

ZUSAMMENFASSUNG

Das vorliegende BVT-Merkblatt (Referenzdokument über die besten verfügbaren Techniken) mit dem Titel „Beste verfügbare Techniken für die Herstellung anorganischer Spezialchemikalien“ (*Reference Document on Best Available Technique for the Production of Speciality Inorganic Chemicals = SIC*) ist das Ergebnis der Arbeit einer technischen Arbeitsgruppe (TAG) europäischer Sachverständiger zur Ermittlung der besten verfügbaren Techniken für die Herstellung dieser Chemikalien. Das Dokument beruht auf einem Informationsaustausch nach Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie 96/61/EWG des Rates über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie).

Die vorliegende Zusammenfassung beschreibt die wichtigsten Ergebnisse, die wesentlichen Schlussfolgerungen zu den BVT und den damit verbundenen Verbrauchs- und Emissionswerten. Sie sollte im Zusammenhang mit dem Vorwort gelesen werden, in dem die Zielsetzungen des Dokuments, die beabsichtigte Verwendung und der rechtliche Rahmen erläutert werden.

Die Zusammenfassung kann als eigenständiges Dokument gelesen und verstanden werden, das jedoch nicht die gesamte Vielschichtigkeit der vollständigen Fassung des Referenzdokuments widerspiegelt. Sie stellt daher keinen Ersatz für die vollständige Textversion des Dokuments dar, bei dem es sich um ein Hilfsmittel zur Beurteilung der BVT handelt

Anwendungsbereich des Dokuments

Zusammen mit den anderen BVT-Merkblättern in der Reihe soll das vorliegende Dokument die in Anhang I Abschnitt 4 der IVU-Richtlinie „Chemische Industrie“ beschriebenen Tätigkeiten behandeln. Innerhalb der chemischen Industrie konzentriert sich das Dokument auf den Bereich „Anorganische Spezialchemikalien“ (SIC).

Da die IVU-Richtlinie keine Begriffsbestimmung zu SIC enthält und der Begriff in der Industrie unterschiedlich ausgelegt wird, werden in diesem Dokument Kriterien zur Unterscheidung zwischen SIC und anorganischen Grundchemikalien (Large Volume Inorganic Chemicals - LVIC) vorgeschlagen. Ferner wurde für den Zweck dieses Dokuments die folgende Arbeitsdefinition für SIC verwendet:

„Anorganische Spezialchemikalien (SIC) bezeichnen anorganische Stoffe, die mittels chemischer Prozesse – in der Regel in relativ kleinen Mengen – industriell hergestellt werden. Die jeweiligen Spezifikationen (d. h. Reinheit) richten sich dabei nach den konkreten Anforderungen eines Anwenders oder eines Industriesektors (z. B. pharmazeutische Industrie).“

Angesichts der enormen Vielzahl der SIC sowie der damit verbundenen Rohstoffe und Herstellungstechniken beschränkt sich das vorliegende Dokument zur Veranschaulichung auf eine begrenzte Zahl von SIC-Gruppen und legt BVT für jede dieser konkreten Gruppen fest. Aus den Beispielgruppen und den jeweiligen konkreten Schlussfolgerungen zu den BVT leitet das vorliegende Dokument generische (oder allgemeine) Schlussfolgerungen zu den BVT ab, bei denen man davon ausgeht, dass sie sich auf die Herstellung einer breiteren Palette von SIC anwenden lassen. Bei den in diesem Dokument erarbeiteten Beispielgruppen handelt es sich um anorganische Spezialpigmente, Phosphorverbindungen, Silikone, anorganische Explosivstoffe und Cyanide. Der Informationsaustausch über lösliche anorganische Nickelsalze konnte nicht in dem Umfang durchgeführt werden, dass hieraus Schlussfolgerungen zu BVT gezogen werden konnten. Als Folge dessen wurde der Abschnitt über anorganische Nickelsalze aus dem Dokument herausgenommen.

Der SIC-Sektor

Genauere Umsatzzahlen für die SIC-Industrie können nicht angegeben werden, da es keine gemeinsame Begriffsbestimmung für SIC gibt. Man geht jedoch davon aus, dass in Europa auf den SIC-Sektor zwischen 10 und 20 % des Gesamtumsatzes der chemischen Industrie entfallen und dass der Umsatz leicht ansteigt.

Der SIC-Sektor zeichnet sich durch Diversität und Zersplitterung aus. In ganz Europa werden Tausende von SIC-Erzeugnissen unter Verwendung einer enormen Vielzahl von Rohstoffen und Produktionstechniken hergestellt. Bei SIC-Anlagen handelt es sich generell um kleine bis mittelgroße Anlagen, die im kontinuierlichen Betrieb oder im Batch-Betrieb arbeiten. Manche SIC-Anlagen stellen lediglich eine Form von SIC her, während es sich bei anderen um Mehrzweckanlagen handelt, in denen sich zahlreiche verschiedene SIC herstellen lassen. Unternehmen jeder Größe (von sehr groß bis sehr klein) stellen SIC in Einzelanlagen oder in Anlagen her, die Teil eines größeren Industriekomplexes sind.

Die Produktion in Europa ist – bis auf einige Ausnahmen wie beispielsweise die Erzeugung von Explosivstoffen und Pigmenten – allgemein hoch automatisiert und computergesteuert. Der SIC-Sektor zeichnet sich durch intensiven Wettbewerb und Geheimhaltung aus, da die Unternehmen eher Nischenmärkte entwickeln und auf ihren Wettbewerbsvorteil konzentriert sind. Der Wettbewerb ist eher durch Qualität als durch den Preis geprägt.

Entscheidende Umweltaspekte

Aufgrund der Vielzahl der hergestellten Chemikalien kann prinzipiell jeder Stoff potenziell in jedes Medium freigesetzt werden. Dessen ungeachtet umfassen die allgemeinen Umweltaspekte im SIC-Sektor insgesamt Partikelemissionen in die Luft (hauptsächlich Staub und Schwermetalle), Abwässer mit hohem CSB und hoher Schwermetall- und/oder Salzbelastung sowie den Energie- und Wasserverbrauch. Die enorme Vielfalt der möglicherweise hergestellten und verarbeiteten (auch emittierten) Stoffe in SIC-Anlagen umfasst auch extrem schädliche Verbindungen mit toxischen oder kanzerogenen Eigenschaften (z. B. Cyanide, Kadmium, Blei, Chrom (VI), Arsen). Ferner zählen zu den SIC auch Explosivstoffe. Gesundheit und Sicherheit sind daher wesentliche Aspekte bei der Herstellung von SIC. Wie anhand der Beispielgruppen in diesem Dokument veranschaulicht, sind jedoch für einzelne SIC-Anlagen nur einige dieser Aspekte relevant. Die Qualität der Fertigerzeugnisse und die Reinheit der Rohstoffe sind wichtige Faktoren, die Einfluss auf die Umweltverträglichkeit des SIC-Sektors haben.

Allgemein angewandte Techniken, Verbrauchs- und Emissionswerte

Auch wenn die Produktionsprozesse für SIC extrem vielfältig und gelegentlich äußerst komplex sind (z. B. im Fall von Silikonen), bestehen sie normalerweise aus einer Kombination einfacherer Aktivitäten (oder Prozessschritte) und Vorrichtungen. Zu diesen Aktivitäten zählen das Auflösen der Rohstoffe, das Vermischen, die Synthese/Reaktion oder Kalzinierung, Waschen, Trocknen, Zerkleinern/Mahlen (nass oder trocken), Sieben, Kondensation, Destillation, Verdampfung, Filtration, Hydrolyse, Extraktion, Verdichtung, Granulation und Briquetting. Diese Prozessschritte lassen sich in fünf allgemeine Prozessstufen einteilen, die die Kernaktivitäten eines Produktionsprozesses für SIC bilden: Bereitstellung von Roh- und Hilfsstoffen sowie deren Handhabung und Vorbereitung, Synthese/Reaktion/Kalzinierung, Produkttrennung und -reinigung, Lagerung und Behandlung des Erzeugnisses sowie die Minderung von Emissionen. Das vorliegende Dokument beleuchtet diese Aktivitäten und allgemeinen Prozessstufen und geht auf die jeweiligen Umweltaspekte ein. Außerdem beschreibt das Dokument in Kürze die allgemein im SIC-Sektor verwendete Prozessausstattung und -infrastruktur sowie die Merkmale seiner Energieversorgung und des Energiemanagements.

Allgemeine Verbrauchs- und Emissionswerte für den gesamten SIC-Sektor lassen sich nur schwer angeben, da die Verbrauchs- und Emissionswerte für jeden SIC-Produktionsprozess

spezifisch sind. Daher werden in dem vorliegenden Dokument lediglich einige wenige Beispielprozesse der SIC-Herstellung untersucht. Stattdessen beinhaltet das Dokument eine Checkliste der möglichen Emissionsquellen und -komponenten, die für die Beurteilung eines beliebigen SIC-Herstellungsprozesses herangezogen werden kann

Bei der Ermittlung der BVT zu berücksichtigende allgemeine Techniken

Die allgemeinen Techniken, die für die Ermittlung der BVT für den gesamten SIC-Sektor in Betracht gezogen wurden, werden generell in Übereinstimmung mit dem allgemeinen Ansatz dargestellt, um einen SIC-Produktionsprozess zu verstehen. Jede Technik wird nach demselben Schema dargestellt, um ihre Bewertung zu vereinfachen und – soweit möglich – Vergleiche zwischen den Techniken anstellen zu können.

Die Mehrzahl der allgemeinen Techniken wird auch in anderen Sektoren der chemischen Industrie eingesetzt und – in der Regel ausführlicher – in anderen BVT-Merkblättern (insbesondere im BVT-Merkblatt zu Abwasser- und Abgasbehandlung/-management in der chemischen Industrie) beschrieben.

Allgemeine beste verfügbare Techniken (BVT)

In dem vorliegenden Dokument werden beste verfügbare Techniken (BVT) auf zwei Ebenen beschrieben: allgemeine BVT, die für den gesamten SIC-Sektor gelten, sowie spezielle BVT, die für die Beispielgruppen ausgewählter SIC gelten. Die BVT für einen anorganischen chemischen Stoff, der zu einer der SIC-Beispielgruppen gehört, setzen sich daher aus allgemeinen BVT-Elementen und speziellen, in diesem Dokument aufgeführten BVT-Elementen zusammen. Für die Herstellung von SIC, die nicht zu einer der SIC-Beispielgruppen gehören, gelten lediglich die allgemeinen Elemente.

Neben den BVT, auf die in diesem Dokument verwiesen wird, können BVT für SIC-Anlagen auch bestimmte Elemente anderer IVU-Dokumente wie den BVT-Merkblättern zur Lagerung gefährlicher Substanzen und staubender Güter sowie zu Abwasser- und Abgasbehandlung/-management in der chemischen Industrie enthalten.

In Bezug auf das letztgenannte BVT-Merkblatt sind folgende Punkte zu beachten:

- Das BVT-Merkblatt über SIC geht ausführlicher auf die Anwendung einiger im BVT-Merkblatt zu Abwasser- und Abgasbehandlung/-management in der chemischen Industrie aufgeführten Techniken für die Produktion anorganischer Spezialchemikalien ein.
- Um beim Lesen dieses Dokuments nicht ständig auf das BVT-Merkblatt zu Abwasser- und Abgasbehandlung/-management in der chemischen Industrie zurückgreifen zu müssen, werden die sowohl im SIC-Sektor als auch in anderen Sektoren der chemischen Industrie verwandten Techniken hier kurz beschrieben. Ausführlichere Informationen findet der Leser im BVT-Merkblatt zu Abwasser- und Abgasbehandlung/-management in der chemischen Industrie.

Die für die allgemeinen BVT erzielten wesentlichen Schlussfolgerungen werden im Folgenden zusammengefasst

Bereitstellung von Roh- und Hilfsstoffen, Lagerung, Umschlag und Vorbereitung

BVT ist eine Verringerung des Aufkommens entsorgter Verpackungsmaterialien, z. B. durch das Rezyklieren „harter“ und „weicher“ gebrauchter Verpackungsmaterialien, sofern nicht Sicherheits- oder Gefahrenüberlegungen dagegen sprechen.

Synthese/Reaktion/Kalzination

BVT ist eine Verringerung der Emissionen und der erzeugten Rückstände durch eine oder eine Kombination von folgenden Maßnahmen: Verwendung von Ausgangsstoffen mit einem hohen Reinheitsgrad, Verbesserung der Reaktoreffizienzen, Verbesserung der Katalysatorsysteme.

Bei diskontinuierlichen Prozessen ist BVT eine Optimierung der Ausbeute, eine Verringerung der Emissionen und eine Reduzierung des Abfallaufkommens durch sequenzierte Zugabe der Reaktionspartner und Reagenzien. BVT für diskontinuierliche Prozesse ist weiterhin eine Minimierung der Reinigungsvorgänge durch optimierte Abläufe bei der Addition von Roh- und Hilfsstoffen.

Produktumschlag und -lagerung

BVT ist eine Verringerung der erzeugten Reststoffe, z. B. durch Verwendung von Mehrwegbehältnissen/-trommeln für den Produkttransport.

Minderung von Abgasemissionen

Das vorliegende Dokument enthält Schlussfolgerungen bezüglich BVT und den damit verbundenen Emissionswerten für die Behandlung von HCN, NH₃, HCl und Staub. Beispielsweise ist BVT für Staub eine Minimierung der Gesamtstaubemissionen in Abgasen sowie die Erreichung von Emissionswerten im Bereich von 1 – 10 mg/Nm³ durch Anwendung von in diesem Dokument beschriebenen Techniken. Das untere Ende des Bereichs lässt sich durch die Verwendung von Gewebefiltern in Kombination mit anderen Minderungstechniken erreichen. Je nach Trägergas und Staubeigenschaften kann der Wertebereich jedoch höher liegen. Nicht immer ist die Verwendung von Gewebefiltern möglich, z. B. wenn andere Schadstoffe als Staub entfernt werden müssen oder wenn die Abgase feuchte Bedingungen aufweisen. Der rückgewonnene/entfernte Staub wird, soweit möglich, der Produktion wieder zugeführt. Das Waschmedium wird, soweit möglich, rezykliert..

Abwasserbehandlung und Minderung von Abwasseremissionen

Innerhalb des SIC-Sektors werden mindestens drei verschiedene Strategien zur Abwasserbehandlung verfolgt:

- Vorbehandlung auf dem Gelände der SIC-Anlage und abschließende Behandlung(en) in einer zentralen Abwasserbehandlungsanlage auf dem Gelände eines größeren Standortes, auf dem sich die SIC-Anlage befindet
- Vorbehandlung und/oder abschließende Behandlung(en) in einer Abwasserbehandlungsanlage auf dem Gelände der SIC-Anlage
- Vorbehandlung auf dem Gelände der SIC-Anlage und abschließende Behandlung(en) in einer kommunalen Abwasserbehandlungsanlage.

Alle drei Strategien sind BVT, sofern sie auf die tatsächliche Abwassersituation ordnungsgemäß angewendet werden.

Es wurden keine allgemeinen Schlussfolgerungen bezüglich BVT über die Minderung von Schwermetallen in Abwässern abgeleitet. Es wurden jedoch spezifische Schlussfolgerungen bezüglich BVT über die Minderung von Schwermetallen in Abwässern für drei der in diesem Dokument aufgeführten fünf SIC-Beispielgruppen gezogen, nämlich für anorganische Spezialpigmente, Silikone und anorganische Explosivstoffe. Informationen über die Minderung von Schwermetallen in Abwasser bei der Herstellung von Stoffen, die nicht als Beispielgruppen in diesem Dokument aufgeführt sind, finden sich im BVT-Merkblatt zu Abwasser- und Abgasbehandlung/-management in der chemischen Industrie.

Als allgemeine Maßnahme ist BVT die Zuordnung kontaminierter Abwasserströme entsprechend ihrer Schadstoffbelastung. Anorganisches Abwasser ohne relevante organische Komponenten wird von organischem Abwasser getrennt und in Spezialbehandlungsanlagen geleitet.

Das vorliegende Dokument stellt auch Schlussfolgerungen bezüglich BVT für die Erfassung und Behandlung von Regenwasser vor.

Infrastruktur

BVT ist die Minimierung insbesondere bei der Lagerung und dem Umschlag von Materialien/Erzeugnissen entstehender diffuser Staubemissionen durch Anwendung einer oder mehrerer der folgenden Techniken: Lagerung der Materialien in geschlossenen Systemen, Nutzung überdeckter, gegen Regen und Wind geschützter Bereiche, vollständiger oder teilweiser Einschluss von Produktionsvorrichtungen, Konstruktion der Vorrichtungen mit Abdeckungen und Rohren zum Auffangen und Verringern von Staubemissionen durch regelmäßiges Achten auf Ordnung und Sauberkeit. BVT ist die Minderung flüchtiger gasförmiger und flüssiger Emissionen durch eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen: Unterhaltung regelmäßiger Programme zur Ermittlung und Reparatur von Leckagen, Betreiben der Geräte bei leichtem Unterdruck, Ersetzen von Flanschen durch Schweißverbindungen, Verwendung von dichtungslosen Pumpen und Faltenbalgventilen, Einsatz hochleistungsfähiger Dichtungssysteme, regelmäßiges Achten auf Ordnung und Sauberkeit.

Bei neuen Anlagen ist BVT die Verwendung eines computergesteuerten Systems für den Anlagenbetrieb. Dies gilt jedoch nicht in den Fällen, in denen Sicherheitsaspekte gegen automatische Betriebsabläufe sprechen (z. B. bei der Herstellung von SIC-Explosivstoffen).

Bei Anlagen, in denen sich feste gefährliche Verbindungen in Leitungen, Maschinen und Gefäßen ablagern können, ist BVT die Unterhaltung eines geschlossenen Reinigungs- und Spülsystems.

Energie

BVT ist die Verringerung des Energieverbrauchs durch eine optimierte Anlagengestaltung, -konstruktion und -betriebsweise, z. B. durch Anwendung der Pinch-Methode, soweit keine Sicherheitsaspekte dagegen sprechen.

Grenzübergreifende Techniken

Bei der Handhabung von Stoffen, die ein potenzielles Risiko für eine Kontamination von Boden und Grundwasser darstellen, ist BVT die Minimierung der Boden- und Grundwasserverunreinigung durch Konstruktion, Bau, Betrieb und Unterhaltung von Anlagen auf eine Art und Weise, dass Materialaustritte auf ein Minimum beschränkt werden. Das vorliegende Dokument enthält eine konkrete Liste von Techniken, die als BVT eingestuft werden.

BVT ist ein hohes Ausbildungsniveau und eine ständige Fortbildung des Personals. Dies beinhaltet die Verfügbarkeit von Personal mit einer fundierten Grundausbildung in chemischer Verfahrenstechnik und chemischen Betriebsabläufen, die ständige innerbetriebliche Fortbildung des Anlagenpersonals, eine regelmäßige Bewertung und Registrierung der Personalleistungen sowie eine regelmäßige Schulung des Personals im Hinblick auf das Verhalten in Notfallsituationen, zu Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz sowie zu Vorschriften über Produkt- und Transportsicherheit.

BVT ist die Anwendung der Grundsätze eines Branchenkodex, sofern ein solcher vorliegt. Hierunter fallen folgende Punkte: Anwendung sehr hoher Standards für Sicherheit, Umwelt- und Qualitätsaspekte bei der Herstellung von SIC sowie Durchführung von Aktivitäten wie Auditing, Zertifizierung und Fortbildung des Anlagenpersonals.

BVT ist die Durchführung einer strukturierten sicherheitstechnischen Bewertung für den Normalbetrieb unter Berücksichtigung von Effekten infolge von Abweichungen innerhalb des chemischen Prozesses und Abweichungen im Anlagenbetrieb. Um die angemessene Kontrolle eines Prozesses zu gewährleisten, ist BVT die Anwendung einer oder mehrerer der folgenden Techniken: organisatorische Maßnahmen, steuer- und regelungstechnische Verfahren, Reaktionsstopper, Notfallkühlung, druckfeste Konstruktion, Systeme zur Druckentlastung.

Eine Reihe von Umweltmanagementtechniken wird als BVT festgelegt. Umfang und Art des Umweltmanagementsystems (UMS) richten sich im Allgemeinen nach Art, Größe und

Komplexität der Anlage und dem Spektrum der möglichen ökologischen Auswirkungen. BVT ist die Einführung und Einhaltung eines UMS, das – auf die jeweiligen Bedingungen abgestimmt – Merkmale wie die Festlegung einer umweltpolitischen Strategie, die Planung, Einführung und Umsetzung von Verfahren, eine Leistungskontrolle und Korrekturmaßnahmen sowie die Prüfung und Validierung des Managementsystems und Auditverfahrens durch eine akkreditierte Zertifizierungsstelle oder einen externen UMS-Prüfer.

Beispielgruppen anorganischer Spezialchemikalien

Anorganische Spezialpigmente

Allgemeine Informationen und angewandte Prozesse und Techniken

Die in diesem Dokument enthaltenen Informationen beziehen sich hauptsächlich auf anorganische Spezialpigmente, die mittels chemischer Prozesse industriell hergestellt werden (z. B. Eisenoxidpigmente, komplexe anorganische Farbpigmente, Zinksulfid, Bariumsulfat und Lithoponpigmente). Andere (nicht zu den Spezialpigmenten zählende) anorganische Pigmente, insbesondere Titandioxid und Industrie-Ruß, werden im BVT-Merkblatt zur Herstellung anorganischer Grundchemikalien – Feststoffe und andere (LVIC-S) behandelt. In Europa werden anorganische Spezialpigmente in kleinen bis großen Anlagen im kontinuierlichen Betrieb oder im Batch-Betrieb hergestellt. Produktionsstätten befinden sich vorwiegend in Deutschland, Italien und Spanien. Die Pigmentherstellung gilt als voll entwickelter Industriesektor, in dem wenige Neuentwicklungen zu erwarten sind.

Auch wenn für die Herstellung der sehr großen Vielfalt anorganischer Pigmente eine Vielzahl von Produktionsprozessen entwickelt wurde, lässt sich die Produktion in zwei Hauptprozesse gliedern: die Pigmentsynthese und die anschließende Pigmentverarbeitung. Die Pigmentsynthese erfolgt mittels Nass-Fällung oder Trockenkalzination, die jeweils andere ökologische Auswirkungen haben. Der nass-chemische Prozess erfordert eine große Menge Wasser und erzeugt große Abwassermengen, während die Trockenkalzination zwar weniger Wasser, aber mehr Energie benötigt und mehr Abgasemissionen verursacht. Die Weiterverarbeitung der Pigmente umfasst Waschen, Trocknen, Kalzination, Mischen/Mahlen, Filtration/Korngrößentrennung und Trocknung. Bei der Pigmentverarbeitung entstehen Emissionen in Luft und Wasser, wobei die Emission von schwermetallhaltigem Feinstaub ein besonderes Problem darstellt.

Bei der Ermittlung von BVT zu berücksichtigende Verbrauchs-/Emissionswerte und Techniken

In dem vorliegenden Dokument werden die Verbrauchs- und Emissionswerte einer Auswahl von Anlagen vorgestellt, die in Europa Pigmente herstellen. Bei der Ermittlung von BVT sind u. a. folgenden Techniken zu berücksichtigen: die Verwendung nicht kanzerogener Ausgangsmaterialien, Minderung von Fluoriden durch Kalkwäsche, die Verwendung destillierten Wassers aus dem Verdunstungs-/Konzentrationsystem für das Waschen der Pigmente, die Entfernung von Chrom aus dem Abwasser, die Rückgewinnung von Abscheidungsschlamm und deren Rückführung in die Produktion, die biologische Behandlung von mit Nitraten belastetem Abwasser, die Vor- und Endbehandlung von mit Schwermetallen belastetem Abwasser.

Beste verfügbare Techniken

In einigen Fällen hat die Vielfalt der Produktionsprozesse und verwandten Rohstoffe zu Schlussfolgerungen bezüglich BVT geführt, die nur auf bestimmte Pigmente und/oder im Rahmen bestimmter Prozesse anwendbar sind. Beispiele für BVT mit breiterer

Anwendbarkeit werden unten vorgestellt (d. h. in Bezug auf Staub, saure Gase und Abwasser).

BVT ist es, Staub in den Arbeitsbereichen aufzufangen und der Reinigung zuzuleiten. Der abgeschiedene Staub wird dann wieder der Produktion zugeführt. BVT ist außerdem eine regelmäßige Absaugung der Arbeitsbereiche.

BVT ist die Minimierung der Emission von sauren Gasen und Fluoriden z. B. durch Sorptionsmittel-Injektionstechniken.

BVT ist die Minimierung der Emission des durch die Tätigkeiten in der Anlage anfallenden Gesamtstaubs und das Erreichen von Emissionswerten von 1 – 10 mg/Nm³ durch die Anwendung von Techniken wie Zyklone, Gewebefilter, Nassabscheider und ESP (Elektrofilter). Das untere Ende des Bereichs lässt sich durch die Verwendung von Gewebefiltern in Kombination mit anderen Reinigungstechniken erreichen. Nicht immer ist die Verwendung von Gewebefiltern möglich, z. B. wenn andere Schadstoffe als Staub gereinigt werden müssen oder wenn die Abgase feuchte Bedingungen aufweisen.

Bei Abwasser ist BVT die (Vor-)Behandlung von mit Cr(VI) kontaminiertem Abwasser und das Erreichen einer Cr(VI)-Konzentration von < 0,1 mg/l durch Pufferung und die Reduzierung von Cr(VI) zu Cr(III), z. B. mittels Sulfit oder Eisen(II)-Sulfat. BVT ist ferner die Vorbehandlung von mit Schwermetallen belastetem Abwasser, bevor dieses in den Vorfluter abgelassen wird, durch eine Kombination von in diesem Dokument aufgeführten Techniken. Die aus der Abwasserbehandlung rückgewonnenen Filtrationsrückstände können wieder der Produktion zugeführt werden.

Phosphorverbindungen

Allgemeine Informationen und angewandte Prozesse und Techniken

Die in diesem Dokument behandelten Phosphorverbindungen sind Phosphortrichlorid (PCl₃), Phosphorylchlorid (POCl₃) und Phosphorpentachlorid (PCl₅). Alle drei Stoffe sind extrem toxisch. Sie werden in Europa von sechs Unternehmen an sieben Standorten hergestellt. Die wichtigsten Märkte für Phosphorverbindungen sind die Landwirtschaft und die Erzeugung von Brandschutzausrüstungen. Die Produktion erfolgt in Mehrzweckanlagen im kontinuierlichen Betrieb.

Die Prozesse zur Herstellung von PCl₃, POCl₃ und PCl₅ weisen große Ähnlichkeit auf, da PCl₃ das Ausgangsmaterial für die Produktion der anderen beiden Verbindungen darstellt. PCl₃ wird in Europa entweder mittels Gas-Flüssig-Reaktion oder Gasphasenreaktion hergestellt. Elementarer Phosphor und elementares Chlor sind die Rohstoffe zur Herstellung von PCl₃.

Bei der Ermittlung von BVT zu berücksichtigende Verbrauchs-/Emissionswerte und Techniken

Die wichtigsten Umweltprobleme bei der Herstellung von Phosphorverbindungen sind HCl- und Phosphoroxidemissionen in die Luft sowie Chlorid- und Phosphoremmissionen in Wasser. Zu den bei der Ermittlung von BVT zu berücksichtigenden Techniken zählen u. a. die Nutzung von heißem Kondenswasser, um den elementaren Phosphor zu schmelzen und es in flüssiger Form zu halten, die Verwendung verschiedener Systeme zum Abschirmen von elementarem Phosphor, die Verwendung von elementarem Phosphor mit geringfügigen organischen und anorganischen Verunreinigungen, die Verwendung von Waschsystemen zur Minderung von Phosphorverbindungen in Abgasen sowie Lagerungsmaßnahmen.

Beste verfügbare Techniken

BVT für Phosphorverbindungen beziehen sich hauptsächlich auf die Minimierung des Abfallaufkommens, Energieeinsparungen, die Unfallverhütung, die Produktionsausbeute

sowie die Minimierung von Chlorid- und Phosphoremissionen in die Umwelt. Beispiele hierfür werden im Folgenden dargestellt.

BVT ist die Minderung des Verbrauchs an Energie, die für das Schmelzen des Rohstoffs in Form von festem weißen/gelben elementarem Phosphor durch heißes, bei anderen Prozessschritten anfallendes Kondenswasser benötigt wird.

BVT ist die Minimierung der Brandgefahr durch Abschirmung des als Rohstoff eingesetzten elementaren Phosphors mit Hilfe eines inerten Mediums bis zum Reaktionsschritt.

BVT ist die Verringerung der bei der Herstellung von Phosphorverbindungen entstehenden HCl-Emissionen in die Luft und das Erreichen von Emissionswerten von 3 – 15 mg/Nm³ mittels alkalischer Wäscher. Um die Emissionen unter allen Produktionsbedingungen zu verringern, müssen die Strömungsgeschwindigkeiten durch das Wäschersystem und die Alkalikonzentration im Waschmedium ausreichend hoch sein.

BVT ist die Minimierung von Phosphor- und Chloremissionen in den Vorfluter durch Behandlung der Abwässer in einer Abwasserbehandlungsanlage mit biologischer Behandlungsstufe sowie das Erreichen von Phosphoremissionswerten von 0,5 – 2 kg/t elementarem Phosphor und von Chloremissionswerten von 5 – 10 kg/t elementarem Phosphor in den Vorfluter.

In Bezug auf das Abfallaufkommen ist BVT das Erreichen von Emissionswerten von 4 – 8 kg/t elementarem Phosphor für bei der PCl₃-Herstellung anfallende Destillationsrückstände und das Veraschen der Destillationsrückstände.

Silikone

Allgemeine Informationen und angewandte Prozesse und Techniken

Silikone sind eine spezielle Sonderform von Polymeren. Sie unterscheiden sich von Polymeren darin, dass ihr chemisches Grundgerüst keinen Kohlenstoff enthält, sondern aus einer Kette aus Silizium und Sauerstoffatomen im Wechsel besteht. Mehrere Tausend verschiedene Silikonerzeugnisse befinden sich auf dem Markt, und in einer Produktionsstätte werden häufig über eintausend unterschiedliche Silikonprodukte hergestellt. Dieses Dokument behandelt die wichtigste Silikonform, Polydimethylsiloxan (PDMS). Zu den Anwendungen von Silikonen gehören elektrische Isolatoren, Schmierstoffe, Elastomere, Beschichtungen sowie Zusätze in Lacken, Farben und Kosmetikprodukten. Vier Unternehmen stellen in Europa Silikone, alle im kontinuierlichen Betrieb, her.

Die Herstellung von PDMS umfasst folgende Prozessschritte: Methylchloridsynthese, Mahlen des elementaren Silizium, direkte Synthese (Müller-Rochow-Synthese), Destillation und Hydrolyse/Kondensation. Die wichtigsten Ausgangsstoffe sind elementares Silizium, HCl und Methanol.

Bei der Ermittlung von BVT zu berücksichtigende Verbrauchs-/Emissionswerte und Techniken

Die Hauptumweltprobleme sind Staub-, Chlorid- und NO_x-Emissionen in die Luft sowie Kupfer- und Zinkemissionen in den Vorfluter. Zu den bei der Ermittlung von BVT zu berücksichtigenden Techniken gehören Maßnahmen zur Lagerung von elementarem Silizium, die Pinch-Methode zur Optimierung des Energieverbrauchs, ein Trockenentstaubungssystem für die Lagerung, den Umschlag und das Mahlen von elementarem Silizium, verschiedene Verfahren zur Rückgewinnung von Methylchlorid, die thermische Behandlung von Abgasen, die leichte Kohlenwasserstoffe und Chlorverbindungen enthalten, die Abwasserbehandlung, die Wiederverwertung/Rückgewinnung von Wasser und HCl sowie die Unfallverhütung.

Beste verfügbare Techniken

BVT für die Produktion von Silikonen beziehen sich hauptsächlich auf eine maximale Effizienz der chemischen Reaktion, die Minimierung der verbrauchten Materialien, die Unfallverhütung, die Minimierung des Abfallaufkommens, eine effiziente Energienutzung sowie auf die Verringerung von Emissionen in Luft und Wasser. Im Folgenden werden einige Beispiele dargestellt.

BVT ist die Minimierung von bei der Lagerung und den Umschlag von elementarem Silizium anfallenden diffusen Staubemissionen durch Maßnahmen, wie sie in diesem Dokument aufgeführt sind. BVT ist die Verringerung gefasster Staubemissionen, die beim Mahlen, bei der Lagerung und dem Umschlag von elementarem Silizium entstehen sowie das Erreichen von Emissionswerten von 5 – 20 mg/Nm³ (Jahresdurchschnitt), beispielsweise durch den Einsatz von Gewebefiltern, und die Rückführung des abgeschiedenen Staubs in die Produktion.

Um bei der direkten Synthese eine maximale Effizienz der chemischen Reaktion zu erzielen, ist BVT die Verwendung von elementarem Silizium mit einer Partikelgröße von <1 mm als Rohstoff.

In Bezug auf die Unfallverhütung ist BVT die Minimierung von beim Mahlen von elementarem Silizium entstehenden Zündenergiequellen und die Minimierung von beim Mahlen und Fördern von elementarem Silikon entstehenden Explosionsquellen durch Aufrechterhaltung des Sauerstoffgehalts und/oder des Gehalts an elementarem Siliziumstaub in der Geräteatmosphäre auf einem sicheren Wert unterhalb der unteren Explosionsgrenze (LEL).

BVT ist die Minderung des Energieverbrauchs durch Rezyklierung der bei der direkten Synthese erzeugten Energie.

In Bezug auf die Abwasserbehandlung ist BVT die Minimierung von Kupfer- und Zinkemissionen in Wasser durch Vorbehandlung der bei der PDMS-Produktion anfallenden Abwässer mittels Fällung/Flockung unter alkalischen Bedingungen sowie anschließender Sedimentation und Filtration. BVT ist ferner die Verringerung des BSB-/CSB-Gehalts des bei der Vorbehandlung entstehenden Abwassers durch eine biologische Behandlungsstufe.

SIC-Explosivstoffe

Allgemeine Informationen und angewandte Prozesse und Techniken

Die in diesem Dokument behandelten anorganischen Explosivstoffe sind Bleiazid, Bleitrinitroresorcinat und Bleipicrat, die in Europa von industrieller und wirtschaftlicher Bedeutung sind. Diese Stoffe werden als „primäre Explosivstoffe“ bezeichnet, deren Hauptfunktion darin besteht, einen „sekundären Explosivstoff“ (z. B. in Dynamiten) zu initiieren. Weitere Einsatzbereiche sind u. a. Anwendungen in Airbag-Gasgeneratoren und Sicherheitsgurtstraffern. Anorganische Explosivstoffe werden im Batch-Betrieb hergestellt.

Die Ausgangsmaterialien sind Bleinitrat und Natriumazid bei der Herstellung von Bleiazid, Bleinitrat und Trinitroresorcin bei der Herstellung von Bleitrinitroresorcinat sowie Bleinitrat und Natriumpicrat bei der Herstellung von Bleipicrat. SIC-Explosivstoffe werden durch eine Fällungsreaktion erzeugt. Anschließend wird das entstandene Produkt gereinigt und getrocknet.

Bei der Ermittlung von BVT zu berücksichtigende Verbrauchs-/Emissionswerte und Techniken

Die wichtigsten Umweltprobleme bei der Herstellung anorganischer Explosivstoffe sind Blei-, Nitrat- und Sulfatmissionen in Wasser, der CSB und Schwebstoffe. Zu den bei der Ermittlung von BVT zu berücksichtigenden Techniken zählen die Entfernung von Blei aus Abwässern durch Fällung mittels Schwefelsäure oder Natriumcarbonat, die Entfernung von Spuren explosiver Materialien, die Blei aus Abwässern enthalten, durch eine Neutralisationsstation sowie Bodenschutzmaßnahmen.

Beste verfügbare Techniken

Dieses Dokument stellt BVT in Bereichen wie Unfallverhütung, Minimierung des Abfallaufkommens und Verringerung von Bleimissionen in Wasser vor. Im Folgenden werden einige BVT beispielhaft dargestellt.

Um im Falle einer Explosion einen „Domineffekt“ zu verhindern, ist BVT die Trennung von Produktions- und Lagergebäuden am Produktionsstandort. BVT ist ferner die Minderung des Risikos von Explosionen elektrischen Ursprungs durch Lagerung von SIC-Explosivstoffen in Gebäuden, die über elektrische Schutz- und Sicherheitssysteme verfügen.

BVT für Abwasser umfassen die Sammlung und Behandlung von Prozessabwässern, die Entfernung von Spuren von Explosivstoffverunreinigungen im Abwasser und die Verringerung organischer Verunreinigungen im Abwasser mittels Aktivkohle. BVT ist ferner die Rezyklierung von Abwasser zurück in den Produktionsprozess in den Fällen, in denen der Produktionsumfang und/oder das Verhältnis zwischen Energie- und Wasserkosten dies rechtfertigen. Schließlich ist BVT der Transport des Abwassers in eine zentrale Abwasserbehandlungsanlage zur Behandlung. Verfügt die zentrale Abwasserbehandlungsanlage über keine Denitrifikationsbehandlung (und erforderlichenfalls Nitrifikationsbehandlung), ist BVT die anschließende Behandlung des Abwassers in einer biologischen Abwasserbehandlungsanlage (intern oder extern, z. B. in einer kommunalen Abwasserbehandlungsanlage) mit Denitrifikation (und erforderlichenfalls Nitrifikation).

Cyanide

Allgemeine Informationen und angewandte Prozesse und Techniken

In dem vorliegenden Dokument geht es im Wesentlichen um wasserlösliches Natriumcyanid (NaCN) und Kaliumcyanid (KCN). Aufgrund ihres geringen Produktionsvolumens werden die anderen anorganischen Cyanidsalze hier nicht behandelt. Cyanide werden in Europa hauptsächlich in der chemischen Syntheseindustrie sowie in der Galvanotechnik und der Metallhärtung eingesetzt. NaCN und KCN werden an weniger als einem Dutzend Standorten in Europa in mittelgroßen Anlagen mit kontinuierlichem Betrieb hergestellt.

Dieses Dokument behandelt die Herstellung von NaCN und KCN durch Lösung in Wasser. Dieser Prozess umfasst zwei Hauptschritte für die Herstellung einer Cyanidlösung (d. h. Neutralisation und anschließende Filtration) sowie nachfolgende Schritte für die Herstellung von Cyaniden in fester Form (d. h. Trocknung, Verdichtung, Granulation, Trennung von Feinstaub, Sieben oder Brikettierung). Die Ausgangsmaterialien sind HCN und NaOH oder KOH.

Bei der Ermittlung von BVT zu berücksichtigende Verbrauchs-/Emissionswerte und Techniken

Bei der Cyanidherstellung entstehen hauptsächlich HCN- und NH₃-Emissionen in die Luft und Cyanidmissionen in den Vorfluter. Zu den bei der Ermittlung von BVT zu berücksichtigenden Techniken gehören die Zerstörung von Cyaniden in Abgasen und Abwasser mittels Wasserstoffperoxid, die thermische Behandlung von flüchtige organische Komponenten enthaltenden Abgasen, ein Vorort-Reinigungssystem für mit Cyanid kontaminierte Vorrichtungen, die Verwendung von Mehrwegverpackungen für den Transport fester Cyanide, der Einsatz eines computergesteuerten Systems für den

Anlagenbetrieb, die Anwendung des ICMC-Codes (*International Cyanide Management Code*), Lagerungsmaßnahmen für Cyanide, die Verwendung von Rohstoffen mit einem niedrigen Gehalt an Schwermetallen sowie ein hohes Ausbildungsniveau des Personals und ständige Weiterbildungsmaßnahmen.

Beste verfügbare Techniken

Dieses Dokument stellt BVT bezüglich einer Verringerung des Abfallaufkommens, einer Minimierung von Ausgangsmaterialien sowie der Minderung von NO_x, HCN, NH₃ und flüchtiger organischer Komponenten vor. Ferner werden in diesem Dokument die mit dem Einsatz von BVT verbundenen Emissionswerte für diese Schadstoffe genannt.

In Bezug auf Cyanidemissionen in Wasser wird in diesem Dokument der Schluss gezogen, dass BVT die Minimierung dieser Emissionen durch Techniken zur Oxidierung von Cyaniden ist. Die Anwendung von Hypochlorit wird auch als BVT betrachtet, wenn das Cyanidabwasser frei von organischen Stoffen ist und sich nach der Oxidationsreaktion kein freies Hypochlorit mehr im Abwasser befindet. Ferner geht dieses Dokument auf die damit zusammenhängenden BVT-Emissionswerte ein.

Darüber hinaus werden auch verschiedene BVT für die Verhütung einer Bodenverschmutzung vorgestellt. Weitere Schlussfolgerungen bezüglich BVT beziehen sich auf den Wasser- und Energieverbrauch, die Produktlagerung und -verpackung, den Anlagenbetrieb und die Schulung des Personals.

Neue Verfahren

Im Verlauf der Arbeit wurden einige neue Verfahren ermittelt. Hierbei handelt es sich um die Dekontamination von Abgasen und Abwasser durch chemisch veränderte anorganische Ionenaustauscher und Aktivkohle, die Nutzung von Industrieabfällen als Brennstoff, die Luftfiltration zur Verminderung flüchtiger Chromverbindungen sowie die Entwicklung und Anwendung hochmoderner keramischer Elektroden für die elektrochemische Elimination von Cyaniden in Abwasser.

Abschließende Bemerkungen

Der Informationsaustausch über BVT für die Herstellung anorganischer Spezialchemikalien erfolgte über einen Zeitraum von etwa 2 Jahren von Oktober 2003 bis November 2005. Der Informationsaustausch gestaltete sich als Herausforderung, da die Erfassung der tatsächlichen Verbrauchs- und Emissionsdaten einzelner SIC-Anlagen durch Geheimhaltungsbelange behindert wurde. Dies verhinderte jedoch nicht die Erstellung allgemeiner Schlussfolgerungen bezüglich BVT für den SIC-Sektor insgesamt sowie von Schlussfolgerungen bezüglich BVT für die in diesem Dokument behandelten spezifischen SIC-Gruppen. In Bezug auf die BVT wurde eine Übereinstimmung erzielt, und es wurden keine Meinungsunterschiede („split views“) festgehalten.