

$$\tau = t + T.$$

I.

(für 120 g Wasser und 20 g Platin)

T	$t - t_1$ (t_1 = Temp. des Wassers vor dem Einwerfen des Platins)
400°	2,19
500°	2,77
600°	3,35
700°	3,94
800°	4,55
900°	5,16
1000°	5,78

II.

(für 120 g Wasser und 20 g Platin)

$t - t_1$	T	T für $\frac{1}{10}$ ($t - t_1$)
2	366°	17
3	540°	17
4	710°	16
5	874°	16
6	1034°	16
7	1190°	16

z. B.

es seien: $t_1 = 12^0$, $t = 18,3^0$ also: $t - t_1 = 6,3^0$

Hieraus folgt:

$$\begin{array}{rcl}
 6^0 & \text{entspricht} & T = 1034^0 \\
 0,3^0 & „ & T = 48^0 \\
 & & t = 18^0 \\
 \hline
 \text{somit} & & \tau = 1100^0.
 \end{array}$$

C. Brennstoffe.

1. Feste Brennstoffe.

a) **Holz.** Das Holz besteht aus zwei Hauptbestandteilen, der Zellulose und dem Lignin (den inkrustierenden Substanzen), deren Mengenverhältnis vom Alter der holzliefernden Pflanzen abhängig ist. Altes Holz kann bis zur Hälfte aus Lignin bestehen. Während die Zellulose ($C_6H_{10}O_5$) eine chemische Verbindung aus der Klasse der Kohlenhydrate ist, müssen wir im Lignin eine Mischung mehrerer Stoffe annehmen, die hauptsächlich zur Klasse der zyklischen Verbindungen gehören.

Die Einteilung des Holzes in hartes und weiches Holz beruht auf der Anordnung und Lagerung der Pflanzenzellen.

Die chemische Zusammensetzung des Holzes ist im Durchschnitt folgende (auf vollkommen trockenes Holz bezogen):

$$C = 50\%; \quad H = 6\%; \quad O = 43\%; \quad N + \text{Asche} = 1\%.$$

Im nicht künstlich getrockneten Holze sind beträchtliche Mengen Wasser enthalten; im frischen (grünen) Holz bis zu 50%, aber auch im

lufttrockenen häufig noch 20—25%; durch diesen hohen Wassergehalt wird der Wert des Holzes als Brennmaterial wesentlich verringert. Der hohe Sauerstoffgehalt setzt den Heizwert ebenfalls herab, denn je mehr Sauerstoff ein Brennstoff enthält, um so weniger vermag er bei der Verbrennung aufzunehmen, um so geringer ist also seine Verbrennungswärme.

Der untere Heizwert des lufttrockenen Holzes erreicht etwa 3000 Kalorien für 1 kg.

Während das Holz selbst als technischer Brennstoff bedeutungslos ist, findet die aus ihm hergestellte Holzkohle, besonders in der Metallurgie vielfache Verwendung.

b) Holzkohle. Wird Holz bei Luftabschluß auf höhere Temperatur erhitzt, so geht zunächst Wasser weg; bei 150° beginnt die Zersetzung der Holzsubstanz, wobei Gase und Dämpfe entweichen und schließlich Holzkohle zurückbleibt. Früher wurde die Holzkohle fast ausschließlich in Kohlenmeilern, das sind aus Scheitern oder runden Stücken aufgeschichtete und mit Rasen oder Erde bedeckte Haufen, gewonnen. In den Kohlenmeilern wird ein Teil des Holzes verbrannt, um die für die Zersetzung der Hauptmenge nötige Wärme zu erzeugen. Der Köhler muß durch richtige Schichtung des Holzes und entsprechende Regelung des Luftzutrittes dafür sorgen, daß der Verbrennungs- und Verkohlungsprozeß in möglichst ökonomischer Weise vor sich geht.

Die Kohlenmeiler liefern zwar eine sehr gute Holzkohle, die Dämpfe und Gase werden aber nicht mitverwertet.

Weitaus vorteilhafter ist die Retortenverkohlung, wo das Holz in zylindrischen Eisenretorten von oft beträchtlicher Länge (10—15 m) der trockenen Destillation unterworfen wird. Die aus der Retorte entweichenden Dämpfe und Gase werden abgekühlt und liefern dabei eine wässrige Flüssigkeit, den rohen Holzeßig, und eine ölige Flüssigkeit, den Holzteer; beide Kondensate sind nützliche Produkte. Die bei der Abkühlung nicht verdichteten Gase werden, da sie in ihrer Gesamtheit brennbar sind, zur Heizung der Retorten benutzt.

Die Ausbeute an Holzkohle ist bei der Retortenverkohlung höher (bis zu 30%) als bei der Meilerverkohlung (20—25%), die Kohle ist aber bei letzterer infolge der höheren Temperatur reicher an Kohlenstoff. Die Zusammensetzung der Holzkohle richtet sich aber auch nach der Holzart, von der ausgegangen wurde.

Folgende Angaben lassen dies deutlich erkennen:

	C	H	O (+ N)	Asche
Meilerkohle				
1. Birkenkohle	87,8%	3%	8%	1,2%
2. Tannenkohle	89,7%	2,3%	6,5%	1,5%
Retortenkohle	80—83%	3—4%	10—15%	1—2%

Die Holzkohle ist sehr porös, weshalb die Dichte der Stücke sehr gering ist (0,18—0,40); die Kohlensubstanz als solche hat die Dichte 1,5. Holzkohle zieht begierig Wasser an und muß daher richtig aufbewahrt werden, wenn der Heizwert nicht verringert werden soll.

Vollkommen trocken ist sie leicht entzündlich; sie erzeugt bei der Verbrennung beträchtliche Wärmemengen (1 kg 6500—7500 Kalorien) und auch eine hohe Verbrennungstemperatur.

c) Torf. Der Torf entsteht durch Zersetzung von Pflanzenstoffen unter Wasser. Je nach der Pflanzenart, aber auch je nach der Dauer des Zersetzungsprozesses kann man verschiedene Torfarten unterscheiden. Die Beschaffenheit des Wassers hat insofern einen Einfluß auf die Torfbildung, als die Pflanzenarten, die sich darin ansiedeln, von der Menge der Nährsalze abhängig sind. In kalkreichen Wässern entstehen aus Erlenbruchwäldern, Gräsern und Heidepflanzen die sogenannten *Niederungsmoore*, während die aus Torfmoosen gebildeten *Hochmoore* in nährstoffarmen Wässern zu finden sind. Die Torfmoose (*Sphagnum*) sterben unten ab und wachsen nach oben weiter, so daß sich mächtige Torfschichten bilden.

Torf aus Niederungsmooren ist wesentlich aschenreicher als solcher aus Hochmooren.

(Der Name Hochmoor, beziehungsweise Niedermoor stammt daher, weil bei ersterem die Oberfläche an den Rändern tiefer, bei letzterem aber höher ist als in der Mitte.)

Der älteste Torf, der aus den tiefsten Schichten stammt und daher am weitesten vorgeschrittene Zersetzung aufweist, ist der *Pechtorf*, eine dunkle Masse ohne erkennbare organisierte Struktur, der jüngste der *Rasen-* oder *Fasertorf* aus gelben bis hellbraunen miteinander verfilzten lockeren Fasern bestehend.

Frisch gewonnener Torf besitzt immer einen beträchtlichen Wassergehalt, der bis 95% erreichen kann; der Aschengehalt schwankt zwischen 0,5 bis 50%.

Um Torf als Brennstoff verwerten zu können, muß er vor allem vom Wasser, häufig auch von erdigen Beimengungen getrennt werden. Das Trocknen des Torfes an der Luft führt nur eine unvollkommene Entwässerung herbei, da lufttrockener Torf noch immer 25—30%

Wasser enthalten kann und es ist auch sehr von Witterungseinflüssen abhängig. Solcher Torf spielt demnach für industrielle Zwecke keine Rolle.

Versuche, vollkommene Entwässerung des Torfes herbeizuführen, sind vielfach an der Kostenfrage gescheitert, da die Torfsubstanz vermöge ihrer physikalischen Beschaffenheit das Wasser hartnäckig zurückhält.

Von den vielen zur Torfentwässerung vorgeschlagenen Verfahren sollen bloß zwei kurz beschrieben werden.

Das erstere, das längere Zeit in Schwenzelmoor in Ostpreußen in Verwendung war, beruht auf der *Elektroosmose*.

Der durch Wasser entsprechend verteilte Rohtorf wird zwischen zwei in 40 cm Abstand befindlichen, durch Gleichstrom elektrisch geladenen Metallplatten gebracht (die Stromdichte betrug 1000 Amp. für 1 m²), wobei eine Verschiebung der festen Teilchen gegen den positiven Pol und des Wassers gegen den negativen Pol stattfindet. Der so erhaltene wasserärmere Torf wird dann durch Maschinenabdampf weiter getrocknet und liefert nach dem Pressen schließlich die sogenannten *Osmoplasten*, die nur 15—20% Wasser enthalten und steinhart sind.

Billiger arbeitet das sogenannte *Madruckverfahren* von *Brune und Horst*, das durch die Gesellschaft für maschinelle Druckentwässerung in Ürdingen am Rhein angewendet wird.

Es beruht darauf, daß die kolloidale Torfsubstanz durch einen feinverteilten Zusatzstoff so beeinflußt wird, daß das kapillar festgehaltene Wasser durch Pressen größtenteils entfernt werden kann. Als Zusatzstoff dient trockener Torf, der im Betriebsgange selbst erzeugt wird. Da nur zur Gewinnung dieses Zusatzstoffes Wärme verbraucht wird (die Trocknung erfolgt überdies durch Abdampf), die Hauptmasse des Wassers aber durch Pressen entfernt werden kann, ergibt sich eine beträchtliche Verringerung der Kosten. Das Preßgut hat nach Angabe der Erfinder den Moorcharakter vollkommen verloren, ist der Rohbraunkohle ähnlich und läßt sich auf Treppenrosten verfeuern, brikkettieren, vergasen und verkoken.

Schon mit Rücksicht auf die geringen Transportkosten erscheint die Herstellung von *Torfbriketts* sehr zweckmäßig, sie setzt aber die vorhergehende Trocknung des Torfes voraus.

Die aus Torf, der nach dem Madruckverfahren getrocknet wurde, durch Pressen erzeugten Briketts enthalten 15% Wasser und einen Aschengehalt von 0,5—3% (auf die Trockensubstanz bezogen) bei Hochmooren und von 5—10% bei Niedermooren. Sie haben einen prak-

tischen Heizwert ¹⁾ über 4000 Kalorien, sind fester als Braunkohlenbriketts, formbeständig im Feuer, langflammig und fast frei von Schwefel.

Auch zur Erzeugung von K o k s aus Torf durch trockene Destillation sind verschiedene Verfahren ersonnen worden, die ziemlich gute Resultate liefern.

Die Zusammensetzung dieses Torfkoks schwankt zwischen folgenden Werten:

C	74—86%
H	3,6—1,9%
O	14,5—5,2%
N	1,5—1,3%
S	0,2—0,3%
Asche	2,5—3%
Feuchtigkeit	3,8—4,3%

Der Heizwert ¹⁾ beträgt 6800 bis 7600 Kalorien für 1 kg.

Mit der Gewinnung des Torfkoks ist die der Nebenprodukte verbunden.

Schließlich sei noch erwähnt, daß die im großen Maßstabe vorgenommene Überführung des Torfes in H e i z g a s e unter gleichzeitiger Gewinnung des S t i c k s t o f f e s in Form von Ammoniumsulfat technische Bedeutung besitzt. (Näheres hierüber bei den gasförmigen Brennstoffen.)

Die Verwertung der Torflager ist besonders für Deutschland von großer Wichtigkeit, da hierdurch gewaltige Energiemengen verfügbar würden. Man hat berechnet, daß aus den 42 Milliarden kg Rohtorf, die Deutschland schätzungsweise besitzt, 11 600 Milliarden Kilowattstunden gewonnen werden könnten, was unter Berücksichtigung aller Verluste in Dampfturbinenwerken 2 Millionen Kilowatt durch 100 Jahre entspricht.

d) Braunkohle. Die Braunkohle ist durch ähnliche Prozesse entstanden wie der Torf und zwar sind sowohl Sumpfpflanzen wie auch Bäume, besonders Nadelhölzer, an ihrer Bildung beteiligt.

Braunkohlenlager finden sich auf der ganzen Erde vor. Die bedeutendsten europäischen Vorkommen sind im Gebiete der mitteleuropäischen Tiefebene; unter ihnen sind das sächsisch-thüringische und das böhmische in erster Linie zu nennen.

Von kleineren Braunkohlengebieten sind die vom Niederrhein und die österreichischen erwähnenswert.

Alle Braunkohlenlager gehören der Tertiärformation (Miozän) an.

¹⁾ Falls keine nähere Angabe gemacht wird, ist im folgenden immer der praktische (untere) Heizwert angegeben.

Die Weltproduktion an Braunkohle betrug im Jahre 1928 216 Mill. t; davon entfallen auf Deutschland 166 Mill. t.

Die Einteilung der Braunkohle kann von verschiedenen Gesichtspunkten aus erfolgen.

Nach ihrer Entstehung kann man unterscheiden *Humuskohlen*, die die Hauptmasse der Braunkohlen umfassen, *Wachskohlen*, von denen die *Schwelkohle* die wichtigste ist, und die *Sapropelkohlen*, zu denen beispielsweise die seltene *Blätter- und Papierkohle* gehört.

Nach dem Zersetzungsgrade der Pflanzenstoffe, also meist auch nach dem Alter, ergeben sich folgende Gruppen:

Lignit, von gelber bis dunkelbrauner Farbe, faseriger Struktur, im Aussehen vielfach an Holz erinnernd.

Gemeine Braunkohle, braun bis schwarz gefärbt und von nur stellenweise noch angedeutet vorhandener Holzstruktur.

Erdige Braunkohle, gelb bis dunkelbraun, von erdiger, zerreiblicher Beschaffenheit.

Pechkohle und Glanzkohle, von dunkler bis pechschwarzer Farbe und großer Härte.

Noch härter ist der als Brennstoff nicht in Betracht kommende schwarze *Gagat* oder *Jet*, der zu Schmuckgegenständen verarbeitet wird.

Die chemische Zusammensetzung der Braunkohle liegt innerhalb folgender Grenzen (auf wasser- und aschenfreie Substanz bezogen):

C	60—70%
H	5—6%
O	20—30%
N	0,5—1,5%

Der Wassergehalt frisch geförderter Braunkohle ist meistens sehr hoch; er kann bis 60% erreichen und nur selten findet man weniger als 20%. Auch der Gehalt an Aschenbestandteilen ist häufig groß (bis zu 12%), wodurch der Heizwert wesentlich herabgesetzt wird. Unter den mineralischen Beimengungen sind Gips und Schwefelkies besonders bemerkenswert.

Der Heizwert der besten Sorten kann mehr als 6000 Kalorien pro 1 kg betragen, doch gibt es auch solche mit nur 2100 Kalorien, als Mittel kann man 4000—5000 Kalorien annehmen. Charakteristisch für die Braunkohle sind folgende Reaktionen:

Natronlauge liefert mit Braunkohle infolge Lösung sogenannter *Huminsäuren* eine dunkelbraune Flüssigkeit (Unterschied von Steinkohle).

Verdünnte Salpetersäure (1 : 10) wirkt heftig ein; bei 70° beginnt eine lebhafte Gasentwicklung, wobei Kohlendioxyd, Stickstoff, Stickstoffoxyde und Cyanwasserstoff entweichen; gleichzeitig entsteht Oxalsäure, Essigsäure und eine intensiv rotfärbende Substanz (Steinkohle zeigt die Bildung des roten Farbstoffes nicht).

Lösungsmittel, wie Benzol, vermögen beträchtliche Anteile (bis 30%, bei Pyropissit sogar 70%) zu lösen; diese gelösten Stoffe bestehen vorwiegend aus dem sogenannten Bitumen und wachsartigen Substanzen.

Bei der trockenen Destillation liefern die Braunkohlen, sofern sie nicht tierische Einschlüsse enthalten, ein sauer reagierendes Destillat (Unterschied von Steinkohle).

Die bitumenreichen Schwelkohlen werden zur Gewinnung von Paraffin, Montanwachs und flüssigen Destillationsprodukten herangezogen, die bitumenärmeren Kohlsorten dienen als Feuerkohlen.

Da der Heizwert der Braunkohlen, wie erwähnt, nicht sehr groß ist, lohnt sich der Transport auf weite Entfernungen meist nicht. Infolgedessen lassen sich Industrieunternehmungen häufig in der Nähe der Braunkohlenlager nieder oder es wird die Kohle daselbst zur Erzeugung von elektrischem Strom verwendet, der oft weit weggeleitet wird, um dann als Energiequelle zu dienen.

Bei lignitischen, wasserreichen Kohlen niedrigen Heizwertes kann eine Veredlung durch das Fleißnersche Trocknungsverfahren herbeigeführt werden.

Die Kohle wird in stehenden zylindrischen Kesseln von 5 m Höhe und 2,4 m Durchmesser der Einwirkung hochgespannten (6—15 Atmosphären) Dampfes unterworfen, wobei ein großer Teil des Wassers abgegeben wird.

Nach 2 Stunden wird der gespannte Dampf aus dem ersten Kessel in einen zweiten, gleich großen übergeleitet und dort zur Vorwärmung der darin befindlichen Rohkohle benützt. Die mit dem gespannten Dampf behandelte Kohle des ersten Kessels wird mit warmer Luft weiter getrocknet, so daß schließlich der Wassergehalt auf etwa 14% (statt wie ursprünglich 30—40%) herabgedrückt wird.

Bei dieser Trockenmethode bleibt der Zusammenhalt der Kohlenstücke gewahrt, während lignitische Kohle bei anderen Verfahren leicht brüchig wird und zerfällt. Überdies tritt eine Schrumpfung des Kohlenkörpers ein, er wird dichter und härter, so daß beim Lagern keine wesentliche Aufnahme von Feuchtigkeit stattfindet. Daß beim Trocknen außer der Wasserabgabe noch andere Veränderungen vor sich gehen müssen, ergibt sich daraus, daß die Erhöhung des Heizwertes größer ist,

als der Wasserabgabe entspricht (bei steiermärkischen Braunkohlen beispielsweise von 3500 Kal. auf 5100 Kal.).

Solche Trockenkohle eignet sich nicht nur zur Kesselheizung und als Hausbrand, sondern auch für die Herstellung von Generatorgas.

Sehr große Mengen von Braunkohle werden in Form von Briketts in den Handel gebracht, was eine Ersparnis an Transportkosten infolge der geringeren Raumbeanspruchung ergibt.

Zum Zwecke der Brikettierung muß die Kohle zunächst zerkleinert und dann getrocknet werden.

Die Zerkleinerung erfolgt in Mühlen, die eine gleichmäßige Korngröße von weniger als 3—4 mm Durchmesser gewährleisten; kleine Mengen von Staubeilchen sind für die Brikettierung günstig. Die zerkleinerte, noch grubenfeuchte Kohle wird in großen Trockenöfen, die durch heiße Luft oder gegenwärtig meistens mit Dampf geheizt werden, soweit getrocknet, daß noch 14—18% Feuchtigkeit zurückbleiben; ganz trockene Kohle würde sich nicht brikettieren lassen.

Die getrocknete Kohle kommt in die Pressen, wo sie einem Druck von 1000—1500 Atmosphären ausgesetzt wird. Infolge des Feuchtigkeitsgehaltes haften die Kohlenteilchen auch nach Aufhören des Druckes fest aneinander und bilden eine zusammenhängende harte Masse. Daß der Bitumengehalt bei der Brikettierung auch eine Rolle spielt, ist wohl wahrscheinlich, doch ist seine Bedeutung früher sehr stark überschätzt worden.

Der Heizwert der Braunkohlenbriketts beträgt 4500—5000 Kal., der Aschengehalt 5% und darüber.

In Deutschland kann die Erzeugung von Braunkohlenbriketts auf etwa 30 Mill. t jährlich geschätzt werden.

Die Verkokung der Braunkohle liefert meist nur minderwertige Produkte. Der sogenannte Grude- oder Halbkoks ist ein Nebenprodukt der Braunkohlenteergewinnung und wird entweder in eigenen Öfen direkt als Brennmaterial benützt, oder man erzeugt aus ihm gasförmige Brennstoffe.

Aus bestimmten Braunkohlensorten läßt sich ein höherwertiger Koks, der Kaumazit, gewinnen, der einen Heizwert von nahezu 7000 Kalorien besitzt; sein Kohlenstoffgehalt beträgt gegen 82%. Auch die nach dem Fleißner-Verfahren hergestellten Trockenkohle soll zur Verkokung geeignet sein.

e) Steinkohle. Die Steinkohle ist weit älter als die Braunkohle und daher ist die Umwandlung der organischen Substanz bei ihr viel weiter fortgeschritten.

Es gibt Steinkohlen, die ähnlich wie Torf und Braunkohle lediglich aus Pflanzenstoffen entstanden sind, und solche, die sowohl aus pflanzlichen wie tierischen, im Wasser lebenden Organismen sich gebildet haben; erstere heißen Humus-, letztere Sapropelkohlen.

Die größten derzeit ausgebeuteten Steinkohlenlager finden sich in den Vereinigten Staaten von Amerika und in Europa. Von der gesamten Weltproduktion des Jahres 1928 von 1243 Mill. t entfallen auf die Vereinigten Staaten 516 Mill. t, auf Europa 556 Mill. t, davon auf Großbritannien 246 Mill. t und auf Deutschland 150 Mill. t.

Unter den deutschen Lagern sind das Ruhrbecken mit 1923 km², das Saarbecken mit 275 km², das Aachener mit 100 km² und das oberschlesische ¹⁾ mit 4000—5000 km² die wichtigsten.

Auch Frankreich, Belgien, die Tschechoslowakei, Polen und Rußland besitzen größere Steinkohlenlager.

Die Einteilung der Steinkohlen kann von verschiedenen Gesichtspunkten aus erfolgen.

So unterscheidet man nach dem äußeren Aussehen, besonders dem Glanz, zwei typische Arten, die Glanzkohle und die Mattkohle.

Eine Glanzkohle mit hohem Kohlenstoffgehalt ist der Anthrazit. Alle Glanzkohlen sind Humuskohlen.

Von den Mattkohlen ist die zu den Sapropelkohlen gehörende Cannelkohle erwähnenswert.

Eine andere Einteilung beruht auf dem Verhalten bei der trockenen Destillation; man unterscheidet dann Back-, Sinter- und Sandkohlen, je nach der Beschaffenheit des hierbei zurückbleibenden Koks.

Für die Beurteilung der Verwendungsfähigkeit einer Steinkohle ist die sogenannte Verkokungsprobe von hohem Wert.

Gewogene Kohlenmengen werden hierbei im bedeckten Platintiegel erhitzt und die Menge und die Eigenschaften des erhaltenen Koks festgestellt.

Für die technische Verwendung der Kohlen ist folgende Einteilung am besten geeignet:

Magere oder anthrazitische Steinkohlen, das sind solche Kohlenarten, die beim Erhitzen unter Luftabschluß nur wenig Gase abgeben und daher bei der Verbrennung nur schwache Flammenbildung zeigen; der Koks besitzt meist sandiges Aussehen.

¹⁾ Trotz der großen Ausdehnung liefert das oberschlesische Lager nur 23% der deutschen Steinkohle, während auf das kleinere Ruhrgebiet 60% entfallen.

Sie sind schwer entzündbar und für Heizzwecke nur in beschränktem Maße verwendbar, für Schachtöfen aber vorzüglich geeignet.

Die Dichte liegt zwischen 1,35—1,4, die Koksausbeute beträgt 82—90%.

Zusammensetzung:

C	90,0—93,0%
H	4,5—5,5%
O	5,5—3,0%

Fette Kohle mit kurzer Flamme (Kokskohle). Sie liefert mehr Gase als die vorhergehende Kohle, aber doch nicht genügend, um eine starke Flammenbildung zu ermöglichen. Für die Kokerei ist sie vorzüglich brauchbar, ebenso auch für Dampfkesselfeuerung verwendbar. Der Koks ist fest und wenig zerklüftet. Ihre Dichte beträgt 1,3—1,35, die Koksausbeute 74—82%.

Zusammensetzung:

C	88,0—91,0%
H	5,5—4,5%
O	6,5—5,5%

Mittelflammige Fettkohle (Schmiedekohle). Der Koks ist weniger fest als bei der eigentlichen Kokskohle, was mit der größeren Gasentwicklung beim Erhitzen zusammenhängt. Sie ist eine vorzügliche Kohle für Schmiedefeuer, aber auch als Kokskohle und für Gaserzeugung und Kesselfeuerung geeignet.

Die Dichte ist etwa 1,3, die Koksausbeute 68—74%.

Zusammensetzung:

C	84,0—89,0%
H	5,0—5,5%
O	11,0—5,5%

Fette Kohle mit langer Flamme (Gaskohle). Sie wird hauptsächlich zur Leuchtgaserzeugung und zur Flammofenfeuerung in metallurgischen Betrieben benutzt. Der Koks ist stark zerklüftet und daher wenig fest. Die Dichte der Kohle ist 1,29—1,3, die Koksausbeute beträgt 60—68%.

Zusammensetzung:

C	80,0—85,0%
H	5,8—5,0%
O	14,2—10,0%

Trockene Steinkohle mit langer Flamme. Sie gibt beim Erhitzen beträchtliche Mengen von Gas ab, so daß sie mit starker Flammenentwicklung verbrennt, was sie für Flammofenfeuerung hervorragend befähigt.

Die Koksausbeute ist daher gering, sie beträgt nur 50—60%; der Koks ist entweder sandig oder höchstens zusammengesintert. Die Dichte der Kohle ist 1,25.

Zusammensetzung:

C	75,0—80,0%
H	5,5—4,5%
O	19,5—15,0%

Da der aus der Grube kommenden Kohle noch Mineralbestandteile wie Schiefer und Schwefelkies anhaften, muß sie von diesen befreit werden, bevor sie zur Verwendung gelangt; überdies muß sie für viele Zwecke in näherungsweise gleich große Stücke zerlegt werden. Man nennt diese Arbeiten die Aufbereitung der Kohle.

Zur Trennung von dem tauben Gestein, den „Bergeanteilen“, wird die entsprechend zerkleinerte Kohle einem Waschprozeß unterworfen, der die Trennung der Bestandteile nach dem spezifischen Gewichte gestattet; Bedingung ist, daß die zu waschende Kohle aus nahezu gleich großen Körnern besteht.

Die Zerkleinerung der Kohle geschieht in Brechapparaten und Mühlen ähnlich wie bei der Braunkohle; die Scheidung nach der Stückgröße erfolgt dann durch Vorrichtungen, deren Hauptbestandteile Siebe mit verschiedener Maschenweite sind.

Man erhält so Stückkohlen, Würfelkohlen, Nußkohlen und Staubkohlen.

Feinkohle, die zur direkten Feuerung und zur Verkokung ungeeignet ist, wird der Brikettierung unterworfen.

Die Steinkohle besitzt schwarze Farbe, dunklen, oft schwarzen Strich und fast immer muscheligen, unebenen Bruch. Der Gehalt an hygroskopischem Wasser ist vom Alter abhängig; ältere Sorten enthalten 2—4%, jüngere 4—12% Wasser. Der Aschengehalt schwankt ebenfalls innerhalb ziemlich weiter Grenzen. Während gute Kohle nur etwa 1% Asche hinterläßt, kann der Aschengehalt in ungünstigen Fällen über 20% ansteigen; der Mittelwert beträgt 5—10%. Die Asche besteht aus Aluminiumoxyd, Eisenoxyd und Kieselsäure. Der Schwefelgehalt der Steinkohle (1—3%, auf aschenfreie Substanz bezogen) rührt der Hauptsache nach von Eisenkies her, der auch das Eisenoxyd der Asche wesentlich bedingt. Wichtig ist der Stickstoffgehalt der Kohle (0,2—2%, auf aschenfreie Substanz bezogen), da sie dadurch bei der Verkokung und Leuchtgaserzeugung die Gewinnung stickstoffhaltiger Düngermittel ermöglicht. Der Heizwert der Steinkohlen beträgt 6000 bis 7500 Kalorien (auf die reine Kohlensubstanz nach Abzug von Wasser und Asche berechnet, natürlich mehr. Vgl. die Tabelle Seite 21).

Viele Steinkohlensorten neigen, besonders im frisch geförderten Zustande zur Verwitterung und Selbstentzündung, worauf bei der Lagerung Rücksicht genommen werden muß.

Je kleiner die Kohlentheilchen sind und je höher die Temperatur des Kohlenhaufens ist (z. B. im Sommer), um so leichter tritt Selbstentzündung ein. Lagerung in hohen Haufen ist jedenfalls zu vermeiden, auch ist bei Kohlen, die zur Selbstentzündung neigen, öfteres Umschaufeln zweckmäßig.

Steinkohlenbriketts. Während die Braunkohlenteilchen sich durch starken Druck allein zu einer zusammenhängenden Masse vereinigen lassen, ist bei Steinkohle der Zusatz eines Bindemittels nötig. Gegenwärtig wird als Bindemittel zwischen 40—70° erweichendes Steinkohlenpech benützt, das in einer Menge von 6—8% mit der feinkörnigen oder staubförmigen Steinkohle in der Wärme innig gemischt wird. Die noch warme Masse wird dann durch einen Druck von 200—300 Atmosphären zu den Briketts geformt. Diese besitzen meistens prismatische Form, da sie sich dann unter bester Raumausnutzung aufstapeln lassen, doch sind auch eiförmige kleinere Briketts im Handel.

Briketts sollen so fest sein, daß der Abrieb und die abgebröckelte Menge bei gewöhnlicher Handhabung und Verfrachtung unter 5% liegt. Die Dichte soll größer sein als 1,19, der Aschengehalt kleiner als 10%. Der Wassergehalt darf 5% nicht übersteigen, auch dürfen sie nicht hygroskopisch sein oder beim Liegen im Wasser zerfallen. Der Heizwert unterscheidet sich nicht wesentlich von dem der Steinkohle.

f) Koks. Steinkohle ist in unverändertem Zustande für die Verwendung in Hüttenwerken meistens ungeeignet und es werden daher ungeheure Mengen, speziell für die Zwecke der Eisenindustrie verkocht. Zur Herstellung dieses **Hüttenkoks** sind nur besondere Kohlensorten (siehe Koks-kohle!) verwendbar, die nicht nur poröse, sondern auch genügend feste Produkte liefern. Der Koks, der in den Leuchtgasfabriken als Nebenprodukt abfällt, ist beispielsweise für die Verwendung in Hochöfen zu brüchig. Zu Heizzwecken und dort wo die Festigkeit keine große Rolle spielt, ist auch solcher Koks geeignet. Gute Koks-kohlen erweichen beim Erhitzen und bilden eine zusammenhängende breiige Masse, den Koks-kuchen, der im Ofen von selbst die richtige Festigkeit annimmt. Minder gute Koks-kohlen müssen durch Stampfen im Ofen auf ein geringeres Volumen zusammengepreßt werden, um genügend festen Koks zu liefern.

Die für die Verkokung bestimmte Steinkohle wird zerkleinert (auf 8 mm Korngröße, der teilweise Feinkohle von 3 mm Korngröße beigemischt wird) und durch Waschen von der Hauptmenge der Aschen-

bestandteile befreit; sie gelangt mit einem Wassergehalt von 5—10% in den Koksofen.

Die Koksöfen sind gegenwärtig fast immer auf die Gewinnung der wertvollen Nebenprodukte eingerichtet, die den aus den Destillationskammern entweichenden Gasen und Dämpfen teils durch Kondensation, teils durch Waschen mit Lösungsmitteln entzogen werden.

Von diesen Nebenprodukten sind der Teer, das Ammoniak und das Benzol die wichtigsten.

Überdies liefern die Koksöfen große Mengen von Gas, das sowohl zur Beleuchtung als auch zu motorischen Zwecken verwendet wird. Die Fortschritte auf dem Gebiete der Verkokung der Steinkohle zeigt deutlich folgende Übersicht:

Ein alter Bienenkorbofen lieferte aus 100 t Rohkohle 65 t Koks.

Ein moderner Nebenproduktkoksofen gibt aus 100 t Kohle: 75 t Koks, 2,5 t Teer, 970 kg Ammoniumsulfat für Düngezwecke, 450 kg Rohbenzol und 13 500 P.S. Gaskraftstunden.

Der Koks bildet hellgraue bis silberglänzende Stücke von porösem Aussehen und geringer Zerreiblichkeit.

Hochofenkoks hat folgende Zusammensetzung (auf wasser- und aschenfreie Substanz bezogen):

C	94—97%
H	0,5—1,2%
O	1—2%
N	0,6—0,8%
S	0,8—1,5 %

Überdies enthält er 2—3% Wasser und höchstens 9% Asche.

Der Heizwert beträgt 7000 Kalorien und darüber (siehe auch die Tabelle auf Seite 21). Dichter Koks hat einen Porenraum von 26%, poröser von 50—60%. Die scheinbare Dichte beträgt 0,84—0,96, die wirkliche (nach Abzug der Poren) 1,2—2,0. 1 m³ Koks wiegt zwischen 400 und 450 kg. Die Druckfestigkeit beträgt 100—180 kg auf 1 cm².

Der Koks ist schwer entzündlich (die Entzündungstemperatur liegt bei etwa 700° C) und er brennt nur bei gutem Luftzutritt weiter, wobei sich eine schwache blaue Flamme aus brennendem Kohlenoxyd bildet. Bei entsprechender Luftzufuhr gestattet er die Erzielung hoher Temperaturen. Je dichter der Koks ist, eine desto höhere Temperatur entwickelt er bei der Verbrennung und es wird daher für Kupolöfen der Gießereien eigener Gießereikoks erzeugt; dieser wird bei hoher Temperatur hergestellt und ist daher vollkommen entgast und dichter. Für den Hochofenbetrieb wäre der Gießereikoks zu schwer verbrennlich.

Im Jahre 1927 wurden in Deutschland 32 266 000 t, in den Vereinigten Staaten von Nordamerika 6 354 000 t (gegen 11 330 000 t im Jahre 1926!) Koks erzeugt.

2. Flüssige Brennstoffe.

Flüssige Brennstoffe gelangen in immer steigendem Maße sowohl als Heizmaterial an Stelle von Steinkohle als auch zur Energieerzeugung in Verbrennungs- oder Verpuffungsmotoren zur Verwendung.

Die Vorteile, die sie bieten, sind mannigfaltiger Art.

Bei Verwendung als Brennmaterial (Ölfeuerung) kommt vor allem ihr höherer Heizwert, der Mangel an Aschenbestandteilen und der einfachere Bau der Heizvorrichtungen in Betracht. Ferner kann die Verbrennung so geleitet werden, daß sie bei selbst nur geringem Luftüberschuß ohne Rauchentwicklung stattfindet. In manchen Fällen, z. B. für die Heizung der Kessel auf Dampfschiffen ist überdies die geringere Raumbeanspruchung sehr vorteilhaft.

Die Verbrennung flüssiger Brennstoffe kann ferner auch so durchgeführt werden, daß ohne das Zwischenglied einer Dampfmaschine Arbeit geleistet wird.

In den Verbrennungsmotoren (Dieselmotor) geschieht dies in der Weise, daß die fein zerstäubte Flüssigkeit durch komprimierte und dadurch erhitzte Luft in einem Arbeitszylinder zur Verbrennung gebracht wird, wobei die heißen Gase durch ihre Ausdehnung die Arbeit leisten.

In den Verpuffungsmotoren wird ein Gemisch von Luft und Brennstoffdampf durch eine Zündflamme zur Explosion gebracht, so daß ein ähnlicher Prozeß wie bei den Gasmotoren die Grundlage der Arbeitsleistung bildet.

Bevor auf die Besprechung der einzelnen, als Brennstoffe in Betracht kommenden Flüssigkeiten eingegangen wird, sollen noch die wichtigsten Methoden ihrer Untersuchung, beziehungsweise ihrer technischen Bewertung eine kurze Besprechung finden.

a) Untersuchungsmethoden flüssiger Brennstoffe.

a. Bestimmung der Dichte (des spezifischen Gewichtes).

Falls nur kleine Mengen Flüssigkeit zur Verfügung stehen, oder wenn große Genauigkeit gefordert wird, geschieht die Dichtebestimmung mittels des Pyknometers.