

Chem-OrgEthylen-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 Ethylen (=Ethen) durch Dampfpyrolyse von Naphtha nach dem Steamcracking-Verfahren. Zum Cracken (Spalten) wird der Kohlenwasserstoff mit Dampf gemischt und auf 500 bis 650 C vorgeheizt. Im eigentlichen Reaktor wird dann das Gemisch bei Temperaturen zwischen 700 und 900 C gecrackt. Die Verweilzeit im Reaktor beträgt weniger als eine Sekunde. Nach dem Reaktor wird das heiße Gasmisch schockartig abgekühlt, um die Zersetzung der gebildeten Produkte (außer Ethylen entstehen weitere wertvolle Produkte: Propylen, C4-Fraktion, Benzol) zu vermeiden. Schließlich wird der Produktstrom gewaschen, getrocknet und fraktioniert. Zur Trennung der Produkte in verschiedene Fraktionen wird das Gasmisch komprimiert und auf tiefe Temperaturen abgekühlt. Zur Reingewinnung der Produkte (Ethylen, Propylen und Benzol) aus den unterschiedlichen Fraktionen sind jeweils weitere spezielle Aufarbeitungsschritte notwendig. Weltweit werden 97 % der Ethylenproduktion durch die Dampfpyrolyse (Steamcracking) von Kohlenwasserstoffen hergestellt. Als wichtigster Rohstoff dient in den USA Ethan aus Erdgas (ca. 50 %), in Westeuropa und Japan wird überwiegend (über 80 %) von Naphtha ausgegangen. Der Weltjahresverbrauch an Ethylen betrug 1983 33,7 Mio. t (USA 13,1 Mio. t, Westeuropa 11,9 Mio. t). In der BRD wurden 1987 ca. 2,8 Mio. t Ethylen produziert (siehe #2). Für die Betrachtung der Herstellung von Ethylen wurden die Literaturquellen #1-3 ausgewertet. Bei der hier betrachteten Ethylenherstellung wird nur das Steamcracking von Naphtha bilanziert. Die Daten geben den Stand der Technik der 80er Jahre in Westeuropa bzw. den USA (Emissionen) wieder. Da die Kennziffern vom eingesetzten Rohstoff und der Produktverteilung abhängig sind, ist eine Übertragung der Daten auf andere Herstellungsländer nur bedingt möglich.

Allokation: Beim Cracken von Naphtha entsteht eine Vielzahl an Stoffen. Dieser Output des Crackers wurde nach den Angaben von #1 berechnet und ist in Tabelle 1 wiedergegeben. Als Produkte werden Ethylen, Propylen, 60 % der C4-Fraktion und Benzol betrachtet. Im Unterschied zu den Angaben aus #1 wurde Acetylen durch Benzol als Produkt ersetzt. Als Reststoffe werden 40 % der C4-Fraktion, Wasserstoff, Benzine, Rückstände und Acetylen gewertet. Während nach #1 (siehe Tabelle 1, Spalten 1 und 2) das Heizgas (Methan) mitbilanziert wird, entfällt dieses bei der Bilanzierung für GEMIS (siehe Tabelle 1, Spalten 3 bis 5). Das Heizgas wird bei GEMIS nicht stofflich berücksichtigt (wird bei Input und Output des Crackers herausgerechnet), da es wieder direkt im Prozeß zur Energieerzeugung (Erzeugung von Prozeßwärme durch Verbrennung) eingesetzt wird. Der Rohstoffbedarf an Naphtha, der Energie- und Wasserbedarf sowie die anfallenden Emissionen und Abfälle werden unter den Produkten (Ethylen, Propylen, 60 % der C4-Fraktion und Benzol) aufgeteilt. Die Allokation erfolgt nach Massen. So entfällt auf Ethylen ein Anteil von 53,6 %, auf Propylen 26,8 %, auf die 60 % C4 10,7 % und auf Benzol die restlichen 8,9 % (vgl. Produktmengen in Tabelle 1). Für die Reststoffe wird eine Gutschrift für den Ersatz von Rohöl gegeben.

In #1 wird der beim Cracken anfallende 3-bar-Dampf mit einer Energiegutschrift von 3150 MJ (Heizwert) pro Tonne Dampf bedacht. Dies entspricht einer Dampf-gutschrift von 10,37 GJ/t Ethylen. Im Unterschied dazu werden bei #2 die Einsparungsmöglichkeiten nur mit ca. 2 GJ beziffert. In GEMIS werden die Bilanzdaten aus #1 übernommen.

Tabelle 1 Stoffbilanzen beim Steamcracking in kg (Gesamtprozeß und nach Allokation für die Ethylenherstellung)

BUWAL gesamt [kg] GEMIS gesamt [kg] allokiert für gesamt Ethylen [kg]

Edukt Naphtha 1000 Edukt Naphtha 2766,7 1482,2

Produkte Produkt

Ethylen 300 Ethylen 1000 1000

Propylen 150 Propylen 500

60 % C4-Frakt. 60 60 % C4 200

Benzol 50 Benzol 166,7

Reststoffe 268 Reststoffe 893,3 478,6

Heizgas 170

Verluste 2 Verluste 6,7 3,6

Genese der Kennziffern

Massenbilanz: Die Massenbilanz des Crackers kann der Tabelle 1 entnommen werden. Ausgehend von den Angaben aus #1 (Spalten 2 der Tabelle 1) ergibt sich der Stoffstrom des Crackers bezogen auf die Herstellung von 1 Tonne Ethylen nach GEMIS (Spalte 4) durch das Herausrechnen des Heizgases und anschließendes Umrechnen der Werte von 300 kg auf 1000 kg Ethylen. Die sich aus dem Gesamtcrackingprozeß (Spalte 4) nach der Allokationsregel (53,6 %) ergebenden Anteile für die Ethylenherstellung sind in der Spalte 5 wiedergegeben.

Energiebedarf: Der Energiebedarf beim Steamcracking wird in #1 mit ca. 7,78 GJ (inkl. Dampfgutschrift) pro Tonne Input angegeben. Umgerechnet auf einen Output von 1 t Ethylen ergibt sich entsprechend der o.g. Allokationsregel ein Energiebedarf von 13,89 GJ (inkl. Dampfgutschrift von 10,37 GJ/t). In GEMIS ergibt sich daraus für den Energiebedarf ein Wert von 24,26 GJ/t Ethylen (53,6 % der Energie des Gesamtcrackingprozesses) und eine Dampfgutschrift von 10,37 GJ/t. In #3 wird der

Energiebedarf zur Herstellung von Ethylen (Input Naphtha) mit 5,415 btu/lb (Anteil für Ethylen, Tellus wertet den gesamten Output, 100 %, als Produkt) angegeben. Nach der hier angewandten Allokationsregel ergibt sich daraus ein Wert von 22,5 GJ/t Ethylen. Im Vergleich dazu wird bei #2 ein Wert von 20,9 GJ/t Ethylen angegeben. (Über Produktdefinition und Allokation liegen keine Angaben vor, die Werte werden jedoch als repräsentativ bezeichnet. Durch Nutzung der Abwärme sind Einsparungen von ca. 2 GJ/t Ethylen möglich). Für GEMIS werden entsprechend der Massenbilanz die Daten von #1 verwendet.

Prozeßbedingte Luftemissionen: An prozeßbedingten Luftemissionen sind beim Steamcracking-Prozeß vor allem flüchtige organische Verbindungen (VOC) von Bedeutung. Aus der Literatur konnte nur für Benzol ein Wert ermittelt werden. Mit Hilfe der Angaben aus #3 - dort wird aus US EPA, Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Benzene, 1988 ein Wert von 0,169 lbs/ton Ethylen aufgeführt - wurde für Benzol ein Emissionswert von 0,151 kg/t Ethylen berechnet.

Wasser: Der Kühlwasserbedarf zur Herstellung von 1 t Ethylen wurde aus den Angaben aus #2 berechnet. Er beträgt 1,26 m³ Wasser. Weiter Angaben zum Wasserbedarf bei der Ethylenherstellung liegen nicht vor.

Abwasser entsteht beim Steamcracken beim Ausschleusen des kondensierten Prozeßdampfes und der verbrauchten Lauge mit der die Spaltgase schwefelfrei gewaschen werden. Abwasserinhaltsstoffe sind hauptsächlich Kohlenwasserstoffe, begleitet von Phenolen und Schwefelverbindungen (UBA 1995a). Für Phenol wurde mit den Angaben aus #3 - dort wird ein Wert von 0,00238 lbs/ton Ethylen aus US EPA, Contractors Engineering Report: Analysis of Organic Chemicals and Plastics/Synthetic Fibers Industries, Appendix S: Production Processes, 1981 aufgeführt - ein Wert von 0,00213 kg/t Ethylen berechnet.

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 Ullmann 1987: Ullmann`s Encyclopedia of Industrial Chemistry, Fifth Completely Revised Edition, Vol. A 10, Weinheim

#3 Tellus Institute 1992: CSG/Tellus Packaging Study Vol II, Boston

#4 <http://www.gemis.de/de/doc/prc/{FAAD1AF4-C087-4760-A5F6-1D80BC6C2B55}.htm>

1.3 Projektspezifika

gemis

1.4 Weitere Metadaten

Quelle	Öko-Institut
Projekte	
Bearbeitet durch	Öko-Institut

1.2 Weitere Metadaten (Fortsetzung)

Datensatzprüfung	Review begonnen
Ortsbezug	Deutschland
Zeitbezug	2020

1.5 Technische Kennwerte

Auslastung	5000 h/a
Brenn-/Einsatzstoff	Brennstoffe-fossil-Öl
gesicherte Leistung	100 %
Jahr	2020
Lebensdauer	20 a
Leistung	1 t/h
Nutzungsgrad	67,5 %
Produkt	Grundstoffe-Chemie
Verwendete Allokation	Allokation durch Gutschriften
Funktionelle Einheit	1 kg Ethylen

2. Inputs/Outputs

Inputs - Aufwendungen für den Prozess

<u>Produkt</u>	<u>aus Vorprozess</u>	<u>Menge</u>	<u>Einheit</u>
Öl-Naphtha-DE-2010	RaffinerieÖl-schwer-DE-2020	63,2E-6	TJ
Prozesswärme	Öl-Naphtha-Kessel-DE-2020	24,3E-6	TJ
Wasser (Stoff)	Xtra-generischWasser	1,26	kg

Outputs

<u>Input</u>	<u>Menge</u>	<u>Einheit</u>
Ethylen	1	kg
Gutschrift Öl-roh bei Öl-roh-mix-DE-2020	19,1E-6	TJ/kg
Gutschrift Prozesswärme bei Wärme-Prozess-mix-DE-Industrie-2020	10,4E-6	TJ/kg

3. Umweltaspekte

3.1 Ressourcen

<u>Ressource</u>	<u>Menge</u>	<u>Einheit</u>
Abwärme	-15,9E-12	TJ
Atomkraft	298E-9	TJ
Biomasse-Anbau	1,42E-6	kg
Biomasse-Anbau	5,04E-9	TJ
Biomasse-Reststoffe	30,7E-9	TJ
Biomasse-Reststoffe	3,44E-6	kg
Braunkohle	-329E-9	TJ
Eisen-Schrott	0,00607	kg
Erdgas	-7,22E-6	TJ
Erdgas	14,5E-6	kg
Erdöl	15E-6	TJ
Erdöl	1,59	kg
Erze	0,016	kg
Fe-Schrott	117E-9	kg
Geothermie	5,63E-9	TJ
Luft	0,00118	kg
Mineralien	0,0271	kg
Müll	12,9E-9	TJ
NE-Schrott	954E-9	kg
Sekundärrohstoffe	707E-9	kg
Sekundärrohstoffe	43,7E-9	TJ
Sonne	8,29E-9	TJ
Steinkohle	-1,36E-6	TJ
Wasser	5,55	kg
Wasserkraft	98,7E-9	TJ
Wind	28,9E-9	TJ

Ressourcen (Aggregierte Werte)

<u>Ressource</u>	<u>Menge</u>	<u>Einheit</u>
KEA-andere	56,7E-9	TJ
KEA-erneuerbar	177E-9	TJ
KEA-nichterneuerbar	69,9E-6	TJ
KEV-andere	56,7E-9	TJ
KEV-erneuerbar	177E-9	TJ

Ressourcen (Aggregierte Werte) (Fortsetzung)

<u>Ressource</u>	<u>Menge</u>	<u>Einheit</u>
KEV-nichterneuerbar	6,38E-6	TJ

3.2 Luftemissionen

<u>Name</u>	<u>direkt</u>	<u>inkl. Vorkette</u>	<u>Einheit</u>
As (Luft)		40,7E-9	kg
Cd (Luft)		99,3E-9	kg
CH4	0	34,8E-6	kg
CO	0	0,00154	kg
CO2	0	2,04	kg
Cr (Luft)		55E-9	kg
H2S	0	-3,48E-9	kg
HCl	0	-0,000128	kg
HF	0	-6,43E-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)		7,27E-9	kg
N2O	0	-39,6E-6	kg
NH3	0	1,12E-6	kg
Ni (Luft)		1,98E-6	kg
NMVOc	0	0,00096	kg
NOx	0	0,00718	kg
PAH (Luft)		155E-12	kg
Pb (Luft)		208E-9	kg
PCDD/F (Luft)		219E-15	kg
Perfluoraethan	0	89,9E-12	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	705E-12	kg
Perfluorpentan	0	0	kg
Perfluorpropan	0	0	kg
SF6	0	0	kg
SO2	0	0,00114	kg
Staub	0	0,000489	kg

Luftemissionen (Aggregierte Werte)

<u>Name</u>	<u>direkt</u>	<u>inkl. Vorkette</u>	<u>Einheit</u>
CO2-Äquivalent	0	2,03	kg
SO2-Äquivalent	0	0,00602	kg
TOPP-Äquivalent	0	0,00989	kg

3.3 Gewässereinleitungen

<u>Name</u>	<u>direkt</u>	<u>inkl. Vorkette</u>	<u>Einheit</u>
anorg. Salze	0	0,000396	kg
AOX	0	21,1E-9	kg
As (Abwasser)		4,89E-15	kg
BSB5	0	16,3E-6	kg
Cd (Abwasser)		11,9E-15	kg
Cr (Abwasser)		11,8E-15	kg
CSB	0	0,00048	kg
Hg (Abwasser)		5,97E-15	kg
Müll-atomar (hochaktiv)		132E-9	kg
N	0	16,8E-6	kg
P	0	287E-9	kg
Pb (Abwasser)		77,9E-15	kg

3.4 Abfälle

<u>Name</u>	<u>direkt</u>	<u>inkl. Vorkette</u>	<u>Einheit</u>
Abraum	0	-0,623	kg
Asche	0	-0,00229	kg
Klärschlamm	0	0,0014	kg

3.4 Abfälle

<u>Name</u>	<u>direkt</u>	<u>inkl. Vorkette</u>	<u>Einheit</u>
Produktionsabfall	0,0028	0,0133	kg
REA-Reststoff	0	0,000977	kg