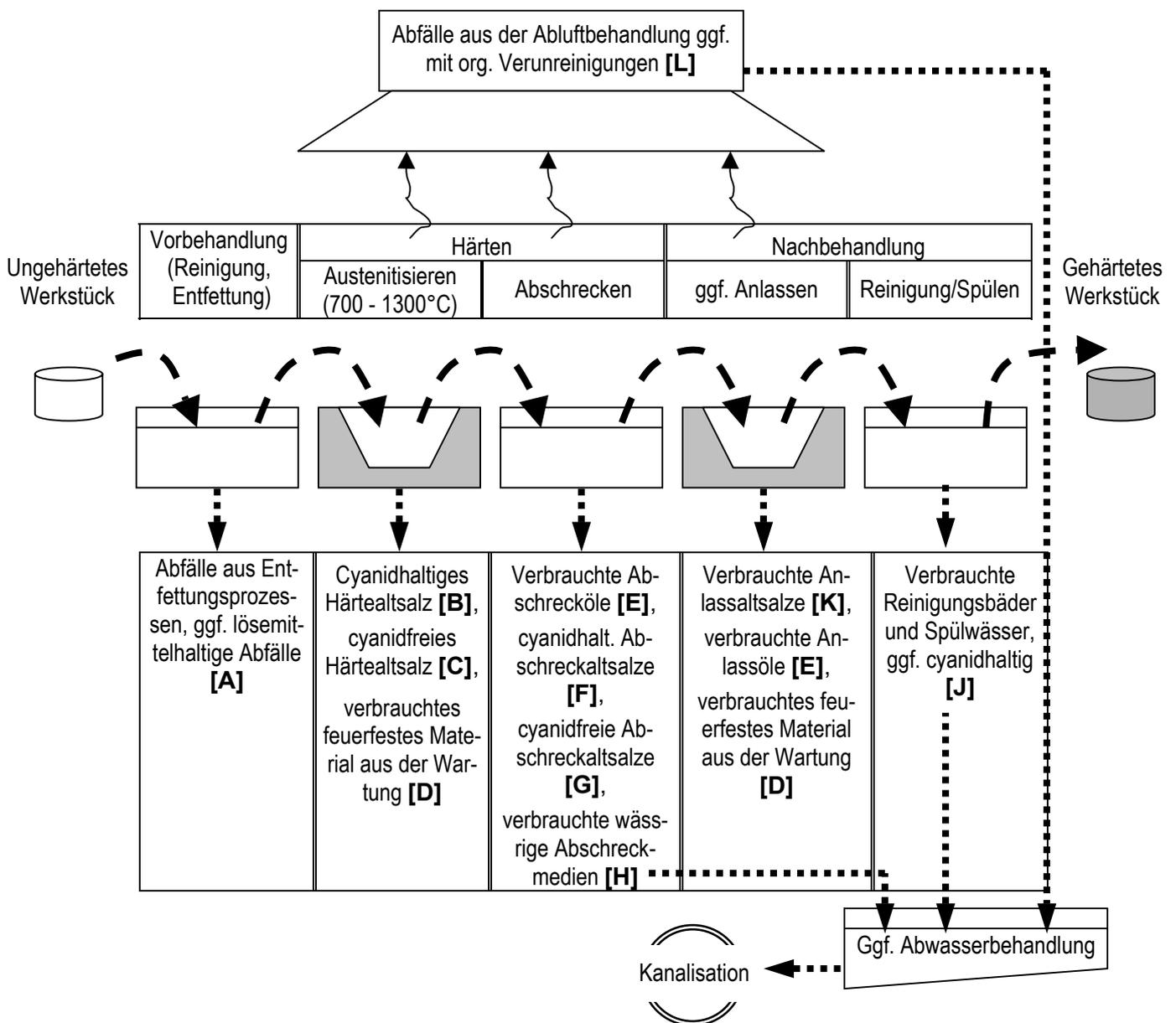
Der konventionelle Härteprozess, vorwiegend für Eisen- aber auch für NE-Metalle wie Kupfer, Aluminium, Titan und Edelmetalle, untergliedert sich in zwei Stufen: Der Austenitisierung (Erwärmen auf Härtetemperaturen zwischen 760 und 1300°C) und dem nachfolgenden Abschrecken, wobei das harte Gefüge (Martensit) gebildet wird. In Abhängigkeit von den gewünschten Eigenschaften werden die Werkstücke nach dem Abschrecken ggf. nochmals auf Temperaturen zwischen 150 und 650°C erwärmt (Anlassen). Vor dem eigentlichen Härteprozess und anschließend werden die Werkstücke gereinigt (**Abb.1**).

Als Alternative können harte Schichten auch durch chemische Veränderung der Oberflächenschicht erzielt werden. Zu den sogenannten thermochemischen Härteverfahren zählen Aufkohlen, Carbonitrieren, Nitrieren und Nitrocarburieren, Borieren, sowie seltener Aluminieren, Silizieren und Chromieren. Aufgabe der eingesetzten festen, flüssigen oder gasförmigen Härtemittel ist die Wärmeübertragung sowie die Bereitstellung von Reaktionsstoffen zur chemischen Veränderung der Randschicht. Feste Härtemittel sind z. B. Pulver oder Granulate auf der Basis von Holzkohle und Alkali- oder Erdalkalicarbonate. Flüssige Mittel sind gemischte Salzschmelzen, wie z. B. Alkalinitrite, -nitrate, -cyanate, -cyanide und -carbonate sowie Alkali- und Erdalkalichloride. Um die Metalloberfläche vor Veränderungen zu schützen werden Schutzgase wie z. B. Stickstoff, Argon, Exogas (exotherm gecracktes Stadtgas) etc. oder auch Vakuum eingesetzt. Mit Reaktionsgasen wie z. B. Ammoniak, Methan o-

der Endogas (Propan) werden bestimmte Veränderungen an der Metalloberfläche erzielt.

Abgeschreckt wird je nach Gegebenheiten (z. B. Materialstärken der Werkstücke) und Anforderungen (z. B. Abschreckgeschwindigkeiten) in Wasser (i. d. R. mit anorganischen, organischen oder auch polymeren Zusätzen), in Mineralöl, in einer Salzschnmelze (zur Warmbadabkühlung, um vor der Martensitbildung einen Temperaturausgleich im Werkstück herbeizuführen) oder in Gasen (ggf. auch verflüssigt).

Unter dem härtereispezifischen EAV-Unterkapitel sind lediglich zwei Abfallschlüssel aufgeführt, die sich aufgrund der Differenzierung zwischen cyanidhaltig und nicht cyanidhaltig insbesondere auf Salzbadhärtereien beziehen. Andere Wärmebehandlungsverfahren, wie z. B. Plasma- oder Induktionshärten, werden aufgrund Ihrer geringeren Abfallrelevanz im EAV-Verzeichnis nicht explizit aufgeführt.



**Abb. 1:** Schematische Darstellung von Salzbadhärteprozessen

## 2 Abfälle

### 2.1 Abfälle aus der Vorbehandlung [A]

Die Vorbehandlung umfasst im Wesentlichen Waschprozesse mit wässrigen oder organischen Waschmedien.

Unter den wässrigen Systemen enthalten verbrauchte wässrig-saure Entfettungslösungen vorwiegend verdünnte Salz- und Phosphorsäure, Emulgatoren, Korrosionsschutzinhibitoren sowie freie und emulgierte Öle und Fette. Erschöpfte wässrig-alkalische Entfettungsbäder enthalten vorwiegend Natriumhydroxid, Carbonate, Phosphate, Silikate, und Tenside sowie freie und emulgierte Öle und Fette.

Bei organischen Waschsyste men werden zur Teilereinigung Lösemittel (ggf. halogenhaltig) verwendet. Diese fallen entsprechend mit Ölen und Fetten verunreinigt generell als besonders überwachungsbedürftige Abfälle an.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

Für Abfälle aus wässrigen Entfettungsprozessen:

- 11 01 13\* Abfälle aus der Entfettung, die gefährliche Stoffe enthalten (*Regel*)
- 11 01 14 Abfälle aus der Entfettung mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 01 13 fallen (*Ausnahme*)

Für Lösemittelabfälle:

- 14 06 04\* Schlämme und feste Abfälle, die halogenierte Lösemittel enthalten (*Ausnahme*)
- 14 06 05\* Schlämme und feste Abfälle, die andere Lösemittel enthalten (*Regel*)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

11 01 13\* und 11 01 14: I. d. R. chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation.

14 06 04\* und 14 06 05\*: Verbrennung, i.d.R. in SAV.

### 2.2 Cyanidhaltige Härtereialsalze [B]

Bei der thermochemischen Behandlung in Salzbädern werden ggf. cyanidhaltige Härtereialsalze verwendet. Diese erschöpfen sich im Laufe ihres Einsatzes und fallen, auch aufgrund von Verunreinigungen vorwiegend durch Legierungsbestandteile der zu härtenden Werkstoffe, als verbrauchte cyanidhaltige Härtereialsalze an.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 11 03 01\* cyanidhaltige Abfälle

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Wiederaufarbeitung (i. d. R. über Rücknahmesysteme der Härtereialsalzhersteller).

Ansonsten Deponierung, i. d. R. UTD.

### **2.3 Cyanidfreie Härtereialsalze [C]**

Zwischenzeitlich werden in Salzbadhärtereien vermehrt cyanidfreie Härtesalze eingesetzt. Diese sind jedoch weiterhin schadstoffhaltig und i. d. R. giftig (z. B. durch Bariumchlorid-Zusätze). Die im Laufe ihres Einsatzes erschöpften Salzbadfälle fallen, auch aufgrund von Verunreinigungen vorwiegend durch Legierungsbestandteile der zu härtenden Werkstoffe, als verbrauchte cyanidfreie Härtereialsalze an.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

11 03 02\* andere Abfälle

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Wiederaufarbeitung (i. d. R. über Rücknahmesysteme der Härtereisalzhersteller).

Ansonsten Deponierung, i. d. R. UTD.

### **2.4 Abfälle aus der Wartung von Härteöfen [D]**

Abfälle aus feuerfesten Materialien von Härteöfen können bei Wartungs- und Reparaturarbeiten anfallen. Sie können als gefährlichen Stoff beispielsweise Asbest enthalten.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

16 11 03\* andere Auskleidungen und feuerfeste Materialien aus metallurgischen Prozessen, die gefährliche Stoffe enthalten

16 11 04 Auskleidungen und feuerfeste Materialien aus metallurgischen Prozessen mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 11 03 fallen

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Asbestfreie Materialien aus der Wartung von Härteöfen werden i. d. R. zur Herstellung feuerfester Materialien verwertet.

Deponierung, ggf. UTD; für den Umgang mit asbesthaltigen Materialien auf Deponien sind ergänzende Regelungen (z. B. LAGA-Regelwerk) einzuhalten.

Wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind, Deponierung zusammen mit Siedlungsabfällen.

### **2.5 Verbrauchte Abschreck- und Anlassöle [E]**

Bei Abschreck- als auch bei Anlassprozessen sowie als Korrosionsschutz finden vorwiegend Mineralöle Verwendung. In Öl abgeschreckte bzw. erwärmte Werkstücke werden i. d. R. mechanisch entölt und anschließend in alkalischen Waschlösungen gereinigt. Ggf. werden Abschrecköle bereits Emulgatoren zugesetzt, so dass sie anschließend mit Wasser abgespült werden können.

Öle aus der mechanischen Entölung können i.d.R. in den Prozess zurückgeführt werden. Abschrecköle werden im Laufe ihres Einsatzes verunreinigt (z. B. mit Härtesalzen). Bei den o. g. Waschprozessen fallen Öl-in-Wasser-Emulsionen an.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

12 01 07\* halogenfreie Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis (außer Emulsionen und Lösungen)

12 01 09\* halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

- 12 01 07\*: Aufarbeitung zu Basisölen gemäß den Vorgaben der Altöl Verordnung.  
Ansonsten Verbrennung.
- 12 01 09\*: I. d. R. chemisch-physikalisch (CPB) der Öl-in-Wasser-Emulsionen in Emulsionsspaltanlagen zur Abtrennung der Ölphase. Einleitung der Wasserphase in die Kanalisation, nach Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozessen (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation und ggf. Entgiftung.

**2.6 Verbrauchte Abschreck-Salzschmelzen [F], [G]**

Salzschmelzen zur Warmbadabkühlung (180 - 550°C) sind i. d. R. nitrit- und/oder nitrat-, teilweise auch cyanidhaltig und reichern sich im Laufe des Einsatzes mit Eisenverbindungen, insbesondere seinen Cyanokomplexen, an. Bei der Behandlung von hochlegierten Stählen oder NE-Metallen können auch andere Schwermetalle enthalten sein.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 11 03 01\* cyanidhaltige Abfälle  
11 03 02\* andere Abfälle

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.  
Deponierung, i. d. R. UTD.

**2.7 Verbrauchte wässrige Abschreckmedien [H]**

Wässrige Abschreckmedien enthalten i. d. R. Zusatzstoffe (z. B. auf Salz-, Soda-, Alkohol- oder Polymerbasis) um u. a. die Gasblasenbildungen an den Metalloberflächen zu vermeiden. Verbrauchte Abschreckwässer sind zudem durch Einschleppungen aus den Salzbadern verunreinigt, die i. d. R. bariumchlorid- und ggf. cyanidhaltig sind. Abschreckwässer nach Anlassprozessen sind i. d. R. nitrit- oder nitratthaltig.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 16 10 01\* wässrige flüssige Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten.

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

I. d. R. chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation, Entgiftung sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation. Bei innerbetrieblicher Abwasserbehandlung siehe [J].

**2.8 Abfälle aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung [J]**

Der Abwasseranfall ist bedingt durch wässrige Abschreckbäder, alkalische Reinigungsbäder und Spülbäder, ggf. wässrigen Rückständen aus Abluftwäschern sowie Reinigungs- und Bodenabwasser. Um Abwasser aus den o. g. Prozessen in die Kanalisation einleiten zu können, sind neben Behandlungsschritten zur Fällung und Neutralisation Maßnahmen zur Cyanid- und Nitritentgiftung notwendig.

Stand der Technik bei der innerbetriebliche Abwasserbehandlung sind jedoch Verdunsteranlagen mit Wärmerückgewinnungssystem. Als fester Rückstand verbleibt eine (verunreinigte) Salzphase.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

Für Schlämme aus der chemisch-physikalischen Behandlung:

06 05 02\* Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung, die gefährliche Stoffe enthalten

Für feste Rückstände aus Verdunstungsprozessen:

06 03 11\* feste Salze und Lösungen, die Cyanid enthalten

06 03 13\* feste Salze und Lösungen, die Schwermetalle enthalten

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Die über Spülsysteme ausgeschleppten Salze können als gemischte Salze aufgearbeitet werden (i. d. R. über Rücknahmesysteme der Härtereisalzhersteller).

Ansonsten Deponierung als besonders überwachungsbedürftiger Abfall, ggf. UTD.

### **2.9 Abfälle aus Anlassprozessen [K]**

Bei Anlassprozessen in Salzbädern werden nitrit- und nitrathaltige Härtesalze verwendet. Diese erschöpfen sich im Laufe ihres Einsatzes und fallen, auch aufgrund von Verunreinigungen vorwiegend durch Legierungsbestandteile der zu härtenden Werkstoffe, als verbrauchte Anlasssaltsalze an.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

11 03 02\* andere Abfälle

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Ggf. Aufarbeitung über Recyclingbetriebe (i. d. R. über Rücknahmesysteme der Härtereisalzhersteller).

Ansonsten Deponierung, i. d. R. UTD.

### **2.10 Abfälle aus der Abluftbehandlung [L]**

Bei den aus Härteprozessen entstehenden Dämpfen werden Schadstoffe aus den Salzbädern mitgerissen (z. B. Cyanide oder Bariumchlorid). Sie müssen daher abgesaugt und einer Abluftreinigungsanlage (z. B. Trockenfilter oder Abluftwäscher) zugeführt werden. Abfälle aus Abluftwäschern können ggf. auch organische Verunreinigungen enthalten, z. B. Öle aus Abschreck- oder Anlassprozessen (Trockenfilter sind hierfür ungeeignet).

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

aus Trockenfiltern:

11 03 01\* cyanidhaltige Abfälle

11 03 02\* andere Abfälle

Aus Abluftwäschern Zuordnung gemäß der gehärteten Werkstoffe Stahl, Aluminium, Kupfer oder Edelmetalle:

Aus der Eisen und Stahlhärtung:

---

10 02 13\*    Schlämme und Filterkuchen aus der Abgasbehandlung, die gefährliche Stoffe enthalten

Aus der Aluminiumhärtung:

10 03 25\*    Schlämme und Filterkuchen aus der Abgasbehandlung, die gefährliche Stoffe enthalten

Aus der Kupferhärtung:

10 06 07\*    Schlämme und Filterkuchen aus der Abgasbehandlung

Aus der Edelmetallhärtung:

10 07 05\*    Schlämme und Filterkuchen aus der Abgasbehandlung

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

Schlämme aus Abluftwäschern sind vor der Entsorgung einer chemisch-physikalischen Behandlung zuzuführen (CPB), durch Fällungs- /Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation, Entgiftung sowie Abtrennung und Rückführung der Wasserphase in den Abluftwäscher oder ggf. zur Einleitung in die Kanalisation. Für Rückstände aus Abluftwäschern mit organischen Verunreinigungen in Form ölhaltiger Emulsionen wird auf Abschn. 2.5 verwiesen.

Für feste Rückstände aus Trockenfiltern Deponierung, i. d. R. UTD.

### 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss

Auszug aus dem EAV	Stofffluss	Entsorgung
<b>11 03 Schlämme und Feststoffe aus Härteprozessen</b>		
11 03 01* cyanidhaltige Abfälle	B, F, L	1) Aufarbeitung, 2) UTD
11 03 02* andere Abfälle	C, G, K, L	1) Aufarbeitung, 2) UTD

<b>Schlämme und Feststoffe aus Härteprozessen, die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind</b>		
06 03 11* feste Salze und Lösungen, die Cyanid enthalten	J	1) Aufarbeitung, 2) UTD
06 03 13* feste Salze und Lösungen, die Schwermetalle enthalten	J	1) Aufarbeitung, 2) UTD
06 05 02* Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung, die gefährliche Stoffe enthalten	J	SAD
10 02 13* Schlämme und Filterkuchen aus der Abgasbehandlung, die gefährliche Stoffe enthalten	L	CPB
10 03 25* Schlämme und Filterkuchen aus der Abgasbehandlung, die gefährliche Stoffe enthalten	L	CPB
10 06 07* Schlämme und Filterkuchen aus der Abgasbehandlung	L	CPB
10 07 05* Schlämme und Filterkuchen aus der Abgasbehandlung	L	CPB
11 01 13* Abfälle aus der Entfettung, die gefährliche Stoffe enthalten	A	CPB
11 01 14 Abfälle aus der Entfettung mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 01 13* fallen	A	CPB
12 01 07* halogenfreie Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis (außer Emulsionen und Lösungen)	E	Verbrennung
12 01 09* halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen	E	CPB
14 06 04* Schlämme und feste Abfälle, die halogenierte Lösemittel enthalten	A	1) Verbrennung, 2) SAV
14 06 05* Schlämme und feste Abfälle, die andere Lösemittel enthalten	A	1) Verbrennung, 2) SAV

16 10 01*	wässrige flüssige Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten	H	CPB
16 11 03*	andere Auskleidungen und feuerfeste Materialien aus metallurgischen Prozessen, die gefährliche Stoffe enthalten	D	1) Stoffliche Nutzung, 1) SAD, UTD
16 11 04	Auskleidungen und feuerfeste Materialien aus metallurgischen Prozessen mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 11 03 fallen	D	1) Stoffliche Nutzung, 2) mit Siedlungsabfällen

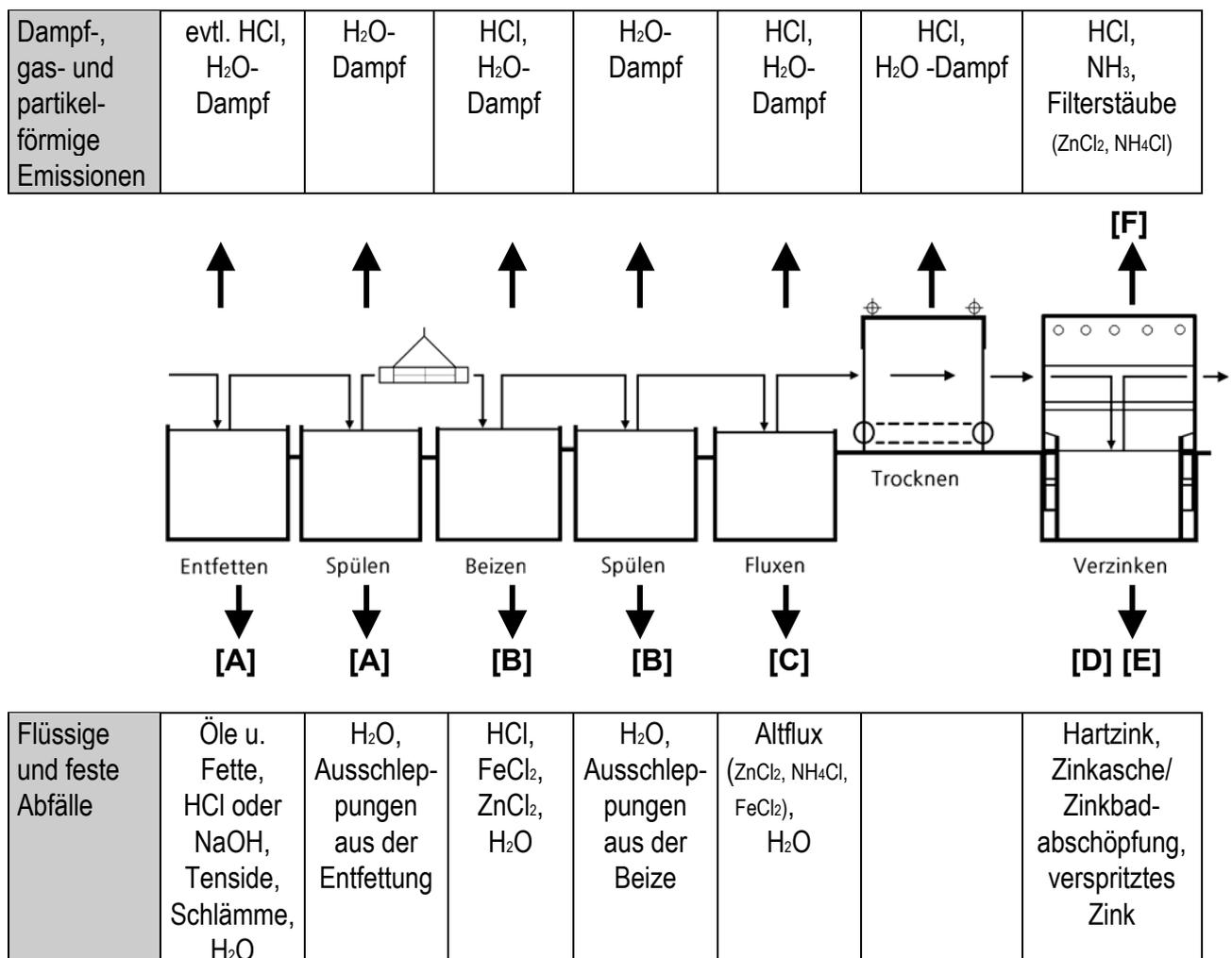
## 1105 Abfälle aus Prozessen der thermischen Verzinkung

<b>1</b>	<b>Prozess</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Abfälle</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss</b> .....	<b>5</b>

### 1 Prozess

Die Feuerverzinkung ist ein metallurgischer Prozess zum Aufbringen von Zinküberzügen auf Stahlteile durch Tauchen in schmelzflüssigem Zink. Zwischen dem schmelzflüssigen Zink und der blanken Stahloberfläche bilden sich Eisen-Zink-Legierungsschichten aus, die eine gute Haftung des Zinküberzugs gewährleisten.

Der Prozess Feuerverzinken gliedert sich in die Stufen Materialvorbereitung und Tauchen im Zinkbad (**Abb. 1**). Alle Verfahrensstufen sind Tauchprozesse.



**Abb. 1:** Beispielhafte Darstellung einer Feuerverzinkungslinie (Stückverzinkerei) und der möglichen Abfälle und Emissionen

Die zu verzinkenden Stahlteile sind unterschiedlich mit Eisenoxiden (Rost und Zunder), Ölen und Fetten belegt. Für die Verzinkung ist eine metallisch blanke Oberfläche Voraussetzung. Die Stahlteile werden daher in einem sauren oder alkalischen Entfettungsbad von Ölen und Fetten gereinigt. Im Anschluss an eine alkalische Entfettung und meist auch nach einer sauren Entfettung erfolgt eine Zwischenspülung. Beim Beizen (in der Regel Salzsäurebeizen) werden alle Eisenoxidschichten von den Stahlteilen entfernt. An das Beizbad schließen sich ein oder mehrere Standspülen an. Das Eintauchen in Flussmittel (Fluxen) dient der optimalen Benetzung der Werkstücke im schmelzflüssigen Zinkbad. Das Flussmittel besteht in der Regel aus Ammonium- und Zinkchlorid.

Beim Verzinken der Werkstücke im schmelzflüssigen Zinkbad (ca. 450 °C) setzt sich das Flussmittel um und führt zu überwiegend staubförmigen Emissionen, die in Filteranlagen abgeschieden werden. Fallweise wird das Verzinkungsgut vor dem Verzinken getrocknet und nach dem Verzinken in einem Wasserbad abgekühlt.

## 2 Abfälle

Sowohl bei der Materialvorbereitung (Entfetten, Beizen) als auch bei der eigentlichen Verzinkung fallen Abfälle an. Im Bereich der Materialvorbereitung handelt es sich um verbrauchte Prozessbäder und Abfälle aus der Prozessbadpflege, die sich dem EAV-Unterkapitel 11 01 zuordnen lassen.

### ***Verbrauchte Entfettungsbäder [A]***

Verbrauchte saure Entfettungsbäder enthalten verdünnte Salz- und Phosphorsäure, Emulgatoren, Korrosionsinhibitoren sowie freie und emulgierte Öle und Fette. Erschöpfte alkalische Entfettungsbäder enthalten Natriumhydroxid, Carbonate, Phosphate, Silikate, und Tenside sowie freie und emulgierte Öle und Fette. Saure und alkalische Entfettungsbäder werden in der Regel als besonders überwachungsbedürftig eingestuft.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 11 01 13\* Abfälle aus der Entfettung, die gefährliche Stoffe enthalten (Regelfall)
- 11 01 14 Abfälle aus der Entfettung mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 01 13\* fallen (Ausnahmefall)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Verbrennung abgetrennter Ölphasen.

Ansonsten chemisch-physikalische Behandlung (CPB) der Entfettungsbäder durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation.

### ***Verbrauchte Entfettungsspülbäder [A]***

Die Spülbäder nach der Entfettung sind stark verdünnte Entfettungsbäder, so dass eine Entsorgung oder Behandlung zusammen mit dem verbrauchten Entfettungsbad sinnvoll ist.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 11 01 13\* Abfälle aus der Entfettung, die gefährliche Stoffe enthalten (Regelfall)  
11 01 14 Abfälle aus der Entfettung mit Ausnahme derjenigen, die unter  
11 01 13\* fallen (Ausnahmefall)

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. zusammen mit den Entfettungsbädern chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation.

**Verbrauchte Beizbäder [B]**

Verbrauchte Beizlösungen enthalten im wesentlichen freie Restsäure, Eisenchlorid, Zinkchlorid, Legierungsbestandteile der gebeizten Stähle, und ggf. Beizinhibitoren. Erfolgt die Entfettung der Werkstücke durch Beizentfetter, was nicht mehr dem Stand der Technik entspricht, enthalten die Altbeizen zusätzlich größere Mengen freier und emulgierter Öle und Fette.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 11 01 05\* saure Beizlösungen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Zinkhaltige Beizbäder können ggf. hydrometallurgisch aufgearbeitet oder zur Herstellung von Flussmittel (Flux) verwendet werden.

Ansonsten chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation.

**Verbrauchte Beizspülbäder [B]**

Die Spülbäder nach dem Beizen sind stark verdünnte Beizbäder, so dass eine Entsorgung oder Behandlung zusammen mit dem verbrauchten Beizbad sinnvoll ist.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 11 01 05\* saure Beizlösungen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. zusammen mit den Beizbädern chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation.

**Verbrauchte Flussmittelbäder [C]**

Durch Verschleppung reichern sich Flussmittelbäder im Laufe der Zeit mit Säure und Eisen an. Ab einer bestimmten Konzentration ist die Wirkung des Flussmittels so weit beeinträchtigt, dass das Bad entsorgt werden muss. Gebrauchte Flussmittel können zentral beim Flussmittelhersteller, seltener in den Feuerverzinkereien selbst, wiederaufbereitet werden.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 10 05 04\* gebrauchte Flussmittel

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Verbrauchte Flussmittelbäder werden i. d. R. aufgearbeitet und zur Herstellung von neuem Flussmittel verwendet.

Ansonsten chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation.

**Hartzink [D]**

Hartzink ist eine Eisen-Zink-Legierung, die sich wegen des höheren spezifischen Gewichts am Kesselboden absetzt und in regelmäßigen Abständen aus dem Zinkbad entfernt wird (Hartzinkziehen). Das Hartzink enthält je nach Arbeitsweise zwischen 95 und 98 % Zink und wird in der Regel zur Aufarbeitung an Zinkhütten abgegeben.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

10 05 01 Hartzink

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Hartzink wird generell metallurgisch aufgearbeitet.

**Zinkasche/Zinkbadabschöpfung [E]**

Zinkasche entsteht durch Berührung des Zinks mit dem Luftsauerstoff sowie durch Reaktion mit dem Flussmittel und besteht überwiegend aus Zinkoxid und Zinkchlorid. Sie schwimmt aufgrund des geringeren spezifischen Gewichts auf der Schmelze auf. Die Zinkasche wird mittels eines Abstreifers aus dem Zinkkessel entfernt (Zinkbadabschöpfung). Hierbei werden verhältnismäßig große Zinkmengen mit ausgebracht, so dass der Zinkgehalt zwischen 80 und 90 % liegt. Zinkasche wird ebenfalls in der Regel zur Aufarbeitung an Zinkhütten abgegeben.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

10 05 02 Zinkasche

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Zinkrecycling

**Filterstäube [F]**

Der in den Abluftfiltern abgeschiedene Staub besteht im wesentlichen aus Ammoniumchlorid und Zinkchlorid. X

Während des Feuerverzinkens reagiert das Flussmittel mit dem schmelzflüssigen Zink. Ein Teil der Reaktionsprodukte wird gasförmig (z.B. HCl, NH<sub>3</sub>) oder als Rauchpartikel (z.B. NH<sub>4</sub>Cl, ZnCl<sub>2</sub>) emittiert. Die Bestandteile der Emissionen sind von der Flussmittelmittelzusammensetzung abhängig. Werden Öle und Fette bis in das Zinkbad verschleppt (z. B. unvollständige Entfettung, Rückbefettung), können die Stäube bis zu 10 % Fett enthalten. In den Filterstäuben muss folglich mit der Entstehung von Dioxinen gerechnet werden, wodurch die Verwendung der Filterstäube als Flussmittelmittelrohstoff beeinträchtigt wird.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

10 05 03\* feste Abfälle aus der Abgasbehandlung

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Der Staub kann von den Herstellern von Flussmitteln als Rohstoff zur Flussmittelherstellung verwendet werden.

Ansonsten Deponierung, ggf. in UTD.

### 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss

Auszug aus dem EAV	Stofffluss	Entsorgung
<b>11 05 Abfälle aus Prozessen der thermischen Verzinkung</b>		
11 05 01 Hartzink	D	Recycling
11 05 02 Zinkasche	E	Recycling
11 05 03* feste Abfälle aus der Abgasbehandlung	F	SAD, UTD
11 05 04* gebrauchte Flussmittel	C	Recycling, CPB
11 05 99 Abfälle a. n. g.	In der Regel nicht erforderlich	

<b>Abfälle aus Prozessen der thermischen Verzinkung, die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind</b>		
11 01 05* saure Beizlösungen	B	Recycling, CPB
11 01 13* Abfälle aus der Entfettung, die gefährliche Stoffe enthalten	A	CPB, Verbrennung
11 01 14 Abfälle aus der Entfettung mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 01 13* fallen	A	CPB

## 12 01 Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen

<b>1</b>	<b>PROZESSE</b> .....	<b>1</b>
1.1	SPANLOSE FORMGEBUNG.....	1
1.2	SPANENDE BEARBEITUNG.....	2
1.3	OBERFLÄCHENBEARBEITUNG (FEINBEARBEITUNG).....	2
<b>2</b>	<b>ABFÄLLE</b> .....	<b>3</b>
2.1	ABSCHNITTE UND SPÄNE [A], [B] .....	3
2.2	ÖL- UND METALLHALTIGE BEARBEITUNGSSCHLÄMME [D].....	4
2.3	METALLHALTIGE STÄUBE [H] .....	5
2.4	KUNSTSTOFFTEILE [A], [B] .....	6
2.5	VERBRAUCHTE KÜHLSCHMIERSTOFFE [E], [F].....	6
2.6	GEBRAUCHTE WACHSE UND FETTE [I] .....	8
2.7	VERBRAUCHTE SCHLEIFKÖRPER/SCHLEIFMITTEL [K] .....	8
2.8	VERBRAUCHTE STRAHLMITTEL [L].....	8
2.9	ZUNDER [G] .....	9
2.10	VERUNREINIGTE FILTERMITTEL [C] .....	10
2.11	SCHWEIßABFÄLLE [M] .....	10
<b>3</b>	<b>ÜBERSICHT ZUR ZUORDNUNG ABFALLSCHLÜSSEL - STOFFFLUSS</b> .....	<b>11</b>

### 1 Prozesse

#### 1.1 Spanlose Formgebung

Das Vormaterial (Rohlinge, Platten, Bänder usw.) wird mit formgebenden Werkzeugen (z.B. Schmiedegesenke, Walzen, Tiefziehformen) unter Einwirkung hoher mechanischer Kräfte in die gewünschte Form gebracht. Beim Trennen (Stanzen; Schneiden) werden dabei überstehende Teile abgeschert und fallen in Form von Abschnitten/Stanzresten als Abfall an (siehe **Abb.2**). Zur Prozessunterstützung (Schmieren, Kühlen) werden auf das Vormaterial Trennmittel, Ziehmittel oder Öle aufgetragen. Diese Prozesshilfsmittel werden teilweise im Kreislauf gefahren, bei der spanlosen Umformung erfolgt der Einsatz jedoch vorwiegend in Form einer Verlustschmierung.

## 1.2 Spanende Bearbeitung

Die Bearbeitung der Werkstücke erfolgt mittels spanender Werkzeuge (z. B. Bohrer, Sägeblatt, Fräser). In meist mehreren Arbeitsschritten wird durch Späneabtrag die gewünschte Form erzielt (siehe **Abb. 1**). Mehrheitlich werden Kühlschmierstoffe (Emulsionen, Lösungen, Öle) zur Prozessoptimierung (Kühlen, Schmieren, Spanabfuhr) eingesetzt. Beim Erodieren erfolgt der Abtrag über Funkenerosion unter Verwendung von Erodierdielektrika (Wasser oder synthetische Kohlenwasserstoffe).

Die Prozesshilfsmittel werden in der Regel im Kreislauf gefahren. Die eingetragenen Späne und der Abrieb werden mittels Sedimentation oder geeigneter Filtrationsverfahren entfernt.

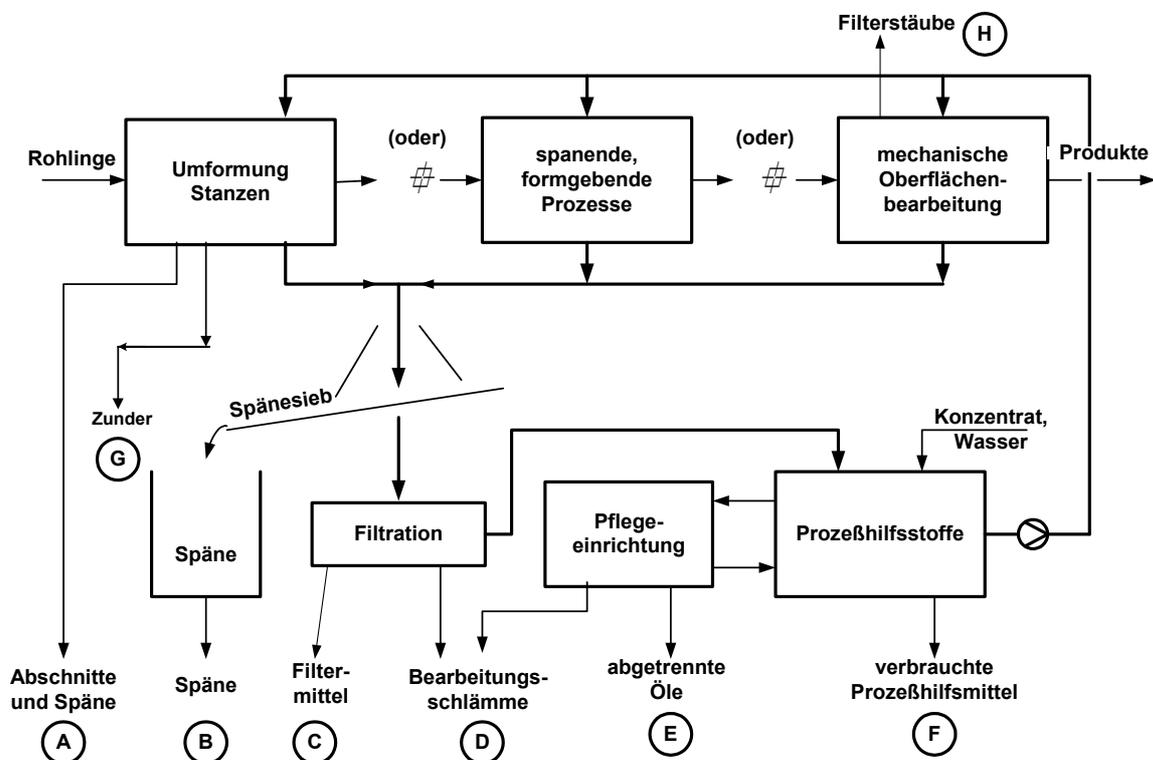
## 1.3 Oberflächenbearbeitung (Feinbearbeitung)

Über ein abrasives oder spanendes Hilfsmittel/Werkzeug wird eine definierte Oberflächenform und/oder Oberflächenqualität erzielt. Die Abgrenzung zur spanenden Bearbeitung ist unscharf.

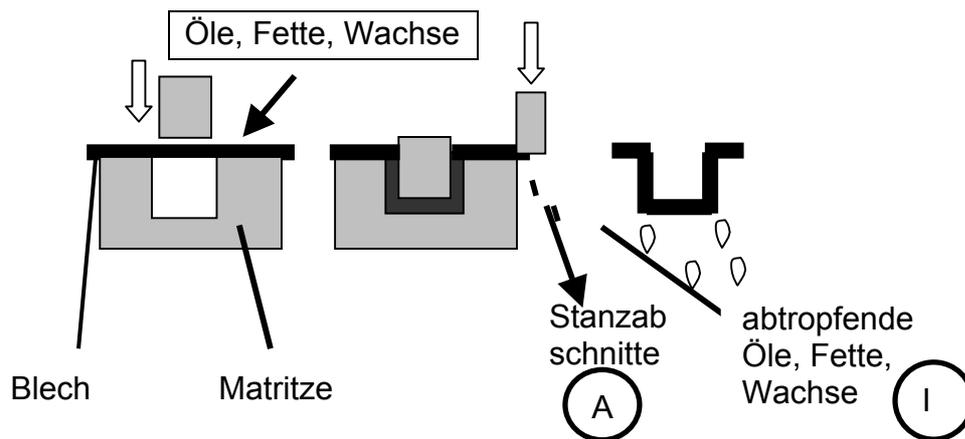
Bei spanenden Prozessen werden sehr feine Späne (Schleifen, Honen, Läppen bis Polieren) vom Werkstück abgetragen (siehe **Abb. 3**), die über das eingesetzte Prozesshilfsmittel (z. B. Kühlschmierstoff, Gleitschleifcompound, Läpppaste, Strahlmittel) aus dem Bearbeitungsprozess ausgetragen und anschließend über ein geeignetes Filtrationssystem entfernt werden.

Mit geeigneten Werkzeugmaschinen und Werkzeugen können spanende Bearbeitungsprozesse teilweise auch trocken, d. h. ohne Kühlschmierstoff erfolgen (Trockenbearbeitung).

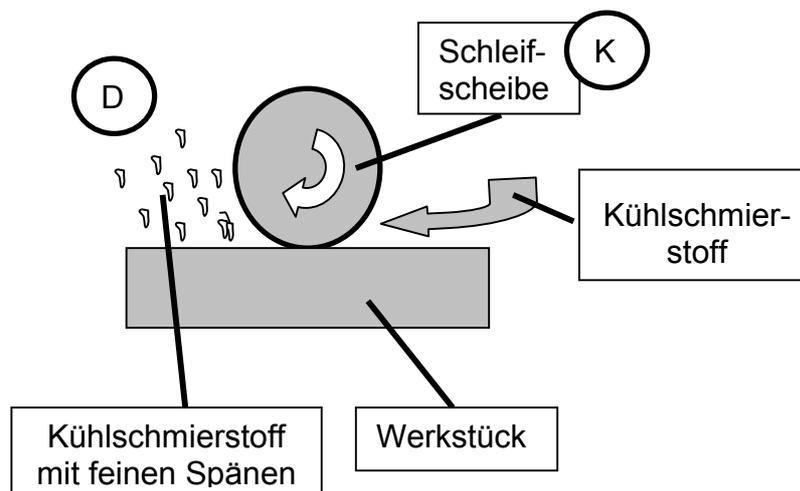
Beim Strahlen wird ein abrasiver Stoff (Strahlmittel z.B. Korund) mit einem Luftstrahl auf das Werkstück aufgebracht und dadurch Oberflächenschichten vom Werkstück abgetragen oder auch nur eine bestimmte Oberflächeneigenschaft erzielt.



**Abb. 1:** Prozesse zur Formgebung und Oberflächenbearbeitung unter Verwendung (flüssiger, kreislauffähiger) Prozesshilfsmittel.



**Abb.2:** Umform- und Trennprozess mit Verlustschmierung

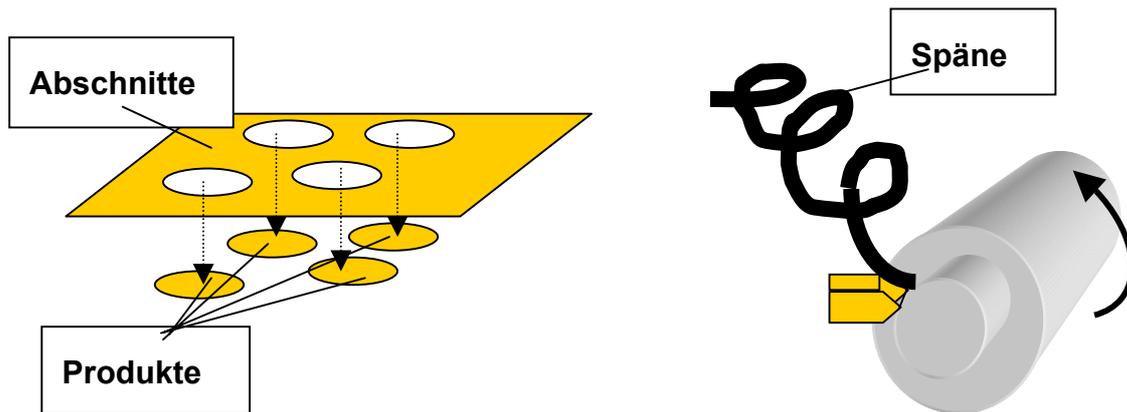


**Abb. 3:** Schleifprozess

## 2 Abfälle

### 2.1 Abschnitte und Späne [A], [B]

Abschnitte entstehen hauptsächlich bei Formgebungsprozessen wie z. B. Stanzen oder Schneiden (siehe **Abb. 4**). Metallspäne entstehen bei der spanenden Bearbeitung (z. B. beim Drehen, Bohren, Fräsen, Sägen usw.).



**Abb.4:** Entstehung von Abschnitten und Spänen

Werden Kühlschmierstoffe eingesetzt, so sind die Abfälle mit diesen behaftet. Je nach Spanform und Feinheit liegt der Ölgehalt zwischen 0 und 3%, in Einzelfällen auch deutlich höher.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

12 01 01 Eisenfeil- und -drehspäne

12 01 03 NE-Metallfeil- und -drehspäne

bei erhöhten Ölgehalten:

12 01 18\* ölhaltige Metallschlämme (Schleif-, Hon- und Läppschlämme)

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

12 01 01/

12 01 03: Recycling über den Metall- und Schrotthandel in Stahlwerke und Anlagen der Sekundärmetallurgie.

12 01 18\*: CP-Behandlung (z. B. Zentrifugieren, Abpressen, Brikettieren) zur Entölung und Konditionierung für den anschließenden Einsatz in Anlagen der Sekundärmetallurgie.

Ansonsten Beseitigung über SAD oder SAV, je nach Ölgehalt.

**2.2 Öl- und metallhaltige Bearbeitungsschlämme [D]**

Die entstehenden feinen Späne werden zusammen mit Schleifmittelabrieb vom Kühlschmierstoff von der Bearbeitungsstelle fortgespült und anschließend über eine Filtration aus dem Prozess ausgeschleust. Die Zusammensetzung dieser Schlämme weist ein sehr breites Spektrum auf, typischerweise jedoch mit erheblichen Ölgehalten. Zusammensetzung: Metallgehalt 10-80%; Schleifmittel 2-75%; Ölgehalt (je nach verwendetem KSS) 1-50%, Wassergehalt 5-75%, Filtermittel und sonstigen Verunreinigungen.

Beim Erodieren fallen durch die Ausfiltrierung der feinen Metallpartikel aus dem Dielektrikum Erodierschlämme an, die beim Senkerodieren ölhaltig sind.

Die Umweltgefährdung resultiert im Wesentlichen aus den enthaltenen Kühlschmierstoffen, der auf Grund der feinen Partikel hohen Eluierbarkeit der oft enthaltenen Schwermetalle und den Gehalten an unbekanntem Verunreinigungen. Analog der Einstufung von Kühlschmierstoffen sind daher in Bearbeitungsschlämmen i.d.R. gefährliche Stoffe enthalten.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

für Metallschlämme wie Schleif-, Hon- und Läppschlämme, Erodierschlämme mit geringen Ölgehalten bis zu 3% („trockenes“ Material):

12 01 02 Eisenstaub und -teile

12 01 04 NE-Metallstaub und -teilchen

für Metallschlämme mit Ölgehalten > 3%:

12 01 18\* Ölhaltige Metallschlämme (Schleif-, Hon- und Läppschlämme)

für Bearbeitungsschlämme wie z.B. Gleitschleifschlämme, Polierschlämme oder Schleifschlämme mit hohen Anteilen an Filterhilfsmitteln die meist geringe Metallgehalte (< 10%) aufweisen:

12 01 14\* Bearbeitungsschlämme, die gefährliche Stoffe enthalten (*Regel*)

12 01 15 Bearbeitungsschlämme mit Ausnahme derjenigen, die unter 12 01 14 fallen (*Ausnahme*)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

12 01 02/

12 01 04: Recycling über den Metall- und Schrotthandel in Stahlwerke und Anlagen der Sekundärmetallurgie, ggf. nach Vorbehandlung zur Stückigmachung (z. B. Pressen, Pellettieren).

Ansonsten Deponierung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.

12 01 14\*/

12 01 15: Nach Vorbehandlung (Entölung, Entwässerung) in Einzelfällen (z.B. Gleitschleifschlämme) stoffliche Nutzung in der Baustoffindustrie.

I.d.R. Beseitigung über SAD oder SAV, je nach Ölgehalt. Wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.

12 01 18\*: CP-Behandlung (z. B. Zentrifugieren, Abpressen, Brikettieren) zur Entölung und Konditionierung für den anschließenden Einsatz in Anlagen der Sekundärmetallurgie.

Ansonsten Beseitigung über SAD oder SAV, je nach Ölgehalt.

### **2.3 Metallhaltige Stäube [H]**

Bei der spanenden Bearbeitung ohne Kühlschmierstoffe (Trockenbearbeitung) z.B. beim trockenen Bandschleifen fallen feine Späne und Schleifmittelabrieb staubförmig an. Sie werden an der Entstehungsstelle abgezogen oder abgesaugt und in einer Filtereinrichtung abgeschieden.

Bei der Oberflächenbehandlung durch Strahlen wird der entstehende Feinanteil über eine Filteranlage aus dem Strahlmittelkreislauf ausgeschleust.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 12 01 02 Eisenstaub und -teile
- 12 01 04 NE-Metallstaub und -teilchen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

- 12 01 02/
- 12 01 04: Recycling über den Metall- und Schrotthandel in Stahlwerke und Anlagen der Sekundärmetallurgie, ggf. nach Vorbehandlung zur Stückigmachung (z. B. Pressen, Pellettieren).  
Ansonsten Deponierung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.

## **2.4 Kunststoffteile [A], [B]**

Bei der Formgebung von Kunststoffteilen durch mechanische Bearbeitungsverfahren (z. B. Drehen, Fräsen, Bohren) fallen Kunststoffspäne und -abschnitte an, die getrennt zu entsorgen sind. Kunststoffe werden in der Regel trocken bearbeitet.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 12 01 05 Kunststoffspäne und -drehspäne

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Bei Sortenreinheit recycling als Recyclat.  
Ansonsten Verbrennung oder Deponierung, i.d.R. zusammen mit Siedlungsabfällen.

## **2.5 Verbrauchte Kühlschmierstoffe [E], [F]**

Bei den meisten spanenden Prozessen aber auch beim Umformen werden Kühlschmierstoffe eingesetzt. Die Kühlschmierstoffe werden im Kreislauf geführt (siehe Abb. 1). Durch Einträge von Verunreinigungen werden sie im Laufe der Zeit unbrauchbar und müssen ausgetauscht werden. Es kommen sowohl reine Bearbeitungsöle (auf Mineralöl-, synthetischer und nativer Basis) als auch wassergemischte Systeme (Emulsionen, Lösungen) zum Einsatz. Ein Kühlschmierstoff kann aus bis zu 30 Komponenten bestehen: Basisöle und Additive (z.B. schwefel- und phosphorhaltige Additive, Chlor-Paraffine, Biozide, Salze usw.). Zusätzlich werden durch den Bearbeitungsprozess Verunreinigungen (z.B. Abrieb, Metalle, Chemikalien, Schmutz) in den Kühlschmierstoff eingetragen. Gebrauchte Kühlschmierstoffe beinhalten daher ein erhebliches Umweltgefährdungspotential und sind daher generell als gefährlicher Abfall einzustufen.

### **2.5.1 Nichtwassermischbare Kühlschmierstoffe (Bearbeitungsöle)**

können ohne Vorbehandlung einer Entsorgung (z.B. Aufarbeitung, Zweitölraffination, energetische Verwertung, Sonderabfallverbrennung) zugeführt werden.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

für nichtwassermischbare Kühlschmierstoffe mit halogenierten Additiven auf Mineralöl- und synthetischer Basis:

- 12 01 06\* halogenhaltige Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis (außer Emulsionen und Lösungen)

für halogenfreie nichtwassermischbare Kühlschmierstoffe auf Mineralölbasis:

12 01 07\* halogenfreie Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis (außer Emulsionen und Lösungen)

für halogenfreie synthetische Bearbeitungsöle:

12 01 10\* synthetische Bearbeitungsöle

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

12 01 06\*: Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.  
Thermische Behandlung in SAV.

12 01 07\*/

12 01 10\*: Aufarbeitung zu Grundölen gemäß den Vorgaben der Altölverordnung.  
Ansonsten Verbrennung.

### **2.5.2 Bearbeitungsöle auf nativer Basis**

Kühlschmierstoffe auf nativer Basis, insbesondere Ester gewinnen zunehmend an Bedeutung. Für eine hochwertige Aufarbeitung ist eine separate Erfassung von grundlegender Bedeutung. Trotz der, im Vergleich zu Mineralölen, besseren biologischen Abbaubarkeit und damit geringeren Wassergefährdung, ist bei gebrauchten KSS die Einstufung als gefährlicher Abfall erforderlich, da Additive und mögliche Schadstoffeinträge aus dem Bearbeitungsprozess (siehe Kap. 2.5) ein erhebliches Umweltgefährdungspotenzial darstellen.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

12 01 19\* biologisch leicht abbaubare Bearbeitungsöle

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Aufarbeitung zu Basisprodukten, i.d.R. über Rücknahmesysteme der Hersteller.  
Ansonsten Verbrennung.

### **2.5.3 Wassergemischte Kühlschmierstoffe (Emulsionen und Lösungen)**

Verworfenene wassergemischte KSS bestehen in der Regel zu über 90% aus Wasser. Sie müssen daher als Vorbehandlung einer CPB zu Abtrennung der Wasserphase unterzogen werden. Im Unterschied zu Kühlschmierstoffemulsionen können Kühlschmierstofflösungen, die bevorzugt beim Schleifen eingesetzt werden, nicht mit den üblichen Emulsionsspaltverfahren (z. B. Ultrafiltration, anorg. und org. Spaltung) aufgetrennt werden. Eine separate Erfassung und Behandlung ist deshalb anzuraten.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

12 01 08\* halogenhaltige Bearbeitungsemulsionen und -lösungen

12 01 09\* halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

12 01 08\*: Behandlung in CPB-Anlagen zur Abtrennung der Wasserphase zur anschließenden Einleitung in die Kanalisation.  
Ansonsten thermische Behandlung in SAV.

12 01 09\*: Behandlung in CPB-Anlagen zur Abtrennung der Wasserphase zur anschließenden Einleitung in die Kanalisation.

## 2.6 **Gebrauchte Wachse und Fette [I]**

Insbesondere bei Umformprozessen werden auch Wachse und Fette als Prozesshilfsmittel eingesetzt. Diese werden im Prozess durch Abrieb und Verunreinigungen zusätzlich belastet (siehe **Abb.2**).

### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

12 01 12\* gebrauchte Wachse und Fette

### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

In Einzelfällen Aufarbeitung zu Basisprodukten, i.d.R. über Rücknahmesysteme der Hersteller.

Ansonsten Verbrennung.

## 2.7 **Verbrauchte Schleifkörper/Schleifmittel [K]**

Wenn der zulässige Abnutzungsgrad überschritten ist müssen die Schleifkörper ausgetauscht werden. Dies betrifft Schleifscheiben ebenso wie z. B. die „Chips“ aus Gleitschleifprozessen. Diese bestehen aus dem Schleifmittel (Keramik, z. B. Korund, Aluminiumoxid usw.) mit dem jeweiligen Bindemittel (organisch oder keramisch). Die porösen Materialien können zusätzlich mit Kühlschmierstoffen und damit auch mit deren Inhaltsstoffen (siehe Kap. 2.5) kontaminiert sein.

### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

12 01 20\* gebrauchte Hon- und Schleifmittel, die gefährliche Stoffe enthalten

12 01 21 gebrauchte Hon- und Schleifmittel mit Ausnahme derjenigen, die unter 12 01 20 fallen

### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Stoffliche Nutzung bei der Schleifmittelproduktion.

Ansonsten Deponierung, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.

## 2.8 **Verbrauchte Strahlmittel [L]**

Beim Strahlen von metallischen Oberflächen in stationären Anlagen dominieren Strahlmittel auf mineralischer und metallischer Basis wie z.B. Schlacken, Korund und Stahlkies. Für besondere Anwendungen finden auch Strahlmittel aus natürlichen Hartstoffen (z.B. Nusschalen) und Kunststoffen Anwendung. Bei den in der Metallbearbeitung üblichen stationären Strahlanlagen wird das Strahlmittel im Kreislauf gefahren. Der Feinanteil wird über eine Filteranlage als Staub ausgeschleust. Bezüglich möglicher Schadstoffgehalte ist vorwiegend das Abstrahlen von Beschichtungen und Anstrichen relevant. Die abgetragenen Korrosionsschutz- und Lackschichten können Schwermetalle (z. B. Blei, Zink) sowie Schadstoffe aus Farbpigmenten enthalten. Beim Strahlen von Neuteilen wird nur der Metallabrieb eingetragen.

### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

für verworfene metallische Strahlmittel (z.B. Stahlkies):

12 01 02 Eisenstaub und -teile

für andere verworfene Strahlmittel:

12 01 16\* Strahlmittel, die gefährliche Stoffe enthalten

12 01 17 Strahlmittel mit Ausnahme derjenigen, die unter 12 01 16 fallen

Bei mobilen Anlagen zur Sanierung von Anlagen und Bauwerken (Brücken, Masten, Schiffen usw.) werden vorwiegend mineralische Strahlmittel eingesetzt. Dabei wird zunehmend die Kreislaufführung des Strahlmittels angestrebt. Mögliche Schadstoffgehalte resultieren im wesentlichen aus den abgetragenen Beschichtungen und beinhalten insbesondere bei der Entfernung alter zink- und bleihaltiger Korrosionsschutzanstriche Umweltgefährdungspotenziale.

12 01 16\* Strahlmittel, die gefährliche Stoffe enthalten (*Regel*)

12 01 17 Strahlmittel mit Ausnahme derjenigen, die unter 12 01 16 fallen

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

12 01 02: Recycling über den Metall- und Schrotthandel in Stahlwerke und Anlagen der Sekundärmetallurgie, i.d.R. nach Vorbehandlung zur Stückigmachung (z. B. Pressen, Pellettieren).

Ansonsten Deponierung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.

12 01 16\*/

12 01 17: Stoffliche Nutzung in Zementwerken.

Ansonsten Deponierung, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind  
ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.

## **2.9 Zunder [G]**

Bei Warmumformprozessen wie z.B. Schmieden, Warmwalzen kann Zunder anfallen, der auch ölhaltig sein kann. Große Mengen fallen vorwiegend in den der Eisen- und Stahlerzeugung angegliederten Halbzeugwerken (z.B. Warmwalzwerken) an. Ein zutreffender AS besteht im Kapitel 10 02.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

10 02 10 Walzzunder

für ölhaltigen Zunder(-schlamm) mit Ölgehalten > 3%

12 01 14\* Bearbeitungsschlämme, die gefährliche Stoffe enthalten

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

10 02 10: Einsatz in Hüttenwerken zur Herstellung von Roheisen, i.d.R. nach Vorbehandlung zur Stückigmachung (Pellettieren, Sintern).

Ansonsten Deponierung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.

12 01 14\*: Nach Vorbehandlung zur Entölung und anschließender Stückigmachung (Pellettieren, Sintern) Einsatz in Hüttenwerken zur Herstellung von Roheisen.

Ansonsten thermische Behandlung in SAV.

## **2.10 Verunreinigte Filtermittel [C]**

Flüssige Prozesshilfsmittel (z.B. Kühlschmierstoffe, Erodierdielektrika), die im Kreislauf gefahren werden, werden von eingetragenen Verunreinigungen zur Erhaltung der Gebrauchsfähigkeit befreit. Zur Entfernung fester Fremdstoffe (Abrieb, feine Späne, Schmutz) werden die verschiedensten Filtrationsverfahren, meist mit Einwegfiltermitteln wie z.B. Filtervliese, Filterpatronen eingesetzt. Verbrauchte Filtermittel sowie Putzlappen sind mit anorganischen (z.B. Schleifabrieb, Metallschlämme) und organischen (z. B. Kühlschmierstoffe, Öle) Verunreinigungen behaftet und sind dementsprechend als gefährlicher Abfall einzustufen.

### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 15 02 02\*    Aufsaug- und Filtermaterialien (einschließlich Ölfilter a. n. g.), Wischtücher und Schutzkleidung, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind (*Regel*)
- 15 02 03    Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung mit Ausnahme derjenigen, die unter 15 02 02 fallen

### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.  
I.d.R. Verbrennung, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

## **2.11 Schweißabfälle [M]**

Beim Schweißen fallen Schweißschlacke, Metallpartikel, Zunder und Elektrodenreste an. Eine separate Erfassung ist meist nicht möglich.

### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 12 01 13    Schweißabfälle

### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.  
Deponierung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.

### 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss

Auszug aus dem EAV		Stofffluss	Entsorgung
<b>12 01</b>	<b>Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen</b>		
12 01 01	Eisenfeil- und -drehspäne	A,B	Recycling
12 01 02	Eisenstaub und -teile	D,H	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall
12 01 03	NE-Metallfeil- und -drehspäne	A,B	Recycling
12 01 04	NE-Metallstaub und -teilchen	D,H	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall
12 01 05	Kunststoffspäne und -drehspäne	A,B	1) Recycling, 2) Verbrennung 3) mit Siedlungsabfall
12 01 06*	halogenhaltige Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis (außer Emulsionen und Lösungen)	E,F	SAV
12 01 07*	halogenfreie Bearbeitungsöle auf Mineralölbasis (außer Emulsionen und Lösungen)	E,F	1) Recycling, 2) Verbrennung
12 01 08*	halogenhaltige Bearbeitungsemulsionen und -lösungen	E,F	CPB
12 01 09*	halogenfreie Bearbeitungsemulsionen und -lösungen	E,F	CPB
12 01 10*	synthetische Bearbeitungsöle	E,F	1) Recycling, 2) Verbrennung
12 01 12*	gebrauchte Wachse und Fette	I	1) Stoffliche Nutzung, 2) Verbrennung
12 01 13	Schweißabfälle	M	Mit Siedlungsabfall
12 01 14*	Bearbeitungsschlämme, die gefährliche Stoffe enthalten	D	1) Stoffliche Nutzung, 2) SAD, SAV
12 01 15	Bearbeitungsschlämme mit Ausnahme derjenigen, die unter 12 01 14 fallen	D	1) Stoffliche Nutzung, 2) mit Siedlungsabfall

12 01 16*	Strahlmittelabfälle, die gefährliche Stoffe enthalten	L	1) Stoffliche Nutzung, 2) SAD
12 01 17	Strahlmittelabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 12 01 16 fallen	L	1) Stoffliche Nutzung, 2) mit Siedlungsabfall
12 01 18*	ölbaltige Metallschlämme (Schleif-, Hon- und Läppschlämme)	D, [A, B]	1) CPB, 2) SAD, SAV
12 01 19*	biologisch leicht abbaubare Bearbeitungsöle	E,F	1) Recycling, 2) Verbrennung
12 01 20*	gebrauchte Hon- und Schleifmittel, die gefährliche Stoffe enthalten	K	1) Stoffliche Nutzung, 2) SAD
12 01 21	gebrauchte Hon- und Schleifmittel mit Ausnahme derjenigen, die unter 12 01 20 fallen	K	1) Stoffliche Nutzung, 2) mit Siedlungsabfall
12 01 99	Abfälle a. n. g.	In der Regel nicht erforderlich	

<b>Abfälle aus Prozessen der mechanischen Formgebung sowie der physikalischen und mechanischen Oberflächenbearbeitung von Metallen und Kunststoffen, die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind</b>			
10 02 10	Walzzunder	G	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall
15 02 02*	Aufsaug- und Filtermaterialien (einschließlich Ölfilter a. n. g.), Wischtücher und Schutzkleidung, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind	C	SAV
15 02 03	Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung mit Ausnahme derjenigen, die unter 15 02 02 fallen	C	1) Verbrennung, 2) mit Siedlungsabfall

## 12 03 Abfälle aus der Wasser- und Dampfentfettung (außer 11)

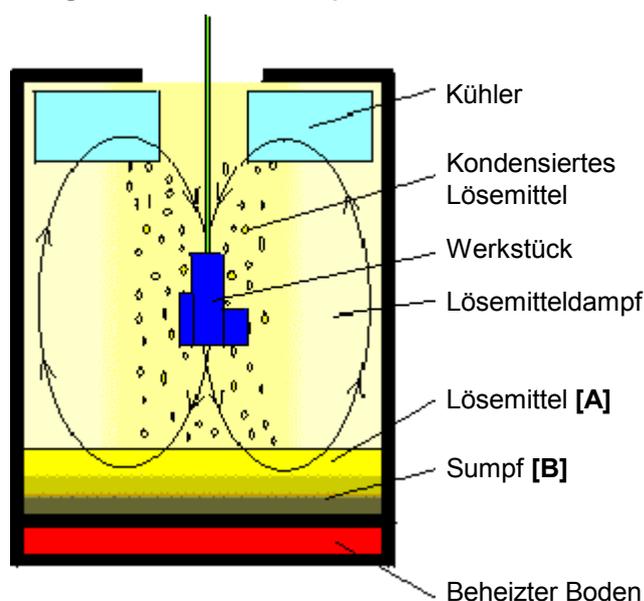
<b>1</b>	<b>PROZESSE</b> .....	<b>1</b>
1.1	Dampfentfettung.....	1
1.2	Wasserdampfentfettung .....	2
<b>2</b>	<b>ABFÄLLE</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>ÜBERSICHT ZUR ZUORDNUNG ABFALLSCHLÜSSEL – STOFFFLUSS</b> .....	<b>4</b>

### 1 Prozesse

Unter dieser Abfallarten-Gruppe werden Abfälle aus speziellen Verfahren zur Entfettung von Werkstücken in der Dampfphase zusammengefasst. Die allgemein industriell angewandten Verfahren zur Reinigung von Werkstücken werden in den Kapiteln 11 und 14 behandelt.

#### 1.1 Dampfentfettung

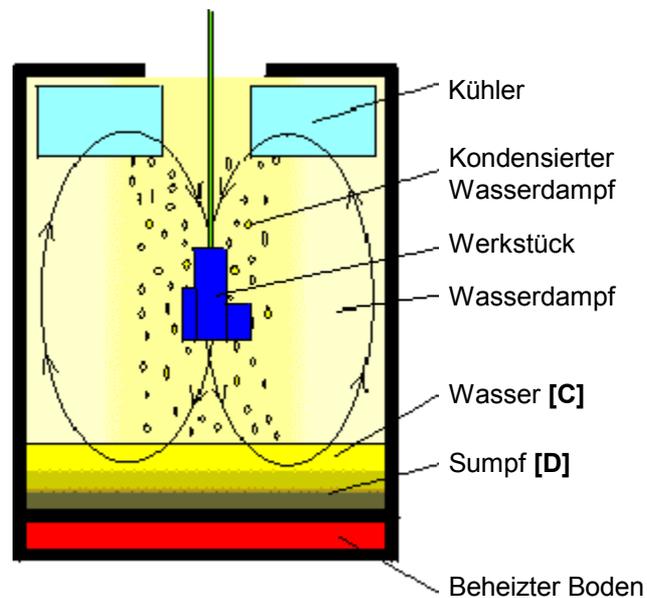
Bei der Dampfentfettung wird in einem geschlossenen oder oben offenen Behälter ein Lösemittel durch eine Heizeinrichtung zum Sieden gebracht. Als Lösemittel werden überwiegend chlorierte und nichtchlorierte Kohlenwasserstoffe sowie Alkohole eingesetzt. Der entstehende Lösemitteldampf ist schwerer als Luft und verdrängt diese aus dem Dampfraum. Das zu reinigende Werkstück wird in die Dampfzone gehängt. Durch den Temperaturunterschied zwischen dem heißen Dampf und dem kalten Werkstück kondensiert das Lösemittel auf der Werkstückoberfläche. Dort löst es die Verunreinigungen und tropft zurück in den Siedesumpf. Da die Verdampfungstemperatur des Lösemittels unterhalb der Verdampfungstemperatur der gelösten Verschmutzungen liegt, verdampft stets reines Lösemittel, das auf dem Werkstück kondensiert, während sich die Verschmutzungen im Sumpf sammeln (Destillationsprinzip). Durch Dampfentfetten können Öle, Fette, Emulsionen, Staub, Polierpasten usw. vollständig entfernt werden.



**Abb. 1:** Schematische Darstellung der Dampfentfettung

## 1.2 Wasserdampfentfettung

Die Entfettung mit Wasserdampf entspricht verfahrenstechnisch der Dampfentfettung. Anstelle organischer Lösemittel wird jedoch Wasser als Reinigungsmedium eingesetzt. Dieses Verfahren kann eingesetzt werden, wenn die Verschmutzungen wasserlöslich sind und zusätzliche hygienische Effekte (z. B. Sterilisierung) erreicht werden sollen (letzteres ergibt sich aus der höheren Siedetemperatur des Wassers im Vergleich zu organischen Lösemitteln).



**Abb. 2:** Schematische Darstellung der Wasserdampfentfettung

## 2 Abfälle

### **Verunreinigtes Lösemittel [A]**

Im Lösemittel werden zunehmend organische Substanzen, wie Fette und Öle, angereichert. Daher wird das Lösemittel in regelmäßigen Abständen gewechselt.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 14 06 02\* andere halogenierte Lösemittel und Lösemittelgemische
- 14 06 03\* andere Lösemittel und Lösemittelgemische

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Verbrauchte Lösemittel können destillativ aufbereitet und wiederverwendet werden.

Ansonsten thermische Behandlung in der SAV, bei halogenfreien Abfällen sonstige Verbrennung.

### **Sumpf [B]**

Im Sumpf reichern sich höhersiedende organische Komponenten und die abgereinigten Schmutzpartikel an.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

12 03 02\* Abfälle aus der Dampfentfettung

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Der Lösemittelsumpf kann teilweise destillativ aufbereitet und das zurückgewonnene Lösemittel wiederverwendet werden.

Ansonsten thermische Behandlung in der SAV, bei halogenfreien Abfällen sonstige Verbrennung.

### **Verunreinigtes Wasser [C]**

Im Wasser reichern sich organische Substanzen, wie Fette und Öle, an. Daher wird das Wasser in regelmäßigen Abständen gewechselt.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

12 03 01\* wässrige Waschflüssigkeiten

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

I. d. R. Behandlung in chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Neutralisation sowie Abtrennung der Wasserphase und deren anschließenden Einleitung in die Kanalisation.

### **Sumpf aus der Wasserdampfentfettung [D]**

Im Sumpf reichern sich höhersiedende organische Komponenten und die abgereinigten Schmutzpartikel an.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

11 01 13\* Abfälle aus der Entfettung, die gefährliche Stoffe enthalten

11 01 14 Abfälle aus der Entfettung mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 01 13 fallen

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

I. d. R. Behandlung in chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5)

zur Neutralisation sowie Abtrennung der Wasserphase und deren anschließenden Einleitung in die Kanalisation.

### 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel – Stofffluss

EAV	Auszug aus dem EAV	Stofffluss	Entsorgung
<b>1203</b>	<b>Abfälle aus der Wasser- und Dampfentfettung (außer 11)</b>		
12 03 01*	wässrige Waschflüssigkeiten	C	CPB
12 03 02*	Abfälle aus der Dampfentfettung	B	1) Destillation, 2) Verbrennung

	<b>Abfälle aus der Wasser- und Dampfentfettung die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind</b>		
11 01 13*	Abfälle aus der Entfettung, die gefährliche Stoffe enthalten	D	CPB
11 01 14	Abfälle aus der Entfettung mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 01 13 fallen	D	CPB
14 06 02*	andere halogenierte Lösemittel und Lösemittelgemische	A	1) Destillation, 2) SAV
14 06 03*	andere Lösemittel und Lösemittelgemische	A	1) Destillation, 2) Verbrennung

## 13 05 Inhalte von Öl-/Wasserabscheidern

<b>1</b>	<b>Prozesse</b>	<b>1</b>
1.1	Abwasserreinigungsanlagen für Öl-/Wassergemische	1
1.2	Reinigungsfahrzeuge für Sandfänge und Öl-/Wasserabscheider	2
1.3	Einlaufschächte aus der Straßenentwässerung	2
<b>2</b>	<b>Abfälle</b>	<b>3</b>
2.1	Sandfangrückstände [A]	3
2.2	Ölphase aus Öl-/Wasserabscheider [B]	4
2.3	Feinfraktion (Schluff) aus Öl-/Wasserabscheider [C]	4
2.4	Wasserphase aus Sandfängen und Öl-/Wasserabscheidern [D]	4
2.5	Gemische aus Sandfängen und Öl-/Wasserabscheidern [E]	5
2.6	Feststoffe aus Einlaufschächten vor Öl-/Wasserabscheidern [F]	5
2.7	Feststoffe aus Einlaufschächten zur Straßenentwässerung [G]	5
<b>3</b>	<b>Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss</b>	<b>6</b>

### 1 Prozesse

#### 1.1 Abwasserreinigungsanlagen für Öl-/Wassergemische

Bei allen industriellen und gewerblichen Bereichen in denen Öl-/Wassergemische anfallen können, sind zum Gewässerschutz vor einer Einleitung in die Kanalisation oder ein Gewässer Abwasserreinigungsanlagen in Form von Leichtflüssigkeitsabscheidern (siehe **Abb. 2**) vorgeschrieben. Dies betrifft sowohl Oberflächenwässer von Bereichen auf denen mit Öl oder ölhaltigen Stoffen gearbeitet oder mit diesen umgegangen wird, als auch für Bereiche in denen ölbelastete Geräte und Fahrzeuge gereinigt werden. Im Regelfall sind die Abwässer zudem mit Feststoffen (Sand(ölhaltig), Metallabrieb, Organik) verunreinigt, so dass ergänzend ein Feststoffabscheider (Sandfang) installiert ist (siehe **Abb. 1**). Die wichtigsten Anfallstellen sind:

- Bereiche zur Kfz-Pflege und Instandhaltung
- Lager- und Umschlagplätze für ölhaltige Medien
- Metallbe- und -verarbeitende Industrie

Aufgabe von Sandfängen und Öl-/Wasserabscheidern ist die weitgehende Abtrennung von Feststoffen und Ölen (Grenzwert: 20mg/l) aus Abwässern vor deren Einleitung.

Das Funktionsprinzip basiert im Wesentlichen auf der Sedimentation der Feststoffe sowie der Flotation der (nicht emulgierten!) Öle in der Ruhezone des jeweiligen Abscheiders. Zur Verbesserung der Ölabtrennung ist oft ein zusätzlicher Koaleszenzabscheider eingebaut. Zur Abtrennung emulgierter Öle sind Öl-/Wasserabscheider

grundsätzlich nicht geeignet. Sandfang und Öl-/Wasserabscheider sind meist direkt hintereinander geschaltet und bei modernen Anlagen oft in ein System integriert.

Die abgetrennten Phasen (Öl, Feststoffe, ölhaltiger Schluff) werden in den jeweiligen Kammern des Abscheiders gesammelt. Bei der, je nach Abwasserbelastung in unterschiedlichen Abständen (Zeitabstände: ca. ½ bis 2 Jahre) erforderlichen Entleerung und Reinigung dieser Anlagen fallen die im folgenden Kapitel 2 beschriebenen Abfallarten an.

Die Abfallmenge beträgt nur einen Bruchteil (unter 0,1%) der eingeleiteten Abwassermenge.

## **1.2 Reinigungsfahrzeuge für Sandfänge und Öl-/Wasserabscheider**

Die Sandfänge und Öl-/Wasserabscheider werden regelmäßig oder nach Erschöpfen der Aufnahmekapazität durch Reinigungsfahrzeuge (Saugwagen) geleert und gereinigt. Dabei kommen verschiedene Techniken zum Einsatz. Die entnommenen Abfälle werden zur weiteren Behandlung in CPB-Anlagen oder direkt in Entsorgungsanlagen verbracht.

### **1.2.1 Einkammerfahrzeuge**

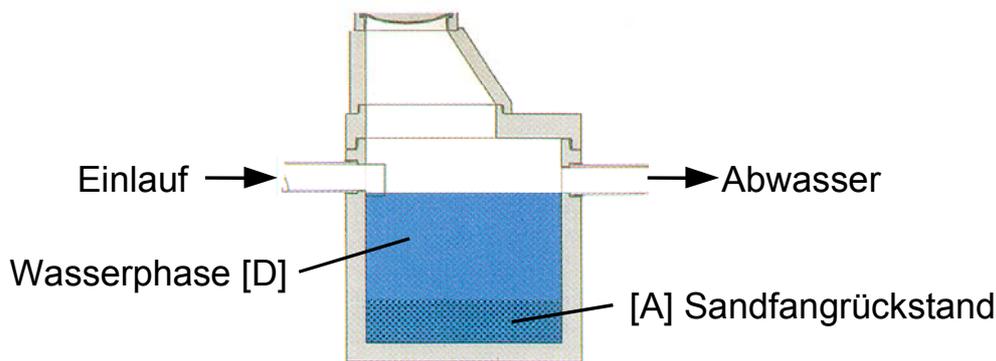
Bei der Entleerung und Reinigung durch einfache Einkammersaugfahrzeuge wird der gesamte Inhalt des Sandfangs und/oder des Öl-/Wasserabscheiders vermischt und abgesaugt. Der Abfall besteht dann aus einer Mischung aus Feststoffen, Ölen und der Wasserphase. Dieses Gemisch kann nur in dafür ausgelegten CPB-Anlagen behandelt, d.h. aufgetrennt werden.

### **1.2.2 Mehrkammerfahrzeuge**

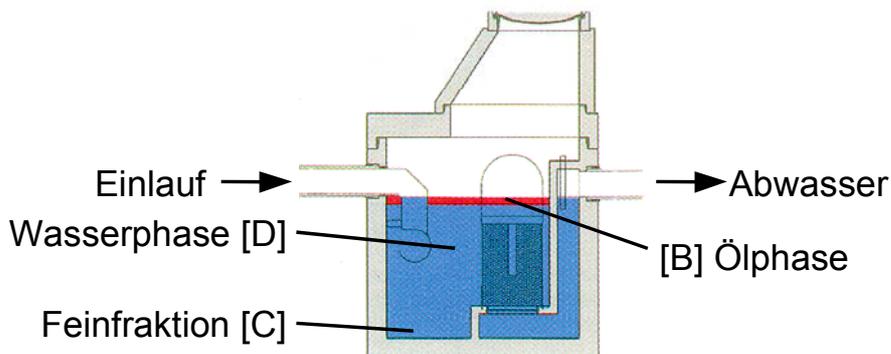
Bei der Entleerung und Reinigung durch Mehrkammerfahrzeuge werden die einzelnen, im Sandfang und Öl-/Wasserabscheider vorliegenden Phasen (siehe Abb. 1 und 2) nacheinander separat erfasst und in verschiedenen Kammern des Fahrzeugs getrennt transportiert. Die Trennleistung der Abscheider bleibt damit erhalten und es fallen folgende Abfälle separat an: Feststoffphase (Sandphase), Ölphase und eine Wasserphase. Ein Großteil der in den Abscheidern enthaltenen Wasserphase kann eventuell nach einer physikalischen Behandlung zum Auffüllen in den Abscheider zurückgeführt werden.

## **1.3 Einlaufschächte aus der Straßenentwässerung**

In die Einlaufschächte der üblichen Straßenentwässerung sind oft einfache Fangkörbe zur Rückhaltung eingeschwemmter Feststoffe installiert. Die Entleerung und Sammlung erfolgt in der Regel durch Fahrzeuge der Stadtreinigungsbetriebe oder Straßenmeistereien.



**Abb. 1:** Sandfang (Schema)



**Abb. 2:** Öl-/Wasserabscheider (auch als Leichtflüssigkeitsabscheider bezeichnet) mit Koaleszenzabscheider

## 2 Abfälle

### 2.1 Sandfangrückstände [A]

Am Boden des Sandfangs lagern sich durch Sedimentation die groberen im Abwasserstrom enthaltenen Feststoffpartikel ab (siehe Abb. 1). Je nach Körnung, Oberflächenbeschaffenheit und Ölkontamination des Abwassers sind diese Feststoffe ölbelastet (üblicher Bereich: unter 1 bis zu 5%).

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

13 05 01\* feste Abfälle aus Sandfanganlagen und Öl-/Wasserabscheidern

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Nach Behandlung in (Boden)Reinigungsanlagen zur Reduzierung des Ölgehalts ggf. Einsatz in der Baustoffindustrie.

Ansonsten Deponierung, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

## **2.2 Ölphase aus Öl-/Wasserabscheider [B]**

Die Ölphase (siehe **Abb. 2**) bildet an der Oberfläche des Abscheiders eine Ölschicht und kann bei geeigneter Entnahme separat abgezogen werden. Die Zusammensetzung ist von der Art des Öleintrags und anderer Verschmutzungen abhängig.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

13 05 06\* Öle aus Öl-/Wasserabscheidern

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Aufarbeitung zu Grundölen in Zweitölraffinerien.

Ansonsten Verbrennung.

## **2.3 Feinfraktion (Schluff) aus Öl-/Wasserabscheider [C]**

Die im Abwasserstrom enthaltene Feinfraktion der Feststoffe, die nicht in einem vorgeschalteten Sandfang zurückgehalten wird, lagert sich am Boden des Leichtflüssigkeitsabscheiders ab (siehe Abb. 2). Sie weist in der Regel einen erheblichen Ölanteil (übliche Gehalte: 10 bis 30%) auf, ist aber mengenmäßig meist untergeordnet.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

13 05 02\* Schlämme aus Öl-/Wasserabscheidern

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Energetischer und stofflicher Einsatz in Zementwerken.

Ansonsten thermische Behandlung, i.d.R. in SAV.

## **2.4 Wasserphase aus Sandfängen und Öl-/Wasserabscheidern [D]**

Bei ordnungsgemäßem Betrieb der Anlagen ist die Wasserphase nach einer bestimmten Verweilzeit im System nur gering belastet.

Bei der Entleerung und Entnahme kommt es jedoch unweigerlich zu Vermischungseffekten, so dass die aus dem System entnommene Wasserphase in der Regel mit Öl und ggf. feinen Feststoffpartikeln belastet ist.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

13 05 07\* öliges Wasser aus Öl-/Wasserabscheidern

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

Behandlung in CPB-Anlagen zur Abtrennung der Öle und Feststoffe von der Wasserphase zu deren anschließender Einleitung in die Kanalisation.

## **2.5 Gemische aus Sandfängen und Öl-/Wasserabscheidern [E]**

Bei der heute noch vorwiegend üblichen Entleerung und Reinigung von Sandfängen und Öl-/Wasserabscheidern mit Einkammerfahrzeugen wird der gesamte Systeminhalt, d.h. alle Phasen (Sandphase, Ölphase, Schluff und die Wasserphase) gemeinsam abgesaugt und abgefahren. Dabei werden alle Phasen wieder innig miteinander vermischt.

### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

13 05 08\* Abfallgemische aus Sandfanganlagen und Öl-/Wasserabscheidern

### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

Behandlung in CPB-Anlagen zur Auftrennung in die einzelnen Fraktionen: Sandphase, Ölphase, Schluff und die Wasserphase.

## **2.6 Feststoffe aus Einlaufschächten vor Öl-/Wasserabscheidern [F]**

Die in die Einlaufschächte installierten Fangkörbe halten die Feststoffe mit den damit verbundenen Kontaminationen zur Entlastung der Kläranlage bzw. als Gewässerschutz zurück. Die bei der Entleerung anfallenden Schlämme enthalten Feststoffe (z. B. Blätter, Sand, Abfälle usw.) sowie weggespülte Öle und teilweise auch Schwermetalle (z. B. Bremsbelag- und Reifenabrieb).

### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

13 05 03\* Schlämme aus Einlaufschächten

### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

I.d.R. Deponierung.

## **2.7 Feststoffe aus Einlaufschächten zur Straßenentwässerung [G]**

Für Schlämme aus Einlaufschächten, die bei der routinemäßigen Reinigung von gewöhnlichen Einlaufschächten (z. B. bei öffentlichen Plätzen) anfallen und keine gefährlichen Stoffe enthalten:

### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

20 03 03 Straßenkericht

### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Einsatz im Wegebau oder in der Baustoffindustrie.

In der Regel Deponierung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.

### 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss

Auszug aus dem EAV		Stofffluss	Entsorgung
<b>13 05</b>	<b>Inhalte von Öl-/Wasserabscheidern</b>		
13 05 01*	feste Abfälle aus Sandfanganlagen und Öl-/Wasserabscheidern	A, C	1) CPB 2) mit Siedlungsabfall
13 05 02*	Schlämme aus Öl-/Wasserabscheidern	C	1) Stoffliche Nutzung, 2) SAV
13 05 03*	Schlämme aus Einlaufschächten	A, F	SAD
13 05 06*	Öle aus Öl-/Wasserabscheidern	B	1) Recycling, 2) Verbrennung
13 05 07*	öliges Wasser aus Öl-/Wasserabscheidern	D	CPB
13 05 08*	Abfallgemische aus Sandfanganlagen und Öl-/Wasserabscheidern	E	CPB

	<b>Abfälle aus Inhalten von Öl-/Wasserabscheidern, die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind</b>		
20 03 03	Straßenkehrsicht	G	1) mit Siedlungsabfall 2) Stoffliche Nutzung

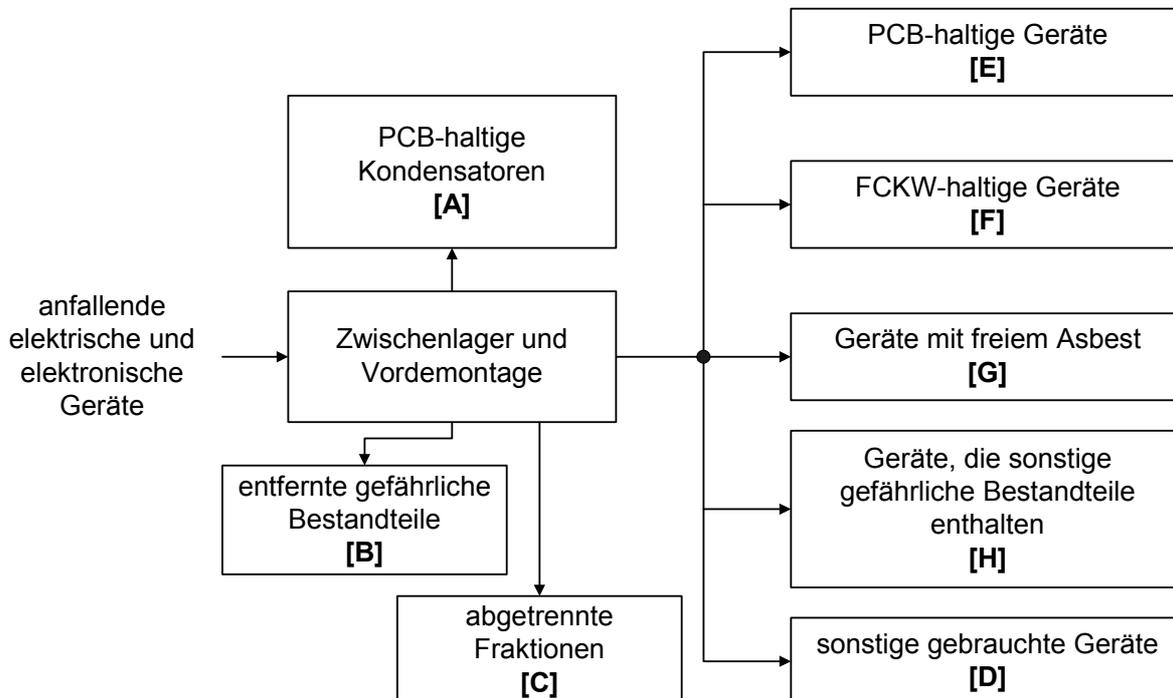
## 16 02 Abfälle aus elektrischen und elektronischen Geräten

1. PROZESSE.....	1
1.1 Vordemontage von elektrischen und elektronischen Geräten .....	1
1.2 Behandlung PCB-haltiger Transformatoren .....	2
2. ABFÄLLE.....	2
3. ÜBERSICHT ZUR ZUORDNUNG ABFALLSCHLÜSSEL – STOFFFLUSS.....	8

### 1. Prozesse

#### 1.1 Vordemontage von elektrischen und elektronischen Geräten

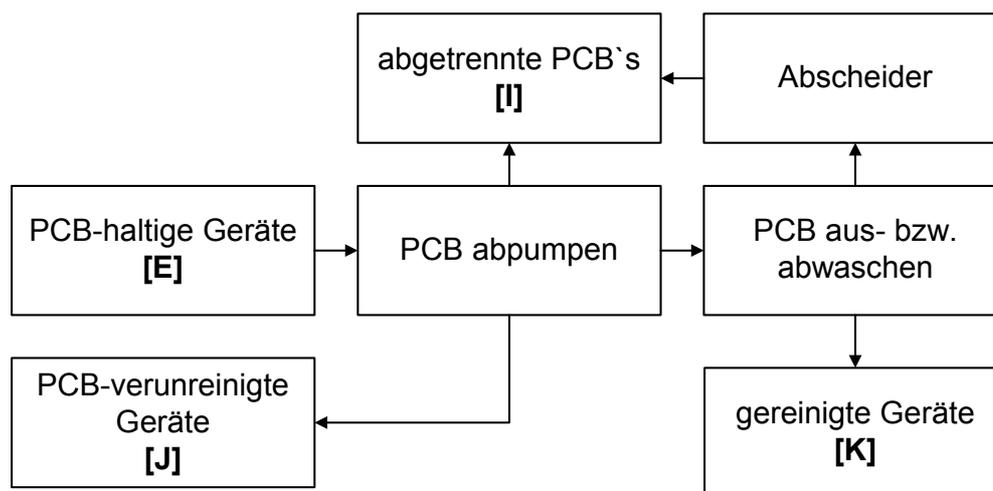
Elektrische und elektronische Geräte aus privaten Haushaltungen, wie zum Beispiel Kühlschränke, Fernsehgeräte, Personalcomputer, Nachtspeicheröfen, Schaltschränke etc., die über den Handel oder den kommunalen Sperrmüllsammlungen anfallen, sollten zur ordnungsgemäßen Entsorgung Fachfirmen überlassen werden. Neben dem Ausbau von problematischen Stoffen und Bauteilen wie zum Beispiel Kathodenstrahlröhren, Quecksilberschalter, Akkumulatoren etc. sollten geeignete Bauteile wie Stahlfraktionen, edelmetallhaltige Leiterplatten etc. für eine weitere Verwertung ausgebaut werden. Dabei sollen die heute technisch möglichen und wirtschaftlich vertretbaren Verwertungsschritte zur Anwendung kommen (Abb. 1).



**Abb. 1:** Kategorisierung von Abfällen aus elektrischen und elektronischen Geräten

## 1.2 Behandlung PCB-haltiger Transformatoren

Geräte, wie zum Beispiel Hochleistungstransformatoren, die entweder PCB enthalten oder damit verunreinigt sind, werden bei zugelassenen Entsorgern gesammelt, behandelt und von PCB gereinigt. Das PCB wird im ersten Schritt in Spezialbehälter abgepumpt. Im zweiten Schritt werden die entleerten Geräte oder mit PCB verunreinigten Flächen mit einem Waschsystem gereinigt. Die PCB-haltige Reinigungsflüssigkeit wird über einem Abscheider gereinigt, so dass die Reinigungsflüssigkeit im Kreislauf gefahren werden kann.



**Abb. 2: Behandlung von PCB-haltigen oder PCB-verunreinigten Geräten**

## 2. Abfälle

### ***PCB-haltige Kondensatoren [A]***

PCB-haltige Kondensatoren befinden sich zum Beispiel in Leuchtstofflampen und in älteren Stromversorgungseinheiten. PCB sind Stoffe, die krebserzeugendes Potential besitzen, in Wassergefährdungsklasse 3 eingestuft sind und in thermischen Entsorgungsanlagen Dioxine bilden können.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

16 02 09\* Transformatoren und Kondensatoren, die PCB enthalten

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

In der Regel werden PCB-haltige Kondensatoren in Untertagedeponien entsorgt.

### ***Entfernte gefährliche Bestandteile [B]***

Werden in der Vordemontage gefährliche Bestandteile aus den Geräten ausgebaut, müssen diese als besonders überwachungsbedürftigen Abfall deklariert werden. Gefährliche Bestandteile sind zum Beispiel Kühlmittel, Bildröhren, Akkumulatoren, Batterien mit gefährlichen Inhaltsstoffen (vgl. 16 06), beschichtete Gläser, bromierte

Leiterplatten die teil/vollentstückt sind, unbehandelte Polyurethan-Kunststoffe (Isolationsschäume), sowie behandelte Isolationsschäume mit einer restlichen Konzentration an FCKW > 0,1 Gew. - % etc.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 14 06 01\* Fluorchlorkohlenwasserstoffe, H-FCKW, H-FKW, Isolationsschäume > 0,1 %
- 16 02 15\* aus gebrauchten Geräten entfernte gefährliche Bestandteile

Speziellere Zuordnung für gefährliche Bestandteile:

- 16 06 01\* Bleibatterien
- 16 06 02\* Ni-Cd-Batterien
- 16 06 03\* Quecksilber enthaltende Batterien
- 20 01 21\* Leuchtstoffröhren und andere quecksilberhaltige Abfälle
- 20 01 33\* Batterien und Akkumulatoren, die unter 16 06 01, 16 06 02 oder 16 06 03 fallen, sowie gemischte Batterien und Akkumulatoren, die solche Batterien enthalten

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

- 14 06 01\*: (Kühlmittel und Isolationsschäume > 0,1 % FCKW-Gehalt): SAV
- 16 02 15\*: Konus und Bildschirmglas: Verwertung in der Herstellung von Bildröhren und in Bleihütten, ansonsten SAD.  
Leiterplatten: Metallurgische Verwertung oder SAV.  
Batterien: Metallurgische Verwertung oder SAD.  
Leuchtstoffröhren (Hg-haltig): Quecksilberentfrachtung.

***Abgetrennte Fraktionen [C]***

Aus gebrauchten Geräten entfernte Bauteile/Materialien, die als nicht gefährlich gelten, sind dem Abfallschlüssel 16 02 16 zuzuordnen, es sei denn andere Kapitel des Abfallverzeichnisses enthalten treffendere Abfallschlüssel: Solche dürften in Gruppe 19 12 zu finden sein.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 16 02 16 aus gebrauchten Geräten entfernte Bestandteile mit Ausnahmen derjenigen, die unter 16 02 15 fallen
- 19 12 02 Eisenmetalle
- 19 12 03 Nichteisenmetalle
- 19 12 04 Kunststoff und Gummi
- 19 12 05 Glas

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Verbundwerkstoffe werden i. d. R. über einen Shredder in die Fraktionen Eisenmetalle, sonstige Metalle und Shredderleichtfraktion aufgetrennt. Die Metall-, Kunststoff- und Glasfraktion kann i. d. R. dem Recycling zugeführt werden.

Ansonsten Beseitigung in Verbrennungsanlagen oder zusammen mit Siedlungsabfällen.

### **Sonstige gebrauchte Geräte [D]**

Geräte, die von vorneherein keine als gefährliche Abfälle einzustufende Bauteile oder Materialien enthalten bzw. die in der Vordemontage davon befreit wurden.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

Soweit die Geräte außerhalb der öffentlichen Abfallentsorgung über den Handel zurückgenommen werden:

16 02 14 gebrauchte Geräte mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 02 09 bis 16 02 13 fallen,

soweit die Geräte durch öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger oder in deren Auftrag vom Hausmüll getrennt eingesammelt werden:

20 01 36 gebrauchte elektrische und elektronische Geräte mit Ausnahme derjenigen, die unter 20 01 21, 20 01 23 und 20 01 35 fallen

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

In der Regel Vorbehandlung durch Shredder, zur Auftrennung in Metallfraktionen, Kunststoffe und eine Shredderleichtfraktion.

Die Metallfraktion wird i. d. R. dem Metallrecycling zugeführt.

Ansonsten siehe Gruppe 19 10.

### **PCB-haltige Geräte [E]**

Geräte, die mit PCB-haltiger Flüssigkeit mit mindestens 50 mg/kg PCB befüllt waren gelten als „PCB-haltige“ Geräte. Große Geräte, die PCB enthalten, wie zum Beispiel Transformatoren werden in der Regel einem Reinigungsprozess unterzogen, wie er im Kapitel „1.2 Behandlung PCB-haltiger Transformatoren“ kurz beschrieben wurde. Erfolgt kein Reinigungsprozess, muss das gesamte, mit PCB verunreinigte Gerät als besonders überwachungsbedürftiger Abfall deklariert werden.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

16 02 09\* Transformatoren und Kondensatoren, die PCB enthalten

16 02 10\* gebrauchte Geräte, die PCB enthalten oder damit verunreinigt sind, mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 02 09 fallen.

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

PCB-haltige Geräte werden entweder vom PCB abgereinigt (siehe Abschnitt 1.2) oder in Untertagedeponien entsorgt.

### ***FCKW-haltige Geräte [F]***

Geräte, die teil- oder vollhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (FCKW) enthalten, sind zum Beispiel Kühlschränke oder sonstige Kühlanlagen. FCKW weisen ein hohes Zerstörungspotenzial gegenüber der Ozonschicht auf.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

Soweit die Geräte außerhalb der öffentlichen Abfallentsorgung über den Handel zurückgenommen werden:

16 02 11\* gebrauchte Geräte, die teil- und vollhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe enthalten

Soweit die Geräte durch öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger oder in deren Auftrag vom Hausmüll getrennt eingesammelt werden:

20 01 23\* gebrauchte Geräte, die Fluorchlorkohlenwasserstoffe enthalten

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

Entfernen (Ablassen, Absaugen) von FCKW (das Gerät kann anschließend als FCKW - frei entsorgt werden), oder thermische Behandlung des ganzen Gerätes in einer Verbrennungsanlage.

### ***Geräte mit freiem Asbest [G]***

Geräte, wie zum Beispiel Nachtspeicheröfen und Laborgeräte mit thermischer asbesthaltiger Isolierung, bei denen das Gehäuse beschädigt ist, enthalten freies Asbest. Diese Geräte werden unter einem eigenen Abfallschlüssel geführt. Asbest ist als krebserzeugend eingestuft.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

16 02 12\* gebrauchte Geräte, die freies Asbest enthalten

17 06 01\* Dämmmaterial, das Asbest enthält

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

Asbestfasern können in „Big-Bags“ staubdicht verpackt oder durch Einzementierung immobilisiert, deponiert werden.

### ***Geräte, die sonstige gefährliche Bestandteile enthalten [H]***

Elektro- und Elektronikaltgeräte, aus denen nicht alle gefährliche Bauteile/Stoffe entfernt wurden, wie z. B. Akkumulatoren und Batterien, Kathodenstrahlröhren, beschichtetes Glas, bromierte Leiterplatten usw.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

Soweit die Geräte außerhalb der öffentlichen Abfallentsorgung über den Handel zurückgenommen werden:

16 02 13\* gefährliche Bestandteile enthaltende gebrauchte Geräte mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 02 09 bis 16 02 12 fallen

Soweit die Geräte durch öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger oder in deren Auftrag vom Hausmüll getrennt gesammelt werden:

20 01 35\* gebrauchte elektrische und elektronische Geräte, die gefährliche Bauteile enthalten, mit Ausnahme derjenigen, die unter 20 01 21 und 20 01 23 fallen

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Behandlung durch Demontage und Abtrennung der Komponenten mit gefährlichen Bestandteilen (siehe Abschnitt 1.1).

Ansonsten SAV oder SAD.

#### **Abgetrennte PCB`s [I]**

Die entnommenen Flüssigkeiten sind bei Gehalten von mehr als 50 mg/kg PCB als gefährlicher Abfall einzustufen und zu beseitigen.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

13 03 01\* Isolier- und Wärmeübertragungsöle, die PCB enthalten

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

In der Regel werden flüssige PCB-Abfälle in Sonderabfallverbrennungsanlagen (SAV) entsorgt.

#### **PCB-verunreinigte Geräte [J]**

Geräte, bei denen das PCB oder PCB-haltige Medien zwar abgelassen, aber die PCB-Kontamination nicht vollständig abgereinigt wurde, sind PCB-verunreinigt.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

16 02 09\* Transformatoren und Kondensatoren, die PCB enthalten

16 02 10\* gebrauchte Geräte, die PCB enthalten oder damit verunreinigt sind, mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 02 09 fallen

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Die Verhüttung PCB-kontaminierter Metalle ist nicht möglich, weil es keine dafür zugelassenen Anlagen gibt. (siehe Technische Anforderungen and die Reinigung und Entsorgung von Transformatoren mit PCB-haltiger oder PCB-kontaminierter mineralöhlhaltiger oder synthetischer Isolierflüssigkeit).

I. d. R. Reinigung (siehe Kap. 1.2) zur Entfernung von PCB-Kontaminationen.

Ansonsten Entsorgung in Untertagedeponien.

### ***Gereinigte Geräte [K]***

Geräte können entweder neu befüllt oder durch geeignete Verfahren entsorgt werden. Bei der Neubefüllung darf der Grenzwert von 50 mg/kg PCB im Kühlkreislauf auch nach längerer Betriebszeit nicht überschritten werden.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

16 02 14	gebrauchte Geräte mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 02 09 bis 16 02 13 fallen
19 12 02	Eisenmetalle
19 12 03	Nichteisenmetalle
19 12 04	Kunststoff und Gummi
19 12 05	Glas

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Vorbehandlung zur Auftrennung in werthaltige Fraktionen z. B. durch manuelle Zerlegung oder Shreddern.

Die Metall-, Kunststoff- und Glasfraktion kann i. d. R. dem Recycling zugeführt werden.

Shredderleichtfraktion: siehe Gruppe 19 10.

Ansonsten Beseitigung durch Verbrennung oder Deponierung zusammen mit Siedlungsabfällen.

### 3. Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel – Stofffluss

Auszug aus dem EAV		Stofffluss	Entsorgung
<b>1602</b>	<b>Abfälle aus elektrischen und elektronischen Geräten</b>		
16 02 09*	Transformatoren und Kondensatoren, die PCB enthalten	A, E, J	Reinigen, UTD
16 02 10*	gebrauchte Geräte, die PCB enthalten oder damit verunreinigt sind, mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 02 09 fallen	E, J	Reinigen, UTD
16 02 11*	gebrauchte Geräte, die teil- und vollhalogenierte Fluorchlorkohlenwasserstoffe enthalten	F	Entfernen von FCKW, SAV
16 02 12*	gebrauchte Geräte, die freies Asbest enthalten	G	SAD, UTD (immobilisiert)
16 02 13*	gefährliche Bestandteile <sup>(1)</sup> enthaltende gebrauchte Geräte mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 02 09 bis 16 02 12 fallen	H	Demontage, SAD, SAV
16 02 14	gebrauchte Geräte mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 02 09 bis 16 02 13 fallen	D, K	1) Shredder, Recycling 2) mit Siedlungsabfall
16 02 15*	aus gebrauchten Geräten entfernte gefährliche Bestandteile	B	geschl. Shredder, Recycling, SAD, SAV, UTD
16 02 16	aus gebrauchten Geräten entfernte Bestandteile mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 02 15 fallen	C	1) Shredder, Recycling 2) mit Siedlungsabfall

	<b>Abfälle aus elektrischen und elektronischen Geräten, die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind</b>		
13 03 01*	Isolier- und Wärmeübertragungsöle, die PCB enthalten	I	SAV
14 06 01*	Fluorchlorkohlenwasserstoffe, H-FCKW, H-FKW	B	SAV
16 06 01*	Bleibatterien	B	Recycling, SAD
16 06 02*	Ni-Cd-Batterien	B	Recycling, SAD

<sup>1</sup> Gefährliche Bestandteile elektrischer und elektronischer Geräte umfassen z. B. Akkumulatoren und unter 16 06 aufgeführte und als gefährlich eingestufte Batterien, Quecksilberschalter, Glas aus Kathodenstrahlröhren und sonstiges beschichtetes Glas.

16 06 03*	Quecksilber enthaltende Batterien	B	Recycling, SAD
17 06 01*	Dämmmaterial, das Asbest enthält	G	SAD, HMD (immobilisiert)
19 12 02	Eisenmetalle	C, K	Recycling
19 12 03	Nichteisenmetalle	C, K	Recycling
19 12 04	Kunststoff und Gummi	C, K	1) Recycling, 2) Verbrennung, 3) mit Siedlungsabfall
19 12 05	Glas	C, K	1) Recycling 2) mit Siedlungsabfall
20 01 21*	Leuchtstoffröhren und andere quecksilberhaltige Abfälle	B	Recycling, SAD, UTD
20 01 23*	gebrauchte Geräte, die Fluorchlorkohlenwasserstoffe enthalten	F	Entfernen von FCKW, SAV
20 01 33*	Batterien und Akkumulatoren, die unter 16 06 01, 16 06 02 oder 16 06 03 fallen, sowie gemischte Batterien und Akkumulatoren, die solche Batterien enthalten	B	Sortieren, Recycling, SAD
20 01 35*	gebrauchte elektrische und elektronische Geräte, die gefährliche Bauteile enthalten, mit Ausnahme derjenigen, die unter 20 01 21 und 20 01 23 fallen	H	Demontage, SAD, SAV
20 01 36	gebrauchte elektrische und elektronische Geräte mit Ausnahme derjenigen, die unter 20 01 21, 20 01 23 und 20 01 35 fallen	D	1) Shredder, Recycling, 2) Verbrennung, 3) mit Siedlungsabfall

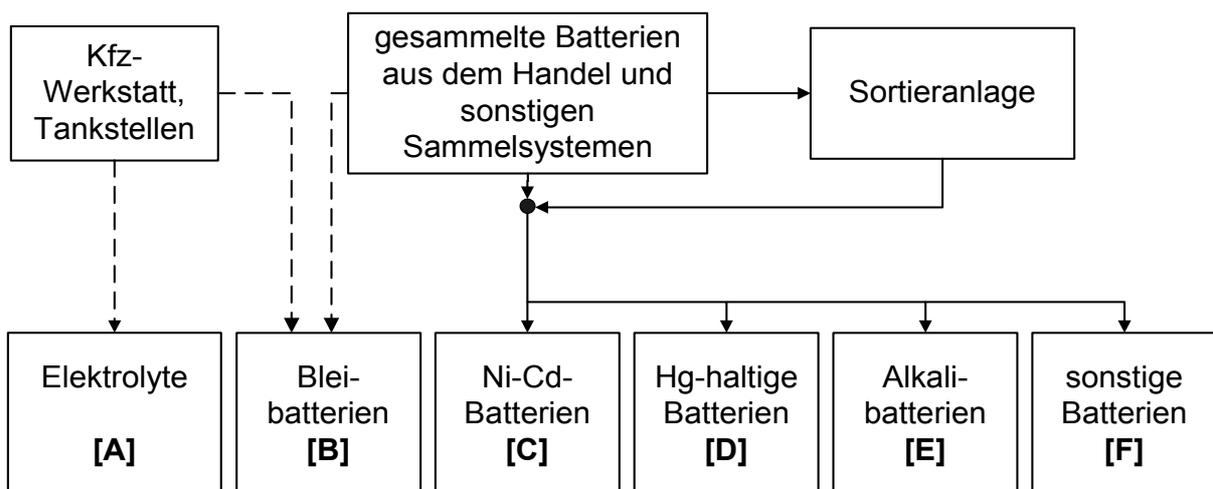
## 16 06 Batterien und Akkumulatoren

1	Prozess.....	1
2	Abfälle .....	2
3	Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss .....	5

### 1 Prozess

#### *Rücknahme von Altbatterien*

Die Rücknahme und Entsorgung gebrauchter Batterien und Akkumulatoren richtet sich nach den Vorgaben der Batterieverordnung. Seit Oktober 1998 obliegt die Rücknahme und Verwertung gebrauchter Batterien den Herstellern und Vertriebern. Die Rücknahme gebrauchter Batterien erfolgt entweder über herstellereigene Rücknahmesysteme oder gemeinsame Sammelsysteme mehrerer Hersteller. Der Endverbraucher kann an jeder Verkaufsstelle Batterien zurückgeben. Bei Bleibatterien (Starterbatterien), wie sie insbesondere in Kraftfahrzeugen verwendet werden, besteht eine separate Regelung zur Rücknahme durch die Verkaufsstellen. Eine hohe Rückgabequote soll durch eine Pfandpflicht sicher gestellt werden. Die über die unterschiedlichen Rücknahmesysteme erfassten Batterien müssen i. d. R. für eine nachfolgende Verwertung bzw. Beseitigung einer Sortierung zugeführt werden (Abb. 1).



**Abb. 1:** Schematische Darstellung des Altbatterien-Sammelsystems

## 2 Abfälle

### **Elektrolyte [A]**

Getrennt gesammelte Elektrolyte stammen aus Blei-Starterbatterien aus Kraftfahrzeugen und bestehen aus wässriger Schwefelsäure. Elektrolyte fallen bei der Wartung oder Entsorgung undichter Blei-Starterbatterien an. Bei undichten Bleiakkumulatoren wird der Elektrolyt (Schwefelsäure) in ein geeignetes Sammelgefäß überführt.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

16 06 06\* getrennt gesammelte Elektrolyte aus Batterien und Akkumulatoren

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Wässrige Schwefelsäure wird i. d. R. dem Schwefelsäurerecycling zugeführt.

Ansonsten Behandlung in CPB-Anlagen zur Neutralisierung.

### **Bleibatterien [B]**

Bleiakkumulatoren gibt es in vielen verschiedenen Größen und Bauformen für zahlreiche Anwendungen. Die bekannteste Anwendung ist die Starterbatterie für Kraftfahrzeuge. Die Kathode besteht aus Bleischwamm, die Anode aus Bleidioxid. In der Bleibatterie befindet sich ein Elektrodengerüst aus Hartbleilegierung. Diese Legierung enthält Arsen, Kupfer und Zinn. Unter anderem werden Spreizmittel wie Ligninsulfonsäuren und Ligninsulfate, sowie Bariumsulfat zugesetzt. Die Elektrodenplatten sind durch Separatoren voneinander getrennt und können aus porösem Kautschuk, gesintertem Kunststoff, imprägniertem Papier, Kunststoff-Filz oder Kunststoff-Kieselsäure-Mischungen bestehen. Der Elektrolyt besteht aus wässriger Schwefelsäure. Das Batteriengehäuse besteht meist ausschließlich aus Polypropylen (PP). Bleibatterien werden außerhalb bestehender Sammelsysteme für Haushaltsbatterien über den Handel und Verkaufsstätten zurückgenommen.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

16 06 01\* Bleibatterien

20 01 33\* Batterien und Akkumulatoren, die unter 16 06 01, 16 06 02 oder 16 06 03 fallen, sowie gemischte Batterien und Akkumulatoren, die solche Batterien enthalten

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Nach Vorbehandlung (Sortierung, Separierung von Säure und Kunststoffen) i. d. R. Zuführung zum Metallrecycling.

Ansonsten Deponierung (SAD).

### **Nickel – Cadmium - Batterien [C]**

Die negative Elektrode der Nickel-Cadmium-Batterie besteht aus Cadmium, die positive aus Nickeloxidhydroxid. In der Ni-Cd-Batterie sind Leitzusätze wie Nickelflitter, Graphit, sowie Kobaltsulfat enthalten. Das Separatorensystem besteht aus Papier oder Kunststoffmischungen. Als Elektrolyt wird meist Kalilauge (KOH) verwendet. Das Gehäuse besteht aus Eisen.

---

### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 16 06 02\* Ni-Cd-Batterien  
20 01 33\* Batterien und Akkumulatoren, die unter 16 06 01, 16 06 02 oder 16 06 03 fallen, sowie gemischte Batterien und Akkumulatoren, die solche Batterien enthalten

### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. (ggf. Sortierung notwendig) Zuführung zum Metallrecycling. Für das Recycling verbrauchter Ni-Cd-Batterien haben bislang nur thermische Verfahren Bedeutung erlangt. In der Regel wird das Cadmium unter Vakuum oder einer Inertatmosphäre abdestilliert und das zurückbleibende Stahl-Nickel-Gemisch zur Stahlerzeugung weitergegeben.

Ansonsten Deponierung (SAD).

### ***Quecksilber - haltige Batterien [D]***

Quecksilber enthaltende Batterien bestehen aus einer Zink-Kathode, die zur Vermeidung der Korrosion amalgamiert werden. Die Anode besteht aus Quecksilberoxid und Graphit. Der Quecksilberoxid-Anteil der Anode beträgt 92 %. Der Quecksilberoxidanteil der ganzen Zelle beträgt 40 bis 45 %. Das Separatorensystem besteht aus mehreren Lagen von Pergament, dichtem Papier oder Kunststoff-Vlies. Als Elektrolyt wird mit Zinkoxid gesättigte wässrige Kali- oder Natronlauge eingesetzt. Das Gehäuse besteht aus Stahl.

Hinweis: Gemäß Richtlinie 98/101 EG ist das Inverkehrbringen von bestimmter Batterien und Akkumulatoren wegen ihres Quecksilbergehalts ab dem 1. Januar 2001 verboten. Dazu soll der zulässige Quecksilbergehalt in Batterien und Akkumulatoren von den Mitgliedsstaaten auf 0,0005 Gewichtsprozent reduziert werden.

### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 16 06 03\* Quecksilber enthaltende Batterien  
20 01 33\* Batterien und Akkumulatoren, die unter 16 06 01, 16 06 02 oder 16 06 03 fallen, sowie gemischte Batterien und Akkumulatoren, die solche Batterien enthalten

### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. (ggf. Sortierung notwendig) Vorbehandlung zur Quecksilberabtrennung (vakuothermische Verfahren). Entquickte Metallkomponenten können dem Metallrecycling zugeführt werden.

Ansonsten Deponierung (SAD).

### ***Alkali/Manganbatterien [E]***

Die negative Elektrode besteht aus Mangandioxid. Die Anode besteht aus mit Kalilauge getränktem Zinkpulver oder Zinkfitter. Die Anode ist mit einem Beutel aus Kunststoff-Vlies umgeben, der als Separator dient. Als Separatormaterialien werden Cellulose-, Reyon-, PVC-, Nylon-, Polyvinylalkohol- oder Polypropylenfasern verwendet. Das Gehäuse besteht aus Stahl.

---

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 16 06 04 Alkalibatterien (außer 16 06 03)  
20 01 34 Batterien und Akkumulatoren mit Ausnahme derjenigen, die unter  
20 01 33 fallen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. (ggf. Sortierung notwendig) Zuführung zum Metallrecycling.

Ansonsten Beseitigung zusammen mit Siedlungsabfällen.

***Sonstige Batterien [F]***

Unter sonstige Batterien fallen Gemische aus Batterien und Akkumulatoren (Primär- und Sekundärbatterien), die keinem der vorgenannten EAV - Schlüssel zuzuordnen sind. Beispielhaft seien genannt: Zink-Kohle-, Lithium-Mangandioxid-, Zink-Silberoxidbatterien etc. Diese Batterien werden als nicht besonders überwachungsbedürftiger Abfall eingestuft.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 16 06 05 andere Batterien und Akkumulatoren  
20 01 34 Batterien und Akkumulatoren mit Ausnahme derjenigen, die unter  
20 01 33 fallen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. Sortierung in Zink-Kohle, Alkali, Lithium und Ag, anschließende Zuführung zum Metallrecycling.

Ansonsten Beseitigung zusammen mit Siedlungsabfällen.

### 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss

Auszug aus dem EAV	Stofffluss	Entsorgung
<b>1606 Batterien und Akkumulatoren</b>		
16 06 01* Bleibatterien	B	1) Recycling, 2) SAD
16 06 02* Ni-Cd-Batterien	C	1) Recycling, 2) SAD
16 06 03* Quecksilber enthaltende Batterien	D	1) Recycling, 2) SAD
16 06 04 Alkalibatterien (außer 16 06 03)	E	1) Recycling, 2) mit Sied- lungsabfall
16 06 05 andere Batterien und Akkumulatoren	F	1) Sortierung 2) Recycling, 3) mit Sied- lungsabfall
16 06 06* getrennt gesammelte Elektrolyte aus Batte- rien und Akkumulatoren	A	1) Recycling, 2) CPB

<b>Abfälle aus Batterien und Akkumulatoren, die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind</b>		
20 01 33* Batterien und Akkumulatoren, die unter 16 06 01, 16 06 02 oder 16 06 03 fallen, sowie gemischte Batterien und Akkumulatoren, die solche Batterien enthalten	B, C, D	1) Sortierung, 2) Recycling, 3) SAD
20 01 34 Batterien und Akkumulatoren mit Ausnahme derjenigen, die unter 20 01 33 fallen	E, F	1) Sortierung 2) Recycling, 3) mit Siedlungsabfall

---

## 16 08 Gebrauchte Katalysatoren

1. EINSATZ VON KATALYSATOREN .....	1
2. KATALYSATOREN AUS DER CHEMISCHEN UND PETROCHEMISCHEN INDUSTRIE .....	1
2.1 Katalysatoren aus Crackprozessen .....	2
2.2 Alkylierung von Aromaten .....	3
2.3 Phosphorsäurehaltige Katalysatoren .....	4
3. KATALYSATOREN AUS DER ABGASREINIGUNG .....	5
3.1 Katalysatoren aus SCR – Verfahren zur Abreinigung von Abgasen.....	5
3.2 Kfz-Abgasreinigung durch Katalysatoren .....	5
4. ÜBERSICHT ZUR ZUORDNUNG ABFALLSCHLÜSSEL – STOFFFLUSS.....	7

### 1. Einsatz von Katalysatoren

Katalysatoren besitzen die Eigenschaft, die Geschwindigkeit bestimmter chemischer Reaktionen zu beschleunigen, ohne sich dabei zu verändern. Katalysatoren werden entweder als Flüssigkeiten in Lösung (homogene Katalyse) oder als Feststoff (heterogene Katalyse), hauptsächlich in der chemischen oder petrochemischen Industrie bzw. Abgasreinigung eingesetzt (siehe Tab. 1). Außer in der chemischen Verfahrenstechnik spielen Katalysatoren, in Form von Enzymen auch bei biochemischen Vorgängen eine wesentliche Rolle. Diese werden jedoch in diesem Papier nicht weiter berücksichtigt.

Durch Sinterprozesse an der Oberfläche (Kristallwachstum), Phasenänderungen, irreversible Vergiftung der aktiven Bereiche durch Katalysatorgifte (siehe Tab. 1), sowie Blockierung oder Belegung durch Ruß, flüssige Polymere etc. verlieren Katalysatoren ihre Funktionsfähigkeit und müssen von Zeit zu Zeit ersetzt werden.

### 2. Katalysatoren aus der chemischen und petrochemischen Industrie

Zur Zeit werden circa 75 % aller produzierten Chemikalien mit Unterstützung von Katalysatoren hergestellt, über 90 % aller neu in Betrieb genommenen Anlagen mit großen Produktionskapazitäten arbeiten nach katalytischen Verfahren. Die wirtschaftliche Bedeutung spiegelt sich auch in dem jährlichen Katalysatorbedarf (348 Mio. US-\$, Quelle: Ullmann) der petrochemischen und chemischen Industrie wider.

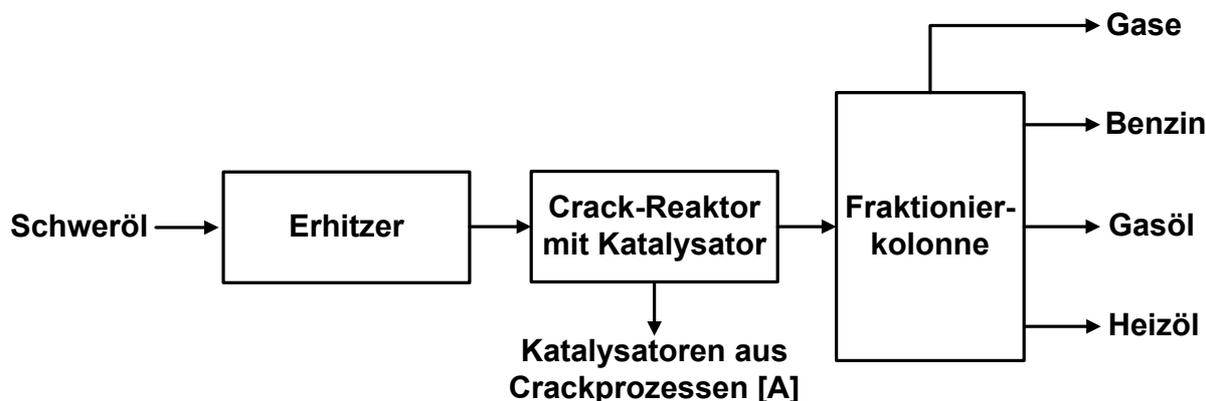
Verfahren/Prozesse	Katalysator	Katalysatorgifte
<b>Chemische Industrie</b>		
Herstellung von Wasserstoff und Ammoniak, steam reforming, Methanisierung	Ni, Fe	Verbindungen von S, Se, Te, P, As, Halogene
Hydrierung von Speisefetten, Mineralölen, Olefinhydrierung in Äthylen-Anlagen	25% Ni in Öl, Ni-Cr, Pd auf Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S, Se, Te, P, As, Halogene, Verbindungen von Hg und Pb, O <sub>2</sub> , CO
Dehydrierung, Butadien aus Butan, Styrol aus Äthylbenzol	Cr-Al-Oxid, Fe-Oxid	
Oxidation, Äthylenoxid, HNO <sub>3</sub> aus NH <sub>3</sub> , Kontakt - H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Auto-Katalysator	Ag-Träger, Pt-Rh, V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Verbindungen von P, As, Sb, Pb, Zn, Cd, Bi, S
Ammonoxidation, Acrylnitril aus Propylen	U-Sb-Oxid, Pt-Rh	Verbindungen von P, As, Sb; außerdem Pb, Zn, Cd, Bi, Rost
Oxychlorierung, Vinylchlorid	CuCl <sub>2</sub>	
Org. Synthesen, Friedel-Crafts	AlCl <sub>3</sub>	
Polymerisation, Stereo-Polymere, Urethan-Schaum, Cumol, Tetramere	Ti, V-Verb., Al-Alkyl, Cr, Tert. Amine, H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> auf Kieselgur	
<b>Petrochemische Industrie</b>		
Katalytisches Cracken	Zeolithe, amorphe Alumosilicate	Amine, H <sub>2</sub> O
Katalytisches Reforming	Mono-Bimetall-Katalysatoren	
Wasserstoff-Behandlung, Entaromatisieren	Co-Mo, Ni-Mo, Ni-W	
Hydrocracken	Edelmetalle auf amorphen Trägern, Nichtedelmetalle auf Molekularsieb	
Alkylierung	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HF,	

**Tab. 1: Beispiele für Katalysatoren in chemischen und petrochemischen Prozessen (Quelle: nach Ullmann)**

## 2.1 Katalysatoren aus Crackprozessen

### 2.1.1 Prozesse

Katalytische oder mit Katalysatoren unterstützte Crackprozesse (siehe Abb. 1), spielen in der Petrochemie eine wichtige Rolle, da so höhersiedende Fraktionen nutzbar gemacht werden, bzw. größere Moleküle gespalten werden können. Zum Cracken werden i. d. R. Katalysatoren auf Zeolithbasis eingesetzt, die schon bei geringeren Temperaturen zu Spaltungen der Kohlenwasserstoffe führen. Zeolith-Katalysatoren sind aus einem System vieler Hohlräume (Maschenweite 0,3 bis 1,0 nm) aufgebaut, die dadurch eine große aktive Fläche bieten. Nach der Spaltung werden die einzelnen Fraktionen in Destillationssäulen getrennt. Von Zeit zu Zeit fallen **Katalysatoren aus Crackprozessen [A]** zur Entsorgung an.



**Abb. 1: Schematische Darstellung katalytischer Crackprozesse**

### 2.1.2 Abfälle

#### Katalysatoren aus Crackprozessen [A]

Zeolithe sind kristalline Alumosilicate mit der allgemeinen Summenformel:  $Me_{2/n} * Al_2O_3 * nSiO_2 * pH_2O$ , in denen „Me“ ein einwertiges Alkalimetall ( $n=1$ ), ein zweiwertiges Alkalimetall ( $n=2$ ) oder andere speziell eingeführte Metalle (z. B. Se, Ni, Mo, Pt und Pd) symbolisiert. Mit bis zu 85 % kann das Aluminium durch Silizium ersetzt werden, wobei man mit steigendem Siliziumanteil von Zeolith X bzw. Zeolith Y spricht. Relevante Schadstoffe sind insbesondere organische Verunreinigungen (Kohlenwasserstoffe), die bei entsprechender Konzentration zum besonders überwachungsbedürftigen Abfall führen.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

16 08 04 gebrauchte Katalysatoren von Crackprozessen (außer 16 08 07)

16 08 07\* gebrauchte Katalysatoren, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Bei Edel- und Schwermetallgehalten Zuführung zum Metallrecycling.

Ansonsten thermische Behandlung in Abfallverbrennungsanlagen oder Deponierung, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

## 2.2 Alkylierung von Aromaten

### 2.2.1 Prozesse

Bei der Alkylierung von Aromaten werden prinzipiell zwei kohlenstoffhaltige Moleküle miteinander verbunden, so dass sich die Kohlenstoffkette verlängert bzw. die Verbindung an einem Kohlenstoffring erweitert. Als Katalysatoren werden neben Schwefelsäure ( $H_2SO_4$ ) oder Fluorwasserstoffsäure (HF) auch Olefine, Alkylhalogenide, Alkohole, Äther und Alkylester eingesetzt. Zur Entsorgung fallen **Flüssige Katalysatoren [B]** an.

---

## 2.2.2 Abfälle

### Flüssige Katalysatoren [B]

Flüssige Katalysatoren aus der Alkylierung der Petrochemie können durch organische Substanzen verunreinigt sein, und sind als besonders überwachungsbedürftiger Abfall einzustufen.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

16 08 06\* gebrauchte Flüssigkeiten, die als Katalysatoren verwendet wurden

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. werden aus anorganischen Säuren bestehende flüssige Katalysatoren dem Säurerecycling, bzw. bei hohen organischen Anteilen dem Örecycling zugeführt.

Ansonsten Behandlung in CPB-Anlagen zur Neutralisation oder thermische Behandlung in Abfallverbrennungsanlagen (SAV).

## 2.3 Phosphorsäurehaltige Katalysatoren

### 2.3.1 Prozesse

**Phosphorsäurehaltige Katalysatoren [C]**, wie z. B. Bor(tri)fluorid-Phosphorsäure ( $\text{BF}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4$ ) lassen sich zur selektiven Reaktionsführung bei einer Vielzahl von organischen Reaktionen (als Katalysator bzw. Co-Katalysator) verwenden. Für die Anwendung in der chemischen, petrochemischen und pharmazeutischen Industrie seien als Beispiele genannt: Dimerisierung, Trimerisierung, Oligomerisierung, Polymerisierung, Alkylierung, Acylierung, Carbonylierung.

### 2.3.2 Abfälle

#### Phosphorsäurehaltige Katalysatoren [C]

Neben der genannten Säure können substituierte Stoffe, wie zum Beispiel Bor, Fluorid etc. enthalten sein, die je nach Prozessanwendung dem gewünschten Katalysatoreffekt angepasst werden. Weiter können organische Verunreinigungen im phosphorsäurehaltigen Katalysator enthalten sein, die beispielsweise in Prozessen der Petrochemie eingetragen werden.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

16 08 05\* gebrauchte Katalysatoren, die Phosphorsäure enthalten

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

Beseitigung i. d. R. durch Neutralisation in CPB-Anlagen.

---

### 3. Katalysatoren aus der Abgasreinigung

#### 3.1 Katalysatoren aus SCR – Verfahren zur Reinigung von Industrie-Abgasen

##### 3.1.1 Prozesse

Im **Selectiv-Catalytic-Reduction** Verfahren (**SCR**) werden Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$ ) mit Hilfe von Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) zu Stickstoff ( $\text{N}_2$ ) und Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) reduziert. Diese Reaktion läuft mit Hilfe eines Katalysators, bei einer Temperatur von etwa  $250\text{ °C}$ , ab. **Gebrauchte Katalysatoren aus der SCR - Abgasreinigung [D]** werden von Zeit zu Zeit bei Wartungsarbeiten ausgetauscht.

##### 3.1.2 Abfälle

#### **Gebrauchte Katalysatoren aus der SCR - Abgasreinigung [D]**

SCR - Katalysatoren enthalten als Hauptkomponente i. d. R. Titandioxid, daneben Vanadium-, Wolfram- und bisweilen auch Molybdänverbindungen und sind ggf. als besonders überwachungsbedürftig einzustufen.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 16 08 02\* gebrauchte Katalysatoren, die gefährliche Übergangsmetalle oder deren Verbindungen enthalten
- 16 08 03 gebrauchte Katalysatoren, die Übergangsmetalle oder deren Verbindungen enthalten, a. n. g.

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Metallrecycling.

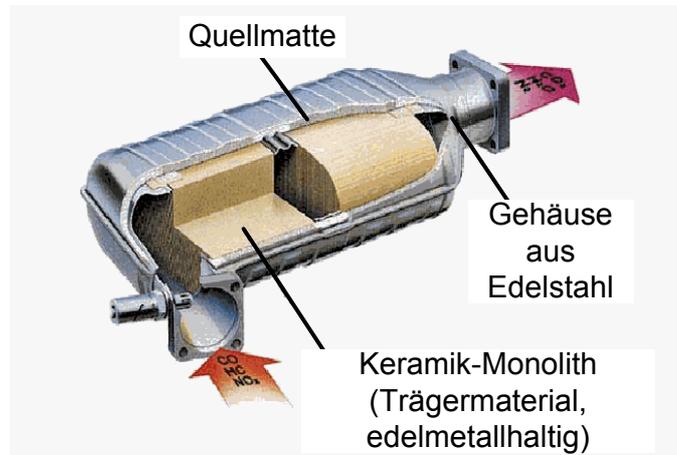
Ansonsten Deponierung, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

#### 3.2 Kfz-Abgasreinigung durch Katalysatoren

##### 3.2.1 Prozesse

Der Kfz-Katalysator (siehe Abb. 2) besteht aus einem Keramik- oder Metalleinsatz mit feinen wabenförmigen Kanälen, die mit aufgedampftem Platin, Rhodium und Palladium beschichtet sind. Zum Schutz vor thermischen Spannungen zum Gehäuse und der großen Bruchempfindlichkeit des keramischen Monolithen wird zwischen Monolith und Gehäuse eine Quellmatte eingepresst, die aus Mineralfasern (Blähglimmer und Aluminium-Silikatfasern) besteht.

Die katalytische Schadstoffminimierung eines Kfz-Katalysators hat ihren idealen Arbeitspunkt bei etwa  $850\text{ °C}$  und reduziert Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) zu Stickstoff ( $\text{N}_2$ ), oxidiert Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ) zu Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), sowie Kohlenwasserstoffe ( $\text{C}_x\text{H}_y$ ) zu Wasserdampf ( $\text{H}_2\text{O}$ ) und Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ). Durch thermische Alterung oder Vergiftung der aktiven Bereiche müssen **Kfz-Katalysatoren [E]** ausgetauscht und entsorgt werden.



**Abb. 2: Schematische Darstellung eines Kfz-Katalysators**  
(Quelle: nach Uni-Erlangen)

### 3.2.2 Abfälle

#### Kfz-Katalysatoren [E]

Kfz-Katalysatoren können neben den aufgetragenen Edelmetallen u. a. Kohlenwasserstoffe ( $C_xH_y$ ), Blei (Pb), Phosphor (P) und Schwefel (S) enthalten. Die Quellmatten aus Mineralfasern sind ganz überwiegend als cancerogen eingestuft. Der Anteil liegt i. d. R.  $> 0,1$  Gew.-%. Daher sind Kfz-Katalysatoren im Regelfall als gefährliche Bauteile eines Kfz zu verstehen und als besonders überwachungsbedürftiger Abfall einzustufen.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 16 08 01 gebrauchte Katalysatoren, die Gold, Silber, Rhenium, Rhodium, Palladium, Iridium oder Platin enthalten (außer 16 08 07)
- 16 08 07\* gebrauchte Katalysatoren, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind (*Regelfall*)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Zerlegung und Edelmetallrecycling.

Ansonsten Deponierung; wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

#### 4. Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel – Stofffluss

Auszug aus dem EAV		Stofffluss	Entsorgung
<b>1608</b>	<b>Gebrauchte Katalysatoren</b>		
16 08 01	gebrauchte Katalysatoren, die Gold, Silber, Rhenium, Rhodium, Palladium, Iridium oder Platin enthalten (außer 16 08 07)	E	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall
16 08 02*	gebrauchte Katalysatoren, die gefährliche Übergangsmetalle oder deren Verbindungen enthalten	D	Recycling, SAD
16 08 03	gebrauchte Katalysatoren, die Übergangsmetalle oder deren Verbindungen enthalten, a. n. g.	D	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall
16 08 04	gebrauchte Katalysatoren von Crackprozessen (außer 16 08 07)	A	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall
16 08 05*	gebrauchte Katalysatoren, die Phosphorsäure enthalten	C	CPB
16 08 06*	gebrauchte Flüssigkeiten, die als Katalysatoren verwendet wurden	B	Recycling, CPB, SAV
16 08 07*	gebrauchte Katalysatoren, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind	A, E	Recycling, SAD, SAV

## 16 11 Gebrauchte Auskleidungen und feuerfeste Materialien

<b>1</b>	<b>Prozesse</b> .....	<b>1</b>
1.1	<i>Metallurgische Prozesse</i> .....	1
1.2	<i>Nicht-metallurgische Prozesse</i> .....	1
<b>2</b>	<b>Abfälle</b> .....	<b>2</b>
2.1	<i>Abfälle aus metallurgischen Prozessen</i> .....	2
2.2	<i>Abfälle aus nicht-metallurgischen Prozessen</i> .....	3
<b>3</b>	<b>Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss</b> .....	<b>4</b>

### 1 Prozesse

#### 1.1 Metallurgische Prozesse

Die bedeutendsten metallurgischen Prozesse, bei denen feuerfeste Materialien anfallen, sind das Gießen von Eisen und Stahl (siehe Abfallgruppe 10 09), das Gießen von Nichteisenmetallen (siehe Abfallgruppe 10 10) sowie die Primär- und Sekundärerzeugung von Aluminium (siehe Abfallgruppe 10 03). Dabei kommen unterschiedlichste Ofentypen wie z. B. Kupolöfen, Elektrolichtbogenöfen, Tiegelöfen, Trommelöfen und Herdöfen zum Einsatz.

Entsprechend der unterschiedlichen Einsatzstoffe und der Betriebsweise der Ofentypen können insbesondere beim Nichteisen-Metallguss die bei Wartungs- und Reparaturarbeiten anfallenden Ofenausbrüche Nickel-, Blei-, Kupfer-, Zink- und Chromoxide (Eintrag über Gusschmelzen) enthalten und sind folglich als gefährliche Abfälle einzustufen.

#### 1.2 Nicht-metallurgische Prozesse

Abfälle von feuerfesten Materialien aus nicht-metallurgischen Prozessen stammen überwiegend aus Kraftwerken und anderen Verbrennungsanlagen, wie beispielsweise aus der Abfallverbrennung (siehe Abfallgruppe 10 01), aus der Herstellung von Glas- und Keramikerzeugnissen (siehe Abfallgruppen 10 11 bzw. 10 12) sowie aus der Herstellung von Zement, Branntkalk und Gips.

Die bei Wartungs- und Reparaturarbeiten an den jeweiligen Feuerungsanlagen, Dampfkesseln, Brenn- und Schmelzöfen sowie Trocknern anfallenden feuerfesten Abfälle enthalten teilweise Schadstoffe. Diese stammen aus dem Feuerungsprozess (z. B. Schwefel), sowie aus den thermisch behandelten Materialien, insbesondere bei Abfällen, aber auch aus den Pigment- bzw. Glasurrohstoffen bei den Keramik- und Glasherstellungsprozessen.

## 2 Abfälle

### 2.1 Abfälle aus metallurgischen Prozessen

#### **Abfälle aus Schmelzanlagen für Eisen- und Nichteisenmetalle [A]**

Verbrauchte Auskleidungen von Öfen und Pfannen entstehen beim Ausbrechen der regelmäßig zu erneuernden feuerfesten Auskleidungen bzw. der Ofen- und Pfannen-anbackungen. Feuerfeste Auskleidungen werden entweder basisch, sauer oder neutral ausgeführt. Basische Auskleidungen enthalten vorwiegend basische Metalloxide wie Magnesit, Chrommagnesit, Chromit, Dolomit oder Kalkstein. Saure Auskleidungen enthalten überwiegend Quarzit. Die neutralen Auskleidungen enthalten überwiegend Aluminiumoxid mit Siliziumoxid. Feuerfeste Stoffe sind bei hohen Temperaturen beständige mineralische bzw. keramische Stoffe. Weitere Bestandteile der feuerfesten Erzeugnisse sind Kohle, Graphit und Siliziumcarbid.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 16 11 03\* andere Auskleidungen und feuerfeste Materialien aus metallurgischen Prozessen, die gefährliche Stoffe enthalten (*Ausnahme für Schmelzanlagen für Eisen und Nichteisenmetalle*)
- 16 11 04 Auskleidungen und feuerfeste Materialien aus metallurgischen Prozessen mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 11 03 fallen (*Regel für Schmelzanlagen für Eisen und Nichteisenmetalle*)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Vorbehandlung zur Abtrennung von recycelbaren Metallteilen.

I. d. R. Recycling zur Herstellung feuerfester Materialien.

Ansonsten Deponierung; wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind, zusammen mit Siedlungsabfällen.

#### **Abfälle aus der Primäraluminiumerzeugung [B]**

Bei der regelmäßigen Wartung und Instandhaltung der Elektrolysezellen entstehen Ofenausbrüche, die vor allem Kathodengraphit und Anteile des feuerfesten Materials enthalten. Darüber hinaus enthalten sie metallisches Aluminium, Aluminiumoxid, Fluoride, Nitride und Cyanide. Abfälle aus der Primäraluminiumerzeugung sind daher in der Regel als gefährlich einzustufen.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 16 11 01\* Auskleidungen und feuerfeste Materialien auf Kohlenstoffbasis aus metallurgischen Prozessen, die gefährliche Stoffe enthalten (*Regel für Primäraluminiumerzeugung*)
- 16 11 02 Auskleidungen und feuerfeste Materialien auf Kohlenstoffbasis aus metallurgischen Prozessen mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 11 01 fallen (*Ausnahme für Primäraluminiumerzeugung*)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Vorbehandlung zur Abtrennung von anhaftenden Aluminium und Aluminiumoxid zum Einsatz in der Sekundäraluminiumherstellung.

Ggf. Recycling cyanidfreier Abfälle zur Herstellung feuerfester Materialien.

Ansonsten Deponierung, ggf. in UTD.

Wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind, Deponierung zusammen mit Siedlungsabfällen.

## **2.2 Abfälle aus nicht-metallurgischen Prozessen**

### **Abfälle aus der Wartung von Feuerungsräumen, Dampfkesseln, Brennöfen und Trocknern [C]**

Aus Feuerungsräumen und Dampfkesseln von Kraftwerken und anderen Verbrennungsanlagen fallen periodisch bei Wartungs- und Reparaturarbeiten feuerfeste Ausmauerungen und Stampfmassen als sogenannter Ofenausbruch, sowie Isolierungsauskleidungen an. Sie können als gefährlichen Stoff beispielsweise Asbest oder schadstoffhaltige Ablagerungen aus dem Verbrennungsprozess enthalten.

Abfälle aus Isolierungsauskleidungen von Trocknern bzw. aus feuerfesten Materialien von Brennöfen nicht-metallurgischer Prozesse, wie beispielsweise bei der Glas- und Keramikherstellung, fallen ebenso bei Wartungs- und Reparaturarbeiten an und können als gefährliche Stoffe zusätzlich zu den oben erwähnten Schadstoffen beispielsweise schwermetallhaltige Glasur- und Pigmentrückstände enthalten.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 16 11 05\* Auskleidungen und feuerfeste Materialien aus nicht metallurgischen Prozessen, die gefährliche Stoffe enthalten
- 16 11 06 Auskleidungen und feuerfeste Materialien aus nicht metallurgischen Prozessen mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 11 05 fallen

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Asbestfreie Abfälle aus der Wartung von Feuerungsräumen und Dampfkesseln werden i. d. R. von Recyclingbetrieben zur Herstellung feuerfester Materialien verwendet.

Ansonsten Deponierung; für den Umgang mit asbesthaltigen Materialien auf Deponien sind ergänzende Regelungen (z. B. LAGA-Regelwerk) einzuhalten.

Wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind, Deponierung zusammen mit Siedlungsabfällen.

### 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss

Auszug aus dem EAV	Stofffluss	Entsorgung
<b>16 11      Gebrauchte Auskleidungen und feuerfeste Materialien</b>		
16 11 01*    Auskleidungen und feuerfeste Materialien auf Kohlenstoffbasis aus metallurgischen Prozessen, die gefährliche Stoffe enthalten	B	1) Recycling, 2) SAD, UTD
16 11 02    Auskleidungen und feuerfeste Materialien auf Kohlenstoffbasis aus metallurgischen Prozessen mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 11 01 fallen	B	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall
16 11 03*    andere Auskleidungen und feuerfeste Materialien aus metallurgischen Prozessen, die gefährliche Stoffe enthalten	A	1) Recycling, 2) SAD
16 11 04    Auskleidungen und feuerfeste Materialien aus metallurgischen Prozessen mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 11 03 fallen	A	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall
16 11 05*    Auskleidungen und feuerfeste Materialien aus nicht-metallurgischen Prozessen, die gefährliche Stoffe enthalten	C	1) Recycling, 2) SAD
16 11 06    Auskleidungen und feuerfeste Materialien aus nicht-metallurgischen Prozessen mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 11 05 fallen	C	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall

---

## 19 01 Abfälle aus der Verbrennung oder Pyrolyse von Abfällen

1. PROZESSE.....	1
1.1 Verbrennung von Abfällen in Müllverbrennungsanlagen .....	1
1.2 Behandlung von Abfällen in Pyrolyseanlagen.....	2
1.3 Verbrennung von Abfällen in Wirbelschichtfeuerungsanlagen .....	3
1.4 Rauchgasreinigung .....	3
2. ABFÄLLE.....	7
3. ÜBERSICHT ZUR ZUORDNUNG ABFALLSCHLÜSSEL – STOFFFLUSS.....	11

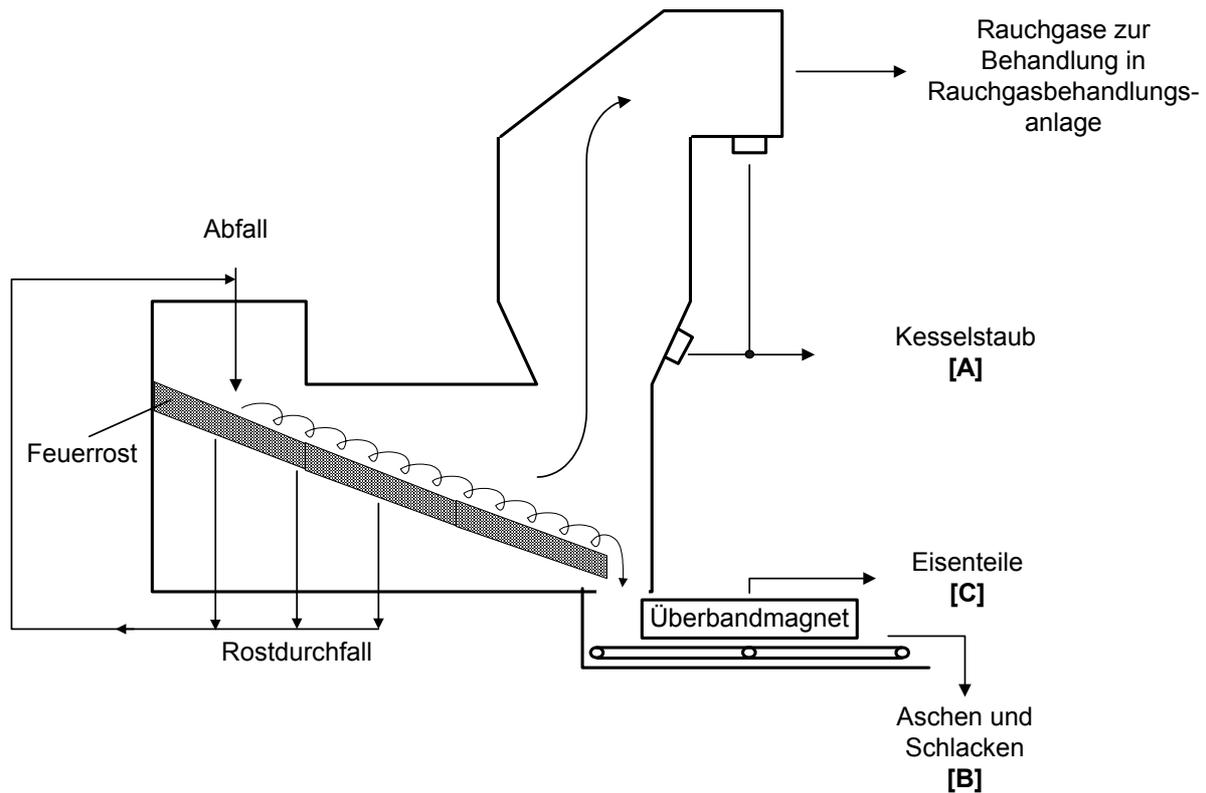
### 1. Prozesse

In Verbrennungsanlagen werden Siedlungsabfälle (gewerbliche oder kommunale Abfälle), sowie Sonderabfälle thermisch behandelt, um die Abfallmengen zu verringern, Organikanteile zu inertisieren und persistente organische Schadstoffe zu zerstören sowie ggf. den Heizwert der Abfälle energetisch zu nutzen. Die hausmüll-ähnlichen gewerblichen, sowie kommunalen Abfälle unterscheiden sich, abgesehen vom Gehalt an biologisch abbaubaren Anteilen im Hausmüll (ca. 30 %) nur geringfügig in ihrer Zusammensetzung. Sie bestehen zum größten Teil aus Kunststoff, Gummi, Leder, Pappe, Papier, Holz, Glas, Textilien, Metallen oder Verbundmaterialien.

Sonderabfälle mit hohen Organikgehalten müssen in Sonderabfallverbrennungsanlagen (SAV) verbrannt oder durch Pyrolyseverfahren vergast werden. Relevante organische Substanzen sind zum Beispiel halogenierte Kohlenwasserstoffe und Lösemittel, die auch in PCB-haltigen Ölen, Farben, Lacken, Spraydosen, Isolierschäumen etc. enthalten sein können. Des Weiteren können in den Sonderabfällen Schwermetalle, wie zum Beispiel Cd, Hg und Pb enthalten sein.

#### 1.1 Verbrennung von Abfällen in Müllverbrennungsanlagen

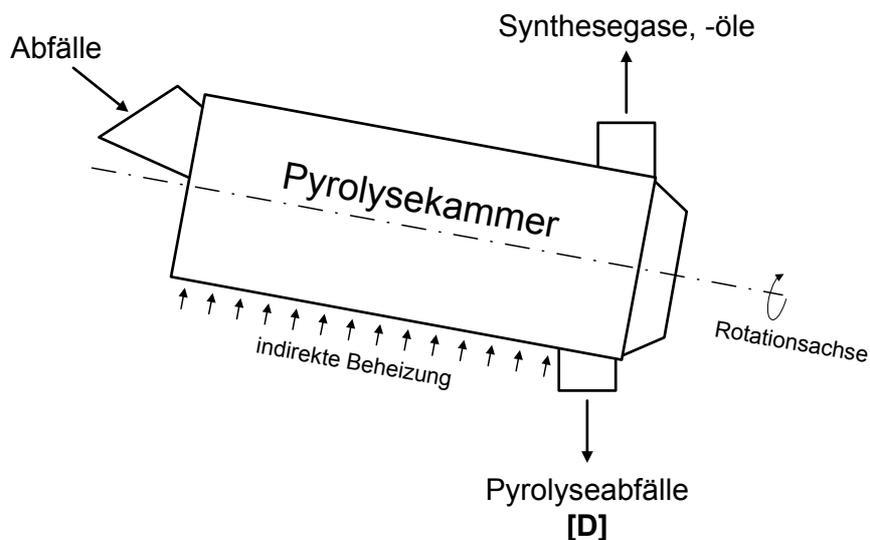
In der Regel wird der Abfall auf eine Rostfeuerung aufgegeben (siehe Abb. 1), wobei die im Abfall enthaltenen Substanzen zwischen 850 °C und 1250 °C verbrannt werden. Die Abgase enthalten Flugaschen und Dämpfe niedersiedender Metalle (z. B. Blei, Cadmium, Quecksilber). Ein Teil der Flugaschen setzt sich an den Wandungen des Verbrennungskessels ab und bildet den sogenannten **Kesselstaub [A]**, der regelmäßig abgeschlagen und getrennt erfasst wird. Die Rauchgase mit Flugascheanteilen und gasförmigen Schadstoffen werden zu einer Abgasbehandlungsanlage weitergeleitet. Auf dem Rost bleiben **Aschen und Schlacken [B]** zurück, die nach Abwurf einen Magnetabscheider passieren, um recycelbare **Eisenteile [C]** auszusortieren. Zumeist wird der Rostdurchfall gesammelt und erneut aufgegeben, um eine vollständige Verbrennung der Abfälle sicher zu stellen.



**Abb. 1: Schema eines Abfallverbrennungskessel**

## 1.2 Behandlung von Abfällen in Pyrolyseanlagen

Bei der Pyrolyse (siehe Abb. 2) werden i. d. R. feste oder pastöse organische Abfälle unter Sauerstoffabschluss zwischen 450 °C und 650 °C in einem rotierenden, indirekt beheizten Reaktor vergast.



**Abb. 2: Schema des Pyrolyseverfahrens**

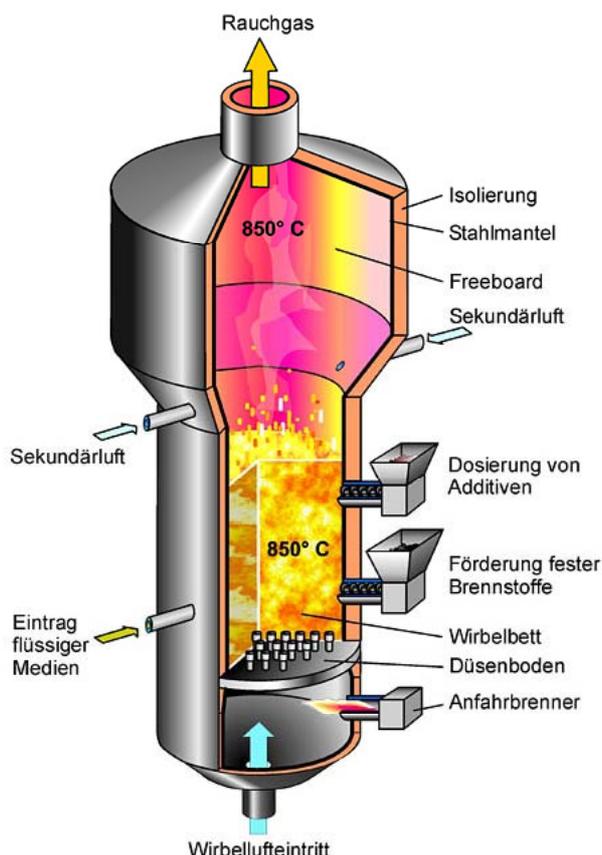
Die dadurch gewonnenen Synthesegase und -öle können zum Beispiel zur Methanolherstellung, als Brennstoff in Gas- und Dampfkraftwerken oder als Erdgasersatz

in Industrieprozessen eingesetzt werden. Die **Pyrolyseabfälle [D]** bestehen aus metallhaltigen, mineralisierten, aber dennoch mit beträchtlicher Restorganik behafteten Schlacken (Pyrolysekoks).

### 1.3 Verbrennung von Abfällen in Wirbelschichtfeuerungsanlagen

Bei der Wirbelschichtfeuerung (siehe Abb. 3) wird flüssiger, pastöser oder bezüglich Stückgröße konfektionierter Abfall in einem Reaktor mit Düsenboden verbrannt. Eine Schüttung i. d. R. aus Sand wird zum verbesserten Wärmeaustausch beigegeben. Die Luft wird dabei von unten eingeblasen, so dass das Gemisch in einem aufgewirbelten, schwebelähnlichen Zustand gehalten wird (Wirbelbett).

Die Rauchgase werden zusammen mit Flugaschepartikeln in einer Abgasbehandlungsanlage (siehe Kapitel 1.4) gereinigt. Die **Sande aus der Wirbelschichtfeuerung [E]** müssen durch Anreicherung von Bettasche regelmäßig entsorgt werden.

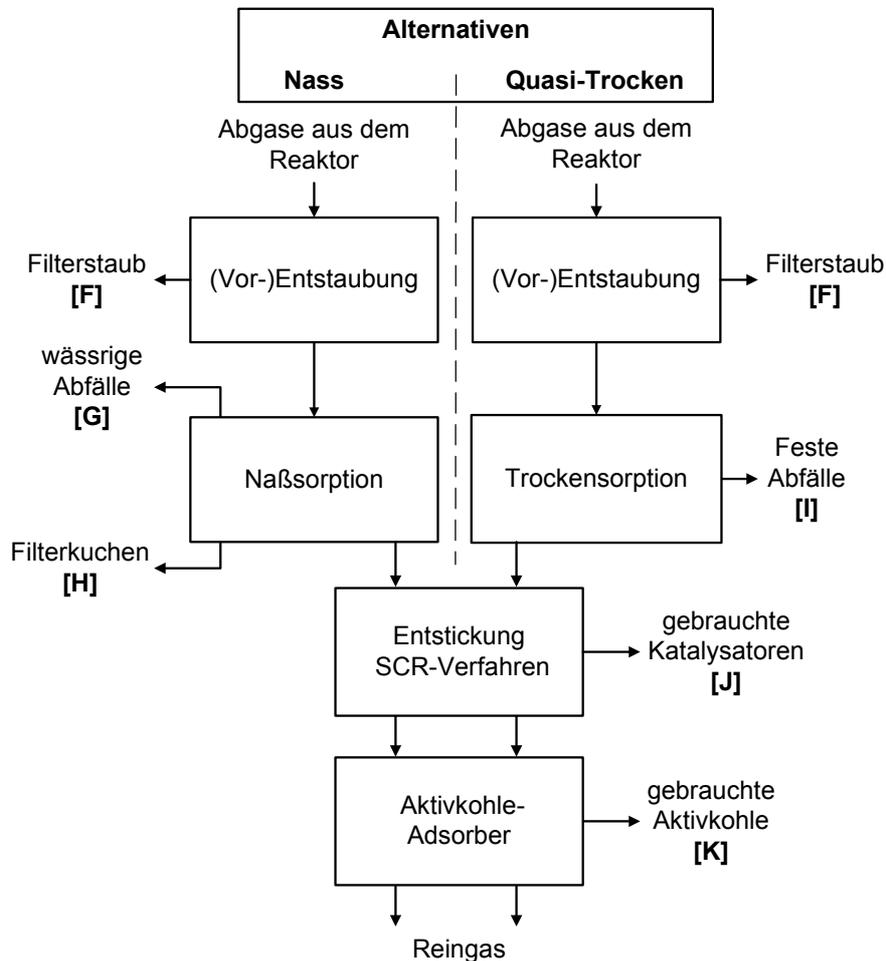


**Abb. 3: Schema Wirbelschichtfeuerungsanlage für feste und flüssige Abfälle**  
(Quelle RMT)

### 1.4 Rauchgasreinigung

Abfallverbrennungsanlagen unterliegen der 17. BImSchV bzw. der EU-Richtlinie 2000/76/EG, die unter anderem Luftemissionsgrenzwerte vorgeben. Entsprechend der Abfallzusammensetzung im Verbrennungsprozess entstehen schadstoffhaltige Rauchgase mit Flugstäuben (u. a. SO<sub>2</sub>, CO, HCl, HF, NO<sub>x</sub>, PCDD/PCDF), für deren Reinigung die Verfahrensstufen (siehe Abb. 4) (Vor-)Entstaubung, Nasssorption,

alternativ Sprühabsorption (Quasi-Trocken-Sorption), Selectiv-Catalytic-Reduction (SCR) und Aktivkohle-Festbettadsorber zur Anwendung kommen.



**Abb. 4: Mögliche Stufen einer Abgasbehandlung**

### ***(Vor-)Entstaubung***

Gemäß der 17. BImSchV sind Luftemissionsgrenzwerte, z. B.  $10 \text{ mg/m}^3$  Gesamtstaub im Tagesmittelwert, einzuhalten. Die drei gängigsten Verfahren sind:

- Zyklone

Zyklone dienen insbesondere der Vorabscheidung. Nach dem Prinzip der Flieh- und Schwerkraft werden Feststoff-Partikel mit Korngrößen über  $3 \mu\text{m}$  kontinuierlich in einem rotierenden Abgasstrom abgeschieden. Für Verunreinigungen mit feineren Partikelgrößen reicht das Trennprinzip nicht aus.

- Elektrofilter

Elektrofilter werden eingesetzt, um den Abgasstrom bis auf etwa  $100 \text{ mg/m}^3$  Staubbelastung kontinuierlich abzureinigen. Durch elektrische Felder werden Staubpartikel polarisiert, so dass sie an den gegenpoligen Niederschlagselektroden abgeschieden und in Filterstaubsilos gesammelt werden können. Die Abscheideleistung hängt im Wesentlichen von der Polarisierbarkeit der Stäube ab. Es können Staubpartikel mit Korngrößen über  $0,1 \mu\text{m}$  abgeschieden werden.

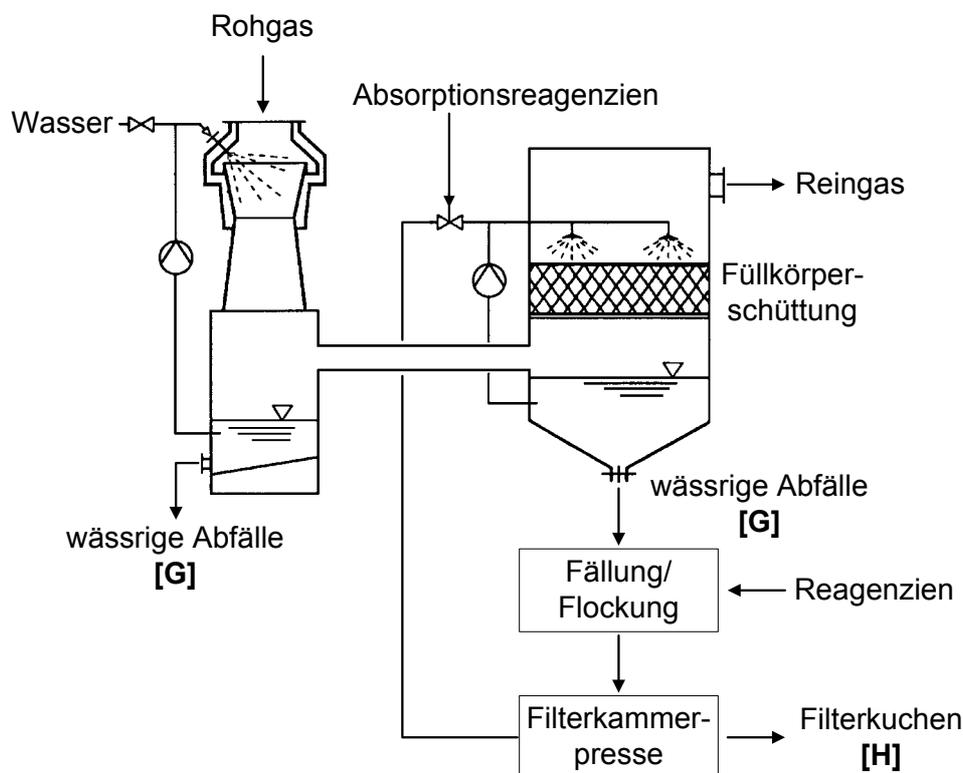
- Gewebefilter

In Gewebefiltern können feine Staubpartikel mit Korngrößen über  $0,1 \mu\text{m}$  abgeschieden werden. Die Abscheideleistung nimmt mit dem Grad der Belegung der Filtergewebe zu, da die zurückgehaltenen Stäube die Porenweite in zunehmendem Maße vermindern.

In allen drei Verfahren wird **Filterstaub [F]** abgeschieden.

### **Nassorption**

Bei der Nassorption (saure und alkalische Quench) wird durch geeignete Wäscher (Venturi-, Radialstrom-, Bodenkolonnen-, Füllkörper-, Sprühturmwäscher) der Abgasstrom intensiv mit Waschwasser in Verbindung gebracht, so dass wasserlösliche Schadstoffe wie zum Beispiel HF, HCl, SO<sub>2</sub> aufgenommen und ausgetragen werden (siehe Abb. 5). Gleichzeitig wird der Abgasstrom auf etwa  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  bis  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  schockgekühlt (gequencht), um die Bildung von Dioxinen/Furanen zu unterdrücken. Die eingesetzten Waschwässer fallen als **wässrige Abfälle [G]** an, die in internen CPB-Anlagen behandelt und i. d. R. im Kreislauf geführt werden. In einer zweiten Stufe (Neutralisation) werden Absorptionsreagenzien (Kalkhydrat, Kalkstein, Natronlauge) zugegeben. Dadurch werden aus den wässrigen Abfällen Reaktionsprodukte (u. a. Salze, Gips) ausgefällt, die mit einer Kammerfilterpresse als **Filterkuchen [H]** abfiltriert werden können.



**Abb. 5: Schema einer Nassorption**

### Sprühabsorption (Quasi-Trocken-Sorption)

Die Sprühabsorption (siehe Abb. 6), auch Quasi-Trocken-Sorption genannt, kombiniert eine Trockensorption mit der Nasssorption, wobei Schadstoffe wie HF, HCl und SO<sub>2</sub>, ähnlich wie bei der Nasssorption abgereinigt werden. Im Sprühabsorber wird entweder Natronlauge oder Kalkmilch als Absorptionsmittel eingesprüht, welches durch die Abgastemperaturen vollständig verdampft (quasi trocken). Die Abgaskomponenten reagieren mit Hilfe der Absorptionsmittel zu Salzen, die als **feste Abfälle [I]** (trocken und rieselfähig) im Abzugstrichter des Sprühabsorbers anfallen und in Silos gesammelt werden.

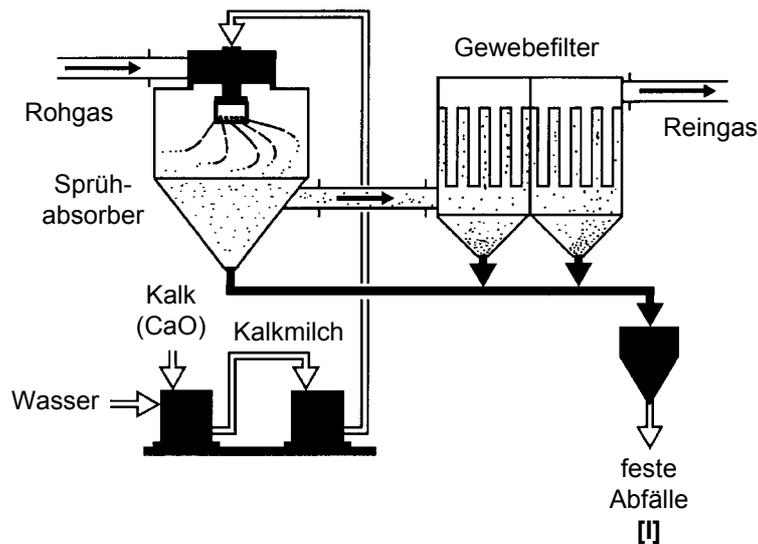


Abb. 6: Schema einer Quasi-Trocken-Sorption (Quelle: FZKA)

### Selectiv-Catalytic-Reduction (SCR)

Beim **SCR**-Verfahren (siehe Abb. 7) werden Stickoxide (NO<sub>x</sub>) mit Hilfe von Ammoniak zu Stickstoff und Wasserdampf reduziert. Dieses Verfahren wird auch als katalytische Entstickung (DeNOx) bezeichnet. Diese Reaktion läuft mit Hilfe eines Katalysators, bei Temperaturen von ca. 250 °C, ab.

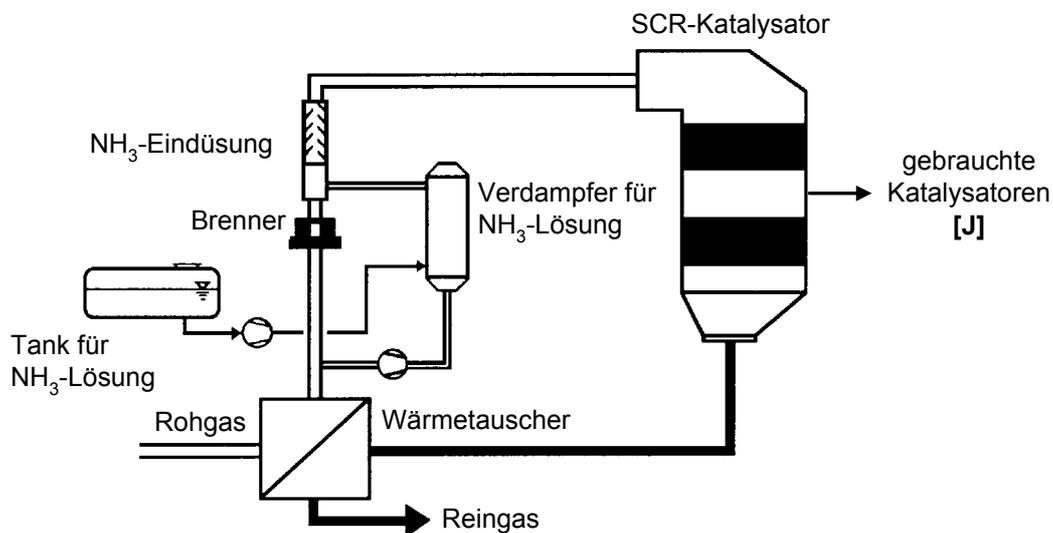
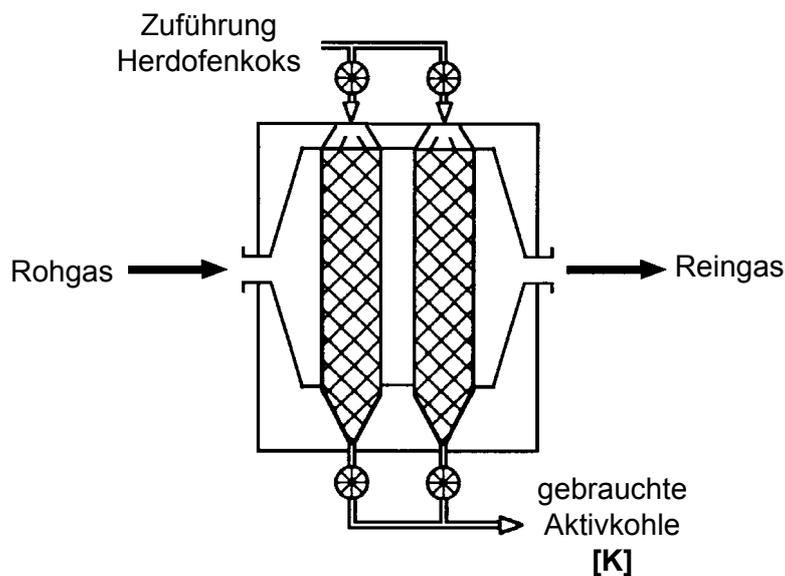


Abb. 7: SCR-Verfahren zur katalytischen Entstickung (Quelle: FZKA)

Durch Sinterung der Katalysatoroberfläche (Kristallwachstum), Phasenänderung, Blockierung der aktiven Bereiche durch irreversible Katalysatorgifte, sowie durch Ruß (vgl. 16 08, gebrauchte Katalysatoren) müssen diese Katalysatoren regelmäßig ersetzt werden. Als Abfall fallen **gebrauchte Katalysatoren [J]** an.

### **Aktivkohle-Festbettadsorber**

Das Abgas durchströmt eine Aktivkohleschicht (z. B. Herdofenkoks), wobei Quecksilber und organische Schadstoffe (u. a. Dioxine/Furane) adsorbiert werden (siehe Abb. 8). Das Sorbens muss, in Abhängigkeit der Menge an adsorbierten Substanzen, als **gebrauchte Aktivkohle [K]** entsorgt werden.



**Abb. 8: Schema Aktivkohle-Festbettadsorber** (Quelle: FZKA)

## **2. Abfälle**

### **Kesselstaub [A]**

Gefährliche Stoffe im Kesselstaub stellen hauptsächlich Schwermetalle (zum Beispiel Cd, Hg, Pb) und deren Verbindungen, sowie fluor- oder chlorhaltige Verbindungen (HCl, HF, PCDD/PCDF) dar, so dass Kesselstäube aus Abfallverbrennungsanlagen i. d. R. als besonders überwachungsbedürftiger Abfall einzustufen sind.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 01 15\* Kesselstaub, der gefährliche Stoffe enthält (*Regelfall*)
- 19 01 16 Kesselstaub mit Ausnahme desjenigen, der unter 19 01 15 fällt (*Ausnahme*)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

- 19 01 15\*: I. d. R. Ablagerung auf Deponien (SAD oder UTD).
- 19 01 16: Beseitigung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.

---

### **Aschen und Schlacken [B]**

Bei vollständigem Abbrand sind gefährliche Stoffe in Aschen und Schlacken i. d. R. nicht zu erwarten. Bei Sonderabfallverbrennungsanlagen führen Schwermetalle und deren Verbindungen in Aschen und Schlacken zu besonders überwachungsbedürftigem Abfall.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 01 11\* Rost- und Kesselaschen sowie Schlacken, die gefährliche Stoffe enthalten (*Ausnahme, bei Verbrennung von Siedlungsabfällen*)
- 19 01 12 Rost- und Kesselaschen sowie Schlacken mit Ausnahmen derjenigen, die unter 19 01 11 fallen (*Regelfall, bei Verbrennung von Siedlungsabfällen*)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

- 19 01 11\*: Deponierung (SAD), ggf. UTD.
- 19 01 12: Einsatz der Schlacken im Straßenbau oder in der Baustoffindustrie. Ansonsten Deponierung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.

### **Eisenteile [C]**

Durch Magnetabscheider aus den Rost- und Kesselaschen fraktionierte Eisenteile.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 01 02 Eisenteile, aus der Rost- und Kesselasche entfernt

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Wird i. d. R. ohne Vorbehandlung dem Metallrecycling zugeführt.  
Ansonsten Deponierung ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.

### **Pyrolyseabfall [D]**

Nicht pyrolysierbare Abfälle bestehen aus festen kohlenstoff-, eisen- und nichteisenmetallhaltigen Schlacken, die mit Mineraloxiden vermengt sind. Restorganik, Schwermetalle, Salze, Schwefelverbindungen etc. können zur Einstufung als besonders überwachungsbedürftiger Abfall führen.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 01 17\* Pyrolyseabfälle, die gefährliche Stoffe enthalten
- 19 01 18 Pyrolyseabfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 01 17 fallen

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

- 19 01 17\*: Deponierung auf SAD.
- 19 01 18: I. d. R. Deponierung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.

---

### **Sande aus der Wirbelschichtfeuerung [E]**

Die mit Bettasche angereicherten Sande bestehen hauptsächlich aus Mineralphasen wie CaO, SiO, MgO etc., die Metalloxide (Fe-, Al-, Cu-, etc.) enthalten. Sande aus der Wirbelschichtfeuerung sind durch den vollständigen Abbrand grundsätzlich als nicht besonders überwachungsbedürftig eingestuft.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 01 19 Sande aus der Wirbelschichtfeuerung

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. Einsatz im Straßenbau oder Baustoffindustrie.

Ansonsten Ablagerung auf Deponien, ggf. mit Siedlungsabfällen.

### **Filterstaub [F]**

Umweltrelevante Stoffe im Filterstaub stellen hauptsächlich Schwermetalle und ihre Verbindungen, sowie fluor- oder chlorhaltige Verbindungen (zum Beispiel PCDD/PCDF) dar, die zur Einstufung als besonders überwachungsbedürftiger Abfall führen.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 01 13\* Filterstaub, der gefährliche Stoffe enthält (*Regelfall*)

19 01 14 Filterstaub mit Ausnahme desjenigen, die unter 19 01 13 fällt (*Ausnahme*)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

19 01 13\*: Ablagerung auf Deponien (vorrangig SAD, ansonsten UTD).

19 01 14: Deponierung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.

### **Wässrige Abfälle [G]**

Waschwässer aus der Nasssorption enthalten als gefährliche Stoffe neben Schwermetallen und deren Verbindungen auch auskondensierte organische Verbindungen, chlor- und fluorhaltige Säuren (z. B. HCl, HF), sowie Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>).

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 01 06\* wässrige flüssige Abfälle aus der Abgasbehandlung und andere wässrige flüssige Abfälle

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

I. d. R. Behandlung in betriebseigenen CPB-Anlagen zur Neutralisation zur Einleitung der Wasserphase in die Kanalisation.

---

### **Filterkuchen [H]**

Filterkuchen aus der Kammerfilterpresse der Nasssorptionsanlage (siehe Abb. 5) enthalten u. a. metallhydroxidhaltige Schlämme, sowie Phosphate, Sulfate, Silikate und organische Bestandteile.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 01 05\* Filterkuchen aus der Abgasbehandlung.

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

Ablagerung auf Deponien (SAD).

### **Feste Abfälle [I]**

Feste Abfälle aus der Sprühabsorption bestehen aus chlorid-, fluorid- und schwefelhaltigen Salzen, sowie aus Kalk und Staubbmischprodukten und sind als besonders überwachungsbedürftiger Abfall einzustufen.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 01 07\* feste Abfälle aus der Abgasbehandlung

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

I. d. R. Deponierung (UTD).

### **Gebrauchte Katalysatoren [J]**

Katalysatoren aus der Entstickung bestehen entweder aus Metalloxiden (u. a.  $V_2O_5$ ,  $TiO_2$ ) oder sind auf Zeolithen aufgebaut. Katalysatoren sind als besonders überwachungsbedürftig einzustufen, wenn sie gefährliche Übergangsmetalle enthalten oder mit gefährlichen Stoffen aus dem Prozess verunreinigt sind (vgl. 16 08 gebrauchte Katalysatoren).

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

16 08 02\* gebrauchte Katalysatoren, die gefährliche Übergangsmetalle oder deren Verbindungen enthalten (*Ausnahme*)

16 08 03 gebrauchte Katalysatoren, die Übergangsmetalle oder deren Verbindungen enthalten, a. n. g. (*Regelfall*)

16 08 07\* gebrauchte Katalysatoren, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind (*Ausnahme*)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

16 08 02\*, 16 08 07\*: I. d. R. Deponierung (SAD).

16 08 03: I. d. R. Beseitigung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.

### **Gebrauchte Aktivkohle [K]**

An Aktivkohle aus dem Festbettadsorber lagern sich bevorzugt organische Schadstoffe, Dioxine/Furane (PCDD/PCDF), sowie Quecksilberverbindungen an, so dass in der Regel gefährliche Stoffe enthalten sind.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 01 10\* gebrauchte Aktivkohle aus der Abgasbehandlung

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. Verbrennung in Abfallverbrennungsanlagen (SAV).

Ansonsten Deponierung (SAD).

### **3. Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel – Stofffluss**

<b>Auszug aus dem EAV</b>		<b>Stofffluss</b>	<b>Entsorgung</b>
<b>1901</b>	<b>Abfälle aus der Verbrennung oder Pyrolyse von Abfällen</b>		
19 01 02	Eisenteile, aus der Rost- und Kesselasche entfernt	C	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall
19 01 05*	Filterkuchen aus der Abgasbehandlung	H	SAD (Monodeponie)
19 01 06*	wässrige flüssige Abfälle aus der Abgasbehandlung und andere wässrige flüssige Abfälle	G	CPB
19 01 07*	feste Abfälle aus der Abgasbehandlung	I	SAD, UTD (Monodeponie)
19 01 10*	gebrauchte Aktivkohle aus der Abgasbehandlung	K	SAD, SAV
19 01 11*	Rost- und Kesselaschen sowie Schlacken, die gefährliche Stoffe enthalten	B	SAD, UTD (Monodeponie)
19 01 12	Rost- und Kesselaschen sowie Schlacken mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 01 11 fallen	B	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall
19 01 13*	Filterstaub, der gefährliche Stoffe enthält	F	SAD, UTD
19 01 14	Filterstaub mit Ausnahme desjenigen, die unter 19 01 13 fällt	F	mit Siedlungsabfall
19 01 15*	Kesselstaub, der gefährliche Stoffe enthält	A	SAD, UTD
19 01 16	Kesselstaub mit Ausnahme desjenigen, der unter 19 01 15 fällt	A	mit Siedlungsabfall
19 01 17*	Pyrolyseabfälle, die gefährliche Stoffe enthalten	D	SAD, UTD (Monodeponie)

19 01 18	Pyrolyseabfälle mit Ausnahmen derjenigen, die unter 19 01 17 fallen	D	mit Siedlungsabfall
19 01 19	Sande aus der Wirbelschichtfeuerung	E	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall
19 01 99	Abfälle a. n. g.	-	-

<b>Abfälle aus der Verbrennung oder Pyrolyse von Abfällen, die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind</b>			
16 08 02*	gebrauchte Katalysatoren, die gefährliche Übergangsmetalle oder deren Verbindungen enthalten	J	SAD
16 08 03	gebrauchte Katalysatoren, die Übergangsmetalle oder deren Verbindungen enthalten, a. n. g.	J	mit Siedlungsabfall
16 08 07*	gebrauchte Katalysatoren, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind	J	SAD

## 19 02 Abfälle aus der physikalisch-chemischen Behandlung von Abfällen (einschließlich Dechromatisierung, Cyanidentfernung, Neutralisation)

<b>1</b>	<b>Prozesse</b> .....	<b>1</b>
1.1	<i>Anorganische Behandlungslinie</i> .....	1
1.2	<i>Organische Behandlungslinie</i> .....	2
<b>2</b>	<b>Abfälle</b> .....	<b>4</b>
2.1	<i>Abfälle aus der anorganischen Behandlungslinie [A]</i> .....	4
2.2	<i>Abfälle aus der organischen Behandlungslinie</i> .....	4
<b>3</b>	<b>Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss</b> .....	<b>7</b>

### 1 Prozesse

Häufig bedürfen Abfälle einer Vorbehandlung, bevor sie endgültig beseitigt oder verwertet werden können. Die hierzu erforderlichen Anlagen werden aus verschiedenen Gründen (Kosten, Organisation, Effizienz etc.) oft nicht direkt beim originären Abfallerzeuger, sondern zentral von Entsorgungsunternehmen betrieben. Die Anlagen arbeiten mit geeigneten Kombinationen aus chemischen und/oder physikalischen Verfahrensstufen, wobei die Behandlung getrennt nach organischen und anorganischen Abfällen erfolgt.

*Da die Behandlung flüssiger Abfälle und Dünnschlämme überwiegt, werden im vorliegenden Papier ausschließlich die daraus resultierenden neuen Abfälle betrachtet. Auf die Beschreibung der Abfallarten 19 02 03 und 19 02 04 (vorgemischte Abfälle) wird verzichtet.*

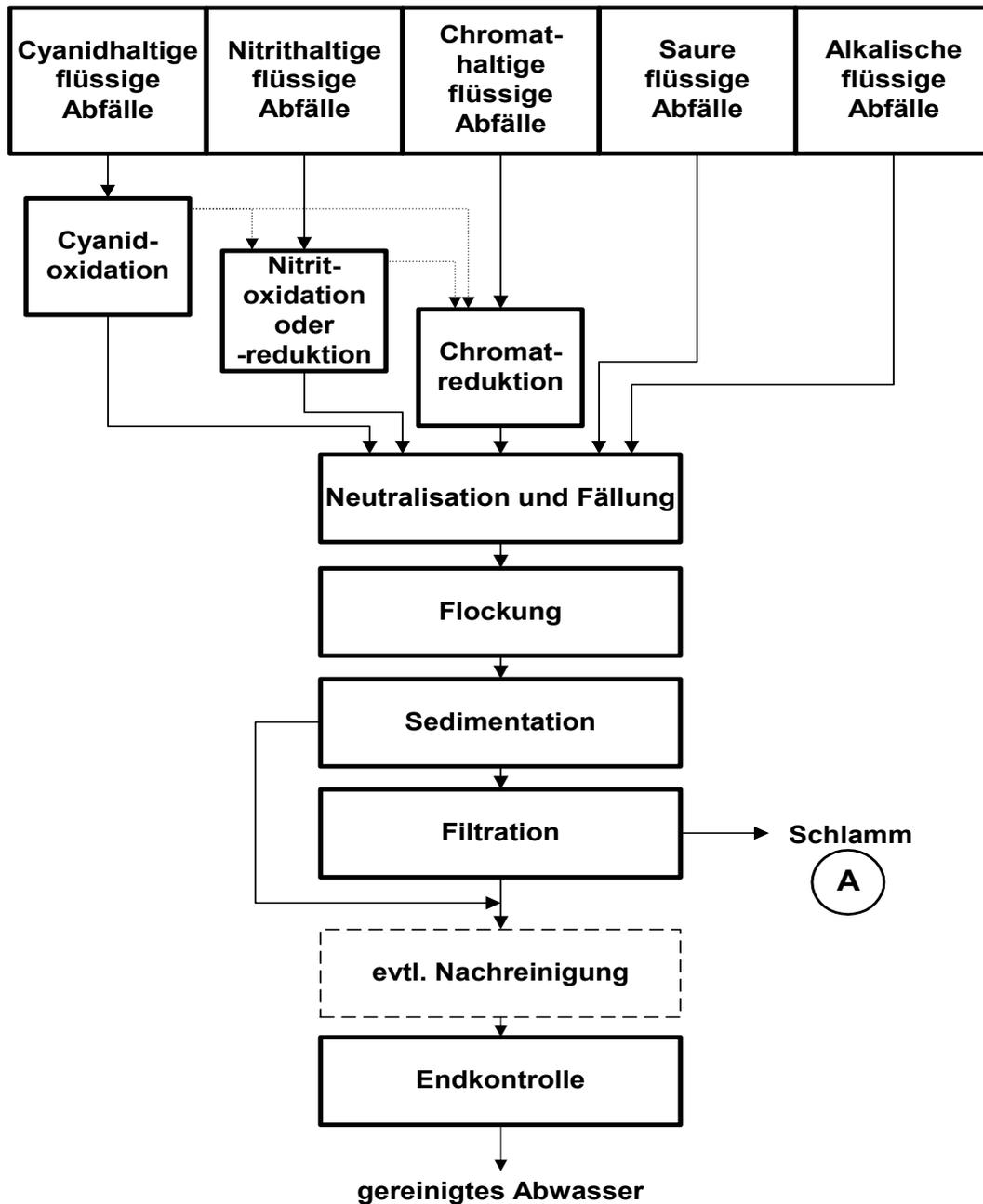
#### 1.1 Anorganische Behandlungslinie

In der anorganischen Behandlungslinie werden flüssige Abfälle und Dünnschlämme verschiedener Herkunftsbereiche entsprechend ihrer Inhaltsstoffe behandelt. Diese Herkunftsbereiche können beispielsweise sein (in Klammern zugehörige EAV-Unterabfallgruppen für den Anlageninput):

- Leder- und Textilindustrie (04 01, 04 02)
- Anorganische chemische Prozesse (06 01, 06 02, 06 03)
- Fotografische Industrie (09 01)
- Metalloberflächenbearbeitung und –beschichtung (11 01)

Nach einer gegebenenfalls erforderlichen Oxidation bzw. Reduktion von im Abwasser enthaltenen Cyaniden, Nitriten und Chromaten werden bei der Behandlung Schwermetalle in eine unlösliche Form überführt und abgetrennt sowie der pH-Wert eingestellt.

Eine schematische Darstellung der wichtigsten Behandlungsschritte zeigt **Abb. 1**.



**Abb. 1:** Mögliche Verfahrensschritte bei der physikalisch-chemischen Behandlung anorganisch belasteter flüssiger Abfälle

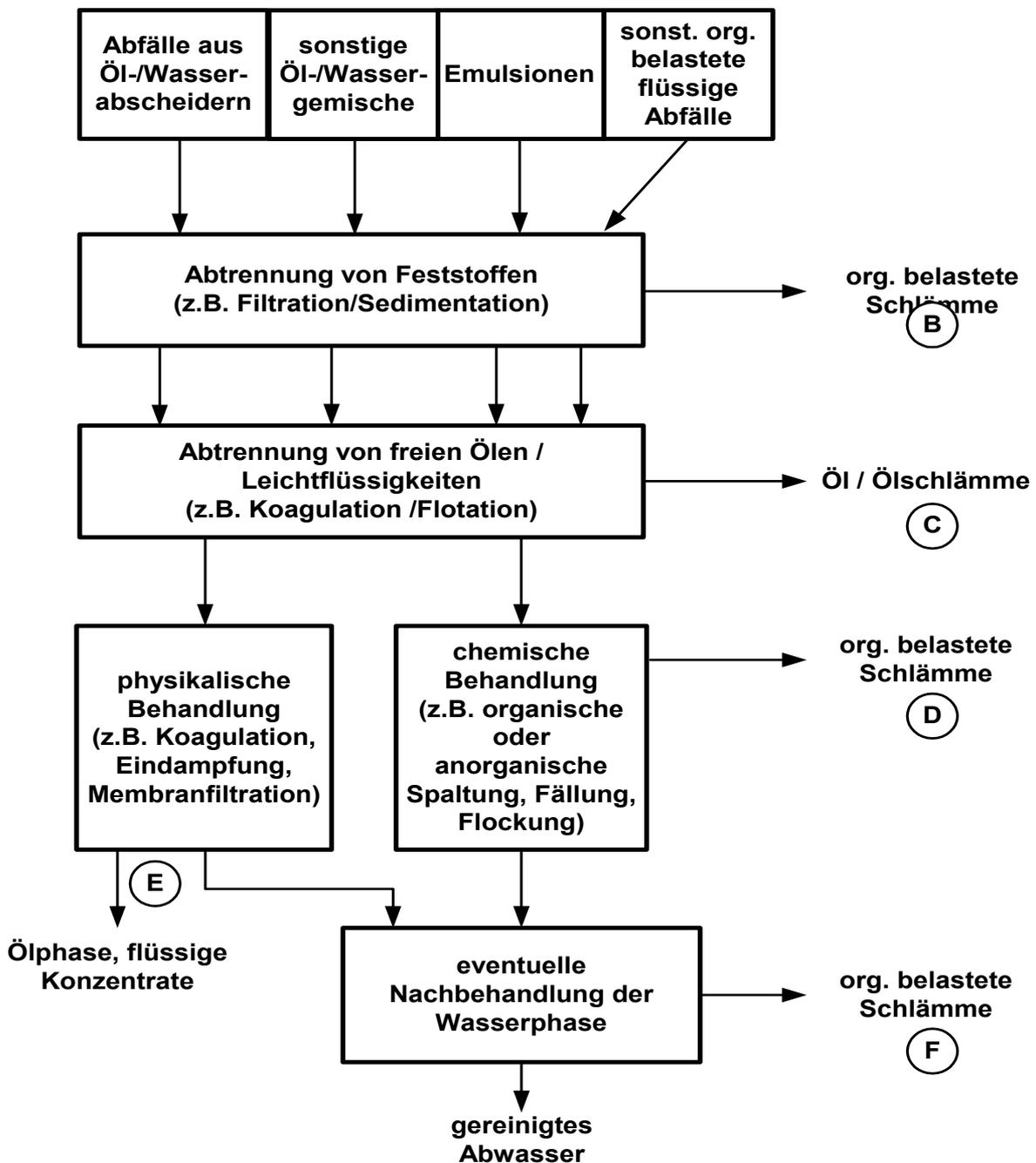
## 1.2 Organische Behandlungslinie

In der organischen Behandlungslinie werden Öl-/Wassergemische und Emulsionen aber auch ölhaltige Dünnschlämme verschiedener Herkunftsbereiche behandelt. Dies erfolgt in der Regel nicht sortenrein, so dass die bei der Behandlung entstehenden Abfälle unterschiedlichste Zusammensetzungen aufweisen. Diese Herkunftsbereiche der behandelten Abfälle können sein (in Klammern beispielhafte EAV-Unterkapitel für den Anlageninput):

- Öl-/ Wasserabscheider (13 05)

- Öl-/Wassergemische z. B. aus der Schifffahrt und der Tankreinigung (13 04, 16 07)
- Emulsionen und Lösungen z. B. aus der mechanischen Formgebung und Oberflächenbearbeitung (12 01, 13 01)
- Sonstige organisch belastete Abwässer aus industriellen und gewerblichen Anlagen (05 08, 07 01, 07 02, 07 03, 07 06, 0801, 08 03, 12 03, 13 01)

Eine schematische Darstellung der wichtigsten Behandlungsschritte und der daraus resultierenden Abfälle zeigt **Abb. 2**.



**Abb. 2:** Verfahrensablauf zur physikalisch-chemischen Behandlung organisch belasteter flüssiger Abfälle

## 2 Abfälle

### 2.1 Abfälle aus der anorganischen Behandlungslinie [A]

Bei der Behandlung flüssiger Abfälle mit vorwiegend anorganischen Bestandteilen und Verunreinigungen werden vorwiegend Natriumhydroxid und Kalziumhydroxid als Fällungsmittel zur Abtrennung der Schwermetalle eingesetzt. Alternativ erfolgt die Ausfällung als Metallsulfide. Der entstehende schwerlösliche Schlamm wird üblicherweise über Kammerfilterpressen filtriert und abgepresst (siehe **Abb. 1**).

Der Filterkuchen fällt in stichfester Konsistenz bei Feststoffgehalten von 30 - 40% an. In Einzelfällen erfolgt als nachgeschalteter Prozess eine thermische Trocknung auf Feststoffgehalte von ca. 70%. Die Zusammensetzung der Schlämme hängt in erster Linie vom Input, d. h. von den Inhaltsstoffen der behandelten Abfälle sowie den eingesetzten Behandlungskemikalien ab. Wesentliche Inhaltsstoffe sind verschiedene Metallhydroxide oder -sulfide sowie schwerlösliche Kalziumverbindungen (Hydroxide, Sulfate, Phosphate, Silikate, Fluoride).

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 02 05\*    Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung, die gefährliche Stoffe enthalten (*Regel*)
- 19 02 06    Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 02 05 fallen (*Ausnahme*)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Metallhaltige Schlämme können ggf. metallurgisch aufgearbeitet werden.

Ansonsten Deponierung als besonders überwachungsbedürftiger Abfall.

Wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind, Deponierung zusammen mit Siedlungsabfällen.

### 2.2 Abfälle aus der organischen Behandlungslinie

Die verschiedenen Behandlungsstufen mit den daraus resultierenden Abfällen sind in **Abb. 2** dargestellt.

Entsprechend der Vielzahl der möglichen Eingangsstoffe und der verwendeten Behandlungskemikalien (z. B. Spaltmittel, Flockungsmittel, Fällungsmittel) können die entstehenden Abfälle unterschiedliche Schadstoffarten und -gehalte aufweisen.

#### 2.2.1 Schlämme aus der Feststoffabtrennung [B]

In den zu behandelnden Abfällen/ Abwässern enthaltene Feststoffe werden meist in der ersten Behandlungsstufe mit einfachen Sedimentations- oder Filtrationsverfahren abgetrennt. Die Feststoffart (z. B. Sand bei der Öl-/ Wasserabscheidung, feine Metallspäne bei Kühlschmierstoff-Emulsionen) ist von der Herkunft des Anlageninputs abhängig. Die Schadstoffbelastung ist primär organisch (anhaftende Öle, Fette usw.).

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 02 05\*    Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung, die gefährliche Stoffe enthalten
- 19 02 06    Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 02 05 fallen

Für Anlagen, in denen vorwiegend Abfälle aus Öl-/ Wasserabscheidern behandelt werden (vgl. Unterkapitel 13 05):

13 05 01\* feste Abfälle aus Sandfanganlagen und Öl-/ Wasserabscheidern

13 05 02\* Schlämme aus Öl-/ Wasserabscheidern

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Verbrennung der abgetrennten Schlämme mit überwiegend organischer Belastung.

Ansonsten Deponierung der festen, überwiegend anorganischen Abfälle, z. B. aus Sandfanganlagen.

Wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind, Beseitigung zusammen mit Siedlungsabfällen.

### **2.2.2 Öle aus Leichtflüssigkeitsabscheidung [C]**

Freie, d.h. nicht emulgierte oder gelöste Öle und Fette werden unter Nutzung des Dichteunterschieds, unterstützt durch Koagulations- oder Flotationseinrichtungen, abgetrennt. Die anfallende Ölphase kann in der Regel direkt verwertet werden.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 02 07\* Öl und Konzentrate aus Abtrennprozessen

Für Anlagen, in denen vorwiegend Abfälle aus Öl-/ Wasserabscheidern behandelt werden (vgl. Unterkapitel 13 05):

13 05 06\* Öl aus Öl-/ Wasserabscheidern

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Verbrennung.

### **2.2.3 Schlämme aus der chemischen Behandlungsstufe [D]**

Nicht mit mechanisch/ physikalischen Verfahren abtrennbare, organische Bestandteile lassen sich durch chemische Verfahren abspalten. Die dazu verwendeten Chemikalien (z. B. Säuren, Salze, Flockungsmittel) ermöglichen durch pH-Wert-Reduzierung, Flockungs- und Fällungsprozesse eine weitgehende Abtrennung der organischen Inhaltsstoffe aus der Wasserphase. Die per Flotation oder über Kammerfilterpressen entwässerten Schlämme sind in der Regel stark (10 - 50%) mit Organik belastet. Bei Einsatz von organischen Spaltmitteln ist die abgetrennte Phase flüssig.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 02 05\* Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung, die gefährliche Stoffe enthalten (*Regel*)

19 02 06 Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 02 05 fallen (*Ausnahme*)

19 02 08\* flüssige brennbare Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten

19 02 09\* feste brennbare Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten

---

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Verbrennung.

Wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind, Beseitigung zusammen mit Siedlungsabfällen.

**2.2.4 Öle/Konzentrate aus der physikalischen Behandlungsstufe [E]**

Mit physikalischen Behandlungsstufen wie z. B. Membranverfahren (Ultrafiltration, Umkehrosmose), Eindampfung, Elektrokoagulation werden organische Bestandteile von der Wasserphase abgetrennt. Bei der Eindampfung und Umkehrosmose auch gelöste Organik, Schwermetalle und Salze. Die anfallenden Konzentrate weisen daher je nach Anlageninput neben der Organik insbesondere auch die abgetrennten Schadstoffe wie Salze, Schwermetalle usw. auf.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 02 07\* Öl und Konzentrate aus Abtrennprozessen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Verbrennung.

**2.2.5 Schlämme aus der Abwassernachbehandlung [F]**

Zur Einhaltung und Sicherung der örtlichen Einleitkriterien wird die Wasserphase nachbehandelt, falls erforderlich. Dabei kommen meistens Adsorptionsverfahren (Aktivkohle, Al-Hydroxid-Verbindungen) oder auch Ionentauscher zum Einsatz (siehe auch EAV-Unterkapitel 19 08, Abschn. 2.2). Die anfallenden Schlämme sind entsprechend dem Input und der vorausgeschalteten Behandlungsstufen mit Organik und Schwermetallen belastet.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 02 11\* sonstige Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten

19 08 06\* gesättigte oder verbrauchte Ionenaustauscherharze

19 08 13\* Schlämme, die gefährliche Stoffe aus einer anderen Behandlung von industriellem Abwasser enthalten

19 08 14 Schlämme aus einer anderen Behandlung von industriellem Abwasser mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 08 13 fallen

19 09 04 gebrauchte Aktivkohle

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Verbrennung bei überwiegend organischer Belastung und von Ionenaustauscherharzen, die mit gefährliche Stoffen (z. B. Schwermetalle) beladen sind.

Ansonsten Deponierung als besonders überwachungsbedürftiger Abfall.

Wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind, Beseitigung zusammen mit Siedlungsabfällen.

### 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss

Auszug aus dem EAV	Stofffluss	Entsorgung
<b>19 02</b> <b>Abfälle aus der physikalisch-chemischen Behandlung von Abfällen (einschließlich Dechromatisierung, Cyanidentfernung, Neutralisation)</b>		
19 02 03     vorgemischte Abfälle, die ausschließlich aus nichtgefährlichen Abfällen bestehen	selbsterklärend	Mit Siedlungsabfall
19 02 04*     vorgemischte Abfälle, die wenigstens einen gefährlichen Abfall enthalten	selbsterklärend	1) SAD, 2) Verbrennung
19 02 05*     Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung, die gefährliche Stoffe enthalten	A, B, D ----- B, D	SAD ----- Verbrennung
19 02 06     Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 02 05 fallen	A, B, D	Mit Siedlungsabfall
19 02 07*     Öl und Konzentrate aus Abtrennprozessen	C, E	Verbrennung
19 02 08*     flüssige brennbare Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten	D	Verbrennung
19 02 09*     feste brennbare Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten	D	Verbrennung
19 02 10     brennbare Abfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 02 08 und 19 02 09 fallen	In der Regel nicht zutreffend	1) Verbrennung, 2) mit Siedlungsabfall
19 02 11*     sonstige Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten	F	Verbrennung, SAD
19 02 99     Abfälle a. n. g.	In der Regel nicht erforderlich	

<b>Abfälle aus der physikalisch-chemischen Behandlung von Abfällen, die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind</b>		
13 05 01*     feste Abfälle aus Sandfängen und Öl-/Wasserabscheidern	B	SAD, Verbrennung
13 05 02*     Schlämme aus Öl-/ Wasserabscheidern	B	Verbrennung
13 05 06*     Öle aus Öl-/ Wasserabscheidern	C	Verbrennung
19 08 06*     gesättigte oder verbrauchte Ionenaustauscherharze	F	Verbrennung
19 08 13*     Schlämme, die gefährliche Stoffe aus einer anderen Behandlung von industriellem Abwasser enthalten	F	SAD, Verbrennung

19 08 14	Schlämme aus einer anderen Behandlung von industriellem Abwasser mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 08 13 fallen	F	Mit Siedlungsabfall
19 09 04	gebrauchte Aktivkohle	F	1) Verbrennung, 2) Mit Siedlungsabfall

## 19 03 Stabilisierte und verfestigte Abfälle

<b>1</b>	<b>PROZESSE</b> .....	<b>1</b>
1.1	Stabilisierungsverfahren .....	1
1.2	Verfestigungsverfahren .....	2
<b>2</b>	<b>ABFÄLLE</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>ÜBERSICHT ZUR ZUORDNUNG ABFALLSCHLÜSSEL – STOFFFLUSS</b> .....	<b>5</b>

### 1 Prozesse

Ziel der Verfestigungs- und Stabilisierungsverfahren ist die Verbesserung der Handhabbarkeit und der Entsorgungsfähigkeit von Abfällen.

Bei Stabilisierungsverfahren werden gefährliche Bestandteile des Abfalls chemisch in ungefährliche Bestandteile umgewandelt oder chemisch so eingebunden, dass sich ihre Eluierbarkeit verringert. Dabei kann ein gefährlicher Abfall in einen nicht gefährlichen Abfall überführt werden.

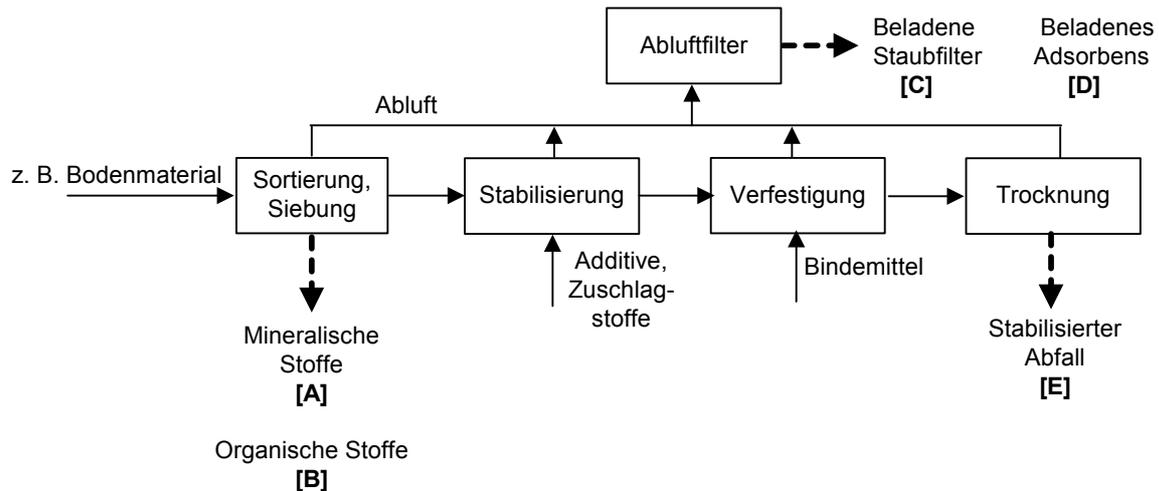
Die Verfestigung von Abfällen hat zum Ziel, die mechanische Stabilität der Abfälle zu erhöhen, z. B. die Flügelscherfestigkeit, die axiale Verformung und die Druckfestigkeit. Dabei findet gleichzeitig eine Verringerung der Wasserwegsamkeit und Auslaugbarkeit der Schadstoffe statt. Die chemischen Eigenschaften der Schadstoffe werden durch Verfestigungsprozesse nicht gezielt verändert. Verfestigte Abfälle werden in der Regel der gleichen Überwachungskategorie zugeordnet wie die Ausgangsstoffe.

#### 1.1 Stabilisierungsverfahren

Die Abfälle werden zunächst sortiert, dabei werden Störstoffe entfernt. Anschließend werden sie aufgemahlen und homogenisiert. Die chemische Umwandlung der Schadstoffe wird je nach Schadstoffart und -zusammensetzung durch unterschiedliche Reaktionsmittel erreicht. Die Oxidation organischer Inhaltsstoffe und die Mineralisierung von Ammonium und Cyanid erfolgt mit Wasserstoffperoxid und Eisen(II), die Reduktion von Nitrit mit Amidosulfonsäure. Schwermetalle werden als Sulfide ausgefällt.

Nach dieser chemischen Stabilisierung erfolgt in Abhängigkeit vom Schadstoffspektrum meist eine Verfestigung durch Zugabe und Beimischung von ausgewählten Additiven (z.B. Zeolithe, Alumosilikate, Calciumstearate, Bitumenemulsionen, Polymerlösung).

Diese Verfahren werden z.B. bei der Behandlung schwermetallhaltiger Bodenmaterialien eingesetzt

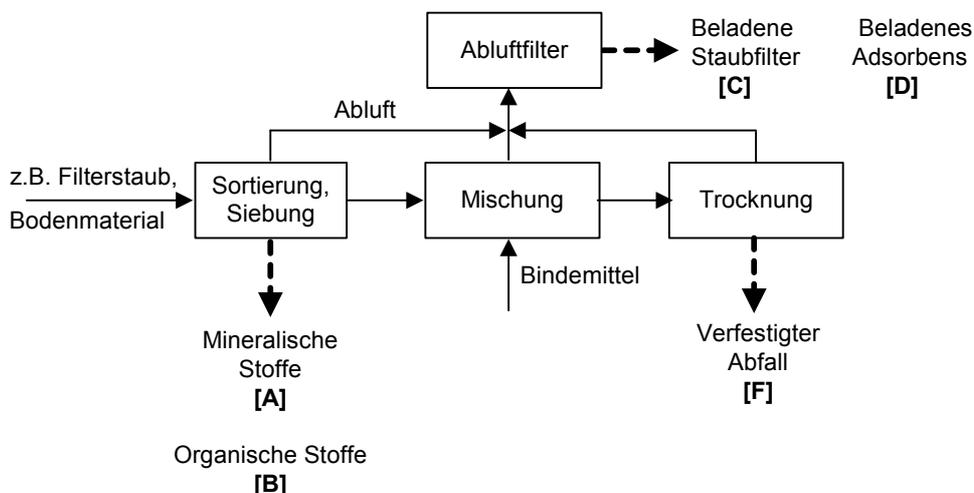


**Abbildung 1:** Chemische Stabilisierung von Abfällen

## 1.2 Verfestigungsverfahren

Abfälle können durch die Zugabe von Bindemitteln verfestigt werden. Ziel ist es mobile Schadstoffe teilweise in eine Matrix einzubinden (Immobilisierung), die mechanischen Festigkeit zu erhöhen, z. B. für den Einsatz von Stoffen zur Verfüllung von Hohlräumen, oder die Wasserdurchlässigkeit zu verringern und somit das Eluatverhalten des stabilisierten Materials zu verbessern. Als Inputstoffe kommen überwiegend anorganische Abfälle, z. B. Filterstäube oder verunreinigte Bodenmaterialien in Betracht. Als Bindemittel werden Zement, Flugasche oder organische Bindemittel eingesetzt. Bei Abfällen mit hohen organischen Anteilen ist der Immobilisierungs- und Stabilisierungseffekt nur durch speziell abgestimmte Bindemittel erreichbar.

Die Inputstoffe werden vorbehandelt (zerkleinern, sieben, homogenisieren). Dabei werden ggf. vorhandene Störstoffe entfernt. Anschließend wird das Material mit dem Bindemittel unter Zugabe von Wasser gemischt und ausgehärtet.



**Abbildung 2:** Verfestigung mit Bindemitteln

## 2 Abfälle

### **Mineralische Stoffe aus der Sortierung und Siebung [A]**

Bei der Vorbehandlung der Abfälle werden Stoffe ausgeschleust, die den Mischungs- und Verfestigungsprozess stören oder die für andere Zwecke genutzt werden können.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 12 02	Eisenmetalle
19 12 03	Nichteisenmetalle
19 12 05	Glas
19 12 09	Mineralien (Sand, Steine)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Bei entsprechender Separierung, Recycling bzw. Verwertung (Metallurgie, Glasrecycling, Bauschuttzubereitung).

Ansonsten, bei stark verunreinigten Fraktionen, Deponierung, i.d.R. zusammen mit Siedlungsabfällen.

### **Organische Stoffe aus der Sortierung und Siebung [B]**

Bei der Vorbehandlung der Abfälle werden organische Stoffe ausgeschleust, die den Mischungs- und Verfestigungsprozess stören oder die für andere Zwecke genutzt werden können.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 12 04	Kunststoffe und Gummi
19 12 06*	Holz, das gefährliche Stoffe enthält
19 12 07	Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 19 12 06 fällt
19 12 10	brennbare Abfälle (Brennstoffe aus Abfällen)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Verbrennung, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

### **Beladene Filtermaterialien [C]**

Zur Staubabscheidung, insbesondere bei den Zerkleinerungs- und Siebprozessen werden Gewebefilter eingesetzt, deren Beladung mit gefährlichen Stoffen vom Anlageninput bestimmt wird.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

15 02 02*	Aufsaug- und Filtermaterialien (einschließlich Ölfiler a. n. g.), Wischtücher und Schutzkleidung, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind
15 02 03	Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung mit Ausnahme derjenigen, die unter 15 02 02 fallen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

Deponierung, falls keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

***Beladene Adsorbentien [D]***

Zur Reinigung der Hallenabluft und zur Geruchselimination werden überwiegend Adsorber eingesetzt. Als Adsorbens wird meist Aktivkohle, aber auch Zeolith und Polymere eingesetzt.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 01 10\* gebrauchte Aktivkohle aus der Abgasreinigung

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I.d.R. Regenerierung und Wiederverwendung.

Ansonsten Verbrennung, i.d.R. in SAV.

***Stabilisierter Abfall [E]***

Das Endprodukt der Stabilisierungsverfahren sind stabilisierte Abfälle.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 03 04\* als gefährlich eingestufte teilweise stabilisierte Abfälle (*Ausnahme*)

19 03 05 stabilisierte Abfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 03 04 fallen (*Regel*)

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

Deponierung, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

***Verfestigter Abfall [F]***

Das Endprodukt der Verfestigungsverfahren sind verfestigte Abfälle.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 03 06\* als gefährlich eingestufte verfestigte Abfälle (*Regel*)

19 03 07 verfestigte Abfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 03 06\* fallen (*Ausnahme*)

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Einsatz in der Baustoffindustrie und im Bergbau, z.B. bei hohen Silikatgehalten.

Ansonsten Deponierung, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

### 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel – Stofffluss

Auszug aus dem EAV		Stofffluss	Entsorgung
<b>19 03</b>	<b>Stabilisierte und verfestigte Abfälle<sup>1</sup></b>		
19 03 04*	als gefährlich eingestufte teilweise stabilisierte <sup>2</sup> Abfälle	E	SAD
19 03 05	stabilisierte Abfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 03 04 fallen	E	Mit Siedlungsabfall
19 03 06*	als gefährlich eingestufte verfestigte Abfälle	F	SAD
19 03 07	verfestigte Abfälle mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 03 06 fallen	F	1.) Baustoffliche Nutzung, 2.) mit Siedlungsabfall

Abfälle aus stabilisierte und verfestigte Abfälle, die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind			
15 02 02*	Aufsaug- und Filtermaterialien (einschließlich Ölfiler a. n. g.), Wischtücher und Schutzkleidung, die durch gefährliche Stoffe verunreinigt sind	C	SAD
15 02 03	Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung mit Ausnahme derjenigen, die unter 15 02 02 fallen	C	Mit Siedlungsabfall
19 01 10*	gebrauchte Aktivkohle aus der Abgasreinigung	D	1.) Regenerierung, 2.) Verbrennung, SAV
19 12 02	Eisenmetalle	A	1.) Recycling, 2.) mit Siedlungsabfall
19 12 03	Nichteisenmetalle	A	1.) Recycling, 2.) mit Siedlungsabfall
19 12 04	Kunststoffe und Gummi	B	1.) Recycling, 2.) mit Siedlungsabfall
19 12 05	Glas	A	1.) Recycling, 2.) mit Siedlungsabfall

<sup>1</sup> Stabilisierungsprozesse ändern die Gefährlichkeit der Bestandteile des Abfalls und wandeln somit gefährlichen Abfall in nicht gefährlichen Abfall um. Verfestigungsprozesse ändern die physikalische Beschaffenheit des Abfalls (z. B. flüssig in fest) durch die Verwendung von Zusatzstoffen, ohne die chemischen Eigenschaften zu berühren.

<sup>2</sup> Ein Abfall gilt als teilweise stabilisiert, wenn nach erfolgtem Stabilisierungsprozess kurz-, mittel- oder langfristig gefährliche Inhaltsstoffe, die nicht vollständig in nichtgefährliche Inhaltsstoffe umgewandelt wurden, in die Umwelt abgegeben werden könnten.

19 12 06*	Holz, das gefährliche Stoffe enthält	B	Verbrennung, SAV
19 12 07	Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 19 12 06 fällt	B	1.) Verbrennung, 2.) mit Siedlungsabfall
19 12 09	Mineralien (Sand, Steine)	A	1.) Recycling, 2.) mit Siedlungsabfall
19 12 10	brennbare Abfälle (Brennstoffe aus Abfällen)	B	Verbrennung, SAV

## 19 04 Verglaste Abfälle und Abfälle aus der Verglasung

1	PROZESSE.....	1
1.1	Anwendungsgebiete und allgemeine Verfahrensbeschreibung.....	1
2	ABFÄLLE.....	2
3	ÜBERSICHT ZUR ZUORDNUNG ABFALLSCHLÜSSEL – STOFFFLUSS.....	3

### 1 Prozesse

#### 1.1 Anwendungsgebiete und allgemeine Verfahrensbeschreibung

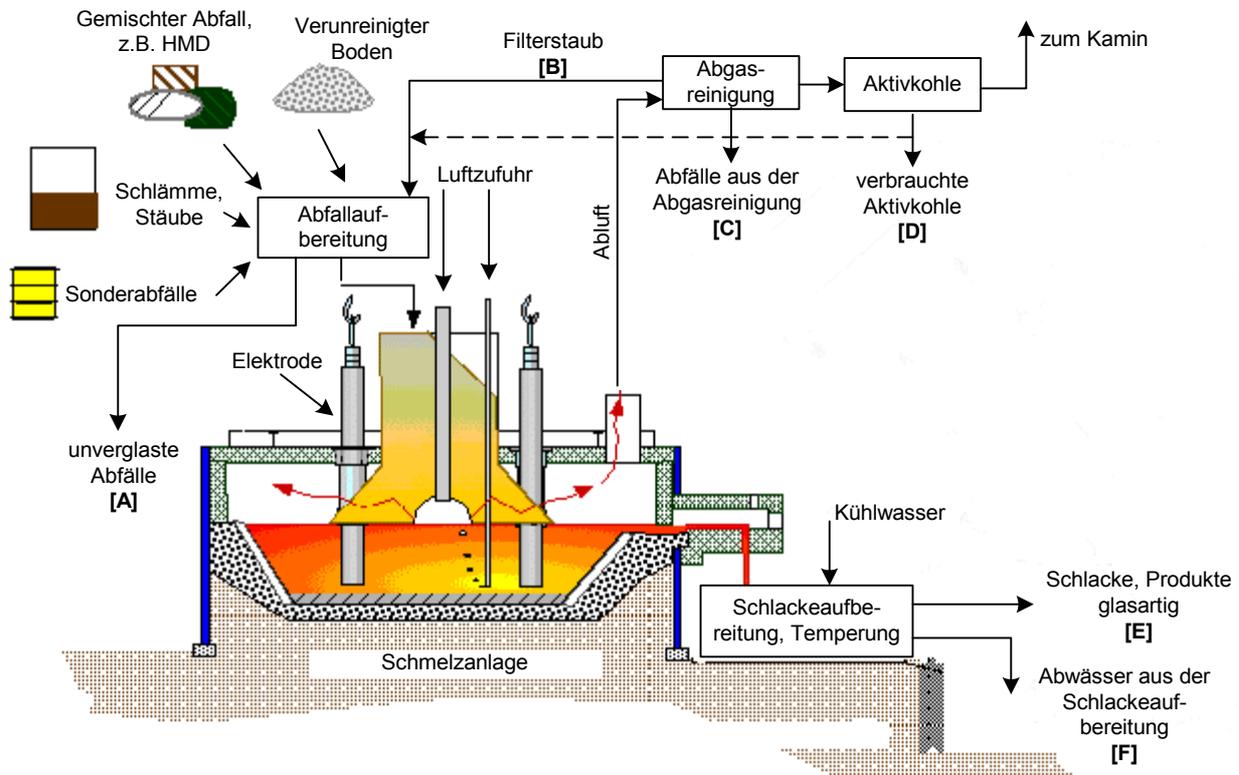
Mit Verglasungsverfahren können problematische, insbesondere stark organisch belastete und schwermetallhaltige Abfälle (z. B. der Inhalt von Hausmülldeponien, verunreinigte Böden, Klärschlamm, Flugaschen) behandelt werden. Als Produkt entsteht eine weitgehend inerte glasartige Masse, die z.B. in der Baustoffindustrie eingesetzt werden kann oder zumindest besser deponiefähig ist. Auf Grund der relativ hohen Kosten wird dieses Verfahren eher selten eingesetzt. Auch sprechen die hohen Temperaturen, die erforderlich sind, nicht für ökologische Vorteile des Verfahrens.

Bei der **Verglasung** wird das zu behandelnde Material bei sehr hohen Temperaturen (> 1500° C) eingeschmolzen. Organische Verunreinigungen im Material werden dabei vollständig zerstört. Die Pyrolyse- und Rauchgase werden gefiltert und in einer thermischen Nachverbrennung gereinigt.

Die anorganischen Verunreinigungen werden in der Silikatmatrix, die nach Abkühlung des geschmolzenen Materials entsteht, eingebunden. Abhängig von der Abkühlungsgeschwindigkeit entsteht eine glasartige oder kristalline Schlacke, die auslaugungsresistent ist. Das Volumen der Schlacke ist wesentlich kleiner als das des Ausgangsmaterials.

Falls der Siliziumgehalt des Ausgangsmaterials nicht zur Bildung einer Silikatmatrix ausreicht, können bei der Verglasung eventuell Zusätze (z.B. Sand oder Altglas) zugegeben werden.

In Abb. 1 ist ein Verglasungsverfahren mit einer Beheizung über Elektroden dargestellt. Weitere Varianten sind z.B. die Verglasung im Koksbett und im Plasmaofen. In der Erprobung befinden sich auch in-situ Verfahren zur Sanierung alter Deponien und verunreinigter Böden.



**Abbildung 1:** Verglasung von Abfällen, hier elektrisch beheizt

## 2 Abfälle

### **Unverglaste Abfälle [A]**

Bei der Abfallaufbereitung werden Stoffe ausgeschleust, die den Verglasungsprozess stören. Weiterhin sind dies Stoffe, die die Schmelzanlage nur teilverglast verlassen.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 04 03\* nichtverglaste Feststoffphase

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungserfahren bekannt.

Deponierung SAD, thermische Behandlung in SAV.

### **Filterstaub und andere Abfälle aus der Abgasbehandlung [B], [C], [D]**

Die Abgase werden gekühlt, gefiltert und ggf. thermisch nachbehandelt. Oft wird Aktivkohle als Polizeifilter eingesetzt.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 04 02\* Filterstaub und andere Abfälle aus der Abgasbehandlung

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I.d.R. werden die Filterstäube und Abfälle aus der Rauchgasreinigung in den Verglasungsprozess zurückgeführt. Aktivkohle kann regeneriert und wiederverwendet werden.

Ansonsten Deponierung, i.d.R. SAD, UTD

**Schlacke, Produkte glasartig [E]**

In der glasartigen Schlacke sind die Schadstoffe weitgehend inert eingebunden.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 04 01 verglaste Abfälle

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Die Schlacke kann, bei entsprechender Eignung, als Baustoff eingesetzt werden.

Ansonsten Deponierung, i.d.R. zusammen mit Siedlungsabfällen.

**Abwässer aus der Schlackeaufbereitung [F]**

Nach Verlassen des Ofens wird die Schlacke mit Wasser abgeschreckt. Das Kühlwasser wird i.d.R. im Kreislauf gefahren. Verunreinigungen werden i.d.R. in Form von Dünnschlämmen ausgetragen.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 04 04 wässrige flüssige Abfälle aus dem Tempem

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungserfahren bekannt.

Behandlung der flüssigen Abfälle in CPB-Anlagen, zur Abtrennung der Wasserphase und Einleitung in die Kanalisation.

### 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel – Stofffluss

	Auszug aus dem EAV	Stofffluss	Entsorgung
<b>19 04</b>	<b>Verglaste Abfälle und Abfälle aus der Verglasung</b>		
19 04 01	verglaste Abfälle	E	Mit Siedlungsabfall
19 04 02*	Filterstaub und andere Abfälle aus der Abgasbehandlung	B, C, D	1) Rückführung, 2) SAD
19 04 03*	nicht verglaste Festphase	A	SAD, SAV
19 04 04	wässrige flüssige Abfälle aus dem Tempem	F	CPB

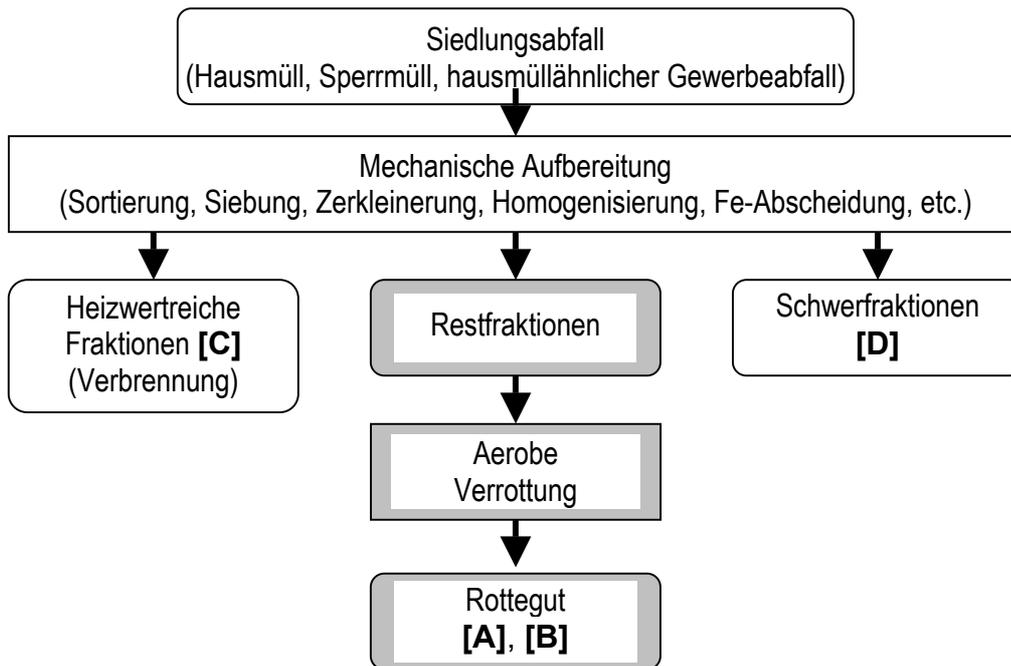
## 19 05 Abfälle aus der aeroben Behandlung von festen Abfällen

<b>1</b>	<b>Prozess</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Abfälle</b> .....	<b>3</b>
2.1	<i>Rottegut [A]</i> .....	3
2.2	<i>Nicht kompostierte Fraktionen von tierischen und pflanzlichen Abfällen [B]</i> .....	3
2.3	<i>Heizwertreiche Fraktion [C]</i> .....	4
2.4	<i>Schwerfraktion [D]</i> .....	4
2.5	<i>Störstoffe [E]</i> .....	4
2.6	<i>Fe-Fraktion [F]</i> .....	4
2.7	<i>Nicht spezifikationsgerechter Kompost [G]</i> .....	5
<b>3</b>	<b>Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss</b> .....	<b>5</b>

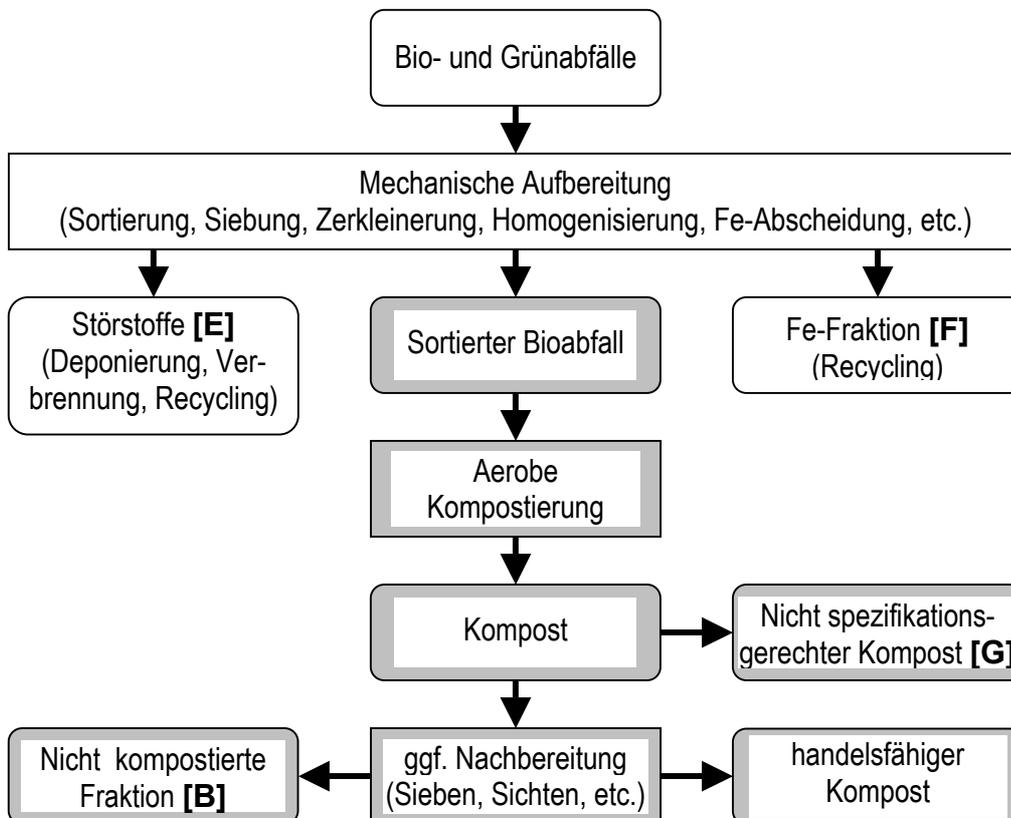
### 1 Prozess

In mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen (MBA) werden Siedlungsabfälle durch eine Kombination von mechanischen und biologischen Verfahren behandelt (siehe **Abb. 1**). Vorrangiges Ziel ist es, nachsorgearme Deponien auch ohne aufwändige thermische Inertisierung der Abfälle zu erreichen. Durch eine stoffgruppenspezifische Vorbehandlung z. B. von Hausmüll, Sperrmüll und hausmüllähnlichem Gewerbeabfall soll zudem eine möglichst weitgehende Abtrennung verwertbarer Anteile mit entsprechender Abfallmengenreduzierung erzielt werden. In der mechanischen Stufe werden stofflich und energetisch verwertbare Stoffe ausgeschleust und in der biologischen Stufe (aerobe Verrottung) nativ-organische Bestandteile des Restmülls weitgehend inertisiert. Damit werden Emissionen aus Deponien, d. h. durch biologischen Abbau organischer Substanzen entstehende Deponiegase und Sickerwässer, vermieden.

Kompostierungsanlagen (siehe **Abb. 2**) arbeiten nach dem grundsätzlich gleichen Verfahren, wobei hier lediglich Bioabfälle (z. B. aus den Biotonnen der Haushalte) und Grünabfälle (z. B. von den kommunalen Grünschnitt-Sammelstellen) eingesetzt werden.



**Abb.1:** Vereinfachtes Schema zur mechanisch-biologischen Behandlung von Siedlungsabfällen und der dabei entstehenden Abfälle



**Abb.2:** Vereinfachtes Schema zur mechanisch-biologischen Behandlung von Bio- und Grünabfällen und der dabei entstehenden Abfälle

Die Zersetzung organischer Reste natürlicher Herkunft erfolgt maßgeblich durch einzellige Lebewesen (Mikroorganismen). Mikroorganismen beleben aerobe und anaerobe Systeme, wobei die hier betrachtete Verrottung bzw. Kompostierung zu den aeroben Systemen gehört, für deren Bestand die ausreichende Versorgung mit Sauerstoff unabdingbar ist.

Mikrobiell abbaubare organische Verbindungen finden sich in großer Menge in den meisten Siedlungsabfällen (z. B. Abfälle aus der Speisenzubereitung, Grünabfälle, Papier und Pappe, textile Naturfasern) sowie in Industrieabfällen aus der Nahrungsmittelproduktion und aus Schlachthöfen, in Abfällen aus der Holzverarbeitung, etc. Gemeinsam ist allen genannten Abfallarten die Zusammensetzung aus organischen und mineralischen Anteilen sowie Wasser.

Die für die biologische Behandlung erforderliche Verfahrenstechnik umfasst im weiteren Sinne sowohl die mechanischen Verfahren, wie z. B. Sortierung, Siebung, Zerkleinerung, Homogenisierung, als auch die Steuerung der biologischen Vorgänge, wie z. B. die Be- und Entlüftung sowie Be- und Entwässerung während des Verrottungsprozesses.

## 2 Abfälle

### 2.1 Rottegut [A]

Bei Rottegut handelt es sich um die durch den aeroben Prozess nicht weitergehend biologisch abbaubare Restfraktion von Siedlungs- und ähnlichen Abfällen. Bei der Deponierung wird somit eine Verminderung der Deponiegas- und Sickerwassermenge und -belastung erzielt.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 05 01 nicht kompostierte Fraktion von Siedlungs- und ähnlichen Abfällen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Deponierung zusammen mit Siedlungsabfällen.

### 2.2 Nicht kompostierte Fraktionen von tierischen und pflanzlichen Abfällen [B]

Hierbei handelt es sich um organisches Material tierischer oder pflanzlicher Herkunft, vorwiegend aus industriellen Prozessen, das aufgrund seiner Struktur nur sehr langsam verrottet (z. B. stark verholzte Pflanzenrückstände) und daher nach dem Verrottungs- bzw. Kompostierungsprozess als nicht mikrobiell zersetzte Fraktion anfällt. Nicht verrottete Fraktionen aus der aeroben Behandlung von Siedlungsabfällen werden i. d. R. nicht vom Rottegut getrennt, sondern zusammen mit diesem entsorgt.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 05 02 nicht kompostierte Fraktion von tierischen und pflanzlichen Abfällen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Deponierung zusammen mit Rottegut und Siedlungsabfällen.

### **2.3 Heizwertreiche Fraktion [C]**

Durch Absiebung werden größere Teile abgetrennt, die in der Hauptsache aus Plastikfolien und anderen großflächigen Stücken bestehen, die meist einen hohen Heizwert besitzen. Es entsteht somit durch Abtrennung der Grobfraction ein heizwertreicher Teilstrom.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 12 10 brennbare Abfälle (Brennstoffe aus Abfällen)

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Verbrennung.

### **2.4 Schwerfraktion [D]**

Die das Sieb passierte Fraktion wird durch (Wind)-sichtung in die Ströme „leicht“ und „schwer“ getrennt. In der Schwerfraktion konzentrieren sich mineralische Anteile und Metalle.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 12 12 sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 12 11 fallen.

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Ggf. stoffliche Verwertung der Fe-Fraktion, i. d. R. nach Separierung durch Magnetabscheider (siehe unter 2.6).

Ansonsten Deponierung zusammen mit Siedlungsabfällen.

### **2.5 Störstoffe [E]**

Auch bei der separaten Erfassung von Bioabfall ist nicht zu vermeiden, dass nicht kompostierbare Abfälle enthalten sind. Diese werden durch Siebung, Sichtung oder auch manuelle Auslese aus dem Materialstrom separiert.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 12 12 sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 12 11 fallen.

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Deponierung zusammen mit Siedlungsabfällen.

### **2.6 Fe-Fraktion [F]**

Aus den Materialströmen D und E lassen sich über Magnetabscheider Fe-Metalle gewinnen.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 12 02 Eisenmetalle

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Recycling in Stahlwerken.

## 2.7 Nicht spezifikationsgerechter Kompost [G]

Bei nicht spezifikationsgerechtem Kompost handelt es sich um die Fraktionen aus dem Kompostierungsprozess von Bio- und Grünabfällen, die nicht den Qualitätsanforderungen (z. B. durch ungenügende Belüftung oder zu hoher Störstoffanteil) genügen.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 05 03 nicht spezifikationsgerechter Kompost

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d .R. Deponierung zusammen mit Siedlungsabfällen.

Ggf. Verbrennung heizwertreicher Fraktionen nach Trocknung.

## 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss

Auszug aus dem EAV		Stofffluss	Entsorgung
<b>19 05</b>	<b>Abfälle aus der aeroben Behandlung von festen Abfällen</b>		
19 05 01	nicht kompostierte Fraktion von Siedlungs- und ähnlichen Abfällen	A	Mit Siedlungsabfall
19 05 02	nicht kompostierte Fraktion von tierischen und pflanzlichen Abfällen	B	Mit Siedlungsabfall
19 05 03	nicht spezifikationsgerechter Kompost	G	1) Mit Siedlungsabfall, 2) Verbrennung
19 05 99	Abfälle a. n. g.	in der Regel nicht erforderlich	

	<b>Abfälle aus der aeroben Behandlung von festen Abfällen, die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind</b>		
19 12 02	Eisenmetalle	F	Recycling
19 12 10	brennbare Abfälle (Brennstoffe aus Abfällen)	C	Verbrennung
19 12 12	sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 12 11 fallen.	D, E	Mit Siedlungsabfall

---

## 19 06 Abfälle aus der anaeroben Behandlung von Abfällen

<b>1</b>	<b>Prozesse .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Abfälle .....</b>	<b>3</b>
2.1	<i>Flüssigkeiten aus der anaeroben Behandlung [A].....</i>	3
2.2	<i>Schlämme aus der anaeroben Behandlung [B].....</i>	3
2.3	<i>Metalle und mineralische Stoffe aus der Sortierung und Siebung [C].....</i>	4
2.4	<i>Organische Stoffe aus der Sortierung und Siebung [D].....</i>	4
2.5	<i>Sonstige Stoffe aus der Sortierung und Siebung [E] .....</i>	4
2.6	<i>Beladene Adsorbentien [F] .....</i>	5
<b>3</b>	<b>Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel – Stofffluss .....</b>	<b>6</b>

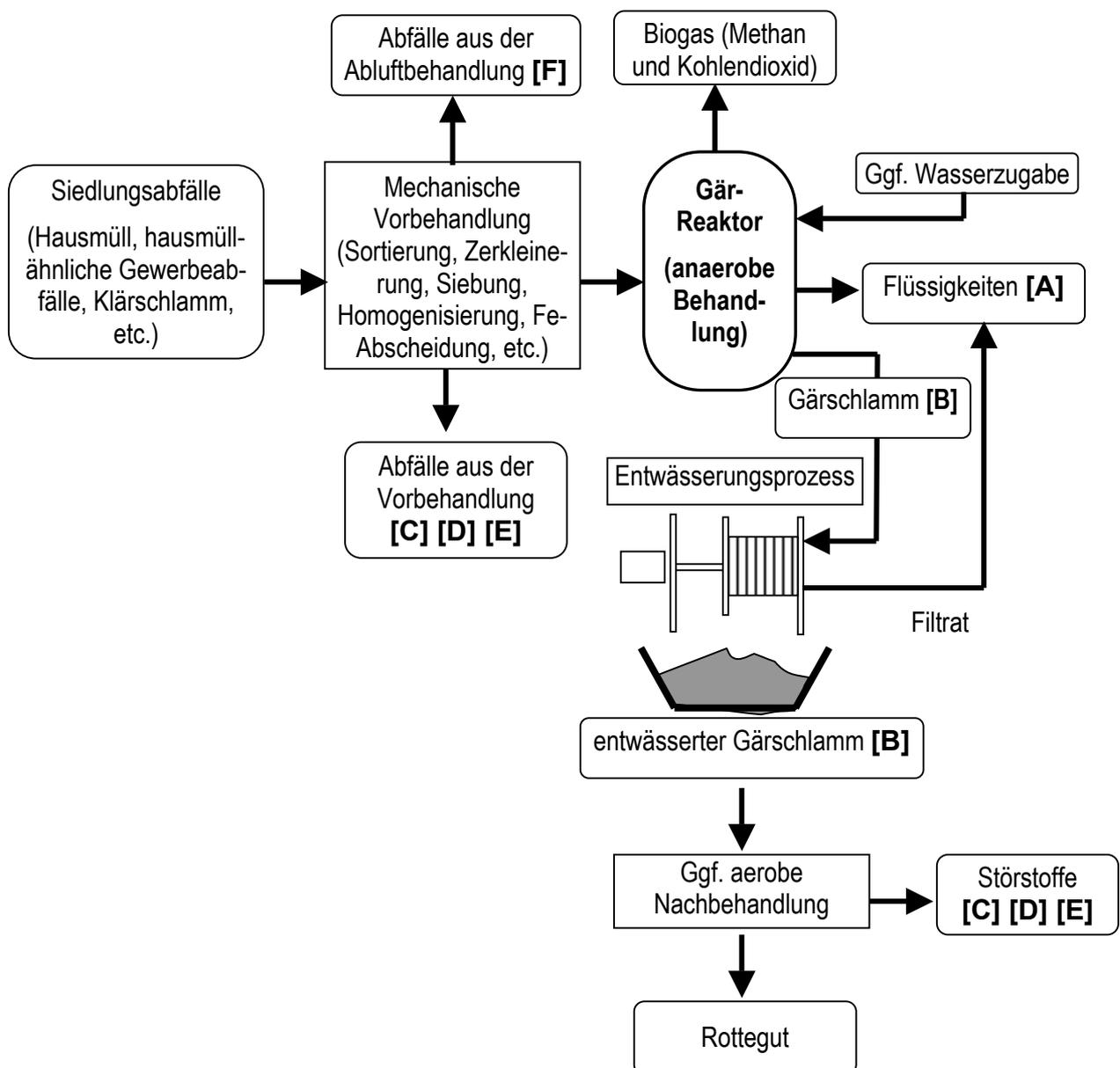
### 1 Prozesse

In gleicher Weise, wie organische Abfallbestandteile aerob (mit Luftsauerstoffzufuhr) in Rotteprozessen mineralisiert werden können (siehe Kap. 19 05), besteht auch die Möglichkeit der anaeroben, unter Sauerstoffabschluss ablaufenden Vergärung mit Biogasgewinnung. Der anaerobe biologische Vergärungsprozess wird vorwiegend zur Reinigung industrieller Abwässer, zur Klärschlammfäulung und zur Behandlung fester organischer Abfälle eingesetzt. Letzteres mit dem vorrangigen Ziel, bioverfügbare Stoffe möglichst weitgehend abzubauen um auf Deponien biochemische Prozesse, die zur Bildung von Methangas und zur Belastung des Deponiesickerwassers führen, zu reduzieren. Damit sollen nachsorgearme Deponien auch ohne aufwändige thermische Inertisierung der Abfälle erzielt werden.

Bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (MBA) handelt es sich um ein Verfahren zur Behandlung von Abfällen mit überwiegend organischen Anteilen, z. B. Restabfallfraktionen aus Haushalten oder hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen. Sie kann aerobe Prozesse (siehe Kap. 19 05, Abschn. 1) oder anaerobe Prozesse umfassen. Ggf. wird einem anaeroben Prozess zusätzlich ein aerober Prozess nachgeschaltet (siehe **Abb. 1**), um organische Stoffe (z. B. Biomasse) weiter abzubauen und durch die weitgehende Inertisierung der Abfälle die o. g. Deponiebelastung zu vermindern. Die MBA dient i. d. R. der Abfallvorbehandlung vor der endgültigen Ablagerung. Abfälle, die biologisch abbaubare Bestandteile enthalten, werden bei dem Verfahren biologisch stabilisiert.

Die Inputstoffe (z. B. Restmüll, Klärschlamm) werden in einem Bunker gelagert. In der Aufbereitung werden die Stoffe zerkleinert, gesiebt und homogenisiert. Dort werden Störstoffe und eine heizwertreiche Fraktion, z. B. Kunststoffe, abgetrennt.

Die aufbereiteten Stoffe werden einem, je nach Gärverfahren, ein- oder mehrstufigen Gärprozess zugeführt, ggf. unter Wasserzugabe. Dabei werden organische Substanzen im Wesentlichen zu Methan und Kohlendioxid (Biogas) abgebaut. Der Anteil von Spurengasen wie z. B. Ammoniak und Schwefelwasserstoff ist abhängig vom Stickstoff- und Schwefelgehalt vergorener (z. B. proteinreicher) Abfälle. Als Gärrückstand verbleiben mikrobielle Biomasse und nicht vergärbare Bestandteile der Abfälle, die im Wesentlichen als schlammförmige sowie flüssige Phase vorliegen. Der entwässerte Gärschlamm kann ggf. unter Nutzung seines Energieinhalts thermisch behandelt, hydriert oder deponiert werden. Die Abluft aus allen Prozessen wird über eine Abgasreinigungsanlage (Adsorber) gereinigt.



**Abb. 1:** Vereinfachtes Schema zur mechanisch-biologischen Behandlung von Abfällen (anaerob, mit aerober Nachbehandlung)

---

## 2 Abfälle

### 2.1 Flüssigkeiten aus der anaeroben Behandlung [A]

Die flüssigen Phasen aus anaeroben Gärprozessen enthalten i. d. R. organische (Biomasse) und mineralische Bestandteile in stark verdünnter Form. Sie können ggf. in unterschiedlichem Umfang mit schlecht abbaubaren Stoffen (z. B. polymere Schwebeteilchen) verunreinigt sein.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 06 03 Flüssigkeiten aus der anaeroben Behandlung von Siedlungsabfällen
- 19 06 05 Flüssigkeiten aus der anaeroben Behandlung von tierischen oder pflanzlichen Abfällen

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Ggf. Verwendung zur Befeuchtung organischer Abfälle. Hierbei erfolgt gleichzeitig eine Beimpfung der zu vergärenden Abfälle mit anaeroben Mikroorganismen.

Ansonsten chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe auch Kap. 19 08, Abschn. 2.5) zur Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation. Bei 19 06 03 ist auf erhöhte Schwermetallgehalte zu achten, die sich durch die „Laugung“ des Restmülls im sauren Milieu ergeben.

### 2.2 Schlämme aus der anaeroben Behandlung [B]

Die schlammförmigen Phasen aus anaeroben Gärprozessen enthalten i. d. R. organische (Biomasse) und mineralische Bestandteile. Sie können in unterschiedlichem Umfang mit schlecht abbaubaren Stoffen (z. B. Metalle und Kunststoffe) verunreinigt sein.

Der Trockensubstanzgehalt (TS) der organischen Fraktion richtet sich nach dem angewandten Gärverfahren. Handelt es sich z. B. um eine Feststoffvergärung, liegt der TS-Gehalt i. d. R. bei 25 - 35%. Im Falle einer Nassvergärung wird soviel Wasser zugefügt, dass ein noch konventionell pumpfähiger Schlamm mit einem TS-Gehalt von 12 - 18% entsteht.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 06 04 Gärrückstand/-schlamm aus der anaeroben Behandlung von Siedlungsabfällen
- 19 06 06 Gärrückstand/-schlamm aus der anaeroben Behandlung von tierischen oder pflanzlichen Abfällen

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Entwässerung bis auf Wassergehalte unter ca. 15 Masse % ("Trockenstabilisierung"). Anschließend, ggf. nach aerober Nachbehandlung (Verrottung), Deponierung oder Verbrennung, i. d. R. zusammen mit Siedlungsabfall.

Wenn keine schädlichen Stoffe enthalten sind (z. B. bei überwiegend pflanzlichen Abfällen von Grünschnittsammelstellen), stoffliche Nutzung als Kompost, ggf. nach aerober Nachbehandlung (Kompostierung).

### **2.3 Metalle und mineralische Stoffe aus der Sortierung und Siebung [C]**

Bei der mechanischen Vorbehandlung der Abfälle werden anorganische Stoffe, die den Gärprozess stören oder die für andere Zwecke genutzt werden können (z. B. Metalle, Glas und mineralische Stoffe) ausgeschleust.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 12 02 Eisenmetalle
- 19 12 03 Nichteisenmetalle
- 19 12 05 Glas
- 19 12 09 Mineralien (Sand, Steine)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Bei entsprechender Separierung, Recycling bzw. Verwertung (Metallurgie, Glasrecycling, Bauschuttzubereitung).

Ansonsten, bei stark verunreinigten Fraktionen, Deponierung, i.d.R. zusammen mit Siedlungsabfall.

### **2.4 Organische Stoffe aus der Sortierung und Siebung [D]**

Bei der mechanischen Vorbehandlung der Abfälle werden organische Stoffe ausgeschleust, die im Gärprozess nicht umgesetzt (z. B. verholzte Abfälle) oder deren stoffliche Eigenschaften oder Energieinhalt genutzt werden können (z. B. Kunststoffe und Elastomere).

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 12 04 Kunststoffe und Gummi
- 19 12 07 Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 19 12 06 fällt
- 19 12 10 brennbare Abfälle (Brennstoffe aus Abfällen)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Verbrennung, i. d. R. zusammen mit Siedlungsabfall.

### **2.5 Sonstige Stoffe aus der Sortierung und Siebung [E]**

Weiterhin können bei der mechanischen Vorbehandlung gemischte Fraktionen anfallen, die entsprechend ihrer Herkunft und ihrer Zusammensetzung zutreffenden EAV-Schlüsseln zuzuordnen sind. Beispielsweise führen Batterien oder elektronische Geräte aus dem Hausmüllbereich aufgrund ihres Schadstoffgehalts zu einer Einstufung als besonders überwachungsbedürftiger Abfall.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 12 11\* sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen, die gefährliche Stoffe enthalten
- 19 12 12 sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 12 11 fallen

---

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

Verbrennung oder Deponierung, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfall.

**2.6 Beladene Adsorbentien [F]**

Zur Reinigung der Hallenabluft und zur Geruchselimination werden überwiegend Adsorber eingesetzt. Als Adsorbens wird meist Aktivkohle, aber auch Zeolith und Polymere eingesetzt.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

15 02 02\*    Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung, die mit gefährlichen Stoffen verunreinigt sind

15 02 03    Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung mit Ausnahme derjenigen, die unter 15 02 02 fallen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Regenerierung und Wiederverwendung.

Ansonsten Verbrennung; wenn keine schädlichen Stoffe enthalten sind, zusammen mit Siedlungsabfall.

### 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel – Stofffluss

Auszug aus dem EAV	Stofffluss	Entsorgung
<b>19 06 Abfälle aus der anaeroben Behandlung von Abfällen</b>		
19 06 03 Flüssigkeiten aus der anaeroben Behandlung von Siedlungsabfällen	A	1) Recycling, 2) CPB
19 06 04 Gärrückstand/-schlamm aus der anaeroben Behandlung von Siedlungsabfällen	B	Mit Siedlungsabfall
19 06 05 Flüssigkeiten aus der anaeroben Behandlung von tierischen und pflanzlichen Abfällen	A	1) Recycling, 2) CPB
19 06 06 Gärrückstand/-schlamm Flüssigkeiten aus der anaeroben Behandlung von tierischen und pflanzlichen Abfällen	B	1) Mit Siedlungsabfall, 2) stoffliche Nutzung
19 06 99 Abfälle a. n. g.	in der Regel nicht erforderlich	

<b>Abfälle aus der anaeroben Behandlung von Abfällen, die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind</b>		
15 02 02* Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung, die mit gefährlichen Stoffen verunreinigt sind	F	1) Regenerierung, 2) SAD, SAV
15 02 03 Aufsaug- und Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung mit Ausnahme derjenigen, die unter 15 02 02 fallen	F	1) Regenerierung, 2) mit Siedlungsabfall
19 12 02 Eisenmetalle	C	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall
19 12 03 Nichteisenmetalle	C	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall
19 12 04 Kunststoffe und Gummi	D	1) Verbrennung, 2) mit Siedlungsabfall
19 12 05 Glas	C	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall
19 12 07 Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 19 12 06 fällt	D	1) Verbrennung 2) mit Siedlungsabfall

19 12 09	Mineralien (Sand, Steine)	C	1) Stoffliche Nutzung, 2) mit Siedlungsabfall
19 12 10	brennbare Abfälle (Brennstoffe aus Abfällen)	D	1) Verbrennung, 2) mit Siedlungsabfall
19 12 11*	sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen, die gefährliche Stoffe enthalten	E	SAD, SAV
19 12 12	sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 12 11 fallen.	E	Mit Siedlungsabfall

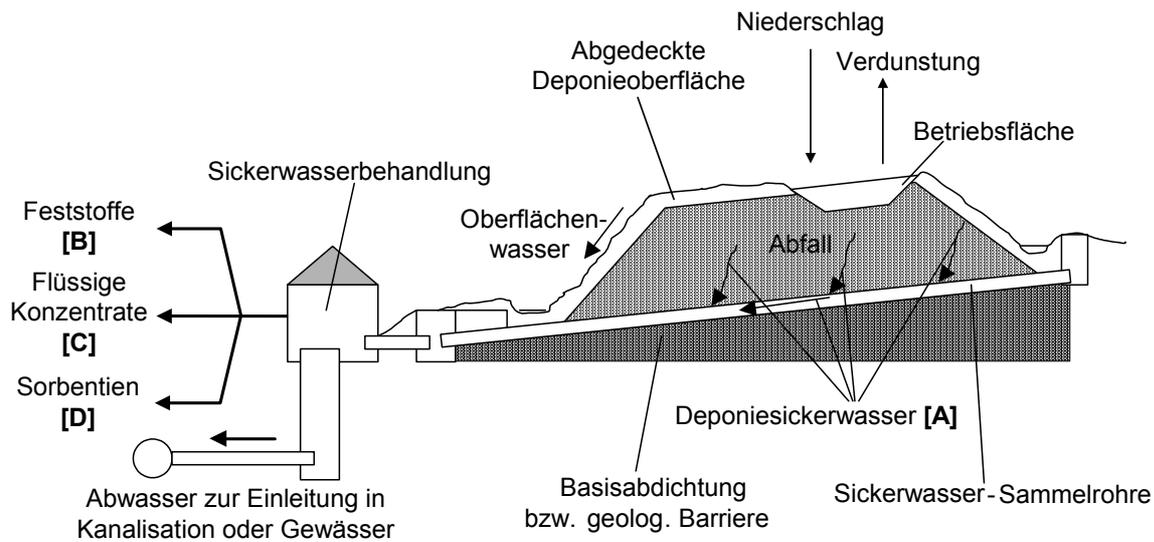
## 19 07 Deponiesickerwasser

1. PROZESSE.....	1
1.1 Aufbau einer Deponie .....	1
1.2 Sickerwassermenge .....	3
1.3 Sickerwasserqualität.....	4
1.4 Abtransport des Sickerwassers mit Tankfahrzeugen.....	5
1.5 Behandlung des Sickerwassers vor Ort.....	5
2. ABFÄLLE.....	9
2.1 Deponiesickerwasser [A].....	9
2.2 Feststoffe [B].....	9
2.3 Flüssige Konzentrate [C] .....	10
2.4 Sorbentien [D].....	11
3. ÜBERSICHT ZUR ZUORDNUNG ABFALLSCHLÜSSEL – STOFFFLUSS.....	11

### 1. Prozesse

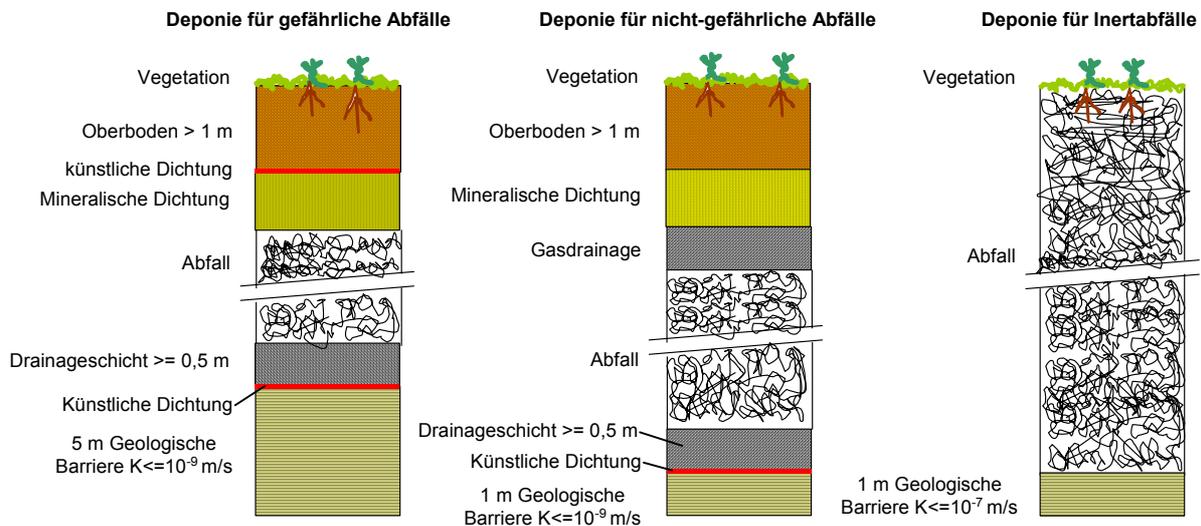
#### 1.1 Aufbau einer Deponie

Zeitgemäße Deponien sehen im Prinzip wie in **Abb. 1** dargestellt aus. Auf dem Deponieuntergrund wird ein Planum hergestellt, das ein möglichst einheitliches Gefälle zu einem Tiefpunkt aufweist. Auf dieses Planum wird die Basisabdichtung aufgebracht. Auf diese folgt das Entwässerungssystem, bestehend aus Drainagerohren, die geradlinig und sternförmig zu einem außerhalb des Deponiekörpers liegenden Sammelschacht verlaufen. Die Drainagerohre weisen eine Perforierung oder eine gelochte Wandung auf. Sie sind in eine flächenartig aufgebrachte Filterschicht eingebunden, die aus stückigem Material besteht, etwa aus Kies oder Kraftwerksschlacke. Hierauf wird der Abfall verdichtet eingebaut, wobei Siedlungsabfälle spezifische Gewichte von etwa  $1 \text{ t/m}^3$  erzielen. Üblich sind Abfall-Schütthöhen von 10 bis 20 Metern.



**Abb. 1:** Schematische Darstellung einer Deponie mit Sickerwasserbehandlung

Wenn das Betriebsende der Deponie erreicht ist, was auch abschnittsweise der Fall sein kann, wird der Abfall wiederum durch eine Abdichtung versiegelt, die das Niederschlagswasser abhalten und eine Folgevegetation erlauben soll (**Abb. 2**).



**Abb. 2:** Vergleich der Deponieklassen im Bezug auf Versiegelung

Die EU-Deponierichtlinie 1999/31/EG unterscheidet in vier Deponie-Kategorien:

- Deponie für Inertabfälle,
- Deponie für nicht gefährliche Abfälle,
- Deponie für gefährliche Abfälle und die
- Untertagedeponie.

In der Bundesrepublik sind derzeit noch Unterkategorisierungen der Inertstoffdeponie vorhanden, nämlich die Erdaushubdeponie (Deponieklasse 0) und Deponieklasse I nach TA Siedlungsabfall. Hinzu kommt noch die Möglichkeit Monodeponien für spezielle Industrieabfälle zu errichten, wie z. B. für Gießereialtsande.

Folgende Ausführungen befassen sich ausschließlich mit Deponien für nicht gefährliche Abfälle und mit Deponien für gefährliche Abfälle. Inertstoffdeponien sind bezüglich Sickerwasser weniger relevant und Untertagedeponien erzeugen definitionsgemäß kein Sickerwasser.

## 1.2 Sickerwassermenge

Deponien sind den Niederschlägen ausgesetzt, die in den Deponiekörper eindringen und diesem als Sickerwasser wieder verlassen. Die gesamte zu erwartende Wassermenge lässt sich anhand folgender Bilanzgleichung darstellen:

$$Q = N + W + B - A - V - E + K$$

Hierin bedeuten:

- Q:** den Sickerwasserabfluss,
- N:** den Niederschlag,
- W:** den im Abfall enthaltenen Wassergehalt,
- B:** die infolge biologischer und chemischer Umsetzungsvorgänge vom Abfall abgeschiedene oder aufgenommene Wassermenge (d. h. mit wechselndem Vorzeichen +/-),
- A:** den oberflächige Abfluss,
- V:** die direkte Verdunstung,
- E:** die Evaporation durch die Vegetation,
- K:** den zeitweise Retentionen und spontane Abflüsse erfassenden Kaskadenkoeffizient (d. h. mit wechselndem Vorzeichen +/-).

Mit dem Kaskadenkoeffizient K wird versucht, die spontan festzustellenden Schwankungen zu beschreiben. Diese Schwankungen treten dadurch auf, dass der Abfall zunächst Wasser absorbiert, später wieder abgibt, oder dass sich Stauhorizonte in der Deponie gebildet haben, die zunächst Wasser zurückhalten, nach einiger Zeit aber hydraulisch versagen und die zurückgehaltene Wassermenge spontan wieder freisetzen. Zur Quantifizierung der einzelnen Faktoren wurden bereits umfangreiche Forschungsarbeiten erstellt. Als Fazit kann festgehalten werden, dass die Sickerwassermenge Q auf lange Zeiträume im Jahresmittel in Mitteleuropa etwa 25 – 40% des Niederschlags beträgt. Letztlich hängt diese Quote stark vom Betriebszustand der Deponie ab. Wenn große Einbauflächen offen liegen, wird die Sickerwasserrate wesentlich größer sein als bei bereits teilrekultivierten oder vollständig rekultivierten Deponien.

### 1.3 Sickerwasserqualität

In den Abfällen sind Stoffe enthalten, die sich unmittelbar oder als Zwischen- und Endprodukte von Umsetzungsvorgängen im Sickerwasser lösen und mit diesem aus der Deponie ausgetragen werden. Bei den anorganischen Stoffen stehen Salze im Vordergrund. Bei Hausmülldeponien der derzeitigen Generation spielen organische Abfälle eine besondere Rolle. Sie unterliegen im oberflächennahen Bereich einem aeroben Abbau, im Inneren der Deponie hauptsächlich einem anaeroben Abbau. Der anaerobe Abbau ist in Hausmülldeponien vorherrschend. Dabei setzt für die organischen Stoffe zunächst eine Versäuerungsphase ein, bei der sich aus hochmolekularen Substanzen vorwiegend organische Säuren bilden. Es folgt die Methangärung, bei der die organischen Substanzen weiter bis in schwer abbaubar oder nicht mehr abbaubare Grundbausteine zerlegt werden. Kohlensäure und Methan in großen Mengen und weitere Gase werden frei. Der vollständige Abbau ist im Allgemeinen erst nach Jahrzehnten abgeschlossen.

Sickerwässer können äußerst unterschiedliche Zusammensetzungen aufweisen. Generell gilt, dass das Sickerwasser aus einer Rohmülldeponie weit stärker organisch belastet und schwerer abbaubar ist, als beispielsweise häusliches Abwasser. **Tab. 1** zeigt den Streubereich an gemessenen Werten in Sickerwässern aus Hausmülldeponien. Die EU-Deponierichtlinie fordert eine kontinuierliche Reduktion der Organikgehalte im Deponiegut. Einige Mitgliedstaaten fordern eine gezielte verfahrenstechnische Vorbehandlung, z. B. die Verbrennung. Damit ergibt sich – zwar mit abnehmender Tendenz - ein die Hausmülldeponien der heutigen Generation kennzeichnendes Potential von ungefähr 300 kg organischer Substanz pro Tonne abgelagertem Abfall. Hiervon ist wiederum ein beträchtlicher Anteil biologisch abbaubar.

Parameter	Konzentration
BSB <sub>5</sub>	bis 40.000 mg/l
CSB	bis 100.000 mg/l
Parameter TOC	bis 35.000 mg/l
Ammonium-N	bis 4.000 mg/l
AOX	bis 5 mg/l
Salzgehalte, ausgedrückt als Leitfähigkeit	bis 25.000 µS pro Zentimeter
Eisen	bis 2.000 mg/l

**Tab. 1:** Streubereich von Sickerwasserbelastungen aus Hausmülldeponien

Werden künftig Abfälle mit weniger biologischen Bestandteilen – im Extremfall als Verbrennungsschlacke - abgelagert, wird sich dies entsprechend auf die Qualität des Sickerwassers auswirken. **Tab. 2** zeigt die Streubreite für Sickerwässer aus Schlackedeponien.

Parameter	Analysenergebnisse
PH-Wert	6 bis 10
Leitfähigkeit	19.000 bis 53.000 µS pro Zentimeter
Abdampfungsrückstand	15.000 bis 34.000 mg/l
Nitrat	Von weniger als 20 bis 70 mg/l

Ammonium-N	10 bis 140 mg/l
Sulfat	70 bis 1.300 mg/l
Chlorid	6.500 bis 20.000 mg/l
Natrium	2.200 bis 8.200 mg/l
Kalium	2.000 bis 10.000 mg/l
BSB 5	von weniger als 1 mg/l bis 350 mg/l
TOC	10 mg/l bis 44 mg/l

**Tab. 2:** Sickerwasserqualitäten aus Schlackedeponien

Bei Deponien für gefährliche Abfälle dürften, wenn die Qualitätskriterien für die Abfälle nach dem Entwurf einer Kommissionsentscheidung vom Juni 2002 eingehalten werden, Schadstoffe in der Größenordnung nachstehender **Tab. 3** zu erwarten sein. Es fällt auf, dass das Sickerwasser nahezu organisch unbelastet ist und anorganische Verunreinigungen vorherrschen.

Parameter	Konzentration
AOX	ca. 2 mg/l
Ammonium-N	ca. 10 mg/l
Gesamtzyanid	ca. 3 mg/l
TOC	ca. 100 mg/l
Kalzium	ca. 2.000 mg/l
Kalium	ca. 2.000 mg/l
Natrium	ca. 5.000 mg/l
Chloride	ca. 10.000 mg/l
Sulfate	ca. 4.000 mg/l

**Tab. 3:** Sickerwasserqualitäten aus Deponien für gefährliche Abfälle

#### 1.4 Abtransport des Sickerwassers mit Tankfahrzeugen

Je nach Lage der Situation kann es sinnvoll sein, das Sickerwasser in Tankfahrzeugen unbehandelt aufzunehmen und zu einer Behandlungsanlage zu transportieren.

#### 1.5 Behandlung des Sickerwassers vor Ort

Soll das Sickerwasser vor Ort behandelt werden, um in ein Gewässer oder die Kanalisation eingeleitet zu werden, sind in der Bundesrepublik die Grenzwerte des Anhangs 51 der Abwasserverordnung einzuhalten. Einen Überblick gibt **Tab. 4**.

Bei direkter Ableitung des Deponiesickerwassers in ein Gewässer sind die Anforderungen 1-7 einzuhalten. Die Anforderungen 8-19 sind zusätzlich vor der Vermischung des Sickerwassers mit Abwasser anderer Herkunft, also beispielsweise vor der Einleitung in ein öffentliches Kanalnetz einzuhalten.

	Parameter	Grenzwerte:
1	CSB	200 mg/L
2	BSB <sub>5</sub>	20 mg/L
3	Stickstoff gesamt <sup>1,2</sup>	70 mg/L
4	Phosphor gesamt	3 mg/L
5	Kohlenwasserstoffe <sup>3</sup>	10 mg/L
6	Nitrit-Stickstoff	2 mg/L
7	Fischttest:	Verdünnungsfaktor 2
8	AOX	0,5 mg/L
9	Hg	0,05 mg/L
10	Cd	0,1 mg/L
11	Cr	0,5 mg/L
12	Cr (VI)	0,1 mg/L
13	Ni	1,0 mg/L
14	Pb	0,5 mg/L
15	Cu	0,5 mg/L
16	Zn	2,0 mg/L
17	As	0,1 mg/L
18	Cyanid, leicht freisetzbar	0,2 mg/L
19	Sulfid	1,0 mg/L

**Tab. 4:** Grenzwerte zur Einleitung von behandeltem Deponiesickerwasser in Kanalisation oder Gewässer aus der oberirdischen Ablagerung von Abfällen (Quelle: Abwasserverordnung, Anhang 51)

Die zuständige Behörde legt im Rahmen des Zulassungsverfahrens Ablaufwerte der Sickerwasserbehandlungsanlage fest. Bei der Auswahl der Sickerwasserbehandlungsverfahren enthält die TA-Abfall, Anhang F, eine Orientierungshilfe (siehe **Tab. 5**). Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um Fällungs-, Trenn- und Aufkonzentrierungsprozesse zur Abtrennung der Wasserphase, die anschließend in die Kanalisation eingeleitet werden kann. In der Praxis werden Verfahren meist in Kombination angewandt.

	Verfahren	Vor- bzw. Nachteile
<b>Mechanische Verfahren:</b>		
	Sedimentation im Sandfang	<ul style="list-style-type: none"> <li>nur Schwebstoffe bzw. Feststoffe werden abgetrennt</li> </ul>
	Membranverfahren (Umkehrosmose)	<ul style="list-style-type: none"> <li>eine Vielzahl von Emulsionen/ Lösungen (z. B. org. Säuren, org. Ester, aliph. Alkohole, aromatische Bestandteile, Formaldehyd etc.)</li> </ul>

<sup>1</sup> Gilt bei einer Abwassertemperatur von 12°C und größer im Ablauf des biologischen Reaktors

<sup>2</sup> Für Stickstoff, gesamt, kann auch eine höhere Konzentration bis zu 100 mg/L zugelassen werden, wenn die Verminderung der Schadstofffracht (in der Abwasserbehandlungsanlage) mindestens 75 % beträgt.

<sup>3</sup> gilt nicht für Siedlungsabfälle

		<ul style="list-style-type: none"> <li>können abgetrennt werden</li> <li>hohe Entsorgungskosten des Retentats</li> </ul>
	Adsorption an Aktivkohle	<ul style="list-style-type: none"> <li>besonders geeignet für org. Halogene, Phenole, Aromate, org. Lösemittel, Pestizide, Detergentien</li> <li>Ammonium, Salze und Metalle können nicht adsorbiert werden</li> </ul>
	Adsorption an Adsorberharze	<ul style="list-style-type: none"> <li>besonders geeignet für halogenorganische Verbindungen und Metallionen</li> <li>wasserlösliche organische Stoffe, Feststoffe und hohe Salzgehalte können nicht adsorbiert werden</li> </ul>
<b>Thermische Verfahren:</b>		
	Eindampfung	<ul style="list-style-type: none"> <li>leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe und Ammonium müssen zusätzlich aus dem (Dampf)-Kondensat entfernt werden</li> <li>hoher Energieverbrauch</li> </ul>
	Verbrennung	<ul style="list-style-type: none"> <li>nahezu alle org. Schadstoffverbindungen werden zerstört</li> <li>leichtflüchtige Schwermetalle verursachen hohe Abgasbelastungen</li> </ul>
<b>Biologische Verfahren:</b>		
	aerobe Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> <li>vorw. org. Stoffe sind biologisch abbaubar</li> <li>Versch., Schadstoffe (z. B. Schwermetalle) wirken auf den biologischen Prozess toxisch oder hemmend</li> <li>geringe Prozesssicherheit</li> </ul>
	anaerobe Verfahren	
<b>Chemische Verfahren:</b>		
	Fällung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schwermetalle können abgetrennt werden (Komplexbildner oft nicht)</li> <li>hoher Schlammanfall</li> </ul>
	Flockung	

**Tab. 5:** Auswahl von Deponiesickerwasserbehandlungsverfahren  
(Quelle: in Anlehnung an TA-Abfall, Anhang F)

### 1.5.1 Abtrennung von Feststoffen [B]

#### • Abtrennung von Feststoffen im Sandfang

Im Sandfang sedimentieren Fest- und Schwebstoffe aus dem Deponiesickerwasser in einem Beruhigungsbecken am Boden ab und können dort abgezogen werden. Sie bestehen i. d. R. aus mineralischen und u. U. organischen Substanzen (z. B. ölhaltiger Sand) und werden zur Entwässerung geführt.

#### • Fällung von Deponiesickerwasser

Durch Fällungsprozesse werden lösliche Schadstoffe wie z. B. Chrom, Chrom-VI, Nickel, Kupfer, Zink, Ammonium etc., in eine unlösliche Phase überführt (z. B. durch pH-Verschiebung oder Umwandlung in eine weniger lösliche Verbind-

ding). Als Fällungsmittel werden je nach Art der zu fällenden Substanzen z. B. Natronlauge, Kalkmilch, Soda, etc. verwendet. Fällungsprodukte wie Metallhydroxidschlämme bzw. ammoniumhydroxidhaltige Schlämme werden anschließend abgezogen und entwässert (CPB-Anlage).

- **Flockung von Deponiesickerwasser**

Bei der Flockung werden kolloidale (fein verteilte) i. d. R. organische Schadstoffe, wie z. B. Pflanzenreste, Fette, Eiweißstoffe, Mineralstoffe, Tenside oder Phosphate, durch Zugabe von Flockungsmittel, z. B. Calciumhydroxid, Aluminiumsalze, Eisen(II)-Salze in größere Zusammenschlüsse überführt. Diese werden über Sedimentationsprozesse (z. B. Schrägklärer) von der wässrigen Phase getrennt und anschließend entwässert (z. B. über eine Kammerfilterpresse).

- **Aerobe Behandlung von Deponiesickerwasser**

Organische Verbindungen werden über aerobe biologische Prozesse, im Wesentlichen zu Kohlendioxid und Wasser oxidiert. Weitere aerobe Abbauprozesse sind z. B. die Oxidation von Stickstoff zu Nitrat (Nitrifikation). Aerobe Prozesse haben eine starke Zunahme der Bakterienmasse zur Folge. Diese wird als Biomasse und organische Überschussschlämme kontinuierlich zur anaeroben Behandlung (Faulprozesse) abgezogen.

- **Anaerobe Behandlung von Deponiesickerwasser**

Beim anaeroben Abbau organischer Substanzen im Abwasser werden mittels geeigneter Bakterien Biogase (z. B. Methan und Wasserstoff) erzeugt. Weitere anaerobe Prozesse sind z. B. die Sulfatreduktion zu Schwefelwasserstoff oder die anaerobe Entstickung (Denitrifikation). Der entstehende Faulschlamm wird über eine CPB-Anlage entwässert und die abgetrennte Wasserphase in die Kanalisation oder ein Gewässer eingeleitet.

### 1.5.2 **Abtrennung von gelösten Stoffen [C]**

- **Membranverfahren (Umkehrosmose)**

Mit Membranverfahren können gelöste Bestandteile (z. B. Schwermetalle und deren Verbindungen), sowie organische Verbindungen (z. B. KW's) aus dem Deponiesickerwasser entfernt werden. Bei der Umkehrosmose wird die Flüssigkeit entgegen dem natürlichen osmotischen Druckgefälle durch eine semipermeable (halbdurchlässige) Membran gedrückt. Das Verfahren trennt das Sickerwasser in einen größeren relativ reinen Volumenstrom (Permeat) und einen kleineren, mit Schadstoffen belasteten Strom, dem Retentat auf.

- **Eindampfung von Deponiesickerwasser**

Der Eindampfprozess von Sickerwasser ist ein thermischer Trennprozess, um aufgrund unterschiedlicher Siedepunkte Wasser und Schadstoffe weitgehend zu trennen. Das verdampfte Wasser wird kondensiert und in die Kanalisation oder ein Gewässer eingeleitet, sofern es nicht anderweitig genutzt werden kann. Das Konzentrat des Deponiesickerwassers weist hohe Salzgehalte auf. Niedersiedende Stoffe, wie z. B. leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe oder ammoniumhaltige Verbindungen liegen ggf. gasförmig vor.

---

### 1.5.3 Sorbentien [D]

#### **Adsorption von Schadstoffen**

Das Hauptaugenmerk der Adsorption von Deponiesickerwasser liegt bei der Entfernung von organischen, flüssigen, wasserunlöslichen Substanzen sowie bestimmten Stoffgruppen (z. B. Huminstoffe). Grundsätzlich stellt die Adsorption einen Übergang von Inhaltsstoffen aus flüssigen und gasförmigen Phasen an feste Oberflächen dar. Als Adsorbentien werden hauptsächlich Aktivkohle, Braun- und Steinkohlenkoks sowie Adsorberharze verwendet.

- **Adsorption an Aktivkohle**

Durch die Adsorption von Deponiesickerwasser an Aktivkohle können überwiegend organische Substanzen, wie z. B. Halogene, Phenole, Aromate, organische Lösemittel, Pestizide, Detergentien (Tenside) etc. adsorbiert werden. Aktivkohle ist reiner Kohlenstoff, der aufgrund seiner porösen Struktur und großen inneren Oberfläche gute Adsorptionseigenschaften besitzt. Nach bestimmten Regenerationszyklen, hauptsächlich bedingt durch mechanischen Abrieb und ungenügendem Regenerierungsgrad, fällt beladene Aktivkohle zur Entsorgung an.

- **Adsorption an Adsorberharze**

Bei Adsorberharzen handelt es sich um eine meist polymere Trägermatrix mit sogenannten aktiven Gruppen, die speziell für die Adsorption bestimmter Stoffe oder Stoffgruppen ausgelegt sind, wie z. B. Huminstoffe (ein Teil des biologisch nicht abbaubaren CSB), chlorierte Kohlenwasserstoffe oder Metallionen. Zur Entsorgung fallen beladene Adsorberharze an.

## 2. Abfälle

### 2.1 Deponiesickerwasser [A]

Deponiesickerwasser kann Schadstoffe, wie zum Beispiel organische Substanzen (Phenole, Aromate, Lösemittel, Pestizide, etc.), Schwermetalle (Pb, Cd, Cr, Cu, Hg etc.), Halogenverbindungen, Ammoniumverbindungen, Säuren, Basen, Tenside, etc. enthalten, die eine Einstufung als besonders überwachungsbedürftigen Abfall erforderlich machen.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- |           |   |
|-----------|---|
| 19 07 02* | Deponiesickerwasser, das gefährliche Stoffe enthält                     |
| 19 07 03  | Deponiesickerwasser, mit Ausnahmen desjenigen, das unter 19 07 02 fällt |

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

Behandlung in CPB-Anlagen zur Entgiftung und Neutralisation. Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation oder in ein Gewässer.

### 2.2 Feststoffe [B]

Sinkstoffe, i. d. R. mineralischen Ursprungs, die durch den Sandfang zurückgehalten werden weisen meist keine gefährlichen Stoffe auf.

Fällungs- bzw. Flockungsschlämme können Schadstoffe, wie z. B. Schwermetalle, organische Substanzen sowie Phosphate und Sulfate enthalten.

Der Überschussschlamm aus biologischen Abwasserbehandlungsanlagen enthält einen hohen Organikanteil, der hauptsächlich aus Biomasse, aber auch aus biologisch nicht abbaubaren organischen Restsubstanzen besteht.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 02 05\* Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung, die gefährliche Stoffe enthalten
- 19 02 06 Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 02 05 fallen
- 19 08 02 Sandfangrückstände
- 19 08 11\* Schlämme aus der biologischen Behandlung von industriellem Abwasser, die gefährliche Stoffe enthalten
- 19 08 12 Schlämme aus der biologischen Behandlung von industriellem Abwasser mit Ausnahmen derjenigen, die unter 19 08 11 fallen

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Für die o. g. Abfallschlüssel sind derzeit keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

- 19 02 05\*: Deponierung (SAD, UTD) oder thermische Behandlung (SAV).
- 19 02 06: Beseitigung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.
- 19 08 02: Beseitigung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.
- 19 08 11\*: Thermische Behandlung (SAV).
- 19 08 12: I. d. R. Beseitigung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.  
Ansonsten, bei Einhaltung der Grenzwerte der Klärschlammverordnung, Aufbringen auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Flächen.

### **2.3 Flüssige Konzentrate [C]**

Je nach Herkunft des behandelten Abwassers enthalten Sickerwasserkonzentrate hohe Konzentrationen an Schwermetallen (Pb, Cd, Cr, Hg, etc.), organische Substanzen, Lösemittel, Kohlenwasserstoffe (evtl. halogenhaltig), schwefelhaltige, ammoniakalische oder cyanidische Verbindungen, die eine Einstufung als besonders überwachungsbedürftigen Abfall notwendig machen.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 02 11\* sonstige Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten
- 19 08 08\* schwermetallhaltige Abfälle aus Membransystemen

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

- 19 02 11\*: Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.  
I. d. R. thermische Behandlung (SAV).
- 19 08 08\*: Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.  
I. d. R. Behandlung durch CPB-Verfahren zur Neutralisation bzw. Entwässerung (z. B. Fällung).  
Ansonsten thermische Behandlung (SAV) bei hohen Organikgehalten.

## 2.4 Sorbentien [D]

Sorbentien, wie Aktivkohle oder Adsorberharze enthalten z. B. organische Halogene, Phenole, Aromate, organische Lösemittel, Pestizide, etc. und müssen daher als besonders überwachungsbedürftigen Abfall deklariert werden.

### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

für Aktivkohle:

19 01 10\* gebrauchte Aktivkohle aus der Abgasbehandlung

für Adsorberharze:

19 08 06\* gesättigte oder verbrauchte Ionenaustauscherharze

### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Für die o. g. Abfallschlüssel sind derzeit keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

19 02 11\*: I. d. R. Verbrennung in Abfallverbrennungsanlagen (SAV).  
Ansonsten Deponierung (SAD).

19 08 06\*: I. d. R. thermische Behandlung in Abfallverbrennungsanlagen (SAV)  
Ansonsten Deponierung (SAD).

## 3. Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel – Stofffluss

Auszug aus dem EAV		Stofffluss	Entsorgung
<b>1907</b>	<b>Deponiesickerwasser</b>		
19 07 02*	Deponiesickerwasser, das gefährliche Stoffe enthält	A	CPB
19 07 03	Deponiesickerwasser mit Ausnahme desjenigen, das unter 19 07 02 fällt	A	CPB

Abfälle aus Deponiesickerwasser, die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind			
19 01 10*	gebrauchte Aktivkohle aus der Abgasbehandlung	D	SAD, SAV
19 02 05*	Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung, die gefährliche Stoffe enthalten	B	SAD, SAV, UTD
19 02 06	Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 02 05 fallen	B	mit Siedlungsabfall
19 02 11*	sonstige Abfälle, die gefährliche Stoffe enthalten	C	SAV
19 08 02	Sandfangrückstände	B	mit Siedlungsabfall
19 08 06*	gesättigte oder verbrauchte Ionenaustauscherharze	D	SAD, SAV

---

19 08 08*	schwermetallhaltige Abfälle aus Membransystemen	C	CPB, SAV
19 08 11*	Schlämme aus der biologischen Behandlung von industriellem Abwasser, die gefährliche Stoffe enthalten	B	SAV
19 08 12	Schlämme aus der biologischen Behandlung von industriellem Abwasser mit Ausnahmen derjenigen, die unter 19 08 11 fallen	B	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall

## 19 08 Abfälle aus Abwasserbehandlungsanlagen a.n.g.

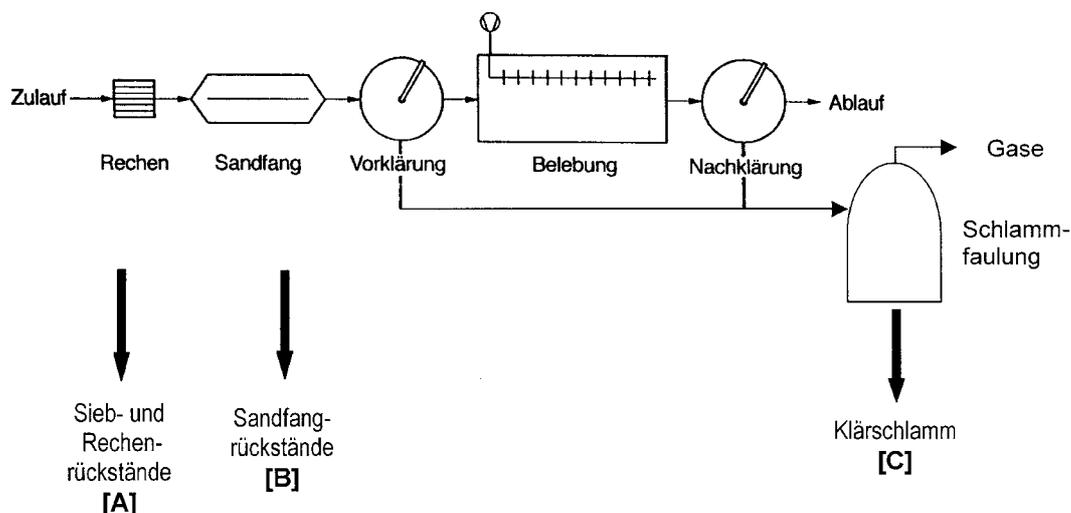
<b>1</b>	<b>Kommunale Abwasserbehandlung</b> .....	<b>1</b>
1.1	<i>Prozess</i> .....	1
1.2	<i>Abfälle</i> .....	2
<b>2</b>	<b>Abwasserbehandlungsanlagen für industrielle Abwässer</b> .....	<b>3</b>
2.1	<i>Biologische Abwasserbehandlungsanlagen für industrielle Abwässer</i> .....	4
2.2	<i>Ionenaustauscher zur Behandlung industrieller Abwässer</i> .....	4
2.3	<i>Membransysteme</i> .....	6
2.4	<i>Leichtstoffabscheider</i> .....	8
2.5	<i>Sonstige Abwasserbehandlungsanlagen für industrielle Abwässer</i> .....	9
<b>3</b>	<b>Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel – Stofffluss</b> .....	<b>11</b>

### 1 Kommunale Abwasserbehandlung

#### 1.1 Prozess

Kommunale Kläranlagen (siehe **Abb. 1**) verarbeiten häusliche, gewerbliche und industrielle Abwässer sowie Regenwasser, die ihnen durch die Kanalisation zugeführt werden. Die Anlagen arbeiten mehrstufig und trennen sowohl Feststoffe als auch gelöste Stoffe aus dem Abwasser ab. Dabei werden mechanische, biologische und chemische Verfahren eingesetzt.

In der ersten mechanischen Reinigungsstufe werden zunächst mit Rechen grobe Verunreinigungen wie z. B. Textilien, Kunststoffe oder Putzwolle zurückgehalten. Im nachgeschalteten Sandfang setzen sich kleinere, vorwiegend mineralische Verunreinigungen ab. Weitere vorwiegend organische Feststoffe werden in Vorklärbecken abgetrennt. Gelöste Stoffe werden biologisch abgebaut oder über Fällungsprozesse in ungelöste Stoffe umgewandelt und abgetrennt. Die dabei entstehenden Schlämme werden anaerob oder aerob stabilisiert und mechanisch entwässert.



**Abb. 1:** Schema einer kommunalen Kläranlage und ihrer möglichen Abfälle und Emissionen

## 1.2 Abfälle

### Sieb- und Rechenrückstände [A]

Das Rechengut setzt sich in erster Linie aus Textilien, Kunststoffpartikeln, Papierresten und Fäkalien zusammen und ist sehr wasserreich. Zur Volumenreduktion sowie um die Vergärung des Materials zu verhindern, wird häufig eine mechanische Entwässerung nachgeschaltet.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 08 01 Sieb- und Rechenrückstände

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

Beseitigung i. d. R. zusammen mit Siedlungsabfällen.

### Sandfangrückstände [B]

Am Boden des Sandfangs lagern sich durch Sedimentation feinkörnige vorwiegend mineralische Partikel ab. Die darin noch enthaltenen organischen Anteile sind in der Regel gering und können ggf. durch einen nachgeschalteten Waschvorgang auf unter 5 % gesenkt werden.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 08 02 Sandfangrückstände

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

Deponierung i. d. R. zusammen mit Siedlungsabfällen.

## Klärschlamm [C]

Die aus den mechanischen und biologischen Reinigungsstufen anfallenden Rohschlämme haben einen Trockensubstanzgehalt von unter 5 %. Zur Vermeidung von Problemen bei der weiteren Behandlung (insbesondere durch Geruchsemissionen) werden die Schlämme aerob im Eindicker oder anaerob im Faulturn stabilisiert.

Die Eindickung ergibt zudem eine Volumenreduktion. Der stabilisierte Schlamm hat einen Trockensubstanzgehalt von bis zu 10 %, der durch eine nachgeschaltete Entwässerung auf bis zu 30 % erhöht werden kann. Klärschlämme enthalten organische und mineralische Bestandteile und können in unterschiedlichem Umfang mit Schwermetallen und Spuren von schlecht abbaubaren organischen Schadstoffen verunreinigt sein.

### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 08 05      Schlämme aus der Behandlung von kommunalem Abwasser

### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung

Wenn keine schädlichen Stoffe enthalten sind ggf. Verwendung als Düngemittel in der Landwirtschaft.

Deponierung oder Verbrennung, i. d. R. zusammen mit Siedlungsabfällen.

## 2 Abwasserbehandlungsanlagen für industrielle Abwässer

### Vorbemerkung

Die im folgenden beschriebenen Abfälle des EAV-Unterkapitels 19 08 weisen in ihrer Entstehung und Zusammensetzung Überschneidungen zu ähnlichen Abfällen aus anderen Unterkapiteln des EAV auf. Dies betrifft insbesondere sämtliche Abfallschlüssel "Schlämme aus der betrieblichen Abwasserbehandlung" der Kapitel bzw. Unterkapitel:

- 07      „Abfälle aus organisch-chemischen Prozessen“
- 10 01   „Abfälle aus Kraftwerken und anderen Verbrennungsanlagen (außer 19)“
- 11 01   „Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, Ätzen, Phosphatieren, alkalisches Entfetten und Anodisierung)“,
- 13 05   „Inhalte von Öl-/ Wasserabscheidern“,
- 19 02   „Abfälle aus der physikalisch/ chemischen Behandlung von Abfällen (z.B. Dechromatisierung, Cyanidentfernung, Neutralisation)“ und
- 19 09   „Abfälle aus der Zubereitung von Trinkwasser oder industriellem Brauchwasser“.

Entsprechend der an Branchen orientierten Zuordnungssystematik des Abfallverzeichnis sind Schlämme dieser Herkunft dem spezielleren Kapitel bzw. Unterkapitel zuzuordnen.

## **2.1 Biologische Abwasserbehandlungsanlagen für industrielle Abwässer**

### **2.1.1 Prozess**

Biologische Kläranlagen für industrielle Abwässer entsprechen in ihrer Funktionsweise im wesentlichen den unter 1.1 beschriebenen kommunalen Kläranlagen. Sie werden in erster Linie in Großbetrieben eingesetzt, bei denen eine ausreichend hohe Abwassermenge mit gleichbleibenden oder ähnlichen Inhaltsstoffen anfällt. Entsprechend den betriebsspezifischen Abwasserinhaltsstoffen verfügen die Behandlungsanlagen zusätzlich über chemisch-physikalische Reinigungsstufen. Dabei fallen Abfälle ähnlich denen in kommunalen Kläranlagen an.

### **2.1.2 Abfälle**

#### **Schlämme aus biologischen Abwasserbehandlungsanlagen für industrielle Abwässer [C]**

Schlämme aus biologischen Abwasserbehandlungsanlagen für industrielle Abwässer ähneln in ihrer Konsistenz und Zusammensetzung den in Abschnitt 1.2 beschriebenen Klärschlämmen aus kommunalen Kläranlagen. Je nach Herkunft des behandelten Abwassers können diese Schlämme auch gefährliche Stoffe in solchem Maße enthalten, dass eine Einstufung als gefährlicher Abfall notwendig ist.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

Sofern eine eindeutige Zuordnung zu einem Abfallschlüssel in den Kapiteln 1 bis 17 nicht möglich ist, sind folgende Abfallschlüssel zu verwenden:

- 19 08 11\* Schlämme aus der biologischen Behandlung von industriellem Abwasser, die gefährliche Stoffe enthalten (*Ausnahme*)
- 19 08 12 Schlämme aus der biologischen Behandlung von industriellem Abwasser mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 08 11 fallen (*Regel*)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung

Deponierung oder Verbrennung. Wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind, zusammen mit Siedlungsabfällen.

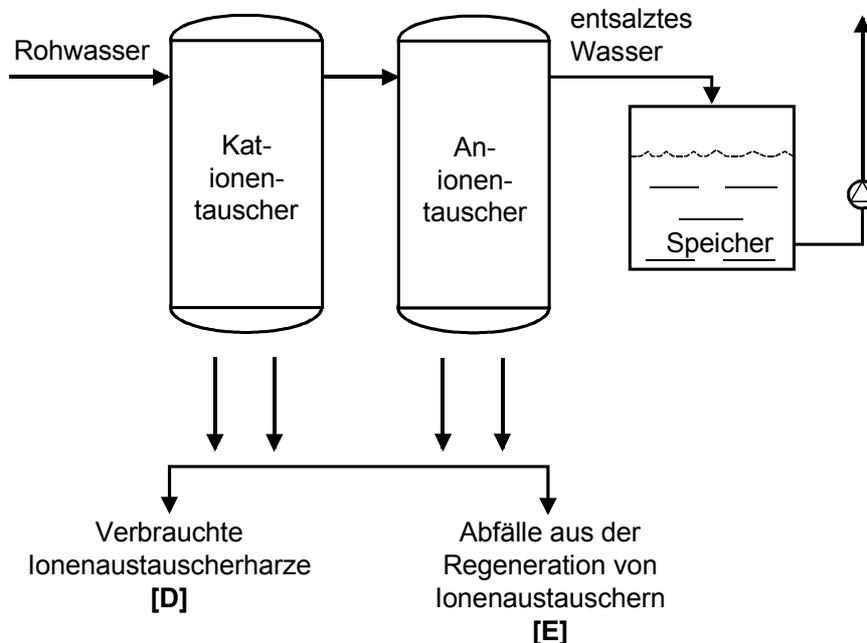
## **2.2 Ionenaustauscher zur Behandlung industrieller Abwässer**

### **2.2.1 Prozess**

Ionenaustauscher (siehe **Abb. 2**) dienen der Entfernung von gelösten Metallionen aus Prozessflüssigkeiten oder industriellen Abwässern durch Sorption der Schwermetalle an die Harzstruktur. Je nach Anwendungsfall ist der Haupteinsatzzweck dabei die notwendige Reinigung des Abwassers vor der Einleitung in die Kanalisation oder die Rückgewinnung von Metallen.

Nach Erreichen ihrer max. Beladung verlieren die in den Ionenaustauschern eingesetzten Harze ihre Wirksamkeit und müssen regeneriert werden. Bei der Regeneration werden die aufgenommenen Ionen mit geeigneten Regenerierchemikalien aus den Harzen herausgelöst.

Nach Durchlaufen einer Anzahl von Beladungszyklen sind Ionenaustauscherharze erschöpft und müssen entsorgt werden. Ionenaustauscher werden u.a. zur Kondensatreinigung in Kraftwerken eingesetzt.



**Abb. 2:** Ionenaustauschereinsatz als Beispiel für eine Entsalzungsanlage mit Speicher für entsalztes Wasser

## 2.2.2 Abfälle

### Verbrauchte Ionenaustauscherharze [D]

Nach einer bestimmten Standzeit werden Ionenaustauscherharze unbrauchbar und müssen komplett entsorgt werden.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 08 06\* gesättigte oder verbrauchte Ionenaustauscherharze

Bei Herkunft aus industriellen Abwasserbehandlungsanlagen:

Aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen:

11 01 16\* gesättigte oder verbrauchte Ionenaustauscherharze

Aus der Zubereitung von Wasser für den menschlichen Verbrauch oder industriellem Brauchwasser:

19 09 05 gesättigte oder gebrauchte Ionenaustauscherharze

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung

Verbrennung.

Wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind, Beseitigung zusammen mit Siedlungsabfällen.

## Regenerate [E]

Bei der Regenerierung der Ionenaustauscherharze fallen Regenerate an, welche die gelösten Abwasserbestandteile in konzentrierter Form enthalten. Die als Lösungen oder nach einer Fällungsstufe als Schlämme vorliegenden Regenerate enthalten die ausgelösten Ionen in bis zu 500-facher Konzentration im Vergleich zum ursprünglichen Zulauf.

### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 08 07\*    Lösungen und Schlämme aus der Regeneration von Ionenaustauschern

Bei Herkunft aus industriellen Abwasserbehandlungsanlagen:

11 01 15\*    Eluate und Schlämme aus Membransystemen oder Ionenaustauschsystemen, die gefährliche Stoffe enthalten

19 09 06    Lösungen und Schlämme aus der Regeneration von Ionenaustauschern

### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung

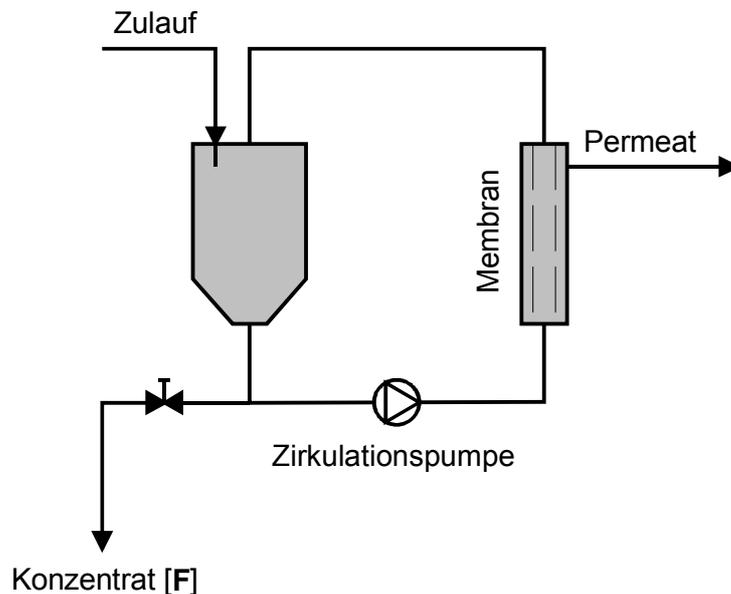
Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

I. d. R. chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe Abschn. 2.5) zur Neutralisation und Fällung der gelösten Metalle sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation.

## **2.3    Membransysteme**

### **2.3.1    Prozess**

Für die Abwasserbehandlung relevante Membrantechniken sind die Ultrafiltration (UF) und die Umkehrosmose (UO). Die Ultrafiltration ist ein Querstromfiltrationsverfahren zur Abtrennung höhermolekularer Verbindungen (siehe **Abb. 3**). Damit lassen sich z. B. Emulsionen bis zu 50% aufkonzentrieren. Das Permeat enthält nur noch niedermolekulare, gelöste Stoffe.



**Abb. 3:** Prinzip der Ultrafiltration

Die Umkehrosmose mit einer gegenüber der UF um einen Faktor 100 geringeren Porenweite dient der Abtrennung niedermolekularer, gelöster Substanzen.

Das aus diesen Verfahren resultierende Permeat kann ggf. innerbetrieblich als Brauchwasser im Kreislauf gefahren werden.

Anwendungsbeispiel für Membrantechniken ist die Deponiesickerwasserbehandlung.

### 2.3.2 Abfälle

#### Konzentrate aus Membransystemen [F]

Insbesondere bei der Sickerwasseraufbereitung auf Deponien fallen schwermetallhaltige Konzentrate aus Membransystemen an.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 08 08\* Schwermetallhaltige Abfälle aus Membransystemen

Bei Herkunft aus industriellen Abwasserbehandlungsanlagen:

11 01 15\* Eluate und Schlämme aus Membransystemen oder Ionenaustauschsystemen, die gefährliche Stoffe enthalten

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung

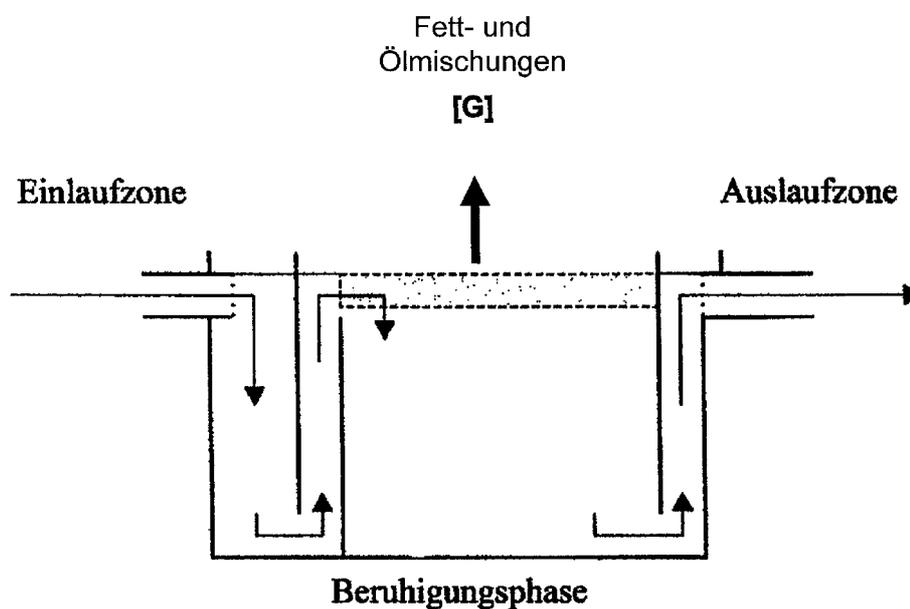
Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

I. d. R. chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe Abschn. 2.5) zur Neutralisation sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation.

## 2.4 Leichtstoffabscheider

### 2.4.1 Prozess

Leichtstoffabscheider trennen Wasser von z.B. Ölen und Fetten unter Ausnutzung des geringeren spezifischen Gewichtes dieser Stoffe gegenüber Wasser und deren Unlöslichkeit in Wasser (siehe **Abb. 4**). Typische Anwendungsfälle sind Küchenbetriebe und Großküchen, z. B. Gaststätten, Hotels, Kantinen und Betriebe der Lebensmittelverarbeitung. Daneben werden Öl- und Fettabscheider teilweise auch in kommunalen Kläranlagen sowie vorgeschaltet vor biologischen Abwasserbehandlungsanlagen für industrielle Abwässer eingesetzt.



**Abb. 4:** Schema eines Leichtstoffabscheiders

### 2.4.2 Abfälle

#### Ölphase aus Ölabscheidern [G]

Diese Abfälle sind durch die spezifischen Fett- und Ölbestandteile des vorangegangenen Produktionsprozesses bzw. die Herkunft des Abwassers gekennzeichnet.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 08 09\* Fett- und Ölmischungen aus Ölabscheidern, die Speiseöle und -fette enthalten

Bei Herkunft aus kommunalen oder industriellen Kläranlagen und sonstigen industriellen Abwasserbehandlungsanlagen mit Ausnahme der Lebensmittelindustrie:

19 08 10\* Fett- und Ölmischungen aus Ölabscheidern mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 08 09 fallen

05 01 09\* Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung, die gefährliche Stoffe enthalten

- 05 01 10 Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung mit Ausnahme derjenigen, die unter 05 01 09 fallen
- 11 01 13\* Abfälle aus der Entfettung, die gefährliche Stoffe enthalten
- 11 01 14 Abfälle aus der Entfettung mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 01 13 fallen
- 13 05 06\* Öle aus Öl-/ Wasserabscheidern
- 13 05 07\* öliges Wasser aus Öl-/ Wasserabscheidern

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung

Verbrennung.

13 05 07\*: I. d. R. chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Flockungs- und Filtrationsprozesse (siehe Abschn. 2.5) zur Abtrennung der Wasserphase und Einleitung in die Kanalisation.

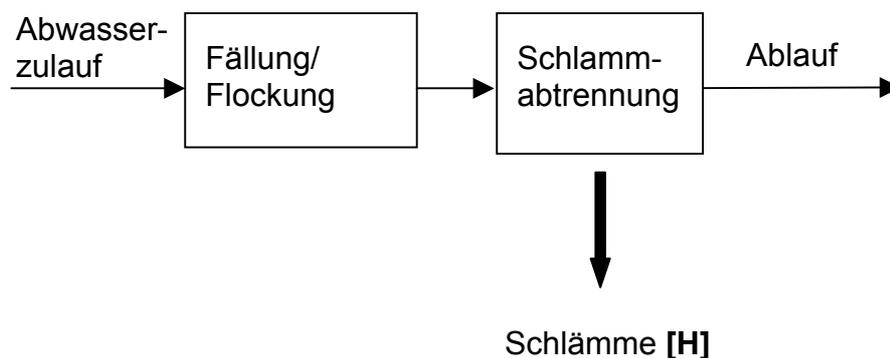
Wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind, Beseitigung zusammen mit Siedlungsabfällen.

## **2.5 Sonstige Abwasserbehandlungsanlagen für industrielle Abwässer**

### **2.5.1 Prozesse**

Hierunter sind chemische und physikalische Verfahren zu verstehen, die in unterschiedlichen industriellen Bereichen zum Einsatz kommen. Dazu zählen Verfahren der Fällung, Flockung und Filtration (mit und ohne Filterhilfsmittel) (siehe **Abb. 5**).

Bei Fällungs- und Flockungsverfahren kann die Schlammabtrennung, je nach spezifischer Dichte des Schlammes, durch Sedimentation oder Flotation erfolgen. Weitere Verfahrensstufen zur Eindickung der Schlämme sind nachgeschaltet. Hierzu zählen Kammerfilterpressen, Zentrifugen sowie Verdampfer.



**Abb. 5:** Schema einer chemisch-physikalischen Behandlung (CPB)

## 2.5.2 Abfälle

### **Schlämme aus sonstigen Abwasserbehandlungsanlagen für industrielle Abwässer [H]**

Schlämme aus sonstigen Abwasserbehandlungsanlagen für industrielle Abwässer weisen je nach Herkunft des behandelten Abwassers Unterschiede in chemischer Zusammensetzung, Konsistenz und Wassergehalt auf. Je nach Herkunft des behandelten Abwassers können die hier betrachteten Schlämme auch gefährliche Stoffe wie z. B. Schwermetalle enthalten, die eine Einstufung als gefährlichen Abfall notwendig machen.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 08 13\* Schlämme, die gefährliche Stoffe aus einer anderen Behandlung von industriellem Abwasser enthalten.
- 19 08 14 Schlämme aus einer anderen Behandlung von industriellem Abwasser mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 08 13\* fallen

Bei Herkunft aus industriellen Kläranlagen und sonstigen industriellen Abwasserbehandlungsanlagen:

- 10 01 20\* Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung, die gefährliche Stoffe enthalten
- 10 01 21 Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung mit Ausnahme derjenigen, die unter 10 01 20 fallen
- 11 01 09\* Schlämme und Filterkuchen, die gefährliche Stoffe enthalten
- 11 01 10 Schlämme und Filterkuchen mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 01 09 fallen

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

I. d. R. Deponierung; wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind, zusammen mit Siedlungsabfällen.

### 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel – Stofffluss

Auszug aus dem EAV		Stofffluss	Entsorgung
<b>19 08</b>	<b>Abfälle aus Abwasserbehandlungsanlagen a.n.g.</b>		
19 08 01	Sieb- und Rechenrückstände	A	Mit Siedlungsabfall
19 08 02	Sandfangrückstände	B	Mit Siedlungsabfall
19 08 05	Schlämme aus der Behandlung von kommunalem Abwasser	C	1) Düngemittel, 2) Verbrennung, 3) mit Siedlungsabfall
19 08 06*	gesättigte oder verbrauchte Ionenaustauscherharze	D	Verbrennung
19 08 07*	Lösungen und Schlämme aus der Regeneration von Ionenaustauschern	E	CPB
19 08 08*	schwermetallhaltige Abfälle aus Membransystemen	F	CPB
19 08 09*	Fett- und Ölmischungen aus Ölabscheidern, die Speiseöle und -fette enthalten	G	Verbrennung
19 08 10*	Fett- und Ölmischungen aus Ölabscheidern mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 08 09 fallen	G	Verbrennung
19 08 11*	Schlämme aus der biologischen Behandlung von industriellem Abwasser, die gefährliche Stoffe enthalten	C	Verbrennung, SAD
19 08 12	Schlämme aus der biologischen Behandlung von industriellem Abwasser mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 08 11 fallen	C	1) Verbrennung, 2) mit Siedlungsabfall
19 08 13*	Schlämme, die gefährliche Stoffe aus einer anderen Behandlung von industriellem Abwasser enthalten	H	SAD
19 08 14	Schlämme aus einer anderen Behandlung von industriellem Abwasser mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 08 13 fallen	H	Mit Siedlungsabfall
19 08 99	Abfälle a.n.g.	in der Regel nicht erforderlich	

<b>Abfälle aus Abwasserbehandlungsanlagen, die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind</b>			
05 01 09*	Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung, die gefährliche Stoffe enthalten	G	Verbrennung
05 01 10	Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung mit Ausnahme derjenigen, die unter 05 01 09 fallen	G	1) Verbrennung, 2) mit Siedlungsabfall
10 01 20*	Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung, die gefährliche Stoffe enthalten	H	SAD
10 01 21	Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung mit Ausnahme derjenigen, die unter 10 01 20 fallen	H	Mit Siedlungsabfall
11 01 09*	Schlämme und Filterkuchen, die gefährliche Stoffe enthalten	H	SAD
11 01 10	Schlämme und Filterkuchen mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 01 09 fallen	H	Mit Siedlungsabfall
11 01 13*	Abfälle aus der Entfettung, die gefährliche Stoffe enthalten	G	Verbrennung
11 01 14	Abfälle aus der Entfettung mit Ausnahme derjenigen, die unter 11 01 13 fallen	G	1) Verbrennung, 2) mit Siedlungsabfall
11 01 15*	Eluate und Schlämme aus Membransystemen oder Ionenaustauschsystemen, die gefährliche Stoffe enthalten	E, F	CPB
11 01 16*	gesättigte oder verbrauchte Ionenaustauscherharze	D	Verbrennung
13 05 06*	Öle aus Öl-/ Wasserabscheidern	G	Verbrennung
13 05 07*	öliges Wasser aus Öl-/ Wasserabscheidern	G	CPB
19 09 05	gesättigte oder gebrauchte Ionenaustauscherharze	D	1) Verbrennung, 2) mit Siedlungsabfall
19 09 06	Lösungen und Schlämme aus der Regeneration von Ionenaustauschern	E	CPB

---

## 19 09 Abfälle aus der Zubereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch oder industriellem Brauchwasser

1. ZUBEREITUNG VON TRINKWASSER .....	1
1.1 Prozesse .....	2
1.2 Abfälle .....	4
2. ZUBEREITUNG VON INDUSTRIELLEM BRAUCHWASSER.....	5
2.1 Prozesse.....	6
2.2 Abfälle .....	7
3. ÜBERSICHT ZUR ZUORDNUNG ABFALLSCHLÜSSEL – STOFFFLUSS.....	9

### Vorbemerkung

Der Unterschied zwischen Trinkwasser und industriellem bzw. häuslichem Brauchwasser liegt grundsätzlich am Verwendungszweck und an den jeweiligen Qualitätsanforderungen.

Trinkwasser dient dem menschlichen Gebrauch, sei es im ursprünglichen Zustand oder nach Aufbereitung, das zum Trinken, zum Kochen, zur Zubereitung von Speisen oder zu anderen häuslichen Zwecken bestimmt ist und hohe Anforderungen an die Beschaffenheit stellt, wie z. B. Geruch, Geschmack, Trübung, Keimfreiheit (siehe Trinkwasserverordnung).

Industrielles Brauchwasser wird hauptsächlich im gewerblichen Bereich als Kühlwasser, zur Wässerung von land- und forstwirtschaftlichen Böden aber auch als Wisch- und Putzwasser eingesetzt. Häusliches Brauchwasser darf bis auf wenige Ausnahmen zur Gartenbewässerung, Toilettenspülung, Speisung von Teichanlagen und als Wisch- und Putzwasser außerhalb von Wohngebäuden verwendet werden.

Die größten Vorteile der Nutzung von Brauchwasser sind die Schonung von qualitativ hochwertigen Trinkwasserreserven und die einfachere Aufbereitung.

Wegen der unterschiedlichen Qualitätsanforderungen werden die entsprechenden Aufbereitungsmöglichkeiten von Wasser zu Trinkwasser und Brauchwasser getrennt dargestellt. Dabei wird aufgrund der geringen Unterschiede die Aufbereitung zu industriellem und häuslichem Brauchwasser in Nr. 2 zusammengefasst.

### 1. Zubereitung von Trinkwasser

Trinkwasser kann aus verschiedenen Quellen gewonnen werden, z. B. in der Bundesrepublik Deutschland zu ca. 71% aus Grund- und Quellwasser, 12% aus angereichertem Grundwasser, 7% aus Talsperren, 6% aus Uferfiltrat und zu 4% aus See- und Flusswasser.

Hohe Anforderungen werden an das Trinkwasser gestellt, da dieses zum unmittelbaren Genuss dient. Um jedwede Gesundheitsgefährdung zu vermeiden, müssen die Wasserversorger bis zum Hausanschluss bestimmte Grenzwerte bezüglich Salzge-

halt, organischen Stoffen und Keimen sowie geschmackliche und visuelle Qualität garantieren. Die Grenzwerte für Verunreinigungen sind in der Trinkwasserverordnung festgelegt (siehe **Tab. 1**).

Bezeichnung	Grenzwert [mg/L]
Arsen	0,01
Blei	0,04
Cadmium	0,005
Chrom	0,05
Cyanid	0,05
Fluorid	1,5
Nickel	0,05
Nitrat	50
Nitrit	0,1
Quecksilber	0,001
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	insg. 0,0002
Organische Chlorverbindungen	insg. 0,01
Tetrachlormethan	0,003
Organisch-chemische Stoffe zur Pflanzenbehandlung und Schädlingsbekämpfung einschließlich ihrer toxischen Hauptabbauprodukte	einzelne Substanz 0,0001
Polychlorierte, polybromierte Biphenyle und Terphenyle	insg. 0,0005
Antimon	0,01
Selen	0,01

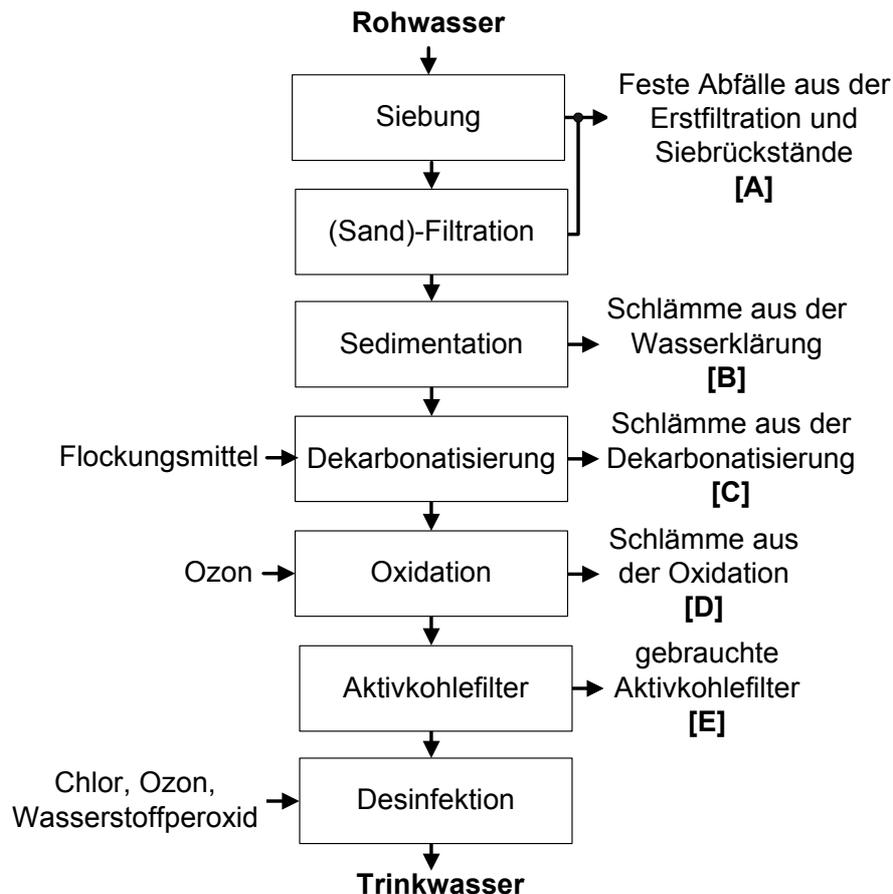
**Tab. 1:** Auszug von Grenzwerten für Trinkwasser  
(in Anlehnung an Trinkwasserverordnung)

Bei der Trinkwasserzubereitung kommen eine Vielzahl von Verfahren und Verfahrenskombinationen zum Einsatz, die im Wesentlichen drei Aufgaben erfüllen:

- die Entfernung von festen und gelösten Verunreinigungen,
- Stabilisierung des Wassers, so dass es sich während seiner Verteilung und dem Gebrauch nicht verändert und keine Korrosionsschäden an den Wasserrohren auftreten und
- die Hygienisierung, die unerwünschte Keime aus dem Wasser entfernen soll.

## 1.1 Prozesse

Je nach Eigenschaft des Rohwassers und der Art der Inhaltsstoffe kommen folgende Verfahren zur Trinkwasserzubereitung zur Anwendung (siehe **Abb. 1**).



**Abb. 1:** Schematische Darstellung von Verfahren für die Trinkwasserzubereitung

### **Siebung bzw. (Sand)-Filtration**

In der ersten Reinigungsstufe werden Feststoffe durch Siebe (Trommelsiebe) und/oder andere Filter (meist Sandfilter) zurückgehalten. Die zurückgehaltenen Feststoffe bestehen aus mineralischem oder pflanzlichem Material und fallen als  **feste Abfälle aus der Erstfiltration und Siebrückstände [A]** zur Entsorgung an.

### **Sedimentation**

Das Wasser durchläuft langsam ein Absetzbecken, in dem sich Feststoffe absetzen und somit die **Schlämme aus der Wasserklärung [B]** bilden. Sie bestehen zum größten Teil aus mineralischen Bestandteilen.

### **Dekarbonatisierung**

Gegebenfalls wird in einer Trinkwasserzubereitungsanlage das Wasser enthärtet bzw. dekarbonatisiert. Dieses Verfahren wird i. d. R. in einem Sedimentationsbecken durchgeführt. Dem Wasser wird kontinuierlich Fällungsmittel hinzugegeben, um Härtebildner wie zum Beispiel Calcium zu binden. Die **Schlämme aus der Dekarbonatisierung [C]** ( $\text{CaCO}_3$ ) werden anschließend filtriert und entwässert.

---

### ***Oxidation***

Die Oxidation von Schadstoffen im Wasser gehört zu den wichtigsten Trinkwasseraufbereitungsschritten. Hierzu werden Ozon, Wasserstoffperoxid oder Kaliumpermanganat verwendet oder es wird über eine Belüftung Sauerstoff in das Wasser eingetragen. Diese Stoffe gehen Oxidationsreaktionen mit organischen oder anorganischen Wasserinhaltsstoffen ein, die sich als **Schlämme aus der Oxidation [D]** absetzen.

### ***Aktivkohleadsorption***

Aktivkohle ist reiner Kohlenstoff, der aufgrund seiner porösen Struktur und großen inneren Oberfläche gute Adsorptionseigenschaften besitzt. Aktivkohle adsorbiert insbesondere organische Verunreinigungen, die im Trinkwasser sonst durch Geschmacks- und Geruchsprobleme oder einer Trübung des Wassers in Erscheinung treten könnten. Außerdem filtert Aktivkohle Keime und restliche Feststoffpartikel aus dem Wasser heraus. Von Zeit zu Zeit muss die beladene **Aktivkohle [E]** ausgetauscht werden.

### ***Desinfektion***

Die Desinfektion erfolgt mit Hilfe der Ozonierung bzw. Chlorung, wobei Infektionserreger, wie z. B. Bakterien, Viren, Sporen, gegebenenfalls bei zusätzlicher Bestrahlung mit UV-Licht (256 nm) abgetötet werden. Bei der Desinfektion fallen i. d. R. keine Abfälle an.

## **1.2 Abfälle**

### ***Feste Abfälle aus der Erstfiltration und Siebrückstände [A]***

Feste Abfälle aus der Erstfiltration und Siebrückstände bestehen meist aus erdähnlichen, mineralischen Feststoffen und pflanzlichen Fasern, die i. d. R. keine gefährliche Substanzen enthalten.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 09 01     feste Abfälle aus der Erstfiltration und Siebrückstände

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. Ausbringung auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Böden.  
Ansonsten Deponierung i. d. R. zusammen mit Siedlungsabfällen.

### ***Schlämme aus der Wasserklärung [B]***

Schlämme aus dem Absetzbecken bestehen aus feinkörnigen mineralischen Partikeln und enthalten i. d. R. keine gefährlichen Substanzen.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 09 02     Schlämme aus der Wasserklärung

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. Ausbringung auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Böden.

---

Ansonsten Deponierung i. d. R. zusammen mit Siedlungsabfällen.

### ***Schlämme aus der Dekarbonatisierung [C]***

Die Schlämme aus der Dekarbonatisierung bestehen aus  $\text{CaCO}_3$  und enthalten keine gefährlichen Substanzen.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 09 03      Schlämme aus der Dekarbonatisierung

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Ausgangsmaterial für Verputze der Baustoffindustrie und Ausgangsmaterial für die Acetylenherstellung in der chemischen Industrie.

Ansonsten Deponierung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.

### ***gebrauchte Aktivkohle [D]***

Gebrauchte Aktivkohle hat im Laufe der Nutzungsphase organische Substanzen, Keime und Partikel adsorbiert, die i. d. R. keine gefährlichen Stoffe sind.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 09 04      gebrauchte Aktivkohle

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

I. d. R. Verbrennung in Abfallverbrennungsanlagen (HMV).

Ansonsten Deponierung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfall.

### ***Schlämme aus der Oxidation [E]***

Die Schlämme aus der Oxidation bestehen aus anorganischen Eisen-, Mangan- oder Ammoniumoxiden. I. d. R. enthalten diese Schlämme keine gefährlichen Substanzen.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 09 02      Schlämme aus der Wasserklämung

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

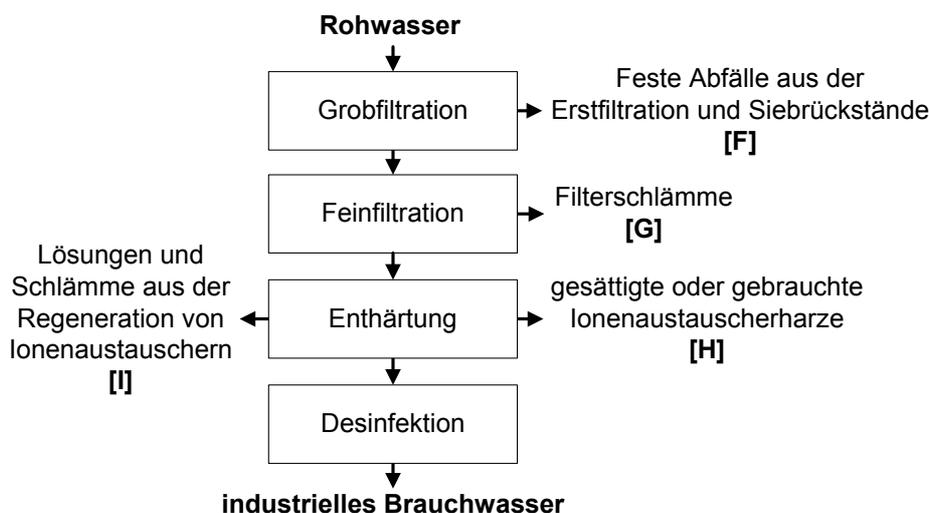
I. d. R. Ausbringung auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Böden.

Ansonsten Deponierung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfall (HMD).

## **2. Zubereitung von industriellem Brauchwasser**

Industrielles Brauchwasser muss anderen Anforderungen als Trinkwasser genügen, da es für technische Prozesse eingesetzt wird, z. B. als Kühlwasser oder für Reinigungszwecke. Cirka 70% des industriellen Wasserbedarfs wird als Kühlwasser genutzt. I. d. R. müssen bei der Zubereitung von industriellem Brauchwasser (siehe **Abb. 2**) besondere Spezifikationen, insbesondere geringe Wasserhärte oder Vollentsalzung (VE-Wasser) beachtet werden.

## 2.1 Prozesse



**Abb. 2:** Schematische Darstellung von Verfahren für die industrielle Brauchwasserzubereitung

### **Grobfiltration**

In der Grobfiltration werden Feststoffe durch Siebe oder andere Filter zurückgehalten. Die zurückgehaltenen Feststoffe bestehen aus mineralischem oder pflanzlichem Material und fallen als **Feste Abfälle aus der Erstfiltration und Siebrückstände [F]** zur Entsorgung an.

### **Feinfiltration**

Zur Feinfiltration werden verschiedene Filterhilfsmittel, z. B. Kieselgur, Cellulose oder andere feinporige Materialien eingesetzt. Kieselgur sind fossile einzellige Kieselalgen (Diatomeen) aus Siliziumdioxid. Die Porosität ist die wichtigste Eigenschaft des Kieselgur. Die Filtermassen bilden eine sehr feinporige Schicht, die Feststoffpartikel  $> 0,1 \mu\text{m}$  zurückhalten kann. Die Feststoffteilchen bestehen aus mineralischen oder pflanzlich organischen Bestandteilen. Bei zu starker Beladung fallen Kieselgur samt Beladung als **Filterschlämme [G]** an.

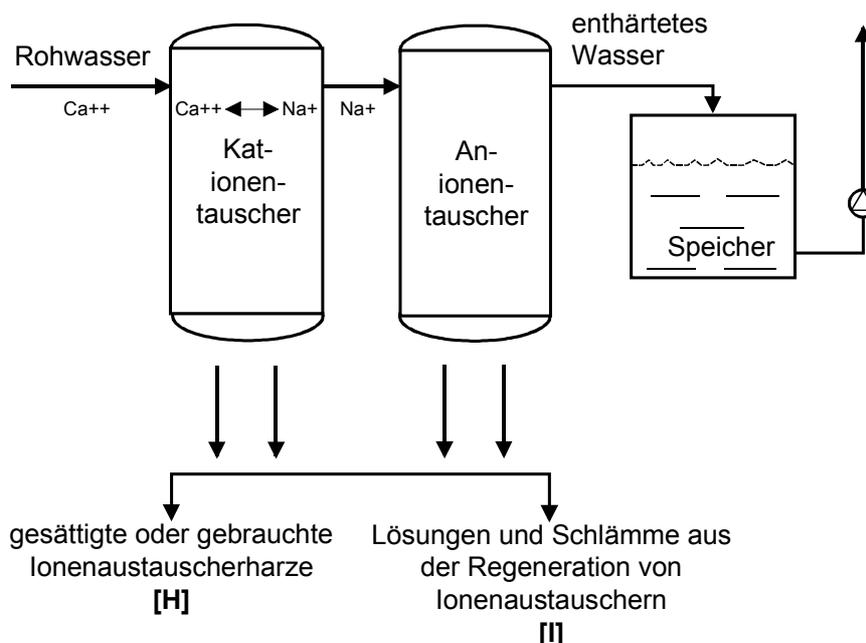
### **Enthärtung**

Unter enthärten versteht man die Entkalkung des Wassers. Dabei werden die Härtebildner als Kalzium- und Magnesiumionen aus dem Wasser entfernt. Hierzu sind zwei Verfahren im Einsatz: Enthärtung unter Zusatz von Fällungsmitteln (wie in Kapitel 1.1 Dekarbonatisierung beschrieben) oder über Ionenaustauscher. Aufgrund des geringeren Platzbedarfs und der einfacheren Handhabung werden bei industriellen Brauchwasseraufbereitungsanlagen Ionenaustauscher bevorzugt.

Ionenaustauscher dienen zum Austausch gelöster Ionen, z. B. von Kalzium oder Magnesium durch Sorption an die Harzstruktur (siehe **Abb. 3**). Dabei werden Natriumionen abgegeben.

Nach Erreichen ihrer max. Beladung verlieren die in den Ionenaustauschern eingesetzten Harze ihre Wirksamkeit und müssen regeneriert werden. Bei der Regeneration werden die aufgenommenen Ionen mit geeigneten Regenerierchemikalien aus den Harzen herausgelöst und fallen als **Lösungen und Schlämme aus der Regeneration von Ionenaustauschern [I]** an.

Nach Durchlaufen einer Anzahl von Beladungszyklen sind **Ionenaustauscherharze [H]** verbraucht und müssen ausgetauscht werden.



**Abb. 3:** Schematische Darstellung einer Wasserenthärtung mittels Ionenaustauscher

## 2.2 Abfälle

### ***Feste Abfälle aus der Erstfiltration und Siebrückstände [F]***

Feste Abfälle aus der Erstfiltration und Siebrückstände bestehen meist aus erdähnlichen, mineralischen Feststoffen und pflanzlichen Fasern, die i. d. R. keine gefährlichen Substanzen enthalten.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 09 01 feste Abfälle aus der Erstfiltration und Siebrückstände

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. Ausbringung auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Böden.  
Ansonsten Deponierung i. d. R. zusammen mit Siedlungsabfällen.

### ***Filterschlämme [G]***

Die Filterschlämme bestehen aus Feststoffen und Kieselgur (nur im pulverförmigen Zustand gefährlich), die i. d. R. keine gefährlichen Substanzen enthalten.

---

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 09 02      Schlämme aus der Wasserklärung

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

I. d. R. Ausbringung auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Böden.  
Ansonsten Deponierung, ggf. mit Siedlungsabfällen.

***gesättigte oder gebrauchte Ionenaustauscherharze [H]***

Nach einer bestimmten Standzeit werden Ionenaustauscherharze unbrauchbar und müssen komplett entsorgt werden.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 09 05      gesättigte oder gebrauchte Ionenaustauscherharze

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Regenerierung.

Ansonsten Entsorgung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.

***Lösungen und Schlämme aus der Regeneration von Ionenaustauschern [I]***

Bei der Regenerierung der Ionenaustauscherharze fallen Regenerate an, welche die gelösten Wasserbestandteile in konzentrierter Form enthalten. Die als Lösungen oder nach einer Fällungsstufe als Schlämme vorliegenden Regenerate enthalten die ausgelösten Ionen in bis zu 500-facher Konzentration im Vergleich zum ursprünglichen Zulauf.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 09 06      Lösungen und Schlämme aus der Regeneration von Ionenaustauschern

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

I. d. R. chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-/ Flockungs- und Filtrationsprozesse zur Neutralisation und Fällung der gelösten Metalle sowie Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation.

### 3. Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel – Stofffluss

Auszug aus dem EAV		Stofffluss	Entsorgung
<b>1909</b>	<b>Abfälle aus der Zubereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch oder industriellem Brauchwasser</b>		
19 09 01	festen Abfälle aus der Erstfiltration und Siebrückstände	A, F	1) Recycling 2) mit Siedlungsabfall
19 09 02	Schlämme aus der Wasserklärung	B, D, G	1) Recycling 2) mit Siedlungsabfall
19 09 03	Schlämme aus der Dekarbonatisierung	C	1) Recycling 2) mit Siedlungsabfall
19 09 04	gebrauchte Aktivkohle	E	Mit Siedlungsabfällen
19 09 05	gesättigte oder gebrauchte Ionenaustauscherharze	H	1) Regenerierung, 2) mit Siedlungsabfall
19 09 06	Lösungen und Schlämme aus der Regeneration von Ionenaustauschern	I	CPB
19 09 99	Abfälle a. n. g.	In der Regel nicht erforderlich	

## 19 10 Abfälle aus dem Shreddern von metallhaltigen Abfällen

<b>1</b>	<b>Prozess</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Abfälle</b> .....	<b>2</b>
2.1	<i>Fe-Metall-Fraktion [A]</i> .....	2
2.2	<i>NE-Metall-Fraktion [B]</i> .....	3
2.3	<i>Shredder-Leichtfraktion [C]</i> .....	3
2.4	<i>Stäube aus Shredderanlagen [D]</i> .....	4
2.5	<i>Sonstige Shredderfraktionen [E]</i> .....	4
2.6	<i>Abfälle aus der Trockenlegung von Autowracks [F]</i> .....	5
<b>3</b>	<b>Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss</b> .....	<b>6</b>

### 1 Prozess

Altautos (Autowracks), Elektrogeräte (z. B. weiße Ware) sowie Metall- und Blechkomponenten aus demontierten industriellen Anlagen können nicht effektiv direkt als Schrott in der Stahlindustrie verwertet werden. Um einerseits eine besser handelbare Fe-Metall-Fraktion zu gewinnen und andererseits NE-Metalle sowie andere Fraktionen abzutrennen wird der Schrott in einer Shredderanlage vorbehandelt (siehe **Abb. 1**).

Bezüglich des Inputs sind im Wesentlichen zwei Fraktionen zu unterscheiden:

- Altautos (Autowracks); BRD ca. 4 Mio. t/a.
- Sammelschrott (Haushaltsgroßelektrogeräte wie z. B. Waschmaschinen, Herde, Kühlschränke usw., ind. Stahl- und Blechschrott von Altanlagen, Material aus Schrottsammlungen usw.); BRD ca. 1 Mio. t/a.

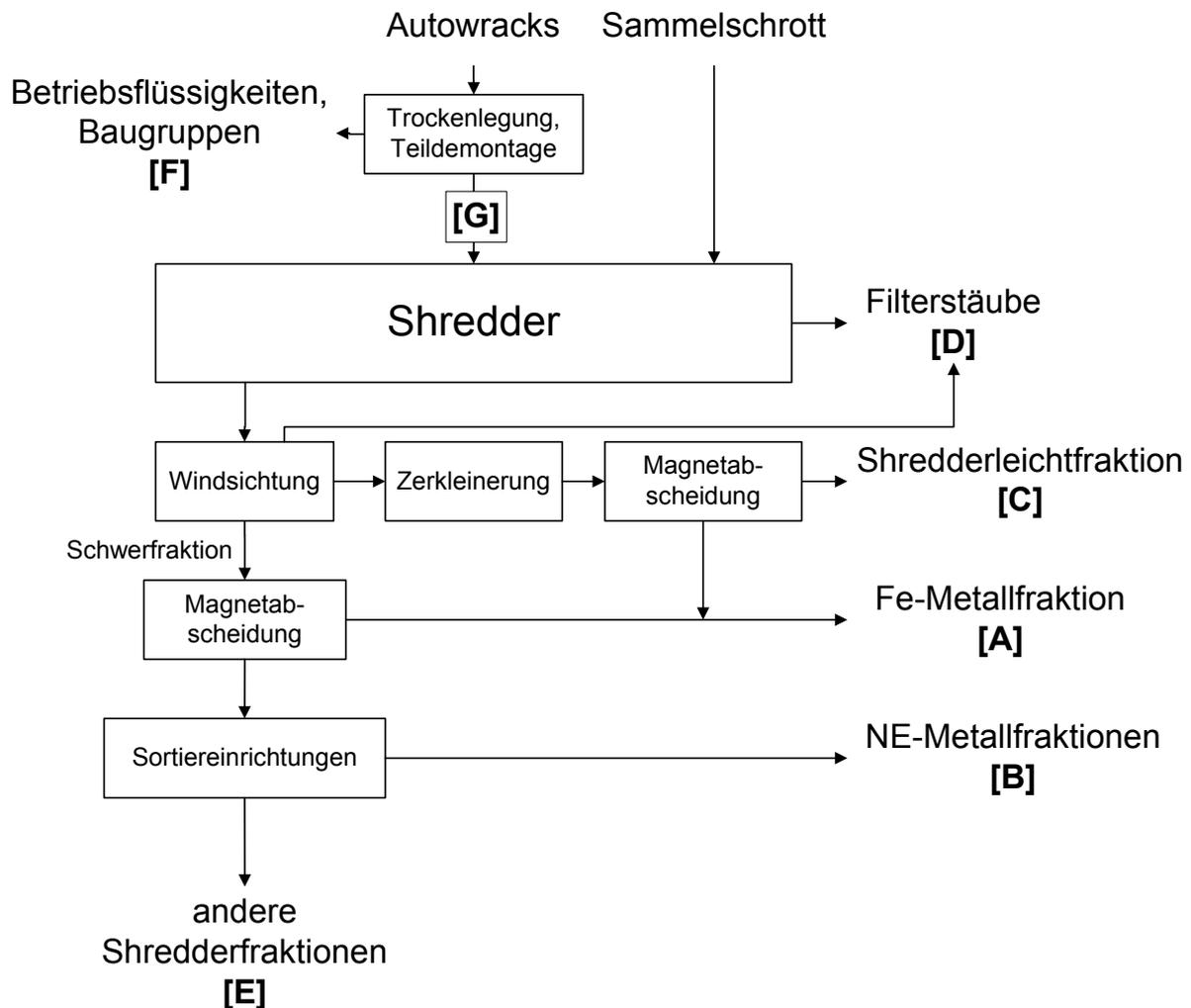
Während der Sammelschrott meist direkt dem Shredderwerk zugeführt wird, werden die Altautos in der Regel vorher trockengelegt, d. h. umweltrelevante Betriebsflüssigkeiten (z. B. Treibstoffe, Öle, Brems- und Kühlerflüssigkeiten, Kühlmittel) werden abgelassen. Teilweise werden auch wertrelevante Komponenten (z. B. Motor) und Reifen demontiert.

Nach dem Shreddern, üblicherweise in einer Hammermühle, auf Teilchengrößen von < 100mm wird aus dem Stoffgemisch per Windsichtung eine Leichtstofffraktion (SLF) (Kunst- und Schaumstoffe, Pappe, Gummi, Glas usw.) abgetrennt. Bei Altautos beträgt dieser Anteil ca. 20 Gew.%.

In der verbleibenden Schwerfraktion bildet mit ca. 70% die Fe-Metall-Fraktion den Hauptanteil, der über Magnetabscheider separiert wird.

Nach der Magnetabscheidung wird aus dem resultierenden Stoffstrom die NE-Metall-Fraktion (ca. 6 - 7%) über weitere Sortiereinrichtungen, z. B. Wirbelstromabscheider, teilweise auch über Handsortierung (z. B. Elektromotoren, Kabelabschnitte) abgetrennt.

Der verbleibende Rest (Glasbruch, schwere Verbundwerkstoffe, Keramik usw.) ist mit ca. 2% mengenmäßig untergeordnet.



**Abb. 1:** Schematischer Verfahrensablauf in einer Shredderanlage

## 2 Abfälle

Die aus den einzelnen Teilprozessen einer Shredderanlage gemäß **Abb. 1** resultierenden Abfallströme sind nachfolgend näher spezifiziert. Die Mengenverhältnisse und Zusammensetzungen der Fraktionen hängen in erster Linie von den verarbeiteten Schrottsorten (Input) ab. Einzelne Shredderanlagen haben sich auf die Verarbeitung bestimmter Abfallarten (z. B. nur Alautos) spezialisiert und erzielen dadurch eine bessere Sortenreinheit in den abgetrennten Fraktionen.

### 2.1 Fe-Metall-Fraktion [A]

Über eine nach dem Shreddern und üblicherweise nach der Windsichtung installierten Magnetabscheidung werden alle magnetisierbaren Metalle, unabhängig von ihrer metallurgischen Zusammensetzung abgetrennt. Die enthaltenen Fremdstoffanteile

sind gering, so dass die Fe-Metall-Fraktion direkt in Stahlwerken verwertet werden kann.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 10 01 Eisen- und Stahlabfälle

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Recycling über die Sekundärmetallurgie, meist in Stahlwerken.

## **2.2 NE-Metall-Fraktion [B]**

Die nach der Magnetabscheidung in der Schwerfraktion verbliebenen NE-Metalle werden mit unterschiedlichen Sortierverfahren möglichst sortenrein (Al, Cu, MS, Mg) abgetrennt. Obwohl mit 6 - 7% mengenmäßig weniger relevant, stellt dieser Verfahrensschritt eine bedeutende Wertschöpfung dar. Zur Erzielung besserer Verkaufserlöse werden verschiedene Metallfraktionen separiert und in unterschiedlichen Anlagen der NE-Sekundärmetallurgie verwertet. Im EAV steht aus diesem Herkunftsbe- reich jedoch nur ein EAV-Abfallschlüssel zur Verfügung.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 10 02 NE-Metall-Abfälle

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Recycling in Anlagen der NE-Metall-Sekundärmetallurgie.

## **2.3 Shredder-Leichtfraktion [C]**

Die sogenannte Shredderleichtfraktion wird im ersten Prozessschritt nach dem Shreddervorgang meist im Windsichtungsverfahren abgetrennt. Sie stellt bei der Alt- autoverarbeitung mit knapp 20% nach der Fe-Metallfraktion mengenmäßig den be- deutendsten Anteil dar. Wesentliche Bestandteile sind Kunststoffe, Schaumstoffe und Bezüge aus der Inneneinrichtung und Verkleidung der Fahrzeuge. Weitere nen- nenswerte Anteile sind z. B. Rostpartikel, abgeplatzter Lack, Glas, Kabelabschnitte, dünne NE-Metall-Teile und gegebenenfalls Holz. Dieses Vielstoffgemisch ist mit be- kannten Verfahren nicht wirtschaftlich auftrennbar. Aufgrund der großen Oberflächen und der Saugfähigkeit können gefährliche Stoffe (PCB, Öle) insbesondere aus aus- getretenen Betriebsstoffen enthalten sein. Der Heizwert liegt bei ca. 20 MJ/kg.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 10 03\* Shredderleichtfraktionen und Staub, die gefährliche Stoffe enthalten

19 10 04 Shredderleichtfraktionen und Staub mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 10 03 fallen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

Verbrennung oder Deponierung, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

#### **2.4 Stäube aus Shredderanlagen [D]**

Die sowohl beim eigentlichen Shreddervorgang als auch bei der Windsichtung entstehenden Stäube werden in Filteranlagen der Absauganlagen abgetrennt. Die Zusammensetzung ähnelt der der Shredderleichtfraktion (Rost-, Lack- und Glaspartikel, Bremsbelagsabrieb, Schmutz, Stoffpartikel usw.). Die Gehalte an gefährlichen Stoffen sind tendenziell höher. Eine Zugabe zur Shredderleichtfraktion ist daher nicht empfehlenswert. Gängiger Entsorgungsweg ist die Deponierung.

##### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 10 03\* Shredderleichtfraktionen und Staub, die gefährliche Stoffe enthalten (*Regel*)
- 19 10 04 Shredderleichtfraktionen und Staub mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 10 03 fallen (*Ausnahme*)

##### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

Verbrennung oder Deponierung, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

#### **2.5 Sonstige Shredderfraktionen [E]**

Nach Durchlaufen der verschiedenen Separierstufen verbleibt aus der Schwerfraktion eine nicht wirtschaftlich weiterbehandelbare Restfraktion. Diese enthält z. B. Glasbruch, Schmutzanteile (z. B. verölter Sand), Schwermetalle (feine Cu- und Pb-Anteile aus Kabeln und elektrischen Komponenten) und somit meist relevante Anteile an gefährlichen Stoffen.

##### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 10 05\* andere Fraktionen, die gefährliche Stoffe enthalten (*Regel*)
- 19 10 06 andere Fraktionen mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 10 05 fallen (*Ausnahme*)

Bei separat erfasstem Glas oder Glasbruch

- 16 01 20 Glas

##### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

19 10 05\*/

19 10 06: Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

Deponierung, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

16 01 20: Bei sortenreiner Erfassung Einsatz bei der Glaserzeugung.

Ansonsten Deponierung i.d.R. zusammen mit Siedlungsabfällen.

## 2.6 **Abfälle aus der Trockenlegung von Autowracks [F], [G]**

Zur Reduzierung der Schadstoffgehalte aber auch aus Sicherheitsgründen (Verpuffungen) werden Altfahrzeuge trockengelegt, d. h. flüssige Betriebsstoffe abgelassen und z. B. Starterbatterien ausgebaut. Die Betriebsstoffe werden dabei in der Regel separat erfasst und entsorgt.

Falls dies bereits vor dem Transport zur Shredderanlage erfolgt ist, kann der Output der Vorbehandlung unter Abfallschlüssel „16 01 06 Altfahrzeuge, die weder Flüssigkeiten noch andere gefährliche Bestandteile enthalten“ eingestuft werden. Im Falle der Vorbehandlung anderer Geräte unter „16 02 14 gebrauchte Geräte mit Ausnahme derjenigen die unter 16 02 09 bis 16 02 15 fallen“.

Zutreffende EAV-Schlüssel sind nur in anderen Unterkapiteln, insbesondere unter 13 07 und 16 01 enthalten.

### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 13 02 05\* nichtchlorierte Maschinen-, Getriebe- und Schmieröle auf Mineralölbasis
- 13 07 01\* Heizöl und Diesel
- 13 07 02\* Benzin
- 16 01 13\* Bremsflüssigkeiten
- 16 01 14\* Frostschutzmittel, die gefährliche Stoffe enthalten
- 16 01 15 Frostschutzmittel mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 01 14 fallen
- 16 06 01\* Bleibatterien

### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

- 13 02 05\*: Aufbereitung zu Basisölen gemäß Altölverordnung.  
Ansonsten Verbrennung.
- 13 07 01\*: Verbrennung, i.d.R. als Heizöl.
- 13 07 02\*: Aufarbeitung zu Kraftstoff in Mineralö raffinerien.
- 16 01 13\*: Aufarbeitung in Recyclinganlagen.  
Ansonsten Verbrennung, i.d.R. in SAV.
- 16 01 14\*: Aufarbeitung zur Glykolerückgewinnung.  
Ansonsten thermische Behandlung, i.d.R. in SAV.
- 16 01 15: Aufarbeitung zur Glykolerückgewinnung.  
Ansonsten thermische Behandlung, ggf. zusammen mit Siedlungsabfällen.
- 16 06 01\*: Abtrennung der Säure und Bleirückgewinnung.

### 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel - Stofffluss

Auszug aus dem EAV		Stofffluss	Entsorgung
<b>19 10</b>	<b>Abfälle aus dem Shreddern von metallhaltigen Abfällen</b>		
19 10 01	Eisen und Stahlabfälle	A	Recycling
19 10 02	NE-Metall-Abfälle	B	Recycling
19 10 03*	Shredderleichtfraktionen und Staub, die gefährliche Stoffe enthalten	C, D	SAD, SAV
19 10 04	Shredderleichtfraktionen und Staub mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 10 03 fallen	C, D	Mit Siedlungsabfall
19 10 05*	andere Fraktionen, die gefährliche Stoffe enthalten	E	SAD
19 10 06	andere Fraktionen mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 10 05 fallen	E	Mit Siedlungsabfall

Abfälle aus dem Shreddern von metallhaltigen Abfällen, die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind			
13 02 05*	nichtchlorierte Maschinen-, Getriebe- und Schmieröle auf Mineralölbasis	F	1) Recycling, 2) Verbrennung
13 07 01*	Heizöl und Diesel	F	1) Recycling, 2) Verbrennung
13 07 02*	Benzin	F	1) Recycling, 2) Verbrennung
16 01 13*	Bremsflüssigkeiten	F	1) Recycling, 2) SAV
16 01 14*	Frostschutzmittel, die gefährliche Stoffe enthalten	F	1) Recycling, 2) SAV
16 01 15	Frostschutzmittel mit Ausnahme derjenigen, die unter 16 01 14 fallen	F	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall
16 01 20	Glas	E	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall
16 06 01*	Bleibatterien	F	Recycling

---

<b>Output einer Vorbehandlung, die nicht bei der Shredderanlage erfolgt</b>			
16 01 06	Altfahrzeuge, die weder Flüssigkeiten noch andere gefährliche Bestandteile enthalten	G	1) Demontage, 2) Shreddern
16 02 14	gebrauchte Geräte mit Ausnahme derjenigen die unter 16 02 09 bis 16 02 15 fallen	G	1) Demontage, 2) Shreddern

## 19 11 Abfälle aus der Altölaufbereitung

<b>1</b>	<b>VORBEMERKUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PROZESSE .....</b>	<b>1</b>
2.1	<b>Allgemeines .....</b>	<b>1</b>
2.2	<b>Schwefelsäure-Bleicherde Kontaktverfahren .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>ABFÄLLE.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>ÜBERSICHT ZUR ZUORDNUNG ABFALLSCHLÜSSEL – STOFFFLUSS.....</b>	<b>6</b>

### 1 Vorbemerkung

Die Richtlinie 75/439/EWG (Altölbeseitigung) räumt der Aufbereitung von Altölen zu Basisölen Vorrang ein, sofern keine technischen, wirtschaftlichen und organisatorischen Sachzwänge entgegenstehen.

Altöle fallen überwiegend bei der Wartung von Fahrzeugen und Maschinen sowie als verbrauchte Kühlschmierstoffe und Hydrauliköle an. Diese Altöle werden in unterschiedlichen Verfahren stofflich und energetisch verwertet. Im vorliegenden Papier werden nur die Aufbereitungsverfahren - dies sind Verfahren zur Herstellung von Basisölen - beschrieben.

### 2 Prozesse

#### 2.1 Allgemeines

Altöle werden überwiegend destillativ aufbereitet. Als Aufbereitungsprodukt werden Basisöle gewonnen, die zur Herstellung von Ölen und Schmierstoffen dienen sowie Fluxöle, die als schweres Heizöl genutzt werden können. I.d.R. fallen drei unterschiedliche Basisölfractionen an, das Gasöl, das Neutralöl und das Grundöl. Diese Fractionen unterscheiden sich im Wesentlichen durch ihre unterschiedlichen Siedebereiche bzw. Viskositäten.

Bei der Aufarbeitung von Altölen müssen nach der destillativen Entfernung von Wasser und Leichtsiederkomponenten (Benzin, Lösemittel usw.) die in den Altölen enthaltenen Restadditivbestandteile und ihre Zersetzungsprodukte, die instabilen, durch Oxidation und mechanische Scherung veränderten Mineralölkomponenten sowie Metallabrieb, Ruß und andere feste Fremdstoffe entfernt werden.

Basisöle und Fluxöle werden aus Altölen über einen mehrstufigen thermischen Prozess gewonnen. Weltweit werden ca. 10 unterschiedliche Verfahrensvarianten eingesetzt. Die wesentlichen Verfahren sind:

- Das Schwefelsäure/Bleicherde-Verfahren,
- die Dünnschichtverdampfung,

- die Filmverdampfung im Zyklon,
- die Behandlung mit Wasserstoff (Hydrierung) und
- das ENTRA-Rohrreaktor-Verfahren

Die Verfahren unterscheiden sich hinsichtlich der Ausbeute und der spezifischen Abfallmenge teilweise erheblich. Hinsichtlich der erzeugten Abfallarten sind die Varianten jedoch weitgehend vergleichbar. Daher wird hier nur das nach wie vor am weitesten verbreitete Schwefelsäure-Bleicherde Kontaktverfahren (**Abb. 1**) ausführlicher dargestellt.

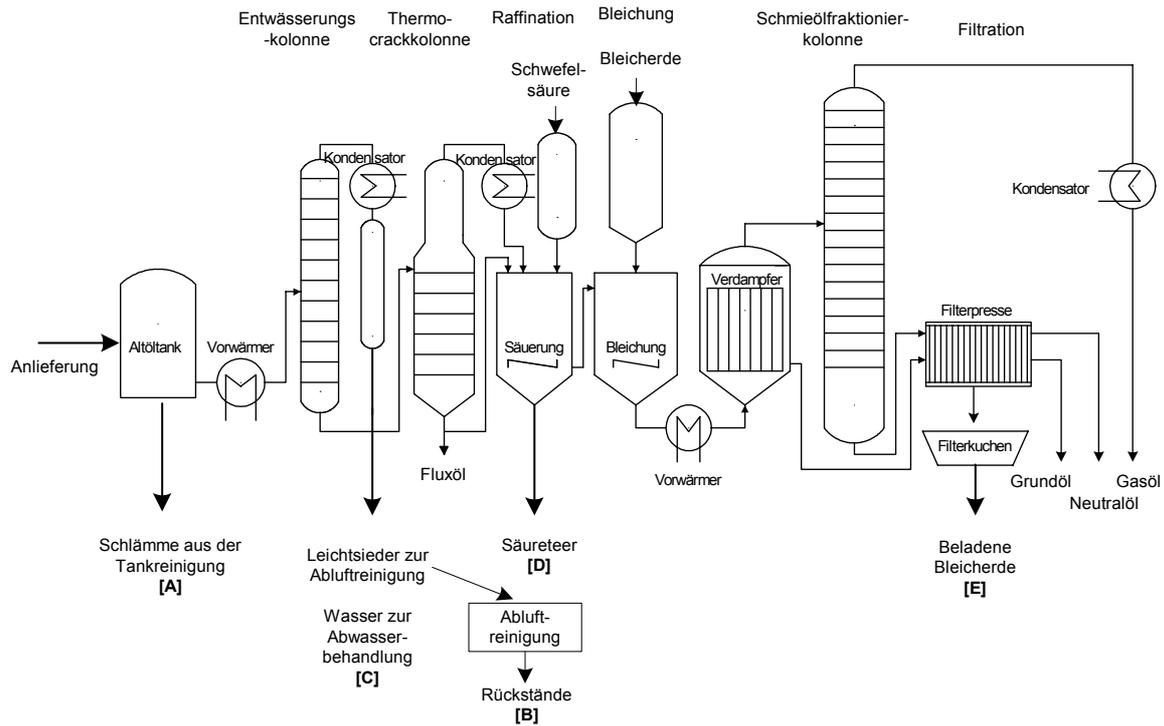
## 2.2 Schwefelsäure-Bleicherde Kontaktverfahren

Das Altöl wird zur Aufbereitung überwiegend mit Tankwagen angeliefert und in einem Vorratstank zwischengelagert. In Ausnahmefällen wird das Altöl auch in Fässern oder Kleingebinden angeliefert.

Zur Aufbereitung werden zunächst Schmutzpartikeln aus dem Altöl abfiltriert. Anschließend wird es bei ca. 160 °C unter Normaldruck in einer Entwässerungskolonnen getrocknet, dabei werden Leichtsieder und Wasser abgetrennt. Das entwässerte Öl (Trockenöl) wird in einer Thermocrackanlage bei 320 °C im Vakuum, mit einem Restdruck von 200 mbar, über einen direkt befeuerten Röhrenofen gefahren. Durch diese Vorbehandlung wird ein Großteil der Additive thermisch so verändert, dass der Verbrauch an Schwefelsäure und Bleicherde in den nachfolgenden Verfahrensschritten deutlich reduziert werden kann. Durch simultan ablaufende Crackprozesse gehen hierbei etwa 30 % des Trockenöles als Gasöl/Spindelöl-Destillat ab. In den Destillaten und im Rückstand fallen schwefel- und stickstoffhaltige Zersetzungsprodukte aus den Additiven an. Das „Kopfprodukt“ wird ebenso wie ein Teil des Sumpfes mit ca. 10 % konzentrierter Schwefelsäure (96 %ig) in einem Reaktor innig gemischt. Der Rest des Sumpfes wird als Fluxöl abgezogen. Die Schwefelsäure reagiert mit Additivresten, Additivzersetzungsprodukten, instabilen Komponenten, Metallabrieb und aromatischen Verbindungen zu einer dunklen, sirupartigen Masse (Säureteer oder Säureharz). Säureharz enthält neben ca. 50 % Öl, Harzen und Asphalt bis zu 30 % freie Schwefelsäure und ist in Mineralöl unlöslich. Wegen seiner höheren Dichte kann es nach einer Absetzphase abgezogen werden.

Nach Abtrennung des Säureharzes wird das Saueröl mit aktivierter Bleicherde (Aluminium-Hydrosilikate) versetzt. Dieses Gemisch geht über einen Vorwärmer in den Verdampfer, in dem bei 280 °C unter einem Vakuum mit einem Restdruck von 200 mbar ca. 40 % des Einsatzproduktes verdampfen. Bei dem hierbei stattfindenden Heißkontakt erfüllt die Bleicherde mehrere Aufgaben: sie neutralisiert die sauren Bestandteile der Ölfraction, sie bindet polare, kolloidale und färbende Stoffe (z.B. Harze, Bitumen, Ruß, Oxidationsprodukte usw.) und bleicht dadurch das Raffinat.

Die Dampfphase wird in einer Kolonne fraktioniert kondensiert. Die dabei erhaltenen Fraktionen sind Neutralöl und Gasöl. Aus der Sumpfphase des Verdampfers wird nach einer Druckfiltration zur Abtrennung der verbrauchten Bleicherde mit anschließender Filtration über Papier-Filterpressen schweres Grundöl gewonnen. Die Neutralöle dienen zusammen mit dem schweren Grundöl zur Herstellung von Basisölen für Schmierstoffe in den entsprechenden ISO-Viskositätsklassifikationen. Das Gasöl kann zu Heizzwecken eingesetzt werden.



**Abb. 1:** Altölaufbereitung nach dem Säure-Bleicherde-Kontaktverfahren

## 2 Abfälle

### **Schlämme aus der Tankreinigung [A]**

In Altölen sind Partikel (Schmutz und Metallabrieb) enthalten, die sich am Boden der Vorrattanks absetzen. Die Bodenschlämme fallen bei der periodisch wiederkehrenden Reinigung der Tanks an.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

05 01 03\* Bodenschlämme aus Tanks

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

Verbrennung, i.d.R. in SAV.

### **Teilprozess Verbrennung der Leichtsieder, Abfälle aus der Abluftreinigung [B]**

Bei Entwässerung fallen gasförmige Emissionen, im Wesentlichen leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe, an, die entsprechend der 17. BImSchV bzw. der EU-Richtlinie 2000/76/EG thermisch/katalytisch gereinigt werden. Aus der Abluftreinigung fallen je nach Verfahren sehr unterschiedliche Abfälle an (Filterstäube, verbrauchte Katalysatoren, Aktivkohle, Filterkuchen etc.).

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 11 07\* Abfälle aus der Abgasreinigung

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Wenn es sich um verbrauchte Aktivkohle handelt kann diese desorbiert und wiederverwendet werden, für die anderen Abfälle aus der Abgasreinigung (z. B. Filterstäube) sind derzeit keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

Ablagerung auf Deponien (SAD, UTD), bei verbrauchter Aktivkohle Verbrennung, i.d.R. SAV.

### **Verunreinigtes Wasser [C]**

Bei der Entwässerung des Altöls fällt verunreinigtes Wasser an, das einer chemisch-physikalischen, ggf. auch biologischen Abwasserbehandlung zugeführt wird.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 11 03\* wässrige flüssige Abfälle

19 11 05\* Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung, die gefährliche Stoffe enthalten

19 11 06 Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 11 05 fallen

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

19 11 03\* Chemisch-physikalische Behandlung (CPB) durch Fällungs-Flockungs- und Filtrationsprozesse und Abtrennung der Wasserphase zur Einleitung in die Kanalisation.

Für die Schlämme sind derzeit keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

Bei hohen organischen Anteilen Verbrennung (SAV), ansonsten Deponierung, i.d.R. SAD, falls keine gefährlichen Stoffe enthalten sind ggf. auch zusammen mit Siedlungsabfällen.

### **Säureteer [D]**

Säureteere enthalten neben hochsiedenden Ölen, Harzen, Bitumen und Abbauprodukten der Additive ca. 30 % Schwefelsäure.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 11 02\* Säureteere

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Wiederaufbereitung in der Schwefelsäureherstellung, Einsatz als Reduktionsmittel in der Erzverhüttung und in der Stahlindustrie.

Ansonsten Verbrennung, i.d.R. SAV.

### **Beladene Bleicherde [E]**

Die Bleicherde (Aluminiumsilikat) ist mit Harzen, Bitumen, Ruß und Oxidationsprodukten beladen.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 11 01\* gebrauchte Filtertone

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Verwertung in der Zementindustrie

Ansonsten Verbrennung, i.d.R. SAV.

### 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel – Stofffluss

EAV	Auszug aus dem EAV	Stofffluss	Entsorgung
<b>19 11</b>	<b>Abfälle aus der Altölaufbereitung</b>		
19 11 01*	gebrauchte Filtertone	E	1) Stoffliche Nutzung, 2) Verbrennung
19 11 02*	Säureteere	D	1) Stoffliche Nutzung, 2) Verbrennung
19 11 03*	wässrige flüssige Abfälle	C	CPB
19 11 04*	Abfälle aus der Brennstoffreinigung mit Basen	-	In Deutschland ist kein Verfahrensschritt bekannt, bei dem Basen eingesetzt werden
19 11 05*	Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung, die gefährliche Stoffe enthalten	C	1) SAV, 2) SAD
19 11 06	Schlämme aus der betriebseigenen Abwasserbehandlung mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 11 05 fallen	C	1) Verbrennung 2) mit Siedlungsabfall
19 11 07*	Abfälle aus der Abgasreinigung	B	1) Regenerierung, 2) SAD, SAV
19 11 99	Abfälle a. n. g.	In der Regel nicht erforderlich	

	<b>Abfälle aus der Altölaufbereitung die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind</b>		
05 01 03*	Bodenschlämme aus Tanks	A	1) Verbrennung, 2) SAV

## 19 12 Abfälle aus der mechanischen Behandlung von Abfällen (z.B. Sortieren, Zerkleinern, Verdichten, Pelletieren) a. n. g.

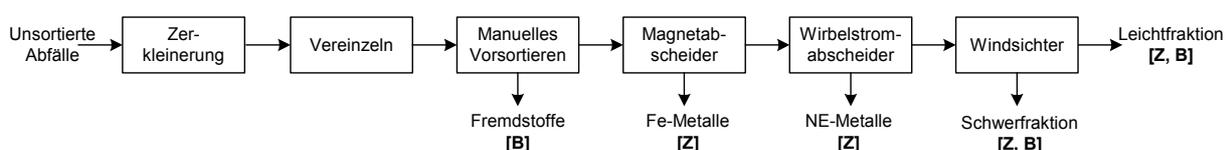
<b>1</b>	<b>Prozesse</b> .....	<b>1</b>
1.1	Zerkleinerungsverfahren .....	2
1.2	Sortierverfahren .....	2
1.3	Klassierverfahren .....	2
1.4	Metallabscheidung .....	2
1.5	Schwer-/Leichtfraktion-Trennung durch Windsichtung .....	3
1.6	Schwer-/Leichtfraktion-Trennung durch Schwimm-Sinkanlagen .....	3
1.7	Verdichten und Pelletieren .....	3
<b>2</b>	<b>Abfälle</b> .....	<b>4</b>
2.1	Abfälle aus der Entstaubung [A] .....	4
2.2	Zielstoffe [Z] und Störstoffe [B] .....	4
<b>3</b>	<b>Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel – Stofffluss</b> .....	<b>6</b>

### Vorbemerkung

Im branchenorientierten Europäischen Abfallverzeichnis hat die Gruppe 19 12 insofern eine besondere Stellung, als sie sich mit einem Industriezweig befasst, der an Stelle von Rohstoffen Abfälle einsetzt. An Stelle von Produkten werden Sekundärrohstoffe oder wiederum Abfälle für den Recyclingmarkt hergestellt. Dementsprechend können die Abfallschlüssel 19 12 XX sowohl Zielprodukte (Sekundärrohstoffe oder Abfälle zur Verwertung) oder unerwünschte Störstoffe (Abfälle zur Beseitigung) bezeichnen.

### 1 Prozesse

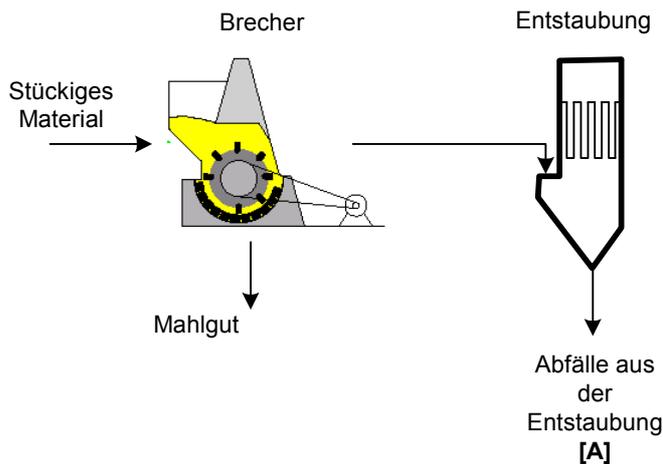
Es ist davon auszugehen, dass die nachstehend beschriebenen Verfahrensschritte im Wesentlichen auf heterogene Abfälle angewandt werden. Die Verfahren können je nach Lage des Falles und Bedarfs der Recyclingindustrie modifiziert und kombiniert werden. Eine typische Verfahrenskonfiguration stellt **Abb. 1** dar.



**Abb. 1:** Prinzipdarstellung Verfahrenskonfiguration

## 1.1 Zerkleinerungsverfahren

Sperrige Abfälle und Abfälle aus unterschiedlichen Stoffen werden zur besseren Handhabung bzw. zum Aufschluss der einzelnen Inhaltsstoffe vor dem Sortierprozess zerkleinert. Als Zerkleinerungsanlagen werden Brecher, z. B. für Gesteinsmaterial, Walzmühlen, z. B. zur Erzeugung eines bestimmten Korngrößenspektrums, oder Prallzerkleinerungsmaschinen, z. B. Hammermühlen eingesetzt. Bei den Zerkleinerungsprozessen fallen in der Regel nur Stäube als Abfall an, die in Gewebefiltern abgeschieden werden (Stoffstrom [A]).



**Abb. 2:** Zerkleinerungsprozess am Beispiel eines Brechers

## 1.2 Sortierverfahren

Unsortierte Abfälle, z. B. DSD-Materialien oder Altpapier werden auf Förderbänder aufgebracht und z. B. durch Bandverzweigungen vereinzelt und manuell sortiert. Neben dieser manuellen Sortierung wird auch immer häufiger die sensorgesteuerte Sortierung eingesetzt. Z. B. um Kunststoffgemische (häufig Verpackungsmaterialien), in unterschiedliche Kunststoffarten aufzuteilen oder farblich unterschiedliche Kunststoffe oder Glasscherben nach Farben zu sortieren. Damit werden hochwertige Verwertungen ermöglicht und ungesunde Arbeitsplätze verdrängt.

## 1.3 Klassierverfahren

Klassierverfahren dienen der Auftrennung von Materialien in unterschiedliche Korngrößen. Die wichtigsten Verfahren sind Siebprozesse, hiermit können Korngrößen zwischen 200 mm (Roste) bis zu 0,5 mm (Dünnschichtsiebung) getrennt werden. Bei der Siebung werden Zielstoffe [Z] und Störstoffe [B] getrennt.

## 1.4 Metallabscheidung

Die Abscheidung ferromagnetischer Metalle als Zielstoff [Z] geschieht mit Magneten unterschiedlicher Bauart. Am gebräuchlichsten ist der Überbandmagnet. Für nicht-magnetische Metalle hat sich das Wirbelstromverfahren durchgesetzt. Durch Erzeu-

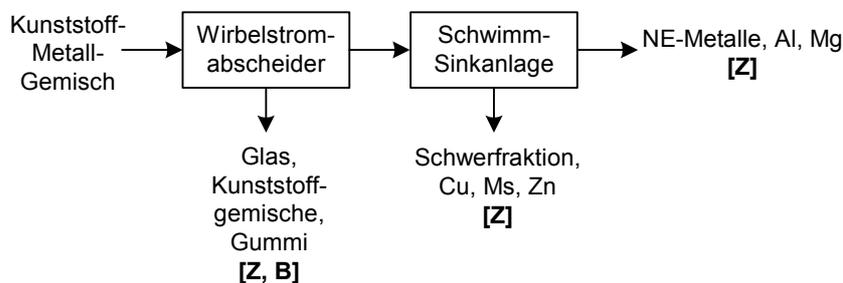
gen eines magnetischen Feldes können Nichteisenmetalle kurzzeitig magnetisiert und damit als Zielstoff [Z] abgeschieden werden.

### 1.5 Schwer-/Leichtfraktion-Trennung durch Windsichtung

Die Abfallgemische werden in einen Luftstrom eingebracht, wodurch leichte Stoffe dem Luftstrom folgen und an einem Zyklon oder an einer Beruhigungsstrecke wieder abgeschieden werden, während schwere Komponenten nach unten fallen und ausgetragen werden können.

### 1.6 Schwer-/Leichtfraktion-Trennung durch Schwimm-Sinkanlagen

Schwimm-Sinkanlagen nutzen den Dichteunterschied zwischen einzelnen Stoffen zur Separierung. Hierzu werden die Stoffgemische in eine Flüssigkeit (Wasser-Ferro-Silizium) eingetragen, deren Dichte  $\gamma$  so eingestellt ist, dass Stoffe bestimmter Charakteristik durch Sinken oder Schwimmen getrennt werden. Die Anlagen können mehrere Stufen haben, dabei wird die Flüssigkeit auf eine jeweils unterschiedliche Dichte eingestellt. Diese Technik wird insbesondere bei der Auftrennung der Shredderschwerfraktion eingesetzt. Dabei werden zwei Wertstofffraktionen gewonnen: Leichtmetalle (Aluminium, Magnesium) und schwerere Metalle (Kupfer, Zink, Messing (Ms)).



**Abb. 2:** Prinzip einer Schwimm-Sinkanlage

### 1.7 Verdichten und Pelletieren

Sortierte und aufbereitete Abfälle können zur Verbesserung der Handhabung und der Transportfähigkeit verdichtet, brikettiert oder pelletiert werden. Unter Verdichtung versteht man die Kompaktierung und Verkleinerung des Volumens des Ausgangsmaterials durch mechanischen Druck, z. B. das Pressen von Getränkedosen. Beim Brikettieren und Pelletieren wird losen Materialien unter Druck und ggf. unter Zugabe von Bindern eine definierte geometrische Form gegeben.

## 2 Abfälle

### 2.1 Abfälle aus der Entstaubung [A]

Bei nahezu allen vor beschriebenen Verfahren entstehen Stäube, die über Gewebefilter abgeschieden werden. Mögliche Schadstoffe variieren mit der Zusammensetzung der Inputstoffe.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 12 11\* sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen, die gefährliche Stoffe enthalten
- 19 12 12 sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 12 11 fallen

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

Deponierung SAD, UTD, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

### 2.2 Zielstoffe [Z] und Störstoffe [B]

Bei sämtlichen Verfahren entstehen Zielstoffe [Z], auf deren Gewinnung das Verfahren ausgerichtet ist, und Störstoffe [B], die aus dem Prozess ausgeschleust und beseitigt werden. Diese beiden Stoffströme können deshalb verschiedenen Abfallschlüsseln zugeordnet werden und einige Abfallschlüssel können auch beide Stoffströme bezeichnen.

Mögliche Schadstoffe variieren mit der Zusammensetzung der Inputstoffe.

#### Stoffstrom [Z]

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 12 01 Papier und Pappe
- 19 12 02 Eisenmetalle
- 19 12 03 Nichteisenmetallabfälle
- 19 12 04 Kunststoff und Gummi
- 19 12 05 Glas
- 19 12 07 Holz, mit Ausnahme desjenigen, das unter 19 12 06 fällt
- 19 12 08 Textilien
- 19 12 09 Mineralien (mit Einschränkung)
- 19 12 10 Brennbare Abfälle (Brennstoffe aus Abfällen)

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

- 19 12 01/07/08: Papier, Holz und Textilien: stoffliche Nutzung, z. B. Zellstoffgewinnung oder energetische Nutzung. Ansonsten Verbrennung, i.d.R. zusammen mit Siedlungsabfällen
- 19 12 02/03 Recycling in Anlagen der Sekundärmetallurgie.
- 19 12 04 Sortenrein gewonnene Kunststofffraktionen können in der Regel energetisch, teilweise auch stofflich verwertet werden. Ansonsten Verbrennung, wenn keine gefährliche Stoffe enthalten sind, zusammen mit Siedlungsabfällen.
- 19 12 05 Glas kann, ggf. nach einem weiteren Separierungsschritt, recycelt oder stofflich genutzt werden.
- 19 12 09 Mineralien können je nach Marktlage als Recyclingbaustoff verwertet werden.

Ansonsten Deponierung, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

Stoffstrom [B]

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 12 06\* Holz, das gefährliche Stoffe enthält
- 19 12 09 Mineralien (soweit nicht verwertbar)
- 19 12 11\* sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen, die gefährliche Stoffe enthalten
- 19 12 12 sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 12 11 fallen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Mit Einschränkung für Abfallschlüssel 19 12 09 Mineralien gilt: Derzeit sind keine wertschöpfenden Behandlungsverfahren bekannt.

Verbrennung SAD oder Deponierung SAD, UTD, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen

### 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel – Stofffluss

Auszug aus dem EAV		Stofffluss	Entsorgung
<b>19 12</b>	<b>Abfälle aus der mechanischen Behandlung von Abfällen (z.B. Sortieren, Zerkleinern, Verdichten, Pelletieren) a. n. g.</b>		
19 12 01	Papier und Pappe	Z	1) Stoffliche Nutzung, 2) Verbrennung
19 12 02	Eisenmetalle	Z	Recycling
19 12 03	Nichteisenmetalle	Z	1) Recycling, 2) mit Siedlungsabfall
19 12 04	Kunststoff und Gummi	Z, B	1) Stoffliche Nutzung, 2) Verbrennung, 3) mit Siedlungsabfall
19 12 05	Glas	Z, B	1) Recycling 2) mit Siedlungsabfall
19 12 06*	Holz, das gefährliche Stoffe enthält	B	1) Verbrennung, 2) SAV
19 12 07	Holz mit Ausnahme desjenigen, das unter 19 12 06 fällt	Z, B	1) Stoffliche Nutzung, 2) Verbrennung, 2) mit Siedlungsabfall
19 12 08	Textilien	Z, B	1) Stoffliche Nutzung, 2) mit Siedlungsabfall
19 12 09	Mineralien (z.B. Sand, Steine)	B, Z	1) Mit Siedlungsabfall, 2) stoffliche Nutzung
19 12 10	brennbare Abfälle (Brennstoffe aus Abfällen)	Z	Energetische Nutzung
19 12 11*	sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen, die gefährliche Stoffe enthalten	A, B	SAD, SAV UTD
19 12 12	sonstige Abfälle (einschließlich Materialmischungen) aus der mechanischen Behandlung von Abfällen mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 12 11 fallen	A, B	Mit Siedlungsabfall

## 19 13 Abfälle aus der Sanierung von Böden und Grundwasser

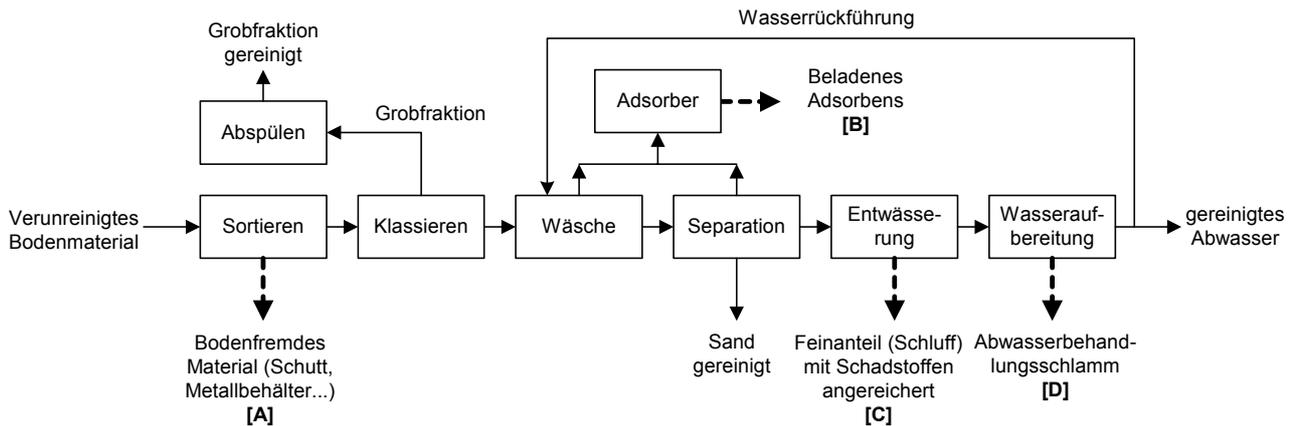
<b>1. PROZESSE</b> .....	<b>1</b>
1.1 Bodenwäsche .....	1
1.2 Thermische Bodenbehandlung.....	2
1.3 Biologische Bodenbehandlung.....	2
1.4 Bodenluftabsaugung zur Boden- und Grundwasserreinigung (in situ – ohne Auskoffnung) .....	3
1.5 Hydraulische Verfahren (in situ – ohne Auskoffnung) .....	3
<b>2 ABFÄLLE</b> .....	<b>4</b>
<b>3 ÜBERSICHT ZUR ZUORDNUNG ABFALLSCHLÜSSEL – STOFFFLUSS</b> .....	<b>9</b>

### 1. Prozesse

Die nachfolgend geschilderten Verfahren zur Boden- und Grundwasserreinigung werden häufig in Kombination betrieben, z. B. ist es üblich hydraulische und pneumatische Verfahren zu kombinieren. Zur besseren Übersicht werden die Verfahren hier separat dargestellt. Die Prozesse 1.1. – 1.2 werden zur Bodenreinigung eingesetzt, die Verfahren 1.3 – 1.5 können auch auf die Grundwasserreinigung angewandt werden.

#### 1.1 Bodenwäsche

Bei der Bodenwäsche werden zunächst bodenfremde Stoffe, wie Straßenaufbruch, Bauschutt und stückige Abfälle (z.B. Metallbehälter) aussortiert. Anschließend wird das verunreinigte Bodenmaterial in verschiedene Korngrößenklassen aufgeteilt (Klassierung). Das grobe Material (Korngröße > 2 mm) wird abgetrennt und durch Abspülen gereinigt. Die verbleibenden Bodenfraktionen werden durch eine intensive Vermischung mit Wasser homogenisiert. Dem Wasser können ggf. Detergentien zur Verbesserung der Reinigungswirkung zugesetzt sein. Nach dem Waschvorgang wird die gereinigte Sandfraktion (Korngröße zwischen 0,063 mm und 2 mm) ausgeschleust und entwässert. Die im Bodenmaterial enthaltenen Schadstoffe werden in der verbleibenden Suspension am Feinkornanteil des Bodenmaterials (Schluff, Korngröße < 0,063 mm) angelagert. Diese Suspension wird über einen Hydrozyklon eingedickt, geflockt und in einer Siebband- oder Filterkammerpresse auf 55 bis 65% TS entwässert. Das Wasser wird weitgehend im Kreislauf geführt. Der ausgeschleuste Teilstrom wird in einer Wasseraufbereitungsanlage behandelt.

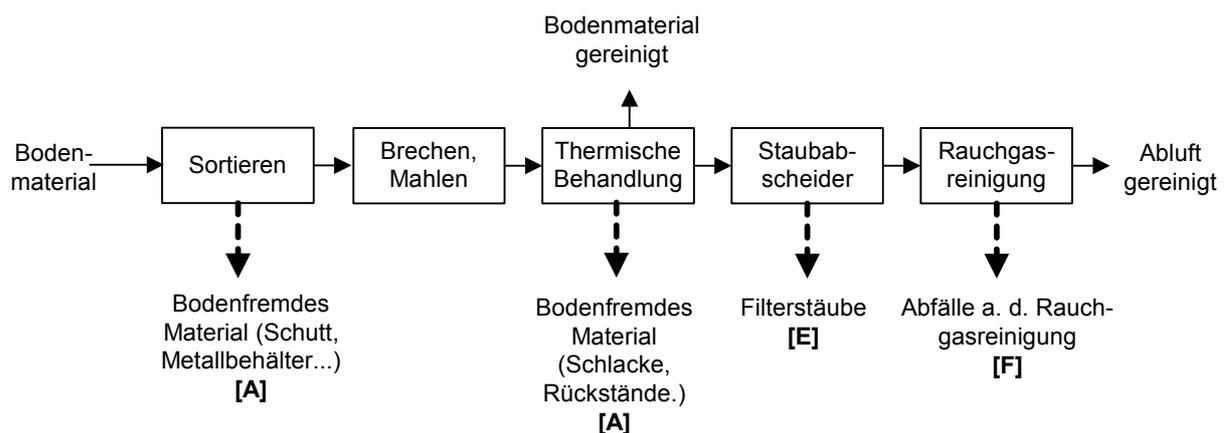


**Abb. 1:** Verfahrensschema Bodenwäsche

## 1.2 Thermische Bodenbehandlung

Im ersten Schritt wird das verunreinigte Bodenmaterial sortiert, bodenfremde Stoffe, wie Straßenaufbruch, Bauschutt und stückige Abfälle (z.B. Metallbehälter) werden bei diesem Schritt ausgeschleust. Die Grobfraktion des Bodenmaterials (Steine, Kies) wird vor der Behandlung zerkleinert.

Die Schadstoffentfernung aus dem Bodenmaterial erfolgt durch Verbrennung oder Verdampfung sowie durch pyrolytische Umsetzung. Die Verfahrenstechnik umfasst den direkt beheizten Drehrohrofen (bei Temperaturen von 600 °C bis 1.200 °C), die Wirbelschicht und das Pyrolyserohr. Die Rauchgasreinigung muss entsprechend der 17. BImSchV ausgelegt sein. Hierzu werden Aggregate wie bei Kraftwerken und Abfallverbrennungsanlagen eingesetzt. Als Variante haben sich inzwischen auch Niedertemperaturverfahren durchgesetzt, bei denen die organischen Schadstoffe ausgetrieben und anschließend in der Gasphase verbrannt werden. Auch hier sind bezüglich der Abgasreinigung die Vorgaben der 17. BImSchV einzuhalten.

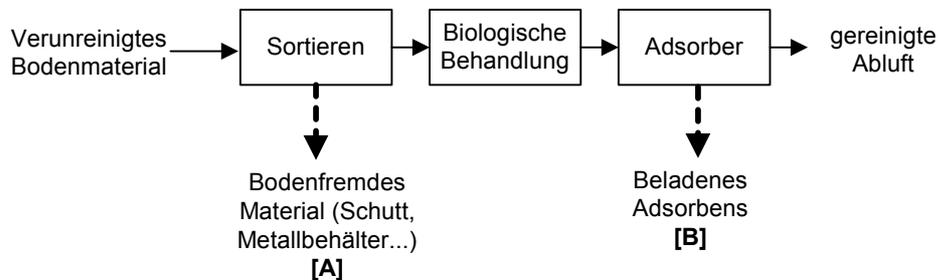


**Abb. 2:** Verfahrensschema thermische Bodenreinigung

## 1.3 Biologische Bodenbehandlung

Bei der biologischen Bodenbehandlung werden Mikroorganismen zum Abbau organischer Schadstoffe zu CO<sub>2</sub> eingesetzt. Die Behandlung kann in situ, on site oder off site erfolgen. Bei den on site und off site Verfahren, also mit Auskoffnung, werden im ersten Schritt bodenfremde Stoffe, wie Straßenaufbruch, Bauschutt und stückige

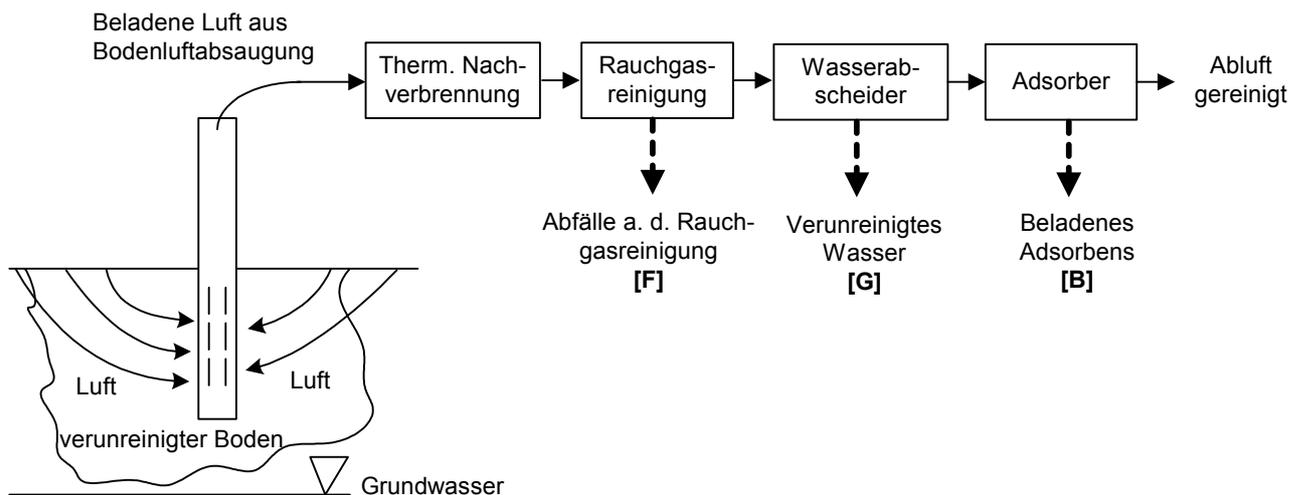
Abfälle (z.B. Metallbehälter) aussortiert. Dem verunreinigten Boden werden geeignete Mikroorganismen und Nährstoffe sowie zum Ausgleich der Feuchtigkeitsverluste Wasser zugegeben. Bei der on site / off site Behandlung werden zur Beschleunigung der Abbauprozesse und zur Lockerung des Materials organische Zuschlagsstoffe wie Kompost, Borke oder Stroh zugegeben. Die Abluft wird gereinigt (meist Aktivkohlefilter), um eine Geruchsbelästigung und schädliche Emissionen auszuschließen.



**Abb. 3:** Verfahrensschema biologische Bodenbehandlung

#### 1.4 Bodenluftabsaugung zur Boden- und Grundwasserreinigung (in situ – ohne Auskoffnung)

Bei der Anwendung der Bodenluftabsaugung zur Reinigung von verunreinigten Böden werden leichtflüchtige Schadstoffe aus der ungesättigten Bodenzone abgesaugt. Bei der Anwendung des Verfahrens auf die Grundwasserreinigung wird zur Entfernung der Verunreinigungen Luft in den Grundwasserleiter eingeblasen, um damit die Schadstoffe auszutreiben (strippen). Die in der abgesaugten Luft enthaltenen Schadstoffe werden meist durch Adsorption an Aktivkohle entfernt. Bei höheren Schadstoffgehalten der Abluft werden die Verunreinigungen über eine thermische Nachverbrennung, katalytische Oxidation sowie biologische Abgasreinigungsverfahren umgesetzt.

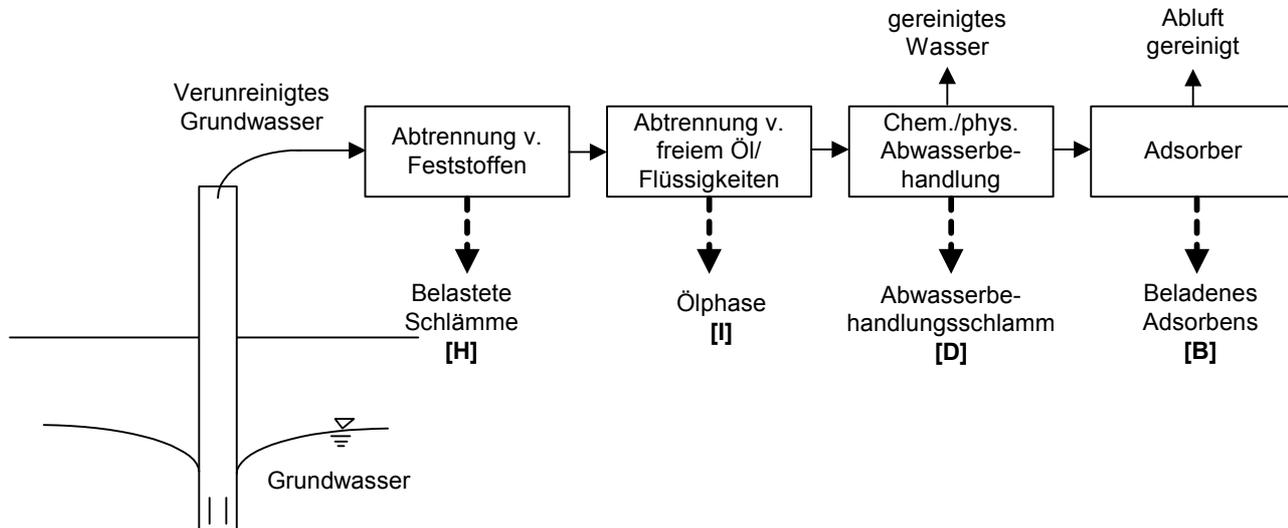


**Abb. 4:** Verfahrensschema Bodenluftabsaugung

#### 1.5 Hydraulische Verfahren (in situ – ohne Auskoffnung)

Bei den hydraulischen Verfahren zur Entfernung gelöster oder emulgierter Schadstoffe wird das kontaminierte Grundwasser über Brunnen gefördert und behandelt. Bei aufschwimmenden oder unterlagerten Schadstoffen (nicht wasserlöslichen

Schadstoffen, die schwerer als Wasser sind) wird die verunreinigte Phase abgesaugt und anschließend behandelt. Zur Behandlung des verunreinigten Wassers werden Strippverfahren, chemisch-physikalische Verfahren und die Adsorption der Verunreinigungen an Aktivkohle eingesetzt.



**Abb. 5:** Verfahrensschema Grundwasserreinigung

## 2 Abfälle

### ***Bodenfremdes Material [A]***

Bei der Aufbereitung von Bodenmaterial wird bodenfremdes Material vor der Behandlung aussortiert. Bei diesen Stoffen handelt es sich um unterschiedliche Materialien wie z. B. Straßenaufbruch, Bauschutt, Metall- und Plastikbehälter.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 13 01\* Feste Abfälle aus der Sanierung von Böden, die gefährliche Stoffe enthalten
- 19 13 02 Feste Abfälle aus der Sanierung von Böden mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 13 01 fallen

Sofern die geborgenen Abfälle eindeutig anderen bestimmteren Abfallschlüsseln zuzuordnen sind, sollen diese verwendet werden.

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

I.d.R. Deponierung oder Verbrennung, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

### ***Beladenes Adsorbens [B]***

Zur Reinigung der Hallenabluft und zur Geruchselimination bei stationären Bodenbehandlungsanlagen (Bodenwäsche, biologische, hydraulische und pneumatische Ver-

fahren) werden Adsorber eingesetzt. Als Adsorbens wird vorwiegend Aktivkohle, aber auch Zeolith und Polymere eingesetzt. Bei der thermischen Behandlung ist der Adsorber die letzte Stufe der Rauchgasreinigung (Polzeifilter).

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 01 10\* gebrauchte Aktivkohle aus der Abgasreinigung

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Regenerierung und Wiederverwendung.

Ansonsten Verbrennung, i.d.R. in der SAV.

#### **Feinanteil Schluff [C]**

Bei der Bodenwäsche werden die Schadstoffe im Feinanteil (Schluff) aufkonzentriert. Dieser Abfall enthält je nach der Verunreinigung des Bodenmaterials Schwermetalle, und organische Belastungen (Öle, CKW, PAK usw.).

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

19 13 03\* Schlämme aus der Sanierung von Böden, die gefährliche Stoffe enthalten (*Regel*)

19 13 04 Schlämme aus der Sanierung von Böden mit Ausnahmen derjenigen, die unter 19 13 03 fallen (*Ausnahme*)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

Bei vorwiegend anorganischer Belastung Deponierung.

Ansonsten Verbrennung, i.d.R. in der SAV.

#### **Abwasserbehandlungsschlamm [D]**

Bei der Behandlung des Abwassers aus der Bodenbehandlung mit vorwiegend anorganischen Bestandteilen und Verunreinigungen werden Natriumhydroxid und Kalziumhydroxid als Fällungsmittel zur Abtrennung der Schwermetalle eingesetzt. Alternativ erfolgt die Ausfällung als Metallsulfide. Der entstehende schwerlösliche Schlamm wird üblicherweise über Kammerfilterpressen filtriert und abgepresst (siehe auch Kap. 1902, Abschnitt 2.1).

Der Filterkuchen fällt in stichfester Konsistenz bei Feststoffgehalten von 30 - 40% an. In Einzelfällen erfolgt als nachgeschalteter Prozess eine thermische Trocknung auf Feststoffgehalte von ca. 70%. Die Zusammensetzung der Schlämme hängt in erster Linie vom Input sowie den eingesetzten Behandlungskemikalien ab. Wesentliche Inhaltsstoffe sind verschiedene Metallhydroxide oder -sulfide sowie schwerlösliche Kalziumverbindungen (Hydroxide, Sulfate, Phosphate, Silikate, Fluoride).

Nicht mit mechanisch/physikalischen Verfahren abtrennbare, organische Bestandteile lassen sich durch chemische Verfahren abspalten. Die dazu verwendeten Chemikalien (z. B. Säuren, Salze, Flockungsmittel) ermöglichen durch pH-Wert-

Reduzierung, Flockungs- und Fällungsprozesse eine weitgehende Abtrennung der organischen Inhaltsstoffe aus der Wasserphase. Die per Flotation oder über Kammerfilterpressen entwässerten Schlämme sind in der Regel stark (10 - 50%) mit Organik belastet. Bei Einsatz von organischen Spaltnitteln ist die abgetrennte Phase flüssig.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 02 05\* Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung, die gefährliche Stoffe enthalten (*Regel*)
- 19 02 06 Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 02 05 fallen (*Ausnahme*)

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

Deponierung, bei hohen Organikanteilen Verbrennung, i.d.R. SAV, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

#### ***Filterstäube [E]***

Filterstäube fallen bei der Staubabscheidung in Zyklonen oder Elektrofiltern in fester Form an. Diese Stäube enthalten gefährliche Stoffe wie z. B. Salze, Schwefel, Schwermetalle und Dioxine.

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 01 13\* Filterstaub, der gefährliche Stoffe enthält
- 19 01 14 Filterstaub mit Ausnahme desjenigen, der unter 19 01 13 fällt

#### Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

Ablagerung auf Deponien (SAD, UTD), wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind zusammen mit Siedlungsabfällen.

#### ***Abfälle aus der Rauchgasbehandlung [F]***

Bei stationären Anlagen ist eine Abgasreinigung meist mit Flugstaubabscheidung, Hochtemperaturverbrennung und Trockensorption (HCl-, SO<sub>2</sub>-Abscheidung) installiert. Bei mobilen Anlagen, die in der Regel on site betrieben werden ist – je nach Bodenbelastung - oft eine TNV ausreichend. Hier wird i.d.R. ein Aktivkohlefilter nachgeschaltet.

Saure Gase können durch Trockensorptionsverfahren (Ca(OH<sub>2</sub>)) gebunden und in feste salzförmige Verbindungen überführt werden. Bei der Nasswäsche werden die sauren Gase durch die Eindüsung von Kalkmilch an Kalk gebunden.

Flüssige Abfälle werden chemisch-physikalisch behandelt, siehe [D].

#### Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 01 05\* Filterkuchen aus der Abgasbehandlung
- 19 01 06\* wässrige flüssige Abfälle aus der Abgasbehandlung und andere wässrige flüssige Abfälle

- 19 01 07\* feste Abfälle aus der Abgasbehandlung  
19 01 10\* gebrauchte Aktivkohle aus der Abgasreinigung

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

- 19 01 05\* kalziumhaltige Abfälle können der Baustoffindustrie zugeführt werden (Gips).  
19 01 06\* Behandlung in CPB-Anlagen zur Neutralisation und Einleitung der Wasserphase in die Kanalisation.  
19 01 07\* Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.  
19 01 10\* Aktivkohlefilter können regeneriert und wiederverwendet werden.

Ansonsten SAD, Aktivkohlefilter SAV

***Verunreinigtes Wasser [G]***

Verunreinigtes Wasser kann bei den Boden- und Grundwasserbehandlungsverfahren an verschiedenen Stellen entstehen. Zum einen dadurch, dass bei in situ / on site Verfahren die Abwasserbehandlung extern durchgeführt wird und damit das Abwasser transportiert werden muss. Dies ist jedoch eher der Ausnahmefall, da der Transport größerer Wassermengen kostenintensiv ist.

Verunreinigtes Wasser entsteht weiterhin bei Wasserabscheidern, die Adsorbern vorgeschaltet sind, um deren Beladung zu verringern. Auch dieses Wasser wird in der Regel in der Abwasserbehandlungsanlage vor Ort gereinigt und nur in Ausnahmefällen extern entsorgt.

Wässrige Konzentrate entstehen, wenn verunreinigtes Grundwasser vor Ort eingedampft wird.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 13 07\* Wässrige, flüssige Abfälle und wässrige Konzentrate aus der Sanierung von Grundwasser, die gefährliche Stoffe enthalten  
19 13 08 Wässrige, flüssige Abfälle und wässrige Konzentrate aus der Sanierung von Grundwasser mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 13 07 fallen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

I. d. R. Behandlung in CPB-Anlagen zur Neutralisation und Einleitung der Wasserphase in die Kanalisation.

***Belastete Schlämme [H]***

Bei hydraulischen Verfahren werden die im Wasser enthaltenen Feststoffe (z. B. Sand, feine Bodenmaterialien) meist in der ersten Behandlungsstufe mit einfachen Sedimentations- oder Filtrationsverfahren abgetrennt. Die Zusammensetzung dieses Abfalls ist überwiegend anorganisch, kann aber je nach Art der Boden/Grundwasserverschmutzung auch organische Anteile wie z. B. Mineralöle enthalten.

Zuordnung der Abfälle zu EAV-Schlüsseln:

- 19 13 05\*    Schlämme aus der Sanierung von Grundwasser, die gefährliche Stoffe enthalten (*Regel*)
- 19 13 06    Schlämme aus der Sanierung von Grundwasser mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 13 05 fallen (*Ausnahme*)

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Derzeit sind keine wertschöpfenden Verfahren bekannt.

Bei überwiegend anorganischer Belastung Deponierung. Bei hohen organischen Anteilen Verbrennung, wenn keine gefährlichen Stoffe enthalten sind gemeinsam mit Siedlungsabfällen.

***Öle aus der Leichtflüssigkeitsabscheidung [I]***

Freie, d.h. nicht emulgierte oder gelöste Öle werden unter Nutzung des Dichteunterschieds, unterstützt durch Koagulations- oder Flotationseinrichtungen, als Ölphase abgetrennt.

Zuordnung der Abfälle zu EAK-Schlüsseln:

- 19 02 07\*    Öl und Konzentrate aus Abtrennprozessen

Hinweise zur Kreislaufführung, Verwertung und Beseitigung:

Aufbereitung oder energetische Nutzung gemäß Altölverordnung.

Ansonsten Verbrennung, i.d.R. SAV.

### 3 Übersicht zur Zuordnung Abfallschlüssel – Stofffluss

Auszug aus dem EAV		Stofffluss	Entsorgung
<b>19 13</b>	<b>Abfälle aus der Sanierung von Böden und Grundwasser</b>		
19 13 01*	Feste Abfälle aus der Sanierung von Böden, die gefährliche Stoffe enthalten	A	1) SAD, 2) SAV
19 13 02	Feste Abfälle aus der Sanierung von Böden mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 13 01 fallen	A	Mit Siedlungsabfall
19 13 03*	Schlämme aus der Sanierung von Böden, die gefährliche Stoffe enthalten	C	1) SAD, 2) SAV
19 13 04	Schlämme aus der Sanierung von Böden mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 13 03 fallen	C	Mit Siedlungsabfall
19 13 05*	Schlämme aus der Sanierung von Grundwasser, die gefährliche Stoffe enthalten	H	1) SAD, 2) SAV
19 13 06	Schlämme aus der Sanierung von Grundwasser mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 13 05 fallen	H	Mit Siedlungsabfall
19 13 07*	Wässrige, flüssige Abfälle und wässrige Konzentrate aus der Sanierung von Grundwasser, die gefährliche Stoffe enthalten	G	CPB
19 13 08	Wässrige, flüssige Abfälle und wässrige Konzentrate aus der Sanierung von Grundwasser mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 13 07 fallen	G	CPB

	<b>Abfälle aus der Sanierung von Böden und Grundwasser, die anderen Unterabfallgruppen zuzuordnen sind</b>		
19 01 05*	Filterkuchen aus der Abgasbehandlung	F	1) Stoffliche Nutzung 2) SAD
19 01 06*	wässrige flüssige Abfälle aus der Abgasbehandlung und andere wässrige flüssige Abfälle	F	CPB
19 01 07*	feste Abfälle aus der Abgasbehandlung	F	SAD
19 01 10*	gebrauchte Aktivkohle aus der Abgasreinigung	B, F	1) Regenerierung 2) SAV
19 01 13*	Filterstaub, der gefährliche Stoffe enthält	E	1) SAD, 2) UTD

19 01 14	Filterstaub mit Ausnahme desjenigen, die unter 19 01 13 fallen	E	1) UTD, 2) mit Siedlungsabfall
19 02 05*	Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung, die gefährliche Stoffe enthalten	D	1) SAD, 2) SAV
19 02 06	Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung mit Ausnahme derjenigen, die unter 19 02 05 fallen	D	Mit Siedlungsabfall
19 02 07*	Öl und Konzentrate aus Abtrennprozessen	I	1) Altölaufbereitung, 2) Verbrennung, 3) SAV