

Kaiser-Wilhelm-Institut für Kohlenforschung
Mülheim a.d.Ruhr

IV. 3.

B E R I C H T

über den Stand der Arbeiten auf dem Gebiete des Forschungsauftrages
"Weiterentwicklung der Benzinsynthese aus Kohlenoxyd und Wasser-
stoff, insbesondere in Richtung einer direkten Synthese von Iso-
paraffinen (SS 6132 - 9798 / 42)."

im Dezember 1942.

G e h e i m ! !

Über die direkte Synthese von Isoparaffinen aus Kohlenoxyd und Wasserstoff.

Anlässlich von Untersuchungen über das Verhalten verschiedener Oxyde als Katalysatoren der Umsetzungen von Kohlenoxyd und Wasserstoff zu Kohlenwasserstoffen und sauerstoffhaltigen organischen Verbindungen wurde gefunden, dass Katalysatoren auf Basis von Thorium eine Synthese von verzweigten Kohlenwasserstoffen in hervorragender Weise ermöglichen.

Das Verfahren erfordert ein Arbeiten bei erhöhten Drucken, wobei der optimale Druckbereich von der Art des Katalysators bestimmt wird. Die Thoriumkatalysatoren nehmen als Einstoffkatalysatoren eine Sonderstellung ein, weil mit ihrer Hilfe schon bei verhältnismässig niedrigen Drucken (beispielsweise bei 30 at) verzweigte Kohlenwasserstoffe in grösseren Mengen erhalten wurden. Deshalb, und weil auf Grund der bisherigen Arbeiten allein die Thoriumkatalysatoren eine einigermaßen abschliessende Beurteilung zulassen, beschränkt sich der vorliegende erste Bericht auf diese Katalysatoren.

Allgemeines.

Als Ausgangsgas der Synthese wurde i.a. Wassergas mit einem Kohlenoxyd-Wasserstoff-Verhältnis 1 : 1 bis 1,2 : 1 verwendet. Ein derartiges Gasgemisch entsprach unter den optimalen Synthesebedingungen dem Verbrauch an den beiden Komponenten.

Es wurde auch eine Reihe von Versuchen ausgeführt, die als Ausgangsstoffe Dimethyläther und Wasserstoff verwendeten. Diese Versuche, die in der Hauptsache zur Klärung des Reaktionsmechanismus durchgeführt wurden, sind in dem vorliegenden Bericht nicht enthalten.

Die Durchführung der Synthese erfolgte in kohlenoxydfesten Druckrohren, und zwar zum Teil in mit Kupfer ausgekleideten unlegierten Stahlrohren und zum Teil in nicht ausgekleideten legierten Stahlrohren, wie solchen aus V₂A - oder Sicomastahl.

Die lichte Weite der Reaktionsrohre betrug i.a. 15 mm, es konnten aber auch Rohre mit einer lichten Weite von 25 mm ohne bemerkenswerte Schädigung des Umsatzes verwertet werden.

Der Gasdurchsatz wurde durch Messung des expandierten Endgases und der aus den Stickstoffwerten errechneten Kontraktion bestimmt. Im allgemeinen wurde (auf Grund von Untersuchungen über den Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit) mit einer Endgasmenge von 10 Litern je 28 g Thoriumkatalysator und Stunde gearbeitet. Dies entspricht beispielsweise bei einer 50%-igen Kontraktion 20 Litern Ausgangsgas je 28 g.

Katalysator und Stunde. Da das Kontaktvolumen von 28 g Thoriumkatalysator ungefähr 15 ccm beträgt, ist die Raumzeitausbeute unter diesen Verhältnissen ungefähr 10 mal grösser als bei der Normaldrucksynthese.

Von den anfallenden Reaktionsprodukten, die aus dem Endgas durch Kühlung bzw. mit A-Kohle entfernt wurden, wurde die Zusammensetzung der Gasolkohlenwasserstoffe stets durch Tieftemperaturdestillation und die der flüssigen Kohlenwasserstoffe durch Feindestillation (i.a. der hydrierten Produkte) untersucht. Von charakteristischen Versuchen wurden von den einzelnen Fraktionen der flüssigen Kohlenwasserstoffe Brechungsexponent, Dichte, Jod-Rhodanzahl, Anilinpunkt u.a.m. bestimmt. Die anfallenden Benzine wurden ausserdem nach geeigneter Destillation und Einstellung des Dampfdruckes in rohem und hydriertem Zustand mit und ohne Zusatz von Bleitetraäthyl in einem I.G.-Prüfmotor nach der Motor-Methode auf ihre Klopfestigkeit untersucht.

Der Thoriumkatalysator.

Die besten Thoriumkatalysatoren wurden durch Fällung aus Thoriumsalzlösungen, zumeist durch Fällung des basischen Carbonats mit Soda aus Nitratlösungen hergestellt. Der frischgefällte Kontakt wurde i.a. bis zur Alkalifreiheit gewaschen, da geringe Mengen an Alkali die Aktivität des Thoriumkatalysators herabsetzen und damit eine Erhöhung der Reaktionstemperatur notwendig machen. Nach dem Waschen wurde der Kontakt zunächst bei 110° getrocknet, dann gekörnt und schliesslich bei 300 bis 400° im Luftstrom gesintert. Dann wurde der Kontakt in die teils schräg und teils senkrecht angeordneten Kontaktrohre gefüllt.

Die Lebensdauer der Thoriumkatalysatoren war unter den Bedingungen der Isosynthese ^{sehr gross} eine sehr grosse. Es konnte monatelang ohne nennenswerte Veränderung der Aktivität der Kontakte gearbeitet werden. Katalysatoren, bei welchen nach langer Betriebsdauer, infolge einer Bildung von Kohlenstoff ein Steigen des inneren Widerstandes beobachtet wurde, konnten durch eine Luftbehandlung bei Synthesetemperatur wieder in den ursprünglichen Zustand versetzt werden.

Die Thoriumkatalysatoren sind unempfindlich gegen Schwefelverbindungen. Mit Schwefelwasserstoff oder Schwefelkohlenstoff vorbehandelte Kontakte gaben ebenso wie mit Ammoniumsulfid gefällte normalen Umsatz.

Die Reaktionsprodukte in Abhängigkeit von den Synthesebedingungen.

Die Art der bei der vorliegenden Synthese anfallenden Reaktionsprodukte kann ausser durch die Zusammensetzung und Herstellungsweise des Katalysators durch die Synthesetemperatur, den Druck, die Aufent-

haltsdauer der Gase im Kontaktraum, die Aufarbeitung von Kohlenoxyd und Wasserstoff in mehreren Stufen, das Material der Reaktionsrohre u.a.m. in weiten Grenzen variiert werden.

Blatt - 1 - der als Anlage beigefügten Tafeln zeigt die Zusammensetzung der Reaktionsprodukte in Abhängigkeit von der Synthesetemperatur bei einem Druck von 150 at und einer Strömungsgeschwindigkeit der Gase, entsprechend 10 Litern Endgas je 28 g Kontakt und Stunde.

Die Menge der anfallenden Alkohole und anderen sauerstoffhaltigen organischen Verbindungen, die bei niedrigen Temperaturen, insbesondere unterhalb 375° vorherrschen, nimmt mit steigender Temperatur schnell ab. Im Gebiet von 375 bis 425° entstehen vorwiegend flüssig-verzweigte aliphatische Kohlenwasserstoffe. Mit steigender Temperatur nimmt die Menge der nebenher anfallenden Naphthene allmählich zu. Ihr Anteil an den flüssigen Produkten ist bei 375° noch nicht beträchtlich, er erreicht aber bei 450 bis 460° 50%. Bei Synthesetemperaturen von 450 bis 500° konnten in den höhersiedenden Fraktionen der anfallenden flüssigen Kohlenwasserstoffe auch Aromaten nachgewiesen werden.

Die Menge der gasförmigen Reaktionsprodukte steigt von weniger als 10% bei 375° auf 50% der Reaktionsprodukte bei 440°. Isobutan ist unter den einzelnen Kohlenwasserstoffen das in grössten Mengen anfallende Produkt. Bei 450 bis 460° bestehen ein Drittel der gesamten Reaktionsprodukte aus diesem Kohlenwasserstoff.

Unverzweigte aliphatische Kohlenwasserstoffe entstehen nur in völlig untergeordneter Masse. Normalbutan fiel i. a. in Mengen von etwa 10% des Isobutans an (0,5 bis 3% der Gesamtprodukte). Die Menge des Normalpentans betrug nurmehr 1% der flüssigen Kohlenwasserstoffe.

Blatt - 2 - bringt Ausbeuten an Benzin und Gasol beim Arbeiten in einer Stufe unter verschiedenen Versuchsbedingungen, insbesondere bei verschiedenen Drucken und bei Verwendung von verschiedenem Material für die Reaktionsrohre. Mit Ausnahme des letzten Versuches wurden alle bei 450° ausgeführt.

Bei Atmosphärendruck war kein Umsatz festzustellen, bei 6 at ein sehr geringer. Bei 30 at wurden bei 22%-igem Umsatz des Kohlenoxyds 5,1 g C₃ + n-C₄ Kohlenwasserstoffe, 5,4 g iso-C₄ - Kohlenwasserstoffe und 16,1 g flüssige Kohlenwasserstoffe je Neben inertfreies Ausgangsgas gebildet. Mit steigendem Druck nahm die Menge der in einem Arbeitsgang anfallenden Produkte zu. Sie erreichte bei 500 at 46,5 g iso-C₄-Kohlenwasserstoffe und 40,5 g Benzin + Öl. Bei Verwendung von V₂A-Kohren waren die Ausbeuten an flüssigen Kohlenwasserstoffen grösser als bei entsprechenden Drucken bei Verwendung von mit Kupfer ausgekleideten Reaktionsrohren.

Blatt - 3 - bringt den Einfluss des Druckes auf die bei einer Synthese von 450° in einer Stufe erzielten Ausbeuten graphisch. Die Ausbeuten an flüssigen Kohlenwasserstoffen und an Gasol nehmen mit steigendem Druck und damit zusammenhängend mit dem mit steigender Aufenthaltsdauer der Gase am Kontakt steigenden Kohlenoxydumsatz zu. Dieser kann mit steigenden Drucken erhöht werden, weil die Gefahr einer Kohlenstoffbildung mit steigenden Drucken immer geringer wird.

Bei niedrigen Drucken, beispielsweise 50 bis 100 at, könnte beim Arbeiten in mehreren Stufen ein ähnlicher Umsatz erzielt werden, wie er bei hohen Drucken, beispielsweise bei 300 bis 500 at, in einer Stufe möglich ist. Hieraus ergibt sich, dass die notwendige Kontaktmenge umso geringer ist, je höher der Arbeitsdruck gewählt wird.

Blatt - 4 - bringt eine typische Gasoldestillation eines bei einem Druck von 150 at und einer Temperatur von 450° ausgeführten Versuches. (Th 101 a). Die Hauptfraktion ist das bei - 12° siedende Isobutan. Isobutan, auf dessen Vorhandensein die zwischen -10 und + 5° siedenden Anteile durch Behandlung mit 64%-iger Schwefelsäure stets untersucht wurden, war bei diesem Versuch nicht entstanden.

Blatt - 5 - zeigt das Ergebnis einer zu demselben Versuch (Th 101 a, 150 at, 450°) gehörenden Destillation der flüssigen hydrierten Kohlenwasserstoffe. In Blatt - 6 - sind Brechungs exponent, Dichte, Anilinpunkt und spez. Dispersion der bei dieser Destillation angefallenen einzelnen Fraktionen zusammengestellt. Blatt - 7 - bringt das Ergebnis der Untersuchung der bei diesem Versuch entstandenen flüssigen Kohlenwasserstoffe. Der Versuch entspricht dem nach Blatt - 1 - bei 450° erzielten Ergebnis. Er liegt im Gebiet einer stark hervortretenden Naphthenbildung (ca. 43% der flüssigen Kohlenwasserstoffe). Normalparaffine waren nur in ~~sehr~~ sehr geringen Menge, entstanden. Etwa 1% der flüssigen Kohlenwasserstoffe bestand aus n-Pentan. Dagegen bestanden fast 12% aus dem bei 28° siedenden iso-Pentan. Verhältnismässig grosse Mengen bestanden aus 2 - Methylpentan (13,6%) und wahrscheinlich aus 2,4 - und 2,2-Dimethylpentan. Bei den höheren Fraktionen ergibt sich aus den in Blatt 6 - zusammengestellten Zahlen ein ungefähres Bild der Zusammensetzung der Kohlenwasserstoffe.

Blatt - 8 -, - 9 - und - 10 - zeigen analoge Ergebnisse für den bei 150 at und 375° durchgeführten Versuch Th 101 b. Die Produkte dieses Versuches unterscheiden sich von den bei 450° durchgeführten vor allem durch einen wesentlich geringeren Naphthengehalt, und durch einen erhöhten Gehalt an verzweigten aliphatischen Kohlenwasserstoffen. (Vgl. Blatt -1).

Blatt 11 - bringt eine Zusammenstellung einer Reihe von Klopfestigkeitsmessungen nach der Motor-Methode.

Die ersten sieben Benzinproben sind vor ihrer Untersuchung mit 30%-iger Chlorcalciumlösung gewaschen worden. Die Oktanzahlen liegen bei 78 bis 80 und zwar ziemlich unabhängig von den Siedegrenzen (vgl. Versuchs-Nr. 3, 4 und 5). Ein nicht gewaschenes Rohprodukt ergab eine Oktanzahl von 84,5 (Versuch 13).

Die Proben 8, 9 und 10 wurden vor Bestimmung der Oktanzahlen an einem Nickelkontakt hydriert. Die Oktanzahlen dieser Produkte liegen zwischen 83 und 85,7.

Das bei 150 at und 450° erhaltene und vor der Klopfestigkeitsbestimmung hydrierte Benzin (11) hatte nach Zusatz von 0,08 Vol.-% Bleitetraäthyl die Oktanzahl 95, das bei 150 at und 370° entstandene Benzin (12) 89,6.

Schluss.

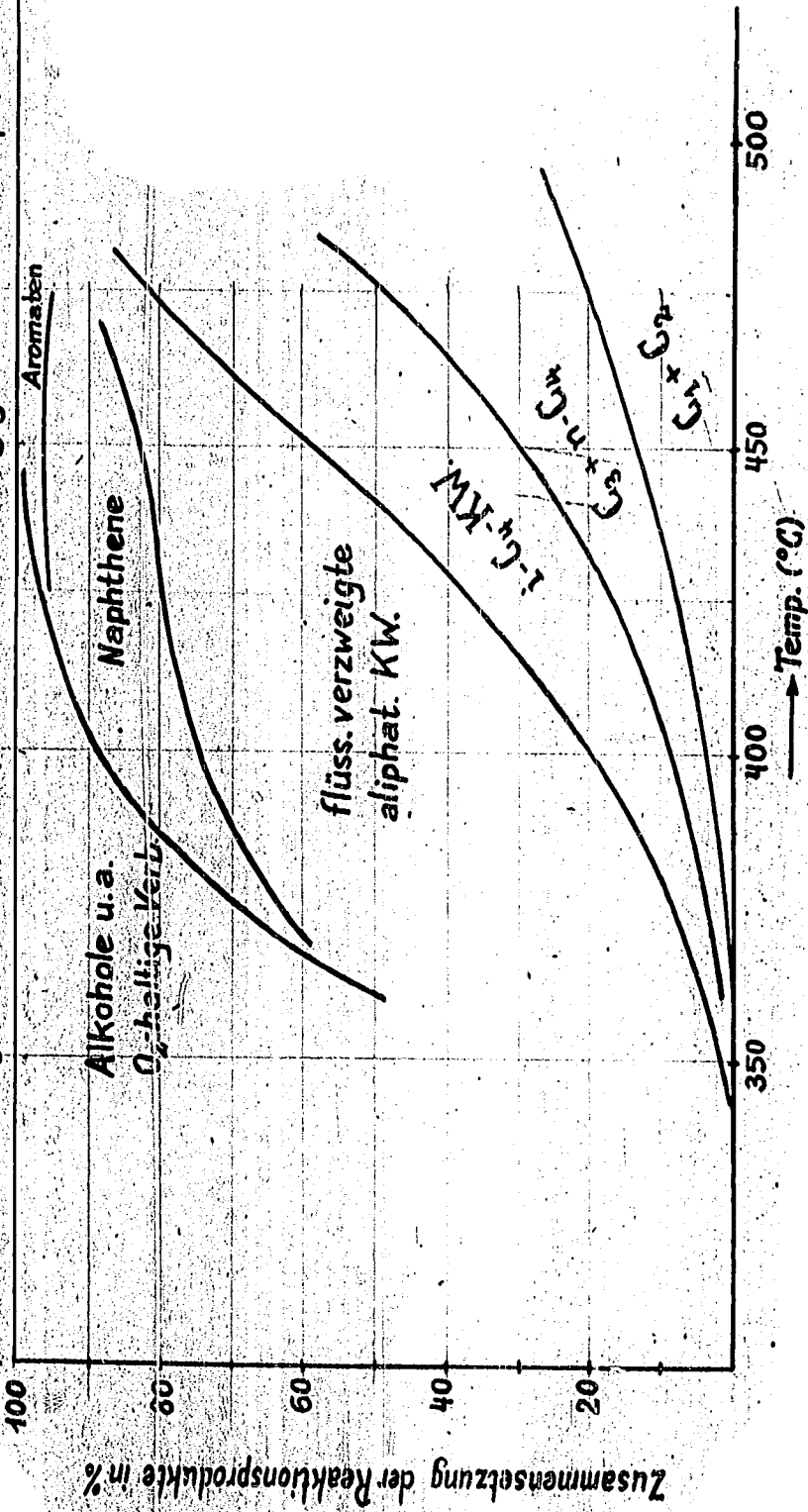
Bei der Isosynthese an Thoriumkatalysatoren konnten beim Arbeiten in einer Stufe an Gasöl, Benzin und Öl bis zu 110 g je Ncbm inertfreies Ausgangsgas erhalten werden. Beim Arbeiten in zwei oder mehreren Stufen dürfte es möglich sein, die Ausbeuten weiter zu erhöhen.

Die Zusammensetzung der Reaktionsprodukte konnte durch die Wahl der Synthesebedingungen in weiten Grenzen variiert werden. So konnten beispielsweise die Ausbeuten an Isobutan von etwa 5 g je Ncbm, beim Arbeiten auf Höchstausbeuten an flüssigen Produkten, bis auf 50 g je Ncbm, bei Inkaufnahme entsprechend geringerer Ausbeuten an flüssigen Kohlenwasserstoffen, gesteigert werden. Bei genauerer Kenntnis des Einflusses der Zusammensetzung des Katalysators wird es möglich sein, in noch erhöhterem Masse die Bildung bestimmter erwünschter Kohlenwasserstoffe zu begünstigen.

Die Oktanzahlen der bei der Synthese anfallenden Benzine betragen nach einer Hydrierung und Zusatz von 0,08 Vol.-% Bleitetraäthyl bis zu 95. Wird das nebenher anfallende Isobutan für die Herstellung von Alkylierungsbenzin verwendet, dann dürfte das Gemisch der beiden Benzine ohne weiteres auf Oktanzahlen von 100 und darüber gebracht werden können.

Isosynthese (150 at)

Zusammensetzung der Reaktionsprodukte in Abhängigkeit von der Temperatur.

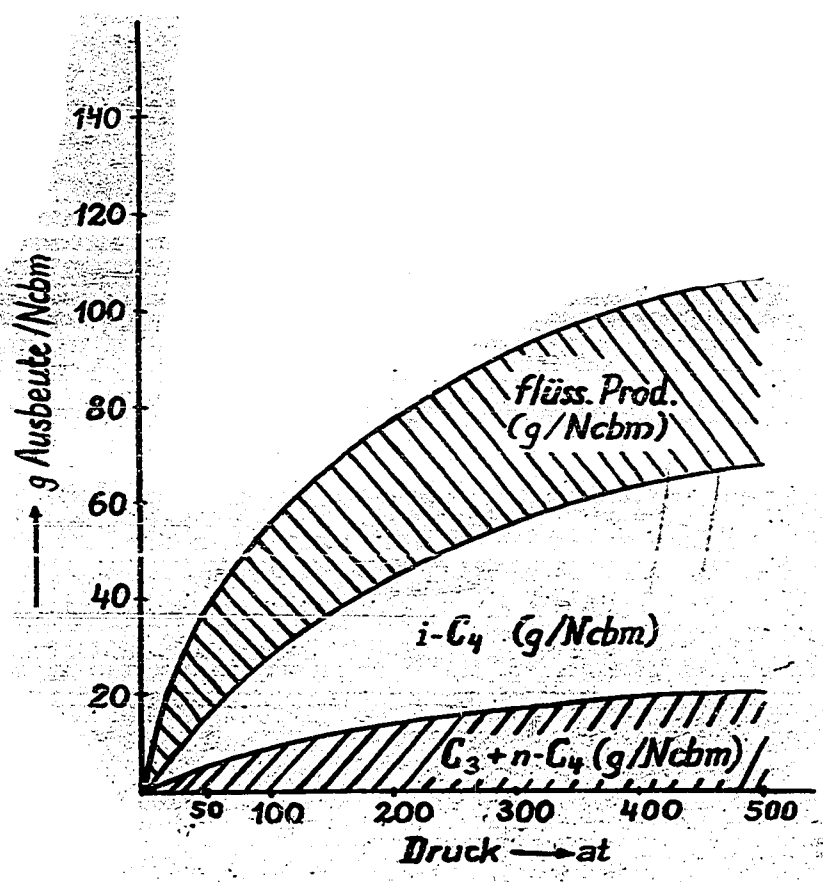


Blatt - 2 -

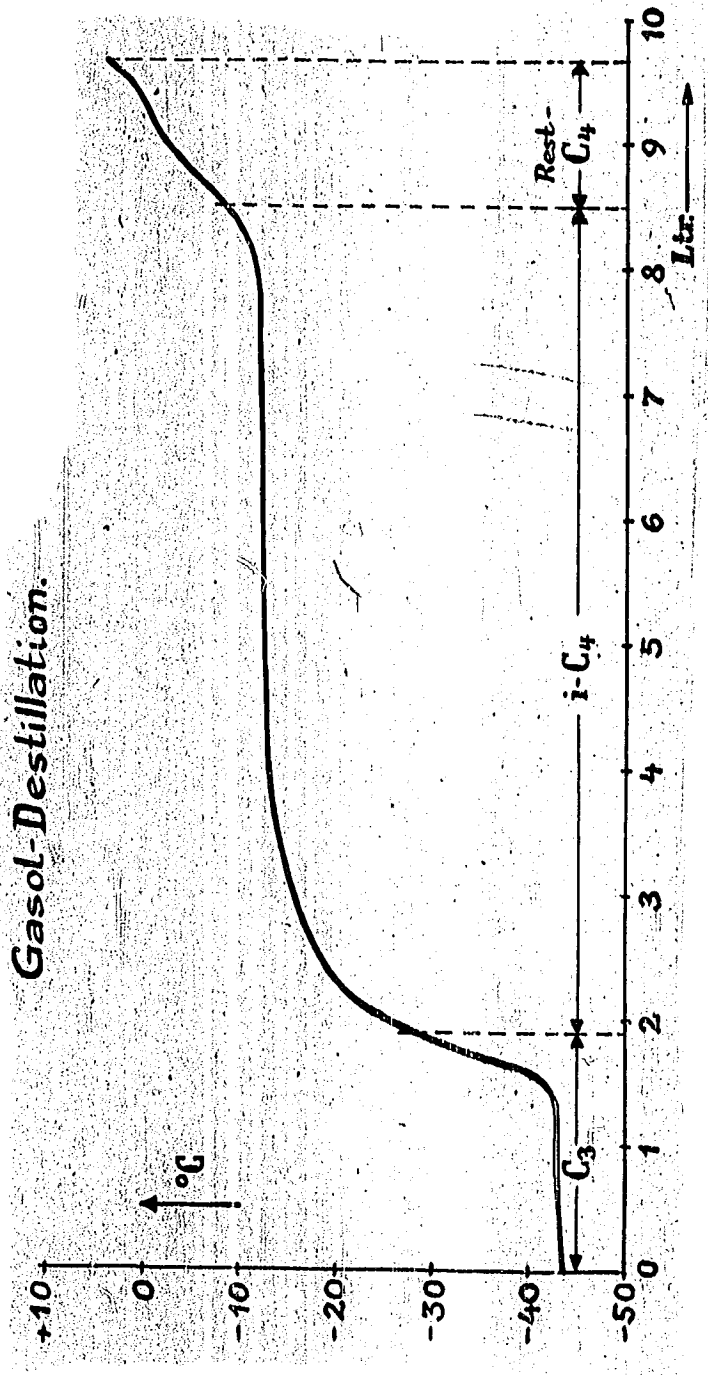
Ausbeuten an Benzin und Gasol unter verschiedenen Versuchsbedingungen.

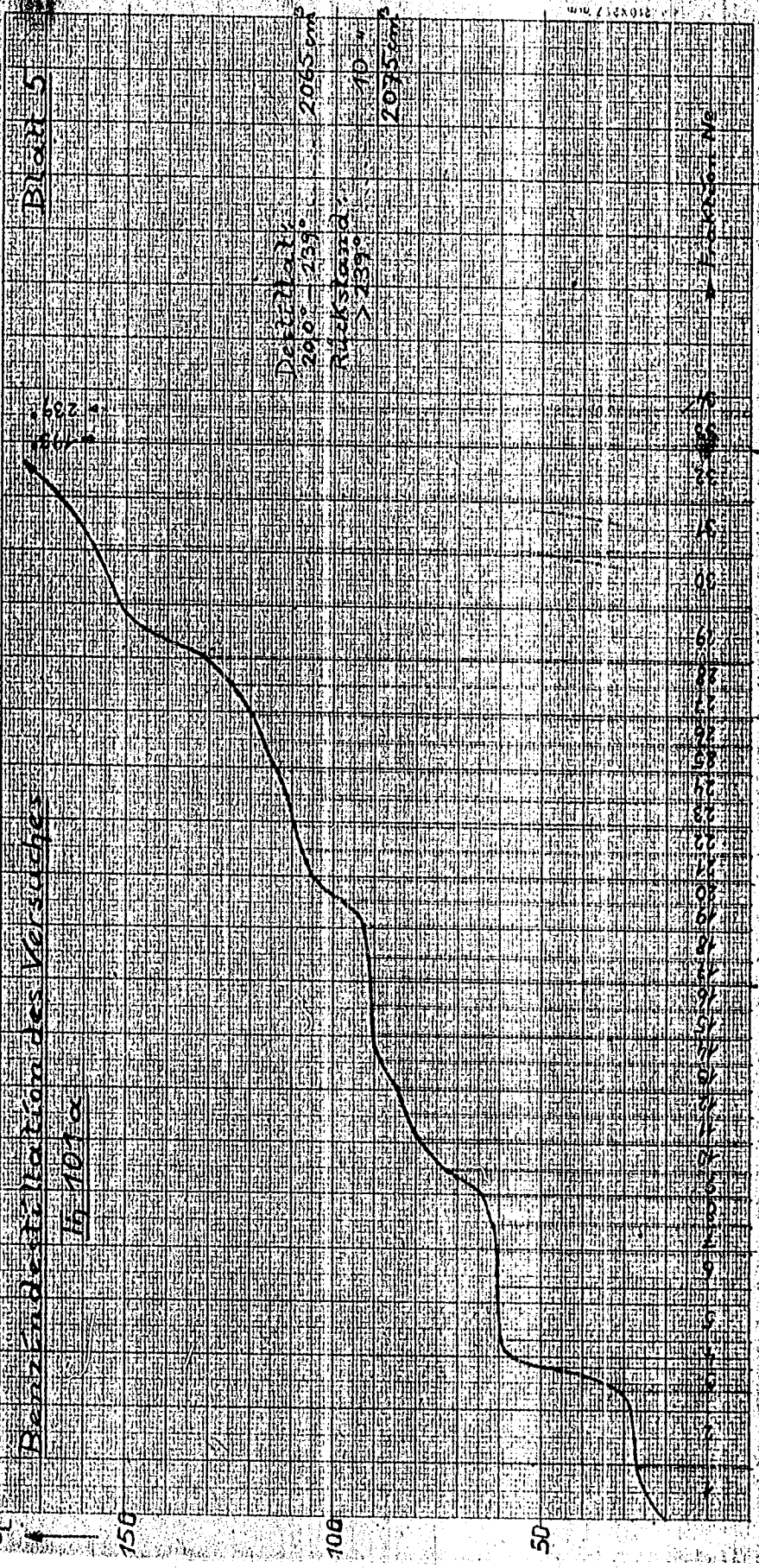
Versuchs- Nr.	Druck at	Temperatur °C	Material des Reaktionsrohres	Ausbeuten in g/100ml inertl. ...		
				C ₃ -n-C ₄	i-C ₄	Benzin + Öl
Th 51	0	450	Cu	-	-	-
Th 134	5	450	Cu	-	-	Spuren
Th 151	30	450	Cu	5,1	5,4	16,1
Th 101	150	450	Cu	9,1	30,0	29,7
Th 153	150	450	Cu	11,4	21,7	31,3
Th 145	300	450	Cu	20,4	41,6	37,4
Th 147	500	450	Cu	16,0	46,5	40,5
Th 139	30	450	V ₂ A	10,7	10,7	22,6
Th 154	150	430	V ₂ A	7,2	13,7	56,6

Isosynthese (450°) Einfluss des Druckes auf die Ausbeute in einer Stufe.



Gasol-Distillation.





Blatt 5

Benzendestillation des Versuches
15-101α

Detail:

200° 239° 2065mm

Rückstand:

> 239° 10 mm
2075mm

2000 cm

1000

0

100

150

100

50

100

200

300

400

500

600

700

800

900

1000

1100

1200

1300

1400

1500

1600

1700

1800

1900

2000

2100

2200

2300

2400

2500

2600

2700

2800

2900

3000

3100

3200

3300

3400

3500

3600

3700

3800

3900

4000

4100

4200

4300

4400

4500

4600

4700

4800

4900

5000

5100

5200

5300

5400

5500

5600

5700

5800

5900

6000

6100

6200

6300

6400

6500

6600

6700

6800

6900

7000

7100

7200

7300

7400

7500

7600

7700

7800

7900

8000

8100

8200

8300

8400

8500

8600

8700

8800

8900

9000

9100

9200

9300

9400

9500

9600

9700

9800

9900

10000

10100

10200

10300

10400

10500

10600

10700

10800

10900

11000

11100

11200

11300

11400

11500

11600

11700

11800

11900

12000

12100

12200

12300

12400

12500

12600

12700

12800

12900

13000

13100

13200

13300

13400

13500

13600

13700

13800

13900

14000

14100

14200

14300

14400

14500

14600

14700

14800

14900

15000

15100

15200

15300

15400

15500

15600

15700

15800

15900

16000

16100

16200

16300

16400

16500

16600

16700

16800

16900

17000

17100

17200

17300

17400

17500

17600

17700

17800

17900

18000

18100

18200

18300

18400

18500

18600

18700

18800

18900

19000

19100

19200

19300

19400

19500

19600

19700

19800

19900

20000

20100

20200

20300

20400

20500

20600

20700

20800

20900

21000

21100

21200

21300

21400

21500

21600

21700

21800

21900

22000

22100

22200

22300

22400

22500

22600

22700

22800

22900

23000

23100

23200

23300

23400

23500

23600

23700

23800

23900

24000

24100

24200

24300

24400

24500

24600

24700

24800

24900

25000

25100

25200

25300

25400

25500

25600

25700

25800

25900

26000

26100

26200

26300

26400

26500

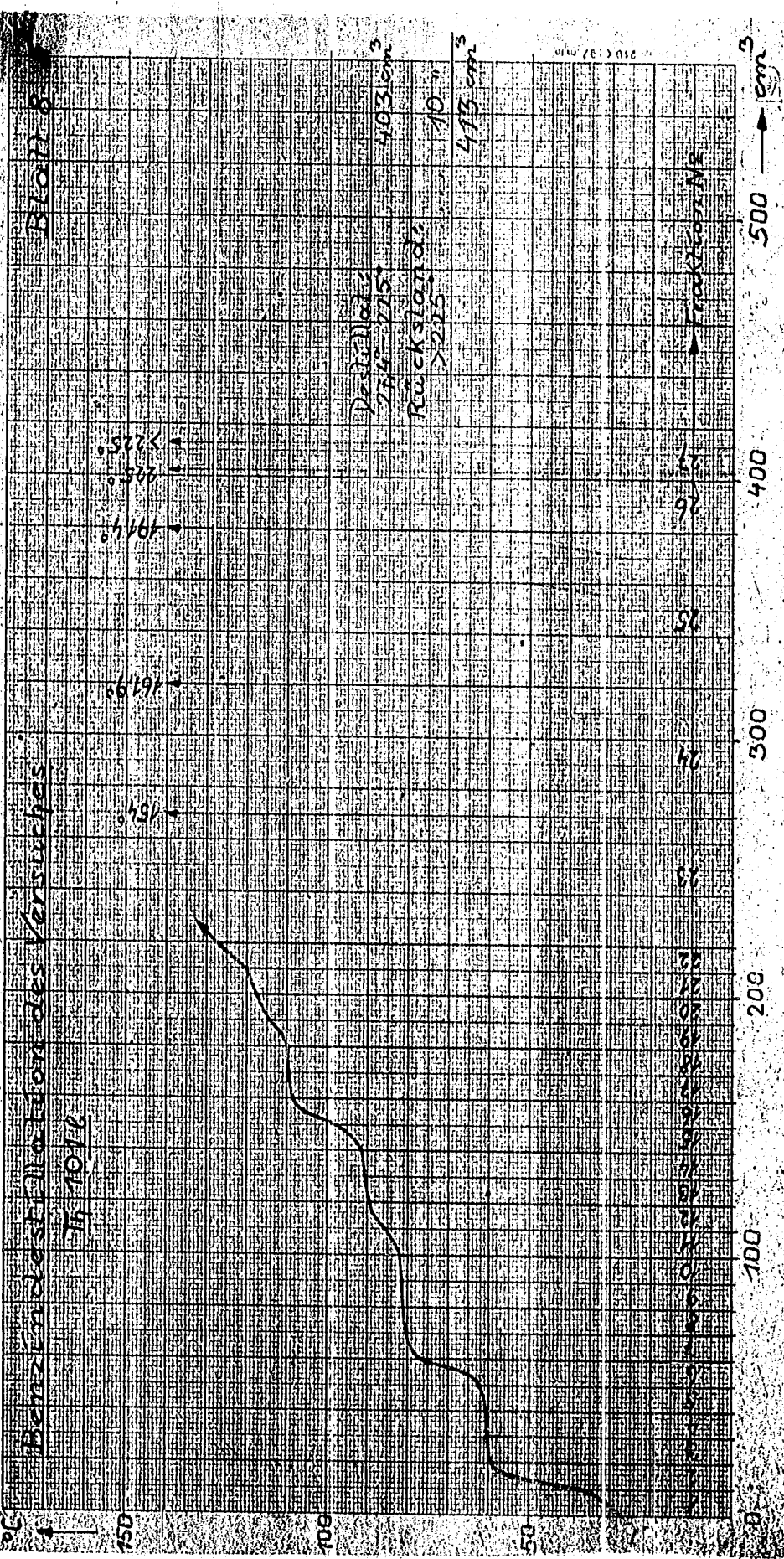
26600

Untersuchung der einzelnen Fraktionen des flüssigen Reaktions-
produktes von Versuch Th 101 a.

Nr.	Sp.	n_D^{20}	d_4^{20}	A.P.	spez. Disp.	ccm
1	20,0-26,9	-	-	-	-	95
2	26,9-30,9	1,3543	-	-	-	140
3	30,9-47,8	1,3530	0,6255	-	-	45
4	50,5-59,4	1,3720	0,6530	-	-	50
5	59,4-60,3	1,3730	0,6556	-	-	100
6	60,3-60,8	1,3730	0,6556	-	-	65
7	60,8-61,4	1,3738	0,6556	-	-	50
8	61,5-63,9	1,3757	0,6600	-	-	50
9	64,2-72,6	1,3849	0,6802	-	-	50
10	72,6-79,0	1,3920	0,6951	58,4	99,6	60
11	77,7-82,2	1,3877	0,6850	68,1	99,7	50
12	82,3-84,5	1,3869	0,6830	71,0	100,0	50
13	84,3-88,4	1,3917	0,6948	65,9	-	50
14	88,5-90,3	1,3979	0,7124	59,8	-	50
15	90,3-90,8	1,4008	0,7210	56,9	-	50
16	90,8-91,0	1,4017	0,7235	56,2	95,4	50
17	91,0-91,4	1,4032	0,7250	55,4	93,1	40
18	91,4-92,7	1,4041	0,7256	53,6	-	60
19	92,7-97,9	1,4078	0,7367	50,4	-	50
20	98,0-104,4	1,4150	0,7500	44,6	-	40
21	104,4-107,6	1,4190	0,7560	44,5	102,0	50
22	107,7-109,5	1,4150	0,7500	50,5	103,7	50
23	109,5-110,9	1,4120	0,7458	51,1	100,2	50
24	110,9-113,2	1,4118	0,7453	56,6	96,9	50
25	113,2-117,0	1,4142	0,7507	53,8	95,9	52
26	117,0-119,5	1,4182	0,7585	52,3	97,8	48
27	119,5-124,3	1,4220	0,7649	50,2	93,3	60
28	124,3-131,3	1,4269	0,7720	47,3	103,1	50
29	142 -152	1,4420	0,7940	36,0	119,1	100
30	152 -158	1,4449	0,7995	34,6	117,2	100
31	158 -167	1,4496	0,8038	30,9	119,7	100
32	167 -193	1,4620	0,8235	20,5	128,5	100
33	193 -239	1,4929	0,8740	1,0	151,8	60
34	239	-	-	-	-	40

Unter den flüssigen Reaktionsprodukten des Versuches Th 101 a
identifizierte Kohlenwasserstoffe.

Siedebereich °C	Verbindung	Vol% vom flüssigen Reaktionsprodukt
20,0 - 33,0	2-Methylbutan	11,6
33,0 - 47,8	n-Pentan 2,2-Dimethylbutan unbestimmte Verbindung	~1,0 < 0,2 ~0,3
47,8 - 64,0	2-Methylpentan unbestimmte Verbindung	13,6 1,7
64,0 - 88,5	~25 Vol.% Naphthene ~77 Vol.% Paraffine (In dieser Fraktion sind größere Anteile von 2,4-Dimethylpentan und 2,2-Dimethylpentan wahrscheinlich vorhanden).	2,9 9,6
88,5 - 98,0	1,5-Dimethylcyclopentan 2-Methylhexan	9,4 5,1
98,0 - 113,0	~68 Vol.% Naphthene ~32 Vol.% Paraffine	7,8 3,7
113,0 - 131,3	~76 Vol.% Naphthene ~24 Vol.% Paraffine	7,7 2,4
131,3 - 239	Naphthene, Aromaten, Paraffine.	22,3
239	Rückstand (fest)	0,5
		61,0



Untersuchung der einzelnen Fraktionen des flüssigen Reaktions-
produktes von Versuch Th 101 b

Nr.	Sp.	n_d^{20}	d_4^{20}	A.P.	spez. Disp.	ccm
1	27,4 - 37,7	1,3641	0,6520	-	115,6	10
2	40,0 - 59,3	1,3752	0,6558	-	106,0	10
3	59,3 - 60,5	1,3730	0,6539	-	95,3	10
4	60,5 - 60,7	1,3729	0,6535	-	95,3	10
5	60,7 - 62,1	1,3730	0,6548	-	97,3	10
6	62,1 - 76,7	1,3851	0,6746	55,4	106,9	10
7	76,7 - 80,2	1,3895	0,6819	61,7	104,6	10
8	80,2 - 81,2	1,3849	0,6733	72,1	96,8	10
9	81,2 - 81,3	1,3849	0,6734	72,9	98,9	10
10	81,1 - 82,0	1,3859	0,6738	71,2	98,8	10
11	82,0 - 85,4	1,3900	0,6790	64,5	107,2	10
12	85,4 - 89,8	1,3962	0,6993	58,4	105,4	10
13	89,8 - 90,9	1,3981	0,7119	59,0	101,8	20
14	90,9 - 92,4	1,3992	0,7161	57,9	97,6	10
15	91,4 - 97,3	1,4032	0,7237	52,4	95,6	10
16	97,3 - 108,6	1,4096	0,7345	52,4	98,8	10
17	108,6 - 109,8	1,4046	0,7248	63,7	99,5	10
18	109,8 - 109,9	1,4040	0,7232	65,0	99,6	10,2
19	109,9 - 114,6	1,4067	0,7283	62,4	97,6	10,3
20	114,6 - 117,7	1,4147	0,7446	53,5	99,0	10,0
21	117,7 - 120,0	1,4182	0,7530	51,1	96,8	10
22	120,0 - 128,0	1,4216	0,7617	49,8	95,6	10
23	145,4 - 154,4	1,4290	0,7710	55,2	102,2	50
24	154,4 - 161,9	1,4320	0,7758	52,5	105,7	50
25	161,9 - 191,4	1,4403	0,7906	51,1	108,9	60
26	191,4 - 225,0	1,4620	0,8269	39,6	120,0	23
Rückst.	> 225	-	-	-	-	10

Unter den flüssigen Reaktionsprodukten des Versuches Th 101 b
identifizierte Kohlenwasserstoffe.

Siedebereich °C	Verbindung	Vol% vom flüssigen Reaktionsprodukt
27,4 - 47,5	unbestimmt ^{+))}	2,8
47,5 - 73,5	2-Methylpentan	10,9
73,5 - 85,3	2,4-Dimethylpentan	12,3
85,3 - 102,5	2-Methylhexan 1,3-Dimethylcyclo- pentan	6,1 6,1
102,5 - 112	2- oder 3-fach vor- zweigte Oktane	8,1
112 - 225	unbestimmt	51,3
225	Nickstand	2,4

+) Die Isopentanfunktion wurde bei dieser Destillation nicht unter den flüssigen Produkten erfasst.

Klopffestigkeit verschiedener bei der Iso-Synthese angefallener Benzine.

Lfd. Nr.	Versuchs-Nr.	Druck at	Temp. °C	Siedebereich °C	Gewaschen m. 30%iger CaCl ₂ -Lsg.	Dampfdr.n. Reid	hydriert	Pb(C ₂ H ₅) ₄ M.-O.-2
1	Th 64	30	500	bis 150	+	0,79	-	79,5
2	Th 101 a	150	450	" 150	+	0,54	-	78,0
3	Th 101 a	150	450-75	30-150	+	0,45	-	80,0
4	Th 101 a	150	450-75	30-165 (Gesamt-Produkt)	+	0,42	-	79,5
5	Th 101 a	150	450-75	70-150	+	0,16	-	78,8
6	Th 101 b	150	375	bis 150	+	0,75	-	79,0
7	Th 159	150	370	bis 150	+	0,71	-	80,5
8	Th 64	30	500	" 150	+	0,40	+	84,0
9	Th 101 a	150	450	" 150	+	0,53	+	85,7
10	Th 159	150	370	" 150	+	0,41	+	83,0
11	Th 101 a	150	450	" 150	+	0,53	+	0,08 V.-%
12	Th 159	150	370	" 150	+	0,41	+	0,08 V.-%
13	Th 159	150	370	" 150	-	0,75	-	84,5