

**MATERIALIEN ZUR ABFALLWIRTSCHAFT**

**GALVANIK IN RHEINLAND-PFALZ**

**INFORMATIONEN FÜR DEN  
GALVANIKBETRIEB**

**ZUR**

**Vermeidung und Verwertung  
von  
Reststoffen und Abfällen**

**Mainz, 1996**

**MATERIALIEN ZUR ABFALLWIRTSCHAFT**

**GALVANIK IN RHEINLAND-PFALZ**

**INFORMATIONEN FÜR DEN  
GALVANIKBETRIEB**

**ZUR**

**Vermeidung und Verwertung  
von  
Reststoffen und Abfällen**

Herausgegeben vom  
Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht  
in Rheinland-Pfalz

Mainz, 1996

Herausgeber: Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht in Rheinland-Pfalz  
Amtsgerichtsplatz 1, 55276 Oppenheim  
Tel.: 06131/967-482, Fax: 06131/967-483

Erstellt von: Dr. Stefan Große-Allermann, Institut für Umwelttechnologie und Umwelt-  
analytik e. V. Duisburg, unter Mitarbeit von Dr. Willi Nonte und Gerd  
Vollmer, Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht

Druck: KS Druck GmbH, 55129 Mainz  
Auflage: 500  
Drucklegung: März 1996  
Papier: 80 g/m<sup>2</sup>

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>0. VORWORT .....</b>	<b>1</b>
<b>1. EINLEITUNG .....</b>	<b>2</b>
1.1 Herkunft der Galvanikschlämme .....	2
1.2 Problemstellung für die Praxis .....	3
1.3 Zielsetzung der Broschüre und Bezug zur Praxis .....	4
<b>2. GESETZLICHE RAHMENBEDINGUNGEN FÜR GALVANIKBETRIEBE.....</b>	<b>5</b>
<b>3. GALVANIKSPEZIFISCHE ABFÄLLE UND ABFALLQUELLEN.....</b>	<b>8</b>
<b>4. MÖGLICHKEITEN ZUR VERMEIDUNG VON GALVANIK- SPEZIFISCHEN PRODUKTIONSRÜCKSTÄNDEN SOWIE ZUR REDUZIERUNG DES FRISCHWASSERBEDARFS .....</b>	<b>10</b>
4.1 Analyse des Ist-Zustandes .....	10
4.1.1 Leitfaden zur Analyse des Ist-Zustandes.....	12
4.2 Prozeßintegrierte Maßnahmen .....	15
4.2.1 Möglichkeiten zur Reduzierung des Frischwasserbedarfs .....	15
4.2.1.1 Maßnahmenkatalog zur Verringerung des Frischwasserbedarfs .....	16
4.2.2 Möglichkeiten zur Verringerung des Austrags von Prozeßbad- inhaltsstoffen .....	17
4.2.2.1 Maßnahmenkatalog zur Verringerung des Austrags von Prozeßbadinhaltsstoffen.....	18
4.2.3 Möglichkeiten zur Rückführung/Rückgewinnung von Badinhaltsstoffen.....	20
4.2.3.1 Maßnahmenkatalog zur Rückführung/Rückgewinnung von Prozeßbadinhaltsstoffen.....	20
4.2.4 Badpflegemaßnahmen .....	23
4.2.4.1 Maßnahmenkatalog zur Badpflege .....	23
4.3 Maßnahmen in der Abwasserbehandlung .....	26
4.3.1 Maßnahmenkatalog für die Abwasserbehandlung .....	26

<b>5. DERZEITIGE VERWERTUNGSMÖGLICHKEITEN FÜR GALVANIKSCHLÄMME.....</b>	<b>27</b>
5.1 Verwertungsverfahren.....	28
5.1.1 Pyrometallurgische Verwertung von Galvanikschlämmen.....	29
5.1.2 Hydrometallurgische Verwertung von Galvanikschlämmen .....	31
5.1.3 Alternative Verwertungsmöglichkeiten .....	32
<b>6. AUSBLICK.....</b>	<b>33</b>
<b>7. ANHANG.....</b>	<b>34</b>
7.1 Literaturverzeichnis.....	34
7.2 Verzeichnis der Anforderungsprofile für die Verwertung von Galvanikschlämmen.....	36

## 0 Vorwort

Diese Broschüre ist im Rahmen eines Projektes zur Ermittlung des Vermeidungs- und Verwertungspotentials galvanikspezifischer Reststoffe, Abfälle und Abwässer, insbesondere von Galvanikschlämmen, entstanden. Sie basiert auf der Grundlage der Untersuchungen von 20 rheinland-pfälzischen Galvanikbetrieben in der Zeit von November 1994 bis März 1995. Das Projekt wurde vom Institut für Umwelttechnologie und Umweltanalytik e.V., Duisburg, im Auftrag der Steuerungsgruppe „Vermeidung/Verwertung von Reststoffen/Abfällen“, einer im Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht eingerichteten Expertengruppe, durchgeführt.

Die vorliegende Broschüre richtet sich in erster Linie an Galvanikbetriebe in Rheinland-Pfalz. Darüber hinaus soll die Broschüre jedoch allen, die mit den Problemen einer Galvanik, aber auch anderer verwandter Industriezweige zu tun haben, eine Hilfestellung bei der Verbesserung der ökologischen Situation des eigenen Betriebes sein.

In diesem Zusammenhang sei schon an dieser Stelle insbesondere auf die Kapitel 4 „*Möglichkeiten zur Vermeidung von galvanikspezifischen Produktionsrückständen sowie zur Reduzierung des Frischwasserbedarfs*“ und auf Kapitel 5 „*Verwertungsmöglichkeiten für Galvanikschlämme*“ verwiesen.

Die in Kapitel 4 vorgestellten Maßnahmen sind nicht nur typisch für Galvanikbetriebe. Sie können ohne weiteres auf Bereiche wie Beizereien, Anodisierbetriebe u.a. übertragen werden. Ebenso sind die in Kapitel 5 vorgestellten Verwertungsverfahren nicht ausschließlich für die Verwertung von Galvanikschlämmen gedacht.

An dieser Stelle sei auch den von uns begutachteten Firmen ein Dank ausgesprochen. Nur durch die teilweise sehr intensive Diskussion mit dem für die Galvanik verantwortlichen Personenkreis konnte die jetzt vorliegende Broschüre entstehen.

## 1 Einleitung

Das Mengenaufkommen an Galvanikschlamm beträgt in der BRD nach Schätzungen des Bundesministeriums für Umwelt 250.000 - 300.000 t jährlich. Mit einem Aufkommen von ca. 3.500 t pro Jahr entfällt auf Rheinland-Pfalz ein vergleichsweise geringer Anteil (z.B. Baden-Württemberg: 20.000 t/Jahr). Wie jedoch zurückliegende Abschätzungen gezeigt haben, besteht für diese Menge ein Vermeidungs- und Verwertungspotential, durch dessen Nutzung Deponiekapazität geschont werden kann.

Die schwermetallhaltigen Schlämme wurden bisher überwiegend als „besonders überwachungsbedürftige Abfälle“ auf Sonderabfalldeponien abgelagert.

Grundsätzlich stellt sich die Frage, ob ein Produktionsrückstand, der einen mit einem natürlichen Erz vergleichbaren oder sogar höheren Metallgehalt besitzt, überhaupt deponiert, also dem Wirtschaftskreislauf entzogen werden soll. Der Wert des Metalles in den in der BRD anfallenden Galvanikschlamm liegt bei einigen 10 Millionen DM. Eine Verwertung der Galvanikschlamm in Form einer Rückgewinnung der Wertmetalle scheint daher aus ökologischer und ökonomischer Sicht sinnvoll. Damit eine solche Verwertung durchführbar ist, muß der Schlamm einen bestimmten Mindest-Wertstoffgehalt aufweisen.

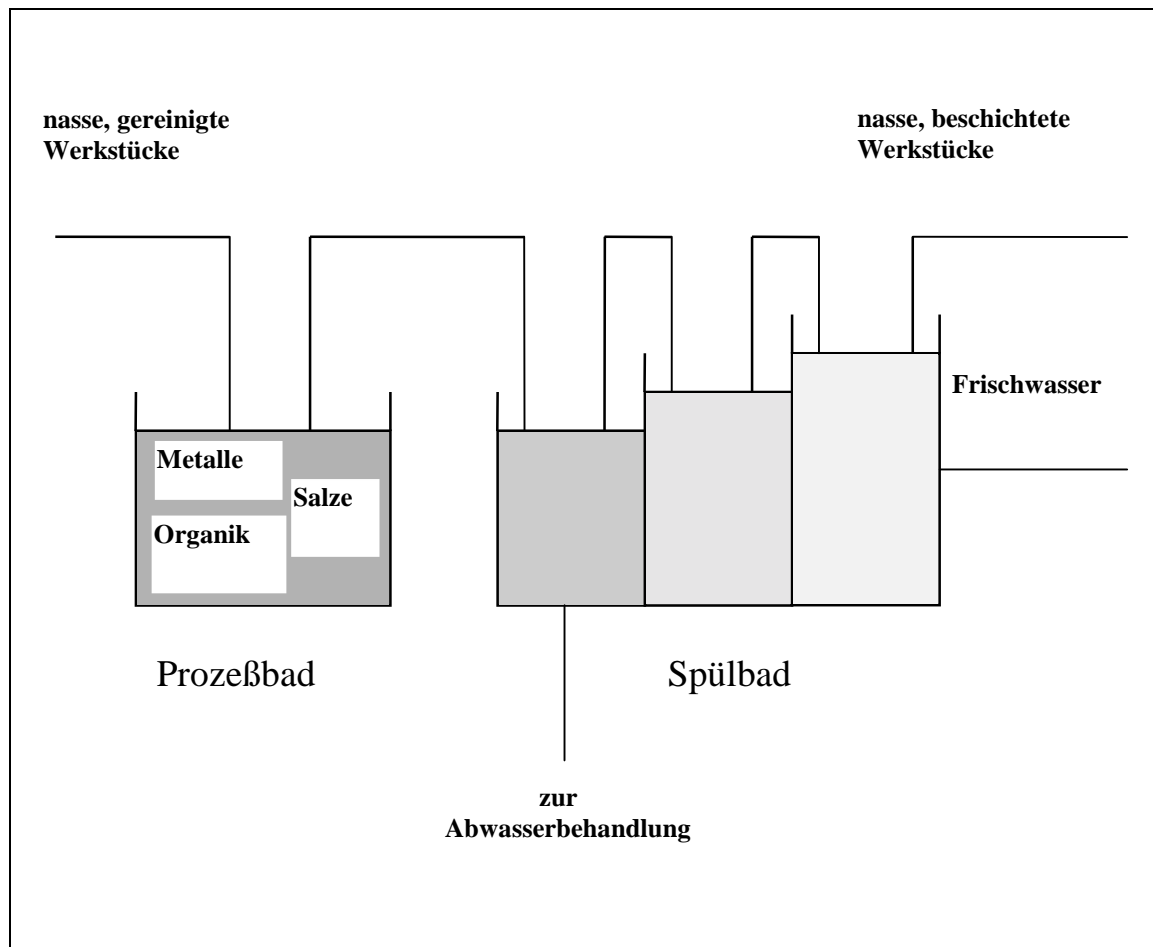
Um der Prioritätenreihenfolge „Vermeidung-Verwertung-Entsorgung“ gerecht zu werden, werden Galvanikbetriebe in Zukunft kostenintensive Investitionen durchführen müssen.

### 1.1 Herkunft der Galvanikschlamm

Galvanikbetriebe gehören neben Beizeereien, Anodisierbetrieben u.a. zu den oberflächenbehandelnden Branchen. Das charakteristische Merkmal der Galvanotechnik ist die elektrolytische oder stromlose Abscheidung dünner, metallischer Schichten auf dem zu behandelnden Werkstück. Hierzu wird das Werkstück in einem ersten Schritt von anhaftenden Verunreinigungen zumeist durch Tauchen in saure oder alkalische Bäder befreit. Anschließend erfolgt die elektrolytische oder stromlose Aufbringung des gewünschten metallischen Überzugs.

Nach jedem Prozeßbad wird das Werkstück mittels unterschiedlicher Spültechniken mit mehr oder weniger großen Wassermengen von anhaftender Prozeßbadlösung befreit, um eine Verschleppung in das darauffolgende Bad zu minimieren. Das hierbei anfallende Prozeßwasser ist u.a. mit Schwermetallen belastet und muß daher vor der Einleitung ins Abwassernetz oder in ein Gewässer behandelt werden.

In Abb. 1.1 ist dieser typische Ablauf schematisch dargestellt.



**Abb. 1.1: Charakteristika eines galvanischen Prozesses**

Die für die Metallabscheidung verwendeten Elektrolyte enthalten das abzuscheidende Metall in gelöster Form. Die Schwermetallkonzentration dieser Elektrolyte liegt im Bereich einiger 10 g/l. Darüber hinaus enthalten sie hohe Salzkonzentrationen im Bereich von ca. 100 g/l sowie diverse organische Zusätze. Im Anschluß an die Metallabscheidung kann eine Nachbehandlung, wie Chromatieren oder Färben, erfolgen.

Bei der Behandlung der verunreinigten Prozeßwässer fallen die sogenannten Galvanikschlämme an, die einen Metallgehalt von weniger als einem bis hin zu ca. 30 Gewichtsprozent, bezogen auf den Trockensubstanzgehalt, enthalten können.

## 1.2 Problemstellung für die Praxis

Den rechtlichen Anforderungen in ihrer Gesamtheit werden nur integrierte, geschlossene Produktionsverfahren gerecht. Der Galvanikbetrieb der Zukunft arbeitet abwasserarm. Verschleppte Prozeßbadinhaltsstoffe werden i.d.R. durch entsprechende Verfahren zurückgewonnen und in die jeweiligen Prozeßbäder zurückgeführt. In der BRD bestehen bereits Galvaniken, die diese Zielvorstellungen annähernd erreichen. Allerdings muß hierbei kritisch betrachtet werden, daß es sich bei diesen um Betriebe handelt, die zum einen von Grund auf neu gebaut wurden, und zum anderen mit finanzieller Unterstützung durch die öffentliche Hand gefördert wurden. Es handelt sich somit um „maßgeschneiderte“ Anlagen,



bei denen schon in der Planungsphase die Anforderungen des Wasserhaushalts-gesetzes und des Abfallgesetzes berücksichtigt wurden.

Für eine bereits bestehende Galvanik stellt sich das Problem, daß der Produktionsablauf im Regelfall nicht auf die oben dargestellten Zielsetzungen, Abwasser- und Schadstoffminimierung, zugeschnitten ist. Hindernisse bei der Umrüstung bestehender Anlagen sind insbesondere Platzprobleme und die Unsicherheit darüber, ob die Produktion, d.h. Beschichtung, nach der Umrüstung reibungslos und vor allem ohne Qualitätseinbußen weiterläuft. Darüber hinaus stellt jede Umrüstung eine nicht geringe finanzielle Belastung für den Betrieb dar, da zum einen die notwendigen Investitionskosten hoch sind, und zum anderen Produktionsstillstände während der Umrüstungsphase zu einer weiteren Belastung führen. Insbesondere bei Betriebsgalvaniken wirken sich Produktionsstillstände negativ aus, da von einer reibungslos funktionierenden Galvanik als „Engpaß“ alle anderen Betriebsteile abhängen. Schließlich stellt die Vielzahl der auf dem Markt angebotenen Techniken und Kombinationen zur Verringerung der Abwassermenge und/oder zur Rückgewinnung von Badinhaltsstoffen sowie zur Badpflege die Betreiber von Galvanikanlagen oftmals vor Probleme der Verfahrensauswahl.

### **1.3 Zielsetzung der Broschüre und Bezug zur Praxis**

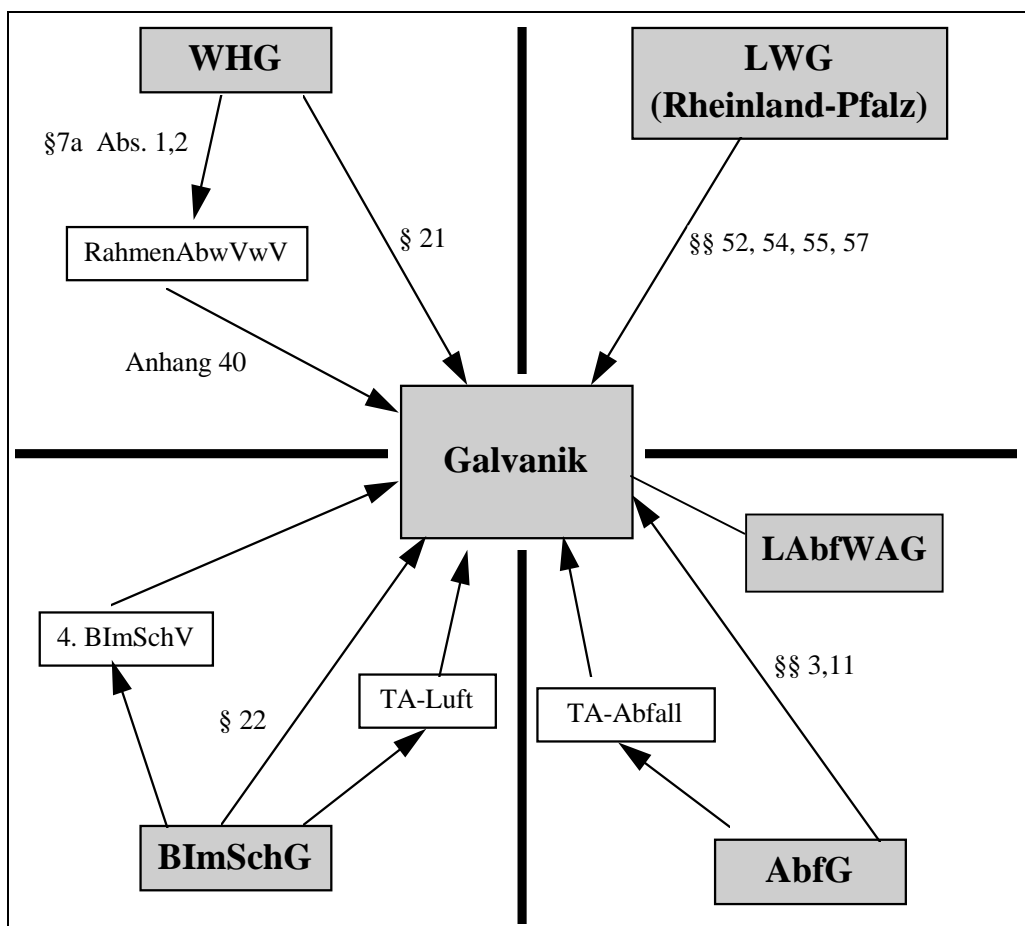
Unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Betriebsanalysen in 20 rheinland-pfälzischen Galvanikfirmen wurde die vorliegende Broschüre erstellt. Sie soll eine Hilfestellung bei der ökologischen Umrüstung eines Galvanikbetriebes darstellen. Sie liefert einen Leitfaden zur betriebsinternen Analyse des eigenen Galvanikbereiches, vermittelt Anregungen und stellt konkrete Maßnahmen vor. Es werden Möglichkeiten aufgezeigt, eine bestehende Galvanikanlage dahingehend zu modernisieren, daß

- möglichst wenig Abwasser mit möglichst geringer Schadstofffracht anfällt und
- möglichst viele Badinhaltsstoffe zurückgewonnen werden.

Da die Verwertung von Galvanikschlamm die Möglichkeit bietet, Deponieraum zu sparen und Wertstoffe in den Wirtschaftskreislauf ohne oder nur mit geringer Veränderung der bestehenden Galvanikanlage zurückzuführen, sollen entsprechende Verwertungsmöglichkeiten aufgezeigt werden.

## 2 Gesetzliche Rahmenbedingungen für Galvanikbetriebe

In diesem Kapitel werden die rechtlichen Grundlagen für den Bau und den Betrieb einer Galvanikanlage erörtert. Aufgrund der Vielzahl zu beachtender Vorschriften kann es sich hierbei nur um einen Abriß, keinesfalls um eine erschöpfende Schilderung handeln. Grundsätzlich sind beim Bau und Betrieb einer Galvanikanlage samt Abwasserbehandlungsanlage in Rheinland-Pfalz 3 Bundesgesetze, das Wasserhaushaltsgesetz (WHG), das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und das Abfallgesetz (AbfG) sowie das Landesabfallwirtschafts- und Altlastengesetz (LAbfWAG) und das Landeswassergesetz (LWG) mit den entsprechenden Verordnungen zu berücksichtigen. Die für eine Galvanik wichtigsten, aus den jeweiligen Gesetzen hervorgehenden, Verwaltungsvorschriften, Technischen Anleitungen sowie Verordnungen sind zusammen mit den wichtigsten Paragraphen in Abb. 2.1 dargestellt.



**Abb. 2.1: Einflusnahme der verschiedenen gesetzlichen Regelungen auf eine Galvanik (Abkürzungen siehe Text)**

### **Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)**

Das BImSchG ist im Vergleich zu den anderen oben genannten Gesetzen nur von untergeordneter Bedeutung für Galvanikbetriebe. So gehören Galvanikanlagen nicht zu den nach BImSchG genehmigungsbedürftigen Anlagen. Eine Ausnahme bilden hier gemäß der 4. Bundes-Immissionsschutzverordnung (4. BImSchV) Anlagen zur Oberflächenbehandlung von Metallen unter Verwendung von Fluß- oder Salpetersäure, ausgenommen Chromatieranlagen. Dies gilt jedoch auch nur dann, wenn durch die Säure die Metalloberfläche chemisch angegriffen wird, und nicht, wenn hierdurch lediglich Verunreinigungen wie Öle und Fette entfernt werden.

Für immissionsschutzrechtlich nicht genehmigungsbedürftige Galvanikanlagen gelten insbesondere die Betreiberpflichten des § 22 BImSchG. Hier wird u.a. gefordert, daß nicht genehmigungsbedürftige Anlagen so zu errichten und zu betreiben sind, daß schädliche Umwelteinwirkungen soweit vermieden werden, wie es nach dem Stand der Technik möglich ist.

### **Abfallgesetz (AbfG)**

Das Abfallgesetz, das 1996 durch das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) ersetzt werden wird, verpflichtet den Besitzer von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen zur ordnungsgemäßen Entsorgung (§3). In § 11 wird die Anzeigepflicht und Überwachung der Entsorgung geregelt. In § 11a wird bestimmt, daß Betreiber von Anlagen, in denen regelmäßig Abfälle anfallen, die in besonderem Maße gefährlich sind, einen Betriebsbeauftragten für Abfall zu bestellen haben.

Von besonderem Interesse für Betreiber von Galvanikanlagen ist § 4 des künftigen KrW-/AbfG. Hier wird die Prioritätenreihenfolge

**Vermeiden ==> Vermindern ==> Verwerten ==> Beseitigen**

festgelegt. Dies bedeutet für den Betreiber einer Galvanikanlage, daß er dahingehend in die Pflicht genommen wird, in seinem Betrieb Maßnahmen zu ergreifen, die vorrangig einer Vermeidung oder Reduzierung von Abfällen dienen. Unvermeidbare Abfälle müssen, sofern Verwertungsmöglichkeiten vorhanden sind, verwertet werden. Nur unvermeidbare und unverwertbare Abfälle dürfen beseitigt werden.

Die Technische Anleitung Abfall (TA Abfall) besitzt mit den in Anhang D zu dieser Anleitung festgelegten Zuordnungskriterien von Abfällen zur oberirdischen Ablagerung für Galvanikbetriebe besondere Bedeutung, da hier für verschiedenste Kriterien Werte festgelegt werden, die der abzulagernde Abfall, d.h. Galvanikschlamm, erfüllen muß, um deponiert werden zu dürfen. Insbesondere ist der Glühverlust des Trockenrückstandes der Originalsubstanz zu nennen, der nicht größer als 10 Gewichtsprozent sein darf. Im Hinblick auf die zukünftige Entsorgungssicherheit muß der Galvanikschlammerzeuger dafür Sorge tragen, diesen Wert nicht zu überschreiten, was durch eine Getrenntbehandlung der Fette und Öle enthaltenen Teilströme gewährleistet werden kann.

### **Wasserhaushaltsgesetz (WHG)**

Der Bereich der Galvanik ist auf der Abwasserseite durch das WHG und durch die auf der Grundlage dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen geregelt. Hier ist an erster Stelle die gemäß § 7a Abs. 1 WHG erlassene Rahmen-Abwasserwaltungsvorschrift (RahmenAbwVwV) mit ihrem Anhang 40 zu nennen.

Im Anhang 40, der für den Bereich der Metallbearbeitung und -verarbeitung gültig ist, werden Überwachungswerte für das Einleiten des Abwassers festgelegt und es wird u.a. bestimmt, daß Abwasser nur dann eingeleitet werden darf, wenn

- Prozeßbäder mittels geeigneter Verfahren wie Membranfiltration, Ionenaustauscher, Elektrolyse, thermische Verfahren behandelt werden, um eine möglichst lange Standzeit der Prozeßbäder zu erreichen,
- Badinhaltsstoffe mittels geeigneter Verfahren wie verschleppungsarmer Warentransport, Spritzschutz, optimierte Badzusammensetzung zurückgehalten werden,
- Spülwasser mittels geeigneter Verfahren wie Kaskadenspülung, Kreislaufspültechnik mittels Ionenaustauscher mehrfach genutzt wird,
- dafür geeignete Badinhaltsstoffe aus Spülbädern in die Prozeßbäder zurückgeführt oder zurückgewonnen werden.

Obwohl die Rahmen-AbwVwV und damit auch der Anhang 40 grundsätzlich nur für Direkteinleiter bindend ist, wurde in § 7a Abs. 3 WHG festgeschrieben, daß auch an Einleiter in öffentliche Abwasseranlagen (Indirekteinleiter), deren Abwasser gefährliche Inhaltsstoffe enthält, Anforderungen gestellt werden müssen, die dem Stand der Technik entsprechen. Die auf Grundlage dieses Paragraphen erlassenen sogenannten Indirekteinleiterverordnungen sind Ausführungsverordnungen zu den jeweiligen Landeswassergesetzen.

In § 21 WHG wird die Überwachung der Anlagen sowie die Bestellung eines Betriebsbeauftragten für Gewässerschutz geregelt. Danach sind alle Direkteinleiter, die täglich mehr als 750 m<sup>3</sup> Abwasser einleiten, zur Bestellung eines oder mehrerer Gewässerschutzbeauftragten verpflichtet. Darüber hinaus kann die Behörde auch für Direkteinleiter, die weniger Abwasser einleiten, und für Indirekteinleiter eine entsprechende Bestellung anordnen. In Rheinland-Pfalz schreibt eine Verwaltungsvorschrift für jeden Indirekteinleiter, der unter die Indirekteinleiterverordnung (IndVO) fällt, die Bestellung eines Gewässerschutzbeauftragten vor.

### **Rheinland-Pfalz-spezifische gesetzliche Rahmenbedingungen**

Zu den gesetzlichen Regelungen, die Galvanikanlagenbetreiber in Rheinland-Pfalz zu beachten haben, zählen in erster Linie

**das Landesabfallwirtschafts- und Altlastengesetz (LAbfWAG),**

**das Landeswassergesetz (LWG),**

**die Landesverordnung über die Genehmigungspflicht für das Einleiten von Abwasser mit gefährlichen Stoffen in öffentliche Abwasseranlagen (IndVO)**

sowie

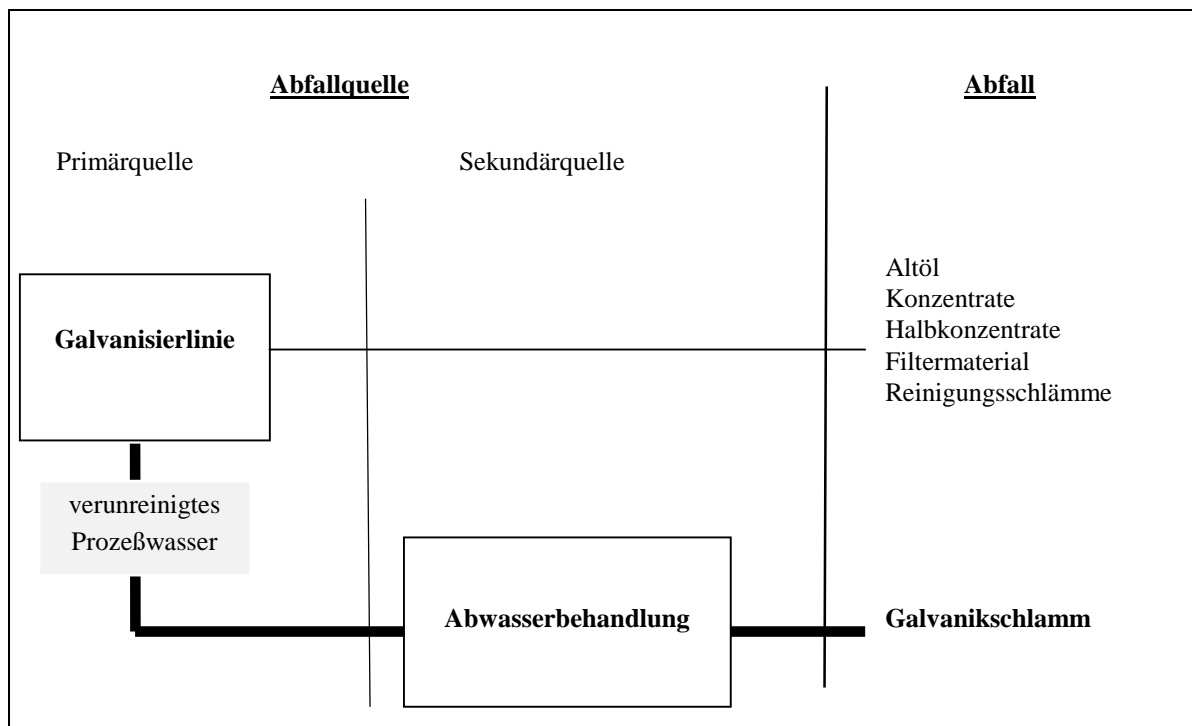
**die Verordnung über die Andienung von Sonderabfällen an die Sonderabfall-Management-Gesellschaft Rheinland-Pfalz mbH (SAM).**

In § 55 LWG wird festgelegt, daß Abwasser mit gefährlichen Stoffen oder bestimmter Herkunft, hierzu zählen Galvanikbetriebe, nur mit einer Genehmigung in öffentliche Abwasseranlagen eingeleitet werden darf. In dieser Genehmigung, die von der für die Zulassung der Gewässerbenutzung zuständigen Wasserbehörde erteilt wird, werden Anforderungen an das Einleiten von Abwasser nach dem Stand der Technik sowie Einleitwerte festgelegt.

Für das Bundesland Rheinland-Pfalz gilt seit dem 1. Januar 1994 die Andienungspflicht für besonders überwachungsbedürftige Abfälle („Sonderabfälle“) an die SAM. Dies bedeutet für den Betreiber einer Galvanikanlage, daß die anfallenden Galvanikschlämme als „Sonderabfälle“ der SAM anzudienen sind. Falls eine Verwertung nicht möglich ist, erfolgt die Zuweisung in eine Beseitigungsanlage.

### 3 Galvanikspezifische Abfälle und Abfallquellen

Als galvanikspezifischer Abfall fallen in erster Linie Metallhydroxidschlämme aus der Abwasserbehandlung, die Galvanikschlämme, an. Diese Schlämme machen in Rheinland-Pfalz mehr als 90 % des Gesamtaufkommens galvanikspezifischer Abfälle aus.



**Abb. 3.1: Abfallquellen und Abfallarten in der Galvanik**

Als eigentliche Abfallquelle für den Galvanikschlamm ist nicht die Abwasserbehandlung zu bezeichnen, sondern der Galvanikprozeß selbst. Bei dieser Betrachtungsweise kann man die Prozeß- und Spülbäder als primäre und die Abwasserbehandlung als sekundäre Abfall-

quellen benennen (s. Abb. 3.1). Welche abfallrelevanten Stoffe bei welchen Prozessen eingetragen werden, wird im folgenden näher erläutert (s. Tab. 3.1).

Tab. 3.1: Galvanikspezifischer Abfall und Abfallquellen

Abfallquelle	Abfallrelevante Inhaltsstoffe	Abfall
Entfettungsbäder und zugehörige Spülen	Öle, Fette	Altöl, (verworfenene Konzentrate)
Beiz-, Brenn-, Dekapier- und Aktivierbäder sowie zugehörige Spülen	Schwermetalle	Galvanikschlamm, (verworfenene Konzentrate)
Spülen nach Metallbädern	Schwermetalle, Cyanide, Nitrite, Chromate	Galvanikschlamm, verschmutzte Filter
Spülen nach Chromatierbad	Chromate, Schwermetalle	Galvanikschlamm, verschmutzte Filter

Abfallrelevante Stoffe aus der **vorbereitenden Behandlung** sind beim Bürsten und Strahlen die eingesetzten *Strahlmittel* (z.B. Stahldrahtkorn) sowie der *Metallabrieb* der Werkzeuge (z.B. der Bürsten) und der behandelten Werkstücke. Deshalb entstehen hier, wie beim Schleifen und Polieren, Metallabrieb und/oder mit Metallabrieb und diversen Einsatzchemikalien verunreinigte Prozeßwässer.

In der **Entfettung** fallen alkalische, organisch belastete Prozeßwässer aus den Spülen und aus den unbrauchbar gewordenen und daher verworfenen Entfettungsbädern an. Sind die durchgesetzten Werkstücke stark mit Ölen, Fetten bzw. Kühlschmieremulsionen verunreinigt, müssen die Entfettungsbäder häufig erneuert werden.

Aus den **Beizprozessen** (Spülen und verworfene Bäder) stammen saure und alkalische Prozeßwässer, die mit Metallen belastet sein können, die durch das Beizen von den durchgesetzten Werkstücken abgelöst werden.

Die Spülen nach dem **Galvanisieren** stellen den wesentlichen Anteil am Eintrag der Schwermetalle in das Prozeßwasser dar, das außer den Schwermetallen auch Cyanide, Säuren, Komplexbildner und diverse andere Stoffe enthalten kann. In welchem Maße sich diese Zusätze im Galvanikbad und der zugehörigen Spüle wiederfinden, hängt direkt oder indirekt (durch chemische Reaktionen) von den verwendeten Einsatzchemikalien ab. Oft sind dem Galvaniseur die genauen Inhaltsstoffe der von ihm eingesetzten Rezepturen gar nicht oder nur teilweise bekannt. Dies kann zu einem Problem werden, wenn Inhaltsstoffe die Abwasserbehandlung stören und nicht genau benannt werden können (z.B. Komplexbildner). Die metallsalzhaltigen Prozeßbäder, die aufgrund ihres Metallgehaltes einen hohen Wert darstellen, werden in der Regel nicht verworfen.

Aus dem Bereich der **Nachbehandlung** ist im wesentlichen das mit sechswertigem Chrom belastete Spülwasser nach der Chromatierung zu erwähnen. Die verworfenen chromsäurehaltigen Chromatierbäder werden normalerweise extern verwertet.

Außer den Galvanikschlämmen entstehen in einer Galvanik weitere Abfälle. Dies sind in erster Linie verworfene Prozeßbäder oder stark angereicherte Standspülbäder, die nicht in der internen Abwasserbehandlung entsorgt werden können, wenn diese nicht für die Behandlung dieser Bäder konzipiert wurde. In diesem Fall werden die verworfenen Konzentrate und/oder Halbkonzentrate extern entsorgt oder verwertet. Entfettungsbäder

werden zur Standzeitverlängerung in vielen Fällen über Ölabscheider von Ölen und Fetten gereinigt. Das dabei anfallende Altöl stellt ebenfalls einen Abfallstrom dar.

#### **4 Möglichkeiten zur Vermeidung von galvanikspezifischen Produktionsrückständen sowie zur Reduzierung des Frischwasserbedarfs**

Im vorangegangenen Kapitel wurden die für rheinland-pfälzische Galvanikbetriebe typischen Produktionsrückstände (Abfälle) sowie die einzelnen Abfallquellen genannt. In diesem Kapitel sollen nun Möglichkeiten aufgezeigt werden, die Menge der Abfälle zu verringern, Abfälle vollständig zu vermeiden und Wasser einzusparen.

Wie die Untersuchungen der 20 Betriebe gezeigt haben, lassen sich die in diesem Zusammenhang zu nennenden Maßnahmen in Kategorien mit unterschiedlicher Priorität einteilen. Auf der Grundlage des „gemittelten“ Zustandes der untersuchten Galvaniken ergibt sich so folgende Maßnahmenliste, die entsprechend der Wichtigkeit (Priorität) der jeweiligen Maßnahmen geordnet ist.

- 1. Analyse des Ist-Zustandes**
- 2. prozeßintegrierte Maßnahmen zur**
  - *Reduzierung des Frischwasserbedarfs*
  - *Verringerung der Ausschleppung*
  - *Rückführung/Rückgewinnung von Badinhaltsstoffen*
  - *Badpflege*
- 3. Maßnahmen in der Abwasserbehandlung**

In den folgenden Kapiteln werden nun die Maßnahmen im einzelnen vorgestellt. Es sollen die Grundlagen dafür geschaffen werden, daß die Betriebe/Galvaniseure selbständig an das Problem der Verbesserung der Umweltsituation von Galvanikbetrieben herangehen können. Es sollen Hilfestellungen vermittelt werden, die den Betrieben den Zugang zu den modernen Techniken erlauben und ihnen einen Überblick über das derzeit technisch Mögliche verschaffen, da nur mit diesem Wissen jeder Betrieb die für sich optimale Gesamtlösung in bezug auf Abfall und Abwasser finden kann. Diese optimale Gesamtlösung kann wiederum nur in enger Zusammenarbeit mit den Herstellerfirmen für die verschiedenen Techniken zur Rückgewinnung von Badinhaltsstoffen, zur Kreislaufführung von Spülwasser, zur Badpflege etc. gefunden werden.

##### **4.1 Analyse des Ist-Zustandes**

Bevor sich der Betrieb/Galvaniseur mit den Herstellerfirmen in Verbindung setzt, kann er einen Teil der notwendigen Vorarbeiten zur Auswahl der geeigneten Maßnahmen mit zum Teil sehr geringem Aufwand schon selbst oder durch Beauftragung eines externen Beraters erledigen. Diese Vorarbeiten beinhalten eine detaillierte Erfassung des Ist-Zustandes des jeweiligen Betriebes. Schwerpunkt dieser Erfassung ist die Analyse der einzelnen Stoffströme in bezug auf Menge und Zusammensetzung. Sie bildet die Voraussetzung für jede weitere Entscheidung über die Einsatzfähigkeit und Wirtschaftlichkeit eines potentiellen Verfahrens.

Wie die Betriebsuntersuchungen gezeigt haben, ergeben sich allein auf Grund dieser Analyse oftmals schon Maßnahmen, die mit geringem Investitionsaufwand umgesetzt werden können, aber effektiv zur Verringerung und Vermeidung von Abwasser und Abfall beitragen. So haben die Untersuchungen gezeigt, daß in den wenigen Betrieben, bei denen der Ist-Zustand des eigenen Galvanikbereiches im Detail bekannt ist, der Umweltschutz deutlich fortgeschrittener ist als in den übrigen Betrieben.

Die betriebsinterne Analyse des eigenen Galvanisierverfahrens schafft ein Problembewußtsein und führt dazu, daß der Galvaniseur sein Verfahren kritisch betrachtet und hinterfragt. Die beiden wichtigsten Fragen, die sich jeder Galvaniseur in diesem Zusammenhang stellen muß und die nur auf Grundlage der Erfassung des Ist-Zustandes sowie ggf. in Zusammenarbeit mit dem Lieferanten der Badzusätze beantwortet werden können, sind:

- *Sind eigentlich alle Zusatzstoffe zu den Bädern notwendig? Welchen Zweck erfüllen sie?*
- *Sind die eingesetzten Spülwassermengen wirklich notwendig?*

Die Beantwortung dieser Fragen führt häufig zu erstaunlichen Resultaten. Als Beispiel sei an dieser Stelle nur der Verzicht auf einige organische Badzusätze genannt, was sich positiv auf die Organikfracht des Abwassers sowie des Galvanikschlammes auswirkt.

**Generell muß festgestellt werden, daß die Aufgabe des Galvaniseurs in erster Linie darin besteht, einen reibungslosen Produktionsablauf zu gewährleisten. Erst zweitrangig kann er sich um Verbesserungen bezüglich der Abfall- und Abwassersituation bemühen. Diesen Bemühungen sind jedoch oftmals dadurch enge Grenzen gesetzt, daß er die komplexen Vorgänge, die letztlich zur Entstehung der Abfälle führen, nicht alle im einzelnen beherrschen kann.**

Wie sich in vielen Untersuchungen gezeigt hat, müssen Maßnahmen zur Verbesserung der ökologischen Situation eines Betriebes nicht zwangsläufig zu einer wirtschaftlichen Mehrbelastung des Betriebes führen. Vielmehr stellt sich unter Berücksichtigung aller Vorteile und Einsparungen häufig heraus, daß der ökologische Nutzen einer Maßnahme begleitet wird von einem ökonomischen Gewinn.

Da eine vernünftige Erfassung des Ist-Zustandes von derart entscheidender Bedeutung ist, wird im folgenden Kapitel in Form eines Leitfadens näher auf diese Erfassung eingegangen.



### 4.1.1 Leitfaden zur Analyse des Ist-Zustandes

#### 1. *Vorbereitung*

Zur Vorbereitung der Ist-Analyse gehört zunächst einmal, die Voraussetzungen für die Erfassung des Ist-Zustandes zu schaffen. Da ein wesentlicher Bestandteil dieser Erfassung die Bilanzierung von Stoffströmen ist, ist hier an erster Stelle der **Einbau von Durchflußmessern** zu nennen. Weiterhin gehört zu den vorbereitenden Maßnahmen das Erstellen geeigneter Datenaufnahmeblätter, mit denen die unter dem nachfolgenden Punkt 2 aufgeführten Daten übersichtlich erfaßt werden können.

#### 2. *Erfassung des Ist-Zustandes*

Die Erfassung des Ist-Zustandes beinhaltet

- a) eine Mengenz Bilanzierung im Betrieb auftretender und
- b) eine Untersuchung der Zusammensetzung dieser Stoffströme.

Die wichtigsten hierbei zu beachtenden Stoffströme (grau hinterlegt) sind schematisch in Abb. 4.1 (siehe nächste Seite) dargestellt.

##### a) Mengenz Bilanzierung

Dafür wird der Galvanikbetrieb in die 2 Bilanzierungsräume, **Galvanisierlinie** und **Abwasserbehandlung** unterteilt. Alle ein- und ausgehenden Stoffströme sollten so detailliert wie möglich erfaßt werden.

Hierzu zählen

in der Galvaniklinie:

**eingesetzte Chemikalien**  
**Input (Menge) Frischwasser**  
**Output (Menge) Prozeßwasser**  
**Menge verworfener Prozeßbadlösungen**

in der Abwasserbehandlung:

**eingesetzte Chemikalien**  
**Input unbehandeltes Prozeßwasser**  
**Output gereinigtes Abwasser**  
**Output Galvanikschlamm**

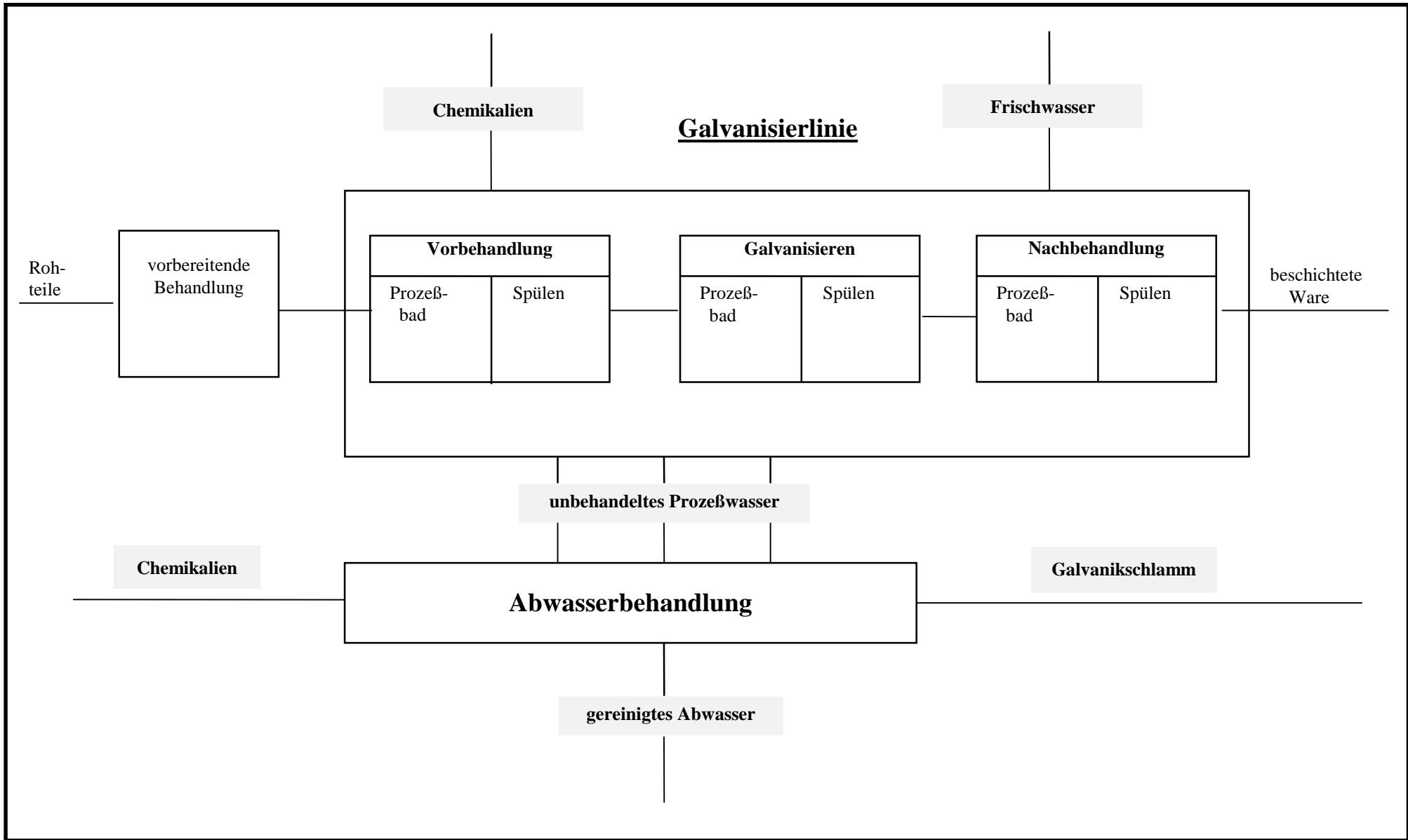


Abb. 4.1: Stoffstromdiagramm einer typischen Galvanik

Ergänzend zu dieser Bilanzierung der beiden großen Bilanzräume sollten auch die einzelnen Prozesse (z.B. Metallbad mit zugehöriger Spüle) in der Galvanisierlinie betrachtet werden. Folgende Fragestellungen sollten hierdurch beantwortet werden können:

- **Wo werden große Mengen abfallrelevanter Chemikalien in den Prozeß eingebracht?**
- **Wo wird mit wieviel Spülwasser gespült?**
- **Wann und warum werden Konzentrate/Halbkonzentrate verworfen?**
- **Wie ist der Zusammenhang zwischen Durchsatz an Ware und Verschleppung von Prozeßbadinhaltsstoffen?**

Die aufgenommenen Mengenströme werden über einen repräsentativen Zeitraum in die Datenblätter eingetragen. Zusätzlich fließen hier noch Informationen über vorhandene Teilstromführungen von Prozeßwasser zwischen Galvanisierlinie und Abwasserbehandlung ein. Die erfaßten Daten sind **Grundlage** für die weitere Vorgehensweise und **Referenz** für spätere Vergleiche, z.B. zur Beurteilung der Effektivität vorgenommener abfallminimierender Maßnahmen.

b) Analyse der Zusammensetzung

Um Aussagen hinsichtlich des Einsatzes prozeßintegrierter Umweltschutztechniken treffen zu können, müssen nicht nur die Mengen, sondern auch die Zusammensetzung der einzelnen Stoffströme bekannt sein. Folgende Fragestellungen sollten hier beantwortet werden:

- **Welche Arten an Prozeßwässern treten in welcher Zusammensetzung wo im Betrieb auf? (Prioritätenfindung der Abwasserminimierung)**
- **Wie ist die jeweilige Abfallrelevanz einzuordnen? (gefährliche Stoffe, aufwendige Abwasserbehandlung nötig ja/nein)**

3. *Auswertung*

Die Auswertung der Ist-Analyse sollte schließlich zu folgenden Ergebnissen führen:

- **Transparenz des gesamten Galvanikprozesses inklusive Abwasserbehandlung bezüglich der vorhandenen Stoffströme und deren Abfallrelevanz**
- **Lokalisierung von Haupteintragsquellen abfallrelevanter Stoffe**
- **Lokalisierung von Prozessen mit überproportional hohem Spülwasserbedarf**
- **Lokalisierung von Prozeßbädern mit überproportional hoher Verwurfshäufigkeit**

#### 4. *Umsetzung*

Bei der Umsetzung der Ergebnisse der Ist-Analyse, die in Verbindung mit den entsprechenden Lieferanten der Chemikalien und ggf. Fachfirmen durchgeführt werden kann, sind folgende Gesichtspunkte zu beachten:

- **Substitution von Stoffen**
- **Reduzierung des Spülwasserverbrauchs**
- **Verlängerung der Standzeiten**
- **Investition in Umwelttechnik**
- **Verfahrensumstellung**  
(z.B. Umstellung von cyanidischen auf saure oder alkalische Verfahren)

### 4.2 Prozeßintegrierte Maßnahmen

#### 4.2.1 Möglichkeiten zur Reduzierung des Frischwasserbedarfs

Das Spülen hat die Aufgabe, die Elektrolytkonzentration im Oberflächenfilm der Ware soweit zu verdünnen, daß nachfolgende Prozesse nicht beeinträchtigt werden. Will man eine existierende Spültechnik optimieren, heißt das, die für den nachfolgenden Prozeß nötige Verdünnung mit einer geringeren Menge an Frischwasser zu erfüllen, also wassersparend zu spülen. Als wassersparende Spültechniken gelten:

- **Kaskadenspülung**
- **Spritzspültechniken**
- **Mehrfachnutzung des Spülwassers durch Kreislaufführung**

Tabelle 4.1 beinhaltet für verschiedene Spülkombinationen den relativen Spülwasserverbrauch. Referenzzustand mit einem Spülwasserbedarf von 100 % ist hier eine einzige Fließspüle hinter einem beliebigen Elektrolyten. Für die Berechnung wurde eine Metallkonzentration von 50 g/l im Elektrolyten und eine Maximalkonzentration von 20 g/l in der Standspüle zugrunde gelegt. Als Verdünnungsfaktor, Spülkriterium, wurde 10.000 angenommen.

Tab. 4.1: Vergleich des Spülwasserbedarfs verschiedener Spülkombinationen

	Spülkombination	relativer Spülwasser- verbrauch
<b>Referenzzustand</b>	<b>1 Fließspüle</b>	<b>100 %</b>
Vergleichszustände	1 Standspüle + 1 Fließspüle	60 %
	2er-Kaskade	1 %
	1 Standspüle + 2er-Kaskade	0,6 %
	3er-Kaskade	0,2 %

Die Berechnungen zeigen, daß im Vergleich zu einer Fließspüle schon eine 2er-Kaskade ausreicht, um bei ansonsten gleichen Prozeßbedingungen den Spülwasserverbrauch auf 1 % des Ausgangswertes zu reduzieren.

Spritzspültechniken, die mit einer Spülwassermenge von 10-30 l pro Quadratmeter durchgesetzten Materials auskommen, gehören ebenso wie die Kaskadenspültechnik zu den wassersparenden Spültechniken, sind im praktischen Einsatz jedoch limitiert. Die Anwendung dieser Technik beschränkt sich auf das Spritzspülen von ebenflächigen Teilen, wie z.B. Blechen oder Leiterplatten. Unregelmäßige Oberflächen können durch Spritzspülen nur unvollständig gereinigt werden.

**Durch wassersparende Spültechniken wird die Menge des zu behandelnden Prozeßwassers verringert. Auf die Verschleppung aus den Prozeßbädern in die Abwasserbehandlung hat eine solche Spültechnik jedoch keinen Einfluß.**

#### 4.2.1.1 Maßnahmenkatalog zur Verringerung des Frischwasserbedarfs

<b>Maßnahme/Technik: Steuerung/Regelung der Spülwassermenge</b>	
Prinzip:	manuell: stufenweises Reduzieren des Frischwasserzulaufes bis auf das notwendige Maß automatisch: Regelung durch Leitfähigkeitsmessung
Kommentar:	- vor allem die manuelle Steuerung/Regelung ist ein sehr preiswertes und gleichzeitig effektives Verfahren zur Spülwasserreduzierung

<b>Maßnahme/Technik: Erzeugung von Turbulenzen im Bad</b>	
Prinzip:	durch das Bewegen der Ware im Spülbad oder durch Einblasen von Luft werden Turbulenzen erzeugt, die zu einer besseren und vor allem schnelleren Verdünnung des anhaftenden Films an der Ware führen
Kommentar:	- der Spülvorgang wird effektiver

<b>Maßnahme/Technik: Einsatz wassersparender Spültechniken</b>	
Prinzip:	<p><i>Spritzspültechnik:</i> durch die aufzubringende kinetische Energie ist der Spülprozeß sehr effektiv</p> <p><i>Kaskadenspültechnik:</i> durch die Mehrfachnutzung des Spülwassers geringer Spülwasserverbrauch</p>
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Spritzspültechniken kommen in der Praxis nur selten zum Einsatz, da sie nur bei großflächigen, gleichmäßigen Oberflächen angewandt werden können</li> <li>- Umbau von Einfachfließspüle auf 2er- oder 3er-Kaskade scheitert oft an Platzproblemen; in einem solchen Fall sollte die Möglichkeit der Installation einer Kaskaden-spülung außerhalb der eigentlichen Galvanikanlage überprüft werden</li> </ul>

<b>Maßnahme/Technik: Kreislaufführung von Spülwasser über Ionenaustauscher</b>	
Prinzip:	die Inhaltsstoffe des Spülwassers werden im Ionenaustauscher zurückgehalten; man erhält „sauberes“ Spülwasser
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- öl- und fetthaltige Spülwässer können zu einer Beeinträchtigung der Funktion führen</li> <li>- durch eine Kreislaufführung kann auf Kaskadenspülung verzichtet werden</li> <li>- bei der Regeneration der Ionenaustauscher fallen Eluate an (ca. 0,2 - 1 % des durchgesetzten Spülwassers), die z.B. bei einer Teilstrombehandlung einer Wertstoffrückgewinnung zugeführt werden können</li> <li>- das Regenerat ist - sofern eine ordnungsgemäße Behandlung im Betrieb nicht möglich ist - als Konzentrat zu entsorgen</li> <li>- durch die Mitbehandlung des Regenerats wird die Neutralsalzfracht des Abwassers erhöht</li> </ul>

#### 4.2.2 Möglichkeiten zur Verringerung des Austrags von Prozeßbadinhaltsstoffen

Maßnahmen zur Minimierung von Ausschleppverlusten setzen an der Abfallquelle an und tragen somit wirkungsvoll zur Reduzierung der abfallrelevanten Stoffströme bei. Wird der Austrag der Prozeßbadinhaltsstoffe in die nachfolgenden Spülen reduziert, wirkt sich dies in zweierlei Hinsicht positiv auf die Abfall- und Abwassersituation eines Galvanikbetriebes aus:

- *Verringerung der nötigen Spülwassermenge*  
Die nötige Spülwassermenge wird reduziert, da die Reinheitsanforderungen an die Werkstücke nach dem Spülen konstant sind, die Verschmutzung (=Ausschleppung)

vor dem Spülen jedoch kleiner wird. Also muß mit weniger Spülwasservolumen gereinigt werden, um den nötigen Reinheitsgrad zu erzielen.

- *Reduzierung der Schadstofffracht im zu behandelnden Prozeßwasser*  
Die Fracht an abfallrelevanten Stoffen im Prozeßwasser wird reduziert, da insgesamt weniger von diesen Stoffen aus den Bädern ausgeschleppt wird.

Eine weitere positive Auswirkung dieser Art von Maßnahmen ist der geringere Chemikalienbedarf zum „Nachschärfen“ der Bäder und vor allem für die Abwasserbehandlung.

In der praktischen Anwendung stoßen Maßnahmen zur Minimierung der Ausschleppverluste allerdings schnell an Grenzen. Dies liegt u.a. daran, daß sich in den Prozeßbädern im Laufe der Zeit Störstoffe ansammeln. Diese gelangen zum Teil mit der durchgesetzten Ware in das Bad, zum Teil handelt es sich um Reaktionsprodukte der eingesetzten Chemikalien. Wird ein Teil der Prozeßbadlösung kontinuierlich verschleppt, werden dadurch auch die Störstoffe ausgetragen. Vor allem, wenn die Niveauregulierung des Prozeßbades mittels Frischwasser erfolgt, findet dadurch eine ständige „Verjüngung“ der Prozeßbadlösung statt. Ist diese Verjüngung für den Prozeß notwendig, setzen Maßnahmen zur Minimierung der Ausschleppverluste aus dem jeweiligen Bad zunächst badreinigende Maßnahmen (=Badpflegemaßnahmen) voraus (siehe Kapitel 4.2.4).

#### 4.2.2.1 Maßnahmenkatalog zur Verringerung des Austrags von Prozeßbadinhaltsstoffen

<b>Maßnahme/Technik: Verlängerung der Abtropfzeiten über dem Prozeßbad</b>	
Prinzip:	die Erhöhung der Abtropfzeiten verringert die am Werkstück anhaftende Prozeßwassermenge
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- prinzipiell immer durchführbar, jedoch Begrenzung durch Taktzeiten etc.</li> <li>- es sind Abtropfzeiten &gt; 10 s bei Gestellen und &gt; 30 s bei Trommeln anzustreben</li> </ul>

<b>Maßnahme/Technik: Verringerung der Aushebegeschwindigkeit</b>	
Prinzip:	die Senkung der Aushebegeschwindigkeit erhöht die Ablaufzeit und führt zu einem dünneren anhaftenden Film auf den Werkstücken
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- prinzipiell immer durchführbar, jedoch Begrenzung durch Taktzeiten etc.</li> <li>- durch die Verringerung der Aushebegeschwindigkeit bleibt weniger Prozeßbadlösung am Gestell oder der Trommel haften, die Verschleppungsverluste werden reduziert</li> </ul>

<b>Maßnahme/Technik: Montage von Rücklaufflächen zur Rückführung von Tröpfelverlusten</b>	
Prinzip:	Rücklaufflächen mit Neigung entgegen der Transportrichtung der Werkstücke führen während des Transportes abtropfende Prozeßbadlösung in das entsprechende Bad zurück
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- muß beim Bau einer Galvanisierlinie berücksichtigt werden</li> <li>- Nachrüsten einer bestehenden Anlage nur unter Umständen möglich</li> </ul>
<b>Maßnahme/Technik: Optimierung der Gestellgeometrie, speziell: Vermeidung von horizontalen Verstreungen</b>	
Prinzip:	Gestelle sollten so konstruiert sein, daß waagerechte oder gar schöpfende Flächen seitens der Werkstücke möglichst vermieden werden; gleichzeitig sollten horizontale Verstreungen auf das notwendige Minimum reduziert werden
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verstreungen sollten Neigungen von 15° - 30° aufweisen</li> </ul>
<b>Maßnahme/Technik: Kontrolle auf defekte Gestellisolierungen sowie der Perforation von Trommeln</b>	
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ist die Isolation bei Gestellen defekt, führt dies zu einer Metallabscheidung auf den Fehlstellen; das abgeschiedene Metall wird dann in nachfolgende Bäder verschleppt; ähnliches gilt für das Zuwachsen der Perforation bei Trommeln</li> </ul>
<b>Maßnahme/Technik: Spülen, Abblasen oder Absaugen der Ware über dem Prozeßbad</b>	
Prinzip:	Reduzierung des anhaftenden Prozeßwasserfilms und damit der Verschleppung
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- über die Anwendung ist im Einzelfall zu entscheiden</li> <li>- auch Kombinationen möglich: z.B. Spülen und Abblasen bei Trommeln oder Gestellen; Spülen über dem Bad nur bei warm arbeitenden Bädern möglich, sonst Überschreitung des zulässigen Füllstandes</li> </ul>



### 4.2.3 Möglichkeiten zur Rückführung/Rückgewinnung von Badinhaltsstoffen

Neben der Verringerung der Ausschleppverluste stellt die Rückführung von Badinhaltsstoffen eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung der Schadstofffracht des Spülwassers dar. Für diese Rückführung existieren diverse Verfahren, die in Kapitel 4.2.3.1 im einzelnen beschrieben werden.

Wenn die Spülwässer hinter einem Prozeßbad mit dem Ziel aufbereitet werden, die gewonnene Lösung wieder im Prozeßbad einzusetzen, spricht man von einer **Elektrolytrückführung**. Eine andere Form der Rückführung von Prozeßbadinhaltsstoffen ist die **Wertmetallrückgewinnung** aus meist konzentrierten Spülwässern. Die gewonnenen Wertmetalle werden entweder so aufbereitet, daß sie im Prozeßbad wieder als Einsatzstoff verwendet werden können, oder sie werden extern als Rohstoffersatz verwendet.

Die wichtigsten Parameter zur Beurteilung, ob eine Elektrolytrückführung generell möglich ist, sind die **Verdunstungsverluste des Prozeßbades** sowie die **Art und Menge der Wert-/Störstoffe** in Prozeßbad und Spüle. Aufgrund der Wasserbilanz eines Prozeßbades sind einer Elektrolytrückführung Grenzen gesetzt. Selbst bei warm arbeitenden Prozeßbädern reicht die natürliche Verdunstung oft nicht aus, um eine 100 %ige Elektrolytrückführung zu ermöglichen.

Deshalb muß das zurückzuführende Spülwasser meist aufkonzentriert werden. Dies kann in Verdunstern oder Verdampfern, aber auch mittels Elektrodialyse oder Umkehrosmose erfolgen. Welches Verfahren im jeweiligen Fall am besten geeignet ist, hängt unter anderem von der Zusammensetzung des entsprechenden Prozeßbades ab.

Da bei der Aufkonzentrierung neben den Wertstoffen in der Regel auch die Störstoffe im Elektrolyten angereichert werden, muß oft eine zusätzliche Reinigung, z.B. mit einem Selektiv-Ionenaustauscher, erfolgen.

Um den Aufwand der Aufkonzentration der Spülwässer nicht zu groß werden zu lassen, sind Maßnahmen zur Elektrolytrückführung in der Regel mit einer sparsamen Spültechnik verknüpft. Durch die Anwendung dieser Spültechniken erhält man kleine Spülwasservolumina mit hoher Konzentration, was die weitere Aufkonzentrierung und damit die Elektrolytrückführung erleichtert.

#### 4.2.3.1 Maßnahmenkatalog zur Rückführung/Rückgewinnung von Prozeßbadinhaltsstoffen

Maßnahme/Technik:	Fällung
Prinzip:	Fällung, Abtrennung und Rücklösung spezifischer Spülwasserinhaltsstoffe an der Anfallstelle (Spüle nach Metallbad) in spezieller Kompaktanlage; die so gewonnene Lösung dient der Elektrolytrückführung oder der Metallrückgewinnung durch Elektrolyse
Kommentar:	- insbesondere geeignet für die Rückgewinnung von Nickel und Nিকেlelektrolyt aus entsprechenden Spülen

<b>Maßnahme/Technik: Umkehrosmose</b>	
Prinzip:	Membrantrennverfahren: Membran ist nur für bestimmte Partikelgrößen durchlässig; treibende Kraft für die Partikelbewegung ist ein Druckgefälle
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dient der Aufkonzentrierung von Spülwässern zur Elektrolytrückgewinnung</li> <li>- wird in der Praxis kaum angewandt</li> </ul>

<b>Maßnahme/Technik: Elektrodialyse</b>	
Prinzip:	Membrantrennverfahren, bei dem die Trennwirkung darauf beruht, daß die Membranen nur für bestimmte Moleküle durchlässig sind; treibende Kraft für die Trennung ist ein von außen angelegtes elektrisches Feld
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- einsetzbar vor allem für die Rückgewinnung von Nickel, Kupfer (cyanidisch) und Gold sowie von Chromsäure</li> <li>- meist wird das entsprechende Spülwasser kontinuierlich über die Elektrodialyseanlage geführt</li> <li>- wird in der Praxis kaum angewandt</li> </ul>

<b>Maßnahme/Technik: Elektrolyse (kathodische Abscheidung)</b>	
Prinzip:	Migration geladener Teilchen im elektrischen Feld mit Abscheidung (Reduktion) von Metallionen an der Kathode
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- anwendbar für die Rückgewinnung von: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gold und diversen Edelmetallegierungen aus alkalischen Prozeßbädern und Spülwässern</li> <li>• Silber aus alkalischen Spülwässern</li> <li>• Kupfer und Nickel aus sauren Spülwässern</li> </ul> </li> <li>- als Faustregel gilt: je unedler das abzuscheidende Metall ist, desto aufwendiger ist die elektrolytische Rückgewinnung</li> <li>- Einsetzbarkeit insbesondere vom Wert des abzuscheidenden Metalles sowie der Metallkonzentration abhängig</li> </ul>

<b>Maßnahme/Technik: Verdampfer (Vakuumverdampfer)</b>	
Prinzip:	Aufkonzentrierung von Prozeßwasser durch Verdampfen von Wasser
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dient der Rückgewinnung von diversen Elektrolyten aus den jeweiligen Spülen</li> <li>- Elektrolyt darf sich bei der für die Verdampfung notwendigen Erwärmung auf ca. 65°C nicht verändern, ansonsten Einsatz eines Vakuumverdampfers, bei dem nur eine Erwärmung auf ca. 35°C notwendig ist</li> <li>- hoher Energieverbrauch, Störstoffe werden mit aufkonzentriert</li> </ul>

<b>Maßnahme/Technik: Verdunster</b>	
Prinzip:	Aufkonzentrierung von Prozeßwasser durch Förderung der natürlichen Verdunstung (z.B. Absaugung, Rieseltürme)
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- anwendbar für die Rückgewinnung von Chromsäure, sauren Zink- und cyanidischen Silberelektrolyten</li> <li>- die Verdunstung bewirkt einen zusätzlichen Kühlungseffekt</li> </ul>

<b>Maßnahme/Technik: Ionenaustauscher</b>	
Prinzip:	bestimmte Metallionen werden dem Prozeßwasser entzogen und gegen gleichgeladene Ionen in äquivalenter Menge ausgetauscht; nach der Regenerierung der Ionenaustauscher sind die entzogenen Metallionen im Eluat aufkonzentriert
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rückgewinnung von <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gold und Silber aus Prozeßbädern und Spülen</li> <li>• Nickel, Kupfer und Chromsäure aus Spülen</li> </ul> </li> <li>- zur Gold- und Silberrückgewinnung Abgabe der gesättigten Austauscherharze an eine Scheideanstalt</li> <li>- die Nickel- und Kupferrückgewinnung erfolgt durch Elektrolyse des Eluats</li> <li>- Chromsäurerückgewinnung aus Eluat</li> </ul>

#### 4.2.4 Badpflegemaßnahmen

Zu den Badpflegemaßnahmen gehören alle Verfahren/Techniken, die zu einer Verlängerung der Standzeit der einzelnen Bäder führen. An erster Stelle ist hier die **analytische Kontrolle der Badzusammensetzung** zu nennen.

Wie die Untersuchungen in Rheinland-Pfalz bestätigt haben, besteht ein Zusammenhang zwischen dem Umfang der analytischen Kontrolle der Bäder und der Standzeit, d.h., je besser und umfangreicher die Zusammensetzung der Prozeßbäder durch entsprechende Analysenverfahren bestimmt wird, umso zielgerichteter können Chemikalien nachdosiert werden, was zu einer Erhöhung der Standzeiten führt. Diese Erhöhung der Standzeiten wirkt sich äußerst positiv auf die Schadstofffracht im zu behandelnden Prozeßwasser und damit auch auf die Menge an benötigten Abwasserbehandlungschemikalien aus. Darüber hinaus entsteht ein Kostenvorteil durch das Vermeiden von Überdosierungen beim Nachschärfen der Bäder und der hierdurch erzielbaren Einsparung an Badzusätzen.

##### 4.2.4.1 Maßnahmenkatalog zur Badpflege

<b>Maßnahme/Technik: Ionenaustauscher</b>	
Prinzip:	bestimmte Inhaltsstoffe (Ionen) werden dem Prozeßwasser entzogen und gegen gleichgeladene Ionen ( $H^+$ , $OH^-$ ) in äquivalenter Menge ausgetauscht
Kommentar:	- dient dem Entfernen von Störstoffen zur Regeneration, insbesondere von Chrom- und Chromatielektrolyten sowie Phosphor- und Salzsäurebeizen

<b>Maßnahme/Technik: Retardation</b>	
Prinzip:	mit Hilfe eines Anionenaustauschers erfolgt eine weitgehende Trennung von Metall und Säure. Während die Metalle das Harz nahezu ungehindert verlassen, diffundiert die Säure in das Harzbett und tritt erst zeitverzögert wieder aus
Kommentar:	- wird verwendet zum Entfernen von Störstoffen zur Regeneration von Beizen, Mischbeizen, Ätzlösungen sowie Anodisierелеktrolyten

<b>Maßnahme/Technik: Kristallisation</b>	
Prinzip:	Abkühlen der Lösung oder Einengen im Vakuum führt zu einer Auskristallisation von Salzen
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anwendungsbereiche: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abreicherung von Eisen aus schwefelsauren Beizen als Eisensulfat</li> <li>• Auskristallisation von Carbonaten (Soda) aus cyanidischen Elektrolyten</li> <li>• Entfernen von Störstoffen zur Regeneration von salzsauren Eisenbeizen und Mischsäurebeizen für Edelstähle</li> </ul> </li> <li>- auskristallisiertes Eisensulfat kann u.U. verwertet werden</li> <li>- Carbonate sind mit Metallen und Cyaniden verunreinigt und sind daher Sonderabfall</li> </ul>

<b>Maßnahme/Technik: Ultrafiltration</b>	
Prinzip:	Membrantrennverfahren, bei dem die Badinhaltsstoffe aufgrund ihrer unterschiedlichen Größe getrennt werden
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- anwendbar zum Entfernen von Ölen und Fetten zur Regeneration von alkalischen Reinigungslösungen (Entfettungsbäder)</li> <li>- Vorschaltung eines Ölabscheiders erforderlich (nur sinnvoll, wenn keine Emulsionen vorliegen)</li> </ul>

<b>Maßnahme/Technik: Elektrodialyse</b>	
Prinzip:	Membrantrennverfahren, bei dem die Trennwirkung darauf beruht, daß die Membranen nur für bestimmte Moleküle durchlässig sind; treibende Kraft für die Trennung ist ein von außen angelegtes elektrisches Feld
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dient der Abreicherung von Eisen aus schwefelsauren oder salzsauren Beizen und zum</li> <li>- Entfernen von Störstoffen zur Regeneration von Chromelektrolyten</li> </ul>

<b>Maßnahme/Technik: Elektrolyse (anodische Oxidation)</b>	
Prinzip:	Migration geladener Teilchen unter Gleichstrom im elektrischen Feld mit Oxidation bestimmter Inhaltsstoffe an der Anode
Kommentar:	- Oxidation von 3-wertigem Chrom zu Chromsäure zur Regeneration von Chromelektrolyten, chromsauren Ätzlösungen, Chrom-Schwefelsäure-Beizen und Chromsäure-Beizen

<b>Maßnahme/Technik: Adsorption</b>	
Prinzip:	Adsorption (Anreicherung) von Stoffen an diversen Adsorptionsmitteln, zumeist Aktivkohle
Kommentar:	- Entfernen von organischen Abbauprodukten zur Regeneration diverser Elektrolyte - speziell für Nickelelektrolyte; hier oft Kombination von adsorptiver Behandlung mit elektrolytischer Selektivreinigung

<b>Maßnahme/Technik: Filtration</b>	
Prinzip:	durch Filtration (im Idealfall kontinuierlich) werden grobe Verunreinigungen aus den Bädern entfernt
Kommentar:	- einfache Filtration: für Metall- und Beizbäder - Ultrafiltration: für Entfettungsbäder

<b>Maßnahme/Technik: Ölabscheider</b>	
Prinzip:	die leichtere Ölphase wird mechanisch entfernt
Kommentar:	- für nicht emulgierende Entfettungsbäder einsetzbar (sonst Emulsionsspaltung, z.B. Ultrafiltration notwendig) - durch Ölabscheider werden die Verschleppungen von Ölen ins Spülwasser und damit letztlich in die Abwasserbehandlungsanlage deutlich verringert, was sich positiv auf die Organikfracht des Abwassers auswirkt; gleichzeitig wird die Entsorgungssicherheit für den zu deponierenden Galvanikschlamm erhöht, da auch dessen Organikanteil sinkt

### 4.3 Maßnahmen in der Abwasserbehandlung

Zu dieser Maßnahmenkategorie zählen alle Möglichkeiten zur Erzeugung eines verwertbaren Schlammes sowie zur Reduzierung der Schadstofffracht im Abwasser. Im Gegensatz zu den bisher vorgestellten Maßnahmen greifen diese nicht im Galvanikprozeß, sondern in der Abwasserbehandlungsanlage ein. Sie können somit in der Regel ohne Veränderung des eigentlichen Galvanisiervorganges umgesetzt werden.

#### 4.3.1 Maßnahmenkatalog für die Abwasserbehandlung

<b>Maßnahme/Technik: Teilstromführung</b>	
Prinzip:	Prozeßwasserströme werden entsprechend ihrer Zusammensetzung getrennt geführt, gesammelt und behandelt
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- im Idealfall: Getrennte Sammlung der               <ul style="list-style-type: none"> <li>• sauren</li> <li>• alkalischen</li> <li>• cyanidhaltigen</li> <li>• chromathaltigen</li> <li>• ölhaltigen</li> <li>• metallhaltigen Teilströme</li> </ul> </li> <li>- Teilstromführung verringert den Chemikalienbedarf, ermöglicht die Erzeugung verwertbarer Monometallschlämme und reduziert die Schadstofffracht im Abwasser</li> </ul>

<b>Maßnahme/Technik: Metallfällung mit Natronlauge</b>	
Prinzip:	Schwermetalle werden durch Zugabe von Natronlauge in schwer lösliche Hydroxidverbindungen überführt
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- durch die Fällung mit Natronlauge wird die Verwertbarkeit der Schlämme im Vergleich zu der Fällung mit Kalk deutlich erhöht</li> <li>- höhere Kosten als bei der Fällung mit Kalk</li> </ul>

<b>Maßnahme/Technik: Metallfällung mit Natriumsulfid</b>	
Prinzip:	Schwermetalle werden durch Zugabe von Natriumsulfid in schwer lösliche Sulfidverbindungen überführt
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- durch die Sulfidfällung werden geringere Metallrestkonzentrationen im Abwasser erzielt</li> <li>- Problem: Schwefelwasserstoffentwicklung und Beseitigung des Sulfidüberschusses</li> <li>- eingeschränkte Verwertbarkeit der Sulfidschlämme</li> <li>- der Fällung ist eine Feinfiltrationsstufe nachzuschalten</li> </ul>

<b>Maßnahme/Technik:</b>	<b>Metallfällung mit Kalkmilch</b>
Prinzip:	Schwermetalle werden durch Zugabe von Kalkmilch (Kalk (Ca(OH) <sub>2</sub> ) suspendiert in Wasser) in schwerlösliche Hydroxidverbindungen überführt
Kommentar:	- nicht sedimentierbare Kalkmilch einsetzen
<b>Maßnahme/Technik:</b>	<b>Umstellung von Durchlauf- auf Chargenbehandlung</b>
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- technisch immer möglich; jedoch bei großer zu behandelnder Prozeßwassermenge unwirtschaftlich</li> <li>- größere Sicherheit in bezug auf Einleitwerte und Betriebsstörungen</li> <li>- Einsparung an Behandlungskemikalien</li> <li>- Voraussetzung für die Erzeugung von Monometallschlämmen</li> </ul>
<b>Maßnahme/Technik:</b>	<b>Einbau eines „Schluß“-Ionenaustauschers</b>
Prinzip:	das gereinigte Abwasser wird vor der Einleitung über einen Ionenaustauscher geführt, der die Restmetallkonzentration verringert
Kommentar:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- technisch immer möglich; ratsam bei Problemen mit den Einleitwerten für Metalle</li> <li>- das Regenerat soll als Konzentrat entsorgt werden</li> <li>- durch die Mitbehandlung des Regenerats wird die Neutralsalzfracht des Abwassers erhöht</li> </ul>

## 5 Derzeitige Verwertungsmöglichkeiten für Galvanikschlämme

Vor dem Hintergrund des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes und in Anbetracht der hohen Entsorgungskosten für Galvanikschlämme von derzeit durchschnittlich 700 DM/t ist die Verwertung der Galvanikschlämme sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht erstrebenswert. Wie die Untersuchungen gezeigt haben, wird ein großer Teil der in Rheinland-Pfalz anfallenden Schlämme auf eine Deponie verbracht, obwohl nicht alle Möglichkeiten einer stofflichen Verwertungsprüfung ausgeschöpft werden.

Dieser Umstand ist im wesentlichen auf ein Informationsdefizit bezüglich der Verwertungsmöglichkeiten für Galvanikschlämme zurückzuführen. Es hat sich bei den Betriebsuntersuchungen gezeigt, daß teilweise überhaupt nicht oder erst seit kurzer Zeit seitens der Betriebe nach Alternativen zur Deponierung gesucht wird.

Mit diesem Kapitel soll deshalb das festgestellte Informationsdefizit geschlossen werden. Den Betrieben wird eine Hilfestellung bei der Suche nach Verwertungsmöglichkeiten für die im Betrieb anfallenden Schlämme gegeben, um zu erreichen, daß möglichst alle



Schlämme, die von entsprechenden Betrieben zur Verwertung angenommen werden können, auch dorthin verbracht werden.

In den folgenden Kapiteln werden daher die verschiedenen Verwertungsmöglichkeiten sowie die allgemeinen Voraussetzungen für die Verwertbarkeit kurz vorgestellt. Im Anhang befindet sich eine Verwerterliste, die den Betrieben eine Übersicht über die derzeit bestehenden Verwertungsmöglichkeiten erlaubt und eine Kontaktaufnahme zu den jeweiligen Verwertern ermöglicht.

Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß verschiedene Möglichkeiten bestehen, einen verwertbaren Schlamm zu erzeugen, d.h., auch wenn der derzeit im Betrieb anfallende Schlamm nicht verwertbar sein sollte, so bestehen vor allem in der Teilstromführung und -behandlung sowie in der Metallfällung mit Natronlauge Chancen, einen verwertbaren Schlamm zu erzeugen (siehe Kapitel 4.3.1).

Ist ein Schlamm zunächst einmal nicht verwertbar, so sollte der jeweilige Betrieb sich vom Verwerter genau erklären lassen, woran das liegt, und nicht sofort die „Flinte ins Korn“ werfen. Der Betrieb sollte auch Kontakt zur SAM aufnehmen, bei der die aktuellsten Verwerterinformationen vorliegen und die die Betriebe bei der Suche nach Verwertungsmöglichkeiten berät. Daneben haben auch die Selbstverwaltungskörperschaften (z.B. IHK) eine Beratungspflicht. Insbesondere wenn die Verwertung an einigen Störstoffen scheitert, sollte jeder Betrieb nach Möglichkeiten (z.B. Teilstrombehandlung, Substitution) suchen, die Konzentration dieser Störstoffe im Schlamm zu reduzieren.

## 5.1 Verwertungsverfahren

Die in der BRD verfügbaren Verwertungsverfahren für Galvanikschlämme lassen sich entsprechend der Zielsetzung der jeweiligen Verfahren grob in 2 Kategorien einteilen. An erster Stelle sind hier die Verfahren zu nennen, die darauf ausgerichtet sind, den Metallanteil im Schlamm in den Wirtschaftskreislauf zurückzuführen. Diese Verfahren sollten bei der Prüfung der Verwertbarkeit Vorrang genießen. Zu der zweiten Kategorie gehören die Verfahren, die den nicht-metallischen, d.h. den mineralischen, Anteil im Schlamm verwerten.

Die Verfahren der ersten Kategorie lassen sich in zwei grundlegend verschiedene Verfahrenstypen zur Metallrückgewinnung aus Galvanikschlämmen einteilen:

- die **pyrometallurgische** und
- die **hydrometallurgische** Aufbereitung der Schlämme

Diese Verfahren werden in den Kapiteln 5.1.1 und 5.1.2, die Verfahren der zweiten Kategorie in Kapitel 5.1.3 behandelt.

Grundsätzlich gilt, daß ein Galvanikschlamm bestimmte Voraussetzungen erfüllen muß, damit er von einem Verwerterbetrieb angenommen wird. Die Anforderungen der Verwerter beziehen sich hierbei zum einen auf den Mindestwertstoffgehalt und zum anderen auf den maximalen Gehalt an Stoffen im Schlamm, die für den jeweiligen Verwertungsprozeß störend sind. Als Anhaltspunkt für den Abfallerzeuger werden in diesem Zusammenhang von den Verwertungsbetrieben Anforderungsprofile (siehe Anhang) in Form von Richtwertanalysen für Galvanikschlämme herausgegeben. Durch den Abgleich der Galvanikschlamm- mit der Richtwertanalyse kann der Abfallerzeuger abschätzen, ob für seinen Schlamm prinzipiell die Möglichkeit der Verwertung besteht. Da es sich bei den in der Richtwertanalyse aufgelisteten Konzentrationen für verschiedene Parameter lediglich um Eckwerte handelt, benötigt der Verwerterbetrieb eine Vollanalyse des Schlammes, um

letztlich definitiv entscheiden zu können, ob und zu welchen Konditionen die Verwertung möglich ist. Diese Analyse wird von einigen Verwertern kostenlos angeboten.

Die Kosten für die Verwertung sind weit gestreut. Je nach Zusammensetzung und insbesondere in Abhängigkeit von der im Schlamm vorliegenden Metallart und -menge können auf der einen Seite sogar Erlöse für den Schlamm erzielt werden, auf der anderen Seite können aber auch Kosten von bis zu 1.500 DM/t entstehen.

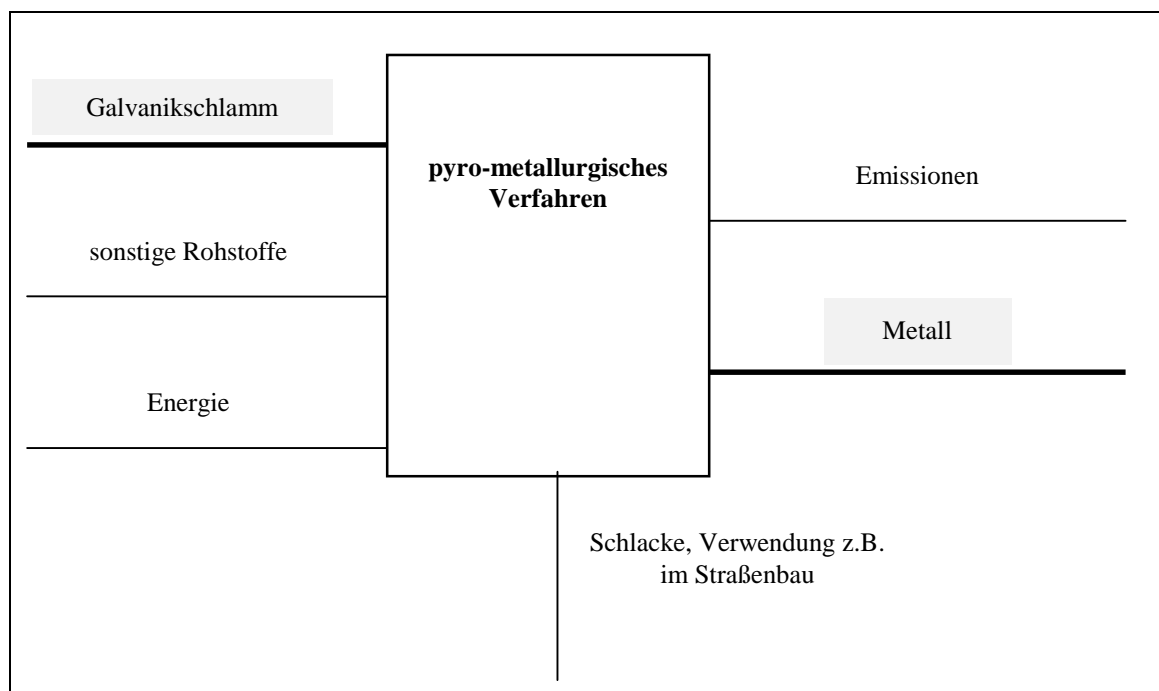
### **5.1.1 Pyrometallurgische Verwertung von Galvanikschlämmen**

In Metallhütten können Galvanikschlämme prinzipiell als Ersatz für natürliche Rohstoffe (Erze) eingesetzt werden. Vor allem bei Hütten neueren Datums ist die Behandlung von Galvanikschlämmen deshalb schon in die Betriebslaubnis aufgenommen. Für die Metallhütten, die als Galvanikschlammverwerter auftreten, ist die Verwertung meist nur ein Zusatzgeschäft. Das Hauptgeschäft liegt im normalen Betrieb der Hütte mit Metallerzen oder Metallschrott.

Damit ein Schlamm eingesetzt werden kann, muß er einen bestimmten, in der Richtwertanalyse vorgegebenen Mindestwertmetallgehalt aufweisen. Außerdem dürfen die sonstigen im Schlamm vorkommenden Stoffe (z.B. diverse Schwermetalle, Organik, organische Chlorverbindungen, Calcium) den normalen Betrieb der Hütte nicht stören. Die von den Hütten veröffentlichten Richtwerte für die jeweiligen Störstoffe lassen einen Spielraum zu, da der Schlamm zur Einhaltung dieser Werte in der Regel mit anderem Material verschnitten wird. Je höher der Störstoffgehalt und je niedriger der Wertmetallgehalt im Schlamm ist, desto mehr muß der Abfallerzeuger für die Verwertung bezahlen. Übersteigt der Störstoffgehalt eine von der Metallhütte nicht mehr akzeptierte Grenze, wird die Verwertung abgelehnt.

Neben der hüttentechnischen Verarbeitung von Galvanikschlämmen gibt es weitere pyrometallurgische Verfahren, wie das Wälzrohr- oder Plasma-Schmelz-Verfahren, die sich jedoch grundlegend von der hüttentechnischen Schlammverwertung unterscheiden.

In Abb. 5.1 ist das Verfahrensprinzip der pyrometallurgischen Verwertung dargestellt. In dem abgebildeten Prozeß werden die Galvanikschlämme zusammen mit „natürlichem“ Einsatzmaterial verwertet. Die Bestandteile des Galvanikschlammes verlassen den Prozeß in Form von Metallen, als Schlacke sowie in Form von gasförmigen Emissionen. Die im Schlamm enthaltenen Schadstoffe werden entweder eingebunden und immobilisiert in der Schlacke oder gelangen als Abbauprodukte mit den Emissionen in die Luft.



**Abb. 5.1: Verfahrensprinzip der pyrometallurgischen Verwertung von Galvanikschlämmen**

In Tab. 5.1 sind Firmen aufgelistet, die gegenwärtig eine pyrometallurgische Verwertung von Galvanikschlämmen anbieten. Im Anhang befinden sich die Richtwertanalysen der einzelnen Verwerter für die jeweiligen Galvanikschlämme.

Tab. 5.1: Pyrometallurgische Verwerterbetriebe für Galvanikschlämme

<b>Verwerterbetrieb</b>	<b>verwerteter Schlamm</b>
Berzelius Umwelt Service (Duisburg, NRW)	Zn-haltig (AbfSchl 51105) Cu-haltig (AbfSchl 51104) Cr(III)-haltig (AbfSchl 51103) Pb/Sn-haltig (AbfSchl 51104)
DEKA Rohstoffe Handelsgesellschaft mbH (Duisburg, NRW)	Cu-haltig (AbfSchl 51104) Cr(III)-haltig (AbfSchl 51103)
Harz-Metall GmbH (Goslar, Niedersachsen)	Zn-haltig (AbfSchl 51105)
Harzer Zink GmbH (Goslar, Niedersachsen)	Zn-haltig (AbfSchl 51105)
Hüttenwerke Kayser AG (Lünen, NRW)	Cu-haltig (AbfSchl 51104)
Nickelhütte Aue GmbH (Aue, Sachsen)	Ni-haltig (AbfSchl 51107)
Norddeutsche Affinerie AG (Hamburg)	Cu-haltig (AbfSchl 51104) Ni-haltig (AbfSchl 51107) Pb/Sn-haltig (AbfSchl 51104)

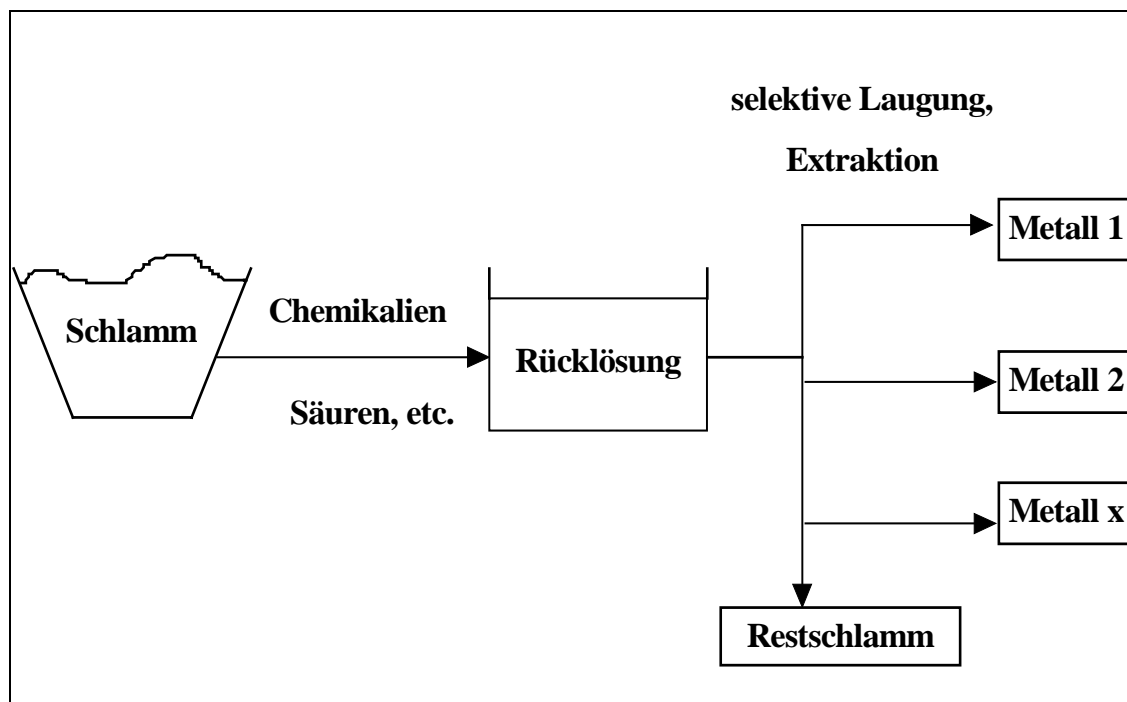
### 5.1.2 Hydrometallurgische Verwertung von Galvanikschlämmen

Bei der hydrometallurgischen Aufbereitung erfolgt die Rückgewinnung der Metalle aus den Galvanikschlämmen über ein naßchemisches Verfahren. Im Gegensatz zu den pyrometallurgischen Verfahren wurden diese speziell für die Aufarbeitung von Sekundärrohstoffen entwickelt, sind jedoch in den meisten Fällen nicht über die Erprobung im Labormaßstab hinausgekommen.

Zu diesen hydrometallurgischen Verfahren zählen der Goldschmidt-Prozeß, der MAR-Prozeß, der TNO-Prozeß sowie das Verfahren des ZVSMM. Allen Verfahren gemeinsam ist die selektive Rücklösung der im Schlamm vorliegenden schwerlöslichen Schwermetallverbindungen. Die Metalle werden entweder durch Extraktion, selektive Fällung oder Elektrolyse zurückgewonnen. Daneben besteht grundsätzlich das Problem, daß Chrom schon in geringen Mengen (im Bereich von 1%) den Prozeß erheblich stört und damit undurchführbar macht.

In Abb. 5.2 ist das Verwertungsprinzip eines solchen hydrometallurgischen Verfahrens dargestellt.

Da bei dieser Form der Behandlung aus einem Schlamm verschiedene Metalle gezielt abgeschieden werden können, ist hier prinzipiell auch die Verwertung von Mischmetallschlämmen möglich. Allerdings sind die naßchemischen Verfahren aus ökologischer Sicht kritisch zu betrachten, da hier mit einer erheblichen Menge an Behandlungschemikalien gearbeitet wird und zum Teil mehr Rückstände anfallen als beseitigt werden.



**Abb. 5.2: Verfahrensprinzip der hydrometallurgischen Verwertung von Galvanikschlämmen**

Die von den hydrometallurgischen Verwerterbetrieben herausgegebenen Richtwertanalysen sind im Anhang dargestellt. Eine Übersicht über die zur Verwertung angenommenen Schlämme enthält Tab. 5.2.

Tab. 5.2: Hydrometallurgische Verwerterbetriebe für Galvanikschlämme

<b>Verwerterbetrieb</b>	<b>verwerteter Schlamm</b>
GfE Umwelttechnik GmbH	Cr(III)-haltig (AbfSchl 51103)
Siegfried Jacob Metallwerke GmbH & Co. KG (Ennepetal, NRW)	Ni-haltig (AbfSchl 51107) Cu-haltig (AbfSchl 51104) Co-haltig (AbfSchl 51108) Pb/Sn-haltig (AbfSchl 51111)
World Resources Company (USA, Büro Wiesbaden)	Ni-haltig (AbfSchl 51107) Cr(III)-haltig (AbfSchl 51103) Cu-haltig (AbfSchl 51104) Zn-haltig (AbfSchl 51105)

### 5.1.3 Alternative Verwertungsmöglichkeiten

Der derzeitige Einsatz von Galvanikschlämmen in der Zementindustrie wird abgelehnt. Es findet eine Verteilung von Schadstoffen statt.

Die Verbringung von Galvanikschlämmen als Bergbauversatzmaterial wird derzeit geprüft. Nur bei Einhaltung noch festzulegender Kriterien sowohl für den Galvanikschlamm als auch für das Bergwerk kann die Verwendung unter Tage eine Alternative darstellen.

## 6 Ausblick

Das Ideal einer Galvanik, in der das anfallende verunreinigte Prozeßwasser vollständig durch entsprechende Techniken dahingehend behandelt wird, daß alle ins Prozeßwasser verschleppten Badbestandteile zurückgeführt oder zurückgewonnen werden, und daß das so behandelte Prozeßwasser erneut als Spülwasser eingesetzt werden kann, ist für eine bestehende Galvanik im Normalfall trotz moderner Techniken praktisch nicht erreichbar.

Die Gründe hierfür liegen an den zur Verfügung stehenden Umwelttechniken selbst, an finanziellen Problemen der Betriebe sowie an zum Teil beengten Platzverhältnissen.

Die ökologische Modernisierung eines bestehenden Galvanikbetriebes wird sich an der optimalen Ausnutzung vorhandener Vermeidungs- und Verringerungspotentiale orientieren müssen.

Wie die Untersuchungen gezeigt haben, kann ein großer Teil dieses Potentials durch die beschriebene Ist-Analyse genutzt werden. In diesem Zusammenhang muß auch die Zertifizierung eines Galvanikbetriebes gemäß der EU-Öko-Audit-Verordnung (*Verordnung (EWG) Nr. 1836/93 über die freiwillige Beteiligung gewerblicher Unternehmen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung*) als durchaus positiv betrachtet werden, beinhaltet sie doch u.a. diese detaillierte Ist-Analyse (Umweltbetriebsprüfung).

Das Ziel einer abwasserarmen Galvanik wird in einigen Betrieben schon durch sehr konkrete Bestrebungen, den Wasserkreislauf dadurch zu schließen, daß das gesamte Prozeßwasser in der Abwasseranlage soweit gereinigt wird, daß es als Spül- und Brauchwasser wieder in den Betrieb geleitet werden kann, in naher Zukunft erreicht. Durch diese „große“ Kreislaufführung reduzieren sich die Probleme der Prozeßwasserbehandlung auf den zentralen Bereich der Abwasseranlage.

Weiterhin ist davon auszugehen, daß sich die Menge des in Rheinland-Pfalz zu deponierenden Galvanikschlammes in den nächsten Jahren um ca. 30-40 % reduzieren wird. Ein Grund für diese Reduktion wird die Verlagerung von Galvanikbetrieben ins Ausland (Osteuropa und Asien) sein. Im wesentlichen wird die Reduktion jedoch davon abhängen, daß das auf der Grundlage der durchgeführten Untersuchungen kalkulierte Verwertungspotential für die rheinland-pfälzischen Galvanikschlämme von 25 % genutzt werden wird.

## 7 Anhang

### 7.1 Literaturverzeichnis

- /1/ Baur, R.  
Galvanikschlämme in Baden-Württemberg  
Metalloberfläche, **48**, Nr. 9, S. 628 (1994)
- /2/ Bauer  
Integrierte Umwelttechnik  
Verlag ecomed, Landsberg (1993)
- /3/ Bosse, K.  
Verminderung oder Verwertung von Galvanikrückständen  
Entsorgungspraxis, Nr. 4, S. 66 (1994)
- /4/ Dietl, F.  
Aufbereitung von Galvanikschlämmen  
Galvanotechnik, **78**, Nr. 10, S. 2797 (1987)
- /5/ Hartinger, L.  
Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik, Band VII: Industrieabwässer mit anorganischen Inhaltsstoffen  
Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaft, Berlin (1985)
- /6/ Hartinger, L.  
Maßnahmen zur Verringerung der Schwermetalle  
Galvanotechnik, **79**, Nr.2, S. 401 (1988)
- /7/ Herger, P.  
Abwasserlose Galvanik  
Umwelt, **21**, Nr. 6, S. 312 (1991)
- /8/ Knoblauch, T.  
Entsorgung und Wertstoffrückgewinnung  
Metalloberfläche, **44**, Nr. 8, S. 373 (1990)
- /9/ Kreisel, R.  
Verfahrenstechnische Aspekte in der Galvanotechnik  
Chem.-Ing.-Tech., **63**, Nr. 5, S. 439 (1991)
- /10/ Lachenmeyer  
Galvanisches Verzinken ohne Abwasser  
Galvanotechnik, **84**, Nr. 6, S. 2020 (1993)
- /11/ Langefeld, E.; Pinter, J.  
Die Zielsetzung bestimmt die Technik-Abwasserbehandlung in der Galvanotechnik  
Galvanotechnik, **84**, Nr. 11, S. 3815 (1993)
- /12/ Meyer, W.  
Galvanotechnik und Metallchemie heute ohne Abwasser und Schlamm  
Umwelttechnik, **84**, Nr. 2, S. 534 (1993)
- /13/ Meyer-Murlowski, T.; Mittenzwei, V.  
Verwertungspotential chemisch-physikalisch behandelter Abfälle  
in: GVC-Symposium Abfallwirtschaft: Herausforderung und Chance  
S. 135 (1994)
- /14/ ABAG Abfallberatungsagentur  
Handbuch zu Recycling- und Verwertungsanlagen, Band 2  
ABAG Abfallberatungsagentur, Fellbach (1994)

- /15/ ZVEI Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie e. V.  
Verwerterliste für Reststoffe aus der Galvanotechnik  
ZVEI Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie e. V.  
Fachverband Galvanotechnik, Frankfurt (1994)
- /16/ Niestroj, J.; Rupprich, C.  
Abfall- und abwasserwirtschaftliche Situation der Oberflächenbehandlungsbranche  
in Berlin und Brandenburg  
Galvanotechnik, **84**, Nr. 10, S. 3422 (1993)
- /17/ Rados, M.  
Verwertung von zinkhaltigen Galvanikschlamm  
Fachsymposium der ABAG Abfallberatungsagentur Fellbach, 21. Juni 1994:  
Galvanotechnik: Abfallverminderung und -verwertung bei der galvanischen Ver-  
zinkung
- /18/ Rohlant, C.  
Weltpremiere in Dresden - Galvanik ohne Abwasser  
Wasser, Luft und Boden, Nr. 9, S. 32 (1993)
- /19/ Roos, H.-J.; Müller, M.  
Herkunft, Behandlung und Verwertung bedeutsamer Rückstände aus industriellen  
Produktionsprozessen  
LWA - Materialien; Landesamt für Wasser und Abfall NRW, Nr. 8 (1993)
- /20/ Schätzlein-Maierl, P.; Jungnickel, F.; Held, K.  
Galvanik unter die Lupe genommen  
Umweltmagazin, Nr. 7, S. 54 (1994)
- /21/ Süß, M.  
Abwasser: Vermeiden und Vermindern hat höchste Priorität  
Metalloberfläche, **46**, Nr. 7, S. 299 (1992)
- /22/ Süß, M.  
Minimierung der Abwasserlast in galvanischen Betrieben  
Tagung an der Gerhard-Mercator-Universität Duisburg, Oktober 1990:  
Technologie für den Umweltschutz
- /23/ Wagner, M.; Schröder, E.  
Umbau einer Oberflächenbehandlung unter ökonomischen und ökologischen Ge-  
sichtspunkten  
Galvanotechnik, **84**, Nr. 5, S. 2010 (1993)



## 7.2 Verzeichnis der Anforderungsprofile für die Verwertung von Galvanikschlamm

Die nachfolgend aufgeführten Annahmekriterien der Verwerterbetriebe stellen lediglich grobe Anforderungsprofile dar. Um definitiv über die Verwertbarkeit der Galvanikschlamm entscheiden zu können, muß den Verwertern eine Vollanalyse einer repräsentativen Schlammprobe vorgelegt werden. Diese Analyse wird von einigen Verwertern kostenlos angeboten. In jedem Fall ist eine Einzelfallprüfung empfehlenswert, da neben den genannten Parametern die jährlich anfallenden Mengen eine wichtige Rolle für eine mögliche Verwertung spielen.

Die Anforderungen an die Verwertbarkeit der Galvanikschlamm sind einer stetigen Wandlung unterworfen. Aktuelle Informationen sind bei der Sonderabfall-Management-Gesellschaft Rheinland-Pfalz mbH erhältlich.

Sofern eine Auflistung der Anforderungsprofile möglich war, stellen die grau hinterlegten Metalle die Wertstoffe dar. Eine Verwertung ist prinzipiell dann möglich, wenn eines der Kriterien für die Wertstoffe erfüllt ist.

### Anforderungsprofile

Firma: **Harz- Metall GmbH**  
 Hüttenstr. 6  
 38642 Goslar

Ansprechpartner: Herr Dr. Kerney, Tel.: 05321/688453

Annahme: **Zinkhaltiger Galvanikschlamm AbfSchl 51105**

<b>Annahmekriterien*</b>			
<b>Wertstoffe</b>		<b>Störstoffe</b>	
<b>Zink</b>	<b>&gt; 10</b>	Fluor	< 0,1
<b>Störstoffe</b>		Kupfer	< 2 (ggf. höher)
Antimon	< 0,1	Natrium + Kalium	< 1,0
Arsen	< 0,1	Nickel	< 0,5
Blei	< 2	Quecksilber	< 0,01
Bor	< 0,01	Schwefel	< 2,0 (ggf. höher)
Cadmium	< 0,1	Thallium	< 0,01
Chlor	< 2	Zinn	< 0,5 (ggf. höher)
Chrom	< 0,3 (ggf. höher)		
Cyanide	cyanidfrei		
Alle Angaben sind Gew.-% bezogen auf den Trockensubstanzgehalt des Schlammes			

- \* - Es handelt sich hierbei lediglich um ein grobes Anforderungsprofil.  
 - Es ist immer eine Vollanalyse notwendig.  
 - aktuelle Informationen bei der SAM

Firma: **DEKA Rohstoffe Handelsgesellschaft mbH**  
 Werthaus Str. 182  
 47053 Duisburg

Ansprechpartner: Herr Bös, Tel.: 0203/6081236

Annahme: **Chrom-(III)-haltiger Galvanikschlamm AbfSchl 51103**  
**Kupferhaltiger Galvanikschlamm AbfSchl 51104**  
**Sonstige Metallhydroxidschlämme AbfSchl 51113**

Annahmekriterien*			
Wertstoffe		Störstoffe	
<b>Eisen</b>	<b>10 - 90</b>	Öl/Fett	0 - 1,5
<b>Kupfer</b>	<b>0 - 10</b>	Quecksilber	< 0,0003
<b>Chrom</b>	<b>0 - 5</b>	Schwefel	0 - 4
Störstoffe		Silizium-Oxid	0 - 50
Blei	0 - 5	Wasser	1 - 70
Calcium-Oxid	0 - 30	Zink	0 - 5
Kohlenstoff	0 - 50		
Alle Angaben sind Gew.-% bezogen auf den Trockensubstanzgehalt des Schlammes			

Firma: **Hüttenwerke Kayser AG**  
 Kupferstr. 23  
 44532 Lünen

Ansprechpartner: Herr Nolte, Tel.: 02306/108244

Annahme: **Kupferhaltiger Galvanikschlamm AbfSchl 51104**  
**Sonstige Metallhydroxidschlämme AbfSchl 51113**

Annahmekriterien*			
Wertstoffe		Störstoffe	
<b>Kupfer</b>	<b>&gt; 2</b>	Chrom	< 0,5
<b>Zink</b>	<b>&gt; 15 - 20</b>	Cyanid	stört
Störstoffe		Kalium	< 2
Aluminium	<10	Kobalt	stört
Antimon	< 1	Natrium	< 2
Arsen	< 1	Organik	<5
Brom	< 0,3	Quecksilber	< 0
Cadmium	< 0,2	Schwefel	< 2
Chlor	< 1	Wasser	20 - 50
Alle Angaben sind Gew.-% bezogen auf den Trockensubstanzgehalt des Schlammes			

Firma: **B.U.S. Berzelius Umwelt-Service AG**

- \* - Es handelt sich hierbei lediglich um ein grobes Anforderungsprofil.
- Es ist immer eine Vollanalyse notwendig.
- aktuelle Informationen bei der SAM

Vinckeufer 3  
47119 Duisburg  
Ansprechpartner: Herr Ribke, Tel.: 0203/8093116

Annahme: **Chrom-(III)-haltiger Galvanischlamm** AbfSchl 51103  
**Kupferhaltiger Galvanischlamm** AbfSchl 51104  
**Zinkhaltiger Galvanischlamm** AbfSchl 51105  
**Blei- oder zinnhaltiger Galvanischlamm** AbfSchl 51111  
**Sonstige Metallhydroxidschlämme** AbfSchl 51113

Zinkhaltiger Galvanischlamm	
Annahmekriterien*	
Zink	1 - 30
Calcium	< 5
Chlor	< 1
Chrom	< 0,3
Fluor	< 0,1
Kalium	< 0,6
Kupfer	< 0,3
Natrium	< 0,75
Nickel	< 0,3
Schwefel	< 1

Blei- oder zinnhaltiger Galvanischlamm	
Annahmekriterien*	
Blei	6 - 20
Chlor	1 - 2
Eisenoxid	5 - 30
Fluor	< 0,3
Schwefel	5 - 15
Zink	5 - 30

Chrom-(III)-haltiger Galvanischlamm	
Annahmekriterien*	
Eisen : Chrom	< 5 : 1
Eisen : Nickel	< 7 : 1
Blei	< 0,5
Calcium	< 5
Chlor	< 0,5
Kalium	< 0,75
Kupfer	< 0,3
Natrium	< 0,75
Schwefel	< 1
Zink	< 1,5

Kupferhaltiger Galvanischlamm	
Annahmekriterien*	
Kupfer	> 20
Cadmium	< 0,5
Calcium	< 10
Chlor	< 0,5
Chrom	< 1
Kalium	< 1
Natrium	< 1
Nickel	< 2
Schwefel	offen
Wasser	< 5
Zink	offen

Alle Angaben sind Gew.-% bezogen auf den Trockensubstanzgehalt des Schlammes

Firma: **HARZER ZINK GmbH**  
Landstr. 93

- \* - Es handelt sich hierbei lediglich um ein grobes Anforderungsprofil.
- Es ist immer eine Vollanalyse notwendig.
- aktuelle Informationen bei der SAM

38644 Goslar  
 Ansprechpartner: Herr Rehbein, Tel.: 05321/688410  
 Annahme: **Zinkhaltiger Galvanikschlamm** AbfSchl 51105  
**Sonstige Galvanikschlämme** AbfSchl 51112

<b>Annahmekriterien*</b>			
<b>Wertstoffe</b>		<b>Störstoffe</b>	
<b>Zink</b>	> 5	Cyanide	cyanidfrei
<b>Störstoffe</b>		Fluor	< 0,01
Antimon	< 0,05	Kalium	< 1,0
Arsen	< 0,01	Kupfer	< 5
Blei	< 2	Natrium	< 1
Bor	< 0,01	Nickel	< 0,3
Brom	< 0,5	Quecksilber	< 0,01
Cadmium	< 0,03	Schwefel	< 1
Chlor	< 0,5	Thallium	< 0,01
Chrom	< 0,3	Zinn	< 0,5
Alle Angaben sind Gew.-% bezogen auf den Trockensubstanzgehalt des Schlammes			

Firma: **World Resources Company WRC**  
 Kleine Frankfurter Straße 2  
 65189 Wiesbaden  
 Ansprechpartner: Herr Dr. Lüderitz, Tel.: 0611/3081920  
 Annahme: **Kupferhaltiger Galvanikschlamm** AbfSchl 51104  
**Nickelhaltiger Galvanikschlamm** AbfSchl 51107  
**Zinnhaltiger Galvanikschlamm** AbfSchl 51111

<b>Annahmekriterien*</b>			
<b>Wertstoffe</b>		<b>Störstoffe</b>	
<b>Kupfer</b>	> 5	Chlor	< 5
<b>Nickel</b>	> 5	Chrom (VI)	< 1
<b>Zinn</b>	> 5	Cyanid	frei, komplex < 1
<b>Störstoffe</b>		Mangan	< 5
Antimon	< 0,06	Quecksilber	< 0,06
Arsen	< 0,05	Selen	< 0,1
Barium	< 1	Thallium	< 0,1
Beryllium	< 0,02	Wismut	
Alle Angaben sind Gew.-% bezogen auf den Trockensubstanzgehalt des Schlammes			

Firma: **GfE Umwelttechnik GmbH**  
 Höfener Straße 45  
 90431 Nürnberg

- \* - Es handelt sich hierbei lediglich um ein grobes Anforderungsprofil.  
 - Es ist immer eine Vollanalyse notwendig.  
 - aktuelle Informationen bei der SAM

Ansprechpartner: Herr Dr. Krummen, Tel.: 0911/9315341  
 Annahme: **Chrom-(III)-haltiger Galvanikschlamm** **AbfSchl 51103**

**Annahmekriterien\*:** Chromgehalt: > 10 - 20 Gew.-%  
 Kohlenstoffgehalt: < 3 Gew.-%  
 Schwermetalle (z.B. Ni, Cu): < 5 Gew.-%

Firma: **Nickelhütte Aue**  
 Rudolf-Breitscheid-Str.  
 08280 Aue

Ansprechpartner: Herr Wolf, Tel.: 03771/505305  
 Annahme: **Kupferhaltiger Galvanikschlamm** **AbfSchl 51104**  
**Nickelhaltiger Galvanikschlamm** **AbfSchl 51107**  
**Kobalthaltiger Galvanikschlamm** **AbfSchl 51108**  
**Sonstige Galvanikschlämme** **AbfSchl 51112**  
**Sonstige Metallhydroxidschlämme** **AbfSchl 51113**

**Annahmekriterien\*:** Annahme von nickel- und kupferhaltigen Metallschlämmen ab einem Minimalgehalt > 0,1 Gew.-%.  
 Störstoffe (sollten nicht enthalten sein): Blei, Cadmium, Cyanide

Firma: **Norddeutsche Affinerie AG**  
 Hovestraße 50  
 20539 Hamburg

Ansprechpartner: Herr Dr. Müller, Tel.: 040/78830  
 Annahme: **Kupferhaltiger Galvanikschlamm** **AbfSchl 51104**  
**Nickelhaltiger Galvanikschlamm** **AbfSchl 51107**  
**Blei- oder zinnhaltiger Galvanikschlamm** **AbfSchl 51111**  
**Sonstige Galvanikschlämme** **AbfSchl 51112**  
**Sonstige Metallhydroxidschlämme** **AbfSchl 51113**

**Annahmekriterien\*:** Kupfergehalt > 5 Gew.-%, Nickelgehalt > 2 Gew.-%  
 Begrenzung für: Chrom und Cadmium: < 1 Gew.-%  
 Begrenzung für: Zink < 10 Gew.-%  
 Belastung des Eluates mit Cyaniden < 0,01 mg/l

Firma: **Siegfried Jacob Metallwerke GmbH & Co. KG (SJM)**  
 Jacobstr. 41-45  
 58256 Ennepetal-Voerde

Ansprechpartner: Herr Dr. Dörner, Tel.: 02333/985260

- \* - Es handelt sich hierbei lediglich um ein grobes Anforderungsprofil.
- Es ist immer eine Vollanalyse notwendig.
- aktuelle Informationen bei der SAM

Annahme:	<b>Kupferhaltiger Galvanikschlamm</b>	<b>AbfSchl 51104</b>
	<b>Nickelhaltiger Galvanikschlamm</b>	<b>AbfSchl 51107</b>
	<b>Kobalthaltiger Galvanikschlamm</b>	<b>AbfSchl 51108</b>
	<b>Blei- und zinnhaltiger Galvanikschlamm</b>	<b>AbfSchl 51111</b>
	<b>Sonstige Galvanikschlämme</b>	<b>AbfSchl 51112</b>
	<b>Sonstige Metallhydroxidschlämme</b>	<b>AbfSchl 51113</b>

**Annahmekriterien\*:** Wertstoffgehalt in der Originalsubstanz > 5 Gew.-%  
Cyanidfreie Galvanikschlämme  
Störstoffe: Aluminium, Cadmium, Chrom und Eisen

\* - Es handelt sich hierbei lediglich um ein grobes Anforderungsprofil.  
- Es ist immer eine Vollanalyse notwendig.  
- aktuelle Informationen bei der SAM

