

### η. Bestimmung des Schmutzgehaltes.

Um in dunkel gefärbten Heizölen oder Schmiermitteln suspendierte Verunreinigungen zu erkennen, muß die Flüssigkeit zuerst soweit in

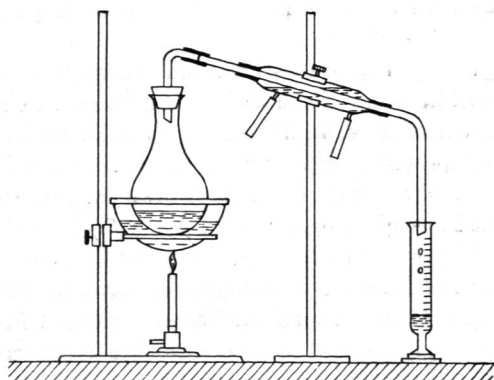


Fig. 32. Apparat von Hofmann-Marcusson zur Wasserbestimmung.

Lösung gebracht werden, daß eine Trennung von den festen Teilchen durch Filtration möglich wird. Als geeignete Lösungsmittel kommen Benzin, Benzol und für Teeröle besonders Xylol in Betracht.

Eine gewogene Menge (5–10 g) wird in 100 bis 200 cm<sup>3</sup> Lösungsmittel gelöst, dann durch ein bei 105° getrocknetes

Filter filtriert, der Rückstand mit dem gleichen Lösungsmittel gut ausgewaschen und das Filter hierauf abermals bei 105° getrocknet und gewogen.

### θ. Bestimmung des Raffinationsgrades.

Diese Bestimmung ist vor allem für Brennstoffe wichtig, die in Verpuffungsmotoren Anwendung finden sollen (Benzine und Benzol). Sie geschieht durch Schütteln mit dem gleichen Volumen konzentrierter reiner Schwefelsäure.

Mangelhafte Raffination gibt sich durch Dunkelfärbung der Schwefelsäure zu erkennen; bei Benzol kann Gelbfärbung geduldet werden.

### κ. Bestimmung des Aschengehaltes.

Die Feststellung der Aschenmenge erfolgt durch Verbrennung einer gewogenen Menge Flüssigkeit in einem gewogenen Porzellan- oder Platintiegel und Glühen des Rückstandes bis zu konstantem Gewicht.

### b) Die wichtigsten flüssigen Brennstoffe.

Erdöl und daraus hergestellte Produkte.

Erdöl findet sich über die ganze Erde verbreitet, stellenweise in ungeheuren Mengen angehäuft vor.

Europa besitzt die reichsten Erdölvorkommen in Rußland, insbesondere im Gebiet des Kaukasus (Baku, Grosny). Reiche Erdölgebiete liegen auch längs der Karpathen in Rumänien und dem ehemaligen Galizien; die hannoveranischen und die Elsässer Erdöllager sind wenig ertragreich.

Über ungemein ausgedehnte und ergiebige Vorkommen verfügt Amerika. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika zählt man fünf große Ölfelder: 1. Das appalachische Feld, von dem ein großer Teil in Pennsylvanien liegt. 2. Das Lima, Indiana- und Illinoisfeld. 3. Das Golfeld in Texas und Louisiana am Meerbusen von Mexiko. 4. Das Midcontinentfeld in Missouri, Kansas und Oklahoma und 5. Das kalifornische Feld (Los Angeles, Bakersfield, Coalinga). Die beiden zuletzt genannten sind derzeit die wichtigsten. Auch in Kanada, Mexiko, auf den westindischen Inseln und in vielen Staaten Südamerikas sind bedeutende Erdölquellen erschlossen worden.

Während in Afrika nur in Ägypten größere Erdölmengen gefördert werden, weist Asien sehr viele wichtige Fundstätten auf. Von ihnen seien die auf den Sundainseln, in Hinterindien (Birma), Japan und die jetzt zu großer Bedeutung gelangten in Persien (Irak) und Mesopotamien genannt.

Nachstehende Tabelle zeigt die Erdölgewinnung in den verschiedenen Gebieten im Jahre 1927 in Millionen Hektolitern:

|                                          |      |
|------------------------------------------|------|
| Vereinigte Staaten von Nordamerika . . . | 1440 |
| Mexiko . . . . .                         | 102  |
| Peru . . . . .                           | 15,6 |
| Venezuela . . . . .                      | 102  |
| Argentinien . . . . .                    | 13,9 |
| Trinidad . . . . .                       | 8,3  |
| Columbien . . . . .                      | 23   |
| Rußland . . . . .                        | 115  |
| Rumänien . . . . .                       | 41   |
| Polen . . . . .                          | 9,2  |
| Deutschland . . . . .                    | 0,87 |
| Frankreich . . . . .                     | 0,75 |
| Persien . . . . .                        | 59   |
| Niederländisch-Indien . . . . .          | 34   |
| Britisch-Indien . . . . .                | 13   |
| Sarawak . . . . .                        | 8    |
| Japan und Formosa . . . . .              | 2,7  |
| Ägypten . . . . .                        | 2,1  |
| Weltproduktion . . . . .                 | 1994 |

Das rohe Erdöl ist eine dunkel gefärbte, ölige Flüssigkeit, die meist auch gasförmige oder niedrig siedende Bestandteile enthält, die aus dem frisch geförderten Öl beim Stehen an der Luft entweichen. Lange Einwirkung von Luft kann Übergang des Erdöls in asphaltartige Massen herbeiführen.

Die Dichte liegt meist zwischen 0,703 und 0,970 und steigt nur ganz ausnahmsweise über 1.

Alle Erdöle bestehen im wesentlichen aus Gemischen von Kohlenwasserstoffen mit nur geringen Beimengungen von sauer-

stoff-, stickstoff- und schwefelhaltigen Verbindungen. Im allgemeinen können etwa 85—87% Kohlenstoff, 12—14% Wasserstoff, 0,5—1% Sauerstoff und weniger als 1% Stickstoff und Schwefel für die Zusammensetzung der rohen Erdöle angenommen werden. In manchen Sorten ist der Stickstoff- und Schwefelgehalt wesentlich höher, er kann 2% erreichen, ja in selteneren Fällen auch übertreffen. Besonders reich an Schwefelverbindungen sind manche amerikanische Roherdöle (Texasöle, mexikanische und kalifornische Öle).

Der Sauerstoffgehalt ist teilweise auf Phenole, teilweise auf Petrolsäuren, die vorwiegend aus Naphthenkarbonsäuren bestehen, zurückzuführen; als stickstoffhaltige Stoffe sind basische Verbindungen, die sich von Pyridin und ähnlichen Basen ableiten, isoliert worden. Der Schwefel ist ebenfalls in organischen Verbindungen, zum Teil auch als Schwefelwasserstoff und Schwefelkohlenstoff vorhanden.

Trotzdem die prozentischen Mengen von Kohlenstoff und Wasserstoff bei den verschiedenen Erdölsorten nicht sehr verschieden sind, weist die chemische Zusammensetzung der zugrunde liegenden Kohlenwasserstoffe doch große Unterschiede auf.

Man kann hierbei zwei Haupttypen unterscheiden:

1. Erdöle, die vorwiegend aus Kohlenwasserstoffen der Methanreihe<sup>1)</sup>, sogenannten Alkanen von der Formel  $C_n H_{2n+2}$  mit kettenartiger Bindung der Kohlenstoffatome bestehen. Hierher gehören vor allem die pennsylvanischen Erdöle.

2. Erdöle, deren Hauptbestandteile die Naphthene, Kohlenwasserstoffe mit ringförmiger Bindung der Kohlenstoffatome, von der Formel  $C_n H_{2n}$  sind. Hauptvertreter dieser Gruppe sind die kaukasischen Erdöle.

Überdies sind in geringeren Mengen auch andere Kohlenwasserstoffe an der Zusammensetzung der Erdöle beteiligt.

Hierher gehören insbesondere folgende<sup>2)</sup>:

a) Olefine mit kettenartiger Bindung der Kohlenstoffatome, wobei 2 Kohlenstoffatome miteinander doppelt gebunden sind, von der Formel  $C_n H_{2n}$ .

b) Aromatische Kohlenwasserstoffe von der Formel  $C_n H_{2n-6}$ , die eine besondere Art ringförmiger Bindung der Kohlenstoffatome (Benzolring) aufweisen. Diese Verschiedenheit der Zusammensetzung der rohen Erdöle überträgt sich auf die daraus ge-

<sup>1)</sup> Auch Paraffinkohlenwasserstoffe oder kurz Paraffine genannt.

<sup>2)</sup> Nur vereinzelt oder in ganz untergeordnetem Maße in Betracht kommende Kohlenwasserstoffe sind hier nicht berücksichtigt.

wonnenen Produkte, die daher bei ähnlichen Siedepunkten doch sehr verschiedene Eigenschaften zeigen können. Ein Teil der Erdöle (bei nordamerikanischen bis zu einem Drittel der Gesamtförderung) findet ohne weitere Reinigung oder Zerlegung in verschiedene Anteile direkt Verwendung, zum Teil als Brennstoff, zum Teil für Zwecke des Straßenbaues.

Rohöle, die als Brennstoff Verwendung finden sollen, müssen gewissen Bedingungen genügen.

Vor allem dürfen sie nicht künstlich durch Mischung von niedrig und hoch siedenden Anteilen der Erdöledestillation hergestellt werden. Ihre Dichte muß zwischen 0,85—0,96, der Flammpunkt über 60° liegen; der Wassergehalt muß kleiner als 2%, der Schwefelgehalt geringer als 1% sein. Nennenswerte Beimengungen von Mineralstoffen sind nicht gestattet. Bezüglich der Viskosität wird gefordert, daß auch Temperaturen nahe an 0° die Beweglichkeit des Öles nicht aufheben.

Da der Heizwert der meisten Rohöle zwischen 10 000—11 000 Kalorien pro 1 kg beträgt, werden 10 000 Kalorien als Mindestwert gefordert.

Wesentlich zweckmäßiger als die direkte Verfeuerung ist bei der überwiegenden Menge der Erdöle die Zerlegung in besondere Anteile durch fraktionierte Destillation. Die Art der Durchführung dieser fraktionierten Destillation richtet sich auch nach der Zusammensetzung des rohen Erdöls, ebenso wie die Art der dabei erhaltenen Produkte. Die Destillation kann sowohl in Einzelkesseln als auch kontinuierlich vorgenommen werden.

Bei der kontinuierlichen Destillation läßt man das vorgewärmte Erdöl Batterien von Kesseln nacheinander durchfließen und stellt durch entsprechendes Mischen der aus den einzelnen Kesseln erhaltenen Destillate bestimmte Produkte her. Aus den letzten Kesseln fließen pechartige Rückstände, „Goudron“ oder „Asphalt“ ab.

Die Hauptprodukte der fraktionierten Destillation der Rohöle sind:

1. Rohbenzin, 2. Leuchtpetroleum, 3. Rückstände, die entweder direkt als Heizöle dienen oder zur Herstellung von Schmierölen, Treibölen und Gasölen weiter verarbeitet werden.

Da der Bedarf an leichtflüchtigen Destillaten, im besonderen an Benzin, immer größer wird, trachtet man durch das Krackverfahren die Menge dieser Anteile künstlich zu erhöhen.

Beim Cracken wird die Destillation so geleitet, daß die Dämpfe längere Zeit mit den heißen Kesselwänden in Berührung bleiben, wobei die großen Moleküle in kleinere zerlegt werden. Außer durch Crackdestillation stellt man noch durch eine besondere Art von Destillation

unter hohem Druck aus hochsiedenden Erdölfraktionen wertvollere leichtflüchtige her. In Amerika werden auf diese Weise jährlich gegen 10 Millionen Tonnen Benzin erzeugt.

Nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht über die aus Rohölen verschiedener Herkunft (ohne Krackverfahren oder Hydrierung) erhältlichen Mengen der verschiedenen Fraktionen.

| Rohöl aus           | Benzin | Leuchtöl | Schmieröl | Paraffin |
|---------------------|--------|----------|-----------|----------|
| Pennsylvanien       | 12—15% | 60—70%   | 10—20%    | 1,2%     |
| Baku                | 2—10%  | 25—35%   | 50—60%    | —        |
| Galizien            | 5—25%  | 25—40%   | 15—30%    | 0—10%    |
| Rumänien            | 10—20% | 30—50%   | 20%       | 0—10%    |
| Hannover (schweres) | 1%     | 6%       | 30%       | —        |

Bemerkt sei, daß die Ausbeuten an den einzelnen Anteilen sehr von der Art der Verarbeitung abhängen, so daß obenstehende Zahlen nur Durchschnittswerte darstellen.

Die bei der Destillation erhaltenen Fraktionen werden einer Reinigung auf chemischem Wege, die im wesentlichen in einer Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure und darauffolgendem Waschen mit Wasser und Natronlauge besteht, unterzogen.

*a. Benzin.* Die bei Temperaturen unter 150° C überdestillierenden Anteile des Erdöls bilden das Rohbenzin, das zunächst durch neuerliche Destillation in das niedriger siedende Leichtbenzin und das höher siedende Schwerbenzin zerlegt werden kann.

Nachdem dann eine chemische Reinigung mit konzentrierter Schwefelsäure stattgefunden hat, wird durch Destillation in sogenannten Kolonnenapparaten eine weitere Trennung in verschiedene Produkte vorgenommen. Man erhält dabei Petroleumäther, verschiedene Sorten Schwerbenzine, Waschbenzine (Ligroin) und Lackbenzine.

Für Personenautomobile und Flugzeuge kommen nur die Leichtbenzine, für Lastautomobile Schwerbenzine in Verwendung.

Die Benzinsorten führen verschiedene Handelsnamen, die zum Teil schon auf ihre Verwendbarkeit hinweisen, wie Autoluxusbenzin, Autobenzin, Fliegerbenzin, Motorenbenzin usw. Es ist auch vorgeschlagen worden, die Namengebung auf Grund der bis 100° C überdestillierenden prozentischen Mengen der Benzinsorte vorzunehmen, so daß also ein 70 proz. Motorenbenzin ein solches ist, von dem 70% bis 100° C überdestillieren.

Die physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Benzine sind

in hohem Maße durch die chemische Zusammensetzung, also durch die Herkunft beeinflusst.

Amerikanische Benzine bestehen meist der Hauptsache nach aus Alkanen vom Pentan  $C_5H_{12}$  angefangen, während in den russischen und galizischen Benzinen Naphthene die Hauptbestandteile bilden. Die Naphthene haben nicht nur einen höheren Kohlenstoffgehalt als die Alkane, sondern bei gleichem Siedepunkt auch höhere Dichte.

Ferner ist bei gleichem Kohlenstoffgehalt der Siedepunkt verschieden, doch ist der Unterschied nicht sehr bedeutend.

Ein Vergleich zwischen Hexan  $C_6H_{14}$  und Zylohexan (Naphthen)  $C_6H_{12}$  möge das Gesagte noch besser veranschaulichen.

|                       | Siedepunkt | Dichte | C-gehalt <sup>1)</sup> | H-gehalt |
|-----------------------|------------|--------|------------------------|----------|
| n-Hexan $C_6H_{14}$   | 69° C      | 0,68   | 83,7%                  | 16,3%    |
| Zylohexan $C_6H_{12}$ | 81°        | 0,78   | 85,7%                  | 14,3%    |

Im allgemeinen kann für Leichtbenzine amerikanischen (pennsylvanischen) Ursprungs die Dichte mit 0,70, die Siedegrenzen zwischen 60—110°, für amerikanische Schwerbenzine die Dichte mit 0,73, die Siedegrenzen von 100—150° angenommen werden. Russische Benzine haben durchwegs eine höhere Dichte.

Da es für den Motorenbetrieb wichtig ist, daß die einzelnen Bestandteile des Benzins in ihrem Siedepunkte nicht zu sehr voneinander abweichen, ist für die Bewertung eines Motorbenzins das Verhalten bei der Destillation maßgebend. Die Dichtebestimmung hat schon deshalb geringeren Wert, weil nicht nur die Herkunft des Rohöls großen Einfluß hat, sondern auch durch entsprechende Mischung von Produkten höherer und niederer Dichte, aber stark verschiedenem Siedepunkte, ein Benzin von gewünschter Dichte hergestellt werden kann.

Um bei Dichtebestimmungen, die nicht bei der Normaltemperatur von 15° C durchgeführt werden, rasch die nötige Korrektur anbringen zu können, bedient man sich nachstehender Tabelle von Men-  
delejeff.

| d           | Korrektur für 1° C bei: |                   |
|-------------|-------------------------|-------------------|
|             | pennsylvanischem Benzin | russischem Benzin |
| 0,700—0,720 | 0,00082                 | 0,00086           |
| 0,720—0,740 | 0,00081                 | 0,00082           |
| 0,740—0,760 | 0,00080                 | 0,00077           |
| 0,760—0,780 | 0,00079                 | 0,00072           |
| 0,780—0,800 | 0,00078                 | 0,00068           |

<sup>1)</sup> Für Autobenzine kann ein mittlerer Gehalt von 85% C und 15% H angenommen werden.

Der Heizwert der Benzine beträgt etwa 10 000 Kalorien, die theoretisch zur Verbrennung nötige Luftmenge etwa 11,5 m<sup>3</sup> für 1 kg.

β. Petroleum (Leuchtöl). Während bis vor kurzer Zeit die das eigentliche Petroleum bildenden, zwischen 150—300° C übergehenden Anteile des Erdöls lediglich zur Beleuchtung dienten, werden jetzt große Mengen in Petroleumöfen zu Koch- und Heizzwecken verwendet. Das Petroleum, dessen Reinigung ebenfalls mit konzentrierter Schwefelsäure und darauffolgendes Auswaschen mit Wasser und Natronlauge vorgenommen wird, ist je nach Herkunft und Raffinationsgrad eine gelbliche oder auch nahezu wasserhelle, bläulich fluoreszierende Flüssigkeit. Chemische Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften sind wieder wesentlich von der Herkunft abhängig.

Amerikanisches Petroleum enthält 85—86% Kohlenstoff und 13,5 bis 14,0% Wasserstoff; seine Dichte beträgt 0,801—0,802, die Siedegrenzen liegen zwischen etwa 130° bis über 300° C.

Russisches Petroleum zeigt im Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt keine großen Unterschiede, hingegen ist seine Dichte größer (0,81—0,82) und seine Siedegrenzen liegen etwas näher beisammen (140°—300° C).

An der Luft verdickt sich Petroleum allmählich, was auf den Gehalt an ungesättigten Kohlenwasserstoffen zurückzuführen ist.

Als niederster Flammpunkt ist durch internationales Übereinkommen 21° C (im Abelschen Apparat) festgelegt; derzeit weisen aber alle Petroleumsorten höheren Flammpunkt auf, was schon mit Rücksicht auf den Wert des Benzins begreiflich ist.

Der Heizwert des Petroleums beträgt etwa 10 000 Kalorien, der theoretische Luftbedarf etwas über 11 m<sup>3</sup> für 1 kg.

Mischungen von Petroleumdampf und Luft sind explosiv, besonders heftig ist die Explosion, wenn das theoretische Mischungsverhältnis, etwa 1 vol. Petroleumdampf auf 10 vol. Luft, vorhanden ist.

Während bei der Konstruktion von Petroleumlampen das Augenmerk darauf zu richten ist, daß freier, glühender Kohlenstoff in der Flamme enthalten ist, um das nötige Licht zu erzeugen, müssen Brenner für Heizzwecke eine möglichst vollkommene und vollständige Verbrennung erzielen lassen. Am geeignetsten für diesen Zweck sind die Vergaserbrenner, die eine Mischung von Petroleumdampf und Luft zur Verbrennung bringen. Für Heizpetroleum ist keine so sorgfältige Raffination nötig wie für Leuchtpetroleum. Für die Prüfung des Petroleums kommen außer der Flammpunktsbestimmung besonders die Siedeanalyse und die Bestimmung der Dichte in Betracht. Bei genauen Dichtebestimmungen muß wieder Rücksicht auf die Temperatur

genommen werden, was mittels nachstehender von M e n d e l e j e f f angegebener Tabelle geschieht.

| Normaltemperatur 15° C. |                    |
|-------------------------|--------------------|
| d                       | Korrektur für 1° C |
| 0,780—0,800             | 0,000780           |
| 0,800—0,810             | 0,000770           |
| 0,810—0,820             | 0,000760           |
| 0,820—0,830             | 0,000750           |

$\gamma$ . Gasöle, Treiböle. Die bei der fraktionierten Destillation der rohen Erdöle zwischen etwa 250—350° C übergehenden Flüssigkeiten werden gewöhnlich als Gas- oder Treiböle bezeichnet. Ihre Menge liegt je nach der Herkunft des rohen Erdöls zwischen 5—10%, ist also absolut genommen, immerhin sehr beträchtlich. Für Schmierzwecke sind diese Öle wegen ihrer geringen Viskosität ungeeignet, sie sind aber ausgezeichnete Treiböle für Motoren. Da beim Überhitzen ihrer Dämpfe sich reichlich Gase bilden, dienen sie als sogenannte Gasöle zur Erzeugung von Ölgas. Solches Ölgas wird, insbesondere gemischt mit Wassergas (ölkaburiertes Wassergas) zu Beleuchtungszwecken herangezogen.

Das Gasöl (Treiböl) wird ohne weitere Reinigung verwendet und besitzt daher auch dunkle Farbe mit grünlicher oder bläulicher Fluoreszenz (Grünöl, Blauöl). Seine Dichte beträgt 0,83—0,90 und hängt ebenso wie die übrigen physikalischen Eigenschaften von der Art des Rohöls ab, aus dem es gewonnen wurde.

Der Flammpunkt kann zwischen 50—100° liegen, als Heizwert kann etwa 10 000 Kalorien angenommen werden, bei einem Luftbedarf von rund 11 m<sup>3</sup> für 1 kg.

Die aus dem Erdöl erhältlichen Schmieröle werden später besprochen werden.

#### Die Teere und die aus ihnen gewonnenen Produkte.

$\alpha$ . Steinkohlenteer. Die beim Erhitzen von Steinkohle unter Luftabschluß, der trockenen Destillation <sup>1)</sup>, erhaltenen schwarzen öligen Flüssigkeiten werden als Steinkohlenteer bezeichnet. Die Teere zeigen je nach der Art der Kohle und der Art der Durchführung der Erhitzung verschiedene Eigenschaften.

<sup>1)</sup> Statt trockener Destillation sollte eigentlich besser Zersetzungsdestillation gesagt werden.

Von großem Einflusse ist besonders die Höhe der Temperatur, bei der die trockene Destillation durchgeführt wird, sowie auch die Zeit, während welcher die Teerdämpfe der hohen Temperatur ausgesetzt sind.

Wird bei der Kohlendestillation eine Temperatur von höchstens 500° C eingehalten, so gewinnt man den Tieftemperaturteer, der gewöhnlich als *Urteer* bezeichnet wird.

Der in den Kokereien und Leuchtgasfabriken erzeugte Teer entsteht bei wesentlich höherer Temperatur und zeigt daher auch eine ganz andere Zusammensetzung und ganz andere Eigenschaften als der Urteer.

*Steinkohlenurteer.* Dieses Produkt wird durch Erhitzen von Kohle in Drehöfen, 20—30 m langen und 2,5 m weiten drehbaren Eisenrohren, erhalten. Die Beheizung der Drehöfen geschieht durch Gasfeuerung oder durch überhitzten Wasserdampf; auch heißes Generatorgas ist als Heizmittel vorgeschlagen worden.

Die bei der Urteergewinnung abfallenden Rückstände werden als *Halbkoks* bezeichnet.

Charakteristisch für den Urteer ist, daß aromatische Kohlenwasserstoffe nur in verschwindend kleiner Menge enthalten sind, insbesondere fehlen die in Kokerei- und Leuchtgasteer reichlich vorkommenden Kohlenwasserstoffe *Naphthalin* und *Anthrazen* gänzlich; hingegen sind *Phenole* in großer Menge vorhanden. Die Kohlenwasserstoffe des Urteers gehören zum Teil zur Gruppe der *Naphthene*, zum Teil zur Gruppe der Olefine und Paraffine, er erinnert demnach in seiner Zusammensetzung an die Erdöle.

Der Steinkohlenurteer ist bei gewöhnlicher Temperatur flüssig, was durch den Mangel an festen Paraffinen und den Reichtum an flüssigen Phenolen zu erklären ist. Seine Dichte ist nahe an 1, der Zündpunkt in Luft liegt bei etwa 500° C.

Die Verarbeitung des Urteers kann sowohl durch Destillation mit oder ohne Anwendung von Vakuum oder durch Lösungsmittel geschehen. Über die Produkte, die dabei erhältlich sind, gibt folgende von Franz Fischer herstammende Tabelle Aufschluß.

|                          | Urteer aus Fettkohle<br>(3% Ausbeute) | Urteer aus Gasflam-<br>kohle (10% Ausbeute) |
|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| Schmieröle (viskose Öle) | 15,2%                                 | 10,0%                                       |
| Paraffin                 | 0,4%                                  | 1,0%                                        |
| Nicht viskose Öle        | 33,5%                                 | 15,0%                                       |
| Phenole                  | 14,0%                                 | 50,0%                                       |
| Harz                     | 4,2%                                  | 1,0%                                        |
| Pech                     | 19,2%                                 | 6,0%                                        |
| Verlust und Wasser       | 13,5%                                 | 17,0%                                       |

Aus den zwischen 150—300° übergehenden Anteilen des Urteers lassen sich nach Behandlung mit Natronlauge und verdünnter Schwefelsäure Gemische von Kohlenwasserstoffen gewinnen, die an ähnliche Destillate des Erdöls oder der Braunkohlenteeröle erinnern. So ließen sich beispielsweise aus dem vorhin genannten Urteer aus Gasflammkohle erhalten:

|                     |      |           | Siedepunkt<br>bis 150° C |
|---------------------|------|-----------|--------------------------|
| Teerbenzin          | 5%   | des Teers | 150—220°                 |
| Solaröl             | 5,5% | „ „       | 200—250°                 |
| Putzöl              | 1,0% | „ „       | 250—300°                 |
| Gasöl               | 8,8% | „ „       | 300—325°                 |
| Neutrales Schmieröl | 6,0% | „ „       | —                        |
| Paraffin            | 0,5% | „ „       | —                        |

Von diesen Produkten sind die Benzine ähnlich wie die aus Erdöl verwendbar, während die höher siedenden Anteile als Heiz- und Motoröle Anwendung finden können. Auch als Schmiermittel sind Urteeröle vorgeschlagen worden (siehe Näheres bei Schmiermitteln).

**Teer aus Kokereien und Leuchtgasfabriken.** Diese bei hoher Temperatur entstehenden Teere sind von größter technischer Bedeutung für die chemische Industrie, insbesondere für die Herstellung von künstlichen Farbstoffen und Arzneimitteln. Man stellt aus ihnen aber auch wichtige Betriebsstoffe für Verbrennungs- und Verpuffungsmotoren, wie die sogenannten Schweröle und das Benzol her. Alle diese Teere sind dickflüssige Produkte von der Dichte 1,1—1,2, die ihre schwarze Farbe dem Gehalt an fein verteiltem Kohlenstoff verdanken. Je höher die Destillationstemperatur war und je länger die Dämpfe der hohen Temperatur ausgesetzt waren, um so reicher sind die Teere an freiem Kohlenstoff. Es entstehen demnach bei der Leuchtgaserzeugung aus Horizontalretorten Teere mit höchstem (bis 33%), aus Vertikalretorten mit niedrigstem Kohlenstoffgehalt (2—4%); Koksofenteer enthält höchstens 10—20%, meist weniger als 7% freien Kohlenstoff.

Teere mit viel freiem Kohlenstoff enthalten meistens viele nicht flüchtige Anteile, die bei der Destillation als Pech zurückbleiben; dieser Pechanteil beträgt gewöhnlich 50—60% des Teers. Außer von der Art der Destillation der Kohle ist die Zusammensetzung des Teers von der Natur der verwendeten Kohle abhängig. Auch die Ausbeute an Teer ist je nach der Kohlensorte und je nachdem es sich um Gasteer oder Kokereiteer handelt, verschieden. Bei der Leuchtgaserzeugung werden 5—5,5%, bei der Kokerei 1,5—4% Teer erhalten.

Alle rohen Teere enthalten Wasser, Gasteer im Durchschnitt 5%, Koksofenteer meist etwas weniger.

Wenn Teer als Brennstoff verwendet werden soll, so muß seine Viskosität bei verschiedenen Temperaturen berücksichtigt werden. In folgender Tabelle sind einige solche Viskositäten angegeben.

| Art des Teeres                            | Viskosität (Englergrade) |           |           |
|-------------------------------------------|--------------------------|-----------|-----------|
|                                           | bei 20° C                | bei 50° C | bei 60° C |
| Horizontalofenteer aus schlesischer Kohle | 37,7                     | 4,4       | 3,3       |
| Vertikalofenteer aus schlesischer Kohle   | 12,6                     | 2,0       | —         |
| Vertikalofenteer aus englischer Kohle     | 6,9                      | 1,8       | —         |
| Kammerofenteer Nr. I                      | 5,8                      | 1,9       | —         |
| Kammerofenteer Nr. II                     | 12,3                     | 2,3       | —         |

Hieraus geht hervor, daß Horizontalofenteer die größte Viskosität besitzt, was auch deshalb Bedeutung besitzt, weil solche dickflüssige Teere das Wasser hartnäckig festhalten.

Der Heizwert der Teere beträgt 8300 bis gegen 9000 Kalorien, der Luftbedarf 9,3—9,5 m<sup>3</sup> für 1 kg. Den niedrigsten Heizwert hat der Horizontalofenteer.

Der Entflammungspunkt liegt bei Horizontalofenteeren bei 65 bis 100°, bei Vertikalofenteeren bei 40—70° und bei Kammerofenteeren bei 50—58° C.

Die Elementarzusammensetzung der Steinkohlenteere ist aus folgender Tabelle ersichtlich:

| Art des Teeres                            | Zusammensetzung in Prozenten |         |         |       |
|-------------------------------------------|------------------------------|---------|---------|-------|
|                                           | C                            | H       | O + N   | S     |
| Horizontalofenteer (Durchschnitt)         | 90,4—92,9                    | 4,7—5,5 | 1,7—3,2 | 0,5—1 |
| Vertikalofenteer (aus schlesischer Kohle) | 89,5                         | 6,6     | 3,4     | 0,5   |
| Kammerofenteer Nr. I                      | 88,2                         | 6,9     | 4,6     | 0,3   |
| Kammerofenteer Nr. II                     | 89,2                         | 6,7     | 3,6     | 0,4   |
| Koksofenteer                              | 89,3—93,0                    | 5,5—6,2 | 4,1—5   | 0,4—1 |

### Verarbeitung des Steinkohlenteers.

Nachdem man durch längeres Stehenlassen in der Ruhe dem im Teere enthaltenen Wasser Gelegenheit zur Abscheidung gegeben hat, wird er der fraktionierten Destillation unterworfen. Da aber das selbst nach langem Stehen noch immer im Teer vorhandene Wasser bei der Destillation Schäumen hervorruft, wird bis 140° in eigenen Kesseln erhitzt und erst dann das nun wasserfreie Produkt in der Hauptdestillationsanlage weiter verarbeitet.

Die zunächst erhaltenen Destillationsprodukte sind:

|                      |                            |            |        |           |
|----------------------|----------------------------|------------|--------|-----------|
| 1. Leichtöl          | Siedegrenzen <sup>1)</sup> | 80—170° C; | Dichte | 0,91—0,96 |
| 2. Mittelöl (Karböl) | „                          | 170—230°   | „      | 1,01      |
| 3. Schweröl          | „                          | 230—270°   | „      | 1,04      |
| 4. Anthrazenöl       | „                          | 270—350°   | „      | 1,10      |

Als Rückstand bleibt das Pech zurück, das ebenfalls technische Verwendung findet.

Die Ausbeute an den einzelnen Fraktionen ist von der Natur des Teers abhängig und wie nachstehende Tabelle zeigt, innerhalb weiter Grenzen schwankend.

| Art des Teeres                   | Destillat in Prozenten und zwar: |          |          |             |      |
|----------------------------------|----------------------------------|----------|----------|-------------|------|
|                                  | Leichtöl                         | Mittelöl | Schweröl | Anthrazenöl | Pech |
| Gasteer (Horizontalofenteer) { I | 2,1                              | 12,0     | 9,2      | 18,0        | 55,1 |
| { II                             | 6,7                              | 7,7      | 3,6      | 5,1         | 63,7 |
| Gasteer (Vertikalofenteer)       | 5,9                              | 12,3     | 12,0     | 16,0        | 49,8 |
| Gasteer (Kammerofenteer) { I     | 5,0                              | 22,0     | 10,5     | 22,5        | 40,5 |
| { II                             | 3,8                              | 16,7     | 12,1     | 16,1        | 40,0 |
| Koksofenteer aus Saarkohle       | 1,5                              | 7,0      | 14,0     | 14,0        | 60,0 |
| Koksofenteer aus Ruhrkohle       | 1,4                              | 3,5      | 9,9      | 24,7        | 56,4 |

Aus den einzelnen Fraktionen wird nun durch neuerliche Destillation, durch Auskristallisierenlassen bei niedriger Temperatur, und durch chemische Behandlung eine Reihe von Stoffen gewonnen, die wichtige Ausgangsmaterialien der chemischen Industrie sind, zum Teil aber zum Motorenbetrieb, als Schmiermittel und Imprägnierungsmittel dienen.

Das **Leichtöl** ist besonders wegen seines Gehaltes an Benzol und seinen Homologen von Bedeutung. Der große Bedarf an diesen Kohlenwasserstoffen hat dazu Veranlassung gegeben, sie auch aus den Koksofengasen durch Waschen mit Schwerölen der Teerdestillation zu gewinnen; aus den gesättigten Waschölen treibt man dann durch Destillation eine Flüssigkeit ab, die in der Zusammensetzung den eigentlichen Leichtölen ähnlich ist und wie diese verarbeitet wird.

Heute liefern die Koksofengase mehr Benzol als die Steinkohlenteere.

Von den Bestandteilen des Leichtöls sind zu nennen: 60—65% flüssige aromatische Kohlenwasserstoffe, von denen auf Benzol 75—80%, auf Toluol 10—15%, und auf Xylole und höhere Kohlenwasserstoffe 3—5% entfallen, ferner 12—15% Naphthalin, 8—10% Phenole und 1—3% Pyridin und ähnliche Basen.

<sup>1)</sup> Diese Siedegrenzen werden nicht immer strenge eingehalten, so wird z. B. bei Leichtöl manchmal bis 180° C gegangen. Durch Anwendung von Vakuum können auch noch höher siedende Anteile (bis 400°) erhalten werden.

Die wichtigsten Handelsprodukte, die durch mehrmalige fraktionierte Destillation und chemische Reinigung gewonnen werden, sind:

**Reinbenzol** ( $C_6H_6$ ), Kristallbenzol oder  $80/_{81}$ er Benzol (wegen des zwischen  $80-81^\circ C$  liegenden Siedepunktes so genannt), besitzt die Dichte  $0,883-0,885$ , erstarrt bei  $0^\circ$  und schmilzt wieder bei  $+5^\circ C$ . Es wird vorwiegend in chemischen Fabriken weiter verarbeitet.

Der Heizwert des Benzols ist nahezu derselbe wie der des Benzins (etwa 10 000 Kalorien für 1 kg), doch erfolgt seine Verbrennung infolge des relativ höheren Kohlenstoffgehaltes schwieriger. Bei ungenügendem Luftzutritt verbrennt es unter starker Rußausscheidung.

Benzol vermag Drachenblutharz zum Unterschied von Benzin zu lösen; hierauf beruht die Kenntlichmachung von Mischungen beider Flüssigkeiten durch Zusatz dieses färbenden Stoffes. 1 kg Benzol gibt bei gewöhnlicher Temperatur etwa  $0,3 m^3$  Benzoldampf.

Zur Sättigung von  $1 m^3$  Luft mit Benzoldampf sind folgende Mengen nötig:

| Temperatur | g Benzol in $1 m^3$ Luft |
|------------|--------------------------|
| $0^\circ$  | 116                      |
| $5^\circ$  | 156,5                    |
| $10^\circ$ | 207,5                    |
| $15^\circ$ | 270,2                    |
| $20^\circ$ | 346,9                    |
| $25^\circ$ | 440                      |

**90er Benzol** (Handelsbenzol I), von dem bis  $100^\circ C$  90% überdestillieren (daher der Name), von der Dichte  $0,880-0,883$  und dem Flammpunkt unter  $-10^\circ C$ .

Es besteht zu  $80-85\%$  aus Benzol und enthält daneben etwa  $13\%$  Toluol ( $C_6H_5 \cdot CH_3$ ) und  $3\%$  Xylole [ $C_6H_4(CH_3)_2$ ]; es dient in ausgedehntem Maße als Motorbetriebsmittel.

Der Verbrauch von Benzol zum Motorenbetrieb ist heute so groß, daß  $\frac{3}{4}$  des in Deutschland gewonnenen Benzols hierzu verwendet werden. Reines Benzol ist wegen seines leichten Erstarrens bei niedriger Temperatur minder gut geeignet als beispielsweise das 90er Benzol. Die beste Zusammensetzung für den genannten Zweck hat die vom „Benzolverband“ auf Grund eingehender Untersuchungen durch Mischung mit anderen Kohlenwasserstoffen hergestellte Marke, die als B.V.-Benzol bezeichnet wird.

**Gereinigtes Toluol**, das zwischen  $100-120^\circ C$  siedet und die Dichte  $0,870-0,872$  besitzt. Es besteht zu  $15\%$  aus Benzol,  $75\%$  aus Toluol und  $10\%$  aus Xylole.

Der Entflammungspunkt liegt bei  $+5^\circ C$ .

**Lösungsbenzol** (Solventnaphtha), von dem gewöhnlich die zwei Marken I und II in den Handel kommen.

Solventnaphtha I siedet zwischen 120—150° C, hat die Dichte 0,874—0,880 <sup>1)</sup>, den Flammpunkt 21° C und besteht zu 5% aus Toluol, 70% aus Xylol und 25% aus höheren Kohlenwasserstoffen.

Solventnaphtha II, siedet zwischen 140—180° C, hat die Dichte 0,890—0,910, den Flammpunkt 28° und besteht zu 35% aus Xylole und 65% aus höheren Kohlenwasserstoffen, darunter 5% sogenanntes Naphthalinöl.

**Schwerbenzol**, siedet zwischen 160—200° C, von der Dichte 0,920—0,945 und dem Entflammungspunkt 47° C.

Das **Mittelöl** (Karböl) enthält außer sauren Bestandteilen (Karbolsäure) das meiste im Teer vorkommende Naphthalin.

Aus der rohen Karbolsäure gewinnt man das reine Phenol ( $C_6H_5 \cdot OH$ ), das besonders zur Herstellung von Pikrinsäure (für Sprengstoffe) und Salizylsäure dient. Große Mengen von roher Karbolsäure werden zur Gewinnung von Desinfektionsmitteln benützt.

Das **Naphthalin** ( $C_{10}H_8$ ) ist ein wertvolles Rohmaterial zur Erzeugung wichtiger Farbstoffe, wird aber auch zur Gewinnung von Heizölen verwendet.

Lagert man nämlich an Naphthalin Wasserstoff an, so erhält man flüssige Produkte, die unter dem Namen **Tetralin** ( $C_{10}H_{12}$ ) Sd. P. 207° C und **Dekalin** ( $C_{10}H_{18}$ ) Sd. P. 189° in den Handel kommen.

Tetralin wird als Zusatzstoff für Motorenbenzol benützt; so besteht der sogenannte **Reichskraftstoff** aus Mischungen von Benzol, Tetralin und Spiritus.

|          | Reichskraftstoff |        |
|----------|------------------|--------|
|          | Nr. I            | Nr. II |
| Benzol   | 50%              | 57%    |
| Tetralin | 25%              | 9%     |
| Spirit   | 25%              | 34%    |

Der Heizwert des Reichskraftstoffes Nr. I beträgt rund 9000 Kalorien für 1 kg.

Das **Schweröl**. Da eine vollkommene Trennung in einzelne chemische Verbindungen bei der Zerlegung des Teers in die Hauptfraktionen nicht stattfindet, sind im Schweröl sowohl Stoffe enthalten, die im Mittelöl als auch solche, die im Anthrazenöl vorkommen. Es dient demnach das Schweröl vor allem auch zur Gewinnung von Naphthalin. Nach Abscheidung der Hauptmenge des Naphthalins gewinnt man dann durch nochmalige fraktionierte Destillation daraus Produkte, die teils für

<sup>1)</sup> Das eigentümliche Verhalten in der Dichte dieser Mischungen ist darauf zurückzuführen, daß Toluol und Xylol geringere Dichte wie das Benzol haben.

sich, teils gemischt mit Anteilen, die von der Verarbeitung des Mittelöls und des Anthrazenöls herrühren, als **T e e r ö l e** zur Imprägnierung von Holz, als Waschöl für die Benzolgewinnung aus Koksofengasen und als Heizöle und Treiböle für Motoren verwendet werden.

Bei ihrer Verwendung ist auf den sauren Charakter wie auf den Schwefelgehalt (etwa 0,5%) Rücksicht zu nehmen.

Teeröle, in denen noch größere Mengen Naphthalin vorkommen, erstarren leicht in der Kälte und bereiten daher im Winter leicht Schwierigkeiten.

Der Heizwert des Teeröls ist etwa 9300 Kalorien, also dem der Kohle überlegen.

Zum Motorenbetrieb dienendes Teeröl darf höchstens 1% Wasser enthalten, bei 15° C keine festen Stoffe ausscheiden und muß zum mindesten aus 50% unter 300° C siedenden Bestandteilen bestehen, ferner muß es sich bis auf 0,2% in Xylol lösen und einen Flammpunkt über 65° C besitzen. Als niedrigster Betrag des Heizwertes werden 8800 Kalorien angenommen.

Der Naphthalingehalt des Teeröls wirkt beim Verbrennungsvorgang in Motoren nicht störend, sondern wegen der hohen Dampfspannung des Naphthalins sogar günstig.

Das **Anthrazenöl**, das letzte flüssige Destillationsprodukt des Steinkohlenteers, dient vor allem zur Gewinnung des für die Farbstoffherzeugung wichtigen **A n t h r a z e n s** und **K a r b a z o l s**. Die flüssigen Rückstände der Anthrazengewinnung werden, häufig nach nochmaliger Destillation, entweder mit Schwerölanteilen vereinigt oder für sich verwendet.

Man erhält so Öle für Feuerungsanlagen, Anstrichöle (Karbolineum) und Imprägnieröle für Holz; durch Erhitzen mit Schwefel können billige Schmieröle erzeugt werden.

**Pech.** Das Pech, der feste Rückstand der Teerdestillation, besitzt je nach der Art des Teers und je nach der Temperatur, bei der die Destillation beendet wird, etwas verschiedene Eigenschaften.

Man unterscheidet **H a r t p e c h**, Erweichungspunkt 75—90°, **B r i k e t t p e c h**, Erweichungspunkt 60—75° und **W e i c h p e c h**, Erweichungspunkt 45—60°.

Das Pech findet mannigfaltige Verwendung, zur Brikettierung der Kohle, als elektrisches Isoliermaterial, zur Erzeugung von Elektroden, zur Herstellung von künstlichem Asphalt für Straßenbauzwecke u. dgl.

Mischungen von Pech mit hochsiedenden Teerölen (aus Schweröl) werden als **p r ä p a r i e r t e T e e r e** bezeichnet. Präparierter Teer dient zur Fabrikation von Dachpappe, ferner in den Stahlwerken als

Bindemittel für Magnesit- und Dolomitsteine und als Staubbindemittel im Straßenbau. Die sogenannten **Eisenlacke**, die zum Schutze des Eisens gegen das Rosten Verwendung finden, werden aus Pech unter Heranziehung von flüchtigen Lösungsmitteln erzeugt.

β. **Braunkohlenteer**. Die Braunkohle liefert beim Erhitzen unter Luftabschluß ebenfalls flüssige Destillationsprodukte, die mannigfacher Anwendung fähig sind. Für die Gewinnung solcher Destillate kommt fast ausschließlich die bitumenreiche **Schwelkohle** in Betracht.

Die Zusammensetzung der Destillationsprodukte hängt nicht nur von der Art der Kohle, sondern auch von der Temperatur, auf die erhitzt wird, ab. Diese Temperatur ist immer niedriger als bei der Steinkohlendestillation und beträgt höchstens 900°. Der unter 500° C gewonnene Braunkohlenteer wird analog wie bei der Steinkohle als **Urteer** bezeichnet und hat ähnliche Zusammensetzung wie Steinkohlenurteer.

Die Destillation der Braunkohle wird sowohl als sogenannter **Schwelprozeß** in den eigentlichen **Schwelöfen** als auch in Generatoren (siehe die gasförmigen Brennstoffe) durchgeführt; Generatoren dienen vorwiegend zur Urteererzeugung.

Beim Schwelprozeß erhält man **Schwelgas**, **Schwelwasser** (50—60%), **Gasbenzin** (1—1,5%), **Braunkohlenteer** (5—10%) und **Grudekoks** (25—35%).

Die Schwelgase enthalten wertvolle Kohlenwasserstoffe, die durch Auswaschen mit Paraffinöl in Rieseltürmen gewonnen werden. Durch Destillation der so erhaltenen Lösungen erhält man eine **Leichtöl** genannte Flüssigkeit und das **Waschöl**, das neuerdings verwendet wird.

Das Leichtöl ist eine infolge der darin enthaltenen Schwefelverbindungen widerlich riechende, gelbliche Flüssigkeit, die auf chemischem Wege mit Lauge und Schwefelsäure (unter Zusatz von etwas Paraldehyd) gereinigt und dann nochmals destilliert wird.

Man gewinnt dabei als Hauptprodukt eine farblose, angenehm riechende Flüssigkeit, die bis 160° C überdestilliert und ziemlich viel aromatische Kohlenwasserstoffe enthält. Sie wird sowohl für sich allein, als auch gemischt mit Alkohol als Betriebsstoff für Automobile gebraucht. Die ausgewaschenen Schwelgase dienen zur Heizung der Schwelöfen.

Der **Braunkohlenteer** ist eine unangenehm riechende, dunkelbraune dickflüssige Masse, deren Dichte 0,88—0,91 beträgt. Vom Steinkohlenteer unterscheidet er sich durch den hohen Gehalt an

Kohlenwasserstoffen der *Methanreihe*, darunter auch festen Paraffinen und den geringen Gehalt an aromatischen Verbindungen, die vorwiegend phenolartigen Charakter besitzen. Auch Stoffe aus der Reihe der Olefine und schwefelhaltige Verbindungen (der Schwefelgehalt beträgt 0,5—1,5%) sind in größerer Menge vorhanden.

Die Verarbeitung des Braunkohlenteers erfolgt auf physikalischem und auf chemischem Wege.

Bei der Reinigung auf physikalischem Wege spielt die fraktionierte Destillation, die mehrmals, unter Zuhilfenahme von Druckverminderung und Wasserdampf, durchgeführt wird, die Hauptrolle. Die festen Anteile, das Paraffin, werden durch entsprechende Abkühlung gewonnen. Auch 96prozentiger Alkohol ist zur Trennung der Bestandteile von Braunkohlenteerdestillaten herangezogen worden; während er die Kreosot- und Harzöle zu lösen vermag, bleiben die vorwiegend aus Paraffinkohlenwasserstoffen bestehenden Neutralöle ungelöst. Aus der alkoholischen Lösung der Kreosotöle erhält man nach Abdestillieren des Alkohols das sogenannte „Fresol“.

Die chemische Reinigung wird bei der Verarbeitung des Braunkohlenteers ebenfalls fast nur mit Natronlauge und konzentrierter Schwefelsäure durchgeführt.

Physikalische und chemische Reinigung werden kombiniert angewendet, so daß beispielsweise auf die chemische Reinigung wieder eine fraktionierte Destillation folgt.

Unter Anwendung der vollkommensten Trennungsv erfahren kann man folgende technisch wertvolle Produkte aus dem Braunkohlenteer erzeugen:

× Benzin 2%, Solaröl 1%, Gelböl 1,5%, Gas und Paraffinöl 53,5 %, Fresol 14 %, Hartparaffin 8 %, Weichparaffin 2%. Hierzu kommt noch das durch Auswaschen der Schwelgase erhaltene Gasbenzin, dessen Menge etwa 1% des Teers ausmacht.

Das Braunkohlenteerbenzin siedet zwischen 100 bis 200° C und hat eine Dichte von 0,790—0,810. Da es in der Industrie des Braunkohlenteers selbst und zwar bei der Paraffinerzeugung weiter verwendet wird, steht es für andere Anwendungen nicht zur Verfügung.

Das Solaröl siedet zwischen 130—240° C und hat die Dichte 0,825—0,835. Es wird gegenwärtig, trotz seines Schwefelgehaltes von etwa 0,75% als Betriebsstoff für Motoren gebraucht. Sein Flammpunkt liegt bei 45—50° C, der Heizwert ist etwa 10 000 Kalorien für 1 kg. Die Viskosität ist gering, rund 1° Engler.

Das Putzöl siedet zwischen 200—300° C und hat die Dichte

0,850—0,860; es dient als Waschmittel für fettige Maschinenbestandteile.

Aus den höher siedenden Anteilen des Braunkohlenteers werden das Gasöl und die verschiedenen (leichten und schweren) Paraffinöle erzeugt.

Die wichtigsten hierher gehörenden Handelsprodukte sind:

Das Gelböl und Rotöl; sie siedend zwischen 200—325° C, haben die Dichte 0,865—0,880, den Flammpunkt 82—85° C und den Heizwert von 9800, beziehungsweise 9700 Kalorien für 1 kg.

Das eigentliche Gasöl, das 1—2% Kreosot enthält. Es hat dunkle Farbe, siedet von 225—360° C, hat die Dichte 0,880—0,900, den Flammpunkt 90—100° C und einen Heizwert von 9800 Kalorien für 1 kg.

Das Ablauföl von der Paraffinfabrikation, das gewöhnlich als Paraffinöl bezeichnet wird. Es besitzt ebenfalls dunkle Farbe, destilliert nahezu vollständig über 300° C über, hat die Dichte 0,900 bis 0,930, den Flammpunkt 100—130° C und einen Heizwert von 9700—9800 Kalorien.

Alle diese Öle werden größtenteils als Treiböle für Dieselmotoren, in geringerem Maße zur Herstellung von Ölgas benützt. Auch Schmiermittel werden aus Paraffinölen durch besondere Verfahren erzeugt (siehe diese).

Das bei der Alkoholwaschung erhaltene Fresol besteht der Hauptsache nach (60—90%) aus sauren, phenolähnlichen Stoffen, die als Kreosot bezeichnet werden. Es dient zur Herstellung von billigen Wagenfetten und als Imprägnierungsmittel für Holz. Seine Viskosität beträgt 5—10° Engler, sein Flammpunkt liegt bei 100—110° C.

Ähnliche Zusammensetzung haben die Kreosotöle, die aus dem bei der chemischen Reinigung des Braunkohlenteers mit Natronlauge erhaltenen Kreosotnatron durch Zersetzung mit Schwefelsäure und darauf folgende Destillation gewonnen werden. Sie finden außer als Desinfektionsmittel in geringem Maße als Heizöle Anwendung.

Für den Betrieb der eigentlichen Schmelzöfen können die Braunkohlen in entsprechend zerkleinertem Zustande meistens ohne weiteres verwendet werden. Generatoranlagen erfordern, besonders bei kleinstückigen Kohlen mit hohem Feuchtigkeitsgehalt vorherige Brikettierung. Da die aus den gewöhnlichen Generatoren entweichenden Gase nicht überall verwendbar sind, hat man auch solche Generatoren gebaut, in denen aus der Kohle die flüchtigen Bestandteile ausgetrieben werden, wobei gleichzeitig ein brauchbarer fester Rückstand, der sogenannte Brikokoks, erhalten wird.

An manchen Orten der Erde (Bayern, Württemberg, Schottland, Australien) finden sich Schiefergesteine, die mit bituminösen Substanzen durchtränkt sind. Dieser bituminöse Schiefer wird einem ähnlichen Schwelprozeß unterworfen wie die Braunkohle und der dabei gewonnene Schwelteer auf Paraffin und verschiedene Öle verarbeitet. Je nach der Art des Ausgangsmaterials gewinnt man dabei Benzine und hochsiedende Treib- und Heizöle verschiedener Zusammensetzung und Menge.

c) Umwandlung von Kohle in flüssige Brennstoffe nach dem Verfahren von Bergius (Bergin verfahren).

Wird auf Kohle bei hohem Druck und höherer Temperatur bei Gegenwart eines geeigneten Katalysators<sup>1)</sup> Wasserstoff einwirken gelassen, so verwandelt sich der größte Teil der Kohlesubstanz in ölige, brennbare Flüssigkeiten, es ist also auf diesem Wege die Möglichkeit gegeben, Kohle in hochwertigen Brennstoff umzuwandeln.

Bei dem von Bergius erfundenen Verfahren geschieht dies im wesentlichen in der Weise, daß fein gemahlene Kohle mit einem dicken Öl, das zum Teil aus dem Betrieb selbst oder auch aus Teerölen der Erdölindustrie her stammt, im Verhältnis 10:4 und überdies mit 6% der Kohle an Eisenoxyd gemischt und mit 5% des Kohlegewichtes an Wasserstoff in drucksicheren Gefäßen erhitzt wird.

Die Hauptschwierigkeit bei der technischen Durchführung des Verfahrens bestand in der Herstellung einer geeigneten Apparatur, die den Betrieb in sehr großem Maßstabe ermöglicht und ihn dabei so billig durchführen läßt, daß die erzeugten Öle mit anderen konkurrenzfähig sind. Nach einer aus dem Jahre 1925 stammenden Mitteilung wurden bei einer Reaktionstemperatur von 400° und einem Drucke von 100 bis 150 Atmosphären aus 100 kg Kohle etwa 130 kg Flüssigkeit und 20 kg Gas erhalten. Die Flüssigkeit enthielt außer 7 kg Wasser 20 kg Öl mit dem Siedepunkte bis 230° C, 10 kg mit dem Siedepunkte bis 330°, 51 kg mit dem Siedepunkte über 330° und 40 kg sogenanntes Dicköl, das im Betrieb selbst weiter verarbeitet werden kann. Nach entsprechender Destillation der Flüssigkeit erhielt man für 1 t Kohle 150 kg Benzin, 200 kg Dieselöl, 60 kg Schmieröl und 80 kg Heizöl.

Daß sich das Verfahren zur Kohlenflüssigung nach Bergius be-

<sup>1)</sup> Katalysatoren sind Substanzen, die ohne selbst bleibend verändert zu werden, auf den Verlauf chemischer Reaktionen derart einwirken, daß die Geschwindigkeit verändert wird. Praktisch kommt nur die Beschleunigung der Reaktion in Betracht (durch positive Katalysatoren).