



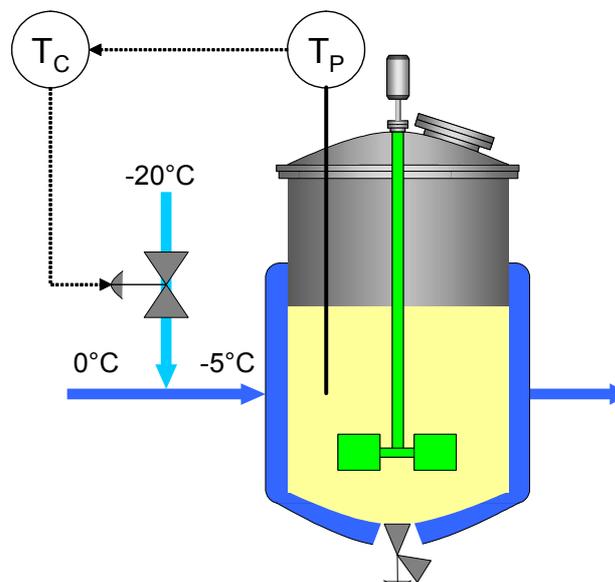
EUROPÄISCHE KOMMISSION  
GENERALDIREKTION GFS  
GEMEINSAME FORSCHUNGSSTELLE  
Institut für technologische Zukunftsforschung

## Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung

Referenzdokument über die  
besten verfügbaren Techniken für die Herstellung

# organischer Feinchemikalien

Dezember 2005





## ZUSAMMENFASSUNG

Das Referenzdokument über die besten verfügbaren Techniken für die Herstellung organischer Feinchemikalien“ (BVT-Merkblatt) beruht auf einem Informationsaustausch nach Artikel 16 Absatz 2 der Richtlinie 96/61/EG des Rates (IVU-Richtlinie). Diese Zusammenfassung enthält die wesentlichen Feststellungen, eine Zusammenfassung der wichtigsten BVT-Schlussfolgerungen und die entsprechenden Emissions- bzw. Verbrauchswerte. Das Dokument ist im Zusammenhang mit dem Vorwort zu sehen, das die Zielsetzungen des Dokuments beschreibt, Hinweise zu seiner Verwendung gibt und die verwendeten juristischen Begriffe erläutert. Sie kann als eigenständiges Dokument betrachtet werden, das jedoch als Zusammenfassung nicht die gesamte Vielschichtigkeit der vollständigen Textfassung des Referenzdokuments widerspiegelt. Bei der BVT-Entscheidungsfindung ist die Zusammenfassung daher nicht als Ersatz für den vollen Wortlaut anzusehen.

Im Mittelpunkt dieses Merkblatts steht die Herstellung organischer Chemikalien in Mehrzweckanlagen mit diskontinuierlichen Verfahren. Es behandelt die Herstellung eines breiten Spektrums organischer Chemikalien, auch wenn nicht alle im Anhang 1 der Richtlinie ausdrücklich genannt werden. Die Liste ist nicht erschöpfend, umfasst aber z. B. Farbstoffe und Pigmente, Pflanzenschutzmittel und Biozide, Arzneimittel (chemische und biologische Verfahren), organische Explosivstoffe, organische Zwischenprodukte, Spezialtenside, Geschmacksstoffe, Duftstoffe, Pheromone, Weichmacher, Vitamine, optische Aufheller und Flammschutzstoffe. Es wurde kein genauer Schwellenwert zur Abgrenzung gegenüber der Massenproduktion festgelegt. Es wird also davon ausgegangen, dass Herstellungsanlagen für organische Feinchemikalien auch spezialisierte Produktionsstraßen für „größere“ Produktionsvolumina im diskontinuierlichen, halbkontinuierlichen oder kontinuierlichen Betrieb umfassen können.

### I. OFC-Sektor und Umweltprobleme

Hersteller organischer Feinchemikalien (OFC) produzieren eine ganze Reihe von Chemikalien mit zumeist hoher Wertschöpfung. Sie werden in geringen Mengen hauptsächlich mit diskontinuierlichen Verfahren in Mehrzweckanlagen erzeugt. Abnehmer sind Unternehmen, meist ebenfalls aus der chemischen Industrie, die ein breites Spektrum von Endverbrauchermarkten beliefern. Maßgebliche Kriterien sind entweder die Reinheit oder eine bestimmte Wirkung der Produkte. Organische Feinchemikalien werden von Unternehmen unterschiedlicher Größe hergestellt, von sehr kleinen Betrieben (<10 Beschäftigte) bis zu multinationalen Konzernen (>20 000 Beschäftigte). In der Regel haben sie jedoch 150 bis 250 Beschäftigte.

Die Chemie der organischen Feinchemikalien und Zwischenprodukte ist äußerst vielfältig. Tatsächlich ist jedoch die Zahl der verwendeten Verfahren/Prozesse überschaubar. Dazu gehören die Zuführung/Ableitung von Reaktanten und Lösemitteln, Inertisierung, Reaktionen, Kristallisationen, Phasentrennungen, Filtrationen, Destillation und Produktwäsche. In vielen Fällen ist die Kühlung, Erwärmung oder der Einsatz von Vakuum oder Druck erforderlich. Unvermeidbare Abfallströme werden in Rückgewinnungs-/Verminderungssystemen behandelt oder entsorgt.

Der OFC-Sektor belastet die Umwelt im Wesentlichen durch die Emission flüchtiger organischer Verbindungen, durch seine Abwässer, die mitunter stark mit nicht abbaubaren organischen Verbindungen belastet sind, sowie durch den relativ hohen Lösemittelverbrauch und den hohen Anteil nicht rückführbarer Abfälle. Wegen der Vielfalt des Sektors, des breiten Spektrums der produzierten Chemikalien und der großen Zahl unterschiedlicher Stoffe, die emittiert werden können, gibt dieses Dokument keinen umfassenden Überblick über die Emissionen des OFC-Sektors. Daten über den Verbrauch von Rohstoffen usw. waren nicht verfügbar. Es werden jedoch Emissionsdaten für ein breites Spektrum von Beispielanlagen im OFC-Sektor aufgeführt.

### **II. -Techniken, die bei der Festlegung der BVT zu berücksichtigen sind**

Die Techniken, die bei der Festlegung der BVT berücksichtigt werden müssen, sind in den Abschnitten „Vermeidung und Minimierung der Umweltbelastungen“ (in engem Zusammenhang mit der Prozessgestaltung) und „Management und Behandlung von Abfallströmen“ beschrieben. Im ersteren werden u. a. Strategien für die Auswahl des Synthesewegs, Beispiele für alternative Verfahren, die Auswahl der Apparate und das Anlagendesign beschrieben. Das Management von Abfallströmen umfasst Techniken zur Beurteilung der Eigenschaften von Abfallströmen und der Untersuchung und Überwachung von Emissionen. Und schließlich wird ein breites Spektrum von Rückgewinnungs- bzw. Minderungstechniken für die Behandlung von Abgasen, die Vorbehandlung von Abwasserströmen und die biologische Behandlung des Gesamtabwassers beschrieben.

### **III. Beste verfügbare Techniken**

Die folgende Zusammenfassung enthält keine Hintergrunderläuterungen und Querverweise, wie sie im vollständigen Dokument enthalten sind. Der vollständige Text enthält außerdem BVT zum Umweltmanagement. Werden BVT-Emissionswerte sowohl als Konzentrations- als auch als Massenstromwerte angegeben, gilt als BVT-Referenz jener Wert, der im Einzelfall der größeren emittierten Stoffmenge entspricht.

## Vermeidung und Verminderung

### **Einbeziehung von Umweltaspekten in die Prozessgestaltung**

Die BVT sollen die Gewähr für einen Prüfpfad hinsichtlich der Einbeziehung von Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitsaspekten in die Prozessgestaltung bieten. Als BVT gilt die Durchführung einer strukturierten Sicherheitsbewertung für den Normalbetrieb und die Berücksichtigung von Effekten aufgrund von Abweichungen des chemischen Prozesses und Abweichungen im Anlagenbetrieb. Als BVT gilt die Festlegung und Umsetzung von Verfahren und technischen Maßnahmen zur Verringerung der Risiken beim Umgang mit Gefahrstoffen und die ausreichende und angemessene Schulung des Bedienpersonals, das mit gefährlichen Stoffen umgehen muss. Es entspricht den BVT, neue Anlagen so zu gestalten, dass Emissionen minimiert werden. Anlagen, in denen Stoffe (in der Regel Flüssigkeiten) verwendet werden, bei denen ein potenzielles Risiko der Boden- und Grundwasserverschmutzung besteht, sind so zu bauen, zu betreiben und zu warten, dass die Gefahr des Austritts solcher Stoffe minimiert wird. Anlagen müssen versiegelt, stabil und hinreichend widerstandsfähig gegen mögliche mechanische, thermische oder chemische Beanspruchungen sein. Es entspricht den BVT, eine möglichst schnelle und zuverlässige Erkennung von Leckagen zu ermöglichen. Es ist für ausreichende Rückhaltekapazitäten für überlaufende und auslaufende Stoffe, Löschwasser und verunreinigtes Oberflächenwasser zu sorgen, um eine Behandlung oder Entsorgung zu ermöglichen.

### **Kapselung der Emissionsquellen und Dichtheit der Anlagen**

Es entspricht den BVT, Emissionsquellen einzuschließen und alle Öffnungen zu verschließen, um unkontrollierte Emissionen zu verhindern. Die Trocknung sollte in geschlossenen Kreisläufen mit Kondensatoren zur Lösemittelrückgewinnung erfolgen. Als BVT gilt die Rückführung von Prozessgasen, wenn die Reinheitskriterien dies erlauben. Zur Minimierung der Volumenströme sollten alle unnötigen Öffnungen zu verschlossen werden, um zu verhindern, dass über die Prozessanlagen Luft in das Gassammelsystem eingesaugt wird. Es entspricht den BVT, die Dichtheit der Prozessanlagen, insbesondere der Behälter zu gewährleisten. Die Verwendung einer „Stoß“-Inertisierung anstatt einer kontinuierlichen Inertisierung gilt als BVT. Die kontinuierliche Inertisierung ist aufgrund der Sicherheitsvorschriften jedoch akzeptabel, z. B. bei O<sub>2</sub>-erzeugenden Prozessen oder solchen, die nach der Inertisierung eine weitere Zugabe von Stoffen erfordern.

### **Auslegung der Destillationskondensatoren**

Es entspricht den BVT, die Abgas-Volumenströme aus Destillationen durch Optimierung des Kondensator-Layouts zu minimieren.

### **Befüllung der Behälter mit Flüssigkeiten, Minimierung von Emissionsspitzen**

Es entspricht den BVT, Flüssigkeiten in Behälter von unten oder über Tauchrohre einzufüllen, es sei denn, dies ist wegen der Reaktionschemie bzw. aus Sicherheitserwägungen nicht praktikabel. In solchen Fällen kann durch die Befüllung mit Flüssigkeiten von oben über ein zur Wand gerichtetes Rohr das Verspritzen und damit die organische Last des verdrängten Gases verringert werden. Werden einem Behälter sowohl Feststoffe als auch eine organische Flüssigkeit zugeführt, gilt es als BVT, die Feststoffe als Deckel einzusetzen, wenn die unterschiedliche Dichte dazu geeignet ist, die organische Last des verdrängten Gases zu verringern, es sei denn, dies ist wegen der Reaktionschemie bzw. aus Sicherheitserwägungen nicht praktikabel. Es ist BVT, die Häufung von Spitzenlasten und -volumenströmen und damit verbundener Konzentrationsspitzen zu minimieren, z. B. durch Optimierung der Produktionsmatrix und Verwendung von Glättungs-Filtern.

### **Alternative Techniken für die Produktaufarbeitung**

Es entspricht den BVT, Mutterlaugen mit hohem Salzgehalt zu vermeiden oder die Aufarbeitung von Mutterlaugen durch Anwendung alternativer Abscheidetechniken, z. B. Membranprozesse, lösemittelbasierte Prozesse bzw. reaktive Extraktion zu ermöglichen, oder auf die Isolierung von Zwischenprodukten zu verzichten. Als BVT gilt der Einsatz einer Gegenstromwäsche, sofern das Produktionsvolumen die Einführung der Technik rechtfertigt.

### **Vakuum, Kühlung und Reinigung**

Als BVT gilt der Einsatz wasserfreier Verfahren zur Vakuumerzeugung, z. B. trocken laufender Pumpen, Flüssigkeitsringpumpen mit Lösemitteln als Ringflüssigkeit oder mit geschlossenem Kreislauf. Sind diese Techniken jedoch nur eingeschränkt einsetzbar, ist der Einsatz von Dampfstrahlpumpen oder Wasserringpumpen gerechtfertigt. Bei diskontinuierlichen Verfahren gilt es als BVT, klare Verfahren zur Ermittlung des gewünschten Reaktionsendpunktes festzulegen. Als BVT gilt der Einsatz indirekter Kühlung. Indirekte Kühlung ist jedoch nicht anwendbar, wenn die Zugabe von Wasser oder Eis erforderlich ist, um eine sichere Temperaturregulierung, Temperatursprünge oder einen Temperaturschock zu ermöglichen. Direkte Kühlung kann auch notwendig werden, um außer Kontrolle geratende Situationen in den Griff zu bekommen oder bei Bedenken wegen der Blockierung von Wärmetauschern. Als BVT gilt eine Vorspülung vor der Spülung/Reinigung der Anlagen, um die organische Last im Washwasser zu minimieren. Werden verschiedene Stoffe häufig in Rohren befördert, bietet der Einsatz von Molchsystemen eine weitere Möglichkeit zur Verringerung von Produktverlusten im Rahmen von Reinigungsverfahren.

## Management und Behandlung von Abfallströmen

### **Massenbilanzen und Analyse von Abfallströmen**

Es entspricht den BVT, jährlich Massenbilanzen für VOC (einschließlich CKW), TOC oder CSB, AOX oder EOX (extrahierbare organische Halogenverbindungen) und Schwermetalle zu erstellen. Als BVT gilt die Durchführung einer detaillierten Abfallstromanalyse zur Ermittlung der Herkunft des Abfallstroms und ein Grunddatensatz, um eine angemessene Behandlung von Abgasen, Abwasserströmen und festen Rückständen zu ermöglichen. Beurteilt werden sollten mindestens die in Tabelle I aufgeführten Parameter für Abwasserströme, sofern die Parameter nicht unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten irrelevant sind.

Parameter	
Volumen pro Charge	Standard
Chargen pro Jahr	
Volumen pro Tag	
Volumen pro Jahr	
CSB oder TOC	
BSB <sub>5</sub>	
pH	
Biologische Eliminierbarkeit	
Biologische Hemmung, einschl. Nitrifikation	
AOX	
CKW	
Lösemittel	
Schwermetalle	
Gesamt N	
Gesamt P	
Chlorid	
Bromid	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
Resttoxizität	

**Tabelle I: Parameter für die Beurteilung von Abwasserströmen**

### Überwachung der Emissionen in die Luft

Anstelle von Werten aus kurzen Überwachungszeiträumen sollten Emissionsprofile aufgezeichnet werden. Die Emissionsdaten sollten zu den verantwortlichen Prozessen in Bezug gesetzt werden. In Bezug auf Emissionen in die Luft entspricht es den BVT, das Emissionsprofil zu überwachen, das den Betriebsbedingungen des Produktionsprozesses entspricht. Im Fall eines nicht oxidativen Vermindungs-/Rückgewinnungssystems gilt es als BVT, kontinuierliche Überwachungssysteme (z. B. einen Flammenionisationsdetektor, FID) einzusetzen, wenn Abgase aus verschiedenen Prozessen in einem zentralen Rückgewinnungs-/Reinigungssystem behandelt werden. Werden Stoffe mit ökotoxikologischem Potenzial freigesetzt, sind diese einzeln zu überwachen.

### Individuelle Volumenströme

Es entspricht den BVT, die individuellen Abgas-Volumenströme von Prozessanlagen in Rückgewinnungs-/Reinigungssysteme zu untersuchen.

### Wiederverwendung von Lösemitteln

Es gilt als BVT, Lösemittel wieder zu verwenden, sofern die Reinheitskriterien dies erlauben. Dazu werden die Lösemittel aus früheren Produktionschargen für spätere Chargen genutzt, verbrauchte Lösemittel für die betriebsinterne oder -externe Reinigung oder Wiederverwendung bzw. Nutzung des Brennwertes gesammelt.

### Auswahl der Techniken zur Behandlung von VOC

Als Rückgewinnungs-/Verminderungssystem für eine ganze Anlage, ein einzelnes Produktionsgebäude oder einen einzelnen Prozess eignen sich einzelne oder kombinierte Techniken. Dies hängt von der jeweiligen Situation ab und beeinflusst die Zahl der Punktquellen. Gemäß den BVT sind die Techniken zur Rückgewinnung/Verminderung von VOC nach dem Flussdiagramm in Abbildung 1 auszuwählen.

### Nicht oxidative Rückgewinnung oder Verminderung von VOC: erreichbare Emissionswerte

Bei Einsatz nicht oxidativer Techniken zur Rückgewinnung oder Verminderung von VOC gilt es als BVT, die VOC-Emissionen auf die in Tabelle II aufgeführten Werte zu verringern.

**Thermische Nachverbrennung/Verbrennung oder katalytische Nachverbrennung: erreichbare Emissionswerte**

Bei Einsatz von thermischer Nachverbrennung/Verbrennung oder katalytischer Nachverbrennung entspricht es den BVT, die VOC-Emissionen auf die in Tabelle III aufgeführten Werte zu verringern.

**Rückgewinnung/Verminderung von NO<sub>x</sub>**

Bei thermischer Nachverbrennung/Verbrennung oder katalytischer Verbrennung gilt es als BVT, die NO<sub>x</sub>-Emissionswerte zu erreichen, die in Tabelle IV aufgeführt sind, und bei Bedarf ein DeNO<sub>x</sub>-System (z. B. SCR- oder SNCR-Verfahren) oder eine zweistufige Verbrennung einzusetzen, um diese Werte zu erreichen. Für Abgase aus chemischen Produktionsprozessen entspricht es den BVT, die in Tabelle IV aufgeführten NO<sub>x</sub>-Emissionswerte zu erreichen und bei Bedarf Behandlungstechniken wie z. B. Wäsche oder Waschkaskaden mit H<sub>2</sub>O und/oder H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> als Waschmedien einzusetzen, um diese Werte zu erreichen. Wird NO<sub>x</sub> aus chemischen Prozessen aus NO<sub>x</sub>-reichen Strömen (etwa 1 000 ppm und höher) absorbiert, kann eine 55 %-ige HNO<sub>3</sub> zur betriebsinternen oder externen Wiederverwendung gewonnen werden. Oft enthalten NO<sub>x</sub>-haltige Abgase aus chemischen Prozessen auch VOC und können in einer thermischen Nachverbrennungs-/Verbrennungsanlage behandelt werden, die z. B. mit einer DeNO<sub>x</sub>-Anlage ausgestattet oder als zweistufiger Verbrennungsprozess angelegt ist (sofern auf dem Betriebsgelände bereits vorhanden).

**Rückgewinnung/Verminderung von HCl, Cl<sub>2</sub>, HBr, NH<sub>3</sub>, SO<sub>x</sub> und Cyaniden**

HCl lässt sich aus Abgasen mit hoher HCl-Konzentration effizient rückgewinnen, wenn das Produktionsvolumen die Investitionen für die erforderlichen Anlagen rechtfertigt. Findet vor der HCl-Rückgewinnung keine VOC-Entfernung statt, sind bei der rückgewonnenen HCl potenzielle organische Verunreinigungen (AOX) zu berücksichtigen. Es entspricht den BVT, die in Tabelle VI aufgeführten Emissionswerte zu erreichen und bei Bedarf einen oder mehrere Wäscher mit geeigneten Waschmedien einzusetzen.

**Entfernung von Staub**

Staub wird aus verschiedenen Abgasen entfernt. Die Wahl des Rückgewinnungs-/Minderungssystems hängt stark von den Eigenschaften des Feststoffes ab. Als BVT gelten Staubemissionswerte von 0,05 – 5 mg/m<sup>3</sup> oder 0,001 – 0,1 kg/Stunde und bei Bedarf der Einsatz von Techniken wie z. B. Schlauchfilter, Gewebefilter, Zyklone, Wäschern oder (Nass-)Elektrofiltern, um diese Werte zu erreichen.

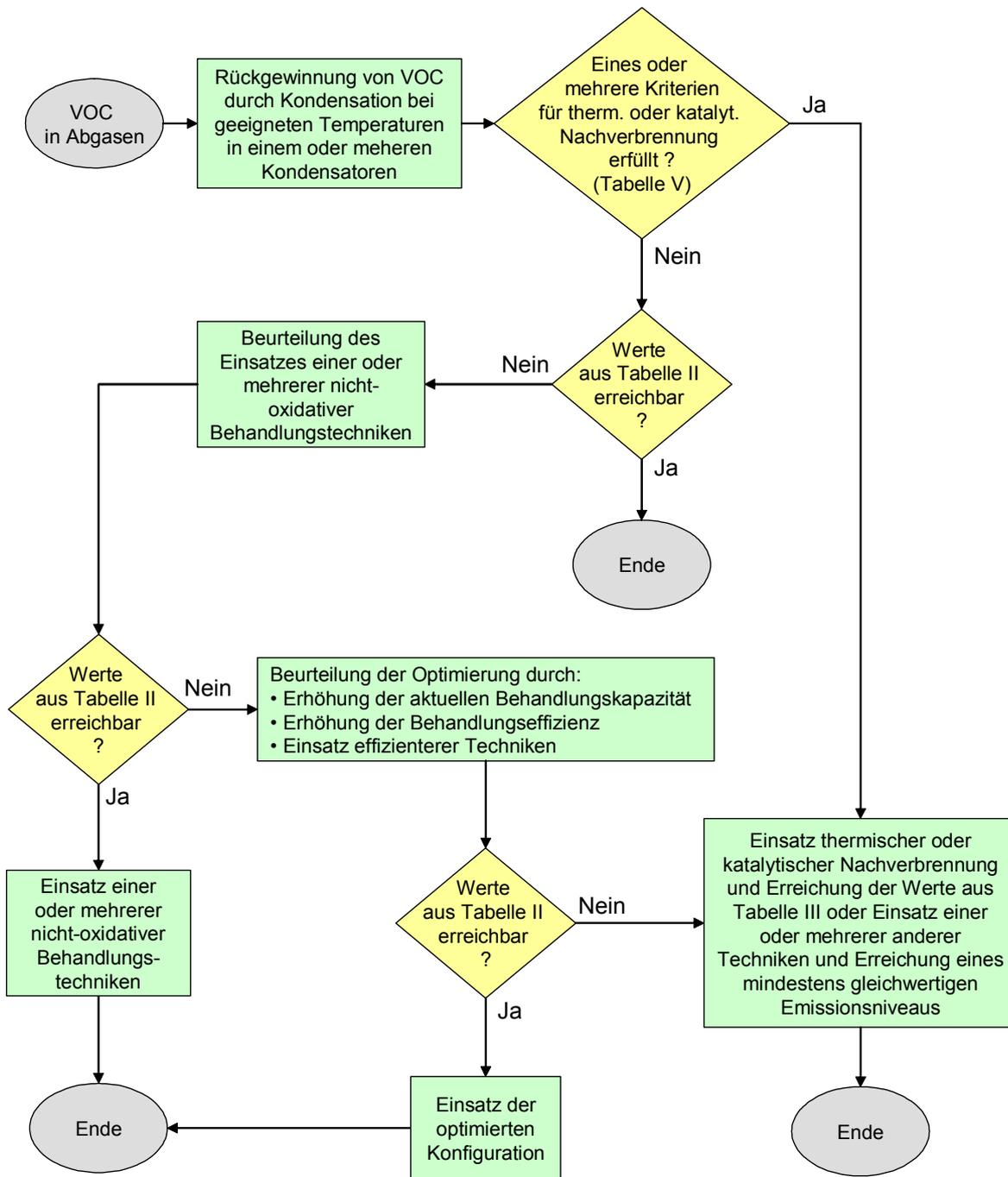


Abbildung I: BVT für Auswahl von Techniken zur Rückgewinnung/Minderung von VOC

Parameter	Durchschnittliches Emissionsniveau aus Punktquellen*
Gesamtmenge an organischem C	0,1 kg C/Stunde....oder....20 mg C/m <sup>3</sup> **
* Der Mittelungszeitraum bezieht sich auf das Emissionsprofil, die Werte auf Trockengas und Nm <sup>3</sup>	
** Das Konzentrationsniveau bezieht sich auf Volumenströme ohne Verdünnung z. B. durch Volumenströme aus der Raum- oder Gebäudebelüftung.	

Tabelle II: BVT-Emissionswerte für VOC aus nicht oxidativen Rückgewinnungs-/Verminderungstechniken

Thermische Nachverbrennung/Verbrennung oder katalytische Nachverbrennung	Durchschnittlicher Massenstrom kg C/Stunde		Durchschnittliche Konzentration mg C/m <sup>3</sup>
Gesamtmenge an organischem C	<0,05	oder	<5
Der Mittelungszeitraum bezieht sich auf das Emissionsprofil, die Werte auf Trockengas, Nm <sup>3</sup> und 11% O <sub>2</sub> -Gehalt			

**Tabelle III: BVT-Emissionswerte für die Gesamtmenge an organischem C für thermische Nachverbrennung/Verbrennung oder katalytische Nachverbrennung**

Quelle	Durchschnitt kg/Stunde <sup>*</sup>	Durchschnitt mg/m <sup>3*</sup>	Anmerkung
Chemische Produktionsprozesse, z. B. Nitrierung, Rückgewinnung verbrauchter Säuren	0,03 – 1,7	7 – 220 <sup>**</sup>	Die unteren Werte beziehen sich auf niedrige Rohgaswerte vor dem Waschsystem und auf Wäsche mit H <sub>2</sub> O. Bei hohen Rohgaswerten sind die unteren Werte auch mit H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> als Waschmedium nicht zu erreichen
Thermische Nachverbrennung/Verbrennung, katalytische Nachverbrennung	0,1 – 0,3	13 – 50 <sup>***</sup>	
Thermische Nachverbrennung/Verbrennung, katalytische Nachverbrennung, Rohgas mit organischen Stickstoffverbindungen		25 – 150 <sup>***</sup>	Untere Werte mit SCR-, obere Werte mit SNCR-Verfahren
<sup>*</sup> NO <sub>x</sub> ausgedrückt als NO <sub>2</sub> , der Mittelungszeitraum bezieht sich auf das Emissionsprofil <sup>**</sup> Die Werte beziehen sich auf Trockengas und Nm <sup>3</sup> <sup>***</sup> Die Werte beziehen sich auf Trockengas, Nm <sup>3</sup> und 11% O <sub>2</sub> -Gehalt			

**Tabelle IV: BVT-Emissionswerte für NO<sub>x</sub>**

Auswahlkriterien	
<b>a</b>	Das Abgas enthält sehr giftige oder krebserregende Stoffe oder Stoffe der CMR-Kategorien 1 oder 2 oder
<b>b</b>	autothermer Betrieb ist im Normalbetrieb möglich oder
<b>c</b>	die Verringerung des Gesamtverbrauchs an Primärenergie ist in der Anlage möglich (z. B. mögliche Nutzung von Sekundärwärme)

**Tabelle V: Auswahlkriterien für katalytische und thermische Nachverbrennung/Verbrennung**

Parameter	Konzentration		Massenfluss
HCl	0,2 – 7,5 mg/m <sup>3</sup>	oder	0,001 – 0,08 kg/Stunde
Cl <sub>2</sub>	0,1 – 1 mg/m <sup>3</sup>		
HBr	<1 mg/m <sup>3</sup>		
NH <sub>3</sub>	0,1 – 10 mg/m <sup>3</sup>		0,001 – 0,1 kg/Stunde
NH <sub>3</sub> aus SCR oder SNCR	<2 mg/m <sup>3</sup>		<0,02 kg/Stunde
SO <sub>x</sub>	1 – 15 mg/m <sup>3</sup>		0,001 – 0,1 kg/Stunde
Cyanide als HCN	1 mg/m <sup>3</sup>		3 g/Stunde

**Tabelle VI: BVT-Emissionswerte für HCl, Cl<sub>2</sub>, HBr, NH<sub>3</sub>, SO<sub>x</sub> und Cyanide**

### **Typische Abwasserströme für eine Trennung und selektive Vorbehandlung**

Es entspricht den BVT, Mutterlaugen aus Halogenierungen und Sulfochlorierungen zu trennen und vorzubehandeln. Vorzubehandeln sind auch Abwasserströme, die biologisch aktive Substanzen in Mengen enthalten, welche die anschließende Abwasserbehandlung oder das aufnehmende Gewässer gefährden könnten. Als BVT gilt die Trennung und getrennte Sammlung verbrauchter Säuren, z. B. aus Sulfonierungen oder Nitrierungen, zur betriebsinternen oder -externen Rückgewinnung oder der Einsatz von BVT zur Vorbehandlung refraktärer organischer Belastungen.

### **Vorbehandlung von Abwasserströmen mit refraktären organischen Belastungen**

Als BVT gilt die Trennung und Vorbehandlung von Abwasserströmen, die gemäß folgender Klassifikation relevante refraktäre organische Belastungen enthalten: Eine Belastung mit refraktären organischen Stoffen ist nicht relevant, wenn der Abwasserstrom eine biologische Eliminierbarkeit von mehr als etwa 80 – 90 % aufweist. Bei niedrigerer biologischer Eliminierbarkeit ist die refraktären organischen Fracht nicht relevant, wenn sie unter etwa 7,5 – 40 kg TOC pro Charge oder Tag liegt. Für die einzelnen getrennten Abwasserströme entspricht es den BVT, für die Vorbehandlung und biologische Behandlung insgesamt CSB-Eliminationsraten von >95 % zu erreichen.

### **Rückgewinnung von Lösemitteln aus Abwasserströmen**

Es gilt als BVT, Lösemittel aus Abwasserströmen zur betriebsinternen oder externen Wiederverwendung rückzugewinnen, wenn die Kosten für die biologische Behandlung und den Kauf frischer Lösemittel höher sind als die Kosten für Rückgewinnung und Reinigung. Dazu werden Techniken wie Strippen, Destillation/Rektifikation oder Extraktion einzeln oder kombiniert eingesetzt. Als BVT gilt die Rückgewinnung von Lösemitteln aus Abwasserströmen, um den Brennwert zu nutzen, wenn die Energiebilanz ergibt, dass insgesamt fossile Brennstoffe ersetzt werden können.

### **Entfernung halogener Verbindungen aus Abwasserströmen**

Es gilt als BVT, flüchtige CKW aus Abwasserströmen zu entfernen, z. B. durch Strippen, Rektifikation oder Extraktion, und die in Tabelle VII aufgeführten Werte zu erreichen. Es entspricht den BVT, Abwasserströme mit signifikanter AOX-Last vorzubehandeln und die in Tabelle VII aufgeführten AOX-Werte im Zulauf in die biologische Kläranlage am Standort oder in der Einleitung in die kommunale Kanalisation zu erreichen.

### **Entfernung von Schwermetallen aus Abwasserströmen**

BVT ist eine Vorbehandlung von Abwasserströmen mit einem signifikanten Gehalt an Schwermetallen oder Schwermetallverbindungen aus Prozessen, in denen sie gezielt eingesetzt werden, und die Einhaltung der in Tabelle VII aufgeführten Schwermetallkonzentrationen im Zulauf in die Kläranlage am Standort oder in der Einleitung in die kommunale Kanalisation. Wenn nachgewiesen werden kann, dass sich damit Ergebnisse erzielen lassen, die mit denen einer Kombination aus Vorbehandlung und biologischer Behandlung vergleichbar sind, können Schwermetalle aus dem Abwasser auch ausschließlich durch biologische Behandlung entfernt werden, sofern diese am Standort erfolgt und der Klärschlamm verbrannt wird.

Parameter	Jahresdurchschnitt	Einheit	Anmerkung
AOX	0,5 – 8,5	mg/l	Der obere Wert bezieht sich auf Fälle, in denen halogenierte Verbindungen in zahlreichen Prozessen verarbeitet werden und die resultierenden Abwasserströme vorbehandelt werden und/oder der AOX biologisch gut eliminierbar ist.
Ausblasbare CKW	<0,1		Alternativ Erreichung einer Gesamtkonzentration von <1 mg/l am Ablauf der Vorbehandlung
Cu	0,03 – 0,4		Die oberen Werte resultieren aus dem gezieltem Einsatz von Schwermetallen oder Schwermetallverbindungen in zahlreichen Prozessen und der Vorbehandlung der entsprechenden Abwasserströme
Cr	0,04 – 0,3		
Ni	0,03 – 0,3		
Zn	0,1 – 0,5		

**Tabelle VII: BVT-Werte für den Zulauf zur standorteigenen biologischen Kläranlage oder für die Einleitung in das kommunale Abwassersystem**

### Freie Cyanide

Es entspricht den BVT, Abwasserströme, die freie Cyanide enthalten, aufzubereiten, um Rohstoffe zu ersetzen, wenn dies technisch möglich ist. Als BVT gilt die Vorbehandlung von Abwasserströmen mit einer signifikanten Cyanidbelastung, um Cyanidwerte von höchstens 1 mg/l im behandelten Abwasserstrom zu erreichen oder einen sicheren Abbau in einer biologischen Kläranlage zu ermöglichen.

### Biologische Abwasserbehandlung

Als BVT gilt die Behandlung von Abwässern mit relevanter organischer Fracht, z. B. Abwasserströmen aus Produktionsprozessen, Spül- und Reinigungswasser, in einer biologischen Kläranlage. Dabei ist zu gewährleisten, dass die Elimination in einer gemeinschaftlichen Kläranlage insgesamt nicht geringer ist als bei Behandlung am Standort. Bei der biologischen Abwasserbehandlung sind in der Regel CSB-Eliminationswerte von 93 – 97 % im Jahresdurchschnitt erreichbar. Es ist jedoch wichtig, die CSB-Eliminationsrate nicht als isolierten Parameter zu betrachten. Sie wird vielmehr vom Produktspektrum (z.B. Herstellung von Farbstoffen/Pigmenten, optischen Aufhellern, aromatischen Zwischenprodukten, auf die die schwer abbaubaren Frachten in der Mehrzahl der Abwasserströme am Standort zurückzuführen sind), dem Grad der Entfernung von Lösemitteln und der Vorbehandlung bei refraktären organischen Belastungen beeinflusst. Je nach der individuellen Situation ist eine Umrüstung der biologischen Kläranlage erforderlich, um z. B. die Behandlungskapazität oder das Puffervolumen anzupassen oder eine Nitrifikations-/Denitrifikationsstufe bzw. eine chemisch/mechanische Behandlungsstufe hinzuzufügen. Es gilt als BVT, das biologische Abbaupotenzial des Gesamtabwassers voll auszunutzen und BSB-Eliminationswerte über 99 % und BSB-Ablaufwerte von 1 - 18 mg/l im Jahresdurchschnitt zu erreichen. Die Werte beziehen sich auf das Abwasser nach biologischer Behandlung ohne Verdünnung z. B. durch Vermischung mit Kühlwasser. Es gilt als BVT, die in Tabelle VIII aufgeführten Emissionswerte zu erreichen.

### Überwachung des Gesamtabwassers

Es entspricht den BVT, das Gesamtabwasser im Zu- und Ablauf der biologischen Kläranlage regelmäßig zu überwachen. Die regelmäßige Überwachung des Gesamtabwassers nach biologischer Behandlung mit Biotests gilt als BVT, wenn Stoffe mit ökotoxischem Potenzial beabsichtigt oder unbeabsichtigt gehandhabt oder hergestellt werden. Wird eine bedenkliche Resttoxizität festgestellt (z. B. wenn Leistungsschwankungen der biologischen Kläranlage auf bestimmte Produktionsabläufe zurückgeführt werden können), sollte eine kontinuierliche Toxizitätsüberwachung in Kombination mit online-TOC-Messung eingesetzt werden.

Parameter	Jahresdurchschnitt*		Anmerkung
	Wert	Einheit	
CSB	12 – 250	mg/l	
Gesamt P	0,2 – 1,5		Der obere Wert ergibt sich aus der Produktion vorwiegend phosphorhaltiger Verbindungen
An-organischer N	2 – 20		Der obere Wert resultiert aus der Produktion vorwiegend stickstoffhaltiger organischer Verbindungen oder z. B. bei Fermentierungsprozessen
AOX	0,1 – 1,7		Der obere Wert resultiert aus zahlreichen AOX-relevanten Produktionsprozessen mit Vorbehandlung von Abwasserströmen mit signifikanten AOX-Frachten.
Cu	0,007 – 0,1		Die oberen Werte resultieren aus dem gezielten Einsatz von Schwermetallen oder Schwermetallverbindungen in zahlreichen Prozessen und Vorbehandlung der entsprechenden Abwasserströme
Cr	0,004 – 0,05		
Ni	0,01 – 0,05		
Zn	– 0,1		
Schwebstoffe	10 – 20		
LID <sub>F</sub>	1 – 2		Verdünnungsfaktor
LID <sub>D</sub>	2 – 4		
LID <sub>A</sub>	1 – 8		
LID <sub>L</sub>	3 – 16		
LID <sub>EU</sub>	1,5		

\* Die Werte beziehen sich auf das Abwasser nach biologischer Behandlung ohne Verdünnung z. B. durch Vermischung von Kühlwasser.

Tabelle VIII: BVT für Ablaufwerte der biologischen Kläranlage

#### IV. Schlussbemerkungen

Der Informationsaustausch zu den besten verfügbaren Techniken für die Herstellung organischer Feinchemikalien fand zwischen 2003 und 2005 statt. Er war sehr erfolgreich, und auf der Abschlussitzung der technischen Arbeitsgruppe und danach wurde ein hohes Maß an Übereinstimmung erzielt. Es wurden keine abweichenden Meinungen verzeichnet. Anzumerken ist jedoch, dass Bedenken hinsichtlich der Vertraulichkeit von Informationen bei den Arbeiten ein erhebliches Hindernis darstellten.

Die Europäische Gemeinschaft initiiert und fördert durch ihre FTE-Programme eine Reihe von Vorhaben, die saubere Techniken, neue Abwasseraufbereitungstechniken und Managementstrategien betreffen. Diese Vorhaben können potenziell einen wichtigen Beitrag zu künftigen Überarbeitungen des BVT-Merkblatts leisten. Die Leser werden daher gebeten, das Europäische Büro für integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung EIPPCB über etwaige Forschungsergebnisse zu unterrichten, die im Hinblick auf dieses Dokument relevant sind (siehe auch Vorwort).