

## V.1. Verarbeitung

von Reinhard BAUER, Walter FRITSCH, Gerhard RICHTER und Josef SCHWENG

### V.1.1. Rohöl, ein Weltenergieerohstoff

In den Anfangsjahren der Erdölindustrie wurde Rohöl praktisch ausschließlich zur Erzeugung von Leuchtöl (Petroleum) verwendet, die übrigen Fraktionen galten als Abfall und wurden nicht weiter genützt. Bedingt durch die Erschließung immer neuer Lagerstätten und durch seine preisliche Attraktivität gewann Rohöl zunehmend Bedeutung als Primärenergieträger und wurde schließlich zum Grundstoff für eine Vielzahl chemischer Veredelungen.

In den späten 70er Jahren unseres Jahrhunderts erreichte Erdöl weltweit seinen Kulminationspunkt als der wesentliche Träger der Energieversorgung. Seither zeigt sich zwar eine fallende Tendenz im relativen Vergleich der Primärenergieträger untereinander, jedoch eine im allgemeinen gleichbleibende Tendenz vom absoluten Beitrag her gesehen.

Diese weltweite Entwicklung kam auch in Österreich zum Ausdruck (Abb. 199).

In der Gesamtversorgung mit Energieträgern werden heute mehr als 60%

durch gasförmige und flüssige Kohlenwasserstoffe abgedeckt, der Beitrag von Kohle und Wasserkraft liegt bei etwa 15%.

#### Rohölsorten und Rohölqualität

Rohöl ist eine schwarzbraune bis gelbliche Flüssigkeit, die etwa wie Benzin riecht. Chemisch gesehen ist Rohöl kein einheitlicher Stoff, sondern ein komplexes Gemisch von Kohlenwasserstoffen verschiedenster Siedelage mit Schwefel-, Stickstoff- und Sauerstoffverbindungen als Begleitstoffen und sonstigen Verunreinigungen in Spuren. Dies hat einen tiefgreifenden Einfluß auf die zur Rohölverarbeitung angewendeten Verfahren. Es gibt eine Vielzahl von Rohölsorten (Rohölqualitäten), abhängig vom Fundort (Provenienz) und Lagerstättenhorizont, die sich in Art und Konzentration der einzelnen Kohlenwasserstoffe und der Beimengungen unterscheiden.

Die Kohlenwasserstoffe sind dabei charakterisierbar nach

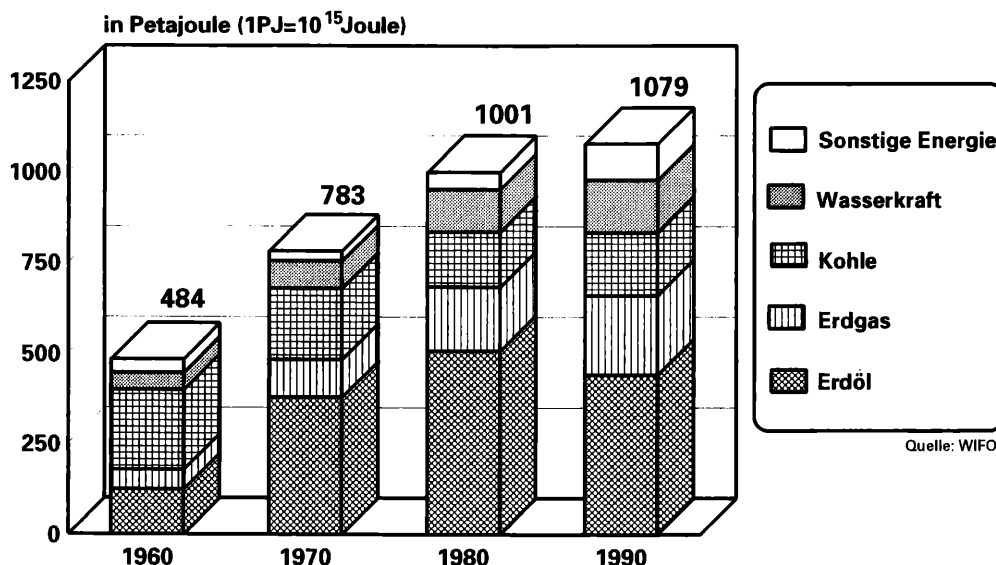


Abb. 199: Energieverbrauch in Österreich nach Primärenergieträgern (siehe auch Abschnitt VII.2.)

Tabelle 31: Eigenschaften einiger typischer Rohöle aus der Verarbeitung der Raffinerie Schwechat

Rohölsorte	Provenienz	Dichte/ 15° C g/cm <sup>3</sup>	Stock- punkt ° C	Viskosi- tät/10° C cSt	Schwefel gesamt % Masse	Normal- paraffine	Bitumen- fähigkeit
ÖMV-A <sup>1)</sup>	Österr.	0,917	-50	175	0,2	keine	ja
ÖMV-P <sup>2)</sup>	Österr.	0,876	+15		0,2	viel	nein
SEB	GUS	0,857	-15	26	1,5	mittel	nein <sup>3)</sup>
Sahara Blend	Algerien	0,804	-40	4	0,3	mittel	nein
Brega	Libyen	0,827	+ 2	9	0,4	viel	nein
Es Sider	Libyen	0,842	+ 4	16	0,4	viel	nein
Arab. Heavy	Saudi Arab.	0,887	-30	65	2,7	mittel	ja
Brent	GB	0,834	0	7	0,3	mittel	nein
Iran. Heavy	Iran	0,870	-15	29	1,7	mittel	ja
Kirkuk	Irak	0,846	-20	13	1,9	mittel	ja

1) ÖMV-A = Österreichisches Rohöl, Matzener Rohöl

2) ÖMV-P = Österreichisches Rohöl, paraffinreiches Rohöl

3) gemäß ÖMV-Norm

- dem Kohlenstoff/Wasserstoff-Verhältnis und
- der räumlichen Anordnung der aneinander gebundenen Kohlenstoffe
  - in mit Wasserstoff gesättigte, gerade oder verzweigte Molekülketten (Paraffine bzw. Alkane),
  - gesättigte Ringe (Cycloparaffine bzw. Naphthene) und
  - ungesättigte Ringe (Aromaten).

Die Begleitstoffe sind für die Verarbeitung und Verwendung eher störend; sie werden deshalb im Zuge der Weiterverarbeitung durch verschiedene Veredelungsprozesse weitgehend entfernt. In Tab. 31 sind die Eigenschaften von einigen typischen Rohölen aus der Verarbeitung der Raffinerie Schwechat angeführt.

Charakteristisch für die einzelnen Rohölsorten ist, welche Teilmengen eines Roh-

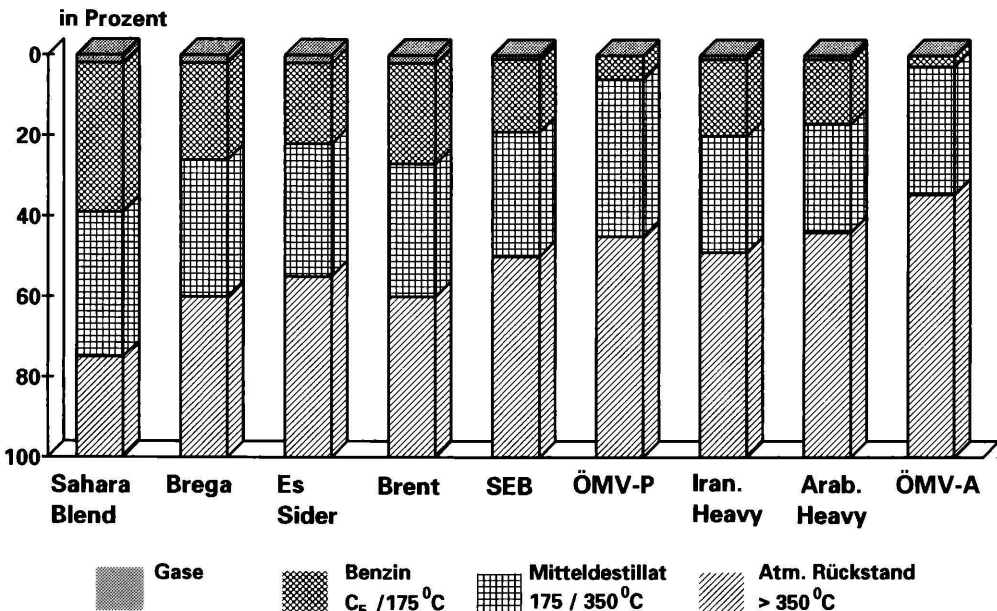


Abb. 200: Verteilung der Primärprodukte in Rohölen verschiedener Provenienz

öls bei Erwärmung auf bestimmte Temperaturen unter Normaldruck verdampfen. Dementsprechend unterscheidet man als Rohölfraktionen:

Tabelle 32  
Fraktion

Fraktion	verdampft im Temperaturbereich
Gase (C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub> )	-
Benzin	bis 200° C
Kerosin	175-250° C
Gasöl	230-350° C
Rückstand	über 350° C (teilweise)

Der Anteil dieser Fraktionen innerhalb der verfügbaren Rohöltypenvielfalt variiert deutlich (Abb. 200).

Rohöle mit hohem Benzin- und Gasölgehalt sind dabei im allgemeinen teurer als jene mit hohem Rückstandsanteil.

Um vorgegebene Marktanforderungen zu erfüllen, kann nun entweder eine Rohölpalette mit geeigneter Ausbeuteverteilung an Primärfraktionen eingekauft oder mit verfahrenstechnischen Mitteln hochsiedende Rückstandsfraktionen durch Molekülspaltung (Cracken) in niedrigsiedende Benzin- und Gasölkomponenten übergeführt werden.

In der Praxis ist aus wirtschaftlichen Gründen und wirtschaftspolitischen Gesichtspunkten eine geeignete Kombination dieser beiden Methoden am ehesten zielführend.

## V.1.2. Rohölverarbeitung – die Raffinerie

Mit dem Eintreffen des Rohöles in der Raffinerie (Tanker, Pipeline) beginnt der komplexe Ablauf der Erdölverarbeitung.

Der Einsatzstoff, das Rohöl, muß durch verschiedene physikalische und chemische Verfahren (Prozesse) zerlegt und umgewandelt werden, bis schließlich die für den Verkauf geeigneten Fertigprodukte hergestellt sind.

Die Reihenfolge der einzelnen Verfahrensschritte in der Rohölverarbeitung, wie Destillation, Veredelung und Mischung, wird an Hand des Fließbildes der Raffinerie Schwechat erläutert (Abb. 202).

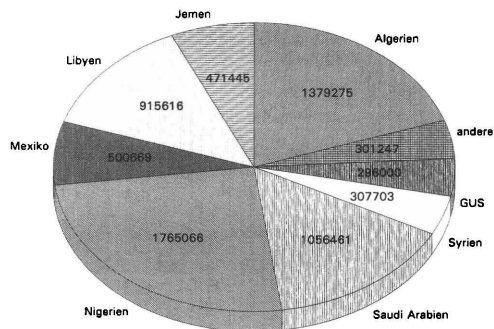


Abb. 201: Rohölimporte 1992 nach Österreich in Tonnen

In der Raffinerie Schwechat werden ca. 30 verschiedene Rohölsorten verarbeitet, deren Herkunft sich über mehrere Kontinente verteilt (Abb. 201).

Der Anteil des importierten Rohöls an der Verarbeitung beträgt dabei zur Zeit rd. 85%, die restlichen 15% kommen aus der heimischen Förderung (siehe Kapitel IV.7.1 und VII.2.3.).

Der Antransport des importierten Rohöls erfolgt über die Adria-Wien-Pipeline (AWP) direkt in die Raffinerie Schwechat (siehe Kapitel II.4.6.).

Das heimische Rohöl aus den Zentren der Lagerstätten in Niederösterreich gelangt ebenfalls über eine Pipeline zur Verarbeitung.

Rohöle werden in einer ersten Verarbeitungsstufe durch Fraktionierung (Rohöldestillation, siehe Seite 495) in Primärprodukte getrennt. Die Trennung erfolgt nach Siedebereichen in die Fraktionen Gas, Flüssiggas, Benzin, Kerosin (= Petroleum), Gasöl, Spindelöl und atmosphärischen Rückstand. Dieser Rückstand wird nachfolgend in einer Vakuumdestillation nochmals in Vakuumdestillat und Vakuumrückstand aufgetrennt.

Diese Primärprodukte werden in einem zweiten Verarbeitungsschritt einer Veredelung unterworfen.

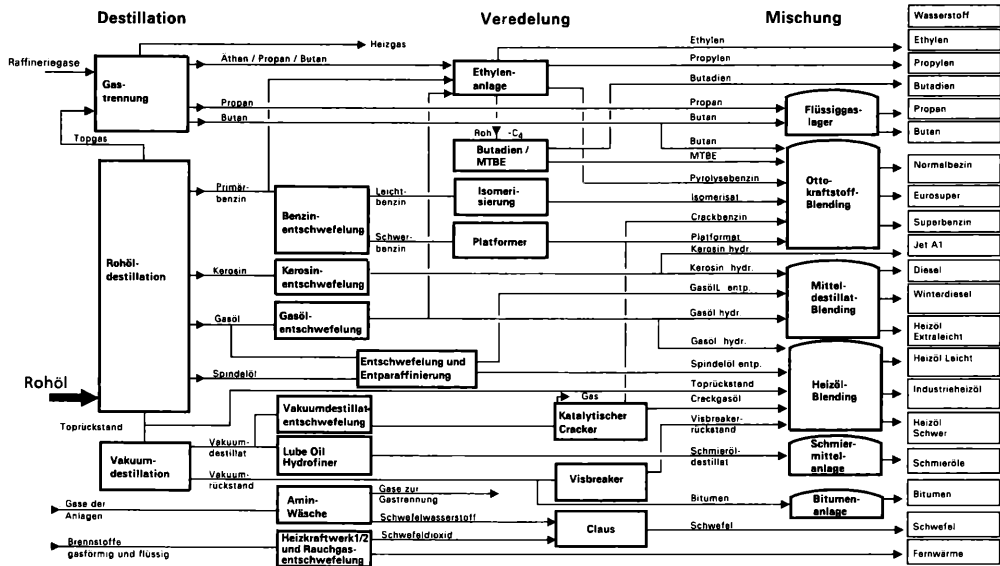


Abb. 202: Fließschema der Raffinerie Schwechat

Zuerst werden nahezu alle Destillate einer katalytischen Druck-Entschwefelung mit Wasserstoff zugeführt, wobei der chemisch gebundene Schwefel herausgespalten, als Schwefelwasserstoff abgetrennt und in der Claus-Anlage zu elementarem Schwefel aufgearbeitet wird.

Das Primärbenzin wird durch Reformieren und Isomerisieren in seiner Klopffestigkeit verbessert. Aus Gasöl und Spindelöl werden durch eine katalytische Entparaffinierung Produkte mit besserem Kälteverhalten hergestellt.

Das Vakuumdestillat wird in einer Crackanlage unter Mitwirkung eines Katalysators in leichtere Fraktionen gespalten, wobei Gase, Benzin, Gasöl und andere Komponenten entstehen. Ein anderer Teil wird für die Schmierölherstellung eingesetzt.

Der Vakuumrückstand, welcher als einziges Primärprodukt nicht direkt entschwefelt werden kann, wird als Heizölkomponente, als Raffinerie-Brennstoff oder bei Eignung zur Herstellung von Straßenbitumen verwendet.

Die in den verschiedenen Anlagen anfallenden Gase werden zu Chemierohstoffen und Flüssiggasen aufgearbeitet und der Rest als Raffinerie-Brennstoff eingesetzt.

Durch Angliederung von Verfahrensstufen zur Produktion von Petrochemie-Grundstoffen entsteht ein enger Verbund aus Erdölraffinerie und Petrochemiewerk.

Das zentrale Bindeglied ist die Ethylenanlage (Steamcracker) zur Herstellung der monomeren Olefine, Ethylen und Propylen sowie Folgeanlagen zur Aufarbeitung des  $C_4$ -Schnittes (Butadien, MTBE = Methyl-Tertiär-Butyl-Ether).

Den dritten Verarbeitungsschritt bilden die Mischanlagen. Hierbei werden die Fertigprodukte der Raffinerieauslieferung durch Aufmischung von Komponenten der Veredelungsanlagen auf die vom Kunden gewünschte und vom Gesetzgeber vorgeschriebene Qualität gebracht.

### V.1.2.1. Rohöldestillation

In der ersten Verarbeitungsstufe wird das Rohöl in der Rohöldestillationsanlage durch fraktionierende Destillation (Kondensation) in Fraktionen mit unterschiedlichem Siedebereich zerlegt.

Vom chemischen Standpunkt ist Rohöl ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen; diese Substanzen unterscheiden sich in den Siedepunkten, was die Vorausset-

zung für deren destillative Auftrennung darstellt.

Das Rohöl wird in einer Entsalzungsstufe von mitgeführten Salzen befreit (Korrosion), in einem Röhrenofen auf etwa 350°C erhitzt und zum Teil verdampft. Das entstandene Gemisch aus Flüssigkeit und Dämpfen wird in der Fraktionierkolonne getrennt, wobei die Flüssigkeit zum unteren Ende, dem „Sumpf“, hinabströmt, die Dampfanteile in der Kolonne emporsteigen und durch kalte Rückflüsse schrittweise kondensiert werden (Abb. 203).

Diese Vorgänge vollziehen sich auf durchlässigen Einbauten, den Kolonnenböden, die in einem Abstand von einem halben bis einem Meter in der Kolonne eingezogen sind (Abb. 204).

Die Böden gewährleisten mit den Trennelementen, den Ventilen oder Glocken, eine innige Durchmischung der aufsteigenden heißen Dämpfe mit der etwas kühleren Flüssigkeit des Bodens. Dabei werden die schwerersiedenden Anteile des

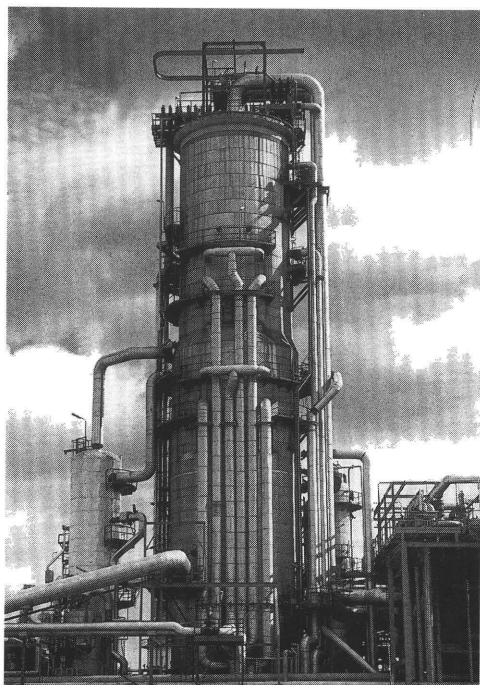


Abb. 203: Fraktionierkolonne der Rohöldestillationsanlage 4 in Schwechat

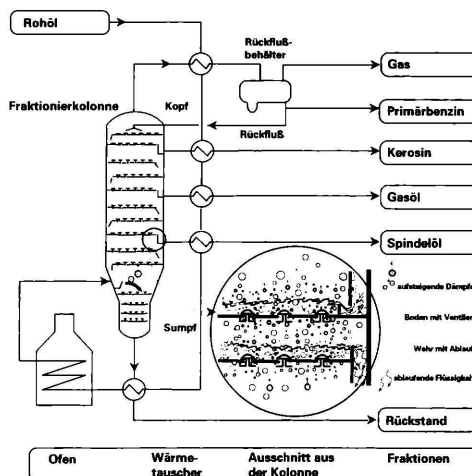


Abb. 204: Prinzipschema einer Rohöldestillation

Dampfes kondensiert. Die freiwerdende Kondensationswärme verdampft nun ihrerseits aus der Flüssigkeit eine äquivalente Menge leichtersiedender Anteile der Flüssigkeit. Die aufsteigenden Dämpfe werden schrittweise von Boden zu Boden in ihrer Zusammensetzung und Temperatur geändert. Die vom Boden abfließende Flüssigkeit nimmt nun ihrerseits aus dem Dampf die jeweils schwerersiedenden Bestandteile heraus. An bestimmten Höhen der Kolonne, den Abzugsböden, wird ein Teil der Flüssigkeit entnommen. Es sind dies die Seitenfraktionen, geordnet nach steigendem Siedebeginn: Petroleum (Kerosin) – Gasöl – Spindelöl.

Die gewonnenen Produktströme stellen immer noch Kohlenwasserstoffgemische dar.

Die am Kopf der Kolonne austretenden Dämpfe werden zuerst mit Rohöl in Wärmetauschern, dann durch Luft- bzw. Wasserkühler kondensiert und liefern, neben geringen Mengen Gas, flüssiggashaltiges Primärbenzin. Nach Abtrennen des Flüssiggasanteiles in einer Stabilisierkolonne erhält man das stabilisierte Primärbenzin.

Der bei der Ofenaustrittstemperatur von 350°C nicht verdampfbare Anteil, der Toprückstand, wird aus der Kolonne über den Sumpf abgezogen. Im Schnitt fallen bei der Destillation unter atmosphärischen Be-

dingungen (in der Kolonne herrscht etwa ein Druck von 0,5–1,0 bar über dem Umgebungsluftdruck) ca. 30–60 Gewichtsprozent des Rohöls als Toprückstand an (Abb. 200).

Eine Steigerung der Temperatur im Destillationsofen auf über 400°C führt zu einer beginnenden, unerwünschten Zersetzung (thermisches Cracken = Spalten) des Einsatzmaterials in Gase und Koks.

Durch Absenken des Druckes, also im Vakuum, können die Siedepunkte erniedrigt werden (um ca. 150°C). Deshalb wird der Toprückstand in einem 2. Destillations-schritt, der Vakuumdestillation, bei etwa 40 Millibar (d. i. der 25. Teil des Umgebungsluftdrucks) unzersetzt in Vakuumdestillate und Vakuumrückstand aufgetrennt. Die Vakuumdestillate gehen als Maschinen- und Zylinderöle in die Schmiermittelherstellung oder dienen als Einsatzmaterial für Crackanlagen. Der Vakuumrückstand wird je nach Eignung der Rohölsorte zur Bitumenherstellung oder als Heizölkomponente verwendet (siehe Tab. 31).

### V.1.2.2. Veredelungsverfahren

Die Primärprodukte der Rohöldestillation (Destillate) sind in der vorliegenden Form nicht verkaufsfähig (siehe Kapitel V.1.3.). Sie müssen zur Verbesserung ihrer Qualität noch weiteren Verarbeitungsschritten unterzogen werden.

#### Katalytische Druckentschwefelung

Schwefel ist im Rohöl wie auch in den Rohölfraktionen als Begleitstoff in Form von organischen Schwefelverbindungen enthalten. Wenn diese Produkte im Motor, in Heizanlagen und Kraftwerken verbrennen, entstehen aus den Schwefelverbindungen Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und Folgeprodukte, welche korrosiv und umweltschädlich („saurer Regen“) sind; um dies zu vermeiden, werden die Schwefelverbindungen durch hydrierende Entschwefelungsverfahren entfernt. Dies liefert die Grundlage für die Herstellung umweltfreundlicher Produkte (geruchsfrei, gut lagerfähig, niedriger Schwefelgehalt). Auch

ausreichend entschwefelte Destillate als Einsätze (z. B. Reformier).

Die Destillate (Primärbenzin, Kerosin, Gasöl, Spindelöl, Vakuumdestillat) werden in einzelnen Anlagen bei 40–70 bar Druck und 320–420°C an einem Katalysator (Cobalt – Molybdän auf Tonerdeträger) mit einer ausreichenden Menge Wasserstoff behandelt. Dabei werden die im Molekül enthaltenen Schwefelatome herausgespalten und zu Schwefelwasserstoff hydriert, während die Molekülreste mit Wasserstoff abgesättigt werden.

Anschließend wird der Schwefelwasserstoff gemeinsam mit einer kleinen Menge gasförmiger Spaltprodukte durch Strippen (Austreiben mit Wasserdampf bei erhöhten Temperaturen) aus den Destillaten entfernt. Aus den Strippergasen der Entschwefelungsanlagen und den Gasen der Crackanlagen wird der Schwefelwasserstoff durch Aminwäsche herausgelöst und in einer Regenerationsstufe in konzentrierter Form wieder freigesetzt.

Der so gewonnene gasförmige Schwefelwasserstoff wird mit Luft in einer Claus-Anlage zu geschmolzenem Elementarschwefel umgewandelt. Durch die umfangreiche Entschwefelung der Primärprodukte sind die Raffinerien zu bedeutenden Schwefellieferanten für die chemische Industrie (Schwefelsäure, Düngemittel etc.) geworden.

Der erreichbare Entschwefelungsgrad der Primärdestillate ist im wesentlichen vom Schwefelgehalt des Rohöls und von den ausgewählten Verfahrensbedingungen (Reaktionstemperaturen, Wasserstoffdruck) bestimmt. Der verbleibende Schwefelgehalt kann auf unter 1 ppm Schwefelanteil (d. i. 1 g in 1000 kg) bei Entschwefelung von Primärbenzin und bis auf 0,1% Schwefelanteil (d. i. 1 kg in 1000 kg) bei Vakuumdestillaten abgesenkt werden, wobei die Kosten bei scharfer Entschwefelung drastisch ansteigen. Bei Rückständen stößt die hydrierende Entschwefelung auf Schwierigkeiten (Deaktivierung des Katalysators durch Verunreinigungen und starke Koksbildung). Heizstoffe mit hohem Anteil an Rückständen (z. B. Heizöl Schwer) werden daher

vorrangig in Kraftwerksanlagen mit Rauchgasentschwefelung eingesetzt.

Der Energiebedarf der Raffinerie von etwa 600 t Dampf pro Stunde und rund 70 MW elektrischer Energie wird vor allem durch die Verfeuerung von schweren, bitumenähnlichen Rückständen mit einem Schwefelgehalt von 3–6% in zwei werkeigenen Kraftwerken gedeckt.

Zur Reinigung der Kraftwerksabgase, aber auch der Rauchgase der Prozeßöfen von Anlagen, wird eine Rauchgasentschwefelung nach dem Regenerativ-Verfahren (Wellman-Lord) angewandt.

Das SO<sub>2</sub> aus dem Rauchgasstrom wird durch ein geeignetes Lösungsmittel (z. B. Natriumsulfit) in einem Waschturm (Absorber) abgetrennt und über eine Regenerierstufe rein gewonnen. Das SO<sub>2</sub>-Reichgas (= stark angereichertes Gas) wird in der Claus-Anlage durch Reaktion mit Schwefelwasserstoff in elementarem Schwefel umgewandelt. Die Raffinerie Schwechat ist die derzeit einzige Raffinerie Europas mit einer Rauchgasentschwefelungsanlage.

### V.1.2.3. Anlagen zur Benzinveredelung

Das bei der Destillation des Rohöls anfallende Primärbenzin ist für die direkte Verwendung als Fahrbenzin nicht geeignet. Es hat eine Oktanzahl von 50–60 ROZ (ROZ = Research Oktanzahl; Maß für die Klopfestigkeit des Benzins). Zur Anhebung der Oktanzahl wird das Primärbenzin durch zwei katalytische Umwandlungsprozesse, das Isomerisieren und das Reformieren, zu hochwertigen Benzinmischkomponenten veredelt.

Zum Schutz der in diesen Verfahren eingesetzten teuren Edelmetallkatalysatoren (Platin u. a.) wird das Primärbenzin restlos von störenden Schwefel- und Stickstoff-Verunreinigungen befreit. Dies geschieht durch katalytische Behandlung mit Wasserstoff bei ca. 320°C und 40 bar Druck, wobei die Schwefelverbindungen in Schwefelwasserstoff, die Stickstoffverbindungen in Ammoniak umgewandelt und anschließend entfernt werden. Nachfolgend wird das entschwefelte Primärbenzin in eine Leichtbenzinfraction, welche

nur durch Isomerisierung veredelt werden kann, und in eine Schwerbenzinfraction getrennt.

### Leichtbenzinoisomerisierung

Durch Isomerisierung werden die niedrigoktanigen C<sub>5</sub>- und C<sub>6</sub>-Normalparaffine des Leichtbenzins in hochoktanige, verzweigte Isoparaffine umgewandelt.

Mit diesem Verfahren wird die Oktanzahl des Leichtbenzins von 67 auf 79 angehoben.

### Katalytisches Reformieren

Katalytisches Reformieren, auch Plattformieren genannt, ist eines der wichtigsten Verfahren zur Herstellung von hochoktanigen Benzinmischkomponenten. Der Einsatz in den Reformern ist entschwefeltes Schwerbenzin mit einer Oktanzahl von 40–60. Ein Fahrbenzin dieser Qualität ist ungeeignet, weil es im Motor eine Frühzündung (Klopfen) verursachen würde. Die schlechten Kraftstoffeigenschaften werden durch kettenförmige, unverzweigte Molekülstrukturen (Normalparaffine) sowie ringförmige, wasserstoffreiche Cycloparaffine hervorgerufen. Durch die Reformierprozesse werden diese Moleküle weitgehend umgewandelt. Die Umwandlung erfolgt bei erhöhten Drücken und Temperaturen in mehrstufigen Reaktoren, die einen platinhaltigen Katalysator enthalten. Als Ergebnis entstehen aus den linearen Ketten verzweigte (Isomere) und ringförmige Moleküle. Die im Einsatz vorhandenen und im Reformier neu gebildeten Cycloparaffine reagieren zu Aromaten, welche eine wesentlich höhere Oktanzahl als die Ausgangsstoffe aufweisen. Neben dem hochoktanigen Reformat (ROZ 98–101), fällt als Nebenprodukt Wasserstoff an, der für die Entschwefelungsanlagen der Raffinerie benötigt wird. Ein Teil des Wasserstoffgases wird gereinigt und als Reinstwasserstoff abgegeben.

### V.1.2.4. Konversionsverfahren

Die aus dem Rohöl durch Destillation zu gewinnende Menge an Benzin und Gasöl reicht nicht aus, um den Bedarf des Mark-

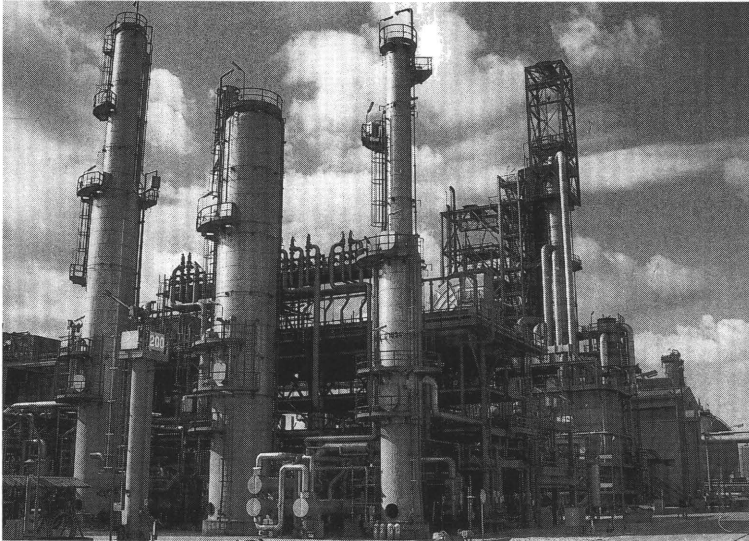


Abb. 205: Platformer 3-Anlage

tes an Kraftstoffen und leichten Heizstoffen zu decken. Dagegen fallen bei der Rohölverarbeitung zwangsläufig schwere Fraktionen (Rückstand) in größeren Mengen als benötigt an. Um aus den schweren Fraktionen leichte Produkte zu erzeugen, unterwirft man sie einer chemischen Umwandlung, dem Cracken (engl. to crack = spalten, zerbrechen). Diese Umwandlung erfolgt durch Anwendung hoher Temperatur (thermisches Cracken) und unter Mitwirkung eines Katalysators (katalytisches Cracken).

### Katalytisches Cracken

Unter den verschiedenen Crackverfahren wird das FCC-Verfahren (FCC = Fluid Catalytic Cracking), ein katalytisches Cracken im Fließbett, weltweit am häufigsten angewendet.

Vakuumdestillate werden mit ca.  $750^{\circ}\text{C}$  heißem Katalysatorpulver, einem künstlich hergestellten Tonerdematerial oder Zeolith, in Kontakt gebracht; dabei cracken die langkettigen Moleküle des Einsatzes in kleinere Bruchstücke vom Benzin- und Gasöltyp. Die durch eine Vielzahl weiterer chemischer Umwandlungen entstehenden gasförmigen Reaktionsprodukte werden

vom Katalysator abgetrennt und in einer Fraktionierkolonne, wie bei der Rohöldestillation, in Fraktionen aufdestilliert. Es

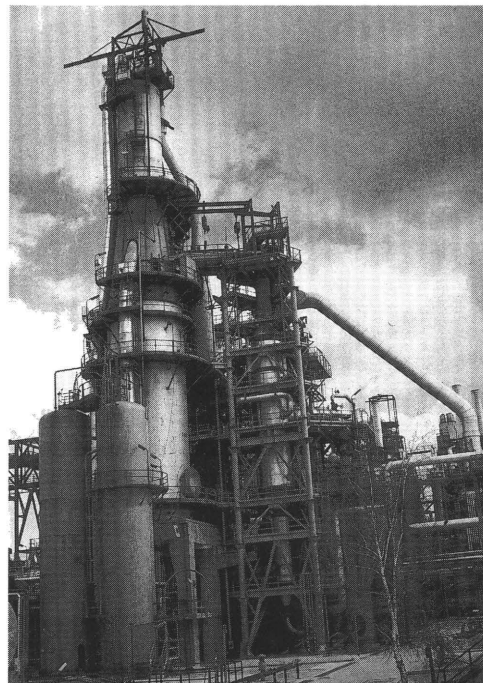


Abb. 206: FCC-Anlage



entstehen Crackgase, die nennenswerte Mengen Propylen und Butylen enthalten, sowie hochoktaniges Crackbenzin, Crackgasöl und Heizölkomponenten. Moderne Anlagen konvertieren über 85% des FCC-Einsatzes in wertvollere, leichte Produkte, wobei der Benzinanteil etwa 50% erreicht. Das FCC-Verfahren ist daher jene zentrale Konversionsanlage, die es in der Raffinerie gestattet, bei gleicher Rohölverarbeitung, durch Umwandlung von Heizölkomponenten den steigenden Mengenbedarf an Kraftstoffen zu decken.

#### Katalytische Entschwefelung und Entparaffinierung

Gasöle und Spindelöle von paraffinischen Rohölen enthalten hohe Anteile an langkettigen, wachsartigen Kohlenwasserstoffen. Diese Destillate scheiden bei Umgebungstemperatur Feststoffe (Paraffinkristalle) aus, welche Filter und Düsen von Dieselmotoren und Heizanlagen verstopfen können. Bei tieferen Temperaturen kann die gesamte Flüssigkeit einstokken, sodaß ein Verpumpen nicht mehr möglich ist.

Durch ein katalytisches Crack-Verfahren (Hydrocracken) wird mit Hilfe von Wasserstoff das störende Paraffin an einem Molsieb-katalysator selektiv in kleinere Bruchstücke gespalten. Die entparaffinierten Komponenten sind nun auch bei tiefen Temperaturen noch fließfähig (gutes Kälteverhalten) und werden zur Aufstellung von Spezial Winterdiesel und Heizöl Leicht eingesetzt.

#### Visbreakeranlage

Das Visbreaker-Verfahren benützt eine milde Form des thermischen Crackens mit dem Ziel, die Viskosität (Zähflüssigkeit) von Rückständen zu verringern. Durch teilweises Cracken des Vakuumrückstandes bei 450°C werden im begrenzten Maße leichte Anteile erzeugt, die bei der nachfolgenden Destillation als Gas und Benzin abgetrennt werden. Der verbleibende Visbreakerückstand ist weniger viskos und ist Hauptkomponente für Heizöl Schwer.

#### V.1.2.5. Erzeugung petrochemischer Grundstoffe

Die Grundstoffe für die petrochemische Industrie, wie Ethylen, Propylen und Butadien werden heute nahezu ausschließlich durch thermisches Cracken von Erdölfraktionen hergestellt.

#### Ethylenerzeugung

In der Ethylenanlage wird eine breite Palette von Einsatzstoffen, wie Äthan, Propan, Butan, Primärbenzin und Gasöl, jeweils nach wirtschaftlicher Verfügbarkeit unter Zumischen von Verdünnungsdampf (Steamcracken) in kleinere Moleküle gespalten.

Dies erfolgt durch kurzzeitiges Erhitzen des Einsatzes in Spaltöfen auf etwa 850°C.

Das entstehende Spaltgasgemisch, das neben den gewünschten Komponenten Ethylen und Propylen noch einen C<sub>4</sub>-Schnitt, eine hochoktanige Benzinfraktion und eine Pyrolyseölfraktion (Heizölkomponente) enthält, wird rasch abgekühlt, um eine weitergehende Zersetzung bzw. Polymerisation der Reaktionsprodukte zu vermeiden. Anschließend werden Heizöl- und Benzinkomponenten abgetrennt.

Die Gase werden komprimiert, von Schwefelwasserstoff gereinigt, getrocknet und unerwünschte Nebenprodukte (Acetylene) werden durch Selektivhydrierungen an Edelmetallkatalysatoren entfernt.

Die Auftrennung in die einzelnen Gas-komponenten erfolgt durch Tieftemperaturdestillation.

In der Anlage werden Temperaturen bis -150°C in der „Cold-Box“ (Kälteanlage) erzeugt, um die Trennung in Wasserstoff, Methan, Ethylen, Ethan, Propylen, Propan, Roh C<sub>4</sub> (Butenschnitt) von hoher Reinheit zu ermöglichen. Die Reinheit von Ethylen und Propylen beträgt ca. 99,9%.

Ethylen und Propylen werden in der PCD Polymere, einer 100% Tochtergesellschaft der ÖMV Gruppe, zu vorwiegend Polyethylen- und Polypropylengranulat weiterverarbeitet (siehe Kapitel V.3.).

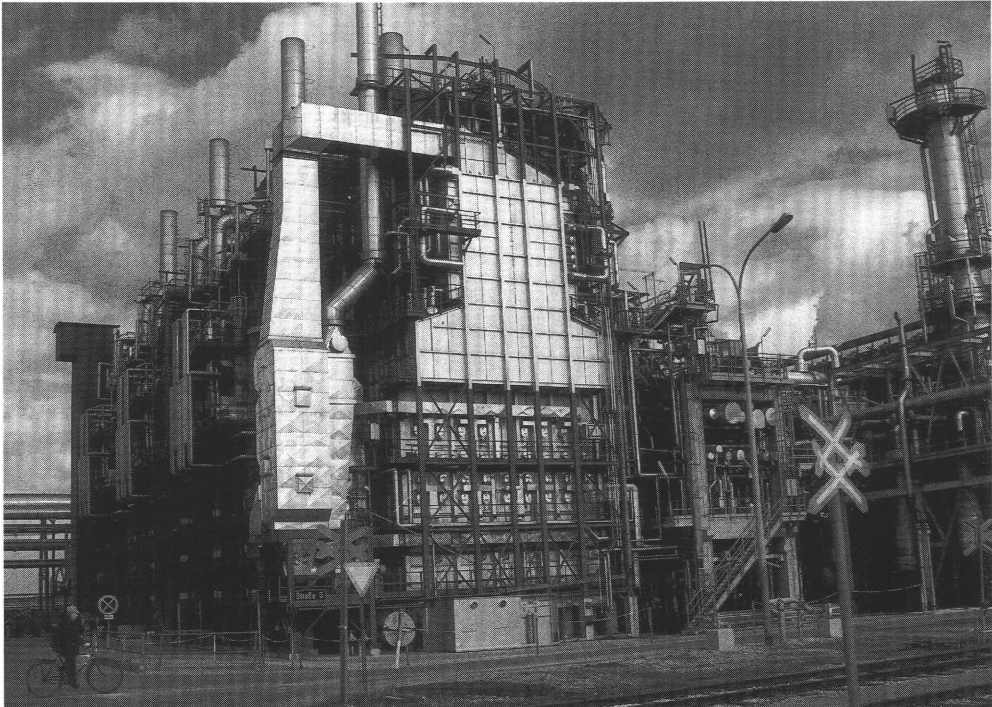


Abb. 207: Spaltöfen der Ethylenanlage

### Butadien- und MTBE-Anlage

Der Roh-C<sub>4</sub>-Schnitt der Ethylenanlage enthält als Hauptkomponente Butadien. Durch einen Extraktionsprozeß wird hochreines Butadien gewonnen, das in der chemischen Industrie zur Herstellung von synthetischem Kautschuk und für Kunststoffe verwendet wird.

Ein Teil der verbleibenden Butene und eine weitere C<sub>4</sub>-Komponente aus dem FCC-Gas wird mit Methanol katalytisch zu MTBE umgesetzt. MTBE ist wegen seiner guten Klopf Eigenschaften (ROZ ca. 120) eine Edelkomponente für die Herstellung bleifreier Fahrbenzine (siehe Seite 504).

### V.1.2.6. Gastrennanlage

Die in der Raffinerie anfallenden Gasströme (Topgas, Strippergas, Crackgas der FCC, Fackelgas) werden in Aminwäschen von Schwefelwasserstoff befreit, komprimiert und in Trennanlagen destillativ aufgearbeitet. Die Fraktionierung er-

folgt in mehreren hintereinandergeschalteten Druckkolonnen mit dem Ziel, die Verkaufsprodukte Propan, Butan und Propylen zu gewinnen. Erstere werden als Flüssiggas vertrieben (siehe Seite 503); Propylen wird polymerisiert oder als Chemierohstoff verwendet. Überschüssige Gasmenngen werden in der Raffinerie als Einsatz der Ethylenanlage zugeführt bzw. als Heizstoff für Prozeßöfen und Kesselanlagen verwertet.

### V.1.2.7. Schmierölveredelung

Die Herstellung von Grundölen erfolgt aus ausgewählten Rohölrückständen. Durch Vakuumdestillation werden Spindelöl-, Maschinenöl- und Zylinderödestillate mit eng begrenzten Viskositätsbereichen hergestellt. In weiteren Raffinationschritten, wie Solventextraktion (Aromatenentfernung), Entparaffinierung mit Lösungsmitteln (Paraffinentfernung) und hydrierende Nachbehandlung (z. B. Hydrierung), werden die Eigenschaften der Grundöle verbessert.

Alternativ dazu können durch einen speziellen Hydrierprozeß (Hydrocracken) Schmieröledestillate durch Behandlung mit Wasserstoff an geeigneten Kartalysatoren in edlere Schmierölkomponten umgewandelt werden.

Die hochwertigen Schmieröle werden durch Mischung geeigneter Grundöle mit Zusatzstoffen, den sogenannten Additiven, erzeugt.

Additive sollen bestimmte Eigenschaften der Schmieröle verbessern oder überhaupt dem Öl neue Eigenschaften geben. Dazu zählen Zusatzstoffe zur Verbesserung der Viskositäts-/Temperatureigenschaften, Verschleißminderer u. a. m. (siehe Seite 507).

#### V.1.2.8. Bitumenerzeugung

Ausgangsmaterial für alle Bitumensorten sind Vakuumrückstände, hergestellt aus ausgewählten Rohölen. Maßgeblich für die Eignung ist ein hoher Anteil von Asphaltene und das Vorhandensein von anwendungsbezogenen Eigenschaften, wie Haftverhalten an bestimmten Gesteinen, Elastizität und Kälteverhalten.

Man verwendet 3 unterschiedliche Herstellungsverfahren, um die gewünschten Produkteigenschaften zu erzielen.

Destillationsbitumen hat den größten Mengenanteil am Bitumenmarkt. Dazu zählen die weichen Bitumensorten, die im wesentlichen im Straßenbau als Bindemittel eingesetzt werden.

Die Eigenschaften des Destillationsbitumens, wie Viskosität und Erweichungspunkt, werden direkt durch geeignete Wahl der Verfahrensbedingungen (z. B. Temperatur) an der Vakuumdestillationsanlage eingestellt.

Härtere Bitumensorten, wie sie für Gußasphalte benötigt werden, werden durch Bitumenoxidation hergestellt. In diesem Verfahrensprozeß wird das Weichbitumen in Rührreaktoren mit Luftsauerstoff behandelt (Blasebitumen). Entspre-

chend der Reaktionstemperatur (240–260°C) und der Verweilzeit werden die Molekülstrukturen derart verändert, daß die gewünschten Eigenschaften (wie Härte, Viskosität etc.) resultieren. Diese Oxidationsbitumina werden vor allem in der Bautenschutzindustrie (Herstellung von Dachbahnen oder Isolierungen) verwendet.

Ein weiterer Schritt in Richtung der Verbesserung der Anwendungseigenschaften, wie Klebekraft, Haltbarkeit, Tragfähigkeit und Lärmdämmung, gelingt durch die Herstellung polymermodifizierter Bitumina. Bei diesem Verfahrensschritt werden geeignete Kunststoffe (Polymere) in die Bitumenmatrix eingearbeitet.

#### V.1.2.9. Mischanlagen

Die Hauptprodukte der Raffinerieproduktion sind Ottokraftstoffe, Dieselmkraftstoffe, Destillatheizöl (Heizöl Extraleicht – vormals Ofenheizöl) und Rückstandsheizöle (siehe Kapitel V.1.2.–V.1.3.).

Die Verkaufsprodukte werden aus dem Komponentenangebot der Veredelungsanlagen in kontinuierlichen Misch- oder Blendanlagen hergestellt. Dabei sind unterschiedliche Mischrezepturen anzuwenden, damit die geplanten Verkaufsmengen in der genormten Qualität auch bei der Verarbeitung verschiedener Rohölsorten erzeugt werden können.

Die Fertigprodukte werden laufend mit Prozeß-Analysengeräten überwacht. Abweichungen vom gewünschten Spezifikationswert der Produkte (z. B. Klopfverhalten, Dichte, Schwefelgehalt, Kälteeigenschaften) werden aufgezeigt und automatisch durch Änderung der Komponentenmengen ausgeglichen. Durch Einsatz computerunterstützter Verfahren werden in Zukunft die Mischprogramme, abhängig von der Spezifikation, der aktuellen Raffinerieerzeugung und dem saisonalen Marktbedarf, täglich auf wirtschaftlichste Erzeugung der Produkte hin optimiert.

### V.1.3. Produkte

Die Produkte der Erdölverarbeitung sind für uns alle selbstverständliche Gebrauchsmittel des täglichen Lebens.

Flüssiggas dient in vielen Haushalten zum Kochen, Benzin und Diesel treiben das Auto, Ofenheizöl wärmt die Woh-

nung, die Tankstelle erinnert uns auch an den Ölwechsel, über die Bitumendecke rollt unser Auto. Sind es doch rund 700 Produkte, die in der Raffinerie erzeugt werden.

Doch gerade auf dem Energiesektor schreitet die technische Entwicklung rasant voran. In eigenen Forschungslabors werden die Erdölprodukte den neuen Anforderungen angepaßt, werden neue Produkte entwickelt (Abb. 208).

Besonders Energie- und Umweltprobleme werden auch in Zukunft Forschung und Produktentwicklung benötigen. Es sei an den Zusatz von Alkoholen zu den Kraftstoffen erinnert, an Wasserstoff als Kraftstoffalternative, oder an pflanzliche Öle als Dieselerersatz.

Im folgenden werden nun die wichtigsten Produkte näher behandelt.

### V.1.3.1. Flüssiggas

In unserer umweltbewußten Zeit sind die Flüssiggase von besonderem Interesse. Durch ihre schadstoffarme Verbrennung werden sie zum Beispiel als Treibstoff für

Busse der Wiener Verkehrsbetriebe verwendet.

Für Heizungszwecke wurden die Flüssiggase allerdings schon vor dem ersten Weltkrieg benutzt. Und auch heute noch sind zumindest jedem Camping-Fan die Propangasflaschen bekannt.

Aber auch die Industrie verwendet Flüssiggase zu Heizzwecken in den verschiedensten Anwendungen, wie zum Beispiel in Trocknungsanlagen von Ziegel- und Papierfabriken, für Teerkocher, für Schweißgeräte und vieles andere.

Gaswerke vermischen Flüssiggas mit Luft, um sie den Brenneigenschaften der Kundengeräte anzupassen.

Allseits bekannt, wenn auch mengenmäßig nicht bedeutend, ist die Verwendung für Gasfeuerzeuge.

Interessant ist die Verwendung des Flüssiggases Butan zur Dampfdruckeinstellung des Vergaser-Kraftstoffes. Dadurch wird die Startfreudigkeit des Motors erhöht, weshalb im Winter mehr zuge-mischt wird als im Sommer.

Was ist nun dieses Flüssiggas für eine Substanz?



Abb. 208: Forschungslabor der ÖMV

Wenn man die in der Rohölverarbeitung anfallenden Gase Propan und Butan komprimiert, werden sie flüssig – auch bei normaler Zimmertemperatur! Die Mehrzahl der Gase muß vorher abgekühlt werden. Auch mit noch so hohem Druck können sie bei Zimmertemperatur nicht verflüssigt werden. Sie werden daher auch „permanente Gase“ genannt. Andere Gase aber können bei Zimmertemperatur – je nach Druck – flüssig oder gasförmig vorliegen. Daher der Doppelname „Flüssiggas“.

Diese Eigenschaft, unter Druck flüssig vorzuliegen, macht die Flüssiggase leicht transportierbar. Sie können wie Flüssigkeiten in Flaschen, Straßentankfahrzeugen, Kesselwagen und Schiffen bequem befördert werden.

Normalerweise wird unter „Flüssiggas“ ein Gemisch von Propan und Butan verstanden. Von der Raffinerie Schwechat werden drei Produkte ausgeliefert:

- Propan
- Butan, kann bis zu 45% Butene enthalten
- Butan S, weist max. 10% Masse Butene auf.

In Tabelle 33 sind noch einige physikalische Eigenschaften der Flüssiggase angeführt.

Durch die bereits erwähnten günstigen Eigenschaften wird die Bedeutung der Flüssiggase in Zukunft sicher zunehmen.

### V.1.3.2. Kraftstoffe

Die Kraftstoffe werden nach ihrer motor-technischen Verwendung in Ottokraftstoffe als Fahrbenzine (früher auch Vergaserkraftstoffe genannt), Flugturbinentreibstoffe und Dieselmotorkraftstoffe unterteilt.

Bei einem in Österreich immer noch steigenden Bestand an Kraftfahrzeugen

(1979: 3,320.000, 1991: 4,341.000) ist die Herstellung der Kraftstoffe von eminenter Bedeutung (siehe auch Seite 594).

Nachdem die Mineralölindustrie ursprünglich die Qualität der Kraftstoffe den immer anspruchsvolleren Motoren anpassen mußte, wird in jüngster Zeit vor allem dem erhöhten Umweltbewußtsein Rechnung getragen. Hand in Hand mit der Motorenindustrie werden Kraftstoffe entwickelt, die durch neue Formulierungen und vor allem durch das Zumischen speziell entwickelter Additive (Zusatzstoffe) eine möglichst schadstoffarme Verbrennung der Kraftstoffe ermöglichen.

Der erste wesentliche Schritt zur „Entgiftung“ der Abgase war aber die Reduzierung des Bleigehaltes bei den Ottokraftstoffen. So wurde dieser Bleigehalt im Normalbenzin von 0,84 g/Liter (bis September 1971) stufenweise auf 0,013 g/Liter (ab April 1985) reduziert und das unverbleite Normalbenzin als neue Sorte eingeführt. Seit Oktober 1985 ist nur mehr eine unverbleite Normalbenzinsorte zu erhalten.

Analog wurde eine bleifreie Sorte Superbenzin eingeführt („Eurosuper 95“). Die nur mehr schwach verbleite Superqualität (0,15 g/Liter) ist noch erhältlich und soll ab 1. 2. 1993 durch eine unverbleite Sorte abgelöst werden. Um auch bei älteren Motortypen einen problemlosen Betrieb zu gewährleisten, werden statt der Bleiverbindungen spezielle Additive zugesetzt. Durch diese „Verschleißschutz-Additive“ kann jedes Fahrzeug mit unverbleitem Benzin betrieben werden. Diese für ganz Europa vorbildliche Bleireduzierung ist in der Abb. 209 anschaulich dargestellt.

Im Detail wird die Qualität der Kraftstoffe durch österreichische Normen geregelt (siehe V.2.). Hier seien nur einige wichtige Begriffe erklärt.

Tabelle 33

	Summenformel	Siedepunkt bei 1 atm. °C	Dampfdruck 20° C bar	Verdampfungswärme kJ/kg	Gasdichte 0° C, 1 atm kg/Nm <sup>3</sup>	Unterer Heizwert kJ/kg
Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-42,1	8,3	427	1,96	46.380
i-Butan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	-11,7	3,0	369	2,67	46.630
n-Butan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,5	2,1	385	2,59	47.750
Luft					1,29	

## Ottokraftstoffe

**Klopffestigkeit:** Klopffende Verbrennung bedeutet, daß das Kraftstoff-Luft-Gemisch im Zylinder wesentlich schneller verbrennt, als bei normaler Verbrennung, wodurch der Motor wesentlich höher beansprucht wird. Ein Maß für diese Klopffestigkeit ist die Oktanzahl. Jeder Motor ist nur für eine bestimmte optimale Oktanzahl ausgelegt. Das technisch einfachste Mittel zur genauen Einstellung der Oktanzahl waren nun gewisse organische Bleiverbindungen. Da diese Verbindungen nur mehr äußerst eingeschränkt verwendet werden, muß die Klopffestigkeit des Benzins anders erreicht werden. Möglichkeiten sind:

- schärferes Reformieren des Rohbenzins (vgl. Verarbeitung von Rohöl, Kapitel V.1.)
- Zusatz höheroktaniger Benzinkomponenten (Leichtbenzinisomerisierung, Seite 498)
- Zusatz von Kraftstoff-Alternativkomponenten (z. B. MTBE, Seite 501)

Alle drei Wege werden in der Raffinerie Schwechat besprochen, was zu hochquali-

tativen, umweltverträglichen Produkten führt.

**Additive:** Eine große Zahl von erwünschten Kraftstoffeigenschaften kann nur durch Zusatz von Additiven erreicht werden. Als Beispiel seien genannt:

- Vereisungsinhibitoren, verhindern die Kraftstoffvereisung im Vergaser
- Verbrennungsadditive, verbessern die Verbrennungseigenschaften (Klopfen!) und verhindern Ablagerungen
- Korrosionsschutzmittel u. a.

## Flugturbinenkraftstoffe

Flugzeuge mit Kolbenmotoren, wie z. B. Sportmaschinen, werden mit hochoktanigen Benzin betrieben. Die heute bei weitem wichtigeren Turbinenstrahltriebwerke benötigen aber einen eigenen Kraftstoff. Dieser Kraftstoff, Kerosin, wird international als JET A 1 bezeichnet. Er unterliegt besonders strengen Qualitätsanforderungen, die, durch den internationalen Markt bedingt, auch international festgelegt werden.

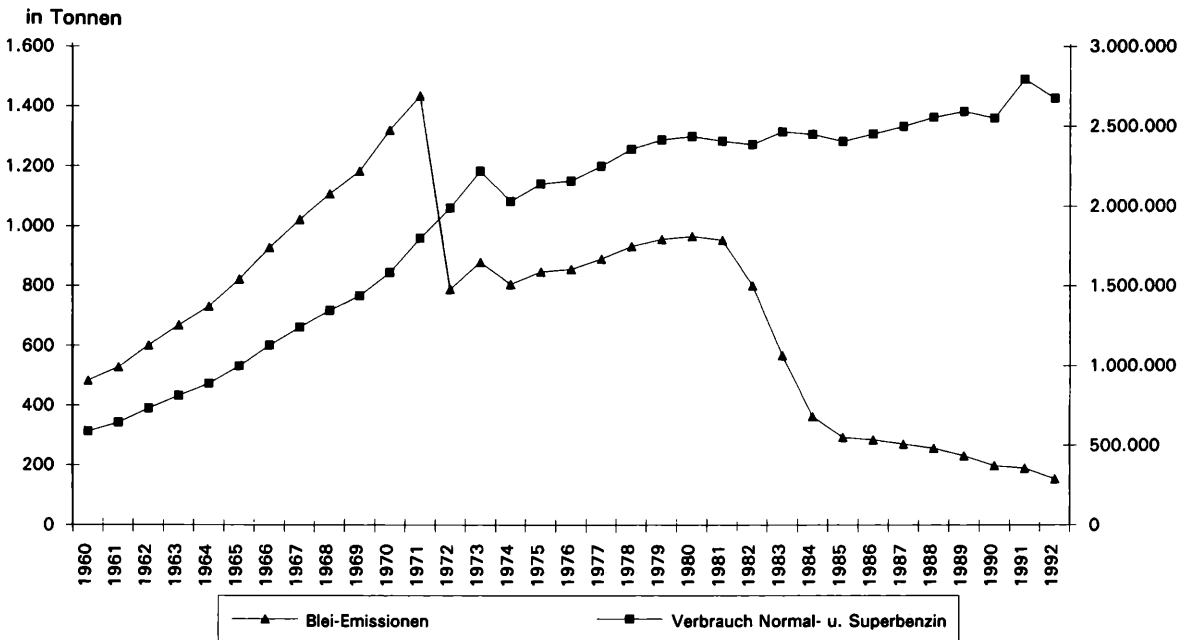


Abb. 209: Entwicklung der Bleiemissionen in Österreich aus dem Verbrauch von Ottokraftstoffen – seit 1. 2. 1993 werden in Österreich nur mehr unverbleite Ottokraftstoffe ausgeliefert.

Als Beispiel seien angeführt:

- keine Paraffinausscheidungen bis  $-50^{\circ}\text{C}$  weitgehendst Wasserfreiheit (sonst Eiskristallbildung!) rußfreie Verbrennung Keimfreiheit (sonst Wachsen von Mikroorganismen) elektrisch leitend (um elektrische Aufladung und Funkenbildung zu verhindern)

### Dieselmotorkraftstoffe

Während der letzten Jahre hat der Dieselmotor stark an Bedeutung gewonnen. So hatten 1986 6,8% der bestehenden PKW-Flotte einen Dieselmotor, bei 16,2% der Neuzulassungen. 1987 hatte bereits jeder fünfte neuzugelassene PKW (21,1%) einen Dieselmotor.

Dies ist auch auf das Vertrauen der Autofahrer in den Winterdiesel zurückzuführen. Durch die Verwendbarkeit dieses Kraftstoffes bis  $-20^{\circ}\text{C}$  ist auch ein Anspringen des Motors im Winter gewährleistet.

Auch der Dieselmotorkraftstoff wird mit Additiven versehen, die seine Eigenschaften ähnlich dem Ottokraftstoff verbessern. An der Beseitigung des Rauchproblems können gegenwärtig Additive mithelfen, da die Entwicklung von Abgaskatalysatoren oder Filtern noch nicht abgeschlossen ist.

Als robuster Kraftstoff ist das Dieselöl besonders geeignet für Zumengungen alternativer Kraftstoffe. Sogar als Ersatz für Dieselmotorkraftstoffe durch Raps-Methyl-Ester konnten an Traktoren interessante Ergebnisse erzielt werden.

Bezüglich der Emissionen ist in Österreich ein Schwefelgrenzwert im Kraftstoff von 0,15% seit dem 1. 1. 1986 gesetzlich verankert, womit Österreich an der Spitze Europas liegt. Vorrangig ist das Bestreben, die Cetanzahl zu erhöhen, die als Meßgröße zur Kennzeichnung der Zündwilligkeit von Dieselmotorkraftstoffen herangezogen wird.

### V.1.3.3. Heizöle

Für Hausbrand und Großindustrie sind Heizöle ein bequem zu handhabender

und preisgünstiger Energieträger. Um den Markt bedarfsgerecht beliefern zu können, gibt es in Österreich eine größere Produktpalette:

- Heizöl Extraleicht (HEL): Wird überwiegend in Zentralheizungsanlagen kleinerer bis mittlerer Größenordnung eingesetzt. Ebenso weitverbreitet ist die Verwendung für die Einzelraumheizung („Ölofen“). Es besteht nur aus Destillatkomponenten.
- Heizöl Leicht (HL): Für Feuerungsanlagen, ebenso wie die folgenden Sorten aus ausgewählten Rückstands- und Destillatkomponenten gemischt.
- Heizöl Mittel (HM): Anlage ab 500 kW (Industrieheizöl).
- Heizöl Schwer (HS): Für große Heizungsanlagen ab 2 MW.

Die für die Heizöle wichtigen Eigenschaften sind, auch als Einteilungskriterien, die Viskosität sowie Brenneigenschaften, Kälteverhalten (außer bei HS), Lagerstabilität und der Schwefelgehalt.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Schwefelgehalte der Heizöle, wie sie

Tabelle 34: Maximaler Schwefelgehalt in Mineralölprodukten. Grenzwerte laut ÖNORM

		in Masseprozenten
Ofenheizöl	ab 1. 07. 1970	0,8%
	(ab 1. VII. 1989)	0,5%
Heizöl Extraleicht	ab 1. 01. 1983	0,3%
	ab 1. 04. 1989	0,2%
Heizöl Extraleicht	ab 1. 07. 1989	0,1%
	Heizöl Leicht	ab 1. 06. 1968
		ab 1. 10. 1982
Heizöl Mittel	ab 1. 02. 1984	0,5%
	ab 1. 04. 1989	0,3%
	ab 1. 07. 1989	0,2%
	ab 1. 06. 1968	2,5%
Heizöl Schwer	ab 1. 10. 1982	1,5%
	ab 1. 02. 1984	1,0%
	ab 1. 10. 1987	0,6%
	ab 1. 06. 1968	3,5%
Heizöl Schwer	ab 1. 01. 1983	3,0%
	ab 1. 02. 1984	2,5%
	ab 1. 07. 1984	2,0%
	ab 1. 10. 1987	1,0% *)
	ab 1. 01. 1992	1,0%

\*) zusätzlich zur 2,0%-Sorte

durch die österreichischen Normen festgelegt wurden (Tabelle 34).

Mit dieser konsequenten Schwefelabsenkung in den Heizölen wurde ein wesentlicher Beitrag zur Besserung der Luftqualität in Österreich geleistet. Das ist für die Industrie sicher ein vorbildhaftes Verhalten.

Für die praktische Erprobung der neuen Heizölsorten steht seit kurzem auf dem Gelände der Raffinerie in Schwechat ein Prüfstand zur Verfügung, der die Entwicklung und Anwendung von neuen Brennstoffen ermöglicht (Abb. 210).

#### V.1.3.4. Schmierstoffe

Die Bedeutung der Schmierstoffe erfaßt man meist schnell, wenn es durch falsche oder ungenügende Schmierung zu einem Motorschaden gekommen ist. Aber auch für das Energiesparen – durch Reibungsminderung – ist die Schmierung von eminenter Bedeutung.

Nachdem die Schmierstoffforschung zunächst synthetische Schmierstoffe entwickelte, die höchsten Anforderungen entsprachen, wird jedoch besonders eine hohe Umweltverträglichkeit gefordert.

Die Entwicklung neuer Schmierstoffe hat damit einen neuen Höhepunkt erreicht. Wieder wird eine größere Anzahl von Additiven zugesetzt, um die Eigenschaften des Grundöls zu verbessern. Einige seien kurz genannt:

- Viskositäts-Index-Verbesserer
- Verschleißminderer
- Korrosionsinhibitoren
- Fließpunktverbesserer.

Nach der Entwicklung von neuen Schmierstoffen sind eingehende Prüfläufe nötig. Nach speziellen Prüfmethoden werden extreme Betriebsbedingungen simuliert. Dazu stehen einige Einrichtungen, wie etwa der Rollen- und Motorprüfstand der ÖMV Aktiengesellschaft, zur Verfügung.

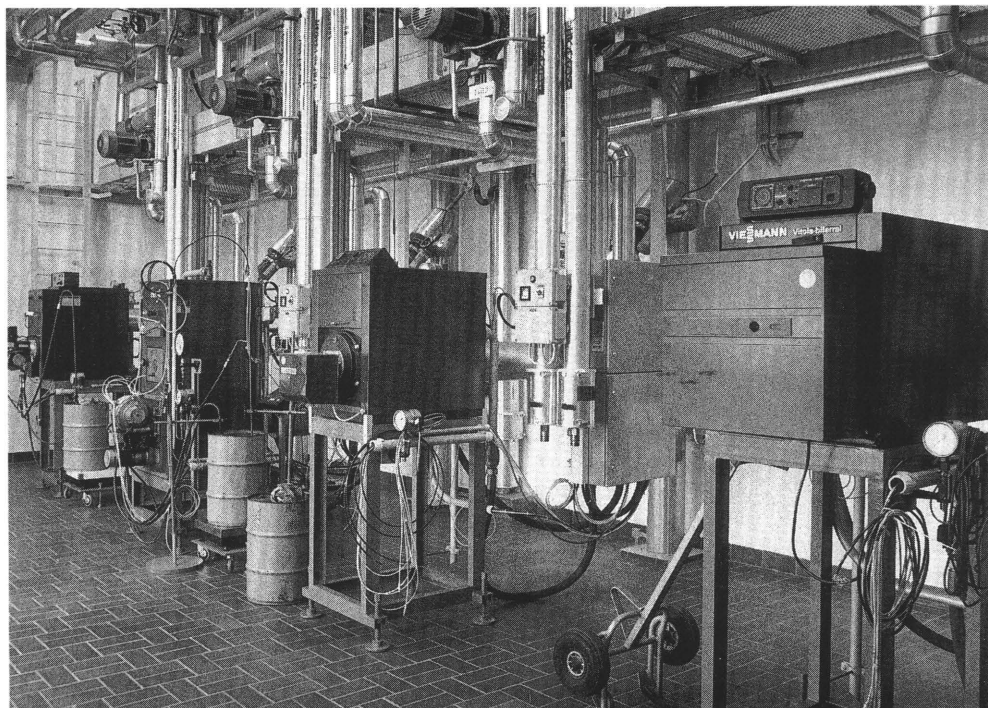


Abb. 210: Brennstoffprüfstand



Immer wieder werden neue Formulierungen getestet. Für einige der rund 600 Schmieröltypen wurden auch schon besonders umweltschonende Produkte entwickelt, so z. B. das biologisch abbaubare Schmieröl für Sägeketten von Motorsägen, bestehend aus Rapsöl-Raffinat. Sicher werden pflanzliche Öle für spezielle Anwendungen in Zukunft vermehrt gefragt sein.

#### **V.1.3.5. Bitumen**

Durch besondere Eigenschaften ausgezeichnet ist Bitumen ein wertvoller Baustoff. Es ist bei höheren Temperaturen dünnflüssig, bei Raumtemperatur wird es dickflüssig bis springhart – je nach Sorte. Es soll nicht mit Teer und Pech verwechselt werden, Produkte, die bei der Verkokung von Kohle entstehen. Asphalte wieder sind natürliche („Trinidadsee“, siehe Kap. II.2.1.) oder technisch hergestellte Gemische aus Bitumen und Mineralstoffen („Zuschlagstoffe“). Das Bitumen bindet dabei die Mineralstoffe zusammen.

### **V.1.4. Der Betrieb der Raffinerie**

Die Raffinerie ist ein Produktionsverbund aus zahlreichen technischen Großanlagen mit hohen Kolonnen, Öfen, Maschinen und technischen Einrichtungen. Sie bildet ein komplexes Netzwerk bestehend aus kilometerlangen Rohrleitungen, riesigen Tanks und den Verlade- und Versandeinrichtungen.

Die Anlagen der Raffinerie, aber auch die Versorgungs- (Tanklager, Kraftwerk) und Entsorgungseinrichtungen (Abwasseranlage, Fackelsystem), werden ganzjährig rund um die Uhr in Betrieb gehalten. Steuerung und Regelung aller Anlagen erfolgt zentral aus 5 Meßwarten, wobei der Prozeßablauf (fördern, trennen, umwandeln und mischen) in geschlossenen Systemen geschieht (hohe Sicherheit, Umweltschutz). Zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Produktion werden moderne Meß- und Regeleinrichtungen, sogenannte Prozeßleitsysteme, ver-

Mengenmäßig gehen etwa 90% des österreichischen Bitumenverbrauches in den Straßenbau. Wie bei den anderen Mineralölprodukten ist auch bei Bitumen in den letzten Jahren ein Trend zu hochwertiger Qualität festzustellen. Die Straßenbeläge sollen lange haltbar sein, Regenwasser gut ableiten und Verkehrsgeräusche dämpfen. Es wurden bereits Spezialbitumina entwickelt, die all dem entsprechen, und zwar durch den Zusatz von organischen Polymerverbindungen („polymer-modifizierte Bitumina“). Diese neuen Sorten werden sicherlich in Zukunft vermehrt zur Anwendung kommen.

#### **V.1.3.6. Spezialprodukte**

Mengenmäßig nicht von großer Bedeutung, für bestimmte Anwendungen aber interessant, sind eine größere Anzahl von Spezialprodukten.

Genannt seien die Spezialbenzine (Testbenzin, Wundbenzin etc.), Wasserstoff und Schwefel aus den Entschwefelungsanlagen (Schwefelsäure, Düngemittel).

wendet. Damit konnte die Bedienung der Anlagen von ursprünglich 15 auf 5 Meßwarten reduziert werden. Zusätzlich wird durch Einsatz von Computern (Prozeßrechner) die Fahrweise der Anlagen schrittweise optimiert. Die Vorteile sind vermehrte Ausbeuten an wertvollen Komponenten und Senkung des Energieverbrauches. Die entwickelten Anwendungen (Softwareprogramme) für die Regelung und Optimierung der Destillations-, Ethylen- und FCC-Anlage sind weltweit führend.

#### **V.1.4.1. Planung der Raffinerieproduktion**

Damit eine Raffinerie konkurrenzfähig arbeitet, wird der gesamte Produktionsprozeß optimiert. Die am Markt verlangten Produkte müssen mit der gegebenen Raffineriestruktur (Abb. 202) möglichst kostengünstig erzeugt werden.



Abb. 211. Ausschnitt aus der zentralen Meßwarte der Raffinerie.

Die Produktion von Mineralölprodukten ist eine Kuppelproduktion, d. h. bei der Herstellung einer gewünschten Komponente werden zwangsläufig gleichzeitig mehrere andere gewonnen. Wie in (Seite 492) dargestellt, ist Rohöl ein Gemisch verschiedener Fraktionen. Neben dem Benzinanteil gewinnt man je nach Sorte auch noch nennenswerte Mengen an Mitteldestillaten und Rückstand.

Die Destillation kann die Ausbeutestruktur nur geringfügig verschieben, Konversionsanlagen können dies aber sehr wohl (Seite 498). Sie werden daher in einer Zeit, in der mehr leichte, hochwertige Produkte (Ottokraftstoffe und Diesel) und weniger schwere, minderwertige Produkte (Heizöl Schwer) benötigt werden, immer bedeutender.

Maßnahmen zur Optimierung sind:

- Rohölwahl – sie ist ein wesentlicher Einflußfaktor; Mengen und Qualität müssen den Erfordernissen angepaßt werden.
- Fahrweiseänderungen – in gewissen Grenzen kann die Fahrweise von Raffinerie-Anlagen geändert und dem

Marktbedarf angepaßt werden, wobei auf eine wirtschaftliche Nutzung der Konversionsanlagen Wert gelegt wird.

- Änderung der Raffinerie Anlagenstruktur – ist mit den beiden vorherigen Methoden die Anpassung der Produkte an die Marktnachfrage nicht mehr möglich, wird durch Um- bzw. Neubau von Anlagen die Raffineriestruktur geändert.

Sehr früh hat es Bestrebungen gegeben, den Rohöleinkauf, die Verarbeitungsprozesse, die Mischprogramme und die Vertriebswege in Form von mathematischen Beziehungen (Modellen) abzubilden. In der Regel geschieht dies durch lineare Optimierungsprogramme oder Simulation. Dabei wird die Auswirkung mehrerer Parameter auf das Verarbeitungsgeschehen ermittelt und zwar für:

- Langfristige Produktionsplanung: berücksichtigt einen Zeitraum von 1–5 Jahren und liefert die
  - Auswahl benötigter (importierter) Rohölqualitäten und -mengen.
  - Abschätzung der Auswirkung von zukünftigen Produktqualitätsände-

rungen auf die Rohstoffauswahl und/oder Anlagenstruktur; z. B. hat die Bleireduktion im Ottokraftstoff in der Raffinerie Schwechat den Bau mehrerer zusätzlicher Anlagen erfordert (MTBE-Anlage, Platformer, Isomerisierungsanlage).

- Bewertung neuer Marktstrategien auf die Wirtschaftlichkeit der Verarbeitung.
- Entscheidungsgrundlage für die Anpassung der Raffineriestruktur.
- Kurzfristige Produktionsplanung: erfolgt in Monats-, Wochen- und Tagesschritten.  
Sie liefert
  - einen „Fahrplan“ für die aktuelle Raffinerieverarbeitung. Das ist die Verarbeitungsfolge der unterschiedlichen Rohöle unter Berücksichtigung von Anlagenkapazitäten, Anlagenverfügbarkeit, Lagerraum und Verkaufssituation.
  - Mischrezepturen für Fertigprodukte (z. B. Ottokraftstoffe, Diesel, Heizöle) aus aktuell vorhandenen Komponenten.
  - Maßnahmen zur Überbrückung von Störungen im Anlagenbetrieb und bei Versorgungsproblemen mit Rohstoffen.

Diese Planungsmodelle gewährleisten in einem rasch wechselnden energie- und umweltpolitischen Umfeld die wirtschaftliche Herstellung von rund 700 Mineralölprodukten.

#### V.1.4.2. Entwicklung der Raffinerie

Aus kleinen Anfängen im Jahre 1938 (NOVA Raffinerie) hat nach Abschluß des Staatsvertrages ein konsequentes Ausbauprogramm seit 1958 zu einer modernen und komplexen Großraffinerie mit einer Rohölverarbeitungskapazität von heute 10 Millionen Jahrestonnen geführt. Derzeit (1992) sorgen etwa 1500 Mitarbeiter in einem kontinuierlichen Schicht- bzw. Regiebetrieb für eine jährliche Verarbeitung von mehr als 8 Millionen Tonnen Rohöl und Halbfabrikaten.

Der Raffinerie angeschlossen sind neben dem Standorttanklager noch Lagerbe-

triebe in Wien/Lobau und St. Valentin, NÖ, mit einer Gesamtlagerkapazität von 3,75 Millionen Kubikmetern. Eine Produktpipeline verbindet das Lager Lobau mit dem 172 km entfernten Lager St. Valentin.

Von allen drei Standorten aus erfolgt die Auslieferung der Produkte über moderne, automatisierte Verlade- und Versandeinrichtungen auf Straßentankwagen und Kesselwaggons, bzw. Schiffe (nur Lobau).

Mit der 1987 erfolgten Übernahme der Petrochemischen Raffinerie in Burghausen (Bayern, BRD) durch die ÖMV Aktiengesellschaft, wird die Rohölverarbeitungskapazität um 3,4 Millionen Jahrestonnen, die Erzeugungskapazität von Ethylen um 270.000 Jahrestonnen und die von Propylen um 130.000 Jahrestonnen erweitert.

Die Integration dieses Verarbeitungszentrums, mit Schwerpunkt der Erzeugung petrochemischer und chemischer Rohstoffe, wird die Struktur der Raffinerie Schwechat durch Ausnutzung des Zuganges zum EG-Markt und der Synergieeffekte in der Verarbeitung noch nachhaltig verändern.

#### Literaturauswahl für den Abschnitt V.I.:

BARTZ, W. J., DAMMEYER, D. & WALCH, J. 1980; BAUER, E. 1983; BAUER, E. & SCHWARZ, F. 1973; BAYER, M. 1983 und 1991; BERGER, B. D. & ANDERSON, K. E. 1979; BRUNER, I. 1985; BUCHSBAUM, A. 1987 und 1988; CSOKLICH, Ch. 1983a und 1983b; CSOKLICH, Ch. & HARTNER, O. 1986; Deutsche BP-Aktiengesellschaft 1989; ECKER, A. 1985, 1986, 1987a, 1987b und 1992; ECKER, A. & HEGER, F. 1989; ECKER, A., PASS, F., GREGOR, R. & HACKL, A. 1977; FABER, E. 1987; FLATSCHART, R. 1992a und 1992b; GOHN, M. 1983 und 1984; GOHN, M. & POLLAK, K. 1986; GUHSL, H. 1983; HARTNER, O. 1985, 1986, 1988 und 1989; HEGER, F. 1988, HEGER, F. & BUCHSBAUM, A. 1992; HÖFFERL, F. 1988 und 1989; HOFFMANN, J. P. 1983; HUBMANN, A. 1992; HUFNAGEL, J. 1984 und 1988; JANDA, H., BERAN, R. und HORRAK, H. H. 1989; JÄNICKE, W. 1992; KOCH, W., BAUER, R. & SCHWARZ, G. 1990; KOLLER, L., PASS, F., DROZDA, J., BRODNER, R. & SCHENK-SUDHOF, E. 1980; KRABIČKA, K. & ZAHORA, M. 1983; LANIK, A. 1986; LANIK, A. & CSOKLICH, Ch. 1984; LANIK, A. & RAITH, J. 1984; LEFFLER, W. L. 1979; LINSKESEDER, M., REICH-ROHRWIG, P. & SCHWARZ, G. 1991;

LUGER, F. 1987, 1988a, 1988b, 1988c und 1988e; MARHOLD, A. 1988; MEUSINGER, R. & SCHINDLBAUER, H. 1992; OFNER, M. & SANDAUER, Ch. 1975; ORTNER, P. 1985; PASS, F. 1982; POLLAK, K. 1986a, 1986b, 1989b und 1991b; POLLAK, K. & HEIDLER, E. 1985; PROBST, K. 1961; REICHEL, P., BAUER, E. & JANDA, H. 1987; REITER, K. & POLLAK, K.

1986; RUMPF, K. K. 1961; SCHENZ, R. & FRITSCH, W. 1986 und 1988; SCHEWE, J. H. & KOBEK, W. 1974; SCHINDLBAUER, H. & TLUSTOS, R. 1984; SCHRÖDER, L. & FRITSCH, W. 1987; SEIDL, E. 1989; STUMPAUER, M. & BAUER, R. 1988; TAUSCHER, W., VITOVEC, W. & RICHTER, G. 1991; TOMANCOK, R. 1989; WEITKAMP, J. 1982.

## V.2. Normung bei Mineralölprodukten

von Gerhard RICHTER

Normen geben den Stand der Technik wieder und garantieren dem Konsumenten gleichbleibend hohe Qualität der Produkte.

Für Normen ist in Österreich – gesetzlich verankert – das Österreichische Normungsinstitut zuständig. In ständigem Kontakt mit Industrie und Behörde werden Gremien gebildet, die von Fachleuten der jeweils zu behandelnden Themen besetzt werden. Nach einem genau festgelegten Verfahren werden die Normvorschläge geprüft und dem Gremium zur Abstimmung vorgelegt. Nach erfolgreicher Abstimmung – im Normalfall einstimmig –, wird die Norm veröffentlicht und die der Norm entsprechenden Produkte können derart deklariert werden.

Die österreichischen Normen sind zunächst nur Empfehlungen. Die Norm oder Teile einer Norm (z. B. Schwefelgehalte von Heizölen) können aber dann auf dem Verordnungsweg oder vom Gesetzgeber festgelegt werden. Das kann unter Umständen zu verwirrenden Situationen führen, da gerade die Luftreinhaltung auch in den Kompetenzbereich der Ländergesetzgebung fällt. Trotzdem ist gute Qualität und entsprechende Gesetzgebung ohne Normenwerte nicht mehr denkbar.

Laufend ändern sich die Anforderungen, die an die Produkte gestellt werden. Auch die Erkenntnisse des Umweltschutzes müssen in der Normgebung berücksichtigt werden. Daher werden die Normen laufend auf Gültigkeit und Aktualität überprüft.

## V.3. Petrochemie

von Werner RIEDER

Unter Petrochemie versteht man heute jenen Zweig der technischen Chemie, der sich mit der Herstellung von Grundchemikalien auf der Basis von Erdgas und Erdöl befaßt. Die Rohstoffsituation ist durch die erfolgreiche und weitgehend abgeschlossene Umstellung von der Kohletechnologie zur Erdöltechnologie gekennzeichnet. Von den Rohstoffen, die der Chemie durch die Erdölraffinerien zur Verfügung gestellt werden, ist in Europa Naphtha (Rohbenzin) das bei weitem wichtigste Produkt, in den USA wird noch überwiegend Flüssiggas eingesetzt.

Ethylen, Propylen und weitere Grund-

stoffe (z. B. Butadien), die durch thermisches Cracken von Erdölfraktionen auch in der Raffinerie Schwechat hergestellt werden, sind mengenmäßig die wichtigsten Grundchemikalien. Sie sind selbst wieder Ausgangsbasis für den überwiegenden Teil aller Petrochemikalien. Ethylen wird weltweit zu über 50 Prozent in der Polymerisation zu Polyethylen eingesetzt, bei Propylen beträgt dieser Anteil etwa ein Drittel.

In Österreich ist die PCD Polymere Ges. m. b. H. (PCD) als einziges Unternehmen auf dem Gebiet der Entwicklung und der Produktion von Polyolefinen tätig.