

## Galvanikschlämme

Galvanikschlämme entstehen bei der Aufbereitung der Bäder und der Abwässer aus galvanischen Prozessen zur Oberflächenveredelung von Gebrauchsgegenständen. Hierbei kann zwischen verschiedenen Oberflächenbehandlungen unterschieden werden. Das Spektrum reicht von der elektrochemischen Herstellung von Metallüberzügen (mit z. B. Cu, Ni, Cr) über die chemisch-reduktive (stromlose) Beschichtung (z. B. Legierung mit Phosphor) zu speziellen Oberflächenbeschichtungen, wie die Eloxierung von Aluminium. Auch Kunststoffe können mit Hilfe elektrochemischer Verfahren mit einer Metallschicht überzogen werden.

Während bis 2001 die einschlägigen Abfallarten im europäischen Abfallkatalog (EAK) noch nach den besonders giftigen Inhaltsstoffen Cyanid und Chrom unterschieden wurden, fasst die Abfallverzeichnisverordnung (AVV) seit 2002 die metallhaltigen Schlämme und Filterkuchen aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung unter einer Abfallschlüsselnummer mit dem entsprechenden Spiegeleintrag zusammen (11 01 09\*, 11 01 10, Tabelle 1).

Zusätzlich dazu wurde im AVV-Katalog aufgrund der deutlich unterschiedlichen Zusammensetzung für Abfälle aus der Entfettung ein eigener Abfallschlüssel mit Spiegeleintrag festgelegt (11 01 03\*, 11 01 04) sowie Phosphatierschlämme gesondert ausgewiesen (11 01 08\*).

Neben den branchenspezifischen Abfallschlüsseln aus dem Kapitel 1101 (Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen (z. B. Galvanik, Verzinkung, Beizen, Ätzen, Phosphatieren, alkalisches Entfetten und Anodisierung) wurden und werden z. T. Galvanikschlämme aus der betriebsinternen Abwasserbehandlung auch unter den Schlüsseln 190205\* und 190206 entsorgt. Diese Abfallschlüssel sind jedoch eigentlich den Abfällen von chemisch-physikalischen Abfallbehandlungsanlagen vorbehalten. Da diese Fehlkennzeichnung sehr verbreitet ist, verbergen sich hinter diesen Abfallschlüsseln Schlämme mit sehr unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung (z. B. organisch belastete Schlämme).

**Tabelle 1: Gegenüberstellung der Abfallkennzeichnung für Schlämme der Galvanisierung im alten und neuen Europäischen Abfallkatalog**

AVV	Bezeichnung AVV (seit 2002)	EAK	Bezeichnung EAK (bis 2001)
	Abfälle aus der chemischen Oberflächenbearbeitung und Beschichtung von Metallen und anderen Werkstoffen	Flüssige Abfälle und Schlämme aus der Metallbearbeitung und -beschichtung, z.B. Galvanik, Ätzen...	
110108*	Phosphatierschlämme	110108	Phosphatierschlämme
110109*	Schlämme und Filterkuchen, die gefährliche Stoffe enthalten	110101 110102 110103 110104	cyanidhaltige (alkalische) Abfälle mit Schwermetallen ohne Chrom cyanidhaltige (alkalische) Abfälle ohne Schwermetalle cyanidfreie Abfälle, die Chrom enthalten cyanidfreie Abfälle, die kein Chrom enthalten
110110	Schlämme und Filterkuchen mit Ausnahme derjenigen, die unter 110109 fallen	110104	cyanidfreie Abfälle, die kein Chrom enthalten
110113*	Abfälle aus der Entfettung, die gefährliche Stoffe enthalten	110101 110102 110103 110104	cyanidhaltige (alkalische) Abfälle mit Schwermetallen ohne Chrom cyanidhaltige (alkalische) Abfälle ohne Schwermetalle cyanidfreie Abfälle, die Chrom enthalten cyanidfreie Abfälle, die kein Chrom enthalten
110114	Abfälle aus der Entfettung mit Ausnahme derjenigen, die unter 110113 fallen	110104	cyanidfreie Abfälle, die kein Chrom enthalten

AVV	Bezeichnung AVV (seit 2002)	EAK	Bezeichnung EAK (bis 2001)
110115*	Eluate und Schlämme aus Membransystemen oder Ionenaustauschersystemen die gefährliche Stoffe enthalten	190807	Lösungen und Schlämme aus der Regeneration von Ionenaustauschern
Abfälle aus der physikalisch-chemischen Behandlung von Abfällen (einschließlich Dechromatisierung, Cyanidentfernung, Neutralisation)		Abfälle von spezifischen chem.-physikalischen Behandlungen industrieller Abfälle z.B. Dechromatisierung, Cyanidentfernung, ...	
190205*	Schlämme a. d. phy.-chem. Behandlung, die gefährl. Stoffe enthalten	190201	Metallhydroxidschlämme und andere Schlämme aus der Metallfällung
190206	Schlämme a. d. phy.-chem. Behandlung m. Ausn. der j., d. u. 190205 fallen		

\*) -Einträge sind besonders überwachungsbedürftige Abfallarten der Abfallverzeichnisverordnung (AVV)

## Herkunft

Die metallische Oberflächenbeschichtung von Materialien dient dazu, Werkstücke korrosionsbeständiger zu machen, bestimmte funktionale Eigenschaften zu erzielen oder schlicht Kundenwünschen nach ansprechend gestalteten Produkten entgegenzukommen. Dazu werden die Werkstücke in galvanotechnischen Anlagen nacheinander in verschiedene Prozessbäder getaucht, die in die Arbeitsschritte Vorbehandlung, Metallisierung und Nachbehandlung unterteilt werden können.

Für eine optimale Qualität der nachfolgenden Beschichtung ist es erforderlich, das Werkstück in einer Vorbehandlung mittels Entfettungs- und Beizlösungen von Fetten, Ölen, Oxiden und/oder Salzen zu reinigen. Der eigentliche Verfahrensschritt der Galvanisierung umfasst die Behandlung in hochkonzentrierten Metallbädern oder mit einer sog. Opferanode, die das jeweilige aufzubringende Metall abgibt. Die Badzusammensetzung variiert dabei stark je nach Metallschicht, die aufgebracht werden soll und hängt außerdem vom gewählten Verfahren ab. Vor allem werden Kupfer, Nickel, Chrom, Zink, Cadmium, Messing oder diverse Edelmetalle als Veredelungsschichten aufgebracht. Neben den Metallsalzen enthalten die Prozessbäder noch eine Reihe von weiteren Zusatzstoffen:

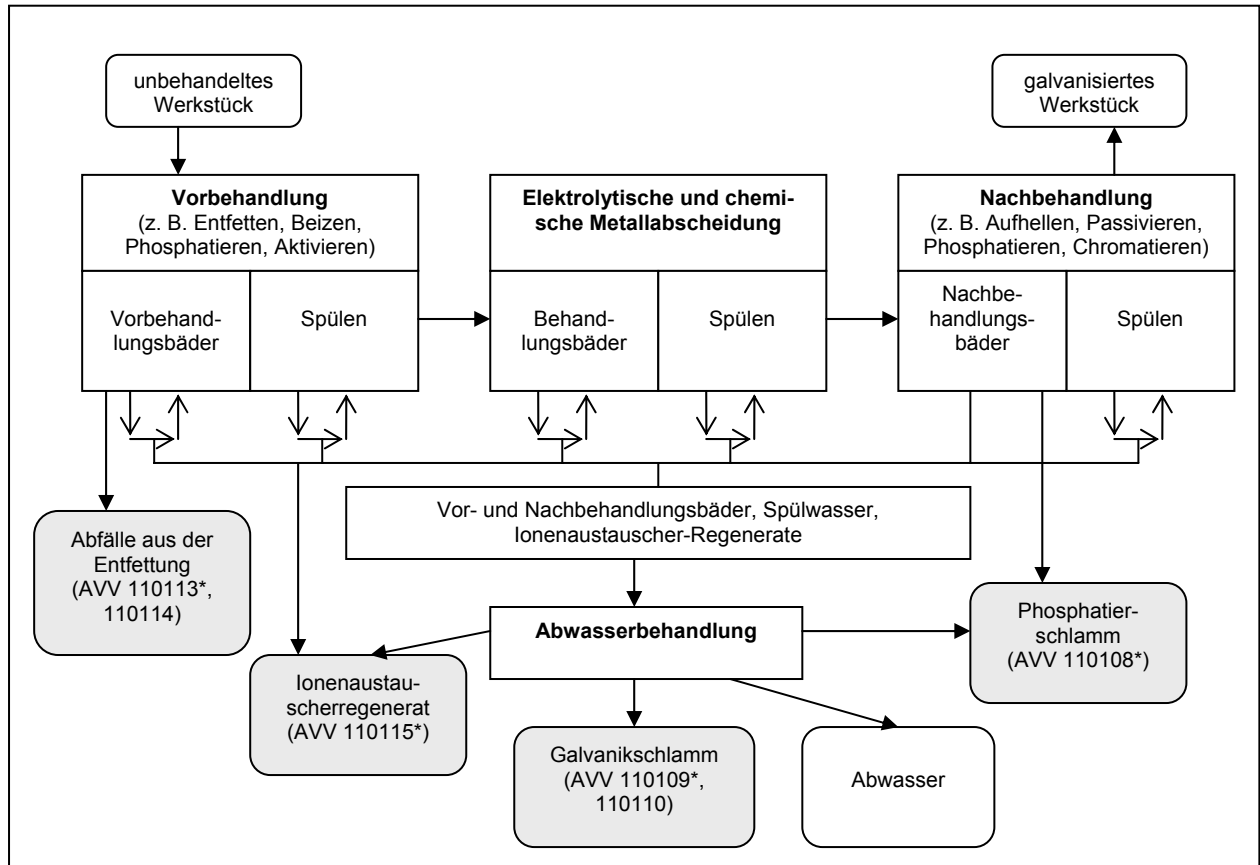
- Leitsalze zur Anhebung der elektrischen Leitfähigkeit
- Puffersubstanzen zur Stabilisierung des pH-Werts
- Netzmittel zur Herabsetzung der Oberflächenspannung
- Entschäumer gegen Schaumbildung durch Netzmittel
- Glanzbildner und Einebner zur Verbesserung der Oberflächeneigenschaften

Zur Verbesserung der korrosionsschützenden Eigenschaften und zur Erzielung spezieller dekorativer (Farb-)effekte schließt sich der Metallisierung häufig eine Nachbehandlung an. So werden z. B. zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit und der Lackhaftung zink- und aluminiumhaltige Werkstücke chromatisiert. Bei eisenhaltigen Materialien wird ein vergleichbarer Effekt durch die Phosphatierung erzielt.

Die Phosphatierung ist ein chemischer /elektrochemischer Prozess der Oberflächenbehandlung von Metallen, bei dem im Tauch- oder Spritzverfahren phosphorsaure Lösungen auf Metalloberflächen aufgebracht werden, wodurch dünne, feinkristalline und wasserunlösliche Phosphate erzeugt werden. In der Regel werden Werkstücke aus Eisen bzw. Stahl phosphatiert. Außer Eisen können aber auch Aluminium, Cadmium, Magnesium und Zink durch Phosphatierung geschützt werden. Die Phosphatierungsmittel bestehen im Wesentlichen aus Zink-, Mangan- und Schwermetallphosphaten, Phosphor-

säure sowie Beschleunigungsmitteln wie Nitraten, Nitriten, Chloraten, Wasserstoffperoxid und anderen Spezialzusätzen, z. B. zum Aufbau feinkristalliner Schichten.

Den einzelnen Verfahrensschritten der gesamten Galvanisierung sind Spülvorgänge zwischengeschaltet, um eine Verschleppung von Badinhaltsstoffen zu vermeiden. In Abbildung 1 ist beispielhaft eine Galvanisierungsline mit den Entstehungsorten für die verschiedenen Schlämme dargestellt.



**Abbildung 1: Schematisierter Verfahrensablauf einer Galvanisierungsanlage**

Aus der Vorbehandlung der Werkstücke resultieren vor allem die Abfälle aus der Entfettung, die je nach Inhaltsstoffen den Abfallschlüsseln 110113\* oder 110114 zugeordnet werden. Die Abfälle entstehen bei der Fett- und Ölabscheidung aus den Entfettungs- und zugehörigen Spülbädern. Dabei anfallendes Abwasser wird i. d. R. der betriebsinternen Abwasserbehandlung zugeführt. Abfälle aus der Entfettung können chlorierte organische Lösemittel enthalten. Neuere Verfahren nutzen wässrige alkalische Reiniger.

In der betriebsinternen Abwasserbehandlung entstehen die „klassischen Galvanikschlämme“ (AVV 110109\* und 110110), die bei Galvanikbetrieben die Abfallart mit der größten Abfallmenge darstellen. Bei der Behandlung der metallhaltigen Abwasserteilströme werden die gelösten Metallionen i. d. R. durch chemische Fällung in schwerlösliche Verbindungen umgewandelt. Je nach Bedarf werden die Verfahrensschritte Cyanidoxidation, Nitritentgiftung, Chromatreduktion, Metallfällung und Filtration sowie Entwässerung der Schlämme durchlaufen. Am Ende der Abwasserbehandlung bleiben die unterschiedlich stark entwässerten Galvanikschlämme zur Entsorgung zurück. Eine effektive Metallabscheidung in der Abwasserbehandlung setzt voraus, dass der metallhaltige Abwasserstrom nur gerin-

ge Konzentrationen an Kohlenwasserstoffen, d. h. Fetten und Ölen, aufweist. Daher werden in der Regel die Fette und Öle im Vorfeld der anorganischen Abwasserbehandlung abgetrennt, sei es im Rahmen der Regeneration von Entfettungsbädern, sei es in einer vorgeschalteten Reinigungsstufe.

Zur Wassereinsparung werden in Galvanikanlagen Spülwässer meist über Ionenaustauscheranlagen im Kreislauf gefahren. Die Inhaltstoffe des Spülwassers werden im Ionentauscher gebunden und das gereinigte Wasser dem Prozess wieder zugeführt. Bei der Regenerierung der Ionenaustauscherharze fallen flüssige Abfälle, sog. Regenerate, an, welche die gelösten Spülwasserbestandteile in konzentrierter Form enthalten. Die Ionenaustauscher-Regenerate können unter dem Abfallschlüssel 110115\* separat entsorgt oder der betriebsinternen Abwasserbehandlung zugeführt werden.

Phosphatierschlamm (110108) entsteht im Prozessbad (in der Vor- oder Nachbehandlung) oder in der Abwasserbehandlung beim Phosphatierverfahren im Zuge der Neutralisierung der Abwässer mit Kalkmilch und bildet einen Bodensatz aus schwerlöslichen Metallphosphaten. Phosphatierschlämme enthalten daher i. A. schwerlösliche Schwermetallhydroxide, -phosphate und Calciumphosphat.

### Statistische Daten

In der BRD gibt es mehr als 3.000 galvanotechnische Betriebe. Die Branche ist eher klein und mittelständisch geprägt. Die Anlagengröße reicht von wenigen Litern Wirkbadvolumina in der Edelmetallbeschichtung bis hin zu Einheiten mit über 500 m<sup>3</sup> bei Autozulieferern oder in der Luftfahrtindustrie [1]. Bei einer Marktstudie des Zentralverbands Oberflächentechnik (ZVO) zeigte sich, dass die Oberflächenbeschichtung zunehmend in Lohnbetrieben durchgeführt wird, wo für verschiedene Kunden Werkstücke behandelt werden. Den Hauptumsatz machen die befragten Betriebe mit der Beschichtung mit Kupfer, Nickel und Chrom, die i.d.R. in Kombinationen aufgebracht werden, sowie mit der galvanischen Verzinkung [M].

Das Mengenaufkommen an Galvanikschlamm in der BRD beträgt nach Schätzungen des Zentralverbands Oberflächentechnik etwa 60.000 bis 80.000 t pro Jahr, wobei die Mengen seit 1990 (132.000 t) aufgrund von verbesserten Produktionsverfahren kontinuierlich gesunken sind. Der mittlere Metallgehalt der Galvanikschlämme liegt bezogen auf die Trockensubstanz bei ca. 10 Massen-% [2].

Schlämme aus Galvanikbetrieben werden in der Regel als besonders überwachungsbedürftiger Abfall eingestuft. Daher lässt sich die Größenordnung der in NRW erzeugten und entsorgten Schlämme aus dieser Branche aus behördlichen Unterlagen abschätzen. In Tabelle 2 ist für das Jahr 2002 die Auswertung der Begleitscheindaten inkl. der Mengen aus der grenzüberschreitenden Abfallverbringung getrennt nach Aufkommen und Entsorgung dargestellt.

**Tabelle 2: In NRW erzeugte und entsorgte besonders überwachungsbedürftige (büb) Schlämme aus Galvanisierbetrieben, 2002**

NRW	Aufkommen in t/a					
	110108*	110109*	110113*	110115*	Σ büb Schlämme aus Galvanisierbetrieben	190205*
<b>Summe erzeugte Abfälle</b>	5.349	36.342	2.562	27	<b>44.280</b>	72.038
davon in EU-Staaten exportiert	-	997	-	-	<b>997</b>	459

NRW	Entsorgung in t/a					
	110108*	110109*	110113*	110115*	Σ büb Schlämme aus Galvanisierbetrieben	190205*
Chemisch-Physikalische Behandlung (CPB)	3.688	14.996	2.964	27	21.675	4.940
Deponierung	950	18.060	53	-	19.063	62.409
Untertageverbringung	-	7.139	-	-	7.139	875
Zwischenlager	486	1.035	-	-	1.521	453
stoffliche Verwertung	735	6.754	-	-	7.489	5.286
energetische Verwertung	-	-	-	-	-	506
Sonderabfallverbrennung (SAV)	-	17	-	-	17	-
<b>Summe entsorgte Abfälle</b>	<b>5.859</b>	<b>48.001</b>	<b>3.017</b>	<b>27</b>	<b>56.904</b>	<b>74.469</b>
davon aus EU-Staaten importiert	-	1.503	-	-	1.503	1.572

Im Jahre 2002 wurden in NRW insgesamt rund 44.000 t besonders überwachungsbedürftige Schlämme bei der Galvanisierung erzeugt, von denen ca. 1.000 t in andere EU-Staaten verbracht wurden. Von den rund 57.000 t aus Galvanikbetrieben entsorgten Schlämmen wurden ca. 38 % in chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen weiterbehandelt und rund 33 % auf obertägigen Deponien abgelagert. Weitere jeweils ca. 13 % wurden nach Untertage verbracht bzw. in industriellen Produktionsanlagen stofflich verwertet. Die Behandlung von Schlämmen in Sonderabfallverbrennungsanlagen spielt mit weniger als 0,03 % in NRW keine Rolle. Von den 1.503 t Schlämmen aus Galvanikbetrieben, die aus anderen EU-Staaten nach NRW verbracht worden waren, wurden über 93 % einer stofflichen Verwertung zugeführt. Der Rest wurde in nordrhein-westfälischen Anlagen chemisch-physikalisch behandelt oder deponiert.

Die in NRW entsorgten rund 74.500 t besonders überwachungsbedürftigen Schlämme aus der chemisch-physikalischen Abfallbehandlung (AVV 190205\*) umfassen auch Teilmengen von Galvanikschlämmen, die größtenteils (ca. 84 %) auf Deponien abgelagert wurden. Etwa 7 % dieser Schlämme gelangten zur weiteren Behandlung in Chemisch-Physikalische Abfallbehandlungsanlagen und weitere 7 % in Produktionsanlagen mit dem Ziel der stofflichen Verwertung. Jeweils 1 % der Schlämme wurde energetisch verwertet bzw. nach Untertage verbracht. Von den 1.572 t importierten Schlämmen wurden 88 % einer Deponierung zugeführt. 9 % wurden stofflich verwertet und 3 % in Chemisch-Physikalischen Abfallbehandlungsanlagen weiter behandelt.

### Stoffeigenschaften

#### Galvanikschlämme (AVV 110109\* und 110110)

In den betriebsinternen Abwasserbehandlungsanlagen wird als Fällungsmittel für die Schwermetalle überwiegend Natriumhydroxid (Natronlauge) und/oder Calciumhydroxid (Kalkmilch) bzw. Kalk eingesetzt. Dabei entstehen schwerlösliche Hydroxide bzw. Oxidhydrate. Werden calciumhaltige Fällungsmittel eingesetzt, entstehen außerdem schwerlösliche Calciumverbindungen wie Hydroxide, Sulfate, Phosphate, Silicate und Fluoride. Die Sulfid- und Carbonatfällung produzieren schwerlösliche Metallsulfide bzw. -carbonate. Die Fällung als Sulfid spielt in der Praxis eine untergeordnete Rolle.

Beim Fällungsprozess fallen die Metallhydroxide oder -sulfide teilweise feindispers an, weshalb Flockungsmittel (z. B. Eisen-III-chlorid) und Flockungshilfsmittel (Polyelektrolyte) zugegeben werden

müssen. Der mitgefällte Eisenschlamm (Eisenhydroxid) findet sich vollständig, die weiteren Hilfsmittel zu geringen Teilen ebenfalls im Schlamm wieder. Abhängig von der Zusammensetzung der Prozesswässer enthalten die Schlämme auch Spuren von Cyaniden, organischen Säuren oder Komplexbildnern. Im Fällungsschritt entsteht ein Dünnschlamm mit einem Feststoffgehalt von ca. 3-5 %, der anschließend aussedimentiert. Es schließt sich i.d.R. eine Entwässerung des Dünnschlammes mittels Filterpresse an. Der dabei entstehende Filterkuchen hat eine stichfeste Konsistenz und einen Wassergehalt von ca. 60-85 %.

Tabelle 3 zeigt beispielhaft eine Übersicht zu den Einzelprozessen einer Abwasserbehandlung sowie den dabei eingesetzten Stoffen und resultierenden Reaktionsprodukten.

**Tabelle 3: Beispiel für Arbeitsschritte in einer Abwasserbehandlung und eingesetzte bzw. resultierende Stoffe**

Arbeitsschritte	Reaktion und Reagenzien (Auswahl)	Resultierende Stoffe (Auswahl)
<b>Cyanidentgiftung</b> pH-Wert > 10	a) Oxidation mit Natriumhypochlorit (NaOCl)	Über Cyanat zu Stickstoff und Kohlendioxid (flüchtig)
	b) Oxidation mit Wasserstoffperoxid (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) oder Sauerstoff (O <sub>2</sub> ) oder Ozon (O <sub>3</sub> ) oder Carodat (NaHSO <sub>5</sub> ) oder anodische Oxidation	
<b>Nitritentgiftung</b> pH-Wert 3-4	a) Oxidation mit H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> oder NaOCl (seltener)	Leicht lösliches Nitrat und Natriumchlorid (NaCl)
	b) Reduktion mit Amidosulfonsäure (NH <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> H)	Flüchtiger Stickstoff und lösliches Natriumhydrogensulfat (NaHSO <sub>4</sub> )
<b>Chromatentgiftung</b> pH-Wert ca. 2	Reduktion z. B. mit Natriumbisulfit (NaHSO <sub>3</sub> )	Lösliche Cr-III-Sulfate, Natriumsulfate
	Anschließend zur Fällung	Schwerlösliches Cr-III-Hydroxid
<b>Hydroxidfällung</b> pH-Wert 9-11	Fällungsmittel auch in Kombination: <ul style="list-style-type: none"> <li>Natriumhydroxid (NaOH),</li> <li>Kalkmilch (Suspension aus Ca(OH)<sub>2</sub>),</li> <li>Kalk (CaCO<sub>3</sub>),</li> <li>Soda (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)</li> </ul> Flockungsmittel: <ul style="list-style-type: none"> <li>Kalkmilch</li> <li>Eisen-III-/Aluminium-III-Chloride/Sulfate</li> </ul> Flockungshilfsmittel: <ul style="list-style-type: none"> <li>Polyelektrolyte auf Basis von z. B. Polyacrylat, Polyacrylamid usw.</li> </ul>	Schwerlösliche Hydroxide und Oxidhydrate der im Prozess eingesetzten Schwermetalle, z. B. Cr, Cu, Zn, Sn, Co, Pb, Ni, Cd, Ag usw. Mit Ca-haltigen Fällungsmitteln schwerlösliche Ca-Verbindungen wie Hydroxide, Sulfate, Phosphate, Silicate, Fluoride Aus Flockungsmittel z. B. Eisenhydroxid (Fe(OH) <sub>3</sub> ) Flockungshilfsmittel
	<b>Sulfidfällung</b>	Fällungsmittel: <ul style="list-style-type: none"> <li>Natriumsulfid,</li> <li>Organosulfid</li> </ul> Flockungsmittel Flockungshilfsmittel
<b>Sedimentation/Filtration</b>	Filtrationshilfsmittel: Kieselgel, Kieselgur, Perlit usw.	Galvanikschlamm

Galvanikschlämme sind i.d.R. Mischschlämme, die alle im Prozess eingesetzten Nichteisen-Metalle, die Basismetalle Eisen und Aluminium sowie Calcium, Kalium und Natrium aus den Fällungsmitteln enthalten. Der Wertmetallgehalt (Cu, Ni, Zn) dieser Mischschlämme liegt in der Größenordnung von etwa 10 %. Dagegen zeigen Monoschlämme eine meist einheitliche Zusammensetzung, da sie z. B. aus der separaten Abwasserteilstrombehandlung einer Betriebsgalvanik stammen. Bei Monoschlämmen kann je nach Herkunft und Prozess der Wertmetallgehalt auf bis zu 30 % ansteigen (vgl. Tabelle 4).

**Tabelle 4: Beispielhafte Zusammensetzung von Galvanikschlämmen unterschiedlicher Herkunft [1]**

Herkunft	Cu [%]	Ni [%]	Zn [%]	Pb [%]	Cr [%]	Fe [%]	Ca [%]	Cl [%]	SO <sub>4</sub> [%]	Wasser [%]
Kupferschlamm	5 - 10	1 - 5	1 - 5	0 - 1	0 - 2	5 - 15	2 - 10	0 - 3	0 - 20	50 - 70
Nickelschlamm	0 - 2	10 - 15	1	0 - 1	0 - 2	0 - 5	0 - 5	0 - 3	0 - 5	50 - 70
Mischschlamm	0 - 2	0 - 2	2 - 3	0 - 1	0 - 2	5 - 15	5 - 15	0 - 3	5 - 20	50 - 70

Phosphatierschlämme (AVV 100108\*)

Die in wesentlich geringeren Mengen produzierten Phosphatierschlämme bestehen im Wesentlichen aus Zink- Nickel- und Manganphosphat mit einem Gesamtmetallgehalt (an diesen drei Metallen) von ca. 10%.

Abfälle aus der Entfettung (AVV 110113\* und 110114)

Verbrauchte Entfettungsbäder und Spülbäder enthalten gemäß ihrem technischen Zweck freie und emulgierte Öle und Fette. Saure Entfettungsbäder/Spülwässer enthalten außerdem Salz- und Phosphorsäuren, Emulgatoren und Korrosionsschutzinhibitoren, während in alkalischen Bädern Natriumhydroxid, Carbonate, Phosphate, Silikate und Tenside gelöst sind. Der Einsatz von chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW), die in der Vergangenheit in der Entfettung eine bedeutende Rolle gespielt haben, ist aufgrund der restriktiven gesetzlichen Regelungen deutlich zurückgegangen. Derzeit ist lediglich der Einsatz folgender CKW gesetzlich noch gestattet:

- Dichlormethan
- Trichlorethen
- Tetrachlorethen

Eluate und Schlämme aus Membransystemen oder Ionenaustauschsystemen, die gefährliche Stoffe enthalten (AVV 110115\*)

Die Inhaltsstoffe von Ionenaustauscher-Regeneraten hängen von den behandelten Prozesslösungen ab und bestehen i.d.R. aus einer Mischung verschiedener anorganischer Komponenten, wie Säuren bzw. Laugen mit metallischen und nichtmetallischen Salzen.

Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung (AVV 190205\* und 190206)

In chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen wird eine Vielzahl von flüssigen und schlammigen Abfällen aus den unterschiedlichen Herkunftsbereichen behandelt. Die Behandlung sowie die daraus entstehenden Abfälle hängen wesentlich von der Herkunftsbranche und den damit verbundenen typischen Inhaltsstoffen und Behandlungsschemikalien ab. Grob kann man jedoch zwischen Schlämmen aus organischen Behandlungslinien mit überwiegend organischer Schadstoffbelastung sowie Schlämmen aus anorganischen Behandlungen unterscheiden. Wesentliche Inhaltsstoffe sind hier verschiedene Metallhydroxide oder -sulfide sowie schwerlösliche Calciumverbindungen (Hydroxide, Sulfate, Phosphate, Silikate, Fluoride).

Wie bereits erwähnt, stehen für Filterkuchen und Schlämme aus betriebseigenen Abwasserbehandlungsanlagen in der AVV branchenspezifische Schlüssel zur Verfügung. Dennoch werden Galvanikschlämme z. T. auch unter den Schlüsseln 190205\* bzw. 190206 entsorgt. Da diese falsche Deklaration weit verbreitet ist, ist die Zusammensetzung dieser Schlämme sehr heterogen. Den Anteil der Galvanikschlämme innerhalb dieser Gesamtmenge nach Menge und Zusammensetzung zu beschreiben, ist nicht möglich.

### Stoffliche Zusammensetzung/Schadstoffbelastung der Galvanikschlämme

Zur Beurteilung der stofflichen Zusammensetzung wird die Abfallanalyse Datenbank des LUA NRW (ABANDA) herangezogen. In ABANDA sind z. Z. über 34.000 Analysen zu i.d.R. nachweispflichtigen Abfällen erfasst. Auch für die besonders überwachungsbedürftigen Galvanikschlämme (110109\*) und Phosphatierschlämme (110108\*) liegen mit insgesamt 717 bzw. 114 Proben umfangreiche Daten vor. Für die übrigen besonders überwachungsbedürftigen Schlämme aus Galvanikbetrieben („Entfettungsschlämme“ 110113\* und „Schlämme aus Ionenaustauschern usw.“ 110115\*) sind z. Z. keine Informationen in der Datenbank vorhanden.

Der überwiegende Teil der Informationen zu Galvanikschlammern geht auf das Entsorgungsnachweisverfahren zurück. So stammen etwa 70% der Analysen zu den klassischen Galvanikschlammern aus Deklarationsanalysen. Bei Phosphatierschlammern beträgt der Analytikanteil aus Deklarationsanalysen knapp 80%.

Die in ABANDA enthaltenen Abfalldaten zu Galvanikschlammern (110109\*) und Phosphatierschlammern (110108\*) lassen sich nach folgenden Untersuchungszeiträumen, Herkunftsbranchen und Entsorgungswegen differenzieren:

#### Differenzierung nach Untersuchungszeitraum

Die Informationen zu den in ABANDA erfassten Galvanikschlammern stammen aus den Jahren 1990 bis 2004 (Tabelle 5). Die meisten Untersuchungsergebnisse für beide Schlammarten liegen für die Jahre 1995 bis 1999 vor.

**Tabelle 5: Zeitraum der Probenahme bzw. Analytik der in ABANDA dokumentierten Galvanik- und Phosphatierschlämme**

Zeitraum	Galvanikschlamm 110109*		Phosphatierschlamm 110108*	
	Probenanzahl	Anteil in %	Probenanzahl	Anteil in %
1990 – 1994	164	23	22	19
1995 – 1999	432	60	85	75
Seit 2000	121	17	7	6
<b>Seit 1990</b>	<b>717</b>	<b>100</b>	<b>114</b>	<b>100</b>

#### Differenzierung nach Branchenherkunft

Die in ABANDA vorliegenden Analysen beschreiben Galvanik- und Phosphatierschlämme unterschiedlicher Herkunft (s. Tabelle 6). Dabei stammen mit einem Anteil von 55% die meisten Galvanikschlämme aus galvanotechnischen Betrieben der Branche Metallerzeugung und –bearbeitung. Die Daten zu Phosphatierschlammern in ABANDA gehen im Wesentlichen auf die zwei Branchenbereiche Metallerzeugung und –bearbeitung (36%) sowie Maschinen- und Fahrzeugbau (27%) zurück.

**Tabelle 6: Branchenherkunft der in ABANDA dokumentierten Galvanik- und Phosphatierschlämme**

Branche	Galvanikschlamm (110109*)		Phosphatierschlamm (110108*)	
	Probenanzahl	Anteil in %	Probenanzahl	Anteil in %
Metallerzeugung und -bearbeitung	391	55	41	36
Maschinen- und Fahrzeugbau	66	9	31	27



Branche	Galvanikschlamm (110109*)		Phosphatierschlamm (110108*)	
	Probenanzahl	Anteil in %	Probenanzahl	Anteil in %
Elektrotechnik	68	9	5	4
Abfallbeseitigung	20	3	5	4
Sonstige	95	13	12	11
Keine Angaben	77	11	20	18
<b>Gesamt</b>	<b>717</b>	<b>100</b>	<b>114</b>	<b>100</b>

### Differenzierung nach Entsorgungswegen

Der größte Anteil (68%) der in ABANDA dokumentierten Galvanikschlämme (110109\*) wurde auf oberirdischen Deponien abgelagert. Etwa 11% der analysierten Galvanikschlämme wurden einer Verwertung zur Metallrückgewinnung zugeführt und ca. 9% wurden in Anlagen zur chemisch-physikalischen Behandlung entsorgt. Zu etwa 4% der Galvanikschlamm-Proben liegen keine Angaben zum Entsorgungsweg in ABANDA vor.

Knapp die Hälfte der in ABANDA dokumentierten Phosphatierschlämme (110108\*) wurde oberirdisch abgelagert und etwa 17% wurden untertägig entsorgt. Rund 14% der dokumentierten Schlammanalysen wurden einem Recycling und weitere 13% einer chemisch-physikalischen Behandlung zugeführt. Knapp 8% der untersuchten Phosphatierschlämme gelangten in ein Lager.

Tabelle 7: Entsorgungswege der in ABANDA dokumentierten Galvanik- und Phosphatierschlämme

Entsorgungsweg	Galvanikschlamm 110109		Phosphatierschlamm 110108	
	Probenanzahl	Anteil in %	Probenanzahl	Anteil in %
Oberirdische Ablagerung	489	68,2	55	48,2
Stoffliche Verwertung	78	10,9	16	14,0
Chemisch-Physikalische Behandlung	67	9,3	15	13,2
Untertägige Entsorgung	32	4,5	19	16,7
Lagerung	19	2,6	9	7,9
Thermische Behandlung	5	0,7	-	-
Keine Angaben	27	3,8	-	-
<b>Gesamt</b>	<b>717</b>	<b>100</b>	<b>114</b>	<b>100</b>

### Schadstoffbelastung von Galvanik- und Phosphatierschlämmen

Eine nach Zeitraum, Branchenherkunft oder Entsorgungsweg differenzierte Auswertung des Schadstoffprofils ergab keine signifikanten Unterschiede oder scheiterte an einem zu geringen Probenumfang. Daher zeigt Tabelle 8 die durchschnittliche Zusammensetzung aller Galvanikschlämme ohne die oben dargestellte Differenzierung nach Untersuchungszeitraum, Herkunft und Verbleib. Da ein großer Teil der untersuchten Galvanikschlämme oberirdisch abgelagert worden ist, werden zur Bewertung der Schadstoffbelastung von Galvanikschlämmen zusätzlich die Zuordnungswerte zu Deponien der Deponieklasse II (DK II) nach Abfallablagereungsverordnung (AbfAbIV) dargestellt.

Danach sind Galvanikschlämme (110109\*) und Phosphatierschlämme (110108\*) im Regelfall mit Schwermetallverbindungen belastet. Das Spektrum der Schwermetalle ist in den Galvanikschlämmen weit gefächert und kann alle in galvanischen Prozessen eingesetzten Metalle umfassen. In hohen

Konzentrationen werden am häufigsten die Metalle Aluminium, Eisen sowie Chrom, Zink, Nickel und Kupfer gefunden. In Phosphatierschlämmen werden meist nur die Schwermetalle Eisen, Zink, Mangan und Nickel in größeren Mengen registriert. In Einzelfällen können auch erhebliche Cyanidkonzentrationen in Galvanikschlämmen auftreten. Mit hohen Belastungen an organischen Verbindungen ist in beiden Schlammarten i.d.R. nicht zu rechnen. Da insbesondere Öle und Fette die Neutralisationsfällung der Schwermetalle stören können, werden diese organischen Verbindungen vor der Metallfällung aus dem Abwasser entfernt bzw. in separaten Teilströmen behandelt. In Einzelfällen können allerdings bedeutende Gehalte an Kohlenwasserstoffen festgestellt werden.

Für beide Schlammarten werden die Zuordnungswerte zu Deponien der DK II nach AbfAbIV von 80% der untersuchten Eluate eingehalten - mit einer Ausnahme: In Phosphatierschlämmen werden die Zuordnungswerte im Eluat für TOC und Nickel durch den 80. Perzentil-Wert (117 mg/l bzw. 1,8 mg/l) überschritten.

Generell gilt, dass die Maximalwerte erhebliche Überschreitungen der Zuordnungswerte aufweisen können; Beispiele sind die Parameter Abdampfdruckstand, Chrom-VI, Blei, Nickel und Zink. Diese teilweise extrem hohe Schwermetalllöslichkeit könnte z. B. durch einen schlecht eingestellten pH-Wert im neutralen bis sauren Bereich verursacht werden. So wurde im Einzelfall ein zu niedriger pH-Wert von 4,3 gemessen, bei dem Schwermetallhydroxide wie Blei, Nickel und Zink wieder in Lösung gehen können. Zu hohe Chromat- bzw. Cyanidgehalte lassen auf eine unzureichende Abwasserbehandlung im jeweiligen Entgiftungsschritt schließen.

**Tabelle 8: Statistische Auswertung ausgewählter Schadstoffparameter in durchschnittlichen Galvanikschlämmen**

Parameter	Einheit	Galvanikschlämme AS 110109*				Phosphatierschlämme AS 110108*				DK II
		Anzahl	Maximum	80.Perz	Median	Anzahl	Maximum	80.Perz	Median	
<b>Feststoff</b>										
Wassergehalt	%	315	84	67	60	60	76	66	54	
Glühverlust	%	485	<b>85</b>	<b>30</b>	<b>21</b>	61	<b>52</b>	<b>24</b>	<b>17</b>	<b>5</b>
Calciumcarbonat	%	9	18	11	1,8					
<b>Anionen</b>										
Chlorid	mg/kgTS	20	39.200	6.780	115					
Cyanid (leicht freisetzbar)	mg/kgTS	61	57	1	0,1	4	5	2,2	0,25	
Fluorid	mg/kgTS	23	230.000	45.540	62,5					
Gesamt-Phosphat	mg/kgTS	25	140.000	69.800	35.400	6	430.000	406.000	386.100	
Sulfat	mg/kgTS	14	29.000	28.000	23.750					
<b>Leichtmetalle</b>										
Aluminium	mg/kgTS	30	316.000	240.000	69.100	3	3.400	3.200	2.900	
Barium	mg/kgTS	17	830	586	295	6	1.490	643	205	
Calcium	mg/kgTS	28	330.000	179.240	54.670	3	171.000	132.120	73.800	
Kalium	mg/kgTS	15	13.600	3.044	300	4	2.400	2.040	1.400	
Magnesium	mg/kgTS	15	13.000	2.220	1.600	3	2.400	2.080	1.600	
Natrium	mg/kgTS	17	22.000	17.980	4.100	4	17.000	15.200	8.900	
Titan	mg/kgTS	5	1.420	1.132	520	4	700	303	32	
<b>Halb-, Schwer- und Edelmetalle</b>										
Antimon	mg/kgTS	40	2.946	1.103	16	8	100	39	7,6	
Arsen	mg/kgTS	102	249	17,9	6,2	10	100	25	3,1	
Blei	mg/kgTS	130	107.000	790	157	28	4.930	259	95	
Cadmium	mg/kgTS	130	8.500	10,06	1,3	38	115	21,8	1,55	
Chrom-VI	mg/kgTS	15	5	0,8	0,4					
Chrom (gesamt)	mg/kgTS	143	300.000	43.144	13.968	36	6.330	664	139	
Eisen	mg/kgTS	75	580.000	120.000	30000	24	371.000	269.800	224.000	
Kobalt	mg/kgTS	39	517	57	14	14	100	11,68	3,9	

Parameter	Einheit	Galvanikschlämme AS 110109*				Phosphatierschlämme AS 110108*				DK II
		Anzahl	Maximum	80.Perz	Median	Anzahl	Maximum	80.Perz	Median	
Kupfer	mg/kgTS	145	670.400	21.520	2.100	27	4.060	374	93,6	
Mangan	mg/kgTS	31	22.000	2.400	560	18	45.000	146.60	8.095	
Molybdän	mg/kgTS	3	1.380	1.372	1.360	5	900	500	90	
Nickel	mg/kgTS	150	260.000	45.040	2.805	34	16.000	4.724	1.228	
Quecksilber	mg/kgTS	106	520	1	0,2	29	606	1,7	0,53	
Vanadium	mg/kgTS	12	50	43,52	22	3	100	61,84	4,6	
Zink	mg/kgTS	146	688.000	65.903	7.080	43	228.000	103.000	58.650	
Zinn	mg/kgTS	49	200.000	2.068	110	23	440	118	55	
Silber	mg/kgTS	15	620	352	16					
<b>Organische Parameter</b>										
Extrahierbare lipophile Stoffe	%	260	<b>12</b>	0,776	0,2	7	0,37	0,136	0,08	<b>0,8</b>
Kohlenwasserstoffe (IR)	mg/kgTS	133	34.500	3.420	610	13	14.600	9.429	2.680	
TOC	%	233	<b>33</b>	<b>6,7</b>	2,4	32	<b>7,3</b>	2,4	0,89	<b>3</b>
Benzo-[a]-pyren	mg/kgTS	22	0,2	0,1	0,08					
PAK-EPA	mg/kgTS	26	36	5,4	1,7	8	13	6,5	3,4	
PCB (Summe aus 6 Kongeneren)	mg/kgTS	39	1	0,6	0,1	3	0,5	0,42	0,3	
<b>Eluat nach DIN 38414-S4</b>										
Chlorid	mg/l	385	18.209	1.000	320	11	315	238	40	
Cyanid (leicht freisetzbar)	mg/l	429	<b>5</b>	0,1	0,03	49	0,2	0,1	0,05	<b>0,5</b>
Fluorid	mg/l	389	<b>161</b>	10	2,4	12	<b>119</b>	8,1	1,6	<b>25</b>
Gesamt-Phosphat	mg/l	217	3.192	5,48	1	9	2.600	185	11	
Sulfat	mg/l	365	13.335	1.800	650	10	266	198	69	
Antimon	mg/l	72	4,7	0,5	0,02	5	0,01	0,01	0,01	
Arsen	mg/l	454	0,5	0,02	0,0025	11	0,05	0,01	0,0032	<b>0,5</b>
Selen	mg/l	35	0,5	0,12	0,01					
Aluminium	mg/l	109	11	0,28	0,04					
Ammonium	mg/l	321	168	15	2,6	3	24	20	14	<b>258</b>
Barium	mg/l	75	1	0,2	0,05	5	0,73	0,47	0,23	
TOC	mg/l	273	<b>507</b>	100	44	6	<b>117</b>	<b>117</b>	79	<b>100</b>
Leitfähigkeit (20°C)	µS/cm	206	<b>63.900</b>	6.560	3.430	28	8.230	4.180	1.885	<b>50.000</b>
pH-Wert (20°C)		544	12,8	9,0	8,2	18	12,3	8,2	7,4	<b>5,5-13</b>
Abdampfrückstand	mg/l	198	<b>39.605</b>	4.750	2.604	17	<b>16.800</b>	4.609	1.990	<b>6.000</b>
Blei	mg/l	487	<b>57</b>	0,1	0,05	59	<b>5,33</b>	0,136	0,05	<b>1</b>
Cadmium	mg/l	480	<b>45</b>	0,02	0,0053	59	0,05	0,01	0,005	<b>0,1</b>
Chrom-(VI)	mg/l	362	<b>102</b>	0,1	0,035	53	<b>1,1</b>	0,1	0,05	<b>0,1</b>
Chrom (gesamt)	mg/l	429	115	0,334	0,05	55	1,8	0,05	0,01	
Eisen	mg/l	153	111	0,11	0,05	1	0,05	0,05	0,05	
Kobalt	mg/l	154	5,4	0,05	0,01	6	0,05	0,01	0,01	
Kupfer	mg/l	497	<b>163</b>	0,50	0,1	59	0,41	0,05	0,03	<b>5</b>
Mangan	mg/l	128	89	0,18	0,03					
Nickel	mg/l	523	<b>67</b>	0,60	0,12	61	<b>110</b>	<b>2,4</b>	0,16	<b>1</b>
Quecksilber	mg/l	370	<b>3,8</b>	0,005	0,001	54	0,01	0,0015	0,001	<b>0,02</b>
Vanadium	mg/l	54	0,5	0,1	0,05					
Zink	mg/l	509	<b>449</b>	0,6	0,09	64	<b>1.000</b>	0,90	0,15	<b>5</b>
Zinn	mg/l	182	17	0,1	0,0089	11	1	1	0,1	
Phenolindex, dest.	mg/l	168	20	0,2	0,1	3	0,19	0,146	0,08	<b>50</b>
Silber	mg/l	89	2,9	0,038	0,01					
AOX	mg/l	255	<b>182</b>	0,63	0,12	5	0,1	0,1	0,01	<b>1,5</b>

DK II = Zuordnungswerte zu Deponien der Deponieklasse II nach AbfAbIV

Fett gedruckt: Grenzwertüberschreitungen

## **Bewertung von Galvanik- und Phosphatierschlämmen**

Für die relevanten Schadstoffgruppen Schwermetalle, Anionen und organische Substanzen können auf Grundlage von Tabelle 8 folgende Aussagen getroffen werden:

### **Schwermetalle**

#### Galvanikschlamm (110109\*)

In klassischen Galvanikschlämmen kommen neben den Basismetallen Eisen und Aluminium häufig die Schwermetalle Chrom, Zink, Nickel und Kupfer in hohen Konzentrationen vor. Dies zeigen die entsprechend hohen Maximal-, 80. Perzentil- und Medianwerte dieser Schwermetalle an. So wurde z. B. ein maximaler Chrom-Gesamtgehalt von 300.000 mg/kg gemessen. In 80% der Fälle liegt die Chrom-Gesamtkonzentration bei ca. 43.000 mg/kg und weist für die Hälfte der Fälle immer noch den hohen Wert von ca. 14.000 mg/kg auf.

Dagegen treten hohe Gehalte an Mangan, Zinn, Blei und Antimon in klassischen Galvanikschlämmen weniger gehäuft auf. Beispielsweise weist das Maximum für den Bleigehalt den hohen Wert von 107.000 mg/kg auf, während der 80. Perzentil-Wert mit 790 mg/kg deutlich niedriger liegt und der Medianwert mit 157 mg/kg vergleichsweise gering ausfällt.

Selten liegen in Galvanikschlämmen hohe Konzentrationen an Cadmium, Silber, Quecksilber, Kobalt, Arsen und Vanadium vor. In 80% der untersuchten Fälle beträgt beispielsweise die Cadmiumkonzentration weniger als 10 mg/kg.

#### Phosphatierschlamm (110108\*)

Phosphatierschlämme weisen i. d. R. sehr hohe Gehalte an Eisen, Zink, Mangan und Nickel auf. Die Medianwerte betragen 224.000 mg/kg für Eisen, ca. 59.000 mg/kg für Zink und für Mangan und Nickel ca. 8.000 mg/kg bzw. 1.200 mg/kg. Die Schwermetalle Chrom, Kupfer und Blei treten dagegen weniger häufig in derart hohen Konzentrationen auf. So liegt der maximale Chrom-Gesamtgehalt bei etwa 6.300 mg/kg, während 80% der untersuchten Fälle nur noch Gehalte unter 664 mg/kg aufweisen und der Medianwert bei 139 mg/kg liegt. Hohe Gehalte an Zinn, Quecksilber, Antimon und Arsen sind selten.

### **Anionen**

Galvanikschlämme können mit Cyaniden, Nitriten und Fluoriden belastet sein. Im Entgiftungsschritt der Abwasserbehandlung werden i.d.R. Cyanide und Nitrite in nicht giftige Stoffe umgewandelt und Fluoride werden als sehr schwerlösliches und damit ungefährliches Calciumfluorid gefällt. Die Fluoridgehalte in Galvanikschlämmen können stark schwanken und betragen gemessen als 80. Perzentil etwa 46.000 mg/kg; der Medianwert liegt dagegen vergleichsweise niedrig bei ca. 60 mg/kg. Hohe Cyanid- bzw. Nitritkonzentrationen kommen bei einer gut eingestellten Abwasserbehandlung i. A. nicht vor. In den untersuchten Galvanikschlämmen wurde z. B. leicht freisetzbare Cyanid in einer maximalen Konzentration von 57 mg/kg gemessen. Der entsprechende 80. Perzentilwert liegt dagegen bei 1 mg/kg.

Im Eluat sowohl von Galvanikschlämmen als auch von Phosphatierschlämmen liegt die Konzentration an Cyaniden und Fluoriden in 80% der Fälle mit 0,1 mg/l bzw. ca. 10 mg/l unterhalb der Zuordnungswerte zu Deponien der Deponieklasse II nach AbfAbIV.

## Organische Verbindungen

Die Untersuchungsergebnisse zu den Galvanikschlämmen in ABANDA weisen eine deutliche Belastung mit organischen Substanzen auf wie die 80. Perzentil-Werte für den Feststoff-TOC von 6,7 % für Galvanikschlämme und von 2,4 % für Phosphatierschlämme anzeigen. Diese TOC-Werte liegen oberhalb bzw. in der Größenordnung der Zuordnungswerte zu Deponien der Klasse II nach AbfAbIV von 3%. Ein Teil der hohen TOC-Werte kann auf enthaltene Kohlenwasserstoffe aus dem Bereich der Öle und Fette entfallen, da Kohlenwasserstoffgehalte von ca. 3.400 mg/kg bzw. 9.400 mg/kg für Galvanikschlamm und Phosphatierschlämme festgestellt wurden. In 50% der untersuchten Fälle liegt der Kohlenwasserstoffgehalt jedoch deutlich niedriger bei ca. 600 mg/kg bzw. 2.700 mg/kg.

Ein anderer Teil des TOC-Wertes könnte auf organische Hilfs- und Zusatzstoffe aus dem Metallbearbeitungs- bzw. Abwasserbehandlungsprozess zurückzuführen sein. Ein erhöhter TOC-Wert kann aber auch methodisch verursacht werden, wenn in der Probenvorbereitung Carbonate nicht vollständig durch Säure verflüchtigt werden und anschließend als organischer Kohlenstoff bestimmt werden. Bei der Schwermetallfällung wird teilweise Kalk zugesetzt, so dass Galvanikschlämme bis zu 18% Calciumcarbonat enthalten können.

Im Regelfall sind die organischen Schadstoffe PCB und PAK mit vergleichsweise niedrigen Konzentrationen von 0,6 mg/kg bzw. von 5,4 mg/kg (80. Perzentile) für Galvanikschlämme nicht relevant. Dies gilt auch für Phosphatierschlämme mit einer Konzentration dieser Schadstoffe in vergleichbarer Größenordnung.

### Einstufung der Überwachungsbedürftigkeit

Die Einstufung hinsichtlich der Überwachungsbedürftigkeit entscheidet über das Maß der behördlichen Überwachung bei der Entsorgung der Abfälle. Besonders hohe Anforderungen gelten für die Verwertung und Beseitigung der besonders überwachungsbedürftigen Abfälle. Besonders überwachungsbedürftige Abfälle sind in der Abfallverzeichnisverordnung (AVV) als gefährliche Abfälle (\*-Eintrag in der AVV) gekennzeichnet. Dabei beinhaltet die AVV eine Reihe von Abfällen, die sowohl als gefährlicher Abfall als auch als nicht gefährlicher Abfall aufgeführt sind. In Tabelle 9 sind die so genannten Spiegeleinträge aus dem Bereich der Galvanikschlämme zusammengestellt.

Bei diesen so genannten Spiegeleinträgen hängt die Zuordnung eines Abfalls zu einer der Abfallarten davon ab, ob er eine oder mehrere der gefahrenrelevanten Eigenschaften H1 bis H14 (Richtlinie 91/689/EWG des Rates vom 12.12.1991 über gefährliche Abfälle, Anhang III) aufweist und damit der besonders überwachungsbedürftigen Abfallart zuzuordnen ist oder nicht. Einige dieser gefährlichen Abfalleigenschaften wurden in §3 Abs. 2 der AVV mit Grenzwerten belegt. Die in der AVV genannten Gefährlichkeitsmerkmale und R-Sätze beziehen sich auf Richtlinie 67/548/EWG (Stoffrichtlinie). Das System zur Einstufung gefährlicher Abfälle in der AVV orientiert sich also an der Einstufung von Stoffen und Zubereitungen nach dem Gefahrstoffrecht. Die Gefahrenmerkmale H1, H2, H9, H12, H13 und H14 sind in der AVV nicht spezifiziert. U. a. wurde deshalb auf Bundesebene eine Allgemeine Verwaltungsvorschrift (VwV) zur AVV erarbeitet, die nun im Referentenentwurf mit Stand vom 27.08.2004 vorliegt.

**Tabelle 9: Abfallarten mit Spiegeleinträgen aus dem Galvanikbereich und allgemeine Hinweise zur Einstufung dieser Abfallarten**

Abfallarten	Allgemeine Hinweise zur Abfallarteneinstufung nach VwV, Anhang II
110109* Schlämme und Filterkuchen, die gefährliche Stoffe unterhalten  110110 Schlämme und Filterkuchen mit Ausnahme derjenigen, die unter 110109 fallen	Rückstände können ätzend bzw. reizend (Säuren oder Laugen) sein; relevant ist die Eigenschaft H8 bzw. H4; zusätzlich sind Schwermetalle und deren Auslaugprodukte (H13) zu betrachten.
110113* Abfälle aus der Entfettung, die gefährliche Stoffe enthalten  110114 Abfälle aus der Entfettung mit Ausnahme derjenigen, die unter 110113 fallen	Je nach Art der Entfettung können Kohlenwasserstoffe (H7, H13 oder H14) oder Laugen (H8) zu einer Einstufung als gefährlicher Abfall führen.
190205* Schlämme aus der phys.-chem. Behandlung, die gefährliche Stoffe enthalten  190206 Schlämme aus der phys.-chem. Behandlung mit Ausnahme derjenigen die unter 190205 fallen	Abhängig vom behandelten Abfall und dem Behandlungsverfahren sind Schwermetalle und deren Auslaugprodukte (H13) zu betrachten.

Die Aufstellung der Gefährlichkeitskriterien und der entsprechenden Merkmale mit zugehörigen Grenzwerten nach AVV und VwV zur AVV fasst Tabelle 10 zusammen. Außerdem sind in Tabelle 10 in der VwV zur AVV enthaltene allgemein gültige Grenzwerte aufgeführt, bei deren Überschreitung der Abfall besonders überwachungsbedürftig wird.

**Tabelle 10: Bewertungsgrundlage zur Einstufung der Überwachungsbedürftigkeit von Abfällen**

Bewertungsgrundlage nach AVV und Entwurf der VwV zur AVV		
Allgemein gültige Grenzwerte (nach VwV-Entwurf)		
<b>PCB-Abfallverordnung:</b>		
PCB	Gesamtgehalt an PCB	50 mg/kg (entspricht 10 mg/kg bei Bestimmung von 6 Bezugssubstanzen nach Ballschmitter)
<b>§35 Gefahrstoffverordnung:</b>		
BaP	Benzo-a-pyren	50 mg/kg
Diox	2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin	0,002 mg/kg
In AVV geregelte Gefährlichkeitsmerkmale		
Gefährlichkeitsmerkmal	Grenzwert*	
H3	entzündbar	Flammpunkt $\leq 55^{\circ}\text{C}$
H4	reizend nach R36, R37, R38	Gesamtkonzentration von $\geq 20\%$ an einem oder mehreren Stoffen
H4	reizend nach R41	Gesamtkonzentration von $\geq 10\%$ an einem oder mehreren eingestuften Stoffen
H5	gesundheitsschädlich	Gesamtkonzentration von $\geq 25\%$ an einem oder mehreren Stoffen
H6	giftig	Gesamtkonzentration von $\geq 3\%$ an einem oder mehreren eingestuften Stoffen
H6	sehr giftig	Gesamtkonzentration von $\geq 0,1\%$ an einem oder mehreren Stoffen
H7	krebserzeugend nach Kategorie 1 oder 2	Konzentration von $> 0,1\%$ an einem Stoff
H7	krebserzeugend nach Kategorie 3	Konzentration von $> 1\%$ an einem Stoff
H8	ätzend nach R34	Gesamtkonzentration von $> 5\%$ an einem oder mehreren Stoffen
H8	ätzend nach R35	Gesamtkonzentration von $> 1\%$ an einem oder mehreren Stoffen
H10	fortpflanzungsgefährdend nach Kategorie 1 o. 2, R60 o. R61	Konzentration von $> 0,5\%$ an einem Stoff

Bewertungsgrundlage nach AVV und Entwurf der VwV zur AVV		
H10	fortpflanzungsgefährdend nach Kategorie 3, R62 o. R63	Konzentration von > = 5 % an einem Stoff
H11	mutagen nach Kategorie 1 oder 2, R46	Konzentration von > = 0,1 % an einem Stoff
H11	mutagen nach Kategorie 3, R40	Konzentration von > = 1 % an einem Stoff
Im Referentenentwurf zur VwV geregelte Gefährlichkeitsmerkmale		
Gefährlichkeitsmerkmal		Grenzwert*
H1	explosiv	Bei Vorliegen entsprechender Inhaltsstoffe nach einschlägigen Verfahren zu prüfen.
H2	brandfördernd	
H9	infektiös	Gilt als erfüllt für: <ul style="list-style-type: none"> <li>mit gefährlichen Erregern behaftete Abfälle gemäß § 17 Infektionsschutzgesetz</li> <li>für Abfälle mit Erregern der in Anlage 1 zur Verordnung über meldepflichtige Tierkrankheiten genannten Tierkrankheiten</li> </ul> Abfälle der Gruppe 1801 und 1802: Zuordnung gemäß Kapitel 2.1.1 der LAGA-Richtlinie über die ordnungsgemäße Entsorgung von Abfällen aus Einrichtungen des Gesundheitsdienstes
H12	giftige, sehr giftige Gase freisetzend nach R29, R31, R32	Beispiele für Inhaltsstoffe, für die H12 zutreffen kann: <ul style="list-style-type: none"> <li>Aluminiumnitrid, Aluminiumphosphid, Phosphor(V)sulfid (R29)</li> <li>Natriumhypochlorit, Chlorkalk, Alkali- und Erdalkalisulfide (R31)</li> <li>Salze der Cyanwasserstoffsäure, Natriumazid (R32)</li> </ul>
H13	Stoffe und Zubereitungen, die nach Beseitigung auf irgendeine Art die Entstehung eines anderen Stoffes bewirken können, z. B. ein Auslaugungsprodukt, das eine der oben genannten Eigenschaften aufweist	<b>Eluatkriterien in mg/l</b>
		Antimon > 0,07
		Arsen > 0,2
		Barium > 10
		Blei > 1
		Cadmium > 0,1
		Chrom gesamt > 1
		Kupfer > 5
		Molybdän > 1
		Nickel > 1
		Quecksilber > 0,02
		Selen > 0,05
		Zink > 5
		Fluorid > 15
<b>Gesamtgehalte in %</b>		
Kohlenwasserstoffe > 0,8		
H14	umweltgefährlich nach R50/53	Gesamtkonzentration von >= 0,25 % an einem oder mehreren Stoffen
	umweltgefährlich nach R51/53	Gesamtkonzentration von >= 2,5 % an einem oder mehreren Stoffen
	umweltgefährlich nach R52/53	Gesamtkonzentration von >= 25 % an einem oder mehreren Stoffen
	ö umweltgefährlich nach R59	Gesamtkonzentration von >= 0,1 % an einem oder mehreren Stoffen

\* Alle %-Angaben der gefährlichen Stoffe beziehen sich auf die zur Entsorgung anstehenden Schlämme in der Originalsubstanz, d. h. der Wassergehalt ist mit zu berücksichtigen.

Dem Referentenentwurf der Verwaltungsvorschrift zur AVV (VwV) können konkrete Hinweise zur Anwendung der Gefährlichkeitsmerkmale der AVV und somit der Einstufung im Einzelfall entnommen werden. Diese Kriterien werden den in ABANDA vorliegenden Daten zur chemischen Abfallzusam-

mensetzung von Galvanikschlämmen (110109\*) zugeordnet (s. Tabelle 11). Die Ergebnisse lassen sich sinngemäß auch auf den Teil der Schlämme aus der physikalisch-chemischen Behandlung (190205\*) übertragen, der aus Galvanikbetrieben stammt. Aufgrund fehlender Analysendaten können für Abfälle aus der Entfettung (110113\*) keine entsprechend detaillierten Aussagen getroffen werden.

Es wird folgendes Ergebnis zur Einstufung der besonderen Überwachungsbedürftigkeit von Galvanikschlämmen (110109\* oder 110110) erzielt:

- Die Gefährlichkeitsmerkmale H1 bis H3, H9 und H12 treffen nach bisherigen Erfahrungen auf Galvanikschlämme nicht zu. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Galvanikschlämme keine leicht freisetzbaren Cyanide enthalten. Sollten im Einzelfall jedoch leicht freisetzbare **Cyanide** vorkommen, liegt das Gefährlichkeitsmerkmal **H12** vor.
- Die Beurteilung der konzentrationsabhängigen Gefährlichkeitsmerkmale (H4 bis H8, H10, H11, H13 und H14) beruht auf den in durchschnittlichen Galvanikschlämmen enthaltenen Schadstoffkonzentrationen berechnet als 80. Perzentil-Wert (siehe Tabelle 8). Danach besitzen Galvanikschlämme die Gefährlichkeitsmerkmale **H7** (kanzerogen), **H13** (Eluate) und **H14** (ökotoxisch). Die Gefährlichkeitsmerkmale H7 und H14 gehen auf enthaltenes Nickel-II-hydroxid zurück (s. Tabelle 11). Die Bestimmungswerte für das H13-Kriterium werden durch die Antimon- und Selengehalte im Eluat überschritten. Der Molybdängehalt im Eluat wurde nicht bestimmt und kann daher nicht bewertet werden.

Da die Medianwerte jedoch keine der relevanten Grenzkonzentrationen überschreiten, kann nach dieser Betrachtungsweise die Hälfte der untersuchten Galvanikschlämme als **nicht gefährlich** eingestuft werden.

Die in Tabelle 11 dargestellte Berechnung der Gesamtkonzentration an gefährlichen Inhaltsstoffen in Galvanikschlämmen basiert auf folgenden Randbedingungen:

- Es liegen keine Schlämme aus der Sulfidfällung vor (Betrachtung ohne die gelisteten Sulfide CdS und NiS).
- In Galvanikschlämmen liegen i. d. R. keine als gefährlich eingestuft Kupfer, Zinn- und Zinkverbindungen vor. Ggf. enthaltenes Zinkchromat wird als Chrom-VI-Verbindung behandelt.
- Alle Cyanide werden im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung als Kupfer-I-Cyanid berechnet (höchster stöchiometrischer Umrechnungsfaktor  $UF_{\text{Stoff}}$ )
- Konzentrationen bezogen auf Trockensubstanz (TS) werden unter Berücksichtigung des Wassergehaltes auf Originalsubstanz (OS) umgerechnet ( $UF_{\text{WG}}$ ), da der zur Entsorgung bereitstehende Abfall zu bewerten ist. Dabei wurde zur Abschätzung der unteren Gefährlichkeitsgrenze der maximale Wassergehalt von 84% aus Tabelle 8 zugrunde gelegt ( $UF_{\text{WG}}=0,16$ ).
- Die relevanten Stoffkonzentrationen  $c_{\text{Stoff}}$  berechnen sich aus der Elementkonzentration  $c_{\text{Elem}}$  gemäß Tabelle 8 durch Multiplikation mit dem stöchiometrischen Umrechnungsfaktor  $UF_{\text{Stoff}}$  und dem Umrechnungsfaktor  $UF_{\text{WG}}$  zur Berücksichtigung des Wassergehaltes ( $c_{\text{Stoff}} = c_{\text{Elem}} * UF_{\text{Stoff}} * UF_{\text{WG}}$ ).



Tabelle 11: Berechnung der Gesamtkonzentration gefährlicher Inhaltsstoffe von Galvanikschlamm (110109\*)

H-Kriterium	Untersuchungsparameter und zugehöriger Stoff		Einstufung nach Stoffrichtlinie, Anhang I	Grenzwert nach AVV bzw. VwV	Gemessene Einzelkonzentrationen C <sub>Elem</sub>		UF <sub>Stoff</sub>	Berechnete Stoffkonzentrationen C <sub>Stoff</sub>		Berechnete Gesamtkonzentrationen	
					80.Perz	Med.		80.Perz	Med.	80.Perz	Med.
				mg/kg OS	mg/kg TS		mg/kg OS				
<b>Bestimmung im Feststoff</b>											
H5	Ni	Nickel-II-hydroxid	gesundheitsschädlich	250.000	45.040	2.805	1,58	11.386	709	11.689	737
	Pb	Bleiverbindungen		790	157	1	126	25			
	Sb	Antimonverbindungen		1.103	16	1	177	2,6			
H6	CN	Cyanide als CuCN	sehr giftig	1.000	1	0,1	3,44	0,55	0,055	0,71	0,087
	Hg	Quecksilberverbindungen			1	0,2	1	0,16	0,032		
H6	As	Arsenverbindungen	giftig	30.000	17,9	6,2	1	2,9	0,99	2,9	0,99
H7	Cr-VI	Chrom-VI-Verbindungen	krebserzeugend, Kat. 2	1.000	0,8	0,4	1	0,128	0,064	0,13	0,06
H7	Ni	<b>Nickel-II-hydroxid</b>	krebserzeugend, Kat. 3	10.000	45.040	2.805	1,58	11.386	709	11.386	709
H10	Pb	Bleiverbindungen	fortpflanzungsgefährdend, Kat. 1	5.000	790	157	1	126	25	126	25
H10	Pb	Bleiverbindungen	fortpflanzungsgefährdend, Kat. 3	50.000	790	157	1	126	25	126	25
H14	As	Arsenverbindungen	umweltgefährlich (R50/53)	2.500	17,9	6,2	1	2,9	0,99	11.516	735
	CN	Cyanide als Cu-I			1	0,1	3,44	0,55	0,055		
	Cr-VI	Chrom-VI-Verbindungen			0,8	0,4	1	0,13	0,064		
	Hg	Quecksilberverbindungen			1	0,2	1	0,16	0,032		
	Ni	<b>Nickel-II-hydroxid</b>			45.040	2.805	1,58	11.386	709		
	Pb	Bleiverbindungen	790	157	1	126	25				
H14	Sb	Antimonverbindungen	umweltgefährlich (R51/53)	25.000	1.103	16	1	177	2,6	177	2,6
H13	KW	Kohlenwasserstoffe		8.000	3.420	610	1	547,2	97,6	547,2	97,6
<b>Bestimmung im Eluat in mg/l</b>											
H13	<b>Sb</b>	<b>Antimon</b>		0,07						0,5	0,02
	As	Arsen		0,2						0,02	0,0025
	Ba	Barium		10						0,2	0,05
	Pb	Blei		1						0,1	0,05
	Cd	Cadmium		0,1						0,02	0,0053
	Cr	Chrom gesamt		1						0,33	0,05
	Cu	Kupfer		5						0,50	0,1
	Mo	Molybdän		1						-	-
	Ni	Nickel		1						0,60	0,12
	Hg	Quecksilber		0,02						0,005	0,001
	<b>Se</b>	<b>Selen</b>		0,05						0,12	0,010
	Zn	Zink		5						0,60	0,090
	F	Fluorid		15						10	2,4

80.Perz = 80. Perzentil; Med. = Median (50. Perzentil); UF<sub>Stoff</sub> = stöchiometrischer Umrechnungsfaktor, UF<sub>WG</sub> = 0,16

## Einstufung im Rahmen der EU-weiten Abfallverbringung

In welchem Umfang für die EU-weite Abfallverbringung der Galvanikschlämme ein Genehmigungsverfahren (Notifizierungsverfahren) erforderlich ist, hängt von der Zuordnung der Abfälle zu den OECD-Listen in den Anhängen der EG-Abfallverbringungsverordnung und von der Entsorgungsart (Verwertung oder Beseitigung) ab.

Gemäß ihrem Gesamtrisiko werden die Abfälle für die Abfallverbringung in die folgenden drei Gruppen unterteilt:

1. Grüne Liste (Anhang II)

Abfälle der Grünen Liste unterliegen keiner Kontrolle beim grenzüberschreitenden Verbringen. Sie können innerhalb der EU mittels der im transnationalen Warenverkehr üblichen Begleitpapiere verbracht werden, die Angaben zum Abfall, zur Menge, zum Abfallbesitzer, zum Empfänger sowie zur Art des Verwertungsverfahrens enthalten.

2. Gelbe Liste (Anhang III)

Werden Abfälle der Gelben Liste innerhalb der EU verbracht, ist dies der zuständigen Behörde in Deutschland anzuzeigen, die dann ihrerseits die Behörden in dem entsprechenden Bestimmungsland informiert. Werden keine Bedenken der zuständigen Behörden geäußert, gilt der Export als genehmigt.

3. Rote Liste (Anhang IV)

Die Verbringung von Abfällen der Roten Liste ist der zuständigen Behörde anzuzeigen, die die zuständigen Behörden im Bestimmungsland informiert. Der Export gilt jedoch nur dann als genehmigt, wenn alle der beteiligten Behörden der Verbringung schriftlich zugestimmt haben.

Für nichtgelistete Abfälle ist gemäß Artikel 10 EG-AbfVerbrVO ein Notifizierungsverfahren analog den Abfällen der Roten Liste durchzuführen.

Galvanikrückstände fallen je nach Herkunft und Cyanidgehalt unter verschiedene OECD-Codes; sie gehören alle der gelben Liste an.

**Tabelle 12: Einstufung der Galvanikschlämme bei der Verbringung ins Ausland**

OECD-Liste	OECD-Code	Bezeichnung	Formalismus (abhängig von der Entsorgungsart)
gelb	AA 120	Galvanisierungsschlamm	<u>Verwertung:</u> stillschweigende Zustimmung der zuständigen Behörden  <u>Beseitigung:</u> Genehmigung der zuständigen Behörden
	AB 030	Andere Abfälle als solche aus Systemen auf Cyanidbasis aus der Oberflächenbehandlung von Metallen	
	AC 270	Abwasserschlamm	
	AD 040	Abfälle, die die nachstehenden Stoffe enthalten, aus ihnen bestehen oder von diesen verunreinigt sind: anorganische Cyanide, ausgenommen feste Edelmetallrückstände, die Spuren von anorganischen Cyaniden enthalten	

Für spezielle Fragen zur EU-weiten Abfallverbringung hat das Umweltbundesamt die Anlaufstelle Basler Übereinkommen eingerichtet:

Umweltbundesamt  
Anlaufstelle Basler Übereinkommen  
Postfach 33 00 22  
14193 Berlin  
Tel.: 030/9803-3296 Fax: 030/8903-3103  
e-mail: focal.point.basel@uba.de

### Transportbestimmungen

Galvanikschlämme können je nach Inhaltstoffen zu Gefahrgut nach GGVS/ADR werden. In Abhängigkeit von der Zusammensetzung und den Inhaltsstoffen kann eine Einstufung in die Klassen 6.1 (giftig) oder 9 (umweltgefährdender Stoff) erforderlich sein.

Für spezielle Fragestellungen kann die Datenbank 'Gefahrgut' der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) über Internet ([www.dgg.bam.de](http://www.dgg.bam.de)) herangezogen oder über folgende Adresse Kontakt aufgenommen werden.

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)  
Projektgruppe Datenbank Gefahrgut  
Unter den Eichen 44-46  
12203 Berlin  
Tel.: 030/8104-1314 Fax: 030/8104-1317  
e-mail: [datenbank.gefahrgut@bam.de](mailto:datenbank.gefahrgut@bam.de)

### Derzeitige Entsorgungswege / Zukünftige Verwertungsmöglichkeiten

#### **Verwertung**

Die stofflichen Verwertungsverfahren für Galvanikschlämme können grob in zwei Kategorien eingeteilt werden. Zur ersten Kategorie zählen die Verfahren, die den Metallanteil in den Schlämmen nutzen, während die Verfahren der zweiten Kategorie den nicht-metallischen, d. h. mineralischen Anteil im Schlamm verwerten. Da der Gehalt an Wertmetallen in Galvanikschlämmen jedoch hoch und mit natürlichen Erzen vergleichbar ist, sollte einer hochwertigen Verwertung durch Nutzung des Metallanteils nach Möglichkeit der Vorrang eingeräumt werden.

#### **Stoffliche Verwertung des Metallanteils**

##### *Pyrometallurgische Verwertung*

In Metallhütten können Galvanikschlämme prinzipiell als Ersatz für natürliche Rohstoffe (Erze) eingesetzt werden. Dort werden sie i.d.R. zusammen mit den natürlichen Einsatzstoffen (Metallerzen) und/oder Metallschrott verwertet. Damit ein Schlamm eingesetzt werden kann, sollte ein Mindestwertmetallgehalt nicht unterschritten werden. Um den Hüttenprozess nicht zu gefährden, wurden von den Hüttenwerken spezifische Annahmekriterien festgelegt, in denen die Störstoffe (z. B. diverse Schwermetalle, Organik, organische Chlorverbindungen, Calcium) beschränkt werden. In Abbildung 2

ist das Verfahrensprinzip der pyrometallurgischen Verwertung dargestellt, bei der die im Galvanikschlamm enthaltenen Schadstoffe entweder in der Schlacke eingebunden und immobilisiert oder als Abbauprodukte über die Abgase in die Luft emittiert werden.

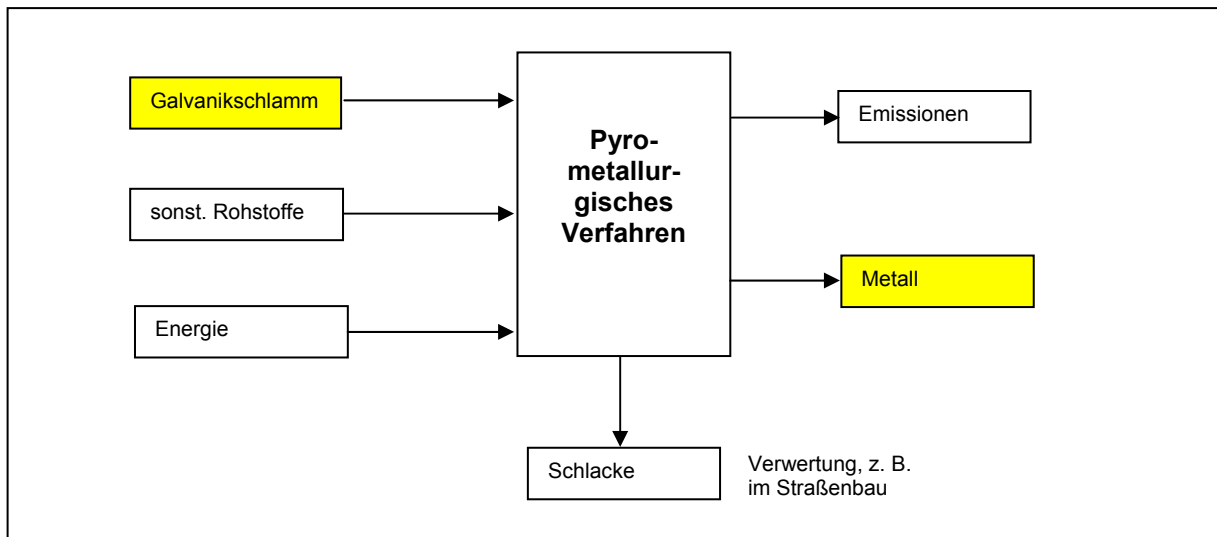


Abbildung 2: Verfahrensprinzip der pyrometallurgischen Verwertung von Galvanikschlämmen [3]

Weitere Verfahren zur pyrometallurgischen Rückgewinnung des Metallanteils sind neben der Verhütung das Wälzrohr- und das Plasma-Schmelz-Verfahren.

*Hydrometallurgische Verwertung*

Bei der hydrometallurgischen Verwertung erfolgt eine Rückgewinnung der Metalle durch nasschemische Verfahren, insbesondere durch Extraktion, selektive Fällung oder Elektrolyse. Schon geringe Mengen an Chrom (um 1%) stören den Prozess und können ihn u. U. undurchführbar machen. In Abbildung 3 ist das Prinzip eines hydrometallurgischen Verfahrens dargestellt. Da bei dieser Behandlung verschiedene Metalle gezielt aus dem Galvanikschlamm abgeschiedenen werden können, ist bei diesem Verfahren der Einsatz von Mischschlämmen prinzipiell möglich.

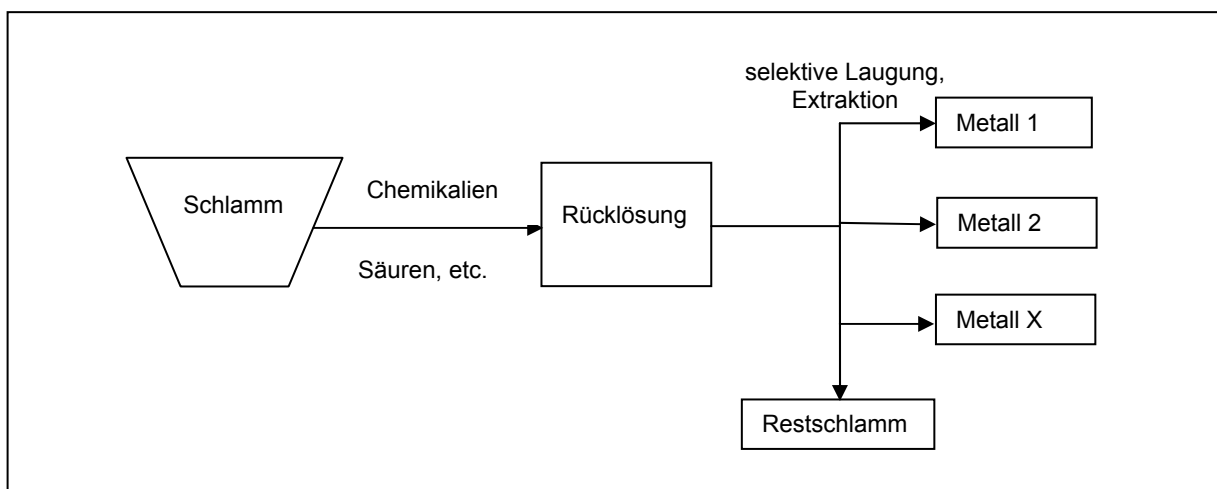


Abbildung 3: Verfahrensprinzip der hydrometallurgischen Verwertung von Galvanikschlämmen [3]

Aus ökologischer Sicht haben diese nasschemischen Verfahren den Nachteil, dass z. T. erhebliche Mengen an Chemikalien verbraucht und quantitativ u. U. mehr Rückstände erzeugt als verwertet werden.

#### Weitere Verwertungsoptionen für den mineralischen Anteil

Galvanikschlämme, die aufgrund ihres niedrigen Wertmetallgehaltes oder ihres hohen Anteils an Störstoffen für eine „metallische“ Verwertung nicht geeignet sind, können nach einer entsprechenden Verfestigung und Immobilisierung als Versatzmaterial nach Untertage verbracht werden. Diese z. T. als Verwertung anerkannte Verbringung läuft größtenteils über wenige spezialisierte Firmen, die das Material schwerpunktmäßig in stillgelegte Bergwerke Ostdeutschlands verbringen. Eine weitere Verwertungsoption bestand in der Vergangenheit nach entsprechender Konditionierung (z. B. Vermischung mit Braunkohleaschen) im Einsatz als Deponiebaustoff. Zukünftig dürfte jedoch dieser letztgenannte Entsorgungsweg aufgrund der zu erwartenden Regelungen ausgeschlossen sein (vgl. Entwurf einer Verordnung über die Verwertung von Abfällen auf Deponien über Tage vom 17.11.2004).

### **Beseitigung von Galvanikschlämmen**

#### Ablagerung

Die Ablagerung von Galvanikschlämmen auf oberirdischen Deponien spielt noch eine bedeutende Rolle bei der Entsorgung von Galvanikschlämmen. Im Jahre 2002 wurden auf nordrhein-westfälischen Deponien rund 20.000 t Galvanikschlämme und damit ca. 1/3 der Gesamtmenge an entsorgten Schlämmen abgelagert. Entscheidend für die Wahl der Deponieklasse nach Deponieverordnung (DepV) bzw. Abfallablagerungsverordnung (AbfAbIV) ist die Schadstoffbelastung der abzulagernden Schlämme. 2002 wurden rund 75 % der abgelagerten besonders überwachungsbedürftigen Galvanikschlämme und rund 85 % der abgelagerten besonders überwachungsbedürftigen Schlämme aus der Abwasserbehandlung auf Sonderabfalldeponien verbracht.

#### Beseitigung in Sonderabfallverbrennungsanlagen

Die Beseitigung von Galvanikschlämmen in Sonderabfallverbrennungsanlagen spielt eine untergeordnete Rolle. In Ausnahmefällen, wenn weder die Kriterien für eine Untertageverbringung noch für eine Ablagerung auf einer Sonderabfall-Deponie erreicht werden, werden die Schlämme verbrannt. Im Jahre 2002 wurden in NRW weniger als 0,03 % der Galvanikschlämme auf diese Weise entsorgt.

### **Nachweisführung**

Die für die Entsorgung erforderlichen Nachweise sind von der Überwachungsbedürftigkeit sowie von der Art der Entsorgung (Verwertung oder Beseitigung) der Abfälle abhängig. Fünf Abfallschlüssel der Schlämme aus Galvanikbetrieben sind in der AVV als gefährliche Abfälle eingestuft und damit bei der Entsorgung besonders überwachungsbedürftig, d.h. unabhängig von der Entscheidung für Verwertung oder Beseitigung muss für diese Abfallarten ein Entsorgungsnachweisverfahren durchgeführt werden. Für die drei nicht gefährlichen Abfallarten wird vom angestrebten Entsorgungsweg (Beseitigung oder Verwertung) bestimmt, ob die Entsorgung gemäß dem vereinfachten Nachweisverfahren durchzuführen ist.

**Tabelle 13: Nachweisführung bei Schlämmen aus galvanischen Prozessen in Abhängigkeit vom Entsorgungsweg**

Abfallschlüssel AVV	Entsorgungsweg	Überwachungsbedürftigkeit	Entsorgungsnachweise	Verbleib-/Transportkontrolle
110108*	ohne Einfluss	büb	EN/SN	Begleitschein/ Übernahmeschein
110109*	ohne Einfluss	büb	EN/SN	Begleitschein/ Übernahmeschein
110110	Verwertung	nicht überwachungsbedürftig	Keine	keine
	Beseitigung	üb	VN/VS	Übernahmeschein (altern.: Wiege- oder Lieferschein mit den entspr. Angaben)
110113*	ohne Einfluss	büb	EN/SN	Begleitschein/ Übernahmeschein
110114	Verwertung	nicht überwachungsbedürftig	Keine	keine
	Beseitigung	üb	VN/VS	Übernahmeschein (altern.: Wiege- oder Lieferschein mit den entspr. Angaben)
110115*	ohne Einfluss	büb	EN/SN	Begleitschein/ Übernahmeschein
190205*	ohne Einfluss	büb	EN/SN	Begleitschein/ Übernahmeschein
190206	Verwertung	nicht überwachungsbedürftig	Keine	keine
	Beseitigung	üb	VN/VS	Übernahmeschein (altern.: Wiege- oder Lieferschein mit den entspr. Angaben)

büb besonders überwachungsbedürftig

EN Entsorgungsnachweis

VN vereinfachter Nachweis für überwachungsbedürftige Abfälle

VS vereinfachter Sammelnachweis für überwachungsbedürftige Abfälle

üb überwachungsbedürftig

SN Sammelentsorgungsnachweis

### Entsorgungsanlagen in NRW

Im Entsorgungsanlagenkataster des Landesumweltamtes NRW sind alle Entsorgungsanlagen erfasst, die in Nordrhein-Westfalen betrieben werden. Dort sind u. a. auch die zugelassenen Abfallarten für die einzelnen Entsorgungsanlagen hinterlegt und abrufbar.

Bei den Behandlungsanlagen, die über eine Zulassung zur Entsorgung von Schlämmen aus galvanischen Prozessen verfügen, kann zwischen den folgenden Anlagentypen unterschieden werden:

- Aufbereitungsanlagen, die durch Konditionierungsverfahren die Schlämme zu Ersatzbrennstoffen oder bautechnisch einsetzbaren Stoffen (z. B. Versatzmaterial, feuerfeste Stoffe, Deponiebaustoffe u. ä.) aufbereiten.
- Anlagen zur stofflichen Verwertung, die die Galvanikschlämme als Ersatzstoffe für natürliche Rohstoffe in Metallhütten, Wälzanlagen oder zur Herstellung von Chemikalien einsetzen.
- Anlagen zur energetischen Verwertung (Kraftwerke), die Schlämme als Ersatzbrennstoffe einsetzen.
- Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen (CP-Anlagen), die mit Hilfe nass-chemischer Verfahren die enthaltenen Schadstoffe für die umweltverträgliche Entsorgung aufkonzentrieren, das entstehende Abwasser auf die Einleitanforderungen reinigen und Metalle für die stoffliche Verwertung zurückgewinnen.

Eine Liste mit Verwertungsanlagen für Schlämme aus galvanischen Prozessen stellt Tabelle 14 zusammen, während die relevanten CP-Anlagen in Tabelle 15 aufgeführt sind.

**Tabelle 14: Verwertungsanlagen in NRW für Schlämme aus galvanischen Prozessen**

E-Nummer	Betreiber	Anlagenadresse	zugelassene Abfallarten AVV
<b>Aufbereitungsanlagen (Konditionierung für die stoffliche oder energetische Verwertung)</b>			
E11115331	Henkel KG aA	40589 Düsseldorf, Henkelstr. 67, Tel.: 0211/797-0	110108 110109 110110 110113 110114 110115 190205 190206
E11215337	Possehl Kehrmann GmbH	47053 Duisburg, Vulkanstr. 54, Tel.: 0203/600030	110109, 110110
E15815V03	DBV Deponiebetriebsgesellschaft Velbert mbH	42551 Velbert, Industriestraße 33, Tel.: 0571/7956-23	110109, 110110, 110115, 190205, 190206
E56255060	remex Baustoffrecycling AG	45663 Recklinghausen, Alte Grenzstr. 173, Tel.: 02361/6601-0	190205, 190206
E56257022	BAW Brennstoffaufbereitung West GmbH & Co.	44579 Castrop-Rauxel, Westring - Hafen Victor 360, Tel.: 02305/97321-0	190205, 190206
E77077016	Barbara Rohstoffbetriebs GmbH (Versatzmischanlage)	32457 Porta Westfalica; An der Erzgrube 9, Tel.: 0571/7956-23	110109, 190205
E91397127	Possehl Kehrmann GmbH	44369 Dortmund, Sudkamp 9	110109, 110110, 110113, 110114
E91695419	SITA Remediation GmbH	44625 Herne, Südstraße 41 Tel.: 02325/47820	190205, 190206
E97095037	Lindenschmidt KG, Umwelttechnik	57223 Kreuztal, Krombacher Str. 43-46, Tel.: 02732/888-0	110108, 110109, 110110, 110113, 110114, 110115, 190205, 190206
<b>Anlagen zur stofflichen Verwertung</b>			
E11217062	B.U.S Umwelt-Service Metall GmbH (Wälzanlage)	47249 Duisburg, Richard-Seifert-Str. 1, Tel.: 0203/75816-0	110108, 110109, 110110, 190205, 190206
E11217140	DK Recycling und Roheisen GmbH (Sinteranlage)	47053 Duisburg, Werthausen Str. 182, Tel.: 0203/60180	110108, 110109, 110110, 190205, 190206
E11217155 E11217161	Sudamin MHD Duisburg GmbH (Heißbrikkettierung, Sinteranlage)	47249 Duisburg, Richard-Seifert-Str. 20, Tel.: 0203-7575-0	110109, 110110, 190205, 190206
E36239144	Degussa-Hüls AG -Werk Wesseling (Cyanid-Anlage)	50389 Wesseling, Kölner Straße 122, Tel.: 02236/ 76- 0	110109
E97897128	Rethmann Entsorgungswirtschaft GmbH & Co.KG (Herstellung von Alton)	44536 Lünen, Brunnenstraße 138	110109, 110110
E97897118	Hüttenwerke Kayser AG	44532 Lünen, Kupferstraße 23, Tel.: 02306/108-223	110108, 110109, 110110, 190205, 190206
<b>Anlagen zur energetischen Verwertung</b>			
E97892239	Rethmann Lippewerk Recycling GmbH	44536 Lünen, Brunnenstraße 138, Tel.: 02306/106-482	190205, 190206
E97895459	INNOVATHERM Gesellsch. zur innovativ. Nutzung v.Brennst. mbH	44536 Lünen, Frydagstr. 47, Tel.: 02306/92823-23	190205, 190206

**Tabelle 15: Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen (CPB) in NRW mit der Zulassung für Schlämme aus Galvanikbetrieben**

E-Nummer	Betreiber	Anlagenadresse	zugelassene Abfallarten AVV
<b>CPB-Anlagen</b>			
E11215060	BAD Behandlungsanlagen Duisburg GmbH	47179 Duisburg, Hülsermannshof 19-21, Tel.: 0203/99175-0	110108, 110109, 110110, 110113, 110114, 190205, 190206

<b>E-Nummer</b>	<b>Betreiber</b>	<b>Anlagenadresse</b>	<b>zugelassene Abfallarten AVV</b>
E11614010	GRUBA - Gesellschaft für Entsorgung mbH	41066 Mönchengladbach, Jakobshöhe 15, Tel.: 02161/607-0	110108, 110109, 110110, 110113, 110114, 110115, 190205, 190206,
E12415011	BAD Behandlungsanlagen Duisburg GmbH, Niederlassung Wuppertal	42115 Wuppertal, Mettmanner Str. 89, Tel.: 0202/27148-0	110108 110109 110110 110113 110114 110115 190205 190206
E15815335	BAD Behandlungsanlagen Duisburg GmbH, Niederlassung Langenfeld	40764 Langenfeld, Max-Planck-Ring 20, Tel.: 02173/9784-30	110113, 110114, 110115
E15815358	EUG Elektromark Umwelt GmbH	40721 Hilden, Siemensstraße 9°, Tel.: 02103/5705-0	110109, 110110, 110113, 110114, 190205, 190206
E37035000	SalTec Umwelttechnik GmbH	41836 Hückelhoven, Ottostr. 26, Tel.: 02433/4764	110109, 110110, 110113, 110114, 110115, 190205, 190206
E55454020	Garvert GmbH & Co.KG	46325 Borken, Garvertsweg 2 Tel.: 02861/9303-0	110113, 110114, 190205, 190206
E56255380	Rethmann Entsorgungswirtschaft GmbH & Co.KG - Region West	45768 Marl, Rennbachstr. 101, Tel.: 02365/92439-0	110108, 190205, 190206
E56655486	Woitzel, Manfred GmbH & Co.KG	49479 Legden, Heinrich-Brockmann-Str. 40, Tel.: 05451/13001	190205, 190206
E71175020	RWE Umwelt Westfalen GmbH & Co. KG	33609 Bielefeld, Schelpmilser Weg 13, Tel.: 0521/934980	110108, 110113, 110114, 190205, 190206
E75474484	GVE Gesellschaft für Verwertung und Entsorgung GmbH & Co.	33334 Gütersloh, Gottlieb-Daimler-Str. 22, Tel.: 05241/9676-0	110108, 110109, 110110, 190205, 190206
E75475049	Zimmermann Sonderabfallentsorgung und Verwertung GmbH & Co.	33334 Gütersloh, Gottlieb-Daimler-Str. 3-7, Tel.: 05241/6006-0	190205, 190206
E76675084	OWL-Entsorgungs-GmbH & Co.KG	32816 Schieder-Schwalenberg, Industrie-straße 10, Tel.: 05284/5323	110108, 110113, 110114, 110115, 190205, 190206
E91495017	RWE Umwelt Westfalen GmbH & Co. KG	58119 Hagen, Elseyer Str. 61, Tel.: 02334/9581-0	110108, 110109, 110110, 110113, 110114, 110115, 190205, 190206
E91695105	Heinrich Müntefering GmbH	44653 Herne, Op der Heide 16, Tel.: 02325/76063-4	190205, 190206
E91695113	GRUBA - Gesellschaft für Entsorgung mbH, Zweigstelle Herne	44653 Herne-Crange, Heerstraße 29-43, Tel.: 02325/59040	110108, 110109, 110110, 110113, 110114, 110115, 190205, 190206
E95495431	BAD Behandlungsanlagen Duisburg GmbH, Niederlassung. Hattingen	45525 Hattingen, Kreisstraße 24 (Halle 6-8), Tel.: 02324/92460	110108 110109 110110 110113 110114 110115 190205 190206
E96295130	Ruhrverband Essen (Zentrale Entgiftungsanlage)	58636 Iserlohn, Scheffelstrasse 32, Tel.: 02371/9489-0	110108, 110109, 110110, 110113, 110114, 110115, 190205, 190206
E95497108	Jacob, Siegfried Metallwerke GmbH & Co. KG	58256 Ennepetal, Jacobstr. 41-45, Tel.: 02333/985-0	k. A.
E96295164	Lobbe Deutschland GmbH & Co. KG	58642 Letmathe, Stenglingser Weg 4-12, Tel.: 02371/935-215	110108, 110109, 110110, 110113, 110114, 190205, 190206
E96297163	Steinebach GmbH & Co. KG	58509 Lüdenscheid, Lösenbacher Landstraße 170, Tel.: 02351/7883-0	110109
E96694440	SITA Westfalen GmbH & Co. KG	57368 Lennestadt, Maumker Straße 23, Tel.: 02721/980-00	110108, 110109, 110110, 110113, 110114, 110115, 190205, 190206
E97095029	Kölsch GmbH	57074 Siegen, Leimbachstrasse 197, Tel.: 0271/332071	110108, 110109, 110110, 110113, 110114, 110115, 190205, 190206
E97095258	J.C. Thomsen Entsorgung GmbH, Betriebsstätte Wilnsdorf	57234 Anzhausen, Flocks Dorfstrasse 7, Tel.: 02737/4211	110109, 110110, 110113, 110114, 190205, 190206



Neben den oben genannten Verwertungs- und Behandlungsanlagen sind in NRW folgende weitere Entsorgungsanlagen für die Beseitigung von Galvanikschlämmen zugelassen:

- 51 Deponien
- 8 Sonderabfallverbrennungsanlagen

Da ein großer Teil der Galvanikschlämme auch in Nordrhein-Westfalen nach wie vor zur Ablagerung kommt, sind in Tabelle 16 die Deponien dargestellt, die im Jahr 2002 die mengenmäßig wichtigsten waren. Es sind sowohl öffentlich zugängliche, als auch betriebseigene Deponien darunter. Ca. 80 % der abgelagerten Schlämme aus Galvanikbetrieben wurden auf die 4 Sonderabfalldeponien verbracht, wovon allein auf der Deponie „Eyller-Berg“ die Hälfte angeliefert wurde.

**Tabelle 16: Die zehn mengenbedeutsamsten Deponien in NRW für Schlämme aus Galvanikbetrieben**

E-Nummer	Betreiber	Anlagenadresse	zugelassene Abfallarten AVV
<b>Sonderabfalldeponien</b>			
E17011350	Eyller-Berg Abfallbeseitigungs GmbH (Deponie "Eyller-Berg")	47475 Kamp-Lintfort, Eyller-Berg-Strasse	110108, 110109, 110110, 110115, 190205, 190206
E16216021	RWE Umwelt SonderAbfallwirtschaft GmbH (Sonderabfalldeponie "Neuenhausen")	41517 Grevenbroich, Am Sandberg, Tel.: 02181/3033	110108, 110109, 110110, 110113, 110114, 110115, 190205, 190206
E36236037	RWE Umwelt SonderAbfallwirtschaft GmbH (Deponie Knapsack im Tgb. "Vereinigte Ville")	50354 Hürth, Ausgekohelter Tagebau "Vereinigte Ville" Hürth, Tel.:02235/43210	110109, 190205, 190206
E17016018	AGR Entsorgung GmbH (SAD "Hünxe-Schermbeck")	46514 Hünxe, Waldaustraße	110108, 110109, 110110, 110113, 110114, 190205, 190206
<b>Gewerbeabfalldeponien</b>			
E97096203	Krupp Edelstahlprofile GmbH (Deponie "Auf der Ley")	57078 Siegen, Geisweider Straße	190205
E95498010	H. Brühne -Umwelttechnik GmbH & Co.KG- (Gewerbeabfalldeponie "Enerke")	58300 Wetter, An der Kohlenbahn 37, Tel.: 02335/6521	110110, 110114, 190206
<b>Siedlungsabfalldeponien</b>			
E96296063	Ruhrverband -Hagen- (Industrieschlammplatz "Griessenbrauck")	58640 Iserlohn, Deipensieperstrasse	110109, 110110, 190205, 190206
E57051312	Abfallwirtschaftsgesellschaft des Kreises Warendorf mbH (Zentraldeponie "Ennigerloh")	59320 Ennigerloh, Kreisstraße K 57, Tel.: 02524/9307-0	110109, 110110
E96291215	AMK Abfallentsorgungsges. des Märk. Kreises mbH (Siedlungsabfalldeponie "Lüdenscheid-Kleinleifringhsn.")	58513 Lüdenscheid, Werdohler Landstraße 122a, Tel.: 02351/171352	110108, 110109, 110110, 110113, 110114, 190205, 190206
E12011115	Remscheider Entsorgungsbetriebe (Deponie "Solinger Straße")	42857 Remscheid, Solinger Straße 14c, Tel.: 02191/973374-75	190205, 190206

Eine genauere Betrachtung dieser Anlagen ist im Entsorgungsatlas NRW unter der angegebenen Entsorgungsnummer möglich. Der Entsorgungsatlas ist über folgende Internet-Seiten zugänglich:

- Landesumweltamt NRW: [www.lua.nrw.de](http://www.lua.nrw.de)
- Umweltministerium NRW: [www.munlv.nrw.de](http://www.munlv.nrw.de)

**Rechtsvorschriften und Richtlinien speziell für diese Abfallart**

Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz – KrW-/AbfG) vom 27. September 1994.

Abfallablagerungsverordnung (AbfAbIV) vom 21. Februar 2001.

Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 24.07.2002.

Verordnung über den Versatz von Abfällen unter Tage (Versatzverordnung-VersatzV) vom 24. Juli 2002.

Verordnung über die Verwertung von Abfällen auf Deponien über Tage (Deponieverwertungsverordnung-DepVerwV), Entwurf vom 17.11.2004.

Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV) vom 01. Januar 2002.

Verordnung zur Bestimmung von überwachungsbedürftigen Abfällen zur Verwertung (Bestimmungsverordnung überwachungsbedürftige Abfälle zur Verwertung – BestüVAbfV) vom 10. September 1996.

Verordnung über Verwertungs- und Beseitigungsnachweise (Nachweisverordnung - NachwV) vom 17. Juni 2002.

Referentenentwurf einer Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis vom 10. Dezember 2001, Stand 27.08.2004

Richtlinie 91/689/EWG des Rates vom 12.12.1991 über gefährliche Abfälle.

Richtlinie 67/548/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe vom 27. Juni 1967 (Stoffrichtlinie).

Richtlinie 1999/45/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Zubereitungen vom 31. Mai 1999 (Zubereitungsrichtlinie).

Verordnung (EWG) Nr. 259/93 des Rates zur Überwachung und Kontrolle der Verbringung von Abfällen in der, in die und aus der Europäischen Gemeinschaft vom 01. Februar 1993.

Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße und mit Eisenbahnen (Gefahrgutverordnung Straße und Eisenbahn – GGVSE) vom 11. Dezember 2001.

ADR – Anlagen A und B des Europäischen Übereinkommens vom 30. September 1957 über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße vom 27. Juni 2001.

Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) vom 15. November 1999.

**Kontakte**

Landesumweltamt NRW  
Wallneyer Str. 6  
45133 Essen  
Tel.: 0211/1590-2515/2508; Fax: 0211/15902500; [www.lua.nrw.de](http://www.lua.nrw.de)

**Quellen**

- [1] Entwurf des deutschen Beitrags zu den besten verfügbaren Techniken bei der Behandlung metallischer und nicht metallischer Oberflächen mit chemischen und elektrochemischen Verfahren, AG-BREF Oberflächentechnik
- [2] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Untersuchung von Galvanikschlammern aus hessischen Betrieben, Projektbericht, Wiesbaden 2003
- [3] Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht in Rheinland-Pfalz: Informationen für den Galvanikbetrieb zur Vermeidung und Verwertung von Reststoffen und Abfällen - Materialien zur Abfallwirtschaft, Mainz 1996
- [4] Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: Untersuchung von Galvanisieranlagen, Branchengutachten, Handbuch Abfall 1, Karlsruhe 1997
- [5] Landesumweltamt NRW, Umsteigeilfe zum neuen Europäischen Abfallverzeichnis ([www.lua.nrw.de](http://www.lua.nrw.de))
- [6] Mäule, U. und Käszmann, H.: Marktsituation und Zukunftsperspektiven in der Galvanotechnik, in Galvanotechnik 8/2002, Seite 2044-2048
- [7] Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg: Handbuch zum richtigen Umgang mit dem Europäischen Abfallverzeichnis 2001/118/EG, Stuttgart 2003
- [8] Umweltbundesamt Berlin: Aufkommen und Entsorgung von Galvanikschlammern, Forschungsvorhaben 297 35 503, Endbericht ERM Lahmeyer International GmbH, 1998