

Aus der Produktzusammensetzung läßt sich als summarische Eigenschaft der Verzweigungsgrad berechnen, der die Anzahl an tertiären C-Atomen auf 1 000 C-Atome angibt.

Abb. 4-20 zeigt, daß der Verzweigungsgrad der Eisen-Festbettprodukte sehr niedrig ist und von etwa 10 tertiären C-Atomen im Bereich  $C_8$  bis  $C_9$  auf etwa 5 tertiäre C-Atome pro 1 000 C-Atome im Bereich  $C_{16}$ - $C_{17}$  abfällt.

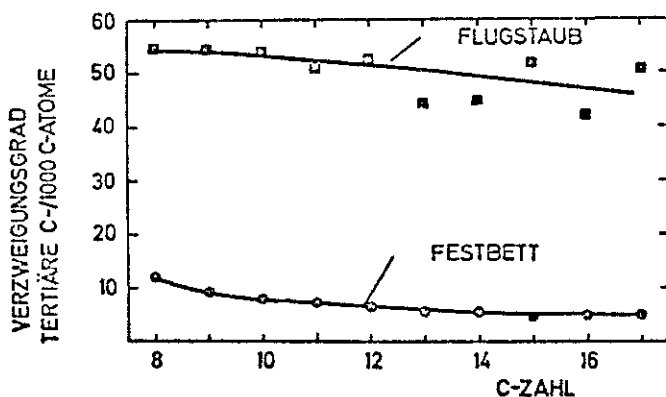


Abb. 4-20: Verzweigungsgrad über C-Zahl für Eisen-Festbett- und Flugstaub-Syntheseprodukte

#### 4.3.3.2 Eisen-Flugstaub-Mitteldrucksynthese

Das Flugstaubverfahren zur Benzinsynthese aus Kohlenoxid und Wasserstoff wurde von der Kellogg Comp./USA entwickelt und bei Sasol erstmals verwirklicht <sup>17)</sup>. Im Verlauf einer Reihe von Betriebsjahren wurde das Verfahren bei Sasol verbessert <sup>18,19)</sup>, so daß es heute als technisch ausgereift angesehen werden kann.

Das Flugstaubverfahren arbeitet im Temperaturbereich von  $310-340^{\circ}\text{C}$  und bei einem Druck von 24 at. Der feinkörnige Eisen-Schmelzkatalysator wird mit dem Synthesegas im aufsteigenden Gasstrom durch die Reaktionszone geführt. Bei der hohen Reaktionstemperatur entstehen bevorzugt Benzin- und Flüssiggas-Kohlenwasserstoffe. Geringfügige Kohlenstoffabscheidungen stören bei diesem Verfahren im Gegensatz zur Festbettsynthese

nicht. Ihre Menge wird besonders durch das hohe  $H_2/CO$ -Verhältnis von 6:1 in dem dem Katalysator zugeführten Gas niedrig gehalten.

Der Flugstaubkatalysator wird durch Schmelzen von Magnetit (Hammerschlag) unter Zusatz von Promotoren (Alkali,  $Al_2O_3$  u.a.) im Lichtbogenofen bei  $1500^\circ C$  hergestellt. Er wird fein gemahlen und in einem Wirbelbett bei erhöhter Temperatur mit Wasserstoff reduziert. Die genaue Zusammensetzung des Katalysators ist für die Synthese von ausschlaggebender Wichtigkeit. Durch Entwicklungsarbeit auf diesem Gebiet konnte die Wirtschaftlichkeit des Flugstaubverfahrens im Laufe der Jahre entscheidend verbessert werden.

#### 4.3.3.2.1 Durchführung der Flugstaubsynthese

Abb. 4-21 zeigt das Verfahrensschema der Flugstaubsynthese.

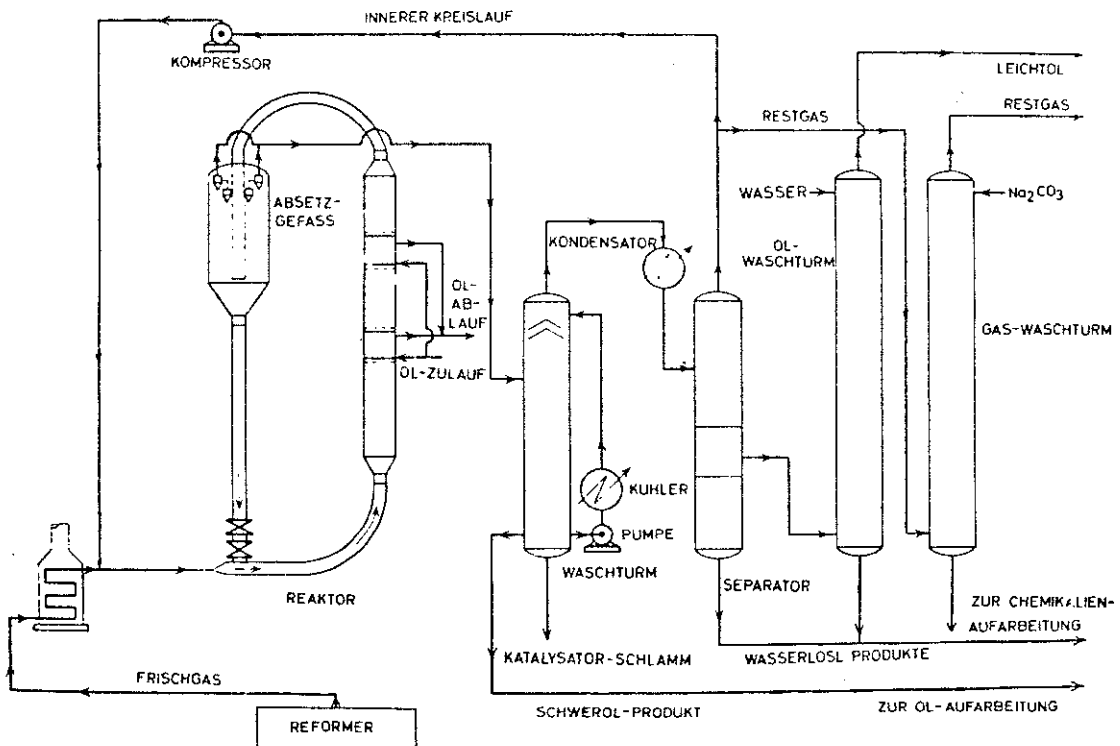


Abb. 4-21: Verfahrensschema der Flugstaubsynthese

Der Katalysator gelangt aus dem Absetzgefäß auf dem Wege über das Standrohr durch Schieber zur Regulierung des Katalysatorstromes zum Reaktoreintritt. Das Gemisch von Frischgas und Kreislaufgas im Verhältnis 1:2 trägt den Katalysator in den Reaktor, während das ausreagierte Gas sich in den Zyklonen des Absetzgefäßes vom Katalysator wieder trennt.

Jeder der drei Flugstaubreaktoren der Sasol (1. Reaktor in Reserve) hat eine Höhe von 36 m und eine lichte Weite von 2 m. Eine Katalysatorfüllung beträgt ca. 130 t. Die Erzeugung an primären C<sub>3</sub>+Syntheseprodukten nach dem Flugstaubverfahren bei Sasol beträgt etwa 160 000 t/a.

Zur Gewinnung der Reaktionsprodukte werden diese mit dem Reaktionsgas durch einen Ölwaschturm geleitet, wo sich die Temperatur auf ca. 150°C erniedrigt und höhere Öle und geringe Mengen restlichen Katalysatorstaubs abgeschieden werden. Der Gasstrom durchläuft weiter den Kühler und wird von den auskondensierten flüssigen Produkten bei etwa 40°C getrennt. Ein Teil des Gasstroms wird als Kreislaufgas wieder den Reaktoren zugeführt. Der Produktstrom wird gewaschen und die Abtrennung der interessierenden Kohlenwasserstoffe durch Heptanwäsche erzielt. Die Hauptmenge des Restgases geht als "External Recycle" zur Reformieranlage. Die notwendige Ableitung eines Teils des Restgases (Purge), um einen Aufbau zu hoher Partialdrucke an Stickstoff und Argon zu vermeiden, die bei der Kohlevergasung und beim Reformieren eingebracht werden, schafft derzeit die Möglichkeit einer Erzeugung von Wasserstoff für die Ammoniaksynthese und von Äthylen für andere Synthesen. Die flüssigen Produkte der Flugstaubsynthese werden zur Dehydratisierung der Alkohole und Doppelbindungs-isomerisierung der  $\alpha$ -Olefine in der Dampfphase über Bauxit geleitet (Clay-Treater-Anlage). Die Olefine der C<sub>3</sub>- bis C<sub>4</sub>-Fraktion (rd. 80%) werden zu Polymerbenzin umgesetzt. Das Reaktionswasser und das Produktwaschwasser wird gemeinsam mit dem der Festbettsynthese aufgearbeitet.

4.3.3.2.2 Produkte der Flugstaubsynthese 18)

Die Selektivität der Synthesereaktion nach dem Flugstaubverfahren in Form einer prozentualen Verteilung des zu Kohlenwasserstoffen und sauerstoffhaltigen organischen Verbindungen umgesetzten Kohlenstoffs gibt Tabelle 4-33.

Tabelle 4-33: Verteilung des umgesetzten Kohlenstoffs auf die Reaktionsprodukte der Flugstaubsynthese

	%
CH <sub>4</sub>	13,1
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	4,4
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	5,8
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	12,8
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	3,4
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	10,0
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	3,2
C <sub>5</sub> +	39,0
Sauerstoffhaltige org. Produkte (ohne Säuren)	7,3
Säuren	1,0

Die hohen Ausbeuten an Olefinen der Flüssiggasfraktion bringen es mit sich, daß auf dem Wege ihrer Polymerisation ein verhältnismäßig hoher Anteil des erzeugten Gesamtbenzins aus hochklopfestem Polymerbenzin besteht.

In den Flüssigprodukten ist der Olefinanteil wesentlich höher als bei der Festbettsynthese (vgl. Tab. 4-34 und 4-31). Auch der Gehalt an Aromaten ist wertvoll für das gewonnene Benzin.

Tabelle 4-34: Zusammensetzung der Flüssigprodukte des Flugstaubverfahrens

Fraktion		C <sub>5</sub> -C <sub>10</sub>	C <sub>11</sub> -C <sub>14</sub>
Paraffine	Vol. %	13	15
Olefine	Vol. %	70	60
Aromaten	Vol. %	5	15
Alkohole	Vol. %	6	5
organ. Carbonylverbindungen	Vol. %	6	5

Nach Aufarbeitung der primären Reaktionsprodukte wird folgende Gewichtsverteilung der erzeugten Produkte erhalten (Tabelle 4-35).

Tabelle 4-35: Gewichtsverteilung der Produkte der Flugstaubsynthese

Fraktion	Gew. %
Flüssiggas	7,7
Benzin (C <sub>5</sub> -C <sub>11</sub> )	72,3
Mittelöl (Dieselöl, Heizöl)	3,4
Gatsch	3,0
Paraffin	-
Alkohole und Ketone	12,6
Organ. Säuren	1,0

Bei der Flugstaubsynthese können demnach fast 3/4 der nützlichen Produkte C<sub>3</sub>+ in der Benzinfraktion gewonnen werden. Mittelöl und Paraffingatsch sind hier nur unwesentliche Erzeugnisse.

Die Zusammensetzung der wasserlöslichen, sauerstoffhaltigen organischen Reaktionsprodukte gibt die folgende Tabelle 4-36:

Tabelle 4-36: Zusammensetzung der wasserlöslichen, sauerstoffhaltigen Reaktionsprodukte (ohne Säuren) des Flugstaubverfahrens

Produkt	Anteil (%)
Methanol	1,5
Äthanol	55,5
n-Propanol	14,0
i-Propanol	3,0
n-Butanol	4,0
i-Butanol	1,0
sec. Butanol	0,5
C <sub>5</sub> +Alkohole	2,0
Aldehyde	4,0
Aceton	10,5
Methyläthylketon	3,0
Methylpropylketon	1,0

Nach den in Tabelle 4-32 und den Abbildungen 4-18 bis 4-20 aufgeführten differenzierten Ergebnissen der Untersuchung des Flugstaubsyntheseproduktes bestehen große Unterschiede in der Zusammensetzung im Vergleich zum Produkt der Festbettsynthese<sup>20)</sup>.

In der als Beispiel aufgeführten C<sub>7</sub>-Kohlenwasserstoff-Fraktion ist der Olefinanteil wesentlich höher als im Festbettprodukt, wobei ein noch stärkeres Vorherrschen des n-Hepten-1 in der n-Olefin-Fraktion vorliegt.

Der Gehalt an verzweigten Verbindungen macht fast ein Drittel der C<sub>7</sub>-Kohlenwasserstoff-Fraktion aus gegenüber nur 1/13 bei der Festbettsynthese. (Tabelle 4-32).

Der mit der C-Zahl der Fraktionen leicht fallende Olefinanteil liegt im Bereich C<sub>6</sub> bis C<sub>8</sub> zwischen 70 und 80 Gew. % (Abb. 4-18). Der  $\alpha$ -Olefinanteil in den n-Olefinfraktionen durchläuft ein Maximum und liegt im Bereich C<sub>6</sub> bis C<sub>11</sub> bei 70 bis 75 Gew. %.

Die Menge an Monomethylaliphaten (Abb. 4-19) nimmt mit der C-Zahl der Fraktionen zu und erreicht bei  $C_{15}$  einen Wert von etwa 40%. Die Menge der Dimethylaliphaten (Abb. 4-19) steigt stark mit der C-Zahl ab  $C_6$  und macht bei  $C_{11}$ - $C_{12}$  etwa 9 Gew.-% aus.

Der im Vergleich zu den Festbettprodukten verhältnismäßig hohe Verzweigungsgrad (Abb. 4-20) von etwa 55 tertiären C-Atomen pro 1 000 C-Atome in den Fraktionen  $C_8$ - $C_{10}$  wirkt sich auch in einer erhöhten Klopffestigkeit des erzeugten Benzins aus.

#### 4.3.3.2.3 Planung einer Flugstaubsyntheseanlage mit einer Kapazität von 1 060 000 jato primärer Syntheseprodukte

Bei Sasol wurden in jüngster Zeit aufgrund der langjährigen Betriebserfahrungen die technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten einer großtechnischen Benzinsynthese nach den Flugstaubverfahren geprüft.

Im Vergleich zu der bei Sasol praktizierten kombinierten Anwendung von Festbett- und Flugstaubsynthese ist für die Synthese allein nach dem Flugstaubverfahren eine zusätzliche Rohgaskonvertierung erforderlich, um das notwendige  $H_2/CO$ -Verhältnis im Synthesegas von 3,1 zu erreichen.

#### Gesamtanlage

Die geplante Gesamt-Synthese-Anlage besteht aus folgenden Teilen:

##### - Kohlevergasung

Erzeugung von 1 Mio  $Nm^3/h$  Rohgas mit 30 Lurgi-Druck-Gaserzeugern gegenwärtiger Größe (s. Kap. 4.1).  
5 Konvertierungseinheiten mit einer Kapazität von je 100 000  $Nm^3/h$  konvertieren einen Teil des Kohlenoxids

des Rohgases zu Kohlendioxid und Wasserstoff.  
Der Kohleverbrauch für die Vergasung beträgt 5 740 000 jato.  
Hinzu kommen 2 605 000 jato für die Erzeugung von Dampf  
und Energie.

Den Werten des Kohleverbrauchs liegt folgende Kohlenzu-  
sammensetzung zugrunde:

Kohle-Analyse (i.wf.)

Asche	28,10 Gew.%
Kohlenstoff	55,50 "
Wasserstoff	2,88 "
Sauerstoff	11,60 "
Schwefel	0,53 "
Stickstoff	1,35 "
Chlor	0,04 "
	<u>100,00 Gew.%</u>

- Dampferzeugung

5 Kessel (davon einer in Reserve)  
Erzeugung pro Kessel 453 000 kg/h, 105 at, 496°C

- Stromerzeugung

3 Generatoren (davon einer in Reserve)  
Kapazität pro Generator 55 MW

- Luftzerlegung

Produktion ca. 235 000 Nm<sup>3</sup>/h Sauerstoff, 6 Einheiten  
mit einer Normalkapazität von 40 000 Nm<sup>3</sup>/h pro Trennan-  
lage und 6 Sauerstoffkompressoren.

- Rectisolgasreinigung

2 unabhängige Anlagen mit einer Kapazität von je  
500 000 Nm<sup>3</sup>/h Rohgas mit einem CO<sub>2</sub>-Gehalt von ca. 28%.  
Reingasproduktion 680 000 Nm<sup>3</sup>/h.

- Nebenproduktanlage

Teerdestillation, 13,6 t/h  
Phenosolvan-Anlage für 3 400 l/min Gaswasser  
Ammonsulfatanlage, 7,3 t/h  
Wasserstoffanlage, 5 000 Nm<sup>3</sup>/h (99% H<sub>2</sub>)  
Gasbenzin-Hydrieranlage, 5,5 t/h



- Flugstaubsynthese

8 Kellogg-Reaktoren (davon 2 in Reserve) mit einer Kapazität von je 180 000 Nm<sup>3</sup>/h an Synthesegas (Reingas + reformiertes Restgas)  
Gesamtsynthesegas-Verarbeitungskapazität 1 400 000 Nm<sup>3</sup>/h

- Restgas-(Methan)-Reformierung

460 000 Nm<sup>3</sup>/h zu reformierendes Restgas ergeben  
700 000 Nm<sup>3</sup>/h Produktgas.  
8 Einheiten (davon 1 in Reserve) für je 100 000 Nm<sup>3</sup>/h Synthesegas

- Flugstaubkatalysator-Herstellung, ca. 18 000 t/a

- Aufarbeitung der primären Syntheseprodukte

Etwa 560 000 Nm<sup>3</sup>/h Syntheserestgas fallen an. Zwei parallele Waschsysteeme sind erforderlich. Die weiteren Einrichtungen zur Entgasung der Kondensate, Behandlung der flüssigen Produkte und deren Destillation werden als integrierte Einheit angesehen.  
Drei Kompressoren (davon einer in Reserve) mit einer Kapazität von je 250 000 Nm<sup>3</sup>/h werden für den äußeren Kreislauf benötigt.

- Katalytische Polymerisation

Kapazität ca. 1 600 m<sup>3</sup>/Tag

- Aufarbeitung der sauerstoffhaltigen Produkte im Reaktionswasser

- Alkylierung/Isomerisierung

Kapazität ca. 160 m<sup>3</sup>/Tag

- Kühlwasser

Kapazität ca. 3 000 m<sup>3</sup>/min

- Wasserentsalzung

Kapazität 1 360 m<sup>3</sup>/h

Stoffbilanz der Flugstaubsynthese

Die Zusammensetzung des Synthesefrischgases, des Kreislaufgases, des Gesamtsynthesegases und des Produktstromes (Restgas + Kondensate) sowie die entsprechenden Mengenströme gibt Tabelle 4-37.

Tabelle 4-37: Stoffbilanz der Flugstaubsynthese Frischgas  
1 380 000 Nm<sup>3</sup>/h (davon 680 000 Nm<sup>3</sup>/h Reingas  
von Rectisolanlage und 700 000 Nm<sup>3</sup>/h reformier-  
tes Restgas)

	Frischgas		Kreislauf- gas		Gesamt- Synthesegas		Restgas + Produkte	
	Mol%	t/h	Mol%	t/h	Mol%	t/h	Mol%	t/h
H <sub>2</sub>	63,7	78,5	45,6	101,0	52,0	179,3	45,6	22,5
N <sub>2</sub> /Ar	2,6	52,8	6,5	237,5	5,1	291,0	6,5	52,5
CO	20,8	359,0	2,0	62,1	8,7	420,0	2,0	13,8
CO <sub>2</sub>	4,7	127,0	10,7	521,0	8,6	649,0	10,7	116,3
CH <sub>4</sub>	8,2	80,7	27,0	479,0	20,3	560,0	27,0	107,2
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>			1,1	34,2	0,7	34,1	1,1	7,8
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>			1,7	59,9	1,1	59,8	1,7	12,8
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>			2,1	97,6	1,4	97,6	2,1	22,0
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>			0,6	29,2	0,4	29,3	0,6	6,6
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>			1,2	74,5	0,8	74,5	1,2	17,2
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>			0,2	12,8	0,1	12,8	0,2	2,7
C <sub>5</sub> +			0,8	62,9	0,5	63,0	0,8	13,6
C <sub>6</sub> +			0,5	47,1	0,3	47,2	0,5	10,6
Leichtöl								46,9
Mittelöl								5,6
Org. Sauerstoff- Verbindungen (ohne Säuren)								11,1
Säuren								2,1
H <sub>2</sub> O								226,7
	100	698,0	100	1 818,8		2 517,6		698,0

1 380 000 Nm<sup>3</sup>/h Frischgas, die sich aus 680 000 Nm<sup>3</sup>/h Reingas von der Rectisolanlage und 700 000 Nm<sup>3</sup>/h reformiertem Restgas der Synthese zusammensetzen, werden den Flugstaubreaktoren gemeinsam mit ca. 2 500 000 Nm<sup>3</sup>/h Kreislauf-Restgas zugeführt.

Die abgeführte Restgasmenge beträgt ca. 560 000 Nm<sup>3</sup>/h. Nach Gewinnung der nützlichen Produkte hieraus gelangen 460 000 Nm<sup>3</sup>/h des verbleibenden Restgases als äußerer Kreislauf zur Reformieranlage. Der Rest (Purge) dient als Brenngas.

In Tabelle 4-38 sind die Ausbeuten der einzelnen Fertigprodukte angeführt.

Tabelle 4-38: Produkte des Flugstaubverfahrens (1 Mio Nm<sup>3</sup>/h Rohgasproduktion) (einschließlich Nebenprodukte der Vergasung)

Produkt	1 000 jato	%
Creosot 100 und 60/40	39,5	3,4
Straßenteer	15,6	1,3
Teer-Heizöl	36,1	3,1
Aromatisches Lösungsmittel	3,8	0,3
Ammonsulfat	237	6,3
Teersäuren	19,2	1,6
Motorbenzin	878,0	74,7
Super	615	52,3
Normal	263	22,4
Dieselöl	50,6	4,3
Gatsch	39,7	3,4
Propan-Flüssiggas	53,6	4,5
Acetaldehyd	3,1	0,3
Aceton	9,1	0,8
Methanol	1,2	0,1
Methyläthylketon	3,1	0,3
95% Propanol	13,5	1,1
Isobutanol	1,9	0,2
Roh-n-Butanol	5,4	0,5
Höhere Alkohole	1,3	0,1
Überschuß-Heizgas (24 460 Nm <sup>3</sup> /h)		
	1 174,7	100,0

Tabelle 4-39: Kostenbilanz der Flugstaubsynthese

	Menge	Preis	Kosten	Produkt <sup>x)</sup>
		Rd/Einheit <sup>xx</sup>	je Tonne Rd <sup>xx</sup>	%
<u>Rohstoffe und Energie</u>				
Kohle		1,34 (i.roh)		
- Vergasung	2,83 t			
- Dampf+Energie	<u>1,28 t</u>			
- insgesamt	4,11 t	2,09 (i.waf)	8,65	29,0
Speisewasser	8 m <sup>3</sup>	0,13	1,04	3,9
Kühlwasser	28 m <sup>3</sup>	0,05	1,40	5,3
Bleitetraäthyl			0,74	2,8
Chemikalien			3,40	12,6
Katalysatoren			0,98	3,8
Elektr. Energie (in Kohleverbrauch enthalten)				
<u>Personalkosten, Unterhaltungsaufwand etc.</u>				
Schichtpersonal etc.	820 Mann x 4	500,-	1,51	5,7
Aufsichtspersonal			0,50	1,9
Sonstiges Personal			0,32	1,2
Allgemeinkosten			3,20	12,4
Unterhaltungsaufwand			5,40	20,2
Zinsen f. Betriebskapital (12%)			<u>0,31</u>	<u>1,2</u>
		Zwischensumme I	27,45	100,0
<u>Erlöse aus erzeugten Produkten</u>				
- 0,796 t Kraftstoffe			43,30	
- 0,028 t andere Synth.-Prod.+0,048 t Restgas			5,16	
- 0,128 t Nebenprod. der Vergasung			<u>5,02</u>	
			53,48	
		Zwischensumme I -	<u>27,45</u>	
Verfügbar für Abschreibung und Gewinn			26,03	
Steuern			<u>8,70</u>	
			17,33	

Bei Anlagekosten von rd. 400 000 Rd und einer Produktion von 2,458 Mio t insgesamt entspricht dies einem Kapitaldienst von 10,6% der Anlagekosten

x) Zusammensetzung gemäß Tabelle 13, Ammonsulfat als N<sub>2</sub>

gerechnet  
xx) Rd = Südafrikanische Rand entsprechend 5 DM

Tabelle 4-39 bringt die zugehörige Kostenbilanz des Werkes, wobei für die erzeugten Kraftstoffe folgende Preise erlöst werden:

Benzin, Super	18,818 $\text{¢}/\text{IG}^{\text{x)}$	=	4,14 $\text{¢}/\text{Liter}^{\text{xx)}$
Benzin, Normal	17,044 $\text{¢}/\text{IG}^{\text{x)}$	=	3,75 $\text{¢}/\text{Liter}^{\text{xx)}$
Dieselloil	11,424 $\text{¢}/\text{IG}$	=	2,52 $\text{¢}/\text{Liter}^{\text{xx)}$

x) mit Steuervorteil von 4,166  $\text{¢}/\text{IG}$

xx)  $\text{¢}$  = Südafrikanische Cent entsprechend 5 Pf.

#### 4.3.3.3 Kombinierte Verwendung von Festbett- und Flugstaubverfahren 17,18,19)

Die technische Erzeugung von Benzin und höheren Kohlenwasserstoffprodukten aus Kohlenoxid und Wasserstoff wird heute bei Sasol in einer Kombination von Festbett- und Flugstaubverfahren durchgeführt.

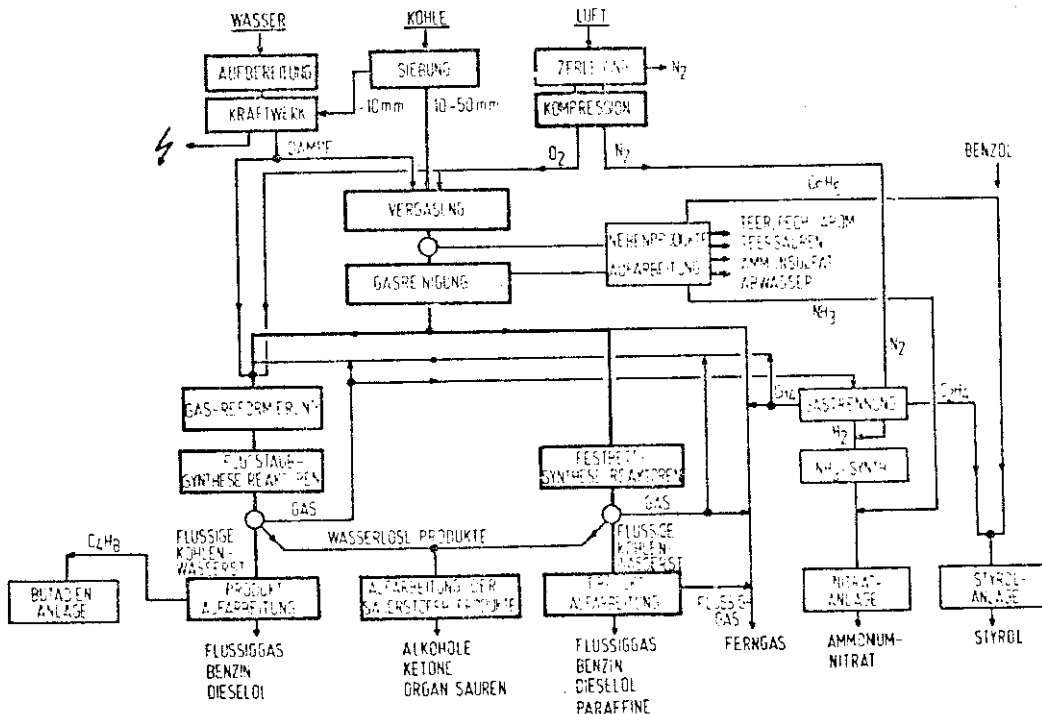


Abb. 4-22: Schema der kombinierten Anwendung von Festbett- und Flugstaubsynthese bei Sasol

Die Abbildung zeigt eine schematische Darstellung der Verfahrenskombination bei Sasol.

Die geförderte Kohle, 55 000 t pro Woche (1966), wird zu 56% vergast, während 44% zur Erzeugung von Dampf und Energie dienen. Durch Druckvergasung der Kohle (10-50 mm) mit Sauerstoff und Wasserdampf kann das für die Festbettsynthese benötigte  $H_2/CO$ -Verhältnis von 1,8 erreicht werden, so daß das gereinigte Synthesegas direkt den Festbettreaktoren zugeführt wird. Der  $(H_2+CO)$ -Umsatz beträgt 67,7%. Das Syntheserestgas mit einem Methangehalt von 26 Vol.% wird gemeinsam mit dem Restgas der Flugstaubsynthese und weiterem Reingas von der Kohlevergasung zur (Methan-) Reformierungsanlage geleitet, in der ein geeignetes Frischgas für die Flugstaubsynthese mit einem  $H_2/CO$ -Verhältnis von 3,2,  $CO_2 = 7,5$  Vol.% erzeugt wird. Ein Teil des Restgases der Festbettsynthese wird als Heizgas abgegeben. Ein Teil des Restgases der Flugstaubsynthese mit einem  $H_2$ -Gehalt von 52 Vol.% wird durch Tieftemperaturdestillation zerlegt und liefert Wasserstoff für die Ammoniaksynthese sowie Äthylen, das zur Styrolerzeugung dient. Butene werden für die Herstellung von Butadien verwendet.

Die Aufarbeitung der wasserlöslichen sauerstoffhaltigen Syntheseprodukte und die  $C_3$ -,  $C_4$ -Polymerisation werden für Festbett- und Flugstaubsynthese gemeinsam durchgeführt.

Die kombinierte Verwendung von Flugstaub- und Festbettverfahren ermöglicht eine flexible Anpassung der Erzeugung von Kohlenwasserstoffprodukten von Benzin bis Hartparaffin an die Bedürfnisse des Marktes. Nach dem Flugstaubverfahren wird bevorzugt Benzin erzeugt, das aufgrund relativ hoher Anteile an Polymerbenzin, aus der  $C_3$ -,  $C_4$ -Fraktion des Syntheseproduktes, und an Olefinen ein gutes Klopfverhalten aufweist. Beim Festbettverfahren entstehen neben Benzin geringerer Klopfestigkeit größere Anteile hochwertigen Paraffins und Dieselöls. Die Paraffin- und Paraffin-Gatsch-Produkte eignen sich gut als Einsatzstoffe des Hydrocrackens zur Erzeugung von Benzin, Dieselöl und Düsenkraftstoff.

#### 4.3.4 Literatur

- 1) H. Pichler "25 Jahre Benzinsynthese durch katalytische Umwandlung von Kohlenoxid und Wasserstoff", Ges. Abh. Kenntn. Kohle, Bd. 13, 417-474; Bornträger, Berlin (1957) und in "Advances in Catalysis", Bd. IV, 271-342, Academic Press (1952)
- 2) BIOS-Report Nr. 276 (Fiat), H.H. Storch, Chem.Eng.Progr. 44, 469-480 (1948)
- 3) J.H. Crowell, H.E. Benson, J.H. Field u. H.H. Storch Ind.Eng.Chem. 42, 2876 (1950)
- 4) H.E. Benson, J.H. Field, D. Bienstock u. H.H. Storch Ind.Eng.Chem. 46, 2278 (1954)
- 5) M.L. Kastens, L.L. Hirst u. R.G. Dressler Ind.Eng.Chem. 44, 450 (1952)
- 6) DRP 762 320, IG Farbenindustrie (BASF) und Fiat-Final Report 1267
- 7) F. Fischer, Brennstoff-Chem. 11, 489 (1930)
- 8) H. Kölbel, "Die Fischer-Tropsch-Synthese" in "Chemische Technologie", K. Winnacker u. L. Küchler, Ed., Bd. 3, S. 492, Hanser-Verlag, München (1959)
- 9) H. Kölbel, P. Ackermann u. F. Engelhardt, Erdöl und Kohle 9, 153, 225, 303 (1956)
- 10) P.C. Keith, Oil Gas J. 45, Nr. 6, 102 (1946)
- 11) J.E. Latta u. S.W. Walker, Chem.Eng.Progr. 44, 173 (1948)
- 12) H. Pichler, Brennstoff-Chem. 30, 105 (1949)
- 13) A.W. Weitkamp, H.S. Seelig, N.J. Bowman, W.E. Cady, P.J. Launer, A. Steitz, D.K. Barnes, D.G. Cain und C.G. Frye Ind.Eng.Chem. 45, 343, 350, 353, 359, 363 (1953)
- 14) W. Herbert u. H. Tramm, Erdöl und Kohle 9, 363 (1956)
- 15) H. Tramm, Brennstoff-Chem. 33, 21 (1952)  
Erdöl und Kohle 5, 10 (1952)
- 16) H. Tramm, Proc. V. Wld. Petr. Congr., Sect. III, Paper 27, New York (1959)
- 17) J.C. Hoogendorn u. J.M. Salomon, Brit.Chem.Eng. 2, 238, 308, 368 (1957)
- 18) P.E. Rousseau, J.W. van der Merve u. D.J. Louw, Brennstoff-Chem. 44, 162 (1963)
- 19) P.E. Rousseau, Proc. World Power Conference, Paper 128, Tokio (1966)
- 20) H. Pichler, H. Schulz u. D. Kühne, Brennstoff-Chem. 49, 344 (1968)