

## Chem-OrgVinylchlorid-DE-2020

### 1. Allgemeine Informationen

1.1 Beschreibung

1.2 Referenzen

1.3 Projektspezifika

1.4 Weitere Metadaten

1.5 Technische Kennwerte

### 2. Inputs/Outputs

### 3. Umweltaspekte

3.1 Ressourcen

3.2 Luftemissionen

3.3 Gewässereinleitungen

3.4 Abfälle

# 1. Allgemeine Informationen

## 1.1 Beschreibung

Herstellung von Monomerem Vinylchlorid (VCM) - entweder durch das thermische Cracken von Dichlorethan (EDC) oder durch die Anlagerung von HCl an Acetylen. Dichlorethan wiederum wird durch direkte Chlorierung oder Oxychlorierung von Ethylen produziert. Da die Herstellung von VCM über die Acetylenroute heute nur noch von untergeordneter Bedeutung ist (siehe unten), wird in dieser Prozeßeinheit lediglich die Verfahrenslinie über die Ethylenroute (Ethylen stellt den Ausgangsstoff des Prozesses dar) betrachtet. Der größte Teil des VCM wird heute in bilanztechnisch geschlossenen Anlagen produziert, die auf folgenden drei Verfahrensstufen beruht:

1. Chlorierung von Ethylen mit Chlor in flüssiger Phase bei niedriger Temperatur zu 1,2-Dichlorethan (EDC), als Katalysator dient  $\text{FeCl}_3$
2. Oxychlorierung von Ethylen mit HCl und Sauerstoff (oder Luft) zu EDC bei Temperaturen von 230-315  $^{\circ}\text{C}$  und Drücken von 3-13 bar, als Katalysatoren dienen Metallchloride
3. Pyrolyse von EDC zu VCM unter Abspaltung von HCl bei Temperaturen von 500-600  $^{\circ}\text{C}$  und Drücken von 10-35 bar.

Die Kombination der Verfahrensstufen 1 und 2 erlaubt es, die bei der Pyrolyse entstehende HCl vollständig als Rohstoff für die EDC-Herstellung in Stufe 2 zu verwenden. Die Oxychlorierung kann mit Luft oder mit Sauerstoff durchgeführt werden, wobei heute etwas mehr als ein Drittel der Produktion unter Verwendung von Sauerstoff stattfindet. Das EDC, das in der Chlorierung und Oxychlorierung entsteht, muß vor dem Einsatz in der Pyrolyse durch Destillation gereinigt werden. Als Nebenprodukte der Synthese treten Acetylen, Benzol, verschiedene Chlorkohlenwasserstoffe und Teere auf. Das gebildete VCM wird einer destillativen Reinigung unterworfen.

Die Weltproduktionsmenge an VCM betrug 1985 ca. 13,6 Mio. t (davon Nordamerika ca. 4 Mio. t, Westeuropa ca. 5 Mio. t). Ungefähr 95 % der Weltproduktion wurden zur Herstellung von PVC verwendet. Die jährliche Zuwachsrate der VCM-Produktion wird auf 1 bis 5 % geschätzt. Neue Anlagen sind in Osteuropa, Entwicklungs- und Erdölproduzierenden Ländern geplant oder im Bau (Ullmann 1986). Weltweit wird mehr als 90 % des VCM über die Dichlorethanroute hergestellt (Ethylen ist deutlich preisgünstiger). In der Bundesrepublik arbeitet aber noch eine Anlage mit rund 25 % der Gesamtkapazität (Gesamtproduktion 1987 ca. 1,43 Mio. t VCM), in der die Chlorierung von Ethylen mit dem Acetylenverfahren kombiniert wird (#1). Weitere 25 % der VCM-Produktion werden über Ethylen/Oxychlorierung mit reinem Sauerstoff und die restlichen 50 % über Ethylen/Oxychlorierung mit Luft hergestellt. Bei GEMIS wird nur die VCM-Herstellung über die Ethylenroute mit Sauerstoff bilanziert. Für die Genese der Kennziffern wurden bei GEMIS Daten aus #1 bzw. #2 verwendet. Die dort enthaltenen Werten geben den Stand der Technik Ende der 80er bzw. Anfang der 90er Jahre in der BRD bzw. bei Standorten der Fa. Norsk Hydro wieder.

Allokation: keine

Genese der Daten: Massenbilanz - Für die Erzeugung von 1 t VCM werden 470 kg Ethylen, 580 kg Chlor und 128 kg Sauerstoff eingesetzt. Bei der chemischen Reaktion werden 144 kg Wasser gebildet. Es fallen 34 kg an Nebenprodukten bzw. Reststoffen (Leichtsieder: Chloroform, EDC etc.; Schwertsieder: Trichlorethan, Tetrachlorethan, etc.; teerige Rückstände) an. Die destillierbaren Nebenprodukte werden chlorolytisiert (ca. 19 kg), der Rest (ca. 15 kg, diese werden bei GEMIS als Produktionsabfälle eingestuft) wird verbrannt (#1).

Energiebedarf: Der Energiebedarf zur Herstellung einer Tonne VCM beträgt nach #1 4,98 GJ ( 0,78 GJ elektrische Energie und 4,20 GJ Energieträger).

Emissionen: Die Oxychlorierung ist bezüglich der PCDD/PCDF-Emissionen (Abgasverbrennung und Reststoffe) die relevanteste Prozeßstufe. Die PCDD/PCDF werden im wesentlichen am Katalysator adsorbiert und entweder über Stäube in die Luft, nach nasser Abscheidung über Katalysatorschlamm als Abfall oder über das Wasser ausgetragen. Zu erwarten sind PCDD/PCDF auch in der Leicht- und Schwertsiederfraktion der Nebenprodukte der integrierten Oxychlorierung. In #2 werden Dioxinmissionen der Vinylchloridproduktion nach einer Studie von Norsk Hydro aufgeführt. Die Dioxinmissionen in die Luft (vermutlich aus der Abgasverbrennung und Nebenproduktverbrennung) werden mit 0,7 TE (ng/kg VCM), Emissionen ins Wasser mit 0,09 TE (ng/kg VCM) und die Emissionen mit dem Produkt mit 0,07 TE (ng/kg VCM) angegeben. Die in der Literatur diskutierten Daten zu PCDD/PCDF-Emissionen aus der PVC- bzw. VCM-Produktion schwanken um mehrere Größenordnungen (Spannbreite für Gesamtemissionen ca. 0,2 - 100 ng/kg PVC bzw. VCM). Die oben aufgeführten Daten liegen im unteren Bereich der diskutierten Spannbreite.

An prozessspezifischen Luftemissionen bei der VCM-Herstellung sind Vinylchlorid und 1,2-Dichlorethan relevant. In #1 werden diese Emissionen berechnet. Es werden für beide Chemikalien Werte von jeweils 2 g/t VCM angegeben. Dabei wurden alle Emissionen aus diffusen Quellen nicht berücksichtigt. Die

Emissionen aus diffusen Quellen dürften bei VCM bedeutender sein. Sie werden nach #1 von Herstellern auf 20 bis 30 t/Jahr geschätzt. Auf der Grundlage des Mittelwertes von 25 t/Jahr und einer Jahresproduktion von 1,43 Mio. t VCM errechnet sich ein Wert von ca. 17 g/t VCM für die diffusen Emissionen. Als Kennziffer für die VCM-Emissionen wurden die Summe aus der diffusen Emission (17 g) und der in #1 berechneten Emission (Vinylchlorid 2 g und 1,2-Dichlorethan 2 g) verwendet. Vinylchlorid und 1,2-Dichlorethan werden bei GEMIS unter NMVOC zusammengefaßt (21 g/t VCM).

Wasser: Für die Herstellung von VCM werden nach #1 insgesamt 293,54 t Wasser/t VCM benötigt. 290 t werden davon als Kühlwasser, 1,0 t als Kesselspeisewasser, 1,64 t als Hochdruckdampf und 0,90 t als Niederdruckdampf verwendet.

Bei der Oxychlorierung entsteht Abwasser als Reaktionswasser, als EDC Waschwasser, aus dem mit der Verbrennungsluft eingebrachten Wasser und als Stripddampfkondensat. Die spezifische Abwassermenge wird mit 0,4 m<sup>3</sup>/t VCM angegeben (#1). In #2 werden aus einer Studie von Norsk Hydro eine Vielzahl an Luft-, Wasseremissionen und Abfällen aufgeführt. Beispielhaft werden hier die folgenden Abwasserwerte wiedergegeben: CSB5 0,59 kg/t VCM, 0,4 g EDC/t VCM und 0,14 g Cu/t VCM. Es fallen weiterhin ca. 1 kg chemische und biologische Schlämme an.

## 1.2 Referenzen

#1 Tötsch, W./ Gaensslen, H. 1990: Polyvinylchlorid, zur Umweltrelevanz eines Standardkunstoffs, Köln (Verlag TÜV Rheinland)

#2 Grahl, B. et al. 1995: Ökologievergleich von chlor- und bromhaltigen mit halogenfreien Produkten im Baubereich, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 10408324

#3 <http://www.gemis.de/de/doc/prc/{49ED3891-23E5-4528-8BE5-9BEE8A37C205}.htm>

## 1.3 Projektspezifika

gemis

## 1.4 Weitere Metadaten

Quelle	Öko-Institut
Projekte	
Bearbeitet durch	Öko-Institut
Datensatzprüfung	Review begonnen
Ortsbezug	Deutschland
Zeitbezug	2020

## 1.5 Technische Kennwerte

Auslastung	5000 h/a
Brenn-/Einsatzstoff	Grundstoffe-Chemie
gesicherte Leistung	100 %
Jahr	2020
Lebensdauer	20 a
Leistung	1 t/h
Nutzungsgrad	172 %
Produkt	Grundstoffe-Chemie



**Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente**

**1.3 Technische Kennwerte (Fortsetzung)**

Funktionelle Einheit	1 kg Vinylchlorid (VCM)
----------------------	-------------------------

## 2. Inputs/Outputs

### Inputs - Aufwendungen für den Prozess

<u>Produkt</u>	<u>aus Vorprozess</u>	<u>Menge</u>	<u>Einheit</u>
Chlor	Chem-AnorgChlor-mix-DE-2020	0,58	kg
Elektrizität	EI-KW-Park-DE-2020	780E-9	TJ
Ethylen	Chem-OrgEthylen-DE-2020	0,47	kg
O2 (gasförmig)	Xtra-generischO2 (gasförmig)	0,128	kg
Prozesswärme	Wärme-Prozess-mix-DE-Industrie-2020	3,57E-6	TJ
Wasser (Stoff)	Xtra-generischWasser	294	kg

### Outputs

<u>Input</u>	<u>Menge</u>	<u>Einheit</u>
Vinylchlorid (VCM)	1	kg

### 3. Umweltaspekte

#### 3.1 Ressourcen

<u>Ressource</u>	<u>Menge</u>	<u>Einheit</u>
Abwärme	-7,44E-12	TJ
Atomkraft	1,11E-6	TJ
Biomasse-Anbau	261E-9	TJ
Biomasse-Anbau	59,6E-6	kg
Biomasse-Reststoffe	1,13E-6	TJ
Biomasse-Reststoffe	97E-6	kg
Braunkohle	1,14E-6	TJ
Eisen-Schrott	0,0042	kg
Erdgas	1,32E-6	TJ
Erdgas	0,000189	kg
Erdöl	8,05E-6	TJ
Erdöl	0,747	kg
Erze	0,0118	kg
Fe-Schrott	57,6E-9	kg
Geothermie	29,2E-9	TJ
Luft	0,129	kg
Mineralien	0,561	kg
Müll	295E-9	TJ
NE-Schrott	40,5E-6	kg
Sekundärrohstoffe	65,4E-6	kg
Sekundärrohstoffe	-935E-9	TJ
Sonne	407E-9	TJ
Steinkohle	1,52E-6	TJ
Wasser	352	kg
Wasserkraft	222E-9	TJ
Wind	1,07E-6	TJ

#### Ressourcen (Aggregierte Werte)

<u>Ressource</u>	<u>Menge</u>	<u>Einheit</u>
KEA-andere	-640E-9	TJ
KEA-erneuerbar	3,12E-6	TJ
KEA-nichterneuerbar	43E-6	TJ
KEV-andere	-640E-9	TJ
KEV-erneuerbar	3,12E-6	TJ

Ressourcen (Aggregierte Werte) (Fortsetzung)

<u>Ressource</u>	<u>Menge</u>	<u>Einheit</u>
KEV-nichterneuerbar	13,1E-6	TJ

3.2 Luftemissionen

<u>Name</u>	<u>direkt</u>	<u>inkl. Vorkette</u>	<u>Einheit</u>
As (Luft)		22,5E-9	kg
Cd (Luft)		50,7E-9	kg
CH4	0	0,00102	kg
CO	0	0,00149	kg
CO2	0	1,66	kg
Cr (Luft)		32,4E-9	kg
H2S	0	52,3E-9	kg
HCl	0	-3,86E-6	kg
HF	0	145E-9	kg
HFC-125	0	0	kg
HFC-134	0	0	kg
HFC-134a	0	0	kg
HFC-143	0	0	kg
HFC-143a	0	0	kg
HFC-152a	0	0	kg
HFC-227	0	0	kg
HFC-23	0	0	kg
HFC-236	0	0	kg
HFC-245	0	0	kg
HFC-32	0	0	kg
HFC-43-10mee	0	0	kg
Hg (Luft)		9,12E-9	kg
N2O	0	63,8E-6	kg
NH3	0	34E-6	kg
Ni (Luft)		968E-9	kg
NMVOc	21E-6	0,000527	kg
NOx	0	0,00424	kg
PAH (Luft)		75,5E-12	kg
Pb (Luft)		132E-9	kg
PCDD/F (Luft)		126E-15	kg
Perfluoraethan	0	7,8E-9	kg
Perfluorbutan	0	0	kg

### 3.2 Luftemissionen (Fortsetzung)

<u>Name</u>	<u>direkt</u>	<u>inkl. Vorkette</u>	<u>Einheit</u>
Perfluorcyclobutan	0	0	kg
Perfluorhexan	0	0	kg
Perfluormethan	0	61,2E-9	kg
Perfluorpentan	0	0	kg
Perfluorpropan	0	0	kg
SF6	0	0	kg
SO2	0	0,00107	kg
Staub	0	0,0003	kg

### Luftemissionen (Aggregierte Werte)

<u>Name</u>	<u>direkt</u>	<u>inkl. Vorkette</u>	<u>Einheit</u>
CO2-Äquivalent	0	1,71	kg
SO2-Äquivalent	0	0,00408	kg
TOPP-Äquivalent	21E-6	0,00588	kg

### 3.3 Gewässereinleitungen

<u>Name</u>	<u>direkt</u>	<u>inkl. Vorkette</u>	<u>Einheit</u>
anorg. Salze	0	0,0142	kg
AOX	0	10,2E-9	kg
As (Abwasser)		195E-15	kg
BSB5	0	21,3E-6	kg
Cd (Abwasser)		477E-15	kg
Cr (Abwasser)		472E-15	kg
CSB	0,00059	0,00127	kg
Hg (Abwasser)		239E-15	kg
Müll-atomar (hochaktiv)		421E-9	kg
N	0	8,06E-6	kg
P	0	144E-9	kg
Pb (Abwasser)		3,11E-12	kg

### 3.4 Abfälle

<u>Name</u>	<u>direkt</u>	<u>inkl. Vorkette</u>	<u>Einheit</u>
Abraum	0	1,7	kg
Asche	0	0,0216	kg
Klärschlamm	0	0,000672	kg



### 3.4 Abfälle

<u>Name</u>	<u>direkt</u>	<u>inkl. Vorkette</u>	<u>Einheit</u>
Produktionsabfall	0,001	0,0615	kg
REA-Reststoff	0	0,00503	kg