

## Chem-OrgHDPE-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

HDPE-Polymerisation: In diesem Prozess wird die Polymerisation von Ethylen zu HDPE (High Density PolyEthylen) betrachtet. HDPE - und ebenso LLDPE (Linear Low Density PolyEthylen) - wird in Niederdruckreaktoren nach drei verschiedenen Verfahren hergestellt:

1. "slurry process" (eine Art von Suspensionsverfahren)
2. Lösungsverfahren
3. Gasphaseverfahren

Beim "slurry process" wird Ethylen mit einem Katalysator (Ziegler), Lösungsmittel und weiteren Hilfs- und Zusatzstoffen in einem Reaktor polymerisiert. Es entsteht ein Gemisch aus Polymer (HDPE), nicht umgesetztem Monomer, Lösungsmittel und Reststoffen. Monomer und Lösungsmittel werden wiederverwendet. Das Polymer wird getrocknet und zu Granulat weiterverarbeitet. Das Verfahren in Lösung ist ähnlich dem "slurry process", die Reaktion findet aber bei höherer Temperatur statt. Im Unterschied dazu arbeitet das Gasphaseverfahren ohne den Zusatz eines Lösungsmittels.

Prozeßsituierung

Bei den Polyethylen(PE)-Kunststoffen kann man drei verschiedenen Polymere unterscheiden: HDPE (High Density PolyEthylen), LLDPE (Linear Low Density PolyEthylen) und LDPE (Low Density PolyEthylen). Die weltweiten Produktionskapazitäten der verschiedenen PE-Kunststoffe in 1000 t für das Jahr 1990 können der nachfolgenden Tabelle 1 entnommen werden (Ullmann 1992). In Westeuropa wurden nach (APME 1994) 1994 3,614 Mio. t HDPE, 1,267 Mio. t LLDPE und 4,856 Mio. t LDPE produziert (Gesamtsumme: 9,737 Mio. t PE). Wegen der schlechten Datenlage und da weiterhin LLDPE in geringeren Mengen hergestellt wird, wurden für dieses Polymer keine eigenen Kennziffern generiert. Aufgrund der gleichen Herstellungsverfahren wie bei HDPE können für LLDPE näherungsweise die hier vorliegenden Kennziffern verwendet werden. Für die Bilanzierung der HDPE-Herstellung wurden die Literaturquellen (#2, Tellus 1992, #1, PWMI 1993, #3) und (Ullmann 1992) untersucht. Die Daten der Studien #2 (Energiewerte) und (Tellus 1992) (Abwasserwerte) beziehen sich auf die Herstellung von HDPE in den USA und repräsentieren den Stand der Technik der 80er Jahre. Die Studie #1 (Massenbilanz) betrachtet die Produktion in Westeuropa Ende der 80er Jahre.

Tabelle 1 PE-Produktionskapazitäten in 1000 t für das Jahr 1990.

Region	LDPE	LLDPE	HDPE	gesamt PE
Nordamerika	3957	3746	3425	11128
Westeuropa	5363	1278	2693	9334
Osteuropa	2034	5	1168	3207
Japan	1388	467	1025	2880
Sonstige	2856	1258	3119	7233
Summe	15598	6754	11430	33782

Allokation: keine

Genese der Daten: - Massenbilanz: Nach #1 werden für die HDPE-Herstellung pro Tonne Produkt 1015 kg Ethylen eingesetzt. Dieser Wert zeigt eine gute Übereinstimmung mit den Angaben (1020 kg) der Tellus-Studie (Tellus 1992). Für die Polymerisationsreaktion werden ein spezieller Olefinzusatz (5 kg) sowie weitere Hilfsstoffe und Zusätze (9 kg) benötigt (#1). Da die aufgeführten Stoffe in Quelle nicht weiter spezifiziert werden, können nur nachfolgende Annahmen gemacht werden:

- unter spezieller Olefinzusatz sind Stoffe zur Regulierung der Kettenlänge des Polymers zu verstehen (z. B. Wasserstoff zum Abbruch der Polymerisation)
- unter die verbleibenden 9 kg fallen Stoffe wie Katalysator und Lösungsmittel, diese werden im Gegensatz zu dem Olefinzusatz nicht in das Produkt eingebaut und können zurückgewonnen werden. An festen Abfällen entsteht bei der Polymerisation eine Menge von 0,1 kg. Da in der Tellus-Studie keinerlei quantitative Angaben zu Hilfsstoffen oder Zusätzen gemacht werden, werden für die Genese der Massenbilanz die Werte von BUWAL verwendet.

Energiebedarf: Nach #2 wird für die Herstellung einer Tonne HDPE nach dem slurry-Verfahren 1685,1 btu/lb (359,7 btu/lb elektrische Energie, 1378,4 btu/lb Energiegehalt des benötigten Dampfes) und nach dem Lösungsverfahren 1858,0 btu/lb (479,6 btu/lb elektrische Energie, 1378,4 btu/lb Energiegehalt des benötigten Dampfes) Energie benötigt (für das Gasphaseverfahren liegen dort keine Daten vor). Legt man einen Anteilsmix von 4,625 zu 1 [gemäß 74 % slurry-Verfahren und 10 % Lösungsverfahren nach (Tellus 1992)] zugrunde, errechnet sich daraus für die HDPE-Polymerisation ein Energiebedarf von ca. 4,0 GJ/t (0,9 GJ/t elektrische Energie, 3,1 GJ/t Energiegehalt des benötigten Dampfes). Im Vergleich dazu werden bei (Tellus 1992) wesentlich höhere Angaben gemacht. Die Prozeßenergie zur Herstellung einer Tonne HDPE (15,4 GJ) setzt sich dort aus der elektrischen Energie (8,7 GJ) und dem Energiegehalt

des benötigten Dampfes (6,6 GJ) zusammen. Bei (PWMI 1993) wird der Polymerisationsprozeß von Ethylen zu HDPE nicht separat bilanziert. Aus der Differenz der Daten (?Total fuels?) aus der HDPE-Herstellung (gesamte Prozeßkette) und der Ethylen-Herstellung kann jedoch ein Energiebedarf für die Polymerisation in einer Größenordnung von 8 GJ grob abgeschätzt werden. Da in #2 die Energiewerte am besten nachvollzogen werden können, werden diese Angaben für GEMIS verwendet. Prozessbedingte Luftemissionen: Bei der HDPE-Herstellung können unter anderem beim Trocknen des Polymers, der Extrusion und beim Recycling des Monomers (Ethylen) flüchtige organische Verbindungen (VOC) entweichen. In #3 werden die prozessbedingten VOC-Emissionen bei der HDPE-Herstellung (Bezug: Westeuropa) abgeschätzt. Daraus ergibt sich ein Wert von ca. 6 kg VOC/t HDPE. Abwasser: (BUWAL 1991) kann entnommen werden, daß für die gesamte Prozeßkette der Herstellung von HDPE der BSB5- und der CSB-Wert gleich null sind. Somit ergeben sich auch für den hier betrachteten Teilschritt der Polymerisation Werte von jeweils 0. Für die Abwasserkennziffern BSB5 und CSB stehen bei (Tellus 1992) nur Angaben zu Rohabwasserwerten zur Verfügung. Als Werte nach Abwasserreinigungsmaßnahmen werden dort Titan, 0,0409 lbs/ton HDPE (umgerechnet 0,020 kg/t), Aluminium 0,0281 lbs/ton (umgerechnet 0,014 kg/t) und Phenol, 0,000004 lbs/ton (umgerechnet 0,000002 kg/t) aufgeführt. Die Angaben bei Tellus beziehen sich auf einen Verfahrensmix von 90 % Lösungs- und 10 % Gasphasenverfahren, wobei letzterem Verfahren keine Abwasseremissionen zugerechnet wurden.

## 1.2 Referenzen

#1 Bundesamt für Umwelt, Waldwirtschaft, Agrarwesen und Landwirtschaft (BUWAL) 1991: Ökobilanz von Packstoffen, Stand 1990, K. Habersatter, Schriftenreihe Umwelt Nr. 132, Bern

#2 US Department of Energy (DOE) 1985: Energy Analysis of 108 Industrial Processes, H. Brown et al., Fairmont Press Edition

#3 Öko-Institut (Institut für angewandte Ökologie e.V.) 1992c: Analyse von Datenbasen zu klimarelevanten Emissionen in der Bundesrepublik Deutschland, U. Fritsche/ F. Matthes, i.A. von KFA-TFF (IKARUS-Teilprojekt 9), Bericht jül-2614, Jülich

#4 <http://www.gemis.de/de/doc/prc/{17EE0594-3CF6-4901-8690-6019418504BE}.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

**1.3 Technische Kennwerte (Fortsetzung)**

Lebensdauer	20 a
Leistung	1 t/h
Nutzungsgrad	98,5 %
Produkt	Kunststoffe
Funktionelle Einheit	1 kg HDPE-Granulat

## 2. Inputs/Outputs

### Inputs - Aufwendungen für den Prozess

<u>Produkt</u>	<u>aus Vorprozess</u>	<u>Menge</u>	<u>Einheit</u>
Elektrizität	EI-KW-Park-DE-2020	900E-9	TJ
Ethylen	Chem-OrgEthylen-DE-2020	1,02	kg
Prozesswärme	Wärme-Prozess-mix-DE-Industrie-2020	3,1E-6	TJ

### Outputs

<u>Input</u>	<u>Menge</u>	<u>Einheit</u>
HDPE-Granulat	1	kg

### 3. Umweltaspekte

#### 3.1 Ressourcen

<u>Ressource</u>	<u>Menge</u>	<u>Einheit</u>
Abwärme	-16,4E-12	TJ
Atomkraft	645E-9	TJ
Biomasse-Anbau	57,9E-9	TJ
Biomasse-Anbau	12,4E-6	kg
Biomasse-Reststoffe	34,3E-6	kg
Biomasse-Reststoffe	288E-9	TJ
Braunkohle	98,3E-9	TJ
Eisen-Schrott	0,00662	kg
Erdgas	-4,51E-6	TJ
Erdgas	52,8E-6	kg
Erdöl	15,9E-6	TJ
Erdöl	1,61	kg
Erze	0,0176	kg
Fe-Schrott	120E-9	kg
Geothermie	8,59E-9	TJ
Luft	0,0013	kg
Mineralien	0,0318	kg
Müll	77,4E-9	TJ
NE-Schrott	8,5E-6	kg
Sekundärrohstoffe	12,6E-6	kg
Sekundärrohstoffe	47,9E-9	TJ
Sonne	76,4E-9	TJ
Steinkohle	-484E-9	TJ
Wasser	6,2	kg
Wasserkraft	139E-9	TJ
Wind	214E-9	TJ

#### Ressourcen (Aggregierte Werte)

<u>Ressource</u>	<u>Menge</u>	<u>Einheit</u>
KEA-andere	125E-9	TJ
KEA-erneuerbar	785E-9	TJ
KEA-nichterneuerbar	76,1E-6	TJ
KEV-andere	125E-9	TJ
KEV-erneuerbar	785E-9	TJ

Ressourcen (Aggregierte Werte) (Fortsetzung)

<u>Ressource</u>	<u>Menge</u>	<u>Einheit</u>
KEV-nichterneuerbar	11,6E-6	TJ

3.2 Luftemissionen

<u>Name</u>	<u>direkt</u>	<u>inkl. Vorkette</u>	<u>Einheit</u>
As (Luft)		42,5E-9	kg
Cd (Luft)		102E-9	kg
CH4	0	0,000519	kg
CO	0	0,00184	kg
CO2	0	2,42	kg
Cr (Luft)		57,8E-9	kg
H2S	0	9,17E-9	kg
HCl	0	-89,6E-6	kg
HF	0	-4,39E-6	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)		8,91E-9	kg
N2O	0	4,11E-6	kg
NH3	0	12,2E-6	kg
Ni (Luft)		2,03E-6	kg
NMVOc	0,006	0,007	kg
NOx	0	0,00774	kg
PAH (Luft)		158E-12	kg
Pb (Luft)		221E-9	kg
PCDD/F (Luft)		230E-15	kg
Perfluoraethan	0	1,48E-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	11,7E-9	kg
Perfluorpentan	0	0	kg
Perfluorpropan	0	0	kg
SF6	0	0	kg
SO2	0	0,00145	kg
Staub	0	0,000529	kg

### Luftemissionen (Aggregierte Werte)

<u>Name</u>	<u>direkt</u>	<u>inkl. Vorkette</u>	<u>Einheit</u>
CO2-Äquivalent	0	2,43	kg
SO2-Äquivalent	0	0,00678	kg
TOPP-Äquivalent	0,006	0,0167	kg

### 3.3 Gewässereinleitungen

<u>Name</u>	<u>direkt</u>	<u>inkl. Vorkette</u>	<u>Einheit</u>
anorg. Salze	0	0,000561	kg
AOX	0	21,6E-9	kg
As (Abwasser)		46,6E-15	kg
BSB5	0	19,5E-6	kg
Cd (Abwasser)		114E-15	kg
Cr (Abwasser)		113E-15	kg
CSB	0	0,000592	kg
Hg (Abwasser)		56,9E-15	kg
Müll-atomar (hochaktiv)		260E-9	kg
N	0	17,2E-6	kg
P	0	294E-9	kg
Pb (Abwasser)		742E-15	kg

### 3.4 Abfälle

<u>Name</u>	<u>direkt</u>	<u>inkl. Vorkette</u>	<u>Einheit</u>
Abraum	0	0,0604	kg
Asche	0	0,00396	kg
Klärschlamm	0	0,00143	kg





## Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente

### 3.4 Abfälle

<u>Name</u>	<u>direkt</u>	<u>inkl. Vorkette</u>	<u>Einheit</u>
Produktionsabfall	0,0001	0,0157	kg
REA-Reststoff	0	0,00222	kg