

**Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC)**

**Reference Document on Best Available Techniques in the Non  
Ferrous Metals Industries**

**December 2001**

**Zusammenfassung in deutscher Übersetzung**

**Umweltbundesamt**  
**(German Federal Environmental Agency)**  
National Focal Point - IPPC  
Postfach 33 00 22  
D-14191 Berlin  
Tel.: +49 (0)30 8903-0  
Fax: + 49 (0)30 8903-3993  
E-Mail: [nfp-ippc@uba.de](mailto:nfp-ippc@uba.de) (Subject: NFP-IPPC)



Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und die 16 Bundesländer haben eine Verwaltungsvereinbarung geschlossen, um gemeinsam eine auszugsweise Übersetzung der BVT-Merkblätter ins Deutsche zu organisieren und zu finanzieren, die im Rahmen des Informationsaustausches nach Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie 96/61/EG über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie) (Sevilla-Prozess) erarbeitet werden. Die Vereinbarung ist am 10.1.2003 in Kraft getreten. Von den BVT-Merkblättern sollen die für die Genehmigungsbehörden wesentlichen Kapitel übersetzt werden. Auch Österreich unterstützt dieses Übersetzungsprojekt durch finanzielle Beiträge.

Als Nationale Koordinierungsstelle für die BVT-Arbeiten wurde das Umweltbundesamt (UBA) mit der Organisation und fachlichen Begleitung dieser Übersetzungsarbeiten beauftragt.

Die Kapitel des von der Europäischen Kommission veröffentlichten BVT-Merkblattes „*Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metals Industries*“, in denen die Besten Verfügbaren Techniken beschrieben sind, sind im Rahmen dieser Verwaltungsvereinbarung in Auftrag des Umweltbundesamtes übersetzt worden.

Die nicht übersetzten Kapitel liegen in diesem Dokument in der englischsprachigen Originalfassung vor. Diese englischsprachigen Teile des Dokumentes enthalten weitere Informationen (u.a. Emissionssituation der Branche, Technikbeschreibungen etc.), die nicht übersetzt worden sind. In Ausnahmefällen gibt es in der deutschen Übersetzung Verweise auf nicht übersetzte Textpassagen. Die deutsche Übersetzung sollte daher immer in Verbindung mit dem englischen Text verwendet werden.

Die Kapitel „Zusammenfassung“, „Vorwort“, „Umfang“ und „Schlussfolgerungen und Empfehlungen“ basieren auf den offiziellen Übersetzungen der Europäischen Kommission in einer zwischen Deutschland, Luxemburg und Österreich abgestimmten korrigierten Fassung.

Die Übersetzungen der weiteren Kapitel sind ebenfalls sorgfältig erstellt und fachlich durch das Umweltbundesamt und Fachleute der Bundesländer geprüft worden. Diese deutschen Übersetzungen stellen keine rechtsverbindliche Übersetzung des englischen Originaltextes dar. Bei Zweifelsfragen muss deshalb immer auf die von der Kommission veröffentlichte englischsprachige Version zurückgegriffen werden.

Dieses Dokument ist auf der Homepage des Umweltbundesamtes (<http://www.umweltbundesamt.de/nfp-bat/kurzue.htm>) abrufbar.

Durchführung der Übersetzung in die deutsche Sprache:

**Rainer Remus**

Scottweg 11

D-10455 Berlin

E-Mail: [rainerremus@web.de](mailto:rainerremus@web.de)

### Zusammenfassung

Das vorliegende Referenzdokument über die besten verfügbaren Techniken in der Nichteisenmetallindustrie beruht auf einem Informationsaustausch nach Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie 96/61/EG des Rates. Das Dokument ist im Zusammenhang mit dem Vorwort zu sehen, das die Zielsetzungen des Dokuments beschreibt und Hinweise zu seiner Verwendung gibt.

Das komplexe Gebiet der Produktion von Nichteisenmetallen wurde so behandelt, dass die Herstellung der Metalle aus Primär- und Sekundärrohstoffen zusammen in einem Dokument erfasst wird und die betreffenden Metalle in 10 Gruppen unterteilt werden. Bei diesen Gruppen handelt es sich um:

- Kupfer (einschließlich Sn und Be) und seine Legierungen
- Aluminium
- Zink, Blei und Cadmium, (+ Sb, Bi, In, Ge, Ga, As, Se, Te)
- Edelmetalle
- Quecksilber
- Refraktärmetalle
- Ferrolegierungen
- Alkali- und Erdalkalimetalle
- Nickel und Cobalt
- Kohlenstoff und Graphit.

Die Produktion von Kohlenstoff und Graphit wurde ebenfalls als gesonderte Gruppe aufgenommen, da viele dieser Prozesse beim Betrieb von Primäraluminiumhütten eine Rolle spielen. Röst- und Sinterverfahren für Erze und Konzentrate sowie für die Erzeugung von Aluminiumoxid wurden in den entsprechenden Fällen ebenfalls in diese Gruppen aufgenommen. Die Gewinnung und Aufbereitung von Erzen auf dem Bergwerksgelände sind nicht Gegenstand des Dokuments.

Die Informationen werden im Dokument in zwölf Kapiteln dargelegt, von denen Kapitel 1 allgemeine Informationen enthält, während sich Kapitel 2 mit allgemeinen Verfahren und die Kapitel 3 bis 12 mit den metallurgischen Produktionsverfahren für zehn Gruppen von Metallen befassen. Kapitel 13 enthält die Schlussfolgerungen und Empfehlungen. Ferner umfasst das Dokument Anhänge mit Informationen über Kosten und internationale Vorschriften. Die allgemeinen Verfahren in Kapitel 2 werden wie folgt unterteilt:

- Verwendung des Kapitels - komplexe Anlagen
- Emissionsdaten – Verwendung und Berichtswesen
- Management, Auslegung und Schulung
- Annahme, Lagerung und Handhabung von Rohstoffen
- Vorverarbeitung und Vorbehandlung von Rohstoffen und Transport zu den Produktionsprozessen
- Metallerzeugungsverfahren – Ofentypen und Prozesssteuerungsverfahren
- Verfahren zum Erfassen von Abgas und zur Abgasreinigung
- Abwasserbehandlung und Wiederverwendung von Wasser
- Minimierung, Recycling und Behandlung von Prozessrückständen (einschließlich Nebenprodukte und Abfälle)
- Energie- und Abwärmenutzung
- Medienübergreifende Erwägungen
- Lärm und Erschütterungen
- Geruchsstoffe
- Sicherheitsaspekte
- Stilllegung

Jedes der Kapitel 2 bis 12 enthält Abschnitte über verwendete Verfahren und Techniken, derzeitige Emissions- und Verbrauchswerte, bei der Bestimmung der BVT zu berücksichtigende Techniken und Schlussfolgerungen zu den BVT. In Kapitel 2 werden Schlussfolgerungen zu BVT nur für die Handhabung und Lagerung von Materialien, die Prozesssteuerung, das Erfassen und Reinigen von Abgas, die Beseitigung von Dioxinen, die Rückgewinnung von Schwefeldioxid, die Entfernung von Quecksilber und die Abwasserbehandlung/Wiederverwendung von Wasser gezogen. Für ein umfassendes Verständnis ist es notwendig, sich mit den BVT-Schlussfolgerungen, die in allen Kapiteln enthalten sind, vertraut zu machen.

## 1. Nichteisenmetallbranche

In der EU werden mindestens 42 Nichteisenmetalle und darüber hinaus noch Ferrolegierungen und Kohlenstoff sowie Graphit erzeugt und in einer Vielzahl von Anwendungen in der metallurgischen und chemischen Industrie, im Baugewerbe, im Transportwesen und in der Stromerzeugung bzw. -verteilung eingesetzt. So ist zum Beispiel hochreines Kupfer äußerst wichtig für die Stromerzeugung und -verteilung, und kleine Mengen an Nickel oder Refraktärmetallen verbessern die Korrosionsbeständigkeit oder andere Eigenschaften von Stahl. Sie werden auch in vielen hoch technologischen Entwicklungen eingesetzt, insbesondere in der Rüstungs-, Computer-, Elektronik- und Telekommunikationsindustrie.

Nichteisenmetalle werden aus einer Vielzahl von Primär- und Sekundärrohstoffen erzeugt. Primärrohstoffe werden aus Erzen gewonnen, die abgebaut und dann weiterbehandelt werden, bevor sie mit Hilfe metallurgischer Prozesse zu Rohmetall verarbeitet werden. Die Aufbereitung der Erze erfolgt normalerweise in der Nähe der Bergwerke. Bei Sekundärrohstoffen handelt es sich um Schrott und Rückstände, die unter Umständen ebenfalls vorbehandelt werden müssen, um Beschichtungsmaterialien zu entfernen.

In Europa sind die Erzlagerstätten, die Metalle in wirtschaftlich nutzbaren Konzentrationen enthalten, weitgehend erschöpft, und die Anzahl der noch verbleibenden Lagerstätten ist gering. Die meisten Konzentrate werden deshalb aus Bezugsquellen in der gesamten Welt importiert.

Sekundärrohstoffe bilden bei einer Reihe von Metallen einen wichtigen Bestandteil der Rohstoffversorgung. Kupfer, Aluminium, Blei, Zink, Edelmetalle und Refraktärmetalle können aus Produkten und Rückständen zurückgewonnen und dem Produktionsprozess erneut zugeführt werden, ohne dass die Qualität darunter leidet. Insgesamt entfällt auf die Gewinnung aus Sekundärrohstoffen ein hoher Anteil der Produktion, wodurch der Verbrauch an Rohstoffen und Energie gesenkt wird.

Bei den in der Branche erzeugten Produkten handelt es sich entweder um raffinierte Metalle oder um Halbzeug oder -fabrikate, d. h. aus Metall oder Metalllegierungen bestehende Gussbarren oder Schmiedeprofile, stranggezogene Profile, Folien, Bleche, Bandmaterial, Stangenmaterial usw.

Die Branche weist von Metall zu Metall eine unterschiedliche Struktur auf. Es gibt kein Unternehmen, das sämtliche Nichteisenmetalle herstellt, obwohl es einige europaweit operierende Unternehmen gibt, die mehrere Metalle herstellen, z. B. Kupfer, Blei, Zink, Cadmium usw.

Die Größe der Metalle und Metalllegierungen produzierenden Unternehmen in Europa reicht von wenigen Beschäftigten bis zu mehr als 5000 Beschäftigten bis zu einer großen Zahl von Unternehmen, deren Beschäftigtenzahl zwischen 50 und 200 liegt. Die Eigentumsverhältnisse sind unterschiedlich und reichen von europaweiten und nationalen Metallkonzernen über Industrieholdings bis zu staatlichen und privaten Einzelunternehmen.

Einige Metalle spielen als Spurenelemente eine wichtige Rolle, sind aber in höheren Konzentrationen durch die Toxizität des Metalls, des Ions oder der Verbindungen gekennzeichnet. Viele dieser Metalle werden in verschiedenen Toxizitätslisten geführt. Blei, Cadmium und Quecksilber sind ganz besonders problematisch.

### 2. In der Branche bestehende Umweltprobleme

Als wichtigste Umweltprobleme bei der Erzeugung der meisten Nichteisenmetalle aus Primärrohstoffen gelten die mögliche Belastung der Luft mit Staub und Metallen/Metallverbindungen sowie mit Schwefeldioxid, wenn Sulfidkonzentrate geröstet und geschmolzen werden oder wenn schwefelhaltige Brennstoffe oder andere schwefelhaltige Stoffe zum Einsatz kommen. Das Erfassen des Schwefels und seine Umwandlung oder Entfernung spielen demzufolge bei der Produktion von Nichteisenmetallen eine wichtige Rolle. Pyrometallurgische Prozesse stellen potentielle Quellen für Emissionen von Staub und Metallen aus Schächtfen, Reaktoren und beim Transport geschmolzener Metalle dar.

Der Energieverbrauch und die Rückgewinnung von Wärme und Energie sind wichtige Faktoren bei der Erzeugung von Nichteisenmetallen. Sie hängen von der effizienten Nutzung des Energiegehaltes der sulfidischen Erze, dem Energiebedarf in den Prozessstufen, der Art der verwendeten Energie und der Art und Weise der Energieversorgung sowie von der Nutzung effektiver Verfahren für die Wärmerückgewinnung ab. Praktizierte Beispiele sind in Kapitel 2 des Dokuments aufgeführt.

Auch bei der Erzeugung von Nichteisenmetallen aus Sekundärrohstoffen hängen die wichtigsten Umweltprobleme mit den Abgasen aus den verschiedenen Öfen und mit dem Transport von Materialien, die Staub, Metalle und in einigen Prozessstufen saure Gase enthalten, zusammen. Aufgrund des Vorhandenseins geringer Chlormengen in den Sekundärrohstoffen besteht außerdem die Möglichkeit der Bildung von Dioxinen; die Zerstörung und/oder das Auffangen der Dioxine und flüchtiger organischer Verbindungen ist ein Problem, das behandelt wird.

Die wichtigsten Umweltprobleme bei der Herstellung von Primäraluminium sind die Bildung von polyfluorierten Kohlenwasserstoffen und Fluoriden während der Elektrolyse sowie die Erzeugung fester Abfälle in den Elektrolysezellen und bei der Herstellung von Aluminiumoxid.

Auch für die Herstellung von Zink und anderen Metallen bei der Eisenabscheidung anfallenden festen Abfälle stellen ein Problem dar.

Bei anderen Verfahren werden für das Laugen und Reinigen häufig gefährliche Reagenzien wie beispielsweise HCl, HNO<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub> und organische Lösungen eingesetzt. Durch den Einsatz hochentwickelter Prozesstechniken können diese Stoffe zurückgehalten und zurückgewonnen sowie wiederverwendet werden. Die Abdichtung der Reaktoren spielt in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle.

In der Mehrzahl der Fälle erfolgt die Reinigung der Prozessgase in Gewebefiltern, wodurch die Emissionen von Staub und Metallverbindungen, wie zum Beispiel Blei, reduziert werden. Effektiver erfolgt die Reinigung von Prozessgasen mit Hilfe von Nass-Abscheidern und Nass-Elektrofiltern, aus denen der Schwefel in einer Schwefelsäureanlage zurückgewonnen wird. In einigen Fällen, in denen der Staub eine schleißende Wirkung hat oder sich nur schwer herausfiltern lässt, erweisen sich Nass-Abscheider ebenfalls als effektiv. Es ist wichtig, Öfen abzudichten und die Materialien geschlossen zu transportieren und zu lagern, um diffuse Emissionen zu vermeiden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in den Produktionsprozessen für die einzelnen Metallgruppen die folgenden Umweltbelastungen eine wichtige Rolle spielen:

- Bei der Produktion von Kupfer: SO<sub>2</sub>, Staub, Metallverbindungen, organische Verbindungen, Abwasser (Metallverbindungen), Rückstände wie beispielsweise

Ofenauskleidungen, Schlamm, Filterstaub und Schlacke. Die Bildung von Dioxinen bei der Aufbereitung von Sekundärkupfermaterialien stellt ebenfalls ein Problem dar.

- Bei der Produktion von Aluminium: Fluoride (einschl. HF), Staub, Metallverbindungen, SO<sub>2</sub>, COS, PAK, flüchtige organische Verbindungen, Treibhausgase (PFC und CO<sub>2</sub>), Dioxine (sekundär), Chloride und HCl. Rückstände wie zum Beispiel Bauxitrückstände, verbrauchte Tiegelauskleidungen, Filterstaub und Salzschlacke sowie Abwasser (Öl und Ammoniak).
- Bei der Produktion von Blei, Zink und Cadmium: Staub, Metallverbindungen, flüchtige organische Verbindungen (einschließlich Dioxine), Geruchsstoffe, SO<sub>2</sub>, sonstige saure Gase, Abwasser (Metallverbindungen), Rückstände wie zum Beispiel Schlamm, die eisenreichen Rückstände, Filterstaub und Schlacke.
- Bei der Produktion von Edelmetallen: flüchtige organische Verbindungen, Staub, Metallverbindungen, Dioxine, Geruchsstoffe, NO<sub>x</sub>, sonstige saure Gase wie beispielsweise Chlor und SO<sub>2</sub>. Rückstände wie zum Beispiel Schlamm, Filterstaub und Schlacke und Abwasser (Metallverbindungen und organische Verbindungen).
- Bei der Produktion von Quecksilber: Quecksilberdampf, Staub, Metallstaub, Metallverbindungen, Geruchsstoffe, SO<sub>2</sub>, sonstige saure Gase, Abwasser (Metallverbindungen), Rückstände wie beispielsweise Schlamm, Filterstaub und Schlacke.
- Bei der Produktion von Refraktärmetallen, Hartmetallpulver und Metallcarbiden: Staub, feste Hartmetall- und Metallverbindungen, Abwasser (Metallverbindungen), Rückstände wie zum Beispiel Filterstaub, Schlamm und Schlacke. Prozesschemikalien wie beispielsweise Fluorwasserstoff (HF) werden bei der Verarbeitung von Tantal und Niob eingesetzt und sind hochgiftig. Dies muss bei der Handhabung und Lagerung dieser Stoffe berücksichtigt werden.
- Bei der Produktion von Ferrolegierungen: Staub, Metallverbindungen, CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Energierückgewinnung, Abwasser (Metallverbindungen), Rückstände wie zum Beispiel Filterstaub, Schlamm und Schlacke.
- Bei der Produktion von Alkali- und Erdalkalimetallen: Chlor, HCl, Dioxin, SF<sub>6</sub>, Staub, Metallverbindungen, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Abwasser (Metallverbindungen), Rückstände wie zum Beispiel Schlamm, Aluminat, Filterstaub und Schlacke.
- Bei der Produktion von Nickel und Cobalt: flüchtige organische Verbindungen, CO, Staub, Metallverbindungen, Geruchsstoffe, SO<sub>2</sub>, Chlor und sonstige saure Gase, Abwasser (Metallverbindungen und organische Verbindungen), Rückstände wie zum Beispiel Schlamm, Filterstaub und Schlacke.
- Bei der Produktion von Kohlenstoff und Graphit: PAK, Kohlenwasserstoffe, Staub, Geruchsstoffe, SO<sub>2</sub>, Vermeidung von Abwasser, Rückstände wie zum Beispiel Filterstaub.

### 3. Eingesetzte Verfahren

Für die verschiedenen Anlagen steht ein großes Sortiment an Rohstoffen zur Verfügung, und dies bedeutet, dass eine Vielzahl metallurgischer Produktionsverfahren eingesetzt wird. In vielen Fällen hängt es von den Rohstoffen ab, welches Verfahren gewählt wird. Die folgenden Tabellen geben einen zusammenfassenden Überblick über die Öfen, die für die Erzeugung von Nichteisenmetallen eingesetzt werden:

Ofen	Verwendete Metalle	Verwendete Materialien	Anmerkungen
Dampfschlagentrockner, Wirbelschichttrockner Schnelltrockner	Cu und einige andere Metalle	Konzentrate	
Drehrohrofen	Für die meisten Metalle zum Trocknen. Verflüchtigen von ZnO. Calcinieren bei Aluminiumoxid, Ni und Ferrolegerungen. Verbrennen von fotografischen Filmen zur Produktion von Edelmetallen. Entölen von Cu- und Al-Schrott	Erze, Konzentrate und Schrott unterschiedlicher Art und Rückstände	Zum Trocknen, Calcinieren und Verflüchtigen.  Einsatz als Verbrennungsofen
Wirbelschicht	Kupfer und Zink Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Konzentrate. Al(OH) <sub>3</sub>	Calcinieren und Rösten
Druckschicht-Sintermaschine	Zink und Blei	Konzentrate und Sekundärrohstoffe	Sintern
Saugzug-Sintermaschine	Zink und Blei	Konzentrate und Sekundärrohstoffe	Sintern
Stahlband-Sintermaschine	Ferrolegerungen, Mn, Nb.	Erz	Weitere Anwendungen möglich
Herreshoff-Ofen	Quecksilber. Molybdän (Rückgewinnung von Rhenium)	Erze und Konzentrate	Rösten, Calcinieren

#### Öfen zum Trocknen, Rösten, Sintern und Calcinieren

Ofen	Verwendete Metalle	Verwendete Materialien	Anmerkungen
Geschlossene Tiegel mit feuerfester Auskleidung	Refraktärmetalle, spezielle Ferrolegierungen	Metalloxide	
Gießgraben <sup>*)</sup>	Refraktärmetalle, spezielle Ferrolegierungen	Metalloxide	
Baiyin	Kupfer	Konzentrate	
Lichtbogenofen	Ferrolegierungen	Konzentrate, Erze	
Contop/Zyklon	Kupfer	Konzentrate	
Tauchelektroden-schmelzofen	Edelmetalle, Kupfer, Ferrolegierungen	Schlacke, Sekundärrohstoffe, Konzentrate	Zur Herstellung von Ferrolegierungen werden offene, halbgeschlossene und geschlossene Bauarten eingesetzt
Drehrohrföfen	Aluminium, Blei, Kupfer, Edelmetalle	Schrott und andere Sekundärrohstoffe, Blisterkupfer	Oxidation und Reaktion mit Zuschlägen
Kippdrehofen	Aluminium	Schrott und andere Sekundärrohstoffe	Minimiert den Einsatz von Schmelzsatz
Herdofen	Aluminium, Kupfer, andere	Schrott und andere Sekundärrohstoffe, Schwarzkupfer	Außerhalb Europas zum Schmelzen von Cu-Konzentraten eingesetzt
Vanyucov	Kupfer	Konzentrate	
ISA Smelt/Ausmelt	Kupfer, Blei	Zwischenprodukte, Konzentrate und Sekundärrohstoffe	
QSL	Blei	Konzentrate und Sekundärrohstoffe	
Kivcet	Blei Kupfer	Konzentrate und Sekundärrohstoffe	
Noranda	Kupfer	Konzentrate	
El Teniente	Kupfer	Konzentrate	
TBRC TROF	Kupfer (TBRC), Edelmetalle	Die meisten Sekundärrohstoffe einschließlich Feingut	
Minischmelzofen	Kupfer/Blei/Zinn	Schrott	
Schachtofen und ISF	Blei, Blei/Zink, Kupfer, Edelmetalle, kohlenstoffreiches Ferromangan	Konzentrate, die meisten Sekundärrohstoffe	Bei der Ferromanganerzeugung nur in Verbindung mit Energierückgewinnung genutzt
Inco-Flash-Ofen	Kupfer, Nickel	Konzentrate	
Outokumpu-Flash-Schmelzofen	Kupfer, Nickel	Konzentrate	
Mitsubishi-Ofen	Kupfer	Konzentrate und Anodenschrott	
Peirce Smith	Kupfer (Konverter), Ferrolegierungen, Metalloxidproduktion	Stein und Anodenschrott	
Hoboken	Kupfer (Konverter)	Stein und Anodenschrott	
Outokumpu-Flash-Konverter	Kupfer (Konverter)	Stein	
Noranda-Konverter	Kupfer (Konverter)	Stein	
Mitsubishi-Konverter	Kupfer (Konverter)	Stein	

<sup>\*)</sup> offener Reaktionsofen

#### Schmelz- und Raffinieröfen

Ofen	Verwendete Metalle	Verwendete Materialien	Anmerkungen
Induktionsofen	Die meisten Metalle	Sauberes Metall und Schrott	Durch die Nutzung von Induktionsrührwerken wird das Legieren unterstützt. Bei einigen Metallen kann mit Vakuum gearbeitet werden.
Elektronenstrahlofen	Refraktärmetalle	Sauberes Metall und Schrott	
Drehtrommelofen	Aluminium, Blei	Verschiedene Schrottsorten	Für komplexe Matrizen werden Flussmittel und Salze eingesetzt.
Herdofen	Aluminium (Primäraluminium und Sekundäraluminium)	Verschiedene Schrottsorten	Unterschiedliche Bad- oder Herdkonfigurationen sind möglich. Schmelzen oder Warmhalten
Contimelt	Kupfer	Kupferanoden, sauberer Schrott und Blasenkupfer	Integriertes Ofensystem
Schachtofen	Kupfer	Kupferkathoden und sauberer Schrott	Reduktionsbedingungen
Trommelofen (Thomasofen)	Kupfer	Kupferschrott	Schmelzen, Feuerraffination
Beheizte Tiegel (Schalenfeuerung mit indirekter Beheizung)	Blei, Zink	Sauberer Schrott	Schmelzen, Raffinieren, Legieren
Direkt beheizte Tiegel	Edelmetalle	Sauberes Metall	Schmelzen, Legieren

#### Einschmelzöfen

Auch hydrometallurgische Verfahren kommen zum Einsatz. Säuren und Basen (NaOH, manchmal auch  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) werden verwendet, um den Metallanteil einer Vielzahl von Calcinationsprodukten, Erzen und Konzentraten vor der Raffination und elektrolytischen Metallgewinnung aufzulösen. Der zu laugende Stoff liegt normalerweise in Oxidform vor, und zwar entweder als oxidisches Erz oder als durch Rösten erzeugtes Oxid. Die direkte Laugung einiger Konzentrate oder Steine erfolgt ebenfalls sowohl unter erhöhtem Druck als auch unter atmosphärischem Druck. Einige Kupfersulfiderze können mit Schwefelsäure oder anderen Medien gelaugt werden, wobei bisweilen natürliche Bakterien eingesetzt werden, um die Oxidation und Auflösung zu fördern. Die Verweilzeiten sind aber sehr lang.

Den Laugungssystemen können Luft, Sauerstoff, Chlor oder Lösungen, die Eisen(III)-chlorid enthalten, hinzugefügt werden, um günstige Bedingungen für eine Auflösung zu erzeugen. Die entstehenden Lösungen werden auf verschiedene Art und Weise behandelt, um die Metalle zu raffinieren und zu gewinnen. Dort, wo sich dies anbietet, ist es im allgemeinen üblich, die erschöpften Lösungen wieder der Laugungsstufe zuzuführen, um den Verbrauch an Säuren und alkalischen Lösungen zu senken.

#### 4. Aktuelle Situation bei Emissionen und Verbrauch

Die Palette an vorhandenen Rohstoffen spielt ebenfalls eine wichtige Rolle und beeinflusst den Energieverbrauch, die Menge an erzeugten Rückständen sowie die Menge der sonstigen zur Anwendung kommenden Stoffe. Als Beispiel mag die Beseitigung von Verunreinigungen wie beispielsweise Eisen in Schlacke dienen; die vorhandene Menge an Verunreinigungen ist entscheidend für die Menge an Schlacke, die erzeugt wird, sowie für den Energieverbrauch.

Wie viele Emissionen in die Umwelt gelangen, hängt von den eingesetzten Erfassungs- oder Reinigungssystemen ab. Die derzeitigen Zahlen, die während des Informationsaustauschs für

eine Reihe von Reinigungsverfahren genannt wurden, sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Reinigungsverfahren	Gemeldete Emissionswerte			Spezifische Emission (Menge pro t erzeugten Metalls)
	Komponente	min.	max.	
Gewebefilter, Heißelektrofilter Zyklon	Staub (Metalle in Abhängigkeit von der Zusammensetzung)	< 1 mg/Nm <sup>3</sup>	100 mg/Nm <sup>3</sup>	100 - 6000 g/t
Aktivkohlefilter	C, gesamt	< 20 mg/Nm <sup>3</sup>		
Nachbrenner (einschl. Abkühlen zur Vermeidung von Dioxinen)	C, gesamt	< 2 mg/Nm <sup>3</sup>	100 mg/Nm <sup>3</sup>	10 - 80 g/t
	Dioxin (TEQ)	< 0,1 ng/Nm <sup>3</sup>	5 ng/Nm <sup>3</sup>	5 - 10 µg/t
	PAK (EPA)	< 1 µg/Nm <sup>3</sup>	2500 µg/Nm <sup>3</sup>	
	HCN	< 0,1 mg/Nm <sup>3</sup>	10 mg/Nm <sup>3</sup>	
Nass- oder halbtrockene Abscheider	SO <sub>2</sub>	< 50 mg/Nm <sup>3</sup>	250 mg/Nm <sup>3</sup>	500 - 3000 g/t
	Kohlenwasserstoff	<10 mgC/Nm <sup>3</sup>	200 mgC/Nm <sup>3</sup>	
	Chlor	< 2 mg/Nm <sup>3</sup>		
Trockensorption mit Aluminiumoxid	Staub	< 1 mg/Nm <sup>3</sup>	20 mg/Nm <sup>3</sup>	
	Kohlenwasserstoff	< 1 mgC/Nm <sup>3</sup>	50 mgC/Nm <sup>3</sup>	
	PAK (EPA)	< 20 µg/Nm <sup>3</sup>	2000 µg/Nm <sup>3</sup>	
Chlorrückgewinnung	Chlor	< 5 mg/Nm <sup>3</sup>		
Optimierte Verbrennung NO <sub>x</sub> -arme Brenner	NO <sub>x</sub>	10 mg/Nm <sup>3</sup>	500 mg/Nm <sup>3</sup>	
Oxidationswäscher	NO <sub>x</sub>		< 100 mg/Nm <sup>3</sup>	
Schwefelsäureanlage, laut Angaben mit Umwandlung von SO <sub>2</sub>	Doppelkontakt	99,3 %	99,7%	1 - 16 kg/t
	Einzelkontakt	95	99,1%	
Kühler, Elektrofilter, Kalk-/Aktivkohlesorption und Gewebefilter	PAK (EPA)	0,1 mg/Nm <sup>3</sup>	6 mg/Nm <sup>3</sup>	
	Kohlenwasserstoffe	20 mgC/Nm <sup>3</sup>	200 mgC/Nm <sup>3</sup>	

#### Aktuelle Emissionswerte

Prozessgase werden erfasst und dann in Gewebefiltern gereinigt, um die Emissionen an Staub und Metallverbindungen, wie beispielsweise Bleiverbindungen, zu reduzieren. Bei modernen Gewebefiltern sind die Leistung, Zuverlässigkeit und Lebensdauer wesentlich verbessert worden. Nachverbrennungsanlagen und Aktivkohleadsorption werden eingesetzt, um Dioxine und flüchtige organische Verbindungen zu zerstören bzw. abzuscheiden.

Unkontrolliert entweichende Gase oder flüchtige Emissionen werden aber nicht behandelt. Zu Staubemissionen kommt es auch bei der Lagerung, dem Umschlag und Vorbehandlung von Rohstoffen. In diesen Fällen spielen diffuse Staubemissionen ebenfalls eine wichtige Rolle. Dies gilt sowohl für die Verarbeitung von Primär- als auch von Sekundärrohstoffen, da ihre

## Zusammenfassung

Bedeutung viel größer sein kann als die der gefassten und gereinigten Emissionen. Bei der Konstruktion von Anlagen und der verfahrenstechnischen Auslegung ist sorgfältig vorzugehen, damit Prozessgase in den Fällen, in denen diffuse Emissionen eine große Rolle spielen, erfasst und behandelt werden können.

Die folgenden Tabelle zeigt, dass flüchtige oder nicht gereinigte Emissionen ein nicht zu vernachlässigendes Problem darstellen:

	Staubemission kg/a	
	Vor der zusätzlichen Sekundärgasreinigung (1992)	Nach der zusätzlichen Sekundärgasreinigung (1996)
Anodenproduktion t/a	220000	325000
Diffuse Emissionen Schmelzanlagen insgesamt	66490	32200
Schmelzanlagen Dachreiter	56160	17020
Schornsteinemissionen von Primärschmelzanlagen Schmelzanlage/Säureanlage	7990	7600
Schornstein – Sekundärhauben	2547	2116

### Gereinigte und diffuse Staubemissionen in einer Primärkupferschmelzanlage

In vielen Verfahren werden geschlossene Kühl- und Prozesswassersysteme eingesetzt. Dabei besteht aber immer noch die Möglichkeit, dass Schwermetalle ins Wasser gelangen. Die zur Reduzierung des Wasserverbrauchs und der anfallenden Abwassermengen sowie zur Behandlung von Prozesswasser eingesetzten Verfahren werden in Kapitel 2 erörtert.

Die anfallenden Rückstände stellen in diesem Industriezweig ebenfalls einen wichtigen Faktor dar. Die Rückstände enthalten aber rückgewinnbare Metallmengen, und es ist weithin üblich, die Rückstände an Ort und Stelle oder in anderen Anlagen zur Rückgewinnung von Metallen einzusetzen. Ein Großteil der anfallenden Schlacken ist inert, nicht auslaugbar und kann für viele Zwecke bei Bauvorhaben eingesetzt werden. Andere Schlackearten wie beispielsweise Salzschlacke können behandelt werden, um andere Bestandteile zu gewinnen, die in anderen Branchen zum Einsatz kommen. Die Branche muss aber sicherstellen, dass die Wiedergewinnungsverfahren strengen Umweltmaßstäben gerecht werden.

## 5. Wesentliche Schlussfolgerungen zu den BVT

Der Austausch von Informationen, der während der Erarbeitung des BREF für die Erzeugung von Nichteisenmetallen stattfand, hat es ermöglicht, Schlussfolgerungen zu den BVT für die Produktion und die damit verbundenen Verfahren zu ziehen. Um ein klares Bild von den BVT und den damit zusammenhängenden Verfahren und Emissionen zu erhalten, muss man daher die Abschnitte in den jeweiligen Kapiteln, in denen die BVT beschrieben werden, heranziehen. Die wichtigsten Erkenntnisse sind nachstehend zusammengefasst.

### Vorgelagerte Aktivitäten

Das Prozessmanagement, die Überwachung und Steuerung der Prozesse und Reinigungssysteme stellen äußerst wichtige Faktoren dar. Geeignete Schulungen und die Einweisung und Motivation des Bedienpersonals sind ebenfalls wichtig, insbesondere um Umweltverschmutzungen zu verhindern. Durch geeignete Umschlagetechniken für Rohstoffe lassen sich diffuse Emissionen vermeiden. Als weitere wichtige Techniken lassen sich anführen:

- Beachtung der Auswirkungen eines neuen Verfahrens oder Rohstoffs auf die Umwelt bereits während der Anfangsphase des Projekts und anschließende Überprüfung dieses Aspekts in regelmäßigen Abständen.
- Verfahren sind so auszulegen, dass die vorgesehenen Rohstoffmengen problemlos bewältigt werden können. Es können sich zum Beispiel ernsthafte Probleme ergeben, wenn die anfallenden Gasmengen zu groß sind oder wenn der Energieverbrauch des Materials höher ist als erwartet. Die Auslegungsphase stellt den kostengünstigsten Zeitpunkt für die Einführung von Maßnahmen dar, die insgesamt auf eine Verbesserung der Umweltverträglichkeit abzielen.
- Nutzung von Unterlagen zum Konstruktions- und Entscheidungsprozess, mit deren Hilfe nachvollzogen werden kann, wie die Abwägung zwischen verschiedenen Verfahren und Möglichkeiten der Emissionsminderung erfolgte.
- Planung der Inbetriebnahme einer neuen oder umgebauten Anlage.

In der folgenden Tabelle sind die Techniken für die Lagerung und den Umschlag von Rohstoffen nach Art und Beschaffenheit des jeweiligen Materials zusammengefasst.

Rohstoff	Metallgruppe	Handhabungs- verfahren	Lagerungs- verfahren	Anmerkungen
Konzentrate	Alle – sofern Staubentwicklung möglich ist	Geschlossene Förderanlagen oder pneumatische Förderung	Geschlossenes Gebäude	Vermeidung von Wasserverunreinigung
	Alle – sofern keine Staubentwicklung möglich ist	Abgedeckte Förderanlagen	Überdachter Lagerplatz	
Feinkörniges Material (z.B. Metallpulver)	Refraktärmetalle	Geschlossene Förderanlagen oder pneumatisch; abgedeckte Förderanlagen	Geschlossene Fässer, Bunker und Silos	Vermeidung von Wasserverunreinigung und Luftverunreinigung durch flüchtige Emissionen
Sekundärrohstoffe:	Alle – große Teile	Mechanische Beladevorrichtungen	Offen	Vermeidung von Wasserverunreinigung oder Verhinderung von Reaktionen mit Wasser. Ölige gebrauchte Kühlschmiermittel
	Alle – kleine Teile	Beschickungskübel	Überdachte Lagerboxen	
	Alle – feines Material	Geschlossen oder als Agglomerat	Geschlossen bei staubigem Material	
Schmelzmittel:	Alle – sofern Staubentwicklung möglich ist	Geschlossene Förderanlagen oder pneumatisch	Geschlossene Gebäude	Vermeidung von Wasserverunreinigung
	Alle – sofern keine Staubentwicklung möglich ist	Abgedeckte Förderanlagen	Überdachte Lager	
Festbrennstoffe und Koks:	Alle	Abgedeckte Förderanlagen, sofern keine Staubentwicklung möglich ist	Überdachte Lagerflächen, sofern keine Staubentwicklung möglich ist	
Flüssigbrennstoffe und Flüssiggas	Alle	Überkopfleitungen	Lagerung in genehmigten Lagern Mit Tankwall umgebene Flächen	Rückführung der aus Lieferleitungen austretenden Gase
Prozessgase:	Alle	Überkopfleitungen Mit vermindertem Druck betriebene Leitungen (Chlor, CO)	Lagerung in genehmigten Lagern	Überwachung des Druckverlusts, Alarmauslösung im Falle toxischer Gase
Lösemittel	Cu-, Ni-, Zn-Gruppe, Edelmetalle, Kohlenstoff	Überkopfleitungen Manuell	Fässer, Behälter	Rückführung der aus Lieferleitungen austretenden Gase
Produkte – Kathoden, Walzdraht, Knüppel, Rohbarren, Kuchen usw.	Alle	Je nach Umständen	Offene Betonfläche oder Überdachte Lagerung.	Geeignetes Entwässerungssystem
Für Wiederaufbereitung vorgesehene Rückstände	Alle	Je nach Umständen	Offen, überdacht oder geschlossen, je nach Staubbildung und Reaktion mit Wasser	Geeignetes Entwässerungssystem
Zur Entsorgung vorgesehene Abfälle (z. B. Ofenauskleidungen)	Alle	Je nach Umständen	Offene, überdachte oder geschlossene Lagerboxen oder hermetisch dichte (Fässer), je nach Material	Geeignetes Entwässerungssystem

### Zusammenfassung der Rohstoffe und Rohstoffhandhabungstechniken

Es wurde festgestellt, dass die Konstruktion der Öfen, die Verwendung geeigneter Vorbehandlungsverfahren und die Prozesssteuerung wichtige Bestandteile der BVT darstellen.

Durch die Mischung von Rohstoffen mit dem Ziel einer Optimierung des Verfahrens wird verhindert, dass ungeeignetes Material zum Einsatz kommt und zugleich eine maximale Wirksamkeit des Verfahrens gewährleistet. Probenahmen und Analyse des Beschickungsguts sowie Aussonderung einiger Materialien stellen wichtige Bestandteile dieser Technik dar.

Eine gute Konstruktion, Wartung und Überwachung sind während aller Prozess- und Reinigungsstufen von Bedeutung. Probenahmen und die Überwachung der in die Umwelt abgegebenen Emissionen sollten nach den genormten nationalen oder internationalen Verfahren erfolgen. Wichtige Parameter, die für die Prozesssteuerung oder die Verringerung der Umweltbelastung genutzt werden können, sollten überwacht werden. Sofern dies praktikabel ist, sollten Schlüssel-Parameter ständig überwacht werden.

- **Prozesskontrolle**

Prozesskontrolltechniken, die dazu dienen, optimale Parameter wie zum Beispiel Temperatur, Druck, Gasbestandteile und andere wichtige Prozessparameter usw. zu messen und aufrechtzuerhalten, gelten als BVT.

Probenahmen und Analyse der Rohstoffe zur Steuerung der Betriebsbedingungen in der Anlage. Eine gute Vermischung der verschiedenen Beschickungsstoffe sollte gewährleistet werden, um eine möglichst effiziente Umwandlung zu erreichen und die Emissionen und die Ausschussproduktion zu reduzieren.

Die Verwendung von Wiege- und Dosiersystemen für das Beschickungsgut und die Nutzung von Mikroprozessoren für die Regelung der zugeführten Materialmenge, von kritischen Prozess- und Verbrennungsbedingungen sowie der Gaszufuhr gestatten es, den Prozessbetrieb zu optimieren. Für diese Zwecke können mehrere Parameter gemessen und Alarmmeldungen für kritische Parameter angezeigt werden, wie zum Beispiel:

- Online-Überwachung der Temperatur, des Ofendrucks (oder –unterdrucks) und des Gasvolumens oder der Gasfördermenge.
- Überwachung gasförmiger Bestandteile ( $O_2$ ,  $SO_2$ ,  $CO$ , Staub,  $NO_x$  usw.).
- Online-Überwachung von Erschütterungen zur Feststellung von Verstopfungen und eventuellen Ausrüstungsschäden.
- Online-Überwachung des Stroms und der Spannung elektrolytischer Prozesse.
- Online-Überwachung der Emissionen zur Regelung kritischer Prozessparameter.
- Überwachung und Regelung der Temperatur von Schmelzöfen zur Verhinderung der Bildung von Metall- und Metalloxiddämpfen infolge von Überhitzung.

Das Bedienpersonal, Ingenieure und andere Mitarbeiter sollten ständig im Hinblick auf die Verwendung der Bedienungsanleitungen geschult und überprüft werden, desgleichen auch in Bezug auf die Nutzung der modernen Regelverfahren und die Bedeutung von Alarmmeldungen und die Maßnahmen, die zu ergreifen sind, wenn eine Alarmmeldung erfolgt.

Optimierung der einzelnen Überwachungsebenen, damit die obigen Funktionen nutzbringend eingesetzt werden können und das Bedienpersonal seiner Verantwortung stets gerecht werden kann.

- **Erfassen und Reinigen von Abgas**

Die verwendeten Abgaserfassungssysteme sollten Ofen- oder Reaktorenabdichtsysteme beinhalten und ständig mit vermindertem Druck arbeiten, der gewährleistet, dass Undichtigkeiten und diffuse Emissionen vermieden werden. Es sollten Systeme verwendet werden, bei denen der Ofen ständig dicht bleibt oder Hauben zum Einsatz kommen. Beispiele dafür sind: die Zufuhr von Materialien über Elektroden, die Beschickung über Düsen oder

Lanzen und die Verwendung robuster Drehschieber in Beschickungssystemen. Das Auffangen sekundärer Rauche/Dämpfe ist teuer und verbraucht viel Energie, ist aber bei einigen Öfen erforderlich. Es sollte ein intelligentes System verwendet werden, das in der Lage ist, die Rauche/Dämpfe zielgerichtet am Entstehungsort und über die Dauer der Austritts zu erfassen.

Im allgemeinen eignen sich Gewebefilter (nach der Wärmewiedergewinnung oder Abkühlung des Gases) am besten für die Abscheidung von Staub und der im Zusammenhang damit anfallenden Metalle, sofern moderne verschleißfeste Gewebe verwendet werden, sich die Partikel für eine Filterung eignen und eine ständige Überwachung erfolgt, damit ein Ausfall des Filters bemerkt wird. Moderne Filtergewebe (z. B. Membranfilter) sind wesentlich leistungsfähiger, zuverlässiger und langlebiger als frühere Filter und führen damit auf mittlere Sicht zu Kosteneinsparungen. Sie können in bestehenden Anlagen eingesetzt und im Verlaufe von Wartungsarbeiten eingebaut werden. Sie sind mit Systemen ausgestattet, die anzeigen, wenn ein Filterschlauch reißt und eine Abreinigung während des Betriebs erlauben.

Bei klebrigen oder schleißenden Stäuben können sich Nass-Elektrofilter oder Nass-Abscheider als wirksam erweisen, sofern sie ordnungsgemäß für diesen Anwendungsfall konstruiert worden sind.

Die Gasbehandlung beim Schmelzen oder Verbrennen sollte auch die Eliminierung und/oder Nachverbrennung des Schwefeldioxids beinhalten, wenn dies als notwendig angesehen wird, um lokalen, regionalen oder weitreichenden Luftqualitätsanforderungen zu entsprechen oder weil eventuell Dioxine vorhanden sind.

Bei den Rohstoffen können Abweichungen auftreten, die sich auf die darin vorkommenden Bestandteile oder den physikalischen Zustand einiger Bestandteile, wie zum Beispiel die Größe und die physikalischen Eigenschaften des erzeugten Staubs, auswirken. Der Einfluss derartiger Abweichungen sollte von Fall zu Fall überprüft werden.

### • Vermeidung der Bildung und Zerstörung von Dioxinen

Das Vorhandensein von Dioxinen oder die Bildung von Dioxinen während eines Prozesses ist bei vielen pyrometallurgischen Prozessen, die bei der Erzeugung von Nichteisenmetallen eingesetzt werden, in Betracht zu ziehen. Spezielle Fälle sind in den Kapiteln, die sich mit den Metallen beschäftigen, aufgeführt. In diesen Fällen gelten die folgenden Techniken als BVT zur Vermeidung der Bildung von Dioxinen und zur Zerstörung aller vorhandenen Dioxine. Diese Techniken können auch kombiniert zur Anwendung kommen. Von einigen Nichteisenmetallen wird berichtet, dass sie als Katalysator eine De-Novo-Synthese bewirken, so dass es manchmal erforderlich ist, das Gas zu reinigen, bevor die weiteren Schritte zur Eliminierung der Dioxine durchgeführt werden.

- Qualitätskontrolle des als Beschickungsgut eingesetzten Schrotts in Abhängigkeit von den eingesetzten Verfahren. Verwendung des richtigen Beschickungsguts für den jeweiligen Ofen oder den jeweiligen Prozess. Auswählen und Sortieren des Beschickungsguts, um so zu verhindern, dass Material verarbeitet wird, das mit organischen Stoffen oder Vorläufersubstanzen verschmutzt ist. Damit kann die Gefahr, dass sich Dioxin bildet, verringert werden.
- Einsatz korrekt konstruierter und betriebener Nachbrenner und schnelle Abkühlung der heißen Gase auf  $< 250^{\circ}\text{C}$ .
- Nutzung optimaler Verbrennungsbedingungen. Einblasen von Sauerstoff im oberen Teil eines Ofens, um eine vollständige Verbrennung der Ofengase zu gewährleisten, wenn dies zur Erreichung dieses Ziels erforderlich ist.
- Adsorption durch Aktivkohle in einem Festbett- oder Wirbelschichtreaktor oder durch Einblasen in den Gasstrom und Abführung in Form von Filterstaub.
- Hochwirksame Staubabscheidung, zum Beispiel durch Keramikfilter, hochwirksame Gewebefilter oder die einer Schwefelsäureanlage vorgelagerte Gasreinigungsstrecke.

- Einsatz einer katalytischen Oxidationsstufe oder von mit einem Katalysator beschichteten Gewebefiltern.
- Behandlung der aufgefangenen Stäube in Hochtemperaturöfen zur Vernichtung von Dioxinen und Rückgewinnung von Metallen.

Die bei den obigen Techniken auftretenden Emissionskonzentrationen reichen je nach Beschickungsgut, verwendetem Schmelzverfahren und den zur Dioxineliminierung eingesetzten Techniken oder Technikkombinationen von  $<0,1$  bis  $0,5 \text{ ng/Nm}^3 \text{ TEQ}$ .

#### • Metallurgische Verfahren

Für die verschiedenen Anlagen steht ein großes Sortiment an Rohstoffen zur Verfügung. Dies bedeutet, dass in die Abschnitte zu den BVT für die Mehrzahl der Metallgruppen eine Vielzahl von metallurgischen Produktionsverfahren aufgenommen werden muss. In vielen Fällen hängt es von den Rohstoffen ab, welches Verfahren ausgewählt wird, so dass der Ofentyp die BVT nur in geringerem Umfang beeinflusst, sofern der Ofen für die verwendeten Rohstoffe ausgelegt ist und in den Fällen, in denen dies praktikabel erscheint, eine Energierückgewinnung erfolgt.

Es gibt Ausnahmen. So wurden zum Beispiel zentral bediente Zellen mit Punktdosierung des Aluminiumoxids und vorgebrannter Anode als BVT bei Primäraluminiumhütten festgelegt. Das gleiche gilt auch für die Verwendung vollkommen abgedichteter Öfen bei der Erzeugung von Ferrolegierungen, die gewährleisten sollen, das Gas mit einem hohen Brennwert aufgefangen werden kann. Im Falle von Hüttenkupfer gelten Herdöfen nicht als BVT. Zu den weiteren wichtigen Einflussfaktoren zählen die Vermischung der Rohstoffe, die Prozesssteuerung, die Kontrolle und das Auffangen von Rauchen/Dämpfen. Für die Auswahl eines neuen oder veränderten Verfahrens wurde die folgende Rangfolge festgelegt:

- Thermische oder mechanische Vorbehandlung des Sekundärrohstoffs zur Minimierung der organischen Verschmutzung des Beschickungsguts.
- Der Einsatz vollkommen abgedichteter Öfen oder anderer Anlagen zur Vermeidung diffuser Emissionen, zur Wärmerückgewinnung und zum Erfassen von Prozessgasen, damit diese für andere Zwecke (z. B. CO als Brennstoff und SO<sub>2</sub> als Schwefelsäure) eingesetzt oder gereinigt werden können.
- Die Verwendung teilweise abgedichteter Öfen in den Fällen, in denen vollkommen dichte Öfen nicht zur Verfügung stehen.
- Die Minimierung von Materialtransporten zwischen den Prozessstufen.
- Dort, wo derartige Transporte unvermeidlich sind, der Einsatz von Gießrinnen für geschmolzene Materialien anstelle von Gießtiegeln.
- In manchen Fällen kann dadurch, dass man sich bei den Techniken auf diejenigen beschränkt, bei denen der Transport geschmolzenen Materials vermieden wird, die Rückgewinnung einiger Sekundärrohstoffe verhindert werden. Diese würden dadurch zu Abfall. In derartigen Fällen empfiehlt sich der Einsatz sekundärer und tertiärer Abgasauffangsysteme, damit man diese Materialien zurückgewinnen kann.
- Abzüge und Abgasführungssysteme sind so zu konstruieren, dass die von dem heißen Metall oder transportierten Stein oder der transportierten Schlacke sowie während des Abstechens freigesetzten Rauche/Dämpfe erfasst werden.
- Es kann erforderlich sein, Öfen oder Reaktoren einzuhausen, um die Emission von entwichenen Rauchen/Dämpfen in die Atmosphäre zu verhindern.
- In den Fällen, in denen zu erwarten ist, dass eine Absaugung und Einhausung nicht die gewünschte Wirkung erzielen, kann der Ofen komplett geschlossen werden und die Ventilationsluft durch Absauggebläse abgesaugt und einem geeigneten Behandlungs- und Auslasssystem zugeführt werden.
- Maximale Ausnutzung des Energiegehalts der Schwefelkonzentrate.

### • Emissionen in die Luft

Zu Emissionen in die Luft kommt es bei der Lagerung, dem Umschlag, der Vorbehandlung sowie der pyrometallurgischen und hydrometallurgischen Verarbeitung. Dem Transport der Materialien kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Die zur Verfügung gestellten Informationen haben bestätigt, dass die diffusen Emissionen in vielen Prozessen eine sehr große Rolle spielen und dass die diffusen Emissionen viel größer sein können, als die gefassten und gereinigten Emissionen. In diesen Fällen ist es möglich, die Auswirkungen auf die Umwelt zu vermindern, indem man die Rangfolge der Gaserfassungstechniken bei der Lagerung und dem Umschlag der Materialien, bei den Reaktoren oder Öfen und an Materialübergabestellen, einhält. Die Möglichkeit des Auftretens diffuser Emissionen ist in allen Stadien der Verfahrensauslegung und -entwicklung zu berücksichtigen. In bezug auf die Maßnahmen zum Erfassen des in allen Prozessstadien auftretenden Gases gilt die folgende Rangfolge:

- Prozessoptimierung und Minimierung von Emissionen;
- Einsatz vollkommen abgedichteter Reaktoren und Öfen;
- Gezieltes Erfassen von Rauchen/Dämpfen und Abgasen;

Das Auffangen von Abgasen am Dachreiter ist mit einem sehr hohen Energieverbrauch verbunden und sollte nur als letzte Möglichkeit in Betracht gezogen werden.

Die potentiellen Quellen von Emissionen in die Luft sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst, die auch eine Übersicht über Verfahren zur Vermeidung und Behandlung enthält. Die Angaben zu den Luftemissionen beruhen auf den erfassten Emissionen. Die damit zusammenhängenden Emissionen werden als tägliche Mittelwerte angegeben, die durch eine kontinuierliche Überwachung während des Betriebszeitraums ermittelt wurden. In den Fällen, in denen eine ständige Überwachung nicht durchführbar ist, stellt der Wert den Durchschnitt aller während des Probenahmezeitraums gewonnenen Proben dar. Es gelten vereinheitlichte Bedingungen: 273 K, 101,3 kPa, der gemessene Sauerstoffgehalt und trockenes Gas ohne Verdünnung der Gase.

Beim Rösten oder Schmelzen sulfidischer Erze bzw. Konzentrate stellt das Erfassen des Schwefels eine wesentliche Forderung dar. Das durch den Prozess erzeugte Schwefeldioxid wird erfasst und kann als Schwefel, Gips (wenn keine medienübergreifenden Auswirkungen zu erwarten sind) oder Schwefeldioxid zurückgewonnen oder in Schwefelsäure umgewandelt werden. Welches Verfahren eingesetzt wird, hängt davon ab, ob es für Schwefeldioxid lokale Abnehmer gibt. Die Erzeugung von Schwefelsäure in einer Doppelkontaktschwefelsäureanlage mit mindestens vier Horden oder die Erzeugung in einer Einfachkontakanlage mit Erzeugung von Gips aus dem Abgas sowie unter Verwendung eines modernen Katalysators gelten als BVT. Die Konfiguration der Anlagen hängt von der Konzentration des Schwefeldioxids, das während der Röstung oder Schmelzung erzeugt wird, ab.

Prozessstufe	Abgasbestandteile	Behandlungsverfahren
Materialumschlag und -lagerung	Staub und Metalle	Richtige Lagerung, Handhabung und Transport. Staubabscheidung und Gewebefilter erforderlich
Feinzerkleinern, Trocknen	Staub und Metalle	Prozessschritte. Erfassen des Gases und Gewebefilter
Sintern/Rösten Schmelzen Umwandlung Feuerraffination	Flüchtige organische Verbindungen, Dioxine	Nachbrenner, Adsorptionsmittel oder Zugabe von Aktivkohle
	Staub und Metallverbindungen	Erfassen des Gases, Gasreinigung im Gewebefilter, Wärmerückgewinnung
	Kohlenmonoxid	Nachbrenner, falls erforderlich
	Schwefeldioxid	Schwefelsäureanlage (für sulfidische Erze) oder Wäscher
Schlackebehandlung	Staub und Metalle	Erfassen, Kühlen des Gases und Gewebefilter
	Schwefeldioxid	Wäscher
	Kohlenmonoxid	Nachbrenner
Laugung und chemische Raffination	Chlor	Erfassen und Wiederverwendung des Gases, chemischer Nasswäscher
Carbonylraffination	Kohlenmonoxid Wasserstoff	Vollkommen abgedichteter Prozess, Wiedergewinnung und Wiederverwendung. Nachbrenner und Staubabscheidung im Gewebefilter für Abgas
Lösemittelextraktion	Flüchtige organische Verbindungen (Bestandteile hängen vom verwendeten Lösemittel ab und sollten von Fall zu Fall ermittelt werden, um die möglichen Gefahren bewerten zu können)	Einhausung, Erfassendes Gases, Lösemittelrückgewinnung. Aktivkohleadsorption, falls erforderlich
Thermische Raffination	Staub und Metalle	Erfassen des Gases und Gewebefilter
	Schwefeldioxid	Wäscher, falls erforderlich
Schmelzflusselektrolyse	Fluorid, Chlor, PFC	Prozessschritte Erfassen des Gases, Trockensorption mit Aluminiumoxid und Gewebefilter
Brennen von Elektroden, Graphitieren	Staub, Metalle, SO <sub>2</sub> , Fluorid, PAK, Teer	Erfassen des Gases, Kühler und Elektrofilter, Nachbrenner oder Trockensorption mit Aluminiumoxid und Gewebefilter. Wäscher, sofern für SO <sub>2</sub> erforderlich
Metallpulvererzeugung	Staub und Metalle	Erfassen des Gases und Gewebefilter
Pulvererzeugung	Staub, Ammoniak	Erfassen und Wiedergewinnung des Gases Säurewäscher
Hochtemperaturreduktion	Wasserstoff	Vollkommen abgedichtete Prozesse, Wiederverwendung
Elektrolytische Extraktion	Chlor Säurenebel	Gasreinigung und -wiederverwendung. Nass-Abscheider. Brüdenabscheider
Schmelzen und Gießen	Staub und Metalle	Gaserfassung und Gewebefilter
	Flüchtige organische Verbindungen, Dioxine (organische Fracht)	Nachbrenner (Einblasen von Kohle)
<b>Anmerkung.</b> Bei der Staubabscheidung mit Hilfe eines Gewebefilters kann es notwendig sein, die heißen Teilchen zu entfernen, um das Entstehen eines Brandes zu verhindern. Heiße Elektrofilter würden in einem Gasreinigungssystem vor einer Schwefelsäureanlage oder für nasse Gase eingesetzt werden.		

#### Zusammenfassung der Emissionsquellen und Behandlungs-/Reinigungsvarianten

## Zusammenfassung

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenfassung der Emissionswerte, die mit den für Nichteisenmetallverfahren als BVT eingestuften Reinigungssystemen erzielt werden. Nähere Einzelheiten sind den Schlussfolgerungen zu den BVT in den entsprechenden Kapiteln zu entnehmen.

Reinigungstechnik	Erzielte Werte	Anmerkungen
Gewebefilter	Staub 1 - 5 mg/Nm <sup>3</sup> Metalle – je nach Zusammensetzung des Staubs	Je nach Beschaffenheit des Staubs
Aktivkohle oder Biofilter	Gesamtmenge an organischem C < 20 mg/Nm <sup>3</sup>	Phenol < 0,1 mg/Nm <sup>3</sup>
Nachbrenner (einschließlich Abkühlung zur Vermeidung von Dioxinen)	Gesamtmenge an organischem C < 5 - 15 mg/Nm <sup>3</sup> Dioxin < 0,1 – 0,5 ng/Nm <sup>3</sup> TEQ PAK (OSPAR 11) < 200 µg C/Nm <sup>3</sup> HCN < 2 mg/Nm <sup>3</sup>	Für Gasmenge ausgelegt. Die Dioxinemissionen können mit Hilfe von Aktivkohle/Kalkeinblasen, katalytischen Reaktoren/Filtern noch weiter reduziert werden
Optimierte Verbrennungsbedingungen	Gesamtmenge an organischem C < 5 - 50 mg/Nm <sup>3</sup>	
Nass-Elektrofilter, Keramikfilter	Staub < 5 mg/Nm <sup>3</sup>	Hängt von bestimmten Faktoren ab, wie zum Beispiel Staub, Feuchtigkeit oder hohe Temperatur
Alkalischer Nass- oder halbtrockene Abscheider	SO <sub>2</sub> < 50 - 200 mg/Nm <sup>3</sup> Teer < 10 mg/Nm <sup>3</sup> Chlor < 2 mg/Nm <sup>3</sup>	
Trockensorption mit Aluminiumoxid	Staub 1 - 5 mg/Nm <sup>3</sup> Kohlenwasserstoff < 2 mg/Nm <sup>3</sup> PAK (OSPAR 11) < 200 µg C/Nm <sup>3</sup>	
Chlorwiedergewinnung	Chlor < 5 mg/Nm <sup>3</sup>	Chlor wird wiederverwendet. Es kann zum unbeabsichtigten Austritt von flüchtigem Chlor kommen.
Oxidationswäscher	NO <sub>x</sub> < 100 mg/Nm <sup>3</sup>	Aus der Verwendung von Salpetersäure – nach Wiedergewinnung werden Spurenbestandteile eliminiert
NO <sub>x</sub> -arme Brenner	< 100 mg/Nm <sup>3</sup>	Bei höheren Werten erfolgt Sauerstoffanreicherung zur Verringerung des Energieverbrauchs. In diesen Fällen wird die Gasmenge und Massenemission verringert
Sauerstoffbrenner (Oxy-fuel)	< 100 - 300 mg/Nm <sup>3</sup>	
Schwefelsäureanlage	> 99,7% Umwandlung (Doppelkontakt)	Einschließlich Quecksilberreiniger unter Anwendung des Boliden/Norzink-Verfahrens oder eines Thiosulfatreinigers Hg < 1 ppm in erzeugter Säure
	> 99,1% Umwandlung (Einzelkontakt)	
Kühler, Elektrofilter, Kalk-/Aktivkohle-adsorption und Gewebefilter	PAK (OSPAR 11) < 200 µg C/Nm <sup>3</sup> Kohlenwasserstoffe (flüchtig) < 20 mg C/Nm <sup>3</sup> Kohlenwasserstoffe (kondensiert) < 2 mg C/Nm <sup>3</sup>	
<p><b>Anmerkung.</b> Nur gefasste Emissionen. Die jeweils auftretenden Emissionen werden als Tagesmittelwerte angegeben, die auf einer kontinuierlichen Überwachung während des Betriebszeitraums und vereinheitlichten Bedingungen mit 273 K, 101,3 kPa, Messung des Sauerstoffgehalts und Trockengas ohne Verdünnung der Gase mit Luft basieren. In den Fällen, in denen eine kontinuierliche Überwachung nicht durchführbar ist, stellt der Wert den Durchschnittswert für den Probenahmezeitraum dar. Für das eingesetzte Reinigungssystem werden die Eigenschaften des Gases und Staubs bei der Konstruktion des Systems berücksichtigt, und es wird die richtige Betriebstemperatur verwendet. Bei einigen Bestandteilen können Schwankungen der Rohgaskonzentration während der diskontinuierlichen Verfahren die Leistung des Reinigungssystems beeinträchtigen.</p>		

### Emissionen in die Luft bei Einsatz der BVT

Bei der chemischen Behandlung von Metalllösungen oder verschiedenen metallurgischen Prozessen werden mehrere spezifische Reagenzien verwendet. Nachstehend werden einige der Verbindungen, Quellen und Behandlungsverfahren für die Gase, die bei der Verwendung dieser Reagenzien erzeugt werden, angegeben:

Prozess/verwendete Reagenzien	Bestandteile im Abgas	Behandlungsverfahren
Arsen oder Antimonoxid. (Raffination von Zn/Pb)	Arsin/Stibin	Sorption mittels Permanganat
Pech usw.	Teer und PAK	Nachbrenner, Kühler und Elektrofilter oder Trockensorption
Lösemittel, flüchtige organische Verbindungen	Flüchtige organische Verbindungen, Geruchsstoffe	Einhausung, Kondensation. Aktivkohle, Biofilter
Schwefelsäure (+ Schwefel im Brennstoff oder Rohmaterial)	Schwefeldioxid	Nasse oder halbtrockene Abscheidersysteme. Schwefelsäureanlage
Königswasser	NOCl, NO <sub>x</sub>	Alkalisches Wäschersystem
Chlor, HCl	Cl <sub>2</sub>	Alkalisches Wäschersystem
Salpetersäure	NO <sub>x</sub>	Oxidation und Absorption, Recycling, Wäschersystem
Na oder KCN	HCN	Oxidation mit Wasserstoffperoxid oder Hypochlorit
Ammoniak	NH <sub>3</sub>	Wiedergewinnung, Wäschersystem
Ammoniumchlorid	Aerosol	Wiedergewinnung durch Sublimation, Reinigungssystem
Hydrazin	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (möglicherweise karzinogen)	Wäscher oder Aktivkohle
Natriumborwasserstoff	Wasserstoff (Explosionsgefahr)	Möglichst bei PGM-Verarbeitung vermeiden (besonders Os, Ru)
Ameisensäure	Formaldehyd	Laugenreinigungssystem
Natriumchlorat/HCl	Cl <sub>2</sub> -Oxide (Explosionsgefahr)	Überwachung des Prozessendpunkts

#### Überblick über chemische Behandlungsmethoden für einige gasförmige Bestandteile

- **Emissionen in das Wasser**

Emissionen in das Wasser fallen bei einer Reihe von Quellen an. Je nach Quelle und vorhandenen Bestandteilen steht eine Vielzahl von Minimierungs- und Behandlungsmöglichkeiten zur Verfügung. Die Abwässer können im allgemeinen lösliche und unlösliche Metallverbindungen, Öl und organische Stoffe enthalten. Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der möglichen Abwässer, der erzeugten Metalle sowie der Minimierungs- und Behandlungsmethoden.

Abwasserquelle	Dazugehöriges Verfahren	Minimierungsmethoden	Behandlungsmethoden
Prozesswasser	Aluminiumoxid- erzeugung, Bleibatterierecycling. Beizen	In größtmöglichem Umfang Rückführung in den Prozess	Neutralisieren und Ausfällen. Elektrolyse
Wasser für indirekte Kühlung	Ofenkühlung bei den meisten Metallen. Elektrolytkühlung bei Zn	Verwendung eines dichten Kühlsystems oder eines Luftkühlsystems. Systemüberwachung zum Aufspüren von Undichtigkeiten	Absetzen
Wasser für direkte Kühlung	Al-, Cu-, Zn-Gussstücke. Kohleelektroden	Absetzen. Geschlossenes Kühlsystem	Absetzen. Ausfällen, sofern erforderlich
Schlacken- granulierung	Cu, Ni, Pb, Zn, Edelmetalle, Ferrolegierungen		Absetzen. Ausfällen, sofern erforderlich
Elektrolyse	Cu, Ni, Zn	Vollkommen abgedichtetes System. Elektrolytische Extraktion von abgelassenem Elektrolyt	Neutralisieren und Ausfällen
Hydrometal- lurgie (Ablassen, Abschlämmen)	Zn, Cd	Vollkommen geschlossenes System	Absetzen. Ausfällen, sofern erforderlich
Reinigungssyste- m (Ablassen, Abschlämmen)	Nass-Abscheider. Nass-Elektrofilter und Wäscher für Säureanlagen	Wiederverwendung schwach saurer Ströme, sofern möglich	Absetzen. Ausfällen, sofern erforderlich
Oberflächen- wässer	Alle	Zweckmäßige Lagerung der Rohstoffe und Verhinderung flüchtiger Emissionen	Absetzen. Ausfällen, sofern erforderlich. Filtern

### Überblick über die BVT für Abwässer

Mit Abwasserbehandlungssystemen lässt sich durch Sedimentation und eventuell durch Filtration die Entfernung von Metallen maximieren. Als Reagenzien können beim Ausfällen Hydroxid, Sulfid oder eine Kombination beider Stoffe zum Einsatz gelangen, je nachdem, welche Metalle im Abwasser vorkommen. In vielen Fällen lässt sich das behandelte Wasser auch wiederverwenden.

	Hauptbestandteile [mg/l]					
	Cu	Pb	As	Ni	Cd	Zn
Prozesswasser	<0,1	<0,05	<0,01	<0,1	<0,05	<0,15

**Anmerkung:** Die jeweiligen Emissionen in das Wasser basieren auf einer qualifizierten Stichprobe oder einer Sammelprobe aus einem Zeitraum von 24 Stunden. Der Abwasserbehandlungsaufwand hängt von der Quelle und den im Abwasser enthaltenen Metallen ab.

### Beispiel für Emissionen in das Wasser bei Anwendung von BVT

- **Prozessrückstände**

Prozessrückstände fallen in verschiedenen Prozessstufen an und hängen in starkem Maße von den Bestandteilen der Rohstoffe ab. Erze und Konzentrate enthalten nicht nur das Metall, um das es eigentlich geht. Die Prozesse sind so ausgelegt, dass das Hauptmetall in Reinform vorliegt und daneben noch andere wertvolle Metalle gewonnen werden.

Diese Begleitmetalle konzentrieren sich vielfach in den Prozessrückständen, und diese Rückstände bilden wiederum das Ausgangsmaterial für weitere Metallrückgewinnungsprozesse. Die nachstehende Tabelle enthält einen Überblick über einige Prozessrückstände und die Möglichkeiten, die zu ihrer Behandlung zur Verfügung stehen.

Quelle der Rückstände	Vorkommende Metalle	Rückstand	Behandlungsmöglichkeiten
Umschlag von Rohstoffen usw.	Alle Metalle	Staub, Kehricht	Beschickungsgut für den Hauptprozess
Schmelzöfen (für Erz)	Alle Metalle	Schlacke	Als Baumaterial nach Behandlung der Schlacke. Strahlmittelherstellung. Teile der Schlacke können als feuerfestes Material verwendet werden, z. B. Schlacke aus der Erzeugung von Chrommetall
	Ferrolegerungen	Reiche Schlacke	Ausgangsmaterial für andere Ferrolegerungsprozesse
Konverter	Cu	Schlacke	Rückführung zur Schmelzanlage
Raffinationsöfen	Cu	Schlacke	Rückführung zur Schmelzanlage
	Pb	Krätze	Zurückgewinnung anderer wertvoller Metalle
	Edelmetalle	Krätze und Schlacke	Interne Rückführung
Schlackenbehandlung	Cu und Ni	Gereinigte Schlacke	Baumaterial, Stein
Schmelzöfen (für Metall)	Alle Metalle	Krätze Schlacke und Salzschlacke	Rückführung in den Prozess nach Behandlung. Metallwiedergewinnung, Wiedergewinnung des Salzes und anderer Stoffe
Elektrolytische Raffination	Cu	Abgelassener Elektrolyt Anodenrückstände Anodenschlamm	Wiedergewinnung von Ni.  Rückführung zum Konverter Wiedergewinnung von Edelmetallen
Elektrolytische Extraktion	Zn, Ni, Co, Edelmetalle	Verbrauchter Elektrolyt	Wiederverwendung im Laugungsprozess
Salzschmelz-Elektrolyse	Al	Ofenausbruch Überschüssige Badflüssigkeit Anodenreste	Kohlenstoffträger oder Entsorgung.  Verkauf als Elektrolyt Wiedergewinnung
	Na und Li	Zellenmaterial	Eisenschrott nach der Reinigung
Destillation	Hg	Rückstände (Holline)	Wiederverwendung als Beschickungsgut für den Prozess
	Zn, Cd	Rückstände	Rückführung in den Prozess
Laugung	Zn	Ferritückstände	Sichere Deponierung, Wiederverwendung der Flüssigkeit
	Cu	Rückstände	Sichere Deponierung
	Ni/Co	Cu/Fe-Rückstände	Rückgewinnung, Entsorgung
Schwefelsäureanlage		Katalysator	Regenerierung
		Saure Schlämme	Sichere Deponierung
		Schwache Säure	Laugen, Beseitigen
Ofenauskleidungen	Alle Metalle	Feuerfestes Material	Verwendung als Verschlackungsmittel, Entsorgung
Mahlen, Feinzerkleinern	Kohlenstoff	Kohlenstoff- und Graphitstäube	Verwendung als Ausgangsmaterial in anderen Prozessen
Beizen	Cu, Ti	Gebrauchte Säure	Wiedergewinnung
Trockenreinigungssysteme	Die meisten – bei Verwendung von Gewebefiltern oder Elektrofiltern	Filterstaub	Rückführung in den Prozess Gewinnung anderer Metalle
Nass-Abscheider-Systeme	Die meisten – bei Verwendung von Wäschern oder Nass-Elektrofiltern	Filterschlamm	Rückführung in den Prozess oder Gewinnung anderer Metalle (z. B. Hg). Deponierung
Abwasserbehandlungsschlamm	Die meisten Metalle	Hydroxid- oder Sulfidschlämme	Sichere Deponierung. Wiederverwendung
Aufschluss	Aluminiumoxid	Rotschlamm	Sichere Deponierung, Wiederverwendung der Flüssigkeit

**Überblick über die Rückstände und die zu ihrer Behandlung verfügbaren Möglichkeiten**

Filterstäube können innerhalb der gleichen Anlage recycelt werden, aber auch zur Gewinnung von Begleitmetallen in anderen Nichteisenmetallanlagen oder für andere Zwecke verwendet werden.

Rückstände und Schlacken können behandelt werden, um wertvolle Metalle zu gewinnen und die Rückstände für andere Anwendungen, zum Beispiel als Baumaterial, geeignet zu machen. Einige Bestandteile lassen sich zu marktfähigen Produkten umwandeln.

Rückstände, die bei der Wasserbehandlung anfallen, können wertvolle Metalle enthalten und lassen sich in einigen Fällen recyceln.

Die zuständige Aufsichtsbehörde und der Anlagenbetreiber müssen sicherstellen, dass die Wiedergewinnung von Rückständen durch Dritte auf umweltverträgliche Art und Weise erfolgt und nicht zu negativen medienübergreifenden Auswirkungen führt.

### • **Toxische Verbindungen**

Die spezifische Toxizität einiger Verbindungen, die emittiert werden können (und ihre ökologischen Auswirkungen oder Folgen) unterscheidet sich von Gruppe zu Gruppe. Einige Metalle weisen toxische Verbindungen auf, die bei den Prozessen freigesetzt werden können und demzufolge reduziert werden müssen.

### • **Energierückgewinnung**

Zwar kommt eine Energierückgewinnung vor oder nach der Reinigung in der Mehrzahl der Fälle in Frage, aber die lokalen Umstände spielen eine wichtige Rolle, beispielsweise dann, wenn keine Möglichkeit besteht, die zurückgewonnene Energie zu verwerten. Bezüglich der Energierückgewinnung gelten die folgenden BVT-Schlussfolgerungen:

- Erzeugung von Dampf und Strom aus der in Abhitzekeßeln gewonnenen Wärme
- Nutzung der Reaktionswärme zum Schmelzen oder Rösten von Konzentraten oder zum Schmelzen von Metallschrott in einem Konverter
- Nutzung der heißen Prozessgase zur Trocknung von Beschickungsgut
- Vorwärmen einer Ofencharge unter Nutzung des Energiegehalts der Ofengase oder der aus einer anderen Quelle stammenden heißen Gase
- Nutzung von Rekuperativbrennern oder Vorwärmen der Verbrennungsluft
- Nutzung des erzeugten CO als Heizgas
- Erwärmen von Laugungsflüssigkeiten durch heiße Prozessgase oder Flüssigkeiten
- Nutzung des Kunststoffgehalts einiger Rohstoffe als Brennstoff, sofern hochwertiger Kunststoff nicht wiedergewonnen werden kann und dabei keine flüchtigen organischen Verbindungen und Dioxine freigesetzt werden
- Nutzung feuerfester Materialien mit niedriger Masse in Fällen, in denen dies realisierbar ist.

## **6. Grad des Konsenses und Empfehlungen für die zukünftige Arbeit**

Dieses BREF fand breite Unterstützung durch die technische Arbeitsgruppe (TWG) und die Teilnehmer der 7. Sitzung des Informationsaustauschforums. Kritische Anmerkungen bezogen sich hauptsächlich auf Informationslücken und die Präsentation betreffende Gesichtspunkte (Forderung, in die Zusammenfassung mehr BVT-bezogene Emissions- und Verbrauchswerte aufzunehmen).

Es wird empfohlen, dieses Dokument in 4 Jahren zu überarbeiten. Zu den Gebieten, auf denen zusätzliche Anstrengungen unternommen werden sollten, um eine solide Informationsbasis zu erhalten, zählen vor allem die flüchtigen Emissionen und auch spezifische Emissions- und Verbrauchsdaten, Prozessrückstände, Abwasser und Aspekte, die sich auf mittelständische Unternehmen beziehen. Kapitel 13 enthält weitere Empfehlungen.