

Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC)

**Best Available Techniques Reference Document on the
Production of Iron and Steel**

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 (Subject: NFP-IPPC)

Zusammenfassung

Das vorliegende Referenzdokument über die besten verfügbaren Techniken in der Eisen- und Stahlindustrie 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.

Umfang

Behandelt werden im vorliegenden Dokument Umweltaspekte der Eisen- und Stahlerzeugung in integrierten Hüttenwerken (Sinteranlagen, Pelletieranlagen, Kokereien, Hochöfen und Sauerstoffkonverter einschließlich Strang- und Blockguss) und die Elektrostahlerzeugung. Das Dokument befasst sich nicht mit der Verarbeitung eisenhaltiger Metalle, die sich an den Stahlguss anschließen.

Zur Verfügung gestellte Informationen

Die größten Umweltbelastungen in der Eisen- und Stahlerzeugung ergeben sich durch Emissionen in die Luft sowie durch das Entstehen fester Abfälle/Nebenprodukte. Eine Belastung der Gewässer geht in der Branche hauptsächlich von Abwässern aus Kokereien, Hochöfen und Sauerstoffkonverter aus.

Zu den genannten Umweltbelastungen stehen umfangreiche Informationen zur Verfügung, dagegen sind die Angaben zu Lärm- und Schwingungsemissionen sowie Methoden zu deren Verringerung recht spärlich. Gleiches gilt für die Bodenverschmutzung, Aspekte der Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz sowie des Naturschutzes. Ebenso dürftig sind die verfügbaren Informationen über Probenahme- und Analysemethoden, Zeitintervalle, Berechnungsmethoden und Referenzbedingungen, die einen Vergleich der vorgelegten Daten erlauben.

Struktur des Dokuments

Das vorliegende BREF untergliedert sich in drei Hauptteile:

- Allgemeine Informationen über die Branche
- Informationen über integrierte Hüttenwerke
- Informationen über die Stahlerzeugung in Elektrolichtbogenöfen

Zu den allgemeinen Informationen gehören statistische Daten über die Eisen- und Stahlerzeugung in der EU, die geographische Verteilung, wirtschaftliche Aspekte und Angaben zur Beschäftigungssituation wie auch eine grobe Einschätzung der Bedeutung der Branche für die Umwelt. Aufgrund der Komplexität integrierter Hüttenwerke wird zunächst ein Überblick gegeben (Kapitel 3), bevor umfassende Angaben zu den nachfolgend genannten Hauptproduktionsschritten folgen:

- Sinteranlagen (Kapitel 4)
- Pelletieranlagen (Kapitel 5)
- Kokereien (Kapitel 6)
- Hochöfen (Kapitel 7)
- Sauerstoff-Stahlerzeugung einschließlich Gießen (Kapitel 8)

Zu den umfassenden Angaben gehören alle Informationen über die genannten Produktionsschritte gemäß der generellen Struktur der Referenzdokumente über die besten verfügbaren Techniken (BVT) zur integrierten Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung. Eine solche nach Anlagentyp geordnete Zusammenstellung von Informationen erleichtert die praktische Verwendung des Dokuments.

Die Elektrostahlerzeugung unterscheidet sich grundsätzlich von der in einem integrierten Hüttenwerk und ist deshalb Gegenstand eines gesonderten Kapitels (Kapitel 9).

Zur Vervollständigung der Übersicht folgen zum Schluss Informationen über neue/alternative Methoden der Eisenerzeugung (Kapitel 10).

Kapitel 11 enthält die Schlussfolgerungen und Empfehlungen.

Allgemeine Informationen

Eisen und Stahl sind wichtige und vielseitig einsetzbare Ausgangsprodukte. Im Jahre 1999 lag die Rohstahlproduktion in der Europäischen Union bei 155,3 Mio. Tonnen; damit hatte sie einen Anteil von etwa 20 % an der Weltproduktion.

In der EU werden ca. zwei Drittel des Rohstahls in Hochöfen (an 40 Produktionsstandorten) und ein Drittel in 246 Elektrolichtbogenöfen erzeugt.

Die Eisen- und Stahlindustrie zählte 1995 ca. 330 000 Beschäftigte; hinzu kamen zahlreiche Arbeitsplätze in den Abnehmerbranchen wie Baugewerbe, Automobilindustrie, Maschinenbau usw.

Eisen- und Stahlerzeugung

Bei der Eisen- und Stahlindustrie handelt es sich um eine äußerst material- und energieintensive Branche. Mehr als die Hälfte der zugeführten Stoffmengen werden in Abgase und feste Abfälle/Nebenprodukte umgewandelt. Dabei spielen die Abgasemissionen die größte Rolle. Die Mehrzahl der emittierten Schadstoffe stammt aus den Sinteranlagen. Trotz umfangreicher Maßnahmen zur Reduzierung dieser Umweltbelastungen hat die Branche bei einigen Luftschadstoffen weiterhin einen großen Anteil an den Gesamtemissionen in der EU, insbesondere bei einigen Schwermetallen und PCDD/F. In den vergangenen Jahren wurde eine deutliche Verbesserung bei der Wiederverwendung und Verwertung von festen Abfällen/Nebenprodukten erreicht, dennoch werden immer noch große Mengen auf Deponien entsorgt.

Die Kapitel über die Hauptproduktionsanlagen in integrierten Stahlwerken (siehe oben) und die Stahlerzeugung in Elektrolichtbogenöfen beginnen mit einer prägnanten Beschreibung der angewendeten Verfahren und Techniken. Dies soll das Verständnis sowohl der Umweltproblematik als auch der sich anschließenden Informationen erleichtern.

Die Angaben zu den Emissionen und zum Verbrauch lassen detaillierte Schlüsse über die zugeführten und abgeführten Stoffmengenströme zu, untergliedert nach den Medien Luft, Wasser und Boden, aber auch nach Energie- und Lärmaspekten (Sinteranlagen: Tabelle 4.1; Pelletieranlagen: Tabelle 5.1; Kokereien: Tabellen 6.2 und 6.3; Hochöfen: Tabelle 7.1; Oxygen-Konverter und Strangguss: Tabelle 8.2). All diese Werte stammen von bestehenden Anlagen und sind für die Beurteilung der beschriebenen Verfahren hinsichtlich ihrer Klassifizierung als BVT unbedingt erforderlich. Die Beschreibung dieser Verfahren erfolgt nach einer festgelegten Gliederungsstruktur (Beschreibung der Technik, wichtigste erreichte Werte, Anwendbarkeit, medienübergreifende Auswirkungen, Referenzanlagen, Betriebsparameter, die treibende Kraft für die Einführung einer Technik, Angaben zur Wirtschaftlichkeit, Literaturhinweise). Sie schließt ab mit einer Auflistung der als BVT bewerteten Verfahren. Diese Schlussfolgerungen beruhen auf der Beurteilung durch Experten innerhalb der technischen Arbeitsgruppe (TWG).

BVT für Sinteranlagen (Kapitel 4)

Sinter ist das Produkt eines Agglomerationsprozesses von eisenhaltigen Rohstoffen und macht den Löwenanteil des Hochofenmöllers aus. Die relevantesten Umweltbelastungen entstehen durch die Abgase des Sinterbandes, die eine Vielzahl von Schadstoffen wie Staub, Schwermetalle, SO₂, HCl, HF, PAK und organische Chlorverbindungen (wie PCB und PCDD/F) enthalten. Somit bezieht sich die Mehrzahl der beschriebenen und als BVT in Frage kommenden Verfahren auf die Verringerung der Abgasemissionen. Dies gilt auch für die Schlussfolgerungen; folglich stellen Staub und PCDD/F die wichtigsten Parameter dar.

Für Sinteranlagen gelten die folgenden Techniken oder Kombinationen von Techniken als BVT:

1. Abgasentstaubung mittels der folgenden Verfahren:
 - Moderne Verfahren der elektrostatischen Staubabscheidung (E-Filter) (E-Filter mit bewegten Elektroden, E-Filter mit Energieimpulssystem, Hochspannungsbetrieb des E-Filters ...) *oder*
 - E-Filter und zusätzlicher Gewebefilter *oder*
 - Vorentstaubung (z.B. E-Filter oder Zyklone) und Hochdruck-Abgaswäsche

Mit Hilfe dieser Verfahren lassen sich unter normalen Betriebsbedingungen Staubkonzentrationen unter 50 mg/Nm^3 erreichen. Bei Einsatz von Gewebefiltern werden im gereinigten Abgas $10 - 20 \text{ mg Staub/Nm}^3$ erreicht.
2. Abgasrückführung, wenn die Sinterqualität und Produktivität nicht spürbar beeinträchtigt werden, durch:
 - Rückführung eines Teils der Abgase von der Gesamtoberfläche des Sinterbands *oder*
 - Teil-Abgasrückführung
3. Verminderung der PCDD/F-Emissionen durch:
 - Anwendung der Abgasrückführung
 - Reinigen der Sinterbandabgase z. B.
 - Anwendung von Feinwäschersystemen, mit dem Werte unter $0,4 \text{ ng I-TEQ/Nm}^3$ erreicht werden.
 - Einsatz von Gewebefiltern unter Zugabe von Braunkohlenkoks; auch bei diesem Verfahren werden niedrige PCDD/F-Emissionen erreicht (Reduzierung $> 98 \%$, $0,1 - 0,5 \text{ ng I-TEQ/Nm}^3$ - dieser Wertebereich basiert auf Sechsstunden-Stichproben bei Dauerbetriebsbedingungen).
4. Verminderung der Schwermetallemissionen durch
 - Anwendung von Feinwäschersystemen zur Abscheidung von wasserlöslichen Schwermetallchloriden, insbesondere Bleichlorid(en), bei einer Abscheideleistung von über 90% *oder* Einsatz eines Schlauchfilters unter Zugabe von Kalk.
 - Keine Rückführung des bei dem letzten Elektrofilterfeld anfallenden Staubes auf das Sinterband, Entsorgung auf einer gesicherten Deponie (wasserdichte Abdichtung, Erfassung und Aufbereitung des Sickerwassers), gegebenenfalls nach Extraktion mit Wasser und anschließender Schwermetallfällung zwecks Minimierung der zu deponierenden Mengen.
5. Reduzierung des Anfalls fester Abfälle durch
 - Rückführung der in einem integrierten Hüttenwerk anfallenden eisen- und kohlenstoffhaltigen Nebenprodukte unter Berücksichtigung des Ölgehalts einzelner Nebenprodukte ($< 0,1 \%$).
 - Bezüglich des Anfalls von festen Abfällen werden folgende Techniken in der Reihenfolge abnehmender Priorität als BVT angesehen:
 - Minimierung des Anfalls von Abfällen
 - Selektive Rückführung in den Sinterprozess
 - Ist eine interne Wiederverwendung nicht möglich, sollte eine externe Verwendung angestrebt werden.
 - Ist eine Wiederverwendung generell nicht möglich, kann nur eine kontrollierte Entsorgung erfolgen, wobei eine weitestgehende Verminderung der anfallenden Abfallmengen anzustreben ist.
6. Senkung des Kohlenwasserstoffgehalts in den Einsatzstoffen für den Sinterprozess und Vermeidung des Einsatzes von Anthrazit als Brennstoff. In rückgeführten Nebenprodukten/Rückständen sind Ölgehalte von $< 0,1 \%$ erreichbar.
7. Rückgewinnung von Abwärme:

Abwärme kann aus dem Abgas des Sinterkühlers und in einigen Fällen auch des Sinterrosts zurückgewonnen werden. Ebenso kann die Abgasrückführung als Form der Abwärmerückgewinnung betrachtet werden.
8. Reduzierung der SO_2 -Emissionen, zum Beispiel durch:
 - Verringerung des Schwefeleintrages (Verwendung von schwefelarmem Koksgrus und Minimierung des Koksgrusverbrauchs, Verwendung von schwefelarmem Eisenerz). Mit Hilfe dieser Maßnahmen können Emissionskonzentrationen unter $500 \text{ mg SO}_2/\text{Nm}^3$ erreicht werden.

- Bei Nassentschwefelung der Abgase lassen sich die SO₂-Emissionen um mehr als 98 % und die SO₂-Emissionskonzentrationen auf unter 100 mg SO₂/Nm³ senken. Da die Nassentschwefelung von Abgasen hohe Kosten verursacht, sollte sie nur dann erforderlich werden, wenn die geforderten Werte für die Luftqualität vermutlich nicht eingehalten werden können.
9. Verminderung der NO_x-Emissionen, zum Beispiel durch:
- Abgasrückführung
 - Rauchgasentstickung mittels
 - Aktivkohleverfahren mit Regenerierung der Aktivkohle
 - oder selektiver katalytischer Reduktion
 - Aufgrund der mit der Rauchgasentstickung verbundenen hohen Kosten kommt das Verfahren nicht zum Einsatz, außer in Fällen, bei denen die geforderten Werte für die Luftqualität vermutlich nicht eingehalten werden können.
10. Abwasseremissionen (nicht Kühlwasser)
- Abwasser fällt nur bei Verwendung von Spülwasser oder bei Nassverfahren zur Abgasreinigung an. In diesen Fällen sollte das in ein Gewässer eingeleitete Abwasser mittels Schwermetallfällung, Neutralisation und Sandfiltration behandelt werden. Es werden TOC-Konzentrationen unter 20 mg C/l und Schwermetallkonzentrationen unter 0,1 mg/l (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) erreicht. Bei Einleitung des Abwassers in Oberflächengewässer ist auf den Salzgehalt zu achten. Kühlwasser kann im Kreislauf geführt werden.

Prinzipiell sind die unter Punkt 1 bis 10 aufgeführten Techniken unter Berücksichtigung des Vorworts sowohl bei neuen als auch bei bestehenden Anlagen anwendbar.

BVT für Pelletieranlagen (Kapitel 5)

Ein weiteres Verfahren zur Agglomeration eisenhaltiger Stoffe ist die Pelletierung. Während der Sinter aus mehreren Gründen praktisch immer im Hüttenwerk selbst hergestellt wird, werden Pellets zumeist am Abbauort oder im Versandhafen erzeugt. Deshalb gibt es in der EU nur eine Pelletieranlage, die zu einem integrierten Hüttenwerk gehört, und vier eigenständige Anlagen. Auch bei diesen Anlagen stellen die Abgasemissionen das dominierende Umweltproblem dar. Dies bedeutet, dass sich die Mehrzahl der beschriebenen und für die Charakterisierung als BVT in Frage kommenden Verfahren wie auch die Schlussfolgerungen sich auf die Abgasemissionen konzentrieren.

Für Pelletieranlagen gelten die folgenden Techniken oder Kombinationen von Techniken als BVT:

1. Wirksame Abscheidung von Staub, SO₂, HCl und HF aus dem Abgas des Härtebands durch:
 - Gaswäsche oder
 - Halbtrockene Entschwefelung und anschließende Entstaubung (z.B. Gassuspensionsabsorber (GSA) *oder* andere Vorrichtungen mit gleicher Wirksamkeit).Für die vorstehend genannten Parameter werden die folgenden Abscheideleistungen erreicht:
 - Staub: > 95 %; entspricht einer erreichbaren Konzentration von < 10 mg Staub/Nm³
 - SO₂: > 80 %; entspricht einer erreichbaren Konzentration von < 20 mg SO₂/Nm³
 - HF: > 95 %; entspricht einer erreichbaren Konzentration von < 1 mg HF/Nm³
 - HCl: > 95 %; entspricht einer erreichbaren Konzentration von < 1 mg HCl/Nm³
2. Die Belastung des durch die Abgaswäsche anfallenden Abwassers wird durch einen geschlossenen Wasserkreislauf, Schwermetallfällung, Neutralisation und Sandfiltration weitestgehend vermindert.
3. Verfahrensintegrierte Maßnahmen zur Senkung der NO_x-Emissionen:

Das Anlagenkonzept sollte so optimiert werden, dass die Abwärme zurückgewonnen und die NO_x-Emissionen an allen Feuerungsstellen (Härteband, wenn machbar, und Trocknung an den Zerkleinerungsmühlen) minimiert werden.

In einer Anlage mit Rostfeuerung, in der Magnetitierz eingesetzt wird, liegen die Emissionen unter 150 g NO_x/t Pellets. Für andere Anlagen (bestehende und neue, des gleichen oder eines anderen Typs mit Verarbeitung der gleichen oder anderer Rohstoffe) sind maßgeschneiderte Lösungen erforderlich, wobei die erreichbaren Reduzierungen des NO_x-Ausstoßes anlagenabhängig unterschiedlich sein können.

4. Weitestgehende Verminderung von NO_x-Emissionen durch geeignete Behandlungstechniken wie:
Selektive katalytische Reduktion oder ein anderes Verfahren, das eine Senkung der NO_x-Emissionen um wenigstens 80 % ermöglicht
Aufgrund der hohen Kosten sollte die Rauchgasentstickung nur dann zur Anwendung kommen, wenn die geforderten Werte für die Luftqualität ansonsten vermutlich nicht eingehalten werden können. Gegenwärtig verfügt keine kommerziell betriebene Pelletieranlage über ein System zur Entstickung.
5. Weitestgehende Verminderung von festen Abfällen/Nebenprodukten
Die folgende Techniken werden in der Reihenfolge abnehmender Priorität als BVT angesehen:
 - Minimierung des Anfalls von Abfällen
 - Wirksame Verwertung (Recycling oder Wiederverwendung) der festen Abfälle/Nebenprodukte
 - Kontrollierte Entsorgung unvermeidbarer Abfälle/Nebenprodukte
6. Rückgewinnung von Abwärme
Die meisten Pelletieranlagen weisen bereits eine hohe Energierückgewinnungsrate auf. Weitere Verbesserungen bedürfen zumeist maßgeschneiderter Verfahrenslösungen.

Prinzipiell sind die unter Punkt 1 bis 6 aufgeführten Techniken unter Berücksichtigung des Vorworts sowohl bei neuen als auch bei bestehenden Anlagen anwendbar.

BVT für Kokereien (Kapitel 6)

Koks wird als Haupt-Reduktionsmittel in Hochöfen benötigt. Auch in Kokereien stellen die Abgasemissionen das größte Umweltproblem dar. Dabei handelt es sich jedoch in vielen Fällen um diffuse Emissionen aus verschiedenen Quellen wie undichte Ofendeckel, Ofentüren und Arbeitstüren für die Planierstangen sowie Steigrohren und um Emissionen von bestimmten Vorgängen wie der Kohlebeschickung, dem Koksdrücken und Kokslöschen. Auch aus Kokereigasaufbereitungsanlagen rühren unkontrollierte, diffuse Emissionen her. Das Abgas der Unterfeuerung stellt die wichtigste Punktquelle für Abgasemissionen dar.

Vor dem Hintergrund dieser besonderen Emissionssituation werden dazu detaillierte Informationen zusammengestellt, die ein entsprechendes Verständnis ermöglichen. Folglich beziehen sich die als beste verfügbare Techniken in Frage kommenden Verfahren mehrheitlich auf die Verminderung der Abgasemissionen. Dem gleichmäßigen und störungsfreien Betrieb sowie der Wartung der Koksöfen kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.

Die Entschwefelung des Kokereigases hat eine große Bedeutung hinsichtlich der Reduzierung der SO₂-Emissionen. Dies betrifft nicht nur seine Verwendung für die Feuerung der Koksöfen, sondern auch seine Verwendung in anderen Anlagen, in denen das Kokereigas als Brennstoff eingesetzt wird.

Ein weiterer bedeutsamer Umweltaspekt in Kokereien ist die Abwasserentsorgung. Ausführliche Informationen geben ein umfassendes Bild. Es werden Verfahren zur weitestgehenden Verminderung der Schadstoffeinträge durch Abwassereinleitungen beschrieben.

Die daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen spiegeln die vorgenannten Problembereiche wieder. Aus diesem Grund ist darauf hinzuweisen, dass das Trockenlöschverfahren nicht allgemein als BVT gilt, sondern nur unter bestimmten Umständen.

Für Kokereien gelten die folgenden Techniken und Kombinationen von Techniken als BVT:

1. Allgemeines:
 - Umfangreiche Wartung der Ofenkammern, Ofentüren und Rahmendichtungen, Steigrohre, Beschickungsöffnungen und sonstiger Einrichtungen (planmäßiges Wartungsprogramm, das von speziell ausgebildeten Wartungstechnikern durchzuführen ist)
 - Reinigung von Türen, Rahmendichtungen, Beschickungsöffnungen, Deckeln und Steigrohren nach Benutzung
 - Sicherung eines ungehinderten Gasstroms im Koksofen

2. Beschicken:

- Beschicken mittels Chargierwagen
Durch die integrierte Sichtweise werden die „rauchlose“ oder Wechselbeschickung mit Doppelsteigrohren oder Verteilerrohren bevorzugt, da in diesem Fall alle Gase und der Staub in die Kokereigasaufbereitung einbezogen werden. Bei Absaugung und Aufbereitung der Gase außerhalb des Koksofens erfolgt zumeist eine separate Aufbereitung der abgesaugten Gase. Die Aufbereitung sollte eine effektive Absaugung und anschließende Verbrennung und Reinigung mittels Gewebefilter umfassen. Damit sind spezifische Gesamtstaubemissionen < 5 g/t Koks erreichbar.

3. Verkokung:

Eine Kombination der folgenden Maßnahmen sollte praktiziert werden:

- Reibungsloser und störungsfreier Koksofenbetrieb unter Vermeidung größerer Temperaturschwankungen
- Bei Einsatz federbelasteter Türen mit elastischer Dichtung oder Türen mit Schneidkantenprofil (bei einer Ofenhöhe ≤ 5 m und ordnungsgemäßer Wartung) sind folgende Werte erreichbar:
 - < 5 % sichtbare Emissionen (Häufigkeit von Undichtheiten bezogen auf die Gesamtzahl der Türen) von allen Türen bei neuen Anlagen *und*
 - < 10 % sichtbare Emissionen von allen Türen bei bestehenden Anlagen
- Wasserabgedichtete Steigrohre, die eine Senkung der sichtbaren Emissionen von allen Rohren auf unter 1 % ermöglichen (Häufigkeit von Undichtheiten, bezogen auf die Gesamtzahl der Steigrohre)
- Abdichtung der Beschickungsöffnungen mit einer Tonsuspension (oder einem anderen geeigneten Dichtstoff), wodurch eine Senkung der sichtbaren Emissionen von allen Öffnungen auf unter 1 % erzielt werden können (Häufigkeit von Undichtheiten, bezogen auf die Gesamtzahl der Steigrohre)
- Abdichtung der Arbeitstüren für die Planierstange mit einem Dichtungspaket, wodurch sichtbare Emissionen unter 5 % erreicht werden können

4. Feuerung:

- Verwendung von entschwefeltem Kokereigas
- Vermeidung von Undichtigkeiten zwischen der Ofenkammer und der Heizkammer durch bestimmungsgemäßen Koksofenbetrieb und
- Reparatur von Undichtigkeiten zwischen Ofenkammer und Heizkammer und
- Anwendung von Verfahren mit geringer NO_x-Emission bei der Errichtung neuer Anlagen wie der stufenweisen Verbrennung (in neuen/modernen Anlagen sind Emissionswerte zwischen 450 und 700 g/t Koks bzw. 500 und 770 mg/Nm³ erreichbar)
- Aufgrund der hohen Kosten wird die Rauchgasentstickung (z.B. SCR) nur in neuen Anlagen angewendet, wenn die geforderten Werte für die Luftqualität ansonsten vermutlich nicht erreicht werden können.

5. Koksdrücken:

- Absaugung mit (integrierter) Haube an der Kokstransportmaschine und separate Aufbereitung der abgesaugten Gase mit Gewebefilter sowie Einsatz von Einpunktlöschwagen, wobei weniger als 5 g Staub/t Koks (Emissionen über den Kamin) erreicht werden.

6. Löschen:

- Emissionsarmes Nasslösen mit weniger als 50 g Staub/t Koks (Bestimmung nach der VDI-Methode). Zum Löschen wird kein Prozesswasser verwendet, das beträchtliche organische Belastungen aufweist (wie ungereinigtes Kokereiabwasser, Abwasser mit hohem Kohlenwasserstoffgehalt etc.).
- Trockenlösen von Koks mit Wärmerückgewinnung und Staubabscheidung mittels Gewebefilter bei der Beschickung, beim Umschlag und beim Sieben. Angesichts der derzeitigen Energiepreise in der EU und bei Abwägung des Verhältnisses zwischen den Investitions-/Betriebskosten und dem Nutzen für die Umwelt sind der Anwendung des Trockenlöschverfahrens deutliche Grenzen gesetzt. Ferner sind Einsatzmöglichkeiten für die gewonnene Energie erforderlich.

7. Entschwefelung von Kokereigas:
- Entschwefelung durch Absorptionssysteme (H_2S -Gehalt von 500-1000 mg $\text{H}_2\text{S}/\text{Nm}^3$) oder
 - Oxidative Entschwefelung ($< 500 \text{ mg } \text{H}_2\text{S}/\text{Nm}^3$), vorausgesetzt, dass Verlagerungseffekte durch toxische Stoffe vermindert werden.
8. Gasdichter Betrieb der Kokereigasaufbereitungsanlage:
Es sind alle Maßnahmen, die einen im wesentlichen gasdichten Betrieb der Kokereigasaufbereitungsanlage ermöglichen, in Betracht zu ziehen:
- Wenn irgend möglich Minimierung der Anzahl der Flansche durch Verwendung geschweißter Rohrverbindungen,
 - Einsatz gasdichter Pumpen (z.B. Magnetpumpen)
 - Vermeidung von Emissionen aus den Druckventilen der Vorratsbehälter durch Anschluss des Ventilausgangs an die Kokereigassammelleitung (oder durch Speicherung und anschließende Verbrennung der Gase)
9. Vorbehandlung des Abwassers:
- Wirksame Ammoniak-Strippung unter Verwendung von alkalischen Stoffen
Die Stripp-Leistung ist in Verbindung mit der sich anschließenden Abwasserreinigung zu sehen. Erreichbar sind NH_3 -Konzentrationen im gestrippten Abwasser von 20 mg/l.
 - Teerabscheidung
10. Abwasserreinigung
Biologische Abwasserreinigung mit integrierter Nitrifikation/Denitrifikation, wobei die folgenden Werte erreicht werden:
- | | |
|---|-------------|
| - CSB-Eliminationsleistung: | > 90 % |
| - Sulfid: | < 0,1 mg/l |
| - PAK (6 Borneff): | < 0,05 mg/l |
| - CN^- : | < 0,1 mg/l |
| - Phenole: | < 0,5 mg/l |
| - Summe aus NH_4^+ , NO_3^- und NO_2^- : | < 30 mg N/l |
| - Schwebstoffe: | < 40 mg/l |
- Die obigen Konzentrationen beruhen auf einem spezifischen Abwasserstrom von 0,4 m³/t Koks.

Mit Ausnahme der NO_x -armen Verfahren, die nur für neue Anlagen geeignet sind, lassen sich die unter Punkt 1 bis 10 aufgeführten Techniken unter Berücksichtigung des Vorworts sowohl bei neuen als auch bei bestehenden Anlagen anwenden.

BVT für Hochöfen (Kapitel 7)

Der Hochofenprozess ist nach wie vor das weitaus wichtigste Verfahren zur Erzeugung von Roheisen aus Erzen. Aufgrund der großen zugeführten Reduktionsmittelmengen (zumeist Koks und Kohle) hat dieses Verfahren den größten Anteil am Gesamtenergieverbrauch eines integrierten Hüttenwerks.

Es treten Emissionen in alle Umweltmedien auf. Diese werden detailliert beschrieben. Die beschriebenen und für die Charakterisierung als beste verfügbare Techniken in Frage kommenden Verfahren umfassen all diese Aspekte einschließlich der Minimierung des Energieeinsatzes. Die Schlussfolgerungen beziehen sich zumeist auf die Verminderung der Staubemissionen der Gießhalle, die Aufbereitung der Abwässer der Hochofengaswäscher, die Verwertung von Schlacke und Staub/Schlamm und schließlich auf die Minimierung des Energieverbrauchs und die Verwendung von Hochofengas.

Bei den Hochöfen gelten die folgenden Techniken und Kombinationen von Techniken als BVT.

1. Rückgewinnung von Gichtgas bzw. Hochofengas
2. Direkteinblasen von Reduktionsmitteln
So hat sich z.B. eine Einblasmenge von 180 kg Kohlenstaub/t Roheisen bereits bewährt, es können jedoch auch größere Mengen eingeblasen werden.

3. Energiegewinnung durch eine Gichtgasentspannungsturbinen bei entsprechenden Voraussetzungen
4. Winderhitzer
 - Erreichbar sind Staubkonzentrationen unter 10 mg/Nm^3 und NO_x -Konzentrationen unter 350 mg/Nm^3 (bezogen auf einen Sauerstoffgehalt von 3 %).
 - Energieeinsparungen bei entsprechender Konstruktionsausführung
5. Verwendung teerfreier Abstichrinnenauskleidungen
6. Aufbereitung von Hochofengas mit leistungsfähiger Entstaubung

Grobe Staubpartikeln werden vorzugsweise mittels Trockenabscheidung (z.B. Umlenkabscheider) abgeschieden und sollten der Wiederverwendung zugeführt werden. Im Anschluss daran erfolgt die Abscheidung der feinen Staubpartikeln in

 - einem Gaswäscher *oder*
 - einem Nass-E-Filter *oder*
 - nach einem anderen Verfahren mit gleicher Leistung.

Erreicht werden kann eine Reststaubkonzentration unter 10 mg/Nm^3 .
7. Entstaubung der Gießhalle (Abstichöffnungen, Gießrinnen, Schlackenabscheider, Befüllen der Torpedopfannen)

Durch Abdecken der Gießrinnen und Absaugen der Emissionsquellen sowie Reinigung mittels Gewebefilter oder E-Filter lassen sich die Emissionen vermindern. Auf diese Art und Weise sind Staubkonzentrationen von $1\text{-}15 \text{ mg/Nm}^3$ erreichbar. Bei den unkontrollierten Emissionen können Werte zwischen 5 und $15 \text{ g Staub/t Roheisen}$ erreicht werden. Somit ist wichtig, dass ein möglichst hoher Anteil der Abgase zwecks Aufbereitung erfasst wird.

Unterdrückung der Rauchbildung durch Stickstoff (unter besonderen Bedingungen, z.B. bei geeigneter Auslegung des Abstichbereichs und Verfügbarkeit von Stickstoff)
8. Aufbereitung des Abwassers aus der Gichtgasaufbereitung:
 - a. Weitestgehende Wiederverwendung des Waschwassers
 - b. Koagulation/Sedimentation der Schwebstoffe (im Jahresdurchschnitt ist ein Restschwebstoffgehalt unter 20 mg/l erreichbar, im Einzelfall kann der Wert bis zu 50 mg/l am Tag betragen)
 - c. Hydrozyklonierung zur Aufbereitung von Schlamm aus der Gichtgasaufbereitung mit anschließender Wiederverwendung der grobkörnigen Fraktion, sofern die Korngrößenverteilung eine sinnvolle Abscheidung ermöglicht.
9. Minimierung der bei der Schlackenaufbereitung entstehenden Emissionen und der auf Deponien zu entsorgenden Schlackenmengen

Schlackenaufbereitung vorzugsweise durch Granulation bei entsprechenden Marktbedingungen Schwadenkondensation bei erforderlicher Geruchsreduzierung

Bei Erzeugung von Grubenschlacke sollte die Fremdkühlung mit Wasser auf ein Mindestmaß beschränkt oder ganz vermieden werden, wenn dies möglich ist und die räumlichen Bedingungen keine andere Kühlart zulassen.
10. Weitestgehende Verminderung von festen Abfällen/Nebenprodukten

Die folgende Techniken werden in der Reihenfolge abnehmender Priorität als BVT angesehen:

 - a. Minimierung des Anfalls von Abfällen
 - b. Effektive Verwendung (Recycling oder Wiederverwendung) fester Abfälle/Nebenprodukte; insbesondere Recycling des bei der Gichtgasaufbereitung entstehenden Grobstaubs und des beim Entstauben der Gießhalle anfallenden Staubs, 100%ige Wiederverwendung der Schlacke (z.B. in der Zementindustrie oder im Straßenbau)
 - c. Kontrollierte Entsorgung unvermeidbarer Abfälle/Nebenprodukte (Feinschlammfraktion aus der Gichtgasaufbereitung, Teil des anfallenden Bruchmaterials)

Prinzipiell sind die unter Punkt 1 bis 10 aufgeführten Techniken unter Berücksichtigung des Vorworts sowohl bei neuen als auch bestehenden Anlagen anwendbar.

BVT für die Stahlerzeugung nach dem Sauerstoffaufblasverfahren und für das Gießen (Kapitel 8)

Beim Sauerstoffaufblasverfahren werden die im heißen Roheisen enthaltenen unerwünschten Verunreinigungen oxidiert. Das Verfahren umfasst die Vorbehandlung des heißen Roheisens, den Oxidationsprozess im Oxygenkonverter, die Sekundärmetallurgie und das Gießen (Strang- und/oder Blockguss). Die Hauptumweltprobleme sind die Abgasemissionen aus den einzelnen beschriebenen Quellen und die verschiedenen festen Abfälle/Nebenprodukte. Ferner entsteht Abwasser bei der Nassentstaubung (wenn das Verfahren angewendet wird) und beim Strangguss. Folglich betreffen die beschriebenen, als beste verfügbare Techniken in Frage kommenden Techniken diese Aspekte sowie die Rückgewinnung des Oxygenkonvertergases. Die Schlussfolgerungen betreffen in erster Linie die Reduzierung der Staubemissionen aus verschiedenen Quellen und Maßnahmen zur Wiederverwendung/Verwertung von festen Abfällen/Nebenprodukten, das Abwassers aus der Nassentstaubung und die Rückgewinnung von Oxygenkonvertergas.

Für die Stahlerzeugung nach dem Sauerstoffaufblasverfahren und für den Strang- oder Blockguss gelten die folgenden Techniken und Kombinationen von Techniken als BVT:

1. Minderung der bei der Vorbehandlung des flüssigen Roheisens auftretenden Staubemissionen (einschließlich Roheisen-Transportprozesse, Entschwefelung und Entschlackung) durch:
 - effektive Absaugung;
 - anschließende Reinigung mittels Gewebefilter oder E-Filter
 Bei Einsatz von Gewebefiltern sind Emissionen von 5 bis 15 mg/Nm³ und bei E-Filtern von 20 bis 30 mg/Nm³ erreichbar.

2. Rückgewinnung von Konvertergas und Primärentstaubung durch:
 - unterdrückte Verbrennung *und*
 - Einsatz von trockenen E-Filtern (bei neuen und bestehenden Anlagen) *oder*
 - nasse Gaswäsche (bei bestehenden Anlagen).

Das gesammelte Konvertergas wird gereinigt und für die spätere Verwendung als Brennstoff gespeichert. In einigen Fällen ist eine Rückgewinnung von Konvertergas aus wirtschaftlichen Gründen nicht zu empfehlen bzw. aus energiewirtschaftlicher Sicht nicht möglich; es kann dann verbrannt und zur Dampferzeugung verwendet werden. Die jeweils angewendete Art der Verbrennung (vollständige oder unterdrückte Verbrennung) hängt von der lokalen energiewirtschaftlichen Situation ab.

Die gesammelten Stäube und/oder Schlämme sollten weitestgehend wiederverwendet werden. Dabei ist ihr im allgemeinen recht hoher Zinkgehalt zu beachten. Besondere Aufmerksamkeit ist auf die Staubemissionen aus der Lanzenöffnung zu richten. Während des Aufblasprozesses ist diese Öffnung abzudecken, und, wenn erforderlich, sollte zur Vermeidung von Staubemissionen Inertgas in die Lanzenöffnung eingeblasen werden.

3. Sekundärentstaubung durch:
 - Wirksame Absaugung während der Beschickung und beim Abstich mit anschließender Reinigung mittels Gewebefilter oder E-Filter oder eines anderen Verfahrens mit gleicher Reinigungsleistung. Erreichbar ist eine Abscheideleistung von etwa 90 %. Bei Einsatz von Schlauchfiltern ergibt sich ein Reststaubgehalt von 5-15 mg/Nm³ und bei E-Filtern von 20-30 mg/Nm³. Zu beachten ist der im allgemeinen recht hohe Zinkgehalt des Staubs.
 - Effektive Absaugung während des Roheisentransports (Umfüllvorgänge), beim Abschlacken des Flüssigmetalls und bei der Sekundärmetallurgie mit anschließender Reinigung mittels Gewebefilter oder eines anderen Verfahrens gleicher Leistung. Dabei sind Emissionswerte unter 5 g/t Flüssigstahl erreichbar.
Unterdrückung der Rauchbildung beim Umfüllen des flüssigen Roheisens aus der Torpedopfanne (oder dem Flüssigmetallmischer) in die Chargierpfanne mit Hilfe von Inertgas zwecks Minimierung der Rauch-/Stauberzeugung
4. Verminderung/Vermeidung des bei der Primärentstaubung von Konvertergas entstehenden Abwassers mittels der folgenden Maßnahmen:
 - Trockenreinigung von Konvertergas bei entsprechenden räumlichen Voraussetzungen
 - Weitestgehende Wiederverwendung des Waschwassers (z.B. durch Zuführung von CO₂ im Falle unterdrückter Verbrennung)

- Koagulation und Sedimentation von Schwebstoffen; erreichbar ist ein Schwebstoffgehalt von 20 mg/l
5. Reduzierung des bei der Direktkühlung an den Stranggussmaschinen anfallenden Abwassers durch:
- Weitestgehende Wiederverwendung von Prozess- und Kühlwasser
 - Koagulation und Sedimentation von Schwebstoffen
 - Ölabscheidung unter Verwendung von Tanks mit Skimmern oder anderer geeigneter Einrichtungen
6. Minimierung des Anfalls von festen Abfällen/Nebenprodukten
- Bezüglich des Anfalls von festen Abfällen werden folgende Techniken in der Reihenfolge abnehmender Priorität als BVT angesehen:
- Minimierung des Anfalls von Abfällen
 - Wirksame Verwertung (Recycling oder Wiederverwendung) fester Abfälle/Nebenprodukte; insbesondere Recycling von Konverterschlacke und von Grob- und Feinstaub aus der Konvertergasaufbereitung
 - Kontrollierte Entsorgung unvermeidbarer Abfälle

Prinzipiell sind die unter Punkt 1 bis 6 aufgeführten Techniken unter Berücksichtigung des Vorworts sowohl bei neuen als auch bei bestehenden Anlagen anwendbar (sofern nicht anders angegeben).

BVT für die Stahlerzeugung nach dem Lichtbogenverfahren und das Gießen (Kapitel 9)

Das Direktschmelzen eisenhaltiger Ausgangsstoffe, insbesondere von Schrott, erfolgt im allgemeinen in Lichtbogenöfen. Diese haben einen hohen Elektroenergieverbrauch, verursachen sehr hohe Schadstoffemissionen in die Luft und erzeugen große Mengen an festen Abfällen/Nebenprodukten, zumeist in Form von Filterstaub und Schlacke. Die Luftemissionen des Ofens enthalten zahlreiche anorganische Verbindungen (Eisenoxidstaub und Schwermetalle), aber auch organische Verbindungen wie wichtige organische Chlorverbindungen (Chlorbenzol, PCB und PCDD/F). Diese Verfahren finden bei der Bestimmung der BVT Berücksichtigung und entsprechende Beachtung. Abschließend kann festgestellt werden, dass die emittierten Stäube und PCDD/F die wichtigsten Schadstoffe in die Luft sind. Die Schrottvorwärmung zählt ebenso wie die Wiederverwendung/Verwertung von Schlacke und Staub zu den besten verfügbaren Techniken.

Bei der Stahlerzeugung nach dem Lichtbogenverfahren und für das Gießen gelten die folgenden Techniken und Kombinationen von Techniken als beste verfügbare Techniken.

1. Wirksamkeit der Stauberfassung
 - Bei einer Kombination aus direkter Abgasabsaugung (4. oder 2. Deckelloch) und Absaughaubensystem *oder*
 - Einhausung und Absaughaubensystem *oder*
 - Gesamtgebäudeabsaugungsind 98 % der Primär- und Sekundärstaubemissionen des Elektrolichtbogenofens erfassbar.
2. Abgasentstaubung durch:
 - Gut konzipierte Gewebefilter gewährleisten bei neuen Anlagen einen Staubgehalt der gereinigten Abgase von weniger als 5 mg/Nm³ und bei bestehenden Anlagen von unter 15 mg/Nm³, wobei die genannten Werte Tagesmittelwerte sind.Die weitestgehende Verminderung des Staubgehalts geht mit einer Minimierung der Schwermetallemissionen einher; ausgenommen sind die in der Gasphase enthaltenen Schwermetalle wie Quecksilber.
3. Weitestgehende Verminderung der Emissionen organischer Chlorverbindungen, insbesondere PCDD/F und PCB, durch:
 - Geeignete Nachverbrennung im Abgasleitungssystem oder in einer separaten Nachverbrennungskammer mit anschließendem schnellen Quenchen zwecks Verhinderung einer de-novo Synthese *und/oder*
 - Einblasen von Braunkohlekoksstaub in die Abgasleitung vor den Gewebefiltern

Erreichbar sind PCDD/F-Konzentrationen von 0,1 - 0,5 ng I-TEQ/Nm³.

4. Schrottvorwärmung (in Verbindung mit Punkt 3) zwecks Rückgewinnung der Abwärme aus den Primärabgasen
 - Bei Vorwärmung eines Teils des Schrotts können etwa 60 kWh/t und bei Vorwärmung der gesamten Schrottmenge bis zu 100 kWh/t Flüssigstahl eingespart werden. Die Eignung dieses Verfahrens hängt von den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten ab und ist für jede einzelne Anlage zu prüfen. Bei der Schrottvorwärmung ist zu beachten, dass möglicherweise erhöhte Emissionen organischer Schadstoffe auftreten.
5. Minimierung der anfallenden Mengen fester Abfälle/Nebenprodukte

Bezüglich des Anfalls von festen Abfällen werden folgende Techniken in der Reihenfolge abnehmender Priorität als BVT angesehen:

 - Minimierung des Anfalls von Abfällen
 - Verringerung des Abfallanfalls durch Recycling von Schlacken und Filterstäuben aus dem Elektrolichtbogenofen. In Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten kann der Filterstaub zwecks Zinkanreicherung auf bis zu 30 % dem Elektrolichtbogenofen wieder zugeführt werden. Filterstaub mit einem Zinkgehalt über 20 % kann in der Nichteisenmetallindustrie eingesetzt werden.
 - Filterstäube aus der Erzeugung hoch legierter Stähle können zur Rückgewinnung der Legierungsmetalle aufbereitet werden.
 - Die anfallenden Mengen unvermeidbarer oder nichtrecyclingfähiger fester Abfälle sind auf ein Mindestmaß zu senken. Ist eine Minimierung der anfallenden Mengen/Wiederverwendung nicht möglich, kann nur eine kontrollierte Entsorgung erfolgen.
6. Abwasseremissionen
 - Geschlossener Wasserkühlkreis für die Kühlung der Ofenanlagen
 - Abwasser vom Strangguss
 - Weitestgehende Wiederverwendung des Kühlwassers
 - Fällung/Sedimentation der Schwebstoffe
 - Ölabscheidung in Behältern oder anderen geeigneten Vorrichtungen

Prinzipiell sind die unter Punkt 1 bis 6 aufgeführten Verfahren unter Beachtung des Vorworts sowohl bei neuen als auch bei bestehenden Anlagen anwendbar.

Konsens

Das vorliegende Referenzdokument zeichnet sich durch ein hohes Maß an Konsens aus. Die Diskussionen im Rahmen der technischen Arbeitsgruppen (TWG) und des Informationsaustauschforums (IEF) ergaben keine gegenteiligen Auffassungen. Das Dokument erfreut sich breiter Zustimmung.