

# RHEINISCHE OLEFINWERKE GMBH (ROW)

## **Lehrplananbindung**

### **Kopiervorlage / Unterrichtsinhalte, -ziele, -methoden**

#### **S I Unternehmen der Region/Kunststoffe/Polyethen (Ek, Sw, Ch)**

- (1) Erkundung eines Chemieunternehmens am Beispiel der Rheinischen Olefinwerke (Schülerrecherche)
- (2) Die ROW als großer PE-Produzent (Information, Aufgaben)

#### **S I Kunststoffe / Polyethen / Stoffeigenschaften (Ch, Ek, Sw)**

- (3) Vom Bakelit zum Polyethen (Information, Schülerrecherche)
- (3) Erkundung von Verpackungskunststoffen (Information, Schülerrecherche)
- (3) Eigenschaften von Polyethen (Experiment)
- (4) Verwendung von Polyethen (Collage, problemorientierte Aufgaben)

#### **S I/II Technischer Prozeß / Polyethenarten (PE LD, PE HD)**

- (5) Großtechnische Herstellung von Polyethen (Puzzle)
- (6) Hochdruckpolyethen (PE LD) - Niederdruckpolyethen (PE HD) (Information, problemorientierte Aufgaben)

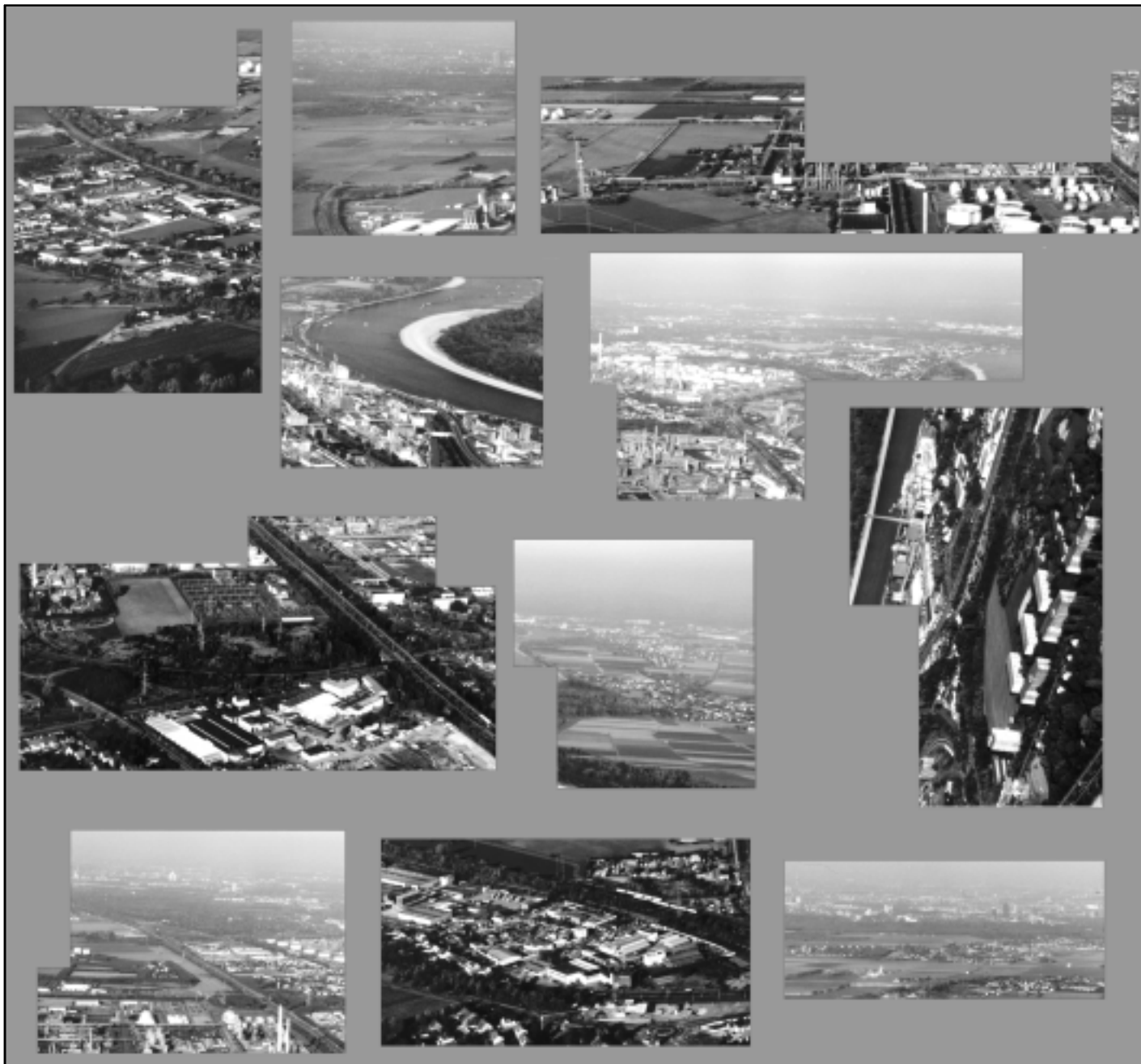
**Materialien:** PE-Granulat, Informationsbroschüre

## **Kontaktsschule**

**Albert-Einstein-Realschule Wesseling**  
**Schwarzdornweg**  
**50389 Wesseling**



## Auf der Autobahn durch ein großes Chemieunternehmen



### Die ROW - ein großes Industrieunternehmen

Falls du mit dem Auto schon einmal über die A555 von Wesseling nach Köln gefahren bist, sind dir sicherlich die großen Industrieanlagen rechts und links der Autobahn aufgefallen. Dieser Autobahnabschnitt führt direkt durch die Rheinischen-

Olefin-Werke. Sie beeindruckten besonders nachts, wenn sie hell erleuchtet sind und man die vielen Rohrleitungen und Reaktions-türme gut erkennen kann.



### Denk nach und mach mit

1. Die 6 Fototeile zeigen Ausschnitte von den Rheinischen Olefinwerken. Schneide sie aus und füge sie richtig angeordnet zu einem Gesamtbild der ROW zusammen.
2. Weißt du, wie viele Kilometer lang der Autobahnabschnitt ist, der direkt durch das Werk führt? Schätze ab oder lies beim „Durchfahren“ über die Autobahn den Kilometerzähler ab.
3. Schätze die Fläche ab, die das Werk einnimmt. Wie viele Menschen arbeiten hier wohl? Du kannst dich auch bei der Stadtverwaltung von Wesseling erkundigen oder einfach die ROW anrufen.
4. Was bedeutet eigentlich das Wort „Olefin“? Schlage im Lexikon nach!
5. Ohne die benachbarten Raffinerien würde die ROW sofort ihre Produktion einstellen müssen. Stelle Vermutungen an, die diesen Zusammenhang erklären.

## Die Rheinischen Olefinwerke



**Nachbarschaft: Rübenfeld vor ROW-Anlage**

**WESSELING:** Hinter der Stadt liegt eine andere Stadt. Türme aus Stahl, umgeben von Dampf, Röhren, Lichterketten. „Rheinische Olefinwerke“, ROW, heißt diese „Stadt“. 2300 Menschen sind dort zu Hause. Für andere wirkt diese Stadt eher unheimlich. Was passiert hinter ihren Toren? Was wird dort an die Luft, an das Wasser des Rheins abgegeben?

Was bedeutet es, wenn die Fackel brennt? Fragen, die gerade in Wesseling, Godorf oder Immendorf von Bedeutung sind. Tausende von Menschen wohnen dicht neben dem Werk, Getreide- und Gemüsefelder stoßen bis an den Werkszaun, Naturschutz- und Erholungsgebiete liegen wenige hundert Meter entfernt.

### ROW produziert Polyethen

Die RHEINISCHEN OLEFINWERKE wurden 1953 von der BASF (Badische Anilin- und Sodafabrik) AG - Ludwigshafen und von der Deutschen Shell AG gegründet. Von der BASF stammt das technische Know-how für die Herstellung von **Kunststoffen**. Die Shell-Raffinerie (heute in Godorf) liefert die hierzu benötigten Rohstoffe.

Der Firmenname „ROW“ Rheinische *Olefinwerke* läßt sich folgendermaßen erklären: Einige aus dem Erdöl isolierte, für die Kunststoffproduktion benötigte Grundstoffe sind Moleküle mit Doppelbindungen. Früher nannte man solche organischen Verbindungen, die aus dem Erdöl gewonnen werden, *Olefine*.

Von ROW werden eine Reihe von Kunststoffen hergestellt, wie z.B. Polyethen, Polypropen oder Ethencopolymerbitumen. Mengemäßig am wichtigsten ist LUPOLEN, welches aus Ethen synthetisiert wird.

**Ethen** kann wegen seiner Doppelbindung mit vielen Molekülen - auch mit anderen Ethenmolekülen reagieren. Daher können aus Ethen zahlreiche Verbindungen hergestellt werden. Eine davon ist **Polyethen**.

Es gibt mehrere Firmen, die Polyethen herstellen. Daher läßt jede Firma ihr Produkt unter einem Handelsnamen eintragen. Das von der ROW produzierte Polyethen heißt LUPOLEN: Dies ist die Abkürzung für „Ludwigshafener Polyethen“.

Der Bedarf an Kunststoffen stieg in den letzten Jahrzehnten sprunghaft an. Dies zeigt sich auch in den Produktionszahlen von ROW: Wurden 1955 lediglich 10.000 t Kunststoffe hergestellt, sind es heute pro Jahr etwa 1 Million Tonnen. Davon entfallen auf das Produkt Lupolen über 700.000 Tonnen. Aus dem Gas Ethen entstehen hierbei kleine Polyethen-Kügelchen - ein sogenanntes Granulat. Dieses Granulat wird von anderen Betrieben zu den verschiedensten Gegenständen weiterverarbeitet. Zu seiner Herstellung sind erstaunlich wenige Grundchemikalien erforderlich, da Polyethen ausschließlich aus Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen besteht und somit zu den umweltfreundlichen Kunststoffen zählt.

Zur Entsorgung kann Lupolen auf Mülldeponien ohne Gefährdung des Grundwassers abgelagert oder zu Kohlendioxid und Wasser verbrannt werden. Warum aber wegwerfen, wenn es auch anders geht? In letzter Zeit werden Polyethenabfälle daher zunehmend wiederverwertet. Sortenreine Abfälle können so nach Zerkleinerung und Reinigung eingeschmolzen und anschließend erneut verarbeitet werden.

### ROW - Ein Rückblick

Denken Sie sich ROW doch einmal weg. „Unmöglich!“, sagen Sie? Marie Tüllmann, die mit ihrem Mann heute eine Buchhandlung in Wesseling betreibt, macht es möglich. Sie erinnert sich noch sehr genau an die Zeit vor ROW:

„Das Land, auf dem sich heute die ROW ausdehnt, ist vor 1953 immer offenes Land ohne Bebauung gewesen. Es wurde landwirtschaftlich genutzt, nur die Rheinuferbahn (1906) und die Autobahn Köln-Bonn waren bereits gebaut.

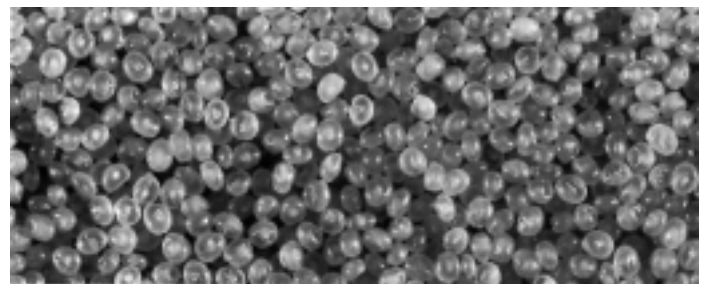
Ein Teil dieser Felder gehörte meinem Vater Theo Engels und war seit der Jahrhundertwende im Familienbesitz.

Wo heute Röhren, Kolonnen, Tanks und Öfen stehen, baute mein Vater früher Rüben, Getreide, Kartoffeln, Gemüse, Obstbäume und Ziersträucher an. Wir hielten nebenher noch eine Kuh, einige Schweine, Kaninchen, Hühner und ein Pferd, mit dem ich damals die Felder pflügte. Dort steht heute die Verwaltung.

Eines Tages, es muß zu Beginn der 50er gewesen sein, kam mein Onkel Anton in seiner Funktion als Bürgermeister zu meinem Vater und erzählte ihm, daß sich eine Fabrik in Wesseling ansiedeln wolle. Die zentrale Lage zum Rhein, zur Bahn und zur Autobahn machten Wesseling als Standort natürlich sehr attraktiv. Außerdem sah mein Onkel eine einmalige Chance, aus dem Dorf Wesseling eine Stadt zu machen und Leute anzulocken.

Die umliegenden Bauern waren alle zum Verkauf bereit - bis auf meinen Vater. Bei neun Kindern waren wir auf das Land ja angewiesen. Deshalb bot ihm die BASF ein Grundstück in Godorf zum Tausch an.“

Aus: 40 Jahre ROW, 1953 - 1993,  
Hrsg. ROW Wesseling gekürzt



**Lupolen-Granulat**

### Aufgaben

1. Fasse in Stichpunkten alles Wissenswerte zum Kunststoff Polyethen zusammen.
2. Aus welchem Rohstoff werden letztlich alle Kunststoffe hergestellt?
3. Für die Gründung der ROW haben sich zwei große Unternehmen zusammengeschlossen. Nenne die Unternehmen und ihre Bedeutung für die ROW.
4. Informiere dich. Was bedeutet es, wenn die „Fackel bei ROW brennt“?

## Polyethen - ein moderner Massenkunststoff

### Kunststoffe erobern die Welt

Der Siegeszug der Kunststoffe begann mit einem harten und spröden Kunststoff, der zu Beginn dieses Jahrhunderts von dem belgischen Chemiker Baekelund „erfunden“ wurde. Uropas schwarzes schweres Telefon wird mit großer Wahrscheinlichkeit aus diesem Kunststoff hergestellt worden sein. Einen Nachteil hatte dieses zu Ehren von Baekelund als **Bakelit** bezeichnete Material: Wenn das Telefon auf den Boden fiel, zersprang es in viele kleine Bruchstücke.

Bei den Kunststoffen der nachfolgenden Generationen hatte man dieses Problem nicht mehr zu befürchten. In den Werbeslogans tauchten daher Begriffe wie „unkaputtbar“ auf, wenn z.B. die Vorteile dieser leichteren und weniger spröden Kunststoffe für die Verwendung als Getränkeflaschen gepriesen wurden.



### Was ist eigentlich „PE“

Festigkeit, Leichtigkeit, Haltbarkeit und die preiswerte Herstellung aus Erdöl zeichnen den Verpackungstoff Kunststoff aus. Ob Schalen, Tuben, Becher oder Flaschen, ob Eimer, Kanister oder Dosen, Kunststoff läßt sich in viele Formen bringen. Diese Vielseitigkeit schlägt sich auch in den Verpackungszahlen nieder. Rund 1,4 Mio Tonnen Kunststoffverpackungen wurden 1993 verbraucht. Nach der Verpackungsverordnung müssen diese Verpackungen gekennzeichnet sein. Dir ist bestimmt schon aufgefallen, daß häufig auf der Unterseite von Verpackungsmaterialien Abkürzungen wie PE, PP, PS, oder PET zu finden sind. Diese Kürzel benennen die Kunststoffe, aus denen Kunststoffverpackungen hergestellt werden. Die Abkürzung „PE“ steht für Polyethen.



Zu diesen Kunststoffen gehört auch das bei den Rheinischen Olefinwerken in Wesseling mit einer Jahresproduktionsmenge von 700.000 t hergestellte **Polyethen**.



### Überlege

1. In welchen Verwendungsbereichen ist die Überlegenheit von Kunststoffen gegenüber anderen Materialien besonders groß?
2. Nenne Gründe dafür, daß in diesen Bereichen vor allem Kunststoffe verwendet werden.
3. Welche Eigenschaften von Polyethen lassen sich aus dem Text ableiten?

### Aufgaben

4. Versuche herauszufinden, welche Kunststoffe sich hinter den Kürzeln PP, PS und PVC verbergen.
5. Warum werden die Kunststoffverpackungen deiner Meinung nach gekennzeichnet?
6. Durchsuche die bei dir im Haushalt befindlichen Kunststoffverpackungen nach den genannten Kürzeln.
  - Auf welchen Verpackungen befindet sich das Kürzel „PE“ ?
  - Welche Kunststoffe kommen am häufigsten vor? .



### Wir untersuchen die Eigenschaften von Polyethen

#### Materialien

Kerze, Schutzbrille, Tiegelflange, brandfeste Unterlage, Becherglas 50 ml

#### Chemikalien

PE-Teststäbchen, PE-Granulat, Trinkbecher aus PE (ungefärbt), Benzin, verdünnte Salzsäure

#### Durchführung

1. Erwärme PE-Granulat in dem Aluminiumbehälter eines Teelichtes langsam bis zum Schmelzen. Forme aus der sich abkühlenden Schmelze eine Kugel oder ein Plättchen.
2. Halte ein PE-Stäbchen vorsichtig über einer feuerfesten Unterlage in eine Kerzenflamme und beobachte. Sollte das Stäbchen brennen, dann puste die Flamme vorsichtig aus.

#### Beobachtungen.

3. Betaste ein PE-Stäbchen mit den Fingern, versuche es mit dem Fingernagel zu ritzen und biege das Stäbchen. **Formuliere deine Beobachtungen.**
4. Schneide einige Streifen aus einem ungefärbten Polyethenbecher aus und tauche diese in je ein kleines Becherglas mit wenig Benzin und verdünnter Salzsäure. Nimm die PE-Streifen nach etwa 15 Minuten aus den Bechergläsern heraus, tupfe sie mit einem Papiertuch ab und überprüfe, ob du Veränderungen feststellen kannst.
5. Gib ein PE-Stäbchen oder PE-Granulat in ein Becherglas mit Wasser und beobachte.

#### Eigenschaftskatalog Polyethen

Dichte	0,92 - 0,96 g/cm <sup>3</sup>
Verhalten in der Kerzenflamme	
Konsistenz	
Verhalten beim Erwärmen	
Löslichkeit in Nitroverdünnung	
Löslichkeit in Benzin	

## Ohne PE geht heutzutage (fast) nichts mehr

Bei den Rheinischen Olefinwerken wird aus Ethen Polyethen hergestellt, das unter dem Namen Lupolen® auf den Markt kommt. Über 700.000 Tonnen dieses Kunststoffes werden bei der ROW jährlich produziert. Es ist die Vielseitigkeit dieses Werkstoffes, die seine zahlreichen Verwendungsmöglichkeiten

begründet. Wer gedacht hat, daß Polyethen vor allem für die Herstellung von Tragetaschen verwendet wird, der irrt. Die folgende Collage zeigt die breite Palette der Anwendungsbereiche für diesen modernen Massenkunststoff.



### Polyethen ist . . .

- ⇒ beständig gegenüber Chemikalien,
- ⇒ wasserabweisend,
- ⇒ ein guter elektrischer Isolator,
- ⇒ flexibel,
- ⇒ schweißbar,
- ⇒ wiederverwertbar,
- ⇒ leicht zu verarbeiten,
- ⇒ kostengünstig herzustellen.

### Polyethen hat . . .

- ⇒ eine niedrige Dichte,
- ⇒ eine niedrige Gasdurchlässigkeit,
- ⇒ eine hohe (Reiß)Festigkeit.



### Denk nach und mach mit

1. Die Collage zeigt verschiedene Einsatzmöglichkeiten für Polyethen. Nenne 6 typische Verwendungsbereiche für PE und begründe jeweils die Eignung dieses Kunststoffes für den Verwendungszweck.
2. Versuche Ersatzstoffe für die jeweiligen PE-Produkte zu finden und vergleiche Vor- und Nachteile von PE und dem Ersatzstoff für die jeweilige Anwendung.
3. Fasse in wenigen Stichpunkten zusammen, warum Kunststoffe wie PE in der heutigen Zeit einen so hohen Stellenwert einnehmen.

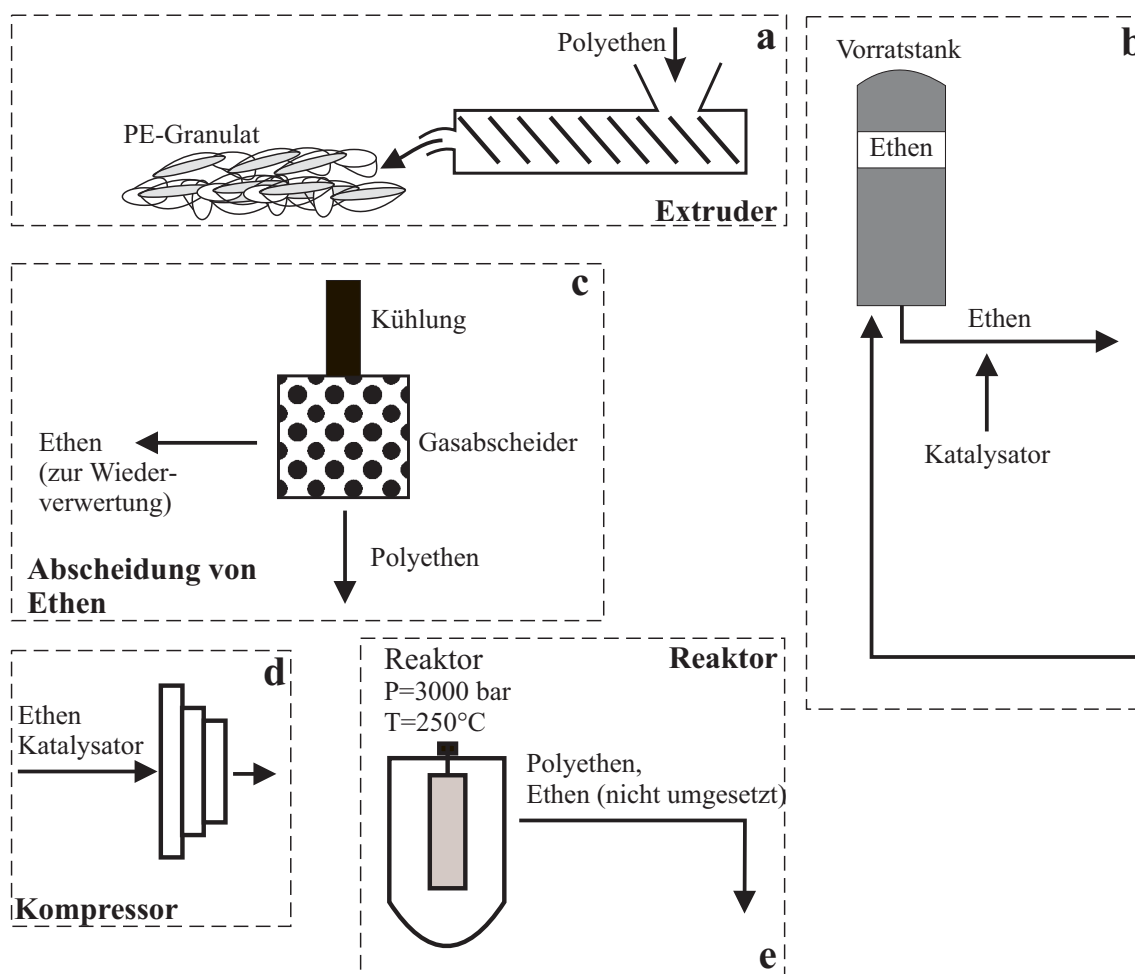
## 3000 bar und 300 °C - Aus Ethen stellt die ROW Polyethen her

Bei der ROW werden pro Jahr über 700.000 t **Ethen** zu **Polyethen** umgesetzt. Zur Herstellung von Polyethen gibt es verschiedene Möglichkeiten. Grundsätzlich unterschieden werden das Hochdruck- und das Niederdruckverfahren. Beim Hochdruckverfahren findet die Verknüpfung der Ethenbausteine unter extrem hohem Druck von bis zu 3000 bar und bei hohen Temperaturen von etwa 250 °C statt. Damit die Reaktion stattfinden kann, müssen Reaktionsbeschleuniger hinzugefügt werden, die man als Initiatoren bezeichnet. Wer bei der ROW eine solche Anlage besichtigt, steht vor einem riesigen unübersichtlichen Komplex aus Stahltürmen und Rohren. Hinter dieser komplizierten Technik stehen aber ganz einfache Prinzipien.



Produktionsanlagen zur Herstellung von Polyethen bei der ROW

Die folgende Abbildung zeigt die Stationen der Polyethenproduktion nach dem Hochdruckverfahren. Die einzelnen Schritte richtig anzuordnen, ist deine Aufgabe.



### Aufgaben

- Schneide die einzelnen Stationen der Herstellung von Polyethen nach dem Hochdruckverfahren aus und ordne sie in logischer Abfolge auf einem weißen Blatt Papier an.
- Beschreibe die einzelnen Stationen deines Modells. Begründe jeden einzelnen Schritt.
- Wichtige Aspekte der großtechnischen Herstellung von chemischen Stoffen sind u. a.:
  - die Optimierung der Ausbeute,
  - eine möglichst kostengünstige Prozeßführung,
- die einfache Abtrennung des gewünschten Reaktionsproduktes von unerwünschten Nebenprodukten bzw. von einem nicht umgesetzten Ausgangsprodukt. Was kannst du anhand deines Modells dazu sagen. Welche Restfragen bleiben?
- Die Materialien, aus denen der Hochdruckreaktor besteht, müssen einem riesigen Druck standhalten. Bei welcher Wassertiefe würde ein Forschungs-U-Boot dem gleichen Druck ausgesetzt sein? Schlage in deinem Physikbuch nach.

### Polyethen ist nicht gleich Polyethen



Durch gezielt gesteuerte Herstellungsverfahren werden bei der ROW wie auch bei anderen PE-Produzenten zwei verschiedene Polyethen-Arten hergestellt, die un-

terschiedliche Eigenschaften aufweisen und daher für verschiedene Anwendungen geeignet sind.

#### Hoher Druck - niedrige Dichte

Im Jahre 1933 erfanden die englischen Chemiker Fawcett und Gibson die sogenannte Hochdruckpolymerisation, die einen Druck von über 2000 bar erforderte. Das Reaktionsprodukt heißt abgekürzt **PE LD** (Low Density Polyethen), ein Polyethen mit niedriger Dichte.

#### Niedriger Druck - hohe Dichte

20 Jahre später entwickelte der deutsche Chemiker Karl Ziegler die Niederdruckpolymerisation von Ethen. Unter Normaldruck entsteht bei diesem Verfahren **PE HD** (High Density Polyethen), ein Polyethen mit hoher Dichte.

Bei den Rheinischen Olefinwerken werden beide Verfahren angewendet. Die im Hoch- und Niederdruckverfahren hergestellten Polyethenarten werden unter dem Markennamen Lupolen verkauft.

**PE LD - ein stark verzweigtes Polymer**



**PE HD - ein schwach verzweigtes Polymer**



#### Eigenschaften von PE LD und PE HD im Vergleich

Polyethen-Art	Dichte (g/cm <sup>3</sup> )	* Streckspannung (N/mm <sup>2</sup> )	Dehnung beim Bruch (%)	Konsistenz (weich oder hart)
PE LD	0,92	14	600	
PE HD	0,96	27	350	

\* Streckspannung ist die Spannung, die zum Zerreißen des Materials benötigt wird.

#### Aufgaben

1. Erklären Sie die unterschiedliche Dichte von PE HD und PE LD anhand der oben abgebildeten molekularen Struktur der beiden Polyethenarten.
2. Wird Granulat der beiden Polyethenarten PE HD und PE LD in Wasser zu Boden sinken?
3. Was läßt sich anhand eines Vergleichs der Streckspannung und der Dehnung beim Bruch über die Konsistenz der beiden Polyethenarten aussagen? Tragen Sie in die obige Tabelle ein: weicher/härter als PE HD/PE LD.

#### Die unterschiedlichen Eigenschaften der zwei PE-Arten und ihre Verwendung

Aufgrund ihrer charakteristischen Materialeigenschaften werden **PE HD** und **PE LD** für die Herstellung unterschiedlicher Gegenstände verwendet. Das bei den Rheinischen Olefinwerken hergestellte Polyethen wird, egal ob es sich um PE HD oder PE LD handelt, unter dem Markennamen **Lupolen** verkauft. Lupolen wird z.B. zur Herstellung von Folien, Kabelummantelungen, Mülltonnen, Autotanks oder auch Spielzeug und sogar Surfboards verwendet. Die Hersteller von PE-Produkten verwenden je nach Anforderung an die Produkte Polyethen hoher oder niedriger Dichte.

Gegenstand	PE HD	PE LD
Folien		
Kabelummantelungen		
Kraftstofftanks		
Mülltonnen		

#### Aufgabe

4. Sie sollen anhand der Eigenschaften von PE HD und PE LD entscheiden, aus welcher der beiden Polyethenarten die in der Tabelle genannten Gegenstände vermutlich hergestellt werden.

## Einsatzmöglichkeiten der Kopiervorlagen im „Normalunterricht“ und Anbindung an die Lehrpläne

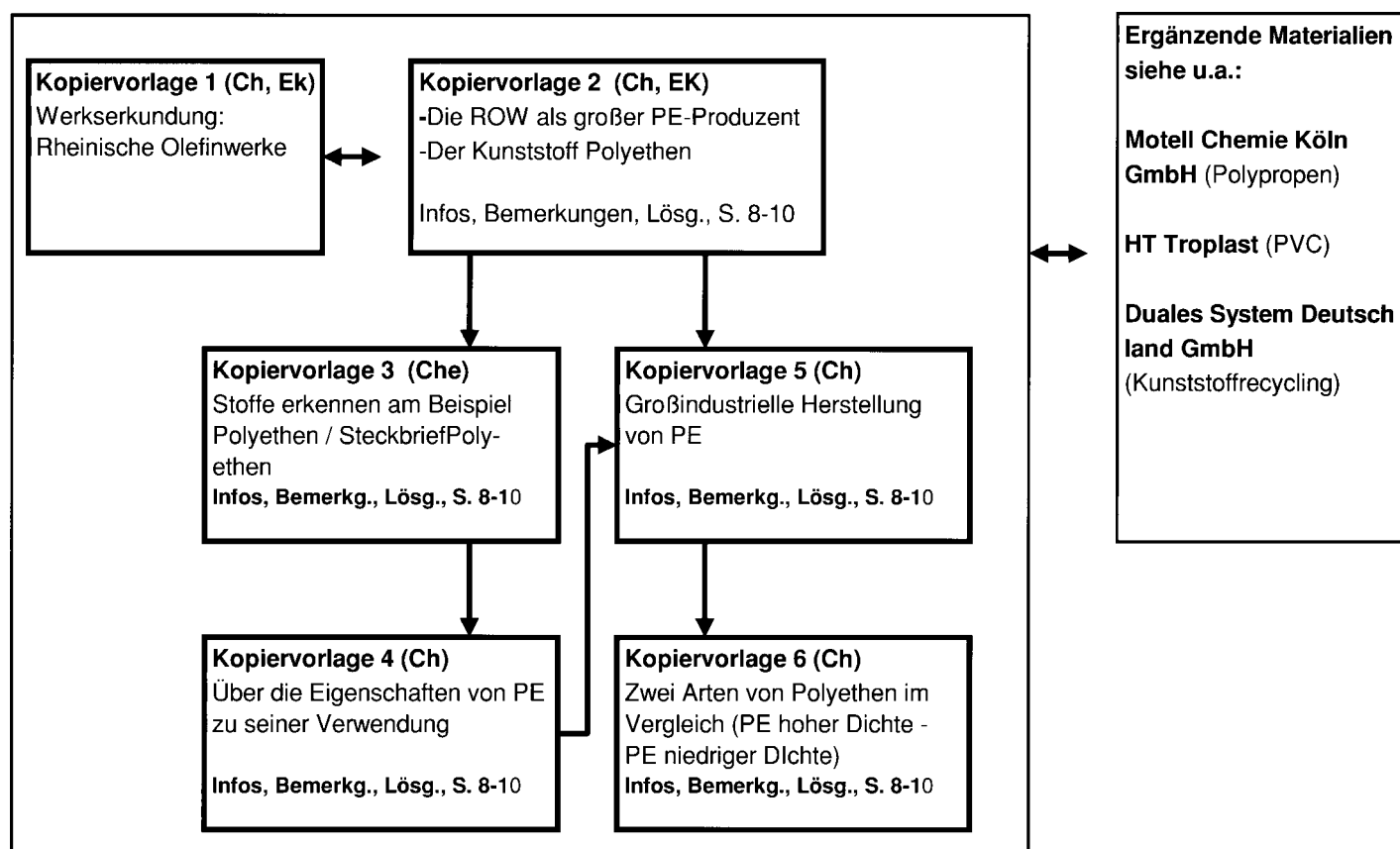
Die unterrichtliche Behandlung des Themas „Kunststoffe“ findet gemäß den Richtlinien erstmals in der Jahrgangsstufe 10 statt. Nach den Lehrplänen für die Gymnasien handelt es sich hierbei „nur“ um ein Wahlthema. Der allgemein schlechte Stand des Themas im Chemieunterricht ist vor allem mit Blick auf den Köln-Bonner Raum aus verschiedenen Gründen unerklärlich. Zum einen nehmen Kunststoffe einen überwältigenden Stellenwert in der Lebenswelt der Schüler ein und zum anderen prägt die kunststoffherstellende- und verarbeitende Industrie den Wirtschaftsraum zwischen Köln und Bonn wie kaum eine andere Sparte. Die Schüler haben - so sollte man meinen - ein **Recht** darauf, zumindest mit den typischen Kunststoffen der Gegenwart im Zuge ihrer Schullaufbahn vertraut gemacht zu werden. Die Kopiervorlagen 3 und 4 erlauben einen Zugang zum Thema „Kunststoffe“ auf phänomenologischer Ebene und können daher bereits im Anfangsunterricht des Faches Chemie bzw. im Differenzierungsbereich Naturwissenschaften eingesetzt werden. Im Zuge des Themas „Stoffe erkennen“ können die Schüler

in einfachen Versuchen (unter Beachtung der Gefahrstoffverordnung) einen Steckbrief zum häufigsten Verpackungskunststoff Polyethen erstellen und anhand der Eigenschaften dieses Kunststoffes einige seiner Funktionen und Anwendungen erklären und begründen.

Mit Kopiervorlage 5 wird der Prozeß zur industriellen Herstellung von Polyethen erarbeitet. Das stark vereinfachte Schema zeigt die wesentlichen Ablaufschritte. Das Arbeitsblatt wurde für die Sekundarstufe I entwickelt. Es kann aber auch als Basisblatt für die vertiefende Erarbeitung des technischen Prozesses der Polyethensynthese in der Sekundarstufe II verwendet werden.

Mit den Kopiervorlagen 1 und 2 lernen die Schüler ein bedeutendes Industrieunternehmen der Region kennen. Die Bearbeitung der Arbeitsblätter bereitet eine Exkursion zur ROW vor und verschafft den Schülern die Kompetenzen, mit denen ein Besuch der ROW für sie kognitiv und emotional zum „Lernerlebnis“ wird.

Das nachstehende Fließschema gibt einen Überblick über die Einsatzmöglichkeiten und die mögliche Abfolge der Kopiervorlagen:



## Informationen, Bemerkungen, Lösungen

### Hilfen und Hinweise zur Beantwortung der Fragen und Aufgaben

**Kopiervorlage 1:** siehe Hintergrundinformationen zur ROW

#### Kopiervorlage 2

Aufgabe 4

Funktion der Fackelanlage: Bei Betriebsstörungen werden plötzlich anfallende Gasmengen gefahrlos verbrannt. Je nach Größe dieser Mengen geschieht dieses über die geräuscharm arbeitenden Bodenfackeln oder sonst über die Hochfackeln. Das Abfackeln über die Hochfackeln ist kilometerweit zu sehen. Das Ge-

räusch beim Abfackeln der Gase wird u.a. durch Wasserdampf verursacht, der benötigt wird, um die erforderliche Verbrennungsluft in den Bereich der Flamme zu bringen.

Die übrigen Antworten ergeben sich aus dem Kontext.

**Kopiervorlage 3**

## Aufgabe 1

Fast die Hälfte der in Deutschland hergestellten Kunststoffe kommt in der Bau- und Verpackungsindustrie zum Einsatz.

## Aufgabe 2

Vorteile von Kunststoffen im Bausektor: lange Haltbarkeit, Korrosionsbeständigkeit, gute mechanische Eigenschaften, einfache Handhabung, gute Dämmeigenschaften.

Vorteile von Kunststoffen im Verpackungsbereich: geruchsneutral, fettresistent, billig und einfach herzustellen, niedriges Gewicht. Kunststoffverpackungen können dem zu verpackenden Produkt anforderungsgerecht angepaßt werden.

## Aufgabe 3

Eigenschaften von PE: leicht, flexibel, bruchsicher

## Aufgabe 4

PP (Polypropen), PS (Polystyrol), PVC (Polyvinylchlorid)

## Aufgabe 5

Zur sortenreinen Trennung und Wiederverwertung bzw. zur getrennten Entsorgung

## Aufgabe 6

Die Abkürzung „PE“ findet man u.a. auf Tragetaschen, Yoghurt- und Quarkbechern, Kosmetikfläschchen, Milchtüten etc. Häufig findet man den Zusatz HD oder LD. Hier reicht es, den Schülern zu erklären, daß es zwei Polyethenarten gibt, Polyethen hoher Dichte (High Density, HD) und Polyethen niedriger Dichte (Low Density, LD). Die häufigsten Kunststoffe im Verpackungsbereich sind Polyethen, Polypropen und Polystyrol.

Tabelle Eigenschaftskatalog:

<b>Dichte</b>	niedrigere Dichte als Wasser (0,92 - 0,96 g/cm <sup>3</sup> )
<b>Verhalten in der Kerzenflamme</b>	verbrennt mit heller Flamme und blauem Kern; außerhalb der Flamme brennt es weiter und tropft mit der Flamme ab; geringe Rauchentwicklung
<b>Konsistenz</b>	PE LD: von wachsartigem Griff, leicht ritzbar, kalt biegsam PE HD: durchscheinend, steifer als PE LD
<b>Verhalten beim Erwärmen</b>	wird weich und formbar
<b>Löslichkeit in Salzsäure (verd.)</b>	nicht löslich
<b>Löslichkeit in Benzin</b>	PE LD: löslich PE HD: nicht löslich

**Kopiervorlage 4**

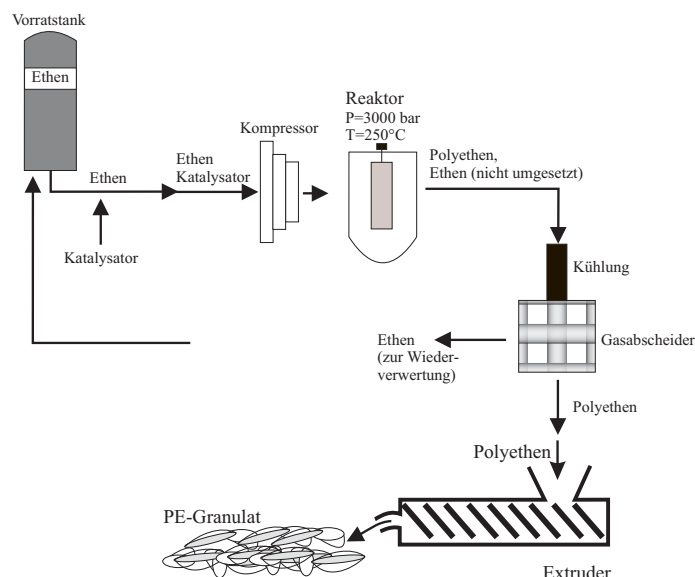
Lassen Sie Ihre Schüler diskutieren. Beispiele für typische Anwendungsbereiche sind: Spielzeug- und Sportsektor, Verschlußkapfen, Medizintechnik, KFZ-Tanks, Folien oder Kabelummantelungen.

Die Gründe für den Einsatz von PE ergeben sich aus dem Eigenschaftskatalog.

**Kopiervorlage 5**

## Aufgabe 1

b → d → e → c → a



## Aufgabe 2

◆ Ethen wird aus dem Vorratstank über eine Leitung zusammen mit dem Katalysator zu einem Kompressor geleitet.

◆ Der Kompressor erzeugt Druck und verdichtet das Gemisch.

◆ Im Reaktor findet die Polymerisation bei ca. 3000 bar und 300 °C statt. Polyethen ist bei den gegebenen Bedingungen (Druck, Temperatur) flüssig, Ethen ist gasförmig.

◆ Das Reaktionsprodukt, das bei dem vorherrschenden hohen Druck und bei den hohen Temperaturen flüssig vorliegt, wird durch Kühlung (und Entspannung) verfestigt. Am Gasabscheider wird nicht umgesetztes gasförmiges Ethen abgetrennt und in den Vorratstank zurückgeführt.

◆ Durch Extrusion (und Kühlung) wird Polyethen in Granulatform überführt.

## Aufgabe 3

a: Die Optimierung der Ausbeute kann über Druck, Temperatur, Verweilzeit oder Katalysatormenge gesteuert werden. Die Ausbeute wird dadurch erhöht, daß nicht umgesetztes Ethen durch Rückführung in den Vorratstank „wiederverwendet“ wird.

b: Kostenintensive Faktoren sind die benötigten hohen Drücke und Temperaturen und die damit verbundenen hohen Anforderungen an die verwendeten Anlagematerialien.

c: Einziges Reaktionsprodukt sind Polymere des Ethen. Die Abtrennung von Ethen und Polyethen ist einfach wegen der großen physikalisch-chemischen Unterschiede zwischen den beiden Stoffen.

Beispiel für offene Fragen: Was geschieht mit dem Initiator und wo verbleibt er ?

**Kopiervorlage 6****Aufgabe 1**

Durch die stärkere Verzweigung der Polymerketten beim PE LD werden die Polymerstränge an einer näheren Anlagerung gehindert. Deshalb hat PE LD eine niedrigere Dichte als PE HD.

**Aufgabe 2**

Sowohl PE LD als auch PE HD weisen eine niedrigere Dichte als Wasser auf.

**Aufgabe 3**

PE HD ist härter und weniger flexibel als PE LD.

**Hintergrundinformationen zu . . .****Rheinische Olefinwerke**

Am 27.8.1953 haben die BASF Aktiengesellschaft, Ludwigshafen, und die Deutsche Shell Aktiengesellschaft, Hamburg, die Rheinischen Olefinwerke GmbH (ROW) mit Sitz in Wesseling gegründet. Die Werksanlagen erstrecken sich beiderseits der Autobahn Köln / Bonn (A 555). Die ROW waren das erste Unternehmen in der Bundesrepublik, dessen Produktion ausschließlich auf Erdölbasis beruht. Gegenseitige Ergänzung der Gesellschafter war die entscheidende Voraussetzung für die Werksgründung. Die Shell konnte aus ihren Raffinerien die Rohstoffversorgung des Werkes sicherstellen, die BASF ihre Erfahrungen bei der Herstellung und Anwendung von Kunststoffen einbringen.

Bei der ROW sind zur Zeit etwa 2300 Menschen beschäftigt. Rund die Hälfte der Mitarbeiter wohnt in unmittelbarer Werksnähe. Das bebaute Gelände des Unternehmens umfaßt 210 ha. Der Jahresumsatz lag 1996 bei 1.973 Mio. DM.

Lupolen (Ludwigshafener Polyethylen) ist mit 720.000 Tonnen pro Jahr das Haupterzeugnis der ROW. Das Ausgangsprodukt für die Herstellung von Polyethen ist Ethen. Anfang der 40er Jahre brachte die BASF den Kunststoff Polyethen in den Handel. Ein großer Teil des Lupolens wird nach dem BASF-Hochdruckverfahren bei Drücken von bis zu 3000 bar erzeugt.

Weitere Produkte sind u.a. Polypropylen (Novolen), Ethylen-copolymerbitumen (Lucobit), Kautschuk (Kraton D), Epoxydharz (Epikote), Butadien und Styrol.

**Polyethen**

Bereits 1933 erfanden die englischen Chemiker Fawcett und Gibson die sog. Hochdruck-Polymerisation des Polyethens. Bei diesem Verfahren entsteht Polyethen niedriger Dichte (PE LD) bei einem Druck von 1000 - 3000 bar und Temperaturen von etwa 250 °C. Der Dichtebereich von PE LD liegt zwischen 0,92 und 0,94 g / cm<sup>3</sup>. PE LD ist weich, niedrig kristallin mit stark verzweigten Molekülen.

Zwanzig Jahre später, 1953, erfand Karl Ziegler die katalytische Niederdruck-Polymerisation des Polyethens. Bei normalem Luftdruck entsteht ein zäh-hartes, hochkristallines Polyethen mit wenig verzweigten Ketten und einer vergleichsweise hohen Dichte (PE HD) im Dichtebereich 0,94 - 0,96 g/cm<sup>3</sup>.

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Materialeigenschaften werden beide Polyethenarten, PE LD und PE HD, spezifischen Anwendungen zugeführt. Der größte Anwendungsbereich für PE LD ist nach wie vor der Sektor Folie. Die Folienanwendungen reichen von der Tragetasche über den Müllsack bis zur Bau- und Landwirtschaftsfolie.

Etwa 50 % des produzierten PE HD wird zu Blasformteilen verarbeitet wie z.B. Großhohlkörpern, KFZ-Tanks und Transportbehältern für gefährliche Güter. Mit etwas Abstand folgen Spritzgußteile wie z.B. Müllgroßbehälter oder Flaschenkästen.

1994 wurden in Deutschland nach Angaben des Verbandes der Kunststoffherstellenden Industrie 1,65 Mio Tonnen Polyethen produziert, davon entfielen auf Hochdruckpolyethen (PE LD) etwa 930.000 Tonnen und auf Niederdruckpolyethen (PE HD) ca. 720.000 Tonnen.

**Aufgabe 4: Tabelle**

Gegenstand	PE HD	PE LD
Folien		X
Kabelummantelungen		X
Kraftstofftanks	X	
Mülltonnen	X	

**Hochdruckpolymerisation von Ethen**

Die Herstellung von Hochdruckpolyethen erfolgt in kontinuierlich betriebenen Reaktoren bei Drücken zwischen 1000 und 3000 bar und Reaktionstemperaturen von 150 bis 350 °C. Welche Kombination von Druck und Temperatur gewählt wird, hängt von der jeweils gewünschten Polymereigenschaft ab.

Das für die Polymerisation benutzte Ethen, das eine Reinheit von 99,9 % besitzt, wird in einem Vorverdichter in fünf oder sechs Stufen auf einen Druck von 300 bar verdichtet. Nach Abführung der Kompressionswärme wird das Ethen dann einem Nachverdichter zugeführt, wo es in weiteren Stufen auf den gewünschten Betriebsdruck gebracht wird. Zur Initiierung der Polymerisationsreaktion werden radikalspendende Stoffe wie organische Peroxide oder Sauerstoff zugeführt.

Im Reaktor wird das Reaktionsgemisch bei mittleren Verweilzeiten von 20 bis 60 Sekunden polymerisiert. In Abhängigkeit von den jeweiligen Reaktionsbedingungen setzen sich dabei 10 bis 35 Prozent des Monomeren zum Polymerisationsprodukt um. Unter den im Reaktor herrschenden Bedingungen bleibt das Polymere im überkritischen Ethen gelöst.

**Literatur:**

- [1] Dieter Oeder: Moderne Verfahren der Großchemie: Ethylen-Hochdruckpolymerisation; Chemie in unserer Zeit, 15. Jahrgang, 1981, Verlag Chemie GmbH; Weinheim, S. 98-101
- [2] Naturwissenschaft im Unterricht Physik/Chemie: Themenheft Kunststoffe; 4/86, Friedrich-Verlag, Seelze
- [3] Kunststoffe Werkstoffe unserer Zeit: Arbeitsgemeinschaft Deutsche Kunststoff-Industrie (Hrsg.); Frankfurt a. Main, 1993

Verschiedene Broschüren und Informationsschriften werden von der ROW zur Verfügung gestellt.

**Kontaktinformationen****1. Ansprechpartner**

Mit Fragen, Wünschen oder Kritik wenden Sie sich bitte an den folgenden Kontaktpartner: Thomas Sander, Rheinische Olefinwerke GmbH, 50387 Wesseling, Tel.: 0 22 36 / 72 26 60, Telefax: 0 22 36 / 72 36 31

**2. Unterrichtsmaterialien, Informationsmaterialien**

Über die Kontaktadresse können Sie Informationsmaterial zum Unternehmen und zum Produkt Polyethen erhalten. Weiterhin kann Polyethen-Granulat für Unterrichtsversuche zur Verfügung gestellt werden.

**3. Betriebsbesichtigungen und Betriebspraktika**

Der Produktionsbereich kann wegen der Vertraulichkeit der auf hohem Niveau stehenden technischen Einrichtungen nur in Ausnahmefällen besichtigt werden. Bevorzugt wird die Partnerschule. Führungen werden auf Anfrage im Bereich Bildungswesen durchgeführt. Das Unternehmen stellt jährlich 40 Betriebspraktikumsplätze zur Verfügung. Die Praktikanten werden intensiv betreut.

**4. Ausbildungsplätze, berufliche Möglichkeiten**

Das Unternehmen bildet in folgenden Berufen aus: Chemikant/in, Chemielaborant/in, Industriemechaniker/in (Fachbereich Betriebstechnik), Anlagenmechaniker/in (Fachbereich Versorgungstechnik), Energieelektroniker/in, Prozeßelektroniker/in, Industriekaufmann/frau. Mit Fragen zu Ausbildung und Bewerbung wenden Sie sich bitte an Herrn Schunk (Tel.: 0 22 36 / 72 2994)